

정부간행물 발간등록번호

11-1500000-000270-14

2003 지하수 업무수행 지침

2003. 8.

건설교통부
한국수자원공사

책머리에

우리나라는 1인당 강수량이 세계평균의 12%에 불과하여 UN에서도 물 부족 국가로 분류되어 있고, 최근에는 국민생활 수준이 향상되어 물 사용량이 크게 늘어남에 따라 머지 않은 장래에 물 부족이 예상되고 있습니다. 정부는 이와 같은 물 문제를 해결하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으며, 이러한 관점에서 지하수는 우리에게 주어진 귀중한 청정수자원으로서 물 문제를 해결할 수 있는 훌륭한 대안의 하나입니다.

이미 미국과 유럽 등 선진 외국에서는 마시는 물의 상당수를 지하수에 의존하고 있으며 특별하게 관리해오고 있습니다. 우리나라도 지하수자원의 관리를 위해 '93년 지하수법을 제정하여 운영해오고 있으며, 그 동안 몇 차례의 개정을 통해 지하수법의 체계를 정비해 왔습니다. 2001년 1월에는 지하수 보전·관리를 강화하는 방향으로 지하수정화업, 토지굴착행위의 신고, 유출지하수의 이용, 오염 지하수의 정화 등의 제도를 신설하고, 지하수 개발·이용 허가제와 신고제 등을 보완하여 철저한 지하수 관리를 위한 기반을 마련하였습니다.

본 지하수 업무수행 지침서는 '97년 지하수법 개정시 일선 공무원의 업무수행의 편의를 위해 최초로 발간하게 되었으며, '99년 개정판에 이어 이번에는 2001년 지하수법 개정에 따라 변경된 내용을 반영하고, 그 동안 정부에서 제정하였던 각종 지하수관련 지침을 통합하여 한 권의 책자로 새로 발간하게 되었습니다. 아무쪼록 본 지침이 지하수담당 공무원 여러분에게 유익한 참고서가 되길 바랍니다.

끝으로 본 지침서 발간에 기술적·행정적 지원을 아끼지 않은 수자원공사 관계직원 여러분께 심심한 사의를 표하는 바입니다.

2003년 8월

건설교통부 수자원국장

최영철

목 차

제 1 장 총 론	3
1.1. 지침의 배경 및 목적	3
1.2. 지침의 내용	4
제 2 장 행정절차 및 제도규정	9
2.1. 지하수법 개요	9
2.2. 지하수 개발·이용의 허가 및 신고	13
2.3. 준공신고	35
2.4. 허가의 취소 등	37
2.5. 유출지하수의 이용	40
2.6. 굴착행위 신고	43
2.7. 원상복구 및 이행보증금 예치	46
2.8. 지하수 오염방지명령 등	67
2.9. 수질검사	86
2.10. 지하수 보전구역 지정 관리	91
2.11. 지하수개발·이용시공업의 등록	100
2.12. 지하수영향조사기관의 등록	109
2.13. 지하수정화업의 등록	114
2.14. 벌 칙	121
2.15. 부칙 및 경과조치	124
제 3 장 지하수 영향조사·심사	131
3.1. 개 요	131
3.2. 지하수 영향조사 방법	133
3.3. 지하수 영향조사서 심사요령	169
3.4. 지하수 영향조사 비용	174

제 4 장 지하수 개발·이용실태 조사	181
4.1. 개 요	181
4.2. 지하수 개발·이용실태 조사방법	183
제 5 장 보조 지하수관측망 설치·관리	199
5.1. 개 요	199
5.2. 보조 지하수 관측망 설치·운영	203
제 6 장 지하수 폐공관리	263
6.1. 일반사항	263
6.2. 폐공의 재활용	268
6.3. 폐공의 원상복구	279
제 7 장 지하수 기초조사	313
7.1. 개 요	313
7.2. 지하수 기초조사 방법	324
제 8 장 우물의 설계와 시공	353
8.1. 우물의 분류	353
8.2. 우물의 설계 및 시공	355
8.3. 펌프	372
8.4. 지하수 개발 표준 시방서	377

표 목 차

표 2.1	용도별 허가신고대상의 구분	14
표 2.2	양정 및 양수량에 따른 이론적인 펌프마력수	26
표 2.3	용도별 수질검사대상 및 면제대상 구분	86
표 2.4	보전구역내 행위제한 내용	98
표 3.1	지하수 이용실태 현장조사표	134
표 3.2	지하수의 잠재오염원(지하수의 수질보전 등에 관한 업무처리지침, 환경부, 1997)	135
표 3.3	우물함수 $W(u)$ 와 u 의 관계표	146
표 3.4	우물함수 $W(u, r/B)$ 와 u 의 관계표	151
표 3.5	대수층 수리상수의 산정	152
표 3.6	지하수 영향반경의 산정	159
표 3.7	지하수영향조사서 심사 의견서 양식	173
표 5.1	측정 단위	201
표 5.2	우리나라의 지하수 관측망의 종류(지하수관리기본계획, 2002)	202
표 5.3	시·군별 관측지점 갯수(제안)	207
표 5.4	평가 인자의 분류 및 계층구조	208
표 5.5	1차 평가인자의 가중치	210
표 5.6	2차 평가인자의 가중치	210
표 5.7	평가인자 자료의 표준점수화 평가표	213
표 5.8	표준점수의 1차 평가점수화 평가표	216
표 5.9	1차 평가점수의 최종 평가점수화 평가표	217
표 5.10	동·리별 관측지점 수의 최종 계산표	218
표 5.11	전주시 2차 평가인자 자료의 표준점수화 평가표	221
표 5.12	전주시 표준점수의 1차 평가점수화 평가표	222
표 5.13	전주시 1차 평가점수의 최종 평가점수화 평가표	223
표 5.14	전주시 동 단위 관측지점 수 계산	224
표 5.15	보조관측망으로 활용가능한 기존 시설	226
표 5.16	보조지하수 관측정 보호시설의 설치 방법	230
표 5.17	자동 관측장비의 비교	239

표 5.18	상전 인입 방식 및 태양전지 비교	242
표 5.19	태양전지의 충전방식에 따른 비교	243
표 5.20	유선 및 무선통신방식 비교	243
표 5.21	보조지하수 관측정의 토지유형별 수위 및 수질 관측 주기	245
표 6.1	지하수 폐공실태 현장조사표	281
표 6.2	우물 구경별 되메움재료 소요량 산정	284
표 6.3	시멘트 유형별 특징 및 용도	287
표 6.4	폐공처리(공되메움) 작업일지 양식 및 작성(예)	291
표 6.5	원상복구 처리결과 모식도 양식 및 작성(예)	292
표 6.6	폐공 유형 분류	295
표 7.1	지하수 기초조사의 세부 내용	320
표 7.2	광역 지하수조사와 정밀 지하수조사의 비교	320
표 7.3	광역 지하수조사 및 정밀 지하수조사의 주요내용	321
표 7.4	지구물리탐사법의 종류와 적용 대상 및 적용 한계	329
표 7.5	지하수위 조사용 카드의 예	334
표 7.6	지하수위 변동을 야기하는 요인	336
표 7.7	시료의 보존 방법	338
표 7.8	수질조사결과의 정리	339
표 7.9	물리검층의 종류별 세부 내용	342
표 8.1	양수량과 펌프 및 케이싱 직경	356
표 8.2	스크린 개공 크기의 결정	357
표 8.3	굴착방법별 장단점	358
표 8.4	펌프의 종류	372
표 8.5	펌프의 몸통번호	374
표 8.6	송출량의 범위	374
표 8.7	최소잠물깊이	375

그 립 목 차

그림 2.1	펌프의 효율	25
그림 2.2	그라우팅 시공 방법	75
그림 3.1	Theis 방법을 이용하여 수리상수를 구하는 법	147
그림 3.2	시간-수위강하법에 의해 수리상수를 구하는 방법	148
그림 3.3	거리-수위강하법에 의해 수리상수를 구하는 방법	149
그림 3.4	Walton의 누수대수층 표준곡선	150
그림 3.5	단계별 양수량에 따른 수위변화	155
그림 3.6	양수량과 비양수량의 관계	155
그림 3.7	거리-수위강하 해석으로 영향반경을 구하는 방법	156
그림 3.8	지하수 영향구역(ZOI)과 함양구역(ZOC)의 경계	161
그림 3.9	WHPA프로그램에 의한 포획구간 설정 예	162
그림 3.10	여러 가지 방법으로 설정한 WHPA	166
그림 5.1	보조 지하수 관측망 위치선정에 대한 일반적 흐름	205
그림 5.2	보조지하수 관측망의 위치 선정을 위한 세부 절차	209
그림 5.3	평가자료의 표준점수화 방법	212
그림 5.4	평가인자별 표준점수를 승합산하여 1차평가점수	214
그림 5.5	보조 지하수 관측정 시설의 설치 과정	225
그림 5.6	보조 지하수 관측정 보호시설의 형식과 규격 설계 사례	231
그림 5.7	전기적 측정방법을 이용하는 지하수 수위 수동측정장비	236
그림 5.8	지하수위 수동 측정 장비	238
그림 5.9	지하수 수질 현장측정 장비	241
그림 6.1	함양지역의 오염원이 유입하는 경우	265
그림 6.2	불연속적인 불투수층을 침투하는 경우	266
그림 6.3	우물 양수시 오염된 지하수의 유입	266
그림 6.4	오염물질이 침투후 다른 대수층에 확산	266
그림 6.5	쓰레기장 오염물질이 지하수를 오염시키는 경우	267
그림 6.6	재활용 경우 일반적인 절차	270
그림 6.7	관측정 재활용 모식도	278

그림 6.8	퇴메움 주요 절차	280
그림 6.9	케이싱 인양 제거	286
그림 6.10	트레미 파이프 주입 모식도	289
그림 6.11	장심도 폐공의 부분퇴메움 모식도	293
그림 6.12	폐공의 형태	294
그림 6.13	층적층 소형우물 구조도 및 퇴메움 모식도	296
그림 6.14	층적층 대형우물 구조도 및 퇴메움 모식도	297
그림 6.15	층적층 소·대형우물 원상복구 주요 공종	298
그림 6.16	채래식우물 구조도 및 퇴메움 모식도	299
그림 6.17	암반층 소형우물 구조도 및 퇴메움 모식도(케이싱 인발의 경우)	300
그림 6.18	암반층 소형우물 원상복구 주요 공종 I	301
그림 6.19	암반층 소형우물 구조도 및 퇴메움 모식도(케이싱 절단의 경우)	302
그림 6.20	암반층 소형우물 원상복구 주요 공종 II	303
그림 6.21	암반층 대형우물 구조도 및 퇴메움 모식도	305
그림 6.22	암반층 대형우물 원상복구 주요 공종	306
그림 6.23	폐공 임시처리	308
그림 7.1	지하수위 측정 방법	331
그림 8.1	수중모터펌프의 성능도표(60Hz)	376

제 1 장 총 론

제 1 장 총 론

1.1. 지침의 배경 및 목적

우리 인간사회의 소중한 자원으로써 그 이용 가치가 높아지고 있는 지하수를 잘 보전하고 날로 증대하는 지하수 개발·이용에 효율적으로 대처하고자 1993년 12월에 제정된 지하수법은 지하수의 공개념을 실현하는 발판이 되었다. 즉, 지하수 제도의 기본적인 틀을 형성하여 국민들에게 지하수의 소중함을 인식시키고 지하수 보전·관리에도 기여케 함으로써 지하수 문제는 사적인 차원이 아닌 우리 모두의 공적인 문제로 자리잡게 하는 기반이 되었다.

그러나 날로 변화하는 환경 속에서 효과적이고 체계적인 지하수의 보전·관리를 도모하고 적절하게 지하수를 개발·이용하기 위해서는 기존의 지하수법 체계만으로는 한계가 있어 그동안 3차에 걸친 개정이 있었다.

'97년도의 지하수법 전면 개정은 지하수의 공개념을 더욱 강화한 것으로서, 지하수 개발·이용허가제, 지하수개발 착공·준공신고제, 지하수영향조사제, 지하수개발·이용시공업 신설 등 새로운 제도를 많이 신설하였을 뿐 아니라 기존의 내용도 대폭 수정하였으며, '99년도에는 정부의 규제개혁 정책추진에 따라 규제의 실익이 적은 규제는 폐지 또는 완화하고 지하수관리에 관한 시·도지사의 권한을 시장·군수·구청장에게 위임하는 등 제도의 합리적 개선을 위해 일부 개정하였다. 2001년도의 지하수법 개정은 지하수의 수량 및 수질관리를 한층 강화한 것으로서 경미시설로 분류되던 개발·이용시설을 제도권내로 흡수하고 지하수개발·이용의 허가기간을 명백히 하는 등 지하수개발·이용에 대한 관리가 강화되었으며, 지역지하수관리계획 수립 의무화, 유출지하수 활용, 지하수에 영향을 미치는 굴착행위 신고, 오염지하수의 정화, 지하수정화업 신설 등 새로운 제도도 많이 도입하였다.

금번 지하수법 개정으로 지하수 업무에 대한 행정수요가 증가됨에 따라 기존의 지침서를 보다 전문화하여 개정 법령에 맞추어 보완·발간하게 된 것이다. 본 지침서는 지하수 업무를 담당하는 공무원의 업무 편의를 도모하는 한편, 지하수 업무 종사자에게도 도움이 될 수 있도록 법 해설을 포함하여 각종 행정절차 및 기술적인 사항들을 이해하기 쉽도록 만들었다.

1.2. 지침의 내용

본 지침서는 크게 총론, 행정절차 및 제도규정, 지하수 영향조사·심사, 지하수 개발·이용실태 조사, 보조 지하수 관측망 설치·관리, 지하수 폐공관리, 지하수 기초조사, 우물의 설계와 시공 및 부록으로 구성되어 있으며, 지하수 관련업무를 수행하는데 필요한 행정처리 지침과 기술적인 정보를 찾아볼 수 있도록 하였다.

『제1장 총론』에서는 지하수법의 연혁 및 체계, 지하수 행정의 흐름 등을 수록하여 지하수법 및 행정업무의 전반적인 개요를 알아볼 수 있도록 구성하였다.

『제2장 행정절차 및 제도규정』에서는 지하수 관련 행정업무별로 배경 및 목적과 적용범위를 규정하고 관련 법조문을 요약하여 비교하여 볼 수 있도록 하였으며, 지하수법 위주로 행정업무를 처리하는 요령에 대하여 수록하였다. 제2장의 세부 내용은 다음과 같다.

- 지하수 개발·이용 허가 및 신고
- 준공신고
- 허가의 취소 등
- 유출지하수의 이용
- 굴착행위 신고
- 원상복구 및 이행보증금의 예치
- 지하수 오염방지명령
- 수질검사
- 지하수 보전구역의 지정 관리
- 지하수개발·이용시공업체 등록
- 지하수 영향조사기관 등록
- 지하수정화업 등록
- 벌칙
- 부칙 및 경과조치

『제3장 지하수 영향조사·심사』는 지난 '99년 6월 건설교통부에서 발간 한 바 있는 「지하수 영향조사·심사요령」에 금번 지하수법 개정으로 인하여 변경된 사항을 반영하여 보완한 것으로서 지하수법 제7조에 의한 지하수영향조사에 관하여 행정절차와 영향조사 방법 및 영향조사 보고서의 심사방법 등에 관한 기준을 수록하였다.

『제4장 지하수 개발·이용실태 조사』에서는 지난 ‘97년 건설교통부에서 발간한 바 있는 「지하수개발·이용실태조사 지침」을 현실에 맞게 보완하여 본 지하수 업무수행 지침에 포함한 것으로서 지하수법 제17조에 의하여 각 지방자치단체에서 매년 수행하는 지하수개발·이용 실태조사에 관하여 조사방법 및 조사자료의 보고방법 등에 관한 기준과 절차를 수록하였다.

『제5장 보조 지하수관측망 설치·관리』에서는 지하수법 제17조에 의한 보조 지하수관측망에 관하여 지하수 관측망의 일반사항과 보조 지하수관측망의 설치 및 유지관리 등에 관한 기준을 수록하였다.

『제6장 지하수 폐공관리』에서는 2002년 건설교통부에서 발간한 「폐공관리 지침」의 원본을 수록한 것으로 폐공에 관한 일반사항과 폐공의 재활용 및 폐공의 원상복구에 대한 기준을 수록하였다.

『제7장 지하수 기초조사』에서는 지하수법 제5조에 의한 지하수 기초조사에 관하여 행정절차와 지하수 기초조사 방법 등을 수록하였다.

『제8장 우물의 설계와 시공』에서는 일선 지방자치단체의 공무원들이 지하수 관련 업무수행시 필요한 지하수에 관한 기술적인 사항들과 직접 설계 및 시공 감독을 할 경우 필요한 표준시방서 등 전문적인 지식을 정리하여 수록하였다.

제 2 장

행정절차 및 제도규정

제 2 장 행정절차 및 제도규정

2.1. 지하수법 개요

2.1.1. 지하수법의 목적

지하수의 적절한 개발·이용과 효율적인 보전·관리에 관한 사항을 정함으로써 지하수개발·이용의 적정을 기하고 지하수 오염을 예방하여 공공의 복리증진과 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

2.1.2. 용어의 정의

- “지하수”라 함은 지하의 지층이나 암석사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물을 말한다.
- “지하수영향조사”라 함은 지하수의 개발·이용이 주변지역에 미치는 영향을 분석·예측하는 조사를 말한다.
- “지하수보전구역”이라 함은 지하수의 수량이나 수질의 보전에 필요한 구역으로서 제12조의 규정에 의하여 지정된 구역을 말한다.
- “지하수개발·이용시공업”이라 함은 지하수개발·이용을 위한 시설을 시공하는 사업을 말한다.
- “지하수정화업”이라 함은 지하수에 함유된 오염물질을 제거·분해 또는 희석하여 지하수의 수질개선을 하는 사업을 말한다.

2.1.3. 국가 등의 책무

- 국가는 지하수에 관한 효율적인 보전·관리를 통하여 모든 국민이 양질의 지하수를 이용할 수 있도록 지하수에 관한 종합적인 계획을 수립하고 합리적인 시책을 강구할 책임을 진다.
- 국민은 국가의 지하수보전·관리시책에 협력하고, 지하수보전과 오염방지를 위하여 노력하여야 한다.

HELP ✓ 지하수의 공적관리를 강화하기 위하여 국가의 책무와 함께 국민의 의무를 명시하였다.

2.1.4. 다른 법률과의 관계

- 지하수의 조사, 개발·이용 및 보전·관리에 관하여 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우에는 그 법률이 정하는 바에 따른다. 다만, 제14조(이행보증금 예치), 제15조(원상복구) 및 제16조(지하수오염방지명령 등)의 규정은 그러하지 아니하다.

HELP ✓ 따라서 다른 법률에 지하수개발·이용 등에 관하여 인·허가 및 절차를 구체적으로 규정하고 있는 경우에는 당해 법령을 적용하나 단순히 지하수시설을 설치하여야 한다는 등과 같이 구체성이 없는 경우는 지하수법이 적용된다.
✓ 특히 제14조, 제15조 및 제16조의 규정은 다른 법률의 규정에 우선하여 적용된다.

2.1.5. 지하수법의 연혁

<제 정>

- 1993년 12월 10일 : 지하수법 제정, 공포
- 1994년 7월 23일 : 지하수법 시행령 공포
- 1994년 8월 3일 : 지하수법 시행규칙 공포
- 1994년 8월 9일 : 지하수의수질보전등에관한규칙 공포

<제1차 개정> - 전문 개정

- 1997년 1월 13일 : 개정 지하수법 공포
- 1997년 7월 14일 : 개정 지하수법 시행
- 1997년 8월 8일 : 지하수법시행령 개정·공포 시행
- 1997년 8월 25일 : 지하수법시행규칙 개정·공포 시행
- 1997년 9월 3일 : 지하수의수질보전등에관한규칙 개정·공포 시행

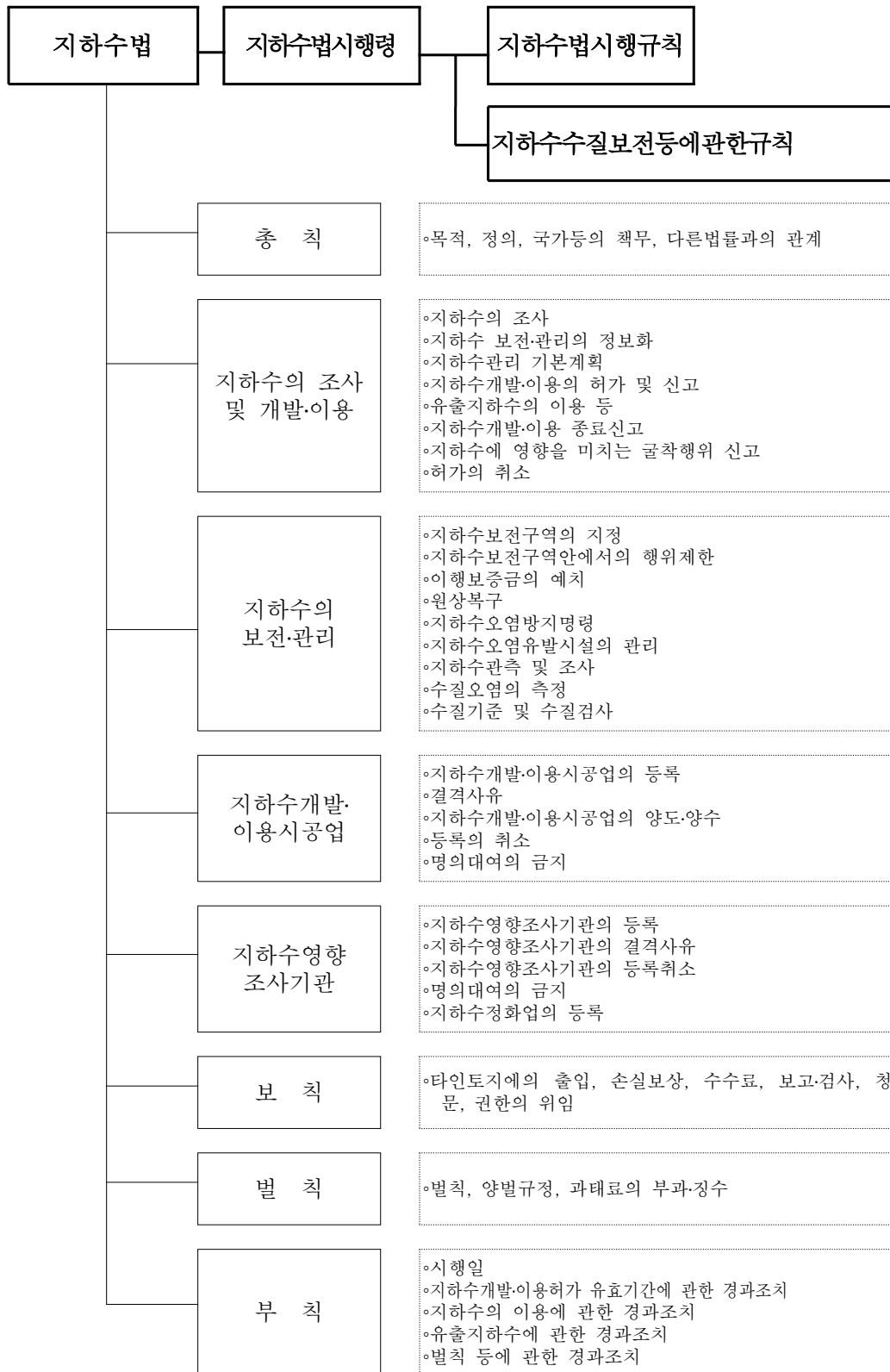
<제2차 개정> - 일부 개정

- 1999년 3월 31일 : 지하수법 개정·공포 시행
- 1999년 5월 10일 : 지하수법시행령 개정·공포 시행
- 1999년 5월 14일 : 지하수법시행규칙 개정·공포시행

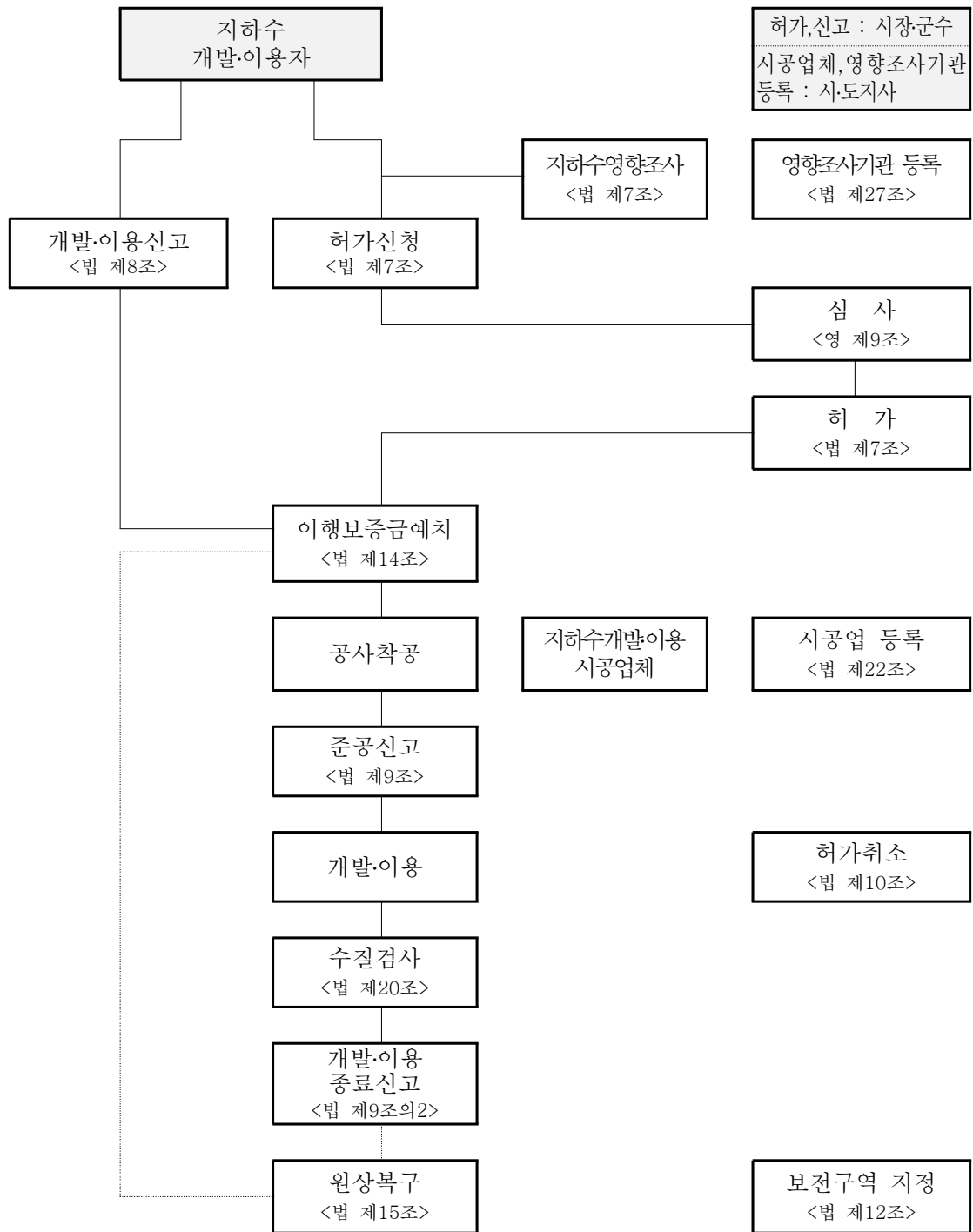
<제3차 개정> - 일부 개정

- 2001년 1월 16일 : 개정 지하수법 공포
- 2001년 11월 17일 : 개정 지하수법 시행
- 2001년 12월 19일 : 지하수법시행령 개정·공포 시행
- 2002년 1월 4일 : 지하수법시행규칙 개정·공포 시행
- 2003년 6월 18일 : 지하수의수질보전등에관한규칙 개정·공포 시행

2.1.6. 지하수법의 체계



2.1.7. 지하수 행정의 흐름



2.2. 지하수 개발·이용의 허가 및 신고

2.2.1. 배경 및 목적

- 지하수법은 지하수개발·이용에 있어, 허가제를 기본으로 하고, 소규모 지하수개발·이용 또는 특별한 사유가 있는 경우에는 신고만으로 지하수를 개발·이용할 수 있도록 하고 있음
- 금번 개정된 지하수법에 의거 그 동안 허가·신고대상에서 제외되었던 경미한 지하수개발·이용시설을 신고대상 시설로 편입하여 제도권 안에서 거의 모든 지하수시설을 관리하도록 하였으며, 아울러 허가시설의 유효기간 도입, 지하수 영향조사 방법 개선, 하천구역의 지하수개발·이용 허가시 하천관리청과 협의토록 하는 등 허가시설에 대한 규제제도를 개선하였음
- 또한, 신고시설의 경우에는 그 동안 지하수장해가 우려되는 경우 지하수개발·이용을 제한할 수 있는 법적 근거가 없어 어려움이 있었으나, 금번 지하수법을 개정하여 신고시설에 대하여도 지하수의 고갈, 지반침하 등이 우려되는 경우 취수량 제한, 시정명령, 이용중지 명령 등 지하수 이용을 제한 할 수 있도록 함으로써 체계적인 지하수관리를 도모하였음

2.2.2. 적용 대상

가. 허가 대상

- 농림어업 목적의 용수로서 1일 양수능력이 150톤(토출관의 안쪽지름이 50밀리미터)을 초과하는 경우
- 기타용수로서 1일 양수능력이 100톤(토출관의 안쪽지름이 40밀리미터)을 초과하는 경우
- 지하수보전구역안에서 1일 양수능력이 30톤이상(안쪽지름이 32밀리미터 이상인 토출관을 사용하는 경우에는 1일 양수능력을 30톤 이상으로 본다)의 지하수를 개발·이용하고자 하는 경우

나. 신고대상

- 국방·군사시설사업에관한법률 제2조의 규정에 의한 국방·군사시설사업에 의하여 설치된 시설에서 지하수를 개발·이용하는 경우
- 농어촌발전특별조치법 제2조제1호의 규정에 의한 농림어업을 영위할 목적으로 1일 양수능력이 150톤 이하로(안쪽지름이 50밀리미터 이하인 토출관

을 사용하는 경우에 한함) 지하수를 개발·이용하는 경우

- 재해 기타 천재·지변으로 인하여 긴급히 지하수를 개발·이용할 필요가 있다고 시장·군수가 인정하는 경우
- 전시 기타 비상사태의 발생에 대비하여 국가 또는 지방자치단체가 비상급수용으로 지하수를 개발·이용하는 경우
- 1일 양수능력이 100톤 이하인 경우(안쪽지름이 40밀리미터 이하인 토출관을 사용하는 경우에 한함)로 지하수를 개발·이용하는 경우

다. 허가·신고 면제대상

- 자연히 용출하는 지하수를 동력장치를 사용하지 아니하고 개발·이용하는 경우
- 동력장치를 사용하지 아니하고 가정용우물 또는 공동우물을 개발·이용하는 경우

HELP ✓ 가정용 우물이란 순수한 의미의 가정생활용으로서 비영리, 비전문성 용도로 제한한다.

표 2.1 용도별 허가·신고대상의 구분

용도	구분		허가·신고여부
가정용	동력장치가 없는 경우		면제
	동력장치가 있는 경우	1일 양수능력 100톤(토출관직경 40mm)이하	신고
		1일 양수능력 100톤(토출관직경 40mm)초과	허가
농·어업용	1일 양수능력 150톤(토출관직경 50mm)이하		신고
	1일 양수능력 150톤(토출관직경 50mm)초과		허가
국방·군사용	양수능력에 관계없음		신고
일반용	1일 양수능력 100톤(토출관직경 40mm)이하		신고
	1일 양수능력 100톤(토출관직경 40mm)초과		허가
전시등 대비 비상급수용	양수능력에 관계없음		신고
재해 등 대비용	양수능력에 관계없음		신고
지하수보전 구역내	1일 양수능력 30톤이상 또는 토출관직경이 32mm 이상인 경우 (용도에 관계없음)		허가

- HELP** ✓ 정착된 동력장치가 없는 농림어업용 시설의 경우 신고대상 시설로 처리한다.
- ✓ 정착된 동력장치란 동력장치가 고정적으로 설치되어 있는 경우를 말한다.
- ✓ 시·도의 조례가 정하는 바에 의하여 1/2의 범위안에서 양수능력 조정 가능
- ✓ 토출관은 펌프의 토출구로부터 유량계설치 지점까지의 배관을 말한다. 따라서 지하수 개발·이용 허가 및 신고의 기준이 되는 토출관직경은 유량계가 설치된 지점 직전의 관경으로 한다. 다만 유량계 설치 면제시설의 경우 펌프의 토출구로부터 동일 관경으로 지상으로 노출된 배관의 관경으로 하되, 지상에 노출된 후 관경이 달라지는 경우 변경되기 직전의 관경으로 한다.

다. 양수능력의 합산

지하수개발 허가·신고대상의 판단기준이 되는 양수능력은 지하수개발·이용 시설의 동력장치, 토출관의 지름과 깊이 등에 비추어 보아 당해시설을 이용하여 양수할 수 있는 최대취수량을 말하며, 다음의 경우에는 양수능력을 합산한다.

- 지하수를 이미 개발·이용하고 있는 자가 양수능력을 증가시키는 경우
- 동일 사업장내에서 2개 이상의 지하수개발·이용시설을 설치하는 경우

- HELP** ✓ 동일 사업장이란 특정사업목적을 위해 필요로 하는 공간적 범위로서 지면이나 인위적 울타리 등만으로 획일적으로 그 범위가 확정되는 것이 아니라 사업의 인·허가시설정된 범위, 당해 사업내용 등도 함께 고려하여 동일사업장으로 인식할 수 있는 공간적 범위라고 할 수 있다.
- ✓ 동일 사업장에서 기존 신고시설 외에 신규로 지하수를 개발함으로 인해 양수능력 합산으로 허가 시설이 되는 경우 각각의 시설을 허가시설로 관리하여야 한다.

- 지하수개발·이용시설간의 거리가 50미터 이내인 지역에서 2개 이상의 지하수개발·이용시설을 설치하는 경우

- HELP** ✓ 동조문은 원칙적으로 동일인이 동시 또는 시간적 간격을 두고 개발하는 경우를 말한다.
- ✓ 50m 이내의 거리에서 2공 이상의 지하수 개발에 따른 양수능력 합산으로 허가 시설이 되는 경우 각각의 시설을 허가시설로 관리하여야 한다.

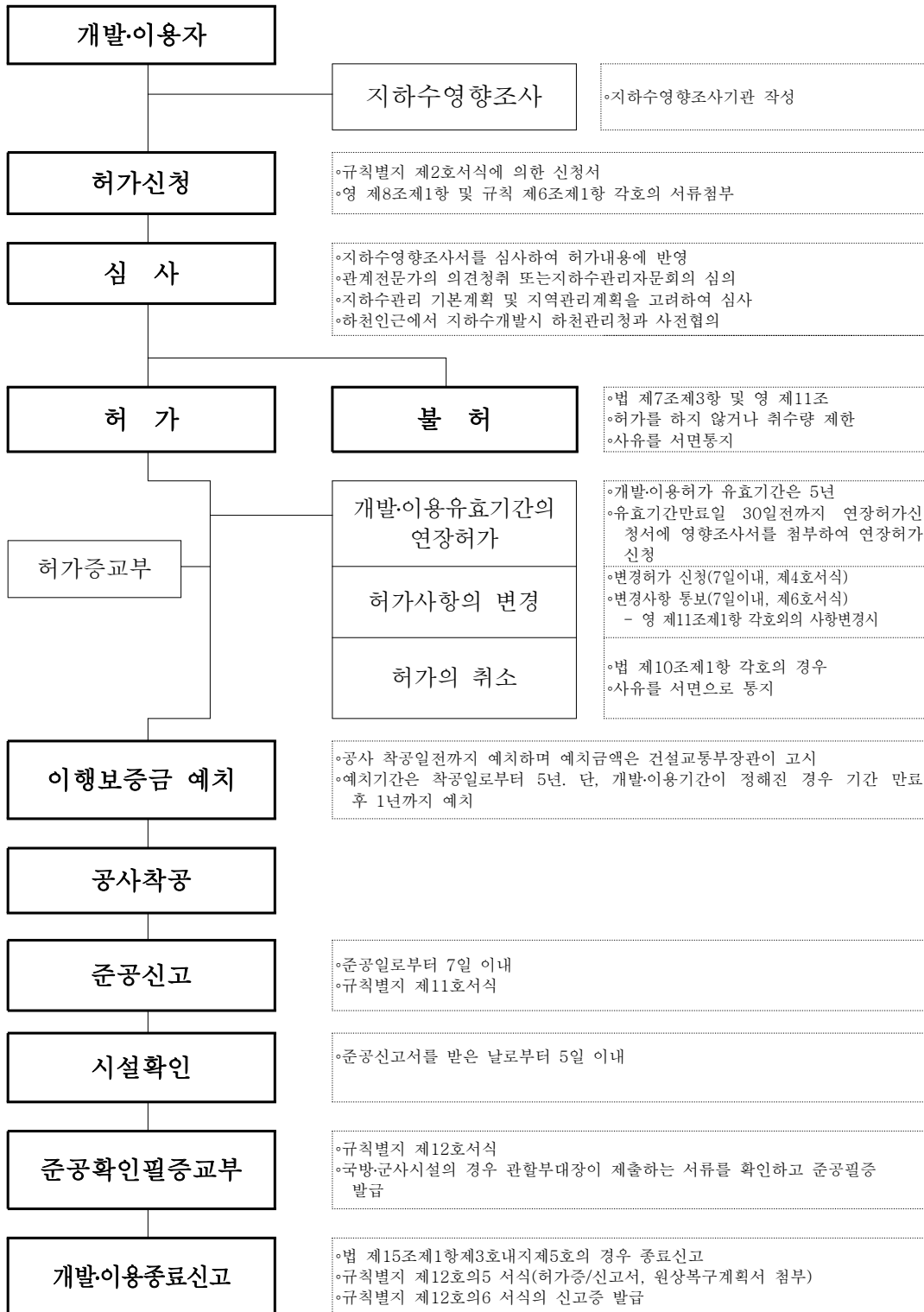
- HELP** ✓ 다음의 시설들은 양수능력의 합산대상에서 제외된다.
(법 제8조제1항 및 시행령 제13조제2항 내지 제5항)
- 국방·군사시설사업에 의하여 설치된 시설에서 지하수를 개발·이용하는 경우
 - 재해 기타 천재·지변으로 인하여 긴급히 지하수를 개발·이용할 필요가 있다고 시장·군수가 인정하는 경우
 - 전시 기타 비상사태의 발생에 대비하여 국가 또는 지방자치단체가 비상급수용으로 지하수를 개발·이용하는 경우

2.2.3. 관련 법 조문

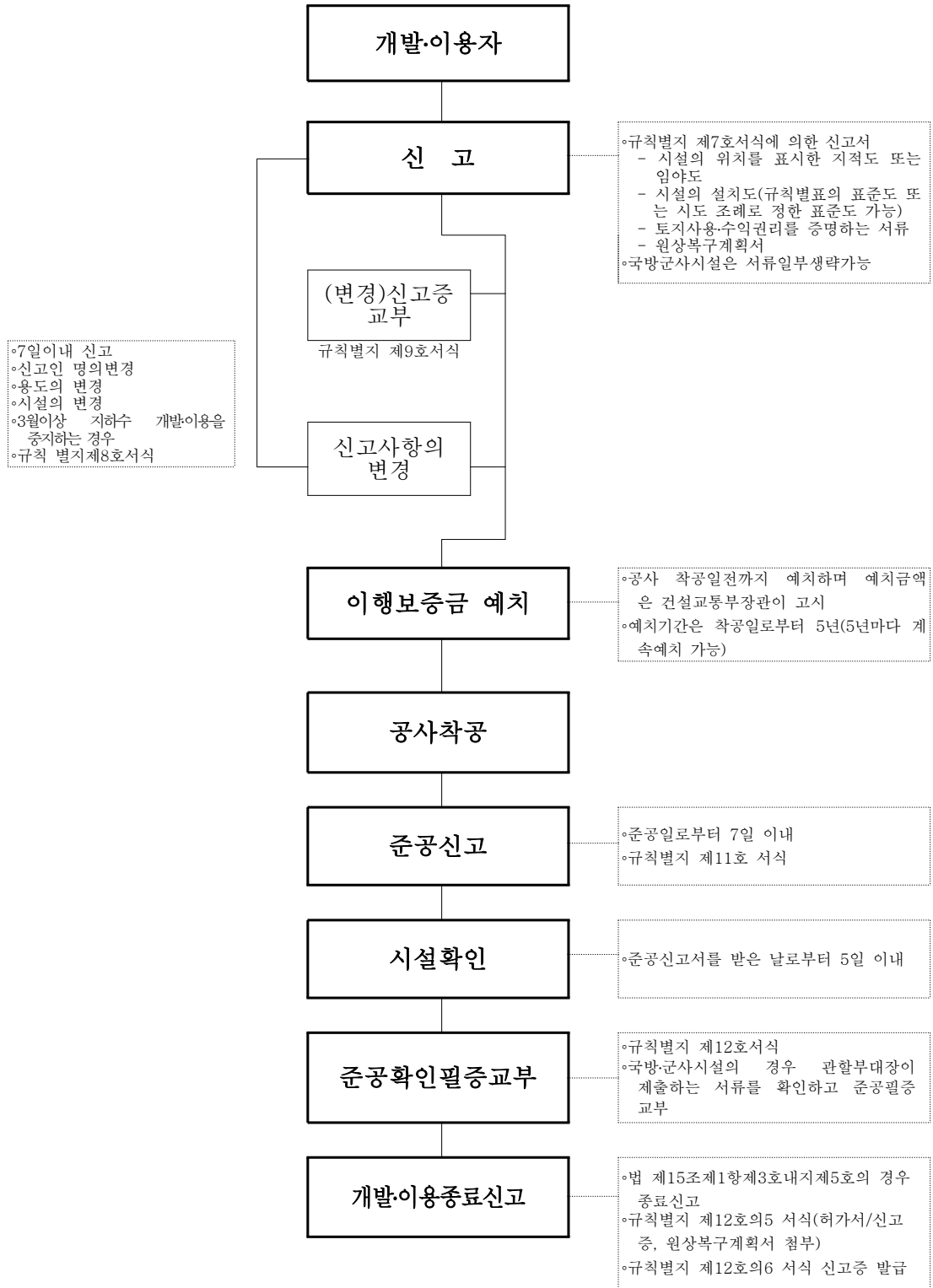
법	시행령	시행규칙	비고
<p>제7조 ①지하수를 개발·이용하고자 하는 자는 미리 시장·군수의 허가를 받아야 함 허가제의 대상 지정</p> <p>②지하수영향조사서의 제출 및 심사</p> <p>③허가를 하지 아니하거나 취수량 제한 경우 ④허가하지 않을시 서면통지 ⑤준공검사 ⑥허가사항의 변경</p> <p>⑦지하수영향조사의 항목 및 조사방법 등</p> <p>제7조의2 ①하천인근에서 지하수개발시 하천관리청과 협의 ②하천에 영향을 미칠 경우 허가제한</p> <p>제7조의3 ①지하수개발·이용허가 유효기간</p> <p>제8조 ①신고함으로써 지하수를 개발·이용할 수 있는 경우 규정</p> <p>②신고사항의 변경</p>	<p>제8조 ①지하수개발·이용 허가신청시 서류 ②지하수개발·이용 시설의 설치도 ③ <삭 제> ④ <삭 제></p> <p>제9조 ①지하수영향조사서의 심사 ②지하수영향조사서의 조정, 보완 ③관계전문가 의견청취</p> <p>제9조의2 지하수 개발·이용 허가 또는 취수량 제한</p> <p>제10조 <삭 제></p> <p>제11조 ①허가사항의 변경 ②변경허가 신청 ③ <삭 제> ④허가사항의 변경</p> <p>제12조 ①지하수영향조사의 항목·조사방법 및 평가기준 ②지하수영향조사서의 작성 지침 및 작성내용</p> <p>제12조의2 하천인근의 범위 지정</p> <p>제12조의3 유효기간연장허가신청</p> <p>제13조 ①지하수개발·이용 신고시 첨부서류 ②지하수개발·이용 시설의 설치도 ③농림어업용수의 규모 ④신고대상의 규모 ⑤양수능력의 합산 ⑥신고사항의 변경항목 ⑦변경신고의 기한</p>	<p>제5조 지하수개발·이용시설의 설치기준</p> <p>제6조 ①허가신청시 첨부서류 ②지하수개발·이용 허가신청서 ③지하수개발·이용허가서</p> <p>제7조 ①변경허가신청서 ②유효기간연장신청서 ③허가사항변경통보서식 ④허가서 교부</p> <p>제8조 ①신고서식 ②국방·군사시설의 서류생략 ③신고시 첨부서류 ④시설표준도</p> <p>⑤변경신고서식 ⑥(변경)신고증</p>	

2.2.4. 업무흐름도

□ 지하수개발·이용의 허가



□ 지하수개발·이용의 신고



2.2.5. 업무처리 요령

□ 지하수개발·이용의 허가

가. 지하수영향조사

2.2.2. 적용대상 중 허가 대상 규모로 지하수를 개발·이용하고자 하는 자는 시장·군수의 허가를 받아야 하며 허가 신청시에는 지하수영향조사기관이 조사하여 작성한 지하수영향조사서를 제출하여야 한다.

- HELP** ✓ 지하수영향조사기관은 영향조사를 실시하기 앞서 법 제9조의4의 규정에 따라 규칙 별지 제12호의7의 서식에 지형도·지적도 또는 임야도와 원상복구계획서를 첨부하여 시장·군수에게 굴착행위신고를 하여야 하며, 굴착행위를 종료한 경우에도 신고하여야 한다. 한편 조사공의 굴착시에는 산림법, 도시계획법 등 관계법령의 규제가 있으면 이들 인·허가 절차를 이행하여야 하며 타인토지에의 출입 등의 경우에는 법 제31조의 규정도 준수하여야 한다.
- ✓ 영향조사가 완료된 조사공은 법 제15조의 규정에 의하여 원상복구의 대상이 되므로 동조의 규정에 따라 제기준에 적합하게 원상복구하여야 하며 그 결과를 해당 시·군·구에 통보하여야 한다.
- ✓ 한편, 지하수영향조사공을 지하수개발·이용관정으로 활용할 경우에는 조사완료 후 개발·이용하고자 하는 자가 굴착한 상태에서 규정에 따라 허가절차(허가신청, 준공 등)를 이행하며 시설의 제기준을 충족하여야 한다.

나. 지하수 개발·이용 허가 신청

◦ 허가신청서

- HELP** ✓ 지하수개발·이용허가 신청서(시행규칙 별지 제2호서식)의 기재항목 중 “취수계획량”이란 지하수를 개발하여 실제로 사용하고자 하는 지하수량($m^3/일$)을 말하며, “소요수량”이란 지하수 개발·이용허가 목적의 달성을 위하여 필요한 최소수량($m^3/일$)을 말한다. 따라서 지하수 이용 중 채수량이 소요수량이하로 떨어지면 허가목적 달성이 어려워짐을 의미하여 법 제10조의 허가취소 사유가 된다.
- ✓ 지하수 개발·이용 허가신청서의 기재항목 중 “좌표(경도, 위도)”의 경우 측량을 통하여 정확한 좌표를 구하거나 지형도상에서 개략적인 좌표를 구할 수 있다.
- ✓ 허가 신청서상의 용도는 생활용, 공업용, 농·어업용으로 구분하여 기재한다. 다만, 음용을 목적으로 하는 경우에는 별도로 “음용”을 표기하며(예:생활용-음용) 시행령 제31조에 따라 먹는물수질기준으로 수질검사를 실시하여야 한다.
- 또한, 지하수이용실태조사지침의 용도구분과 수질기준상의 용도구분이 상이한 경우에는 용도구분은 지하수 이용실태 조사지침을 따르고 수질검사는 수질규칙 별표 4의 수질기준에 따라 실시한다. 예를 들어 세차장용 지하수의 경우 용도구분은 생활용으로 하고 수질검사는 수질규칙 별표 4의 공업용수에 해당될 경우 공업용수질기준에 따라 실시하며, 허가신청서에는 “생활용-공업용수질기준”으로 기재한다.

- 지하수개발·이용시설 위치를 표시한 지적도 또는 임야도

HELP ✓ 지하수개발·이용시설 위치를 표시한 도면으로는 지적도, 임야도 외에 지하수 개발·이용시설의 위치를 표시한 지형도를 추가로 제출할 수 있다.

- 지하수개발·이용시설의 설치도

- 지하수개발·이용시설의 설치기준

·출수장치 및 유량계를 설치하여 지하수의 취수현황을 파악할 수 있도록 할 것

HELP ✓ 출수장치 및 유량계 설치 면제시설

- 1일 양수능력 30㎥미만(안쪽지름이 32mm이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용 또는 국방·군사용 지하수 개발·이용시설
- 정착된 동력장치를 사용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설

·지름 25mm이상의 수위측정관을 설치하여 지하수위를 측정할 수 있도록 할 것

HELP ✓ 수위측정관 설치 면제시설

- 굴착지름이 100mm 이하인 지하수개발·이용시설
- 양수능력이 30㎥미만(안쪽지름이 32mm이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용 또는 국방·군사용 지하수 개발·이용시설
- 정착된 동력장치를 사용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설

·지하수 개발·이용시설을 설치하는 과정에서 굴착 등으로 인하여 유입된 오염물질, 굴착 등으로 인하여 깨어진 물질과 굴착시 사용된 물 등을 완전히 제거한 후 소독할 것

·음용수를 개발·이용할 목적으로 설치하는 지하수개발·이용시설의 자재는 한국 산업규격이나 이에 상당하는 제품을 사용할 것

HELP ✓ 수위측정관 설치 면제시설

- 굴착지름이 100mm 이하인 지하수개발·이용시설
- 양수능력이 30㎥미만(안쪽지름이 32mm이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용 또는 국방·군사용 지하수 개발·이용시설
- 정착된 동력장치를 사용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설

- 지하수개발·이용시설 설치도 작성 가능 기관

·조사전문기관

·엔지니어링기술진흥법에 의하여 신고한 지구물리, 응용지질, 지하자원개발, 수자원개발, 상하수도 또는 농어업토목분야의 엔지니어링활동주체

·기술사법에 의하여 기술사사무소 개설등록을 한 지구물리, 응용지질,

- 지하자원개발, 수자원개발, 상하수도 또는 농어업토목분야의 기술사
- 법 제27조제1항의 규정에 의한 지하수영향조사기관
- 법 제29조의2제1항의 규정에 의하여 등록된 지하수정화업자
- 먹는물관리법 제12조의 규정에 의하여 등록된 환경영향조사대행자

- 지하수영향조사서
- 기타 건설교통부령이 정하는 서류
 - 토지를 사용·수익할 수 있는 권리를 증명할 수 있는 서류

HELP ✓ 복합주상건물 등의 경우, 토지의 사용권리를 증명할 수 있는 서류는 건물소유자 전 원으로부터 동의서를 받아 제출하여야 한다.

- 원상복구계획서

다. 지하수 개발·이용 허가신청서 검토

양수능력의 적정성 검토

양수능력이라 함은 “지하수개발·이용시설의 동력장치, 토출관의 지름과 깊이 등에 비추어 보아 당해시설을 이용하여 양수할 수 있는 최대취수량”을 말하며, 지하수 개발·이용 허가신청서가 접수된 때에는 신청서에 기재된 제반 시설 제원과 비교하여 양수능력이 적정하게 산정되었는지 검토한다.

- ① 허가신청서 및 신고서에 기재된 펌프사양을 검토한다.
 - 펌프마력(HP), 양정고(펌프설치심도), 펌프효율(%) 등을 검토한다.

HELP ✓ 양수능력의 단위는 $m^3/일(m^3/분 \times 1,440분)$

- $30m^3/일 = 0.0208m^3/분(20.8\ell/분)$
- $100m^3/일 = 0.0694m^3/분(69.4\ell/분)$
- $150m^3/일 = 0.1040m^3/분(104\ell/분)$

- 토출관 안쪽지름을 검토한다.

HELP ✓ 양수능력을 검토한 후 토출관안쪽지름을 시행령에서 정한 기준과 비교한다.

- $30m^3/일$: 안쪽지름이 32mm를 초과하는 토출관을 사용하는 경우에는 양수능력이 $30m^3/일$ 을 초과한 것으로 본다.
- $100m^3/일$: 안쪽지름이 40mm를 초과하는 토출관을 사용하는 경우에는 양수능력이 $100m^3/일$ 을 초과한 것으로 본다.
- $150m^3/일$: 안쪽지름이 50mm를 초과하는 토출관을 사용하는 경우에는 양수능력이 $150m^3/일$ 을 초과한 것으로 본다.

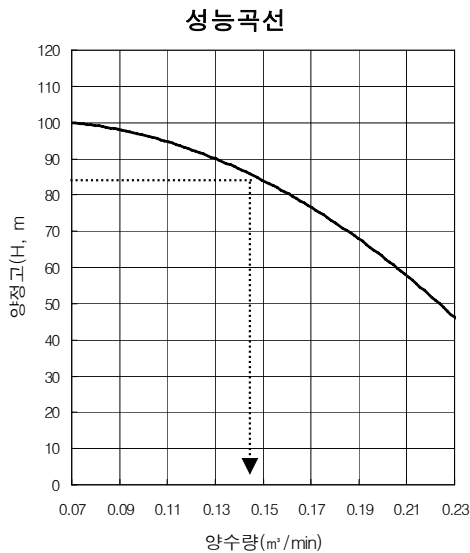
② 펌프의 제품설명서를 통해 양수능력의 적정성을 검토한다.

양수능력의 검토는 여러 가지 방법으로 할 수 있으며, 우선적으로 펌프의 제품설명서(또는 제품 사양서)를 통하여 양수능력을 검토한다.

지하수 담당공무원은 지하수개발·이용허가 신청서 접수시 지하수개발·이용자로 하여금 설치하고자 하는 펌프의 제조회사에서 만든 제품 설명서(또는 제품 사양서)를 제출토록 하고, 이로부터 양수능력을 확인할 수 있다. 각 펌프 제조사에서 제작한 제품설명서에는 각 펌프의 성능곡선이 있으며 이로부터 양수능력을 검토한다. 펌프의 성능곡선에서 양수능력을 검토하는 방법은 다음과 같다.

펌프의 성능곡선은 양정고와 양수량으로 구성된 도표로서 양정고를 알고 있으면 양정고와 성능곡선이 만나는 지점을 찾아 이에 해당하는 양수량을 도표 상에서 읽으면 된다.

HELP ✓ 양정고는 안정수위로부터 지하수를 양수하고자하는 지점(지상의 저수조 또는 지표면)까지의 높이를 의미하며 지하수 영향조사 결과 확인된 조사공의 안정수위와 시설설치계획에서 양정고를 산정할 수 있다. 다만, 신고시설의 경우 영향조사를 실시하지 않기 때문에 안정수위를 알 수 없으므로 펌프의 설치심도를 양정고로 할 수 있다.



예1) 양정고가 85m이고 펌프의 성능곡선을 이용하여 양수능력을 검토하고자 하는 경우에는 그림과 같이 해당 양정고 85m에서 수평으로 선을 그은 후 성능곡선과 만난 점에서 수직으로 선을 내려 양수량 축과 만난 점의 값을 읽는다. 읽은 값이 0.145m³/min이므로 이를 일 단위로 환산하면,

$$\begin{aligned} \text{양수능력}(Q) &= 0.145\text{m}^3/\text{min} \times 1,440\text{min}/\text{일} \approx 209\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

또한, 펌프의 제품 설명서에는 각 펌프모델별로 양정별 양수량을 구하여 제품 성능표로 제시하는 경우가 있으며 이 경우에는 제품 성능표에서 해당 모델의 양수능력을 읽으면 된다.

예2) ○○사의 펌프중에서 2마력의 PLS-2012H 모델의 펌프를 양정고가 80m인 지점에 설치하는 경우 양수능력은 다음 표에서 보는 바와 같이 119m³/일이 된다.

HP	모델명	양 수 량(m³/일)													
		25m	35m	45m	50m	60m	70m	80m	100m	120m	140m	160m	180m	200m	220m
1	PLS-1012H			133	105	84	56								
2	PLS-2012H			154	147	140	130	119	112	95	56				
	PLS-2012Q	315	260	158	100										
	PLS-2032Q	315	260	158	100										
3	PLS-3012H								115	108	86	58			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

③ 공식을 이용하여 양수능력의 적정성을 검토한다.

펌프의 제품설명서가 없어 성능곡선으로 양수능력을 검토할 수 없는 경우에는 공식을 이용하여 양수능력을 검토할 수 있다. 공식을 이용하여 양수능력을 검토하는 방법은 다음과 같다.

- 양수량과 양정고의 관계식에서 기본적인 펌프용량을 산정한다.

$$P_1 = Q \times H \div 6,572.5$$

여기서 P_1 : 펌프용량(HP)
 Q : 양수량(m³/일)
 H : 양정고(m)

또는 표 2.2에서 양수량과 양정고를 대비하여 이론적인 펌프용량을 찾아 읽는다.

HELP ✓ 이 경우 양정고는 압상파이프를 통한 마찰 수두손실(펌프 설치심도의 10%)을 포함하여 계산할 수 있다.

- 펌프의 효율을 고려하여 실제 펌프용량을 산정한다.

$$P_1 = P_2 \times E$$

$$\text{또는 } P_2 = P_1 \div E$$

여기서 P_2 : 펌프효율을 고려한 펌프용량(HP)
 E : 펌프효율(0 ~ 1.0)

HELP ✓ 예를 들어 양수량 100m³/일, 펌프설치심도(양정고) 70m, 펌프효율 65%인 경우의 적정펌프용량을 구하여 보면 다음과 같다.

$$P1 = 100 \times 70 \div 6,572.5 = 1.07$$

$$P2 = 1.07 \div 0.65 = 1.64$$

즉, 실제 필요한 펌프용량은 1.64(약 2마력)임

✓ 펌프의 효율은 토출량에 따라 달라지며 한국공업표준협회 발행 KS규격집(KS B 6320-1988)에 표준효율이 정해져 있다(그림 2.1).

◦ 산정된 결과를 토대로 신청한 양수능력의 적정성을 평가한다.

예2) ○○시에 제출된 어느 지하수 개발·이용신고서상에 3마력의 수중 모터펌프를 50미터 심도에 설치하고, 양수능력을 80m³/일로 설정하였을 경우 이 신고서의 양수능력 적정성을 검토하면 다음과 같다.

<표를 이용하는 방법>

표 2.1에서 양정 50m, 양수량 80m³/일일 경우의 펌프능력을 찾은 후(0.609마력) 그림 2.1에서 송출량 80m³/일(≒0.06m³/분)에 해당하는 펌프효율을 찾아서(약45%) 실제 필요한 펌프마력(0.609÷0.45≒1.35마력)을 산정한다. 그 결과 심도 50m에 펌프를 설치하여 80m³/일의 양수능력을 필요로 한다면 1.35마력이면 가능하므로, 펌프용량을 낮추어 신고토록 하거나 허가시설로 변경하도록 유도할 필요가 있다.

<공식을 이용하는 방법>

양정 50m와 양수량 80m³/일일 경우 펌프능력을 계산한 후($P1 = Q \times H \div 6,572.5 = 80\text{m}^3/\text{일} \times 50\text{m} \div 6,572.5 = 0.609\text{마력}$) 그림 2.1에서 송출량 80m³/일(≒0.06m³/분)에 해당하는 펌프효율을 찾아서(약 45%) 실제 필요한 펌프마력($0.609 \div 0.45 = 1.35\text{마력}$)을 산정한다.

HELP ✓ 또한, 『지하수 행정업무 관리시스템(DUREBAK Win 5.0)』 및 『시군구행정종합정보시스템(지역개발 행정)』의 양수능력 검토기능을 활용하여 펌프용량, 양정고 및 펌프효율을 입력함으로써 적정 양수능력을 산정할 수 있다. 이 경우 펌프의 효율은 그림 2.1을 참조하여 구하거나 실제 펌프에 기재되어 있는 수치를 입력하면 된다.

④ 준공검사시에는 정호에 설치된 펌프의 최대 양수능력을 확인한다.

- 밸브를 최대한 열고 2시간이상 토출량을 유량계로 측정하여 1일 최대 양수능력을 확인
 - 예 : 2시간 토출량이 10m³일 경우 양수능력은 5m³/1시간×24시간 = 120m³/일

그림 2.1 펌프의 효율

표 2.2 양정 및 양수량에 따른 이론적인 펌프마력수

원상복구계획서의 검토

① 원상복구계획서 작성지침

1. 작성지침

- 가. 본 지침의 『제6장 지하수 폐공관리』에서 제시된 원상복구의 방법을 참조하여 단계별로 구체적으로 기술한다.
- 나. 사전에 주변환경 및 원상복구 대상시설 현황을 철저히 조사하여 현실적으로 시행할 수 있는 방법을 기재하여야 한다.
- 다. 기타 원상복구에 필요한 첨부자료를 제출한다.

2. 작성내용

- 가. 일반현황
원상복구 대상시설의 소유자 또는 관리자, 원상복구 대상시설의 위치 등을 기입한다.
- 나. 시설현황
용도, 지하수위, 굴착깊이, 굴착지름, 취수량, 동력장치, 양수능력 등을 명시한다.
- 다. 원상복구 방법
우물자재 제거여부, 우물내 이물질 제거여부, 케이싱 제거여부 및 제거방법, 되메움 재료(불투수성 재료 및 투수성재료)의 종류 및 되메움 심도, 지표처리 방안 등에 대하여 기입한다. 원상복구 방법에 대한 자세한 사항은 『제6장 지하수 폐공관리』를 참조한다.
- 라. 원상복구계획도
원상복구 전후의 상황을 비교하여 볼 수 있도록 우물의 기본구조도에 원상복구 방법, 되메움 재료의 주입구간 및 지표처리방법 등을 도식적으로 표현한 도면을 제출한다.

② 원상복구계획의 적정성 검토

- 지하수개발·이용의 신고(또는 허가신청)시 제출한 서류와 비교하여 원상복구 대상시설의 일반현황과 시설현황이 바르게 기재되었는지 여부를 확인한다.
- 지하수개발·이용의 신고(또는 허가신청)시 제출한 시설구조도와 수위 자료를 토대로 하여 원상복구계획서에 기재한 불투수재료 및 투수성재료의 주입구간이 적정하게 설정되었는지 여부를 확인한다.
- 원상복구계획서에서 제시한 되메움 재료가 지하수의 오염 방지에 적절한지 여부를 확인한다.

- 원상복구 대상시설이 위치한 지역의 지목 및 토지이용현황 등을 파악하여 원상복구계획서에서 제시한 지표처리방법이 향후 지속적인 토지이용에 장애가 되지 않도록 한다.

지하수영향조사서의 심사

『제3장 지하수 영향조사·심사』 참조

지하수개발·이용시설 설치도의 검토

- ① 외부 및 내부케이싱의 설치심도 검토
외부케이싱은 암반층 50cm 이상 설치하도록 되어있는지 확인하고 내부케이싱 설치유무를 확인한다. 내부케이싱을 설치하지 아니하고 암반층을 나공상태로 개발할 경우에는 공벽의 붕괴여부를 검토한다.
- ② 그라우팅계획 검토
외부케이싱 바깥쪽으로 5cm 이상의 두께로 그라우팅 실시계획이 있는지 확인한다.
- ③ 상부보호공 설치계획 검토
지하수개발·이용시설의 상부보호공 설치계획이 영 제25조제1항의 규정에 적합하게 수립되어 있는지 확인한다.
- ④ 부대시설물계획 검토
수위측정관, 유량계, 출수장치 등의 부대시설물의 설치가 계획되어 있는지 확인한다.

라. 하천인근에서 지하수개발시 하천관리청과 협의

지하수개발·이용 허가신청 시설이 하천법 제2조제1항제2호의 규정에 의한 하천구역으로부터 300m 이내의 지역에 위치한 경우에는 지하수영향조사서를 첨부하여 하천법 제12조의 규정에 의한 하천관리청과 미리 협의하여야 한다.

- 하천관리청은 당해 지하수개발·이용이 하천의 수량에 영향을 미친다고 인정되는 경우에는 취수량·취수기간의 제한 및 취수금지 등을 요청할 수 있으며, 시장·군수는 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다.
- 하천관리청은 당해 허가로 인하여 하천법 제34조의 규정에 의한 기득하천 사용자가 손실을 받을 것이 명백한 경우에는 허가를 신청한 자로 하여금 기득하천사용자의 동의를 얻도록 하여야 한다.

HELP

- ✓ 하천법 제2조제2호의 규정에 의한 하천구역이란 다음의 구역을 말한다.
 - ① 河川의 물이 계속하여 흐르고 있는 土地 및 地形, 당해 土地에 있어서 식물이 자라는 狀況 기타의 狀況이 매년 1회이상 물이 흐른 흔적을 나타내고 있는 土地 (大洪水 기타 自然現象에 의하여 일시적으로 그 狀況을 나타내고 있는 土地를 제외한다)의 區域
 - ② 河川附屬物의 부지인 土地의 區域
 - ③ 堤防(河川의 管理廳이나 管理廳으로부터 許可 또는 委託을 받은 者가 設置한 것에 한한다)이 있는 곳에 있어서는 그 堤外地(堤防으로부터 河心側의 土地를 말한다)
 - ④ 大統領令이 정하는 堤外地와 유사한 土地의 區域(아래 열거) 중 ①항에 해당하는 區域과 일체로 하여 관리할 필요가 있는 土地로서 河川의 管理廳이 지정하는 土地의 區域
 - 제방에 인접한 토지의 구역으로서 지형상 제방이 설치되어 있는 것과 동일한 형상을 이루고 있는 토지의 구역중 제방보다 낮은 구역
 - 지형상 제방이 설치되어 있는 것과 동일한 형상을 이루고 있는 토지의 구역으로서 대안의 제방보다 낮은 구역
 - 하천부속물에 의하여 가두어 둘 수 있는 물의 최고수위선까지의 토지의 구역
 - 하천구역으로 둘러싸인 토지의 구역

- ✓ 하천법 제12조의 규정에 의한 하천관리청은 다음과 같다.
 - 國家河川의 경우 建設交通部長官
 - 地方1級河川 및 地方2級河川의 경우 당해 관할 區域의 市·道知事

라. 지하수개발·이용허가의 제한

- 시장·군수는 다음의 경우에는 허가를 하지 않거나 취수량을 제한할 수 있다. 허가를 하지 아니하는 경우에는 신청인에게 그 사유를 서면으로 통지하여야 한다.
 - 지하수의 채수로 인하여 인근지역의 수원의 고갈 또는 지반의 침하를 가져올 우려가 있거나 주변시설물의 안정을 해할 우려가 있는 경우
 - 지하수를 오염시키거나 자연생태계를 해칠 우려가 있는 경우
 - 지하수의 적정관리 또는 도시계획 기타 공공사업에 지장을 주는 등 다른 공익을 해할 우려가 있는 경우
 - 하천법에 의한 하천의 수량에 영향을 미치는 등의 사유로 관계행정기관으로부터 지하수개발·이용 제한의 요청이 있는 경우
- 지하수 개발·이용을 허가함에 있어 특히 지하수의 보전을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 준공검사를 받을 것을 조건으로 할 수 있다.

마. 지하수개발·이용허가 유효기간

지하수개발·이용허가 유효기간은 5년으로 한다. 개발·이용유효기간의 연장은 5년으로 하며 유효기간 만료일 30일전까지 연장허가 신청서에 최근 6월 이내에 조사·작성된 지하수영향조사서를 첨부하여 제출하여야 한다.

바. 허가사항의 변경

1) 다음 사항의 변경시에는 7일이내에 변경허가를 신청

HELP ✓ 변경허가 신청은 시행규칙 별지 제4호서식의 지하수개발·이용변경허가신청서에 변경내용을 증명할 수 있는 서류와 지하수영향조사서를 첨부하여 제출한다.

- 지하수개발·이용의 용도를 변경하는 경우
 - 생활용수·농업용수·어업용수·공업용수를 음용수로 변경하는 경우
 - 농업용수·어업용수·공업용수를 생활용수로 변경하는 경우
- 지하수개발·이용시설을 변경하는 경우(양수능력이 증가되는 경우)

HELP ✓ 지하수 개발·이용의 용도를 변경하는 경우 지하수영향조사서의 항목을 수질에 관한 사항으로 한정할 수 있으며, 시설을 변경하는 경우(양수능력이 증가되는 경우)에는 지하수영향조사서의 항목을 적정취수량 및 영향범위에 관한 사항과 수질에 관한 사항으로 한정할 수 있다.

2) 개발·이용허가 유효기간의 연장

유효기간 만료일 30일전까지 연장허가 신청서에 최근 6월 이내에 조사·작성된 지하수영향조사서를 첨부하여 신청

HELP ✓ 이 경우 지하수영향조사서의 항목을 원수의 개발가능량 및 산출상태에 관한 사항(단, 수문 및 수리지질현황에 관한 조사는 생략할 수 있음)과 수질에 관한 사항으로 한정할 수 있다.

3) 변경사항의 통보

영 제11조제1항의 사항 외의 사항이 변경된 경우에는 7일이내에 시행규칙 별지 제6호서식에 변경내용을 증명하는 서류를 첨부하여 시장·군수에게 통보한다.

HELP ✓ 변경사항 통보의무에 대한 실효성 확보와 관련하여서는 법제10조제1항제10호의 규정을 적용할 수 있을 것이다.
 ✓ 변경사항 통보대상에는 지하수 이용을 정당한 사유 없이 장기간 중지(예 : 3월이상)하는 경우도 해당된다 할 것이다.(다만, 동 사항은 허가조건으로 부여하여 개발·이용자에게 명확히 인식시킬 필요가 있음)

사. 허가의 취소

법 제10조 및 영 제15조에서 규정한 경우에는 허가를 취소할 수 있다(2.4. 허가의 취소 등 참조).

아. 준공신고 (2.3. 준공신고를 참조한다.)

자. 종료신고

- 지하수 개발·이용의 허가를 받고 지하수를 개발·이용하는 자가 다음에 해당되는 경우에는 시행규칙 별지 제12호의5서식에 허가서 또는 신고증과 원상복구계획서를 첨부하여 시장·군수에게 종료신고를 하여야 한다.
 - 지하수의 개발·이용을 위하여 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 아니한 경우
 - 소요수량이 확보되지 아니하거나 수질불량으로 지하수를 개발·이용할 수 없는 경우
 - 지하수의 개발·이용을 종료한 경우
- 종료신고를 받은 시장·군수는 시행규칙 별지 제12호의6서식의 지하수개발·이용종료신고증을 교부하여야 한다.

HELP ✓ 지하수 개발·이용 종료신고시에는 수원고갈, 수질악화, 용도변경 등 종료의 사유를 구체적으로 기재토록 유도하여야 하며, 종료의 사유는 『제4장 지하수 개발·이용실태조사』에서 폐공발생원인을 참조한다.

□ 지하수개발·이용의 신고

가. 지하수개발·이용신고(법 제8조)

2.2.2. 적용대상 중 신고대상 시설에 해당하는 경우 지하수개발·이용신고서(시행규칙 별지 제7호서식)에 다음 서류를 첨부하여 시장·군수에게 제출한다.

- HELP** ✓ 지하수개발·이용 신고서(시행규칙 별지 제7호서식)의 기재항목 중 “취수계획량”이란 지하수를 개발하여 실제로 사용하고자 하는 지하수량($m^3/일$)을 말하며, “소요수량”이란 지하수 개발·이용허가 목적의 달성을 위하여 필요한 최소수량($m^3/일$)을 말한다.
- ✓ 지하수 개발·이용 신고서의 기재항목 중 “좌표(경도, 위도)”의 경우 측량을 통하여 정확한 좌표를 구하거나 지형도상에서 개략적인 좌표를 구할 수 있다.

◦ 지하수개발·이용시설의 위치를 표시한 지적도 또는 임야도

- HELP** ✓ 지하수개발·이용시설 위치를 표시한 도면으로는 지적도, 임야도 외에 지하수 개발·이용시설의 위치를 표시한 지형도를 추가로 제출할 수 있다.

◦ 지하수개발·이용시설의 설치도

- HELP** ✓ 시·도지사는 신고대상 시설에 대하여 시행규칙 제5조에서 정한 지하수 개발·이용시설의 설치기준에 의하는 것이 부적절하다고 인정되는 경우에는 동 기준을 완화하여 적용할 수 있다.
- ✓ 시행규칙 별표의 표준도 또는 시·도의 조례가 정하는 표준도에 의할 수 있다.

◦ 토지를 사용·수익할 수 있는 권리를 증명하는 서류

- HELP** ✓ 복합주상건물 등의 경우, 토지의 사용권리를 증명할 수 있는 서류는 건물소유자 전 원으로부터 동의서를 받아 제출하여야 한다.

◦ 원상복구 계획서

- HELP** ✓ 국방·군사시설에 의하여 설치된 시설의 신고시에는 서류 중 일부를 생략할 수 있다.

나. 지하수개발·이용신고서 검토

지하수개발·이용허가 신청서 검토사항을 참조한다.

다. 신고증 교부(시행규칙 제8조제6항)

시장·군수는 신고인에게 지하수개발·이용(변경)신고증(시행규칙 별지 제9호서식)을 교부한다.

라. 변경신고

신고한 사항 중 다음의 변경사항이 발생하면 7일 이내에 시장·군수에게 신고하여야 한다.

- 신고인의 명의를 변경하는 경우
- 지하수개발·이용의 용도를 변경하는 경우
- 지하수개발·이용시설을 변경하는 경우
- 지하수개발·이용을 3월 이상 중지하는 경우. 다만, 농업용 또는 어업용으로 사용하기 위한 경우로서 그 성격상 지하수의 이용을 중지하는 것이 불가피하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.

마. 지하수개발·이용신고의 제한

- 시장·군수는 다음의 경우에는 취수량 및 취수기간을 제한할 수 있고 시정명령·이용중지·공동이용명령 등 필요한 조치를 취할 수 있으며, 정당한 사유없이 이를 이행하지 아니한 경우 시설의 폐쇄를 명할 수 있다.
 - 지하수의 채수로 인하여 인근지역의 수원의 고갈 또는 지반의 침하를 가져올 우려가 있거나 주변시설물의 안정을 해할 우려가 있는 경우
 - 지하수를 오염시키거나 자연생태계를 해칠 우려가 있는 경우
 - 지하수의 적정관리 또는 도시계획 기타 공공사업에 지장을 주는 등 다른 공익을 해할 우려가 있는 경우
 - 하천법에 의한 하천의 수량에 영향을 미치는 등의 사유로 관계행정기관으로부터 지하수개발·이용 제한의 요청이 있는 경우
- 시정명령·이용중지·공동이용명령 등 필요한 조치를 하고자 할 때에는 사유·방법·이행기간 등을 문서에 명시하여 신고인에게 통지하여야 한다.
- 시정명령 등을 이행한 경우에는 그 이행사항을 7일이내에 시장·군수에게 통보하여야 한다.
 - 시행규칙 별지 제7호서식 시정·조치완료통보서
 - 이행완료를 증명할 수 있는 서류
 - 현장사진

HELP ✓ 천재·지변 그밖의 부득이한 사유로 조치를 이행하지 못한 경우 1회에 한하여 이행기간을 연장할 수 있으며, 이 경우 이행기간 만료 3일전까지 시장·군수에게 기간연장을 신청하여야 한다.

- 시정·조치완료통보를 받은 때에는 7일이내에 조치의 이행완료여부를 확인하여야 한다.

마. 준공신고

2.3. 준공신고를 참조한다.

바. 종료신고

- 지하수 개발·이용의 신고를 하고 지하수를 개발·이용하는 자가 다음에 해당되는 경우에는 시행규칙 별지 제12호의5서식에 허가서 또는 신고증과 원상복구계획서를 첨부하여 시장·군수에게 종료신고를 하여야 한다.
 - 지하수의 개발·이용을 위하여 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 아니한 경우
 - 소요수량이 확보되지 아니하거나 수질불량으로 지하수를 개발·이용할 수 없는 경우
 - 지하수의 개발·이용을 종료한 경우
- 종료신고를 받은 시장·군수는 시행규칙 별지 제12호의6서식의 지하수개발·이용종료신고증을 교부하여야 한다.

HELP ✓ 지하수개발·이용종료신고된 경우에는 법 제15조제1항의 규정에 의거 법적으로 원상복구 의무가 발생되므로 이를 이행토록 지도하여야 한다.

2.3. 준공신고

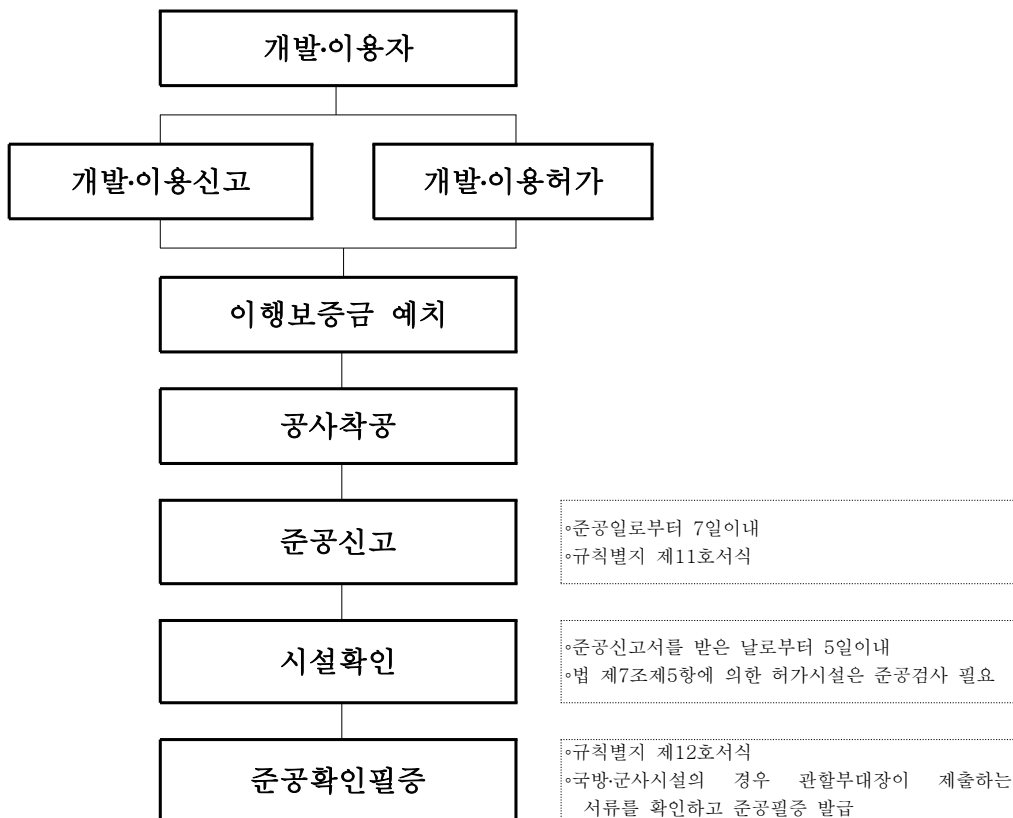
2.3.1. 배경 및 목적

지하수 개발공정의 철저한 관리를 위하여 지하수개발 실패공의 되메움과 오염방지시설의 설치 확인을 위하여 준공신고를 하고 현장확인을 하도록 함

2.3.2. 관련법조문

법	시행령	시행규칙	비고
제9조 준공신고	제14조 ① <삭 제> ②공사준공 후 7일 이내 준공신고 ③준공확인 후 5일 이내에 준공확인필증 교부	제9조 ① <삭 제> ②준공신고서식 ③준공확인필증 ④국방·군사시설사업에 의한 지하수 개발·이용시 관할부대장제출서류로 준공확인필증 교부	

2.3.3. 업무흐름도



2.3.4. 업무처리 요령

- 지하수 개발·이용의 허가를 받거나 신고를 한 자가 공사를 준공한 때에는 7일 이내에 시장·군수에게 신고하여야 한다.

HELP ✓ 준공신고는 시행규칙 별지 제11호서식에 준공시설도, 수질검사서, 현장사진을 첨부한다.

✓ 준공검사시 확인이 불가능한 사항에 대해서는 착공 후 미리 확인하여야 한다(허가신청 또는 신고시 착공예정일을 명기토록 하고 있음).

✓ 준공시 첨부하여야 할 현장사진은 다음과 같다.

- 지하수개발 예정지 착정기계 설치전 전경
- 착정기계 설치 후 전경
- 지하수 오염방지조치 확인 사진
 - 케이싱 시공
 - 상부보호공 시공
 - 지하수 시설 주변 1m 이내의 경사도 확인용
 - 적산유량계 및 출수장치
 - 지하수위 측정관
- 지하수개발·이용시설 전경

- 준공신고를 받은 때에는 5일 이내에 허가받은 내용 또는 신고내용 및 지하수의 수질보전등에 관한규칙 별표1의 내용에 적합하게 설치되었는지 여부를 확인하고 시행규칙 별지 제12호서식의 준공확인필증을 교부한다.

HELP ✓ 준공신고의 확인시에는 영 제25조제2항의 규정에 의하여 적산유량계를 봉인하여야 한다.

✓ 국방·군사시설사업에 관한 법률에 의하여 설치된 시설은 관할부대장이 제출하는 서류를 확인하고 준공필증을 발급한다.

✓ 준공확인필증 교부시에는 법 제15조제1항에 해당되게 될 때에는 개발·이용자 책임으로 원상복구해야 할 법적 의무가 발생됨을 알려주어야 한다.

✓ 수질검사 면제대상 용도로의 지하수개발·이용도 준공신고시에는 반드시 수질검사서를 첨부하여야 하며 준공확인 후에는 법 제20조제1항 및 영 제29조제2항의 규정에 의거 수질검사가 면제된다.(동 조항은 허가나 신고이후 정기적인 검사에 있어 적용됨).

- 지하수개발·이용에 대한 유효기간 연장허가의 경우는 준공검사에 대한 규정을 적용하지 아니한다.

2.4. 허가의 취소 등

2.4.1. 배경 및 목적

허가받은 지하수 개발·이용 시설의 허가과정, 시공과정, 시공 후 및 이용과정에서 발생하는 제반 문제점을 조치하기 위하여 개선 명령 등을 실시하고 마지막으로 허가를 취소할 수 있도록 함

2.4.2. 적용 범위

가. 허가취소

- 반드시 허가를 취소하여야 하는 경우
 - 부정한 방법으로 지하수 개발·이용 허가를 받은 경우
 - 허가를 받은 목적에 따른 개발·이용이 불가능하게 된 경우
 - 지하수의 개발·이용을 종료한 경우
- 시정명령 후 허가를 취소할 수 있는 경우
 - 법 제7조제3항 각호의 경우
 - 수원고갈, 지반침하 또는 주변시설물이 위험한 경우
 - 지하수오염이나 자연생태계 훼손 우려가 있는 경우
 - 공공사업에 지장을 주는 등 다른 공익을 해할 우려가 있는 경우
 - 기타 지하수보전을 위하여 필요한 경우로서 하천법에 의한 하천수량에 영향을 미치는 등의 사유로 관계행정기관으로부터 지하수개발·이용 제한의 요청이 있는 경우
 - 준공검사, 개발·이용기간 지정 등의 조건을 위반한 경우
 - 준공신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 경우
 - 허가를 받은 날부터 3월 이내에 공사를 착공하지 아니하거나 3월 이상 공사를 중지한 경우
 - 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 아니한 경우
 - 소요수량 미확보 또는 수질불량으로 지하수를 개발·이용할 수 없는 경우

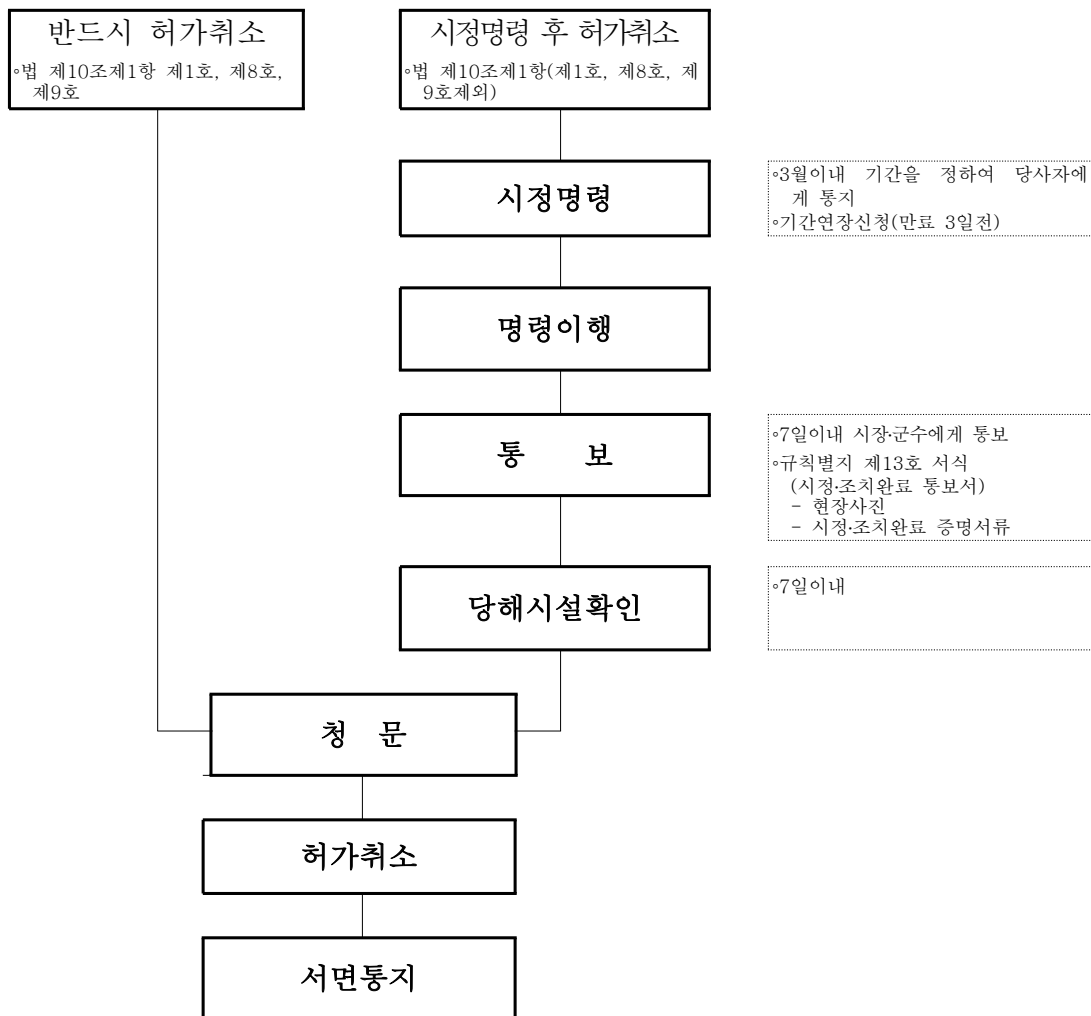
HELP ✓ 소요수량이란 허가신청서상의 허가목적 달성에 필요한 최소소요수량을 말한다.
✓ 수질불량이란 정수처리한 지하수의 수질이 개발·이용에 부적합한 정도인 경우를 말한다.

- 이 법 또는 이 법에 의한 명령에 위반한 경우(예 : 시행령 제11조제4항의 의무 불이행)

2.4.3. 관련 법조문

법	시행령	시행규칙	비고
제10조 ①허가 취소대상 ②소요수량 및 수질불량 ③허가취소전 시정명령 ④허가취소시 통지	제15조 ①소요수량의 규모 규정 ②수질불량의 정도 규정 제16조 ①시정명령 통지 ②통지기간의 연장 ③조치이행통보	제10조 ①조치완료통보서식 ②시정, 조치여부 확인	

2.4.4. 업무흐름도



2.4.5. 업무처리 요령

가. 허가의 취소

부정한 방법으로 지하수개발·이용허가를 받거나 허가를 받은 목적에 따른 개발·이용이 불가능하게 되거나 지하수의 개발·이용을 종료한 경우에는 사유를 서면으로 통지하고 허가를 취소하여야 한다.

나. 허가취소전 시정명령

2.5.2. 적용범위의 허가취소 대상 중에서 시정을 명하거나 필요한 조치를 하고자 하는 경우에는 3월이내의 기간을 정하여 시정내용을 통지함으로써 지하수개발·이용허가를 받은 자로 하여금 필요한 조치를 하게 하여야 한다.

시정명령 기간은 천재·지변 기타 부득이한 사유가 있다고 인정하는 경우에는 1차에 한하여 연장할 수 있으며, 기간의 연장은 만료 3일전까지 시장·군수에게 기간연장 신청을 한다.

다. 시정·조치완료의 통보

시정·조치완료의 통보는 7일 이내에 시행규칙 별지 제13호서식에 현장사진, 시정·조치의 완료를 증명할 수 있는 서류를 첨부하여 제출한다. 시정·조치완료 통보를 받은 시장·군수는 7일 이내에 시정·조치 여부를 확인하여야 한다.

2.5. 유출지하수의 이용

2.5.1. 배경 및 목적

- 국가 산업경제의 발달로 대형 토목공사가 전국 각지에서 이루어지고 있으며, 이에 따른 대형 지반굴착으로 인하여 양질의 지하수가 다량 유출되고 있는 실정이나 이를 수자원으로 활용할 수 있는 관련 규정이 없는 실정이었음
- 이에, 개정 지하수법에서는 지하철·터널 등의 공사를 시행하는 경우 굴착공사로 인하여 유출되는 지하수가 최소화될 수 있도록 대책을 수립·시행하도록 하고, 공사 완료 후에도 계속 유출되는 지하수에 대하여는 그 이용을 의무화함으로써 지하수 활용의 극대화를 도모함

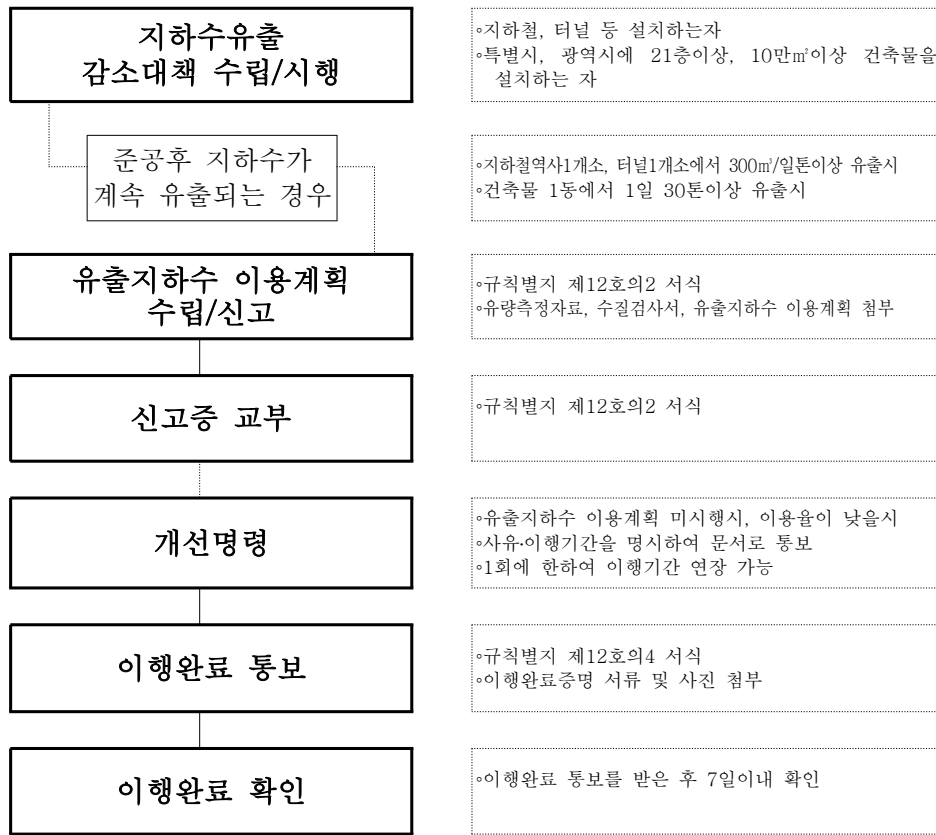
2.5.2. 적용 범위

- 지하수의 유출 감소대책의 수립·시행 대상
 - 지하철·터널 등의 지하시설물을 설치하고자 하는 자
 - 특별시 또는 광역시에 층수가 21층 이상이거나 연면적이 10만㎡이상인 건축물을 설치하고자 하는 자
- 유출지하수 이용계획 수립 대상
 - 상기 시설물의 준공 후에도 다음과 같은 규모로 지하수가 유출되는 경우
 - 지하철역사 1개소에서 1일 300톤이상 유출되는 경우
 - 터널1개소에서 1일 300톤이상 유출되는 경우
 - 건축물 1동에서 1일 30톤이상 유출되는 경우

2.5.3. 관련 법조문

법	시행령	시행규칙	비고
제9조의2 ①유출지하수 감소 대책 수립 ②유출지하수이용계획 수립, 신고 ③개선명령	제14조의2 유출지하수 이용 용도	제9조의2 ①건축물의 규모 규정 ②유출량의 규모 ③유출지하수이용계획신고서 ④유출지하수이용계획신고증 ⑤개선명령통보 ⑥이행기간연장 ⑦개선명령이행완료통보서 ⑧이행완료여부 확인	

2.5.4. 업무흐름도



2.5.5. 업무처리 요령

가. 지하수 유출방지대책 수립·시행

지하철, 터널 등 지하시설물을 설치하거나 특별시·광역시에서 21층 이상이거나 연면적이 10만㎡ 이상인 건축물을 설치하는 자는 공사시 지하수가 유출되는 경우 이를 감소시킬 수 있는 대책을 수립하여 시행하여야 한다.

나. 유출지하수 이용계획 수립·신고

유출지하수 감소대책을 수립, 시행함에도 불구하고 시설물이나 건축물 등의 준공 후 지하철 역사 1개소 또는 터널 1개소에서 300㎡/일 이상으로 지하수가 유출되거나 건축물 1개 동에서 30㎡/일 이상으로 지하수가 유출될 경우에는 다음의 용도로 유출지하수를 이용할 수 있도록 이용계획을 수립하여 시장·군수에게 신고하여야 한다.

- 유출지하수의 용도 : 생활용, 공업용, 농업용, 어업용, 공사용, 소방용, 청소용, 하천유지용, 조경용

- 유출지하수이용계획신고 양식
 - 시행규칙 별지 제12호의2 서식 유출지하수이용계획신고서
 - 유출지하수 유량측정자료 및 수질검사서
 - 유출지하수의 이용계획
- 유출지하수이용계획신고를 받은 시장·군수는 신고증을 교부한다.

HELP ✓ 유출되는 지하수량은 최종적으로 집수되어 배출되는 수량을 의미한다. 예를 들어 지하철의 경우 일정 구간에서 유출되는 지하수가 집수되어 A역사로 배출될 경우 그 수량을 A역사의 유출량으로 하며, 터널의 경우 입출구부로 배수되는 유량을 본 시설물의 지하수 유출량으로 한다. 따라서, 유출되는 지하수량을 확인하기 위해서는 당해 공사의 시공사로 하여금 최종 배출지점에 노치(Notch) 등과 같이 유량을 측정할 수 있는 장치를 설치토록 유도하는 것이 바람직할 것이다.

다. 개선명령

- 시장·군수는 유출 감소대책을 시행하지 아니한 경우, 또는 유출 지하수 이용계획을 시행하지 아니하거나 이용율이 현저히 낮다고 인정되는 경우에 기간을 정하여 개선을 명하여야 한다. 이 때 사유, 이행기간을 명백히 하여 문서로 통보하여야 한다.
- 천재 지변이나 기타 부득이한 사유로 이행기간 내 개선명령을 이행하지 못한 경우에는 1회에 한하여 이행기간을 연장할 수 있으며, 이 경우 이행기간 만료 3일전까지 기간연장을 신청하여야 한다.
- 개선명령을 이행한 경우에는 7일 이내에 개선명령 이행완료 증명할 수 있는 서류와 현장사진을 첨부하여 시장·군수에게 제출하여야 한다.
- 개선명령이행완료통보서를 받은 때에는 7일 이내에 그 이행완료 여부를 확인하여야 한다.

2.6. 굴착행위 신고

2.6.1. 배경 및 목적

- 지질 및 지하수 조사용 시추공의 굴착 등 지하수 개발 목적이 아닌 지하 굴착행위의 경우 지하수 개발 굴착공과 동일하게 지하수 오염물질의 유입, 유출경로로 작용함에도 불구하고 지금까지는 지하수 오염방지조치, 원상복구의 의무 등의 법적 규제장치가 미비하여 지하수오염이 크게 우려되었음
- 이에, 개정 지하수법에서는 각종 지하 굴착공으로 인한 지하수 수질오염을 방지하기 위하여 지하수에 영향을 미치는 제반 지하 굴착 공사시 사전에 굴착행위를 신고토록 하고, 원상복구 의무를 부여함으로써 철저한 지하수 오염방지 기반을 마련하였음

2.6.2. 적용 범위

- 다음의 행위를 하기 위한 토지의 굴착시 미리 시장·군수에게 신고하여야 한다.
 - 제5조의 규정에 의한 지하수기초조사
 - 제7조제2항의 규정에 의한 지하수 영향조사
 - 제16조의2제1항의 규정에 의한 수질측정
 - 광업법시행령 제37조제1항의 규정에 의한 탐광
 - 굴착지름 75mm 이상인 지질조사(국방·군사용의 경우 제외)

HELP ✓ 제17조의 규정에 의한 “국가관측망” 또는 “보조관측망” 설치를 위한 굴착을 포함한다.

✓ “탐광”이라 함은 물리탐사·지화학탐사·시추탐광 및 굴진탐광을 말한다.

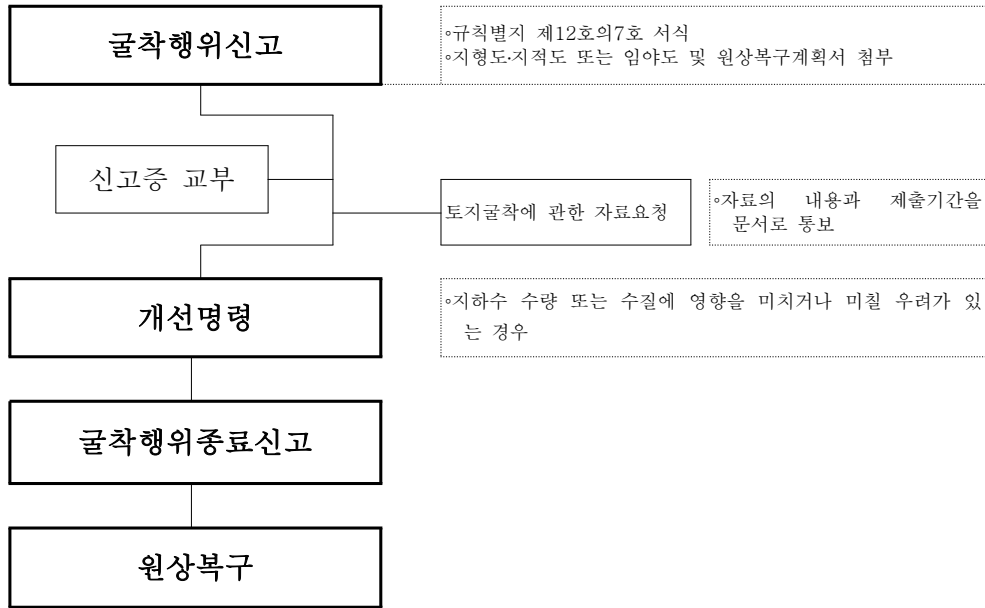
✓ 토지의 굴착행위를 하고자 하는 자는 당해 굴착으로 인하여 주변 지하수에 영향을 줄 것인지 여부를 판단하여 신고를 하는 것이 아니라, 지하수법에서 “지하수에 영향을 미치는 굴착행위”를 상기와 같이 지정하였기 때문에 상기 적용범위에 해당되는 굴착행위를 하는 경우에는 반드시 신고를 하여야 하는 것이다.

✓ 굴착행위 신고의 주체는 굴착행위를 직접 시행하는 자이다. 따라서 지하수 영향조사의 경우에는 지하수개발·이용자가 굴착행위를 신고하는 것이 아니라 지하수영향조사기관이 신고하여야 하는 것이다.

2.6.3. 관련법조문

법	시행령	시행규칙	비고
제9조의4 ①굴착행위신고 대상 ②자료의 요청 ③개선명령 ④굴착신고절차	제14조의3 ①굴착행위신고 대상 ②지하수에 영향을 미치는 범위	제9조의4 ①굴착행위신고서식 ②굴착행위신고증 ③자료의 요청	

2.6.4. 업무흐름도



2.6.5. 업무처리 요령

가. 굴착행위의 신고

- 2.6.2. 적용범위에 해당하는 지하수에 영향을 미치는 굴착행위를 하는 경우에는 시행규칙 별지 제12호의7서식의 굴착행위 신고서에 다음의 서류를 첨부하여 시장·군수에게 신고하여야 한다.

- 굴착행위 위치를 표시한 축척 1/5,000 이상의 지형도·지적도 또는 임야도
- 원상복구 계획서

HELP ✓ 도로공사, 상하수도 공사와 같이 동일 사업장에서 다수의 굴착공이 있는 경우에는 단일 건의 신고에 다수의 굴착공이 포함될 수 있으며, 이 경우 별지 신고서식의 기재란이 부족한 경우에는 굴착행위 내용을 별지로 하여 신고하는 것이 가능하다.

✓ 굴착행위 신고시설은 법 제15조의 규정에 의하여 굴착목적의 행위가 종료된 경우 원상복구의 대상에는 해당되지만 법 제14조의 규정에 의한 이행보증금 예치대상 아니므로, 제규정에 따라 원상복구가 이루어질 수 있도록 특별히 지도 감독하여야 하며, 필요시 법 제37조(罰則)의 규정을 적용하여야 한다.

✓ 법 제7조제2항의 규정에 의한 지하수영향조사를 위해 굴착한 조사공의 경우 이를 지하수개발·이용 관정으로 활용할 경우에는 조사완료 후 개발·이용하고자 하는 자가 굴착한 상태에서 규정에 따라 허가절차(허가신청, 준공 등)를 이행하며 시설의 제기준을 충족하여야 한다.

- 굴착행위의 신고를 받은 시장·군수는 시행규칙 별지 제12호의8서식의 굴착행위 신고증을 교부하여야 한다.

나. 자료의 요청

시장·군수는 굴착행위 신고를 한 자에게 토지의 굴착에 따른 지질·수량 기타 지하수관리에 필요한 자료를 요청할 수 있으며, 그 요청을 받은 자는 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다. 자료 요청을 하는 경우에는 자료의 내용과 제출기간을 명백히 하여 문서로 통보하여야 한다.

다. 개선명령

시장·군수는 본 굴착행위로 인하여 굴착지 중심으로부터 반지름 50m 이내의 지역에 설치된 지하수개발·이용시설이 다음과 같이 되는 경우에는 시설의 개선을 명하거나 필요한 조치를 할 수 있다.

- 지하수의 1일 최대 취수량이 1/5 이상 감소하게 되는 경우
- 지하수의 수질이 수질기준에 부적합하게 되는 경우

2.7. 원상복구 및 이행보증금 예치

2.7.1. 배경 및 목적

- 과거에는 지하수 개발·이용자가 지하수 개발시의 실패공이 발생하거나 사용 과정에서 발생하는 폐공에 대한 원상복구 의무 조항이 없어 이를 제재할 근거가 없었음
- 지하수 개발시에 발생하는 실패공에 대해서는 이행보증금 제도를 도입하여 원상복구를 의무화하고 사용과정에서 발생하는 폐공에 대해서는 지하수 개발·이용자가 원상복구토록 규정하며 관계기관에서는 정기적인 지하수 개발·이용실태조사 등을 통하여 폐공의 발생유무 파악 후 관련 조치를 강구함

2.7.2. 적용 범위

가. 원상복구 의무 대상

이 법 또는 다른 법률의 규정에 의한 허가·인가 등을 받거나 신고를 하고 지하수를 개발·이용하는 자가 다음의 경우에 해당되는 경우에는 당해 지역을 원상복구하여야 한다.

제13조(地下水保全區域안에서의 행위제한)의 규정에 의한 허가를 받고 동조제 1항 각호의 1에 해당하는 행위를 하는 자를 포함한다.

- 지하수법 또는 다른 법률의 규정에 의한 허가, 인가 등이 취소된 경우
- 지하수법 또는 다른 법률의 규정에 의한 허가, 인가 등에 의한 개발·이용 기간이 만료된 경우
- 지하수의 개발·이용을 위하여 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 아니한 경우
- 소요수량이 확보되지 아니하거나 수질불량으로 지하수를 개발·이용할 수 없는 경우
- 지하수의 개발·이용을 종료한 경우
- 법 제9조의4(지하수의 영향을 미치는 굴착행위의 신고)의 규정에 의하여 신고를 하고 토지를 굴착한 경우로서 당해 굴착목적에 위한 행위를 종료한 경우
- 지하수의 수위저하로 인하여 지반 또는 구조물이 침하되거나 침하될 우려가 있는 경우
- 지하수의 수위저하로 인하여 지하수가 고갈되거나 고갈될 우려가 있는 경우

나. 원상복구 예외 대상

- 관계법령에 의한 허가·인가 등을 받거나 신고를 하고 계속 지하수를 개발·이용하는 경우
- 지하수 수위관측망 또는 수질관측망으로 이용할 필요가 있다고 시장·군수가 인정하는 경우
- 지형여건상 원상복구할 필요가 없다고 시장·군수가 인정하는 경우

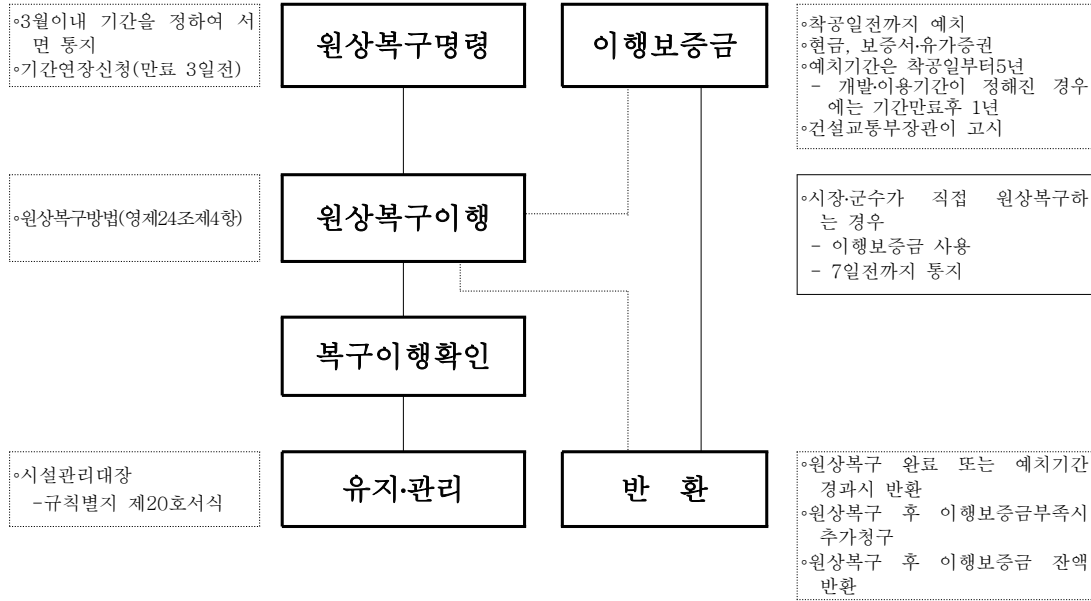
다. 원상복구 명령 대상

- 시장·군수는 다음의 경우 일정기간을 정하여 원상복구를 명하여야 한다.
- 원상복구 의무자가 정당한 사유 없이 그 의무를 이행하지 아니하는 경우
 - 이 법 또는 다른 법률의 규정에 의하여 지하수의 개발·이용에 관한 허가·인가 등을 받아야 하는 경우 허가·인가 등을 받지 아니하고 지하수를 개발·이용하는 경우
 - 이 법 또는 다른 법률의 규정에 의하여 지하수의 개발·이용에 관한 신고를 하여야 하는 경우 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고하고 지하수를 개발·이용하는 경우

2.7.3. 관련법조문

법	시행령	시행규칙	비고
제14조 ①이행보증금의 예치 ②이행보증금 예치방법	제22조 ①이행보증금의 예치 시기 ②이행보증금 산정기준 ③이행보증금 예치기간 ④이행보증금 예치기간의 예외 ⑤이행보증금의 반환 ⑥ <삭 제> ⑦원상복구후 이행보증금의 처리	제16조 ①이행보증금의 예치 방법 ②이행보증금을 다시 예치하는 경우 ③명의변경시 이행보증금 제17조 ①이행보증금 산정기준 ②원상복구비용 고시 제18조 이행보증금 반환	
제15조 ①원상복구를 하여야 하는 경우 ②원상복구명령 ③원상복구명령대상 ④시장·군수의 원상복구 대행 ⑤원상복구의 기준·방법·기간	제23조 ①원상복구의 예외 ②원상복구의 예외 제24조 ①원상복구명령통지 ②원상복구기간의 연장 ③원상복구 대행시 통지 ④원상복구의 방법 ⑤원상복구의 확인	제19조 원상복구예외인정신청서식 제20조① <삭 제> ②지하수개발·이용시설관리대장	

2.7.4. 업무흐름도



2.7.5. 업무처리 요령

□ 이행보증금

가. 이행보증금의 예치

- 이 법 또는 다른 법률의 규정에 의하여 허가·인가 등을 받거나 신고를 하고 지하수를 개발·이용하는 자는 원상복구 이행을 담보하기 위하여 이행보증금을 예치하여야 한다.

다만 국가, 지방자치단체 또는 정부투자기관이 지하수를 개발·이용하는 경우와 원상복구가 확실시 되는 경우는 예외

HELP ✓ 시장·군수는 시행규칙 제7조제4항의 규정에 의한 허가서 교부, 동규칙 제8조제6항의 규정에 의한 신고증 교부, 동규칙 제15조제2항의 규정에 의한 허가서 교부시 이행보증금을 확정하여 착공일 전까지 예치할 수 있도록 개발·이용자에게 알려야 한다.

- 이행보증금은 착공일 전까지 현금 또는 시행규칙 제16조의 규정에 의한 보증서·유가증권 등으로 예치한다.

HELP ✓ 이 경우 보증서 등을 예치하는 경우에는 당해 시장·군수(예치금을 받는 기관)를 수취인으로 하여야 한다.

- 이행보증금의 예치기간은 공사의 착공일부터 5년으로 한다.

HELP ✓ 특히 필요하다고 인정되는 경우에는 5년마다 계속 예치하게 할 수 있으며 다시 예치하는 이행보증금의 금액은 다시 예치하는 연도에 산정된 금액으로 한다.

✓ 지하수법 제7조 및 제7조의3 또는 다른 법률의 규정에 의하여 개발·이용기간이 정하여져 있는 경우에는 개발·이용기간이 만료된 후 1년이 되는 날까지로 한다.

- 지하수개발·이용자의 명의를 변경된 경우 이행보증금이 양도·양수가 불가능한 보증보험증권 등인 때에는 다시 예치하여야 한다.

HELP ✓ 따라서, 이행보증금이 양도·양수가 가능하여 지하수개발·이용의 허가인가 등을 받거나 신고를 한 자의 지위를 승계한 자가 예치한 이행보증금에 관한 권리를 승계한 경우에는 피승계인이 예치한 보증금은 승계인이 예치한 것으로 볼 수 있으나 이행보증금에 관한 권리를 양도받지 아니한 경우 또는 예치된 보증보험증권·유가증권 등이 양도·양수가 불가능한 것인 경우는 이행보증금을 다시 예치하게 하여야 한다.

나. 이행보증금의 산정기준

- 이행보증금은 다음의 비용을 합산하여 산정하며 원상복구에 소요되는 비용의 세부적인 산정기준은 건설교통부장관이 고시한다.

HELP ✓ 지하수개발·이용시설의 규모 및 지역여건을 감안하여 당해 시·도의 조례가 정하는 바에 따라 1/2 범위 안에서 이행보증금을 가감할 수 있다.

- 지하수개발·이용시설의 지표하부에 설치되어 있는 보호벽 등의 제거·절단비용과 되메움 비용
- 그 밖의 원상복구에 소요되는 비용

다. 이행보증금 처리

- 시장·군수는 다음의 경우에는 이행보증금을 반환하여야 한다.
 - 원상복구의무자가 원상복구를 한 경우
 - 이행보증금 예치기간이 경과된 경우
 - 지하수의 수위관측망 또는 수질관측망으로 이용할 필요가 있다고 시장·군수가 인정하는 경우
 - 지형 여건상 원상복구할 필요가 없다고 시장·군수가 인정하는 경우

HELP ✓ 현금으로 예치한 경우에는 현금으로, 보증서·유가증권으로 예치한 경우에는 보증서·유가증권으로 반환한다.

- 시장·군수는 법 제15조제4항의 규정에 의하여 원상복구의무자를 대신하여 직접 원상복구를 하는 경우 예치된 이행보증금을 사용하여 원상복구하고 이행보증금이 부족한 경우 부족액을 청구할 수 있으며, 이행보증금을 사용한 후 잔액이 있는 때에는 지체없이 원상복구의무자에게 이행보증금의 잔액을 반환하여야 한다.

HELP ✓ 시·군·구에서는 예치된 이행보증금의 관리방안을 강구하고 보증금예치자에게 원상복구시 예치금이 부족할 경우 청구할 수 있다는 것과 계속 예치시 다시 예치하는 연도에 산정된 금액으로 한다는 것 등을 알리어 추후 행정조치에 차질이 없도록 해야 한다.

다. 타법령에 의한 지하수개발·이용시 이행보증금 예치

- 온천법, 먹는물관리법 등 타법령에 의해 지하수를 개발·이용시에는 지하수법 제4조 단서의 규정에 의해 지하수법상 이행보증금을 예치하여야 한다.
- 따라서, 타법령의 인·허가 관청은 인·허가시 개발·이용자에게 착공전에 이행보증금을 예치할 수 있도록 조치하여야 한다.
- 타법령에 의한 지하수개발·이용의 인·허가권이 대부분 지자체의 장에게 있으므로 이의 효율적 통제를 위해 지하수 담당부서는 타법령의 인·허가 부서와 긴밀한 협조체제를 유지할 수 있도록 대책을 강구할 필요가 있다 (타법령에 의하여 인·허가 등을 할 경우 지하수법 제17조제7항의 규정에 의거 시·도에 통보하여야 함).

◎ 건설교통부고시 제2002-9호

지하수법 시행규칙(건설교통부령 제306호, 2002.1.4) 제17조제2항의 규정에 의한 이행보증금의 산정기준에 관하여 다음과 같이 고시합니다.

2002년 1월 21일

건설교통부장관

이행보증금의 산정기준

제1조(목적) 이 기준은 지하수의 개발·이용에 관한 허가·인가 등을 받거나 신고를 한 자가 그 공사의 착공일전까지 원상복구의 이행을 확보하기 위하여 이행보증금을 예치하는 경우 이행보증금을 산정하는 기준을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(산정방법) 이행보증금의 금액은 지하수개발·이용시설의 지표하부에 설치되어 있는 보호벽 등의 제거·절단비용과 되메움 비용, 그밖에 원상복구에 소요되는 비용으로 별표의 이행보증금 산정방법으로 산정한다.

제3조(이행보증금의 가감) 제2조의 산정방법에 의하여 산정된 이행보증금은 시·도지사가 지하수개발·이용시설의 규모 및 지역여건을 감안하여 당해 시·도의 조례가 정하는 바에 따라 그 2분의 1의 범위안에서 이행보증금의 금액을 가감할 수 있다.

부 칙

이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

【별표】 이행보증금의 산정방법

1. 이행보증금은 제2호 내지 제4호의 기준에 의하여 산정된 순공사비에 일반관리비, 이윤, 부가가치세를 합산하여 산정한다. 이 경우 일반관리비 및 이윤의 계상요율은 [원가계상에의한예정가격작성준칙(재정경제부 회계예규2200.04-105-7, 2001.2.10)] 에 의한다.
2. 보호벽 등의 제거·절단비용은 상부보호공의 제거, 수중모터펌프 제거, 케이싱 등 공벽보호시설물의 제거·절단에 소요되는 비용을 말하며 산정기준 및 개소당 단가는 다음 각목과 같다.

가. 상부보호공의 제거

상부보호공의 헐기 및 부수기에 소요되는 비용으로서 개소당 단가를 적용하여 산정한다. 다만, 지하수법시행령 제25조제1항제1호 각목의 1에 해당되어 상부보호공 설치가 면제된 경우에는 이를 계상하지 아니한다.

◦ 개소당 단가 : 145,672원

나. 수중모터펌프의 제거

공내에 설치되어 있는 수중모터펌프를 제거하는데 소요되는 비용으로서 개소당 단가를 적용하여 산정한다. 다만, 수중모터펌프가 설치되어 있지 아니한 경우에는 이를 계상하지 아니한다.

◦ 개소당 단가

품명	규격	개소당 단가(원)
우물속의 수중펌프	5.5kW이하	187,704
	11kW이하	283,009
	22kW이하	378,315
	30kW이하	440,883
	30kW이상	503,451

다. 케이싱 인발·제거

공벽붕괴 방지를 위하여 공내에 설치된 우물자재인 케이싱 및 스트레이너 등을 인발·제거하는데 소요되는 비용으로서 m당 단가에 케이싱 설치길이를 곱하여 산정한다.

◦ m당 단가 : 15,520원

3. 되메움비용은 공내부에 투수성 또는 불투수성물질을 주입하여 공내를 되메움하는데 소요되는 비용을 말하며 m당 단가에 재료별 되메움 심도를 곱하여 산정한다.

▷ m당 단가

- 투수성 재료(모래) 되메움 구간

구 경(mm)	m당 단가(원)	구 경(mm)	m당 단가(원)
50이하	4,235	300	4,925
100	4,295	350	5,175
150	4,395	400	5,475
200	4,525	450	5,805
250	4,705	500	6,175

- 불투수성 재료(시멘트) 되메움 구간

구 경(mm)	m당 단가(원)	구 경(mm)	m당 단가(원)
50이하	4,667	300	20,469
100	6,021	350	26,339
150	8,279	400	33,111
200	11,439	450	40,787
250	15,503	500	49,366

4. 그밖에 원상복구에 소요되는 비용이라 함은 지표부처리 인력되메움 등에 소요되는 비용을 말하며 산정기준 및 개소당 단가는 다음 각목과 같다.

가. 지표부처리

되메움공 상부에 30cm 두께로 몰탈처리하는 데 소요되는 비용으로서 개소당 단가를 적용하여 산정한다.

◦ 개소당 단가 : 29,509원

나 인력되메움

지표부처리 상부구간(70cm)을 토사로 되메움하는 데 소요되는 비용으로서 개소당 단가를 적용하여 산정한다.

◦ 개소당 단가 : 2,864원

5. 특수한 형태의 지하수 개발·이용공(집수암거 등)의 이행보증금은 허가자가 개발·이용자로부터 개발·이용시설 설계서 및 공사비 산출서 원상복구설계서 및 원상복구 공사비 산출서를 제출받아 실비용으로 결정한다.

※ 이행보증금 산정 예

【산정예1】 구경 50mm 심도 30m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프는 설치되어 있지 않고 상부보호공이 없으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		449,996
○ 순공사비		350,847
- 상부보호공제거		-
- 수중모터펌프 인양		-
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,235원/m×18m	76,230
- 폐공되메우기(불투수성재료)	4,667원/m×12m	56,004
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	21,051
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	37,190
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	40,909

※ 이윤은 공사원가중 노무비, 경비와 일반관리비의 합계액에 15%를 초과하여 계상할 수 없도록 규정되어 있음에 따라 상기 원상복구 순공사비에 재료비가 포함되어 있으므로 10%를 적용함

【산정예2】 구경 100mm 심도 50m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프는 설치되어 있지 않고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		769,236
○ 순공사비		559,747
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양		-
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,295원/m×38m	163,210
- 폐공되메우기(불투수성재료)	6,021원/m×12m	72,252
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	35,985
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	63,573
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	69,931

【산정예3】 구경 100mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		1,285,423
○ 순공사비		1,002,201
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,295원/m×88m	377,960
- 폐공되메우기(불투수성재료)	6,021원/m×12m	72,252
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비		순공사비의 6%
		60,132
○ 이윤		(순공사비+ 일반관리비)×10%
		106,233
○ 부가가치세		(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%
		116,857

【산정예4】 구경 150mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		1,331,463
○ 순공사비		1,038,097
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,395원/m×88m	386,760
- 폐공되메우기(불투수성재료)	8,279원/m×12m	99,348
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비		순공사비의 6%
		62,286
○ 이윤		(순공사비+ 일반관리비)×10%
		110,038
○ 부가가치세		(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%
		121,042

【산정예5】 구경 150mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		1,895,166
○ 순공사비		1,477,597
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,395원/m×188m	826,260
- 폐공되메우기(불투수성재료)	8,279원/m×12m	99,348
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	88,656
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	156,625
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	172,288

【산정예6】 구경 200mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		1,394,772
○ 순공사비		1,087,457
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,525원/m×88m	398,200
- 폐공되메우기(불투수성재료)	11,439원/m×12m	137,268
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	65,247
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	115,270
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	126,797

【산정예7】 구경 200mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

			(단위 : 원)
▷ 총 계			1,975,149
○ 순공사비			1,539,957
- 상부보호공제거	개소당		145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당		187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m		186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,525원/m×188m		850,700
- 폐공되메우기(불투수성재료)	11,439원/m×12m		137,268
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%		92,397
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%		163,235
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%		179,559

【산정예8】 구경 250mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

			(단위 : 원)
▷ 총 계			1,477,639
○ 순공사비			1,152,065
- 상부보호공제거	개소당		145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당		187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m		186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,705원/m×88m		414,040
- 폐공되메우기(불투수성재료)	15,503원/m×12m		186,036
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%		69,124
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%		122,119
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%		134,331

【산정예9】 구경 250mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		2,081,102
○ 순공사비		1,622,565
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,705원/m×188m	884,540
- 폐공되메우기(불투수성재료)	15,503원/m×12m	186,036
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	97,354
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	171,992
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	189,191

【산정예10】 구경 300mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		1,578,902
○ 순공사비		1,231,017
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,925원/m×88m	433,400
- 폐공되메우기(불투수성재료)	20,469원/m×12m	245,628
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	73,861
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	130,488
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	143,537

【산정예11】 구경 300mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

			(단위 : 원)
▷ 총 계			2,210,583
○ 순공사비			1,723,517
- 상부보호공제거	개소당		145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당		187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m		186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,925원/m×188m		925,900
- 폐공되메우기(불투수성재료)	20,469원/m×12m		245,628
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비			순공사비의 6%
			103,411
○ 이윤			(순공사비+ 일반관리비)×10%
			182,693
○ 부가가치세			(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%
			200,962

【산정예12】 구경 350mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

			(단위 : 원)
▷ 총 계			1,697,466
○ 순공사비			1,323,457
- 상부보호공제거	개소당		145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당		187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m		186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	5,175원/m×88m		455,400
- 폐공되메우기(불투수성재료)	26,339원/m×12m		316,068
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비			순공사비의 6%
			79,407
○ 이윤			(순공사비+ 일반관리비)×10%
			140,286
○ 부가가치세			(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%
			154,315

【산정예13】 구경 350mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

			(단위 : 원)
▷ 총 계			2,361,211
○ 순공사비			1,840,957
- 상부보호공제거	개소당		145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당		187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m		186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	5,175원/m×188m		972,900
- 폐공되메우기(불투수성재료)	26,339원/m×12m		316,068
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%		110,457
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%		195,141
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%		214,656

【산정예14】 구경 400mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

			(단위 : 원)
▷ 총 계			1,835,556
○ 순공사비			1,431,121
- 상부보호공제거	개소당		145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당		187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m		186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	5,475원/m×88m		481,800
- 폐공되메우기(불투수성재료)	33,111원/m×12m		397,332
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%		85,867
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%		151,699
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%		166,869

【산정예15】 구경 400mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		2,537,779
○ 순공사비		1,978,621
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	5,475원/m×188m	1,029,300
- 폐공되메우기(불투수성재료)	33,111원/m×12m	397,332
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	118,717
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	209,734
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	230,707

【산정예16】 구경 450mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		1,990,945
○ 순공사비		1,552,273
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	5,805원/m×88m	510,840
- 폐공되메우기(불투수성재료)	40,787원/m×12m	489,444
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	93,136
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	164,541
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	180,995

【산정예17】 구경 450mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		2,735,495
○ 순공사비		2,132,773
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	5,805원/m×188m	1,091,340
- 폐공되메우기(불투수성재료)	40,787원/m×12m	489,444
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	127,966
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	226,074
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	248,681

【산정예18】 구경 500mm 심도 100m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

		(단위 : 원)
▷ 총 계		2,164,748
○ 순공사비		1,687,781
- 상부보호공제거	개소당	145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당	187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m	186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	6,175원/m×88m	543,400
- 폐공되메우기(불투수성재료)	49,366원/m×12m	592,392
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%	101,267
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	178,905
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	196,795

【산정예19】 구경 500mm 심도 200m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있고 상부보호공이 있으며 상부 12m 구간까지 케이싱이 설치되어 있는 경우

			(단위 : 원)
▷ 총 계			2,956,753
○ 순공사비			2,305,281
- 상부보호공제거	개소당		145,672
- 수중모터펌프 인양	개소당		187,704
- 케이싱인발	15,520원/m×12m		186,240
- 폐공되메우기(투수성재료)	6,175원/m×188m		1,160,900
- 폐공되메우기(불투수성재료)	49,366원/m×12m		592,392
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%		138,317
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%		244,360
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%		268,796

【산정예20】 정착된 동력장치를 사용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수 개발·이용 시설(시행규칙 별표 1 표준도(마형)의 경우)의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있지 않고 상부보호공이 없으며 지하 10m까지 토출관이 설치되어 있는 경우(충적층을 대상으로 지하수를 개발·이용하는 경우)

			(단위 : 원)
▷ 총 계			240,579
○ 순공사비			187,573
- 상부보호공제거	개소당		-
- 수중모터펌프 인양	개소당		-
- 토출관인발	15,520원/m×10m		155,200
- 폐공되메우기(투수성재료)	6,175원/m×0m		-
- 폐공되메우기(불투수성재료)	49,366원/m×0m		-
- 지표부처리	개소당		29,509
- 인력되메움	개소당		2,864
○ 일반관리비	순공사비의 6%		11,254
○ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%		19,882
○ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%		21,870

※ 표준도(마형) 중 충적층을 대상으로 한 지하수 시설의 경우 자연 함몰을 원칙으로 하기 때문에 폐공 되메우기 비용이 불필요함(제6장 지하수 폐공관리 참조)

【산정예21】 정착된 동력장치를 사용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수 개발·이용 시설(시행규칙 별표 1 표준도(마형)의 경우)로서 심도 15m인 정호의 원상복구 비용

수중모터펌프가 설치되어 있지 않고 상부보호공이 없으며 지하 10m까지 토출관이 설치되어 있는 경우(암반층까지 지하수를 개발·이용하는 경우로서 지하 5m부터 암반층이 나타남)

(단위 : 원)

▷ 총 계		286,979
◦ 순공사비		223,749
- 상부보호공제거	개소당	-
- 수중모터펌프 인양	개소당	-
- 토출관인발	15,520원/m×10m	155,200
- 폐공되메우기(투수성재료)	4,235원/m×10m	42,350
- 폐공되메우기(불투수성재료)	4,667원/m×5m	23,335
- 지표부처리	개소당	29,509
- 인력되메움	개소당	2,864
◦ 일반관리비	순공사비의 6%	13,424
◦ 이윤	(순공사비+ 일반관리비)×10%	23,717
◦ 부가가치세	(순공사비+ 일반관리비+ 이윤)×10%	26,089

※ 표준도(마형) 중 암반층까지 대상으로 한 지하수 시설의 경우 폐공 되메우기 비용을 계상

※ 되메우기 비용은 구경 50mm 이하 적용

□ 원상복구

가. 원상복구의무 및 이행

- 2.7.2. 적용범위 중 원상복구 의무대상에 해당하는 경우에는 원상복구를 하여야 하며, 원상복구의무자가 정당한 사유없이 의무를 이행하지 않은 경우에는 시장·군수는 원상복구를 명하여야 한다. 또한 2.7.2. 적용범위 중 원상복구 명령대상에 해당하는 경우에도 원상복구를 명하여야 한다

HELP ✓ 원상복구예외대상(영 제23조 각호)에 해당되는 경우에는 원상복구예외인정신청서(시행규칙 별지 제18호서식)에 지하수위·수질관측망으로 이용할 필요가 있다는 것을 증명하는 서류 또는 지역여건상 복구예외의 인정을 받아야 하는 사유를 증명하는 서류를 첨부하여 시장·군수에게 제출한다.

- 원상복구명령은 3월이내의 기간을 정하여 그 내용을 서면으로 통지하며, 원상복구여부 확인계획도 명기한다.

HELP ✓ 시장·군수가 원상복구를 명할 때에는 다음 사항도 명기하여 통지할 필요가 있다.

- ① 원상복구방법은 영제24조제4항을 준수해야 한다.
- ② 『제6장 지하수 폐공관리』에서 설명하고 있는 되메움 절차를 지켜야 한다.
- ③ 지하수법상 지하수개발·이용시공업체를 통하여 원상복구공사를 해야 한다.
- ④ 원상복구업체로 하여금 『제6장 지하수 폐공관리』에 의한 되메움 모식도와 되메움 작업일지를 기록유지도록 해야한다.
 - ※ 지자체의 장은 지하수개발·이용시공업체가 원상복구공사를 의뢰 받은 때에는 동 사항을 지켜야 함을 시공업체에 통보하고 법 제34조의 규정을 활용하여 그 이행 여부를 필히 확인할 필요가 있다.
- ⑤ 원상복구일정을 사전에 전화 등으로 알리도록 한다.
 - ※ 담당공무원은 통보된 원상복구 공사일정을 참고하여 복구공사가 기준대로 이행되는지를 확인하며, 시공업체에도 원상복구공사를 의뢰 받은 때에는 그 공사일정을 사전에 알려주도록 지도할 필요가 있다.

나. 원상복구기간의 연장(영 제24조제2항)

- 시장·군수·구청장은 천재·지변 기타 부득이한 사유가 있다고 인정하는 경우에는 당초 통지한 기간에 준하는 범위 안에서 1차에 한하여 연장할 수 있다. 이 때 연장받고자 하는 자는 기간 만료 3일전까지 기간 연장을 신청하여야 한다.

다. 원상복구 방법(영 제24조제4항)

원상복구는 다음의 방법에 의한다. 다만, 시장·군수가 이 방법으로 원상복구가 불충분하다고 인정하여 원상복구방법을 따로 정하는 경우에는 그에 따른다.

HELP ✓ 폐공의 원상복구에 대한 특허획득신기술지정을 받을 기술이 있을 경우 적극 활용한다.

- 지표 하부에 설치되어 있는 보호벽(케이싱)이나 구멍이 많이 뚫린 관(스크린 또는 스트레너) 등을 제거할 것. 다만, 보호벽 등을 제거하기 곤란한 경우에는 주변의 토양을 터파기한 후 지표로부터 깊이 1m 이상 보호벽 등을 절단할 것.
- 보로벽 등을 제거하거나 절단한 경우에는 당초에 굴착한 바닥부터 지표까지 시멘트슬러리·점토 등 물이 침투하기 어려운 재료로 되메움 할 것. 다만, 지하수면 하부에는 모래 등 물이 침투하기 쉬운 재료를 주입할 것.

라. 원상복구의 대집행

- 시장·군수는 다음의 경우 원상복구의무자를 대신하여 직접 당해 시설의 원상복구를 하여야 한다. 이 경우 원상복구 착공예정일 7일전까지 원상복구의무자가에 문서로 통지하여야 한다.
 - 원상복구의무자가 원상복구명령을 이행하지 아니하여 시급히 원상복구가 요청되는 경우
 - 원상복구의무자가 불분명하여 지하수개발·이용시설 또는 토지의 굴착시설 등이 방치된 경우
- 시장·군수가 원상복구의무자를 대신하여 직접 원상복구하는 경우 예치된 이행보증금을 사용할 수 있다.

마. 원상복구결과의 확인(영 제24조제5항)

시장·군수는 원상복구의무자가 복구 기간 내에 영제24조제4항의 기준에 적합하게 복구하였는지를 확인하여야 한다.

HELP ✓ 관계공무원이 원상복구 여부를 확인할 때에는 완료일자, 복구업체, 복구방법, 복구상태 등을 파악하여 복명하여야 한다.

✓ 지하수개발·이용시설에 대한 원상복구도 지하수개발·이용시공업의 업무영역이므로 무자격자가 공사를 한 경우는 해당자를 의법조치하고, 지하수개발·이용시공업체가 복구하였더라도 부실하게 한 경우는 관계규정에 따라 등록취소 등의 조치를 해야 한다.

※ 다만, 1일 양수능력이 30톤 미만이고 굴착지름이 75밀리미터 이하인 지하수개발·이용시설의 원상복구 공사는 지하수개발·이용시공업자가 아니라도 할 수 있다.

바. 관리대장에 기록(시행규칙 제20조제2항)

시장·군수는 시행규칙 별지 제20호서식의 지하수개발·이용시설관리대장을 비치하여 기록·유지하여야 한다.

2.8. 지하수 오염방지명령 등

2.8.1. 배경 및 목적

- 지하수의 개발·이용의 과정에서 발생하는 지하수 오염을 방지하기 위하여 개개의 우물에 대한 오염방지시설의 설치를 의무화하였음
- 또한, 금번 지하수법 개정으로 지하수 오염유발시설을 설치 관리하는 자의 의무 사항을 대폭 강화하여 지하수의 수질 오염원을 원천적으로 관리할 수 있는 기반을 마련하였으며, 지하수 오염 유발시에는 오염원인자 부담원칙에 따라 오염을 유발한 시설의 설치자 또는 관리자에게 오염물질 제거, 오염된 지하수 정화 등을 하도록하여 지하수 수질보전에 철저를 기하였음

2.8.2. 적용 대상

- 지하수 오염방지시설 설치 대상
지하수법 또는 다른 법률의 규정에 의하여 허가·인가 등을 받거나 신고를 하고 지하수를 개발·이용하는 자
- 지하수 오염방지 조치명령 대상(법 제16조제2항)
지하수를 오염시키거나 현저하게 오염시킬 우려가 있는 시설의 설치자 또는 관리자
- 지하수오염유발시설(법 제16조의2제1항 및 지하수수질보전등에관한규칙 제4조 별표2)
 - 지하수보전구역에 설치된 환경부령이 정하는 시설
 - 지하수의 오염방지를 위하여 오염여부에 대한 지속적인 관측이 필요하다고 인정되는 시설로서 환경부령이 정하는 시설

【별표 2】

지하수오염유발시설(제4조 관련)

1. 지하수보전구역에 설치된 다음의 시설

- 가. 토양환경보전법시행규칙 별표 2의 규정에 의한 특정토양오염유발시설
- 나. 수질환경보전법시행규칙 별표 3 제1호가목의 규정에 의한 폐수배출시설
- 다. 폐기물관리법시행령 별표 2 제2호가목의 규정에 의한 매립시설
- 라. 그밖에 가목 내지 다목의 시설과 유사한 시설로서 특별히 관리할 필요가 있다고 인정되어 환경부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 고시하는 시설

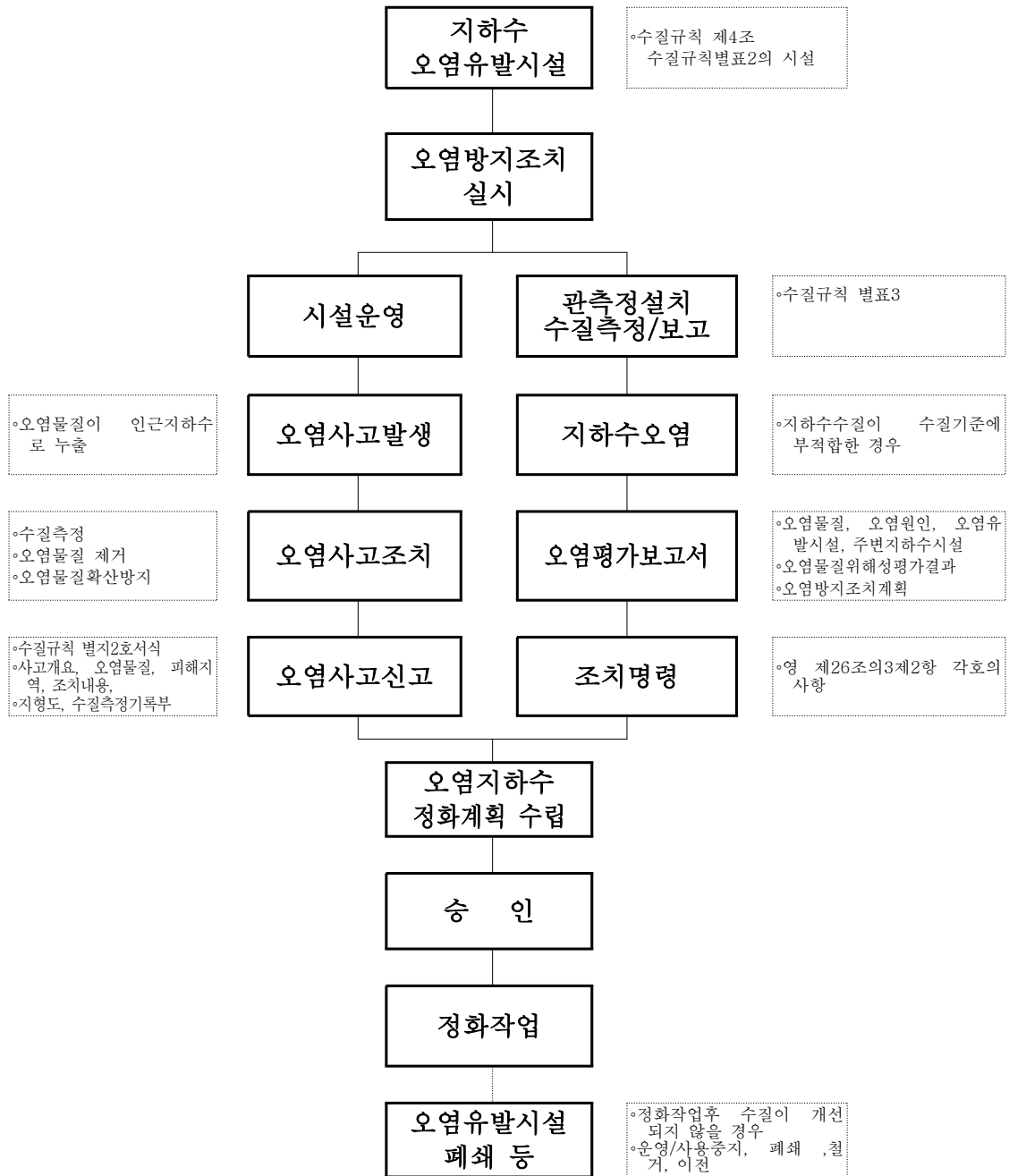
2. 지하수보전구역외의 지역에 설치된 다음의 시설

- 가. 토양환경보전법시행규칙 별표 2의 규정에 의한 특정토양오염유발시설(석유사업법 제9조의 규정에 의한 석유판매업의 시설을 제외한다) 중 토양환경보전법 제12조의 규정에 의하여 오염된 토양의 정화조치명령을 받게 된 시설
 - 나. 폐기물관리법시행령 별표 2 제2호가목의 규정에 의한 매립시설
 - 다. 그밖에 가목 또는 나목의 시설과 유사한 시설로서 특별히 관리할 필요가 있다고 인정되어 환경부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 고시하는 시설
- ※ 비고 : 지하수시료의 채취가 불가능하거나 지하수 오염검사가 필요하지 아니하여 시장·군수의 승인을 얻은 때에는 지하수오염유발시설에서 제외한다.

2.8.3. 관련법조문

법	시행령	시행규칙	지하수의수질보전등에 관한규칙
<p>제16조 ①지하수오염방지시설의 설치 및 설치대상</p> <p>②지하수오염방지를 위한 조치명령</p> <p>제16조의2 ①지하수오염유발시설관리자의 의무 ②지하수오염발생시 신고</p> <p>제16조의3 ①정화작업명령 ②지하수오염유발시설의 폐쇄 ③지하수오염유발시설에 대한 조치절차</p> <p>제16조의4 ①오염지하수정화계획 ②정화사업기간</p>	<p>제25조 ①지하수오염방지조치의 기준 ②적산유량계 봉인 ③적산유량계 교체/수리시 신고 ④이용량 및 수위측정 ⑤오염방지시설의 세부설치기준</p> <p>제26조 ①지하수오염방지명령 ②오염방지명령의 세부규정</p> <p>제26조의2 ①지하수오염방지조치 ②지하수오염이 발생한 때의 정의 ③지하수오염발생시 조치사항 ④오염발생시 조치후 신고 ⑤수질측정결과 보고방법 등</p> <p>제26조의3 ①오염평가보고서제출 ②오염유발시설관리자의 조치명령 ③오염평가보고서 작성 지침</p> <p>제26조의4 ①오염정화계획의 승인 ②오염정화계획의 내용 ③오염정화계획작성 세부사항</p>	<p>제20조의2 적산유량계 교체수리시 신고</p>	<p>제2조 지하수오염방지시설 설치기준</p> <p>제3조 ①지하수 오염방지 조치명령 ②이행기간연장신청 ③조치명령 완료통보 ④조치명령이행완료확인</p> <p>제4조 지하수오염유발시설의 종류</p> <p>제5조 지하수오염 조치 결과의 신고서식</p> <p>제6조 ①지하수오염관측정의 설치방법 ②수질측정 ③수질측정기록부의 보존연한</p> <p>제7조 ①오염지하수정화기준 ②지하수오염평가보고서의 작성</p> <p>제8조 오염지하수정화계획의 변경승인</p>

2.8.4. 업무흐름도



2.8.5. 업무 처리 요령

□ 지하수오염방지시설

가. 지하수오염방지시설의 설치

2.8.2. 적용범위에 해당하는 자는 지하수오염방지를 위한 시설의 설치 등 필요한 조치를 하여야 한다.

- 지하수 개발·이용시설의 상부보호공 및 지표하부 보호벽을 설치하고 지하수 개발·이용시설의 주변에 일정한 경사도를 유지하여 지표 또는 다른 지하수 개발·이용시설로부터 오염물질이 유입되지 아니하도록 할 것.
 - 예외시설
 - 오염물질이 유입될 우려가 없는 건축물안에서 지하수를 개발·이용하는 경우
 - 정착된 동력장치를 이용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설
- 지하수 개발·이용시설의 상부보호공간(위와 같이 건축물안에 시설이 설치된 경우에는 당해 건축물의 적절한 곳)에 적산 적산유량계 및 출수장치를 설치하여 지하수 개발·이용량 및 수질을 측정할 수 있도록 할 것.

HELP ✓ 취수정 상부 보호공내에 설치하는 출수장치는 수도꼭지 형태의 밸브 등을 설치하되 취수정으로부터 적산유량계가 설치된 부위를 지나서 위치하도록 하여 사용량 계측에 정확을 기할 수 있도록 하여야 한다.

✓ 시장·군수는 영 제14조제3항의 규정에 의한 준공신고의 확인시 적산유량계를 봉인하여야 한다. 또한, 적산유량계가 고장 등의 사유로 교체 또는 수리하여야 하는 경우에는 전화 등의 방법으로 시장·군수에게 신고하여야 하며, 신고를 받은 경우에는 담당공무원이 현장에 나가 교체, 수리를 확인하고 필요시 재봉인하여야 한다.

- 예외시설
 - 1일 양수능력 30톤미만(안쪽지름이 32mm 이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용 또는 국방·군사용 지하수개발·이용시설
 - 정착된 동력장치를 이용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설
- 지하수 개발·이용시설에 지하수 수위측정관을 설치하여 지하수 수위측정이 가능하도록 할 것

- HELP** ✓ 지하수위 측정은 폴리에틸렌제 평면테이프 지하수위측정기(Float Tape Level Meter), 축케이블 지하수위측정기(Coaxial Cable Water Level Meter) 등 다양한 종류의 지하수위측정기를 지하수개발·이용시설에 설치된 지하수위측정관에 투입하여 측정
- ✓ 지하수위 측정관은 상기 지하수위 측정기기의 주입이 가능하도록 관경이 최소 2.5cm이상 이 되게 설치하여야 하며 수중이 잠기게 되는 부분이 있으므로 부식이 되는 않는 재질을 사용
- ✓ 다만, 지하수위 측정기가 미비된 경우로서 지하수위가 깊지 않을 때(10m미만)는 끈의 하단에 물체를 매달고 끈의 길이를 정확히 표시한 후 수위측정관을 통하여 주입시켜 측정 가능

- 예외시설

- 굴착지름이 100mm이하인 지하수개발·이용시설 또는 1일 양수능력 30톤미만(안쪽지름이 32mm 이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용 또는 국방·군사용 지하수개발·이용시설
 - 정착된 동력장치를 이용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설
- 정착된 동력장치를 이용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설에 설치되는 토출관을 지표면으로부터 30cm 이상 높게 하고, 그 토출관의 끝부분을 “ㄱ” 자형으로 한 후 뚜껑을 씌워 오염물질이 유입되지 아니하도록 할 것.
 - 기타 환경부장관이 지하수의 오염방지를 위하여 정하는 조치를 이행할 것
 - 지하수 오염방지 시설의 세부 설치기준은 지하수의수질보전등에관한규칙 별표 1과 같다.

【별표 1】

지하수오염방지시설의 설치기준(제2조관련)

1. 지하수오염방지시설의 세부설치기준

- 가. 상부보호공은 콘크리트, 합성수지 등 물의 침투가 어렵고 내부식성이 있는 재료를 사용하여야 한다.
- 나. 상부보호공의 가로·세로(원형인 경우 안지름을 말한다. 이하 같다)·높이는 각각 100cm 이상, 두께 15cm 이상으로 하며, 상단부의 높이는 지표면보다 30cm 이상 높게 설치한다. 다만, 1일 양수능력 30m³미만인 시설의 경우 가로·세로·높이를 각각 50cm 이상 크기로 할 수 있다.

- HELP** ✓ 상부보호공은 취수정으로의 오염물질 유입방지 및 부대시설 보호를 위해 설치하는 것으로 취수정의 관경, 부지여건, 유량계·출수장치, 압력게이지, 게이트밸브등 부대설비의 설치위치, 규모에 따라 설치하며 이의 상단부 높이는 지표면보다 30cm이상 높게 설치하여야 한다.
- ✓ 상부보호공의 콘크리트는 1m³당 시멘트 340kg, 모래 828kg, 자갈 1,011kg의 배합비율을 표준으로 하고, 최대 골재치수는 25mm로 하되 수밀성이 양호하여야 한다..
 - ✓ 덮개는 동파방지, 보호공내 외부물질의 유입방지, 위험예방 등을 감안한 설비 및 재질로 설치한다.

다. 지표하부 보호벽(케이싱)의 깊이는 3m이상으로 설치하며 암반선 아래까지 굴착하는 경우에는 암반선 이하까지 설치한다.

- HELP** ✓ 지표하부 보호벽(케이싱 또는 우물자재)은 취수정 주변의 지표 또는 지하로부터의 오염물질 유입을 방지하고 취수정시설의 보호를 위하여 설치하는 것으로서 암반층 상부(주로 풍화대, 충적층)의 천층지하수를 이용시는 지표하 3m 이상 깊이까지 지표하부 보호벽 설치한다.
- ✓ 암반층하부의 심층지하수를 이용시는 암반선(암반층의 상부까지) 깊이까지 지표하부 보호벽 설치한다.(오염가능성 있는 천층 지하수가 심층지하수로 유입되는 것을 방지)

라. 지표하부 보호벽(케이싱) 외부의 그라우팅은 두께 5cm 이상이 되도록 하며, 차수용 재료로 밑에서부터 채운다.

- HELP** ✓ 관정굴착 후 케이싱을 설치하고 나면 토지굴착부위와 케이싱사이에는 공간이 발생하게 되는데 이 주변공간이 5cm이상 되도록 굴착을 하고 차수용시멘트(체적상으로 3%의 벤토나이트를 함유한 시멘트, 물과 시멘트 혼합물의 중량비=1:2)로 주입하여 그라우팅을 실시한다.
- ✓ 이 때 케이싱이 길어지는 경우 스프링성을 갖고 있는 중심틀(centralizer)을 케이싱 용접시마다 케이싱 외부(4군데씩)에 부착하여 케이싱이 중앙에 위치하게 하고 차수용시멘트가 균일하게 부설될 수 있게 함으로써 그라우팅의 효과가 충분히 나타날 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
 - ✓ 또한, 차수용시멘트를 주입하기 전에 청수나 착정용수를 공저(밑바닥)로부터 역순화시켜 주변 공간을 깨끗이 청소한다.
 - ✓ 그라우팅은 케이싱 외부 밑바닥 주변공간부터 차수용시멘트가 하부에서 상부로 충전되도록 역압력(압축공기에 의한 역순환)방법으로 실시해야 하며, 주입시멘트가 지표로 역류될 때까지 시행한다.
 - ✓ 그라우팅작업을 한 후 시멘트가 완전히 굳을 때까지(보통 3일정도) 후속작업을 하여서는 안된다.
 - ✓ 그라우팅한 시멘트가 완전히 굳은 후에는 적정 구경(Φ 200~250mm)으로 계획깊이까지 굴착한다.
 - ✓ 암반층 이하 깊이인 경우에 암반층부위는 나공상태(open hole)로 설치할 수 있으며, 심한 공내 붕괴현상이 발생하는 대수층구간은 스크린의 개공크기가 2mm 이하인 부식되지 않는 재질의 내부 스크린을 설치한다.

마. 상부보호공의 덮개는 상부로부터 오염물질, 지표수 등이 유입되지 아니하는 구조로 설치하여야 한다.

바. 지하수 개발·이용시설의 주변 반경 1m 이내의 경사도는 10도 이상으로 한다.

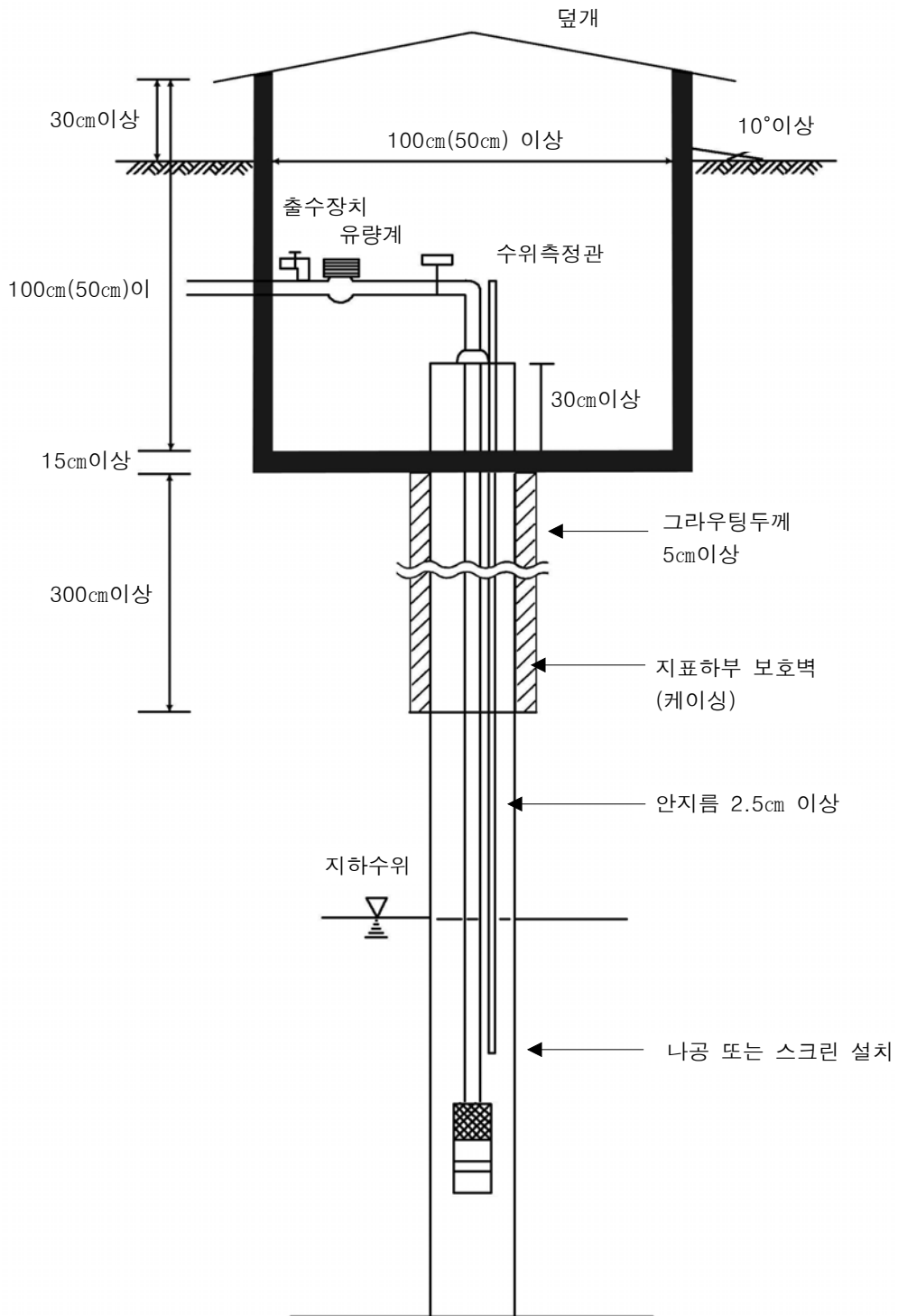
- HELP** ✓ 취수정 보호공 주변의 오염물질, 우수 등이 취수정내로 유입되지 않고 보호공 외부로 흘러갈 수 있도록 바닥면이 충분한 경사도를 갖도록 설치한다.

사. 지하수 개발·이용시설을 설치시 굴착 등으로 인하여 유입된 오염물질, 파쇄물질, 착정용수 등은 완전히 제거하고 소독한다.

- HELP** ✓ 취수정을 설치하기 위해 토지를 굴착한 경우에는 굴착기계 사용으로 인한 윤활유·냉각유 등 광물류계 유류, 박테리아·바이러스 등 각종 미생물류, 돌, 흙 등 파쇄물질, 착정시 사용한 용수 등이 취수정내로 유입되기 때문에 이들을 취수정밖으로 완전히 제거한다.
- ✓ 다음, 취수정의 내부용적(취수정의 구경×심도)과 동일한 용량의 농도 200ppm의 소독제(표백분(클로로칼크), 차아염소산칼슘)를 취수정내에 주입하여 2시간이상 잔존시킨 다음 취수정 밖으로 배출한다.

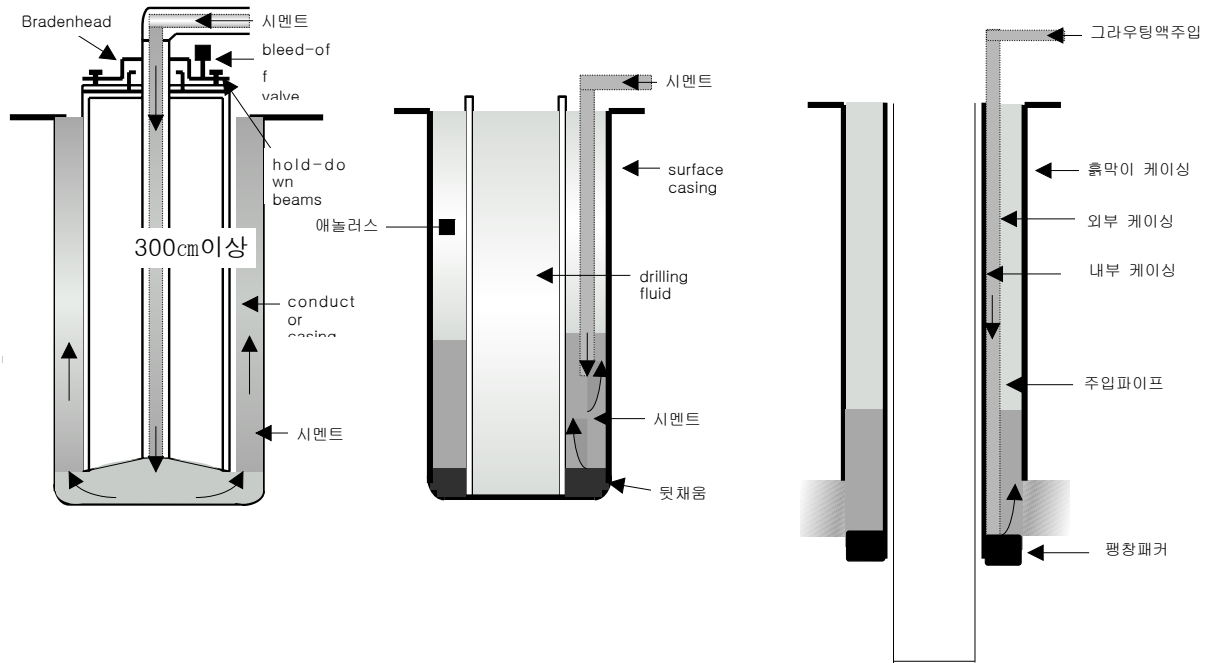
※ 비고 : 환경부장관이 인정하는 밀폐식(지하수개발·이용시설의 상부를 오염물질이 유입될 수 없도록 일폐하는 방식을 말한다)으로 설치하는 상부보호공의 경우에는 나목의 규정을 적용하지 아니할 수 있다.

2. 지하수오염방지시설 구조도(괄호안은 1일양수능력 30m³미만의 시설에 대하여 적용)



◦ 그라우팅 시공 방법

지표오염원이 공내로 유입되는 통로는 케이싱과 공벽사이의 공간인 애놀러스(annulus)를 통해서이다. 따라서 지하수 개발시 반드시 그라우팅을 하여 애놀러스를 밀폐시켜 오염원의 유입을 방지하여야 하며 외부케이싱을 설치하는 심도까지 시공하여야 한다. 시공방법으로는 브래든헤드 방법(Bradenhead Method), 트레미 방법(Tremie Method) 또는 그라우트 파이프 방법(Grout Pipe Method) 등이 있으며, 국내에서 건설신기술과 환경신기술 등으로 선정된 팩커그라우팅(Packer Grouting) 방법 등이 있다(그림 2.2). 그라우팅 시공시에는 주입압력이 과다하지 않게 주입압을 적절히 조절하여 케이싱이 변형되지 않도록 해야 한다.



(a) Bradenhead Method (b) Tremie Method (c) Packer Grouting Method

그림 2.2 그라우팅 시공 방법

① 브레든헤드 방법(Bradenhead Method)

케이싱 상부에 브레든헤드(Bradenhead) 또는 시멘트헤드(Cement head)를 밀착시켜 케이싱내부에서 애놀러스쪽으로, 지표하부에서 상부로 시멘팅하는 방법이다(그림 2.2 (a)).

② 트레미 방법(Tremie Method)

트레미(Tremie) 또는 그라우트 파이프(Grout Pipe)를 애놀러스부분 하단에 위치시키고 이를 통하여 시멘트를 애놀러스 하부에서부터 상부로 주입하는 방법이다(그림 2.2 (b)).

③ 팩커그라우팅 방법(Packer Grouting Method)

팽창성이 있는 팩커가 장착된 팩커그라우팅 유닛(Unit)를 관정 공내에 삽입하여 외부 케이싱 하단부에 설치한 후 팩커를 팽창시켜 공벽과 케이싱사이의 그라우팅 주입구간을 밀폐시킨 후 주입배관을 통해 시멘트 밀크를 하부에서부터 상부로 주입하는 방법이다(그림 2.2 (c)). 본 방법은 신규 개발 관정 뿐만 아니라 이미 오염이 진행된 관정에도 적용하여 수질개선 효과를 기대할 수 있다.

나. 적산유량계의 봉인

시장·군수는 영제14조제3항의 규정에 의한 준공신고의 확인시 적산유량계를 봉인하여야 한다. 지하수오염방지의무자는 적산유량계의 봉인이 훼손되었거나 고장 등의 사유로 적산유량계를 교체 또는 수리하여야 하는 경우에는 지체없이 전화 등으로 시장·군수에게 신고하여야 한다.

HELP ✓ 하수세의 부과를 위해 적산유량계를 설치, 봉인하는 경우에는 본 규정에 의한 적산유량계 봉인을 갈음할 수 있다.

다. 지하수 오염방지 의무자

지하수오염방지의무자는 상기 지하수오염방지사설을 설치한 후 지하수개발·이용량 및 수위를 측정하여야 한다. 다만 수위측정의 설치가 면제된 시설과 시장·군수가 지하수개발·이용량 및 수위측정이 필요없다고 인정하는 시설은 제외한다.

□ 지하수오염유발시설

가. 지하수오염방지 조치명령(법 제16조제2항, 영 제26조 및 수질규칙 제3조의2)

지하수를 오염시키거나 심각하게 오염시킬 우려가 있는 시설에 대하여는 그 설치자 또는 관리자에게 다음과 같은 지하수오염방지를 위한 조치를 하도록 명할 수 있으며, 이 경우에는 사유·이행방법·이행기간 등을 문서로 통보하여야 한다.

- 지하수오염 관측정의 설치 및 수질측정
- 지하수오염 진행상황의 평가
- 지하수오염물질 누출방지시설의 설치
- 오염된 지하수의 정화
- 당해시설의 장비·운영의 개선
- 당해시설의 폐쇄·이전 또는 철거

지하수 오염방지 조치명령을 받은 자는 천재·지변 그 밖에 부득이한 사유로 인하여 이행기간 내에 조치명령을 완료할 수 없는 경우에는 그 이행기간이 종료되기 3일전까지 시장·군수에게 이행기간의 연장신청을 하여야 한다.

한편, 조치명령을 이행한 경우에는 이행한 날로부터 7일 이내에 수질규칙 별지1호서식의 조치명령완료통보서에 조치명령의 이행완료를 증명할 수 있는 서류와 현장사진을 첨부하여 지방환경관서의 장 또는 시장·군수에게 제출하여야 한다.

조치명령완료통보서를 제출받은 지방환경관서의 장 또는 시장·군수는 통보를 받은 날로부터 7일 이내에 조치명령의 이행완료 여부를 확인하여야 한다.

나. 지하수오염유발시설의 오염방지 조치

2.8.2 적용대상의 지하수오염유발시설의 관리자는 다음과 같은 지하수오염방지 조치와 지하수오염 관측정을 설치하고 수질측정을 실시하여 그 결과를 시장·군수에게 보고하여야 한다.

HELP ✓ 본 사항은 「가. 지하수오염유발시설의 조치명령」과 달리 지하수오염유발시설관리자의 의무사항이다.

- 지하수오염물질 누출방지시설의 설치
- 지하수오염물질의 누출여부를 확인할 수 있는 시설의 설치
- 지하수오염시설의 상·하류구간에 대한 지하수오염관측정의 설치

○ 지하수수질의 정기적인 측정 및 시장·군수에 결과보고

- HELP** ✓ 지하수오염관측정의 설치방법 및 수질측정의 주기·방법은 지하수수질보전등에관한 규칙 【별표3】에 의한다.
 ✓ 수질측정의 기록은 수질규칙 별지 제3호서식의 수질측정기록부에 의하며, 측정결과는 매분기 종료 후 10일까지 시장·군수에게 제출하여야 한다.
 ✓ 수질측정기록부의 보존기간은 최종기재를 한 날부터 3년으로 한다.

【별표 3】

지하수오염관측정의 설치 및 수질측정(제6조관련)

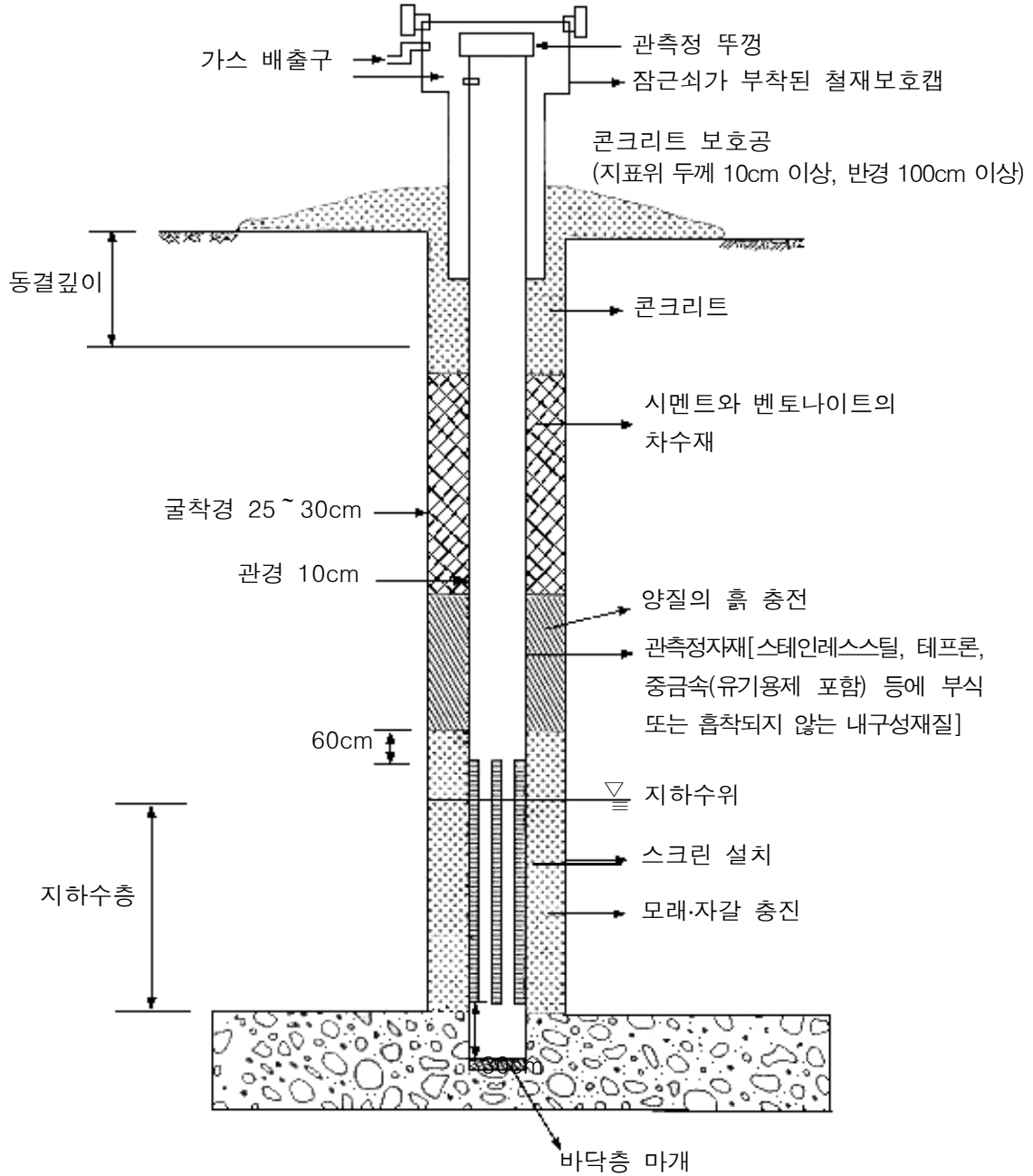
1. 지하수오염관측정의 설치방법

위 치	수	비 고
지하수오염유발시설의 경계선에서 지하수 주흐름의 상류방향으로 오염발생 이전의 대표적인 지하수의 수질을 채취·분석할 수 있는 지점	1	시장·군수가 인정하는 경우 지하수오염유발시설의 규모, 오염물질의 성상에 따라 지하수 오염관측정의 수를 증감할 수 있다. 다만,
지하수오염유발시설의 경계선에서 지하수 주흐름의 하류방향으로 오염물질성분이 주위 지하수층으로 이동하는 것을 즉시 탐지할 수 있는 지점	3	지하수 주흐름의 상류방향 및 하류방향 각각 1개 지점에는 지하수오염관측정을 반드시 설치하여야 한다.

2. 수질측정의 주기 및 방법

구 분	내 용
측정방법	가. 수질검사는 지하수오염유발시설의 설치자 또는 관리자가 측정하거나, 영 제30조제1항의 규정에 의한 수질검사전문기관 또는 환경기술개발 및지원에관한법률 제17조의 규정에 의한 측정대행업자로 하여금 측정하게 할 수 있다. 나. 측정항목에 대한 시험방법은 수질환경보전법 제7조의 규정에 의한 수질오염공정시험방법에 의한다.
측정횟수 및 측정항목	가. 분기 1회 이상 : 별표4 제2호의 규정에 의한 지하수 수질기준 항목중 일반오염물질과 전기전도도, 지하수위 및 당해 지하수오염유발시설에서 배출되는 유해물질 나. 반기 1회 이상 : 별표4 제2호의 규정에 의한 지하수 수질기준 항목중 특정 유해물질과 지하수오염유발시설로부터 검출가능성이 있는 유해물질

3. 지하수오염관측정의 구조도



다. 지하수오염사고 발생시 조치

- 지하수오염유발시설을 운영하는 과정에서 오염물질이 인근 지하수계로 누출된 경우에는 다음의 조치를 취하여야 한다.
 - 지하수의 수질측정
 - 오염물질의 제거
 - 오염물질의 확산을 방지하기 위한 시설의 설치
- 지하수오염유발시설관리자는 오염물질 누출로 인하여 상기와 같은 조치를 한 후 시장·군수에게 다음의 사항을 신고하여야 한다.
 - 지하수오염사고의 발생일시·장소 및 사고의 원인과 내용
 - 지하수오염물질의 종류·농도 및 누출량
 - 오염피해가 우려되는 지역과 수질을 측정한 지점
 - 오염사고의 수습을 위한 각종 조치의 내용
 - 오염사고의 발생위치를 표시한 축척 1/5,000 이상의 지형도·지적도 또는 임야도
 - 수질측정기록부
- 신고를 받은 시장·군수는 신고내용을 조사·확인하여 적절한 대책을 강구하여야 한다.

라. 지하수오염유발시설 관리자에 대한 조치

환경부장관 또는 시장·군수는 지하수오염관측정의 수질측정결과 지하수수질이 수질기준에 적합하지 않은 경우(즉 지하수가 오염된 경우)에는 지하수오염유발시설 관리자에게 지하수수질을 복원할 수 있는 정화작업 그 밖의 필요한 조치를 하도록 명하여야 한다.

- 이와 같은 조치를 명할 수 있는 수질기준은 다음 각호의 기준을 말한다.
 - 특정유해물질이 수질규칙 별표 4 제2호의 생활용수의 특정유해물질에 관한 수질기준 이내일 것
 - 석유계총탄화수소가 리터당 1.55mg 이하일 것
- 환경부장관 또는 시장·군수는 지하수가 오염된 경우 지하수오염유발시설 관리자에게 지하수오염으로 인한 위해성·오염범위·오염원인등에 대한 평가와 오염방지대책 등을 기재한 「지하수오염평가보고서」를 제출토록 명하여야 한다.

HELP

✓ “지하수오염평가보고서”의 적성은 환경부고시 제2003-34호(2003.2.7)에 의한다.
✓ 지하수오염유발시설관리자는 지하수영향조사기관 또는 지하수정화업자로 하여금 지하수오염평가보고서를 작성하게 할 수 있다.

- 지하수오염평가보고서를 기초로 다음의 사항 중 필요한 조치를 명하여야 한다.
 - 지하수오염범위에 대한 정밀조사
 - 지하수오염물질의 누출을 방지하기 위한 추가적인 시설의 설치
 - 지하수오염물질의 운송·저장·처리방식의 변경
 - 오염된 지하수의 정화작업
 - 당해시설의 설비·운영의 개선
 - 자연적 감소에 의하여 오염된 지하수가 자연정화되고 있는지 또는 자연정화될 수 있는지 여부의 조사
- 오염지하수 정화계획

지하수오염유발시설 관리자는 법 제16조의2제2항(오염사고의 발생)에 의해 오염된 지하수를 정화하거나, 법 제16조의3제1항(지하수가 오염된 경우의 조치)의 규정에 의해 정화명령을 받은 때에는 환경부령이 정하는 오염지하수정화기준에 맞도록 하여야 하며, 「오염지하수 정화계획」을 작성한 후 오염사고 발생에 따른 정화조치 개시 30일전 또는 지하수가 오염된 경우 정화작업 명령을 받은 후 6월 이내에 시장·군수에게 제출하여 승인을 얻어야 한다.

HELP

✓ “오염지하수정화계획의 작성내용”은 환경부고시 제2003-35호(2003.2.7)에 의한다.

- 오염지하수 정화계획의 내용
 - 정화사업의 방법과 종류
 - 정화사업 기간 및 정화사업 지역(지하수오염유발시설의 위치·면적과 비용부담적용 대상지역의 범위 포함)
 - 시설용량·설치면적 등 정화작업의 규모
 - 총 소요사업비와 분야별 소요사업비
 - 재원조달방법
 - 정화작업이 계획대로 수행되지 아니할 경우의 비상대책

오염지하수 정화 계획 중 다음의 사항을 변경하는 경우에는 시장·군수의 승인을 얻어야 한다.

- 영 제26조의4제2항제1호(정화사업의 방법과 종류)·제2호(정화사업기간

및 정화사업지역)·제5호(재원조당방법)·제6호(정화작업이 계획대로 수행되지 아니할 경우의 비상대책)의 사항을 변경하고자 하는 경우

- 영 제26조의4제2항제3호의 규정에 의한 시설용량 또는 설치면적의 100분의 30이상을 변경하고자 하는 경우

- 영 제26조의4제2항제4호의 규정에 의한 소요사업비의 100분의30이상을 변경하고자 하는 경우

○ 환경부장관 또는 시장·군수는 오염된 지하수의 정화 등에 대한 명령을 이행하지 아니하거나 이행하였음에도 불구하고 당해부지와 주변지역의 지하수오염 정도가 오염지하수정화기준 이내로 감소되지 아니한 경우 오염 유발시설의 운영 및 사용중지 또는 폐쇄·철거·이전을 명할 수 있다.

HELP ✓ “오염지하수정화기준”은 다음의 기준을 말한다.

- 특정유해물질이 수질규칙 별표 4 제2호의 생활용수의 특정유해물질에 관한 수질기준 이내일 것

- 석유계총탄화수소가 리터당 1.55mg 이하일 것

◎ 환경부고시 제2003-34호

지하수법 시행령 제26조의3제3항의 규정에 의하여 지하수오염평가보고서의 작성에 관한 규정을 다음과 같이 제정·고시합니다.

2003년 3월 7일

환경부장관

지하수오염평가보고서의작성에관한규정

1. 목 적

이 고시는 지하수법시행령 제26조의3제3항의 규정에 의하여 지하수오염평가보고서의 작성지침과 작성내용을 규정함을 목적으로 한다.

2. 지하수오염평가보고서의 작성지침

- 가. 조사방법에 따라 수집·분석한 내용을 조사항목별로 체계적·논리적으로 기술
- 나. 조사결과에 대한 조사자의 분석결과를 기술
- 다. 그 밖의 참고자료를 첨부

3. 지하수오염평가보고서의 작성내용

가. 지하수오염으로 인한 위해성

- (1) 수질기준 초과 관측정에 대하여 오염항목의 수질기준과 수질측정결과를 제시
- (2) 오염항목 각각에 대해 WHO, EPA 등 국제기관에서 공인한 평가방법에 의해 위해성을 평가

나. 오염범위

- (1) 수질기준 초과 관측정의 주변지역에 대해 자료수집, 수리지질조사, 지구물리탐사, 토양조사를 실시
- (2) 조사결과를 토대로 개략적인 오염범위를 추정
- (3) 추정된 오염범위에 대해 추가 관측정을 설치하고 오염물질 및 수리지질을 조사
- (4) 등수위선도를 작성하여 수리지질 특성 및 지하수 유동특성을 분석
- (5) 오염범위·농도를 2차원 및 3차원 도면으로 나타내고 오염물질 총량을 추정

다. 오염원인에 대한 평가

- (1) 지하수오염유발시설의 현황자료를 제시
 - 시설의 배치를 알 수 있는 평면도와 시설의 기초깊이를 알 수 있는 측면도
 - 시설, 배관 등에 관한 재질 및 설치·운영내역을 알 수 있는 자료
 - 유해물질 저장시설의 경우에는 저장물질의 명칭, 성상, 농도, 용량, 사용내역 등을 알 수 있는 자료
- (2) 지하수오염유발시설의 현황자료와 오염범위·농도를 나타낸 도면 등을 토대로 오염원인 및 오염경로를 평가
- (3) 인근지역에 잠재오염원이 있을 경우에는 잠재오염원에 대한 분석자료(잠재오염원의 위치를 표기한 축척 5천분의 1의 지형도 포함)

라. 오염방지대책

- (1) 지하수오염물질의 누출을 방지하기 위한 추가적인 시설의 설치
- (2) 지하수오염물질의 운송·저장·처리방식의 변경
- (3) 오염된 지하수의 정화사업
 - 정화방법 선정시 타지역 운반처리보다 현장처리를 우선적으로 고려
 - 정화방법별 비용·효과분석을 실시
 - 제한된 기간내에 정화사업이 완료될 수 있는 공법을 선택
 - 정화방법에 따라 소규모 현장적용시험을 거침
 - 정화과정이 간단하고 정화결과에 대한 검증이 용이하여야 함
 - 정화과정에서 2차오염이 없어야 함
- (4) 당해 시설의 설비·운영의 개선
- (5) 자연적 감소에 의하여 오염된 지하수가 자연정화되고 있는지 또는 자연정화될 수 있는지 여부의 조사

마. 그 밖의 사항

- (1) 그 밖의 지하수조사시 골착한 관정의 활용계획·오염방지계획과 폐관정처리 계획 등을 기술
- (2) 관측정의 배치도, 지하수의 수질분석자료, 현장사진 등을 첨부

부 칙

이 고시는 고시된 날부터 시행한다.

◎환경부고시 제2003-35호

지하수법시행령 제26조의4제3항의 규정에 의하여 오염지하수정화계획의작성내용을 다음과 같이 제정·고시합니다.

2003년 3월 7일

환경부장관

오염지하수 정화계획의 작성내용

1. 목 적

이 고시는 지하수법시행령 제26조의4제3항의 규정에 의하여 오염지하수정화계획의 작성내용을 규정함을 목적으로 한다.

2. 오염지하수정화계획의 작성내용

가. 정화대상지역 및 정화방법·종류

(1) 지하수오염유발시설을 운영하는 과정에서 오염물질이 인근 지하수계로 누출된 경우

◦지하수오염평가보고서의작성에관한규정(환경부고시 제2003-34호)의 제3호나목 내지 라목을 준용하여 결정

(2) 지하수오염관측정의 수질측정결과가 수질기준을 초과하여 지하수정화명령을 받은 경우

◦지하수법시행령제26조의3제1항의 규정에 의하여 시장·군수에게 제출한 지하수오염평가보고서를 토대로 결정

나. 정화사업 규모 및 정화사업 기간

◦정화사업에 필요한 시설용량·설치면적 등 정화사업의 규모를 제시

◦정화사업의 시행기간 및 세부일정표를 제시

다. 소요사업비

◦분야별 소요사업비의 세부내역을 제시하고 이를 합산하여 총소요사업비를 산출

라. 재원조달방법

◦정화사업에 필요한 부지 확보, 소요장비 조달방법, 운영자금 조달방법 등으로 구분 제시

마. 비상대책

◦정화작업이 계획대로 수행되지 아니할 경우를 대비하여 예비대안을 제시

부 칙

이 고시는 고시된 날부터 시행한다.

2.9. 수질검사

2.9.1. 배경 및 목적

- 지하수개발·이용자는 국민 보건위생상 안전하고 깨끗한 지하수를 사용하기 위하여 정기적으로 수질검사를 받아야 함
- 수질이 지하수 이용에 지장이 없는 경우와 소규모의 공업용수·농업용수 및 어업용수 지하수 시설의 경우에는 수질검사를 면제하였으며, 용도별로 수질검사의 주기를 달리하여 지하수개발·이용의 편의를 도모하였음

2.9.2. 적용대상

지하수법령상 지하수 수질검사의 대상 및 검사면제 대상을 구분하면 다음과 같다.

표 2.3 용도별 수질검사대상 및 면제대상 구분

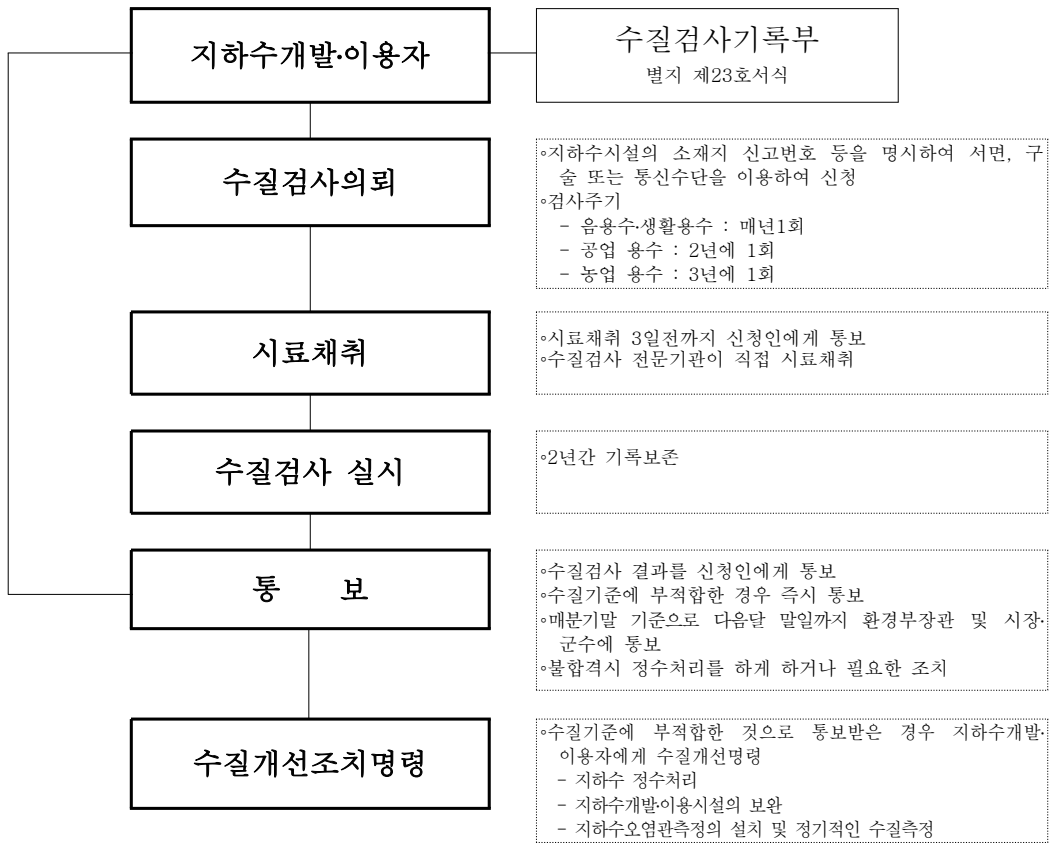
용 도	구 분	수질검사여부	수질검사주기
음용수	모든시설	수질검사대상	2년마다 1회 ※ 1일양수능력 30톤미만(안쪽지름 32mm이하)인 경우 3년마다 1회
생활용	1일 양수능력 30톤(토출관직경 32mm)이상	수질검사대상	3년마다 1회
	1일 양수능력 30톤(토출관직경 32mm)미만	수질검사면제	-
	청소용·조경용·공사용·소방용 등 보건위생상 지장이 없는 용도로 이용하는 경우	수질검사면제	-
공업용	1일 양수능력 100톤(토출관직경 32mm)이상	수질검사대상	3년마다 1회
	1일 양수능력 100톤(토출관직경 32mm)미만	수질검사면제	-
농업용·어업용	1일 양수능력 100톤(토출관직경 40mm)이상	수질검사대상	3년마다 1회
	1일 양수능력 100톤(토출관직경 40mm)미만	수질검사면제	-
공공급수용으로 지하수를 개발·이용하는 자로서 수도법 제19조의 규정에 의하여 수질검사를 받은자		수질검사면제	

※ 지하수수질검사 결과 수소이온농도를 제외한 전항목이 수질기준의 100분의 70이하이며, 수질오염의 우려가 없다고 인정되는 지하수 개발·이용의 시설에 대하여 시장·군수는 동항의 수질검사 주기를 조정할 수 있다.

2.9.3. 관련법조문

법	시행령	시행규칙	지하수의수질보전등에 관한규칙
제20조 ①수질검사 의무 ②불합격시 조치명령 ②수질검사의 항목·기준·절차 및 검사전문기관 ③기록부 비치 ④검사결과서 비치	제29조 ①수질검사 대상 용도 ②수질검사대상 제30조 ①수질검사전문기관 ②수질기준 불합격시 통보 ③불합격시설에 대한 조치 ④조치명령 통보 ⑤수질검사결과통보 제31조 ①검사 항목 ②수질검사방법	제23조 <삭 제>	제10조 수질검사대상 제11조 지하수 수질기준 제12조 ①수질검사 주기 ②수질검사주기 조정 제13조 ①수질검사 절차 ②시료채취기간 통보 ③시료채취 및 수질검사의뢰 제14조 수질검사기관 제15조 수질검사결과 통보서

2.9.4. 업무흐름도



2.9.5. 업무처리 요령

가. 지하수 수질검사

- 지하수개발·이용의 허가를 받거나 신고를 하고 지하수를 개발·이용하는 자는 용도별로 환경부령이 정하는 기간마다 영 제30조제1항의 규정에 의한 수질검사 전문기관에 의뢰하여 수질검사를 받아야 한다.

HELP ✓ 수질검사는 지하수개발·이용의 신고서 또는 허가신청서에 기재한 지하수개발·이용의 용도와 상관없이 수질규칙 별표 4에 의한 용도에 따라 실시하여야 한다.
✓ 음용수의 경우 먹는물관리법 제35조의 규정에 의한 검사기관에서 검사를 받아야 한다.

- 지하수개발·이용자가 수질검사를 받고자 하는 때에는 시장·군수에게 수질검사를 신청하여야 한다.
- 수질검사 신청을 받은 시장·군수는 수질규칙 별지 제4호서식의 지하수수질검사접수처리 기록부에 이를 기록하여야 한다.
- 시장·군수는 수질검사 신청을 접수한 때에는 시료채취기간을 정하여 시료채취 3일전까지 검사받을 자에게 통보하여야 한다.
- 시장·군수는 시료 채취를 한 후 시료를 봉인하여 수질검사 신청인에게 인계하여야 하며, 수질검사 신청인은 동 시료를 인계받은 후 6시간 이내에 수질검사전문기관에 검사를 의뢰하여야 한다.
- 수질검사전문기관은 수질검사 결과 수질기준에 부적합한 경우에는 지체없이 수질규칙 별지 제5호서식에 의하여 환경부장관 또는 시장·군수에게 통보하여야 한다. 또한, 수질검사 기록은 2년간 보존하여야 하며, 매 분기 말 현재의 기록을 수질규칙 제6호서식의 수질검사통보서에 의하여 매 분기 종료일의 다음달 말일까지 환경부장관 또는 시장·군수에게 통보하여야 한다.
- 수질검사의 주기
 - 음용수 : 지하수 개발·이용시설 설치공사의 준공신고 전에 수질검사를 받아야 하고 그 후에는 2년마다 1회

HELP ✓ 다만, 1일 양수능력 30톤 이하의 시설(안쪽지름이 32밀리미터 이하인 경우에 한한다)의 경우에는 3년에 1회

- 생활용수·농업용수·어업용수·공업용수 : 지하수 개발·이용시설 설치공사의 준공신고 전에 수질검사를 받아야 하고, 그 후에는 3년마다 1회
- 수질검사를 받은 경우에는 수질검사검사서를 비치하여야 한다.

나. 수질검사 전문기관

◦ 수질검사 전문기관은 다음과 같다.

- 지하수조사 전문기관

HELP ✓ 한국지질자원연구원, 대한광업진흥공사, 한국수자원공사, 농업기반공사, 한국건설기술연구원, 환경관리공단

- 먹는물관리법의 규정에 의한 검사기관

HELP ✓ 먹는물관리법 제35조의 규정에 의해 지정된 검사기관, 국립환경연구원, 환경관리청(지방환경관리청 포함), 시·도 보건환경연구원, 시·도 수도기술연구소 또는 수질검사소, 시·군·구의 보건소(간이상수도 및 먹는물공동시설의 수질검사에 한한다)

- 수도법의 규정에 의한 일반수도사업자(상수도사업소)

- 농촌진흥청 농업과학기술원

- 도농업기술원

- 국방·군사시설사업에 설치된 시설의 경우에는 육군 각 군수지원사령부 식품검사대, 함대사령부 의무대, 전투비행단 의무대, 국군중앙의무시험소

다. 수질개선 조치명령 등

환경부장관 또는 시장·군수는 수질검사에 불합격한 시설에 대하여 다음의 조치를 명할 수 있다. 이 경우 조치의 상세 내용을 문서에 명시하여 지하수개발·이용자에게 통보하여야 한다.

◦ 이용중지

◦ 수질개선 조치명령

- 지하수의 정수처리

- 지하수개발·이용시설의 보완

- 지하수오염관측정의 설치 및 정기적인 수질측정

라. 수질검사항목

◦ 음용수의 경우 : 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물수질검사항목

◦ 생·공·농·어업용수의 경우 : 환경부령이 정하는 수질기준

마. 수질검사방법

◦ 음용수의 경우 : 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물수질검사방법

◦ 생·공·농·어업용수의 경우 : 수질환경보전법 제7조의 규정에 의한 수질오염공정시험방법

【별표4】

지하수의 수질기준(제6조 관련)

1. 지하수를 음용수로 이용하는 경우 : 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준
2. 지하수를 생활용수, 농업용수, 어업용수, 공업용수로 이용하는 경우

(단위 : mg/l)

이용목적별		생활용수	농·어업용수	공업용수
일 반 오염물질 (9개)	수소이온농도(pH)	5.8 ~ 8.5	6.0 ~ 8.5	5.0 ~ 9.0
	대장균군수	5,000 이하 (MPN/100ml)	-	-
	질산성질소	20이하	20이하	40이하
	염소이온	250이하	250이하	500이하
	일반세균	1ml중100CFU이하	-	-
특 정 유해물질 (15개)	카드뮴	0.01이하	0.01이하	0.02이하
	비소	0.05이하	0.05이하	0.1이하
	시안	불검출	불검출	0.2이하
	수은	불검출	불검출	불검출
	유기인	불검출	불검출	불검출
	페놀	0.005이하	0.005이하	0.01이하
	납	0.1이하	0.1이하	0.2이하
	6가크롬	0.05이하	0.05이하	0.1이하
	트리클로로에틸렌	0.03이하	0.03이하	0.06이하
	테트라클로로에틸렌	0.01이하	0.01이하	0.02이하
	1.1.1-트리클로로에탄	0.15이하	0.3이하	0.5이하
	벤젠	0.015이하	-	-
	톨루엔	1이하	-	-
에틸벤젠	0.45이하	-	-	
크실렌	0.75이하	-	-	

비 고

1. 생활용수 : 가정용 및 가정용에 준하는 목적으로 이용되는 경우로서 음용수·농업용수·공업용수 이외의 모든 용수를 포함한다.
2. 농·어업용수 : 농업·농촌기본법 시행령 제2조에 의한 농업 및 농어촌발전특별조치법시행령 제2조제3호에 의한 어업의 목적으로 이용되는 경우를 말한다.
3. 공업용수 : 수질환경보전법 제2조제5호의 규정에 의한 폐수배출시설을 설치한 사업장에서 사업활동 목적으로 이용되는 경우를 말한다.
4. 어업용수 및 지하수의 이용 목적상 염소이온의 농도가 인체에 해가 되지 아니하는 것으로 환경부장관이 인정하는 용도로 지하수를 이용하는 경우 염소이온의 기준을 적용하지 아니한다.

※ 공통사항 : 농업용수·어업용수·공업용수일지라도 생활용수의 목적으로도 함께 이용되는 경우에는 생활용수 기준을 적용한다.

2.10. 지하수 보전구역 지정 관리

2.10.1. 배경 및 목적

- 지하수의 수량이 풍부하거나 수질이 양호하여 보전할 가치가 있는 지역 및 지하수 개발이 과도하게 진행되어 각종 지하수 장애가 발생하는 지역에 대해서는 각 지방자치단체에서 지하수 보전구역으로 지정하여 보다 강화된 인·허가 기준 및 시설 기준 등을 적용하여 각종 장애를 사전에 차단하는 등 체계적인 지하수 관리 도모
- 개정 지하수법에서는 지하수 보전구역을 보전지구와 개발제한지구로 세분하여 특성에 맞게 관리토록 하였으며, 특히 개발제한지구 내에서는 새로운 지하수의 개발·이용을 금지할 수 있는 규정을 추가하여 보다 강력한 지하수 보전을 도모

2.10.2. 적용 대상

가. 지하수 보전지구

- 지하수를 이용하는 하류지역과 수리적으로 연결된 상류의 지하수함양지역
- 주된 용수공급원이 되는 대수층이 있는 지역
- 공공급수용지하수개발·이용시설(수도법 제3조의 규정에 의한 광역상수도·지방상수도·간이상수도·전용상수도 또는 소규모급수시설에 지하수를 공급하기 위하여 이용되는 지하수개발·이용시설)의 중심에서 50m 이내에 법 제13조제1항제2호에 해당하는 시설(오염물질 배출시설)이 설치되어 수질의 저하가 우려되는 지역
- 그밖에 지하수관리 기본계획 또는 지역지하수관리계획에 의하여 지하수의 보전이 필요하다고 인정된 지역

나. 지하수개발제한지구

- 지하수개발·이용량이 기본계획 또는 지역관리계획에서 정한 지하수개발 가능량에 비하여 현저하게 높다고 판단되는 지역
- 지하수의 지나친 개발·이용으로 인하여 지하수의 고갈현상·지반침하 또는 건천화가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역
- 지하수의 개발·이용으로 인하여 주변 생태계의 생육에 심각한 악영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 지역
- 그밖에 지하수의 보전·관리를 위하여 개발을 제한할 필요가 있는 경우로서 대통령령이 정하는 지역

- 해안 및 도서지방에서 지하수의 지나친 개발·이용으로 인하여 해수가 대수층 내로 침입하였거나 침입할 우려가 있는 지역
- 지하수개발·이용시설이 설치됨으로 인하여 공공급수용시설의 지하수의 수량감소가 우려되는 지역으로서 공공급수용시설의 중심에서 반지름 100미터 이내의 지역
- 기본계획 또는 지역관리계획에 의하여 지하수의 개발제한이 필요하다고 인정된 지역

※ 지하수보전구역의 지정 범위(시행령 별표 3)

【별표 3】

지하수보전구역의 지정범위(제19조제5항관련)

1. 지하수보전지구

가. 상류의 주요 지하수함양원을 보호하기 위한 지역

- (1) 지하수가 주로 함양되며 지하수의 수직흐름이 지배적인 지역으로서 수질이 양호하여 보호의 필요성이 있는 지역
- (2) 지하수가 함양되는 지역중에서 오염가능성이 매우 높은 지역

나. 주된 용수공급원이 되는 대수층을 보호하기 위한 지역

- (1) 당해 대수층이 오염되는 경우 대체할 용수원이 없는 지역
- (2) 당해 대수층의 수질이 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 수질기준에 적합한 지역

다. 공공급수용 지하수개발·이용시설(이하 “공공급수용시설”이라 한다)의 수질을 보호하기 위한 지역

공공급수용시설의 중심에서 반지름 50미터 이내에 지하수오염유발시설이 설치되어 당해 공공급수용시설의 지하수의 수질저하가 우려되는 지역

2. 지하수개발제한지구

가. 지하수 고갈 및 지반침하 지역

- (1) 관정의 취수율이 지나치게 낮은 지역
- (2) 지하수의 개발·이용량이 현저하게 높은 지역
- (3) 지하수의 개발·이용으로 인하여 주변 생태계의 생육에 심각한 악영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 지역
- (4) 지하수의 개발·이용으로 인하여 주변의 구조물·시설 및 지반에 변형이 발생하는 지역

나. 오염발생 및 수질악화 지역

- (1) 인체유해오염시설의 존재지역
- (2) 오염유발시설의 밀집지역
- (3) 폐광 및 폐기물처리지역
- (4) 폐기물처리장 분포지역
- (5) 지하유류비축기지 및 화학약품저장탱크의 분포지역

다. 해안염수침입지역

- (1) 해안 및 도서지역에서 단위면적당 취수량이 과다하거나 대용량의 지하수시설이 존재하는 지역
- (2) 대수층의 수리특성상 투수성이 높아 해수침입이 용이한 지역

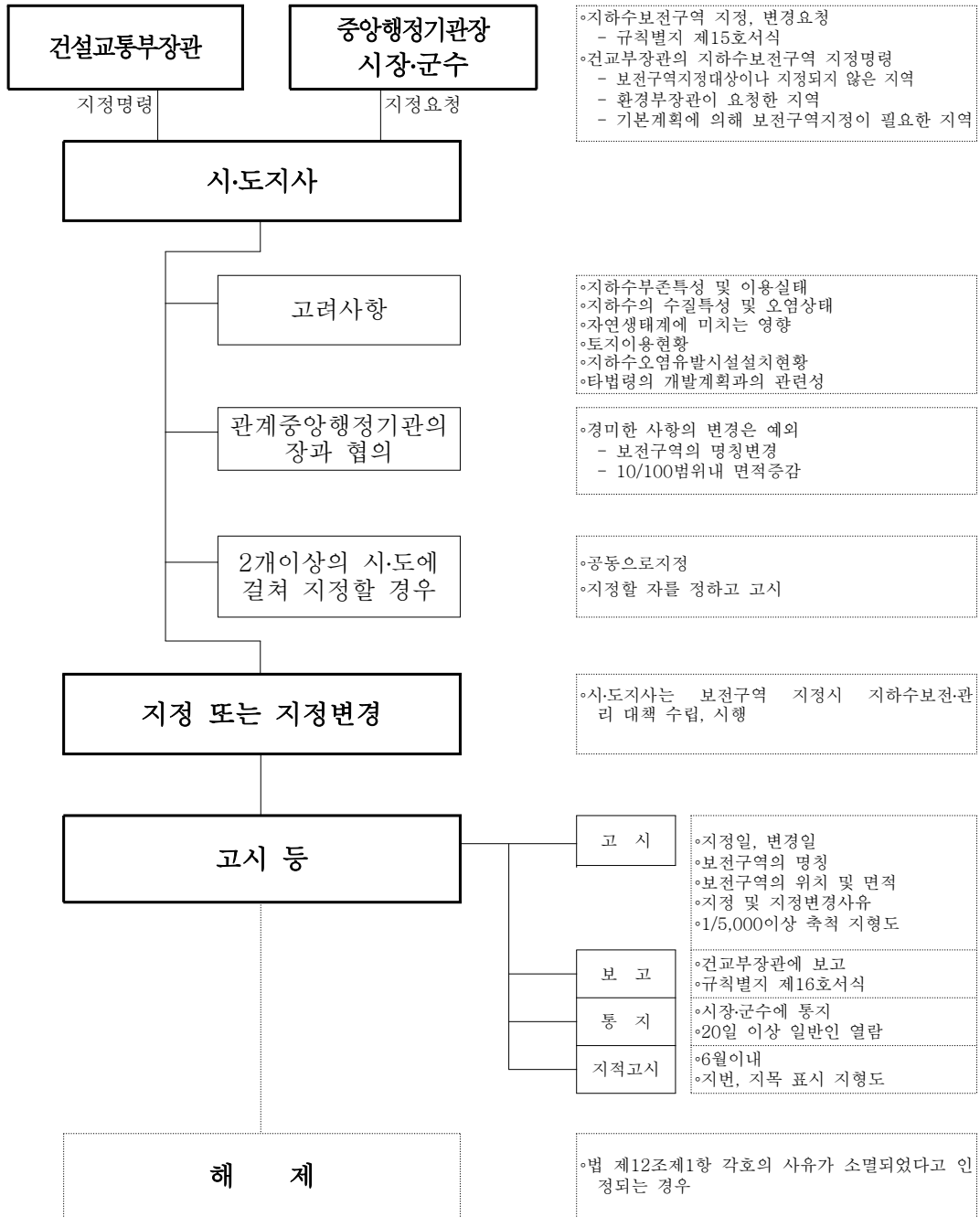
라. 공공급수용시설의 지하수의 수량감소가 우려되는 지역

공공급수용시설의 중심에서 반지름 100미터 이내에 지하수개발·이용시설이 설치되어 당해 공공급수용시설의 수량감소가 우려되는 지역

2.10.3. 관련 법 조문

법	시행령	시행규칙	비고
<p>제12조 ①보전구역의 지정 대상</p> <p>②보전구역의 지정 및 지정 변경에 관한 협의</p> <p>③2인 이상의 행정구역에 걸쳐 지정시 지정방법</p> <p>④제3항관련 지정자 고시</p> <p>⑤보전구역지정에 관한 고시, 보고, 통지</p> <p>⑥건교부장관의 보전구역 지정명령</p> <p>⑦보전관리대책 수립, 시행</p> <p>⑧보전구역의 지정범위, 절차 위임</p> <p>제13조 ①보전구역안에서의 행위제한</p> <p>②지하수개발·이용금지</p> <p>③보전구역내지하수개발·이용허가절차</p>	<p>제19조 ①보전구역지정대상 지역 상세설명</p> <p>②보전구역 지정 대상지역 상세설명</p> <p>③보전구역 지정 대상지역 상세설명</p> <p>④보전구역 지정 대상지역 상세설명</p> <p>⑤보전구역 지정범위</p> <p>제20조 ①보전구역의 지정 또는 변경요청</p> <p>②보전구역의 지정 또는 변경시 첨부서류</p> <p>③보전구역에 관한 시·도 지사의 의무</p> <p>④보전구역지정시 고려사항</p> <p>⑤경미한 사항의 변경</p> <p>⑥고시내용</p> <p>⑦보전구역지정에 관한 지적고시</p> <p>⑧보전구역의 지정해제</p> <p>⑨지적고시의 규칙위임</p> <p>제21조 ①지하수개발·이용허가의 규모</p> <p>②양수능력의 산정</p> <p>③오염물질배출시설</p> <p>④지하수장해행위규정</p> <p>⑤지하수개발·이용금지내용 고시</p>	<p>제12조 ①보전구역의 지정 또는 변경신청 서식</p> <p>②기타서류 규정</p> <p>제13조 ①지적고시</p> <p>②지적고시 방법</p> <p>제14조 보전구역지정 및 지정변경 보고</p> <p>제15조 ①행위허가서류</p> <p>②행위허가서</p> <p>③행위허가신청서</p> <p>④행위허가 통지</p> <p>⑤지하수개발·이용허가 절차 준용</p>	

2.10.4. 업무흐름도



2.10.5. 업무처리 요령

가. 보전구역의 지정 및 지정변경

- 관계중앙행정기관의 장이나 시장·군수는 **2.10.2. 적용범위**에 해당하는 지역에 대하여 영 제20조제2항 각호의 서류를 첨부하여 지하수보전구역의 지정 또는 지정의 변경(해제를 포함)을 시·도지사에게 요청할 수 있으며, 요청을 받은 시·도지사는 지정 요청이 타당하다고 인정되는 경우에는 보전구역으로 지정하거나 지정을 변경하여야 한다.
 - 시행규칙 별지 제15호서식 지하수보전구역지정(변경지정) 요청서
 - 지정 또는 변경의 목적이나 사유를 기재한 서류
 - 지정 또는 변경의 내용을 기재한 서류
 - 지정 또는 변경하고자 하는 지역의 범위 및 면적을 표시한 축척 5천분의 1이상의 지형도
 - 당해지역의 지번·지목·면적이 표시된 토지의 조서
 - 지하수보전구역의 지정 또는 지정의 변경에 따른 효과 등을 기재한 서류
- 보전구역의 지정 및 지정변경시 협의
시·도지사는 보전구역의 지정 및 지정변경시 다음과 같은 경미한 사항의 변경을 제외하고는 관계행정기관의 장과 협의하여야 한다. 또한 보전구역을 지정한 경우에는 지하수보전·관리대책을 수립하여 시행하여야 한다.
 - 지하수보전구역의 명칭변경
 - 지정면적 10/100범위 내에서의 보전구역 면적의 증감
- 보전구역의 공동지정
2개 이상의 행정구역에 걸쳐 보전구역을 지정할 경우에는 시·도지사간 협의에 의하여야 하며, 협의가 성립되지 않은 경우에는 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 지정할 자를 정하고 이를 고시하여야 한다.
- 보전구역의 지정 및 지정변경시 고려할 사항
 - 지하수의 부존특성 및 이용실태
 - 지하수의 수질특성 및 오염상태
 - 지하수의 개발로 인하여 자연생태계에 미치는 영향
 - 당해 지역의 토지이용현황
 - 당해 지역의 지하수오염유발시설의 설치현황
 - 다른 법령에 의한 개발계획과의 관련성

◦ 보전구역의 지정 및 지정변경 고시 등

1) 시·도지사는 보전구역을 지정하거나 지정을 변경한 때에는 다음사항을 관보 또는 공보 등에 고시하여야 한다.

- 지하수보전구역의 지정일 또는 변경일
- 지하수보전구역의 명칭
- 지하수보전구역의 위치 및 면적
- 지하수보전구역의 지정 또는 지정변경 사유
- 축척 1/5,000이상의 지형도
- 기타 건설교통부령으로 정하는 사항

2) 보고

시·도지사는 보전구역을 지정 또는 변경 지정할 경우 별지 제16호 서식에 의하여 건설교통부장관에게 보고하여야 한다.

3) 통지

시·도지사는 지하수보전구역의 지정 또는 지정변경을 시장·군수에게 통지하여 일반인이 열람할 수 있도록 하여야 하며 시장·군수는 통지 받은 사항을 20일 이상 일반인에게 열람시켜야 한다.

4) 지적고시

시·도지사는 보전구역을 지정 또는 지정변경한 때에는 고시일로부터 6월 이내에 당해 구역의 토지에 대하여 지적을 고시하여야 한다. 지적고시는 지번·지목 등이 표시된 지형도로 하여야 하나 고시할 지적의 경계가 행정구역의 경계와 일치하는 때에는 지적도로 같음할 수 있다.

◦ 보전구역의 지정 해제

시·도지사는 법 제12조제1항 각호의 사유가 소멸되었다고 인정되는 경우에는 지하수보전구역의 지정을 해제하여야 한다.

나. 보전구역의 지정 명령

건설교통부장관은 2.10.2 적용대상에 해당하는 지역 중에서 다음의 해당하는 경우에는 시·도지사에게 지하수보전구역의 지정을 명할 수 있다.

- 지하수의 보전·관리를 위하여 지하수보전구역을 지정할 필요가 있음에도 불구하고 지정을 하지 아니하여 지하수의 보전·관리에 지장을 초래할 우려가 있다고 판단되는 지역
- 수질보전을 위하여 환경부장관이 요청한 지역
- 지하수관리 기본계획에 의하여 지하수보전구역의 지정이 필요하다고 인정된 지역

다. 보전구역 안에서의 행위제한

- 지하수보전구역 안에서 다음의 행위를 하고자 하는 자는 시장·군수의 허가를 받아야 한다. 다만, 관계 법률에 의하여 승인을 얻거나 허가를 받아 오염물질배출시설(법 제13조제1항제2호)을 설치한 경우에는 허가를 받은 것으로 본다(표 2.3 참조).
 - 제8조제1항제5호의 규정(지하수개발·이용의 신고)에 의하여 신고하도록 되어 있는 규모의 범위 안에서 1일 양수능력 30m³이상(토출관의 안쪽지름이 32mm이상)으로 지하수를 개발·이용하는 행위
 - 다음에 해당하는 물질을 배출·제조 또는 저장하는 시설로서 수질환경보전법·폐기물관리법·유해화학물질관리법·토양환경보전법 또는 오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률에 의한 허가·승인·신고 등의 대상이 되는 시설의 설치
 - 수질환경보전법 제2조제3호의 규정에 의한 특정수질유해물질
 - 폐기물관리법 제2조제1호의 규정에 의한 폐기물
 - 오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률 제2조제1호 내지 제3호의 규정에 의한 오수·분뇨 또는 축산폐수
 - 유해화학물질관리법 제2조제2호의 규정에 의한 유해화학물질
 - 토양환경보전법 제2조제2호의 규정에 의한 토양오염물질
 - 지하수의 수위저하·수질오염 또는 지반침하 등 명백한 위험을 가져오는 행위로서 다음에 해당하는 행위
 - 터널공사등 지하수의 유동로 및 유동속도를 변경시킬 우려가 있는 지하굴착공사
 - 지하유류저장고등 지하수를 오염시킬 우려가 있는 구조물의 설치
 - 폐기물매립장·특정폐기물보관시설·집단묘지등의 설치
 - 지하수의 수량 및 수질에 현저한 영향을 줄 수 있는 행위로서 건설교통부령이 정하는 규모이상의 채광·토석채취 및 가축등의 사육
- 보전구역안에서의 행위허가 신청
 - 지하수개발·이용의 경우
법 제7조에 의한 지하수개발·이용허가 신청과 동일한 서류를 제출 시장·군수는 허가증을 교부한다(2.2. 지하수개발·이용의 허가 및 신고 참조).

HELP ✓ 보전구역안에서 지하수개발·이용허가는 허가신청, 준공신고, 허가취소 등과 같은 일반 지하수개발·이용허가 절차를 준용한다.

- 오염물질 배출시설의 설치(법 제13조제1항제2호) 및 터널공사, 구조물의 설치 등(법 제13조제1항제3호)의 경우

- 지하수보전구역안에서의 행위허가신청서(별지 17호서식)
- 행위 위치를 표시한 축척 1/25,000 이상 지형도 1부
- 사업계획서(지하수오염방지대책 포함), 설계도 1부

표 2.4 보전구역내 행위제한 내용

구 분	관련법	행위허가대상	행 위 내 용
지하수 개발·이용	지하수법	일정 규모 이상의 지하수 개발·이용 행위	<ul style="list-style-type: none"> ◦지하수개발·이용 <ul style="list-style-type: none"> - 1일양수능력 30톤이상인 경우(또는 안쪽지름이 32mm이상 토출관을 사용하는 경우) ※ 신규 지하수개발·이용 금지 가능
오염유발 시설물	수질환경보전법 제2조제3호	특정 수질유해 물질을 배출하는 시설물의 설치	<ul style="list-style-type: none"> ◦특정수질 유해물질 배출 시설 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 사람의 건강, 재산이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접으로 위해를 줄 우려가 있는 수질 오염물질 - 특정 수질 유해물질 : 구리, 납, 비소, 수은 및 이들의 화합물, 시안화합물, 유기인 화합물, 6가크롬 화합물 등 12종
	폐기물관리법 제2조제1호	폐기물을 배출하는 시설물의 설치	<ul style="list-style-type: none"> ◦폐기물 배출시설 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 쓰레기, 연소재, 오니, 폐유, 폐산, 폐알카리, 동물의 사체 등으로 사람의 생활이나 사업 활동에 필요하지 아니하게 된 물질 - 생활폐기물과 사업장 폐기물로 구분하며 이중 폐기물관리법상 신고제로 규정된 사업장폐기물배출자를 보전구역내에서는 허가제로 관리 - 기타 허가변경, 취소 및 행정사항 등 필요한 사항
	오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률 제2조제1호내지 제3호	오폐수등을 배출하는 시설물의 설치	<ul style="list-style-type: none"> ◦오수, 분뇨 및 축산폐수 배출시설 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 수세식 변소, 목욕탕, 주방 등에서 배출되는 오수, 화장실에서 수거되는 액체성 및 고체성의 오염물질, 가축의 사육으로 배출되는 액체성 및 고체성의 오염물질
	유해화학물질관리법 제2조제2호	유독물 및 취급제한유독물 영업	<ul style="list-style-type: none"> ◦유독물영업(등록사항) <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 유독물제조업, 유독물관매업, 유독물보관·저장업, 유독물운반업, 유독물사용업 ◦취급제한유독물영업(허가사항) <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 취급제한유독물을 제조·수입 또는 사용하는 영업(試驗研究 또는 檢査用 試藥의 製造 포함) ※ 유독물, 취급제한유독물은 환경부장관이 고시
	토양환경보전법 제2조제2호	토양오염유발시설의 설치	<ul style="list-style-type: none"> ◦토양오염유발시설 설치 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 석유류의 제조 및 저장시설, 유독물(카드뮴·구리·비소·수은·납 및 화합물, 6가크롬화합물, 유기인화합물, 폴리클로리네이티드비페닐, 시안화합물, 페놀류, 유류)의 제조 및 저장시설
지하수 장애발생 위험성이 높은 행위	지하수법 시행령 제21조	수위저하, 수질오염 및 지반침하 등을 일으킬 수 있는 명백한 위험을 가져오는 행위	<ul style="list-style-type: none"> ◦터널공사 등 지하수의 유동로 및 유동속도를 변경시킬 우려가 있는 지하굴착공사 ◦지하 유류저장고 등 지하수를 오염시킬 우려가 있는 구조물의 설치 ◦폐기물 매립장, 특정폐기물 보관시설 및 집단묘지 등의 설치 행위 ◦지하수수량/수질에 현저한 영향을 줄 수 있는 행위로서 건설교통부령이 정하는 규모 이상의 광물의 채광·토석채취 및 가축사육 행위

◦ 지하수개발제한지구안에서 새로운 지하수개발·이용 금지

시장·군수는 지하수개발제한지구안에서 새로운 지하수의 개발·이용을 금지할 수 있으며, 이 경우 다음의 사항을 관보 또는 공보 등에 고시하여야 하며 20일 이상 일반인이 열람할 수 있도록 하여야 한다.

- 지하수개발제한지구의 지정일 또는 변경일
- 지하수개발제한지구의 명칭
- 지하수개발제한지구의 위치 및 면적
- 축척 1/5,000 이상의 지형도면으로 작성된 도면
- 금지되는 지하수개발·이용행위의 내용 및 금지되는 기간

2.11. 지하수개발·이용시공업의 등록

2.11.1. 배경 및 목적

- 지하수개발을 전문으로 하는 업체를 육성하여 지하수개발의 전문화를 도모하고 책임시공을 확보하여 국민에게 더 좋은 지하수개발이 되도록 업체등록 제도를 도입하였음
- 한편, 금번 지하수법 개정으로 지하수개발·이용시공업자를 통하지 않고 할 수 있는 경미한 공사의 범위를 확대하여 지하수개발·이용자의 부담을 경감코자 하였음

2.11.2. 적용 범위

가. 대상기관

- 지하수개발·이용시공업을 하고자 하는 자는 시행령 【별표 4】의 기술능력·자본금·시설 등을 갖추어 시·도지사에게 등록
- 지하수 개발·이용을 위한 공사는 시공업등록자가 아니면 할 수 없다. 다만 다음의 경우는 그러하지 아니하다.
 - 국가 또는 지방자치단체가 직접 시공하는 공사

HELP ✓ 국가 또는 지방자치단체가 직접 시공한다는 것은 공사에 필요한 인력, 장비 등을 확보하여 직접 공사를 시행하는 것을 의미하며 국가 또는 지방자치단체에서 도급으로 시행하는 공사는 포함되지 않는다.

- 다음의 정부투자기관이 직접 시공하는 공사
 - 한국수자원공사법에 의한 한국수자원공사
 - 농업기반공사및농지관리기금법에 의한 농업기반공사
 - 대한광업진흥공사법에 의한 대한광업진흥공사
- 기타 대통령령이 정하는 다음의 경미한 공사
 - 영 제8조제3항각호의 1에 해당하는 개발·이용시설중 1일 양수능력 30톤미만이고 굴착지름이 75mm이하인 지하수개발·이용시설의 원상복구공사
 - 지하수개발·이용시설중 상부보호공의 보수공사

나. 결격사유

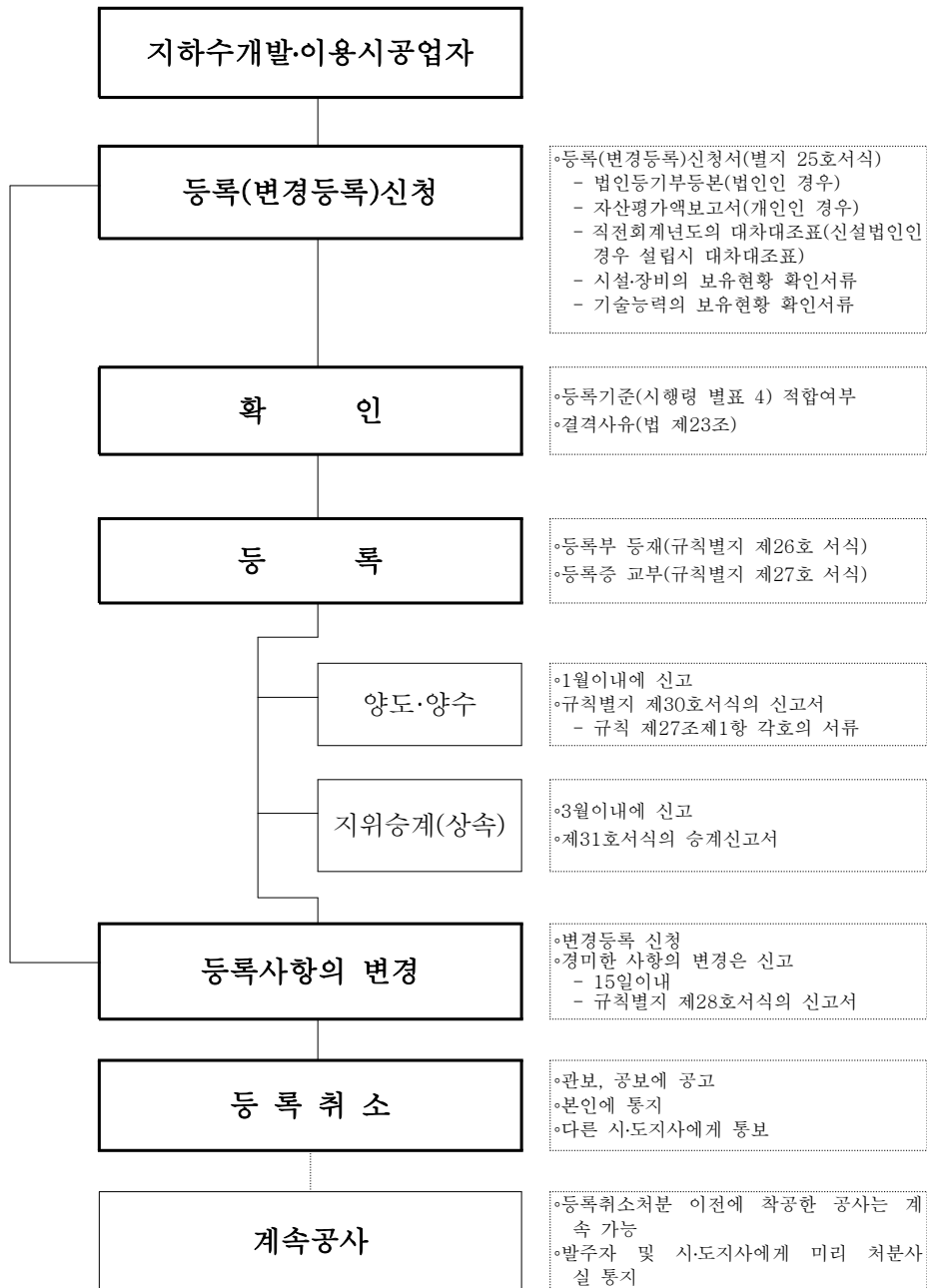
- 금치산자 및 한정치산자

- 파산선고를 받고 복권되지 아니한 자
- 이 법에 위반하여 징역이상의 실형을 선고받고 그 집행이 종료(집행이 종료된 것으로 보는 경우 포함)되거나 집행이 면제된 날부터 2년이 경과되지 아니한 자
- 금고이상의 형의 집행유예선고를 받고 그 유예기간 중에 있는 자
- 지하수개발·이용시공업의 등록이 취소된 후 2년이 경과되지 아니한 자
- 임원 중에 상기 결격사유에 해당되는 자가 있는 법인

2.11.3. 관련 법 조문

법	시행령	시행규칙	비고
제22조 ①지하수개발·이용시공업의 등록	제32조 ①사·도·지사에 등록신청서제출 ②등록기준에 적합한지 여부를 확인하여 등록부에 등재하고 등록증 교부 ③지하수개발·이용시공업등록기준(별표 4) ④경미한 사항의 변경 ⑤변경신고	제25조 ①지하수개발·이용시공업 등록신청서식 ②등록대장 및 등록증 서식 ③등록변경신고서식	
③예외규정	제34조 예외규정중 정부투자기관		
제23조 결격사유			
제24조 ①양도·양수 합병시 신고 ②지위승계 ③상속인의 지위승계시 신고 ④신고의 결격사유	제35조 ①양도·양수 합병시 1개월내 신고 ②신고서의 심사 ③상속인의 지위승계시 3개월내 신고	제27조 ①양도·양수 합병 신고서식 ②지하수개발·이용시공업승계신고서식	
제25조 ①등록의 취소등 ②등록처분전의 공사계속 ③등록취소 절차	제36조 등록취소 등 처분 후 등록업자의 계속공사		
제26조 명의대여의 금지	제37조 ②등록취소처분의 통지 ③등록취소 절차	제28조 ①등록취소시 당사자에 통보 ②타 사·도·지사에 통보 ③통보된 처분내용의 시공업등록대장 기재	

2.11.4. 업무흐름도



2.11.5. 업무처리 요령

가. 지하수개발·이용시공업 등록신청

지하수개발·이용시공업을 하고자 하는 경우에는 시행규칙 별지 제25호서식의 지하수개발·이용시공업등록신청서에 다음의 서류를 첨부하여 주된 사무소의 소재지를 관할하는 시·도지사에게 제출하여 등록하여야 한다.

- 법인인 경우 법인 등기부등본
- 개인인 경우 자산평가액보고서
- 직전회계년도의 대차대조표(법인 경우에 한하며 신설인 경우 법인설립시의 대차대조표를 말한다)
- 시설·장비의 보유현황을 기재한 서류와 그 소유 또는 임대관계를 확인할 수 있는 서류
- 기술능력의 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류

나. 지하수개발·이용시공업 등록

등록신청서를 접수하면 시행령 별표 4의 등록기준에 적합한지 여부와 법 제 23조 각호의 결격사유에 해당하는지 여부를 확인하여 적합한 경우 시행규칙 별지 제26호서식의 지하수개발·이용시공업등록대장에 등재하고 시행규칙 별지 제27호서식의 등록증을 교부한다.

다. 변경등록 및 변경신고

- 지하수개발·이용시공업으로 등록한 자가 등록한 사항을 변경하고자 할 경우에는 규칙별지 제25호서식의 지하수개발·이용시공업변경등록신청서에 다음의 서류 중 해당서류를 첨부하여 변경사항이 발생한 날로부터 15일 이내에 시·도지사에게 제출하여야 한다.
 - 법인등기부등본(법인인 경우)
 - 자산평가액보고서(개인인 경우)
 - 직전회계년도의 대차대조표(신설법인인 경우 법인 설립시의 대차대조표)
 - 시설·장비의 보유현황을 기재한 서류와 그 소유 또는 임대관계를 확인할 수 있는 서류
 - 기술능력 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류
- 시·도지사는 지하수개발·이용시공업으로 등록한 자가 주된 사무소를 다른 시·도로 이전하기 위하여 변경등록을 신청한 때에는 이전하고자 하는 지역을 관할하는 시·도지사에게 등록관련 서류를 이관하여야 한다.

- 지하수개발·이용시공업으로 등록한 자가 다음과 같은 경미한 사항을 변경하는 경우에는 규칙별지 제28호서식의 지하수개발·이용시공업 등록사항 변경신고서에 지하수개발·이용시공업 등록증과 변경내용을 확인할 수 있는 서류를 첨부하여 변경사항이 발생한 날로부터 15일 이내에 시·도지사에게 신고하여야 한다.
 - 상호 또는 명칭의 변경
 - 등록기준의 범위안에서 자본금·자산평가액·기술능력·시설의 변경
 - 주된 사무소의 이전(등록관청의 관할구역을 달리하는 이전 제외)

라. 지하수개발·이용시공업의 양도·양수·합병

- 지하수개발·이용시공업을 양도·양수하거나 합병할 경우에는 1월이내에 시행규칙 별지 제30호서식의 신고서에 다음의 서류를 첨부하여 신고한다. 신고를 받은 시·도지사는 시행령 별표 4의 등록기준에 적합한지 여부와 법 제23조 각호의 결격사유에 해당하는지 여부를 심사하여야 한다.
 - 지하수개발·이용시공업등록증
 - 양도계약서 또는 합병계약서
 - 합병에 관한 사항을 의결한 총회(창립총회) 결의서 사본
 - 등록신청시 첨부하는 서류
- 양수인 및 합병후의 법인은 양도인 및 합병전의 법인의 지하수개발·이용시공업자로서의 지위를 승계한다.

마. 지하수개발·이용시공업의 승계

지하수개발·이용시공업자의 사망으로 인하여 그 상속인이 지하수개발·이용시공업자의 지위를 승계한 경우에는 시행규칙 별지 31호서식의 신고서에 다음의 서류를 첨부하여 상속일부 3월이내에 신고하여야 한다.

- 지하수개발·이용시공업의 등록증
- 상속인임을 증명하는 서류

바. 지하수개발·이용시공업의 등록취소

법 제25조제1항 각 호에 해당하는 때에는 지하수개발·이용시공업의 등록을 취소할 수 있다

- 임의취소
 - 제22조제1항의 규정에 의한 등록기준에 미달하게 된 때
 - 제22조제1항의 규정에 의한 변경등록을 하지 아니하거나 부정한 방법으로 변경신고를 한 때

- 계속하여 2년이상 영업을 하지 아니한 때
- 국세징수법·지방세법등 관계법률에 의하여 국가 또는 지방자치단체로부터 요구가 있는 때
- 당연취소
 - 부정한 방법으로 제22조제1항의 규정에 의한 등록을 한 때
 - 제23조 각호의 1에 해당하게 된 때. 다만, 법인의 임원중에 제23조제1호 내지 제5호의 1에 해당하는 자가 있는 경우 3월이내에 당해임원을 개입한 때에는 그러하지 아니함
 - 제26조의 규정을 위반한 때
 - 시공업자가 다른 사람에게 상호 또는 명칭을 사용하여 시공업을 영위하게 하거나 그 등록증을 대여할 경우
 - 고의 또는 중대한 과실로 인하여 지하수개발·이용시설의 공사를 부실하게 한 때

사. 등록취소 후 계속공사

등록취소 처분을 받은 지하수개발·이용시공업체는 그 처분이 있기 전 착공한 공사에 대하여는 시공을 계속할 수 있으며 이 때에는 미리 발주자 및 시·도지사에게 처분사실을 통지하여야 한다.

아. 등록취소 등의 통보

- 등록취소처분을 한 때에는 관보 또는 공보 등에 이를 공고하고 지하수개발·이용시공업자에게 통지하여야 한다.
- 시·도지사는 등록취소 내용을 다른 시·도지사에게 통보하여야 하며 통보받은 시·도지사는 그 내용을 별지 제26호서식의 등록대장에 기재하고 관리하여야 한다.

자. 명의대여의 금지

지하수개발·이용 시공업자는 다른 사람에게 자기의 상호 또는 명칭을 사용하여 지하수개발·이용시공업을 영위하거나 그 등록증을 대여하여서는 아니된다.

【별표 4】

지하수개발·이용시공업의 등록기준

1) 기술능력

다음 각목의 1에 해당하는 자 2인이상을 확보하여야 한다. 다만, 건설산업기본법에 의한 보링·그라우팅공사업의 등록을 한 자, 기술사법에 의한 기술사사무소의 등록을 한 자 또는 건설교통부장관이 인정하는 자의 경우에는 이미 보유하고 있는 동일 분야의 기술인력으로 이를 갈음할 수 있다.

HELP ✓ 즉, 위 단서에 해당하는 자는 건설산업기본법령이나 기술사법령에 의해 등록된 동일분야 기술인력을 지하수법령의 기술인력으로 중복 등록할 수 있다.

가. 국가기술자격법에 의한 토목·지구물리·응용지질·지하수·굴착·시추·공기압축기운전·기중기운전분야의 기술사·기사·산업기사·기능사, 굴착·시추분야의 기능사보 자격증 소지자, 해당분야의 학사이상의 학위를 소지한 자 또는 건설기술관리법·엔지니어링기술진흥법에 의한 해당분야의 초급이상의 기술자

나. 근로자직업훈련촉진법에 의한 직업능력개발훈련시설에서 시행하는 6월이상의 지하수관련분야의 직업훈련과정을 수료한 자 또는 지하수관련분야의 공사실무에 5년이상 종사한 자로서 건설교통부장관이 인정하는 사업자단체로부터 그 사실여부를 확인 받은 자

2) 자본금

- 법인은 자본금 5천만원이상이어야 하고, 개인은 자산평가액 3천만원이상이어야 한다.
- 법인의 자본금은 주식회사의 경우에는 납입자본금을 말하고, 주식회사외의 법인인 경우에는 출자금을 말한다.
- 개인의 자산평가액은 건설교통부장관이 정하는 방법에 의하여 산출한 자산평가액을 말한다.

HELP ✓ 자산평가액산정방법에관한지침(건교부고시제407호, '97.12.15) 참조

- 자본금이 총자산에서 총부채를 뺀 금액보다 큰 때에는 총자산에서 총부채를 뺀 금액을 자본금으로 한다. 이 경우 총자산과 총부채의 산정은 주식회사외부감사에관한법률 제13조의 규정에 의한 회계처리기준에 의한다.
- 건설산업기본법에 의한 보링·그라우팅공사업의 등록을 한 자, 기술사법에 의한 기술사사무소의 등록을 한 자 또는 건설교통부장관이 인정하는 자가 등록을 하는 경우에 이미 확보하고 있는 자본금(출자금·자산평가액)이 가목의 기준을 충족하는 때에는 이로서 갈음할 수 있다.

HELP ✓ 즉, 해당자가 기존의 자본금이 5천만원 이상이면 별도로 자본금을 증액하지 아니해도 된다.

3) 시설

- 착정장비(지하수의 개발에 필요한 굴착장비로서 시추기 또는 착정기)를 갖추어야 한다. 이 경우 착정장비는 당해 장비의 가동에 필요한 동력장치를 포함한다.
- 착정장비의 소유자와 임대계약등을 체결한 경우에는 이를 갖춘 것으로 본다
- 건설산업기본법에 의한 보링·그라우팅공사업의 등록을 한 자, 기술사법에 의한 기술사사무소의 등록을 한 자 또는 건설교통부장관이 인정하는 자가 등록을 하는 경우에는 이미 확보하고 있는 동일 분야의 장비로 이를 갈음할 수 있다.

지하수개발·이용시공업의 등록기준중 자산평가액산정방법에 관한 지침

「건설교통부 고시 제407호(1997.12.15)」

1. 평가대상자산의 범위

- 가. 지하수법시행령 제32조제3항 별표4의 기준에 의하여 보유한 시설·장비. 여신전문 금융업법에 의한 대여 시설·장비를 포함함
- 나. 지하수개발·이용시공업 영위에 직접 사용되는 차량운반구·기기 또는 비품
- 다. 영업용 사무실 및 창고. 단, 지하수개발·이용시공업의 영위에 직접 사용되는 사무실 또는 창고에 한함.
- 라. 지하수개발·이용시공업을 운영하기 위하여 소유하고 있는 토지. 단, 지하수개발·이용시공업의 영위에 관련된 사무실·창고의 대지 또는 시설·장비 등의 보관을 위한 토지에 한함.
- 마. 지하수개발·이용시공업을 운영하기 위하여 보유한 현금
- 바. 지하수개발·이용시공업 영위를 위해 지급한 임차 사무실·창고 또는 시설·장비 등의 보증금

2. 자산평가액 산정방법

- 가. 시설·장비, 차량운반구·기기 또는 비품, 사무실·창고(상기 평가대상자산의 범위중 “가”, “나”, “다”목에 해당되는 자산)
 - 1) 지가공시및토지등의평가에관한법률제2조의 규정에 의한 감정평가업자(이하 “감정평가업자”라 한다)가 평가한 금액으로 한다.
 - 2) 여신전문금융업법에 의한 대여시설·장비의 평가액은 대여시설·장비 이용자가 대여회사에 지급할 것을 약정한 계약기간내의 상환액을 기준으로 1년만기 정기예금이자율로 할인하여 산정한 금액으로 한다.
 - 3) 영업용사무실 및 창고의 평가에 있어 2인이상이 각각 다른 업종을 위하여 공동 사용하고 있는 경우에는 관계공부(등기부등본등)상 소유지분에 따라 안분하여 평가한다.
 - 4) 영업용사무실 및 창고의 평가에 있어 1인이 2개이상의 업종을 위하여 겸용하고 있는 경우에는 영업용사무실 및 창고(토지를 포함한다)를 제외한 기타 자산의 업종별 비율에 따라 안분하여 평가한다. 다만, 이 방법의 적용이 불가능하거나 적정하지 아니하다고 판단되는 경우에는 감정평가업자가 적정하다고 판단되는 다른 방법에 따라 안분하여 평가할수 있다.

나. 토지(상기 평가대상자산의 범위중 “라”목에 해당되는 자산)

- 1) 시장·군수 또는 구청장이 지가공시및토지등의평가에관한법률 제10조의2의 규정에 의하여 산정한 개별공시지가액을 평가액으로 한다. 다만, 개별공시지가가 없는 토지에 대하여는 감정평가업자가 평가한 금액으로 한다.
 - 개별공시지가 확인은 지가공시및토지등의평가에관한법률시행규칙 제4조의6의 규정에 의한 「개별공시지가 확인서」를 통해 한다.
- 2) 토지의 개별공시지가에 있어 2인이상이 각각 다른 업종을 위해 공동사용하고 있는 경우에는 “가목 3)”의 방법을 준용하며, 1인이 2개이상의 업종을 위해 겸용하고 있는 경우에는 “가목 4)”에 의한 비율을 기준으로하여 면적을 산출하고 이를 토대로 개별공시지가를 안분한 금액으로 한다.

다. 현금(상기 평가대상자산의 범위중 “마”목에 해당되는 자산)

- 지하수법시행령 제32조제3항 별표4의 기준에 의한 자본금의 5분의 1을 초과하지 않은 범위내에서 자산평가액에 포함시킬 수 있다. 다만, 현금 보유증명은 은행예금잔액증명서를 제출하도록 하여야 한다.

라. 임차 사무실·창고 또는 시설·장비 등의 보증금(상기 평가대상자산의 범위중 “바”목에 해당되는 자산)

- 계약서 또는 보증금 예치를 규정한 관계문서에 보증금으로 기재된 금액으로 한다. 다만, 보증금이 예치되어 있음을 증명하는 서류를 제출하여야 한다.

2.12. 지하수영향조사기관의 등록

2.12.1. 배경 및 목적

- 지하수개발·이용이 주변 지하수 등에 미치는 영향을 조사하는 지하수영향 조사를 시·도지사에게 등록을 한 전문기관으로 하여금 하도록 함으로써 영향조사의 전문화 및 영향조사기관의 체계적인 관리를 도모함
- 한편, 금번 지하수법 개정으로 영향조사기관의 등록사항중 중요한 사항의 변경시에는 변경 등록토록 하고 경미한 사항의 변경시에는 이를 신고토록 하는 등 영향조사기관 관리체계를 강화하였음

2.12.2. 적용범위

가. 대상기관

다음의 기관 중에서 지하수영향조사업무를 하고자 하는 자는 시행령 【별표 6】의 전문인력과 장비를 갖추어 시·도지사에게 등록

- 조사전문기관
- 지구물리, 응용지질, 수자원개발, 상하수도 또는 농어업토목분야 엔지니어링 활동주체
- 지구물리, 응용지질, 수자원개발, 상하수도 또는 농어업토목분야의 기술사가 개설·등록한 기술사 사무소
- 대학의 자연(이학) 또는 공학관련 연구소
- 먹는물관리법에 의하여 지정된 환경영향조사대행자
- 기타 지하수관련 업무를 수행하는 법인

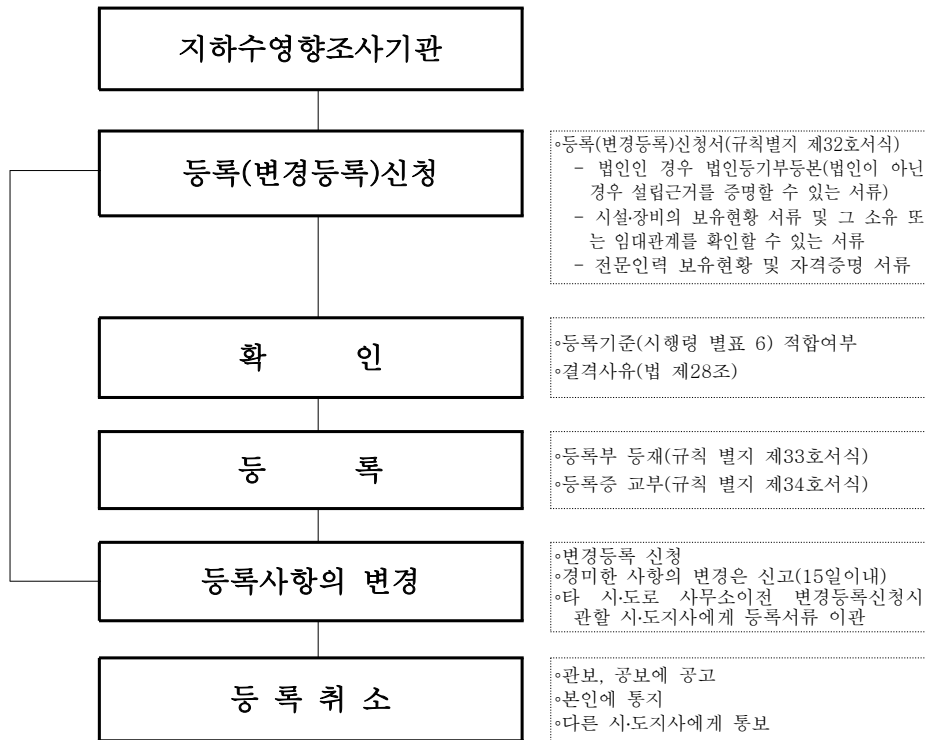
나. 결격사유

- 금치산자 및 한정치산자
- 파산선고를 받고 복권되지 아니한 자
- 이 법에 위반하여 징역이상의 실형을 선고받고 그 집행이 종료(집행이 종료된 것으로 보는 경우 포함)되거나 집행이 면제된 날부터 2년이 경과되지 아니한 자
- 금고이상의 형의 집행유예선고를 받고 그 유예기간 중에 있는 자
- 지하수영향조사기관의 등록이 취소된 후 2년이 경과되지 아니한 자
- 임원 중에 상기 결격사유에 해당되는 자가 있는 법인

2.12.3. 관련법조문

법	시행령	시행규칙	비고
제27조 ①지하수영향조사기관 의 등록, 변경등록, 변경 신고 ②지하수영향조사기관등록 기준 및 절차 ③결격사유	제38조 ①지하수영향조사기 관 등록기준 ②등록신청서제출 ③등록신청서확인 ④등록대장 등재 및 등록증 교부 ⑤변경등록 및 변경신고 ⑥경미한사항의 변경	제29조 ①지하수영향조사기 관등록신청서 ②등록신청서 첨부서류 ③등록대장, 등록서 서식 ④ <삭 제> ⑤변경신고서양식 ⑥주된 사무소 이전시 서류 이관	
제28조 지하수영향조사기관 의 결격사유	제39조① <삭 제>	제30조 처분통지	
제29조 ①지하수영향조사기 관의 등록취소 ②등록취소절차	②등록취소의 통지		
제30조 명의대여의 금지			

2.12.4. 업무흐름도



2.12.5. 업무처리 요령

가. 지하수영향조사기관 등록신청

2.12.2 적용범위에 해당하는 기관 중 지하수영향조사 업무를 하고자 하는 경우에는 시행규칙 별지 제32호 서식 지하수영향조사기관 등록신청서에 다음의 서류를 첨부하여 주된 사무소의 소재지를 관할하는 시·도지사에게 제출하여 등록하여야 한다.

- 법인등기부등본(법인이 아닌 경우에는 그 설립근거를 증명하는 서류)
- 시설·장비의 보유현황을 기재한 서류와 그 소유 또는 임대관계를 확인할 수 있는 서류
- 전문인력의 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류

나. 지하수영향조사기관의 등록

등록신청서를 접수하면 시행령 【별표 6】의 등록기준에 적합한지 여부와 법 제28조 각호의 결격사유에 해당하는지 여부를 확인하여 적합한 경우 시행규칙 별지 제33호서식의 지하수영향조사기관 등록대장에 등재하고 시행규칙 별지 제34호서식의 등록증을 교부한다.

다. 변경등록 및 변경신고

- 지하수영향조사기관으로 등록한 자가 등록한 사항을 변경하고자 할 경우에는 규칙별지 제32호서식의 지하수영향조사기관변경등록신청서에 다음의 서류 중 해당서류를 첨부하여 변경사항이 발생한 날로부터 15일 이내에 시·도지사에게 제출하여야 한다.
 - 법인등기부등본(법인이 아닌 경우에는 그 설립근거를 증명하는 서류)
 - 시설·장비의 보유현황을 기재한 서류와 그 소유 또는 임대관계를 확인할 수 있는 서류
 - 전문인력의 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류
- 시·도지사는 지하수영향조사기관으로 등록한 자가 주된 사무소를 다른 시·도로 이전하기 위하여 변경등록을 신청한 때에는 이전하고자 하는 지역을 관할하는 시·도지사에게 등록관련 서류를 이관하여야 한다.
- 지하수영향조사기관으로 등록한 자가 다음과 같은 경미한 사항을 변경하는 경우에는 규칙별지 제35호서식의 지하수영향조사기관등록사항변경신고서에 지하수영향조사기관등록증과 변경내용을 확인할 수 있는 서류를 첨부하여 변경사항이 발생한 날로부터 15일 이내에 시·도지사에게 신고하여야 한다.

- 상호 또는 명칭의 변경
- 등록기준의 범위안에서 전문인력 또는 장비의 변경
- 주된 사무소의 이전(등록관청의 관할구역을 달리하는 이전 제외)

라. 지하수영향조사기관의 등록취소

법 제29조제1항 각호에 해당하는 경우에는 지하수영향조사기관 등록을 취소할 수 있다.

◦ 임의취소

- 법 제27조제2항의 규정에 의한 등록요건에 미달하게 된 경우
- 변경등록을 하지 아니하거나 부정한 방법으로 변경등록을 한 경우
- 지하수 조사업무 전부를 하도급한 경우
- 이 법 또는 이 법에 의한 명령에 위반한 경우

◦ 당연취소

- 부정한 방법으로 등록을 한 경우
- 법 제28조 각호의 1(결격사유)에 해당하는 경우. 다만, 법인의 임원중 법 제28조제1호 또는 제2호의 1에 해당하는 자가 있는 경우 3월 이내에 당해 임원을 개임한 때에는 그러하지 아니하다.
- 법 제30조의 규정(명의대여의 금지)에 위반한 경우
- 고의 또는 중대한 과실로 지하수영향조사를 부실하게 한 경우

마. 등록취소의 통보

- 등록취소처분을 한 때에는 관보 또는 공보 등에 이를 공고하고 등록취소의 내용과 사유를 구체적으로 명시하여 지하수영향조사기관의 등록을 한 자에게 서면으로 통지하여야 한다.
- 시·도지사는 등록취소 내용을 다른 시·도지사에게 통보하여야 하며 통보 받은 시·도지사는 그 내용을 시행규칙 별지 제33호서식의 등록대장에 기재하고 관리하여야 한다.

【별표 6】

지하수영향조사기관의 등록기준

1. 전문인력

가. 다음의 전문인력을 확보할 것

- (1) 지구물리·응용지질·수자원개발·상하수도 또는 농어업토목분야의 기술사 1인 이상(대학의 연구소인 경우에는 해당분야의 박사 1인 이상을 말한다)이나 건설기술관리법 또는 엔지니어링기술진흥법에 의한 해당분야의 특급기술자 1인 이상

HELP ✓ 해당분야라 함은 지구물리·응용지질·수자원개발·상하수도 또는 농어업토목분야를 말한다.

- (2) 국가기술자격법에 의한 토목·응용지질·지하수기사, 토목·지하수·굴착산업기사, 건설기술관리법 또는 엔지니어링기술진흥법에 의한 해당분야의 초급이상의 기술자중 3인 이상

2. 장비

가. 지하수수위측정장비와 수소이온농도(pH)·수온·전기전도도 등의 측정장비를 갖추어야 한다.

나. 지하수수위측정장비는 대수성시험시 지하수위를 측정할 수 있는 장비를 말한다.

다. 수소이온농도(pH)·수온·전기전도도 등의 측정장비는 현장에서 사용 가능한 장비이어야 한다.

라. 장비의 소유자와 임대계약을 체결한 경우에는 당해 장비를 갖춘 것으로 본다.

2.13. 지하수정화업의 등록

2.13.1. 배경 및 목적

오염된 지하수의 복구를 위하여 지하수의 정화를 전문으로 하는 지하수정화업 제도를 신설하여 일정 자격을 갖춘 후 시·도지사에게 등록토록 함으로써 날로 심각해지는 지하수 오염문제에 효율적으로 대처하고자 함

2.13.2. 적용대상

가. 대상기관

다음의 기관 중에서 지하수정화업을 하고자 하는 자는 시행령 【별표 7】의 자본금, 기술인력과 시설을 갖추어 시·도지사에게 등록

- 조사전문기관
- 지구물리, 응용지질, 수자원개발, 상하수도 또는 농어업토목분야 엔지니어링 활동주체
- 지구물리, 응용지질, 수자원개발, 상하수도 또는 농어업토목분야의 기술사가 개설·등록한 기술사 사무소
- 대학의 자연(이학) 또는 공학관련 연구소
- 먹는물관리법에 의하여 지정된 환경영향조사대행자
- 기타 지하수관련 업무를 수행하는 법인

나. 결격사유

- 금치산자 및 한정치산자
- 파산선고를 받고 복권되지 아니한 자
- 이 법에 위반하여 징역이상의 실형을 선고받고 그 집행이 종료(집행이 종료된 것으로 보는 경우를 포함한다)되거나 집행이 면제된 날부터 2년이 경과되지 아니한 자
- 금고이상 형의 집행유예선고를 받고 유예기간 중에 있는 자
- 지하수정화업의 등록이 취소된 후 2년이 경과되지 아니한 자
- 임원 중에 상기 결격사유에 해당되는 자가 있는 법인

다. 지하수정화업의 예외

지하수정화업의 등록을 한 자가 아니면 지하수정화업무를 할 수 없다. 다만, 다음의 경우에는 지하수정화업 등록을 하지 아니하고도 지하수정화업을 할

수 있다.

- 국가 또는 지방자치단체가 직접 시행하는 경우

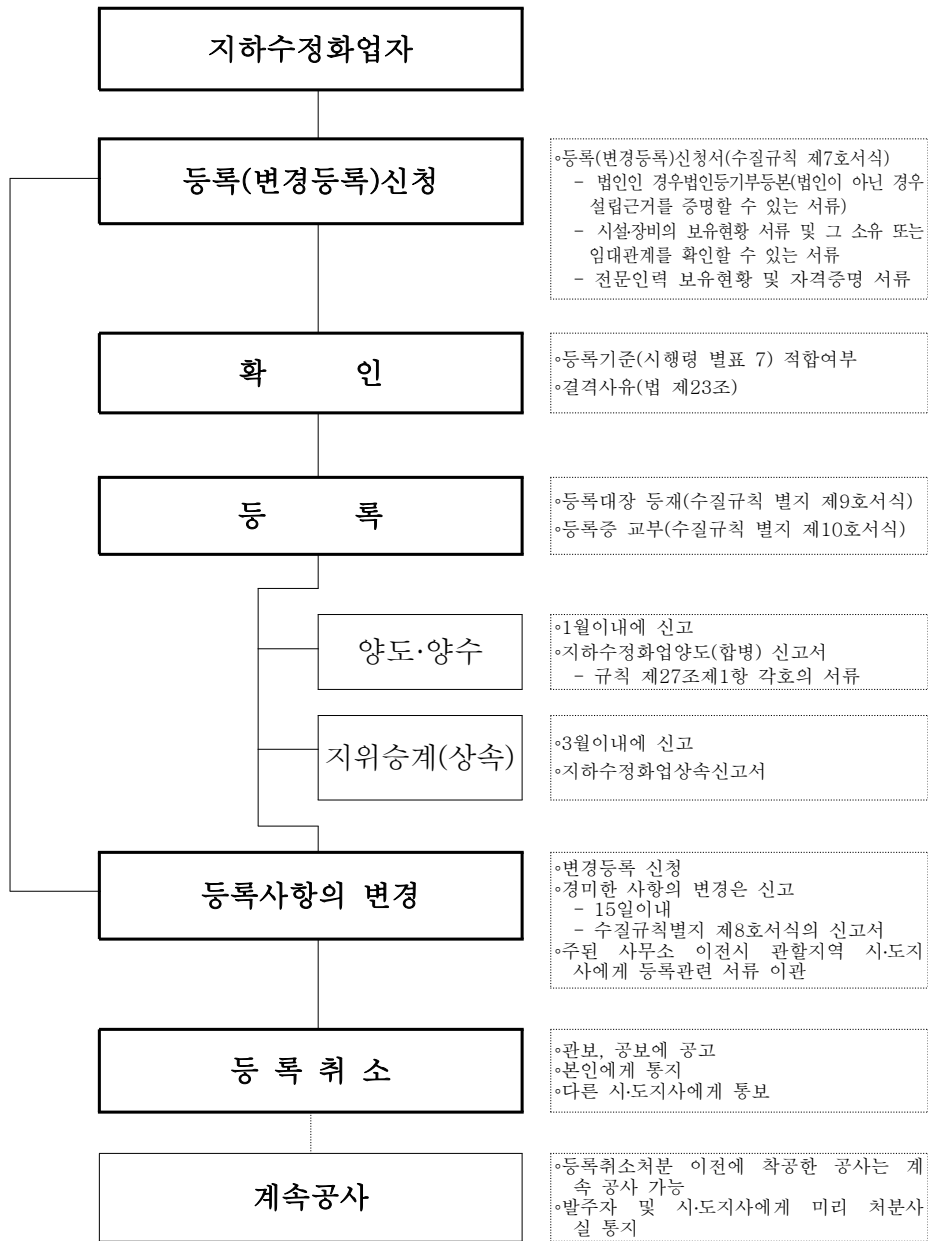
HELP ✓ 국가 또는 지방자치단체가 직접 시행한다는 것은 정화업에 필요한 인력, 장비 등을 확보하여 직접 정화업을 시행하는 것을 의미하며 도급으로 시행하는 경우는 포함되지 않는다.

- 대한광업진흥공사, 한국수자원공사, 농업기반공사가 직접 수행하는 경우
- 경미한 정화작업(지하수의 수질이 수질기준의 110/100을 초과하지 아니하는 경우에 시행하는 정화작업)

2.13.3. 관련법조문

법	시행령	지하수의수질보전등에 관한규칙	비고
제29조의2 ①지하수정화업의 등록, 변경등록, 변경신고 ②지하수정화업수행 예외규정 ③결격사유, 양도양수,등록취소,명의대여금지	제39조의2 ①지하수정화업 등록신청 ②지하수정화업등록 ③경미한사항의 변경 ④변경등록의 신청 및 신고기한 ⑤예외기관 ⑥경미한 정화작업 ⑦결격사유, 양도양수,등록취소,명의대여금지	제16조 ①지하수정화업등록 신청서류 ②지하수정화업의 변경등록 ③변경신고서식 ④정화업등록대장 및 등록증 ⑤등록서류의 이관	

2.13.4. 업무흐름도



2.13.5. 업무처리 요령

가. 지하수정화업 등록신청

2.13.2 적용범위에 해당하는 기관 중 지하수정화업을 하고자 하는 경우에는 수질규칙 별지 제7호서식의 지하수정화업등록신청서에 다음의 서류를 첨부하여 주된 사무소의 소재지를 관할하는 시·도지사에게 제출하여 등록하여야 한다.

- 법인인 경우에는 법인등기부등본(개인인 경우에는 사업자등록증 사본)
- 시설·장비의 보유현황을 기재한 서류와 그 소유 또는 임대관계를 확인할 수 있는 서류
- 전문인력의 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류

나. 지하수정화업의 등록

등록신청서를 접수한 시·도지사는 시행령 【별표 7】의 등록기준에 적합한지 여부와 법 제23조 각호의 결격사유에 해당하는지 여부를 확인하여 적합한 경우 수질규칙 별지 제9호서식의 지하수정화업등록대장에 등재하고 수질규칙 별지 제10호서식의 등록증을 교부한다.

다. 변경등록 및 변경신고

- 지하수정화업을 등록한 자가 등록한 사항을 변경하고자 할 경우에는 수질규칙 별지 제7호서식의 지하수정화업변경등록신청서에 다음의 서류 중 해당서류를 첨부하여 변경사항이 발생한 날로부터 15일 이내에 시·도지사에게 제출하여야 한다.
 - 법인등기부등본(법인이 아닌 경우에는 그 설립근거를 증명하는 서류)
 - 시설·장비의 보유현황을 기재한 서류와 그 소유 또는 임대관계를 확인할 수 있는 서류
 - 전문인력의 보유현황 및 그 자격을 증명하는 서류
- 시·도지사는 지하수정화업으로 등록한 자가 주된 사무소를 다른 시·도로 이전하기 위하여 변경등록을 신청한 때에는 이전하고자 하는 지역을 관할하는 시·도지사에게 등록관련 서류를 이관하여야 한다.
- 지하수영향조사기관으로 등록한 자가 다음과 같은 경미한 사항을 변경하는 경우에는 수질규칙 별지 제8호서식의 지하수정화업등록사항변경신고서에 지하수정화업등록증과 변경내용을 확인할 수 있는 서류를 첨부하여 변경사항이 발생한 날로부터 15일 이내에 시·도지사에게 신고하여야 한다.
 - 상호 또는 명칭의 변경

- 등록기준의 범위안에서 전문인력 또는 장비의 변경
- 주된 사무소의 이전(등록관청의 관할구역을 달리하는 이전 제외)

라. 지하수정화업의 양도·양수·합병

- 지하수정화업을 양도·양수하거나 합병할 경우에는 1월이내에 지하수정화업양도(합병)신고서에 다음의 서류를 첨부하여 신고한다. 신고를 받은 시·도지사는 시행령 별표 7의 등록기준에 적합한지 여부와 법 제23조 각호의 결격사유에 해당하는지 여부를 심사하여야 한다.
 - 지하수정화업등록증
 - 양도계약서 또는 합병계약서
 - 합병에 관한 사항을 의결한 총회(창립총회) 결의서 사본
 - 등록신청시 첨부하는 서류
- 양수인 및 합병후의 법인은 양도인 및 합병전의 법인의 지하수정화업자로서의 지위를 승계한다.

마. 지하수정화업의 승계

지하수정화업자의 사망으로 인하여 그 상속인이 지하수정화업자의 지위를 승계한 경우에는 지하수정화업상속신고서에 다음의 서류를 첨부하여 상속일부터 3월이내에 신고하여야 한다.

- 지하수정화업 등록증
- 상속인임을 증명하는 서류

바. 지하수정화업의 등록취소

다음의 경우에는 지하수정화업의 등록을 취소할 수 있다

- 임의취소
 - 제29조의2제1항의 규정에 의한 등록기준에 미달하게 된 때
 - 제29조의2제1항의 규정에 의한 변경등록을 하지 아니하거나 부정한 방법으로 변경신고를 한 때
 - 계속하여 2년이상 영업을 하지 아니한 때
 - 국세징수법·지방세법등 관계법률에 의하여 국가 또는 지방자치단체로부터 요구가 있는 때
- 당연취소
 - 부정한 방법으로 제29조의제1항의 규정에 의한 등록을 한 때
 - 제23조 각호의 1(결격사유)에 해당하게 된 때. 다만, 법인의 임원중에 제

23조제1호 내지 제5호의 1에 해당하는 자가 있는 경우 3월이내에 당해 임원을 개임한 때에는 그러하지 아니함

- 지하수정화업자가 다른 사람에게 상호 또는 명칭을 사용하여 정화업을 영위하게 하거나 그 등록증을 대여할 경우
- 고의 또는 중대한 과실로 인하여 지하수정화를 부실하게 한 때

사. 등록취소 후 계속공사

등록취소 처분을 받은 지하수정화업자는 그 처분이 있기 전 착공한 공사에 대하여는 시공을 계속할 수 있으며 이 때에는 미리 발주자 및 시·도지사에게 처분사실을 통지하여야 한다.

아. 등록취소 등의 통보

- 등록취소처분을 한 때에는 관보 또는 공보 등에 이를 공고하고 지하수정화업자에게 통지하여야 한다.
- 시·도지사는 등록취소 내용을 다른 시·도지사에게 통보하여야 하며 통보받은 시·도지사는 그 내용을 지하수정화업등록대장에 기재하고 관리하여야 한다.

자. 명의대여의 금지

지하수정화업자는 다른 사람에게 자기의 상호 또는 명칭을 사용하여 지하수정화업을 영위하거나 그 등록증을 대여하여서는 아니된다.

【별표 7】

지하수정화업의 등록기준(제39조의2제1항관련)

1. 자본금

- 가. 법인은 자본금 5천만원 이상이어야 하고, 개인은 자산평가액 3천만원 이상이어야 한다.
- 나. 법인의 자본금은 주식회사의 경우에는 납입자본금을 말하고, 주식회사외의 법인인 경우에는 출자금을 말한다. 다만, 다른 법령에 의하여 설립된 법인으로서 자본금(출자금)이 없는 법인의 경우에는 자산평가액으로 자본금을 갈음할 수 있다.
- 다. 제38조제1항 각호의 1에 해당하는 자가 이미 확보하고 있는 자본금(출자금) 또는 자산평가액이 각각의 금액을 충족하는 때에는 이로서 가목의 자본금에 갈음할 수 있다.
- 라. 자산평가액은 환경부장관이 정하는 방법에 의하여 산출한 자산평가액을 말한다.

2. 기술능력

다음 각목의 1에 해당하는 기술인력을 각각 확보하여야 한다.

- 가. 국가기술자격법에 의한 응용지질·지구물리분야의 기술사 1인 이상 또는 건설기술관리법·엔지니어링기술진흥법에 의한 해당분야의 특급기술자 1인 이상
- 나. 국가기술자격법에 의한 수자원·상하수도·수질관리 분야의 기술사 1인 이상 또는 건설기술관리법·엔지니어링기술진흥법에 의한 해당분야의 특급기술자 1인 이상
- 다. 국가기술자격법에 의한 응용지질·지하수·토목·수질관리·폐기물처리분야의 기사·산업기사, 해당분야의 학사이상의 학위를 소지한 자 또는 건설기술관리법·엔지니어링기술진흥법에 의한 해당분야의 초급이상의 기술자중 5인 이상

3. 시설

- 가. 지하수의 수위측정장비·수소이온농도(pH)·수온·전기전도도·용존산소(DO)·산화환원전위(Eh) 등의 측정장비를 갖추어야 한다.
- 나. 지하수의 수위측정장비는 대수성시험시 지하수수위를 측정할 수 있는 장비를 말한다.
- 다. 수소이온농도(pH), 수온·전기전도도·용존산소(DO)·산화환원전위(Eh) 등의 측정장비는 측정장소에서 사용가능한 장비이어야 한다.
- 라. 측정장소에서 휘발성 유기화합물질(VOC)을 직접 취수하여 측정할 수 있는 가스스크로마토그래프 장비를 갖추고 있어야 한다.
- 마. 장비의 소유자와 1년 이상의 임대계약을 체결한 경우에는 당해 장비를 갖춘 것으로 본다.

2.14. 벌 칙

2.14.1. 벌칙의 종류

가. 3년 이하의 징역 또는 2,000만원이하의 벌금

1. 허가(변경허가)를 받지 아니하거나 부정한 방법으로 허가(변경허가)를 받아 지하수를 개발·이용하는 자
2. 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고를 하고 지하수를 개발·이용하는 자
3. 지하수보전구역안에서 지하수개발·이용 허가를 받지 아니하거나 부정한 방법으로 허가를 받아 동조동항 각호의 1에 해당하는 행위를 하는 자
4. 지하수보전구역안에서 변경허가를 받지 아니하거나 부정한 방법으로 변경허가를 받아 제13조제1항 각호의 1에 해당하는 행위를 하는 자
5. 원상복구를 하지 아니하거나 원상복구명령을 이행하지 아니한 자
6. 지하수오염방지조치(제16조제1항)를 하지 아니한 자 또는 지하수를 오염하게 하거나 현저하게 오염하게 할 시설을 설치한 자
7. 지하수오염방지명령(제16조제2항)에 위반한 자
8. 지하수 오염물질의 정화, 시설의 운영 및 사용의 중지·폐쇄·철거 또는 이전의 명령(제16조의3제1항 또는 제3항)을 이행하지 아니한 자

나. 2년 이하의 징역 또는 1,000만원이하의 벌금

1. 지하수영향조사서를 허위로 작성한 지하수영향조사기관
2. 지하수오염방지조치 또는 관측정의 설치를 하지 아니하거나 수질측정을 하지 아니한 자(제16조의2제1항)
3. 오염발생신고를 하지 아니하거나 오염방지조치를 하지 아니한 자(제16조의2제2항)
4. 등록을 하지 아니하거나 부정한 방법으로 등록을 하고 지하수개발·이용시 공업, 지하수영향조사업무 또는 지하수정화업을 영위한 자

다. 1년 이하의 징역 또는 500만원이하의 벌금

1. 취수량의 제한(법 제7조제3항)을 준수하지 아니한 자
2. 취수량 및 취수기간의 제한을 준수하지 아니하거나 시정명령·이용중지명령·공동이용명령 또는 폐쇄명령(법 제8조제3항)을 이행하지 아니한 자

3. 유출지하수저감대책 또는 이용계획을 수립·시행(법 제9조의2제1항, 제2항)하지 아니하거나 개선명령(법 제9조의2제3항)을 이행하지 아니한 자
4. 굴착신고를 하지 아니하고 토지를 굴착한 자(법 제9조의4제1항)
5. 시설개선명령 또는 필요한 조치(법 제9조의4제3항)를 이행하지 아니한 자
6. 수질측정결과보고(법 제16조의2제1항)를 하지 아니하거나 허위로 보고한 자
7. 정화계획의 승인 또는 변경승인(법 제16조의4제1항)을 얻지 아니하고 정화를 실시한 자
8. 수질검사(법 제20조제1항)를 받지 아니한 자
9. 지하수 이용중지 및 수질개선 등의 조치명령(법 제20조제2항)을 이행하지 아니한 자
10. 변경등록을 하지 아니하거나 부정한 방법으로 변경등록을 하고 지하수개발·이용시공업, 지하수영향조사업무 또는 지하수정화업을 영위한 자
11. 명의대여금지 규정에 위반한 지하수개발·이용시공업자, 지하수영향조사기관, 지하수정화업자 및 그 상대방

라. 500만원이하의 과태료

1. 변경신고를 하지 아니하거나 허위로 변경신고를 하고 지하수를 개발·이용하는 자
2. 준공신고를 하지 아니한 자
3. 유출지하수 이용계획신고를 하지 아니한 자
4. 지하수개발·이용의 종료신고를 하지 아니한 자
5. 지하수에 영향을 미치는 토지의 굴착행위의 종료신고를 하지 아니한 자
6. 이행보증금을 예치하지 아니한 자
7. 제21조제1항 또는 제34조제1항의 규정에 의한 검사를 거부·방해 또는 기피한 자
8. 제31조제1항의 규정에 의한 출입 등을 거부·방해 또는 기피한 자

마. 300만원이하의 과태료

1. 수질검사결과서(제20조제4항)를 비치하지 아니한 자
2. 보고 또는 자료제출(제21조제1항 또는 제34조제1항)을 하지 아니하거나 허위의 보고 또는 자료를 제출한 자
3. 변경신고를 하지 아니하거나 허위로 변경신고를 한 지하수개발·이용시공

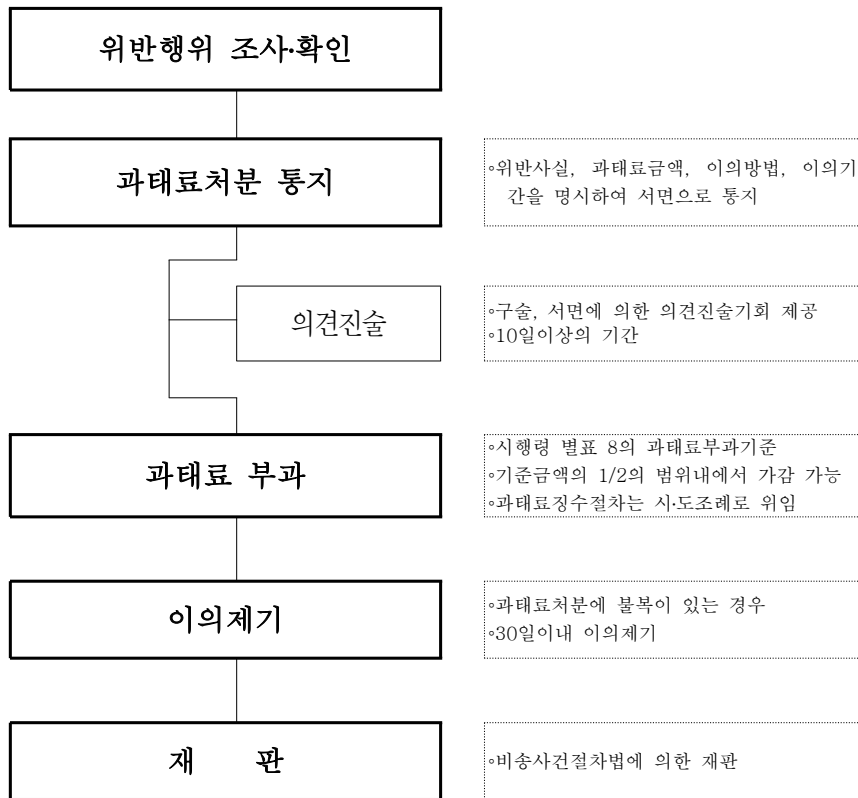
업자, 지하수영향조사기관 또는 지하수정화업자

4. 지하수개발·이용시공업 또는 지하수정화업의 양도·양수 등의 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 자
5. 타인토지에 출입에 대한 허가를 받지 아니하거나 동의를 받지 아니하거나 토지출입에 대한 통지를 하지 아니하고 타인의 토지에 출입, 일시사용 등을 한 자

바. 양벌규정

법인의 대표자, 법인 또는 개인의 대리인·사용인 기타 종업원이 그 법인 또는 개인의 업무에 관하여 제37조 내지 제37조의3(벌칙) 각호의 위반행위를 한 때에는 행위자를 벌하는 외에 그 법인 또는 개인에 대하여도 각각 해당 조의 벌금형을 가한다.

2.14.2. 과태료의 부과·징수절차



HELP ✓ 특별시·광역시 또는 도 및 시·군 또는 자치구는 제39조 및 제40조의 규정에 의한 과태료 등의 수입을 관리할 특별회계를 조례로 설치하여 운영할 수 있다.

2.15. 부칙 및 경과조치

2.15.1. 시행일

가. 법률 : 2001년 11월 17일부터 시행

다만, 제29조의2(지하수정화업의 등록)의 개정 규정은 2002년 7월 1일부터 시행

나. 시행령 : 2001년 12월 19일부터 시행

다만, 제8조제2항제5호(지하수개발·이용시설 설치도 작성기관 중 지하수정화업자) 및 제39조의2(지하수정화업의 등록)의 개정규정은 2002년 7월 1일부터 시행

다. 시행규칙 : 2002년 1월 4일부터 시행

HELP ✓ 법률의 시행일의 경우 법률의 시행에 필요한 하위 시행령과 시행규칙이 필요없는 경우에는 시행일은 2001년 11월 17일이지만, 법률의 시행에 시행령이 필요한 경우(법에서 시행령에 위임한 경우 등)의 시행일은 2001년 12월 19일이 되며, 법률의 시행에 시행규칙이 필요한 경우(시행령에서 시행규칙에 위임한 경우 등)의 시행일은 2002년 1월 4일이 된다.

2.15.2 지하수개발·이용 유효기간에 관한 경과조치

이 법 시행당시 종전의 규정에 의하여 정한 지하수개발·이용허가의 유효기간은 제7조의3의 개정규정에 불구하고 종전의 규정에 의한다. 다만, 유효기간이 정하여지지 아니한 경우에 있어서는 그 유효기간을 이 법 시행일(2001.11.17)부터 5년으로 본다.

HELP ✓ 종전의 규정에 의한 허가시설 중 유효기간이 정해지지 않은 시설의 경우 유효기간은 2006년 11월 16일까지이며, 유효기간 만기시 제규정에 따라 유효기간연장, 종료신고 등의 절차를 따라야 한다.

2.15.3 지하수 이용에 관한 경과조치

이 법 시행당시 신고하지 아니하고 지하수를 개발·이용하는 자로서 제8조제1항의 규정에 의하여 새로이 신고대상이 되는 자는 2002년 11월 17일까지 시장·군수에게 시행규칙 별지 제7호서식의 지하수개발·이용신고서에 다음의 서류를 첨부하여 지하수개발·이용의 신고를 하여야 한다.

- 지하수개발·이용시설의 위치를 표시한 지적도 또는 임야도
- 원상복구 계획서

HELP	<ul style="list-style-type: none">✓ 동 신고서의 기재항목 중 좌표, 착공예정일, 준공예정일, 공사예정업체의 업체명·대표자·등록번호에 대한 기재를 생략한다.✓ 경과조치에 의한 신고시설의 경우 이행보증금이 면제되기 때문에 원상복구에 차질이 발생할 수 있으므로 지하수담당 공무원은 지하수개발·이용 신고시 신고자에게 원상복구의 의무 및 벌칙규정 등을 주지시켜 원상복구계획서대로 철저히 원상복구가 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다.✓ 경과조치에 의한 지하수개발·이용신고서에 첨부되는 서류 중 원상복구계획서는 다음의 양식에 의할 수 있다.✓ 농업용 지하수 시설 중 정착된 동력장치가 없는 지하수 시설의 경우 과거에는 허가 및 신고면제대상이었으나 지하수법 개정으로 인하여 허가 또는 신고대상으로 편입되었다. 그러나 동력장치가 없는 지하수 시설의 경우 양수능력을 산정할 수 없으므로 기존에 정착된 동력장치가 없이 사용하던 농업용 지하수시설은 지하수 이용에 관한 경과조치에 의하여 신고시설로 분류하여 행정처리하여야 할 것이다.
-------------	--

원상복구계획서

지하수법 부칙 제3항 및 동법시행령 부칙 제2항의 규정에 의하여 새로이 신고대상이 되는 아래의 지하수 개발·이용시설에 대하여 지하수법 시행령 제24조 4항에 따른 원상복구 절차 및 방법 등에 대한 계획서를 붙임과 제출합니다.

- 아 래 -

소유자 또는 관리자	성명		전화번호	
	주소	시(도)	시(군·구)	읍(면·동) 번지
개발위치	시(도)	시(군·구)	읍(면·동)	번지
용 도		굴착깊이	m	굴착지름 mm

년 월 일

제출자 (인)

시 장
군 수 귀하
구청장

2.15.4 유출지하수에 관한 경과조치

이 법 시행당시 제9조의2제1항의 개정규정에 해당되는 지하굴착시설을 설치한 자는 이 법 시행일부터 6월이내에(2002년 5월 16일까지) 동조제2항의 이용계획을 수립하여 신고하여야 한다.

2.15.5 벌칙 등에 관한 경과조치

이 법 시행전의 행위에 대한 벌칙 및 과태료의 적용에 있어서는 종전의 규정에 의한다.

2.15.6 지하수오염방지시설의 설치에 관한 경과조치

이 규칙(지하수의수질보전등에관한규칙) 시행전에 설치된 1일 양수능력이 30톤 미만인 지하수개발·이용시설에 대하여 지하수개발·이용자는 2003년 12월31일까지 별표 1의 개정규정에 의한 설치기준에 적합한 지하수오염방지시설을 설치하여야 한다.

2.15.7 지하수오염관측정의 설치에 관한 경과조치

이 규칙(지하수의수질보전등에관한규칙) 시행전에 설치된 지하수오염유발시설에 대하여 지하수오염유발시설관리자는 2003년 12월31일까지 별표 3의 개정규정에 따라 지하수오염관측정을 설치하여야 한다.

2.15.8 수질검사 주기에 관한 경과조치

이 규칙(지하수의수질보전등에관한규칙) 시행전에 설치된 1일 양수능력이 30톤 미만인 지하수개발·이용시설로 지하수를 개발·이용하는 지하수개발·이용자로서 영 제29조제1항의 규정에 해당하는 자는 2003년 12월31일까지 제12조의 개정규정에 의한 최초의 수질검사를 받아야 하고 그 후에는 제12조의 개정규정에 의한 검사주기에 따라 수질검사를 받아야 한다.

제 3 장

지하수영향조사·심사

제 3 장 지하수 영향조사·심사

3.1. 개 요

3.1.1. 배경 및 목적

- 지하수개발·이용의 허가시 지하수개발·이용이 주변지역에 미치는 영향을 조사하여 주변지하수의 고갈과 오염을 예측하고 이를 사전에 방지함으로써 지하수의 보전과 합리적인 이용을 도모하고자 지하수영향조사 제도를 도입, 시행하고 있음
- 이에, 지하수 영향조사서의 작성과 심사 및 지하수 영향조사업무에 필요한 기준과 업무처리 요령을 수록하여 '99년 6월 『지하수영향조사·심사요령』을 발간한 바 있으며, 금번 지하수법 개정으로 일부 변경된 지하수 영향조사제도를 반영하여 본 지침을 작성하게 되었음

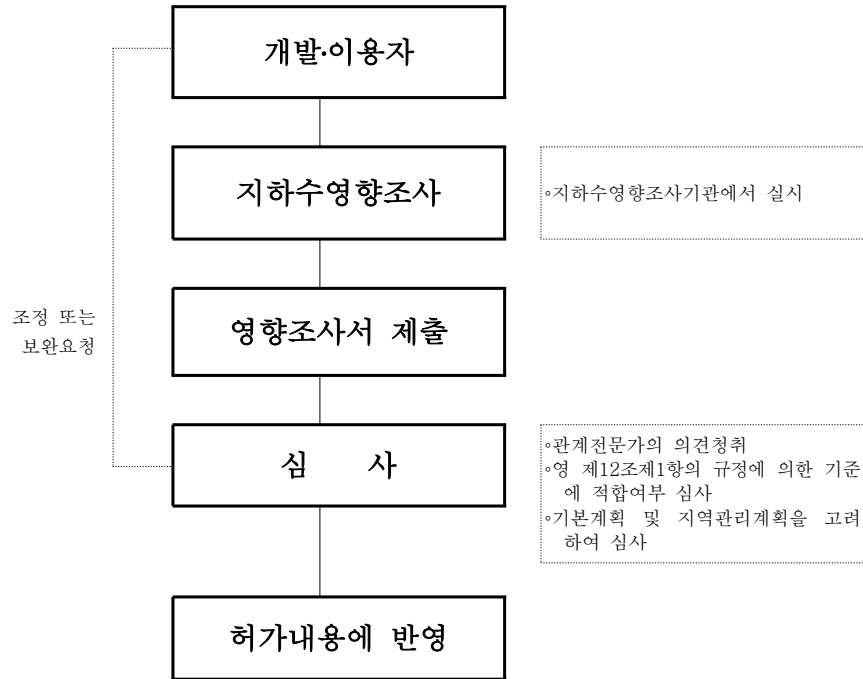
3.1.2. 적용대상

지하수개발·이용의 허가를 신청하고자 하는 자는 사전에 지하수영향조사기관에 의뢰하여 영향조사를 실시한 후 지하수영향조사서를 시장·군수에게 제출하여야 하며 시장·군수는 영향조사서를 심사하여 허가내용에 반영

3.1.3. 관련법규

법	시행령	시행규칙	비고
제7조 ②지하수개발·이용의 허가를 받고자하는 자는 지하수영향조사서를 제출, 시장·군수는 이를 심사하여 허가내용에 반영 ⑦지하수영향조사의 항목·조사방법·평가기준, 지하수영향조사서의 작성지침·작성내용	제9조 ①지하수영향조사서의 심사 ②지하수영향조사서의 조정, 보완 ③관계전문가 의견청취 제12조 ①지하수영향조사의 항목·조사방법·평가기준 ②지하수영향조사서의 작성지침·작성내용		

3.1.4. 업무흐름도



3.2. 지하수 영향조사 방법

3.2.1. 수문 및 수리지질현황조사

조사지역의 기존자료를 수집·검토하고 현지답사를 통하여 아래의 수문 및 수리지질현황을 조사한다.

가. 우물 및 샘의 현황

나. 잠재오염원

조사대상지역에 분포하는 우물이나 샘, 용천 등에 관한 현황조사를 실시하여 물 수요량 예측, 대수층 특성, 개략적인 지하수 부존량 등의 기초자료를 얻는다.

가. 우물 및 샘의 현황

우물 및 샘의 현황을 조사하는 방법으로는 현장 실사, 설문조사, 청취조사 등이 있으며 지하수영향조사의 경우에는 현장실사를 실시하는 것을 원칙으로 한다. 현장실사는 조사 지역 내에 분포하는 지하수 개발시설현황을 기존자료를 토대로 직접 조사하여 지하수 이용특성을 분석하는 방법으로 자료의 신뢰도가 높고 지역의 정밀조사시에 유용하다.

조사내용은 크게 구분하여 관리현황, 위치현황, 이용현황, 시설현황, 폐공 및 수질현황으로 구분되며 표 3.1과 같은 지하수 이용실태 현장조사표를 이용하여 각 우물마다 조사를 실시한다.

나. 잠재오염원조사

조사대상지역의 지하수질에 영향을 줄 수 있는 잠재오염원에 관한 자료를 체계적으로 수집, 분석한다. 특히 표 3.2의 잠재오염원 분류에서 주요 오염원으로 분류된 항목들을 중점적으로 조사하여 잠재오염원의 위치, 규모, 오염방지 시설 여부, 관리상태 등을 조사한다.

표 3.1 지하수 이용실태 현장조사표

조사일 : _____, 조사자 : _____

① 관리현황

허가형태	허가시설(), 신고시설(), 경미한 시설()	허가(신고/경미)번호	
관련법률		소관부서	

- 허가형태는 ○ 또는 ✓ 으로 표시
- 관련법률은 지하수법, 농어촌발전특별조치법, 국방군사시설사업에관한법률, 제주도개발특별법, 온천법, 민방위법, 수도법, 먹는물관리법, 하천법, 주택건설관리등에관한규정, 폐기물관리법, 기타법률 등 개발이용, 허가 및 신고업무와 관련된 해당 법령명을 기재
- 소관부서는 개발이용의 허가, 신고 등의 업무를 담당할 시군구의 해당부서

② 위치현황

정호 위치	시도		시군구 (구)		읍면동		리		번지	
	지명/건물명		사용자명		전화		전화			
	상호명		소유자명							

- 정호위치는 시설이 위치한 지점에 대한 조사임
- 지명/건물명은 시설이 위치한 지명, 건물명 등을 기록하고, 상호명은 지하수를 사용하는 사업체의 명칭을 기록함
- 소유자명은 사용자와 소유자가 다른 경우에 기입함

③ 이용현황

용도	세부용도									
생활용()	가정용(), 일반용(), 학교용(), 민방위용(), 국군용(), 공동주택용(), 간이상수도(), 상수도(), 농업생활검용(), 기타()									
공업용()	국가공단(), 지방공단(), 농공단지(), 자유입지업체(), 기타()									
농업용()	전작(), 답작(), 원예(), 수산업(), 축산업(), 양어장(), 기타()									
기타()	온천수(), 먹는샘물(), 기타()									
공공시설(), 사설시설()	사용기간	연중사용(), 일정기간 사용(월부터 월까지)								
		연사용일수(일간)								
음용(), 비음용()	사용가구수	가구	사용인구	명	1인당급수량	ℓ/일/인				
농업관정몽리면적	ha	정수처리여부	정수처리함(), 정수처리하지않음()							
일사용량	m ³ /일	월사용량	m ³ /월	년사용량	m ³ /년					
사용량산정기준	계측기의 수치가기록(), 하수세시시설의 인정수량(), 사용자의 의견청취(), 토출구경/사용시간에 근거하여 추정(), 개발당시의 취수계획량 인용()									

- 해당 란에 ○ 또는 ✓ 으로 표시
- 사용량 기재시 하수세부과시설은 월사용량을 우선 기입하여 이를 토대로 일사용량과 년사용량을 추정하고, 기타 시설은 일사용량을 파악하여 월사용량과 년사용량을 추정

④ 시설현황

정호형태	관정(), 인력관정(), 집수암거(), 지하댐(), 재래식우물(), 기타()									
	층적관정(), 암반관정()		개발년도	년	월	일	시공업체명			
심도	m	구경	mm	펌프마력	HP	양수능력	m ³ /일	토출관구경	mm	
시설유무	유량계(), 출수장치(), 그라우팅(), 상부보호공(), 수위측정관(), 케이싱(), 전기가설()									

- 시설의 설치유무는 ○ 또는 ✓ 으로 표시

⑤ 폐공 및 수질현황

폐공현황	사용중지원인 (폐공원인)	수량부족(), 수질악화(), 상수도대체(), 토지형질변경(), 소유주변경(), 용도변경(), 사용중지(), 염분증가(), 기타()								
	폐공발생일	년	월	일	폐공처리일	년	월	일	폐공처리업체	
	폐공처리방법	케이싱제거및시멘트슬러리·몰탈되메움(), 케이싱미제거및시멘트슬러리·몰탈되메움() 점토되메움(), 일반토사되메움(), 기타()								
수질현황	수질검사유무	연간수질검사횟수								
	수질검사종류	수질검사결과			수질검사기관			수질검사일자		
	1차:	합격(), 불합격()								
	2차:	합격(), 불합격()								

- 폐공 및 수질현황자료 조사는 해당되는 시설에 대해서만 실시함
- 수질검사기관, 기준, 결과, 항목, 일자 등 검사내역에 관한 사항은 검사 횟수별로 기록

표 3.2 지하수의 잠재오염원(지하수의 수질보전 등에 관한 업무처리지침, 환경부, 1997)

종 류	공간적 형 태	시간적 형 태	중 요 오염원
□ 배출, 방류목적에 의해 설치된 오염물질			
- 지하침투식(정화조, 구정물웅덩이)	Ph	Y	○
- 주입정(폐기물, 염수)	P	Y,S	○
- 지상살포(관개용 살포, 슬러지와 축산폐수의 농업용 지상살포, 폐기물 살포)	D.P	S	○
□ 오염물질의 처리 및 저장 또는 처분설비로부터 누출된 오염물질			
- 매립지(특정폐기물, 일반폐기물)의 침출수	Ph	S	○
- 폐기물의 불법투기	Ph	S	○
- 주거지에서 폐기물의 무단폐기	Ph	S	○
- 지표저류시설)	Ph	S	○
- 폐광석의 보관장	Ph	S	
- 폐기물의 야적장	Ph	S	
- 제품, 원료 등의 야적장	Ph	S	○
- 공동묘지	Ph	S	
- 죽은 가축의 매장지	Ph	S	
- 지상탱크(유류, 유해화학물질)	Ph	R	○
- 지하탱크(유류, 유해화학물질)	Ph	R	○
- 저장용기(컨테이너)	Ph	R	○
- 야외소각장 및 폭파현장	P	S	
- 방사능 폐기물 처분장	Ph	Y.S.R	
□ 운송, 배관시설에서 누출된 오염물질			
- 배관(폐기물, 송유관, 하수관)에서 누출	Ph	R	○
- 운송·운반과정에서 누출	Ph	R	○
□ 기타 활동에서 배출 및 살포된 오염물질			
- 관개용수의 재순환	D	S	
- 농약살포	D	S	○
- 비료살포	D	S	
- 가축사육장의 가축분뇨 및 폐수	Ph	Y	
- 제설·제빙제 살포	F	S	
- 도시지역의 강수 유출	P.D.F	S	
- 광산개발에 따른 광산폐수	P.D.F	S	
- 대기오염물질의 지하침투	D	S	
□ 지하수 유동로 변경에 따른 오염원			
- 채취정(유정, 가스정, 지열, 취수정)	P	Y	
- 기타목적의 관정(관측정, 시험정)	P	Y	
- 공사용 지하굴착	P.D.F	S	
□ 인간활동에 의해 자연적으로 발생된 오염원			
- 지표수와 지하수의 연관관계	F	S	
- 자연적인 침출	D.F	Y.S	
- 대수층내로 해수침입과 해수의 역상승현상	D.F	S	
P : 점오염원 D : 비점오염원 F : 전면오염원 h : 국지오염원 Y : 연간 S : 계절 R : 불규칙적			

3.2.2. 조사대상지역의 선정

조사대상지역은 개발예정지점을 중심으로 반지름 0.5킬로미터를 기준으로 하되, 지역여건에 따라 시·도의 조례가 정하는 바에 의하여 2분의 1의 범위 안에서 가감할 수 있다. 다만, 지하수의 영향범위가 조사대상지역을 초과하는 경우에는 그 영향범위까지를 조사대상지역으로 한다.

지하수영향조사의 대상지역은 개발예정지점을 중심으로 반경 0.5km를 기준으로 하고 있다. 그러나 지하수영향조사의 목적이 지하수 개발·이용으로 인한 영향을 파악하는 것이므로 각종 조사결과를 토대로 산출한 1일 적정취수량으로 취수시 영향이 미치는 범위까지를 조사지역으로 하여야 한다. 한편, 특별히 지하수의 보전 관리가 필요한 지역이거나 지하수의 개발 이용이 요구되는 지역에서는 1/2범위내에서 시·도의 조례에 따라 조사대상지역을 변경할 수 있다. 그러나 이 경우에도 조사대상 지역을 결정할 때에는 지하수의 영향범위가 우선적으로 고려되어야 한다.

- HELP** ✓ 여러 개의 정호에서 지하수를 동시에 개발하는 경우에는 각 방향 최외곽의 개발 예정지점을 기준으로 조사대상 지역을 선정하여야 한다.
- ✓ 지하수 개발로 인한 영향범위는 정확하게 수식화하기 어려운 자연현상이므로 산술적으로 그 범위를 규정하기 어렵다. 따라서 법에서 규정된 조사범위보다 영향조사 결과 산출된 영향범위를 더욱 중요시 하여야 한다.

3.2.3. 지하수 개발가능량(함양량) 산정

지하수 개발가능량이란 수문순환계가 파괴되지 않고 지하수 장해를 일으키지 않는 범위 내에서 지속적으로 대수층으로부터 양수할 수 있는 지하수량으로 정의할 수 있다. 여기서 수문순환계의 파괴란 자연계에서 물이 강수, 지표수, 지하수, 증발산 등의 형태로 순환하는 체계의 균형이 파괴되는 것으로, 지하수의 과잉 취수로 인하여 발생하는 지하수위의 고갈 또는 인근 하천의 건천화 등을 말한다.

지하수 개발가능량을 산정하기 위해서는 기상수문, 식생, 토양, 지질 등과 같은 지하수 관련 자료가 필요하나, 관련자료의 부족으로 정확한 지하수 개발가능량 산정은 현실적으로 어렵다. 지하수 개발가능량 산정의 대표적인 방법으로는 물수지분석 방법, 기저유출 분리방법, 지하수 수위자료분석 방법, 수학적 모델분석 방법 등이 있다. 이러한 방법은 각각 필요한 자료가 다르고 나름대로의 장단점을 가지고 있으므로 개발가능량 산정시 가용자료를 파악하여 적절한 방법을 선정하여야 한다.

가. 물수지분석 방법

수문학적 물수지분석은 물의 순환과정에서 모든 수문요소의 양을 평가하여 지하수의 함양량을 추정하는 방법이다. 이 방법은 장기간에 걸친 평균적 평형상태를 가정하므로 중간과정에서의 동적인 수문·수리 상태를 고려하지 못하는 결점이 있으나 계획단계에서 수자원의 지역적인 부존량 정도를 파악하고 대수층의 초기 및 경계조건을 설정하는데 필수적인 방법이다.

물수지 방법을 이용하여 지하수 함양량을 산정하는 공식은 다음과 같다.

$$I = P - DR - ET \pm IU$$

I : 지하수 함양량, P : 총 강수량, DR : 지표수의 직접유출량

ET : 증발산량, IU : 타유역으로부터 지하수의 유출입량

한편, 위 식에서 타 유역으로부터 지하수의 유입, 유출이 없다고 가정하면

$$I = P - DR - ET \text{ 와 같이 간단히 된다.}$$

물수지 방법을 이용하여 지하수 함양량을 산정하기 위해서는 강수량, 증발산량, 직접유출량 등을 구하여야 하는데, 각 인자별로 산정방법을 설명하면 다음과 같다.

- 강수량 분석

강수량은 지하수 함양량 평가의 가장 근간이 되는 인자로서 관측소 분포, 장기 관측자료의 보유 유무에 따라 강수량 분석의 정도가 좌우된다. 어떤 시기동안 해당지역의 강우자료가 결측되었거나 기기의 교체, 설치 장소의 이동 등으로 자료의 일관성이 결여된 경우에는 주변 관측소의 관측자료를 이용하여 이를 보완하여야 한다.

또한, 기상관측소의 관측자료는 점우량자료이므로 이들 자료로부터 해당지역의 면적을 대표할 수 있는 면적 평균강수량을 산정할 필요가 있는데, 그 방법으로는 산술평균법, Thiessen법, 등우선법, 삼각형법 등이 있다.

- 증발산량 산정

증발산(Evapotranspiration)은 수면으로부터의 증발(Evaporation)과 식물로부터의 증산(Transpiration)을 합한 것으로, 수분이 기체상태로 대기로 환원되는 모든 것을 포함한다. 증발산량을 추정하는 방법으로는 측정에 의한 방법, 이론적 방법, 기후 인자와의 상관관계에 의한 방법 등이 있다. 이중 널리 이용되는 기후 인자와의 상관관계에 의한 방법은 주로 경험공식에 의하여 식물의 소비수량을 계산하는 방법으로 Blaney-Criddle법, Thornthwaite법, Penman법 등이 있다.

- 직접유출량 산정

지상에 도달한 강수의 일부는 지하로 침투하거나 증발, 증산작용으로 손실되고 그 초과분은 지표면으로 흘러 유출하게 된다. 흙의 초기 함수 상태는 침투량에 직접적으로 영향을 주기 때문에 강수에 의해 발생하는 유출량을 결정하는 요인이 된다. 강수량에서 침투와 증발산에 의한 손실을 제외한 값을 초과 강수량 또는 지표유출(run-off)이라 하며, 지표유출량 계산방법으로는 Φ 지표법, W지표법, SCS 방법 등이 있다. Φ 지표법이나 W지표법은 대상 유역에서 호우로 인한 유출량 측정 자료가 있는 경우에만 적용이 가능하며, 유출량 측정자료가 없는 경우에는 미국 토양보존국(US Soil Conservation Service)에서 개발한 SCS방법을 이용하여 유역의 토질특성과 식생피복상태 등의 자료에서 초과강수량 혹은 직접유출량을 산정한다.

나. 기저유출(base flow) 분리법

강수로 인하여 지표에 침투된 물은 지표유출(surface flow), 중간유출(inter flow) 및 기저유출(base flow)의 형태로 유출된다. 국지적인 지하수 흐름계에서 기저유출의 근원은 지표면에서 침투한 물로서 기저유출량을 강우에 의한 지하수 함양량과 같다고 가정할 수 있다.

수문곡선(Hydrograph)은 시간에 따른 하천의 유량 또는 수위변화를 종합적으로 표현한 그래프로서 수문곡선상의 지표수 유출은 크게 직접유출과 기저유출로 구성되어 있다. 따라서 수문곡선상에서 기저유출량을 분리함으로써 지하수 함양량을 산정할 수 있다. 수문곡선의 분리방법으로는 직선분리법(straight line method), 고정기저분리법(fixed base method), 가변기울기 분리법(variable slope method) 등이 있는데, 이들 모두 부분적으로 주관성을 내포하고 있어 근사방법에 해당하며, 직선분리법이 가장 널리 사용된다.

다. 지하수 수위자료 분석 방법

지하수 수위자료 분석방법은 해당 지역 또는 유역내의 지하수 관측점에서 장기간 측정된 지하수위자료를 이용하여 지하수 개발가능량을 산정하는 방법이다. 이 방법은 장기간의 자연상태의 수위자료를 도시하여 최저 수위를 찾아 기준수위로 설정하고 지하수위가 기준수위 이하로 내려가지 않는 범위내에서 지하수를 개발할 수 있다는 가정에 기초한 것으로, 다음 식에 의하여 주어진 기간에 대한 개발가능량을 산정할 수 있다.

$$\text{지하수 개발가능량} = \sum (\text{주어진 기간의 평균 지하수위} - \text{최저수위}) \\ \times (\text{하나의 관측점 지배 면적}) \times \text{유효공극율}$$

이 방법에 의한 산정치는 안전한 개발가능량을 제시할 수 있지만, 갈수기와 홍수기의 개발가능량을 다르게 설정하여야하고 많은 관측점에서 신뢰성 있는 장기간의 수위관측자료가 필요하며, 대수층의 불균질성과 이방성으로 인한 각 관측점의 지배 면적 결정의 어려움 등이 있다.

라. 수학적 모델분석 방법

이 방법은 강우의 침투, 지하수의 유동, 증발산 등을 수학적인 모형으로 표현하고 대상지역에 대한 개념 모델을 설정한 후 수치해석 방법으로 지하수 함양량과 대수층에서 지하수의 유출량을 산정하는 방법이다. 그러나 복잡다양하며 불확실성이 많은 자연현상을 정확하게 모사한다는 것이 불가능하므로 해당지역에 대한 많은 실측자료가 있으며 복잡 다양한 자연현상을 단순화시킬 수 있는 경우에만 적용 및 해석이 가능하다.

마. 기존자료를 이용하는 방법

지하수영향조사시 대상지역에 대한 가용자료가 충분한 경우에는 전술한 방법 중 적절한 방법을 선택하여 지하수 개발가능량을 산정할 수 있으나, 가용 자료의 부족으로 개발가능량의 산정이 곤란 경우에는 기존 자료의 이용이 불가

피하다.

그간 여러 연구자 또는 기관에서 우리나라의 지하수 개발가능량을 산정한 바 있다. 특히, 건설교통부에서는 1996년에 지하수법에 의한 법정계획인 지하수 관리기본계획을 수립하면서 하천유량 관측자료를 토대로 기저유출 분리법을 사용하여 우리나라의 지하수 개발가능량을 산정, 제시하였으며 2002년도에는 동 계획을 보완하면서 지하수관측자료를 토대로 지하수 개발가능량을 재산정하였다.

동 보완계획에서는 국가지하수관측소의 지하수위 측정자료를 분석하여 관측소별 지하수 함양계수를 산정하고 지하수 함양계수와 이에 큰 영향을 미치는 인자(토양, 토지이용 및 기반암) 간의 상관성을 분석하였으며, 이를 토대로 소유역별 지하수 함양계수를 구하여 소유역별 지하수 개발가능량을 산정하였다. 또한 이와 아울러 소유역별 지하수 개발가능량을 토대로 행정구역별 지하수 개발가능량도 제시하였다.

따라서 지하수영향조사에서 기존 자료를 이용하여 개발가능량을 산정할 경우에는, 가장 최근의 자료로서 우리나라 지하수 개발·이용 및 보전관리의 기본 틀인 지하수 관리기본계획에서 산정, 제시된 자료를 이용하는 것이 바람직하다.

3.2.4. 대수성시험

대수성시험을 통하여 대수층의 특성 및 지하수산출특성을 파악한다.

가. 단계대수성시험

- (1) 단계대수성시험은 최소 3단계 이상 실시하여야 하며, 각 단계별 시험의 소요시간은 1시간 이상이어야 한다.
- (2) 양수정안에 수중모터펌프를 설치하여 각 단계별로 양수율을 일정하게 유지하면서 양수정에서의 양수시간에 따른 지하수수위강하를 측정한다.

나. 연속대수성시험

- (1) 단계대수성시험의 완료후 지하수의 수위가 회복된 다음에 일정양수율 조건에서 양수정 및 관측정에서의 양수시간에 따른 지하수수위강하를 측정한다. 다만, 단공 양수시험을 실시하고자 하는 경우에는 양수정에서만 지하수수위강하를 측정할 수 있다.
- (2) 측정된 시간-수위강하 자료를 통하여 대수층의 특성을 나타내는수리상수인 수리전도도·투수량계수·저류계수·비양수량 등을 조사한다.
- (3) 연속대수성시험기간은 16시간 이상 연속으로 함을 원칙으로 한다.

다. 수위회복시험

- (1) 연속대수성시험의 종료와 동시에 펌프의 작동을 중지시키고 시간에 따른 회복수위를 2시간 이상 측정한다.
- (2) 측정된 시간 - 회복수위 자료를 통하여 수리상수를 조사하고 연속대수성시험의 결과와 비교한다.

라. 양수정과 관측정에서의 지하수수위의 측정 시간간격은 다음과 같다.

- (1) 시험시작후 5분까지 : 1분 간격
- (2) 시험시작후 5분부터 1시간까지 : 5분 간격
- (3) 시험시작후 1시간부터 2시간까지 : 15분 간격
- (4) 시험시작후 2시간부터 6시간까지 : 1시간 간격
- (5) 시험시작후 6시간부터 종료시까지 : 2시간 간격

가. 대수성시험

대수성시험은 양수실시 여부, 관측정의 설치여부, 일정 양수율인지 여부 등의 조건에 의하여 단계대수성시험, 연속대수성시험(양수시험), 순간수위변화시험 등으로 구분된다. 지하수법에서는 대수성시험 방법으로 단계대수성시험과 연속대수성시험(양수시험)을 실시하도록 규정하고 있으며, 이와 더불어 양수시험의 검증을 위하여 수위회복시험을 실시하도록 하고 있다.

(1) 단계대수성시험(Step-drawdown Test)

양수정에서 정호 및 대수층 특성에 따른 지하수위의 수두 손실을 평가하기 위하여 실시하는 대수성시험으로서 초기에는 작은 양수율로 양수하다가 점차 단계적으로 양수량을 증가시켜 일련의 시간-수위강하 자료를 얻는 시험방법으로 일반적으로 정호의 효율, 정호에서의 적정취수량 등을 파악하기 위하여 연속대수성시험과 병행하여 실시한다. 기타 자세한 설명은 『3.2.5. 적정취수량 및 영향범위』를 참조한다.

(2) 연속대수성시험(양수시험)

연속대수성시험은 일정시간 동안 동일한 양수율로 양수를 하고 이에 따른 지하수위의 강하를 측정하는 시험으로 일반적으로 양수시험이라 부른다.

영향조사를 위해 설치된 정호 또는 기존 정호를 시험정으로 양수시험을 실시하여 대수층의 수리특성(수리전도도, 투수량계수, 저류계수, 비양수량 등) 및 정호 특성을 분석한다. 동 시험시 인근에 기존 정호가 있는 경우에는 이를 관측정으로 활용하여 수위변화를 함께 측정, 분석한다.

대수층의 특성(자유면/피압 대수층, 미고결층/암반층), 경계면의 분포, 우물의 심도, 형태 및 조건(우물저장효과, 스킨효과, 스크린구간) 등에 따라 분석방법이 달라지므로 각 분석법을 이용할 때는 분석법에 대한 조건 및 가정에 대해 세심한 주의가 필요하다. 양수시험 결과는 양수시험 결과도, 시험결과표, 해석방법 등에 대해 보고서에 수록하여야 한다.

◦ 일반사항

- 양수정과 관측정을 설치하고, 양수정에서의 지하수 배출로 인하여 발생하는 관측정에서의 수위변화를 측정하고, 이들로부터 수리상수를 계산한다.
- 양수시험은 기본적으로 16시간 이상 연속적으로 실시함을 원칙으로 하고 있으나, 자유면 대수층의 경우에는 충분한 양의 배수를 위하여 그 이상의 시간이 요구되는 경우도 있다.
- 양수시험시 측정하는 사항은 양수전의 자연수위, 양수 시작과 종료 시간, 양수량, 양수 중의 일정시간별 수위, 양수량 변화시간 등이다.
- 양수시험시 양수되는 수량은 V-Notch, 유량계 등 유량측정장치로 점검하고, 양수정 및 관측정에서 수위변화를 계속 측정, 기록한다.
- 양수시험 도중에 펌프의 고장 등으로 시험이 중단된 경우에는 수위가 원래의 상태로 완전히 회복된 후 처음부터 다시 양수시험을 실시하여야 한다.
- 양수시험에는 수위측정기, 수위기록대장, 유량측정장비 등이 필요하며, 관측요원 및 보조인부가 측정 기록한다.

◦ 양수시험 순서

- 양수정 굴착 후, 양수시험을 실시하기 전에 착정시의 지하수 산출상태에 대한 정보를 이용하여 양수량과 수위강하량의 상관관계를 개략적으로 파악한 후 양수펌프의 규모를 결정한다.
- 시험양수량을 결정하여 제반 양수시험용 장비를 설치한 후 펌프, 수위 측정장비 등을 가동하여 시험을 시작한다.
- 양수시험 중에는 V-Notch에서의 일류수심 측정, 유량계의 확인 등을 통하여 양수량이 일정하게 유지되고 있는지를 계속 관찰한다.
- 양수시험 동안 양수정 및 관측정에서의 수위강하량을 주어진 시간간격에 따라 측정한다. 자동관측장비에 의하여 관측하는 경우에는 관측 시간간격을 설정한다.
- 양수시험을 시행하는 동안 양수된 지하수가 주변을 통하여 지하로 재유입되지 않도록 각별히 주의한다.

(3) 수위회복시험

- 양수시험 종료시에는 양수기의 가동을 중지하고 각 시험정 및 관측정에서 수위가 회복될 때까지 회복수위를 측정하여야 한다.
- 회복시험 결과를 분석하여 양수시험 분석 결과와 비교 검토한다.

(4) 기타 대수성시험

대수층의 수리적 특성에 관한 추가 정보가 필요한 경우나 현장사정에 의하여 양수시험이 불가능한 경우에는 슬러그 시험, 추적자 시험, 지하매질 실내시험 등의 대수성시험 방법이 있다.

나. 대수층 수리상수의 산정

(1) 정류상태(Steady-State Condition)

양수시 지하수위가 일정하게 유지되어 시간에 따른 수위변화가 없을 때의 지하수 흐름을 정류상태라 하며, 정류상태에서의 지하수 흐름방정식을 평형방정식(Equilibrium Equation) 또는 티엠방정식(Thiem Equation)이라 한다. 피압대수층과 자유면대수층에서의 평형방정식은 다음과 같다.

◦ 피압대수층

피압대수층에서 양수정으로 집수가 일어날 때 지하수의 흐름은 방사상으로 되며 이 경우 다시의 법칙(Darcy's Law)을 이용하여 표현하면 다음과 같다.

$$Q = (2\pi r b) K \left(\frac{dh}{dr} \right), \quad Q = 2\pi r T \left(\frac{dh}{dr} \right), \quad dh = \frac{Q}{2\pi T} \frac{dr}{r}$$

여기서 Q 는 양수량, b 는 대수층의 두께, h 는 수두, r 은 양수정에서의 거리, T 는 투수량계수이다.

만일, 관측공이 2개 있고 양수정으로부터 r_1, r_2 의 거리만큼 떨어진 관측공의 수위를 h_1, h_2 라고 하고, 이를 경계조건으로 하여 위의 식을 적분하면 다음과 같이 된다.

$$\int_{h_1}^{h_2} dh = \frac{Q}{2\pi T} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r}$$

$$h_2 - h_1 = \frac{Q}{2\pi T} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

따라서, 투수량계수를 구하는 식은 다음과 같다.

$$T = \frac{Q}{2\pi(h_2 - h_1)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

T : 투수량계수($m^2/일$)

Q : 양수량($m^3/일$)

h_1 : 양수정에서 r_1 만큼 떨어진 지점의 수위(m)

h_2 : 양수정에서 r_2 만큼 떨어진 지점의 수위(m)

◦ 자유면대수층

자유면대수층에서 지하수의 방사상 흐름은 Dupuit의 가정(우물에서 지하수를 취수할 때 수위강하 구역내에 형성되는 지하수위는 전 대수층 구간에서 고르게 형성되며, 지하수위를 해발고도로 나타낼 수 있다)이 성립될 경우 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$Q = (2\pi rh)K\left(\frac{dh}{dr}\right) \text{ 또는 } h dh = \frac{Q}{2\pi K} \frac{dr}{r}$$

만일, 관측공이 2개 있고 양수정으로부터 r_1, r_2 의 거리만큼 떨어진 관측공의 수위를 h_1, h_2 라고 하고, 이를 경계조건으로 하여 위의 식을 적분하면 다음과 같다.

$$\int_{h_1}^{h_2} h dh = \frac{Q}{2\pi K} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r}$$

$$\frac{h_2^2 - h_1^2}{2} = \frac{Q}{2\pi K} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

따라서, 수리전도도는 다음과 같다.

$$K = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

K : 수리전도도(m/일)

Q : 양수율(m³/일)

h_1 : 양수정에서 r_1 만큼 떨어진 지점의 수위(m)

h_2 : 양수정에서 r_2 만큼 떨어진 지점의 수위(m)

(2) 부정류상태(Non Steady-State Condition)

• 타이스법(Theis Method) - 피압대수층에서 지하수의 방사상 흐름

타이스 방정식(Theis Equation) 또는 비평형방정식(Nonequilibrium Equation)은 다음과 같다.

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$$

위의 적분식을 무한급수로 표현하면 다음과 같다.

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} \left[-0.577216 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \frac{u^3}{3 \times 3!} - \frac{u^4}{4 \times 4!} + \dots \right]$$

한편, $u = \frac{r^2 S}{4 T t}$ 이고 위의 식의 괄호안의 부분을 우물함수 $W(u)$ 로 정의하면 다음 식과 같이 간단히 표시된다.

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

따라서 투수량계수와 저류계수를 구하는 식은 다음과 같이 표시된다.

$$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} W(u), \quad S = \frac{4 T t u}{r^2}$$

T : 투수량계수(m²/일)

S : 저류계수

Q : 양수율(m³/일)

$h_0 - h$: 수위강하(m)

t : 시간(일)

r : 양수정에서 관측정까지의 거리(m)

Theis식은 형태상 직접 풀 수는 없다. 따라서 Theis는 특성곡선(type curve)을 이용하는 그래프방법을 고안하였다. 이 방법을 적용하려면 수위강하 대 시간(또는 수위강하 대 t/r_2)의 도표를 $W(u)$ 대 $1/u$ 의 특성곡선에 중첩시키고 임의의 한 지점에서 s , t (또는 t/r_2), $W(u)$, $1/u$ 의 값을 읽는다(그림 3.1). 이 값을 위의 식에 대입하여 투수량계수와 저류계수를 구한다. 한편, 수리전도도는 위의 방법으로 구한 투수량계수 값으로부터 다음과 같은 식에 의하여 계산할 수 있다.

$$T = Kb$$

- T : 투수량계수($m^2/일$)
- K : 수리전도도($m/일$)
- b : 대수층의 두께(m)

표 3.3 우물함수 $W(u)$ 와 u 의 관계표

u	$W(u)$	u	$W(u)$	u	$W(u)$	u	$W(u)$
1×10^{-10}	22.45	7×10^{-8}	15.09	4×10^{-5}	9.55	1×10^{-2}	4.04
2×10^{-10}	21.76	8×10^{-8}	15.76	5×10^{-5}	9.33	2×10^{-2}	3.35
3×10^{-10}	21.35	9×10^{-8}	15.65	6×10^{-5}	9.14	3×10^{-2}	2.96
4×10^{-10}	21.06	1×10^{-7}	15.54	7×10^{-5}	8.99	4×10^{-2}	2.68
5×10^{-10}	20.84	2×10^{-7}	14.85	8×10^{-5}	8.86	5×10^{-2}	2.47
6×10^{-10}	20.66	3×10^{-7}	14.44	9×10^{-5}	8.74	6×10^{-2}	2.30
7×10^{-10}	20.50	4×10^{-7}	14.15	1×10^{-4}	8.63	7×10^{-2}	2.15
8×10^{-10}	20.37	5×10^{-7}	13.93	2×10^{-4}	7.94	8×10^{-2}	2.03
9×10^{-10}	20.25	6×10^{-7}	13.75	3×10^{-4}	7.53	9×10^{-2}	1.92
1×10^{-9}	20.15	7×10^{-7}	13.60	4×10^{-4}	7.25	1×10^{-1}	1.823
2×10^{-9}	19.45	8×10^{-7}	13.46	5×10^{-4}	7.02	2×10^{-1}	1.223
3×10^{-9}	19.05	9×10^{-7}	13.34	6×10^{-4}	6.84	3×10^{-1}	0.906
4×10^{-9}	18.76	1×10^{-6}	13.24	7×10^{-4}	6.69	4×10^{-1}	0.702
5×10^{-9}	18.54	2×10^{-6}	12.55	8×10^{-4}	6.55	5×10^{-1}	0.560
6×10^{-9}	18.35	3×10^{-6}	12.14	9×10^{-4}	6.44	6×10^{-1}	0.454
7×10^{-9}	18.20	4×10^{-6}	11.85	1×10^{-3}	6.33	7×10^{-1}	0.374
8×10^{-9}	18.07	5×10^{-6}	11.63	2×10^{-3}	5.64	8×10^{-1}	0.311
9×10^{-9}	17.95	6×10^{-6}	11.45	3×10^{-3}	5.23	9×10^{-1}	0.260
1×10^{-8}	17.84	7×10^{-6}	11.27	4×10^{-3}	4.95	1×10^0	0.219
2×10^{-8}	17.15	8×10^{-6}	11.16	5×10^{-3}	4.73	2×10^0	0.049
3×10^{-8}	16.74	9×10^{-6}	11.04	6×10^{-3}	4.54	3×10^0	0.013
4×10^{-8}	16.46	1×10^{-5}	10.94	7×10^{-3}	4.39	4×10^0	0.004
5×10^{-8}	16.23	2×10^{-5}	10.24	8×10^{-3}	4.26	5×10^0	0.001
6×10^{-8}	16.05	3×10^{-5}	9.84	9×10^{-3}	4.14		

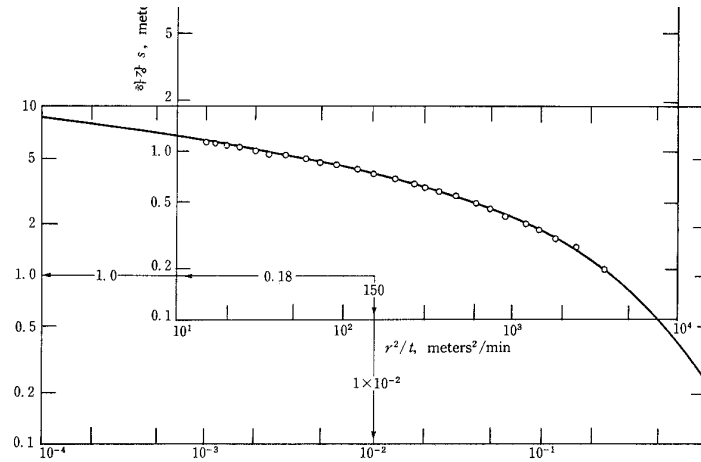


그림 3.1 Theis 방법을 이용하여 수리상수를 구하는 법

◦ 제이콥의 직선법(시간-수위강하법)

Jacob과 Cooper는 u 값이 작을 경우 무한급수로 표현되는 우물함수 $W(u)$ 가 최초 2개 항만 이용하여 근사적으로 표현할 수 있는 점을 이용하여 Theis의 방정식을 다음과 같이 표현하였다.

$$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} \left[-0.577216 - \ln\left(\frac{r^2 S}{4Tt}\right) \right]$$

이를 상용로그로 표현하면 다음과 같다.

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi(h_0 - h)} \log\left(\frac{2.25Tt}{r^2 S}\right)$$

양수로 인한 관측점에서의 수위강하는 그림 3.2에서 보는 바와 같이 반대수 그래프에서 일직선으로 나타난다. 시간-수위강하 그래프가 준비되면 수위강하는 Y축에, 시간은 X축에 표시한다. 이 직선의 경사는 양수율과 투수량계수에 비례하며 Jacob은 여기에서 투수량계수와 저류계수를 계산하는 공식을 유도하였다.

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s}, \quad S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

Q : 양수율($m^3/일$)

Δs : 시간 1로그주기 동안의 수위변화(m)

t_0 : 직선의 연장선과 수위강하가 0인 선과의 교차점에서의 시간($일$)

r : 양수정에서 관측점까지의 거리(m)

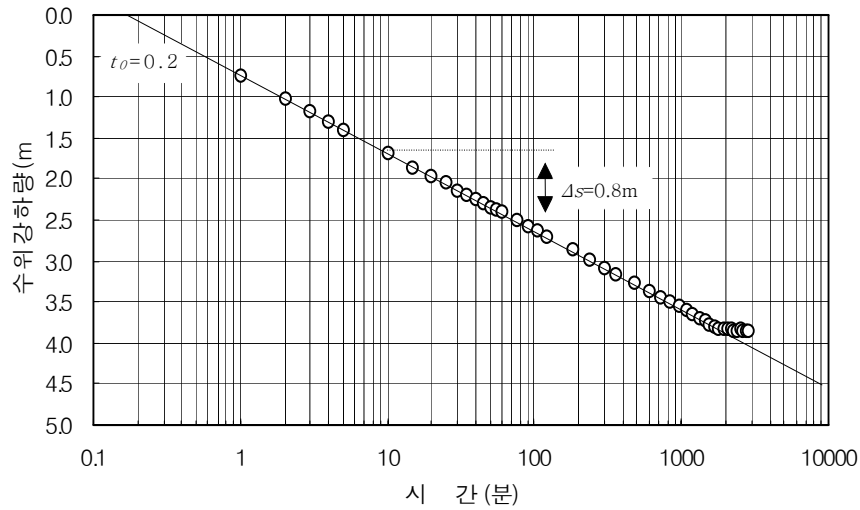


그림 3.2 시간-수위강하법에 의해 수리상수를 구하는 방법

◦ 제이콥의 직선법(거리-수위강하법)

양수정에서 각기 다른 거리에 위치하는 3개 이상의 관측정으로부터 동시에 측정된 수위강하는 Theis식과 특성곡선을 이용하여 대수층의 투수량계수와 저류계수를 결정할 수 있다. 시험이 장시간 계속된다면 각 관측정의 자료로부터 시간-수위강하 자료를 이용하거나 다른 관측정에서 동시에 측정된 수위강하 자료를 이용한 거리-수위강하 그래프를 이용하여 Jacob의 방식으로 분석할 수 있다.

Jacob의 거리-수위강하법에서는 수위강하는 Y축에, 거리는 X축에 도시한다. 만일 대수층과 시험 조건들이 Theis의 기본가정과 Jacob 방법의 조건을 만족시킨다면 다른 관측정에서 동시에 측정된 수위강하는 일직선상에 도시되어야 한다(그림 3.3). 이 직선의 경사는 양수율과 투수량계수에 비례한다. 그러므로 Jacob은 거리-수위강하 그래프로부터 투수량계수와 저류계수를 계산하는 공식을 유도하였다.

$$T = \frac{2.3Q}{2\pi\Delta s}, \quad S = \frac{2.25Tt}{r_0^2}$$

Q : 양수율($m^3/일$)

Δs : 거리 1로그 주기 동안의 수위변화(m)

t : 수위강하가 측정된 시간($일$)

r_0 : 직선을 연장하여 수위강하가 0인 선과 교차하는 지점까지의 거리(m)

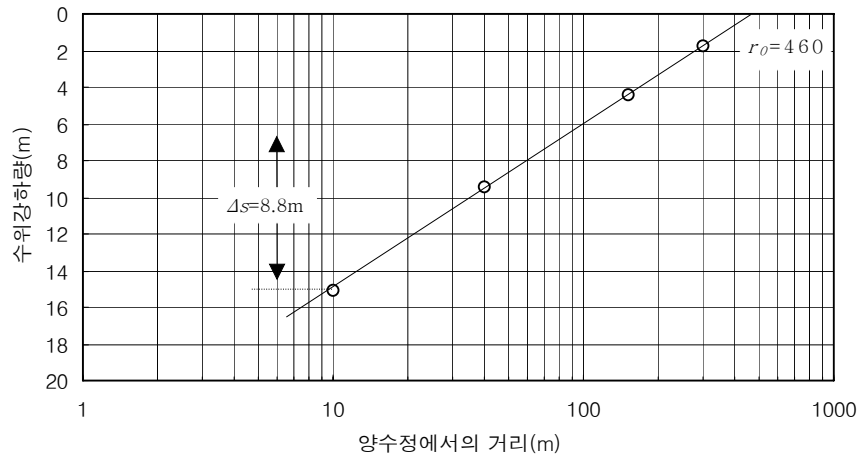


그림 3.3 거리-수위강하법에 의해 수리상수를 구하는 방법

(3) 왈튼의 특성곡선 분석법(Walton Graphical Method)

준피압대수층 또는 누수가 일어나는 대수층(leaky aquifer)은 완전히 포화된 대수층으로 상부에는 반대수층이 분포하고 하부에는 불투수층 또는 반대수층이 분포한다. 반대수층은 수리전도도는 낮으나 수직적인 지하수 유동이 어느 정도 가능한 층으로 정의된다. 이와 같은 지하 대수층의 상태에서 수리상수를 구하는 방법은 왈튼에 의하여 개발되었으며, 수리상수를 구하는 식은 다음과 같다.

$$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} W(u, r/B)$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$r/B = r / (Tb'/K')^{1/2}$$

$$K' = [Tb'(r/B)^2] / r^2$$

Q : 양수량($m^3/일$)

T : 투수량계수($m^2/일$)

t : 양수후 경과시간($일$)

S : 저류계수

r : 양수정에서 관측정까지의 거리(m)

K' : 반대수층의 수직 수리전도도($m/일$)

b' : 반대수층의 두께(m)

B : leakage factor $(Tb'/K')^{1/2}$ (m)

수리상수를 구하는 과정은 다음과 같다.

관측점에서 시간에 따른 수위강하를 log-log scale로 도시하여 수위관측자료 그래프를 특성곡선(그림 3.4)에 중첩한다. 중첩된 그래프의 한 점을 선택하여 $W(u, r/B)$, u , r/B , s , t 를 읽은 뒤 다음의 식을 이용하여 투수량계수, 저류계수 및 반대수층의 수리전도도를 계산한다.

$$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} W(u, r/B)$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$K' = (r/B)^2 \frac{Tb'}{r^2}$$

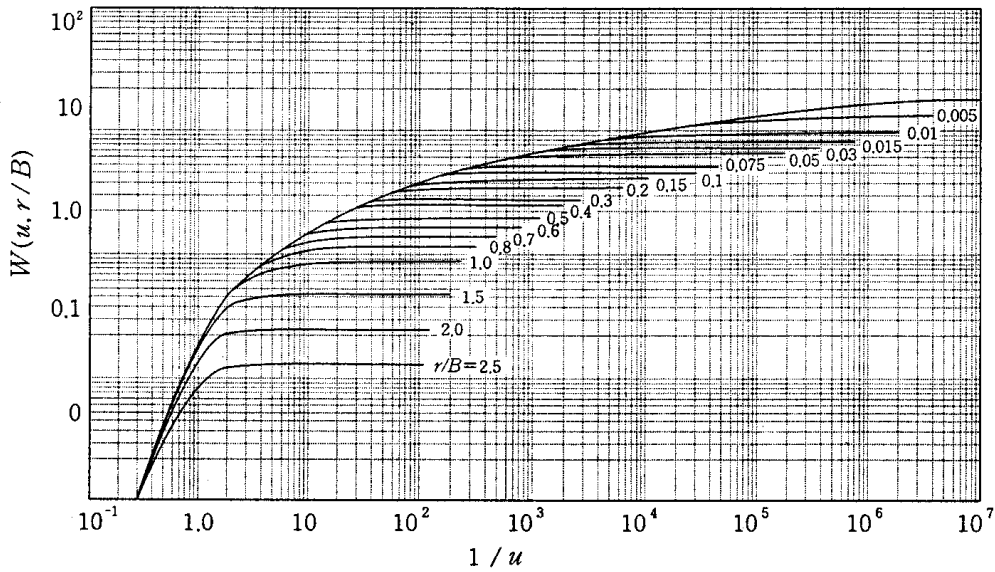


그림 3.4 Walton의 누수대수층 표준곡선

이상과 같이 대수층 수리상수의 산정방법은 대수층의 조건과 수리상수 산정 방법을 고안한 사람에 따라 다양한 방법이 있으며, 이를 정리하여 보면 표 3.5와 같다.

표 3.4 우물함수 $W(u, r/B)$ 와 u 의 관계표

표 3.5 대수층 수리상수의 산정

구 분		산 정 방 법	비 고
정류 상태	피압대수층	$T = \frac{Q}{2\pi(h_2 - h_1)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$	-평형방정식 (또는 Thiem 방정식)
	자유면대수층	$K = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$	-평형방정식 (또는 Thiem 방정식)
부정류 상태	타이스법	$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} W(u)$ $S = \frac{4Ttu}{r^2}$	-비평형방정식 -타이스의 특성곡선을 이용하여 수리상수 산정
	제이콥법 (시간-수위강하법)	$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s}$, $S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$	-양수시간과 수위강하를 반대수 그래프에 표시함으로써 수리상수 산정
	제이콥법 (거리-수위강하법)	$T = \frac{2.3Q}{2\pi\Delta s}$, $S = \frac{2.25Tt}{r_0^2}$	-양수시간과 관측점의 거리를 반대수 그래프에 표시함으로써 수리상수 산정
특정곡선 분석법		$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} W(u, r/B)$, $S = \frac{4Ttu}{r^2}$, $K' = (r/B)^2 \frac{Tb'}{r^2}$	-Walton의 특성곡선 분석 -준피압대수층 또는 누수대수층에 적용

다. 수리간섭현상

한 우물의 영향범위내에 다른 우물이 있고 이들이 동일한 대수층을 대상으로 지하수를 취수하고 있으면 서로 상대편 우물의 수위와 양수량에 영향을 미치게 되며 이러한 현상을 수리간섭현상이라 한다. 따라서 같은 지역내에서 여러 개의 우물을 동시에 이용하게 될 경우에는 수리간섭을 최소화할 수 있도록 우물의 배치, 양수량의 배분, 우물별 양수시간 조절 등 적절한 이용관리 계획이 수립되어야 한다.

대수층이 수평으로 넓게 분포하며 구성물질은 균질하고 등방일 때 각 우물의 수위강하량은 중첩의 원리(Principle of Superposition)를 이용하여 계산할 수 있다. 즉, 임의의 우물에서의 수위강하량은 각 우물별로 이 지점에 미치는 영향에 의한 수위강하량의 합이다.

$$s_p = s_1 + s_2 + s_3 + \dots = \sum_{i=1}^n s_i$$

s_p : p 지점에서의 수위강하량

s_i : i 번째 우물에서 양수시 p점에 나타나는 수위강하량

s_i 를 피압대수층의 우물집수공식으로 다시 표현하면 다음과 같다.

$$s_i = \frac{2.3Q_i}{2\pi T} \log \frac{R}{r_i}$$

Q_i : i 번째 우물의 양수량($m^3/일$)

T : 투수량계수($m^2/일$)

R : 영향반경(m)

r_i : p 점에서 i 번째 우물까지의 거리(m)

또한, Jacob공식을 사용하면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$s_i = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{2.25Tt}{Sr_i^2}$$

만약 p점의 위치에 시험정을 굴착하고 양수시험을 시행하여 투수량계수(T)와 저류계수(S) 및 영향반경(R)을 구하였다면, 이들 대수층 수리상수를 이용하여 시험정 양수시 영향반경 안에 있는 다른 우물에 미치는 영향을 추정할 수 있고 인근 우물을 동시에 양수시 시험정에 미치는 영향을 산정할 수 있다.

3.2.5. 적정취수량 및 영향범위

1. 단계대수성시험결과와 연속대수성시험결과를 이용하여 취수정으로부터 1일 적정취수량을 수위강하-양수량 곡선해법을 이용하여 결정한다.
2. 1.에서 결정된 1일 적정취수량으로 장기적으로 지하수를 취수할 때에 3년 이후의 영향범위를 적절한 분석기법을 이용하여 분석·제시한다.
3. 2.의 영향범위안에 잠재오염원이 있을 경우 취수정에 미칠 수 있는 영향을 검토·제시한다.

가. 적정취수량의 산정

적정취수량이란 지하수 고갈, 오염물질의 유입, 지반침하 등과 같이 지하수 장해를 일으키지 않으면서 우물에서 지하수위 강하를 가능한 범위내에서 최대한 크게 하였을 때의 취수 가능한 지하수량을 의미하며, 취수정이 포함된 유역의 개발가능량을 초과하지 않는 범위내에서 결정한다. 적정취수량은 단계양수시험 결과와 장기 대수성시험 결과를 이용하여 산정한다.

단계양수시험은 양수정에서 우물 및 대수층 특성에 따른 지하수위의 수두손실을 평가하기 위하여 실시하는 대수성시험의 한 종류로서, 초기에는 작은 양수율로 양수하다가 점차 단계적으로 양수량을 증가시켜 일련의 시간-수위강하 자료를 얻는 시험방법이다.

(1) 시험방법

- 단계양수시험은 양수량을 최소한 3단계 이상 나누어 실시하되, 각 단계별로 최소 1시간이상 지속적으로 양수하여야 한다(단, 수량에 따라 불가피한 경우에는 3단계이하 실시 가능).
- 양수량은 단계별로 점차 증가시키며 각 단계별로 양수량을 일정하게 유지시켜야 한다.
- 단계양수시험시 각 단계에서 수위강하 증분 Δs 는 거의 동일한 시간 간격으로 결정한다.

(2) 적정취수량 산정

단계양수시험을 시행할 때 양수량 증가에 따른 수위강하량의 균형이 깨져 급격한 수위강하가 일어나는 시점을 한계취수량이라 한다. 적정취수량은 한계취수량을 초과하지 않는 범위내에서 정하여야 하며 지하수 함양조건, 인근 우물에 의한 수리간섭, 잠재오염원의 영향, 정호효율, 영향권, 양수시간 등을 고려하여 결정한다. 단계양수시험의 결과는 그림 3.5와 같이 각 단계별 수위 강하를 나타낸 그림으로 표현할 수 있다. 그림에서와 같이 각 단계

별로 수위강하와 안정이 반복되다가 어느 단계에서는 수위가 안정되지 못하고 계속 낮아지는 시점이 있다. 이 때 마지막으로 수위가 안정된 단계의 양수량(그림 3.5의 경우에는 90m³/일)을 한계취수량으로 설정한다.

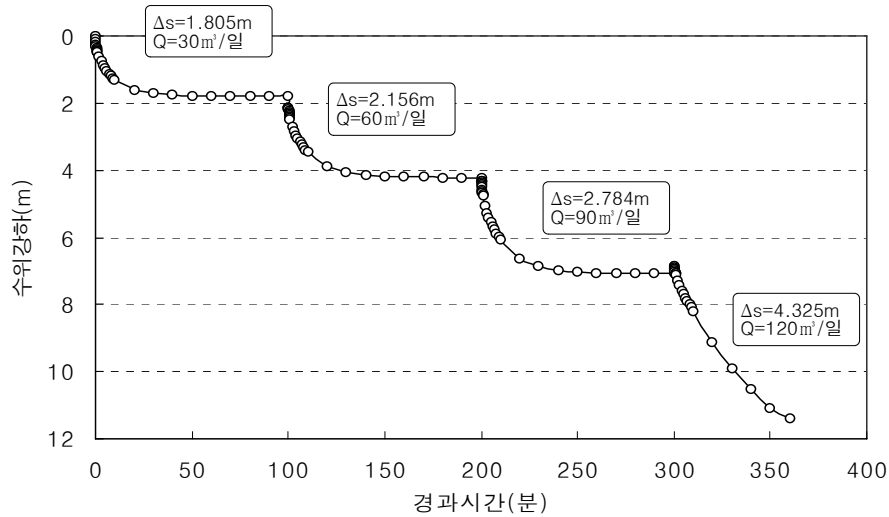


그림 3.5 단계별 양수량에 따른 수위변화

단계양수시험의 결과는 그림 3.6과 같이 양수량 Q 와 양수에 따른 수위강하 s_T/Q 의 관계로 살펴볼 수 있다. 단계양수시험 기본식 $s_T = BQ + CQ^n$ 에서 n 값을 2로 하고 양변을 Q 로 나누어주면 $s_T/Q = B + CQ$ 의 형태가 되며 이는 X축과 Y축을 각각 양수량 Q 와 양수에 따른 수위강하 s_T/Q 로 할 경우 절편이 B 이고 기울기가 C 인 직선으로 표현된다. 이 때 직선의 변곡점, 즉 직선의 기울기가 변하는 지점의 양수량(그림 3.6에서는 500m³/일)을 한계취수량으로 설정한다.

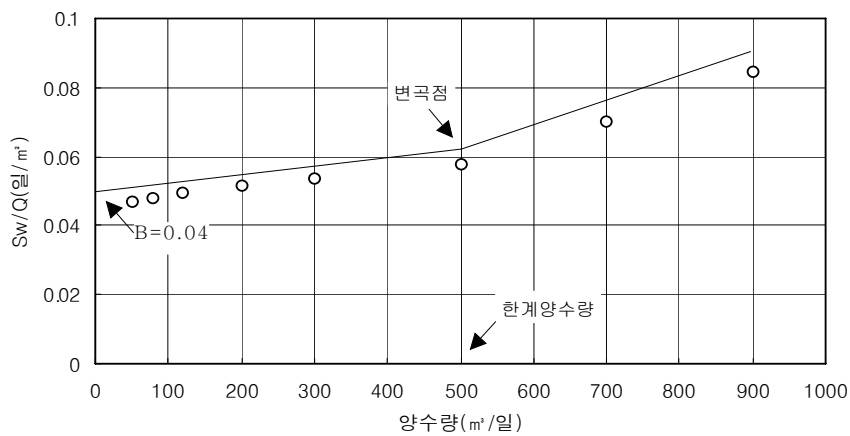


그림 3.6 양수량과 비양수량의 관계

나. 영향반경의 산정

우물에서 지하수를 양수할 때 우물 주변은 지하수위가 강하하여 원추를 뒤집어 놓은 모양의 영향추(cone of depression)가 형성된다. 영향반경은 우물중심으로부터 지하수위의 강하가 일어나지 않는 영향추의 가장자리까지의 수평거리를 의미하며 대수층이 균질하고 등방성일 경우에는 완전한 원형으로 나타나지만 지하수면이 경사를 이루고 있거나 불균질하고 이방성일 경우에는 타원이나 불규칙한 모습으로 나타난다. 이와 같이 양수에 의하여 영향을 받는 실제의 범위를 영향권 또는 영향구역(ZOI ; Zone of Influence)이라고 한다.

영향반경을 산정하는 방법은 거리-수위강하량을 해석하는 방법, 지하수 흐름방정식을 이용하는 방법, 경험식에 의한 방법 등이 있다.

(1) 거리-수위강하 해석법

정상류상태(steady state)에서 양수시험시 2개 이상의 관측공에서 평형상태에 도달했을 때의 수위강하량을 측정하여 양수정으로부터 관측공의 거리와 수위강하량을 반대수지상에 표시하면 영향반경을 구할 수 있다(그림 3.7).

그림에서와 같이 양수정에서 관측공까지의 거리와 수위강하량을 표시하면 직선으로 나타나며 직선이 수위강하량($s=0$)과 만나는 지점의 거리가 영향반경이다.

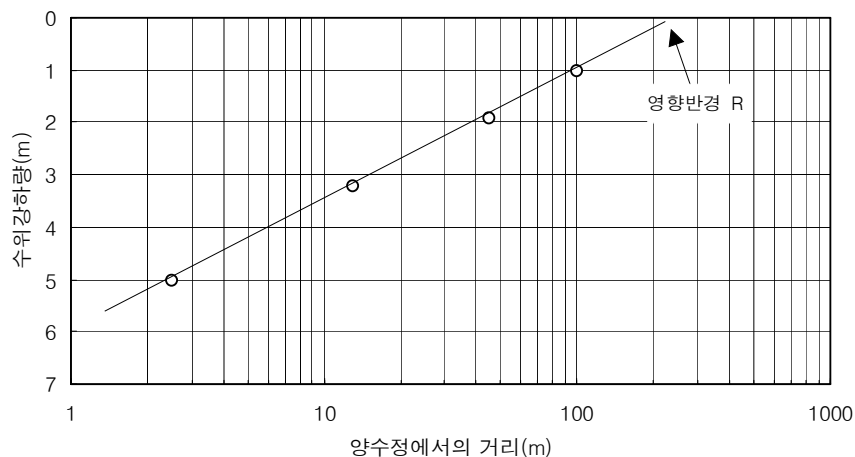


그림 3.7 거리-수위강하 해석으로 영향반경을 구하는 방법

(2) 지하수의 흐름방정식을 이용한 영향반경의 산정

- 정류상태의 평형방정식을 이용한 영향반경 산정

피압대수층의 평형방정식으로부터 영향반경을 산정하면 다음과 같다.

$$\ln R = \frac{2\pi T(H-h_i)}{Q} + \ln r_i$$

R : 영향반경(m)

T : 투수량계수($m^2/일$)

H : 최초 지하수위(m)

h_i : 양수정으로부터 r_i 만큼 떨어진 지점의 지하수위(m)

Q : 양수량($m^3/일$)

자유면대수층의 평형방정식으로부터 영향반경을 산정하면 다음과 같다.

$$\ln R = \frac{\pi K(H^2 - h_i^2)}{Q} + \ln r_i$$

R : 영향반경(m)

K : 투수계수(m/일)

H : 최초 지하수위(m)

h_i : 양수정으로부터 r_i 만큼 떨어진 지점의 지하수위(m)

Q : 양수량($m^3/일$)

◦ 부정류상태의 비평형방정식을 이용한 영향반경 산정

Theis 식에 의한 영향반경 산정은 다음과 같다.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad , \quad u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

s : r 만큼 떨어진 지점의 수위강하량(m)

T : 투수량계수($m^2/일$)

S : 저류계수

t : 수위강하가 s 만큼 일어나는데 걸리는 시간(일)

$W(u)$: 우물함수(Well Function)

투수량계수 T , 양수량 Q 와 수위강하량 s 를 대입하여 $W(u)$ 를 구한다. 이때 수위강하량 s 는 영향반경 맨 끝의 수위강하량이므로 적절한 값(0.1m 또는 0.01m)을 설정하여 대입한다. 그러나 투수량계수가 큰 지역($T > 100 m^2/일$)에서는 수위강하량 $s = 0.01m$ 를 기준으로 하면 영향반경이 과다하게 산정될 수 있으므로 $s = 0.1m$ 를 기준으로 영향반경을 산정하는 것이 바람직하다.

다음은 구해진 $W(u)$ 를 이용하여 우물함수표에서 u 를 구한다.

$$\text{이제 Theis의 식을 변환하면, } r = 2\sqrt{\frac{T \cdot t \cdot u}{S}}$$

여기서 r 은 수위강하가 거의 일어나지 않는 지점까지의 거리이므로 영향반경(R)과 같다.

Jacob식에 의한 영향반경은 다음과 같다.

$$s = \frac{2.30Q}{4\pi T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

s : r 만큼 떨어진 지점의 수위강하량(m)

Q : 양수량($m^3/일$)

T : 투수량계수($m^2/일$)

S : 저류계수

t : 수위강하가 s 만큼 일어나는데 걸리는 시간($일$)

r : 양수정에서의 거리(m)

이 때 수위강하량 s 가 0이 될 때의 반경을 영향반경이라 하면

$$\frac{2.25Tt}{r^2 S} = 1 \text{ 이 되어야 하며, 따라서 영향반경 } R \text{은 다음과 같다.}$$

$$R = \sqrt{\frac{2.25Tt}{S}}$$

(3) 경험식에 의한 영향반경의 산정(자유면대수층에 적용가능)

$$\circ R = \sqrt{\frac{12 \cdot t}{S}} \sqrt{\left(\frac{Q T}{\pi}\right)} \quad (\text{Kozeny})$$

R : 영향반경(m)

Δh : 수위강하량(m)

K : 수리전도도($m/일$)

t : 양수시간($일$)

S : 저류계수(자유면지하수의 경우 유효공극율(n_e) 적용)

Q : 양수량($m^3/일$)

$$\circ R = \sqrt{6 \cdot \Delta h \cdot K \cdot \frac{t}{S}} \quad (\text{Shultze})$$

R : 영향반경(m)

Δh : 수위강하량(m)

K : 수리전도도($m/일$)

t : 양수시간($일$)

S : 저류계수(자유면지하수의 경우 유효공극율(n_e) 적용)

$$\circ R = a \sqrt{\Delta h K \frac{t}{S}} \quad (\text{Weber})$$

a : 상수로서 1.9 ~ 3의 범위

R : 영향반경(m)

Δh : 수위강하량(m)

K : 수리전도도(m/일)

t : 양수시간(일)

S : 저류계수(자유면대수층의 경우 유효공극율(ne) 적용)

이상과 같이 지하수의 영향반경을 산정하는 방법은 매우 다양하며, 이를 정리하여 요약하면 표 3.6과 같다.

표 3.6 지하수 영향반경의 산정

구 분		산 정 방 법	비 고
정 류 상 태	자유면대수층	$\ln R = \frac{\pi K(H^2 - h_i^2)}{Q} + \ln r_i$	평형방정식
	피압대수층	$\ln R = \frac{2\pi T(H - h_i)}{Q} + \ln r_i$	평형방정식
	경험식	$R = C \Delta h \sqrt{K}$	Sichart의 경험식
부정류 상 태	Theis의 방법	$R = 2\sqrt{\frac{Ttu}{S}}$	
	Jacob의 방법	$R = \sqrt{\frac{2.25Tt}{S}}$	
	그래프 이용	거리-수위강하 그래프를 이용하여 수위강하가 0이 되는 지점의 거리를 영향반경으로 설정	
	경험식	$R = \sqrt{6\Delta h K \frac{t}{S}}$	Shultze의 경험식
		$R = a \sqrt{\Delta h K \frac{t}{S}}$	Weber의 경험식
		$R = \sqrt{\frac{12 \cdot t}{S}} \sqrt{\left(\frac{QT}{\pi}\right)}$	Kozeny의 경험식

다. 영향범위의 산정

단계양수시험 결과와 연속대수성시험결과를 이용하여 산정된 적정취수량으로 장기적으로 지하수를 취수할 경우 3년 이후의 영향범위를 산정하고 영향범위 안에 잠재오염원이 존재하는 경우 취수정에 미칠 수 있는 영향을 검토한다.

(1) 오염영향구간

잠재오염원에 의한 오염영향구간은 포획구간(Capture Zone)으로 부르기도 하며, 이는 지하수 함양구역(ZOC ; Zone of Contribution)과 같은 의미로 볼 수 있다. 엄밀하게 보면 함양구역은 시간과 무관하게 지하수 유동경계까지의 고정된 구역을 의미하며 포획구간은 함양구역 중 오염물질의 거동시간에 따라 구분한 구간이므로 시간에 따라 그 범위가 커진다.

또한 함양구역(ZOC)과 영향구역(ZOI)은 흔히 혼동되는 용어이지만 영향구역(ZOI)은 양수에 의한 영향추가 형성되어 수위강하의 영향이 미치는 범위이며, 함양구역은 지하수 유동을 기준으로 양수정으로 지하수가 함양되는 구역을 의미한다. 영향구역은 함양구역에 포함되는 경우가 많으나 부분적으로 함양구역을 벗어나는 경우도 있다. 함양구역과 영향구역의 차이점을 그림으로 표현하면 그림 3.8과 같다. 그림에서 보듯이 영향구역은 양수로 인하여 지하수위의 강하가 일어나는 지점까지로 표시되며 함양구역은 지하수 수리구배(hydraulic gradient)에 따라 상류쪽으로 확장되어 형성됨을 알 수 있다.

포획구간은 지하수 개발 예정지를 중심으로 장기적인 오염물질 유입가능성을 예측하기 위하여 설정하는 것으로서 3년 이후의 포획구간을 설정하도록 한다. 잠재오염원에 의한 지하수 오염영향평가를 실시할 경우에는 영향구역(ZOI), 함양구역(ZOC), 포획구간(capture zone)을 도면에 표시하여 잠재오염원이 본 구역에 존재하는지 여부를 확인하고, 잠재오염원 중 중요오염원이 분포하고 있는 경우 적절한 분석 기법을 적용하여 오염가능성 예측 및 오염저감방안 수립을 위한 분석을 실시하여야 한다.

취수정보호구역(WHPA)의 설정 (다공질매질내 양수정을 설치할 경우)

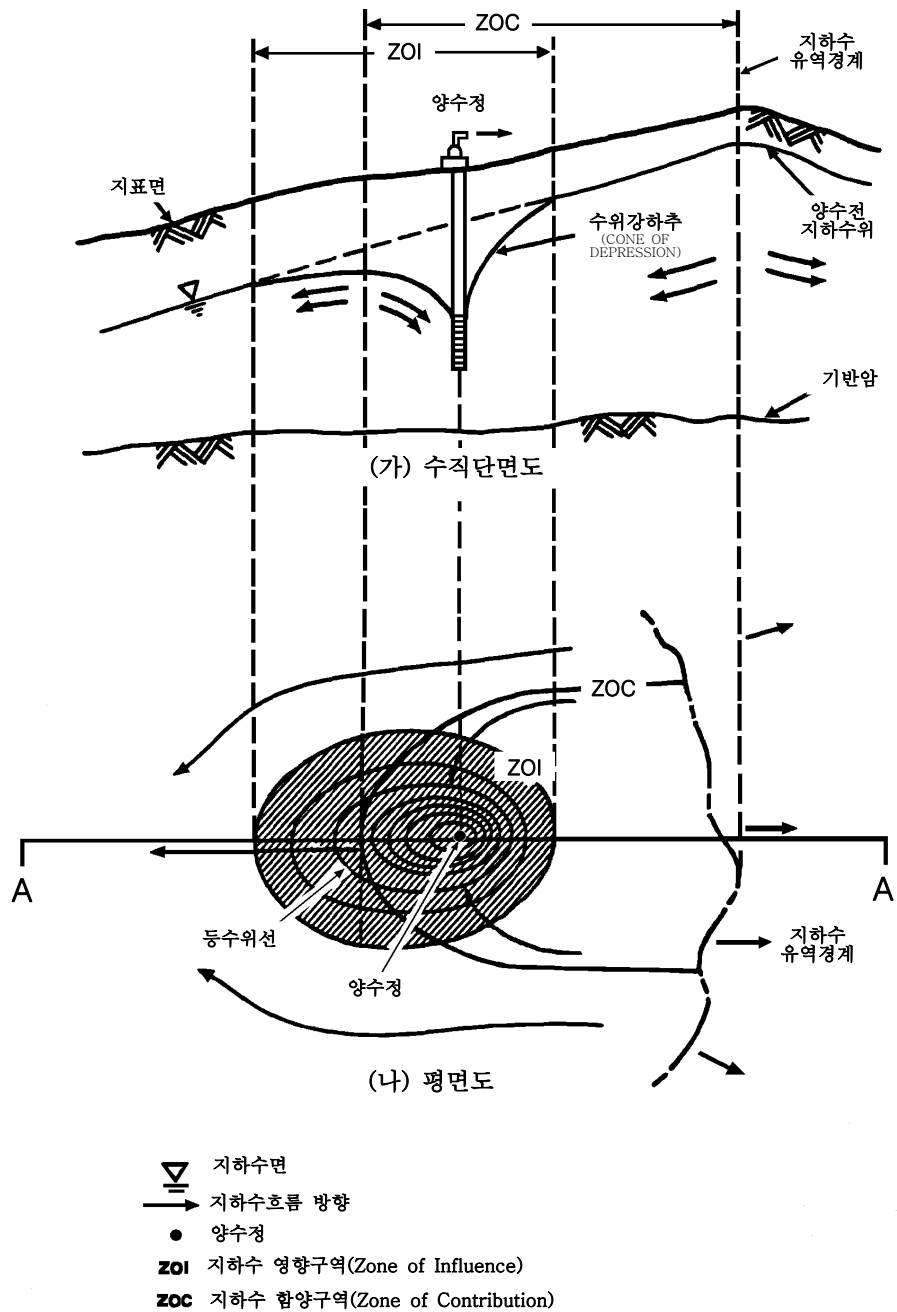


그림 3.8 지하수 영향구역(ZOI)과 함양구역(ZOC)의 경계

(2) WHPA 프로그램

WHPA 프로그램은 미국 환경청(EPA)에서 취수정보보호구역(WHPA)의 설정을 위하여 개발한 프로그램으로서 포획구간의 설정시 많이 사용되는 프로그램 중 하나이다. 본 프로그램은 4개의 모듈(module)로 구성되어 있으며 그 중 MWCAP(Multiple Well Capture Zone Module)이 가장 많이 이용되고 있다.

이 프로그램은 5가지 취수정보보호구역 설정기준 중에서 오염물질 유동시간 기준(TOT)과 지하수 유역경계 기준(ZOC) 등 2가지 기준을 적용할 수 있으며 반 해석적 방법(semi-analytic method)을 채택하고 있다. 포획구간의 형태는 정상류상태 포획구간, 시간관련 포획구간, 혼합형 포획구간 등이며 우물 주변의 하천경계 또는 불투수층 경계를 반영할 수 있다. 지하수의 흐름은 정상류 상태이어야 하며 여러 개 정호의 포획구간 설정시에는 우물간섭은 고려되지 않는다.

MWCAP의 입력자료는 지구 전체 좌표(x, y), 양수우물의 수, 양수율, 우물좌표, 대수층 두께, 경과시간, 포획구간 형태, 최대 스텝 길이, 수두경사, 지하수 흐름의 방향, 유효공극율, 대수층 투수량계수, 경계조건, Pathline 수 등이다.

WHPA 프로그램을 이용하여 산정된 포획구간의 예는 그림 3.9와 같다.

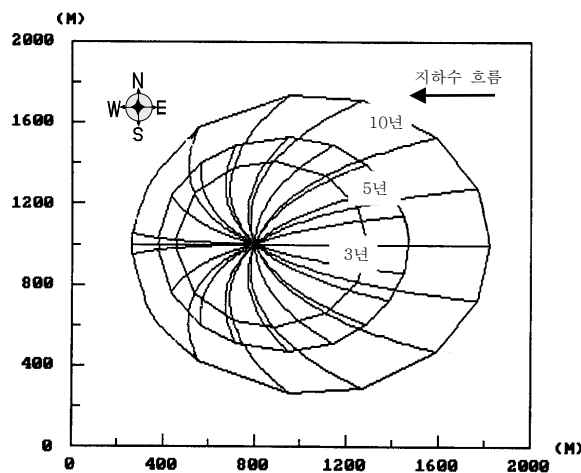


그림 3.9 WHPA프로그램에 의한 포획구간 설정 예

(3) 취수정보호구역의 설정

정호 주변의 오염원에 의한 지하수 오염에 대비하여 취수정보호구역(WHPA; Well Head Protection Area)을 설정할 수 있으며, 취수정보호구역의 설정방법으로는 다음과 같은 것이 있다(미국, EPA).

- 거리기준
취수정에서 보호대상 지점까지의 거리와 반경으로 취수정보호구역을 설정한다.
- 수위강하량 기준
주변지역의 수위강하량을 측정하여 특정수치까지 수위가 강하한 지역을 취수정보호구역으로 설정한다.
정호에서 양수시 정호주변에서 수위강하가 일어나는 구간을 취수정보호구역으로 지정하는 것으로 ZOI(Zone of Influence), 양수영향반경 또는 원추형 수위강하지역(Cone of Depression)과 같은 개념이다.
- 오염물질의 이동시간(TOT : Time of Travel)에 따른 기준
오염물질이 대수층내에서 취수정까지 이동하는데 소요되는 시간을 기준으로 취수정보호구역을 설정한다. 오염물질 이동시간(TOT)은 지하수 유속에 좌우되며, 지하수 유속은 수리지질환경에 따라 달라진다.
- 흐름경계에 따른 기준
지하수의 흐름을 지배하는 분수령이나 물리적으로 또는 수문학적으로 이미 결정된 위치를 사용하는 개념이다. 수리지질 환경의 흐름경계 중에서 지표면의 특징으로는 산맥, 강, 운하와 호수들이 있고 그 외에 대수층과 지하에 고정된 광역지하수계 등이 있다.
- 동화능력에 따른 기준
동화능력에 따른 기준은 오염물질이 취수정으로 이동할 때 오염물질의 이동경로에 분포된 포화 및 비포화대의 동화능력에 따라 오염물질의 농도가 허용기준이하로 저감되는 능력을 이용한 개념이다.

(4) 취수정보호구역의 도형작업

- 임의의 고정반경
취수정을 중심으로 일정거리의 지역을 원을 그려 취수정보호구역을 설정한다.
- 계산된 고정반경
특정 TOT 기준한계치에 따른 취수정을 중심으로 원을 그려 반경을 설정한다. 즉, 일정기간동안 취수정에서 지하수를 양수할 때 배수된 지하수의 양

을 수식으로 계산하여 반경을 구한다. 이 때 사용되는 인자는 양수율, 공극율, 수리전도도, 소요시간 등이며 소요시간은 오염물질이 취수정에 도달하기 전에 오염된 지하수를 정화시킬 수 있는 충분한 시간과 오염물질이 분산되거나 희석되는데 소요되는 시간을 사용한다.

예1) 대수층의 두께가 평균 91.5m이고 공극율이 0.2인 자유면대수층에서 3,819m³/일의 양수량으로 5년간 장기적으로 취수할 경우 고정반경을 계산하는 방법은 다음과 같으며, 계산된 고정반경은 348m 이다.

풀이) $Qt = \pi r^2 nH$

- Q : 양수량(3,819m³/일)
- H : 정호스크린의 길이(91.5m)
- t : TOT(5년)
- r : 계산된 고정반경(m)
- n : 공극율

또한, 수위강하의 한계기준치가 규정되어 있는 경우에는 다음과 같은 방법으로 고정반경을 구한다.

예2) 수위강하의 한계기준치가 1.5cm로 규정되어 있는 경우 대수층의 T=18.6m²/일, t=1일, S=0.02, Q=138m³/일 일 때 고정반경을 계산하는 방법은 다음과 같으며, 계산된 고정반경은 96m이다.

풀이) Theis 식에서

$$W(u) = \frac{4\pi Ts}{Q} = \frac{4 \times 3.14 \times 18.6 \times 0.015}{138} \approx 0.025$$

이 경우 u=2.48이므로

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

$$r = \left(\frac{4Ttu}{S} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \times 18.6 \times 1 \times 2.48}{0.02} \right)^{1/2} = 96m$$

◦ 단순화시킨 여러 종류의 표준모형

해석적인 모델을 이용하여 해당 취수정과 우물장의 수리지질과 양수조건에 따라 적절한 표준모형을 작도하고 각 취수원에 대해 대표적인 여러 개의 표준모형을 중첩시켜 취수정보호구역을 선정하는 방법이다. 표준모형을 이용하여 취수정보호구역을 설정하는 방법은 다음과 같다.

- 1단계 : 대수층의 종류와 양수량에 근거하여 표준형을 설정한다.
 - 대표적인 수리지질특성 인자를 이용한 해석학적 지배식으로 여러 가지 표준형을 작도
 - 상류구배구간은 TOT를 이용하여 범위를 구하고, 하류구배구간은 균일

흐름식을 이용하여 범위를 정한다.

- 2단계 : 대수층 종류에 따라 취수정에 표준모형을 적용한다.

◦ 해석학적 방법

지하수 흐름이 경사흐름인 경우에 취수정보호구역을 설정하는 방법은 균일 흐름장에서 지하수의 흐름과 오염물질 거동식을 이용하여 ZOC(Zone of Contribution)와 ZOI(Zone of Influence)를 결정할 수 있다. 또한 상류구배 구간의 취수정보호구역 경계선은 TOT나 흐름경계를 기준으로 구한다. 이때 수리지질학적인 경계지점은 지하수의 분수령이나 지질경계선을 이용한다.

◦ 수리지질도와 병행한 모형화

흐름경계와 TOT는 수리지질조사와 지구물리탐사 및 추적자조사를 실시하여 작도할 수 있으며 수리지질도 작성시 등수위선도를 작성하여 지하수 분수령을 확인할 수 있다.

◦ 수치모델

지하수의 흐름이나 오염물질거동을 수치적으로 근사화시킨 전산모델을 사용하여 WHPA를 설정한다.

이와 같이 여러 가지 방법으로 취수정보호구역을 설정할 수 있으며 그 결과를 서로 비교하여 보면 그림 3.10와 같다.

마. 종합분석

이상과 같은 방법으로 적정취수량을 산정하고 적정취수량으로 취수시 영향범위와 잠재오염원에 의한 오염영향평가를 토대로 지하수 개발·이용공의 개발가능량 및 산출특성을 분석·제시한다.

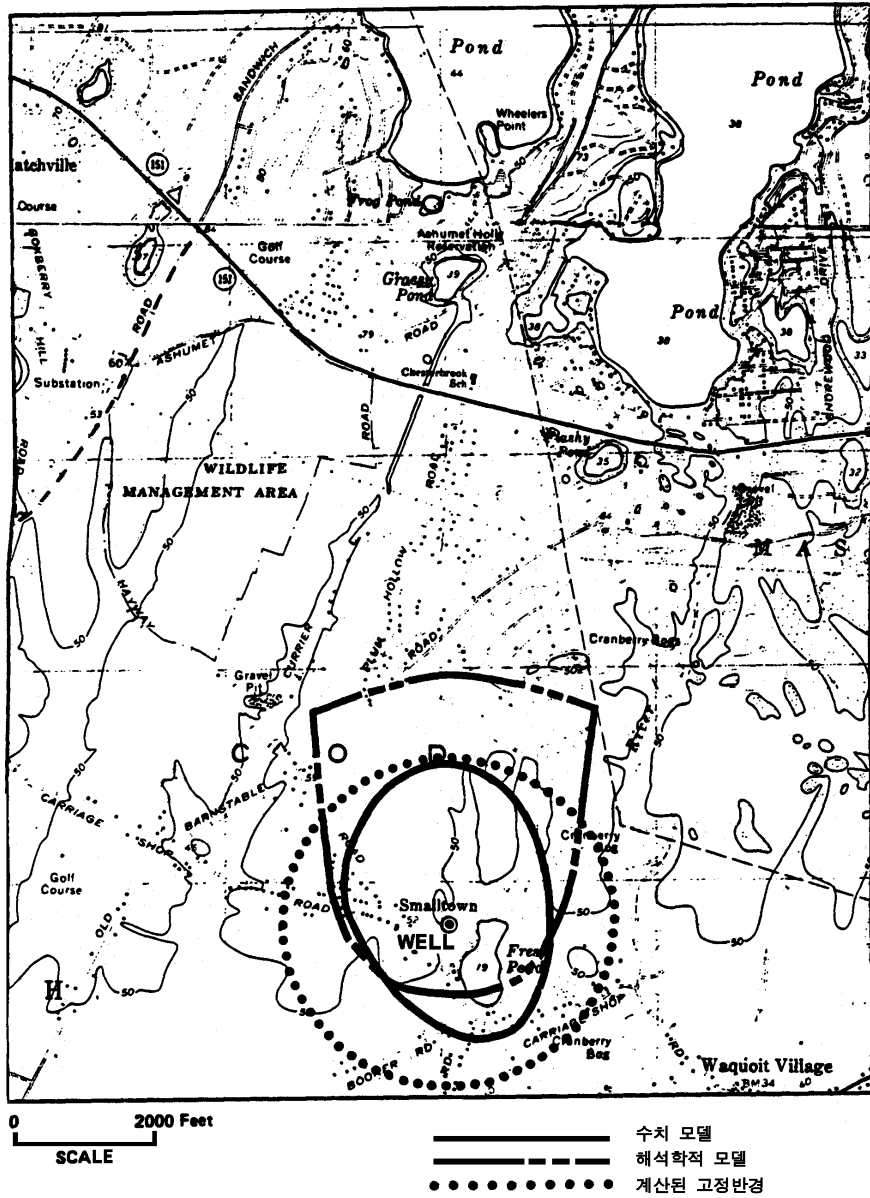


그림 3.10 여러 가지 방법으로 설정한 WHPA

3.2.6. 지하수 수질

현장조사를 통하여 원수의 수질상태를 조사하여야 하며, 수질검사항목과 방법은 시행령 제31조의 규정을 준용한다.

주) 수질검사 항목·절차·방법, 시료채취방법, 수질검사기관 등에 관한 자세한 사항은 2.9. 수질 검사를 참조한다.

3.2.7. 지하수영향조사서의 작성

1. 작성지침

- 가. 조사방법에 따라 수집·분석한 내용을 조사항목별로 체계적·논리적으로 기술
- 나. 평가기준에 대한 조사자의 분석결과를 기재
- 다. 그 밖의 참고자료를 첨부

2. 작성내용

- 가. 서론
 - (1) 지하수개발이용계획의 개요
 - (2) 조사결과의 요약
 - (3) 지하수개발·이용방안
- 나. 원수의 개발가능량 및 산출상태
 - (1) 우물 및 샘의 현황조사와 잠재오염원현황조사의 성과를 기술
 - (2) 원수의 개발가능량 검토결과를 기술
 - (3) 대수성시험조사의 내용 및 성과를 기술
- 다. 적정취수량 및 영향범위분석
 - (1) 대수성시험성과를 토대로 1일 적정취수량을 기술
 - (2) 3년 이후의 영향범위 분석성과를 기술
 - (3) 지하수개발시 주변 잠재오염원에 의한 영향 검토성과를 기술
 - (4) 지하수의 개발로 인하여 주변지역에 미치는 영향의 범위 및 정도를 기술
- 라. 수질의 적정성 평가
 - 수질분석성과를 토대로 수질의 적정성을 기술
- 마. 시설설치계획
 - 시설의 설계내용 및 설치계획을 기술
- 바. 그밖의 사항
 - (1) 그밖의 영향조사시 골착한 관정의 활용계획·오염방지계획과 폐관정처리계획 등을 기술
 - (2) 우물 및 샘과 잠재오염원의 위치를 표기한 축척 5천분의 1의 지형도, 관정의 지질주상도와 구조도, 지하수의 수질분석자료, 현장사진 등을 첨부

- 가. 지하수영향조사서는 본 지침에서 제시한 조사항목에 대하여 조사방법과 조사결과 등 핵심적인 내용에 대하여 간결, 명확하게 기술한다. 특히, 조사방법에 대한 일반적인 해설과 조사·분석의 이론적인 배경 등 영향조사 결과에 영향을 미치지 않는 내용과 영향조사서의 평가, 심사 등에 불필요한 내용은 수록하지 않도록 하여 인적·물적 낭비를 방지한다.
- 나. 보고서의 내용은 체계적이고 논리적이어야 하며, 조사자료를 활용하여 최종 결론을 유도하는 과정이 합리적이고 이치에 맞도록 하여 심사자가 영향조사서를 평가할 때 정확한 판단을 할 수 있도록 하여야 한다.
- 다. 조사자료의 분석결과를 토대로 적정양수량, 영향범위, 원수수질의 적정성 등 평가기준에 대한 분명한 의견을 제시하여야 한다.
- 라. 조사대상지역, 우물 및 샘, 잠재오염원 등의 위치도, 대수성시험일보, 수질검사성적표, 영향범위 분석에 사용된 기초자료 등을 참고자료로 첨부한다.

3.3. 지하수 영향조사서 심사요령

3.3.1. 개요

시장·군수는 지하수 개발·이용의 허가를 신청한 자로부터 지하수영향조사서를 제출받은 때에는 지하수법 시행령 제12조 제1항 별표1의 지하수영향조사의 항목·조사방법 및 평가기준에 적합한지 여부를 심사하여야 한다.

또한 지하수법 시행령 제9조 제3항의 규정에 의하여 시장·군수로부터 지하수 영향조사서 심사에 필요한 의견 제시를 요청받은 지하수 관련 전문가도 지하수 영향조사서 검토시 동일한 심사 항목과 내용을 평가하여야 한다.

3.3.2. 세부 심사방법

가. 서론

- (1) 지하수개발·이용계획의 개요
- (2) 조사결과의 요약
- (3) 지하수개발·이용방안

- (1) 조사를 실시한 지역의 범위가 개발예정지점 중심으로 반경 0.5km 또는 시·도 조례가 정하는 바에 따라 적절하게 선정되었는지를 검토한다. 특히 조사대상지역내에 지하수의 영향범위가 완전히 포함되었는지를 검토한다. 만일 영향범위가 본 영향조사를 실시한 지역을 벗어난 경우에는 조사대상지역의 범위를 더 넓혀 조사를 실시하여야 한다. 또한, 지하수 영향범위는 취수량에 따라 그 범위에 차이가 발생하므로 허가 신청시 제시한 취수계획량으로 지하수를 이용하는지 지속적으로 감시, 감독하여야 할 것이다.
- (2) 영향조사의 결과는 본 지하수영향조사 실시 결과를 토대로 하여 그 성과를 종합하여 기재하여야 하며 『나.지하수영향조사』의 결과와 일치하는지 확인하여야 한다.
- (3) 개발·이용계획을 검토하여 본 영향조사에서 도출된 적정취수량에 합당한 지하수 이용계획을 수립하였는지 확인한다. 시설설치계획이 지하수 개발·이용 허가신청서에 작성된 시설설치계획과 일치하는지 확인한다.

나. 원수의 개발가능량 및 산출상태

- (1) 우물 및 샘의 현황조사와 잠재오염원의 현황조사의 성과를 기술
- (2) 대수성시험 조사의 내용 및 성과를 기술

- (4) 조사대상지역내에 분포하는 모든 우물 및 샘의 현황이 표 3.1에 제시된 조사 수준으로 조사, 목록화되었는지와 적절한 축척의 도면에 정리, 수록되었는지를 검토한다.
- (5) 조사대상지역내에 분포하는 잠재오염원의 분포와 종류, 규모가 조사, 목록화되었는지와 적절한 축척의 도면에 정리, 수록되었는지 검토한다.
- (6) 양수시험과 회복시험 자료를 정리하여 대수성시험 성적서를 수록하였는지를 확인한다.
- (7) 대수성시험 성적서를 토대로 시험 실시시간, 일정 양수율의 유지 여부, 수위 측정 시간의 간격 등 대수성시험 방법의 적정성을 확인한다.

HELP ✓ 시험기간중 양수율을 변동시키는 단계양수시험의 경우에도 각 단계별로 양수율은 일정하게 유지되어야 한다.

- (8) 양수시험기간중 일정시간단위(분·시간)로 수소이온농도·수온·전기전도도를 측정하였는지 확인한다. 한편, 시험 종료시까지 측정치가 안정을 이루지 못하고 변화하였을 경우에는 그 원인이 적정하게 분석되었는지를 검토한다.
- (9) 투수량계수, 저류계수, 비양수량 등의 수리상수 산정 방법이 타당한지를 검토하고, 양수시험 해석 결과와 회복시험 해석 결과가 적정하게 비교되었는지를 확인한다.
- (10) 양수정에 의한 영향범위(영향반경 혹은 영향권) 산정 방법이 타당한지를 검토한다. 영향범위를 양수시험에 의하여 산정하고 경험공식을 이용한 비교 검토가 이루어졌는지 확인한다.

HELP ✓ 부정류 상태의 영향반경 산정 공식을 이용한 경우에는 양수시간을 얼마로 보느냐에 따라 영향 반경이 달라진다. 따라서 양수시험 자료에서 평형상태에 도달한 시간이 얼마인지를 확인하여 이 값과 영향반경 산정시 적용한 양수시간이 부합되는지 확인하여야 한다.

- (11) 양수정에 의한 영향범위내에 기존의 지하수 개발·이용시설이 분포하고 있는 경우에는 우물간의 수리간섭 현상이 적정한 방법으로 해석되었는지를 검토한다.

다. 적정취수량 및 영향범위 분석

- (1) 대수성시험 성과를 토대로 1일 적정취수량을 기술
- (2) 3년 이후의 영향범위 분석성과를 기술
- (3) 지하수 개발시 주변 잠재오염원에 의한 주변영향검토 성과를 기술
- (4) 지하수의 개발로 인하여 주변지역에 미치는 영향의 범위 및 정도를 기술

- (12) 원수의 개발가능량 산정 방법이 타당한지를 검토한다. 특히 수문학적인 방법으로 산정한 개발가능량은 지하수개발 대상지점을 기준으로 정한 소유역의 면적에 비례하여 증가하게 되는데, 특별한 경우를 제외하고는 지하수영향조사에서 지하수의 소유역 경계를 명확히 규명할 수 없으므로 일반적으로 지표수 분수령을 기준으로 소유역 경계의 타당성을 검토하여야 한다.
- (13) 1일 적정취수량의 산정 내용이 적정한가 검토한다. 단계양수시험을 통하여 적정취수량을 산정한 경우에는 양수량(Q)과 비수위강하량 (sw/Q)의 관계를 나타내는 그래프에서 변곡점을 적절히 산정하였는지 확인하고 공식을 이용하여 산정한 경우에는 적절한 공식을 사용하였는지 확인한다.
- (14) 허가신청량이 적정취수량 범위 내에 있는지 확인하고, 1일 적정취수량으로 취수할 때에 미치는 영향범위를 합리적으로 설정하였는지를 검토한다.
- (15) 영향범위내에 잠재오염원이 분포하는 경우에는 그 영향 분석과 대책이 적정하게 제시되어 있는지 검토한다.

라. 수질의 적정성 평가

수질분석 성과를 토대로 수질의 적정성을 기술

- (16) 원수에 대하여 지하수의 이용목적에 해당하는 수질검사항목의 수질검사 실시 여부와 수질기준 적합 여부를 확인한다.

마. 시설설치계획

시설의 설계내용 및 설치계획을 기술

- (17) “개발·이용시설 설치기준” 및 “오염방지시설 설치기준”에 적합하게 설계되었는지 확인한다.
- (18) 굴착방법, 규모, 케이싱 및 우물자재설치 등이 적합하게 설계되었는지 확인한다.
- (19) 양수시설의 설계가 허가신청량에 적합하게 설계되었는지 확인한다.

바. 그 밖의 사항

- (1) 그 밖의 영향조사시 굴착한 관정의 활용계획·오염방지계획과 폐관정 처리계획 등을 기술
- (2) 우물 및 샘과 잠재오염원의 위치를 표기한 축척 5천분의 1의 지형도, 관정의 지질주상도, 지하수의 수질분석자료, 현장사진 등을 첨부한다.

- (20) 영향조사시 굴착한 관정의 활용계획과 오염방지계획이 적합한지 확인한다. 영향조사시 굴착한 관정을 활용하지 않을 경우 원상복구계획은 적정하게 수립되었는지 확인한다.
- (21) 그 밖의 조사성과를 1/5,000 지형도에 표시하여 제출하고 지질주상도, 수질 자료, 현장사진을 첨부하였는지 확인한다.

표 3.7 지하수영향조사서 심사 의견서 양식

지하수영향조사서 심사 의견서

1. 개 요
 영향조사명 :
 위 치 :
 조 사 자 :

2. 심사항목별 검토내용

조사항목	조 사 방 법	검 토 의 건
1. 원수의 개발가능량 및 산출상태	1. 조사지역의 기존자료를 수집·검토하고 현지답사를 통하여 아래의 수문 및 수리지질현황을 조사한다. 가. 우물 및 샘의 현황 나. 잠재오염원	
	2. 조사대상지역의 선정	
	3. 원수의 개발가능량 산정	
	4. 대수성시험을 통하여 대수층의 특성 및 지하수산출특성을 파악한다. 가. 단계양수시험 나. 연속대수성시험 나. 수위회복시험	
2. 적정취수량 및 영향범위	1. 적정취수량의 산정	
	2. 영향범위 분석, 제시	
	3. 잠재오염원에 의한 영향 검토, 제시	
3. 수 질		

3. 종합검토의견

심사위원 ○ ○ ○ (인)

○○ 시장(군수) 귀하

3.4. 지하수 영향조사 비용

3.4.1. 신규로 영향조사를 실시하는 경우(시행령 별표1의 모든 항목에 대한 조사 실시)

구 분	단 위	수 량	단 가	금 액	비 고
조 사 비				8,876,942	
1. 기존자료 수집 및 현지답사				593,202	산출근거1
특급기술자	인	1.02	140,793	143,609	
고급기술자	인	0.16	120,231	19,237	
중급기술자	인	2.67	100,560	268,495	
초급기술자	인	1.18	71,973	84,928	
보통인부	인	1.88	40,922	76,933	
2. 대수성시험				1,662,316	
1) 단계대수성시험				216,026	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 령 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,865	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
경 유	ℓ	40.28	618	24,893	
잡 유	%	20.0		4,979	
발전기손료	시간	4	2,516	10,064	
수중모터펌프손료	시간	4	1,040	4,160	
수량계손료	시간	4	341	1,364	
2) 연속대수성시험(16시간기준)				761,355	
중급기술자	인	0.96		96,537	
중급기능사	인	1.92	100,560	137,800	
보 령 공	인	1.92	71,771	98,212	
특별인부	인	1.92	51,152	107,462	
보통인부	인	5.92	55,970	242,258	
경 유	ℓ	161.12	40,922	17,078	
잡 유	%	6.666667	618	3,416	
발전기손료	시간	16	2,516	45,760	
수중모터펌프손료	시간	16	1,040	7,376	
수량계손료	시간	16	341	5,456	
3) 회복시험				170,567	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 령 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,866	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
4) 해석				514,368	
특급기술자	인	1	140,793	140,793	
중급기술자	인	2	100,560	201,120	
초급기술자	인	3	57,485	172,455	
3. 적정취수량분석 및 오염영향평가				1,720,863	산출근거2
특급기술자	인	2	140,793	281,586	
고급기술자	인	3	120,231	360,693	
중급기술자	인	5	100,560	502,800	
초급기술자	인	8	71,973	575,784	
4. 수질검사	회	1	165,900	184,000	
5. 제경비	직접인건비*1.1			3,413,302	
6. 기술료	(직접인건비+ 제경비)*0.2			1,303,259	

- 주) 1. 지하수영향조사의 조사항목은 지하수법 시행령 별표 1을 기준으로 하였으며, 기타 필요한 조사(전기비저항탐사, 지하수위 관측조사, 원격탐사 등)는 추가하여 실시할 수 있다.
2. 조사지역은 반경 0.5km의 면적을 기준으로 하였다.
3. 조사비는 실비정액가산방식에 의하여 산출하였으며 시추 및 착정비용은 별도 계상한다.
4. 기존자료 수집 및 현지답사비용은 지질조사품셈의 지표지질조사 단가를 적용하였다.
5. 양수시험 비용은 2002건설공사표준품셈의 양수시험단가를 적용하였다.
6. 수질검사비용은 수질검사기관이 위치한 행정구역을 관할하는 지방자치단체의 조례로 정하는 바에 따르며, 본 지침에서는 국립환경연구원의 고시단가(2002.7.1.) 중에서 먹는물 수질검사(46개항목) 비용을 적용하였다.
7. 현지여건에 따라 변경될 수 있음

산출근거 1. 기존자료 수집 및 현장답사(축척 1:10,000 도면이용조사)

가. 조사내용

- 기존자료 수집, 현장답사
- 수집자료의 정리 및 해석

나. 투입인력

구 분	현장답사		해 석		계
	산정기준	투입인력	산정기준	투입인력	
특급기술자	1.2인/km ² ×0.785km ²	0.94	0.1인/km ² ×0.785km ²	0.08	1.02
고급기술자	-	-	0.2인/km ² ×0.785km ²	0.16	0.16
중급기술자	2.4인/km ² ×0.785km ²	1.88	1.0인/km ² ×0.785km ²	0.79	2.67
초급기술자	-	-	1.5인/km ² ×0.785km ²	1.18	1.18
보통인부	2.4인/km ² ×0.785km ²	1.88	-	-	1.88

주) 반경 0.5km의 조사대상지역 면적은 0.785km²

산출근거 2. 적정취수량 분석 및 오염영향 평가

가. 조사내용

- 적정취수량 분석
- 오염영향평가 분석

나. 투입인력

구 분	적정취수량 분석	오염영향 평가	계
특급기술자	1	1	2
고급기술자	1	2	3
중급기술자	2	3	5
초급기술자	4	4	8

3.4.2. 변경허가(개발·이용기간유효기간의 연장허가 제외)를 신청하는 경우

▷ 지하수 개발·이용시설의 깊이·지름 및 취수계획량과 양수설비를 변경하는 경우로서 적정취수량 및 영향범위와 수질에 대한 조사 실시

구 분	단 위	수 량	단 가	금 액	비 고
조 사 비				7,499,013	
1. 대수성시험				1,662,316	
1) 단계대수성시험				216,026	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 링 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,865	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
경 유	ℓ	40.28	618	24,893	
잡 유	%	20.0		4,979	
발전기손료	시간	4	2,516	10,064	
수중모터펌프손료	시간	4	1,040	4,160	
수량계손료	시간	4	341	1,364	
2)연속대수성시험(16시간기준)				761,355	
중급기술자	인	0.96		96,537	
중급기능사	인	1.92	100,560	137,800	
보 링 공	인	1.92	71,771	98,212	
특별인부	인	1.92	51,152	107,462	
보통인부	인	5.92	55,970	242,258	
경 유	ℓ	161.12	40,922	17,078	
잡 유	%	6.666667	618	3,416	
발전기손료	시간	16	2,516	45,760	
수중모터펌프손료	시간	16	1,040	7,376	
수량계손료	시간	16	341	5,456	
3)회복시험				170,567	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 링 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,866	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
4) 해석				514,368	
특급기술자	인	1	140,793	140,793	
중급기술자	인	2	100,560	201,120	
초급기술자	인	3	57,485	172,455	
2. 적정취수량분석 및 오염영향평가				1,720,863	산출근거2
특급기술자	인	2	140,793	281,586	
고급기술자	인	3	120,231	360,693	
중급기술자	인	5	100,560	502,800	
초급기술자	인	8	71,973	575,784	
3. 수질검사				184,000	
4. 제경비		직접인건비*1.1		2,845,407	
5. 기술료		(직접인건비+ 제경비)*0.2		1,086,427	

주) 1. 지하수영향조사의 조사항목은 지하수법 시행령 별표 1을 기준으로 하되, 기존자료 수집 및 현지답사를 제외하였으며 기타 필요한 조사(전기비저항탐사, 지하수위 관측조사, 원격탐사 등)는 추가하여 실시할 수 있다.
2. 그 외 사항은 3.4.1. 신규로 영향조사를 실시하는 경우와 동일한다.

3.4.3. 개발·이용유효기간의 연장허가 또는 허가일로부터 1년 이내 영향조사가 실시된 지역에서 다시 개발·이용 허가를 신청하는 경우

▷ 원수의 개발가능량 및 산출상태와 수질에 대한 조사 실시

구 분	단 위	수 량	단 가	금 액	비 고
조 사 비				4,540,368	
1. 기존자료 수집 및 현지답사				593,202	산출근거1
특급기술자	인	1.02	140,793	143,609	
고급기술자	인	0.16	120,231	19,237	
중급기술자	인	2.67	100,560	268,495	
초급기술자	인	1.18	71,973	84,928	
보통인부	인	1.88	40,922	76,933	
2. 대수성시험				1,662,316	
1) 단계대수성시험				216,026	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 령 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,865	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
경 유	ℓ	40.28	618	24,893	
잡 유	%	20.0		4,979	
발전기손료	시간	4	2,516	10,064	
수중모터펌프손료	시간	4	1,040	4,160	
수량계손료	시간	4	341	1,364	
2) 연속대수성시험(16시간기준)				761,355	
중급기술자	인	0.96		96,537	
중급기능사	인	1.92	100,560	137,800	
보 령 공	인	1.92	71,771	98,212	
특별인부	인	1.92	51,152	107,462	
보통인부	인	5.92	55,970	242,258	
경 유	ℓ	161.12	40,922	66,331	
잡 유	%	6.666667	618	17,078	
발전기손료	시간	16	2,516	34,450	
수중모터펌프손료	시간	16	1,040	16,640	
수량계손료	시간	16	341	5,456	
3) 회복시험				170,567	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 령 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,866	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
4) 해석				514,368	
특급기술자	인	1	140,793	140,793	
중급기술자	인	2	100,560	201,120	
초급기술자	인	3	57,485	172,455	
3. 수질검사	회	1	165,900	184,000	
4. 제경비	직접인건비*1.1			1,520,353	
5. 기술료	(직접인건비+ 제경비)*0.2			580,497	

주) 1. 지하수영향조사의 조사항목은 지하수법 시행령 별표 1을 기준으로 하되, 적정취수량 및 영향범위에 대한 조사를 제외하였으며 기타 필요한 조사(전기비저항탐사, 지하수위 관측조사, 원격탐사 등)는 추가하여 실시할 수 있다.
2. 그 외 사항은 3.4.1. 신규로 영향조사를 실시하는 경우와 동일한다.

3.4.4. 개발·이용유효기간의 연장허가 또는 허가일로부터 1년 이내 영향조사가 실시된 지역에서 다시 개발·이용 허가를 신청하는 경우

▷ 원수의 개발가능량 및 산출상태(수문 및 수리지질현황에 대한 조사 생략)와 수질에 대한 조사 실시

구 분	단 위	수 량	단 가	금 액	비 고
조 사 비				3,162,439	
1. 대수성시험				1,662,316	
1) 단계대수성시험				216,026	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 령 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,865	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
경 유	ℓ	40.28	618	24,893	
잡 유	%	20.0		4,979	
발전기손료	시간	4	2,516	10,064	
수중모터펌프손료	시간	4	1,040	4,160	
수량계손료	시간	4	341	1,364	
2) 연속대수성시험(16시간기준)				761,355	
중급기술자	인	0.96		96,537	
중급기능사	인	1.92	100,560	137,800	
보 령 공	인	1.92	71,771	98,212	
특별인부	인	1.92	51,152	107,462	
보통인부	인	1.92	55,970	242,258	
경 유	ℓ	5.92	40,922	17,078	
잡 유	%	161.12	618	3,416	
발전기손료	시간	6.666667	2,516	45,760	
수중모터펌프손료	시간	16	1,040	7,376	
수량계손료	시간	16	341	5,456	
3) 회복시험				170,567	
중급기술자	인	0.24	100,560	24,134	
중급기능사	인	0.48	71,771	34,450	
보 령 공	인	0.48	51,152	24,553	
특별인부	인	0.48	55,970	26,866	
보통인부	인	1.48	40,922	60,564	
4) 해석				514,368	
특급기술자	인	1	140,793	140,793	
중급기술자	인	2	100,560	201,120	
초급기술자	인	3	57,485	172,455	
2. 수질검사				184,000	
3. 제경비		직접인건비*1.1		952,458	
4. 기술료		(직접인건비+ 제경비)*0.2		363,665	

주) 1. 지하수영향조사의 조사항목은 지하수법 시행령 별표 1을 기준으로 하되, 수문 및 수리지질에 대한 조사와 적정 취수량 및 영향범위에 대한 조사를 제외하였으며 기타 필요한 조사(전기비저항탐사, 지하수위 관측조사, 원격탐사 등)는 추가하여 실시할 수 있다.

2. 그 외 사항은 3.4.1. 신규로 영향조사를 실시하는 경우와 동일한다.

제 4 장

지하수개발·이용실태조사

제 4 장 지하수 개발·이용실태 조사

4.1. 개 요

4.1.1. 배경 및 목적

- 정기적으로 지하수 개발·이용실태조사를 실시함으로써 시설의 사용유무, 시설의 변동상황, 수질의 변화 등 제반 인허가 또는 신고 사항 등 점검
- 체계적인 지하수이용실태조사를 통한 정기적인 지하수 이용현황 파악으로 지하수의 체계적인 개발·이용·관리정책 추진의 기반 구축

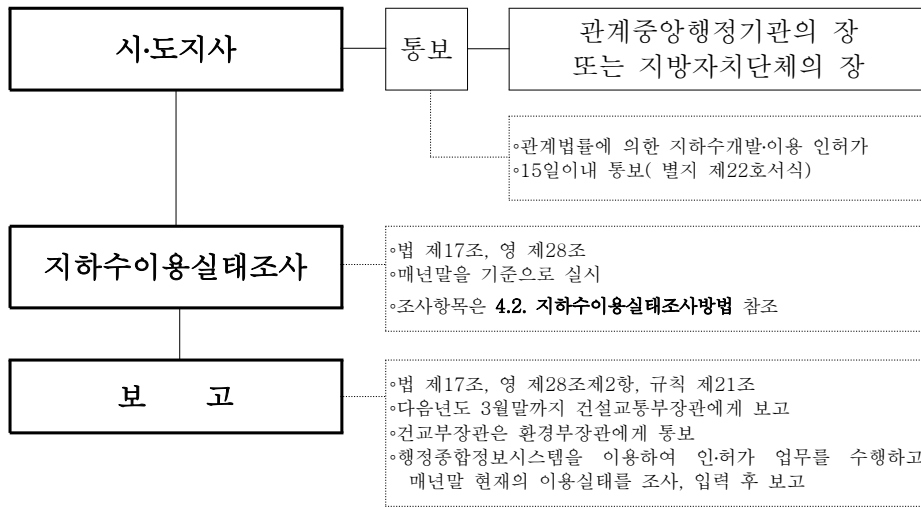
4.1.2. 적용범위

- 관할 구역내의 지하수 개발·이용시설로서 일반 현황, 시설 현황, 이용 현황 및 수질 현황에 관한 사항
 - 지하수법에 의한 허가 또는 신고를 필한 시설
 - 다른 법률에 의해 인가, 허가를 받거나 신고를 필한 시설

4.1.3. 관련 법조문

법	시행령	시행규칙	비고
제17조 ⑥시·도지사는 매년 지하수 이용실태를 조사하여 건설교통부장관에게 보고 ⑦관계법률에 의한 허가인 가·신고시 관계 시·도지사에게 통보	제28조 ①지하수이용실태조사 항목 ②지하수이용실태조사 보고 기한	제21조 지하수이용실태조사 보고양식 제22조 관계법률에 의한 지하수개발·이용허가의 통보	

4.1.4. 업무흐름도



4.1.5. 업무 처리 요령

- 시·도지사는 매년말 현재의 관할지역 지하수 이용실태를 조사하여 다음년도 3월말까지 건설교통부장관에게 보고하여야 한다. 건설교통부장관은 보고 받은 지하수이용실태사항을 환경부장관에게 통보하여야 한다.

HELP ✓ 지하수 인·허가 및 이용실태조사를 위임받은 시·군·구 지하수 전담 부서(이하 지하수전담 부서라고 함)에서는 지하수 행정업무시스템인 『행정종합정보시스템-지역개발행정』을 이용하여 지하수 인·허가업무를 수행하고 매년 말 현재의 지하수이용실태를 조사, 입력하여 시·도 및 건설교통부에 보고한다.

- 관계중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장이 관계법률에 의하여 지하수 개발·이용을 허가 또는 인가하거나 신고를 받은 때에는 15일 이내에 시행규칙 별지 제22호서식에 의하여 관계 시·도지사에게 통보하여야 한다.

HELP ✓ 지하수 전담 부서에서는 지하수 관련부서(온천, 먹는샘물, 민방위시설, 농어촌시설, 간이상수도등을 관리하는 부서) 및 수질검사기관에서 수질검사자료등 기타 지하수관리 현황자료를 받아 『행정종합정보시스템-지역개발행정』에 입력한다.

4.2. 지하수 개발·이용실태 조사방법

4.2.1. 목 적

지하수법 제17조제6항, 동법 시행령 제28조, 동법 시행규칙 제21조에 의거 각 시·군·구에서 관할구역내의 지하수 개발·이용실태조사(이하 "지하수이용실태조사"라 한다) 및 지하수 조사실적에 대한 자료수집을 효율적으로 실시토록 함에 그 목적이 있다.

4.2.2. 용어의 정의

- 가. 지하수 개발·이용실태란 지하수 개발·이용시설의 위치, 이용자, 용도, 이용량 등 일반현황과 시설의 지름, 깊이 등 제원에 관한 사항, 수질검사 결과 등 지하수수질에 관한 사항 등을 포함한 제반 실태를 말한다.
- 나. 지하수 조사실적이란 지자체 관할구역 내에서 수행된 지하수 조사 및 개발 사업을 말한다.
- 다. 지하수 이용실태조사 전담부서(이하 "전담부서"라 함)란 관할구역내의 지하수 개발·이용실태 자료 및 조사실적 자료를 수집, 총괄하는 부서를 말한다.
- 라. 지하수 관련업무 담당부서란 지하수와 관련된 업무를 수행하는 부서를 말한다.
- 마. 기타 지하수 이용실태조사 및 지하수 조사실적 자료수집과 관련된 용어는 4.2.7. 및 4.2.8.의 기재 요령에 명시된 용어의 정의에 따른다.

4.2.3. 적용 범위

- 가. 지자체의 관할구역에 위치한 지하수 개발·이용시설 현황, 수질검사자료, 지하수 이용실태에 관한 제반 조사 및 결과보고, 지하수 조사실적 보고 등을 포함한다.
- 나. 지하수 이용실태조사 대상은 지하수법에 의거 허가를 받거나 신고한 시설뿐 아니라 허가 또는 신고의무가 면제된 시설과 다른 법률에 의하여 허가 또는 인가를 받은 시설을 모두 포함한다.
- 다. 지하수 이용실태조사는 매년말을 기준으로 관할 구역 내에서 연간 사용된 지하수량 및 시설 등을 포함한다.
- 라. 지하수 조사실적은 당해년도에 관할 구역에서 실시된 지하수 조사 및 개발 사업이 해당되며, 지하수 조사실적의 보고는 당해년도에 완료된 조사 및 개발 사업의 실적에 국한한다.

4.2.4. 조사 절차

- 가. 시·도지사는 매년 12월초에 지하수 이용실태조사를 위한 협조공문을 각 시·군·구에 발송한다.
- 나. 각 시·군·구 지하수 전담 부서에서는 지하수 인·허가시설 또는 신고시설 (타법 시설 포함)에 대한 개발·이용실태 및 조사실적을 매년도말 기준으로 조사하여 시·도 및 건설교통부에 보고한다.

HELP ✓ 지하수이용실태 조사항목은 대상 시설의 인·허가 사항, 관련법률, 공공/사설, 사용기간, 사용일수, 정수처리, 수원, 년사용량, 산정기준, 정호형태, 주기적인 수질검사결과 등이며 이 중 음용여부, 년사용량, 수질검사결과 등은 매년 조사하여 수정, 입력한다.

- 다. 각 시·군·구 지하수 전담 부서에서는 지하수이용실태 조사 후 행정자치부에서 개발·배포한 『행정종합정보시스템-지역개발행정』에 입력 보고하고 지하수조사 실적은 4.2.8.의 지하수조사실적 보고서 양식(한글)에 의거 작성하여 보고한다.
- 라. 각 시·도지사는 관할 시·군·구의 지하수이용실태 및 조사실적을 매년도말을 기준으로 조사하고, 그 결과를 다음 년도 3월말까지 지하수법 제17조 제6항에 의거 건설교통부장관에게 보고하여야 한다.
- 마. 건설교통부장관은 상기 지하수 이용실태 자료 및 지하수 조사실적 자료를 수집, 이를 토대로 지하수 조사연보를 발행하여 각 시·도 및 시·군·구청에 성과를 발송하고 일반인이 활용할 수 있도록 한다.

4.2.5. 전산 프로그램의 활용

- 가. 건설교통부장관은 지하수 행정업무의 전산화와 지하수자료의 체계적인 관리를 위하여 『지하수 행정업무 관리시스템』을 개발, 각 지자체에 배포하고 각 지자체는 모든 자료의 입출력과 보고에 본 프로그램을 활용토록 한다. 단, 2002년에 행정자치부에서 개발하는 『행정종합정보시스템-지역개발행정』 프로그램이 완성되면 기존의 지하수 행정업무관리 시스템을 대체한다.
- 나. 전담부서에서는 허가·신고된 자료와 담당부서로부터 취득된 자료에 대한 이용실태조사 결과를 『행정종합정보시스템-지역개발행정』 프로그램을 활용하여 입력한다.
- 다. 각 담당부서에서는 해당년도의 입력자료를 관리 보존하여 다음년도 지하수 이용실태조사 보고시에 활용하도록 한다. 즉, 전년도까지 입력된 자료에 추가하여 당해년도에 개발된 지하수 개발·이용현황에 대한 자료를 입력토록 한다. 단, 차기년도 지하수 이용실태조사시 전년도에 입력된 자료에 대하여 변동사항이 발생시에는 자료의 수정 등 적절한 조치를 취하도록 한다.

4.2.6. 자료의 보관

가. 지하수 이용실태조사 결과 작성된 자료 및 입력자료는 전담부서에서 총괄, 보관하여야 한다.

나. 자료의 보관기간은 3년으로 한다.

4.2.7. 지하수 이용실태조사 자료 입력기준

가. 기본원칙 및 유의사항

- ① 모든 자료는 기본적으로 지하수 허가·신고 자료와 지하수 개발·이용실태조사를 실시하여 획득된 자료를 입력하되, 입력 항목 중에서 보유하고 있거나 입력 가능한 항목에 대하여 입력을 하고, 해당자료가 없는 항목의 경우에는 빈칸으로 남겨둔다.
- ② 모든 자료의 입력시 글자와 글자, 숫자와 숫자 사이는 띄어쓰기를 하지 않고 붙여서 입력한다.
- ③ 각 항목에는 입력가능한 자리수가 정해져 있으며, 자리수를 초과하여 입력하지 않도록 한다.
- ④ 수질자료의 입력방법은 우선 입력코자하는 시설을 조회하여 해당시설을 확인한 후 해당 수질항목의 수치를 입력한다.
- ⑤ 허가/신고시설의 경우 허가신청서 접수 또는 신고서 접수시 입력된 모든 항목은 이용실태조사 부분으로 자동 전환되며, 그 외에 자동 전환되지 않은 일부 항목에 대하여는 지하수 담당공무원이 직접 조사를 실시한 후 입력하여야 한다.

나. 항목별 세부 입력기준

① 허가형태

허가시설, 신고시설, 타법에 의한 인·허가시설(온천, 먹는샘물) 및 기타 중에서 선택·입력한다.

◦ 허가시설 : 지하수법에 의해 허가된 시설을 말한다.

◦ 신고시설 : 지하수법에 의하여 신고된 시설을 말한다.

◦ 타법에 의한 인·허가시설

- 온천법에 의거 인·허가 받은 온천시설, 먹는물관리법에 의거 인·허가 받은 먹는샘물시설, 제주국제자유도시특별법에 의거 인·허가 받은 시설

◦ 기 타 : 상기 허가시설, 신고시설 및 타법에 의한 인·허가시설로 분류되지 않거나 분류가 곤란한 시설

② 허가(신고)번호 및 관리번호

허가(신고)번호는 프로그램 내부적으로 자동으로 부여되는 번호로서, 『허가신고 구분 - 개발년도 - 일련번호』 체계로 입력된다. 관리번호는 담당자의 편의를 위하여 특별히 별도의 번호를 부여할 필요가 있는 경우에 입력할 수 있는 칸이다. 자동으로 입력되는 허가(신고)번호는 전국의 지하수 관정에 대한 표준화된 번호 체계로 활용된다.

허가번호의 예)허가-2002-1, 신고-2001-100 등

③ 관련 법률

지하수 개발의 근거가 되는 관련법률을 찾아 선택·입력한다.

▷ 농어촌정비법, 국방군사시설사업에관한법률, 제주국제자유도시특별법, 온천법, 민방위기본법, 수도법, 먹는물관리법, 주택건설촉진법, 폐기물관리법, 기타법률, 지하수법

◦ 예를들면, 아파트내의 공공급수시설은 주택건설기준등에 관한 규정에 의하여 설치하고, 민방위 비상급수시설은 민방위 기본법에 의하여 설치하며, 농업용 대형관정은 농어촌발전특별조치법에 의하여 설치하므로 해당 관련 법률을 입력한다.

◦ 모든 지하수 개발시설은 타법에서 특별한 규정이 없는 한 지하수법에 의하여 관리되고 있다.

④ 담당과

해당 시설 및 자료를 관리하는 담당과를 입력한다.

예) 건설과, 치수과, 수도과, 민방위과, 지역경제과, 산업과, 기반조성과 등

⑤ 시도

16개 시도 중 해당 시도를 선택·입력한다. 예) 서울, 경기, 강원, 충북 등

⑥ 시군구

시설 소재지의 해당 시군구를 선택·입력한다. 예) 광명시, 여천시, 종로구 등

⑦ 읍면동

시설 소재지의 해당 읍면동을 선택·입력한다. 시지역의 경우 법정동을 선택하여야하며, 기입력된 시설 중 행정동이 입력되어있는 경우에는 법정동으로 변환하여야 한다. 예) 장호원읍, 구성면, 이문동 등

⑧ 리

시설 소재지가 읍면인 경우 해당 리명을 선택·입력한다. 예) 백석리 등

⑨ 번지

시설이 위치한 해당번지를 입력한다. 예) 112-5, 351 등

⑩ 지역건물명

관용적으로 쓰이는 지역명, 마을이름, 건물이름, 아파트이름, 지구명, 블록명 등이 있을 경우에 해당이름을 입력한다.

예) 밤나무골, 노루마을, 장교빌딩, 나래아파트, 제2택지개발지구, 제3공단
112-2블록등

⑪ 사용자

정호를 실제로 이용하는 사람을 입력한다. 예) 홍길동

⑫ 전화번호

사용자의 연락처인 전화번호를 입력한다.

⑬ 상호명

시설이 위치하거나 사용하고 있는 상호명 또는 기관명을 입력한다.

⑭ 토지소유자

정호를 사용하는 사람과 토지소유자가 다른 경우에 토지소유자명을 입력한다. 예) 홍길자

⑮ 전화번호

토지소유자의 연락처인 전화번호를 입력한다.

㉠ 경도

정호가 위치하는 지점의 좌표 파악이 가능한 경우 입력한다. 허가(신고)시설인 경우에는 허가(신고)서식 첨부물의 지형도상에서 좌표의 추출이 가능하다. 예) 동경 136°27'58"

㉡ 위도

허가신청서 또는 신고서상에 기재된 정호의 좌표를 입력한다. 허가(신고)시설인 경우에는 허가(신고)서식 첨부물의 지형도상에서 좌표의 추출이 가능하다. 예) 북위 35°33'51"

㉢ 표고

허가신청서 또는 신고서상에 기재된 정호의 표고를 m단위로 입력한다.

㉣ 용도

지하수의 용도를 생활용, 공업용, 농업용, 기타 중 선택·입력한다.

◦ 생활용

일반적으로 일상 생활에 사용되는 경우로서 ㉠번 중 생활용 세부용도에 해당하는 경우이다. 이들은 음용, 위생용, 요리용, 세탁용, 청소용, 난방용, 수영장, 세차용, 잔디급수용, 정원용, 도시정원, 공원, 소방용, 공공건물 급수용, 공공목욕탕용 및 관광용 등을 포함한다.

◦ 공업용

일반적으로 공단, 공장, 생산업체 등에서 사용되는 경우로서 ㉠번 중 공업용 세부용도에 해당하는 경우이다. 이들은 얼음 제조용, 음료수 생산용, 식료품 제조용, 냉각수용, 광산용, 전력생산용 등을 포함한다.

◦ 농업용

일반적으로 농업 및 축산업 등을 영위하기 위하여 사용되는 경우로서 ㉠

번 중 농업용 세부용도에 해당하는 경우이다. 논 및 밭밭수로 사용되는 경우, 화훼단지, 원예단지, 축산, 수산 등을 포함한다.

◦ 기 타

온천용 및 먹는샘물의 경우와 기타 분류가 곤란한 경우를 포함한다.

세부용도

생활용

- 가정용이란 개인집에 설치된 시설로서 일반가정에서 가정 생활을 영위하기 위해 사용하는 시설을 말한다. 시지역에서 하수세를 부과하는 경우의 가정용으로 분류된 시설을 포함한다.
- 일반용이란 식당, 여관, 목욕탕, 세차장, 수영장 및 소규모 개인사업체 등에서와 같은 영업용 목적과 빌딩, 공공시설(공원, 병원)등에서와 같이 여러 사람이 이용하는 곳에 설치된 시설을 말한다. 시지역에서 하수세를 부과하는 경우의 영업용, 공공용, 공중용 및 임시용으로 분류된 시설을 포함한다.
- 학교용이란 유치원, 초등학교, 중고등학교, 대학교 등에서 학교의 유지를 위하여 설치된 시설을 말한다.
- 민방위용이란 민방위용 비상급수 시설 및 소방용수 등으로 설치되거나 지정되어 관리되는 시설을 말한다. 민방위기본법에 의거하여 설치, 지정된 시설을 포함한다.
- 국군용이란 군부대 또는 군 관련기관에 설치된 시설을 말한다. 국방군사시설사업에 관한 법률에 의거하여 설치된 시설을 포함한다.
- 공동주택용이란 아파트, 빌라, 연립주택 등 대규모 주거시설에 비상용 또는 상시용으로 설치되어 공동으로 이용하도록 설치된 시설을 말한다. 주택건설기준등에 관한 규정에 의거하여 설치된 시설을 포함한다.
- 간이상수도용이란 광역 또는 지방상수도 미급수지역에서 공동마을용으로 설치된 시설을 말한다.
- 상수도용이란 광역상수도 또는 지방상수도의 수원으로 설치된 시설을 말한다.
- 농업·생활겸용이란 농번기에는 농업용으로 사용하고 농한기에는 생활용으로 사용하는 시설을 말한다. 농어촌지역의 생활·농업 겸용으로 개발한 시설을 포함한다.
- 기타는 상기 세부용도로 구분이 불가능한 경우를 말한다.(기존에 “기타”로 입력되어있는 시설은 조사 후 타용도로 재분류한다.)

공업용

- 국가공단이란 국가공단내 공장시설에 설치된 시설을 말한다.
- 지방공단이란 지방공단내 공장시설에 설치된 시설을 말한다.

- 농공단지란 농공단지내 공장시설에 설치된 시설을 말한다.
- 자유입지업체란 공단지역이 아닌 일반 공장에서 개발한 시설 및 하수세 부과시설중 산업용으로 구분된 시설을 말한다.
- 기타는 상기 세부용도로 구분이 불가능한 경우를 말한다.(기존에 “기타”로 입력되어있는 시설은 조사 후 타용도로 재분류한다.)

농어업용

- 전작용은 밭에 설치되어 밭농사에 사용되는 시설을 말한다.
- 답작용은 논에 설치되어 논농사에 사용되는 시설을 말한다.
- 원예용은 원예를 목적으로 설치된 시설을 말한다.
- 수산업용은 수산업을 목적으로 개발된 시설을 말한다.
- 축산업용은 축산업을 목적으로 개발된 시설을 말한다.
- 양어장용은 양어장 운영을 목적으로 개발된 시설을 말한다.
- 기타는 상기 세부용도로 구분이 불가능한 경우를 말한다.(기존에 “기타”로 입력되어있는 시설은 조사 후 타용도로 재분류한다.)

기 타

- 온천수는 온천으로 개발되어 사용되는 시설을 말한다. 즉, 온천법에 의하여 개발되어 설치된 시설을 말한다.
- 먹는 샘물은 먹는 샘물(혹은 광천음료수)로 개발된 시설을 말한다. 즉, 먹는물 관리법에 의거 시판용으로 개발되는 먹는 샘물의 수원 시설을 말한다.
- 기타는 상기의 세부용도로도 구분이 되지 않는 시설을 말한다.(기존에 “기타”로 입력되어있는 시설은 조사 후 타용도로 재분류한다.)

☞ 공공/시설

공공용이란 정부, 정부투자기관 및 지자체 등이 주관하여 국고 또는 지방세를 투자하여 개발한 경우이며 시설용이란 기타의 경우를 말한다.

- 예를들면, 학교시설중에서 국공립학교는 국고 또는 지방비가 투자된 경우이므로 공공용이며 사립학교는 시설용으로 볼 수 있다. 민방위용중에서 정부에서 직접 개발한 시설은 공공용이며 지정하여 관리하는 시설은 시설용에 해당된다. 농어업용중 국고 및 지방비가 지원·투자되어 개발된 시설은 공공용에 해당된다.

☞ ~ ☞ 사용기간(시작월~종료월)

정호의 연간 사용기간을 선택·입력한다.

예를들어, 생활용과 같이 365일 사용하는 경우에는 1월~12월과 같이 해당월을 선택·입력하고, 농업용과 같이 일부 기간에 한하여 사용하는 경우에는 3월~10월과 같이 해당월을 선택·입력한다.

㉔ 사용일수

정호의 연간 사용일수를 입력한다.

예를들어, 가정용과 같이 연중 내내 사용하는 경우에는 365일, 학교와 같이 방학기간을 제외하는 경우에는 방학을 제외한 일수, 농업용과 같이 농번기에만 이용하는 경우에는 60일, 90일, 120일 등 사용 일수를 입력한다.

㉕ 음용 여부

음용, 비음용 중 선택.입력한다.

㉖ 급수가구

생활용수 중 세부용도가 가정용, 공동주택용, 간이상수도, 상수도 등으로서 급수가구를 파악할 수 있는 경우에 가구수를 입력한다.

㉗ 급수인구

생활용수로서 급수인구를 파악할 수 있는 경우에 인구수를 입력한다.

㉘ 1인당 급수량

생활용수에 1인당 급수량이 파악되는 경우 또는 급수인구와 이용량을 파악할 수 있어 1인당 급수량을 산정할 수 있는 경우(이용량/급수인구)에 ℓ(m³이 아님)단위로 입력한다. 즉, 상수도 및 간이상수도 등의 1인당 급수량을 본 항목에 입력한다.

㉙ 물리면적

농업용 정호중에서 물리면적을 알수 있는 시설의 경우 헥타르(ha)단위로 입력한다.

㉚ 정수처리

지하수를 취수한 후 정수처리를 하는 지 여부를 선택.입력한다.

- 생활용수로서 상수도 및 간이상수도 등은 정수처리하는 경우가 대부분으로서 정수처리 여부를 파악하여 입력한다.
- 정수처리 여부를 파악할 수 없는 경우에는 빈칸으로 둔다.

㉛ 수 원

- 지하수는 지하 심부 암반내의 지하수를 개발하는 경우 또는 상부의 충적층 및 풍화대내의 지하수를 개발하는 경우이다.
- 복류수는 하천주변 또는 하천바닥의 충적층에 부존된 지하수를 개발하는 경우이다.
- 용천수는 자연히 용출하는 지하수를 개발하는 경우이다.
- 지하염수는 해안가에서 양어장, 수산업, 해수목욕탕등의 용도로 개발하는 경우로서 지하염수를 채수하는 경우를 말한다(참고로 제주도의 경우는 조례에 의하여 지하염수의 정의를 염소이온농도 1,000mg/l 이상인 경우로 정하고 있다.)

※ 일사용량

단위는 $m^3/일$ 이며, 일일 사용량을 입력한다. 일사용량은 실제 하루에 취수하여 사용하는 수량을 조사하여 입력하여야 하며, 지하수 이용량 자료의 신뢰도 제고를 위하여 다음과 같이 하수도 사용료 부과자료, 전력량 사용자료, 농업용 및 간이상수도용 암반관정 개발현황자료 등의 자료를 최대한 활용하여야 한다.

- 하수도 사용료 부과시설의 경우에 매월 또는 연간 하수세 부과자료를 활용하여 전체 이용량을 이용일수로 나누어 산정

HELP ✓ 하수도 사용료는 하수도법에 의하여 하수 배출량과 업종에 따라 부과하는 요금으로서 지하수를 사용하는 경우 지하수 개발·이용 허가/신고시 지하수이용량, 자동모터펌프의 시간계 자료, 유량계에 의한 측정 자료 등을 토대로 지하수 이용량을 산정하게 되며, 이를 토대로 업종별 m^3 당 요금을 곱하여 사용료를 부과한다.
✓ 따라서 하수도 사용료 부과대상 시설의 경우 하수도 사용료 부과를 위해 산정한 지하수 이용량을 활용할 수 있다.

- 전기시설이 단독으로 설치된 농업용 정호의 경우에 한국전력공사에서 수집한 전력사용량 자료를 활용하여 추정

HELP ✓ 농업용 관정의 경우 모터펌프를 작동하는데 소요된 전력사용량 자료가 있으면 다음과 같은 식을 통해 지하수 이용량을 추정할 수 있다.
✓ 지하수 양수량 = 전력사용량(kW)/모터용량(kW) × 양수능력

- 간이상수도인 경우에 1인당 급수기준량과 급수인구자료를 활용하여 산정

HELP ✓ 예를 들면 1인당 1일 급수량이 120ℓ/인이고 급수인구가 100명인 경우 지하수 사용량은 120ℓ/인/일×100인=12,000ℓ/일=12 m^3 /일 이다.

- 허가(신고)시설, 공업용 등과 같이 개발당시에 계획된 일일 취수계획량으로 추정
- 온천수 및 먹는 샘물과 같이 일일 취수량을 명확히 알 수 있는 경우에는 직접 산정
- 기타 연사용량과 사용일수를 명확히 알 수 있는 경우에는 연사용량과 사용일수로부터 산정

HELP ✓ 지하수 연사용량 조사는 직접 방문 또는 전화 문의(소유주에게 유량계 수치 문의, 유량계 교체여부 문의 등)를 통하여 수행한다.

※ 년사용량

단위는 $m^3/년$ 이며, 연간 사용량을 입력한다. 년사용량은 일사용량과 사용일수를 토대로 산정하여 입력한다. 하수도 사용량 부과시설과 같이 사용량 검침을 실시하는 경우와 온천수, 먹는샘물과 같이 취수량 계측이 가능한

경우에는 이를 토대로 연간 사용량을 산정한다.

☞ 산정기준

일사용량을 산정한 방법을 입력한다.(실체계측, 인정계측, 구분불가)

☞ 정호형태

- 관정이란 자동펌프 등 전기 또는 원동기에 의한 동력을 사용하는 정호
- 인력관정이란 수동펌프에 의한 동력을 사용하는 정호
- 집수암거란 하천복류수, 충전층 등에 설치된 집수정 시설
- 지하댐이란 지하에 설치한 댐
- 우물이란 동력장치 없이 두레박 등을 이용하여 취수하는 시설

☞ 충전, 암반

- 충전관정이란 충전층 지하수 또는 하천복류수를 취수하는 정호
- 암반관정이란 암반 지하수를 취수하는 정호

☞ ~ 개발년도

해당 정호를 설치하여 사용 개시한 년도, 월, 일을 선택·입력한다. 지하수 법에 의해 허가신고 받은 시설의 준공일자에 해당한다.

☞ 시공기관

지하수를 개발한 업체명을 입력한다. 예) 금강개발(주), 한국지하수 등

☞ 굴착심도

지표면에서부터의 우물바닥까지의 깊이를 m단위로 입력한다.

☞ 정호구경

정호굴착후에 공내에 삽입한 케이싱의 직경(외경)을 mm단위로 입력한다.

☞ 펌프마력

정호에 설치된 양수기(펌프)의 고유한 값으로 HP(마력)단위로 입력한다.

☞ 양수능력

양수기(펌프)의 설치 심도 및 효율 등에 따라서 결정되며 m³/일 단위로 입력한다.

☞ 토출관 직경

지하에서 취수된 물을 지표로 보내는 토출관직경을 mm단위로 입력한다.

☞ 유량계

유량계의 설치 여부를 선택·입력한다.

☞ 출수장치

출수장치의 설치 여부를 선택·입력한다.

☞ 그라우팅

그라우팅 시행 여부를 선택·입력한다.

☞ 상부보호공

상부보호공의 설치 여부를 선택·입력한다.

☞ 수위측정관

지하수위 측정관의 설치 여부를 선택·입력한다.

☞ 케이싱

케이싱의 설치 여부를 선택·입력한다.

☞ 전기가설

펌프의 동력 확보를 위한 전기 가설 여부를 선택·입력한다.

☞ 자연수위

양수 등 인위적인 지하수의 변화가 없는 자연상태의 지하수위를 말한다. 지하수 개발 시에는 양수이전에 측정된 지하수위를 기록하고, 이용 중에는 양수를 멈춘 후 수 시간이 지나 자연상태로 회복된 후의 지하수위를 측정, 기록한다. 지표면에서부터 지하수위가 존재하는 부분까지 측정된 심도로서 m단위로 입력한다. 이 때 지표면에서 케이싱이 상부로 돌출된 부분은 제외하고 지표면에서부터의 깊이로 환산된 값을 입력한다.

☞ 안정수위

양수시험을 통하여 도출된 안정된 수위를 입력하되 지표면으로부터 지하수위가 존재하는 부분까지 측정된 심도로서 m단위로 입력한다. 일반적으로 자연수위보다 깊다.

☞ 폐공발생원인

시설이 폐쇄되거나 사용 종료되어 못쓰게 된 경우 및 방치된 경우로서 폐공 확인된 경우에 다음의 경우 중 폐공의 원인을 선택·입력한다.

- 수량부족이란 수원고갈되어 사용이 불가능하게 된 경우
- 수질악화란 수질이 오염되어 사용이 불가능하게 된 경우
- 상수도대체란 상수도의 설치와 같이 지하수를 대체할 용수공급시설이 설치되어 폐공된 경우
- 토지형질변경이란 토지의 형질이 변경되어 폐공된 경우
- 소유주변경이란 지하수시설의 소유주가 이사, 명의변경 등의 사유로 변경되어 폐공된 경우
- 용도변경이란 지하수 개발당시의 목적과 용도가 사업의 변경 혹은 완료와 함께 상실되어 폐공된 경우
- 사용중지란 지하수법 규정에 의한 원상복구 명령에 따라 지하수사용을 중지하게 된 경우
- 염분증가란 해안 및 도서지역 등에서 지하수의 염분이 증가하여 사용할 수 없게 된 경우
- 기타란 자연재해로 인한 유실 또는 매몰된 경우, 개발이용허가 또는 신고후 개인적인 이유로 개발을 포기하여 서류상으로 폐공된 경우, 지하수 개발이 실패하여 폐공된 경우 등

폐공발생일

폐공이 발생, 확인된 연도, 월, 일을 선택·입력한다.

폐공처리일

폐공을 되메움하거나 폐쇄한 연도, 월, 일을 선택·입력한다.

폐공처리방법

▷ 되메움 처리, 관측정으로 재활용, 재이용, 임시처리, 기타

되메움 방법

▷ 케이싱 제거 및 시멘트슬러리·몰탈 되메움, 케이싱 미제거 및 시멘트슬러리·몰탈되메움, 점토 되메움, 일반토사 되메움, 기타

되메움처리자

폐공의 되메움 공사를 실시한 업체명 또는 되메움을 실시한 사람을 입력한다.

수질검사 유무

지하수에 대한 수질검사 실시 여부를 선택·입력한다.

수질검사 종류

▷ 지하수(생활용, 공업용, 농어업용) 수질기준, 먹는물, 먹는샘물, 먹는샘물(원수) 수질기준, 온천수, 기타

수질검사 결과

수질검사 성적서에 기재된 검사결과를 해당 코드(입력형태)를 찾아 입력한다.

신청자

수질검사를 의뢰한 신청인을 입력한다.

수질검사 기관

수질검사를 실시한 정호에 한하여 수질검사 기관을 입력한다.

수질검사일자

수질검사를 실시한 연도, 월, 일을 선택·입력한다.

총 47개 항목

수질검사를 실시한 시설에 대하여 수질검사 항목별로 성적서에 기재된 수치를 입력한다. 단, 아래의 경우에는 해당되는 사항만 입력할 수 있다.

- 수질검사기관으로부터 지자체 담당부서로 수질 부적합 항목만 통보되어 관리되는 경우에는 수질부적합 항목만 입력할 수 있다.
- 동일한 시설에 대하여 1년에 수회 이상 수질검사를 실시하는 경우에는 마지막 수질검사 자료를 입력한다.

4.2.8. 지하수 조사실적 보고서 작성

지하수 조사 요약서						
1. 작성기관 및 부서			2. 작성일자			
3. 조사명칭						
4. 조사목적						
5. 조사위치 및 면적						
6. 조사기간						
7. 조사비	총액		국비	도비	시군비	기타
	내자(천원)	외자(\$)				
8. 시행기관						
9. 조사자						
10. 조사구분			조사정밀도			
			조사방법			
11. 성과물명칭						
12. 성과형태	성과종별		성과형태		성과규격	
	발간년도		성과발행처		성과물보관기관	
13. 성과활용방법	구득여부		사본여부		비고	
	가	부	가	부		
14. 조사내용						

- 1) 작성기관 및 부서는 지하수 조사요약서를 작성한 지방자치단체명 및 부서를 기재한다.
- 2) 작성일자는 지하수 조사요약서를 작성한 연도와 월일을 기재한다.(0000년 00월 00일)
- 3) 조사명칭은 지하수 조사 및 개발사업의 명칭을 기재한다.
- 4) 조사목적은 지하수 조사 및 개발사업의 목적을 기입한다.
- 5) 조사위치 및 면적은 지하수 조사 및 개발 지점의 위치와 면적을 기입하고 면적은 km² 단위를 사용한다.
- 6) 조사기간은 지하수조사 및 개발사업의 기간을 기입하며 사업 시작일과 종료일을 월일 단위까지 기재한다. (0000. 00. 00 ~ 0000. 00. 00)
- 7) 조사비는 천원 단위로 기입하며 국비, 도비, 시군비, 기타로 구분하여 기재한다.
- 8) 시행기관은 지하수 조사 및 개발사업을 계획, 시행한 기관을 기입하며 용역사업인 경우는 발주처를 기입한다.
- 9) 조사자는 지하수 조사 및 개발사업을 직접 수행한 업체(기관)명을 기재한다.
- 10) 조사구분은 조사의 성격을 기재하고, 조사정밀도는 축척을 기재하며, 조사방법은 주요 수행방법 등을 기재한다.
 예) 조사구분 : 예비조사, 타당성조사, 실시설계, 기초조사, 연구 등
 조사정밀도 : 1/5,000, 1/25,000 등
 조사방법 : 원격탐사, 물리탐사, 시추/착정조사 등
- 11) 성과물 명칭은 보고서, 도면 등의 제목을 기입한다.
- 12) 성과 형태
 - ① 성과종별은 보고서, 조서, 설계도서, 지형도, 모형도, 수문지질도, 측량성과등 성과품을 대표할 수 있는 종류를 기입한다.
 - ② 성과형태는 책자, 도면, 모형, 사진 등으로 그 형태를 기입한다.
 - ③ 성과규격은 성과물의 크기를 기입한다. 예) 4×6배판, 20×30cm등
 - ④ 발간년도는 성과물의 발간년도를 월단위까지 기입한다.(0000년 00월)
 - ⑤ 성과발행처는 사업 성과물 발행기관을 기입하며 용역사업인 경우는 발주처 및 수행기관을 기입한다.
 - ⑥ 성과물 보관기관은 상기 성과물을 보관·관리하고 있는 기관 및 부서명을 기재한다.
- 13) 성과 활용방법은 성과물의 구득 여부와 사본 여부(가, 부)에 ○를 기재한다.
- 14) 조사내용은 지하수 조사 및 개발사업의 주요 내용을 기재하며, 조사 성과에 대한 요약 및 과업 항목별 주요 내용을 기재한다.
- 15) 상기 작성내용 이외에 별도로 지하수 조사 및 개발사업의 성과물인 보고서 및 도면을 첨부한다.

제 5 장
보조 지하수관측망
설치·관리

제 5 장 보조 지하수관측망 설치·관리

5.1. 개 요

5.1.1. 목 적

본 지침은 지방자치단체 지하수 담당공무원이 지하수법 제17조의 규정에 규정된 보조 지하수 관측정의 설치 및 운영에 필요한 기준을 수록한 것으로서 다음과 같은 세부 목적을 갖는다.

- 지방자치단체에서 설치, 운영하여야 하는 “지역지하수관측시설(보조관측망) (이하 보조지하수관측망이라 함)”에 대하여 관측망의 구성, 관측시설의 설치, 지하수 관측 및 관측시설의 유지관리 등에 대한 기준을 정하고,
- 국가 지하수 관측망, 수질측정망 및 기타 관련 측정 시설의 설치, 운영에 필요한 사항과 활용 방안을 정함으로써, 지하수의 수위저하, 지반침하, 수원고갈, 수질오염 등의 지하수 장애를 사전에 감지, 예방하고 이를 토대로 지하수 자원의 효율적인 이용과 관리를 위한 합리적인 개발계획과 보전계획을 수립하는데 필요한 지하수 수문자료를 획득하는데 목적이 있다.

5.1.2. 지침의 내용

본 지침은 지하수 관측에 대한 일반적 사항, 보조 지하수 관측망의 설치 및 운영관리 기준, 국가 지하수 관측망의 추진현황과 운영관리 계획, 수질측정망 등을 포함한 기타 관측시설의 현황과 활용 등으로 구성되어 있다.

5.1.3. 적용 범위

본 지침은 지하수법 제17조에 의하여 각 지방자치단체에서 실시하는 보조 지하수 관측망에서 관측망의 위치 선정, 관측시설의 설치, 관측업무, 관측시설의 유지관리 등 지하수 관측업무에 적용한다. 또한, 기타 지하수 관련 관측시설의 운영을 통하여 획득된 정보의 활용에 관한 사항에 적용한다.

5.1.4. 용어의 정의

가. 지하수

지하의 지층이나 암석사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물

나. 지하수 수위

일정한 기준면(평균해수면)으로부터 지하수의 수면까지의 높이

다. 지하수 관측정

지하수의 수위, 수질 등을 관측하기 위하여 지반을 굴착하여 형성한 우물

라. 지하수 관측소

하나 이상의 관측정을 설치하여 지하수의 수위, 수질관측을 장기적으로 계속 실시하기 위한 시설물

마. 지하수 관측망

지하수 관측소 및 관측정을 다수 설치하여 네트워크화하여 운영하는 시설물의 총칭

바. 국가 지하수 관측망

지하수법 제17조의 규정에 의하여 건설교통부장관이 전국을 대상으로 지하수 수위, 수질변동에 관한 정기적인 감시 관측을 위하여 설치한 지하수 관측망

사. 보조 지하수 관측망

지하수법 제17조 및 지하수관리 기본계획에 따라 각 지방자치단체에서 관할 지역내 주요 대상지점에 설치, 운영하는 관측망

아. 수질측정망

지하수법 제18조에 따라 환경부장관이 지하수의 수질보전을 위하여 전국의 지하수에 대한 수질오염실태를 측정하기 위한 관측망

5.1.5. 관측의 단위

지하수 관측 대상은 각 관측소의 종류 및 관측 목적에 따라 정해져야 하며, 관측 항목의 단위 및 소수점 자리 등은 일반적으로 사용되는 보편 타당한 단위 및 자리수를 적용한다. 표 5.1은 일반적으로 측정되는 3개 항목에 대한 단위의 표현방법으로서 소수점 이하 자리수에 대한 적용 기준을 정한 것이다. 기타 수질 분석 항목에 적용되는 단위는 수질분석 기관에서 시행하는 단위를 따른다.

표 5.1 측정 단위

항 목	단 위	소수점이하 자리수	적용 사례
지하수위	m	2	수심 6.25 (m) 표고값 28.33 (El.m)
수온	℃	1	14.5 (℃)
전기전도도	μS/cm	0	158 (μS/cm)

주) 지하수위는 지표에서 수위까지의 수심과 지하수위의 해수면기준 환산값을 모두 보유

5.1.6. 지하수 관측시설의 일반적 분류

일반적으로 지하수의 수위 및 수질을 측정하는 지하수 관측망은 다음과 같이 3개의 부류로 나누어서 설치, 운영된다.

① 기본 지하수 관측망(Primary Groundwater Monitoring Network)

: 국가적, 광역적인 규모의 지하수 관리 정책을 수립하는데 목적이 있다. 일반적으로 지하수 수량이나 수질에 관한 광역적인 정보를 제공하게 된다. 지하수 수량이나 수질에 관한 정보는 지하수자원의 계획, 관리 및 수리지질학적 연구에 필요한 기초자료를 제공한다. 기본 관측망은 전 국가를 망라하여 넓은 지역을 포함하게 된다. 관측 경로는 일정 시간 간격으로 정해진 주기에 따라 수행된다. 국가에서 운영되는 지하수 관측망이 여기에 해당된다.

② 이차 지하수 관측망(Secondary Groundwater Monitoring Network)

: 국지적인 지역을 대상으로 인공적인 활동의 감시를 목표로 계획되어지며, 인간활동에 의한 지하수의 수질이나 수량의 변화를 관측하기 위하여 설치된다. 이차 관측망으로부터 얻어지는 자료는 특별한 지하수 관리 체계를 구축하거나 운영하는데 필요한 정보이다. 이차 관측망은 독립된 지하수 분지나 특정 관심지역을 대상으로 하게 된다. 관측되는 항목들은 특별한 관측목적에 맞는 자료를 취득하거나 특정 주기로 관측된다. 특정의 관측목적을 달성한 후에는 지속적인 관측이 필요할 경우 기초관측망에 포함되기도 한다. 본 지침에서 주로 언급하고 있는 보조지하수관측망이 해당된다.

③ 일시 지하수 관측망(Temporary Groundwater Monitoring Network)

: 특별한 지하수 프로젝트를 위하여 설치하게 되며 예를 들어 ① 수리지질학적 조사, ② 다중 양수시험, ③ 지하수 수치모델의 보정, ④ 기타 특별한 연구 등이 있다. 프로젝트가 끝나게 되면 관측정의 일부는 기초 관측망 또는 이차 관측망에 포함되기도 한다. 현장에서 양수시험시 인근에서 굴착하여 관측정으로 운영되는 시설 등이 포함된다.

5.1.7. 국내 지하수 관측시설의 종류

국내에서 설치 운영되는 지하수 관련 관측시설은 지하수법 제17조에 의거하여 광역적인 지하수위 및 배경수질 등을 측정하는 국가지하수관측망, 지하수법 제18조에 의거하여 환경부 및 지방자치단체 등에서 운영하는 수질측정망, 지하수법 제17조의2에 의거하여 각 지방자치단체별로 운영하는 보조지하수관측망, 해안 지역 농어촌지역에서 운영되는 해수침투관측망 및 먹는샘물 개발지역의 지하수 관측정 등이 해당되며, 기타 유사 관측시설로서 토양 오염을 측정하는 토양측정망 등이 있다(표 5.2).

이외에도 개정 지하수법 제16조의2에 새로이 규정된 사항으로서, 지하수를 오염하게 하거나 현저하게 오염하게 할 우려가 있는 시설(지하수오염유발시설)의 설치자 또는 관리자가 의무적으로 수행하여야 하는 지하수오염관측정의 설치 및 수질측정이 있다. 이와 같은 지하수오염관측정은 개인이 운영하는 만큼 관할 행정기관의 지도 감독이 잘 이루어져야 한다.

이상과 같이 현재 국내의 지하수 관련 관측시설은 제도적으로 충분히 고려되어 있으며, 제도 규정에 따라 체계적으로 설치 운영하고 상호 연계하여 분석, 활용하는 것이 지속적으로 이루어져야 한다.

표 5.2 우리나라의 지하수 관측망의 종류 (지하수관리기본계획, 2002)

구 분	국가 지하수 관측망	보조 지하수 관측망	지하수 수질 측정망	해수침투조사 관측망
관리주체	건설교통부	지방자치단체 (시·도)	환경부	농림부
갯 수	320개소	10,000개소 이상	·1,965개소 ·필요시 확대	192 개소
관측방법	자동관측	수동 관측, 필요시 자동관측	수동 관측, 필요시 자동관측	자동관측
관측항목	·수위, 수온, 전기 전도도(일 4회) ·지하수 수질(연간 2회)	·수위 ·지하수 수질	·지하수 수질 (환경부에서 정하는 항목, 연간 2회)	·수위, 수온, 전기 전도도(매 1시간)
설치방안	신규 굴착	기존시설 활용 및 신규 굴착	기존시설 활용 및 신규 굴착	기존시설 활용 및 신규 굴착
자 료 종합관리	시·도지사 ↔ 건설교통부 ↔ 환경부, 농림부			

주) 기타 관측정으로는 먹는샘물 관측정 및 오염유발시설 관측정 등이 있음

5.2. 보조 지하수 관측망 설치·운영

5.2.1. 목 적

보조 지하수 관측망은 국가지하수 관측망과 연계하여 국가지하수 관측망을 보완하기 위한 기능으로서, 지역별로 주요 관측 대상 지점에 관측정을 설치하여 지하수 수위(수질) 특성 자료를 획득하는데 그 목적이 있다.

보조 지하수 관측망의 세부내용 및 목적은 다음과 같다.

- 지하수의 자원고갈 방지를 위한 수위관측(지하수자원의 최적개발)
- System내 수문 요소에 따른 지하수 수지균형 산출
- 지하수 생성요인 및 순환과정 규명
- 오염이 잔존가능한 지역에 있어 지층내 수문지질학적 특성 파악
- 지하수자원의 항구적인 관리 및 보존(수위 강하 또는 오염된 지하수 등이 생태계에 미치는 피해와 같은 환경에 대한 보호)
- 지하수의 수질변화 및 특성변화예측을 위한 수질관측(지하수 과다 채수, 지하수 오염, 염수침입 등과 같은 지하수 피해의 통제)

5.2.2. 시행 근거 및 사업계획

지하수법(2001년 1월 16일 개정·공포) 제17조에 의하면, 각 시·도지사는 관할 구역안의 지하수 수위 변동을 파악하기 위하여 국가관측망을 보완하는 보조지하수관측시설을 설치하여 운영토록 규정하고 있으며, 각 시·도에서는 보조관측망의 위치, 구조도 및 측정 장비 등을 포함한 보조관측망 설치 계획을 수립하여야 한다. 본 지침에서는 이와 같은 계획 수립에 필요한 기본적인 자료를 제시하였다.

또한 정부(건설교통부)의 「지하수관리 기본계획」에 의하면, 2011년까지 전국 시·군·구별로 총 10,000여 개소의 보조지하수 관측망을 설치하는 것으로 중장기 계획을 수립한 바 있다.

5.2.3. 보조 지하수 관측망 위치 선정

□ 위치선정 기준 및 일반 절차

가. 기본 원칙

효율적인 보조지하수 관측망을 구축하기 위해서 관측지점을 전국을 대상으로 획일적으로 등분포 배치보다는 지하수의 고갈이나 오염의 문제로 관측이 우선적 필요한 지역에 먼저 설치되도록 해야 한다. 따라서 지하수의 특성을 반영하는 항목들을 선정하고, 이 항목을 체계화 및 정량화하여 전국의 행정구역 별로 필요한 설치지점을 결정하도록 한다.

보조지하수 관측망의 위치선정 기준으로 다음을 고려할 수 있다.

- 지하수 장해 발생 지역 또는 장해 발생 우려 지역
- 지하수 보전 구역
- 광역 지하수 관측소 상하류 구배 구간
- 지역내 수문지질 특성 대표 지역
- 단층, 균열 등 연속성이 큰 대규모 단열대 발달 구간

상기 기준들은 학술적이거나 지질 및 수문학적인 데이터를 필요로 하는 경우도 포함되어 있으므로, 일선 지방자치단체에서 적용하기에는 다소 무리가 따른다. 따라서, 본 지침에서는 일선 지하수 담당공무원이 적용할 수 있는 비교적 간단한 방법을 제시하였다. 또한 1차적으로 총 10,000개의 관측정에 대하여 시·군별 관측정의 갯수를 제시하였으며, 2차적으로는 해당 시·군내의 동·리별 관측정 갯수 및 위치 선정 방법을 수록하였다.

나. 위치 선정시 사용인자

보조지하수 관측망은 관측의 목적상 수위의 강하 여부, 수량의 고갈 여부 및 기타 수질의 변동 등을 파악하기 위한 것으로서 다음과 같은 3개의 인자로 대분하여 대상지역을 고려할 수 있다.

- 지하수의 개발과 이용이 활발한 지역에서의 관측망
- 지하수 오염여부 확인 및 오염진행을 확인할 필요가 있는 지역에서의 관측망
- 지하수가 중요한 생활용 자원으로서 활용되는 지역에서의 관측망

다. 위치선정 절차

상기 지하수 관측망 위치선정시 고려되는 3개의 기본 평가 인자 및 세부 요인들을 대상으로 아래와 같은 절차를 통하여 관측망 위치를 선정한다(그림 5.1).

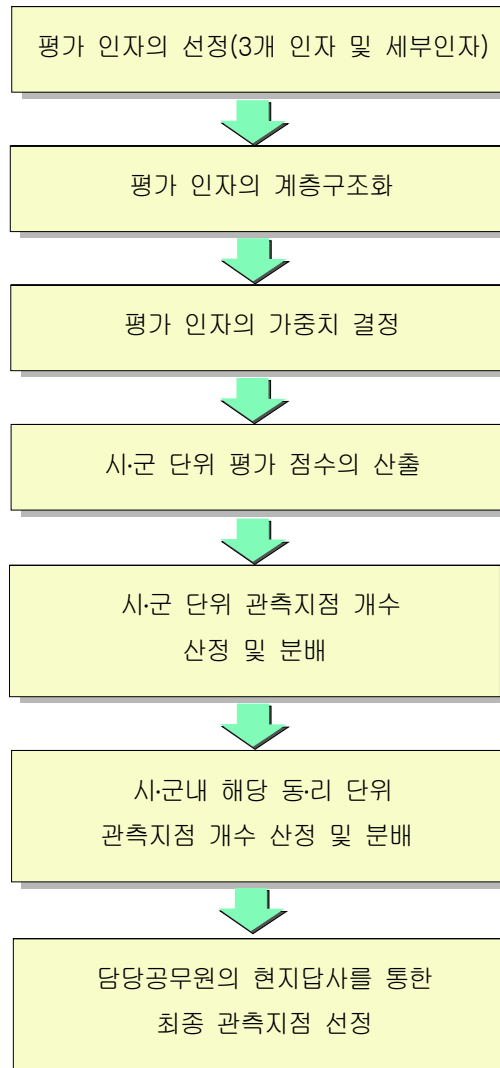


그림 5.1 보조 지하수 관측망 위치선정에 대한 일반적 흐름

3개의 기본 평가인자는 위에서 언급한 바와 같이 지하수의 이용현황, 지하수의 오염여부 및 생활에 대한 의존도로 구분하여 선정된다. 선택된 평가인자들을 평가의 최종 목적에 해당하는 가장 상위 단계의 관측망의 설계부터 최하의 단계인 세부 평가 인자들의 속성에 이르기까지 Tree 구조(구조화)를 갖게 된다. 구조화된 인자에 대한 평가 인자의 속성별 상대적 중요성을 반영하는 속성별 가중치와 평가 인자들 사이의 중요성을 나타내는 평가인자별 가중치를 짝비교를 통하여 산정한다. 작성된 가중치는 계층 구조 단계별로 승합산되어 관측망설계에 필요한 총점수가 된다. 산출된 총점수를 비교하여 관측 지역의 보조지하수 관측망 설치 우선 순위를 평가한다.

보조지하수 관측망의 위치 선정 절차를 개략적으로 언급하면 다음과 같다.

- 본 지침에서 제시된 해당 시·군별 지하수 관측망의 설치대상 갯수를 파악하고,
- 본 지침에서 제시하는 동·리별 관측망 갯수 평가 방법을 숙지하여,
- 관측망 갯수 평가의 기초자료로 사용되는 지하수 및 관련 인자에 대한 동·리별 자료를 수집하고,
- 수집된 자료를 토대로 본 지침에서 제시하는 동·리별 관측망 갯수 평가 방법을 적용하여 동·리별 관측망 갯수를 확정하며
- 최종적으로 해당 동·리를 방문하여 활용가능한 관정을 파악하거나 신규 굴착 지점을 결정한다.

□ 시·군별 보조지하수 관측망 갯수

본 절에서는 “짝비교(Pairwise Comparison)” 방법을 이용하여 각 시·군별 보조지하수 관측망의 설치 개수를 산정, 제시하고 있다. 짝비교방법은 지하수 관측의 목적에 부합하는 1차 평가 인자와 이와 관련된 2차 평가인자들을 추출하여 각각의 중요성 등을 비교하여 가중치를 부여하고, 최종적으로 해당 구역내에서의 해당 항목의 값과 가중치를 곱하여 합산하는 방식으로서, 입력 항목들이 비교적 단순하고 산술적인 계산만으로 결과가 도출될 수 있다는 점에서 상대적으로 용이한 적용 방법이다.

1차 평가인자	2차 평가인자
지하수의 개발이 활발히 이루어지는 지역	- 지하수 이용관정의 수(면적을 고려하지 않음) - 지하수 관정의 밀도 - 지하수 이용량
지하수 오염여부와 진행을 관측할 필요가 있는 지역	- 음용가능한 관정의 수 - 오염유발시설의 수 - 오염관정의 수(수질 검사후 부적합 관정)
지하수가 중요한 생활용 자원으로 의존하는 지역	- 지하수를 먹는물로 사용하는 양 - 지하수만 사용하는 가구의 수

해당 지방자치단체에서는 본 절에서 제시된 보조지하수 관측망의 갯수를 토대로 관할구역내의 보조지하수 관측망 추진 방안 등을 수립하고, 다음 절에서 제시되는 세부 위치 선정 기준에 따라 관측 지점을 결정한다. 본 지침에서 제시하는 시·군별 관측 지점의 수는 지역의 지하수 환경 및 관련 인자의 변화에 따라 다소 변경이 가능할 것이다.

표 5.3 시·군별 관측지점 갯수(제안)

도	시군	관측갯수	계	도	시군	관측갯수	계	도	시군	관측갯수	계	도	시군	관측갯수	계				
대도시	서울	239	908	강원도	속초시	15	508	전라북도	김제시	99	1062	경상북도	상주시	54	1081				
	부산	233			양구군	35			남원시	94			성주군	70					
	대구	64			양양군	26			무주군	36			안동시	40					
	인천	99			영월군	23			부안군	77			영덕군	20					
	광주	67			원주시	57			순창군	91			영양군	40					
	대전	161			인제군	25			완주군	70			영주시	32					
	울산	45			정선군	18			익산시	134			영천시	38					
경기도	가평군	38	충청북도		철원군	26			전라남도	1556			경상남도	예천군		61	1025		
	고양시	38			춘천시	32								장수군		61		울릉군	14
	과천시	8			태백시	5								전주시		39		울진군	35
	광명시	50			평창군	28								정읍시		89		의성군	49
	광주군	47			홍천군	38								진안군		56		청도군	49
	구리시	19			화천군	39								강진군		66		청송군	42
	군포시	22			횡성군	55								고흥군		100		칠곡군	51
	김포시	32		괴산군	88	곡성군	83	포항시			52								
	남양주시	17		단양군	31	광양시	28	경상남도			거제시	32		1025					
	동두천시	33		보은군	88	구례군	44				거창군	39							
	부천시	59		영동군	56	나주시	84				고성군	41							
	성남시	11		옥천군	82	담양군	92				김해시	120							
	수원시	23		음성군	98	목포시	20				남해군	61							
	시흥시	33		제천시	64	무안군	81				마산시	25							
	안산시	20	진천군	97	보성군	82	밀양시		38										
	안성시	47	청원군	124	순천시	62	사천시		25										
	안양시	48	청주시	111	신안군	48	산청군		57										
	양주군	44	충주시	82	여수시	46	양산시		38										
	양평군	92	공주시	90	영광군	96	의령군		53										
	여주군	73	금산군	80	영암군	79	진주시		47										
	연천군	13	논산시	133	완도군	66	진해시		27										
	오산시	38	당진군	167	장성군	98	창녕군		44										
	용인시	28	보령시	61	장흥군	69	창원시	85											
	의정부시	42	부여군	118	진도군	52	통영시	35											
	의왕시	32	서산시	118	함평군	95	하동군	56											
	이천시	46	서천군	114	해남군	104	함안군	39											
	파주시	64	아산시	72	화순군	61	함양군	106											
	평택시	45	연기군	83	경상북도	경산시	26	제주도	합천군	57	226								
	포천군	45	예산군	85		경주시	110		남제주군	111									
	하남시	50	천안시	108		고령군	62		북제주군	59									
	화성군	83	청양군	47		구미시	24		서귀포시	16									
	강원도	강릉시	33	태안군		77	군위군	46	제주시	40									
고성군		18	홍성군	120		김천시	71												
동해시		13	고창군	122		문경시	34												
삼척시		22	군산시	30	봉화군	61													

□ 동·리별 보조관측정 갯수 결정 방법

앞 절에서는 시·군별 보조 지하수관측망의 최적 설치 물량을 제시하였으며 일선 지방자치단체에서는 각 시·군에 할당된 관측정의 개수를 토대로 동·리 단위의 각종 통계자료를 활용하여 본 절에서 제시하는 보조 관측정 갯수 결정방법에 따라 보조지하수 관측망 갯수를 결정하고 현장 확인을 통하여 최종 위치를 선정한다. 동·리별 보조지하수 관측망 갯수 결정 및 최종 위치선정 과정은 그림 5.2와 같다.

보조관측정 갯수 결정 방법은 앞절에서 설명한 바와 같이 “짝비교(Pairwise Comparison)” 방법을 사용하며, 이는 지하수 관측의 목적에 부합하는 1차 평가인자와 이와 관련된 2차 평가인자들을 추출하여 각각의 중요성 등을 비교하여 가중치를 부여하고, 최종적으로 해당 구역내에서의 해당 항목의 값과 가중치를 곱하여 합산하는 방식이다.

① 평가인자

보조지하수 관측망의 목적 및 관측망의 유형과 밀접한 관계를 갖는 항목을 1차 평가인자로 설정하고, 대표성, 객관성, 자료수집의 용이성, 단순성, 독립성 등을 고려하여 1차 평가인자를 세분하여 2차 평가인자를 설정하였다.

1차 및 2차 평가인자들의 분류 및 계층구조는 표 5.4와 같다.

표 5.4 평가 인자의 분류 및 계층구조

구 분	1단계 1차 평가인자	2단계 2차 평가인자	3단계 속성
대상지역의 평가점수	지하수의 개발이 활발히 이루어지 는 지역	지하수 이용관정의 수 (면적을 고려하지 않음)	2차 평가인자 표준점수
		지하수 관정의 밀도	2차 평가인자 표준점수
		지하수 이용량	2차 평가인자 표준점수
	지하수의 오염여 부 및 진행을 관 측할 필요가 있 는 지역	음용가능한 관정의 수	2차 평가인자 표준점수
		오염유발시설의 수	2차 평가인자 표준점수
		오염관정의 수 (수질 검사후 부적합 판정)	2차 평가인자 표준점수
	지하수가 중요한 생활용 자원으로 의존하는 지역	지하수만 사용하는 가구의 수	2차 평가인자 표준점수
		지하수를 먹는물로 사용하는 양	2차 평가인자 표준점수

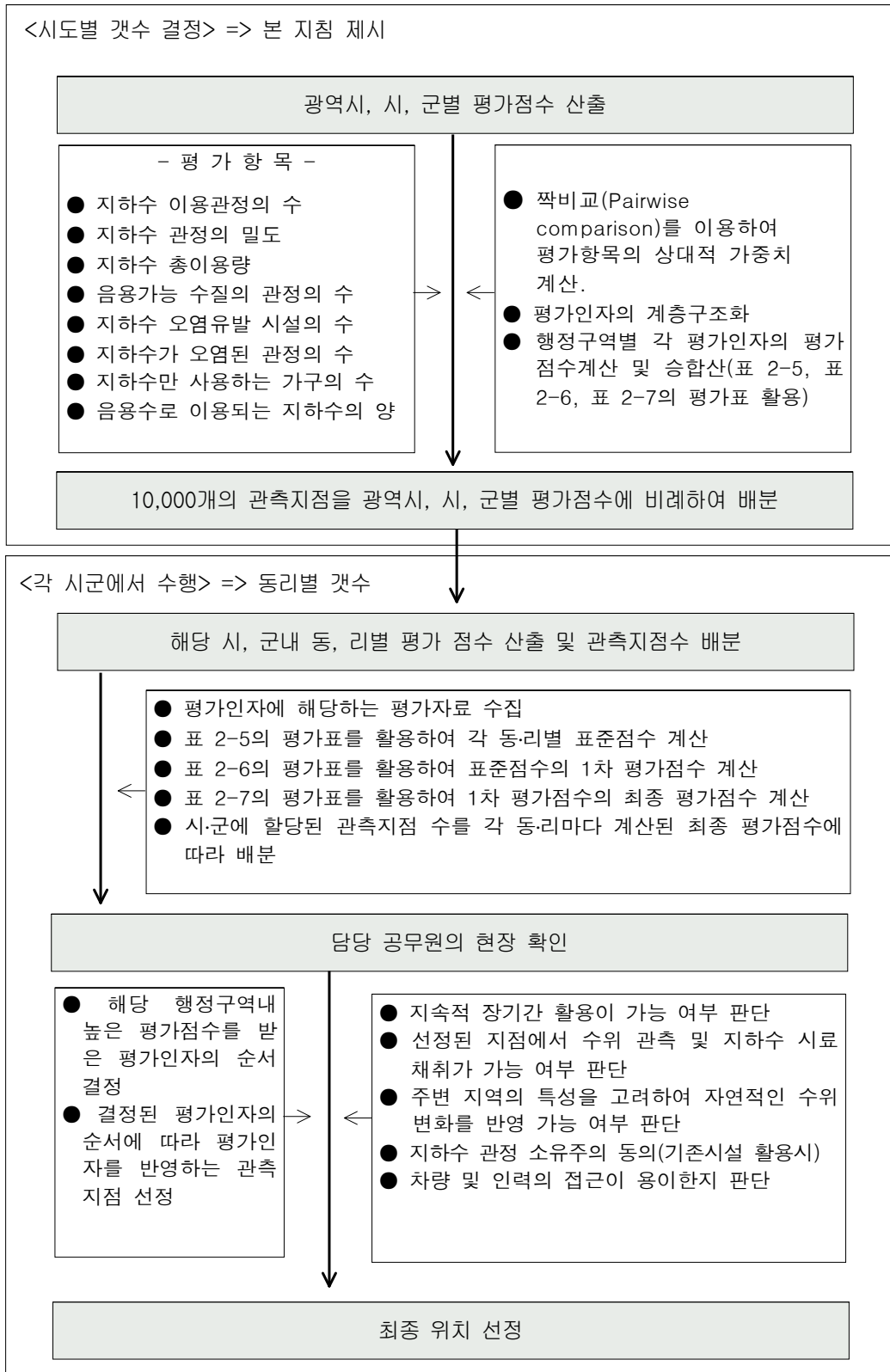


그림 5.2 보조지하수 관측망의 위치 선정을 위한 세부 절차

② 평가인자의 가중치

상기 평가인자들은 각각의 다른 지하수 환경특성을 반영하는 부분을 가지고 있고 전체적으로 대상지역을 평가시 반영되는 수준도 다르다. 따라서 각 단계별 평가인자 사이에는 분명히 서로 다른 중요도(가중치)를 가지고 있다.

상기 1차 평가인자 및 2차 평가인자들에 대한 가중치는 지하수 분야 전문가들에 대한 설문조사를 통하여 얻어진 값들로서 다음과 같다.

표 5.5 1차 평가인자의 가중치

1차 평가인자	가중치
◦ 지하수 개발과 이용이 활발한 지역(F1)	0.38
◦ 지하수 오염여부 확인 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역(F2)	0.34
◦ 지하수가 중요한 생활용 자원으로 의존하는 지역(F3)	0.28
합 계	1.00

표 5.6 2차 평가인자의 가중치

1차평가인자	2차 평가인자	가중치
지하수의 개발이 활발히 이루어지는 지역	행정구역내 지하수 관정의 수(F11)	0.46
	지하수 관정의 밀도(F12)	0.36
	행정구역내 지하수 총이용량(F13)	0.18
	합 계	1.00
지하수의 오염여부 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역	음용가능 수질관정의 수(F21)	0.16
	지하수 오염유발시설의 수(F22)	0.30
	지하수 오염된 관정의 수(F23)	0.54
	합 계	1.00
지하수가 중요한 생활용 자원으로 의존하는 지역	지하수만 이용하는 가구의 수(F31)	0.66
	음용수로 이용되는 지하수의 양(F32)	0.34
	합 계	1.00

가. 자료의 수집

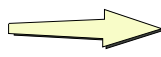
시·군내에서 보조지하수 관측망 설치 위치를 선정하기 위하여 동·리 단위의 자료를 수집해야 한다. 수집자료는 앞 절에서 설명한 바와 같이 행정구역(동·리 단위)내 지하수 관정의 수(F11), 지하수 관정의 밀도(F12), 행정구역내 지하수 총이용량(F13), 음용가능 수질 관정의 수(F21), 지하수 오염유발 시설의 수(F22), 지하수 오염된 관정의 수(F23), 지하수만 사용하는 가구의 수(F31), 음용수로 이용되는 지하수의 양(F32)이 해당된다.

각 동·리마다의 자료는 기본적으로 자료의 출처를 동일시하여 동일한 수준의 자료를 수집해야 한다. 자료의 출처가 각 동·리마다 다르거나 자료 중에서 빠진 동·리가 있다면 그 부분에 대해서 과대 혹은 과소 평가되어 한 곳으로 관측정이 편중되는 결과를 초래하기 때문이다. 만약 어떤 평가항목에 대해서 해당구역내 모든 동·리의 자료를 수집하지 못하고 일부 동·리 자료수집이 불가능할 경우에는 무리하게 적용하지 않고 그 항목에 대해서만 모든 동·리에 0으로 적용하여 그 평가항목을 제외시키도록 하는 방법이 타당하다.

나. 평가인자 자료의 표준점수화

이상 행정구역(동·리)별로 수집된 관정의 수, 이용량 및 오염유발 시설의 수 등 2차 평가인자 자료를 상대적으로 비교하기 위하여 해당 수치를 표준점수로 바꾸어 준다. 각 자료의 단위를 살펴보면, 지하수 이용관정의 수(F11)는 개수, 지하수 관정의 밀도[F12]는 개수/km², 지하수 총 이용량[F13]은 m³/년, 음용가능 수질의 관정의 수[F21]는 개수, 지하수 오염유발 시설의 수[F22]는 개수, 지하수가 오염된 관정의 수[F23]는 개수, 지하수만 사용하는 가구의 수[F31]는 %, 음용수로 이용되는 지하수의 양[F32]은 m³/년이다. 따라서, 수집된 자료는 단위에 맞게 변환하여 입력한다.

각 평가인자마다 그림 5.3.의 방법에 따라 평가자료의 평균(X)과 표준편차(σ)를 구해서 표준점수(x_{ij}^k)를 도출하고 표 5.7의 평가표를 작성한다. 이 평가표는 평가 대상지역이 30개인 경우를 고려하여 작성된 평가표이므로 평가 대상지역이 30개 지역을 훨씬 넘어선다면 제시된 평가표에 연속으로 작성하여 평가하도록 한다.

번호	행정구역명	평가인자(Fij)의 X_{ij}^k		평가인자 (Fij)에 대한 표준점수
1	○○	X_{ij}^k	$\div \sigma$ 	x_{ij}^1
2	○○	X_{ij}^2		x_{ij}^2
3	○○	X_{ij}^3		x_{ij}^3
...
N	○○	X_{ij}^n		x_{ij}^n

$$x_{ij}^k = \frac{X_{ij}^k}{\sigma}, \quad \sigma(\text{표준편차}) = \sqrt{\frac{\sum (X_{ij}^k - X)^2}{N}}, \quad X = \text{평균}$$

그림 5.3 평가자료의 표준점수화 방법

전주시 인후1동을 예를 들어 설명하면,

▷ 기존 자료의 수집을 통하여 각 평가항목의 평가자료를 추출한다.

F11(지하수 이용 관정의 수[개])의 평가자료	$X_{11} = 55$
F12(지하수관정의 밀도[개/km ²])의 평가자료	$X_{12} = 42.64$
F13(지하수 총 이용량[m ³ /년])의 평가자료	$X_{13} = 165343$
F21(음용가능 수질의 관정의 수[개])의 평가자료	$X_{21} = 4$
F22(지하수 오염유발 시설의 수[개])의 평가자료	$X_{22} = 9$
F23(지하수가 오염된 관정의 수[개])의 평가자료	$X_{23} = 0$
F31(지하수만 사용하는 가구의 수[%])의 평가자료	$X_{31} = 0.1$
F33(음용수로 이용되는 지하수 양[m ³ /년])의 평가자료	$X_{32} = \text{공란}$

※ X_{32} 의 경우 모든 동의 자료수집이 불가능하여 전제적으로 공란 처리함

▷ 다음으로 각 평가자료를 표준점수화 한다.

우선 각각의 평가인자들의 평균(X)을 구하고, 이를 통하여 표준편차(σ)를 구한다.

구분	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{31}	X_{32}
표준편차(σ)	117.90	51.07	292408	0.69	19.03	0.00	10.20	0.00

이제 각 평가자료를 각각의 표준편차로 나누어 표준점수를 구한다.

F11(지하수 이용 관정의 수[개])의 표준점수	$x_{11} = 55/117.90$	= 0.466
F12(지하수관정의 밀도[개/km ²])의 표준점수	$x_{12} = 42.64/51.07$	= 0.835
F13(지하수 총 이용량[m ³ /년])의 표준점수	$x_{13} = 165343/292408$	= 0.565
F21(음용가능 수질의 관정의 수[개])의 표준점수	$x_{21} = 4/0.69$	= 5.823
F22(지하수 오염유발 시설의 수[개])의 표준점수	$x_{22} = 9/19.03$	= 0.473
F23(지하수가 오염된 관정의 수[개])의 표준점수	$x_{23} = 0/0$	= 0.000
F31(지하수만 사용하는 가구의 수[%])의 표준점수	$x_{31} = 0.1/10.20$	= 0.010
F33(음용수로 이용되는 지하수 양[m ³ /년])의 표준점수	$x_{32} = 0/0$	= 0.000

표 5.7 평가인자 자료의 표준점수화 평가표

번호	행정구역명 (동·리)	평가인자 자료								표준 점수							
		F11	F12	F13	F21	F22	F23	F31	F32	F11	F12	F13	F21	F22	F23	F31	F32
		X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{31}	X_{32}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{31}	x_{32}
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
평균																	
표준편차(σ)																	

주) F11: 지하수 이용관정의 수[개], F12: 지하수 관정의 밀도[개/km²], F13: 지하수 총 이용량[m³/년], F21: 음용가능 수질의 관정의 수 [개], F22: 지하수 오염유발 시설의 수[개], F23: 지하수가 오염된 관정의 수[개], F31: 지하수만 사용하는 가구의 수[%], F32: 음용수로 이용되는 지하수의 양[m³/년]

다. 표준점수의 승합산

2차 평가인자의 표준점수가 각 행정구역(동·리)별로 구해지면 앞의 표 5.4 및 표 5.5에서 제시된 평가인자의 가중치를 곱한 후, 합하여 해당 행정구역의 최종점수를 계산하게 된다. 그림 5.4는 승합산의 과정을 그림으로 나타낸 것이다. 이상 과정을 통하여 계산된 결과는 표 5.8의 1차 평가점수와 평가표와 표 5.9의 최종 평가점수와 평가표에 기록한다.

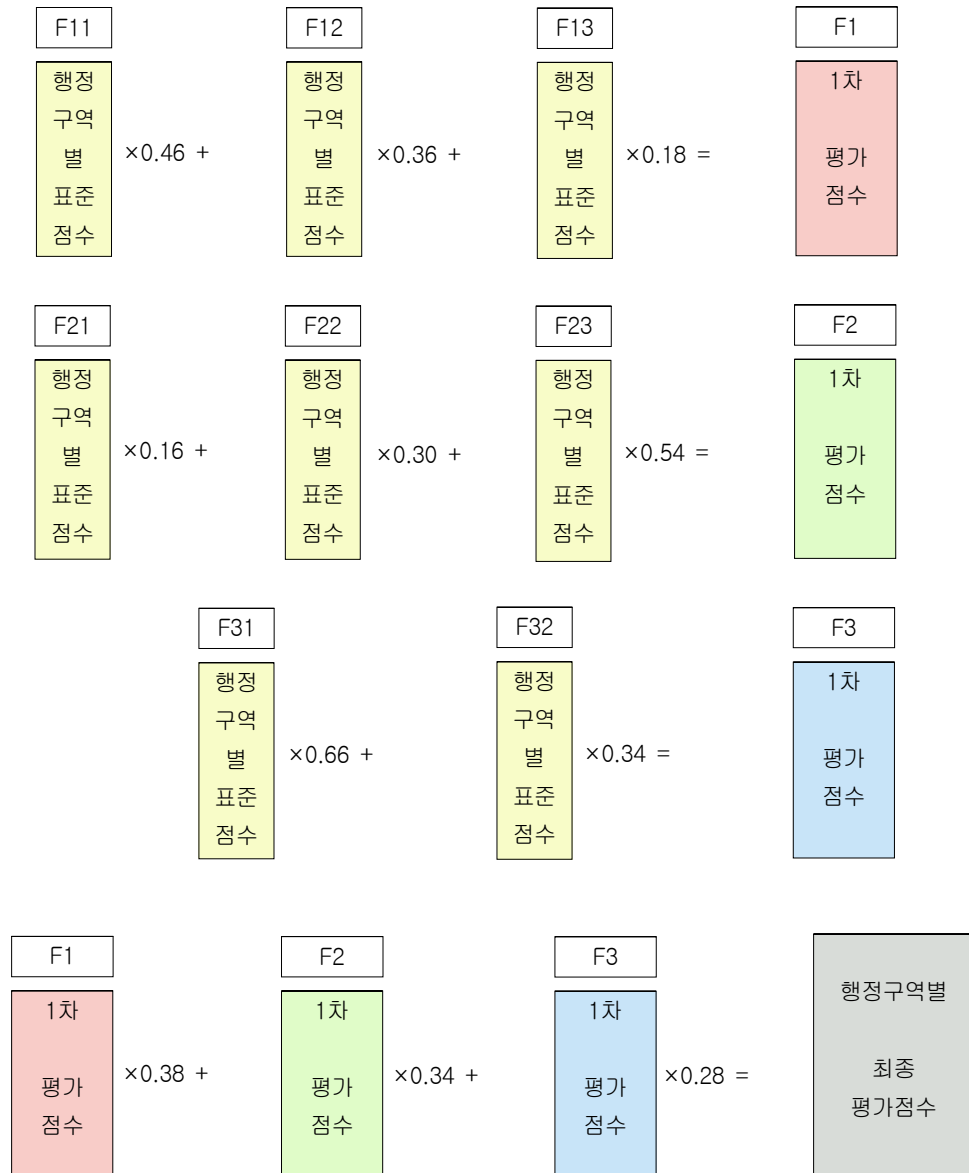


그림 5.4 평가인자별 표준점수를 승합산하여 1차평가점수 및 최종 평가점수를 계산하는 과정

다음으로 표 5.9에서 계산한 동·리별 최종 평가점수를 이용하여 동·리별 지하수 관측망의 관측지점 수를 결정하게 되는데, 그 방법은 각 동·리역의 평가점수를 모든 동·리의 평가점수의 합으로 나눈 값(동·리별 평가점수의 비율에 해당함)에 다시 시·군별 보조지하수 관측망의 설치 개수를 곱하여 구한다. 이 경우 시·군별 보조지하수 관측망 총설치 갯수는 표 5.6에 제시되어 있는 갯수를 활용한다. 이와 같은 계산결과는 표 5.10의 동·리별 관측지점수의 최종계산표에 기록한다.

전주시 인후1동을 예를 들어 설명하면,

▷ 우선 F1의 1차평가점수, F2의 1차평가점수, F3의 1차평가점수를 구한다.

F1의 1차평가점수

$$\begin{aligned}
 &= F11의 표준점수 \times 가중치(0.46) + F12의 표준점수 \times 가중치(0.36) + F13의 표준점수 \times 가중치(0.18) \\
 &= 0.466 \times 0.46 + 0.835 \times 0.36 + 0.565 \times 0.18 \\
 &= 0.215 + 0.301 + 0.102 = \underline{0.617}
 \end{aligned}$$

F2의 1차평가점수

$$\begin{aligned}
 &= F21의 표준점수 \times 가중치(0.16) + F22의 표준점수 \times 가중치(0.30) + F23의 표준점수 \times 가중치(0.54) \\
 &= 5.823 \times 0.16 + 0.473 \times 0.30 + 0.000 \times 0.54 \\
 &= 0.932 + 0.142 + 0.000 = \underline{1.074}
 \end{aligned}$$

F3의 1차평가점수

$$\begin{aligned}
 &= F31의 표준점수 \times 가중치(0.66) + F32의 표준점수 \times 가중치(0.34) \\
 &= 0.010 \times 0.66 + 0.000 \times 0.34 \\
 &= 0.006 + 0.000 = \underline{0.006}
 \end{aligned}$$

▷ 이제 위에서 계산한 F1의 1차평가점수, F2의 1차평가점수, F3의 1차평가점수에 각각의 가중치를 곱하여 최종 점수를 산정한다.

최종 평가점수

$$\begin{aligned}
 &= F1의 1차평가점수 \times 가중치(0.38) + F2의 1차평가점수 \times 가중치(0.34) + F3의 1차평가점수 \times 가중치(0.28) \\
 &= 0.617 \times 0.38 + 1.074 \times 0.34 + 0.006 \times 0.28 \\
 &= 0.234 + 0.365 + 0.002 = \underline{0.601}
 \end{aligned}$$

▷ 마지막으로 전주시 인후1동의 관측정 갯수를 결정한다.

전주시 인후1동의 평가점수를 전주시 각동별 평가점수의 합으로 나눈다.

$$\begin{aligned}
 &= 0.601 / 20.00 \\
 &= \underline{0.030}
 \end{aligned}$$

▷ 이제 전주시에 할당된 보조 지하수관측망 갯수인 39개 중 인후1동에 배정된 관측정 개수를 결정한다.

인후1동의 관측정수

$$\begin{aligned}
 &= 전주시의 관측정 수 \times 0.030 \\
 &= 39 \times 0.030 = \underline{1.17}
 \end{aligned}$$

▷ 즉, 전주시 인후1동에는 1개의 보조 지하수관측정을 설치토록 한다.

표 5.8 표준점수의 1차 평가점수화 평가표

번호	행정구역명 (동리)	F11의	F12의	F13의	F1의	F21의	F22의	F23의	F2의	F31의	F32의	F3의
		x_{11} × 0.46	x_{12} × 0.36	x_{13} × 0.18	= 1차 평가 점수	x_{21} × 0.16	x_{22} × 0.30	x_{23} × 0.54	= 1차 평가 점수	x_{31} × 0.66	x_{32} × 0.34	= 1차 평가 점수
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

※ 각 평가인자의 표준점수는 표준점수화 평가표에서 계산한 결과를 사용함

주) F11: 지하수 이용관정의 수[개], F12: 지하수 관정의 밀도[개/km²], F13: 지하수 총 이용량[m³/년], F21: 음용가능 수질의 관정의 수[개], F22: 지하수 오염유발 시설의 수[개], F23: 지하수가 오염된 관정의 수[개], F31: 지하수만 사용하는 가구의 수[%], F32: 음용수로 이용되는 지하수의 양[m³/년]

F1: 지하수의 개발과 이용이 활발한 지역, F2: 지하수 오염여부 확인 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역, F3: 지하수가 중요한 생활용 자원으로 활용되는 지역

표 5.9 1차 평가점수의 최종 평가점수화 평가표

번호	행정구역명 (동·리)	F1의 1차 평가점수 × 0.38	+	F2의 1차 평가점수 × 0.34	+	F3의 1차 평가점수 × 0.28	=	최종 평가 점수
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16			+		+		=	
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

※ 각 1차 평가점수는 1차 평가점수화 평가표에서 계산한 결과를 사용함

주) F1: 지하수의 개발과 이용이 활발한 지역, F2: 지하수 오염여부 확인 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역, F3: 지하수가 중요한 생활용 자원으로 활용되는 지역

표 5.10 동·리별 관측지점 수의 최종 계산표

번호	행정구역명 (동·리)	동·리의 평가점수 비율 (A)	동·리의 관측지점수[개] (A×n)	번호	행정구역명 (동·리)	동·리의 평가점수 비율 (A)	동·리의 관측지점수[개] (A×n)
1				21			
2				22			
3				23			
4				24			
5				25			
6				26			
7				27			
8				28			
9				29			
10				30			
11				31			
12				32			
13				33			
14				34			
15				35			
16				36			
17				37			
18				38			
19				39			
20				40			

※ A는 동·리별 평가점수를 시·군의 평가점수로 나눈 것으로서 해당 동·리의 전체에 대한 비율을 의미함

※ n은 시·군별로 할당된 관측지점의 갯수

라. 최종 위치 선정

평가방법에 따라 계산하면 관측지점이 2개 이상이 할당되어지는 동·리가 나올 수도 있고 아니면 관측지점 선정에서 제외되는 동·리도 나올 것이다. 이렇게 동·리마다 관측지점 수가 결정되면 담당자가 해당 동·리의 현장 확인을 통하여 관측위치를 최종 결정하게 되는데(그림 5.2 참조), 이 때 관측 위치로서 고려되어야 할 항목은 다음과 같다.

- 지하수 관정이 많은 지점
- 지하수 총이용량이 많은 지점
- 음용가능 수질 관정이 많은 지점
- 지하수 오염유발 시설이 많은 지점
- 지하수가 오염된 관정이 많은 지점
- 지하수만 사용하는 가구가 많은 지점
- 음용수로 이용되는 지하수의 양이 많은 지점

이상 7개의 항목은 2차 평가인자 항목과 유사하다. 이것은 이들 평가 항목이 관측정을 설치하기 위해 우선적으로 고려되는 항목들이며 지하수 수문 환경 특성을 잘 반영하는 항목들이기 때문이다.

그러나 7개 항목을 동시에 고려할 수 없기 때문에 행정구역별로 평가 점수를 계산한 결과인 평가표를 활용한다. 높은 평가 점수를 받아서 관측지점 수가 할당된 지역의 평가 계산 과정을 살펴보면 가장 높은 점수를 받은 항목을 찾을 수가 있다. 지하수의 개발과 이용이 활발한 지역(F1), 지하수 오염여부 확인 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역(F2), 지하수가 중요한 생활용 자원으로 활용되는 지역(F3), 세 가지 중에서 어느 평가항목에서 가장 큰 점수를 받았는지를 알 수가 있으며, 점수의 크기에 따라 순서를 정할 수가 있는데 F1-F2-F3, F1-F3-F2, F2-F1-F3, F2-F3-F1, F3-F1-F2 및 F3-F2-F1 중에서 하나가 정해지게 된다. 여기서 결정한 순서가 최종위치를 선정하는데 필요한 평가항목의 순서가 되는 것이다. 가령 예를 들어서 F1-F3-F2의 순서로 높은 점수를 부여받았다면 현장에서 보조지하수 관측망의 최종 위치를 결정할 때 제일 먼저 지하수의 개발과 이용이 활발한 지점(F1)내에서 찾아 볼 수가 있다. 구체적인 지역은 2차 평가항목을 반영하여 지하수 관정이 많은 곳 또는 지하수 총이용량이 많은 곳 등을 찾아 볼 수가 있다.

높은 점수를 받은 평가항목에 대해서 적절한 위치가 결정되어지면 현장 답사를 통하여 그 지역이 지속적으로 관측망지역으로 보존이 가능한지, 차량이나 사람의 접근이 용이한 곳인지, 주변지역의 지하수 환경특성을 반영하는데 장애가 발생할 수 있는지 종합적으로 검토하여 보조지하수 관측망의 관측지점으로 합리성 여부를 고려하고 결정하도록 한다.

□ 동·리별 보조관측정 갯수 계산 및 위치선정 사례

위에서 제시한 정밀 위치 선정 방법에 따라 전주시를 시범지역으로 설정하고 적용하여 보았다. 시, 군단위로 전국을 평가하여 앞으로 설치될 10,000개의 보조지하수 관측망중에서 전주에 설치될 관측지점은 39개이다(표 5.6 참조). 전주시내의 40개 동을 대상으로 평가하였는데 평가에 이용된 자료는 표 5.11과 같다. 본 절에서 분석한 결과는 전주시의 현재 가용한 자료를 근거로 수행한 사례로서, 최종적인 전주시의 관측망 위치를 의미하는 것은 아니다.

표 5.11은 전주시에서 수집된 2차 평가인자와 이들 인자를 표준점수화 결과이다. 표 5.12는 2차 인자의 표준점수화 결과에 가중치를 곱하여 계산한 결과이며, 표 5.13은 표 5.12에서 가중치를 곱하여 구한 평가점수에 1차 인자의 가중치를 곱하여 최종적으로 산정한 동·리별 평가결과이다. 이와 같이 계산된 동·리별 최종 평가값을 근거로 전주시내 총 계획 갯수인 39개를 분배하면 표 5.14와 같이 동·리별 관측정 갯수가 도출된다.

이와 같은 분석 결과를 지참하여 관측정 설치가 필요한 동·리를 방문하여 해당 동·리가 관측대상 지점으로 선정된 가장 중요한 요인에 맞는 지점을 찾고, 이들 지점 중에서 가용한 기존 관정을 파악하거나 신규 굴착 지점을 선정하는 등의 과정을 거쳐 최종적으로 관측 지점을 결정한다.

표 5.11 전주시 2차 평가인자 자료의 표준점수화 평가표

번호	행정구역명	평가인자 자료								표준 점수							
		F11	F12	F13	F21	F22	F23	F31	F32	F11	F12	F13	F21	F22	F23	F31	F32
		X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{31}	X_{32}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{31}	X_{32}
1	교동	16	13.79	11646	0	0	0	1.7	0.136	0.270	0.040	0.000	0.000	0.000	0.167	0.000	
2	금암1동	66	52.80	192063	0	54	0	0.0	0.560	1.034	0.657	0.000	2.838	0.000	0.000	0.000	
3	금암2동	19	15.20	350000	0	1	0	0.0	0.161	0.298	1.197	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	
4	남노송동	41	62.12	51128	0	5	0	2.6	0.348	1.216	0.175	0.000	0.263	0.000	0.255	0.000	
5	덕진동	13	2.69	8804	0	34	0	0.0	0.110	0.053	0.030	0.000	1.787	0.000	0.000	0.000	
6	동산동	413	24.29	668551	0	33	0	21.5	3.503	0.476	2.286	0.000	1.734	0.000	2.107	0.000	
7	동서학동	310	19.78	135901	0	9	0	18.7	2.629	0.387	0.465	0.000	0.473	0.000	1.832	0.000	
8	동완산동	11	20.37	37370	0	1	0	2.5	0.093	0.399	0.128	0.000	0.053	0.000	0.245	0.000	
9	삼천1동	14	11.02	12404	0	26	0	0.0	0.119	0.216	0.042	0.000	1.366	0.000	0.000	0.000	
10	삼천2동	18	18.95	6841	0	3	0	0.7	0.153	0.371	0.023	0.000	0.158	0.000	0.069	0.000	
11	삼천3동	2	0.08	3773	0	3	0	17.5	0.017	0.001	0.013	0.000	0.158	0.000	1.715	0.000	
12	서노송동	19	44.19	17338	0	21	0	0.0	0.161	0.865	0.059	0.000	1.104	0.000	0.000	0.000	
13	서서학동	82	27.70	105250	0	4	0	1.3	0.695	0.542	0.360	0.000	0.210	0.000	0.127	0.000	
14	서신동	1	0.42	548	0	28	0	0.0	0.008	0.008	0.002	0.000	1.472	0.000	0.000	0.000	
15	서완산동	32	71.11	25351	0	5	0	0.5	0.271	1.392	0.087	0.000	0.263	0.000	0.049	0.000	
16	송천1동	102	21.29	798590	0	20	0	8.9	0.865	0.417	2.731	0.000	1.051	0.000	0.872	0.000	
17	송천2동	278	22.90	934969	0	15	0	12.1	2.358	0.448	3.197	0.000	0.788	0.000	1.186	0.000	
18	우아1동	49	34.03	461295	0	4	0	2.7	0.416	0.666	1.578	0.000	0.210	0.000	0.265	0.000	
19	우아2동	172	7.50	712224	1	42	0	25.9	1.459	0.147	2.436	1.456	2.207	0.000	2.538	0.000	
20	인후1동	55	42.64	165343	4	9	0	0.1	0.466	0.835	0.565	5.823	0.473	0.000	0.010	0.000	
21	인후2동	24	18.18	98413	0	48	0	0.9	0.204	0.356	0.337	0.000	2.523	0.000	0.088	0.000	
22	인후3동	12	7.19	18000	0	1	0	0.2	0.102	0.141	0.062	0.000	0.053	0.000	0.020	0.000	
23	조촌동	288	11.90	415500	0	10	0	0.0	2.443	0.233	1.421	0.000	0.526	0.000	0.000	0.000	
24	중노송1동	27	38.57	21871	1	6	0	0.5	0.229	0.755	0.075	1.456	0.315	0.000	0.049	0.000	
25	중노송2동	5	16.67	4389	0	4	0	0.0	0.042	0.326	0.015	0.000	0.210	0.000	0.000	0.000	
26	중앙동	283	317.98	303258	0	38	0	0.0	2.400	6.226	1.037	0.000	1.997	0.000	0.000	0.000	
27	중화산1동	13	10.66	93930	0	8	0	0.4	0.110	0.209	0.321	0.000	0.420	0.000	0.039	0.000	
28	중화산2동	45	26.01	188170	0	36	0	0.5	0.382	0.509	0.644	0.000	1.892	0.000	0.049	0.000	
29	진북1동	24	37.50	117895	0	19	0	0.0	0.204	0.734	0.403	0.000	0.999	0.000	0.000	0.000	
30	진북2동	40	38.83	188170	0	3	0	0.4	0.339	0.760	0.644	0.000	0.158	0.000	0.039	0.000	
31	태평동	47	92.16	12402	0	21	0	0.0	0.399	1.804	0.042	0.000	1.104	0.000	0.000	0.000	
32	팔복동	121	16.46	1233005	0	92	0	1.2	1.026	0.322	4.217	0.000	4.835	0.000	0.118	0.000	
33	평화1동	50	33.56	131518	0	20	0	1.0	0.424	0.657	0.450	0.000	1.051	0.000	0.098	0.000	
34	평화2동	354	23.20	257545	1	11	0	41.8	3.002	0.454	0.881	1.456	0.578	0.000	4.096	0.000	
35	풍남동	98	98.99	114911	0	31	0	0.0	0.831	1.938	0.393	0.000	1.629	0.000	0.000	0.000	
36	효성동	380	49.74	517460	1	16	0	8.4	3.223	0.974	1.770	1.456	0.841	0.000	0.823	0.000	
37	효자1동	32	42.11	19863	0	40	0	0.6	0.271	0.824	0.068	0.000	2.102	0.000	0.059	0.000	
38	효자2동	32	38.10	44780	0	5	0	0.0	0.271	0.746	0.153	0.000	0.263	0.000	0.000	0.000	
39	효자3동	15	6.17	14965	0	11	0	0.3	0.127	0.121	0.051	0.000	0.578	0.000	0.029	0.000	
40	효자4동	108	7.10	47565	0	1	0	35.9	0.916	0.139	0.163	0.000	0.053	0.000	3.518	0.000	
평균		92.78	36.10	213575	0.20	18.45	0.00	5.22	0.00								
표준편차(σ)		117.90	51.07	292408	0.69	19.03	0.00	10.20	0.00								

주) F11: 지하수 이용관정의 수[개], F12: 지하수 관정의 밀도[개/㎢], F13: 지하수 총 이용량[m³/년], F21: 음용가능 수질의 관정의 수 [개], F22: 지하수 오염유발 시설의 수[개], F23: 지하수가 오염된 관정의 수[개], F31: 지하수만 사용하는 가구의 수[%], F32: 음용수로 이용되는 지하수의 양[m³/년]

표 5.12 전주시 표준점수의 1차 평가점수화 평가표

번호	행정구역명	F11의			F12의			F13의			F2의			F31의			F32의			F3의		
		X_{11} × 0.46	X_{12} × 0.36	X_{13} × 0.18	=	1차 평가 점수	X_{21} × 0.16	X_{22} × 0.30	X_{23} × 0.54	=	1차 평가 점수	X_{31} × 0.66	X_{32} × 0.34	=	1차 평가 점수							
1	교동	0.062	0.097	0.007	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110	0.000	0.000	0.110								
2	금암1동	0.258	0.372	0.118	0.748	0.000	0.851	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000								
3	금암2동	0.074	0.107	0.215	0.397	0.000	0.016	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000								
4	남노송동	0.160	0.438	0.031	0.629	0.000	0.079	0.000	0.079	0.168	0.000	0.000	0.168									
5	덕진동	0.051	0.019	0.005	0.075	0.000	0.536	0.000	0.536	0.000	0.000	0.000	0.000									
6	동산동	1.611	0.171	0.412	2.194	0.000	0.520	0.000	0.520	1.391	0.000	0.000	1.391									
7	동서학동	1.209	0.139	0.084	1.433	0.000	0.142	0.000	0.142	1.209	0.000	0.000	1.209									
8	동원산동	0.043	0.144	0.023	0.210	0.000	0.016	0.000	0.016	0.162	0.000	0.000	0.162									
9	삼천1동	0.055	0.078	0.008	0.140	0.000	0.410	0.000	0.410	0.000	0.000	0.000	0.000									
10	삼천2동	0.070	0.134	0.004	0.208	0.000	0.047	0.000	0.047	0.045	0.000	0.000	0.045									
11	삼천3동	0.008	0.001	0.002	0.011	0.000	0.047	0.000	0.047	1.132	0.000	0.000	1.132									
12	서노송동	0.074	0.311	0.011	0.396	0.000	0.331	0.000	0.331	0.000	0.000	0.000	0.000									
13	서서학동	0.320	0.195	0.065	0.580	0.000	0.063	0.000	0.063	0.084	0.000	0.000	0.084									
14	서신동	0.004	0.003	0.000	0.007	0.000	0.441	0.000	0.441	0.000	0.000	0.000	0.000									
15	서원산동	0.125	0.501	0.016	0.642	0.000	0.079	0.000	0.079	0.032	0.000	0.000	0.032									
16	송천1동	0.398	0.150	0.492	1.040	0.000	0.315	0.000	0.315	0.576	0.000	0.000	0.576									
17	송천2동	1.085	0.161	0.576	1.822	0.000	0.236	0.000	0.236	0.783	0.000	0.000	0.783									
18	우아1동	0.191	0.240	0.284	0.715	0.000	0.063	0.000	0.063	0.175	0.000	0.000	0.175									
19	우아2동	0.671	0.053	0.438	1.162	0.233	0.662	0.000	0.662	0.895	1.675	0.000	1.675									
20	인후1동	0.215	0.301	0.102	0.617	0.932	0.142	0.000	0.142	1.074	0.006	0.000	1.080									
21	인후2동	0.094	0.128	0.061	0.282	0.000	0.757	0.000	0.757	0.058	0.000	0.000	0.815									
22	인후3동	0.047	0.051	0.011	0.109	0.000	0.016	0.000	0.016	0.013	0.000	0.000	0.029									
23	조촌동	1.124	0.084	0.256	1.463	0.000	0.158	0.000	0.158	0.000	0.000	0.000	0.158									
24	중노송1동	0.105	0.272	0.013	0.391	0.233	0.095	0.000	0.095	0.328	0.032	0.000	0.460									
25	중노송2동	0.020	0.117	0.003	0.140	0.000	0.063	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000	0.063									
26	중앙동	1.104	2.241	0.187	3.532	0.000	0.599	0.000	0.599	0.000	0.000	0.000	0.599									
27	중화산1동	0.051	0.075	0.058	0.184	0.000	0.126	0.000	0.126	0.026	0.000	0.000	0.152									
28	중화산2동	0.176	0.183	0.116	0.475	0.000	0.568	0.000	0.568	0.032	0.000	0.000	0.600									
29	진북1동	0.094	0.264	0.073	0.431	0.000	0.300	0.000	0.300	0.000	0.000	0.000	0.300									
30	진북2동	0.156	0.274	0.116	0.546	0.000	0.047	0.000	0.047	0.026	0.000	0.000	0.073									
31	태평동	0.183	0.650	0.008	0.841	0.000	0.331	0.000	0.331	0.000	0.000	0.000	0.331									
32	팔복동	0.472	0.116	0.759	1.347	0.000	1.451	0.000	1.451	0.078	0.000	0.000	1.529									
33	평화1동	0.195	0.237	0.081	0.513	0.000	0.315	0.000	0.315	0.065	0.000	0.000	0.380									
34	평화2동	1.381	0.164	0.159	1.703	0.233	0.173	0.000	0.173	2.703	0.000	0.000	2.703									
35	풍남동	0.382	0.698	0.071	1.151	0.000	0.489	0.000	0.489	0.000	0.000	0.000	0.489									
36	호성동	1.483	0.351	0.319	2.152	0.233	0.252	0.000	0.252	0.543	0.000	0.000	0.543									
37	효자1동	0.125	0.297	0.012	0.434	0.000	0.631	0.000	0.631	0.039	0.000	0.000	0.670									
38	효자2동	0.125	0.269	0.028	0.421	0.000	0.079	0.000	0.079	0.000	0.000	0.000	0.079									
39	효자3동	0.059	0.044	0.009	0.111	0.000	0.173	0.000	0.173	0.019	0.000	0.000	0.192									
40	효자4동	0.421	0.050	0.029	0.501	0.000	0.016	0.000	0.016	2.322	0.000	0.000	2.322									

※ 각 평가인자의 표준점수는 표준점수화 평가표에서 계산한 결과를 사용함
 주) F11: 지하수 이용관정의 수[개], F12: 지하수 관정의 밀도[개/km²], F13: 지하수 총 이용량[m³/년], F21: 음용가능 수질의 관정의 수[개],
 F22: 지하수 오염유발 시설의 수[개], F23: 지하수가 오염된 관정의 수[개], F31: 지하수만 사용하는 가구의 수[%], F32: 음용수로
 이용되는 지하수의 양[m³/년]
 F1: 지하수의 개발과 이용이 활발한 지역, F2: 지하수 오염여부 확인 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역, F3: 지하수가 중요한
 생활용 자원으로 활용되는 지역

표 5.13 전주시 1차 평가점수의 최종 평가점수화 평가표

번호	행정구역명	F1의 1차 평가점수 ×0.38	+	F2의 1차 평가점수 ×0.34	+	F3의 1차 평가점수 ×0.28	=	최종 평가 점수
1	교동	0.063		0.000		0.031		0.094
2	금암1동	0.284		0.289		0.000		0.574
3	금암2동	0.151		0.005		0.000		0.156
4	남노송동	0.239		0.027		0.047		0.313
5	덕진동	0.029		0.182		0.000		0.211
6	동산동	0.834		0.177		0.389		1.400
7	동서학동	0.544		0.048		0.339		0.931
8	동완산동	0.080		0.005		0.045		0.130
9	삼천1동	0.053		0.139		0.000		0.193
10	삼천2동	0.079		0.016		0.013		0.108
11	삼천3동	0.004		0.016		0.317		0.337
12	서노송동	0.151		0.113		0.000		0.263
13	서서학동	0.220		0.021		0.024		0.265
14	서신동	0.003		0.150		0.000		0.153
15	서완산동	0.244		0.027		0.009		0.280
16	송천1동	0.395		0.107		0.161		0.663
17	송천2동	0.692		0.080		0.219		0.992
18	우아1동	0.272		0.021		0.049		0.342
19	우아2동	0.442		0.304		0.469		1.215
20	인후1동	0.234		0.365		0.002		0.601
21	인후2동	0.107	+	0.257	+	0.016	=	0.381
22	인후3동	0.041		0.005		0.004		0.050
23	조촌동	0.556		0.054		0.000		0.610
24	중노송1동	0.148		0.111		0.009		0.269
25	중노송2동	0.053		0.021		0.000		0.075
26	중앙동	1.342		0.204		0.000		1.546
27	중화산1동	0.070		0.043		0.007		0.120
28	중화산2동	0.180		0.193		0.009		0.382
29	진북1동	0.164		0.102		0.000		0.265
30	진북2동	0.207		0.016		0.007		0.231
31	태평동	0.319		0.113		0.000		0.432
32	팔복동	0.512		0.493		0.022		1.027
33	평화1동	0.195		0.107		0.018		0.320
34	평화2동	0.647		0.138		0.757		1.542
35	풍남동	0.437		0.166		0.000		0.603
36	호성동	0.818		0.165		0.152		1.135
37	효자1동	0.165		0.214		0.011		0.390
38	효자2동	0.160		0.027		0.000		0.187
39	효자3동	0.042		0.059		0.005		0.107
40	효자4동	0.190		0.005		0.650		0.846

※ 각 1차 평가점수는 1차 평가점수화 평가표에서 계산한 결과를 사용함

주) F1: 지하수의 개발과 이용이 활발한 지역, F2: 지하수 오염여부 확인 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역, F3: 지하수가 중요한 생활용 자원으로 활용되는 지역

표 5.14 전주시 동 단위 관측지점 수 계산

번호	행정구역명	행정구역 평가 점수 ÷ 전체평가점수의 합 (A)	행정구역별 관측지점수 [개] (A×39)	번호	행정구역명	행정구역 평가 점수 ÷ 전체평가점수의 합 (A)	행정구역별 관측지점수 [개] (A×39)
1	교동	0.005	0	21	인후2동	0.019	1
2	금암1동	0.029	1	22	인후3동	0.003	0
3	금암2동	0.008	0	23	조촌동	0.031	1
4	남노송동	0.016	1	24	중노송1동	0.014	1
5	덕진동	0.011	0	25	중노송2동	0.004	0
6	동산동	0.071	3	26	중앙동	0.078	3
7	동서학동	0.047	2	27	중화산1동	0.006	0
8	동완산동	0.007	0	28	중화산2동	0.019	1
9	삼천1동	0.010	0	29	진북1동	0.013	1
10	삼천2동	0.005	0	30	진북2동	0.012	0
11	삼천3동	0.017	1	31	태평동	0.022	1
12	서노송동	0.013	1	32	팔복동	0.052	2
13	서서학동	0.013	1	33	평화1동	0.016	1
14	서신동	0.008	0	34	평화2동	0.078	3
15	서완산동	0.014	1	35	풍남동	0.031	1
16	송천1동	0.034	1	36	호성동	0.057	2
17	송천2동	0.050	2	37	효자1동	0.020	1
18	우아1동	0.017	1	38	효자2동	0.009	0
19	우아2동	0.062	2	39	효자3동	0.005	0
20	인후1동	0.030	1	40	효자4동	0.043	2

※ A는 동·리별 평가점수를 시·군의 평가점수로 나눈 것으로서 해당 동·리의 전체에 대한 비율을 의미함
 ※ n은 시·군별로 할당된 관측지점의 갯수(여기에서는 전주시의 39개소)

5.2.4. 보조지하수 관측정 시설 기준

이상 과정을 통하여 보조관측정의 위치가 최종 결정되면 각 지방자치단체에서는 선정된 지역에 관측정을 설치하여야 한다. 관측정의 설치는 기존공을 활용하여 개보수하여 사용하거나 신규 굴착하는 방법이 있다.

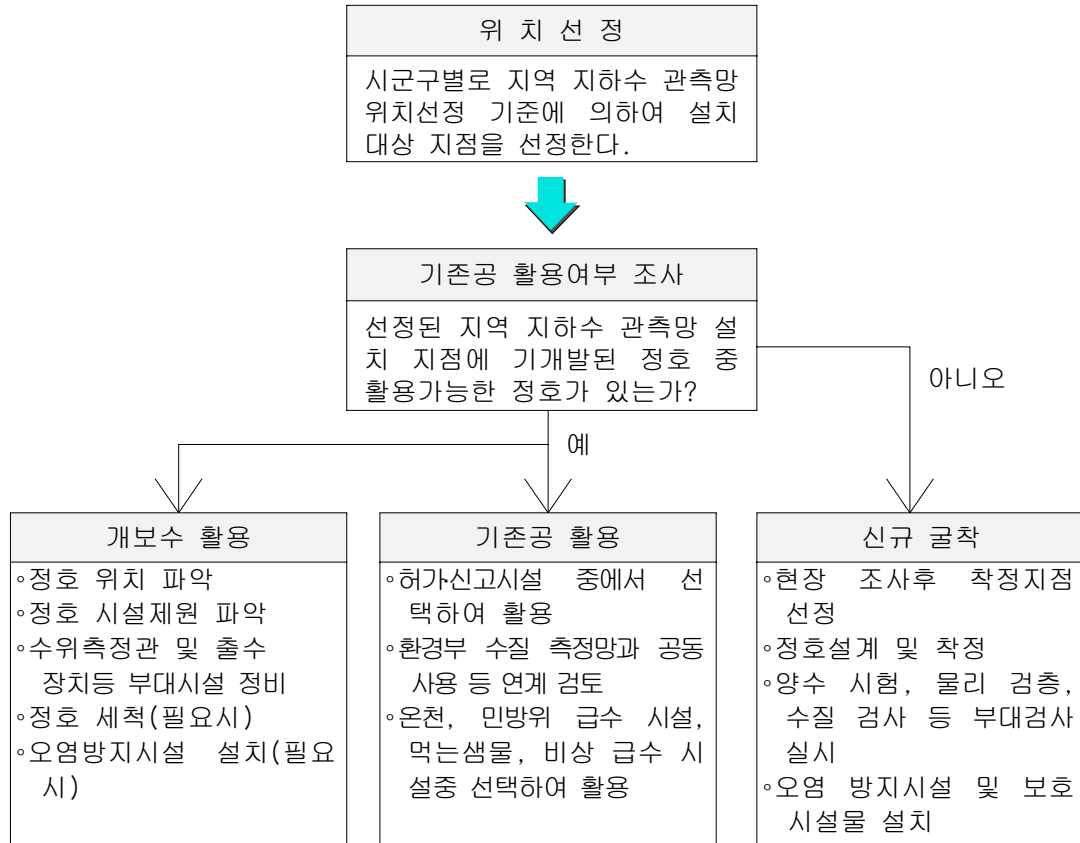


그림 5.5 보조 지하수 관측정 시설의 설치 과정

□ 기존 관정을 활용한 관측정

지역지하수 관측망은 전국적으로 10,000여개 정도가 설치되므로 이를 모두 신규로 굴착하여 설치하는 데는 막대한 비용이 소요되므로 바람직하지 못하며, 기존에 개발·이용되고 있는 관내 기존 시설을 최대한 활용하는 것은 경제적인 측면에서 가장 유리하다. 그러나 지속적인 지하수 자원을 보존과 관리를 위해서 기존시설이 열악하거나 적절한 위치에 기존 관정이 없다면 부득이 보조 지하수 관측정을 굴착해야 한다.

기존 공을 활용하는 경우에는 관정 시설의 구조상 지하수위의 측정이 곤란한 경우가 다수 있으므로 지하수위의 측정에 적합한 관정인지 여부를 확인한 후 지정하여야 한다. 반면에 지하수 수질의 경우에는 대부분의 기존 관정에서 측정 가능하므로 기존 공의 활용이 매우 유용하다 할 수 있다.

기존 공을 활용하기 위해서는 우선적으로 관측대상 지역에 분포하는 기존 관정을 조사한다. 이 때 관정의 시설제원, 이용현황, 오염원 현황 등에 대한 포괄적인 조사를 실시하고 지하수 관측정으로 사용하기에 적절한 시설 규격을 갖는 관정을 추출한다. 이들 관정에 대해서는 수위 수동 측정장비의 투입 가능 여부, 자동관측장비를 설치할 경우에 장비 투입 가능 여부(수위 측정 전용 장비 및 수위/수질 동시 측정 장비에 대하여 검토), 수질 시료의 채취 여부, 관정 사용 기간 및 사용 일수, 관정 주변의 오염원 분포 현황, 관정의 지하 자재의 설치 규격(내외부 케이싱, 스트레나 및 수중모터 펌프 위치 등), 지하의 지질 분포 등에 대한 사전 조사가 수행되어야 한다.

가. 보조관측망으로 활용 가능한 기존 지하수시설

보조관측망으로 활용 가능한 기존 지하수 시설은 표 5.15와 같다.

표 5.15 보조관측망으로 활용가능한 기존 시설

구 분	내 용
허가/신고된 시설	지하수법에 따라 수위 관측, 수질 검사 결과, 개발용도, 사용량, 폐공여부를 의무적으로 신고
온천 및 먹는샘물 개발 지역의 관측정	온천법, 먹는물관리법에 의한 수위관측, 수질분석, 사용량신고
지자체 운영 관측정	각 지자체에서 자체적으로 운영하는 지하수 관측 시설
조사, 연구용으로 개발된 관측정	지하수 관련 학술단체, 학교, 전문기관에서 설치, 조사연구용으로 운영 관리하고 있는 관측정

나. 기존시설 활용시 고려할 조건

이상과 같이 보조관측망으로 활용할 수 있는 기존 지하수시설이 많이 있으나 이들을 모두 보조관측망을 사용할 수는 없다. 기존 지하수시설을 보조관측망으로 활용하기 위해서는 다음 조건들을 철저히 검토하여야 한다.

- 지하수 관정 소유주의 동의
- 지속적 장기간 활용이 가능할 것
- 수위측정, 시료채취가 가능할 것
- 관정내 수위변화가 대수층의 자연적 지하수위 변화를 반영하고 있을 것
- 개보수 비용이 많이 소요되지 않을 것
- 관측결과 표기의 통일

다. 기존 조사용 시설의 관측정으로의 전환

정부, 지방자치단체, 지하수조사전문기관, 공공기관 및 일반인 등이 지하수 기초조사, 영향조사 및 지질 조사용으로 시추를 하거나 관정을 굴착하는 경우에는, 지하수법 제9조의4에 의하여 해당 시장·군수에게 신고하여야 한다. 이들 시설들은 조사 목적을 달성하게 되면 지하수법 제15조에 의하여 원상복구하는 것이 원칙으로 되어 있다. 그러나, 지하수법 제15조 1항의 단서에 의하여 대통령령으로 정한 경우에는 원상복구를 예외로 하고 있다. 이 원상복구 예외 조항에는 지하수 관측망으로 이용할 필요가 있어서 시장·군수가 인정하는 경우가 포함되어 있다. 따라서, 각 지방자치단체에서는 지하수 관측정의 시설 조건, 적정 관측대상 위치 등 일정 조건을 충족하는 굴착공에 대해서는 지하수 관측정으로 적극 활용할 수 있도록 조치하여야 한다.

이와 같이, 기존의 조사공을 관측정으로 재활용하기 위한 개략적인 과정은 다음과 같다.

- 조사공의 관측정으로의 활용을 위하여 원상복구 예외에 대한 세부 규정을 마련(지하수법 제15조1항 및 시행령 제23조의 규정을 시행할 수 있는 근거 마련)
- 지하수법 제9조4에 의한 조사공의 굴착신고 접수
 - 굴착지점의 적정성을 사전에 검토하여 지하수 관측정으로 활용 가능성을 고려
 - 조사용으로 사용 완료후 이용 관정 및 관측정으로 겸용할 경우에 대해서도 토지 소유주 및 조사자와 협의(이 경우 표 5.16 및 그림 5.5의 시설 기준을 충분히 고려)
- 조사 목적이 완료된 경우, 조사 수행 담당기관과의 협의를 거쳐 시설에 대한 인계 인수 실시
 - 보조지하수 관측정으로 지정 및 대장 등재
 - 이용관정으로 변경할 경우에는 개발 이용 신고 등 관련 행정사항을 처리하며, 이 경우에는 보조지하수 관측정 관리대장과 허가/신고대장에 등

시에 기록하여 관리함

- 자동 관측이 필요한 경우에는 관련 장비를 구매·설치하여 지속적으로 운영 관리
- 관측을 종료하거나 관측정으로서의 수명이 다한 시설은 원상복구 규정에 따라 원상복구

지하수 조사공의 관측정 전환과 관련된 지하수법의 규정은 다음과 같다.

- 지하수법 제9조의4(지하수에 영향을 미치는 굴착행위의 신고 등)
- 지하수법 제15조(원상복구등)
- 지하수법 시행령 제23조(원상복구의 예외)
- 지하수법 시행규칙 제19조(원상복구의 예외인정의 신청)

□ 신규 굴착 관측정

일반적으로 보전구역, 지반침하, 수질급변 지역 등 특수한 목적의 지하수 관측 시에는 관측자료의 정확성과 신뢰도가 매우 중요한 역할을 한다. 이와 같은 경우에는 지하수 관측정은 조사, 시공 등의 이력 사항을 명확히 파악하고 있어야 하므로 신규로 굴착 설치하는 것이 바람직하다.

관측전용으로 사용되는 관측정의 구경은 관측기기의 설치와 물 시료의 채취가 가능한 규모로 한다. 단, 대수층의 수리특성 파악을 위한 대수성시험이 필요하거나 수질 샘플링을 통한 수질 관측이 필요한 경우에는 관측정의 구경을 최소한 150mm 이상이 되어야 하며, 단순히 지하수위만을 관측하기 위한 것이라면 54mm(NX규격) 이상이면 가능하다.

관측정의 심도는 현장 여건에 따라 정하되 충적층 관측정은 지하수면의 변화 심도보다 낮게 설치해야 하며, 암반층 관측정은 반드시 풍화대 하부의 신선한 암반 심도에 설치하여야 한다.

관측정에는 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제2조의 규정에 의한 지하수 오염 방지 시설을 설치하여야 한다. 이에 대한 세부 내용은 다음 항에서 설명하고 있다.

각 관측정에 대하여 수준 및 기준점 측량을 실시하여 정확한 위치 및 표고를 확인하여 관측소 대장에 기록하여야 한다.

수준측량 결과를 토대로 관측정 보호 시설물 혹은 케이싱 상단에 수위 관측 기준점을 설치하고 정확한 표고를 표시해 두어야 한다.

□ 관측정 보호시설의 설치

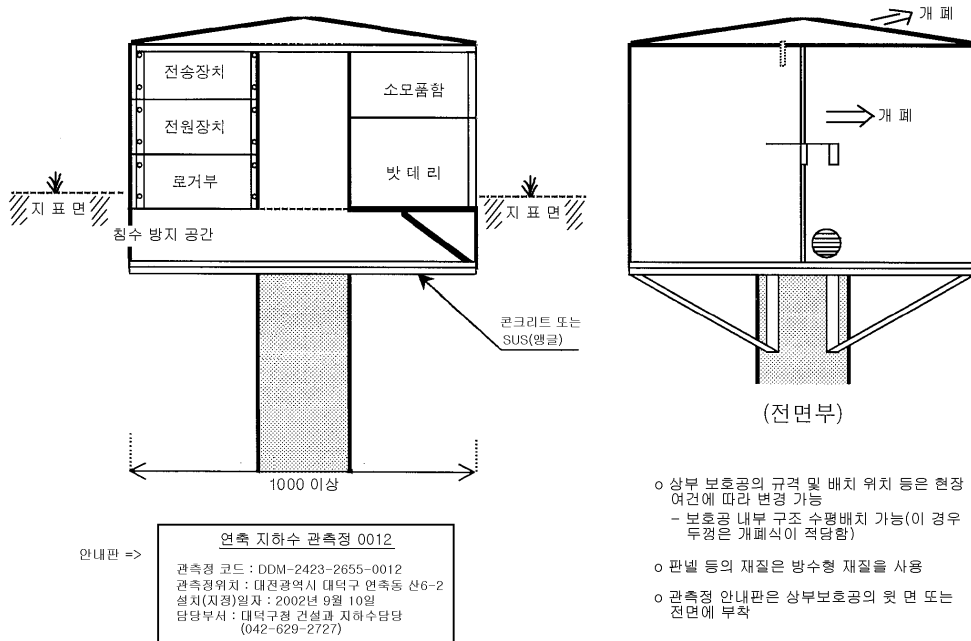
보조 지하수 관측정의 설치에 기준에 사용하고 있던 관정을 활용하는 경우와 필요시 신규로 굴착하는 경우로 대분 할 수 있다. 각각의 경우에 적용 가능한 보호시설 제원 및 장비 설치 방법을 표 5.16에 제시하였다. 물론, 본 지침에서 제시된 방법 외에 현지 여건에 따라 별도의 기준을 적용하여 설치할 수 있으나, 이 경우에도 아래에서 제시하는 보조지하수 관측정 보호시설로서 갖추어야 할 기본적인 조건을 충족시키도록 한다. 단, 기준에 설치된 보조지하수 관측정으로 서 별도의 보호시설이 설치된 경우에는 예외로 한다.

- 보조지하수 관측정의 보호시설(관측장비 및 관측정 등을 보호하는 시설)은 내부에 있는 관측정을 충분히 보호할 수 있는 재질(예 : 콘크리트, 방수형 SUS 판넬 등)이어야 한다.
- 보조지하수 관측정 보호시설은 지하수법에서 규정한 오염방지시설의 상부보호공의 규격을 따르되 현장 여건을 고려하여 호우시 침수, 외부 이물질의 유입 등에 노출되지 않도록 한다.
- 단, 기준에 이용하고 있는 관정을 관측정으로 활용하는 경우에는, 지하수법 시행규칙 제8조4항에 의한 지하수 개발이용시설의 표준도에 나타난 오염방지시설(상부보호공)을 보호시설로 활용하여 그 내부에 관련 장비 등을 설치할 수 있다.
- 또한, 수동관측으로 관측하는 경우라 할지라도 지하수법에 의한 상부보호공을 설치하는 것이 바람직하나, 현장 여건 및 토지의 특성 등을 고려하여 외부로부터 이물질의 주입, 관측정의 소손 등을 방지하고 쉽게 육안 확인이 될 수 있도록 보호시설(보호함)이 설치되어야 한다.
- 자동관측장비를 설치하는 경우, 데이터 로거 및 전원장치 등을 포함한 부대 시설이 보호시설내에 위치하여야 한다.
- 단, 자동관측장비를 설치하는 경우로서 보호시설 규모가 작은 경우에는 부득이 관측정 주변에 관측장비 관련 보호함을 별도로 설치하여 자동관측장비를 보호한다.
- 보조지하수관측정의 설치가 완료되면, 보호시설의 전면 또는 상단부(부득이한 경우 별도 장소) 등에 보조지하수관측정의 명칭과 코드 등을 기재한 안내판을 부착하여 쉽게 인지될 수 있도록 한다.

표 5.16 보조지하수 관측정 보호시설의 설치 방법

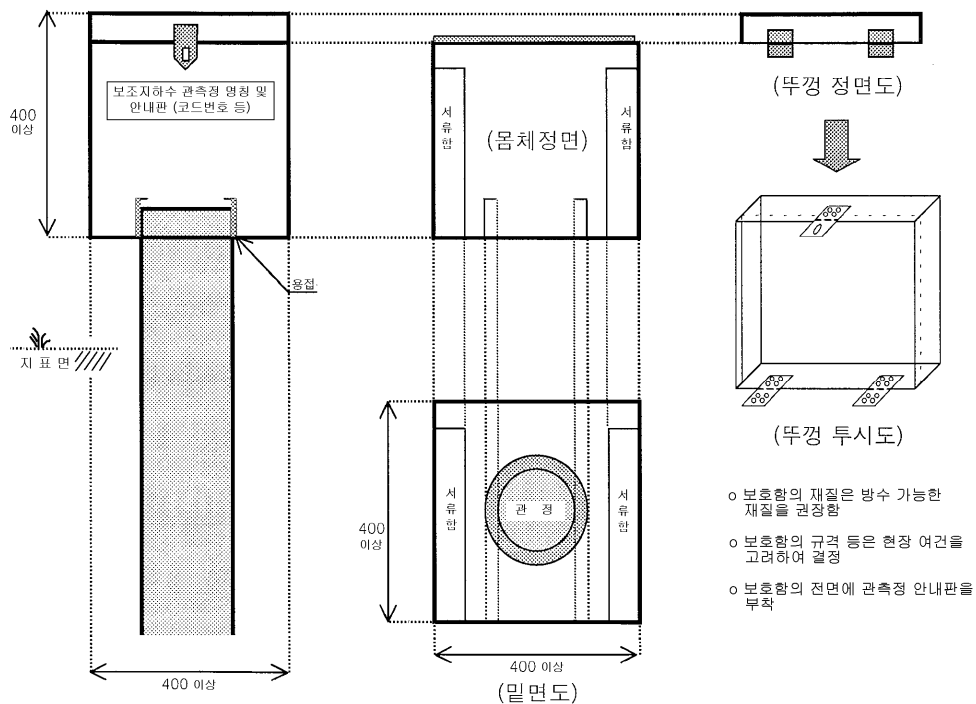
구 분	관측방법 분류	보호 시설의 설치 방법
기존 관정을 이용하는 경우	자동관측장비를 설치하는 경우	<ul style="list-style-type: none"> - 오염방지시설의 상부보호공내에 관측장비 관련 설비(데이터로거, 전원장치, 전송장치, 밧데리, 소모품 등)를 설치 - 상부보호공의 규격이 작거나 부적절한 경우에는 관측정 주변 적절한 장소에 별도의 보호단자함을 설치하되 침수 가능성 등을 고려하여 설치 - 안내문을 상부보호공/보호단자함 전면 또는 상단부에 부착
	수동으로 관측하는 경우	<ul style="list-style-type: none"> - 특별한 관측장비 설비가 불필요하므로 기존 오염방지조치 시설의 상부보호공을 활용 - 상부보호공이 없는 경우에는, 관정 내로 이물질 등이 유입되지 않도록 관정 직상부에 소규모의 보호함을 설치 - 안내문을 상부보호공 전면 또는 상단부에 부착하거나, 관정 직상부 상부보호함의 전면에 부착
관측정을 신규로 굴착하는 경우	자동관측장비를 설치하는 경우	<ul style="list-style-type: none"> - 관측장비, 데이터 로거, 통신 및 전원 장치 등의 보호를 위한 보호시설을 설치하되, 오염방지조치에서 정한 상부보호공의 규격을 따름 - 단, 현장 부지의 특성상 상부보호공 설치가 곤란한 경우로서 수동 관측하는 경우에는 관정 직상부에 소규모의 보호함을 설치할 수 있음 - 안내문을 상부보호공 전면 또는 상단부에 부착
	수동으로 관측하는 경우	

그림 5.6은 이상의 보조 지하수 관측정 보호시설의 형식과 규격을 토대로 작성한 설계 사례(설계 도면의 예)를 수록한 것이다. 실제로 보조지하수 관측정을 설치할 경우에는 현장 여건을 고려하여 설치하되, 그림 5.6의 설계 도면의 적용이 부적절한 경우에는 수정, 보완하여 사용한다.



- 상부 보호공의 규격 및 배치 위치 등은 현장 여건에 따라 변경 가능
- 보호공 내부 구조 수평배치 가능(이 경우 두정은 개폐식이 적당함)
- 판넬 등의 재질은 방수형 재질을 사용
- 관측정 안내판은 상부보호공의 윗 면 또는 전면에 부착

1) 기존 관정에 상부보호공이 설치된 경우의 상부보호공내에 자동관측장비 설치 방안 (신규 굴착시 및 자동관측시 적용함)



- 보호함의 재질은 방수 가능한 재질을 권장함
- 보호함의 규격 등은 현장 여건을 고려하여 결정
- 보호함의 전면에 관측정 안내판을 부착

2) 기존 관정에 상부보호공이 없는 경우에 관정 상부에 소규모 보호함을 설치하는 방안(기존 관정을 활용한 수동 측정 방식 또는 부지특성상 불가피한 경우에 적용)

그림 5.6 보조 지하수 관측정 보호시설의 형식과 규격 설계 사례

□ 관측정의 명칭과 코드

보조지하수 관측정의 효율적인 운영 관리를 위해서는 전국에 설치된 보조지하수 관측정이 단일한 명명 체계를 갖고 있어야 한다. 이와 같은 명명 체계는 해당 관측정에 대한 정보를 포괄적으로 반영하여야 하며 지하수 관측정 보호시설에 소규모의 안내판으로 작성, 부착하여 쉽게 인지할 수 있도록 한다.

보조지하수관측정의 명칭은 설치 지역, 좌표, 우물의 종류 및 일련번호 등이 포괄적으로 포함될 수 있는 명칭으로 구성되어야 한다. 각종 우물에 대한 명칭은 “수문지질도 제작 및 관리 지침(1997, 건설교통부)”에서 이미 정한 바 있으며, 이 기준을 준용하여 보조지하수 관측정을 명명하는데 그 방법은 아래와 같다.

◦ 보조지하수관측정의 한글 명칭

읍면동명 + “보조지하수관측정” + “0” + 일련번호

- 읍면동명 : 읍면동의 명칭에서 맨 뒤의 읍면동 글자를 제외한 명칭
- 0 : 보조지하수관측망인 경우로서 0으로 표기
- 일련번호 : 시군구내 관측정 전체중 몇번째 관측정인지 일련번호로서 3자리 부여

◦ 보조지하수관측정의 코드 부여 방법

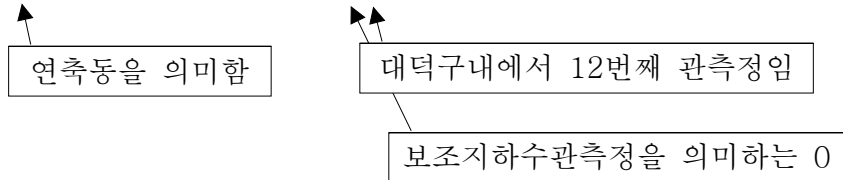
 M - - - 0
 1 2 3 - 4 5 6 7 - 8 9 10 11 - 12 13 14 15

- 1, 2 : 시군구 영문표기 첫단어 첫문자와 둘째단어 첫문자를 대문자로 표기
- 3 : 관측정 코드인 M을 대문자로 표기
- 4, 5 : 관측정 좌표의 경도의 분을 표기 (측량 또는 축척 1/5,000 이상 도면에서 좌표를 추출)
- 6, 7 : 관측정 좌표의 경도의 초를 표기
- 8, 9 : 관측정 좌표의 위도의 분을 표기
- 10, 11 : 관측정 좌표의 위도의 초를 표기
- 12 : 보조지하수관측망인 경우에 0으로 표기
- 13 ~ 15 : 관측정의 일련번호(시군구내 전체 관측정중 몇번째 관측정인지 일련번호)

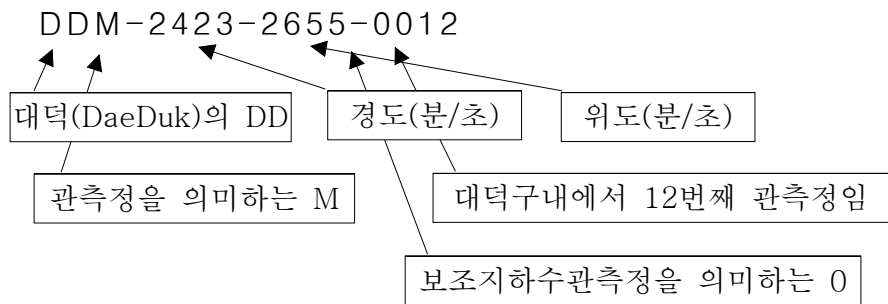
예) 대전광역시 대덕구 연축동 산 6-2 번지에 설치된 심도 100m의 보조지하수 관측정에 대한 명칭, 코드 및 안내판 작성 예

① 한글 명칭

연축 보조지하수관측정 0012



② 코드명



③ 안내판의 작성 예

연축 보조지하수관측정 0012

관측정코드 : DDM-2423-2655-0012
 관측정위치 : 대전광역시 대덕구 연축동 산6-2
 설치(지정)일자 : 2002년 9월 10일
 담당부서 : 대덕구청 건설과 지하수담당(042-629-2727)

- 주1) 보조지하수 관측정의 안내판은 기본적으로 상기 내용으로 구성하여 관측정 보호시설 외벽에 부착함을 원칙으로 하되, 현장 여건을 고려하여 변경할 수 있다.
- 주2) 보조지하수 관측정 보호시설이 안내판 부착을 위한 충분한 공간이 있는 경우에는 지하수 보전 관리 또는 보조지하수관측정의 근거 등과 관련된 협조 안내문을 추가할 수 있다.

□ 관측 내용 및 방법

가. 관측 내용

보조지하수 관측정에서 관측되는 내용은 기본적으로 다음과 같으며, 지역의 특성과 관측의 목적에 따라 기타 항목을 추가할 수 있다.

보조지하수 관측정은 지하수법 제17조의 규정에 의하여 지하수 수위를 측정하는 것이 주 목적이므로 우선적으로 지하수의 수위를 측정할 수 있어야 한다. 지하수의 수위는 수동 또는 자동 계측 장비에 의하여 측정을 하되, 표 5.1에 나타낸 바와 같이 측정단위의 원칙에 따라 측정 결과를 기록한다.

보조지하수 관측정의 보다 효율적인 활용을 위해서, 수질의 악화가 우려되거나 오염원 분포가 많은 경우에는 지하수위 뿐 아니라 기본적인 수질의 측정을 병행한다. 물시료 샘플링을 통하여 지하수 생활용 수질기준에 따른 수질분석을 실시하고 그 결과를 관측자료로서 관리한다. 이 경우에 관측 지점이 수질측정망 운영지점과 중복되는 경우에는 수질 분석 자료를 공유할 수 있도록 한다. 또한, 지역 특성상 지하수 기초 수질이 필요한 경우에는 전기전도도와 수온 등의 측정을 병행할 수 있다.

나. 관측 방법

지하수 수위/수질 측정은 자동 관측과 수동 관측으로 구분된다. 관측 방법은 기본적으로 수동 관측을 우선 하되 아래와 같은 조건은 자동 관측 장비를 설치할 수 있다. 또한, 현장 여건 또는 지역의 특성상 자동관측이 요구되는 경우에는 자동 관측장비를 다수 설치할 수 있다. 즉, 보조지하수 관측정의 지하수 관측은 인력을 동원하는 수동 관측 방법과 예산이 소요되는 자동 관측방법의 적절한 조화가 필요하다. 한편, 자동관측장비를 설치할 필요가 있는 지점은 아래와 같은 사항을 고려하여 선택한다.

- 시·군별로 관측정의 유형에 따라 필요한 대표지점에 자동관측 장비를 설치한다. 여기에서 관측정의 유형이란 표 5.3의 1차 평가인자를 말하는 것으로서 1차 평가인자(3개 항목)별로 자동 관측을 각 1개소 정도 수행하는 것이 바람직하다. 즉, 동·리 단위로 평가를 완료한 후 1차 평가인자별로 최고 점수를 받은 동·리를 선택하여 이들 동·리 중에서 최적 지점에 자동 관측을 수행한다. 즉, 시·군내 평가인자별로 대표할 수 있는 각 1개 지점 정도는 자동관측으로 수행하는 것도 필요하다.

- 측정의 연속성 등을 요구하는 경우나 예산이 충분히 확보되는 경우에는 자동 관측 장비를 다수 설치할 수 있으나, 이 경우에도 지속적인 장비의 유지 관리 계획과 이에 따른 비용이 확보되어야 한다.
- 지역의 특성상 접근이 어렵거나 수위 측정에 지나치게 많은 시간이 소요되는 경우에는 자동 관측으로 대체할 수 있다.

지하수 수위를 수동으로 관측하는 경우에는, 수위 측정기를 활용하여 지표에서 부터 지하까지의 심도를 측정하게 된다. 이 경우 관정의 최상부 또는 적절한 부위에 표식을 하여 수위 측정 기준점으로 설정하고 이 위치는 바뀌지 않도록 한다. 만약, 시설의 개보수 등으로 인하여 기준 위치가 바뀐 경우에는 변경되기 전과 후의 내용을 기록해 두어야 한다.

한편, 지하수 수질분석에 대한 현장 작업 및 시료 채취는 환경부에서 고시하는 “지하수수질측정망 운영계획”을 따른다.

□ 지하수 관측 관련 장비

지하수 관측정에 설치되는 지하수 관측 관련 장비는 다음과 같이 구분된다.

- 지하수 수위 측정기 또는 지하수 수위/수질 자동 측정장비
- 현장 수질 측정장비
- 관측 관련 부대 장비 : 전원장치, 전송장치, 중앙제어장치 등

가. 지하수 수위 측정기

지하수위 측정 장비는 인력에 의한 수동 측정 장비와 자동 측정장비를 이용한 측정기기로 대별할 수 있다. 아래 방법 중에서 수동 측정장비에서는 전기적 측정 방법(그림 5.7 참조)이 보편적으로 이용되고 있으며, 비교적 저렴한 비용으로 제작하여 활용할 수 있는 장비로 Plopper가 사용될 수 있다. 또한, 자동 측정장비로는 수압식 수위계가 주로 사용된다.

지하수 수위 측정장비는 그 종류와 특성이 매우 다양하므로 경제성, 내구성, 유지보수 편의성, 활동성 등을 고려하여 선택한다.



그림 5.7 전기적 측정방법을 이용하는 지하수 수위 수동측정장비 예(Deeper)

(1) 수동 측정 장비

① 줄자에 의한 방법

스틸제 혹은 천으로 된 줄자의 아래쪽에 분필을 칠하고 줄자의 끝에 적당한 추를 달아 수중에 내린 다음 관측정의 기준점에서 내려간 전체 길이를 읽은 후 끌어 올려 젖은 부분을 빼서 측정기준점에서 지하수면까지의 거리를 측정한다(그림 5.8 (a)).

② 전기적 측정 방법

테스터와 전선을 준비한 후 전선의 선단에 적당한 무게가 있는 전극을 부착하고, 이 선단을 관측정 내부로 천천히 내려 지하수면에 접했을 때 회로가 닫히고 테스터의 지침이 움직일 때의 전선의 길이를 재서 측정기준점에서 지하수면까지의 거리를 측정한다(그림 5.8 (b)). 이 방법에서는 전선의 신장이 오차의 원인이 되므로 주의를 요한다. 한편, 시판되는 수위 측정기중 디퍼(水深器; Deeper)는 전기적 측정방법의 일종으로서 테스터 대신에 검류계, 램프, 부저 등을, 일반 전선 대신에 절연 처리를 한 눈금 부착 전선을 사용한 것으로 측정이 간편하다.

③ 공기관에 의한 방법

일반적으로 펌프가 설치된 우물에서 이용되며, 작은 지름의 관(tube)을 최저

예상 수위의 약 3m 상부까지 설치하여야 한다(그림 5.8 (c)). 이 관 내부의 수위는 우물의 수위와 동일하다. 수면까지의 깊이를 결정하기 위하여, 관의 상부에 공기 압축기와 압력계를 설치한다. 공기를 관 내부로 밀어 넣으면, 관의 하부로부터 물이 밀려 나가게 된다. 이를 계속하여 관 내부의 물이 모두 밀려 나간 후에는 압력계의 공기 펌프 압력이 일정하게 유지되게 되는데, 이때의 압력은 관 내부에 존재하던 물에 의하여 형성되었던 것이므로 이로부터 물의 높이를 계산하고, 궁극적으로 관측점으로부터 수위도 계산이 가능하다.

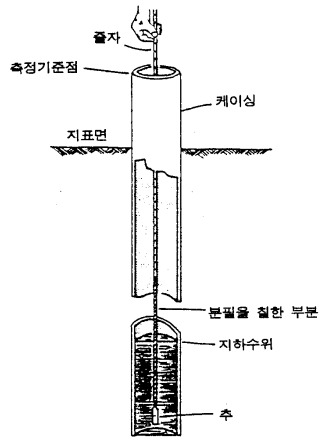
④ 압력계에 의한 방법

피압대수층에 우물을 개발한 자분정의 경우 보호벽이 수면의 최상부까지 설치되어 있지 않다면 수위를 측정하는데 곤란하다. 우물이 밸브로 연결이 되어 있으면, 적당한 압력계를 사용하여 수위를 측정할 수 있다(그림 5.8 (d)).

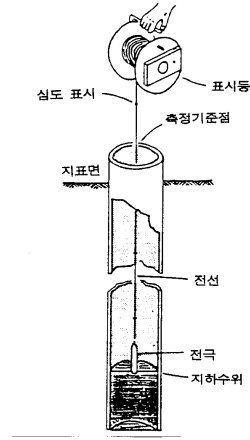
⑤ Plopper에 의한 방법

기타 유용한 방법으로서 Plopper에 의한 방법이 있다. 이는 (그림 5.8 (e))와 같은 구조로 되어 있으며, 물과 접촉할 경우 관정내에서 비교적 큰 소리가 나는 것을 인지하여 그 때의 수위 값을 읽는 방식으로서 제작이 용이하고 저렴한 것이 특징이다.

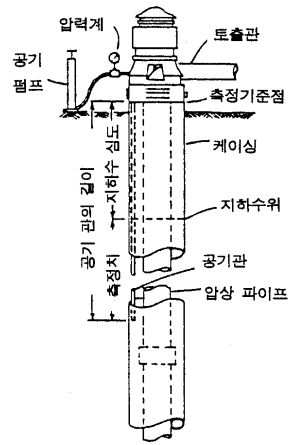
이 장비는 구경이 약 30mm 정도이고 길이가 약 15 ~ 20cm로서 스테인레스나 Copper 재질을 사용하여 원통형으로 제작한다. 한쪽은 밀폐시키고 반대쪽은 Open한 모양을 갖고 있으며, 밀폐된 부분은 줄자와 연결한다.



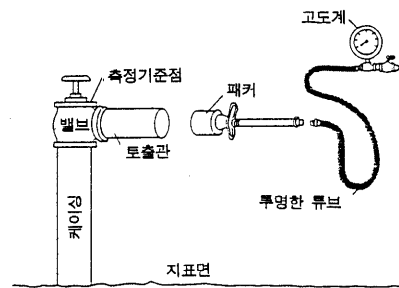
(a) 줄자를 이용한 측정



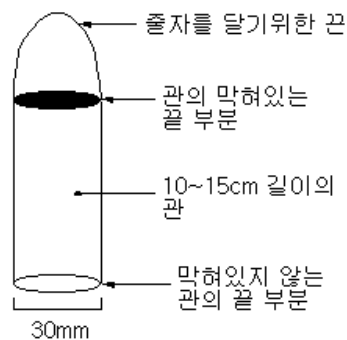
(b) 전기적 측정



(c) 공기관에 의한 측정



(d) 압력계를 이용한 측정



(e) Plopper에 의한 측정장비

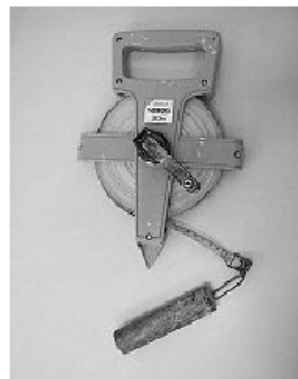


그림 5.8 지하수위 수동 측정 장비(Revised from Heath, 1983)

(2) 자동 수위 측정 장비

자동 수위 측정장비는 측정 원리에 따라 여러 가지로 분류되고 있으며, 관측정의 내부구조, 규격, 관측 목적, 관측 주기, 유지관리 편의성, 예산 등을 복합적으로 고려하여 설치하여야 한다.

각종 자동 관측장비중 검정 규격이 있는 것은 검정에 합격한 것을 사용하여야 한다. 자동관측장비를 설치할 경우에는 매일 일정한 시각에 지하수위, 수온, 전기전도도 등을 측정하고, 디지털 기록이 가능한 장비를 선정한다. 또한, 자동관측장비의 정상 작동 여부 확인 점검과 현장 간이 수질 측정을 위하여 Deeper 등의 휴대용 수위측정기, 휴대용 수온계, 휴대용 전기전도도 측정기, 휴대용 수소이온농도 측정기 등을 확보하여야 한다.

표 5.17 자동 관측장비의 비교

구 분	장 점	단 점	비 고
압력식	<ul style="list-style-type: none"> ·설치가 간편하다 ·전자식이기 때문에 운영 관리에 편하다 ·수중에 설치하므로 수질 센서와 일체형으로 제작 할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> ·누수의 위험이 있다 (항상수중설치) 	국내 제조가능
부력식	<ul style="list-style-type: none"> ·설치가 간편하고 고장의 위험이 적다 ·누수의 위험이 없다 	<ul style="list-style-type: none"> ·물 성분(염도)에 따른 부력의 차이로 오차가 발생 가능 ·주위환경에 민감하다(진동에 취약) ·수질 측정시 장비 설치 필요 	국내 제조가능
플로트식	<ul style="list-style-type: none"> ·기계식으로 고장의 위험이 적다 ·누수의 위험이 없다 	<ul style="list-style-type: none"> ·설치 후 운영관리에 불편 ·설치시 부피가 크다 ·운영시 운영에 필요한 기구를 별도 설치를 해야한다 ·수질 측정시 타장비 설치 	국내 제조가능
레이저식	<ul style="list-style-type: none"> ·정도가 뛰어나다 	<ul style="list-style-type: none"> ·가격이 고가 ·고장시 정비기간이 길다 ·수질측정시 타장비 설치 필요 	수입품
초음파식		<ul style="list-style-type: none"> ·관정에 설치시 echo 현상으로 장심도에 설치 곤란 	

자동 관측장비에는 측정 값과 실제 값 사이의 오차가 존재하게 된다. 이 때 오차의 허용범위는 장비의 성능을 의미하기도 하며, 향후 유지보수시 보정(Calibration) 여부를 판단하는 기준이 되기도 한다. 일반적으로 자동 관측장비의 오차범위는 다음 허용범위 이내로 한다.

- 수 위 : $0 \sim 50M \pm 0.5\% FS$
- 수 온 : $0 \sim 50^{\circ}C \pm 0.1^{\circ}C$
- 전기전도도 : $0 \sim 9,999\mu S/cm \pm 5\%$

측정 방법에 따른 지하수 자동관측장비의 장단점은 표 2-15와 같으며, 관측장비 구매시에는 아래 사항을 고려하도록 한다.

- 계측 센서의 현장 보정(Calibration) 기능이 용이하여야 한다.
 - 일부 센서 이상 발생시 가벼운 정비사항은 현장에서 조치될 수 있는 장비를 선택한다.
- 향후 관측장비 이상시 유지보수에 소요되는 기간이 짧은 장비를 구매하여, 결측 기간이 최소화 될 수 있도록 한다.
- 관측 장비중 센서 및 로거부와 기타 통신 또는 전원부가 충돌이 발생하지 않는 것을 선택한다.

나. 지하수 수질 측정장비

현장 수질 측정장비는 일반적으로 EC-meter, pH-meter 및 Thermistor 등으로 불리우며, 측정 센서의 설치 여부에 따라 명칭이 다르고 다양한 항목을 측정할 수 있다. 일반적으로 현장에서 수행되는 수질 측정항목과 장비는 다음과 같다.

① 수온

수온은 금속 또는 반도체의 전기저항이 온도 변화에 따라 변화하는 성질을 이용한 써미스터(Thermistor) 또는 KSB 5316 유리제 수온 막대온도계를 이용하여 측정한다.

② 전기전도도(EC ; Electrical conductivity)

전기전도도는 용액이 전류를 운반할 수 있는 정도로서, 용액중의 이온 세기를 신속하게 평가할 수 있는 항목으로서 전기저항의 역수인 ohm^{-1} 또는 mho 로 나타내나 현재는 국제적으로 S(Siemens) 단위가 통용된다. 측정 결과는 전기전도도 값에 셀 정수(cm^{-1})를 곱하여 시료의 비전도도($\mu S/cm$)로 표기한다.

③ 수소이온농도(pH)

수소이온농도(pH) 측정에는 유리전극과 비교전극으로 구성되어 양 전극간에 생성되는 기전력의 차를 이용한 유리전극법(복합전극법) pH 미터 또는 비색 세트를 이용한다. pH 미터는 임의의 한 종류의 pH 표준액에 대하여 검출부를 물로 잘 씻은 다음 5회 되풀이하여 pH를 측정했을 때 그 재현성이 ± 0.05 이내의 것을 써야 하며, 25℃에서의 pH 값으로 환산하여야 한다.

④ 용존 산소(DO), 기타 용존 가스

용존 산소는 격막전극법에 의한 측정기를 이용하여 현장에서 채수후 즉시 측정한다. 기타 CO_2 , CO_3 , HCO_3 , H_2S 와 같은 용존 가스 성분은 적정법을 이용하여 현장에서 분석하여야 한다.

그림 2-9는 현장에서 지하수질 수동 관측시 사용하는 현장 간이수질측정 장비를 보여주고 있다.



(a) pH meter



(b) EC meter



(c) 수위, pH, EC, DO 및 각종 수질 관측 장비

그림 5.9 지하수 수질 현장측정 장비(예)

다. 부대 장치

지하수 관측장치와 관련된 부대 장비로는 관측 장비에 전원을 공급하는 전원 장치, 데이터 등을 중앙 제어실로 송신하는 데이터 송신장비 및 송신 받은 자료를 종합적으로 취합 관리하는 중앙 제어실 등으로 구분할 수 있다.

① 전원 장치

전원장치는 관측 장비 및 센서를 작동하는 동력원을 발생시키는 장비로서, 일반적으로 축전지의 사용을 위한 태양전지를 이용하는 경우와 상전인입 방식으로 하는 경우로 구분할 수 있으며, 각 방법의 특성은 표 5.18과 같다. 일반 상용 전원을 사용할 경우에는 정전시 전원 공급 중단에 의한 결측을 방지할 수 있도록 무정전 장치를 설치하고, 축전지를 사용할 경우에는 방전시 전원 공급 중단에 의한 결측을 방지할 수 있도록 태양전지를 설치 한다.

표 5.18 상전 인입 방식 및 태양전지 비교

구 분	상전인입방식	태양광 이용방식
장 점	·전기 공급이 안정적 (한전에서 전기공급)	·환경친화적(청정에너지) ·별도의 전원 인입설비 불필요 ·DC 전원이므로 낙뢰에 안정 ·별도의 경비 불필요
단 점	·별도의 인입설비가 필요 ·AC 전원이므로 낙뢰에 위험 ·정전시를 대비한 UPS가 필요 ·전기 사용료 지불	·자연광을 필요로 하므로 날씨 및 지역적 특성에 영향을 받음 ·батери 수명이 짧음

전원장치의 설치시에는 아래 사항을 고려하여야 한다.

- 관측소가 설치된 지점이 응달이거나 일조량이 많지 않은 지역의 경우 태양전지보다 상전을 인입하여 쓰는 것이 더욱 효과적이다.
- 상시전원(한전)을 인입할 경우 갑작스런 정전으로 관측장비가 정지될 수 있으므로 무정전 전원장치의 설치를 고려하여야 한다.
- 외딴 지역에 설치되어진 관측소는 낙뢰의 위험이 있으므로 피뢰 설비의 설치가 필요하다.

한편, 태양전지는 충전 방식에 따라, 배터리의 전압을 check하여 일정이하의 전압이 발생되면 상시 충전되는 방식인 상시충전방식과 하한전압 발생시 충전을 제시하여 상한전압에 방전하는 방식인 기준전압 충전방식으로 구분되며, 그 장단점은 표 5.19와 같다.

표 5.19 태양전지의 충전방식에 따른 비교

구 분	상시 충전 방식	기준전압 충전 방식
장 점	상시 충전이 되므로 방전확률이 적다(안정적이다)	배터리의 수명을 높일 수 있다
단 점	배터리의 수명저하가 온다(작은 충방전)	하한전압시 일조가 없을때 배터리의 방전을 가져올 수 있다

주) 상시 충전 방식 : 배터리의 전압을 check하여 일정이하의 전압이 발생되면 상시 충전되는 방식
 기준전압 충전 방식 : 하한전압 발생시 충전을 제시하여 상한전압에 방전하는 방식

② 데이터 통신장비

자동으로 지하수 관측이 이루어지는 경우, 관측데이터의 실시간 전송 또는 On-line 전송을 위해서는 데이터 통신장비를 설치할 수 있다. 데이터 통신장비는 원격지에 설치되어 있는 관측기기의 상태 파악 및 운영상태를 파악하고 관측된 데이터를 원격으로 전송 받아 데이터의 관리를 용이하게 하는 장치이다. 전자통신 분야의 발달로 데이터 통신 방식도 매우 다양하게 발달하고 있으며, 현재 국내에서 보편적으로 사용되는 유선 및 무선(PCS) 통신 방식을 비교하면 표 5.20과 같다.

표 5.20 유선 및 무선통신방식 비교

구 분	PCS 통신 이용	유선통신 이용
통화지역	- 지역제한 있음	- 지역제한 없음
전원소비량	- 800mA (팜탑 컴퓨터 사용시)	- 250mA (데이터 로거 사용시)
전화설치비	- 기계 구입 및 가입비 소요	- 전화신청비 소요
사용료	- 상대적으로 고가임	- 상대적으로 저렴함
설치방법	- PCS Phone 구입후 별도공사 불필요	- 한국통신의 단자함이 없을 경우 설치 공사 필요
장 점	- 설치가 간단 - 빠른속도의 Data전송(14400bps) - 사람 접근 곤란시 설치 간편 - 외부 썬지 등의 영향을 적게 받음	- 비용이 저렴 - 안정적인 통신 및 양질의 Data확보
단 점	- 장비가격 및 운영비가 고가 - 점검시 팜탑 PC가 고장시 보수에 애로 사항이 발생 가능	- 전화설치시 한국통신측의 단말 단자함이 없는 경우 설치공사 필요 - 유선망이므로 외부 낙뢰 및 썬지 인입의 가능성
결 론	- 단기간 근거리 지역에 적용개소 - 대량의 data 전송에 유리	- 장기간 광범위한 지역에 적용 - 소량의 지속적 data 유리

5.2.5. 관측 주기의 결정

□ 일반사항

- 가. 보조지하수 관측정 및 관측장비의 설치가 완료되면 지하수위 및 수질의 변동을 지속적으로 파악할 수 있도록 주기적이고 장기적인 관측이 이루어질 수 있도록 한다.
- 나. 보조관측망은 국가 지하수관측망이 설치되지 않는 세부지역에서 지하수위, 수질의 관측 및 분석을 통하여 지하수 자원의 고갈이나 수질 이상의 문제가 발생 시 조속히 시설보수, 수질개선, 취수제한 등의 조치를 취할 수 있도록 관측 주기가 설정되어야 한다. 즉, 지하수 고갈이나 수질 등의 이상이 발생할 경우에는 보다 조밀한 관측주기로 관측함으로써 신속한 대처가 이루어질 수 있도록 한다.

□ 관측주기의 결정

보조관측망은 관측정이 위치한 지역을 토지유형별로 다음 4가지로 분류한 후 각각의 특성에 맞는 주기로 운영한다.

- 농경지
- 주택지
- 공업/상업지역
- 산림/나대지

가. 농경지

농경지라는 함은 논농사, 밭농사뿐만 아니라 원예지역, 축산지역, 과수재배 지역 등 농업활동이 이루어지고 있는 지역을 포함하게 된다.

나. 주택지

주택지라 함은 농업활동과 공업활동이 이루어지지 않는 곳으로서 단순히 주거활동이 이루어지는 곳도 있지만 교통량과 유동인구가 많은 도심지역을 모두 포함한다.

다. 공업/상업지역

공업/상업지역이라 함은 국가공업단지, 지방공업단지를 포함하면서 농공단지, 자유입지업체들이 모여 있는 곳을 말한다.

라. 산림/나대지

산림/나대지라 함은 농경지, 주택지, 공업/상업지역을 제외한 나머지 지역으로써 주거하는 사람이 별로 없으며 지하수개발이 거의 이루어지지 않는 곳을 말한다.

상기 4가지 토지유형별 관측 주기는 표 5.21과 같다.

표 5.21 보조지하수 관측정의 토지유형별 수위 및 수질 관측 주기

관측소	지하수 수위		지하수 수질
	관측빈도	관측주기	관측빈도
농경지	월 2회	15일마다 관측	연 2회 이상
주택지	월 2회	15일마다 관측	
공업/상업지역	월 3회	10일마다 관측	
산림/나대지	월 1회	30일마다 관측	

5.2.6. 관측정 운영·관리 기준

□ 일반 사항

- 가. 각 관측소의 유지 관리는 관측 시설과 부대 시설을 포함한다.
- 나. 지방자치단체의 장은 소관 각 관측소의 현황을 정확히 파악하고 관측소 운영 및 관리에 대한 점검 및 시설물 관리에 철저를 기하여야 한다.
- 다. 관리인 및 계기에 대한 유고 시는 즉시 긴급 조치를 취할 것이며 시설물 파손 및 도난에 의한 오측 및 결측이 생기지 않도록 지도 감독을 하여야 한다.
- 라. 각 관측소별 시설물 및 비품의 대장과 관리기록부를 비치하여 항상 현황을 파악하고 철저히 정비 관리하여야 한다.
- 마. 각 관측소에는 안내 표지판을 설치하여 국민의 인식을 새롭게 하도록 홍보 하여야 한다.
- 바. 관측 장비에 대한 각종 계기 부품 및 소모품 등 예비 비품을 항상 비축하여 비상시에 대비한다.
- 사. 보조 지하수관측망의 관측자료는 해당 지방자치단체의 지하수 전담부서에서 관리하고, 당해연도의 관측 자료를 종합하여 다음년도 3월말까지 건설교통부장관에게 보고하여야 한다.
- 아. 건설교통부장관은 보조 지하수 관측망의 설치에 관한 전국 현황과 관측 자료를 수집하여 종합 관리한다.

□ 관측정 요원 운영

- 가. 지하수 관측 담당자 임명 및 교육
 - 1) 지방자치단체의 장은 지하수 관측에 관한 제반 업무를 충실히 시행할 수 있는 소속 직원을 지하수 관측 담당자로 임명한다.
 - 2) 지방자치단체의 장은 보조 지하수 관측망의 운영 관리 업무를 지하수법 제5조의 규정에 의한 지하수 관련 조사전문기관, 동법 제27조에 의한 지하수영향조사기관 또는 기타 지하수 관련 업무수행 가능자로 하여금 대행하게 할 수 있다.

나. 지하수 관측정 관리인 임명

- 1) 지방자치단체의 장은 필요한 경우 담당 직원 이외의 자를 지하수 관측정 관리인(이하 “관리인”이라 한다)으로 위촉, 운영할 수 있으며, 관리인의 임용 자격은 다음과 같다.
 - 지하수 관측(관리) 업무 수행 능력이 있는 자
 - 1년 이상 성실히 직무를 수행할 수 있는 자
 - 관측소 인근에 거주하는 자로서 직무 수행 능력이 있다고 인정되는 자
- 2) 지방자치단체의 장은 전항의 규정에 의한 관리인은 당해지역 관서장 관계 공무원의 추천을 받아 위촉하고 위촉장을 교부한다.
- 3) 지방자치단체의 장은 지하수 관측정 관리인에게 지하수 관측정의 운영관리와 관련된 교육을 주기적으로 실시하여 시설물 유지관리에 만전을 기하여야 한다.

다. 관리인 사례금

- 1) 전 절에 의하여 관리인으로 임명되었을 때에는 당해 연도에 계상된 예산 범위 내에서 사례금을 지급할 수 있다.
- 2) 전항 규정 외에 성과물의 우송료 등 기타 필요한 경비를 지급할 수 있다.

라. 관리인 여비 및 제수당

지하수 관측 업무에 종사하는 관측사, 통신사, 관리인에 대하여 관측 업무에 필요한 여비 및 제수당을 공무원 국내여비규정에 의거 여비정액표에 해당하는 금액을 지급할 수 있다.

마. 관측정 관리

- 1) 지방자치단체의 장은 건설교통부장관이 정하는 지하수 관측 수칙을 관측 업무 담당자 및 관리인에게 숙지하도록 하고 관측 업무 담당자 및 관리인은 이를 이행하여야 한다.
- 2) 관리청장은 관측소가 피해를 입었을 때 또는 관측 계기 및 시설의 고장이 있을 때에는 신속하게 조치를 강구하여야 한다.
- 3) 시설물 관리대장은 본 지침 별지 제1호 내지 제5호 서식에 의한다.

□ 관측정의 유지 관리

가. 공내 청소

관측정 설치 후 장시간이 경과하면 피막현상(被膜現象) 또는 세립질의 유입에 의한 유공관(스크린)이 막히거나 유입된 세립질의 침전 등으로 공심도가 얕아지는 경우에는 2년에 1회 정도 압축 공기 등을 이용하여 이를 완전히 제거하므로써 관측정 내로 지하수의 흐름이 원활하게 유지되도록 하는 것이 바람직하다.

나. 관측정 소독

물 시료 채취 장비 등을 통하여 박테리아, 바이러스 등 각종 미생물류가 관측정 내로 유입, 오염되었을 경우에는 관측정의 내부 용적과 동일한 용량의 농도 200ppm의 소독제(표백분, 차아염소산소다, 차아염소산칼슘)를 관측정 내에 주입하여 2시간 이상 잔존시킨 다음 취수정 밖으로 완전히 배출시킨다.

□ 관측 시설의 점검

관측정의 운영관리는 관측정 보호시설의 파손 여부, 각종 계기의 정상 작동 여부, 센서의 이상 유무, 예비품 및 소모품의 배치 유무, 송수신 통신 장비의 이상 유무, 기타 주변 여건의 변화상태 등을 점검하는 것이 주 목적이 된다.

가. 일반 사항

- 1) 점검은 소정의 점검일지 및 계측 기기, 공기구, 상시 사용 소모성 자재 등을 휴대하고 업무를 수행하여야 한다.
- 2) 점검업무 수행 시에는 반드시 안전 장구를 착용하고 제반 안전 수칙을 준수하여야 한다.
- 3) 중량물의 운반이 수반되는 정비 작업, 고압 전기 시설이 통과하는 관측소에서는 반드시 2인 이상 1조가 되어 시행토록 한다.
- 4) 가동중인 설비의 시험은 관측이 중지되는 일이 없도록 충분한 조치를 취한 후에 실시하여야 한다. 관측이 중지될 경우에는 해당 사유와 기간을 기록하여야 한다.

- 5) 예비 부품 및 소모품은 항상 비축하여 결측이 발생하지 않도록 한다.
- 6) 정비에 필요한 자재는 시설물 특성에 적합한 신품의 자재를 구매, 사용토
록 한다.
- 7) 점검정비작업 완료 후에는 그 내용을 별지서식 제4호에 기록, 관리한다.

나. 관측 계기 점검

- 1) 관측 계기류는 기종에 따라 구조가 다르므로 사양서, 취급 설명서 등을 충
분히 숙지한 후 점검에 임하도록 하며 성능 유지에 최선을 다한다.
- 2) 자동관측장비의 점검 시에는 분기별 1회 이상 휴대용 측정 장비를 이용한
측정치와 자동관측장비의 관측치를 비교하여 정상 작동 여부를 확인하고
오차가 허용치 이상일 경우에는 보정을 실시하여야 한다.
- 3) 현장 보정이 불가능한 경우나 기기의 고장 시에는 함부로 조작하지 말고
즉시 제작자에게 연락하여 수리토록 하며, 예비품 등으로 교체하여 결측을
최소화 하도록 한다.

다. 관측소 주변 점검

- 1) 관측정은 설치된 계기를 보호하기 위해 보호시설의 파손이 있어서는 안된
다.
- 2) 보호시설물, 표지판 등이 튼튼하게 고정되어 있는 가를 점검하고, 외부인
의 출입을 통제하여 관측소가 손상, 도난 등을 방지한다.
- 3) 관측에 지장이 되는 물건이나 관측소 주변의 잡초, 오물 등을 제거하여 관
측소 주변의 청결 상태를 유지한다.

□ 수위 및 수질의 측정

현장에서 수동으로 수위를 측정할 경우, 관측정 최초 설치(지정)시 표시해 놓은
기준점을 기준으로 심도를 측정한다. 이 때, 지표에서부터 기준점까지의 높이
(예를 들면, 지표상부에 노출된 케이싱에 표식한 경우에 지표에서부터 측정 기
준점까지의 높이)를 측정하여 기록함으로써, 지하수위 자료의 분석시 활용될 수
있도록 한다. 심도로 측정된 지하수위 값은 Elevation 값으로 환산하여 기록함
으로써 절대 수위를 알 수 있도록 한다(표 5.1 참조).

자동으로 수위를 측정하여 데이터 로거 등에 기록하는 경우에는, 배터리 등 전원의 수명을 고려하여 전원이 고갈되지 않도록 주의하고 주기적으로 관측정을 방문하여 자료를 Download 받고, 현장 점검을 실시한다. 일반적으로, 수압식 자동 측정장비의 경우는, 장비가 설치된 심도에서 측정되는 물의 압력을 심도로 환산한 값이 저장되기 때문에, 이 물의 압력 수두 값을 지표 기준점에서부터 지하수위까지의 깊이로 환산하고 다시 이 값은 Elevation 값으로 환산하여 기록하여야 한다. 즉, 자동 관측장비의 경우에는 측정 장비 및 방식에 따라 지표에서부터 지하수위까지의 심도 및 Elevation 값으로 직접 읽어들이지 못하기 때문에 측정결과는 심도 및 Elevation 값으로 환산하여 저장, 관리하여야 한다.

지하수질의 관측은 EC-meter, pH-meter, Thermometer 등 수동식 장비를 활용하여 현장의 EC, pH, 온도 등을 측정하고, 주어진 관측 주기(2회 ~ 4회/년)에 물시료를 샘플링하여 생활용 수질기준에 의한 수질분석을 실시하고 그 결과는 지속적이고 체계적으로 관리한다.

□ 관측자료의 저장 및 관리

현장에서 취득된 관측자료는 엑셀 또는 관측자료 데이터베이스를 활용하여 지속적으로 저장한다. 자동 관측의 경우에는 수위(전기전도도, 온도 포함) 측정 원시자료를 별도로 관리하고 원시자료로부터 일평균자료를 계산하여 최종적으로 별지서식 제6호의 양식에 입력하여 관측연보로 관리한다. 월 1~2회 정도로 수동으로 측정한 수위 관측 값은 별지서식 제6호의 양식에 해당 일자에 기록하여 관측연보로 관리한다.

자동으로 측정된 수위, 전기전도도, 온도 등과 수동으로 측정된 수위자료는 별지서식 제6호의 양식을 사용하여 입력, 관리할 수 있다. 반면에, 연 2~4회 수행한 수질분석 관측자료의 경우는 각 항목별 분석 결과 및 합격 불합격 여부 등을 별지서식 제7호의 양식에 기록하여 관측정별로 지속적으로 관리토록 한다.

□ 관측자료의 분석 및 활용

가. 관측자료의 분석 기법

지하수 관측자료는 시간적 및 공간적인 변화상태를 파악하는 것이 목적으로서, 그 분석 기법 또한 시간적 및 공간적으로 분석하여 지하수의 상태를 분석, 예측하도록 한다.

1) 공간적 자료 처리

지하수의 공간적인 변화는 각 지점마다 관측된 수위 및 수질자료의 통계적 처리, 통계적 분석 및 시계열 분석을 통하여 기본적인 특성을 파악하고, 공간적인 지하수위 및 수질의 분포상태를 다양한 등치선 작도 프로그램 등을 활용하여 작성함으로써 지역별 특성을 파악한다.

2) 시간적 자료 처리

지하수위 및 수질은 시간에 따라 변화하기 마련이므로, 이들 변화 상태에 대한 추세와 변화 특성을 분석하여 관측 지점의 지하수 변동상태를 분석하는 것이다. 즉, 각 관측 지점의 시계열을 기간별(월별, 분기별, 연별)로 분석하여 지하수의 수위 및 수질 변화의 경향성을 정량화하여 나타낸다. 지하수 관측 시계열과 강우량 각각에 대한 스펙트럼 분석, 상호 시계열간의 상관관계 분석을 통해 각 관측 지점의 수위와 수질 변화에 영향을 크게 미치는 요인을 추출한다.

나. 관측망의 연계 활용방안

1) 국가 지하수 관측망과 연계

국가 지하수 관측망의 수위 및 수질 지시자 자료가 광역 지역의 경향성을 말해주는 대표성이 있는지를 보조 관측망 자료의 통계 분석으로 판단한다. 국가 관측망과 보조 관측망의 수위 및 각 수질 항목에 대한 상관성을 분석(국가 관측망의 수위와 보조 관측망 평균 수위와의 상관 함수, 국가 관측망 수위와 보조 관측망 수위의 스펙트럼상의 유사성 등)하여 국가 관측망 자료의 신뢰성을 높인다. 이런 상관관계 함수가 정해지면 국가 관측망과 보조 관측망의 자료가 자연적인 변동을 보이는 것인지 아니면 주변의 지하수 이용이 영향을 미치는 것인지를 파악할 수 있다.

2) 수질측정망 연계

보조 지하수 관측망은 지하수 수질 오염 우려 지역 뿐만 아니라 여타의 여러 목적으로 지점이 정해지므로 지하수 오염 우심 지역을 대상으로 하는 환경부 수질 관측망과 차별화 된다. 따라서 보조 지하수 관측망을 이용한 수질은 지하수의 배경 수질이자 각 지역의 포괄적인 지하수 수질의 변화 경향을 말해 주고 환경부 수질 관측망은 오염 우려 지역에 지하수 오염원의 영향을 말한다. 따라서 보조 지하수 관측망 자료를 이용한 배경 수질 자료에 환경부 수질 관측망 자료를 비교하면 광역적 오염 경향이 우세한지 아니면 국지적 오염 문제가 발생하고 있는지를 판단할 수 있다.

다. 관측 자료의 활용 방안

1) 지하수 자원 고갈 여부 진단

관측년도의 강수량과 지하수위 월변화 및 연변화를 통계적으로 분석하여 지하수위가 지속적으로 하강하고 있는 지역을 분리하여 지하수 고갈 우려 지역으로 분류하여 관측망의 밀도와 관측 빈도를 높여서 지하수 자원 고갈 여부를 정밀 진단한다.

2) 지하수 오염 진행 여부 진단

지하수의 수질이 자연적인 과정에서 나타날 수 있는 범위를 벗어나 인위적인 오염원의 영향을 수질 관측자료의 경향성을 분석하여 파악한다. 단순히 수질 기준을 초과하느냐 아니냐의 여부 보다는 전반적인 수질의 지시자를 분석하여 수질 변화의 경향성으로부터 지하수 오염 진행 여부를 진단한다.

3) 국지적으로 나타날 수 있는 지하수고갈 문제와 오염문제에 실시간으로 대처 가능

전국적인 지하수 관측망을 활용하여 국지적 지하수 고갈 문제와 오염문제를 탐지할 수 있고, 이의 진행상황을 알 수 있어서 신속하고 적절하게 대처할 수 있다. 또한 관측자료의 실시간 분석 기법을 개발하여 문제의 원인에 대한 분석이 신속하게 이루어진다면 시의 적절한 대처 방안을 찾을 수 있다.

4) 지하수 잠재오염원 식별, 잠재오염원의 영향 정량화 및 오염원 관리 기법 수립에 이용

지하수 보조 관측망을 통한 모니터링을 실시하여 파악되지 않고 있던 주변 지하수 잠재 오염원을 식별하거나 잠재 오염원의 영향 (오염 부하량, 지하수로의 배출량 등)을 정량화하여 지하수 관리 모델에 적용할 수 있다.

5) 지하수 보전 관리 업무와 연계

관측 자료의 연간 경향성을 분석하여 지하수 고갈이나 오염 확산의 우려가 있는 지역은 정밀 조사를 실시하거나 보전 지구로 지정하여 관리할 수 있게 한다. 추후 관측 자료를 분석하여 더 이상의 추가 관리가 필요치 않다고 판단될 때 보전 지구를 해제한다.

라. 관측정 운영후 기대 효과

1) 지역 주민을 대상으로 한 생활 서비스 제공

지하수 보조 관측망을 설치하여 관측이 시작되면 지역 주민들에게 거주 지역의 지하수 상태에 대한 정보를 제공할 수 있는 가장 기초적인 자료의 취

특이 시작됨을 의미한다. 지역별 관측 자료를 이용하여 지역 주민들이 지하수의 상태를 온라인 상으로 파악하고 지하수 개발이나 이용 계획을 세울 수 있도록 뒷받침해 준다.

2) 지하수 보전 관리에 주민의 관심 제고 및 참여 유도

보조 관측망을 활용하여 주민들의 거주 지역의 지하수에 대한 양적, 질적 정보를 있는 그대로 공개함으로써 지하수가 고갈의 위험이 있거나 수질 악화의 위험이 있을 때 이에 자발적으로 대처하거나 지하수 보전 활동에 적극적으로 참여할 수 있는 분위기를 만들어 갈 수 있다. 온라인 정보 제공 시스템을 이용한다면 지하수 보전을 위해서 각 지역의 주민들이 참여할 수 있는 행동의 유형을 제시하여 민·관이 협동하여 지하수를 보전하는 활동을 전개해 나갈 수 있을 것이다.

3) 지하수 고갈이나 오염 진행 조기 진단과 예방 조치로 인한 지하수 정화 비용 절감 효과

지하수의 건강 상태에 관한 진단이 가능. 지속적인 모니터링을 통하여 이상 징후 발견, 사전 조치를 통하여 그렇게 하지 못했을 때 예상되는 막대한 정화 비용을 절감할 수 있다. 지하수 오염 예방조치가 정화비용을 고려했을 때보다 경우의 차이는 있지만 훨씬 저렴하다는 것이 일반적인 판단이다.

4) 무분별한 지하수 개발 억제 및 오염 감소 효과 기대

지하수 수위 및 수질 관측자료를 활용하여 주민에 대한 홍보효과와 함께 수위 및 수질의 변동 상태에 대한 인식으로 무분별한 지하수 개발을 억제할 수 있다. 지하수 관측정보가 일반인에게 공유되게 함으로써 지하수위 저하가 발생하거나 수질상태가 부적절한 지역에서 용수원으로서의 지하수 개발을 스스로 감소시켜 나갈 수 있도록 유도함으로써 지하수 오염을 감소시킬 수 있다.

[제1호 서식]

지하수 관측정 위치

관측정명				
위치				
좌표 및 표고	경위도	경도	위도	표고(El.m)
	TM좌표	TM-X	TM-Y	
관측개시년월일			작성년월일	
<u>위치도</u>				

[제2호 서식]

관측정 시설 제원

관측정명*		관측정 코드*	
위 치*	주소 : 경도 : 위도 : 표고:		
설치지정일자*	년 월 일		
관리기관*		시공기관	
정호심도*	m	굴착구경*	상부 mm
			하부 mm
케 이 싱	외 부	설치 구간	~ m, ~ m
		규격(직경)	mm
		재 질	
	내 부	설치 구간	~ m, ~ m
		규격(직경)	mm
		재 질	
스트레나	설치 구간	m~ m, m~ m	
	규격(직경)	mm	
	재 질		
자동관측기	설치유무	유 / 무	설치 심도 기준점 하부 m
	제작회사		
	제 품 명	계기번호	
초기 수위/수질	지하수위	지표로부터 m	수온 °C
	pH		EC μS/cm
지층 구성	심 도	지 층 명	특 성
지표면에서 케이싱상단부(측정기준점)까지 높이*			m
관측 항목*			
관측 주기*	(초, 분, 시간, 일) 간격 관측		

주) 기존 공을 이용할 경우에는 확인 가능한 내용만 기재. 단, * 표시된 항목은 반드시 기재

[제3호 서식]

지하수 관측기기 관리대장

명 칭		제작사명	
용 도		제작년월일	
수 량		제작번호	
설치장소		설치년월일	
일련번호		중 량	
기기명판사양		측정범위	
기 기 이 력 및 보 수 사 항			
년 월 일	내 용		비 고

[제4호 서식]

수 선 및 점 검 대 장

수 선 및 점 검 사 항			
년월일	내 용	담당자	비 고

[제5호 서식]

지하수 관측기기 및 시설

관 측 소 명						
기 기	항 목	모 델 명	계기번호	측정범위	구입년월일	구 입 처
시 설	항 목	내 용			설치년월일	시 공 자
	관측정					
	보호시설					
년 월 일	시설개량 및 보수 내용			담 당 자	금 액	

[제6호 서식]

지하수 관측자료(수위, 자동 수질)

관측정명					관측정 코드					관측항목						
위 치	주소 :				위도 :				표고:							
	경도 :															
관측방법	수동 / 자동				관측 시간 간격				초,분,시,일							
월 일자	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	비	고		
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
평균																
최고	일자															
	측치															
최저	일자															
	측치															
특기사항																

[제7호 서식]

지하수 관측자료(수질분석)

관측정명		관측정 코드																		
위 치	주소 :			위도 :									표고:							
항목 일자																		시험 기관	관정 결과	분석 기준
특기사항																				

주) 가로표(A4횡)로 작성

제 6 장

지하수 폐공관리

제 6 장 지하수 폐공관리

6.1. 일반사항

6.1.1. 폐공의 정의

“폐공(廢孔, abandoned well)”이라 함은 지층을 굴착한 공(孔 ; hole) 또는 우물(井戶 ; well)로서 현재 또는 미래에 이용할 계획이 없고, 지하수 수질오염방지를 위한 별도의 조치없이 방치되어 있는 모든 공을 말한다.

그러므로 지하수를 개발·이용하기 위해 착정한 우물, 토목·건축조사 및 지질조사용 시추공 중에서 당초의 목적을 상실한 지하 굴착공은 모두 폐공에 해당한다.

또한, 한해대책관정, 비상용공동우물 등 평시에는 이용하지 아니하나 미래에 이용할 계획이 있는 우물은 오염방지를 위한 조치를 한 후 사용중인 우물로 분류하여 관리하여야 한다.

"우물(well)"이라 함은 토양이나 암석의 틈을 채우고 있는 지하수를 취수 이용하거나 관측, 유도, 인공함양 또는 시험을 실시하기 위하여 시굴, 시추, 파쇄, 타격 및 수굴(手掘)의 방식을 이용하여 인공적으로 굴착한 시설을 말한다.

“지하수개발·이용시설”이라 함은 지하수를 개발·이용하기 위하여 설치한 우물, 갯도 및 용천(湧泉)을 포함하여 이들을 운영하기 위하여 사용하는 펌프, 유량계, 보호공 및 관련 부대시설을 모두 합하여 지하수개발·이용시설이라 한다.

“폐공처리”는 폐공으로 인한 지하수 오염을 방지하기 위하여 폐공을 되메움 하여 원상복구 하거나 개·보수하여 재활용하는 조치를 의미한다.

“폐공관리”는 지하수 개발·이용 중 발생하는 폐공과 기타 목적으로 지층을 굴착하여 발생하는 모든 폐공 및 숨겨져 방치된 폐공 등을 조사하고 지하수 오염방지를 위한 적절한 조치를 취하는 일체의 행정조치와 유지 관리 행위를 의미한다.

6.1.2 폐공의 발생원인

폐공은 지하수 개발·이용 또는 지질조사 등을 위하여 굴착한 공이 당초 기대에 못 미치거나 소기의 목적을 달성하여 더 이상 사용하지 않는 경우 발생한다. 폐공이 발생하는 구체적인 경우는 다음과 같다.

가. 지하수 개발 중 발생하는 폐공

- 취수량이 부족하여 소기의 목적을 달성할 수 없는 경우
- 시공상태가 불량하여 이용하지 못하게 되는 경우
- 수질이 이용목적에 부적합하여 이용하지 못하게 되는 경우

나. 지하수 이용 중 발생하는 폐공

- 취수량이 급격히 감소되어 사용하지 못하게 되는 경우
- 우물스크린 및 우물자재의 부식으로 오염이 발생하거나 함몰된 경우
- 수질검사 결과, 이용목적에 부적합 판정이 내려진 경우
- 지하수 과잉취수로 대수층의 파괴 또는 주위지반의 침하가 발생하는 경우
- 염수의 침입으로 사용이 불가능하게 되는 경우
- 내구연수를 초과하여 노후된 우물

다. 사용목적을 완료하여 더 이상 사용하지 않음으로 발생하는 폐공

라. 기타 사례

- 건축 조사 및 지질조사용 시추공을 방치하는 경우
- 상수도 공급에 따라 생활용수 우물의 사용을 중단하는 경우
- 공장 이전 및 폐쇄에 따라 우물을 방치하는 경우
- 한해대책 등 긴급히 개발한 우물시설을 방치하는 경우
- 기타 지하수법 또는 다른 법률의 규정에 의하여 폐쇄하는 경우

6.1.3. 폐공과 지하수 오염

폐공은 지표 오염원의 유입 창구 또는 유입된 오염원을 지하 심부까지 이동시키는 통로 역할을 하고 있으며 그 자체가 직접 오염원으로 작용하기도 한다. 장기간 방치되었거나 잘못 처리된 폐공이 지하수 오염에 미치는 영향은 다음과 같다.

가. 오염원으로 작용

굴착시 사용된 독성, 난분해성 유류가 인위적으로 유입되거나 우물안의 유류를 공내청소 없이 방치한 경우 그 자체가 직접적인 지하수 오염원으로 작용하며, 폐공 내에 설치되어 있는 관(케이싱)이 부식되어 지하수를 오염시키거나 박테리아의 성장에 필요한 영양원이 되기도 한다.

나. 지표 오염원 유입 창구

폐공 입구가 지표에 노출되어 있음에 따라 오염된 지표수, 농약 등의 오염원이 직접적으로 폐공 내로 침투하거나 케이싱 주변부를 통하여 간접적으로 침투하여 오염원 유입 창구로 역할을 한다.

다. 유입된 오염원을 지하 심부까지 이동시키는 이동 통로

일반적으로 지표 오염원이 상부 지층을 통과하여 암반대수층에 도달하기 위하여서는 수일-수백년의 시간을 필요로 하고 상부 지층 통과시 자연적으로 정화되는 효과가 있으나 암반내의 대수층까지 인위적으로 굴착한 공의 경우는 유입된 오염원을 심부 지층까지 빠른 속도로 직접 유입·이동시키는 통로 역할을 한다.

6.1.4. 대수층 오염경로

지표에서 발생한 오염물질이 심층의 지하수에서 검출되는 오염경로는 다음과 같다.

가. 지하수의 함양지역에 오염원이 존재하는 경우

오염물질이 지하수 유동에 따라 수평방향으로 확산하여 심층의 지하수를 오염시키게 된다.

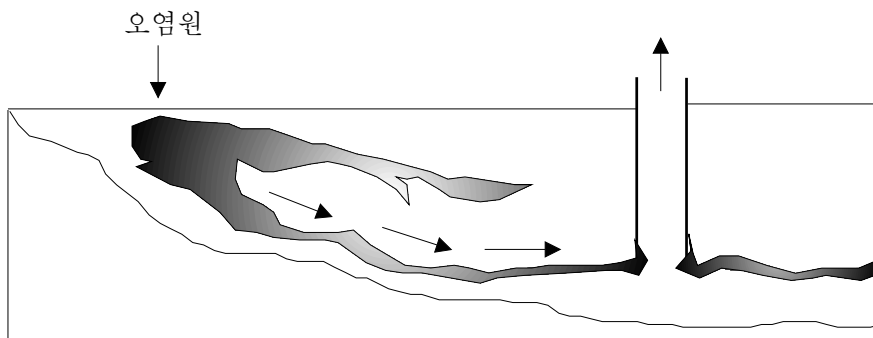


그림 6.1 함양지역의 오염원이 유입하는 경우

나. 상부 대수층의 지하수가 이미 오염되어 있고 그 하부에 존재하는 불투수층이 오염 확산을 차단하고 있는 경우

불투수층이 끊겨 있거나 불연속적이면 그 틈으로 오염물질이 심층부로 침투할 수가 있다.

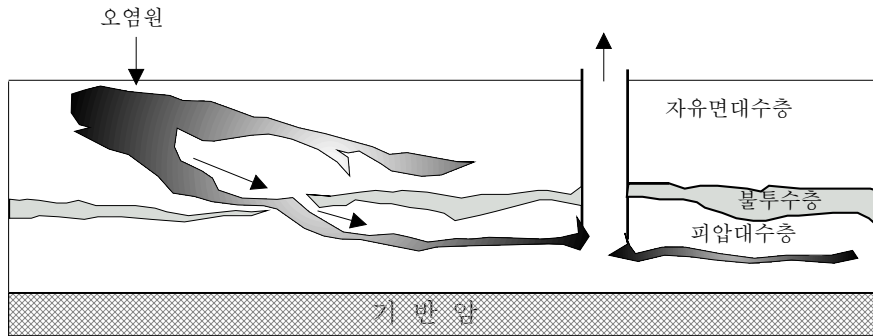


그림 6.2 불연속적인 불투수층을 침투하는 경우

다. 우물 양수시 케이싱 주변의 불완전한 차수벽 그라우팅 구간을 통하여 이미 오염된 상위 지하수가 심층 우물로 침투하는 경우

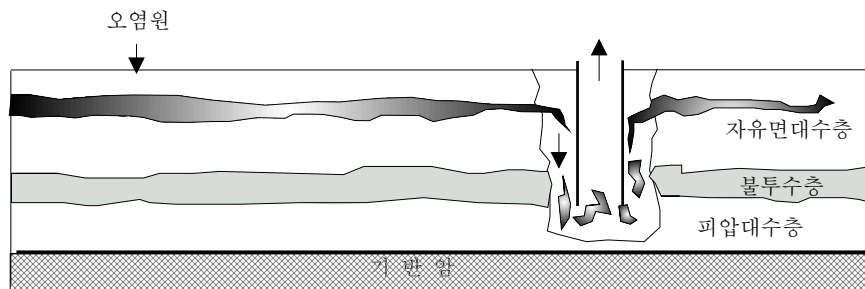


그림 6.3 우물 양수시 오염된 지하수의 유입

라. 이미 오염된 대수층에 설치된 우물 스크린을 통하여 오염물질이 침투한 다음 다른 대수층에 확산되는 경우

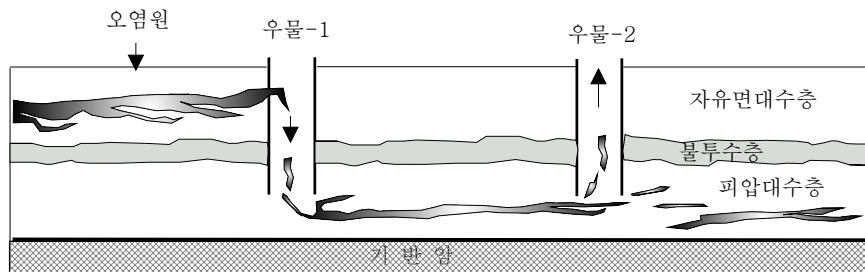


그림 6.4 오염물질이 침투후 다른 대수층에 확산

마. 이미 오염된 우물에서 오염물질이 대수층을 통과하여 다른 우물에서 검출되거나, 쓰레기매립장 또는 지하탱크의 부식으로 인한 오염물질이 누출하여 지하수를 오염시키고 인근 우물에서 검출되는 경우

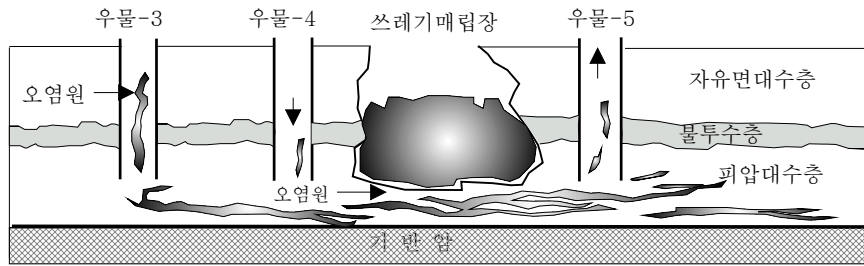


그림 6.5 쓰레기장 오염물질이 지하수를 오염시키는 경우

6.1.5. 폐공 찾는 방법

지하수법 시행 이전의 방치된 폐공들은 대부분 폐공에 관한 기록이 없으며, 오랫동안 방치된 관계로 지표에서 불량한 상태로 감추어져 있거나 흙으로 덮여 숨겨있는 경우가 많다. 숨겨진 폐공을 찾는 방법은 다음과 같다.

가. 기록을 활용하여 찾는 방법

지하수 개발·이용 허가 또는 신고시 준공검사를 통하여 위치를 정기적으로 파악해야 하며, 지하수법 시행 이전의 방치된 폐공은 시추공 또는 우물을 개발한 지하수 개발업자의 기록 또는 지하수 개발을 주관했던 발주기관의 기록을 통하여 찾아야 한다.

나. 수소문하여 찾는 방법

오래 동안 방치된 폐공들은 마을의 주민들, 공사의 종사자들 그리고 지하수 개발 및 시추공사에 관계했던 사람들을 찾아 수소문하여 그 위치를 찾아야 한다.

다. 지구물리탐사로 찾는 방법

지구물리 탐사법으로는 금속탐지기, 자력탐지기, 전기비저항탐사기, 전기자장도탐사기, 지하레이더탐사 등으로 방치된 폐공속에 쇠로 만든 케이싱이나 그 외의 남아 있는 물체들을 추적하여 폐공의 위치를 찾을 수 있다. 이 중에서 지하레이더탐사는 쇠붙이가 폐공 속에 남아 있지 않아도 폐공 위치를 찾을 수 있는 장점이 있다.

라. 물의 주입을 통하여 찾는 방법

기존의 우물에 수압파쇄공법(hydro-fracture method)을 이용하여 물을 고압으로 주입하면 인근에 숨겨진 폐공을 통하여 주입되었던 물이 지표로 토출됨으로써 폐공을 찾을 수 있다.

6.2. 폐공의 재활용

폐공 재활용이란 당초의 목적에 부적합하거나 사용기간 및 용도가 완료되어 폐공으로 분류되거나 계획 소요수량 또는 수질등급이 미달하여 폐공으로 방치된 공에 대하여 적절한 시설개보수를 통하여 변경된 수량 및 등급을 적용하여 급수정으로 활용하거나 지하수의 수위 및 수질 관측정으로 용도를 변경하여 활용하는 것을 말한다.

그러나, 폐공 발생의 주원인이 수원고갈이나 수질악화 등이어서 재활용이 가능한 경우는 한정적이므로 폐공을 재활용함에 있어서는 경제성, 효율성, 기능성 등을 신규 굴착과 대비, 면밀히 검토한 후 시행하여야 할 것이며 신규 굴착에 비하여 역기능이 많다고 판단될 경우 되메움을 원칙으로 하여야 한다.

6.2.1. 폐공 재활용 대상공 선정

가. 급수정으로 재활용

- 1) 수량이 줄었으나 취수정으로 이용가치가 있는 경우
 - 지하수위 저하 또는 우물간섭에 의한 수량감소의 경우
 - 모래 토출로 우물바닥에 슬라임이 퇴적되어 지하수 유입구간이 감소한 경우
 - 우물 스크린/스트레나 부위에 피각현상이 생기어 지하수 유입을 방해함으로써 양수량이 감소한 경우
 - 우물 스크린 주위의 충전자갈 필터에 피각현상이 발생한 경우
 - 암반층 우물의 암반 균열대에 피각현상이 생겨 양수량이 감소하는 경우
 - 2) 오염물질이 일시적으로 유입되었으나 우물 소독 및 개·보수 작업 후 다시 활용할 수 있는 경우
 - 오염물질이 일시적으로 케이싱 내부로 유입되어 수질악화를 초래한 경우
 - 지표 그라우팅(annulus cementing)의 부실로 인하여 상부의 오염원이 침투 또는 유입되는 경우
- HELP** ✓ 지표 그라우팅(annulus cementing)은 지층 공벽과 외부케이싱 사이의 빈공간(annulus)을 시멘트와 같은 불투수성 재료로 그라우팅을 해서 지표오염원이 공내로 유동할 수 없게 처리하는 것이다.
- 우물 자재 스크린의 부식으로 함몰되어 토사가 유입되는 경우
 - 다층구조 대수층에 설치된 우물에서 일부 대수층의 오염물질 유입이 확인된 경우
 - 3) 지하수 수질등급이 하락되었으나 하등급 수질기준에 적합하게 용도변경하는 경우

나. 관측정으로 재활용

- 1) 지하수 수위 및 수질 관측망(보조관측망)으로 활용할 수 있는 위치에 설치된 우물
- 2) 대수층 오염지역에 위치하여 오염 진행상황을 관측하는데 이용할 수 있는 우물
- 3) 지표 그라우팅(annulus cementing)등 오염방지시설이 완전하게 시공되어 있고 자동관측기를 설치할 수 있는 구경의 우물

HELP ✓ 재활용 제외 대상

- ① 재활용할 경우 오히려 오염원 유입의 우려가 있는 경우
- ② 방지될 경우 사람 또는 생태계를 해할 우려가 있는 경우
- ③ 기능성, 효율성, 경제성 등이 완전히 상실된 경우

6.2.2. 폐공 재활용을 위한 현장조사

가. 우물기록 자료 수집

개발 당초의 우물설계 및 개발 자료를 수집하며 그 범위는 다음과 같다.

- 소유자 또는 개발자
- 개발 연도, 위치 및 표고
- 지질 및 지층구조
- 착정 및 개발 방법 : 굴착 구경, 심도, 우물조성 등
- 검층 자료 : 물리검층 및 기타 검층
- 양수시험 및 수질분석 자료
- 케이싱 자료 : 재질, 두께, 구경, 설치심도, 연결부 위치 등
- 스크린/스트레너 자료 : 재질, 구경, 길이, 개공 크기, 설치위치, 설치방법, 연결부 위치 등
- 수중모터펌프 : 종류, 제원, 설치심도 등
- 그라우팅 자료 : 굴착 공벽과 외부 케이싱 사이 공간의 그라우팅 두께, 심도, 주입재 등

나. 지하수 영향조사 및 공내 조사 시행

현재의 지하수 부존 상태 및 우물 상태를 정밀 조사하여 재활용을 위한 개보수방안을 검토한다. 주요 조사내용은 다음과 같다.

- 우물 부존상태 조사
- 주변 오염원 조사
- 지하수위 변동 현황 조사
- 지하수 이용 현황 조사

- 지하수 배경수질 조사
- 개·보수에 소요되는 비용

6.2.3. 폐공 재활용 방법

가. 재활용 일반 절차

급수정 또는 관측정으로 재활용하는 경우 일반적인 절차는 아래 그림 6.6과 같다.

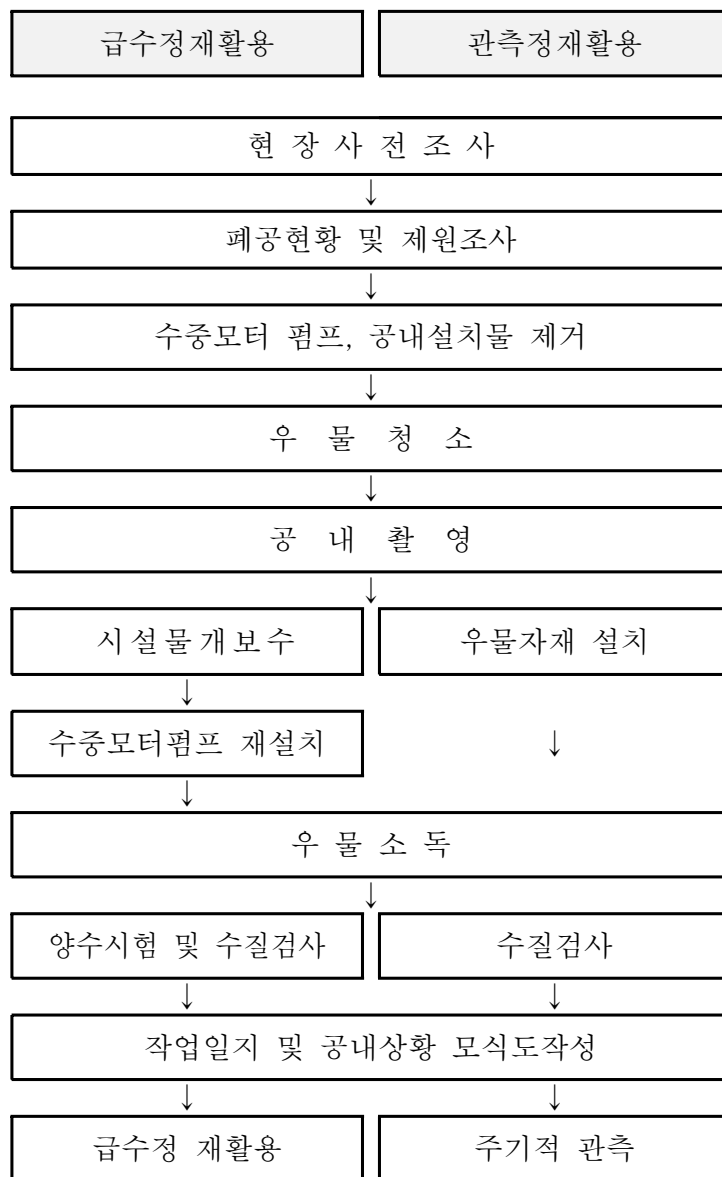


그림 6.6 재활용 경우 일반적인 절차

나. 단계별 시공방법

1) 폐공현황 및 제원조사

우물의 구경, 심도, 우물설치시 사용할 자재의 선정 등 사용목적에 부합되는 최적 재원을 선정, 이상적인 시설개보수를 통해 재활용공의 수명을 최장기간 연장하고 가장 저렴한 가격으로 설치할 수 있도록 하는 것이다.

① 구경 검토

양수기를 충분히 설치할 수 있는 공간과 이를 효율적으로 작동시킬 수 있는 공간과 우물 내로 지하수가 유입되는 부분의 단면적이 충분하도록 수리학적인 효과를 가져야한다.

② 우물심도 검토

시추공의 지하지질 자료나 동일 대수층에 설치된 기존 우물의 자료를 이용하고 상부층이 미고결층인 경우 상부 지하수의 수질불량을 막기 위한 수단을 강구하고 대수층 하부의 지하수수질이 불량한 경우는 상부로 오염되지 않도록 불투수성 물질 충전여부를 판단하기 위함이다.

2) 우물청소

① 물리적 교란법

대수층내의 미립자를 제거하여 공극률을 증가시키고 유입통로를 확충하여 지하수의 유입이 자유롭게 하는 것으로 방법은 다음과 같다.

◦ 써징 플런저법(surging plunger)

우물자재 내경에 맞는 나무 원판 피스톤을 착정기 로드(rod)에 부착하고 기계 작동으로 상하로 움직여 스크린부위에서의 흡입작용과 역류작용을 반복시켜 지층내의 미세립자를 공내로 유입시키는 방법으로서 유입된 슬라임은 베일러를 이용하여 공 밖으로 배출한다.

◦ 압축공기에 의한 세척법(air surging)

공기관과 배출관을 우물안에 설치하고 압축공기를 공내로 불어넣어 에어리프트 식으로 슬라임을 배출시키는 방법이다.

◦ 과잉 양수법

물의 산출능력 이상의 물을 양수하여 대수층내의 세립자를 제거하는 방법으로 소량의 산출량을 가진 우물에서는 가능하나 산출량이 많은 우물에서는 고성능 양수기의 준비가 어렵고 과잉 양수시에는 지층의 붕괴가 우려된다.

◦ 백-워싱 법(back-washing)

에어 리프트(air-lift) 펌프나 수중터빈 펌프를 이용하여 양수할 때 물이 지표로 올라온 직후 펌프의 가동을 중단하면 물은 파이프를 따라 공내로 떨어져 지층에 충격을 가하게 된다. 이러한 방법으로 신속하게

양수와 중단을 반복하면 스크린내에서 일어나는 교란현상으로 공내에 유입된 미세립자가 배출된다.

- 고속젯팅(jetting)에 의한 세척
물을 고속으로 공내에 분사하여 스크린을 통과시키므로 공벽의 점토막을 효과적으로 제거하며 지층의 교란과 손상을 교정하여 재배열 되도록 하는 방법이다. 작업방법은 고속분사기를 회전시키면서 상하로 이동하며 분사작업을 진행하는 것으로 물의 교란작용에 의해 공벽의 미립질의 점토 물질이 공내로 유입되며 이를 양수하여 배출시킨다.
- 분산제 사용
착정용 점토피막을 제거하기 위하여 분산제를 공내에 투입 분산작용을 일으켜 점토입자의 점성을 파괴하는 방법이다.
- 기타방법
기타 방법으로는 관정안에서 왕복 운동하는 막대피스톤을 이용하여 공벽을 청소하는 방법(swabbing), 높은 주파수의 음파를 이용(ultrasonic)하거나 관정내에 폭약을 터뜨려 균열을 확장시키는 방법(shooting) 등이 있다.

② 산성액 처리법

대수층의 공극이나 스크린의 간극을 외부물질이 피막을 형성하는 성인은 탄산작용, 산화물 침전, 유기물로 인한 침전, 흙의 퇴적에 의한 침전 등이 있다.

- 탄산염 계통의 피막제거
칼슘, 마그네슘, 유황 등의 탄산작용에 의하여 생긴 피막은 산에 적정량의 안정제를 가하여 효과적으로 처리할 수 있다. 칼슘과 망간은 탄산염을 쉽게 용해시키고 안정제는 철재 케이싱의 부식 속도를 느리게 하여 손상을 방지하여 준다.
- 산화물 침전에 의한 피막제거
수산화물, 함수산화물이 철 및 망간의 산화물로 침전되어 생긴 피막은 염산에 쉽게 용해되나 pH가 3이하이면 침전이 계속되므로 이들을 제거하기 위하여서는 일정강도의 높은 산도를 계속 유지토록 한다. 철과 망간의 피막이 산성물질에 용해되더라도 피막물질의 공매작용에 의해 산성처리법이 효과가 없을 경우는 강도가 높은 염산(27.92%)을 사용하는 것이 좋다.
- 철박테리아 또는 유기물로 인한 피막제거
염화철과 유기물질이 존재하는 경우는 염소나 유화물질 소독제를 사용함으로써 제거가 가능하다.

3) 공내촬영

재활용처리 여부를 결정하는데 있어서 공내상태 파악을 위해 실시하는 TV 검층은 우물 내에 수중카메라를 삽입하여 공 상태를 심도에 따라 연속적으로 조사하여 다양한 자료를 수집하고 공 주변 지층의 상태를 촬영하여 분석하는 작업이다.

- 우물자재의 재질, 설치상태, 연결부위 및 파손여부
- 굴착심도와 공내 슬라임 퇴적상태
- 공내 대수성부위 관찰
- 케이싱 하단부와 기반암반과의 접촉상태 및 그라우팅 여부
- 지하수 오염정도 등을 조사한다.

4) 시설물 개보수

① 우물자재 검토

일반적으로 공벽 보호용 자재는 K.S 철재 백관파이프이며 우물설치용 자재는 부식에 강한 스테인레스 스틸이나 P.V.C 파이프류를 사용하고 있다.

미고결층의 공벽 보호용 철재 케이싱, 우물설치용 파이프 및 유공관 등 우물자재는 지하수내에 함유된 광물성분, 박테리아의 유무, 재질의 소요 강도 등의 조건에 맞는 재료를 선정하여야 한다.

◦ 유공관의 내구력

완성된 우물에서는 유공관에 파이프의 하중과 지층의 횡압력이 작용하며 유공관 주변에 작용하는 횡압력은 유공관의 붕괴를 초래할 수도 있다. 유공관은 적절한 내구력과 최대 개공면적을 가져야 하며 상대적인 가격 비교가 고려되어야 한다.

◦ 유공관의 재질

우물을 폐쇄시킬 수 있는 유공관의 부식 또는 물때효과는 지하수 수질에 따라 차이가 있으므로 수질분석 결과를 고려해 유공관의 재질선택을 달리하여야 한다.

② 우물자재 및 수중모터펌프 재설치

관측정으로 재활용할 경우 미고결층의 붕락을 방지하고 대수층으로부터의 지하수 유입을 효과적으로 하기 위하여 우물자재를 설치하며 주 대수층에는 유공관(screen, strainer)을 설치한다.

5) 우물소독

① 우물 소독의 목적

우물 소독은 먹는물 용도로 사용되는 우물에 대한 염소소독과 세균 검

사 절차를 말한다. 폐공 재활용을 위한 개·보수 과정에서 오염물질 제거와 우물소독은 우물 재활용을 위한 필수사항이다.

② 소독을 위한 염소의 종류

소독작업에 이용할 수 있는 염소의 형태는 액체 염소, 차아염소산나트륨 용액, 차아염소산칼슘 입자 또는 정제이다.

◦ 액체염소

액체염소는 100% 유효염소를 포함하며 취급이 위험하므로 적절한 안전수단이 강구된 장비와 기술을 갖춘 자가 사용하여야 한다.

◦ 차아염소산나트륨

차아염소산나트륨(NaOCl)은 매우 불안정한 화합물로서 물에 용해해서 판매되고 있다. 이 용액은 약 5~15%의 유효 염소를 함유하고 있으며, 열화를 최소화하기 위해서는 저장조건과 기간의 관리에 유의하여야 한다.

◦ 차아염소산칼슘

차아염소산칼슘(Ca(OCl)_2)은 입자 형태 또는 작은 정제로 이용되며 중량으로 약 65%의 유효염소를 함유하고 있다. 이 재료의 열화 방지를 위해서는 건조한 냉암환경에 보관하여야 한다.

③ 우물 케이싱내 물의 처리

우물 내 물의 전 체적에 염소를 투여하여 평균 염소농도가 50mg/l 가 되도록 케이싱 내의 물을 처리한다. 이 작업은 차아염소산칼슘 정제 또는 차아염소산나트륨 용액을 사용하여 실시한다.

◦ 차아염소산칼슘을 이용하는 경우

차아염소산칼슘을 이용하는 경우에는 약 5g 용량의 정제를 케이싱 안에 투여하고 30분 이상 방치하여 정제가 물에 용해되도록 한다.

◦ 차아염소산나트륨을 이용하는 경우

차아염소산나트륨을 이용하는 경우에는 주입관을 우물 바닥에 닿도록 설치하고 관을 통하여 차아염소산나트륨 용액을 주입하면서 관을 꺼내 올린다.

◦ 우물써징 및 양수

염소 투입 후 염소소독수의 혼합을 증진하고 주변 대수층이 접촉할 수 있도록 3회 이상 에어써징을 실시하며 염소소독수는 적어도 12시간 이상 최대 24시간까지 케이싱 내에 체류시킨다.

위의 소독작업 절차가 마무리된 다음에는 펌프 배출관에서 배출량의 일부가 케이싱 내부로 회귀하도록 장치한 후 양수를 하여 소독수를 제거한다. 이것은 배출밸브를 조절하여 케이싱 내부를 청소하고 물의 표면에 축적된 기름 또는 이물질을 제거하려는 것이다. 만일 펌프가

설치되어 있지 않은 우물에서는 이를 에어써징으로 대체할 수 있다. 배출된 물은 주기적으로 염소 잔류량을 측정하고 염소잔류량이 0으로 측정된 후 15분 정도 양수를 지속한다.

- 세균검사

우물의 염소소독을 실시하고 염소 잔류량이 0이 된 후 15분 이상 양수한 다음 30분 이상의 간격을 두고 2개 이상의 시료를 채취하여 수질검사 기준에 의거 대장균 존재 여부를 검사하여야 한다.

6) 양수시험

우물의 양수능력과 효율을 파악하기 위한 대수층 조사의 일종인 양수시험은 그 우물이 위치한 대수층의 수리적 특성을 나타내는 수리상수와 밀접한 관련이 있다. 수리 상수의 측정방법으로는 장·단기양수시험, 단계양수시험, 순간수위변화시험(slug test) 등 여러 가지가 있으나, 우물의 효율을 측정하는 데는 단계양수시험이 가장 일반적 방법으로서 이로부터 비양수량과 최대 양수가능량을 산정한다.

7) 수질검사

지하수 수질은 지하수 부존특성상 대수층을 구성하고 있는 지층과의 상호적인 작용에 의해 장기간에 걸쳐 형성된다.

방치폐공의 원인분석 및 재활용 방안 강구를 위해 대상공에 대한 수질검사를 실시함으로써 대상지역의 지하수 특성을 파악한다.

8) 우물보호시설 설치

① 상부 보호공 설치

지하수 우물의 오염물질 유입방지 및 부대설비의 보호를 위하여 설치하는 것이고 보호공의 덮개는 동파방지 및 보호공내 외부물질의 유입방지와 위험예방 등을 감안한 재질로 설치한다. 보호공 주변의 오염물질 및 우수 등이 우물내로 유입되지 않도록 주변 반경 1m 이내에는 10도 이상의 경사도를 유지하여야 한다.

② 케이싱 설치 및 그라우팅

- 케이싱 설치

케이싱은 우물주변의 지표 또는 지하로부터의 오염물질 유입을 방지하고 우물의 보호를 위하여 설치한다.

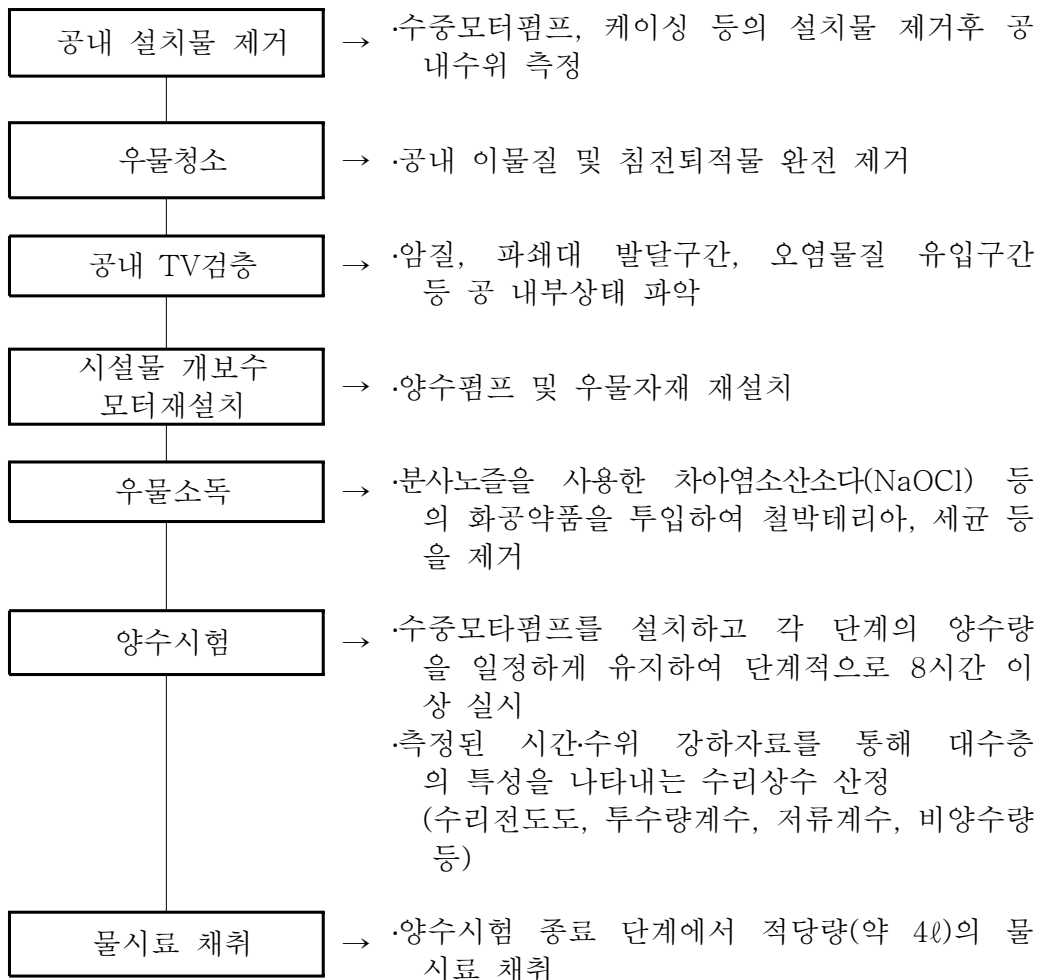
- 그라우팅

천공후 케이싱을 설치하면 굴착부위와 케이싱 사이에는 공간이 발생하게 되는데 이 공간을 최소한 5cm가 넘게 하여 시멘트나 점토 등을 채워 밀폐시켜야 한다.

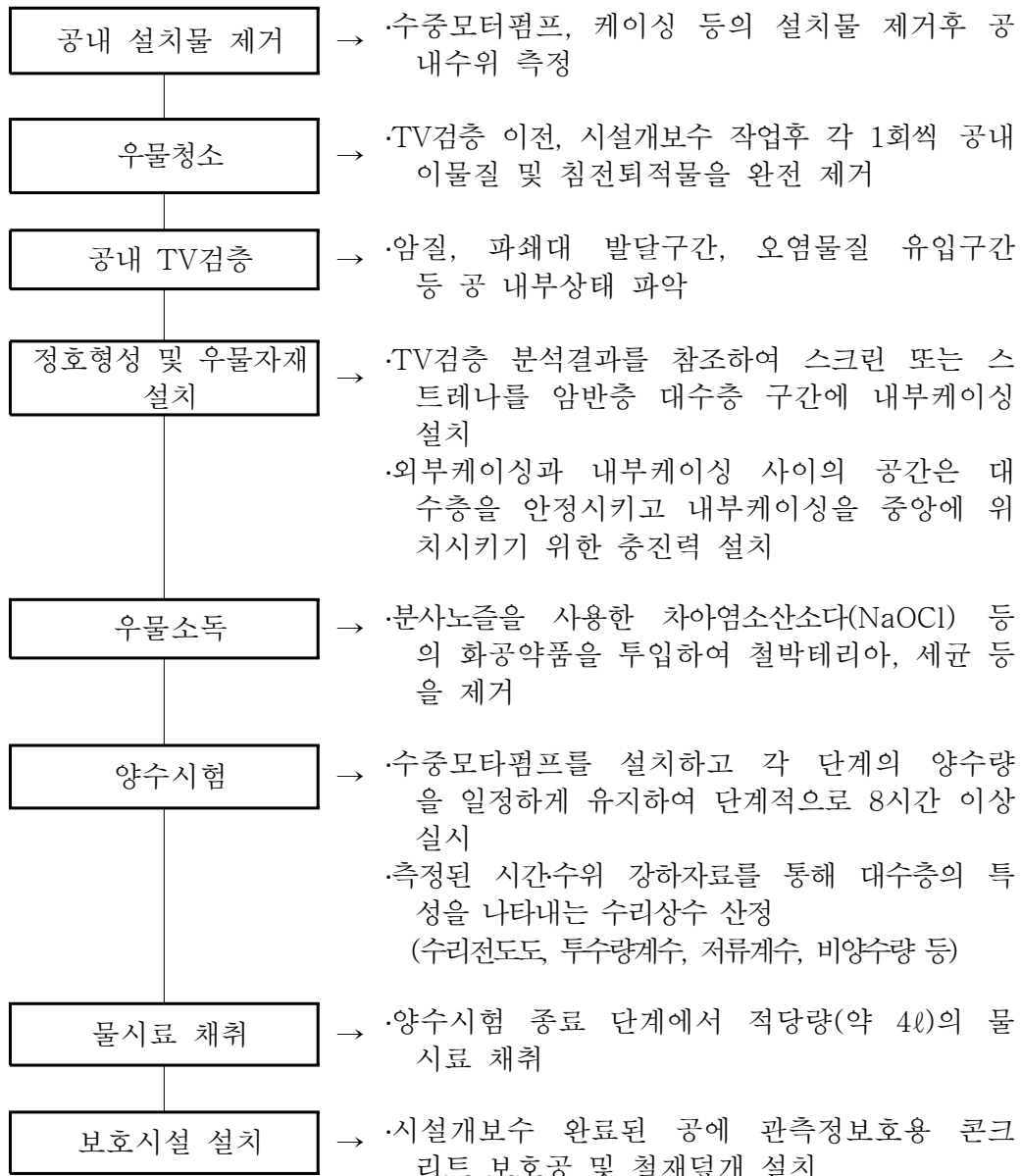
③ 지하수위 측정관

지하수위의 측정을 위한 수위측정기 주입을 위하여 직경 2.5cm 이상의 지하수위 측정관을 설치하여야 한다. 측정관의 재질은 수중에서 부식이 되지 않는 재질을 사용하여야 한다.

다. 급수정 재활용 시공순서



라. 관측정 재활용 시공순서



관측정 뚜껑

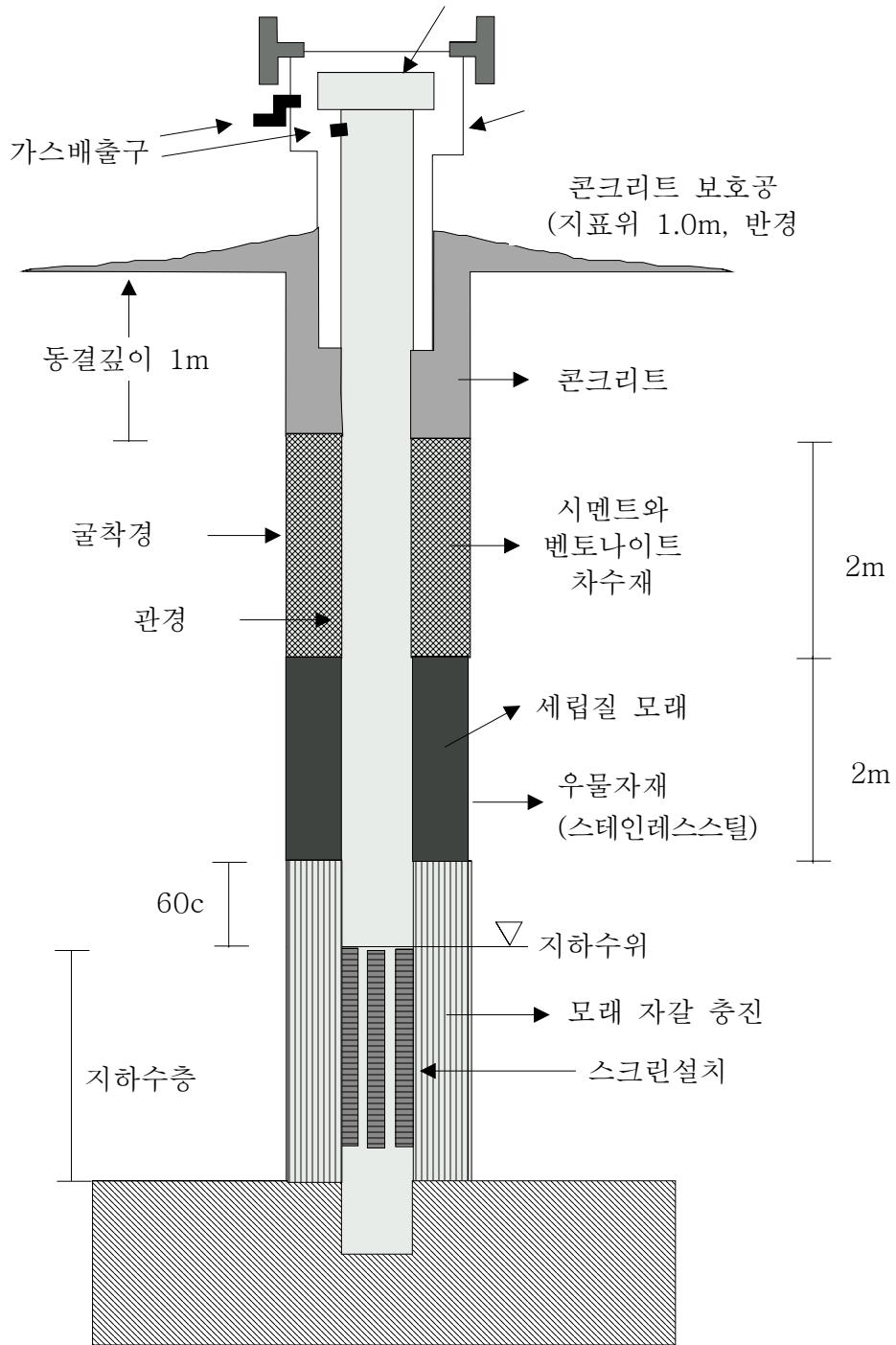


그림 6.7 관측정 재활용 모식도

6.3. 폐공의 원상복구

6.3.1. 원상복구의 목적

폐공 원상복구의 주목적은 지표오염원의 폐공 내 유입 방지, 오염원의 수직적 이동통로 차단, 케이싱 등의 우물자재를 제거해 지하수 오염을 방지함으로써 원래의 지하수 부존 환경으로 복원하는데 있다. 또한 사용하지 않는 우물을 제거하여 우물 주변의 지표환경을 복원하고 직경이 큰 폐공의 경우에는 추락 등의 안전사고를 사전에 방지하는 효과도 기할 수 있다.

6.3.2. 원상복구 일반절차

폐공을 되메움할 때 가장 효과적인 방법은 폐공 전구간을 하부로부터 투수성 재료 되메움 구간, 불투수성 재료 되메움 구간 및 표면처리 구간으로 구분하여 각 구간별로 적합한 되메우기를 하는 것이다. 현장여건에 따라 지표부 표면처리 구간은 생략하여 되메움을 할 수도 있으며 심도가 깊은 폐공(300m이상)은 조사 후 상부만 되메움 할 수도 있다. 그러나 오염된 폐공은 전구간 불투수성 재료로 되메움하여야 한다.

폐공 전구간 되메움 순서는 일반적으로 ① 주변환경검토, ② 폐공현황 및 제원조사, ③ 폐공내 이물질 제거 및 우물소독, ④ 투수성 재료 주입, ⑤ 지표부 터파기, ⑥ 케이싱 제거, ⑦ 불투수성 재료 주입, ⑧ 지표부 표면처리, ⑨ 주변 정리, ⑩ 원상복구 보고서 작성 등의 순서로 시공한다. 케이싱 제거 유무와 토지이용계획에 따라 ⑤, ⑧ 항목의 작업공정은 생략할 수 있으며 주요 공종별 내용은 다음과 같다(그림 6.8 참조).

가. 전구간 되메움 일반 절차

1) 주변 환경 검토

폐공 되메움 작업을 시행하기에 앞서 주변 환경과 지질조건에 대한 검토는 매우 중요하다. 만약 대규모의 오염원이 폐공 인근에 존재할 경우에는 전구간을 불투수성 재료로 되메움할 필요가 있을 것이며 농약 등의 살포가 빈번하고 경작을 하는 농경지 등에서는 불투수성 재료 되메움 구간 심도를 깊게 하거나 지표부 표면처리를 반드시 시행하여야 한다.

또한 개발 당시의 자료를 확보, 지질조건이나 지층의 현황을 파악하는 것도 되메움의 재료 결정이나 불투수성 재료의 주입심도 등을 결정하는데 중요한 자료로 사용된다.

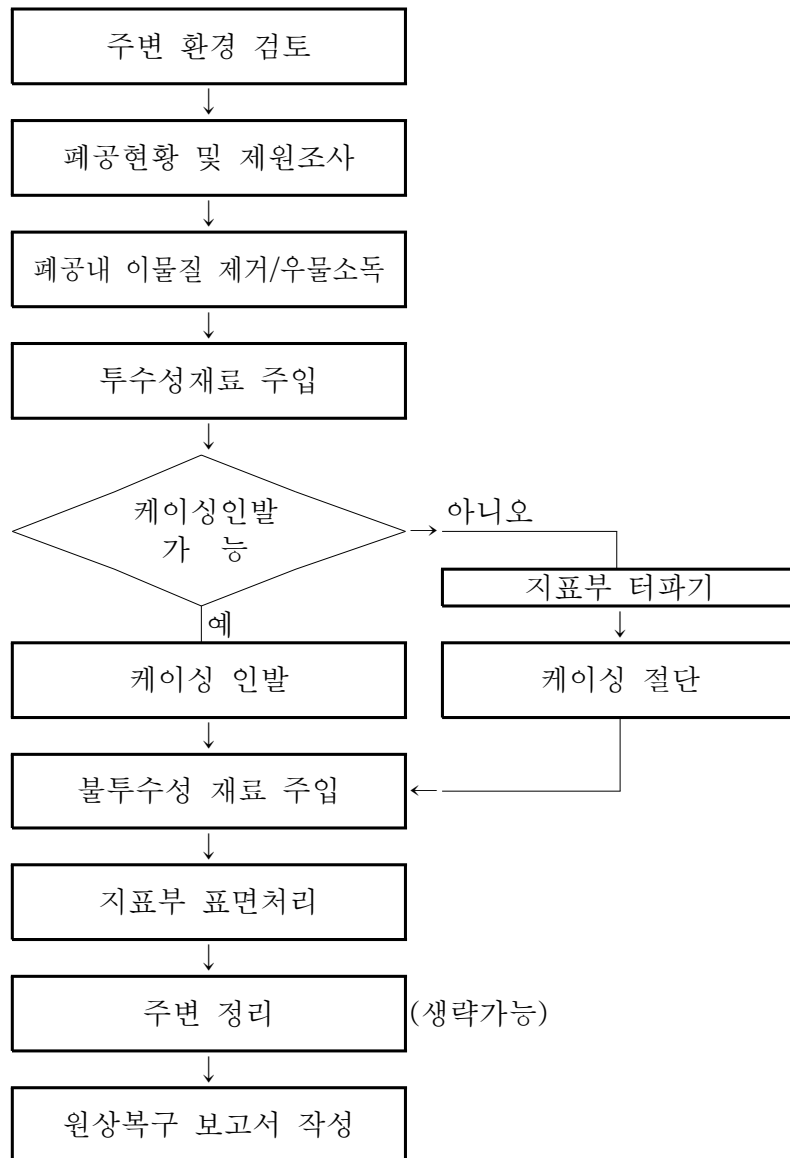


그림 6.8 되메움 주요 절차

표 6.1 지하수 폐공실태 현장조사표
(앞면)

지하수 폐공실태 현장조사표							
조사 현황							
일련번호				조사일			
조사기관				조사자명			
자료출처	지하수조사연보(), 지하수현황일제조사(), 두레박자료(), 2001 신규폐공자료(), 기타()						
위치 현황							
정호위치	시도	시군구	(구)	읍면동	리	번지	
지명/건물명/지목				관리자			전화
경도				위도			표고
시설 현황							
우물유형	심도	외부케이싱 (유, 무)			내부케이싱 (유, 무)		
층적층우물(), 암반층우물() 기타()	m	구경	심도	재질	구경	심도	재질
		mm	m		mm	m	
양수펌프	종류(), 펌프마력(HP), 설치심도(m), 토출구경(mm) 특이사항()						
시설유무	유량계(), 출수장치(), 그라우팅(), 상부보호공(), 수위측정관(), 전기가설(), 보호건축물()						
지하수위	자연수위 (지표하 m)						
시공업체				개발연도	년 월 일		
폐공 현황							
폐공원인	수량부족(), 수질악화(), 상수도대체(), 토지형질변경(), 소유주변경(), 용도변경(), 사용중지(), 염분증가(), 기타()						
폐공상태	미조치(), 조치중(), 조치완료(되메움, 재이용), 처리면제()						
폐공발생일	년	월	일	폐공처리일	년	월	일
				소유자			
수질 현황							
수질검사유무				잠재오염원종류			
수질검사결과							
종합검토의견							
분석결과							
원상복구	급수정 재활용			관측정 재활용			기타
추진(처리) 현황							

(뒷면)

현장조사 사진 및 위치도
<근경사진>
<원경사진>
<위치도> 스캐치맵

2) 폐공현황 및 제원조사

폐공의 원상복구를 위하여는 폐공현황조사를 실시하여 폐공의 위치와 상태를 파악하고 그 지질조건에 따라 적절한 방법으로 되메움하여야 한다.

폐공의 현황조사는 지하수 개발·이용의 신고 또는 허가 신청시 제출한 원상복구계획서, 우물관리대장, 지하수이용실태조사 자료를 수집하고 현장조사를 실시한 후 지하수 폐공실태 현장조사표를 작성한다(표 6.1 참조).

폐공의 현장조사에는 다음 자료를 조사 정리하여야 한다.

- 우물의 위치
- 우물의 유형, 심도와 구경, 지하수위
- 외부 케이싱의 구경과 심도 및 재질
- 내부 케이싱(우물자재)의 구경과 심도 및 재질
- 동력장치, 펌프종류, 마력, 설치심도, 시설내역 등 양수시설
- 우물의 기초적인 수질(pH, EC, 수온, 유류성분의 육안검사 등)
- 폐공발생 원인

되메움 심도의 결정은 폐공의 심도와 지질주상도 및 대수층 심도 등을 검토하여 폐공심도 전 구간을 되메움할 것인가 또는 일부구간을 되메움할 것인가를 판단한 후 되메움 재료의 양과 심도를 결정한다.

되메움 재료의 양을 결정할 때에는 다음의 공식을 사용한다.

$$V = \pi \times r^2 \times d$$

여기에서 V : 부피
 r : 우물의 반지름
 d : 우물의 심도

위 식을 이용하여 작성한 우물구경별 되메움재료 소요량 산출표는 표 6.2와 같다.

되메움 재료의 선정은 폐공의 지질단면에 따라 대수층 구간에는 투수성 재료로 되메움하고 대수층이 아닌 암반층과 충적층에서는 불투수성 재료로 되메움한다. 이는 지하수가 통과하는 구간에서는 모래 잔자갈 등을 충전하여 지하수가 자연상태로 흐르게 하고, 비대수층구간과 지하수 오염구간에서는 시멘트, 벤토나이트, 점토 등을 넣어 물이 통과하지 않게 하는 것이다.

그러나, 원상복구 대상 폐공의 대수층 구간을 파악하는 것은 현실적으로 어려움이 있으므로 하부 고결암층은 투수성 재료로 되메움을 하고 상부 미고결암층은 불투수성 재료로 되메움하는 것이 바람직하다.

보통 암반층 지하수를 개발대상으로 하는 우물의 경우 미고결암 구간에 공

벽붕괴 방지를 위하여 케이싱 등의 우물자재를 설치하는 것이 일반적이므로 케이싱 설치구간을 불투수성 재료로 되메움 하도록 한다.

폐공의 발생원인을 검토하여 수질이 불량하거나 폐공내가 오염된 것으로 우려된다면 소독이나 공내청소를 통하여 폐공내를 깨끗이 청소한 후 전심도를 불투수성 재료로 되메움하여야 한다.

표 6.2 우물 구경별 되메움재료 소요량 산정

우물 구경별	m당 용적	배합별 주입재료 소요량(m당)					
		시멘트 그라우트	시멘트 몰탈(1:1)		시멘트·벤토나이트 그라우트		벤토 나이트
		시멘트	시멘트	모래	시멘트	벤토 나이트	벤토 나이트
(mm)	(m ³)	(kg)	(kg)	(m ³)	(kg)	(kg)	(kg)
50	0.0019	5.98	2.07	0.0014	2.76	0.07	2.17
75	0.0044	13.86	4.80	0.0034	6.39	0.16	5.03
100	0.0078	24.57	8.52	0.0060	11.33	0.28	8.92
150	0.0176	55.44	19.23	0.0137	25.57	0.65	20.13
200	0.0314	98.91	34.32	0.0244	45.62	1.16	35.92
250	0.0490	154.35	53.55	0.0382	71.19	1.81	56.05
300	0.0706	222.39	77.16	0.0550	102.58	2.61	80.76
350	0.0962	303.03	105.14	0.0750	139.77	3.55	110.05
400	0.1256	395.64	137.28	0.0979	182.49	4.64	143.68
450	0.1590	500.85	173.78	0.1240	231.02	5.88	181.89
500	0.1963	618.34	214.55	0.1531	285.22	7.26	224.56

HELP ✓ 주입재료별 중량환산 적용 기준

시멘트 1m³ = 3,150 kg

시멘트몰탈 1m³ = 시멘트 1,093 kg + 모래 0.78m³

벤토나이트 1m³ = 1,144 kg

시멘트·벤토나이트그라우트 1m³ = 시멘트 1,453kg + 벤토나이트 37kg

(시멘트중량의 2.5%)

HELP ✓ 원상복구 되메움재료 소요량 계산예

- ① 우물 제원 : 우물구경 200mm, 우물심도 100 m
 - 투수성재료(모래) 되메움구간 : 15~100m(85m)
 - 불투수성재료 되메움구간 : 1~15m(14m)
- ② 되메움재료 소요량 계산
 - 투수성재료
 - 주입심도 : 85m
 - 모래소요량은 $0.0314\text{m}^3/\text{m} \times 85\text{m} = 2.67\text{m}^3$
 - 불투수성재료
 - 시멘트그라우트를 사용하는 경우(주입재료 소요량표에서 구경 200mm 우물의 m당 시멘트 소요량 98.91kg에 되메움 심도를 곱하여 계산)
 - 시멘트량은 $98.91\text{kg}/\text{m} \times 14\text{m} = 1,384.7\text{kg}$
 - 시멘트몰탈을 사용하는 경우
 - 시멘트량은 $34.32\text{kg}/\text{m} \times 14\text{m} = 480.5\text{kg}$
 - 모래량은 $0.0244\text{m}^3/\text{m} \times 14\text{m} = 0.342\text{m}^3$
 - 시멘트·벤토나이트그라우트를 사용하는 경우
 - 시멘트량은 $45.62\text{kg}/\text{m} \times 14\text{m} = 638.7\text{kg}$
 - 벤토나이트량은 $1.16\text{kg}/\text{m} \times 14\text{m} = 16.2\text{kg}$
 - 벤토나이트 알맹이를 사용하는 경우
 - 벤토나이트량은 $35.92\text{kg}/\text{m} \times 14\text{m} = 502.9\text{kg}$

3) 폐공내 이물질 제거

폐공내의 상태를 점검하여 되메움 재료 주입에 방해가 되는 수중모터펌프 등의 양수장비와 기타 이물질을 되메움 재료 주입전에 이를 제거하도록 하며, 폐공내부가 유류 등으로 오염되었다고 판단되면 에어써징(air surging)을 실시하여 우물청소를 하여야 한다.

우물소독은 200mg/l 농도의 염소 용액을 공내 지하수에 넉넉히 주입하여 시행하는데, 이 용액은 5.25%의 클로린(chlorine) 농축액 2ℓ 를 450ℓ의 물에 희석하여 만든다.

4) 투수성재료 주입

케이싱 제거와 지표부 터파기에 앞서 실시하여야 한다. 폐공의 직경은 수 cm에서 수십cm에 불과하므로 투수성 재료의 주입시 브릿지(bridge) 현상(되메움 재료를 폐공 내로 주입시 주입속도가 지나치게 빠르면 되메움 재료가 공 하부에 도달하기 전에 중간에 막히는 현상)에 유의하여야 한다. 브릿지 현상이 발생하면 브릿지 구간 하부는 되메움이 되지 않게 되며 일정 시간이 지나 중력에 의해 브릿지가 해소되면 브릿지 상부구간이 함몰되어 빈 공간이 다시 발생하므로 되메움의 효과가 떨어지게 된다. 그러므로 투수성 재료 주입시는 주입량에 따른 주입심도를 측정하여 주입심도 20m마다 브릿지 현상 발생여부와 주입재 다짐상태를 점검해야 한다

투수성 재료로는 모래, 잔자갈 및 돌부스러기(굴착슬러리) 등을 사용할 수도 있으며 오염이 되지 않은 깨끗한 재료를 사용하여야 한다. 화성암과 변성암 및 고결도가 높은 퇴적암의 균열 대수층에는 모래가 가장 적합하며, 석회암지대의 용해터널이나 현무암지대의 용암터널 및 균열이 매우 큰 파쇄대 암반에는 작은자갈과 돌부스러기를 공동 내에 충전한 후 모래를 주입함으로써 재료의 유출을 방지할 수 있다.

투수성 재료의 주입 심도는 암반 대수층 구간을 대상으로 하며 불투수성 재료 주입 하한 심도까지 채운다. 투수성 재료를 주입한 후 적어도 12~24 시간 정도의 대기시간이 지난 후에 불투수성 재료를 주입하도록 한다.

5) 지표부 터파기

케이싱 인발이 되지 않을 경우 케이싱 절단을 위하여 실시한다. 터파기 심도는 현장 여건과 향후 토지 이용 계획에 따라 조정할 수 있으나 대략 1~1.5m 심도가 적당하다. 그러나 터파기는 케이싱 인발이 가능하거나 토지이용계획 등에 따라서는 실시하지 않아도 된다.

6) 케이싱 제거

투수성재료 주입이 끝나면 케이싱을 가능한 한 인발(뽑기)하여 제거한다. 케이싱 인발 장비는 유압잭(hydraulic jack), 체인블럭, 포크레인 등을 이용하여 인발하며 거의 대부분의 케이싱은 유압잭으로 인발이 가능하다. 케이싱의 외부 공벽에 그라우팅이 확실하게 되어 있어도 케이싱을 그대로 두면 장기적으로는 부식되어 오염원이 될 수 있으므로 가급적이면 인발하여야 한다. 케이싱 인발이 불가능하면 터파기를 실시하여 지표에서 1m까지 케이싱을 절단하여 제거한다(그림 6.9 참조).



A. 크레인으로 인양

B. 유압식 인발기로 인양

그림 6.9 케이싱 인양 제거

7) 불투수성 재료 주입

① 주입재료의 특성

- 물 : 되메움 재료를 혼합하기 위한 것으로 깨끗한 물을 사용해야만 되메움 재료의 특성에 따른 주입효과를 기대할 수 있다.
- 시멘트 : 되메움 재료로서의 시멘트는 한국 표준규격의 포틀랜드시멘트를 사용하여야 하며 목적에 따라 급결재 혹은 지연재와 같은 혼합물을 사용할 수 있으며 이 경우 한국 표준규격 콘트리트 첨가 화학물질 표준시방에 따라야 한다.

표 6.3 시멘트 유형별 특징 및 용도

분 류	명 칭	특 성	용 도	고결 시간
유형 1	보통 포틀랜드시멘트	- 범용 시멘트	- 일반콘크리트공사 - 건축 및 토목공사	24
유형 2	중용열포틀랜드시멘트	- 수화열이 낮음 - 화학 저항성 큼 - 장기강도 우수 - 고온에서 강도발현 우수 - 건조수축이 작음	- 댐등의 mass concrete - 원자력발전소 - 지하구조물	24
유형 3	조강포틀랜드시멘트	- 단가강도가 높음 - 장기강도 우수 - 수밀성 내구성이 큼 - 저온에서 강도발현 우수 - 건조 수축 작음 - 중기 양성 특성 우수	- 한중 콘크리트 - 고강도, 고내구성 콘크리트 - 긴급공사 - 콘크리트 2차제품	12
유형 4	저열 포틀랜드시멘트	- 수화열이 매우 낮음 - 장기 재령에서 강도 발현 우수	- 댐 등의 mass concrete - 원자력발전소 - 대교의 교각, 교대	6
유형 5	내황산염포틀랜드시멘트	-황산염에 대한 저항성 강함	- 지하수 및 공장 배수시설 - 폐기물처리 - 해양시설물	고결 시간 길다

- 벤토나이트 : 벤토나이트는 점토광물의 일종인 몬모릴로나이트 (mont- morillonite)를 주광물로 하며 일반적인 특성은 다음과 같다.
 - 팽창성 : 물을 흡수하여 5~10배의 체적 팽창하는 성질
 - 현탁성 : 물을 분산시켜 콜로이드 상태의 현탁액으로 되는 성질
 - 점 성 : 미세한 판상 결정입자가 밀집되어 높은 점성을 나타내는 성질
 시제품은 공형(크기 10~15cm), 막대형(길이 50cm, 직경 34mm), 과립

형(크기 2~10mm), 분말형 등 다양하므로 사용목적에 따라 선택하여 이용할 수 있다.

조립 벤토나이트 주입은 공내에 물이 있는 상태에서 투입하고 물이 부족하면 투입과정에서 물을 보충해야 한다. 주입 속도는 5분당 40kg(1포)이다.

② 주입재의 종류

되메움 재료는 공내 상황 및 화학적 특성, 현장 여건, 되메움 재료의 특성에 따라 결정되는데 주로 시멘트 밀크, 시멘트 몰탈, 시멘트 콘크리트 및 이들과 벤토나이트의 혼합재 등을 들 수 있다.

◦ 시멘트 밀크

유형1, 2 형 포틀랜드시멘트를 사용하여 시멘트 : 물의 배합비를 1:1로 한다. 소규모 수축균열이 문제되지 않는 곳에서 사용 할 수 있다.

◦ 시멘트 몰탈

물 : 시멘트 : 모래의 배합비를 무게비로 1:1:1로 하여 사용한다. 급결재나 지연재 등의 첨가제를 사용할 경우 물을 더 넣도록 한다.

◦ 시멘트 콘크리트

시멘트, 모래, 자갈, 물 등을 사용한다.

재래식 우물이나 자재 외곽부 공간이 큰 우물의 폐공처리시 이용된다. 적절한 자갈을 사용해야 투수계수를 줄이고 고결시 수축작용과 발생열을 줄일 수 있다. 유형1, 2형 포틀랜드 시멘트 사용시 자갈 : 시멘트의 혼합비는 1:6~8 정도를 유지하고 현장 여건과 고결, 주입특성을 고려하여 물의 양을 조절한다.

◦ 벤토나이트 혼합(I)

시멘트밀크에 분말형 벤토나이트를 혼합하여 사용한다. 시멘트와 청정한 물을 완전히 섞은 후에 벤토나이트를 혼합하여 사용한다. 경우에 따라 두 재료간의 분리 현상이 발생할 수 있으므로 주입시에는 혼합재의 분리를 방지하기 위하여 트레미파이프를 사용하도록 한다.

시멘트 양생시 수축 부위를 벤토나이트가 팽창하면서 보완해 주어 강도와 불투수성이 증대되는 이점이 있지만 장비와 인력 및 벤토나이트 양이 비교적 많은 소요되어 고비용과 많은 시간이 요구된다는 단점이 있다.

◦ 벤토나이트 혼합(II)

순수한 모래에 과립형 벤토나이트와 물을 혼합하고 이를 지상에서 공내로 인력으로 주입한다.

공 내에서 모래의 공극을 벤토나이트가 팽창하면서 메워주는 효과를

볼 수 있으며 모래 입자의 크기에 따라 재료의 혼합비율을 조정해서 사용하도록 한다. 일반 분말형태의 벤토나이트보다 고가로 시공비가 증가되는 단점이 있다.

◦ 벤토나이트 혼합(Ⅲ)

막대형 벤토나이트를 지상에서 공내로 인력으로 투입한다. 물이 있는 상태의 충전층 소구경 우물에 적용한다.

③ 주입재 주입방법

케이싱 제거가 끝나면 투수성 재료를 주입한 상부구간부터 터파기 구간 또는 지표까지 불투수성 재료를 주입한다.

선정된 주입재의 재료분리를 방지하기 위해 룯드주입을 하거나 구경 50mm 이내의 트레미 파이프 또는 호스를 하부까지 내려서 바닥으로부터 주입해야 한다. 주입요령은 파이프 선단을 하부에 고정시킨 상태에서 주입하는 방법과 주입의 진행에 따라 끌어올리면서 단계적으로 주입하는 방법이 있는데 이때 파이프 하단은 주입표면으로부터 적어도 3m 아래에 잠겨 있도록 하여야 한다.

주입은 항상 하단에서부터 실시하여 주입압에 의해 상부로 유출될 때까지 주입 방법을 적용해야 한다(그림 6.10 참조).

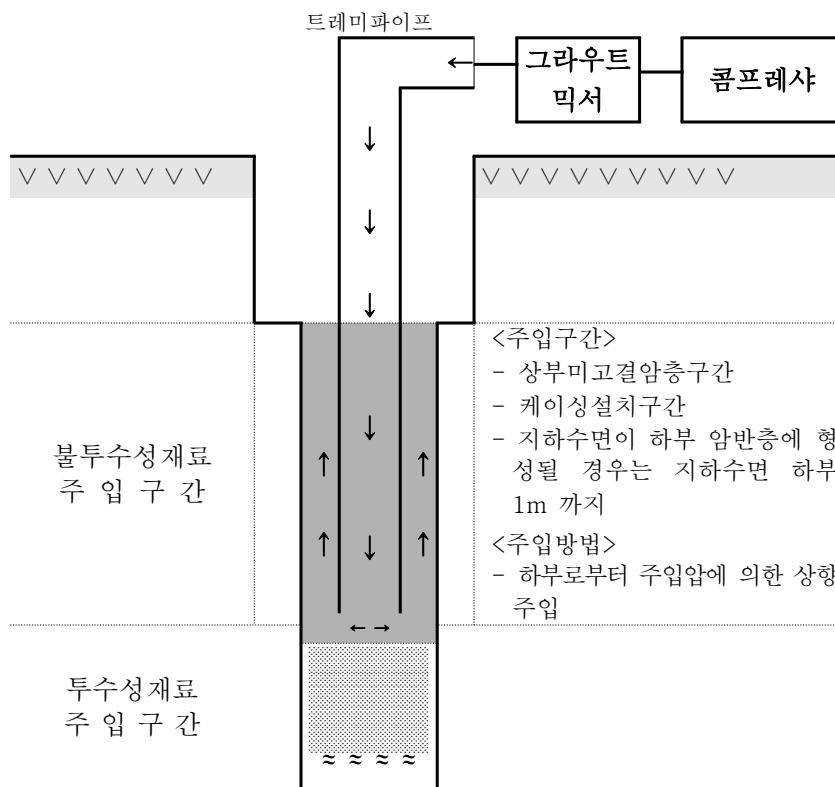


그림 6.10 트레미 파이프 주입 모식도

8) 지표부 표면처리

지표부 터파기 작업을 실시한 경우 불투수성 재료의 주입이 끝난 상부구간을 표면처리토록 한다. 불투수성 재료 투입후 24시간이 경과하면 불투수성 재료는 수축 또는 주변 토양으로 침투하기 때문에 약 1m 이상 수축하게 되는 데 이 부분을 불투수성 재료로 재충진한다.

재충진한 불투수성 재료가 완전히 고결되면 터파기 하부 구간에 시멘트 몰탈을 약 30cm 두께로 타설한다. 시멘트 몰탈 타설이 끝나면 터파기 나머지 구간은 터파기 한 흙으로 다짐하면서 뒷메움을 하여 폐공처리 작업을 완료한다.

9) 주변 정리

폐공처리 작업이 완료되면 주변 환경과 어울리게 주변 정리를 하고 폐공 작업중에 발생한 케이싱, 우물자재 등의 폐자재를 운반 폐기 처분한다.

10) 원상복구 보고서 작성

원상복구가 완료되면 보고서를 일정 양식에 의거 작성, 보존함으로써 지하수 관리자료로 활용하여야 한다. 보고서 양식은 작업일지와 처리모식도로 구분하여 작성하고 작업과정별로 사진을 촬영하여 첨부한다.

① 현장작업일지

최초 작업 시작일부터 작업 종료일까지 공정별, 시간별로 상세하게 기록한다. 이 일지는 후에 원상복구가 적절하였는지를 판단할 수 있는 자료이므로 우물의 심도, 구경, 지하수위, 공매방법, 우물자재의 종류 및 규격, 지질주상도, 되메움 재료의 사용량 및 그라우트 형식 등을 상세하게 기록하도록 한다.

② 처리모식도

원상복구 현황을 간단한 도면으로 작성하여 표시한다. 다른 일반공사의 준공도면처럼 상세하게 작성할 필요는 없으며 축척 등에 구애받지 않고 개략적인 그림으로 표시한다. 되메움 하기 전의 폐공현황과 되메움을 한 후의 처리구조도를 함께 표시한다(표 6.4 및 표 6.5).

표 6.4 폐공처리(공퇴메움) 작업일지 양식 및 작성(예)

폐공처리(공퇴메움) 작업일지					
공사명	지하수 폐공 원상복구 및 재활용 공사				
관리번호	화 천 - 10	착공일	2001. 11. 15.		
		준공일	2001. 11. 16.		
위치	화천군 하남면 안평리 (가내울)				
우물유형	대형관정	시공대상	원상복구	기 타	
시공업체	(주) 우 신	사용기계	5t 카 크레인 유압 인발기	작성자	김 태 우 ㉠
날 짜	시 간		시 공 내 용		
	시작시간	완료시간			
11/15	08:40	09:00	1. 주변환경 조사 1)구릉 산악지 계곡부 하상(논미천) 옆에 위치함. 2)산림보호구역내 농경지 2. 폐공현황 및 채원조사 1)구경 및 심도 : 구경 250mm, 지표하 42m 2)지하수위 : 지표하 7.5m 3)케이싱 재료 및 길이 : 강관(백관), 케이싱 6.0m 인발 3. 폐공내 이물질 제거 : 우물자재 없으므로 생략 4. 투수성재료 주입 1)주입구간 : 지표하 10.5m ~ 42m 구간 2)모래주입량 : 총1.2m ³ (2회로 분배하여 주입완료) (1) 1회주입 (지표하 25m ~ 42m) : 약 0.6m ³ (2) 2회주입 (지표하 10.5m ~ 25m) : 약 0.6m ³ (3) 실제주입 필요량이 약 1.55m ³ 정도이나 실제 주입량은 약 1.2m ³ 이므로 공내부의 일부구간 붕괴 또는 함몰 추정 5. 케이싱 인발로 지표부 터파기 실시하지 않음.		
	09:00	10:30			
	10:30	12:00			
11/16	16:25	16:40	6. 케이싱 제거 및 사용기계(5톤 카 크레인, 유압식 인발기)		
	16:40	17:15	7. 불투수성 재료 주입 1)주입구간 : 지표하 0.5m ~ 10.5m 구간 2)주입재료 및 양 : 시멘트 몰탈, 0.5m ³		
	17:15	17:30	8. 지표부 표면처리 지표부는 시멘트몰탈로 지표하 0.5m까지 마감함. 지표까지 원지반과 동일하게 표면처리함.		
			9. 주변정리 주변정리와 우물자재 수거후 현장 철수함.		
특이사항		상수원 보호구역, '01년 극심한 한해시 국방부 지원에 의해 굴착 후 수량부족으로 폐공			

표 6.5 원상복구 처리결과 모식도 양식 및 작성(예)

폐공처리(원상복구) 모식도					
공사명	지하수 폐공 원상복구 및 재활용 공사				
관리번호	화 천 -10	착공일	2001. 11. 15		
		준공일	2001. 11. 16		
위치	화천군 하남면 안평리 (산림보호구역 도로입구 발)				
우물유형	대형관정	시공대상	원상복구	기타	
시공업체	(주) 우 신	사용기계	5톤 카 크레인 유압식 인발기	작성자	김태우 [㉠]
되메움 전(前)			되메움 후(後)		
모식도	우물현황		모식도	처리현황	
	<ul style="list-style-type: none"> • 정호보호 시설 없음 • 지표면 • 공내 우물자재 없음 • 자연수위 : 7.5m • 케이싱 : $\Phi 250\text{mm}$ 재질 : 백관 인양길이 : 6.0m • 심도: 42m 			<ul style="list-style-type: none"> • 지표면 • 불투수층 되메움 재료 : 시멘트몰탈 주입구간 : 0.5-10.5m 주 입 량 : 0.5m³ • 투수층 공 매 재 : 모래 주입구간 : 10.5-42m 주 입 량 : 1.2m³ • 심도 : 42m 	
특이사항					

나. 부분 되메움

부분 되메움은 심층구간에 붕괴 위험이 없고 오염우려가 없는 경우에, 하부구간에는 되메움을 하지 않고 상부 구간에만 부분 되메움을 하는 것으로 적정 깊이에 팩커(packer) 또는 특수 제작된 프리그(plug sandbag)를 설치하고 그 위 부분을 지표까지 불투수성 재료로 되메움하는 방법이다(그림 6.11 참조).

이 공법은 폐공의 심도가 너무 깊거나 공내부에 함물구간이 있어 전구간을 되메움 하기에 경제적, 기술적 문제가 있어 시장·군수가 부분 되메움을 인정하는 경우에 한하여 적용한다.

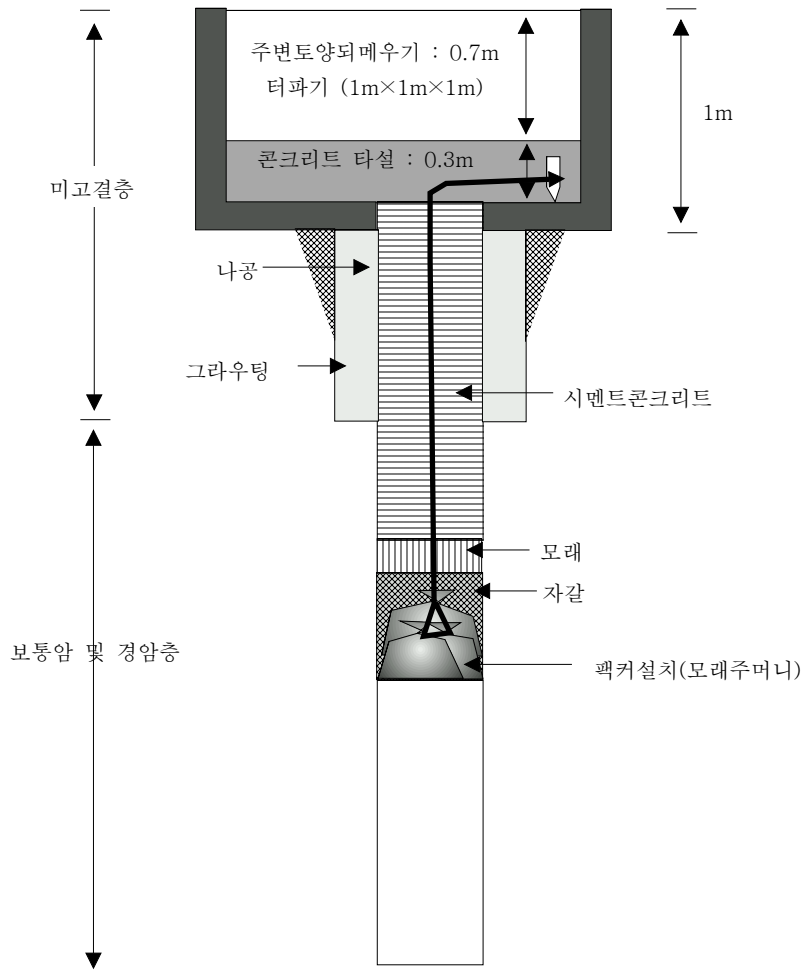


그림 6.11 장심도 폐공의 부분되메움 모식도

6.3.3. 유형별 원상복구 방법

가. 폐공의 형태

폐공은 상부 오염방지시설 및 모터펌프의 유무에 따라 다음과 같은 형태가 있다(그림 6.12 참조).

- 모터펌프 및 보호시설물이 없는 경우(A)
- 모터펌프는 없고 보호시설만 있는 경우(B)
- 모터펌프와 보호시설(오염방지시설)이 모두 있는 경우(C)
- 모터펌프와 보호시설물(장옥)이 모두 있는 경우(D)



A. 모터펌프 및 보호시설물이 없는 경우



B. 모터펌프는 없고 보호시설만 있는 경우



C. 모터펌프와 보호시설(오염방지시설)이 모두 있는 경우



D. 모터펌프와 보호시설물(장옥)이 모두 있는 경우

그림 6.12 폐공의 형태

나. 우물의 분류

우물은 심도에 따라 암반층 상부에 위치한 모래, 자갈, 실트 등 충적층 구간 까지 또는 풍화대구간까지만 굴착한 “충적층 우물”과, 충적층 및 암반층 심부 까지 굴착하여 암반대수층의 지하수를 주 대상으로 개발한 “암반층 우물”로 구분된다.

이는 다시 우물 구경에 따라 소형, 대형, 재래식 우물 등으로 분류되며 구경 별 기준은 대략 다음과 같다.

- 소형 : 구경이 100mm(4") 이하인 공, 시추조사공 포함

- 대형 : 구경이 100mm(4")를 초과하는 공

※ 구경 1000mm 내외의 우물로서 석축우물, 콘크리트관 우물 등은 재래식 우물로 분류한다.

또한 사용하는 우물자재 및 개발 방식에 따라 수굴정(dug well), 관정, 집수 정 등으로 분류하기도 한다.

본 지침에서는 충적층 우물과 암반층 우물을 구경별로 분류하여 각각에 대한 원상복구 방법을 제시한다(표 6.6 참조).

표 6.6 폐공 유형 분류

구 분	소 형		대 형		재래식
충적층	유형1		유형2		유형3
암반층	케이싱인발 가능	유형4	전구간 되메움	유형6	-
	케이싱인발 불가	유형5	부 분 되메움	유형7	-

다. 충적층 우물의 폐공

1) 충적층 소형우물(유형1)

충적층 소형우물의 일반적 되메움 순서는 다음과 같다.

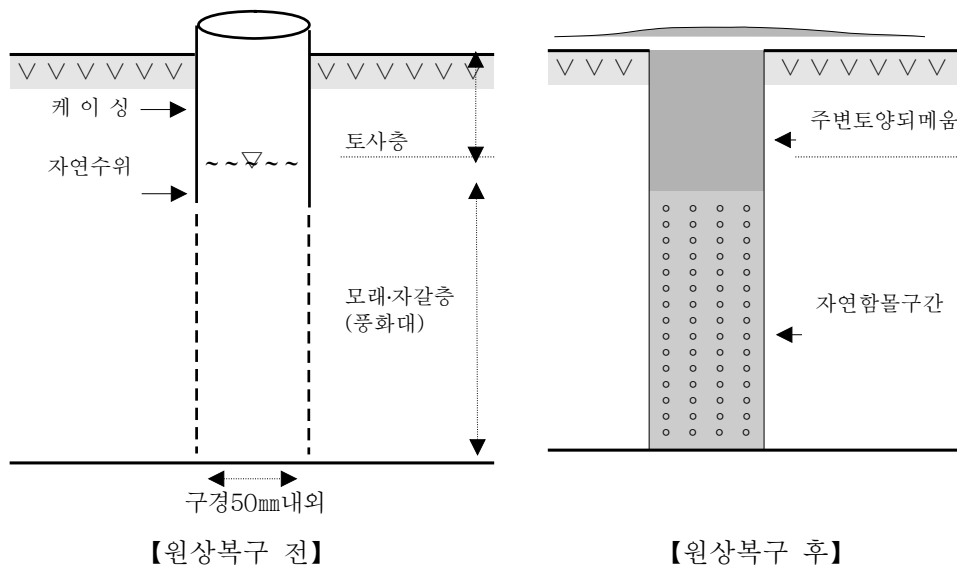
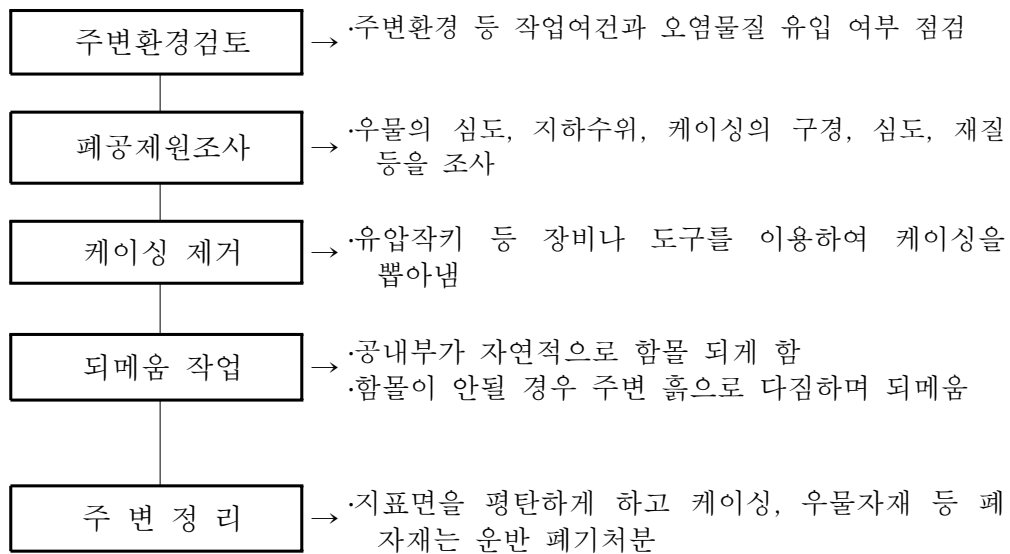


그림 6.13 충적층 소형우물 구조도 및 되메움 모식도

2) 충적층 대형우물(유형2)

충적층 대형우물의 일반적 되메움 순서는 다음과 같다.

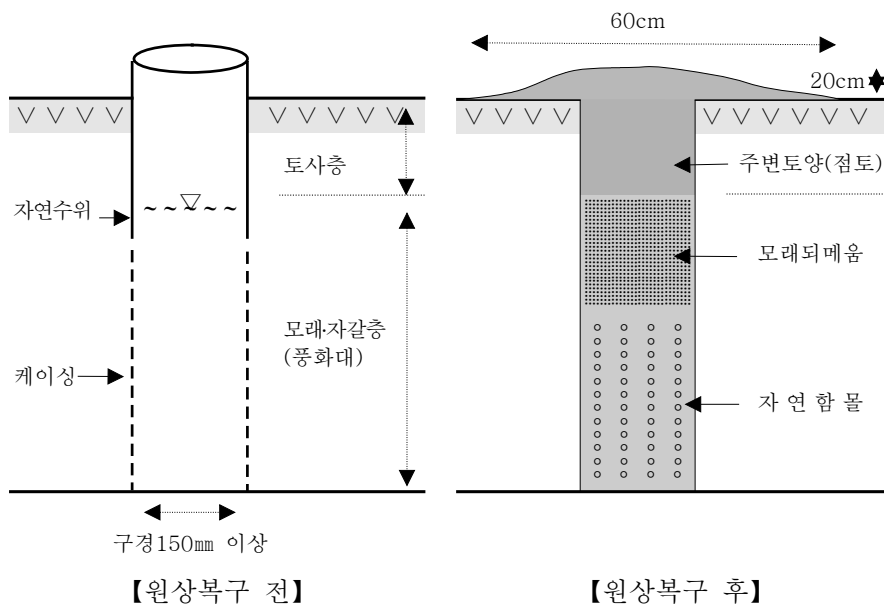
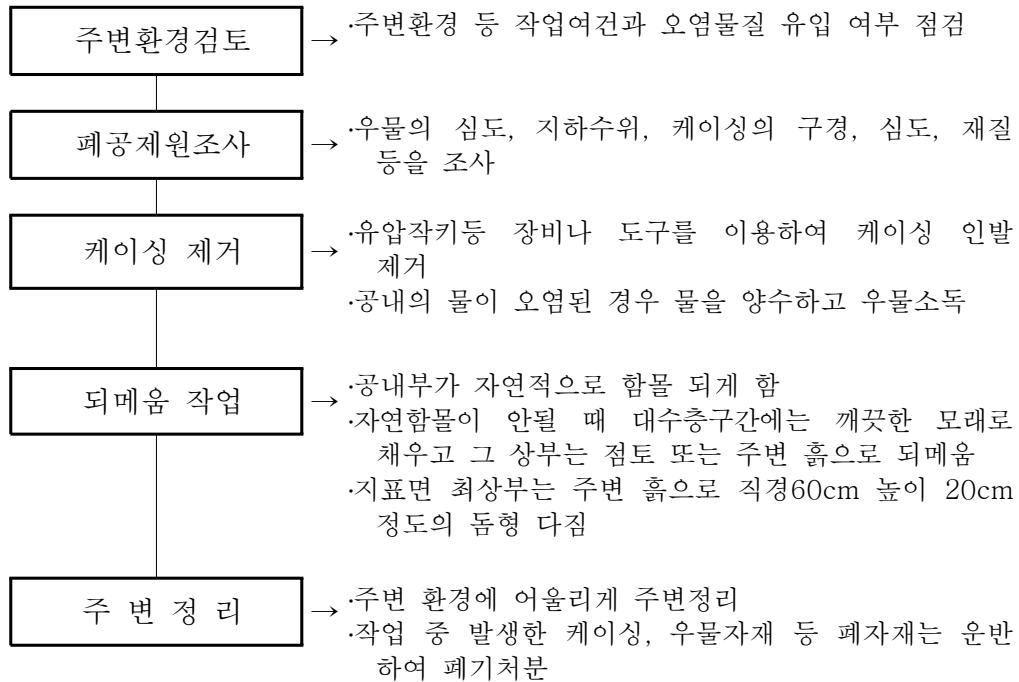


그림 6.14 충적층 대형우물 구조도 및 되메움 모식도



① 주변환경검토



② 폐공제원조사



③ 케이싱 제거(소형우물)



④ 케이싱 제거(대형우물)



⑤ 투수성 재료 주입
(자연함몰이 안될 경우)



⑥ 주변정리

그림 6.15 충적층 소·대형우물 원상복구 주요 공종

3) 재래식 우물(유형3)

층적층 재래식 우물의 일반적 되메움 순서는 다음과 같다.

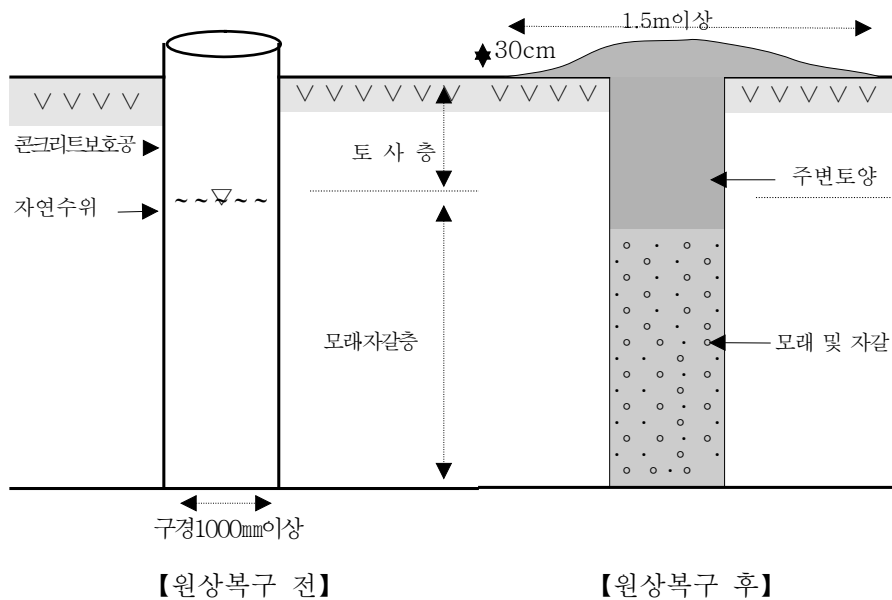
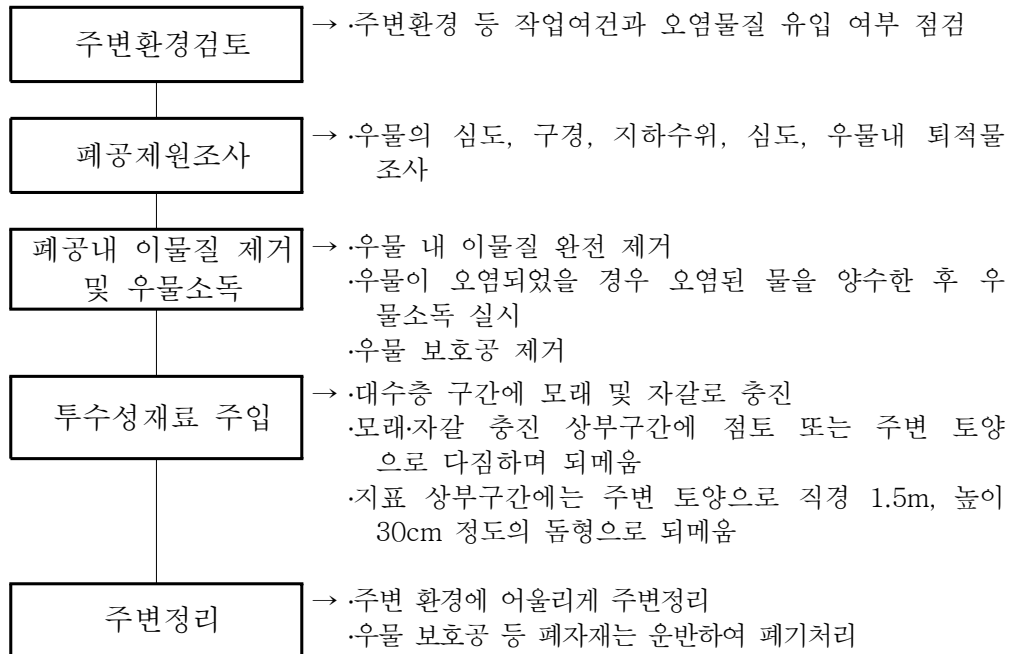


그림 6.16 재래식우물 구조도 및 되메움 모식도

라. 암반층 우물의 폐공

1) 암반층 소형우물

① 케이싱 인발 제거시 되메움 순서(유형4)

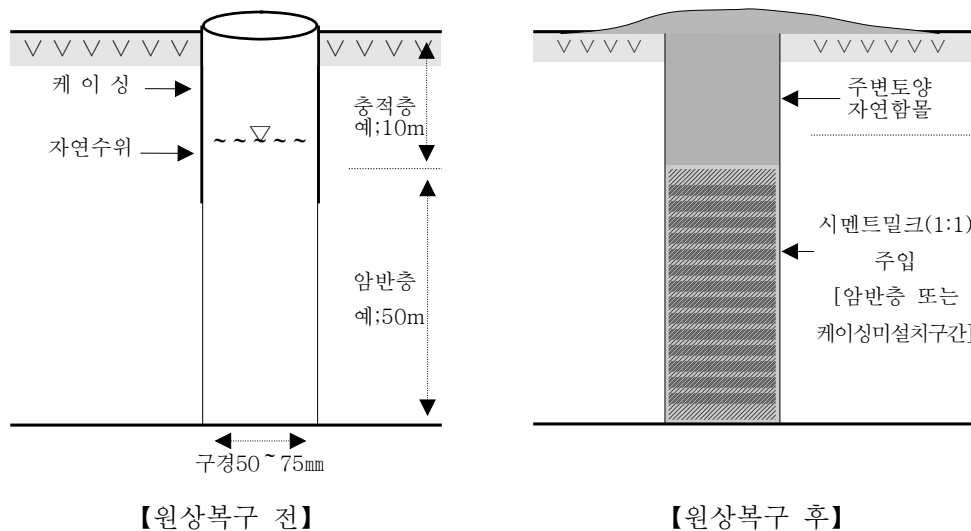
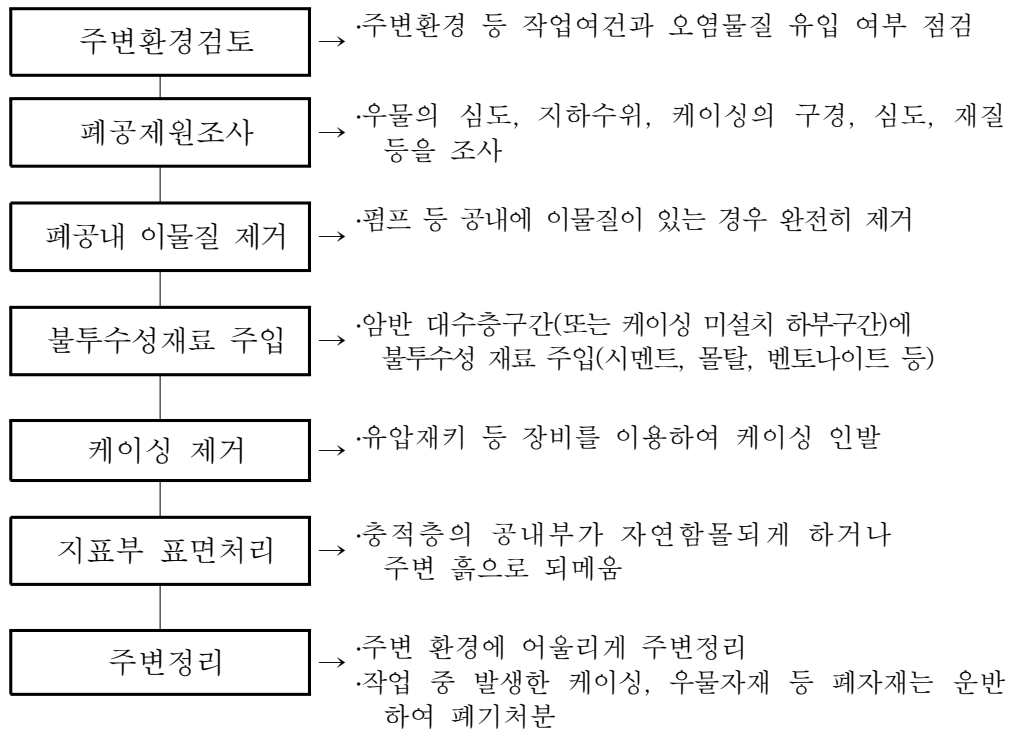


그림 6.17 암반층 소형우물 구조도 및 되메움 모식도(케이싱 인발의 경우)



① 폐공제원조사



② 폐공내 이물질 제거



③ 불투수성 재료 주입



④ 케이싱 제거



⑤ 지표부 표면처리



⑥ 주변정리

그림 6.18 암반층 소형우물 원상복구 주요 공종 I

② 케이싱 인발 불가시 되메움 순서(유형5)

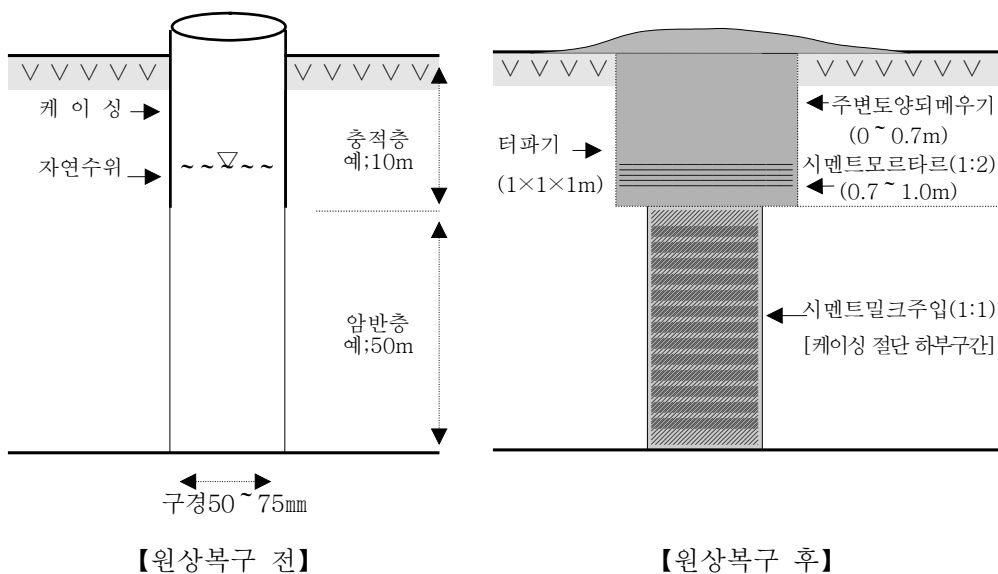
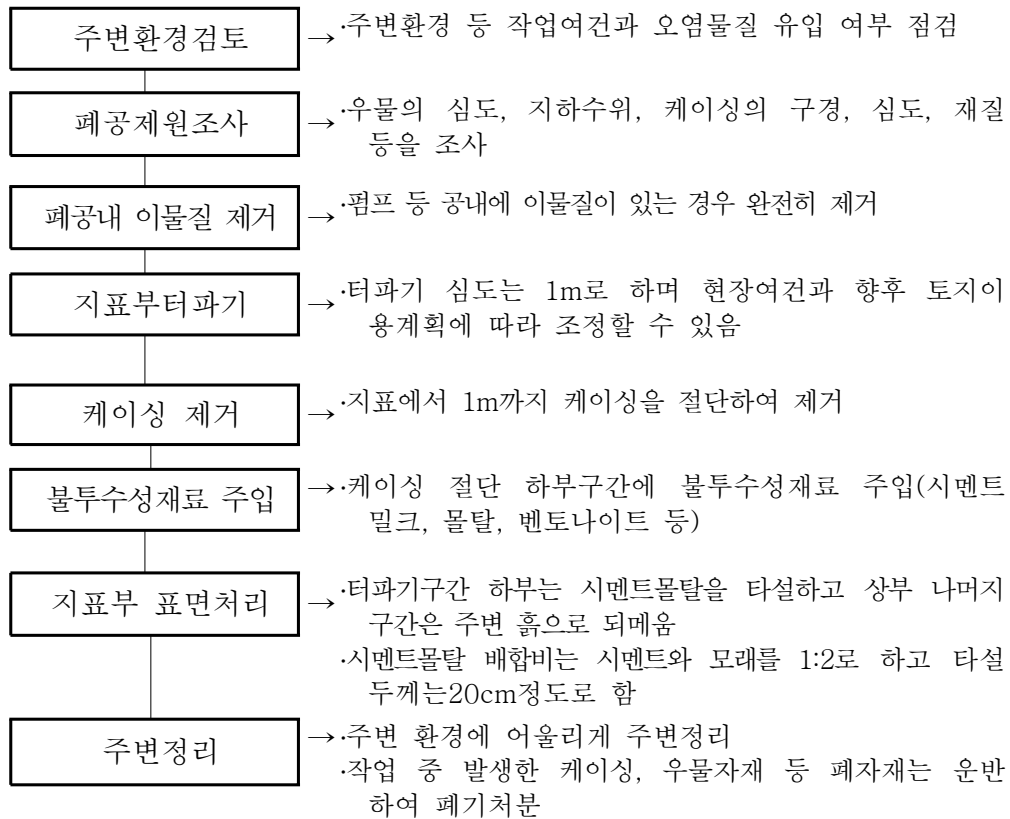


그림 6.19 암반층 소형우물 구조도 및 되메움 모식도(케이싱 절단의 경우)



① 폐공제원조사



② 폐공내 이물질 제거



③ 케이싱 절단 제거



④ 불투수성 재료 주입



⑤ 지표부 표면처리

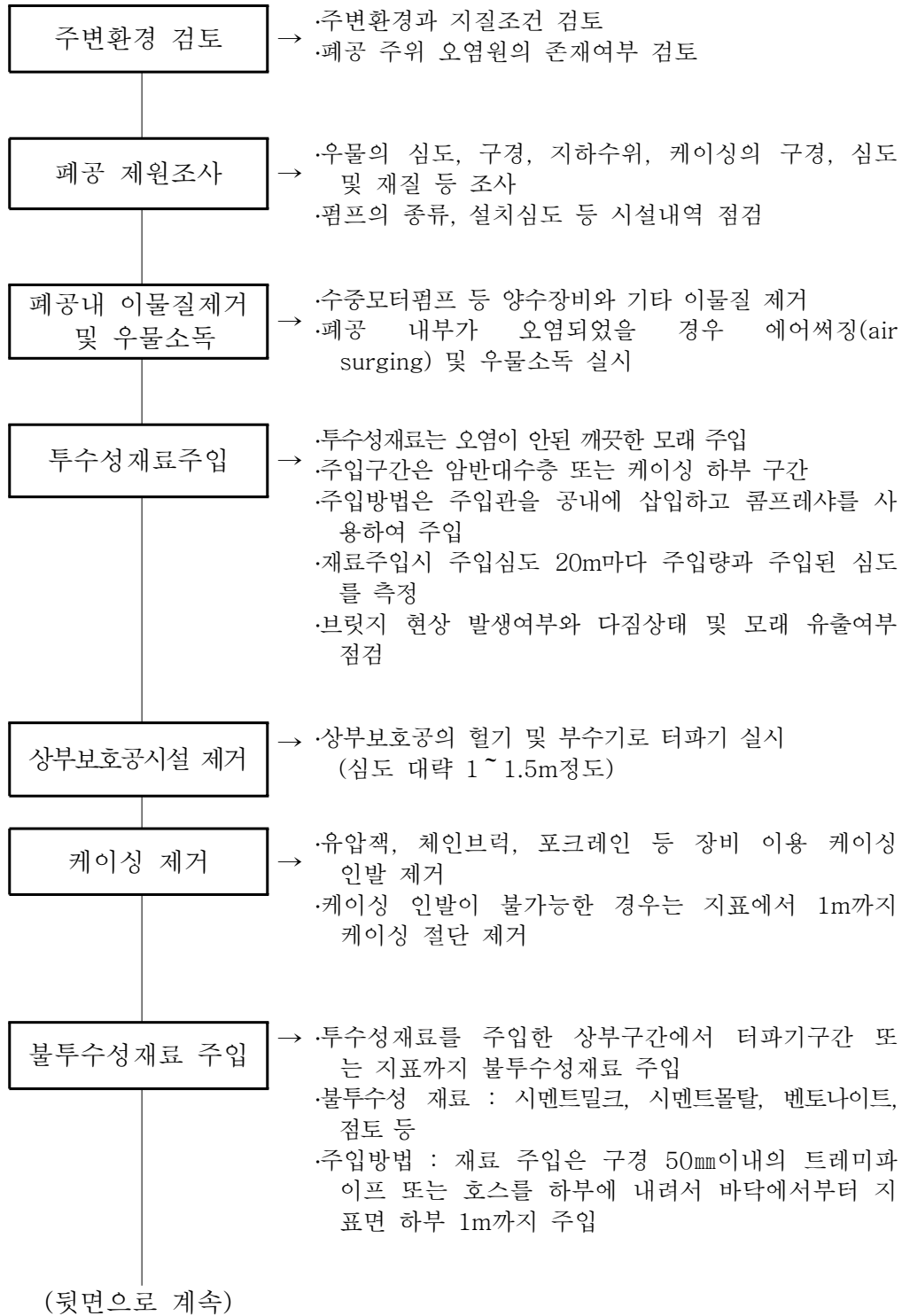


⑥ 주변정리

그림 6.20 암반층 소형우물 원상복구 주요 공종 II

2) 암반층 대형우물

① 전구간 되메움 순서(유형6)



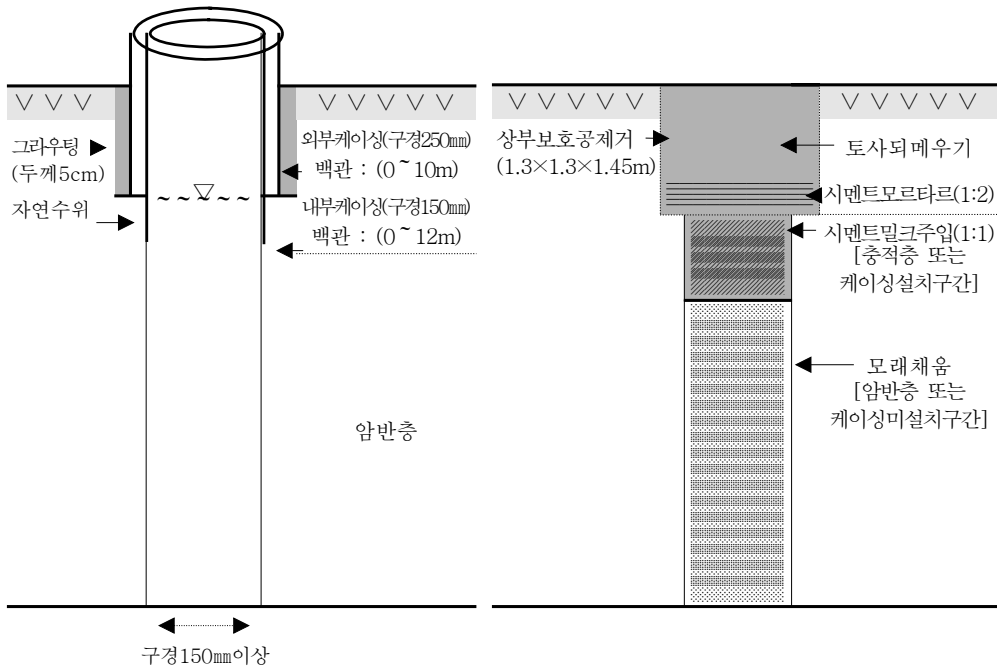
(앞면에서 계속)

지표부 표면처리

- 불투수성재료의 주입이 끝나고 24시간이 경과한 후에 지표부 표면처리작업 실시
- 터파기한 경우 하부구간은 시멘트몰탈을 타설하고 상부 나머지 구간은 주변 토양으로 다짐하면서 되메움
(시멘트몰탈의 배합비는 시멘트와 모래를 1:2로 하고 타설 두께는 30cm 정도)

주변정리

- 주변 환경에 어울리게 주변정리
- 작업 중 발생한 케이싱, 우물자재 등 폐자재는 운반하여 폐기처분



【원상복구 전】

【원상복구 후】

그림 6.21 암반층 대형우물 구조도 및 되메움 모식도



① 폐공제원조사



② 수중모터펌프 제거



③ 투수성재료 주입



④ 케이싱인발



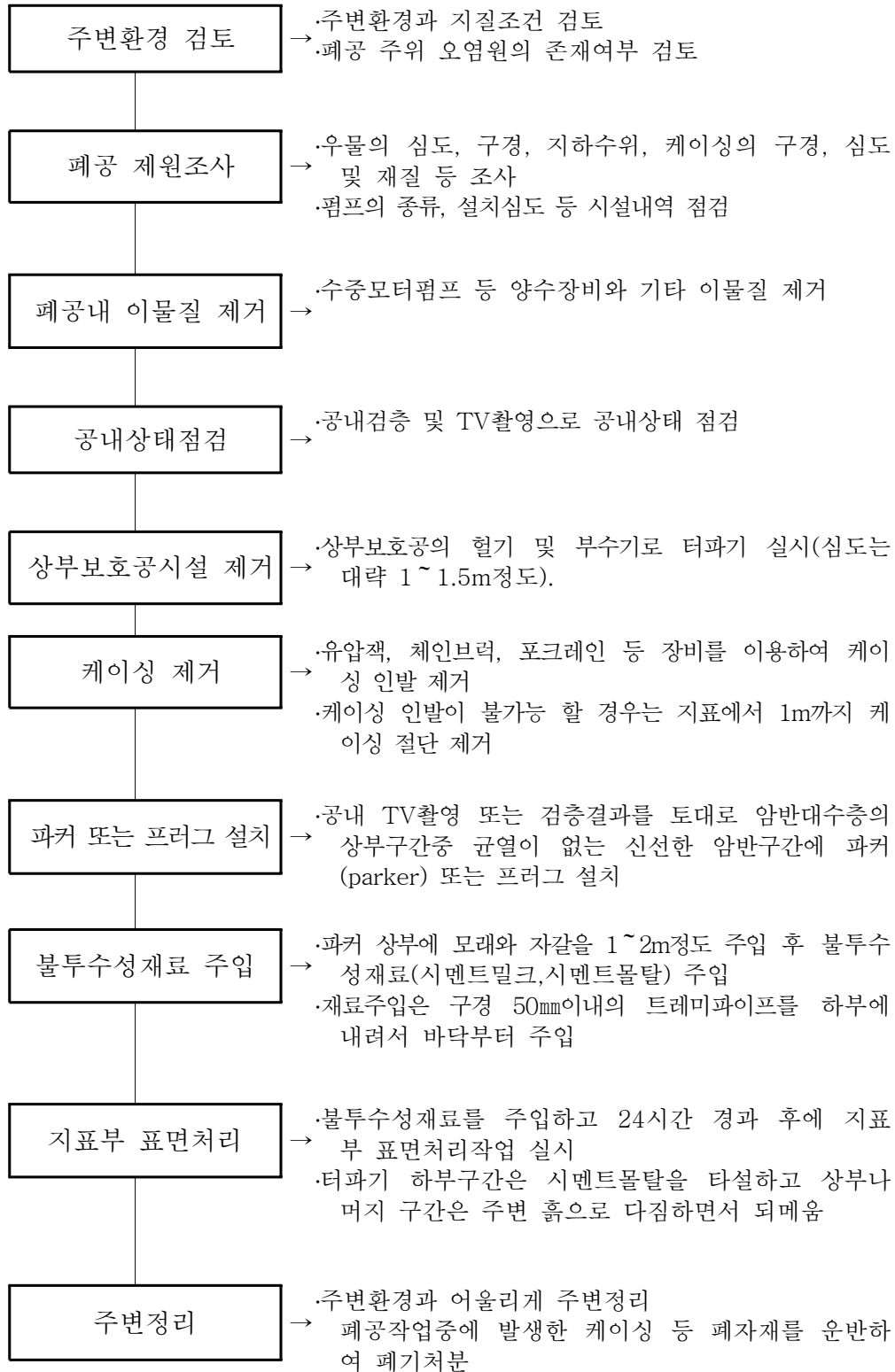
⑤ 불투수성 재료 주입



⑥ 지표부 표면처리

그림 6.22 암반층 대형우물 원상복구 주요 공종

② 부분 퇴매움(심도 300m 이상) 순서(유형7)



6.3.4 폐공 임시처리

가. 임시처리 목적

폐공의 임시처리는 수량부족이나 수질불량 등의 이유로 현재는 사용할 수 없지만 미래에 다시 사용하거나 기타 사정 등으로 인해 즉각적인 폐공처리를 할 수 없을 경우와 다른 용도로 이용하고자 할 때 외부 오염원으로부터 폐공을 임시적으로 보호하고자 실시한다. 방치된 폐공을 발견하였을 때는 원상복구 또는 재사용 결정 이전까지는 임시처리를 하여야 한다.

나. 임시처리 방법

폐공의 임시처리에서 공 상부 봉인 방법은 다음과 같으며 현장 조건에 맞는 방법을 선택하여 봉인하도록 한다.

- 플라스틱, 합석 등을 폐공 구경만큼 올려붙여 접착제 및 테이프로 봉인
- 케이싱 구경보다 큰 철재통을 규격에 맞게 올려 상부를 덮어 봉인, 이때 연결부위는 접착제 및 테이프로 처리가능
- 공상부 케이싱 상부에 철판을 용접하여 방치공 입구를 봉인하는 방법
- 방치공 입구에 덮개를 만들어 자물쇠를 채우는 방법



A. 케이싱 상부 덮개 설치



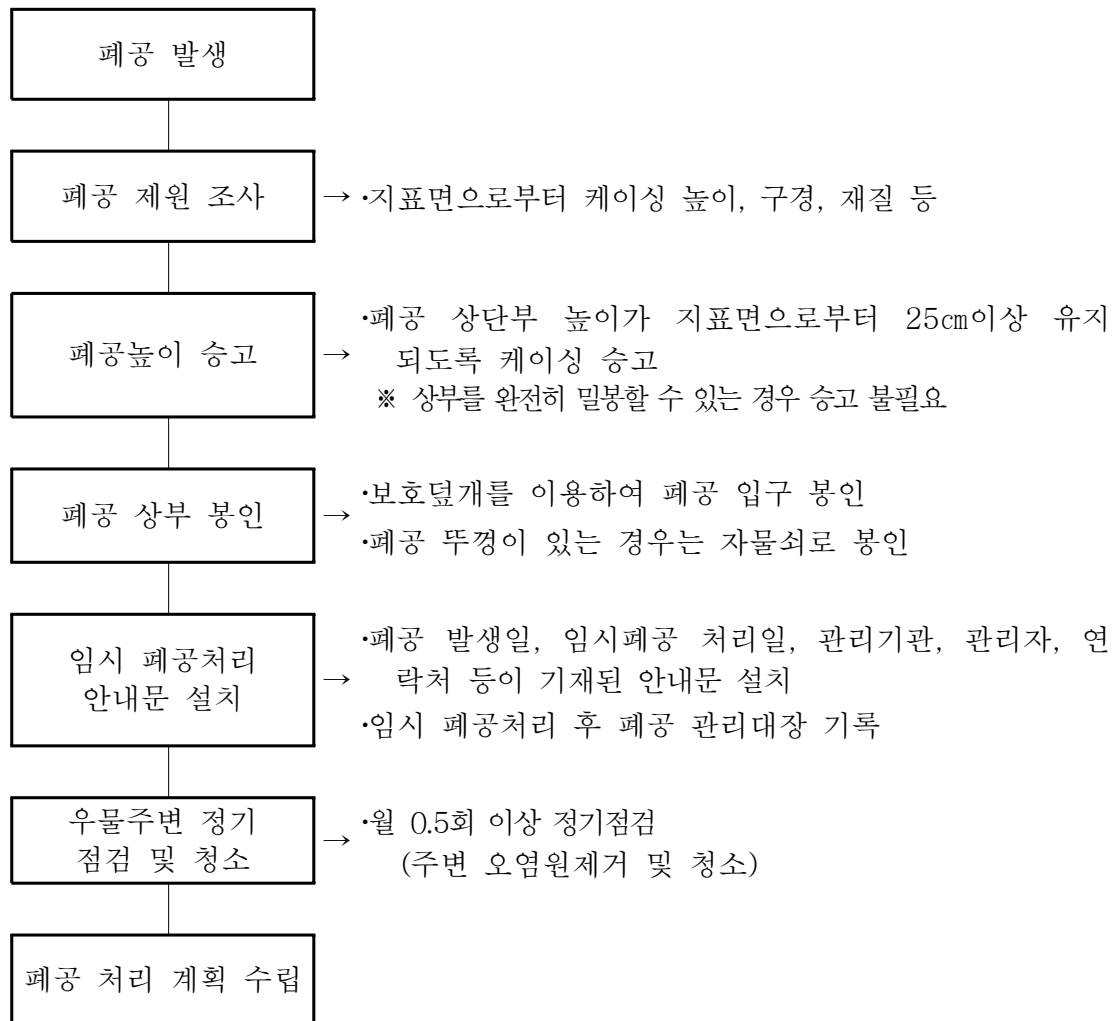
B. 케이싱 상부 자물쇠 설치

그림 6.23 폐공 임시처리

다. 임시처리 방법

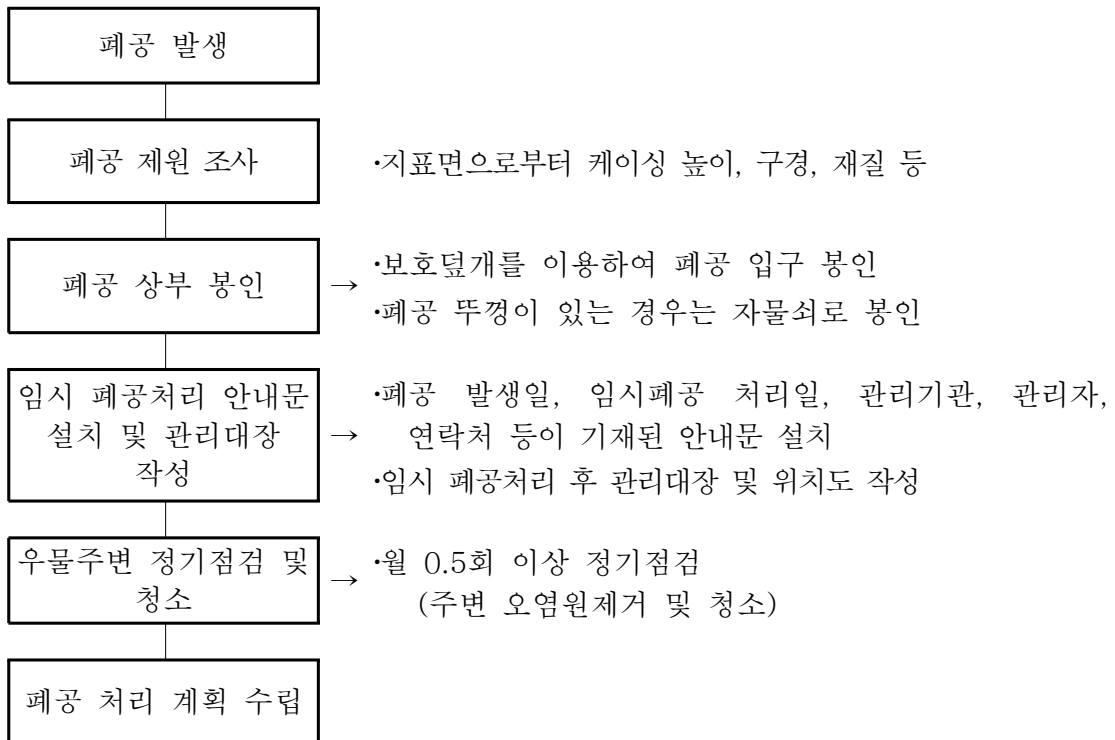
폐공 보호시설(건축물, 오염방지시설 등)의 유무와 폐공 상단부 케이싱의 높이에 따라 그 방법이 약간씩 다르며 세부처리 절차는 다음과 같다.

1) 보호시설물이 없고 폐공 상단부 높이가 낮은 경우(지표면 상부 25cm미만)

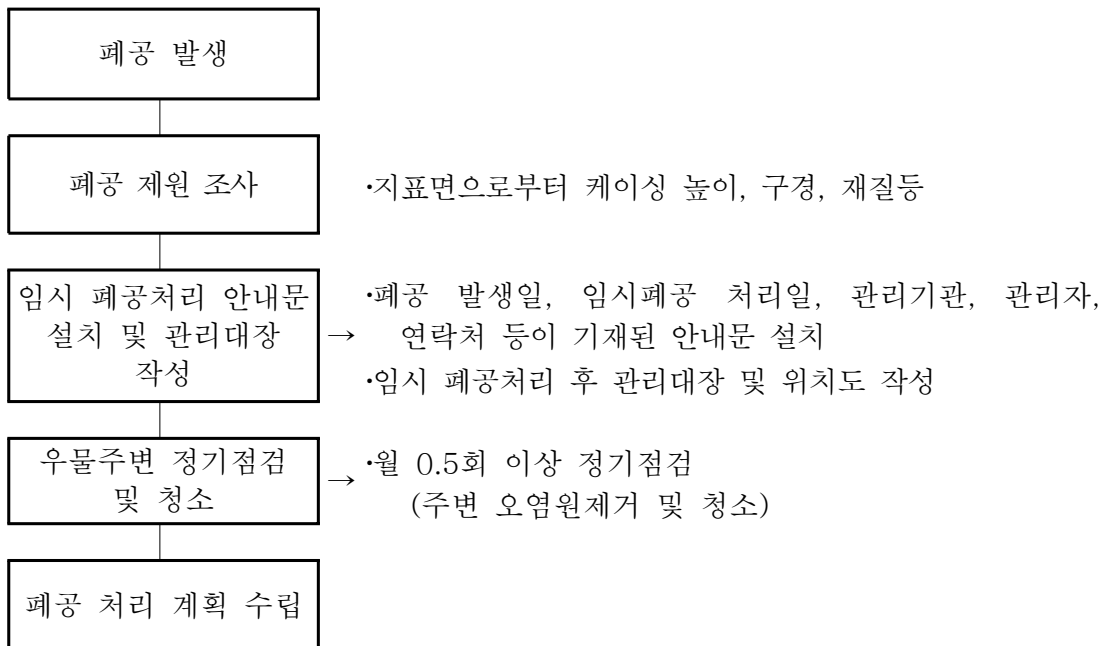


- HELP** ✓ 폐공 높이 승고 방법
- ① PVC 케이싱을 이용해 폐공 높이를 승고하고 연결부위는 접착제 및 테이프로 처리가능
 - ② 폐공 구경과 일치하는 백관 및 스테인레스 스틸 등을 용접하여 승고
- ✓ 위 방법은 일반적인 방법으로 현장 조건에 맞는 방법으로 승고 가능

2) 보호시설물이 없고 폐공 상단부 높이가 충분한 경우(지표면상부 25cm이상)



3) 폐공 보호시설물이 있는 경우



제 7 장

지하수 기초조사

제 7 장 지하수 기초조사

7.1. 개 요

7.1.1. 배경 및 목적

- 지하수의 효율적이고 체계적인 개발·이용과 보전·관리를 위하여 지하수 기초조사를 통한 수문지질도의 작성 필요
- 지하수 기초조사는 건설교통부의 주관 아래 관계 행정기관, 지방자치단체 또는 지하수조사 전문기관에서 대행하여 수행할 수 있으며, 이와 같이 여러 기관에서 조사를 수행할 경우 조사항목과 성과물의 차이가 발생할 수 있음
- 이에, 지하수 기초조사의 성과물을 종합관리하고 표준화된 성과물을 일반인이 널리 사용할 수 있도록 지하수 기초조사 지침 마련

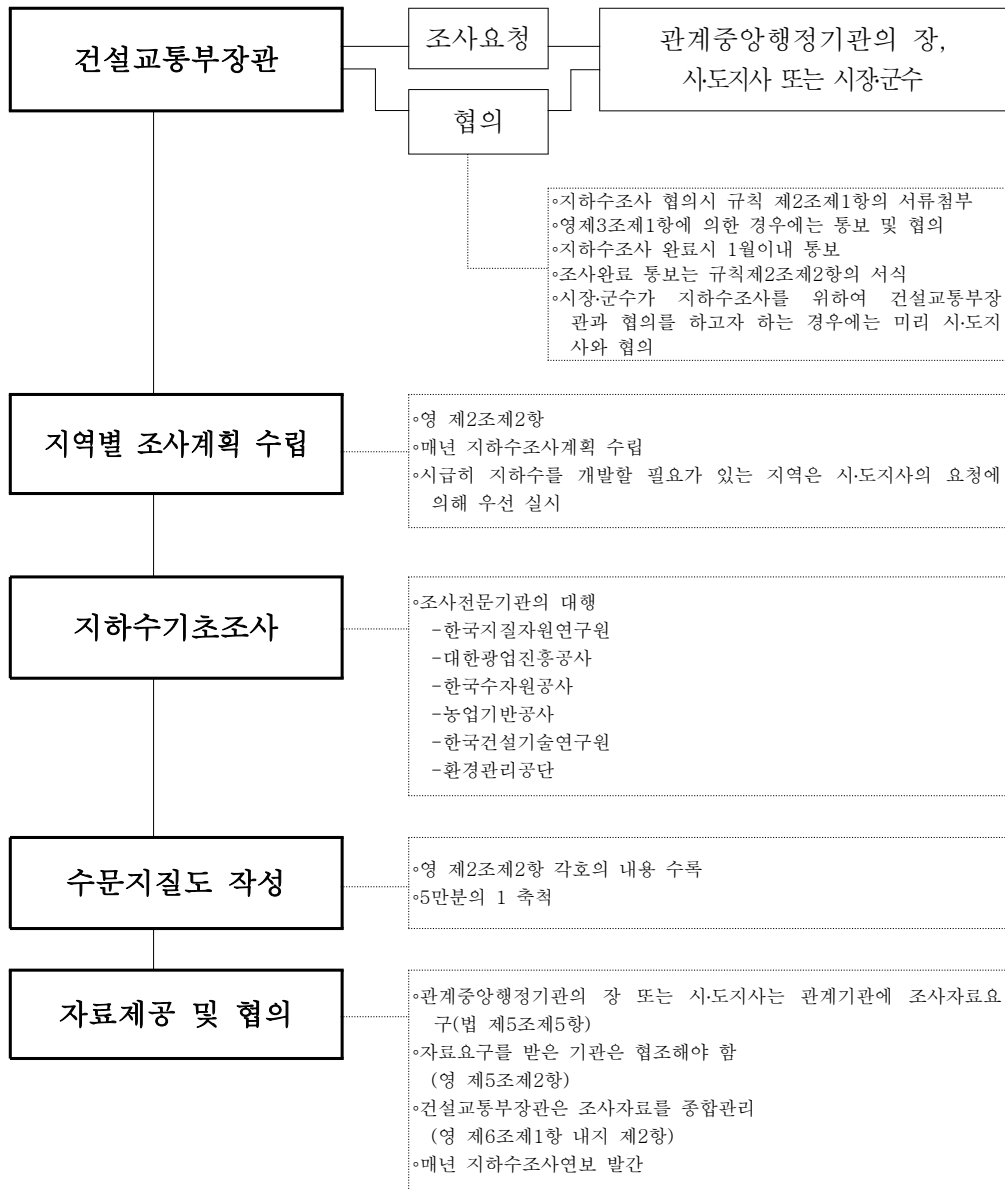
7.1.2. 적용 범위

- 건설교통부장관이 매년 수립한 지역별 지하수 기초조사 계획에 의거, 선정된 대상지역
- 지하수를 용수원으로 시급히 개발할 필요가 있는 지역으로서 시·도지사가 건설교통부장관에게 조사를 요청한 지역
- 관계중앙행정기관의 장이나 시·도지사가 지하수 관련 소관업무의 수행을 위하여 필요한 경우의 대상지역
- 상습가뭄, 기존 취수원의 취수장애, 수질 불량 등에 따른 물부족으로 지하수 개발·이용이 불가피하거나 시급한 지역 또는 지하수 개발가능량 대비 이용 비율이 높거나 지하수 오염이 우려되어 개발이 제한되어야 하는 지역은 우선 실시

7.1.3. 관련 법 조문

법	시행령	시행규칙	관리기본계획
<p>제5조 ①건설교통부장관은 지하수기초조사를 실시</p> <p>②관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 또는 시장·군수는 필요할 경우 지하수조사 실시 가능</p> <p>③관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 또는 시장·군수가 조사를 할 경우 건설교통부장관과 협의 및 통보</p> <p>④조사업무 대행</p> <p>⑤조사자료의 요구 및 협조요청</p> <p>⑥조사자료의 종합관리</p> <p>⑦시장·군수가 건설교통부장관과 협의시 미리 시·도지사와 협의</p>	<p>제2조 ①건설교통부장관은 지하수기초조사를 실시</p> <p>②수문지질도 수록내용 규정</p> <p>③건설교통부장관은 지하수조사계획을 수립하고 이에 의거 조사 실시</p> <p>제3조 ①건설교통부장관과 협의 또는 통보의 경우 규정</p> <p>②조사완료시 1월이내 통보</p> <p>③긴급한 사유 규정</p> <p>제4조 ①조사전문기관의 지정</p> <p>②지하수조사업무 대행시 7일이내 시·도지사에게 통보</p> <p>제5조 ①조사자료의 요구 또는 협조요청</p> <p>②협조규정</p> <p>제6조 ①조사자료를 종합관리하여 지하수조사연보발행</p> <p>②지하수조사연보발행시 관계기관에 송부 및 일반인 활용</p>	<p>제2조 ①지하수조사협의시 서류</p> <p>②조사완료 통보서식</p> <p>제3조 지하수조사계획서 내용</p>	<p>지하수기초조사의 시행방안 및 추진계획 수립</p>

7.1.4. 업무흐름도



7.1.5. 업무 수행 체계

가. 조사 주체

- 건설교통부장관은 전국의 지하수에 대하여 부존특성 및 개발가능량 등에 관한 기초적인 조사 실시
- 관계중앙행정기관의 장, 시·도지사 또는 시장·군수는 지하수와 관련된 소관업무의 수행을 위하여 필요한 때에는 지하수의 개발·이용 및 보전·관리를 위한 조사를 할 수 있음
- 조사업무의 대행
관계중앙행정기관의 장, 시·도지사 또는 시장·군수가 지하수 기초조사를 실시하고자 할 경우에는 지하수관련 조사 전문기관으로 하여금 조사업무를 대행하게 할 수 있음
 - 지하수 조사전문기관
 - 한국지질자원연구원
 - 대한광업진흥공사
 - 한국수자원공사
 - 농업기반공사
 - 한국건설기술연구원
 - 환경관리공단
- 지하수에 관한 조사업무를 대행하는 조사전문기관은 조사를 시작하는 날부터 7일이내에 조사계획을 시·도지사 또는 시장·군수에게 통보하여야 한다.

나. 지하수 조사의 협의 등

- 관계중앙행정기관의 장, 시·도지사 또는 시장·군수가 지하수와 관련된 소관업무의 수행을 위하여 조사를 하고자 할 경우에는 미리 건설교통부장관과 협의하거나 통보하여야 함
- 시장·군수가 지하수 조사를 위하여 건설교통부장관과 협의하고자 하는 때에는 미리 시·도지사와 협의를 거쳐야 함
 - 1) 통보하여야 하는 경우
 - 지하수의 수질조사
 - 가뭄대책 등 긴급한 개발·이용을 위한 조사
 - 2) 협의하여야 하는 경우
 - 상기 1)에 해당하지 않는 조사

HELP ✓ 사전에 협의 또는 통보함으로써 중복 조사에 의한 예산 낭비를 방지하고 조사의 효율성을 높이는데 목적이 있음

- 협의시 건설교통부장관에 제출하여야 하는 서류
 - 조사의 목적 및 내용을 기재한 서류
 - 조사하고자하는 지역의 범위 및 면적을 표시한 축척 2만5천분의 1이상의 지형도

다. 조사 완료의 통보

- 관계중앙행정기관의 장, 시·도지사 또는 시장·군수는 조사를 완료한 때에는 완료한 날로부터 1월 이내에 건설교통부장관에게 그 결과를 통보하여야 함
- 조사완료 통보는 지하수법 시행규칙 제2조제2항에 의한 별지 제1호서식의 통보서에 조사내역서 또는 용역 보고서를 첨부하여 건설교통부장관에게 제출하여야 함

HELP ✓ 지하수기초조사를 실시한 때에는 다음의 사항이 포함된 축척 5만분의 1(부득이한 경우 제외)의 수문지질도를 작성하여야 함

- 지형 및 지하지질분포
- 지하수의 수위분포
- 지하수를 함유하고 있는 지층의 구조와 수리적 특성
- 지하수의 수질 특성
- 지하수의 개발가능량
- 기타 지하수의 부존특성 등에 관한 기초적인 조사를 위하여 필요한 사항

✓ 수문지질도는 『수문지질도 제작 및 관리지침(건설교통부, 1998)』의 기준에 따라 작성하여야 함

✓ 첨부하여야 할 조사내역서 또는 용역 보고서에는 보고서와 수문지질도의 전산입력물(CD-ROM 또는 디스켓)이 포함되어야 함

라. 지하수 기초조사계획의 수립

- 건설교통부장관은 매년 전국의 지하수에 대한 지역별 조사계획을 수립하고 동 조사계획에 따라 기초조사를 실시
- 다만, 지하수를 용수원으로 시급히 개발할 필요가 있는 지역으로서 관계중앙행정기관의 장과 시·도지의 요청이 있는 지역은 다른 지역에 우선하여 조사를 실시할 수 있음

마. 자료의 종합관리

- 건설교통부장관은 전국의 지하수에 관한 조사자료를 종합하여 관계행정기관에 통보하고 일반인이 활용할 수 있도록 하여야 함
- 전국의 지하수에 관한 체계적인 조사와 조사자료의 효율적인 관리를 위하여 건설교통부장관은 다음과 같은 지하수 조사자료를 종합적으로 관리하고 매년 지하수조사연보를 발행
 - 건설교통부장관이 실시한 전국 지하수에 대한 기초조사 자료
 - 관계중앙행정기관의 장이나 시·도지사가 실시한 지하수 조사자료
 - 시·도지사가 실시한 관할구역내의 지하수 이용실태조사 자료

7.1.6. 지하수 기초조사의 실시

가. 지하수 기초조사의 종류

지하수 기초조사는 조사의 성격 및 내용에 따라 광역 지하수조사와 정밀 지하수조사로 구분, 시행한다.

나. 광역 지하수조사

1) 조사지역 단위

전국을 금강, 한강, 낙동강 및 섬진-영산강 유역권별로 나누어 각각 조사

2) 조사기간

각 권역별로 2년~3년

3) 조사 성과

1:250,000 축척의 광역 수문지질 현황도를 작성, 발간하고 지하수관리 기본계획의 수정, 보완에 활용

4) 권역별 조사 우선 순위

지하수 이용량이 상대적으로 많으며 가뭄이 빈번하게 발생하는 지역을 우선적으로 실시(섬진강·영산강⇒낙동강⇒금강⇒한강의 순서로 실시)

다. 정밀 지하수조사

1) 조사지역 단위

- 행정구역 단위를 기본으로 함

HELP ✓ 조사지역 단위는 행정구역을 기본으로 하되 도읍과 유역을 동시에 고려하여야 함

- 해당 지역의 조사면적이 적을 때에는 조사의 효율성을 위하여 인접 시군간의 수문지질 상관성이 높은 경우 또는 기타 인접한 시군을 함께 조사해야할 필요성이 높은 경우에는 인접 시군을 병행하여 조사를 실시할 수 있음

2) 조사기간 : 2년(1개 지역)

3) 조사성과

지질 및 지하수위 분포, 대수층의 수리적 특성, 수질과 산출 특성을 종합적으로 조사·분석하여 1:50,000 축척의 수문지질도를 작성 발간하고 체계적인 지하수의 이용관리에 활용

4) 지역별 조사 우선 순위 결정

정밀 지하수조사는 지하수관리 기본계획에서 아래 기준에 의거 지역별 우선 순위를 결정하였으며 이에 따라 조사 시행

◦ 조사지역의 선정기준

- 지하수보전의 필요성이 높은 지역

- HELP** ✓ 지하수개발가능량 대비 이용량 비율이 높은 지역
 ✓ 기타 지하수오염이 우려되어 개발제한이 필요한 지역

- 지하수개발 필요성이 높은 지역

- HELP** ✓ 상습 가뭄지역
 ✓ 용수부족지역으로서 상수도 보급율이 낮은 지역

라. 지하수 기초조사의 내용

지하수 기초조사의 조사 단계는 크게 기본현황조사, 세부조사 및 종합 분석 평가로 구분되며 각각의 세부내용은 표 7.1과 같다. 세부조사의 항목은 조사의 축척과 기존 가용 자료의 정도, 지형, 지질조건 등 대상지역의 여건에 따라 각 단계별로 적절한 조사항목을 선정, 조합하여 『7.2. 지하수 기초조사방법』에 수록된 조사 방법에 의거하여 조사를 실시하며, 각 조사 및 분석은 서로 연관하여 수행한다.

조사에 사용되는 기본도(base map)는 조사의 종류 및 정밀도에 따라 적절한 축척을 사용하되 광역 지하수조사의 경우에는 축척 1/250,000 이상, 정밀지하수조사의 경우에는 축척 1/50,000 이상의 지형도를 사용한다.

표 7.1 지하수 기초조사의 세부 내용

구 분	내 용	
기본현황조사	·기존자료 수집, 분석 ·용수시설 및 이용실태 조사 ·원격탐사	·기상수문조사 ·정천현황조사 ·수질현황 및 잠재오염원조사
세부조사	·지표지질조사 ·지하수위 관측 ·시추조사 ·물리검층 ·지표수 유량조사	·지구물리탐사 ·지하수질 관측 ·착정조사 ·대수성 시험 ·수문지질단위 분류
종합분석, 평가	·지하수 개발가능량 분석 ·지리정보 시스템의 활용	·수치모델 분석 ·보고서 작성

표 7.2 광역 지하수조사와 정밀 지하수조사의 비교

구 분	광역 지하수조사	정밀 지하수조사
조사성격	·유역단위 지하수 관리를 위한 기초조사	·지역(시·군)단위의 지하수 개발 및 관리를 위한 기초조사
조사방법	·기존자료 수집, 분석 위주 ·현장조사 병행 - 관측조사 등 실시	·현장조사 위주 - 탐사, 시추, 착정 등 포함 - 관측 조사 실시 ·기존 자료 수집, 분석 병행
조사단위	·1개 유역권별로 년차별로 조사 - 한강권, 낙동강권, 금강권 및 섬진 -영산강권	·연차별 시행계획에 의거, 각 지역별로 실시 - 개발이용이 시급한 지역(물부족지역, 가뭄지역 등) - 보전관리 필요성이 높은 지역
조사기간	·유역권별로 2년 소요	·지역별 2년 소요
조사면적	·매년 1개 유역권 범위 : 약 10,000-30,000km ²	·매년 약 3,000-4,000km ² 범위 (2년에 약 6,000-8,000km ²) - 1개 도엽면적 : 약600km ²
조사빈도	·매 5년마다 반복-보완조사 실시 ·조사성과는 전산관리	·1회 조사로 현장 조사 및 수문지질도 작성 완료 ·수문지질도 작성이후 제반자료를 전산관리하며 이를 토대로 도면을 수정편집토록 추진
활용분야	·지하수 관리기본계획 보완시 기초자료로 활용 ·개발이용 및 보전 관리가 시급한 지역을 선정하여 정밀지하수조사 대상지역 등을 제시	·지역별로 지하수 탐사 및 개발시 활용 - 개발가능 지역, 개발가능량 등 제시 ·지하수 개발허가 심의시 기본자료 제공 ·지역별 지하수 보전관리 정책 수립에 활용 - 보전관리 필요지역 제시 등
성과도면	·광역지하수현황도(1/250,000)	·수문지질도(1/50,000)
발간도면수	·연간 1도엽	·연간 약 5~10도엽

표 7.3 광역 지하수조사 및 정밀 지하수조사의 주요내용

구 분	광역 지하수조사	정밀 지하수조사
주요 조사 내용	<p>1) 자료 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦유역권내 인문사회현황 자료 집성 ◦유역권내 지하수 조사자료 집성 ◦정천현황조사 ◦오염원 현황 및 오염사례 조사(자료 조사) <p>2) 지질조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦지질조사(지질도분석, 원격탐사 등) ◦지표환경분석(토양, 식생, 토지이용 등) ◦물리탐사 <p>3) 수문 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦강우, 유출 관측자료 수집, 분석 ◦하천유량 및 갈수량 측정 <p>4) 관측조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦기존 관측자료 수집 및 분석 ◦장기 지하수 수위·수질 관측 ◦주요지점 물시료 수질분석 <p>5) 부존특성 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦유역별, 지역별 물수지 분석 ◦유역·지역별 지하수 개발가능량 분석 <p>6) 종합평가 및 도면 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦지하수 유역 관리 모델 분석 ◦지역별 지하수 부존성 평가 ◦광역 지하수 현황도 작성 	<p>1) 자료 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦대상지역 지하수 자료 집성, 분석 ◦지하수 관정실태 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 시설, 이용 등에 대한 실사 - 관정위치 측량 ◦오염원현황 및 오염사례 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 자료조사 및 실사 병행 ◦폐공실태 조사 <p>2) 지질조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦원격탐사 ◦지표지질조사 ◦물리탐사 ◦시추 및 착정조사 ◦대수성 시험 및 평가 <p>3) 수문 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦강우, 유출 관측자료 수집, 분석 ◦하천유량 및 갈수량 측정 <p>4)관측조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦기존 관측자료 수집 및 분석 ◦지하수 수위·수질 장기 관측 조사 ◦주요 지점 물시료 수질분석 <p>5) 부존특성 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦소유역별 물수지 분석 ◦소유역 및 지역별 지하수 개발가능량 분석 <p>6) 종합평가 및 도면 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦지하수 모델링 및 지하수계 변화 예측분석 ◦개발가능지점 제시 ◦보전관리 필요지점 제시 ◦수문지질도 작성
도면 작성 내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦지질분포 ◦광역 지하수위 등고선 ◦지하수질 분포 ◦광역적 오염 취약성 분포 ◦지하수 정호현황(주요 시설) ◦관측 현황 ◦선구조 분포 ◦토양, 식생, 토지이용 ◦지표수문 특성 등 	<ul style="list-style-type: none"> ◦지질분포 ◦지하수위 등고선 ◦지하수질 분포 ◦개발가능지점 분포 ◦보전관리 필요지역 ◦지하수 정호현황 ◦관측 현황 ◦선구조 분포 ◦토양, 식생, 토지이용 ◦폐공 현황 ◦모델링 분석 결과 등

마. 지하수기초조사 성과물

- 기초조사 성과품은 보고서, 수문지질도(주도면 및 부속도면) 과 이를 전산 입력한 CD-ROM 또는 디스켓으로 한다.
- 최종성과품의 인쇄 전에 자문회의를 개최하여 관계전문가의 의견을 수렴하여야 한다.
- 수문지질도 발간 시 건교부 승인번호를 발부 받아 체계적인 도면관리를 하여야 한다.

1) 보고서 수록 내용

① 서론

조사의 목적, 조사 방법 및 사용 기술, 조사 위치, 단계별 조사기간

② 일반사항

인문 및 산업경제, 지형 및 수계, 기후, 식생, 토양

③ 지질

지표지질, 미고결 퇴적층, 암반, 미고결 퇴적층 및 암반간의 수리지질적 연결 관계

④ 관측된 현상에 대한 분류 및 설명

- 현장설명(지형태, 지질 등) 및 지하수의 물리화학적 특성
- 관측현상에 대한 세부 설명 (용천, 호수, 지하수위, 수위 변동, 자분정, 지하수 유동체계의 함양 및 유출지역, 자연 식생, 토양 습윤도, 인공 구조물 등)

⑤ 관측결과 및 현장탐사에 대한 해석

- 수리지질학적 관측에 대한 해석 및 수치모델 적용 결과
- 지구물리탐사에 대한 해석 및 실제 현상과 비교검토
- 물리검층 및 지질구조에 대한 해석
- 수질 및 동위원소 분석에 대한 해석 및 비교검토
- 오염취약성 평가에 대한 설명

⑥ 종합분석 및 평가

- 지하수 물수지 분석
- 수문지질단위 분류 및 지하수 수역 구분
- 지하수 부존특성 : 지하수 유동특성 및 개발가능량 분석
- 지하수 수질특성 분석
- 지하수 오염거동 특성 및 취약성 분석

⑦ 결론

⑧ 참고문헌

⑨ 부록

- 조사지역 위치도 : 수위/수질 관측지점 위치, 시료채취 위치, 시추 및
 착정 위치, 지구물리탐사 위치, 대수성시험 지역 위치
- 수위측정 결과표
- 양수시험 결과도 및 시험결과표
- 지하수의 수질분석 결과표
- 지구물리 탐사 자료
- 물리검층 자료
- 시추 및 착정주상도
- 지표수 유량조사 결과표

2) 수문지질도 및 주제도 작성

수문지질도 및 주제도는 『수문지질도 제작 및 관리 지침(건설교통부, 1998)』에
의하여 작성한다.

바. 성과물 관리

1) 도면관리

수문지질도 발간 시 건설교통부 발간번호를 부여받고 『수문지질도 제작 및
관리 지침(건설교통부, 1998)』에 의한 체계적인 도면관리를 하여야 한다.

2) 성과물 전산입력

본 조사의 최종 성과물은 『수문지질도 제작 및 관리 지침(건설교통부, 1998)』
에 의하여 전산 입력하여 관리한다.

HELP ✓ 지하수 기초조사의 성과물인 수문지질도는 건설교통부와 한국수자원공사에서 개발·운
영 중인 『수문지질도 제작관리 시스템』의 데이터베이스로 구축되어 운영 관리된다.

7.2. 지하수 기초조사 방법

7.2.1. 조사 지역 및 기간

조사 지역은 수리지질학적, 수문기상적인 경계조건이 단순 또는 명료하게 설정하여야 하며, 조사 기간은 수문년, 한해기, 비한해기, 다우기, 과우기 등의 주기를 고려하여 조사의 목적을 충분히 달성할 수 있는 기간으로 설정하여야 한다. 현지조사 성과 해석 시 수리지질학적 및 수문기상적으로 명확한 경계가 설정되어 있으면 양질의 해석 결과를 기대할 수 있다. 명확한 경계조건 예로는 분수령(수리지질학적으로 불투수성 구조에 의한 분수령), 하천, 호소, 해양 등을 들 수 있다.

한편, 지표수와 지하수가 반드시 연결되어 있다고는 단정할 수 없으므로 주의가 필요하다. 일반적으로 지하수위는 비한해기, 과우기에 낮으며 한해기, 다우기에 높은 년 변화를 보인다.

7.2.2. 조사 방법 및 내용

지하수 기초조사는 일반적으로 크게 기본현황조사, 세부조사 및 종합 분석 평가 단계로 구분되는데, 조사의 목적과 기존 가용 자료의 정도, 지형, 지질조건 등 대상지역의 여건에 따라 각 단계별로 적절한 조사항목을 선정, 조합하여 조사를 실시하며, 각 조사 및 분석은 서로 연관하여 수행한다.

□ 기본현황조사

조사 지역에 관하여 기존에 조사된 제반 자료를 체계적으로 수집, 정리하여 지하수계의 현상 파악을 위한 기본 자료를 제공하며, 부족한 자료를 명확히 파악하여 세부조사 계획 수립에 이용한다.

가. 기존자료 수집 분석

조사지역의 기상, 수문, 인문 사회 환경, 지형, 지질 등에 관한 기존자료를 검토하고, 해당지역에서의 지하수 이용실태를 파악한다. 조사하여야 할 주요 내용은 다음과 같다.

- 사회 경제적 요인 : 인구, 면적, 주택수, 토지이용, 경지 면적, 문화시설
- 주변지역의 지질학적 조건 및 구조 발달상태
- 지하수계의 경계와 지형학적 조건
- 관정의 제원 및 지하수위

- 오염 시설물 : 폐기물 처리시설 및 지하수 잠재오염원의 위치, 오염 물질의 종류와 양
- 기초 도형자료 : 지형도, 지질도, 토양도, 토지이용도, 항공사진, 위성사진 등
- 변화 예상자료 : 국토 종합개발 계획, 시설물 배치 예정도, 용수수급 계획

나. 기상수문조사

조사 대상지역 일원의 기상, 우량 및 수위관측소로부터 강우·증발산·온도 등의 기상자료, 우량, 수위 관측자료 및 기타 물수지 분석에 필요한 수문자료들을 체계적으로 수집한다.

다. 용수 시설 및 이용실태 조사

조사 대상지역 일원에 산재한 용수 시설에 대하여 위치, 시설물 제원, 소유주, 시설 용량, 실 이용량, 수위 및 수질 등 시설 현황과 이용 실태에 관한 자료를 수원별, 이용 목적별로 체계적으로 조사, 목록화하고 그 이용 특성을 분석한다.

라. 정전현황 조사

조사대상지역에 기설치된 정호나 용천에 관한 야외현황조사단계로 물 수요량 예측, 대수층 특성, 개략적인 지하수 부존량 등을 위한 기초자료를 얻기 위해 실시한다.

1) 조사방법

① 현장 실사

조사지역내에 분포하는 지하수 개발시설현황을 기존자료를 토대로 직접 조사하여 지하수 이용특성을 분석하는 방법으로 자료의 신뢰도가 높으나 지역이 넓거나 지하수시설이 많은 지역에서는 비용과 시간이 많이 소요되므로 좁은 지역의 정밀조사시에 유용하며 넓은 지역에서는 다른 조사와 병행하여 실시하면 효과적이다.

② 설문 조사

설문표를 만들어 조사지역 주민에게 나누어 주어 지하수 개발시설 이용자가 직접 작성한 것을 토대로 분석하여 지하수 현황을 조사하는 방법이다. 이 경우에는 넓은 지역을 빠른 기간 내에 조사할 수 있는 장점이 있으나 설문표를 작성하는 사람의 성실도에 따라 자료의 정확도가 달라질 수 있다.

③ 청취조사

지하수 개발이용자를 직접 찾아가 그 정호에 대한 정보를 얻는 방법으로 현장실사의 한 방법이 될 수 있다.

④ 병용 조사

조사 건수가 많은 경우에 유용한 조사 방법으로 먼저 설문조사를 하고 그 결과의 필요에 따라 청취조사, 현장실사를 보충 실시한다.

2) 조사내용

정호현황카드(Well Schedule Form)를 이용하여 각 정호마다 관리현황, 위치현황, 이용현황, 시설현황, 폐공 및 수질현황 등과 같은 제반사항을 조사·기록·보관한다. 정천현황 조사시에는 『제3장 지하수영향조사·심사』 표 3.1 지하수이용실태 현장조사표를 활용할 수 있다.

3) 결과의 활용

조사의 분석결과는 기상, 기온, 지표수 현황, 인문·사회 현황, 상수도 급수현황 등과 연계하여 용도별 수요량, 물 부족량, 지하수 산출특성 및 개발 가능지점, 용도별 지하수 의존도 등의 추정이 가능하며 이 결과들을 종합하여 세부 지하수 조사 및 개발의 기초조사자료로 쓰인다.

마. 원격탐사

항공사진, 위성영상, 지형고도자료(DEM) 등을 이용하여 지형, 지질, 토양, 식생, 수계 발달상태, 토지이용 및 잠재오염원 현황, 대형 용출수 지점 등 대상 지역내 수자원과 관련된 제반 정보를 추출하여 광역적인 수리지질 특성을 파악한다.

- 기본도 : 지형기복도, 고도 분포도 등
- 토지 피복도 또는 토지 이용도
- 리니어먼트(lineament) 분석
- 식생관련 정보 추출
- 토양습도(soil moisture) 분석
- 수계(drainage pattern) 분석

바. 수질 현황 및 잠재오염원조사

조사 대상지역 일원에 걸쳐 지표수 및 지하수의 수질에 관한 기존 조사자료와 수질에 영향을 미칠 수 있는 잠재오염원 현황에 관한 자료를 체계적으로 수집, 분석한다. 특히, 잠재오염원조사의 경우 『지하수의 수질보전 등에 관한 업무처리지침(환경부, 1997)』에서 제시한 주요 오염원을 중점적으로 조사하여야 한다(『제3장 지하수영향조사·심사』 표 3.2 지하수의 잠재오염원 참조).

- 지하수의 수질에 영향을 미칠 수 있는 잠재오염원의 분포를 각 지역별로 조사, 분류하여 수질과 잠재오염원 분포와의 상관관계 분석
- 폐공 현황을 파악하고 관측정으로의 사용 가능성 파악

□ 세부 조사

기본현황조사 결과를 토대로 조사지역의 미고결 퇴적층과 암반층의 지하수 및 오염물질의 분포와 유동상태에 대한 수리지질학적 특성을 규명하여 지하수자원의 적정개발량 및 규모, 오염된 지하수자원의 치유방법 등을 정립하기 위한 세부자료를 획득한다. 세부조사에서는 대상지역에 대한 기존 가용 자료의 정도, 조사에 따른 예산, 기간, 투입인력 등을 감안하여 간접적으로 수리지질학적 특성을 예측하는 조사 방법과 직접적으로 수리지질학적 특성 자료를 획득할 수 있는 조사방법을 적절히 조합하여 이용한다.

세부조사의 방법에는 지표지질 조사, 지구물리 탐사, 물리 검층과 같은 간접조사 방법과 수위 관측, 수질 관측, 시추조사, 착정조사, 대수성시험 등과 같은 직접조사 방법이 있으며 그 외에 지표수 유량조사 등이 있다.

가. 지표지질 조사

1) 조사내용

지표지질 조사는 조사지역의 지질조건과 조사지역에 존재하는 대수층 내지 균열대의 특성 및 발달 상태를 파악하고 그 내용을 지형도에 표시한다. 지표지질 조사의 세부내용을 요약하면 다음과 같다.

- ① 충적층을 포함한 미고결 퇴적층의 수평/수직 분포, 퇴적물의 종류 및 입자 크기와 분급상태 등을 조사하여 천부 대수층의 분포 및 지하수의 유동방향, 대수층의 수리상수 등을 간접적으로 예측한다. 천부 대수층의 경우 지형태학적으로 확연히 구별되는 지역 중 대표성이 인정되는 곳에서 표토층을 제거하고 투수계수 판정을 위한 입도시험과 필요한 실내토질시험을 실시할 수 있는 충분한 양의 시료를 채취한다.
- ② 암석층들의 분포 및 연속성, 암상 및 입자 크기와 분급상태, 지층들의 층서적 관계, 단층, 절리 및 기타 균열의 발달상태(분포 및 방향성, 간격, 풍화정도, 이차 충전물의 종류) 등을 조사하여 심부 암반 대수층의 분포 및 지하수의 유동방향, 대수층의 수리상수 등을 예측한다. 특히 암반 대수층은 절리, 과쇄대, 단층 등의 균열대의 발달 상태에 따라 매우 불규칙한 수리적 특성을 나타내므로 상기한 지표지질 조사 결과는 균열체계의 기하학적 분포특성에 따른 수리인자의 불규칙한 분포, 균열의 폭, 크기, 상호 연결 정도 및 균열면의 접촉 면적 변화에 따른 지하수 유동로의 복잡성 등에 관한 정보를 제공한다.
- ③ 미고결 퇴적층과 암석층의 지질, 수리지질학적 연관관계를 지표지질 조사 결과로부터 해석하여, 각 대수층의 특성(자유면/피압/누수 대수층 등)을 밝히고 미고결 퇴적층 지하수의 암반 대수층으로의 유입(충진) 가

능성 정도를 예측한다.

- ④ 불투수성 기반암의 수평/수직 분포를 조사하여, 광역적인 지하수 유동의 경계를 규명한다.

2) 조사결과와 활용

이상의 지표지질 조사결과 밝힌 조사지역의 지질 조건과 수리적 특성은 후속 현장조사 및 조사결과 해석 등에 다음과 같은 중요한 정보를 제공한다.

- ① 미고결 퇴적층과 암반층의 경계 규명을 위한 지구물리 탐사방법의 종류 및 탐사 위치 선정
- ② 공극율, 균열대의 위치(수직 분포) 등을 밝히기 위한 적절한 물리검층 방법의 선정
- ③ 지질조건, 대수층의 수평/수직 분포 등에 따른 시추방법 및 위치 선정
- ④ 대수층의 수평/수직분포 등에 따른 정호 위치 및 심도 결정
- ⑤ 대수층의 수리적 특성을 밝히기 위한 시험정 및 관측정의 개수 및 위치 선정
- ⑥ 조사지역의 수리지질학적 특성(공극의 종류, 균열발달 상태 등)에 의한 초기 수문지질 단위의 설정
- ⑦ 수치해석을 위한 3차원 초기모델 및 초기입력 자료 선정

나. 지구물리 탐사

1) 지구물리탐사의 목적

지표하부에서의 미고결퇴적물의 두께, 지하수면의 깊이, 파쇄대 구간의 위치, 기반암심도 등을 조사하여, ①지하수의 충전경로인 불포화대의 수평/수직 방향의 분포와 연장성, ②미고결 및 암반 대수층의 수평/수직 방향의 분포와 연장성, ③지하수의 유동을 차단하는 불투수층 및 지질구조의 수평/수직 방향의 분포와 연장성 등을 간접적으로 예측하기 위하여 실시한다.

2) 지구물리탐사의 특성

지구물리 탐사는 비용이 비교적 적게 들지만, 먼저 모든 수리지질학적인 조사를 통하여 조사목표를 정확하게 설정하고 각 방법의 특성을 살려서 적절한 정보를 얻을 수 있도록 가장 적절한 조사방법으로 설계되어야 한다. 또한 지구물리 탐사자료는 간접적인 증거만을 제시하므로, 결과를 해석할 때에는 검층자료 또는 시험시추 자료 같은 직접적인 증거자료와 비교 해석하여야 한다.

3) 지구물리탐사의 종류

지하수 조사에 사용할 수 있는 지구물리탐사법의 종류와 적용 대상 및 적용 한계는 다음 표 7.4와 같다.

표 7.4 지구물리탐사법의 종류와 적용 대상 및 적용 한계

구 분	대비물성	적용대상	가탐범위	적 용 한 계
자연 전위 탐사	산화전위, 수소이온농도, 전기전도도	공극내의 지하수 유동	수십m	비저항치가 매우 큰 지역
전기비저항 탐사	전기전도도	대수층, 파쇄대	수m~수백m	지표의 전기 비저항치가 높을 경우
전자 탐사	전기전도도	천부지층 경계, 파쇄대	20m~50m	인위적인 전자기적 잡음이 예상되는 지역
시추공 레이더 탐사	유전율, 전기전도도	지층경계, 파쇄대, 지하공동	약 100m	지하매질의 전기전도도가 매우 높을 경우
지표 레이더 탐사	유전율, 전기전도도	지층경계, 파쇄대, 지하공동	수십m	지하매질의 전기전도도가 매우 높을 경우
탄성과 굴절법 탐사	탄성계수, 밀도	기반암의 심도, 파쇄대, 지하공동	탐사재원 및 지층구조에 좌우	하부층의 탄성과 속도가 상부층에 비해 점진적으로 증가하는 경우
중력 탐사	밀도	광역지질구조	무제한 (이론적)	소규모 구조 파악
방사능 탐사	방사능 원소의 함량	지표지질, 암상경계	암석상부 50cm	항공탐사시 탐사고도를 낮게 유지 못할 경우

다. 지하수위 조사

1) 조사목적

지하수위조사는 지하수조사에 있어 가장 기초가 되는 조사로서 지하수의 공간적 분포와 시간적인 변화를 주기적으로 관측하고 관측자료를 정리하여 ①지하수의 부존상태, ②지하수의 수평/수직 유동방향, ③지하수위 변동요인 등을 밝히기 위하여 수행한다.

2) 지하수위 측정방법

지하수위 측정에 있어 가장 선행되어야 할 일은 지하수위를 측정하고자 하는 우물(이하 “관측정”이라 한다)에 측정기준점(M.P. ; measuring point)을 설정하는 것으로서 일반적으로 케이싱의 최상부에 설정, 표시한다. 모든 지하수위 측정이 이 점을 기준으로 실시되므로 측정 기준점에 대해서는 측량을 하거나 1/5,000이상의 대축척의 지형도를 이용하여 좌표 및 표고를 파악, 기록하여 두어야 한다. 지하수위 측정 방법은 인력에 의한 측정과 자기 수위계를 이용한 측정으로 대별할 수 있는 데, 이들에 대하여 상술하면 다음과 같다.

① 인력 측정

◦ 줄자에 의한 방법

스틸제 혹은 천으로 된 줄자의 아래쪽에 분필을 칠하고 줄자의 끝에 적당한 추를 달아 수중에 내린 다음 관측정의 기준점에서 내려간 전체 길이를 읽은 후 끌어 올려 젖은 부분을 빼서 측정기준점에서 지하수면까지의 거리를 측정한다(그림 7.1(a)).

◦ 전기적 측정 방법

테스터와 전선을 준비한 후 전선의 선단에 적당한 무게가 있는 전극을 부착하고, 이 선단을 관측정 내부로 천천히 내려 지하수면에 접했을 때 회로가 닫히고 테스터의 지침이 움직일 때의 전선의 길이를 재서 측정기준점에서 지하수면까지의 거리를 측정한다(그림 7.1(b)). 이 방법에서는 전선의 신장이 오차의 원인이 되므로 주의를 요한다.

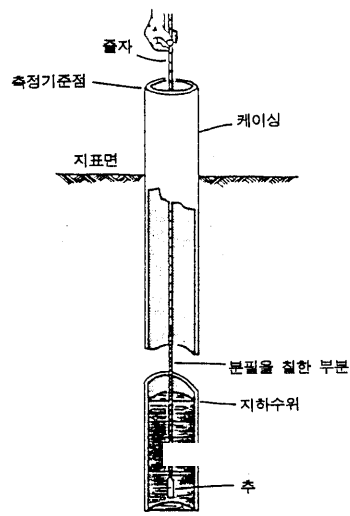
한편, 시판되는 수위측정기 중 Deeper는 전기적 측정방법의 일종으로서 테스터 대신에 검류계, 램프, 부저 등을 사용하고, 일반 전선 대신에 절연 처리를 한 눈금 부착 전선을 사용하므로써 사용이 편리하다.

◦ 공기관에 의한 방법

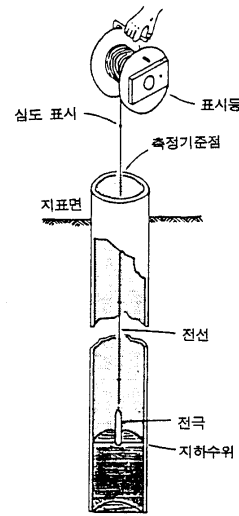
일반적으로 펌프가 설치된 관정에서 이용되며, 작은 지름의 관(tube)을 최저 예상 수위의 약 3m 상부까지 설치하여야 한다(그림 7.1(c)). 이 관 내부의 수위는 관정의 수위와 동일하다. 수면까지의 깊이를 결정하기 위하여, 관의 상부에 공기 압축기와 압력계를 설치한다. 공기를 관 내부로 밀어 넣으면, 관의 하부로부터 물이 밀려 나가게 된다. 이를 계속 하면 관 내부의 물이 모두 밀려 나간 후에 압력계의 공기 펌프 압력이 일정하게 된다. 즉, 이 압력은 관 내부에 존재하던 물에 의하여 형성되었던 것이므로, 이로부터 물의 높이를 계산할 수 있고, 궁극적으로 관측점으로부터 수위도 계산이 가능하다.

◦ 압력계에 의한 방법

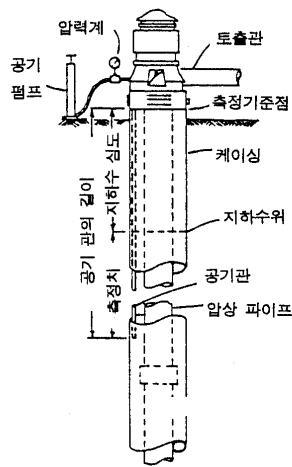
피압대수층에 정호를 개발한 자분정의 경우 보호벽이 수면의 최상부까지 설치되어 있지 않다면 수위를 측정하는데 곤란하다. 정호가 밸브로 연결이 되어 있으면, 적당한 압력계를 사용하여 수위를 측정할 수 있다(그림 7.1(d)).



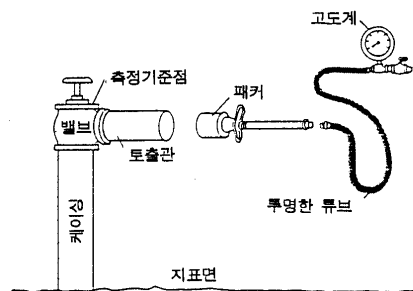
(a) 줄자에 의한 측정



(b) 전기적 측정



(c) 공기관에 의한 측정



(d) 압력계의 사용

그림 7.1 지하수위 측정 방법(after Heath, 1983)

② 자기 수위계를 이용한 측정

◦ 수압식 수위계

수위의 변화에 따라 수중에 설치된 수압부가 받는 수압의 변화를 기계적으로 측정 또는 감압소자에 의하여 전기 신호로 변환하여 수심을 측정하는 방법이다.

◦ 부자식 자기수위계

수면에 뜰 수 있는 부자가 수면과 함께 상하로 움직이는 것을 이용하여 그 움직임을 축소 또는 확대하여 기록하는 수위계를 말한다. 기구는 수직 또는 수평으로 설치된 드럼에 감아 붙인 기록지 또는 롤상으로 감은 기록지에 펜으로 기록된다. 기록지의 이송은 시계 기구에 의하여 드럼의 회전이나 감아서 꺼내는 장치에서 한다. 부자식 수위계는 우물의 구경이 충분하지 않으면 우물 벽에 부자 등이 접촉하여 마찰력을 일으키고 기록이 계단 상으로 되어 만족한 결과를 얻기 곤란하며, 우물의 구경은 기종에 따라 다소의 차이는 있지만 대체로 60cm 이상이 필요하다.

◦ 촉침식 수위계

수위의 변화를 검출기부의 2개의 촉침에 의하여 추적하는 수위계이며 검출기의 부분에는 장단 2개의 촉침이 있고, 2개의 촉침이 수면 아래에 있을 때는 지상의 모터가 검출기를 감아 올리는 방향으로 회전한다. 2개가 전부 수면에 접하고 있지 않을 때는 모터가 검출기를 내리는 방향으로 회전할 수 있게 릴레이 회로가 접속된다. 촉침이 긴 쪽만이 수면에 접할 때는 모터의 회로는 전원에서 차단되어 검출기는 정지한다. 이와 같이 검출기의 장단 양침의 사이에 수면이 닿게 검출기가 상하로 움직임에 따라 풀리를 회전시켜 기록 장치에서 수위 변화를 기록하며, 기록 장치는 부자식과 같다.

◦ 기어퍼시스텐스식 수위계

절연피복된 도체를 한쪽의 전극으로서 고정하고 물을 다른 쪽의 전극으로서 콘덴서를 형성시켜 수위 변화를 기어퍼시스텐스 변화로 검지하고 이것을 증폭과 자동평형기록계에 의하여 기록하는 것이다.

◦ 초음파식 수위계

초음파 송수파기를 수면의 연직 상방에 달아 초음파가 수면에 부딪혀 돌아올 때까지의 시간을 측정, 수면과 초음파 송수파기의 거리를 측정하는 것으로 수면과 전혀 접촉하지 않는다. 초음파 수위계는 검출부(송수파기), 제어부, 기록부로 구성되며, 기록은 아날로그 방식과 디지털 방식이 다같이 가능하다.

3) 단기일제조사

① 목 적

단기간에 넓은 지역을 대상으로 일제히 수위 관측을 실시함으로써 그 지역의 지하수체의 부존 상황이나 지하수의 거동 상태를 파악하기 위한 조사 방법을 말하며, 지하수 물수지의 파악, 지하수 오염의 경로 추적, 건설공사시 지하수로 인한 영향의 예측 등을 하고자 할 때 많이 실시된다.

② 결과의 활용

수위측정 결과를 정리하여 지하수위 등고선도(Ground water Table Contour Map, Potentiometric Surface Map)를 작성함으로써 지하수체의 연속 상황을 규명하는 동시에 지하수면의 경사에서 지하수의 흐름 방향을 판정할 수 있다. 또한 지하수위 등고선도를 토대로 유선망(Flow nets)을 작성하고 흐름의 패턴을 해석할 수 있으며, 필요한 자료가 얻어지면 유선망에서 투수계수를 유도하는 것도 가능하다.

③ 관측지점의 선정

- 지하수위 조사를 위한 관측지점으로는 시추 또는 착정 등을 실시하여 전용 관측정을 만들거나 기존 정호를 관측정으로 활용한다.
- 기존 정호를 활용하는 경우에는 대상 위치에 존재하는 정호를 선택하여야 하며 우물의 바닥에 충분한 담수 깊이가 있으며, 일시적으로 고인물인지 여부를 확인한다.
- 지하수위 등고선도를 일정한 정밀도로 작성하려고 할 경우에는 관측지점은 가능한 한 등분포하도록 선정하여야 한다. 또한 각 관측지점을 직선으로 연결하여 얻어지는 삼각형의 형태가 정삼각형에 가깝도록 관측지점을 배치하는 것이 이상적이다.
- 관측지점의 수는 많을수록 좋으나 조사 축척과 지하수위 측정에 소요되는 인력, 시간, 비용, 능률 등을 고려하여 결정하여야 한다.

④ 관측방법

- 지하수위 관측은 가급적 단시간내(1주일 이내)에 관측을 완료하여야 한다. 만일 기간이 길어지는 경우에는 지역내의 어떤 지점에서 순서에 따라 범위를 넓혀가는 방법을 취하여 적어도 인접한 관측 지점 사이에는 수위 측정 시각에 큰 차를 일으키지 않도록 하여야 한다.
- 조사기간 중에 수위에 영향을 주는 강우가 있었을 경우에는 그 조사성과의 신뢰도가 매우 낮아지므로, 일반적으로 수일간 무강우가 계속되어 대상 지역 대수층 전체의 수위가 비교적 안정된 시기에 수위조사를 실시한다.

⑥ 조사 결과의 정리와 해석

- 지하수위 등고선도를 작성한다. 관측지점끼리 직선으로 양 지점의 지하수면 표고의 차이를 거리를 기초로 비례배분하여 등고선을 이 선상에 교차시킨다.
- 지하수는 지하수위 등고선에 직교하는 방향, 즉 수리구배가 최대인 방향으로 발생한다. 따라서 지하수위 등고선도에서 능선 형태로 표현되는 부분은 지하수가 주변의 낮은 부분으로 발산되는 것을 의미하며, 반대로 골짜기 모양을 나타내는 부분은 주변의 지하수가 집중되는 것을 의미한다.
- 지하수위의 변동실태를 파악하기 위해서는 단기 일제조사를 여러 회 실시하는 것이 필요하며, 수위가 상승하는 계절과 하강하는 계절로 나누어 2회의 조사 결과를 대조시켜 검토하여야 한다.

4) 장기계속조사

① 목 적

지하수위의 변동사항을 연속적으로 관측함으로써 물수지 분석, 지하의 저류량이나 함양 기구의 변화를 추적하기 위하여 실시한다.

② 조사 방법

조사를 위한 전용관측망을 설정하고 자동관측장비를 이용한다.

③ 관측망 설정

- 조사지역내에서 대표성을 가진 정호를 선정한다. 조사대상 정호는 가능한 한 전지역에 고루 분포하도록 선정하여야 하며, 측량을 하거나 1/5,000이상의 대축척의 지형도를 이용하여 좌표 및 표고를 파악한다.
- 관측정은 관측용 정호를 신설하거나 기존 정호를 활용한다. 기존 정호를 이용하는 경우에는 정호구조, 주변지질 특성, 시추자료 등을 파악해 둔다.
- 관측정의 구경은 관측기기의 크기에 따라 결정한다. 특히 부자식 수위계를 설치하는 경우에는 부자가 공벽에 닿지 않도록 충분한 구경을 확보하며, 아울러 우물의 수직도 유지에 만전을 기한다.
- 관측정의 대수층 위치를 파악하여 적정지점에 스트레나(스크린)를 설치한다. 또한, 관측대상 이외의 대수층에서 지하수가 유입되지 못하도록 패커를 설치하고 그라우팅을 실시한다.
- 관측정내의 이수나 슬라임을 충분히 제거한 후 일정수위가 회복되면 관측을 시작한다.

④ 자동관측기의 설치 및 관리

비, 바람, 습기 등으로부터 기계를 보호하고, 도난 또는 외부인의 무단 조작에 의한 결측 및 오측 발생에 대하여 주의를 기울여야 한다. 또한 자동관측기는 시간이 지나면서 계측치의 오차가 커지는 현상(Drift)을 나타내므로 주기적인 점검과 계기의 재조정(Recalibration)을 실시하여 정확한 관측치를 얻는다.

⑤ 조사 결과의 정리와 해석

장기 계속조사의 결과는 지하수위 변동곡선으로 정리하여 수위 변동의 요인을 분석하는데 이용된다. 지하수위의 변동을 일으키는 주요 요인은 다음 표 7.6와 같다.

표 7.6 지하수위 변동을 야기하는 요인

구 분	대수층 종류		발생 원인		영 향 기 간				기후의 영향
	자유면	피압	자연적	인위적	단기	일간	계절	장기	
지하수 함양(지하수면으로의 침투)	✓		✓				✓		✓
증발산 작용 및 식물의 소비	✓		✓			✓			✓
하천 수위 변화	✓		✓				✓		✓
조석 간만	✓	✓	✓			✓			
대기압 변화	✓	✓	✓			✓			✓
외부 하중		✓		✓	✓				
지진	✓	✓	✓		✓				
지하수 채수	✓	✓		✓				✓	
인공 함양	심정주입	✓		✓				✓	
	지표살수	✓		✓				✓	
농업용 관개/배수	✓			✓				✓	✓
사면, 터널 등에서의 배수 처리	✓			✓				✓	

라. 지하수질 조사

1) 조사목적

지하수 수질조사는 지하수의 물리, 화학적 특성을 조사하고 시·공간적 분포를 관측함으로써 ①지하수의 수질특성 및 진화, ②지하수오염실태, ③지하수 오염원의 특성 등을 밝혀 지하수계의 특성 파악과 지하수자원의 보전 및 관리의 기초자료를 제공하기 위하여 수행한다.

2) 지하수수질 관측정의 선정

지하수 수질관측정은 ①정천현황조사 결과를 토대로 조사지역내에 분포지질을 대표하는 지점, ②타용수자원이 대수층으로 유입되거나 대수층의 지하수가 유출되는 지점, ③수질현황 및 잠재오염원조사결과 지하수의 수질오염이 예상되는 지점을 대상으로 선정한다.

3) 시료의 채취

지하수 수질조사를 위한 시료의 채취는 “지하수 수질보전 등에 관한 업무처리지침(1997. 10, 환경부)에 규정된 방법을 따른다. 한편, 채취된 시료는 정확한 분석을 위하여 수질오염 공정시험방법 중 시료의 보존방법(표 7.7)에 따라 보관한다.

4) 수질분석

수질 분석은 수질오염공정시험방법에 의한다. 한편, 수질조사 항목 중에는 현장에서 시료채취 후 즉시 측정하여야 하는 항목이 있으며 이들의 수질항목과 측정방법은 다음과 같다.

① 수온

수온은 금속 또는 반도체의 전기저항이 온도 변화에 따라 변화하는 성질을 이용한 써미스터(Thermistor) 또는 KSB 5316 유리제 수온 막대온도계를 이용하여 측정한다.

② 전기전도도(EC ; Electrical conductivity)

전기전도도는 용액이 전류를 운반할 수 있는 정도를 말하며, 용액중의 이온세기를 신속하게 평가할 수 있는 항목으로서 전기저항의 역수인 ohm^{-1} 또는 mho로 표현하나 현재는 국제적으로 S(Siemens) 단위가 통용된다. 측정결과는 전기전도도 값에 셀정수(cm^{-1})를 곱하여 시료의 비전도도($\mu\text{S}/\text{cm}$)로 표기하며, 개략적인 비전도도의 범위는 다음과 같다.

- 증류수 : 0.5 ~ 5.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 강수 : 5.0 ~ 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 담수 지하수 : 30 ~ 2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 해수 : 45,000 ~ 55,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 염수 : >100,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

한편, 물에 녹아 있는 고형물질의 총량을 의미하는 TDS (Total Dissolved solids)와 비전도도간에는 다음과 같은 관계가 성립됨이 경험적으로 알려져 있다.

$$\text{TDS}(\text{mg}/\ell) = 0.55 \sim 0.75 \times \text{EC} (\mu\text{S}/\text{cm})$$

전기전도도는 온도차에 의한 영향(약 2%/℃)이 크므로 측정결과치의 통일성을 기하기 위하여 25℃의 값으로 환산하여 기록한다.

표 7.7 시료의 보존 방법

측 정 항 목	시 료 용 기	보 존 방 법	최대보존기간 (권장보존기간)
온도	P, G	-	즉시 측정
수소이온농도	P, G	-	즉시 측정
용존산소		-	
전극법	BOD병		즉시 측정
윙클러법	BOD병	현장에서 용존산소 고정후 암소보관	8시간
BOD	P, G	4℃ 보관	48시간(6시간)
COD	P, G	4℃, H ₂ SO ₄ 로 pH 2 이하	28일(7일)
색도	P, G	4℃ 보관	48시간
부유물질	P, G	4℃ 보관	7일
염소이온	P, G		28일
노말핵산 추출물질	G	4℃, H ₂ SO ₄ 로 pH 2 이하	28일
암모니아성 질소	P, G	4℃, H ₂ SO ₄ 로 pH 2 이하	28일(7일)
아질산성 질소	P, G	4℃ 보관	48시간(즉시)
질산성 질소	P, G	4℃ 보관	48시간
총 질소	P, G	4℃, H ₂ SO ₄ 로 pH 2 이하	28일(7일)
인산염인	P, G	즉시 여과후 4℃ 보관	48시간
총 인	P, G	4℃, H ₂ SO ₄ 로 pH 2 이하	28일
페놀류	G	4℃ 보관, H ₃ PO ₄ 로 pH 4 이하	28일
시안	P, G	조정 후 CuSO ₄ 1g/l 첨가 4℃ 보관, NaOH로 pH 12 이상	14일(24시간)
불소	P		28일
6가크롬	P, G	4℃ 보관	24시간
크롬	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
아연	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
구리	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
카드뮴	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
납	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
망간	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
비소	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
니켈	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
철	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	6개월
수은	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	1개월
알킬 수은	P, G	c-HNO ₃ 2ml/l	1개월
유기인	G	4℃ 보관, HCl로 pH 5~9	7일(추출후 40일)
PCB	G	4℃ 보관, HCl로 pH 5~9	7일(추출후 40일)
음이온계면활성제	P, G	4℃ 보관	48시간
대장균군	P, G	4℃ 암소 보관	6시간
클로로필a	P, G	GF/C 여과후 -20℃ 보관	7일

* P : Polyethylene, G : Glass

자료) 수질오염공정시험방법(환경부 고시 제91-85호)

③ 수소이온농도(pH)

수소이온농도(pH) 측정에는 유리전극과 비교전극으로 구성되어 양 전극 간에 생성되는 기전력의 차를 이용한 유리전극법(복합전극법) pH미터 또는 비색세트를 이용한다. pH미터는 임의의 한 종류의 pH 표준액에 대하여 검출부를 물로 잘 씻은 다음 5회 되풀이하여 pH를 측정했을 때 그 재현성이 ± 0.05 이내의 것을 써야하며, 25℃에서의 pH 값으로 환산하여야 한다.

④ 산화-환원 포텐셜(Redox Potential, Eh)

산화-환원 포텐셜은 물이 용존성분들을 산화 또는 환원하려는 경향을 측정하는 것이다. Eh 측정기기는 백금 또는 금으로 된 불활성의 금속 전극과 일정한 포텐셜을 가진 전극간의 포텐셜의 차이를 측정하는 것이며 측정치는 milli-volt로 나타낸다.

⑤ 용존 산소(DO), 기타 용존 가스

용존 산소는 격막전극법에 의한 측정기를 이용하여 현장에서 채수 후 즉시 측정한다. 기타 CO₂, CO₃, HCO₃, H₂S와 같은 용존 가스 성분은 적정법을 이용하여 현장에서 분석하여야 한다.

4) 수질조사 주기

조사지역의 특성과 목적에 따라 적정한 주기로 실시하되 기본분석항목과 지하수의 주요성분은 1년이상에 걸쳐 풍수기와 갈수기 또는 계절별로 물시료를 채취, 분석하여 각 기간별 수질특성을 평가한다.

5) 조사결과의 정리

수질조사 결과는 조사 목적에 따라 필요한 처리·해석을 실시하여 수질시험 결과표, 수질 변동도, 수질 분포도 등의 유형으로 정리한다(표 7.8).

표 7.8 수질조사결과의 정리

구 분	내 용
수질시험결과표	시험항목, 시험방법, 채수위치, 채수일, 심도 등을 기록
수질변동도	수질의 시간적(또는 계절적) 변화를 지형도 또는 그래프에 기록
수질분포도	수질의 수평/수직적 분포를 표시
도식적 표현 (Diagram)	- 농도의 표현 Bar graph, Vector diagram, Pattern(Hexa) diagram - 이온의 조성비율의 표현 Tri-linear diagram(Piper diagram) 등

수질시험 결과표에는 시험 항목, 시험 방법, 채수 위치, 채수일, 심도 등 채수지점에 관한 사항, 수질시험 결과치 등을 기록하고, 필요한 경우에는 각 항목별 수질 기준치를 병기한다. 이와 아울러 수질시험 결과표와 대응할 수 있도록 적당한 축척의 지형도에 채수 지점을 표시한 채수 지점 위치도를 작성해 두는 것이 바람직하다. 또한, 염수화의 문제, 지하수 오염조사 등의 경우에는 측정 항목별 농도 분포를 등농도선도로 표시하여 수평 및 수직적인 수질 분포도를 작성하고, 수질의 계절적인 변동, 지하수 추적조사 등 수질의 경시적 변화를 해석하는 경우에는 측정 항목별로 그래프로 표시한 수질 변동도를 작성한다.

한편, 여러 성분에 대한 수질 분석 결과를 단순히 표로만 표시할 경우에는 이해가 어려우므로 주요 성분의 분석치를 도식적으로 표현하여 해석한다. 사용하는 분석 값은 대부분의 경우 meq/l(epm) 단위를 이용하며, 표현의 방법으로는 각 이온의 농도에 의한 것과 각 이온의 퍼센트 조성에 의한 것이 있다. 어느 경우든 간에 일반적으로 다음과 같이 양이온과 음이온을 각각의 3성분계로 취급한다.

- 양이온 : Na+K(+NH₄), Ca, Mg 또는 Na+K, Ca+Mg, Fe+Mn
- 음이온 : HCO₃, Cl, SO₄(+NO₃)

농도에 의한 표현법으로는 Bar graph, Vector diagram, Pattern diagram 등이 있으며, 퍼센트 조성에 의한 표현법으로는 Tri-linear diagram 등이 있다.

마. 시추조사

1) 조사목적

시추조사는 직접적이고 정확한 수리지질학적 정보를 얻을 수 있는 방법으로 시추 과정 중에 얻어지는 정보 또는 시추 후 채취한 시료를 분석하여 ①대수층의 성질 및 수직 발달 상황, ②절리 및 파쇄대 등 지질구조의 발달 상황, ③지하수위의 심도 등을 파악한다.

2) 조사방법

- 조사목적, 예상 지질조건, 필요한 자료의 정도 등에 따라서 달라지므로 소기의 목적을 달성할 수 있도록 심도 및 굴착방법 등을 적절히 결정하여야 한다.
- 시추공의 규격은 N규격(외경 76mm)을 원칙으로 하며 채취된 토양시료 및 코아는 공변, 심도, 위치, 일자, 채취자, 사업명 등을 기록한 코아상자에 정렬하여 압축감정 후 천연색 사진으로 촬영하여 사진첩에 보관한다. 채취된 코아는 코아상자에 정렬하여 보관하는 것을 원칙으로 하며, 부득이한 사정으로 보관이 불가능한 경우에는 감정 후 처리한다.

- 토양층의 경우 1.5m간격 또는 지층이 변하는 곳에서 KSF 2318 규정에 의하여 표준 관입시험을 실시하고 지층변화 구간의 시료에 대하여는 입도 분석 및 액성·소성한계 시험을 실시한다.
- 암반층의 경우 암질의 변화, 파쇄대의 발달 등 지질여건을 감안하여 Single 또는 double packer system을 사용하여 상향식 또는 하향식으로 구간별로 Lugeon Test를 실시하여 투수성을 평가한다.
- 시추결과는 시추주상도로 작성하며 현장명, 공번호, 좌표, 표고, 공내 자연수위, 천공방법, 케이싱 설치 심도, 지층의 Graphic symbol, 심도별 지층상태 및 시료에 대한 설명을 기입한다. 또한, 코아회수율, RQD, 절리의 발달상태, 불연속면의 발달상태, 간격, 충전물, 지하수 유동흔적 등을 기재하여야 한다.

바. 착정 조사

1) 조사목적

지표지질조사, 시추조사, 지구물리탐사, 정천현황조사 결과를 토대로 대표성이 인정되는 지점에 대하여 수리특성 파악을 위한 착정조사를 실시한다.

2) 착정 구경 및 심도

구경은 양수시험이 가능한 규모로 하며 심도는 현장 여건에 따라 정하도 미고결 퇴적층 지하수 정호는 미고결 퇴적층을 완전히 관통하도록 설치하고, 암반 지하수 정호는 반드시 풍화대 하부의 신선한 암반 심도에 설치하는 것을 원칙으로 한다.

3) 설치기준

지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제2조의 규정에 의한 지하수오염방지시설의 설치기준에 준하여 정호를 설치하여야 한다.

4) 굴착방법

굴착방법에는 Cable Tool, 회전식 방법, 충격식 방법, 분사식방법, 오거링 방법 등이 있으며 대상지역의 분포지질, 정호의 구경 및 예상심도 등을 고려하여 가장 효율적인 굴착방법을 선택한다.

5) 결과의 정리

착정결과는 착정주상도로 작성하며 현장명, 공번호, 좌표, 표고, 자연수위, 천공방법, 케이싱 설치심도, 지층의 Graphic symbol, 심도별 지층상태 및 시료에 대한 설명을 기입한다.

사. 물리 검층

1) 조사목적

물리검층이란 시추공 또는 우물 내부에 검층기를 투입, 하강 또는 상승시키면서 지하 내부의 물리적, 화학적 성질의 변화를 심도에 따라 연속적으로 측정하는 방법으로 ①공극율과 투수성이 높은 구역, ②대수층 내에서 지하수의 전도성 광물의 함량, ③시추공이 통과하는 암석의 종류와 두께, ④파쇄대의 분포 및 연장성, ⑤층서의 상관관계, ⑥지하수의 유동 등을 확인하기 위하여 수행한다.

2) 조사방법

물리검층은 한가지 방법만으로 수행하지 않고 여러 가지를 동시에 수행하는 것인 일반적이다. 이런 방법들은 대체로 상호 보완적인 역할을 하므로, 검층결과는 여러 종류의 검층표에 근거하며 해석한다. 물리검층의 종류별 설명은 표 7.9에 수록하였다.

3) 결과의 정리

물리검층의 결과는 물리 검층표의 형태로 도시하고 지층의 암상 변화, 균열대의 양상, 상대적인 투수성, 지하수의 유동 방향과 속도, 수질의 수직적 변화 등에 대해 특성을 파악하여야 한다.

표 7.9 물리검층의 종류별 세부 내용

구 분	대비물성	적용대상	가탐범위	적용한계
공경검층	공경	동굴현상, 절리 및 층리의 형태		
자연전위 검 층	자연전위	지층의 두께, 공극, 투수성	공벽으로부터 수-수십 cm	물이 없거나, 케이싱이 설치된 공에는 적용 불가능
비저항 검 층	전기비저항	암상, 공극, 지하수의 전도성광물의 함량	공벽으로부터 수 cm 이내	물이 없거나, 케이싱이 설치된 공에는 적용 불가능
자연감마선 검 층	감마선의 양	세일층의 두께	검출기를 중심으로 하는 구의 반경	대부분의 공에 적용가능
밀도검층	지층 밀도	암상, 파쇄대	공벽으로부터 최대 15 cm	철제 케이싱이 설치된 공에는 적용 불가능
중성자검층	공극률	공극률, 암상	공벽으로부터 최대 60 cm	철제 케이싱이 설치된 공에는 적용 불가능
음파주사 검 층	음향반향율	균열의 연장, 방향, 크기	시추공 벽면	물이 없는 공에는 적용 불가능
시추공 내시경검층	영상	파쇄대의 존재와 방향성, 시추공의 상태	시추공 벽면	공내수가 안정되고 청정한 경우에만 적용가능
온도검층	온도	지하수의 유입, 유출	-18°C~175°C	물이 없는 공에는 적용 불가능

아. 대수성 시험

1) 시험목적

대수성시험은 시험정 및 관측정에서 측정된 수위 및 수질변화 자료를 해석하여 대수층 및 균열대의 수리상수(수리전도도, 저류계수, 투수량계수 등), 대수층의 경계 조건, 대수층의 누수 여부 등을 밝히기 위하여 수행한다.

2) 대수성시험의 종류

대수성시험은 양수실시 여부, 관측정의 설치여부, 일정 양수율인지 여부 등의 조건에 의하여 양수시험, 단계양수시험, 순간수위변화시험 등으로 구분되며, 양수시험 결과의 검증을 위하여 수위회복시험을 실시할 수 있다.

3) 양수시험

착정조사시 설치된 정호 또는 기존 정호를 시험정으로 양수시험을 실시하여 대수층의 수리특성 (수리전도도, 투수량계수, 저류계수, 비양수량 등) 및 정호특성을 분석한다. 동 시험시 인근에 기존 정호가 있는 경우에는 이를 관측정으로 활용하여 수위변화를 함께 측정, 분석한다. 대수층의 특성(자유면/피압 대수층, 미고결층/암반층), 우물의 심도, 경계면의 분포, 우물의 형태 및 조건(우물저장효과, 스킨효과, 스크린구간) 등에 따라 분석방법이 달라지므로 각 분석법을 이용할 때는 분석법에 대한 조건 및 가정에 대해 세심한 주의가 필요하다. 양수시험 결과는 양수시험 결과도, 시험결과표, 해석방법 등에 대해 보고서에 수록하여야 한다.

① 양수시험 일반

- 양수정과 관측정을 설치하고, 양수정에서의 지하수 배출로 인한 관측정에서의 수위변화를 측정하고, 이들로부터 수리상수를 계산한다.
- 양수시험 실시시간은 피압대수층의 경우 대체로 24시간이상이면 충분한 자료를 얻을 수 있으나, 자유면 대수층의 경우에는 충분한 양의 배수를 위하여 3일 이상의 시간이 요구되는 경우도 있다.
- 양수시험시 측정하는 사항은 양수전의 자연수위, 양수 시작과 종료 시간, 양수량, 양수 중의 일정시간별 수위, 양수량 변화시간 등이다.
- 양수시험시 양수되는 수량은 V-Notch, 유량계 등 유량측정장치로 점검하고, 양수정 및 관측정에서 수위변화를 계속 측정, 기록한다.
- 양수시험동안 양수된 지하수가 주변을 통하여 지하로 재유입되지 않도록 각별히 주의한다.
- 양수시험 도중에 펌프의 고장 등으로 시험이 중단된 경우에는 수위가 원래의 상태로 완전히 회복된 후 처음부터 다시 양수시험을 실시하여야 한다.

- 양수시험을 위해 필요한 장비는 수위측정기, 수위기록대장, 유량측정장비 등이며, 관측요원 및 보조인부가 측정하며 기록한다.

② 양수시험의 순서

- 양수정 굴착이 완료된 후, 양수시험을 실시하기 전에 착정시의 지하수 산출상태에 대한 정보를 이용하여 양수량과 수위강하량의 상관관계를 개략적으로 파악한 후 양수펌프의 규모를 결정한다.
- 시험양수량을 결정하여 제반 양수시험용 장비를 설치한 후 펌프, 수위측정장비 등을 가동하여 시험을 시작한다.
- 양수시험중에는 V-Notch에서의 일류수심 측정, 유량계의 확인 등을 통하여 일정 양수량으로 양수되고 있는지를 계속 관찰한다.
- 양수시험동안의 양수정 및 관측정에서의 지하수위 강하량을 일정한 시간간격에 따라 측정한다. 한편 먹는물관리법 시행규칙 제5조의 환경영향조사에서의 수위 측정시간 간격은 다음과 같다.

<양수정에서의 수위측정시간 간격>

양수시험 경과시간	측정시간 간격	측정 회수
0.1 - 1 분사이	0.1분 간격	1
1 - 10 분사이	1분 간격	2
10 - 100 분사이	5분 간격	2
100 - 1000 분사이	50분-1시간 간격	2
1000 - 10000 분사이	5시간-10시간 간격	2

<관측정에서의 수위측정시간 간격>

양수시험 경과시간	측정시간 간격	측정 회수
1 - 10 분사이	1분 간격	2
10 - 100 분사이	5분 간격	2
100 - 1000 분사이	50분-1시간 간격	2
1000 - 10000 분사이	5시간-10시간 간격	2

③ 수위회복시험

- 양수시험 종료시에는 양수기의 가동을 중지하고 각 시험정 및 관측정에서 양수시험과 동일한 수위측정시간 간격으로 수위가 회복될 때까지 회복수위를 측정한다.
- 회복시험 결과를 분석하여 양수시험 분석 결과와 비교 검토한다.

4) 단계양수시험(Step-drawdown Test)

- 양수정에서 정호에 의한 지하수위의 수두 손실을 평가하기 위하여 초기에는 작은 양수율로 양수하다가 점차 단계적으로 양수량을 증가시켜 일련의 시간-수위강하 자료를 얻는 시험방법이다.
- 단계양수시험은 양수량을 최소한 4단계로 나누어 실시하되, 각 단계별 양수 시간은 최소 1시간 이상 지속시켜야 한다(단, 수량에 따라 불가피한 경우 4단계 이하 가능).
- 양수량은 단계별로 점차 증가시키며 각 단계에서의 양수시 양수량을 일정하게 유지시켜야 한다.
- 정호에서 양수시 발생하는 수위강하는 대수층에 의한 수두손실과 정호에 의한 수두손실의 2가지로 구성되며 다음 식과 같이 표현된다(Rorabaugh, 1953).

$$s_T = BQ + CQ^n$$

- 여기서 s_T : 총수위강하
 BQ : 대수층 수두손실
 CQ^n : 정호 수두손실
 n : Q 에 따라 1.5 ~ 2.5(일반적으로 2 적용)

- 일반적으로 단계양수시험은 양수시험과 병행하여 실시하며, 정호의 효율과 적정채수량을 파악하기 위하여 수행한다.
- 단계양수시험시 각 단계에서 수위강하 증분 Δs 는 거의 동일 시간 간격에서 결정한다.

5) 단공양수시험

- 관측정을 활용하지 않고 단일 양수정에서 양수에 따른 수위강하를 측정하여 대수층의 특성을 파악한다.
- 일정한 양수량(Q_1)으로 양수를 하면서 적당한 시간간격으로 수위강하를 측정한다. 측정이 끝나면 양수를 중단하고 수위가 완전히 회복되면 다른 양수량(Q_2)으로 양수를 하면서 전과 같은 시간간격으로 수위강하를 측정하는 시험을 반복한다.
- 이와 같은 시험을 통하여 s/Q (수위강하량/양수량) 값을 구하고 이를 이용하여 투수계수 및 저류계수를 구한다.

6) 순간수위변화시험(Slug Test)

시추공에서 일정 양의 물을 순간적으로 제거하거나 주입한 후 지하수위의 변화를 측정하여 수리전도도를 결정한다. 이 방법은 단순하고 자유면 대수층이나 피압대수층에 모두 적용할 수 있지만, 비교적 지하수면이 얇은 자유면 대수층에서 좋은 결과를 얻는다. 이 방법에서는 시추공의 규격이 수리전도도의 결정에 중요하며, 그 공식은 다음과 같다(Bouwer and Rice, 1976).

$$K = \frac{1}{2Lt} r_c^2 \left(\ln \frac{S_o}{S_t} \right) \left(\ln \frac{r_e}{r_w} \right)$$

여기서, L : 우물스크린의 길이

r_c : 우물케이싱의 반경

S_o : 우물에서 물을 순간적으로 뽑아냈을 때의 수위강하

S_t : 임의의 시간 t 에서의 수위강하

$\ln(r_e/r_w)$: Bower and Rice(1976)가 제안한 경험적인 shape factor

7) 추적자 시험

- 주입공 내의 지하수에 인위적으로 혼합된 추적자를 주입하여 관측공에서 나타나는 농도 변화를 측정함으로써 지질매체의 유효 수리전도도, 유효 공극률과 분산지수를 구하고, 2차 공극의 분포가 지하수의 유동에 미치는 영향을 분석한다. 수리전도도 결정 공식은 다음과 같다.

$$K = \frac{nL^2}{ht}$$

여기서, K : 대수층의 수리전도도

n : 공극율

h : 두 우물간의 수두차

L : 두 우물간의 거리

t : 추적자가 다른 관측정에 도달하는 시간

- 추적자시험 방법은 다음과 같다.

- 조사공과 관측공을 N규격으로 굴착하여 조사할 대수층을 관통하도록 설치한다.
- 수리경사도 하부와 수리경사에 수직인 방향에 격자 상으로 관측공을 설치한다.
- 균열 암반을 대상으로 조사시에는 균열방향을 고려하여 그 연장이 예

- 상되는 지점에 관측공을 설치한다.
- 주입공을 통하여 일정한 농도로 준비된 추적자를 투입하며, 주입 시작 시간과 종료 시간을 기록한다.
 - 관측정에서 지하수 시료를 주기적으로 채취, 분석하여 추적자의 시간에 따른 농도 변화를 기록한다.
 - 시료의 채취 분석은 가능한 추적자의 농도가 증가하였다가 감소하여 원래의 기본 농도에 가깝게 변할 때까지 계속한다.
- 추적자시험에 사용되는 추적자의 종류는 다음과 같다.
- 이온 : Cl^- , Br^- , I^- 등
 - 안정 동위원소 : ^2H , ^{18}O , 등
 - 방사성 동위원소 : Tritium, ^{14}C , ^{222}Rn , 등
 - 미립자 : 박테리아, 이스트 등
 - 염료 : Rhodamin 등
 - 가스
- 추적자시험의 결과는 다음과 같이 해석한다.
- 측정된 시간과 농도 변화 자료를 이용하여 농도이력곡선(Break-through Curve)을 작성한다.
 - 농도이력곡선과 주입정, 관측정간의 거리를 이용하여 지하수의 유속(v)을 구한다.
 - 관측정의 단면적과 평균선형유속으로부터 지질매체의 유효공극률을 구한다.
 - 암반내 2차공극의 방향성, 연결성 등을 확인한다.

8) 지하매질 실내분석

지질 매체의 고유한 물리적 성질(공극률, 수리전도도)에 대한 현장시료를 실험실에서 시험, 조사한다. 정수위 투수시험 또는 변수위 투수시험을 실시하여 수리전도도를 구하며 Wet- and-Dry 방법으로 물탱크, 오븐, 건조기를 사용하여 매질의 공극률을 측정한다.

① 정수위 투수시험

사질토와 같이 투수성이 높은 흙에 적합한 방법으로, 공급되는 물의 수두를 일정하게 유지시키면서 시료를 통과해 나온 물의 양을 측정하여 Darcy의 법칙을 이용하여 수리전도도 k 를 구한다.

$$k = \frac{QL}{Ath}$$

여기서, Q : 시간 t 동안에 시료를 통과해 나온 물의 양
 A : 시료의 단면적
 h : 수두의 차이
 L : 시료의 길이

측정시 유의할 점은 시료내의 공기가 완전히 제거되도록 시료가 물로 충분히 포화되어야 한다.

② 변수위 투수시험

투수성이 낮은 흙 시료에 적용하며, 가는 관(stand pipe)을 통해 흐르는 물이 원통형의 시료를 통해 흐르도록 되어 있으며 관의 굵기와 실험 시간에 의해서 수리전도도를 구한다.

$$k = \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

여기서, a : stand pipe의 단면적
 L : 시료의 길이
 A : 시료의 단면적
 h_1 : 시간 t_1 에서 stand pipe내의 수위
 h_2 : 시간 t_2 에서 stand pipe내의 수위

자. 지표수 유량조사

1) 목적

상당기간 강우가 없을 때 하천을 통해 흐르는 유량인 저수량(Low flow)은 바로 대수층내에 부존된 지하수가 갈수기에 하천을 통해 유출되는 지하수량에 해당된다. 따라서 지표수 유량조사를 실시하여 저수량을 결정하는 것은 물수지분석 단계에 필수적인 자료를 제공한다.

2) 조사방법

지표수 유량 측정지점은 기본현황조사와 지표지질조사 결과를 토대로 수계의 발달 상황, 지질 분포 및 구조 등을 고려하여 선정하여야 하며, 측정은 비강우기를 위주로 실시하고 측정 기간은 최소 1년으로 한다. 유량 측정지점에 대하여는 하천 횡단측량을 실시하여 유출단면을 정확히 결정하여야 하며, 유량 측정 방법으로는 유량언에 의한 방법 또는 하천 단면을 이용한 방법을 사용한다.

차. 수치모델 분석

장기적인 관점에서 지하수계의 양과 질의 변화를 예측하기 위하여 수행하며, 경우에 따라서는 대수층의 특성을 나타내는 수리 상수를 예측, 확인하기 위하여 사용된다.

1) 개념화

전술한 여러 조사를 통하여 획득한 수리적 특성자료에 근거하여 조사지역의 지하수계를 단순화(simplification)시켜 3차원적으로 모식화한다.

2) 모델의 개발/선정

기 개발되어 타당성 검증이 된 모델 중에서 조사지역의 지하수계를 적절히 표현할 수 있는 지하수 및 오염물질의 유동모델을 선정하여 사용한다.

3) 보정

초기입력 자료들을 사용하여 시뮬레이션 된 모델의 결과(일반적으로 수위)는 현장에서 관측된 지하수위 자료를 사용하여 보정한다. 이 단계에서 모델의 효율성을 나타내기 위하여, 초기의 각 입력 자료가 최종결과에 미치는 영향을 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 통하여 분석한다.

4) 검증

보정된 모델은 다른 시점에서의 변화된 초기 입력자료와 새로운 실측자료를 사용하여 검증한다. 이때, 적절히 검증된 지하수모델은 미래시점에서의 지하수위 및 오염물질의 분포 변화를 예측하는데 사용될 수 있으며, 경우에 따라서는 초기 입력자료 중 불확실성(uncertainty)이 높은 실측자료(예; 증발산량, 충전량, 누수량 등)와 경계조건의 적합성 등을 역(逆)으로 검증하는데 사용하기도 한다. 검증에 실패한 모델은 초기 입력자료 및 주변경계 설정의 타당성을 재검토하고 개념화의 단계부터 다시 시작하여야 한다.

5) 분석, 예측

이상의 보정과 검증을 거친 모델을 이용하여 목적에 따라 지하수계의 유동, 오염물질의 이동 등에 대한 분석을 실시함과 아울러 미래에 예측되는 수문학적 상황에 대한 지하수계의 반응을 예측하므로써 적절한 대처 방안 마련의 기초 자료를 제공한다.

카. 지리정보시스템의 이용

지리정보시스템(Geographic Information Systems)은 지도와 다양한 형태의 정보를 결합한 것이다. 따라서 GIS기법을 적용하여 지하수와 관련된 제반 자료를 집성, 표준화하여 데이터베이스를 구축하면 각종 분석과 도면 작성 등의 업무를 보다 효율적으로 수행할 수 있다.

제 8 장

우물의 설계와 시공

제 8 장 우물의 설계와 시공

8.1. 우물의 분류

우물(井戶 ; well)이란 암석이나 토양의 틈으로부터 어떤 종류의 유체를 개발하기 위해 인공적으로 만든 굴착부를 의미하며, 자연 유하형식으로 지하수를 지표로 흘러 나오게 한 터널이나 도수로는 우물이라 하지 않는다. 우물은 개발 대상이 되는 유체의 종류에 따라 수정(水井 ; Water well), 유정(油井 ; Oil well), 가스정(Gas well) 등으로 구분할 수 있다. 이중 수정이 가장 많고 중요한 종류로서 일반적으로 우물이라 하면 수정을 의미한다.

우물은 굴착 방법, 우물형성 방법, 마감작업방법, 우물 구조, 크기, 심도, 대수층의 성격, 산출량, 지하수의 수위/수질, 우물의 밀집도 등과 같은 제반 요인에 따라 여러 종류로 분류할 수 있으나, 가장 보편적인 방법은 굴착 방법에 의한 분류이다. 이에 대하여 설명하면 다음과 같다.

8.1.1. 인력 우물(Dug well)

직경을 1m 내외로 하여 지하 10m 정도의 심도를 인력으로 굴착한 후 측벽에 석축이나 콘크리트 유공관을 설치하여 측면을 보호하고 측벽 주위와 우물 바닥으로부터 유입되는 지하수를 개발하는 우물 형식으로서 수굴 우물(手掘 井戶)라고도 한다.

통상적인 재래식 가정용 우물이나 농업용 들샘 등이 인력 우물에 속하며 개발이 손쉽고 작은 공사비로 소량의 지하수를 개발할 때 이 방식이 이용된다.

8.1.2. 타설 우물(Driven well)

모래층이 발달한 지역에서 하부에 drive point를 부착한 구경 25 ~ 75mm의 철관을 시추기 또는 기타 분사(jetting)기구를 이용하거나 케이싱에 타격을 가하여 대수층에 설치한 우물로서 주로 양수시험시 관측정으로 많이 사용되며, 국내 가정용 우물은 대부분 타설 우물에 속한다.

8.1.3. 착정(Drilled well)

회전식 또는 충격식 착정기를 이용하여 대수층을 굴착한 우물로서, 굴착시 생성된 암편은 배일러(bailer)나 모래펌프(sand pump) 또는 압축공기 등을 이용하여 제거해 낸다. 이 형식의 우물은 크기에 따라 소형 관정과 기계관정으로 분류하기도 한다.

가. 소형 관정

소형 착정기를 이용하여 직경 75~100mm 내외로 지하 10~20m 정도의 심도로 굴착한 후 구경 35~50mm 내외의 철제 또는 PVC 유공관을 공내에 설치하여 지하수를 개발하는 방식의 우물이다. 소형 관정 개발 대상지역으로는 충적층 발달 심도가 얕은 화성암 및 변성암 분포지역으로서 광물 구성입자가 조립이고 풍화대가 양호하게 발달한 지역이 유리하다.

나. 기계 관정

인력 우물이나 소형 관정에서보다 다량의 지하수를 개발하고자 할 때 사용되는 우물 형식으로 채수량 규모에 따라 대구경 착정기로 구경 200~600mm로 대수층까지 굴착한 후 구경 150~400mm의 철제 또는 PVC 유공관을 공내에 설치한다.

8.1.4. 기타 분류

우물의 형성 및 마감 작업에 따른 분류로는 우물 전구간에 유공관 및 무공관을 설치한 관정(管井; cased well)과 관을 설치하지 않은 나수정(裸水井; uncased well) 및 부분적으로 관을 설치한 우물로 구분할 수 있다.

또한 관정은 우물 설치 후 대수층을 형성하는 방법에 따라 그 효율 반경의 증진 및 기타 세립 물질의 토출을 방지하기 위하여 유공관 주위에 충진력을 설치한 충진력 부설 우물(gravel packing well)과 충진력을 부설하지 않고 우물 형성 시에 우물 주위의 대수층 구성 물질 중 세립 물질을 밖으로 배출시키고 조립질만 우물 주위에 남아 있도록 형성시킨 자연형성 우물(natural gravel packed well)로 구분할 수 있다.

8.2. 우물의 설계 및 시공

8.2.1. 우물 설계시 기본적인 고려 사항

- 가. 대수층의 특성에 맞는 양수설비로 적정량을 양수하여야 한다.
- 나. 우물의 효율성을 최대한 살려야 한다.
- 다. 양질의 지하수를 생산하고 오염을 막을 수 있어야 한다.
- 라. 최소 경비로 설치하되 수명이 길어야 한다.

8.2.2. 관련자료 수집

설치 대상 지점 인근의 기존 우물로부터 예상 산출량, 대수층의 심도, 대수층의 종류, 수리지질학적 특성, 지하수질 등의 관련 자료를 수집하여야 한다. 수집 자료를 토대로 전기탐사 등 물리탐사를 실시하여 대수층 발달 구간을 예측하고 지하수 영향조사를 위한 시험정을 굴착, 정밀조사를 실시하며 필요시 관측공을 굴착한다. 한편, 굴착된 시험정은 영향조사가 완료된 이후 취수정으로 활용 가능하다.

8.2.3. 굴착 구경 및 심도 선택

우물 개발의 목적, 용도 및 예상 취수량 등을 고려하여 암반층과 충적층별로 우물의 굴착 구경과 심도를 결정한다. 일반적으로 굴착 구경은 상, 하부의 구경이 항상 동일할 필요는 없으며 착정 조건이나 기타 요인에 의거 하부에서 구경을 줄일 수도 있다.

8.2.4. 케이싱(무공관)의 선택

우물 굴착 직경을 결정하면 굴착경에 적당한 외부 케이싱 및 내부 케이싱의 구경을 선택하고 케이싱의 재질을 결정한다.

- 가. 케이싱은 재질에 따라 ABS, PVC, 스틸렌 고무, 유리섬유 에폭시, 석면시멘트, 주철관, 강철관, 스테인레스관 등이 있으며 우물의 심도 및 구경, 지하수질, 가격, 우물의 종류 및 용도, 관련법규 등을 고려하여 적당한 재질의 제품을 선택한다.
- 나. 케이싱의 직경은 수중모터펌프를 설치하여 효율적으로 작동될 수 있을 정도가 되어야 한다. 예상되는 양수량과 이에 적당한 펌프 및 케이싱 직경의 관계는 표 8.1과 같다.
- 다. 케이싱의 두께는 설치 및 사용 동안에 외부에서 가해지는 압력을 견딜 수 있을 정도가 되어야 한다.

표 8.1 양수량과 펌프 및 케이싱 직경

예상양수량			펌프 직경	최적 케이싱직경	최소 케이싱직경	비 고
gal/min	ℓ/s	m ³ /day	inch	inch	inch	
< 50	< 3.15	< 272.16	2	4ID	3ID	ID:내경 OD:외경
< 100	< 6.3	< 544.32	4	6ID	5ID	
75 ~ 175	4.7 ~ 11	406.08 ~ 950.4	5	8ID	6ID	
150 ~ 400	9.5 ~ 25	820.8 ~ 2160	6	10ID	8ID	
350 ~ 650	22 ~ 41	1900.8 ~ 3542.4	8	12ID	10ID	
600 ~ 900	38 ~ 57	3283.2 ~ 4924.8	10	14OD	12ID	
850 ~ 1300	54 ~ 82	4665.6 ~ 7084.8	12	16OD	14OD	
1200 ~ 1800	76 ~ 114	6566.4 ~ 9849.6	14	20OD	16OD	
1600 ~ 3000	101 ~ 189	8726.4 ~ 16329.6	16	24OD	20OD	

8.2.5. 스크린(유공관)의 선택

각종 조사결과를 바탕으로 스크린의 설치 여부를 결정하고 스크린을 설치하여야 하는 경우에는 대수층의 위치 및 특성을 고려하여 스크린의 길이, 직경, 재질 및 개공율을 결정한다

가. 스크린 길이의 결정

다음 식에 의하여 스크린의 길이를 결정한다.

$$L = \frac{Q}{A_e V_e}$$

여기에서, L = 스크린 길이 (m)

Q = 산출량(m³/분)

A_e = 1m²를 단위면적으로 하였을 경우의 스크린 길이 1m당 유효 개공면적(Effective aperture area)(일반적으로 유효 개공면적은 총 개공면적의 약 1/2에 해당한다[m²/m].)

V_e = 스크린내로 지하수의 유입속도(m/분)

나. 스크린 개공 크기의 결정

대수층 시료에 대한 입도 분석을 실시하여 그 결과를 토대로 개공 크기를 결정한다(표 8.2).

◦ 균등계수(Uniformity Coefficient, Cu)

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

여기에서, D_{10} : 체분석시 전체 시료의 10%가 체를 통과하는 입자 크기
 D_{60} : 체분석시 전체 시료의 60%가 체를 통과하는 입자 크기

표 8.2 스크린 개공 크기의 결정

구 분	개 공 크 기
균등계수가 6이상인 경우	대수층시료의 30~40%가 통과하지 못하도록 결정
균등계수가 6이하인 경우	대수층시료의 40~50%가 통과하지 못하도록 결정
대수층의 물이 부식성이거나 대수층의 시료가 의심스러울 경우	상기 경우보다 10% 더 큰 것을 선택
가는 모래가 굵은 모래위에 존재할 경우	굵은 모래 상부 0.61m(2ft) 구간에 대해서는 가는 모래의 개공 크기를 사용하며, 굵은 모래 개공 크기가 가는 모래 개공 크기의 2배 이상이 되지 않아야 함
자갈을 충전한 정호의 경우	스크린 개공의 크기는 자갈의 85-100%를 통과시키지 못하는 크기에 해당되어야 함

8.2.6. 굴착방법의 선택

대상지역의 분포 지질, 우물의 구경 및 예상 심도 등을 고려하여 다음의 굴착방법 중 가장 효율적인 굴착방법을 선택한다.

가. Cable Tool(Percussion Method)

굴착을 위한 뽕족하고 무거운 추를 반복적으로 들었다 놓았다 하면서 단단한 암석을 파쇄하는 방법으로 굴착을 한다. 미고결층의 굴착시에는 공벽을 지지하기 위하여 굴착전 몇 미터씩 케이싱을 삽입한 후 굴착하며 물을 주입하여 슬러지를 만든 후 양수관 또는 펌프를 사용하여 암편을 제거한다.

나. 회전식 방법(Rotary Method)

여러 톱니가 달린 파이프를 돌림으로써 굴착하는 방법으로 원활한 회전과 암편의 제거를 위하여 유체를 주입하며, 유체의 주입방법에 따라 정회전방식과 역회전방식으로 분류된다. 정회전 방식은 유체를 안쪽으로 주입하여 바깥쪽으로 배출시키며 역회전방법은 반대로 바깥쪽으로 주입하여 안쪽으로 배출한다. 이 방법은 미고결 퇴적물이 두꺼운 지역에서 높은 산출량을 필요로 할 때 사용한다. 한편, 에어로터리 방법은 굴착시 유체를 주입하는 대신에 공기를 주입하여 암편을 제거하며 주로 지층이 단단한 암석일 경우에 사용이 가능하다.

다. 충격식 방법(Hydraulic Percussion Method)

에어해머 드릴 등을 이용하여 굴착 로드를 짧은 시간 간격으로 여러번 충격을 주어 굴착하는 방법이다. 이 방법은 굵은 자갈로 구성된 충적층을 굴착할 때 유용하며 슬러지 제거에는 압축공기를 사용한다.

라. 분사 방법(Jetting Method)

파이프 아래에 비트를 달아 고압으로 물을 분사하는 동시에 비트의 진동으로 굴착한다. 이 방법은 미고결층에서 15cm 이하의 소구경 굴착을 할 때 주로 사용한다.

마. 오거 방법(Auger Method)

오거 방법은 자갈 등의 암석덩어리를 포함하지 않고 있는 미고결층에 한정하여 사용할 수 있다. 이 방법은 보통 우물개발시에는 사용하지 않으며 대신 지질공학적인 지반조사에 필요한 시험용 우물 굴착시 사용한다.

바. 타설우물(Driven Well)

타설우물(Driven Well)은 소구경으로 비교적 자갈들이 없는 부드러운 지층에서 개발할 수 있으며 보통 15m 심도까지 굴착이 가능하다. 한편, 각 방법별 장단점은 표 8.3에 수록하였다.

표 8.3 굴착방법별 장단점

굴착 방법	장점	단점	
Cable Tool	<ul style="list-style-type: none"> 양호한 시료채취 가능 다양한 심도/구경의 정호개발 가능 대수층의 인식이 용이함 경암층 정호개발에 적합함 	<ul style="list-style-type: none"> 점토질층에서 굴착시 속도가 느림 오래된 장비를 사용시 잦은 고장 케이싱구경보다 큰 구경으로 굴착을 해야함 	
로터리 방법	정회전방식	<ul style="list-style-type: none"> 속도가 빠르며 비용이 저렴 다양한 심도/구경의 정호개발 가능 유체로 사용되는 진흙으로 인해 안정된 정호가 형성됨 	<ul style="list-style-type: none"> 시료 채취가 곤란 유체로 사용되는 점토가 인근 암석층에 거름막 역할을 함 경암에서의 개발은 불리함
	역회전방식	<ul style="list-style-type: none"> 거름막 역할을 하는 점토층 제거 용이 대구경으로 굴착시 비용 저렴 공극률이 큰 지층에서 굴착 용이 개발된 정호는 비교적 안정되고 깨끗함 	<ul style="list-style-type: none"> 공극률이 큰지층 굴착시 물의 공급이 필요하며, 회전율이 떨어짐 고결암층이나 자갈이 많은 지층의 굴착은 불가능 지하수위가 낮거나 투수율이 높은 층에서 붕괴가 발생
	에어로터리 방식	<ul style="list-style-type: none"> 장비설치 시간이 짧음 다른 로터리방식보다 상대적으로 굴착시간이 짧고 비용이 저렴 비교적 양호한 시료회수가 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 지표에 보호막 설치가 필요 미고결층에서는 불리 굴착심도에 제한이 있음
충격식 방법	<ul style="list-style-type: none"> 굴착속도가 빠르고 시료회수율이 높음 큰 자갈등이 포함된 미고결층에서의 굴착에 유리함 	<ul style="list-style-type: none"> 대구경 굴착시 연암의 분쇄로 인해 지층이 붕괴됨 	

8.2.7. 충전력

가. 목적

충진력은 스크린과 공벽사이의 공간에 설치하며 ①모래의 유입을 방지하여 대수층을 안정시키고 ②스크린의 개공율과 투수성을 높이고 유입속도를 낮추며 ③우물의 유효반경을 넓히고 ④스크린을 우물 중앙에 안정적으로 위치하게 하기 위하여 실시한다.

나. 충전력이 필요한 지층

- (1) 세립질의 균질한 모래층
- (2) 두꺼운 피압대수층
- (3) 고결정도가 낮은 사암층
- (4) 얇은 층리로 되어있는 지층

다. 충전력 두께

충진력 두께는 대수층특성에 따라 결정하는데 일반적으로 3~5 inch (76.2 mm ~ 127mm)이며, 최대 12inch(300mm)를 넘지 않는다.

라. 충전력 재료

- (1) 규산질모래 또는 자갈이 가장 보편적으로 사용된다.
- (2) 개개의 자갈은 서로 크기가 균일하며 일정하고 부드럽게 마모가 된 것이어야 한다.
- (3) 평균비중은 2.5 이하여야 하며, 비중이 2.25이하인 재료는 중량비로 전체의 1%이내로 하여야 한다.
- (4) 마모가 불량한 재료는 중량비로 전체의 2% 이내로 하여야 한다.
- (5) HCl 산성 용액에 용해되는 재료가 중량비로 전체의 5%이내로 하여야 한다.
- (6) 세일, 운모류, 점토, 로움(loam), 기타 유기질 불순물이 없어야 한다.
- (7) 지하수질에 영향을 미치는 철(Fe), 망간(Mn) 성분이 없어야 한다.

마. 충전력 설치 방법

- (1) 충전장소가 넓고, 충전재료가 균일한 심도가 얇은 우물의 경우 단순히 지표면에서 삽으로 충전재료를 퍼 넣는다.
- (2) 심도가 깊은 우물은 트레미(Tremie) 파이프나 펌프를 이용한다.
- (3) 설치시에 재료의 분리나 브리지(bridge) 현상이 일어나지 않도록 한다.

8.2.8. 우물형성

가. 우물형성의 목적

굴착과 우물개발 과정 중 감소된 지층의 투수율을 원상태로 회복시키고, 대수층면에 붙어있는 세립질 물질을 제거함으로써 투수율을 높이기 위하여 실시한다.

나. 우물형성의 종류 및 방법

우물 형성 종류		방 법
Overpumping		<ul style="list-style-type: none"> 가장 쉬운 방법으로 우물내 수중모터펌프를 평상시 보다 높은 비율로 작동시켜 우물 주변의 세립질 물질을 제거하는 방법 단점 : 다른 방법보다 효율이 떨어진다. 장점 : 비용이 저렴하고 충진력을 설치한 우물이나 경암 혹은 균질한 사암층으로 되어있는 우물에서는 비교적 효과적이다.
Back-washing	배일링 (Bailing)	우물내에 물을 주입하고 모래펌프나 배일러(Bailer)를 이용하여 물과 침전물을 제거한다.
	써어징 (Surging)	케이싱내에 케이싱구경보다 약간 작은 써어징블록을 넣고 상하운동 빠르게 반복함으로써 실시한다. 상승운동시에는 공내 물을 빨아올리고 하강운동시에는 물을 지층사이로 강제로 밀어넣는다.
	압축공기 (Compressed Air)	압축공기는 공내 물을 스크린 밖으로 강제로 밀어내고 압력 감소시 세립질 물질은 떠다니다가 제거된다. 이방법은 Bailing을 통해 깨끗이 청소된 상태에서 시행할 때 보다 효과적이다.
	고속 분사 (High-velocity Jetting)	이방법은 우물형성에 가장 효과적인 방법으로서 우물내에 물을 고속으로 분사하여 공벽에 부착된 물질을 제거하고 세립질 물질은 부유상태로 만들어 공밖으로 밀어낸다.

8.2.9. 그라우팅

가. 목적

케이싱과 공벽사이 혹은 내부케이싱과 외부케이싱 사이의 공간에 불투수성 물질을 투입함으로써 ①오염물질로부터 대수층을 보호하고 ②공내 지하수와 접촉하는 케이싱을 보호하고 ③선택된 지역을 밀봉하기 위하여 실시한다.

나. 그라우팅 재료

시멘트, 골재, 물을 주로 하고 첨가물로 모래, 벤토나이트, 수화석회 등을 사용한다.

다. 주의사항

그라우팅은 최소 5cm 이상의 두께로 실시하며 설치하는 장소에 빈 공간이 생기지 않도록 완전히 봉한다.

8.2.10. 지하수 개발·이용시설 설치 기준(규칙 제5조 관련)

영 제8조제1항제2호 및 제13조제1항제2호 규정에 의한 지하수 개발·이용 시설은 다음 각호의 기준에 의하여 설치토록 한다. 다만, 시·도지사는 법 제8조의 규정에 의하여 신고를 한 경우로서 다음 각호의 시설을 설치하기에 부적절하다고 인정되는 경우에는 다음 각호의 기준을 완화하여 적용할 수 있다.

1. 출수장치 및 유량계 등을 설치하여 지하수의 취수현황을 파악할 수 있도록 한다.

HELP ✓ 예외시설
- 1일 양수능력 30톤 미만(32mm 이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용, 국방·군사용 시설
- 정착된 동력장치를 이용하지 않는 농업용, 어업용 시설

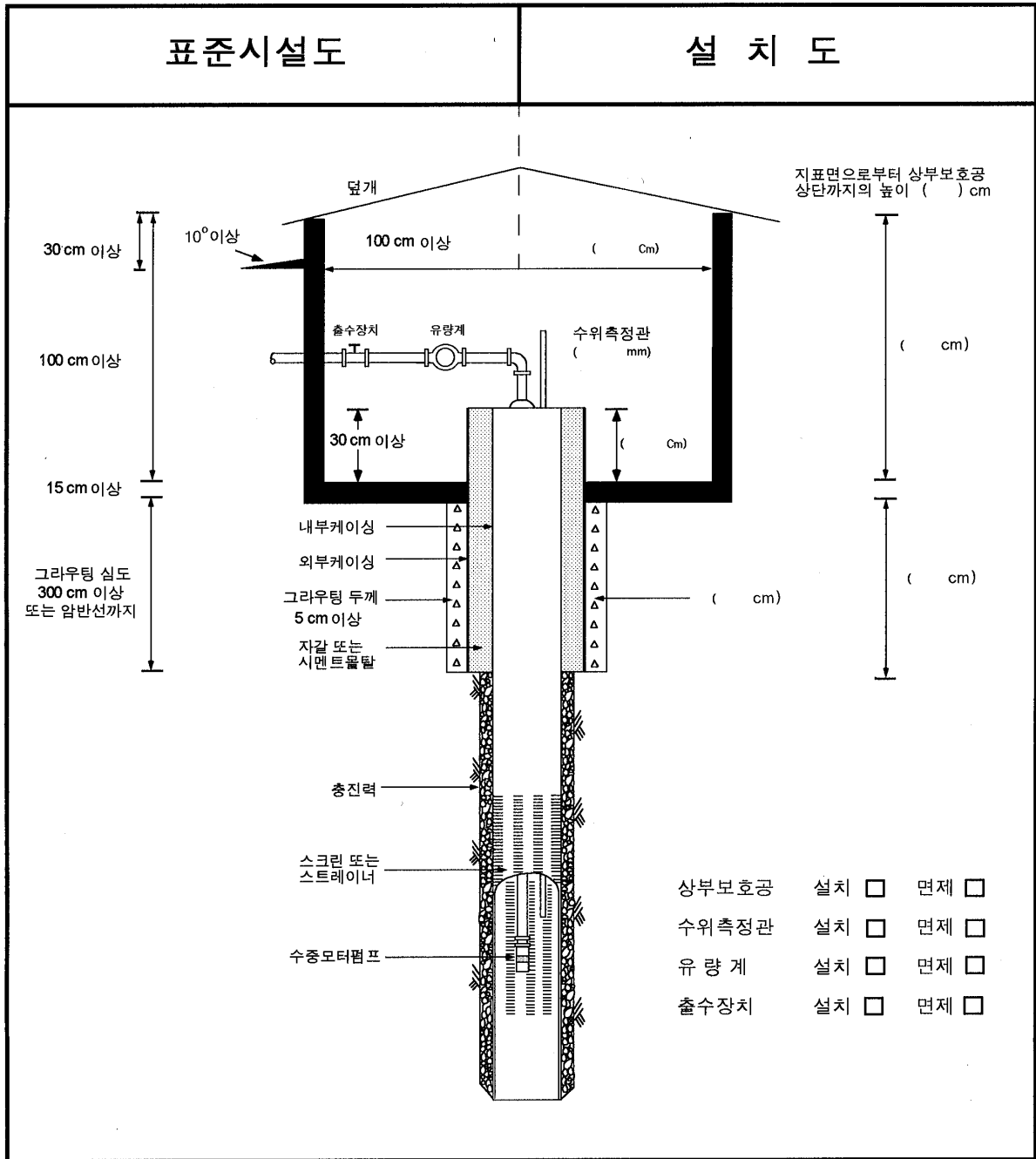
2. 지름 25mm 이상의 수위측정관을 설치하여 지하수위를 측정할 수 있도록 한다.

HELP ✓ 예외시설
- 굴착지름이 100mm 이하인 시설 또는 1일 양수능력 30톤 미만(32mm 이하인 토출관을 사용하는 경우에 한한다)인 가정용, 국방·군사용 시설
- 정착된 동력장치를 이용하지 않는 농업용, 어업용 시설

3. 지하수개발·이용시설을 설치하는 과정에서 굴착 등으로 인하여 유입된 오염물질, 굴착 등으로 인하여 깨어진 물질과 굴착시 사용된 물 등을 완전히 제거한 후 소독한다.
4. 음용수를 개발·이용할 목적으로 설치하는 지하수개발·이용시설의 자재는 한국산업규격이나 이에 상당하는 제품을 사용하도록 한다.

8.2.11. 지하수 개발·이용시설 표준도(법 제8조제1항, 영 제13조제2항, 규칙 제8조제4항 관련)

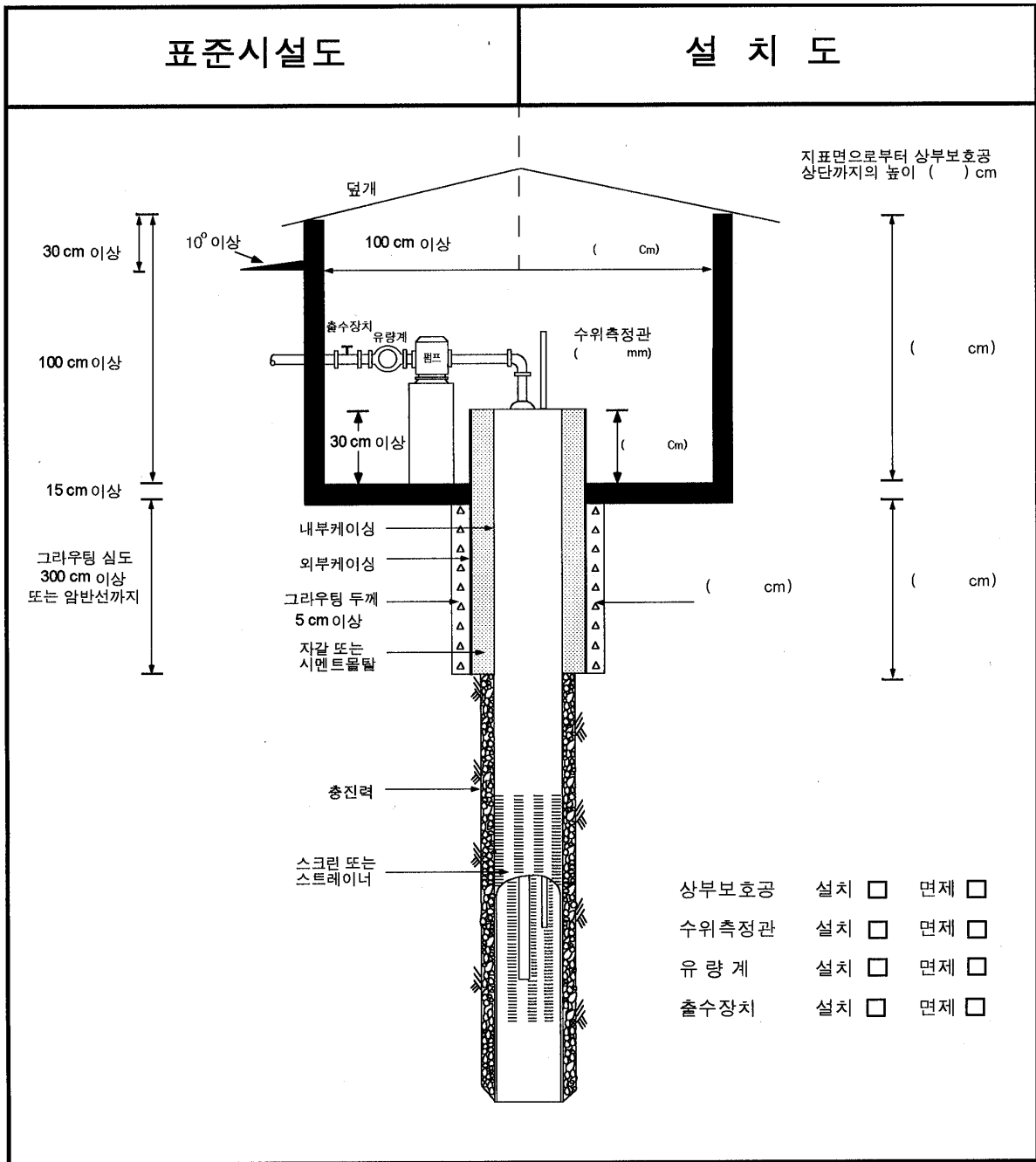
가. 지하수 개발·이용시설 표준도(가형)



- ※ 가형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하고 수중모터펌프를 사용하는 경우의 표준도임.
- ※ 암반층 이하 깊이로 굴착하는 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 함.
- ※ 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공 상단부까지의 높이를 기재하여야 함.

- 1) ㉔형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하고 수중모터펌프를 사용하는 경우의 표준도로서 총적층 및 미고결암층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우와 암반층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에 모두 사용할 수 있다.
- 2) 총적층 및 미고결암층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에는 암반층의 위치를 표시할 필요가 없으며, 암반층 이하로 굴착하여 지하수를 취수하는 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 한다.
- 3) 총적층 및 미고결암층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우와 총적층 및 미고결암층 일부구간과 암반층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에는 외부케이싱 바깥쪽으로 5cm이상 두께로 300cm이상 심도까지 그라우팅을 실시하고, 암반층만을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에는 외부케이싱 바깥쪽으로 5cm이상 두께로 암반선까지 그라우팅을 실시하여야 한다.
- 4) 상부보호공은 지표면으로부터 30cm이상 노출되어 있어야 하며, 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공까지의 높이를 기재한다.
- 5) 설치도에 상부보호공, 수위측정관, 유량계, 출수장치의 설치 유무를 표시하여야 하며, 설치 면제된 시설의 경우 면제사항을 표시한다.
- 6) 우물의 굴착과 케이싱의 설치는 외부케이싱 구간과 내부케이싱 설치 구간을 구분하여 실시한다. 즉, 외부케이싱 설치구간을 일정한 구경으로 굴착한 후 외부케이싱을 설치하고, 이보다 작은 구경으로 전 구간을 굴착하여 내부케이싱을 설치한다.
- 7) 스크린 또는 스트레너는 주 대수층 구간에 대하여 내부케이싱과 연결하여 설치한다.
- 8) 외부케이싱과 내부케이싱 사이의 공간에는 케이싱을 안정시키기 위하여 자갈 또는 시멘트몰탈 처리를 한다.
- 9) 외부케이싱 설치심도 이하의 구간에 대하여는 우물의 굴착공과 내부케이싱 사이의 공간에 대수층을 안정시키고 케이싱을 중앙에 안정적으로 위치시키기 위하여 충전력을 설치한다. 충전력의 재료는 규산질 자갈을 사용하며 개개의 입자는 크기가 서로 균일하며 부드럽게 마모된 것이어야 한다.
- 10) 지하수를 취수하기 위하여 공내에 수중모터펌프를 설치한다.

나. 지하수 개발·이용시설 표준도(나형)



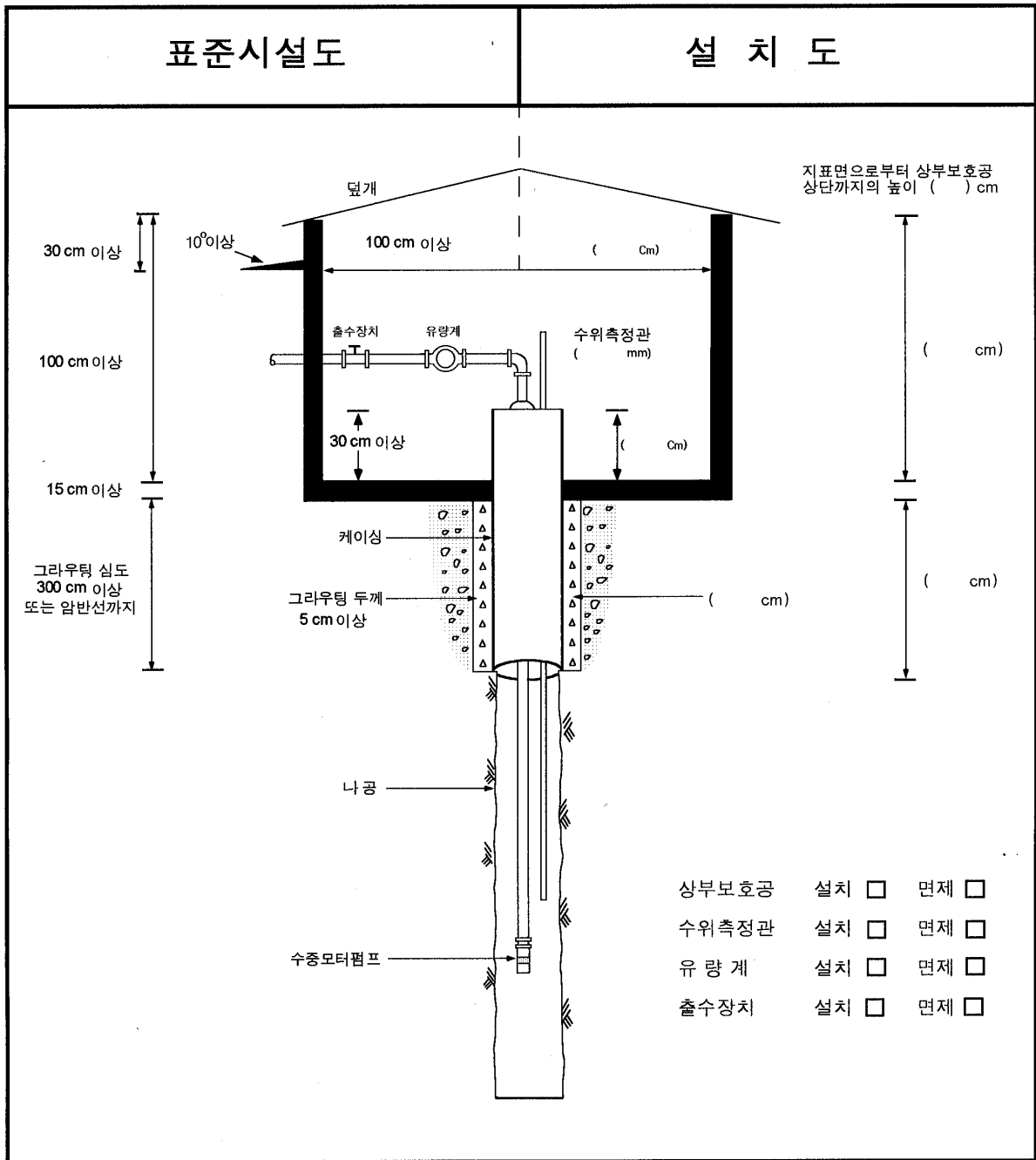
※ 나형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하고 지상에 모터펌프를 설치하여 사용하는 경우의 표준도임.

※ 암반층 이하 깊이로 굴착하는 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 함.

※ 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공 상단부까지의 높이를 기재하여야 함.

- 1) ㉔형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하고 지상에 모터펌프를 설치하여 사용하는 경우의 표준도로서 총적층 및 미고결암층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우와 암반층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에 모두 사용할 수 있다.
- 2) 총적층 및 미고결암층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에는 암반층의 위치를 표시할 필요가 없으며, 암반층 이하로 굴착하여 지하수를 취수하는 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 한다.
- 3) 총적층 및 미고결암층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우와 총적층 및 미고결암층 일부구간과 암반층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에는 외부케이싱 바깥쪽으로 5cm이상 두께로 300cm이상 심도까지 그라우팅을 실시하고, 암반층만을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에는 외부케이싱 바깥쪽으로 5cm이상 두께로 암반선까지 그라우팅을 실시하여야 한다.
- 4) 상부보호공은 지표면으로부터 30cm이상 노출되어 있어야 하며, 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공까지의 높이를 기재한다.
- 5) 설치도에 상부보호공, 수위측정관, 유량계, 출수장치의 설치 유무를 표시하여야 하며, 설치 면제된 시설의 경우 면제사항을 표시한다.
- 6) 우물의 굴착과 케이싱의 설치는 외부케이싱 구간과 내부케이싱 설치 구간을 구분하여 실시한다. 즉, 외부케이싱 설치구간을 일정한 구경으로 굴착한 후 외부케이싱을 설치하고, 이보다 작은 구경으로 전 구간을 굴착하여 내부케이싱을 설치한다.
- 7) 스크린 또는 스트레너는 주 대수층 구간에 대하여 내부케이싱과 연결하여 설치한다.
- 8) 외부케이싱과 내부케이싱 사이의 공간에는 케이싱을 안정시키기 위하여 자갈 또는 시멘트몰탈 처리를 한다.
- 9) 외부케이싱 설치심도 이하의 구간에 대하여는 우물의 굴착공과 내부케이싱 사이의 공간에 대수층을 안정시키고 케이싱을 중앙에 안정적으로 위치시키기 위하여 충전력을 설치한다. 충전력의 재료는 규산질 자갈을 사용하며 개개의 입자는 크기가 서로 균일하며 부드럽게 마모된 것이어야 한다.
- 10) 지하수를 취수하기 위하여 굴착공 외부에 양수펌프를 설치한다.

다. 지하수 개발·이용시설 표준도(다형)



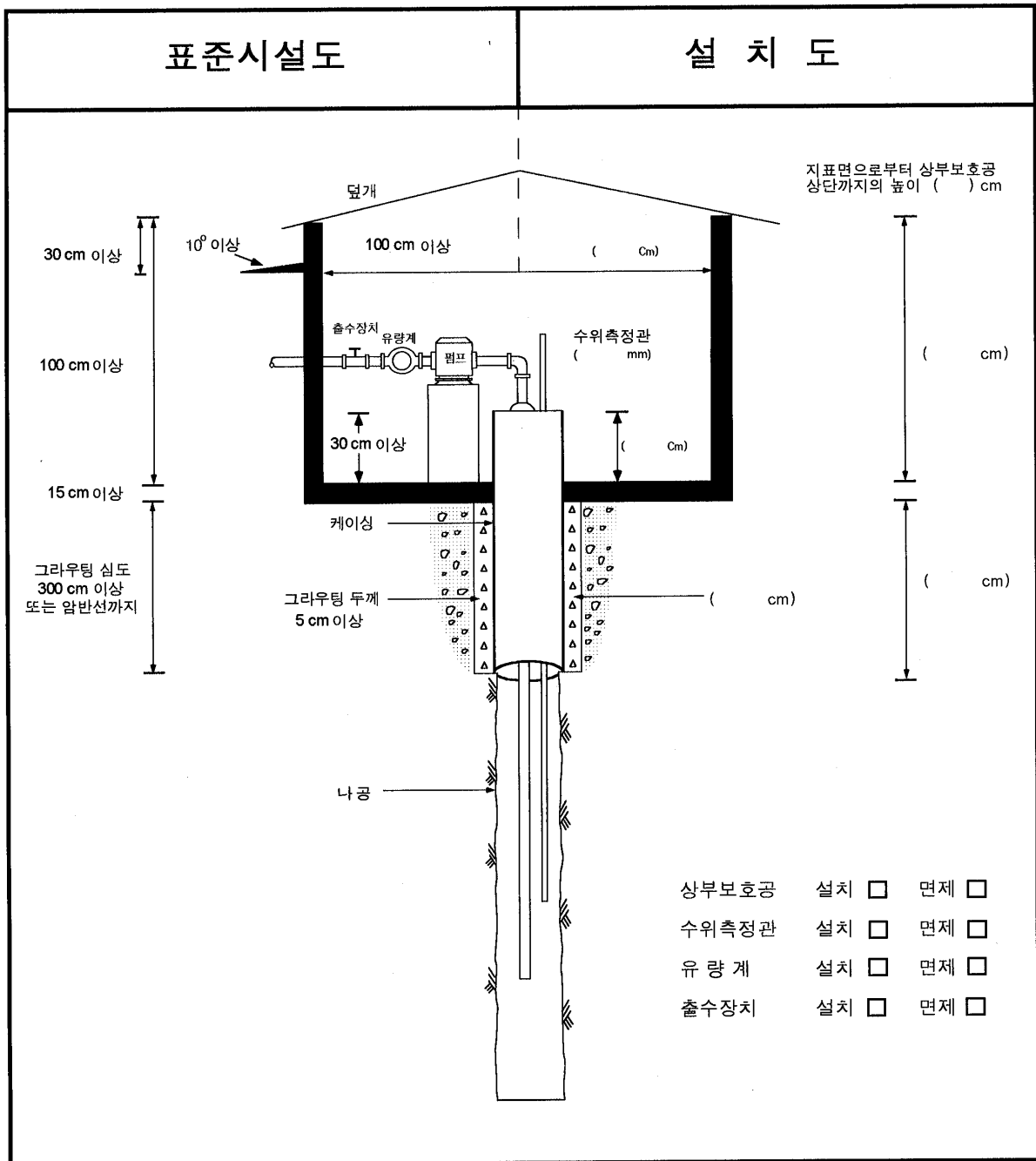
※ 다형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하지 아니하고 수중모터펌프를 사용하는 경우의 표준도임.

※ 암반층 이하 깊이로 굴착하는 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 함.

※ 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공 상단부까지의 높이를 기재하여야 함.

- 1) ㉔형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하지 아니하고 수중모터펌프를 사용하는 경우의 표준도로서 암반층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에 사용할 수 있으며, 암반층이 견고하여 붕괴의 위험이 없는 우물에 한하여 적용한다.
- 2) 그라우팅은 외부케이싱 바깥쪽으로 5cm이상 두께로 암반선까지 실시하여야 한다.
- 3) 상부보호공은 지표면으로부터 30cm이상 노출되어 있어야 하며, 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공까지의 높이를 기재한다.
- 4) 설치도에 상부보호공, 수위측정관, 유량계, 출수장치의 설치 유무를 표시하여야 하며, 설치 면제된 시설의 경우 면제사항을 표시한다.
- 5) 우물의 굴착과 케이싱의 설치는 외부케이싱 구간과 나공 구간을 구분하여 실시한다. 즉, 외부케이싱 설치구간을 일정한 구경으로 굴착한 후 외부케이싱을 설치하고, 이보다 작은 구경으로 전 구간을 굴착한다.
- 6) 지하수를 취수하기 위하여 공내에 수중모터펌프를 설치한다.

라. 지하수 개발·이용시설 표준도(라형)



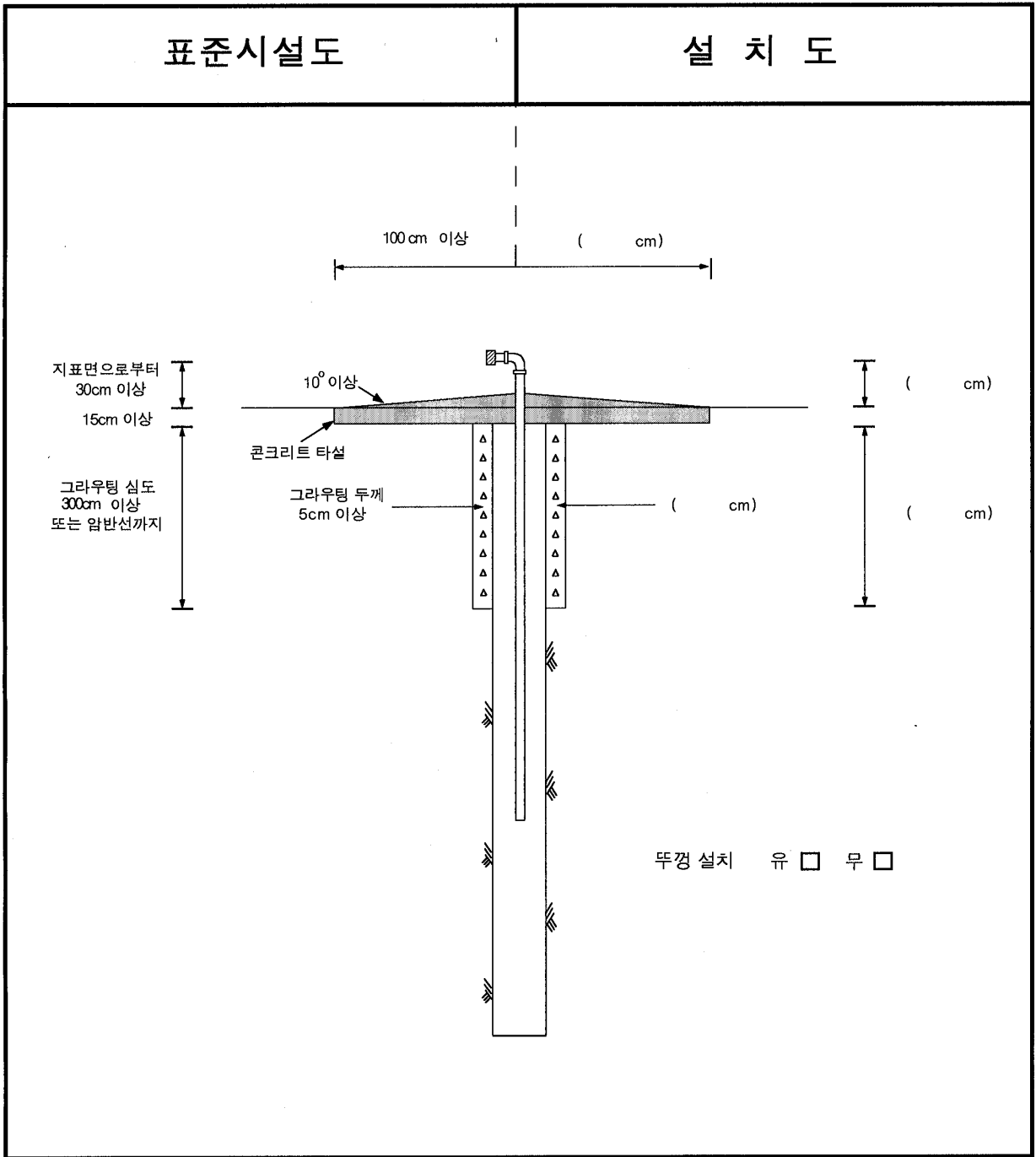
※ 라형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하지 아니하고 지상에 모터펌프를 설치하여 사용하는 경우의 표준도임.

※ 암반층 이하 깊이로 굴착하는 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 함.

※ 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공 상단부까지의 높이를 기재하여야 함.

- 1) ㉔형 표준도는 스크린 또는 스트레이너를 설치하지 아니하고 지상에 모터 펌프를 설치하여 사용하는 경우의 표준도로서 암반층을 대상으로 지하수를 취수하는 경우에 사용할 수 있으며, 암반층이 견고하여 붕괴의 위험이 없는 우물에 한하여 적용한다.
- 2) 그라우팅은 외부케이싱 바깥쪽으로 5cm이상 두께로 암반선까지 실시하여야 한다.
- 3) 상부보호공은 지표면으로부터 30cm이상 노출되어 있어야 하며, 설치도에 지표면의 위치를 표시하고 지표면으로부터 상부보호공까지의 높이를 기재한다.
- 4) 설치도에 상부보호공, 수위측정관, 유량계, 출수장치의 설치 유무를 표시하여야 하며, 설치 면제된 시설의 경우 면제사항을 표시한다.
- 5) 우물의 굴착과 케이싱의 설치는 외부케이싱 구간과 나공 구간을 구분하여 실시한다. 즉, 외부케이싱 설치구간을 일정한 구경으로 굴착한 후 외부케이싱을 설치하고, 이보다 작은 구경으로 전 구간을 굴착한다.
- 6) 지하수를 취수하기 위하여 굴착공 외부에 양수펌프를 설치한다.

마. 지하수 개발·이용시설 표준도(마형)



- ※ 마형 표준도는 정착된 동력장치를 사용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설의 표준도임.
- ※ 본 시설을 설치할 경우에는 토출관의 끝부분에 뚜껑을 씌워 오염물질이 유입되지 않도록 하여야 함.
- ※ 암반층 이하 깊이로 굴착한 경우에는 설치도에 암반선을 표시하여야 함.

- 1) ㉞형 표준도는 정착된 동력장치를 사용하지 아니하는 농업용 또는 어업용 지하수개발·이용시설의 표준도로서 상부보호공, 수위측정관, 유량계 및 출수장치의 설치가 면제된 시설의 표준도이다.
- 2) 본 표준도의 시설을 설치할 경우에는 토출관의 끝부분에 뚜껑을 씌워 오염물질이 유입되지 않도록 하여야 하며, 지표면에는 반경 100cm이상, 뚜께 15cm이상으로 10°이상의 경사를 유지하도록 콘크리트를 타설하여 지표의 오염물질이 공내로 유입되지 않도록 한다.
- 7) 굴착경 바깥쪽으로 300cm이상 또는 암반층이 나타나는 심도까지 5cm이상 뚜께로 그라우팅을 실시하여 오염물질의 유입을 방지한다.

8.3. 펌프

8.3.1. 펌프의 종류

작동방식에 따른 펌프의 종류는 다음과 같다(표 8.4 참조).

가. 터어보형

원심식 펌프와 축류식 펌프와 같이 임펠러의 회전에 의해서 유체에 운동 및 압력에너지를 부여하고 이를 압축시켜 송출한다. 상수도에서는 터어보형이 원수 취수 및 정수가압용 펌프로 많이 이용되고 있다.

나. 용적형

왕복식 펌프, 회전식 펌프와 같이 유체를 일정한 용적으로 흡입 압축시킨다. 정수장에서 정량 약품 주입을 위해 사용하는 액체황산반토, 차아염소산 나트륨(차아염소산 소오다), 가성소오다 주입용 펌프는 대부분 용적형이다.

다. 특수형 펌프

마찰펌프, 제트펌프, 기포펌프, 수격펌프 등이 있으며 상수도에서 이용되는 특수형 펌프는 마찰펌프이다. 마찰펌프는 일반적으로 자동펌프로 시판되어 주로 가정용 우물 펌프나 소규모 정수장의 자체급수용 또는 염소 투입용 급수펌프로 이용된다.

표 8.4 펌프의 종류

작동방식	원리 및 구조	종 류	용 도
터어보형	원심식	볼류우트 펌프	취수펌프, 송수펌프
		터어빈펌프(디퓨저펌프)	보일러 급수
	사류식	사류 펌프	취수펌프, 역세척수 회수용 펌프
	축류식	축류 펌프	취수펌프, 배수펌프
용적형	왕복식	피스톤 펌프	
	회전식	플런저 펌프	
	다이하프램식	다이하프램 펌프	약품 주입 펌프
		튜우브 펌프	
특수형		마찰 펌프(웨스코 펌프)	자동급수펌프, 염소투입용 급수펌프
		제트 펌프	
		기포 펌프	
		수격 펌프	
		진공 펌프	오니 수집용 펌프

8.3.2. 양수원리

가. 원심펌프

원심력을 이용한 원심펌프의 일종으로 다만 펌프와 모터를 일체형으로 제작하여 물속에 잠긴 상태에서 펌프모터를 가동한다. 펌프에 물을 채우고 펌프의 임펠러를 고속으로 회전시키면 물은 임펠러 외경을 향해 흐르고 에너지가 부여되며 원심력으로 인해 결국에는 펌프 케이싱으로부터 토출관쪽으로 물이 나오게 되는 원리를 이용한다.

나. 축류 및 사류펌프

모터보트나 배는 프로펠러 모양의 스크류를 회전시켜 물을 후방으로 밀므로써 그 반력에 의해 배가 앞으로 나아간다. 만약에 모터보트나 배를 고정하고 스크류를 회전하게 되면 많은 물이 배 앞에서 뒤로 흐르게 된다. 이 프로펠러 작용을 이용한 것이 축류 펌프이다. 원통형의 펌프 내부에 프로펠러 형상을 가진 임펠러를 설치하여 펌프를 가동하면 물은 프로펠러의 작용에 의해 에너지가 부여되어 양수하게 된다.

8.3.3. 깊은 우물용 수중모터펌프

가. 양수원리 및 구조

깊은 우물용 수중모터 펌프는 원심력을 이용한 원심 펌프의 일종으로서 펌프와 모터를 일체형으로 제작하여 물 속에 잠긴 상태에서 펌프 모터를 가동하며 양수의 기본원리는 원심펌프와 동일하다.

상수도용 지하수는 안정적인 수량 확보와 함께 양질의 원수를 개발하여 취수하는 관개로 지하에서 지상으로 지상에서 정수장까지 물을 양수하여야 하므로 매우 고양정이 필요하게 된다. 원심펌프에서는 일반적으로 제작이 용이한 볼류우트형(와권형)펌프를 많이 사용하지만 깊은 우물용 수중모터 펌프는 구조가 복잡해도 고양정에 적합한 안내깃이 부착된 다단터어빈 펌프 형상을 취한 펌프가 이용된다.

나. 깊은우물용 수중모터펌프 규격 (한국공업규격 B 6320)

1) 펌프의 크기

펌프의 크기는 펌프의 몸통번호, 펌프구경 및 단수로 표시한 펌프의 몸통번호는 적용하는 우물의 지름에 따라 표 8.5에 따라 하며, 단수라 함은 임펠러의 수를 말한다.

예) P8×100mm×3단

표 8.5 펌프의 몸통번호

(단위 : mm)

펌프 몸통번호	P4S ^{*)}	P4	P6	P8	P10	P12	P14
적용 우물지름	100이상	105.3이상	155.2이상	204.7이상	254.2이상	304.7이상	339.8이상

주) 호칭지름 100mm의 경질비닐관을 사용하는 우물에 적용한다.

2) 규정송출량

펌프의 규정송출량은 호칭지름, 펌프몸통번호에 의하여 펌프제조업자가 표 8.6의 송출량범위부에서 선택하고 표 8.5의 규정에 따라 표시한 값으로 한다.

3) 온양정

규정송출량에 의한 온 양정은 다음의 시험을 하고 그림 8.1을 따른다.

표 8.6 송출량의 범위

펌프몸통번호 (우물지름 mm)			펌프의 호칭지름 mm	송출량의 범위 m ³ /min 60Hz
P4S (100)	P4 (105.3)		25	0.028 ~ 0.056
			32	0.045 ~ 0.090
		P6 (155.2)	40	0.080 ~ 0.160
			50	0.125 ~ 0.250
		P8 (204.7)	65	0.22 ~ 0.45
			80	0.40 ~ 0.80
		P10 (254.2)	100	0.71 ~ 1.40
			125	1.12 ~ 2.24
		P12 (304.7)	150	1.80 ~ 3.55

참 고 우물의 단계양수시험으로부터 적정양수량을 구한다.

◦ 시험방법 : KS B 6301의 5.1에 따르는 외에 산출은 다음의 식에 따른다.

$$H = \frac{1000P}{g} + h_{d+} \frac{V_d^2}{2g} \quad H = 10P + h_{d+} \frac{V_d^2}{2g}$$

여기에서 H : 온양정(m)

P : 압력계의 눈금값 MPa{kgf/cm²}

h_d : 압력계의 중심으로부터 수면까지의 높이(m)

V_d : 압력취출구 단면에서의 평균유속(m/s)

g : 자유낙하의 가속도 9.80(m/s²)

다만, 압력은 시험의 형편에 따라 시험관로에서 뽑아도 좋다. 이 경우, 시

힘관로의 마찰손실은 계산에 넣지 않는다.

4) 흡입성능

펌프는 운전수위가 내려가도 스트레이너의 상부까지의 잠물깊이가 표 8.7의 값 이상이면 이상없이 운전되어야 한다.

표 8.7 최소잠물깊이

(단위 : m)

펌프의 호칭지름(mm)	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
잠물깊이	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.2	1.6	2.5	3.6	5.6

비 고 실제의 우물에 펌프를 설치할 때에는 갈수 기타의 원인에 의한 운전수위의 변동에 대비하여 상기표의 값보다 충분히 깊게 잠물시키는 것을 필요로 한다. 다만, 펌프흡입 성능을 시험하는 경우에는 상기표의 값보다 작은 값에서 이상이 없으면 무방하다.

5) 회전수

펌프의 회전수는 이것을 구동하는 전동기의 정상인 전원상태에 있어서의 매분회전수라 한다.

6) 펌프효율

펌프효율의 최고값은 그 최고값을 지시하는 송출량에 있어서 그림 2.1의 A효율 이상이어야 한다. 또한, 규정송출량에 있어 펌프효율은 그림 2.1의 B효율 이상이어야 한다. 최고효율에 있어서 송출량은 표 8.6의 범위내에 있는 것이 바람직하다.

7) 펌프의 구조

펌프의 구조는 펌프 몸통, 임펠러, 전동기 등으로 구성된다.

8) 제품의 호칭방법

펌프의 호칭방법은 규격번호, 펌프의 크기(펌프몸통번호, 펌프의 호칭지름, 단수, 전동기 프레임 번호, 정격출력) 및 주파수에 따른다.

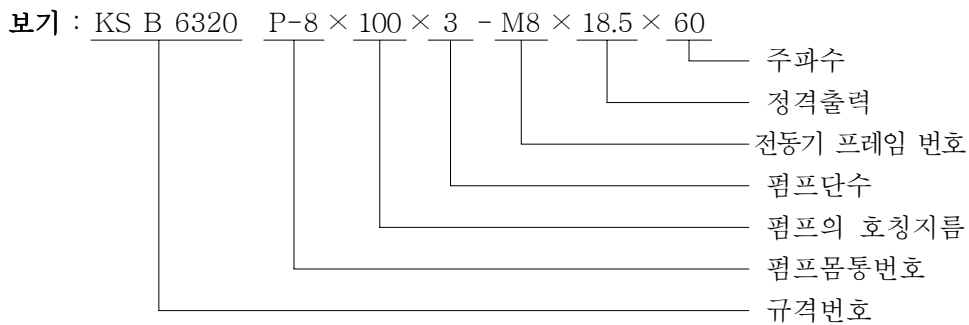


그림 8.1 수중모터펌프의 성능도표(60Hz)

8.4. 지하수 개발 표준 시방서

8.4.1. 일반사항

가. 적용 범위

지하수 개발을 위한 우물의 조사 및 시공에 적용한다.

나. 시공 순서

- 1) 우물 굴착
- 2) 공내 물리검층
- 3) 우물 설치
- 4) 우물 세척
- 5) 대수성 시험
 - 단계 양수시험
 - 장기 양수시험
 - 회복시험
- 6) 수질시험

8.4.2. 우물 굴착

가. 일반사항

- 1) 장비는 예비 정비를 철저히 하여 고장을 사전에 방지하여야 하며 기계정비 목록표를 작성, 현장에 비치하여야 한다.
- 2) 현장 작업시에는 매일 작업 및 시공 사항과 자재 출납사항 등을 기록하여야 한다.
- 3) 현장 작업시에는 매일 작업전 및 작업후 지하수위를 측정, 작업일보에 기록하여야 한다.
- 4) 공내 사고 방지를 위하여 예방 정비를 철저히 하고 공내 사고 복구 장비를 필히 현장에 비치하여야 한다.
- 5) 작업시 항상 심도별 공내 상황을 철저히 파악하여 공내 사고시 즉각 대응할 수 있도록 하여야 한다.
- 6) 시공시에는 승인을 받은 유해하지 않은 기포제와 생분해성 유압유를 사용하여야 하며, 스라임 및 기포 처리에 만전을 기하여 환경오염을 방지하여야 한다.

나. 공곡 방지

공곡 방지를 위하여 다음 사항을 준수하여야 한다.

- 1) 장비설치를 위한 기초는 장비가 수평이 되도록 견고하게 하여야 한다.
- 2) 굴곡 또는 마모된 공기구를 사용하여서는 않된다.
- 3) 과도한 굴진 압력으로 굴진해서는 않된다.
- 4) 적정한 스핀들 회전으로 굴착하여야 한다.
- 5) 룯드의 나사조임이 양호하여야 한다.
- 6) 표토 굴착시 전석 등에 의하여 공곡되지 않도록 적절한 조치를 취하여야 한다.
- 7) 굴진시에는 반드시 적정규격의 드릴칼라(drill collar) 또는 스테빌라이저(stabilizer)를 장착하여야 한다.
- 8) 공내를 최상 상태로 유지하기 위하여 붕괴물은 항상 제거되어 있어야 한다.

다. 그라우팅

1) 목 적

케이싱 파이프를 보호함으로써 관측정의 내구 연한을 연장시킴과 아울러 투수성 미고결지층, 암반 접촉부를 안정시켜 지표 오염물질의 유입을 방지하기 위하여 시행한다.

2) 두께 및 깊이

지표수 유입 방지를 위한 그라우팅은 외부 케이싱으로부터 최소 5cm 이상으로 하여야 하며 깊이는 암반관정인 경우 지표에서 암반 경계부까지, 충적층 관정인 경우 지표하 3m까지 시행함을 원칙으로 한다.

3) 재 료

그라우팅 재료는 체적상으로 3%의 벤토나이트를 함유한 시멘트 혼합물을 기준으로 하고 급결재 사용도 가능하다. 단, 물과 시멘트 혼합물의 중량비는 물:혼합물 = 1:2로 하여 최대한 수축을 방지한다.

4) 방 법

그라우팅은 그라우팅 재료의 분리작용을 방지하고 외부 물질의 유입을 방지할 수 있도록 상향주입식(예: 압축공기에 의한 역순환) 방법으로 하고 뒷채움을 확실하게 한다.

라. 지층붕괴 방지

- 1) 충적층이나 풍화대 등 연약한 지층에 대하여는 붕괴 방지를 위하여 설계규격의 케이싱을 설치하여야 한다.
- 2) 암반붕괴 지층에 대하여는 케이싱 처리 또는 그라우팅으로 처리한다.

마. 지층판단

착정 지층은 기술적인 중요 자료로서 작업 일보에 정확히 판단 기재하여야 하며, 지층 변화시마다 시료를 채취 관리토록 한다.

바. 작업장 설치 및 해제

공곡 방지와 안정된 작업의 수행을 위하여 작업 반경에 해당하는 면적은 정지작업 후(콘크리트 타설 등) 시행하고, 작업 완료 후에는 스톱을 제거하고 훼손된 토지는 원상복구하여야 한다.

사. 대가 지급 및 수량 변경

- 1) 우물 굴착 심도는 현지 여건에 따라 변경될 수 있으므로 각 지층별, 구경별 심도는 시공후 확인을 거쳐 정산한다.
- 2) 우물 굴착의 대가 지급은 내역서에 입찰한 m당 단가에 의하여, 단가에는 지층 굴착에 소요되는 인건비, 재료비, 기계 경비 및 손료와 굴착 지층 판단 및 주상도 작성에 소요되는 기술 업무비가 포함된다.

아. 우물 설치

1) 우물 자재 설치

① 일반 사항

- KS 규격의 자재를 사용함을 원칙으로 한다.
- 우물자재는 파손되지 않도록 각별히 유의하여야 한다.

② 암반지하수를 개발대상으로 하는 우물

상부 비고결암층에 외부 케이싱을 하단부가 연암내에 최소한 50cm 이상 위치하도록 설치한다.

- 지층조건에 따라 필요한 경우에는 내부 케이싱 및 유공관을 설치한다. 유공관을 설치할 경우 설치 구간 및 개공율은 지층 조건에 따라 결정하여야 한다.

③ 충적층지하수를 개발대상으로 하는 우물

- 지하수면 상부까지는 케이싱을 설치하고, 지하수면 하부의 대수층 구간에는 유공관을 설치한다.
- 착정시 각 지층의 대표시료를 채취, 체분석을 실시한 후 입도곡선을 작성하여 유공관의 개공 규격을 결정한다.

2) 지상여유고

우물 자재는 현지 지형여건을 고려하여 공내에 이물질이 유입되지 않도록 지상에서 30cm이상 돌출되어야 하며 이는 우물 심도와 무관하다.

3) 우물 형성

층적층지하수를 개발대상으로 하는 우물의 경우에는 굴착경과 우물 자재와의 틈은 충전력으로 충분히 충전하여 우물을 형성하여야 한다. 충전력의 크기는 대수층 구성물질의 입도 분석 결과를 토대로 결정한다.

4) 대가 지급 및 수량 변경

- ① 우물 설치 수량은 추정에 의한 것이므로 현지 여건에 따라 확인을 거쳐 수량을 변경할 수 있다.
- ② 우물 설치의 대가 지급은 내역서에 입찰한 m당 단가로 지불되며, 단가에는 우물자재 설치 및 우물 형성에 소요되는 인건비, 재료비, 기계 경비 및 손료가 포함된다.

자. 우물 세척

1) 세 척

우물 설치가 완료되면 이수 및 스라임의 침전을 방지하기 위하여 즉시 공기 압축기를 사용하여 공내 세척작업(에어써징)을 시행하여야 한다.

2) 공내 세척시간

공내세척은 이수 및 스라임이 충분히 제거될 때까지 시행하여야 한다.

3) 대가 지급 및 수량 변경

- ① 우물 세척 수량은 현지 여건에 따라 확인을 거쳐 변경할 수 있다.
- ② 우물 세척의 대가 지급은 내역서에 입찰한 m당 단가로 지불되며, 단가에는 우물 세척에 소요되는 인건비, 재료비, 기계 경비 및 손료가 포함된다.

8.4.3. 부대 조사 및 시험

우물 굴착이 완료되면 다음의 조사, 시험을 실시하여 우물 설치지점 일원의 지하수 수리특성을 분석하고 적정채수량을 산정하므로써 양수설비 선정에 활용하여야 한다.

가. 물리검층

- 1) 굴착이 완료된 우물에 대하여는 전기검층, 감마선검층, 공경검층 등 물리검층을 실시하여야 한다.
- 2) 물리검층 성과를 토대로 공내 지층의 변화 상태, 대수층의 분포, 파쇄대의 위치 및 크기 등을 분석, 평가하여야 한다.
- 3) 대가 지급 및 수량 변경
 - ① 물리검층 수량은 현지 여건에 따라 변경할 수 있다.
 - ② 전기검층, 감마선검층의 대가 지급은 내역서에 입찰한 m당 단가로 지

불되며, 단가에는 검층에 소요되는 인건비, 재료비, 기계 경비 및 손료가 포함된다.

나. 대수성시험

1) 공통사항

대수성시험에 관한 사항은 “7.2. 지하수 기초조사의 방법”에 수록된 대수성시험편을 참조한다.

2) 대가 지급 및 수량 변경

대수성 시험의 대가 지급은 내역서에 입찰한 회당 단가에 의하며, 단가에는 대수성시험 및 분석에 소요되는 인건비, 재료비, 기계경비 및 손료가 포함된다.

다. 수질시험

1) 물시료는 양수시험 종료 단계에서 적당량(약 5ℓ)의 시료를 채취한다. 필요시 대수층에 대한 단계별 수질 검사를 위한 시료를 채취할 수 있다.

2) 채취한 물 시료에 대하여 용도에 따른 수질 기준항목에 대하여 지하수법에 규정된 수질검사 기관에 의뢰하여 수질시험을 실시한다.

참 여 자

건 설 교 통 부 수자원정책과	과 장 행정사무관 행정 주사 토목사무관 토목 주사	노 재 화 홍 길 순 유 병 철 한 명 희 전 인 하
한국수자원공사 조사기획처	처 장 부 장 과 장 과 장 과 장 대 리 대 리 대 리	신 종 이 원 종 호 김 규 범 안 경 환 이 찬 진 김 지 옥 강 인 옥 손 영 철

- 책 자 명 : 지하수 업무수행 지침
- 발행기관 : 건설교통부·한국수자원공사
- 발 행 일 : 2003년 8월
- 발 행 처 : 건설교통부 수자원정책과
 경기도 과천시 중앙동 1번지
 우편번호 : 427-760
 TEL : (02) 504-9041
 FAX : (02) 503-7395
 한국수자원공사 조사기획처
 대전광역시 대덕구 연축동 산 6-2
 우편번호 : 306-711
 TEL : (042) 629-2725~27
 FAX : (042) 629-2749