논산시광역수맥조사보고서

2000.

농 림 부
농 업 기 반 공 사

목 차

표 목 차

그 림 목 차

1. 서　　　문

수맥조사란, 지하수를 포함하고 있는 각 대수층의 분포상태와 수리성, 대수층에 부존된 지하수의 산출상태와 수질등 지하수의 여러 가지 상태를 조사하는 것이며, 이들 수리자료를 일목요연하게 도면화한 것이 수맥도이다.

광역수맥조사는 이제까지 통상적으로 시행되어 온 특정지역을 대상으로 국지적인 정밀수맥조사와는 달리 넓은 지역의 일반적인 수리지질개황을 파악하기 위하여 실시되며, 지하수자원의 종합적 이용 및 보전차원에서 필요한 지하수 조사과정으로 전국 농어촌용수구역 또는 기초자치단체별로 시범조사, 표본조사, 본조사 등을 연차적으로 시행하여 지하수자원을 광범위하게 파악, 농어촌 다목적용수 개발 · 이용 및 보전관리 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

우리나라의 수자원은 년평균 강우량이 1,100~1,200㎜로 세계평균 강우량에 비해서는 많은 편이나 강우의 60~70%가 하절기에 집중되고 하천의 구배가 급하여 대부분이 홍수로 유출되어 하천수의 이용율이 낮을 뿐 아니라 유역별 수자원 부존량과 용수 수요면에서도 균형을 이루지 못하고 있는 편이다. 더욱이 인구의 증가와 산업발달, 생활수준 향상 등으로 각종 용수의 수요는 점증되고 있어 지표수는 물론 잠재된 중요 수자원인 지하수도 합리적 이용이 요구되는 시점에 도달하였다.

우리나라의 지하수조사 사업은 '60년대초 지구답사를 위주로 한 용수개발 기본조사가 실시되었고, '66년부터 한해지역에 대한 충적층을 대상으로 한 조사가 착수되었으며, '81년 농업용수 10개년 계획의 일환인 항구 지하수개발사업으로 '82년부터는 암반에 대한 조사까지 시행되어 근래에 와서는 수질오염이 사회적으로 문제가 되면서 충적층 조사보다는 암반 지하수조사로 전환되었고, '86년부터 답작에 대하여 암반수맥조사가 시행되고 있다.

금번 광역수맥조사 위치는 논산시 전역으로 축척 1:50,000 대전, 공주, 논산, 한산, 금산도폭에 대하여 지질조사, 기설관정 이용현황조사, 지하수위조사, 양수시험, 물리탐사, 수질검사를 실시하여 이들 자료와 과거 조사지역내에 국지적으로 수행된 수맥조사와 지하수개발 자료를 취합, 인공위성을 이용한 원격탐사 자료를 이용하여 조사지역에 대한 광역적인 지하지질 상태를 파악하여 논산시 광역수맥도를 작성하였다.

끝으로 본조사에 많은 협조를 주신 농림부, 충청남도, 논산시, 읍·면 관계관에게 감사를 드린다.

1-1. 조사목적

광역수맥조사는 농어촌용수 이용합리화를 위한 자원기초조사에 부응하여 농어촌지역 지하수자원의 효율적인 개발·이용 및 보전관리를 위하여, 현행 국지적이고 분산적인 개발위주의 수맥조사 방법을 개선하여 가뭄이 극심한 40개 시·군을 대상으로 연차적으로 시행하여 시·군별 지하수자원을 광범위하게 파악함에 그 목적이 있다.

이번조사는 논산시 전역을 조사 위치로 선정하여 지하수자원을 광범위하게 조사 파악하고 수리지질, 수문조사의 기준을 정립하여 향후 지하수자원의 개발·이용 및 보전관리의 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

1-2. 조사내용

가. 조사지구 : 논산시

나. 조사위치 : 충청남도 논산시 (강경읍, 연무읍, 성동면, 광석면, 노성면, 상월면, 부적면, 연산면, 벌곡면, 양촌면, 가야곡면, 은진면, 채운면, 두마면, 취암동, 부창동)

다. 조사면적 : 615.49㎢

라. 조사기간 : 1999. . ~ 2000. . .

마. 조 사 자

소 속	직종	직급	직 책	성 명	조 사 업 무 내 용
농업기반공사 충남지사	지질	2급	지하수부장	한 원 규	조사업무 총괄
	지질	3급	관 리 과장	권 영 덕	조사업무 현장총괄·지도
	지질	4급	조 사 계장	임 찬 우	현장조사,업무협의 및 자료수집

바. 조사내용 : 조사지역의 지형, 지질 및 지역여건에 따라 조사량을 조정·안배하였으며, 각 항목별 조사량은 다음과 같다.

< 표. 1-1 > 조 사 량

조 사 항 목	단위	조 사 량	비 고
○ 지구협의 답사	지구	1	논산시 전역
○ 지표지질조사	ha	61,549	
○ 기설관정조사			
- 이용현황조사	공	390	
-자연수위조사	회	130	
-현장간이수질검사	회	15	
○ 물리탐사			
-선구조 추출 (위성영상 해석)	지구	1	논산시 전역
-쌍극자탐사	측선	15	
○ 수질검사			
-먹는물 기준 (45항목)	회	15	
-이온분석	회	15	
-온도, pH, Eh, EC, TDS측정	회	15	

사. 조사장비

○ 지표지질조사 : 클리노콤파스 1대 및 지표지질조사 장비 1set

○ 선구조추출 : SPOT IMAGE, ERDAS IMAGINE(S/W)

○ 물리탐사

- ABEM SAS-300 전기탐사기 및 부스터 SAS2000, 586 노트북, Printer Electrode외

○ 수질검사 : Check mate 90, HACH ONE-pH METER, DR-2000, HANNA PH Meter

○ 수위조사 : 고도계 1set, 휴대용 수위측정기 2set

2. 조사지역 개요

2-1. 위치, 교통 및 면적

본 조사지구 논산시는 국립지리원 발행 축척 1:50,000의 대전, 공주, 논산, 한산, 금산도폭에 걸쳐 위치하며, 행정구역상 동서남북의 경계는 각각 벌곡면 만목리 (동경:127° 20′), 성동면 우곡리 (동경:126° 59′), 연무읍 고내리(북위:36° 04′), 두마면 용동리(북위:36° 21′)로서 동서간 연장은 31㎞, 남북간 연장은 33㎞로 면적은 615.49㎢이다.

지형상 북으로는 공주시, 동으로는 대전시 및 금산군과 접하며, 북동부는 계룡산(840m), 대둔산(878m)이 위치한 험준한 산악지대를 이루고 있다. 또한 남으로는 전북 완주군과 익산시, 서로는 금강본류와 그 지류인 석성천을 사이에 두고 부여군과 접하고 있다. 남서부는 계룡산과 대둔산에서 발원하는 논산천이 금강본류에 유입되면서 주변에 넓은 논산평야를 이루고 있다.

대전에서 익산으로 이어지는 호남고속도로가 지구 북동에서 남서로, 두마, 양촌, 가야곡, 연무읍을 통과한다. 또한 논산시 두마면에서 강경사이로 1,4번 국도가 지나며, 논산에서 부여방면으로 23번 국도가 지나고 있다.

<표. 2-1> 조사지구 면적 및 행정구역 현황

(단위 : ㎢, 개)

읍·면	면 적	동·리		반	자 연 마 을	비 고
		행 정	법 정			
계	554.84	174	415	2,220	1,033	
강경읍	9.99	13	25	72	28	
연무읍	59.82	13	57	26	82	
성동면	35.35	11	31	37	88	
광석면	34.10	13	33	56	94	
노성면	35.76	14	25	37	104	
상월면	44.83	13	26	50	69	
부적면	30.76	14	32	40	58	
연산면	55.02	20	40	25	116	
벌곡면	69.44	14	23	17	57	
양촌면	77.19	17	42	40	85	
가야곡면	45.29	14	28	29	80	
은진면	22.54	10	28	38	60	
채운면	19.74	27	8	25	46	
취암동	10.45	34	-	-	36	
부창동	7.56	23	-	-	30	

* 계룡출장소 관할 두마면 제외

2-2 토지이용 및 산업현황

논산시의 총 인구는 146,862명 (47,634세대)이며, 이 중 논산시가 44,133 (30.1 %)명으로 가장 큰 비율을 보인다. 논산시의 총 토지는 615,490,000㎡ 이며, 양촌면이 77,190,000㎡ (12.5 %)로 가장 넓게 분포하고 벌곡, 연무, 가야곡, 상월, 노성, 광석, 부적, 은진, 채운, 취암동, 강경읍, 부창동 순으로 나타난다 (표 2-1). 용도별로 구분하면 임야, 전, 답이 전체 토지의 82.5%를 차지하고 있으며, 그 중에서 임야기 243,016,723㎡로 전체토지의 43.8%를 차지하여 면적이 가장 넓고 전, 답이 각각 10.5%, 28.2%를 차지한다. 그 외에 과수원, 목장용지 및 기타가 17.5 %를 점유하고 있다.

논산시는 1998년말 현재 16,732호의 농가와 57,596명의 농가인구로 구성되며 (표 2-4), 경지면적은 21,482ha로 가구당 경지면적은 128.3ha규모를 보인다.

이 지역의 임야 면적은 23,253ha로 입목지가 22,296ha, 무입목지가 957ha로 구성되며 침엽수림이 10,907ha로 전체면적의 47%를 차지한다 (표 2-9).

<표. 2-2> 조사지구 가구 및 인구현황(1997)

(단위: 세대, 명)

읍·면	총 계				인구밀도	가구당 인구	비 고
	세 대	인 구					
		계	남	여			
계	47,634	146,862	73,417	73,475	264.0	3.08	
강경읍	4,680	14,370	7,076	7,294	1438.4	3.2	
연무읍	7,322	21,884	10,974	10,908	365.8	2.5	
성동면	2,399	7,606	3,858	3,748	215.1	2.8	
광석면	2,320	7,148	3,620	3,528	209.6	3.3	
노성면	1,738	5,406	2,731	2,675	151.1	2.7	
상월면	1,651	4,853	2,438	2,415	108.2	2.7	
부적면	1,776	5,304	2,643	2,661	172.4	2.9	
연산면	2,984	8,909	4,500	4,409	161.9	2.7	
벌곡면	1,218	3,239	1,640	1,559	46.6	2.5	
양촌면	2,656	8,174	4,135	4,039	105.8	2.5	
가야곡면	1,965	5,912	3,008	2,904	130.5	2.5	
은진면	1,838	5,800	2,932	2,868	257.3	2.7	
채운면	1,355	4,154	2,053	2,101	210.4	2.7	
취암동	7,257	23,385	11,559	11,826	2237.7	2.9	
부창동	6,475	20,748	10,248	10,500	2744.4	2.7	

<표 2-3> 토지이용현황 (단위 : ㎡)

구분 / 읍·면	전	답	과수원	목장용지	임야	기타	계
계	58,338,408	156,497,504	3,196,578	667,736	243,016,723	93,115,223	554,832,172
강경읍	650,244	2,223,083	2,546	3,421	198,970	3,909,770	6,988,034
연무읍	7,527,153	20,246,575	331,318	245,549	19,823,933	11,645,617	59,820,145
성동면	3,017,566	18,519,215	176,487	17,851	4,578,782	9,041,525	35,351,426
광석면	5,530,716	16,395,212	338,358	71,659	5,599,861	6,164,334	34,100,140
노성면	5,333,754	9,640,208	90,391	62,501	15,939,100	4,694,519	35,760,473
상월면	4,862,307	12,900,104	108,652	22,545	21,177,682	5,758,900	44,830,190
부적면	3,815,553	12,494,872	112,812	28,059	5,860,439	8,451,655	30,763,390
연산면	6,075,830	12,088,509	33,676	93,117	28,802,486	7,925,603	55,019,221
벌곡면	3,883,651	3,816,800	0	18,948	57,500,735	4,221,309	69,441,443
양촌면	6,202,858	10,522,697	88,051	46,164	52,894,311	7,440,917	77,194,998
가야곡면	4,707,239	8,699,204	376,686	36,399	22,654,030	8,814,259	45,287,817
은진면	3,675,966	8,603,188	1,049,723	19,611	5,507,927	3,679,756	22,536,171
채운면	1,405,276	13,166,926	0	1,672	613,143	4,553,918	19,740,935
취암동	801,787	4,034,194	425,485	0	1,195,902	3,990,437	10,447,805
부창동	848,508	3,146,717	62,395	540	769,422	2,727,391	7,554,973

2-2-1 농 업

조사지구는 전체면적의 38.7%가 농업용지로 사용되고 총 47,634세대중 35.1%인 16,732세대가 농가이며 총인구 146,862명 중 39.2%인 57,596명이 농가인구이다. 경지면적은 21,482ha(논 15,649ha, 밭 5,833ha)로 가구당 경지면적은 128.3a(논 93.5, 밭34.8a)이다. 조사지역내 농업진흥구역 (58,613필지, 11,755.9ha)과 농업보호구역(14,691필지, 2,481.9ha)의 합인 농업진흥지역 (73,304필지, 14,237.8ha)은 <표 2-6>과 같다.

전체면적 615,490,000.0㎡중 214,835,912㎡가 전, 답으로 21,482ha가 경지면적에 속한다. 가구당 평균 경지면적은 1.28 ha로서 논이 0.94ha 밭이 0.34ha이다.

<표 2-4> 농가 및 농가인구 현황

구분 / 세대	총세대수	총인구수	농가		농가인구	
			세대수	비율(%)	인구	비율(%)
논산시	47,634	146,862	16,732	35.1	57,596	39.2

<표 2-5> 경지면적

(단위 : ha, a)

구 분	합 계 (ha)	논	밭	가구당 경지면적(a)		
				계	논	밭
계	21,482	15,649	5,833	128.3	93.5	34.8

<표 2-6> 농업진흥지역 지정

(단위 : ha)

구 분	합 계		농업진흥구역		농업보호구역	
	필지수	면 적	필지수	면 적	필지수	면 적
계	73,304	14,237.8	58,613	11,755.9	14,691	2,481.9
강경읍	185	64.0	185	64.0		
연무읍	7,260	1,404.0	6,105	1,269.	1,155.0	135.0
성동면	10,282	1,938.9	10,023	1,904.0	259.0	34.2
광석면	10,695	1,832.0	10,084	1,724.0	611.0	108.0
노성면	4,294	849.0	2,568	543.0	1,726.0	306.0
상월면	4,076	938.0	3,939	914.0	137.0	24.0
부적면	6,006	1,198.0	5,172	1,039.0	834.0	159.0
연산면	4,664	933.0	3,638	780.0	1,026.0	153.0
벌곡면	1,177	184.0	1,177	184.0		
양촌면	8,234	1,473.0	3,816	706.0	4,418.0	767.0
가야곡면	7,614	1,321.0	4,134	705.0	3,480.0	616.0
은진면	3,633	791.0	2,999	683.0	634.0	108.0
채운면	5,169	1,311.0	4,760	1,241.0	409.0	70.0
취암동						
부창동						

식량작물, 채소류, 과실류의 전반적인 생산현황을 보면 '96년부터 매년 작물 면적과 ha당 생산량은 꾸준히 증가하고 있으며 특용작물은 생산면적과 ha당 생산량이 감소 추세를 보인다.

<표 2-7> 조사지구 작물 생산현황

(단위 : ha, M/T)

구 분	합 계		식 량		채소류		특용작물		과실류	
	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량	면적	생산량
합계	39,677	112,266	2,478	49,787	786	50,205	1,842	1,780	2,260	29,226
1996	1,034	26,009	831	18,058	263	15,827	713	674	771	10,182
1997	16,994	41,020	812	15,582	246	14,816	618	631	748	9,991
1998	21,649	45,237	835	16,147	277	19,562	511	475	741	9,053

2-2-2 축산업

조사지구내 667,736㎡가 목장용지로 이용되고 있으며 연무읍이 245,549㎡로 가장 넓은 목장용지를 가지고 있다. 조사지구내에서 주로 사육되는 가축은 한우, 젖소, 돼지, 사슴, 개, 산양, 닭 등이다.

<표 2-8> 가축 사육가구 및 마리

(A : 가구수, B : 마리수)

구분	한 우		젖 소		돼 지		사 슴		개		산 양		닭	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1993	4,238	16,596	129	2,568	1,032	76,506	130	878	7,258	20,307	575	4,341	401	854,578
1994	4,158	16,773	131	2,427	1,093	100,202	147	1,043	7,665	20,672	610	5,106	482	902,029
1995	4,413	20,638	104	2,794	716	11,044	147	967	7,864	23,551	689	7,477	425	1,145,336
1996	4,167	22,157	109	3,831	572	12,840	135	1,033	9,038	28,070	835	7,235	279	1,609,190
1997	3,780	19,884	99	4,419	463	12,573	150	993	7,565	24,051	630	5,686	203	1,253,160
1998	3,069	17,185	85	4,227	318	11,432	139	1,009	7,471	20,902	655	4,839	239	1,505,856

2-2-3 임업

조사지구내 임야는 243,016,723㎡로 '93년부터 점차적으로 임상별 임목축적 면적이 늘어나고 있는 실정이다. 임산물로는 주로 용재, 연료, 종실, 버섯, 약용, 산나물 등이 있다.

<표 2-9> 산림현황

o 소유별 임야면적 (단위 : ha)

구 분	계	국유림	공유림	사유림
논산시	23,255	2,275	852	20,128

o 임상별 면적 (단위 : ha)

구 분	계	입 목 지					무입목지
		소 계	침엽수림	활엽수림	혼효림	죽림	
논산시	23,253	22,296	10,907	5,924	5,422	43	957

o 임상별 임목축적 (단위 : ㎥)

구 분	계	침엽수	활엽수	혼효림	죽림
논산시	925,638	586,507	206,039	133,092	-

2-2-4 광공업

조사지구내 광공업 종사자 수 및 업체수는 감소 추세를 보이고 있다. 광산물은 주로 고령토, 규사석, 석회석 등이고 공업 및 농공단지는 '98년 기준으로 3개의 농공단지 (가야곡, 은진, 연산 농공단지) 337㎡에 35개 업체가 입주해

있으며 749명의 종업원이 종사하고 있다.

- 석 탄 : -M/T
- 고령토 : 15,000M/T
- 규사석 : 1,000M/T, 석회석 : 6,633M/T

2-3. 수문기상

우리나라는 아시아 계절풍의 영향과 중앙아시아의 고기압이 동남방향으로 이동할 때 발생하는 한냉하고 건조한 기류의 영향을 받는다. 특히, 우리나라 여름철의 기후는 해양에서 중앙아시아의 저기압권을 향하여 다습한 공기가 서북방향으로 이동하는 영향을 크게 받는다. 이때 전선이 형성되어 본격적인 우기에 접어들어 장마가 지속된다.

우리나라의 연평균 강수량은 1,274㎜로 세계 평균 973㎜의 약 1.3배에 이르고 있어 비교적 풍부한 듯하나, 1인당 수자원 총량은 2,900㎥로 국토면적과 인구수에 비교하면 세계 평균치의 11분의 1에 불과하다. 더욱이 우리 나라의 강수형태는 연중 고르게 내리는 것이 아니라 연평균 강수량의 2/3가 6월~9월 사이에 집중되어 수자원의 대부분이 홍수로 유출되는 반면, 과우기인 10~3월은 연강수량의 1/5에 지나지 않는등 강수량의 계절적 편중이 매우 심하여 한해와 수해를 입는 등 수자원 관리가 매우 어려운 실정이다.

지역적으로는 제주도와 남동해안 지방의 1,800㎜를 최다로 하여 섬진강 하류의 1,500㎜, 낙동강 하류의 1,400㎜, 금강상류의 1,300㎜ 순으로 년간 강수량이 많은 지역을 형성하고, 적은 지역으로는 경북 북부 영양과 의성지방이며, 년간 900㎜ 이내이다. 전국적으로 볼 때, 년 1,274㎜의 강수량을 보인다.

우리 나라의 년간 수자원량은 1,276억㎥/년에 이르고 있으며, 이중 45%에 해당하는 570억㎥이 증발하거나 지하에 침투되어 손실되고 55%인 697㎥이 하천 또는 기저유출을 통하여 유출된다. 유출량의 67%인 467억㎥이 홍수시 하천을 통하여 유출되고, 33%인 230억㎥이 평상시 유출된다. 또. 평상시 유출량의 75%인 172억㎥과 홍수시 댐 등으로 공급받는 103억㎥을 합하여 지표수로 275억㎥이 이용된다.

조사지역의 기상현황을 파악하기 위하여 대전기상대의 기상자료를 수집 · 분석하였다.

2-3-1. 기온

대기의 기온변화는 직접적으로 물의 순환과정에 영향을 준다. 특히, 기온의 변화에 의한 증발, 증발산 및 식물의 성장 등의 변화는 물의 양적인 면에 영향을 주며, 기온의 차이에 의한 식물의 성장 여부 등은 유출현상 및 물의 흐름상태에도 많은 영향을 준다.

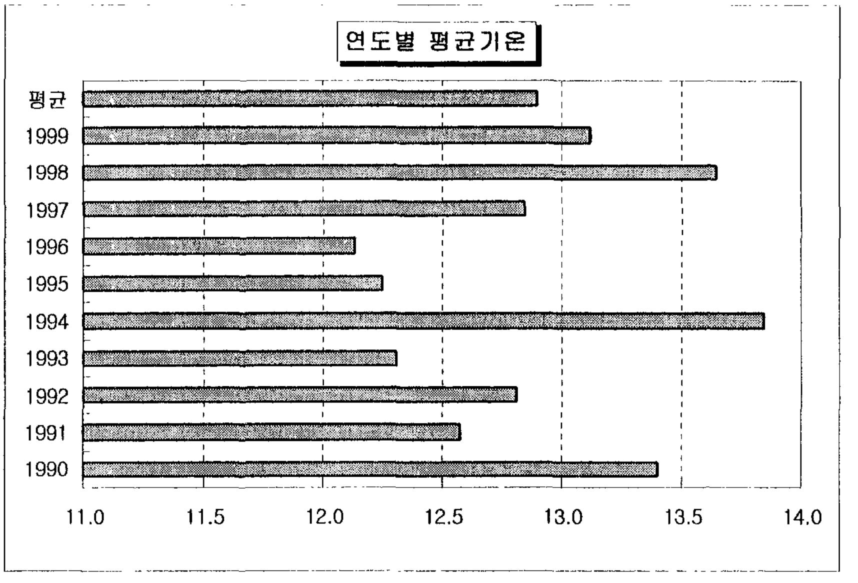
조사지역의 최근 10년 평균기온은 12.89℃를 나타내며, 전체적으로 1월에 주로 영하의 기온을 기록하고 그외의 월평균 기온이 거의 영상의 기온분포를 나타내고 있다.

<표. 2-10> 월별 평균기온 분포(1990~1999)

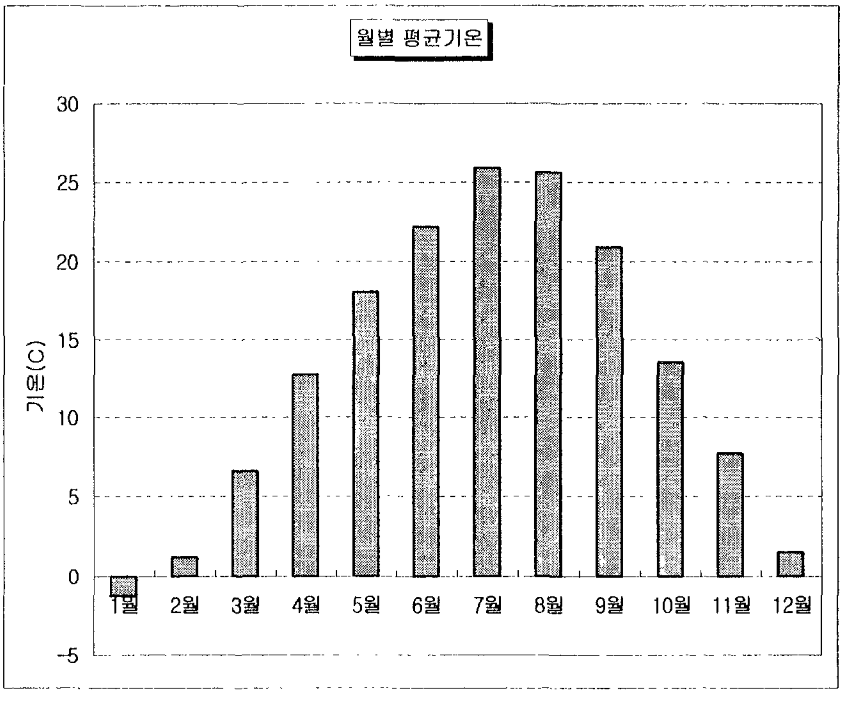
(단위:℃)

월 / 년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
1990	-1.9	3.2	7.5	11.7	16.9	22.0	26.4	27.1	21.6	14.6	10.0	1.6	13.39
1991	-1.5	-0.5	5.3	13.1	17.9	23.1	25.1	24.8	20.8	13.6	6.4	2.8	12.57
1992	0.5	1.1	7.4	12.5	16.9	21.3	26.2	25.3	20.4	13.5	6.4	2.2	12.81
1993	-1.2	1.8	5.6	11.7	18.1	22.2	23.7	22.6	20.7	13.0	8.6	0.9	12.31
1994	-0.6	1.3	4.5	14.9	18.6	22.8	29.2	27.9	20.8	15.0	9.4	2.3	13.84
1995	-1.8	0.7	6.1	11.6	17.1	21.7	25.6	26.9	19.4	14.9	5.8	-1.0	12.25
1996	-1.6	-1.2	4.8	10.2	18.0	22.1	25.2	26.1	20.5	13.7	6.7	-1.1	12.13
1997	-2.5	0.8	6.8	12.9	17.8	22.8	25.6	26.0	20.1	13.4	8.6	1.8	12.84
1998	0.9	3.5	7.3	15.7	18.6	21.0	25.0	25.3	22.3	16.2	7.5	2.2	13.79
1999	0.9	1.2	10.6	13.7	21.1	22.7	26.6	23.5	22.6	7.7	7.5	1.1	13.27
평균	-1.2	1.19	6.59	12.8	18.1	22.2	25.9	25.6	20.9	13.6	7.69	1.5	12.89

최근 10년간의 년간 기온분포는 <그림.2-1>에서 보는 바와 같이 12.13~13.84℃의 범위로 비교적 고른 연평균 기온분포를 보이는 반면, 월별 기온분포는 <그림.2-2>와 같이 다양한 변화 즉, 최저치는 1월에 -2.50℃, 최고치는 7월에 29.2℃를 나타내고, 1월에서 2월 사이의 기온 분포는 평균기온 -2.50~3.50℃의 범위이며, 6월에서 7월 사이는 평균기온 21.0~29.2℃까지 상승하였다가 8월에서부터 익년 1월까지는 기온이 하강하는 특징을 보인다.



<그림. 2-1>연도별 평균기온 분포(1990 ~1999)



<그림. 2-2>월별 평균기온 분포(1990 ~ 1999)

2-3-2. 강수량

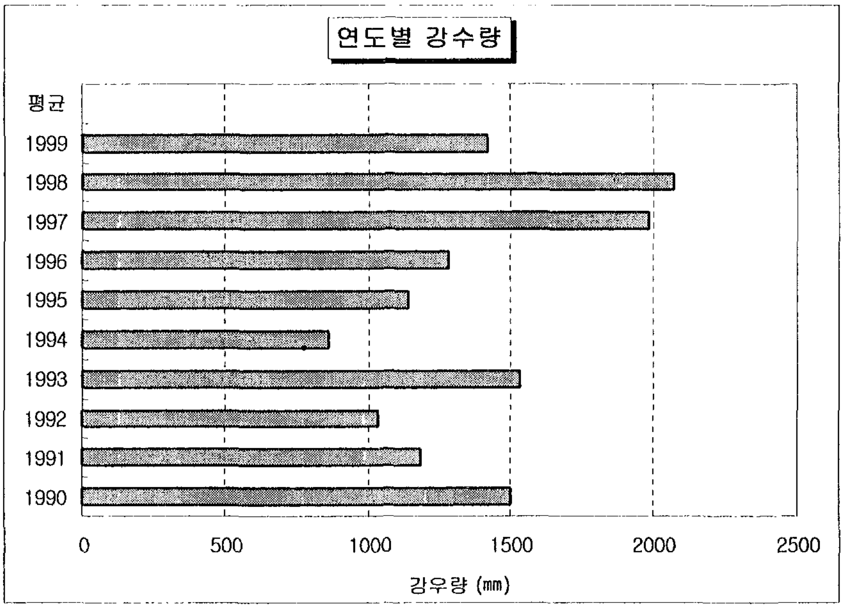
조사지구의 1990~1999년까지의 연간 강수량의 평균은 1,399.0mm/year로 한국 평균 강수량 1,274.0mm/year 보다 다소 높은 지역이다. 강수량이 가장 적은 시기는 1월로 월간 1.8~73.4mm 범위로 월평균강수량 24.2mm/월이며, 강수량이 가장 많은 시기는 8월로 월간 114.4~781.7mm 범위로 월평균강수량 330.0mm/월이다. 최근 10년간의 년간 강수량 분포는 <그림.2-3>에서 보는 바와 같이 857.9~2070.0mm/년으로 년간 변화가 심하게 나타난다.

<표 2-11> 월별 강수량 분포(1990 ~1999)

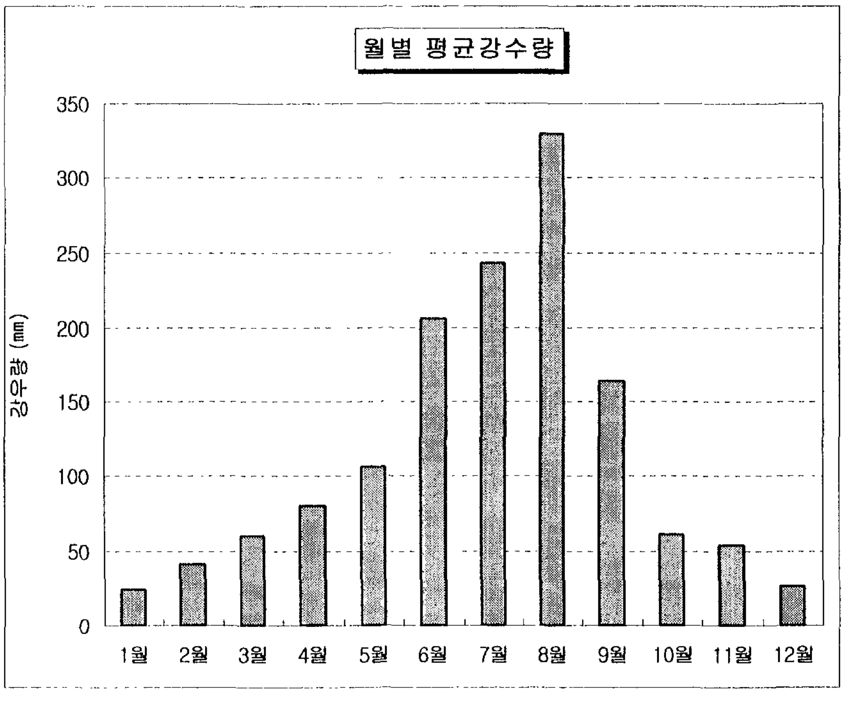
(단위 : mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
합계	242	416	601	798	1072	2064	2431	3301	1639	617	544	267	13990
1990	73.4	111.1	58.9	88.4	113.4	277.8	334.6	215	151.6	4.2	48.8	19.2	1496.4
1991	23.2	56.9	89.4	69.4	50.2	169	275	139	218.3	16.1	18.6	57	1182.1
1992	12.6	27	46.5	119.9	92.3	24.4	187.7	232.1	163.6	34.2	47.4	49.2	1036.9
1993	8	82.9	40.1	64.8	154.9	222.4	295.6	364.3	142.4	39.3	93.7	24.7	1533.1
1994	17.9	16.8	46.5	38.7	138.4	115.1	105.3	145.9	37.9	145.3	24.3	25.8	857.9
1995	23.5	16.9	33.8	54.7	62.2	33.6	155.4	641.9	53.4	36	17.5	7.3	1136.2
1996	32.7	4.4	138	49.8	62.9	411.4	257.7	114.4	11.4	90.8	77.1	28.6	1279.2
1997	15.6	51.1	37.1	55.4	200.9	267.5	425.5	463.5	245.8	7.7	168.2	44.5	1982.8
1998	33.3	36.3	31.1	154.3	119.5	297.2	256.1	781.7	254.7	71.5	31.6	2.7	2070.0
1999	1.8	12.2	79.4	103	76.8	245.7	137.8	203	359.5	171.6	16.5	7.9	1415.2
평균	24.2	41.6	60.1	79.8	107	206	243	330	164	61.7	54.4	26.7	1399.0

월별 강수량 분포를 볼 때, 월평균 강수량은 116.6mm이고, 6월에서 9월까지만 월평균 강수량보다 많은 강수를 보여주고 있다. 연중강수량의 월별 점유율은 우기인 7월, 8월에 연간 전체 강수량의 41.0%가 집중되어 나타나고, 6월에서 9월 사이 4개월에 내리는 강수량은 연강수량의 67.4%에 달하며, 이중 약 90%이상이 증발 혹은 지표유출로 바다로 유실되고 있다.



<그림. 2-3>연도별 강수량 분포(1990~1999)



<그림. 2-4>월별 평균강수량 분포(1990 ~1999)

2-3-3. 증발산량

일반적으로 증발산량(ETR)은 지표면에 떨어진 강수가 지표면이나 호수, 강물 및 바다등의 표면에서 기화되거나 토양하부로 침투된 물이 토양의 모세관력에 의하여 지표로 노출되어 대기중으로 증발(Evaporation)하는 물과 식물의 생리현상으로 인해 엽수면에서 공중으로 날아가는 발산(Transpiration)의 합을 의미한다.

따라서 강수로 지표면에 도달하기 전에 다시 대기중에서 증발하는 양은 제외되며 수면으로부터의 증발과 식물로부터의 발산의 합으로 수분이 기체상태로 대기중에 환원되는 양이다. 이는 기상학적 인자 이외에도 식물의 종류, 색깔의 농도, 투수계수, 입자의 크기, 토양의 함수율 등이 직접적인 영향인자가 된다.

우리나라의 년평균 증발량 분포를 보면 태양에너지의 입사량이 많은 위도가 낮은 남쪽으로 갈수록 증가되고 해안지방이 내륙지방보다 많은 경향을 보이는 것으로 보다 수면증발량은 기온과 온도에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다.

증발산량의 측정방법에는 직접측정에 의한 방법, 이론적 방법, 기후인자와의 상관관계에 의한 방법 등이 있다.

본 조사에서는 인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로 부터의 직접적인 증발산량 측정으로 얻어진 논산에서 근접한 대전기상대에서 측정한 최근 10년간의 계기증발량 자료를 참고로 하였다

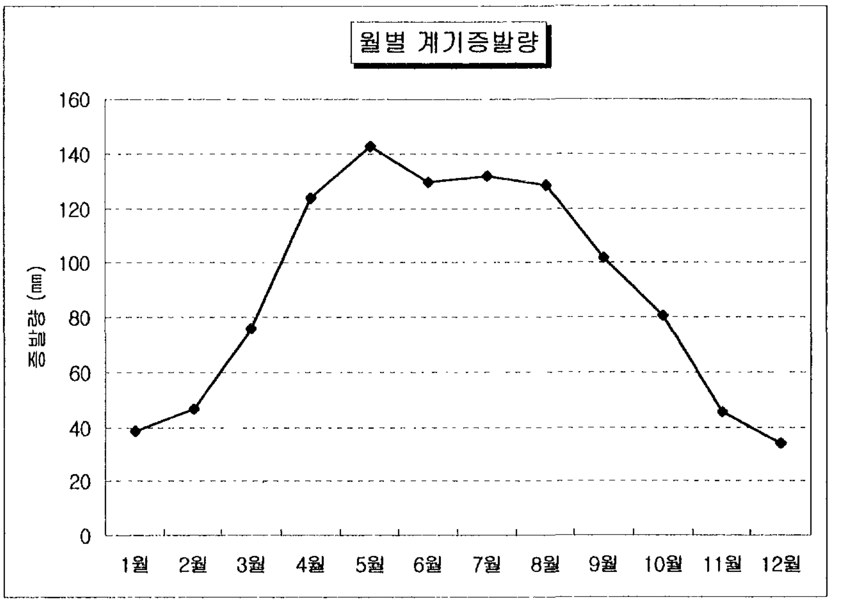
계기증발량 자료에서 년간 증발량은 799.8㎜/년에서 1,352.3㎜/년 사이로 평균 1,079.2㎜/년이며, 가뭄이 극심했고 강수량이 적었던 해일수록 평균치 이상의 높은 증발량을 보여주고 있다. 월별 증발량은 1월의 29.9~47.2㎜/월 사이로 평균 38.3㎜/월로 최소치를 보이며, 5월의 평균 계기증발량이 142.5㎜/월로서 최대치를 나타내고 있다. 또한, 4월부터 9월까지의 하절기 6개월 사이에 평균 100㎜/월 이상으로 연증발량의 70.2%를 차지하고 있다.

인위적으로 만든 증발접시에서 자유수면으로부터의 직접적인 증발산량 측정은 실질적인 증발산량과는 많은 차이가 있기 때문에 이의 측정을 위하여 증발산량에 영향을 미치는 각종 요인인 강수량, 기온, 증기압, 풍속 및 지표면 조건등을 이용한 계산식들이 발표되어 왔으나 서로 상이한 수문조건 때문에 실제와는 상당한 오차를 갖게 된다.

<표. 2-12> 월별 계기증발량 (1990~1999)

(단위 : ㎜)

구분 월	합 계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균	1079.2	38.3	46.7	76	123.5	142.5	129.5	132	128.4	102.1	80.7	45.5	34
최 대	1352.3	47.2	56.4	95.1	145.2	178.5	168.2	188.6	150.3	124.8	104.6	53.8	39.6
최 소	799.8	29.9	31.3	55.9	102.9	105.4	92.2	83.5	80.9	82.6	67.2	40.2	27.8
일최대	75.6	3.5	3.5	5.3	8.9	9.6	8	9.3	8.7	7	5.4	3.9	2.5



<그림. 2-5>월별 계기증발량 분포(1990~1999)

조사지역에 적용한 이론적 방법에 의한 증발산량 추정은 Penman(1984), Thornthwaite (1954), Turc(1975) 등의 공식중 Turc 공식을 이용하여 증발산량을 산출하였다. 증발산량 산정의 이론적 방법으로서는 공기동력학적 방법과 에너지 보존법칙의 방법이 사용되었으나 증발산(ETR)의 경우에는 식물 표면으로부터의 발산이 고려되어야 하므로 자유수면에서와 같은 공기동력학적 방법만으로는 사용될 수 없다. 즉, 증발산량 산정은 자유수면 및 식물의 표면으로부터의 증발량이 계산되어야 한다. Turc 공식에 의한 증발산량 계산은 토양내 포함되어 있는 수

분의 증발과 지표면 식물에 의한 증발산량을 포함한 것으로, 본 조사지역내 평균 기온과 강수량은 대전기상대에서 측정된 자료를 이용하였다.

Turc 공식에 의한 이론적인 증발산량(ETR) 계산은 다음과 같다.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}}$$

여기서, P (연평균 강수량) = 1,399.0㎜

$L = 300+25T+0.05T^3$ = 729.0㎜

T (연평균 기온) = 12.89℃

따라서, 증발산량 (ETR) = 653.7㎜/년 이다.

Turc 공식을 사용한 이론적인 연평균 증발산량은 계기증발량 측정에 의한 연평균 강수량 1,399.0㎜/년에 비해 약 46.7% 수준에 불과하다.

3. 수문지질조사

3-1. 지형 및 지질

3-1-1. 지 형

조사지역의 산계는 계룡산(840m), 대둔산(878m)등으로 이어지는 주능선이 지구 북쪽에서 동,남으로 지나고 있으며 표고 200 ~300m이상의 비교적 험준한 산지지형으로 형성되어 있다. 이에 비해 지구 서측은 계룡산과 대둔산에서 발원하는 논산천이 금강본류에 유입되면서 형성된 넓고, 낮은 논산평야를 이루고 있다.

조사지역의 수계는 지구 주위에서 발원한 소하천이 합류하여, 금강본류를 이루며, 금강하구언으로 유입되므로 하천형태가 수지상에서 사행하는 형태로 바뀌어 지고 있으며, 하폭도 부여군과의 경계부에서 최대 350m로 커지고 있다. 하상도 사력의 비율이 점차 줄어들고 있다. 또한 지구 중심부에는 논산저수지가 위치하여 인근 농지에 농업용수로 활용되고 있다.

3-1-2. 지 질

본 조사지역의 지표지질은 시대미상의 호상 혼성 편마암 및 편암이 최하위 지층을 이루고 있으며, 조사지역 북서부의 노성면, 서부의 성동면에 노성산 편암 및 편마암이 국부적으로 인근에 위치하고 있다. 또한 지구 동부의 벌곡면에 마전리층이 일부 위치한다. 그리고, 변성 이질암층이 가야곡면에서 벌곡면까지 남서에서 북동방향으로 걸쳐 분포하며 이 사이에 변성 사질암층(대덕리층)이 분포하고 있다. 변성사질암층을 관입하여 지구 전반적으로 넓게 분포하는 쥬라기의 화강섬록암, 반상화강섬록암, 복운모화강암이 지구동부에 국부적으로 분포하는 산성 암맥류에 의해 관입당하여 나타난다. 그리고 상기 제지층들을 부정합으로 덮고 있는 제 4기 충적층이 하천주변, 계곡부, 해안연변을 따라 다양하게 분포한다.

제4기	충 적 층
	~ 부정합 ~
백악기	산성 암맥류
	- 관 입 -
쥬라기	복운모 혼성 화강암
	반상 화강섬록암
	화강 섬록암
	- 관 입 -
시대미상	변성 사질암층(대덕리층)
	변성 이질암층
	- 관계미상 -
	마전리층
	노성산 편암 및 편마암
	호상 혼성 편마암 및 편암

<그림. 3-1> 지 질 계 통 도

<그림. 3-2> 조사지구 위성영상도

SPOT IMAGE OF KEUMSAN AREA (SCALE=1:50,000)

<그림. 3-2> 조사지구 위성영상도

조사지역의 지질은 종합한 지질계통과 각 분포암석에 대한 지질각론은 다음과 같다.

가. 호상 혼성 편마암질 편암

본 조사지역의 북서, 서부에 일부 분포하며 쥬라기의 반상 화강섬록암이 관입하고 있다. 논산시 양촌면, 성동면 일대에 발달하여 본 조사지역내에서 최하부의 암석들로 추정되고 있다. 본 지층의 주체를 이루는 호상 혼성 편마암은 pelitic 부분(운모질 편암 및 편마암)과 psammitic 부분(석영흑운모 편암 및 편마암, 석영장석질 편마암)이 교호하는 상태에 석영장석으로 이루어지는 우백색대가 재생또는 도입되어 gneissose banding을 이루고 있다.

나. 노성산 편암 및 편마암

논산도폭 지역의 북쪽에 국부적으로 분포하고 하부 호상 혼성 편마암질 편암과 각각 정합적인 관계를 가지고 분포한다. 하부층에 비해 우백질대가 거의 없으며 편암상이 우세하고 엽리의 교란이 극심하다. 또한 편마암대를 경계로 좌측이 석영운모편암이 우세하고 우측이 운모질편암이 우세하다. 본암의 엽리는 노성면 교촌리 부근에서 북북서 주향을 보이며, 무수한 소규모의 국지적인 습곡을 수반한다.

다. 마전리층

본 조사지역중 벌곡면 조동리 일대에 분포하고 있으며, 서측으로는 향산리층과 접해있고, 동측으로는 창리층에 의해 부정합으로 피복되어 있다. 주향은 N40° 내지 70° E이며, 경사는 30° 내지 70° 로 남쪽 경사하며 구성암은 결정질 석회암, 석회질 슬래이트, 석회 규선염암등이며, 이들은 서로 교호되어 나타난다.

라. 변성이질암층

본 조사지역중 양촌면 산직리일대에 고속도로를 따라 분포되고 있으며 암상은 점판암의 흑색대와 천매암의 비흑색대로 나누어지며, 엽리를 잘 발달시키고, 주향은 대체로 N45° E, 65° SE의 경사를 보여주고 있다.

마. 변성사질암층

본 조사지역중 동측의 천호봉, 함박봉, 국사봉을 연결하는 능선을 따라 분포하며, 암상은 주로 규암, 석영편암으로 이루어저 있으며, 암회색의 천매암등과 교호하고 있다. 하부층인 변성이질암층과 비슷한 주향, 경사를 가지고 있다.

바. 화강섬록암

본 조사지역의 동북부 지역에 매우 넓게 분포되어 있고, 전기된 변성암을 관입하고 반상화강섬록암과는 점이적인 관계를 보여준다. 암상은 중립질이며, 흑운모가 주유색광물인 흑운모화강섬록암이다.

사. 반상화강섬록암

본 조사지역의 논산시, 광석면, 성동면등의 저구릉지에 광범위하게 분포하며, 화강섬록암과는 점이적인 관계를 가지고, 복운모흔성화강암에 의해 관입당한다. 암상은 부분적으로 미약한 편마상구조를 갖고 중립질이며, 반상조직을 갖는 흑운모반상화강섬록암이다.

아. 복운모흔성화강암

본 조사지역의 동북부에 소규모 분포하여 전기 변성암류에 화강섬록암류를 관입한다. 암상은 전체적으로 중립질이며, 담갈색이고 화강섬록암에 비해 입자의 크기가 적은 편이며 유색광물의 함량이 적다. 또한 전기된 화성암류에 비해 무수히 많은 포획암을 갖는다.

자. 산성암맥류

본 조사지역의 노성천 동쪽에 암맥군을 형성하면서 옥천층군 및 화강섬록암을 관입하고 있고, 관입방향은 대체로 남북을 가리킨다. 이들 암맥군은 석영반암등으로 이루어져 있다.

3-2. 물리탐사

조사지구 광역수맥조사를 통하여 수행된 물리탐사는 인공위성 원격탐사를 통해 영상판독 분석후 선구조를 추출하고 전기비저항 쌍극자탐사를 실시하여 지하수 부존상태와 제반 지하지질 구조를 파악하였다.

지구물리탐사는 지구물리학의 응용분야로서 자연적 또는 인위적인 신호(signal)를 통해 지표 및 지하 지질의 특성을 측정하므로서 지하지질구조와 지하에 부존하고 있는 유용광물 및 석유, 천연가스, 지열, 지하수 등의 부존여부를 추측하는 방법이다.

특히, 이번 지하수조사에는 지하수 부존에 영향을 미치는 지하구조대 및 충적층 층후의 발달상태를 객관적으로 탐사하는데 주로 사용된다. 일반적으로 지하수조사는 그 효율성을 높이기 위해서 지표지질조사와 자료수집 및 분석, 1차 탐사, 2차 탐사의 3단계로 수행되어 진다.

지표지질조사, 자료수집 및 분석에서는 현장지질조사와 항공 또는 위성사진 자료를 수집하여 전반적인 지질학적 환경을 파악하여 지하수 부존과 관련된 요소들의 정보를 축적한다. 특히 변성암이나 화성암 등의 결정질 암석으로 이루어진 지질환경에서는 단층, 파쇄대 등의 선구조가 지하수부존과 관련된 가장 중요한 지질요소가 된다. 1차탐사는 1단계 조사자료를 바탕으로 넓은 지역에서 선구조 위치와 분포상태 등 지하구조대 발달상태를 객관적으로 확인 조사할 수 있는 극저주파탐사법으로 신속하고 경제적으로 자료를 획득한다. 2차탐사는 1차탐사 결과 선구조 또는 이상대가 발견되면 이들을 확인하고 보다 구체적인 구조와 상태, 그리고 지하수부존 가능성을 밝히기 위해서 집중적이고 정밀한 전기비저항탐사(쌍극자, 수직) 등을 수행한다.

본 조사지구 일원에서 실시한 2차 탐사는 수문지질도의 작성을 위하여 전기비저항 쌍극자탐사를 수행하였다. 이는 평야부에 대한 전반적인 심부 구조대의 존재확인을 위하여 전기측선을 연장설정하여 0.5 km 에 걸쳐서 전극간격을 30m로 하여 가탐심도를 최대 150m까지 가능하도록 하였다. 조사량은 15측선으로 약 8km에 달한다.

3-2-1. 원격탐사(Remote Sensing)에의한 선구조 분석

원격탐사란 1960년부터 미국에서 처음 사용한 것으로 대상체로부터 방사 혹은 반사되는 전자기파 에너지를 물리적인 접촉없이 측정하여 대상물체의 물리적 성질이나 상태 및 공간적 형태 등을 식별하고 해석하는 탐사기술이다.

본 연구에서는 지상탐사위성인 LANDSAT MSS, LANDSAT TM, SPOT중 가장 정밀한 해상도를 가진(1pixel=20×20m) SPOT 위성에서 얻어진 위성영상 자료를 이용하였다.

지표면의 대상물이나 현상에 관한 자기파 정보를 수신소에서 받아서 수정과 초기작업 과정을 수행한후 magnetic tape에 저장된다. 수신된 영상은 조직의 변화와 빛의 차이, 수분에 따라 차이가 나는 색과 그림자, 암석의 풍화에 의한 지형의 기복, 필터링 등을 기본원리로 해석된다. 그후 전문 software를 이용하여 분류, 판독후 선구조를 추출하게 되는 것이다.

SPOT은 기존의 지상 자원탐사 위성중 최근 발사된 위성으로(1986년, 프랑스) 0.49~0.8μm의 파장을 가진 가시광선과 08~0.91μm의 적외선을 이용하여 3개의 magnetic band를 가지고 5~26일의 주기로 같은 지역을 조사하게 되는데, 다른 위성들보다 높은 지상분해능을 가지며, 주사주기가 짧아 자료의 update가 빠르고 동일한 면적에서 더 많은 자료를 얻게되는 이점이 있다.

수문지질학에서 영상분석은 암의 분류와 노두의 경계에 대한 도면을 제작하고 단층, 균열, 습곡 등의 지질구조의 성향을 분석·조사 하는데 쓰이고 있다. 이 위성영상 자료에 야외에서 관찰한 지질구조특성, 시추공에서의 자료, 기 존재하는 지구물리학적 해석자료를 더하여 수정, 보완하게 된다.

선구조(Lineament)란 지표면에 나타난 지형적 광역규모의 선형구조로서 암종의 차이, 암상변화 및 지질구조적인 현상을 반영한다고 할 수 있다. 지질구조선과 관련된 선구조선은 약선대이기 때문에 암반지하수 통로 역할을 할 수 있는 가능성이 많아 지하수부존과 매우 밀접한 관련이 있으며, 실제로 선구조가 발달된 지역에서 착정할 경우 지하수 산출율이 높다. <그림. 3-2>는 조사지역의 위성영상자료

로서 그 영상을 해석한 후 추출한 선구조를 나타내었다.

조사지역 지질 선구조의 광역적인 방향성을 인지하기 위하여 장미도(Rose Diagrm)를 사용·분석하였으며, 조사지역의 선구조는 N100° W 방향으로 매우 우세하게 발달되어 있으며, WE 방향도 우세성을 보인다.

N100° W 방향의 선구조는 조사지역에서 발생빈도가 가장 높고, 가장 좋은 연장성을 보이는데 이는 조사지구 제암석들의 지질구조의 주발달 방향을 나타내는 것으로 해석되며, WE 방향은 조사지구의 지질구조 발달의 주방향에 부수된 공액 방향의 구조대나 조사지역에 분포하는 제암석들의 층서적인 방향성으로 해석된다.

3-2-2. 전기비저항 탐사

전기비저항탐사는 인공적으로 대지에 아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류를 보낼 때 전류가 전기를 잘 통하는 부분으로 집중되어 흐르는 원리를 활용하여 일정한 배열을 따라 땅속에 전기를 보내고 전기의 전파에 의해 발생된 전류의 크기와 이에 의해 발생된 전위분포를 측정함으로써 지하의 전기비저항치의 변화양상을 탐지 및 해석하여 지하의 지질구조(파쇄대, 단층, 지질구조대등), 광상, 지하수, 지열지대의 부존여부 및 부존양상을 탐사하는 것이다.

전기비저항(電氣比抵抗:Electric resistivity)은 어떤 물체의 전위경도(Potential gradient)와 전류밀도(Current density)의 비(比)로서 그 단위는 Ω-m로 표시한다. 지하구성물질이 균질하고 등방성이라면 측정된 전기비저항 값은 일정할 것이나 암석의 공극율, 공극의 유체포화율, 공극내의 유체의 성질, 조암광물의 종류, 암석구성입자의 크기 및 성질, 고화도, 파쇄대, 균열대, 단층 및 기타 지질구조의 영향에 의하여 전기비저항 값이 달라져 전기비저항 분포 이상대를 알 수 있게 된다.

전기비저항법은 전류의 크기, 각 전극에서의 전위의 크기 및 각 전극간의 거리 등 정량적으로 측정 가능한 값들을 취급함으로 정량적인 해석이 가능하고, 또 그 이론도 비교적 잘 발달되어 있어서 이론적 계산치와 현장 측정치를 비교 해석할 수 있다는 점에서는 매우 과학적이라 할 수 있겠다. 그러나 전류전극이 대지와 전기적으로 잘 접촉되어야 하므로 동토, 사막등 표토층이 전기적 절연지역이거나 반대로 표토층이 너무 전기적 양도체인 경우, 지하 심부로 전류의 공급이 이루어지지 않아서 이 전기비저항법을 사용할 수 없으며, 또 실제적인 문제로 넓은 지역의 탐사에는 전극들과 전선들을 이동시키는 작업이 매우 번거롭다는 단점이 있다.

전기비저항 탐사는 전극배열법에 따라 웨너(Wenner)배열법, 슐럼버저(Schlumburger)배열법, 리(Lee)배열법, 3극점(Three Point)배열법, 쌍극자(Dipole)배열법 등이 있다.

가. 쌍극자배열 전기비저항 탐사(Dipole-Dipole Method)

도선의 전기저항 R은 길이 L에 비례하고 단면적 A에 반비례한다. 즉,

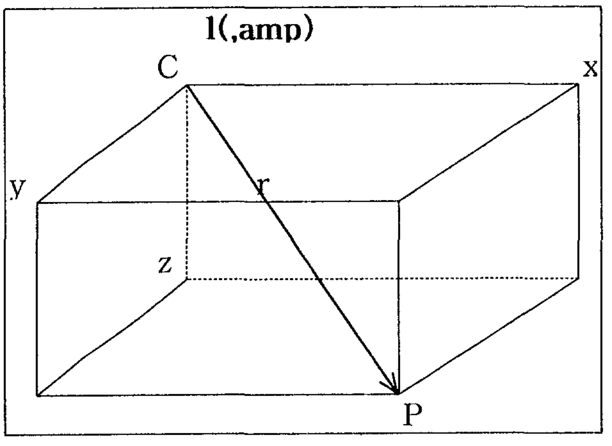
$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{이다.}$$

여기서, ρ는 비례상수로서 물체의 크기 및 모양에 관계없는 물체의 전기적 특성을 나타내는 것으로 전기비저항(Electrical Specific Resistance)이라 한다. 또한,

옴의 법칙에 의하면 R =⊿V/I 이므로

$$\rho = \frac{A}{L} \cdot R = \frac{A}{L} \cdot \frac{\Delta V}{I}$$ 이 된다.

여기서, ρ의 단위는 ohm-m가 된다. 즉, 전기비저항이란 단위체적당 물질의 저항이라고 정의할 수 있다.



<그림. 3-3> 점전원에 의한 전위

<그림3-6>에서와 같이 지중의 일점 C에아주 낮은 주파수를 갖는 강한 점전류 I(amp.)를 보낼 때, 지중의 임의의 점 P에서의 전위 V(volt)는 다음과 같다.

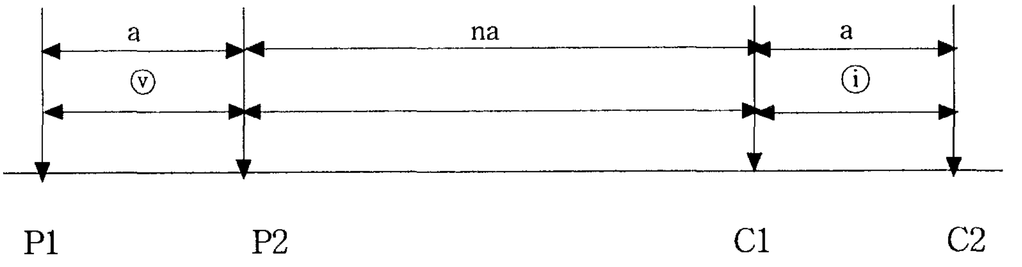
$$V = \frac{\rho I}{4\pi r}$$

여기서,

$$r = X^2 + Y^2 + Z^2$$ 이다.

그러나 실제 지표면에 점전극을 위치시키고 전류 I를 보낼 때, 지표면 상부의 공기는 전기전도도가 0으로 가정할 수 있으므로 전류는 지중에서 반구상 방사상으로 흐른다. 따라서, P점에서의 전위 V는 다음과 같다.

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2\pi r}$$ 이때, Z = 0 이므로, $r = X^2 + Y^2$ 이 된다.



P1, P2 : 전위전극봉, C1, C2 : 전류전극봉, a : 전극간격, n : 자연수 (n = 1, 2, 3.......n)

<그림. 3-4> 쌍극자 탐사 측선 배열 방법

<그림.3-4>에서 지표면에 매설한 한쌍의 전류전극 $C_1(+I)$과 $C_2(-I)$를 가정하고 임의의 점 P_1, P_2에서 각각의 전위를 생각할 때, P점의 전위는 C_1과 C_2에 의한 전위차로 나타나며, 다음과 같다.

$$V_{P1} = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1}\right)$$

$$V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{C_1P_2} - \frac{1}{C_2P_2}\right)$$

그러므로 C_1과 C_2에 의해서 P_1과 P_2의 전위차 V는 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$V = V_{P1} - V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2}\right)$$

이것을 비저항의 식 ρ로 풀어쓰면 다음과 같다.

$$\rho = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2}\right)} \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

또한, K를 기하학적 계수(Geometric Factor)라 하며 다음과 같고, 각종 전극배열방식에 따라 계산하여 그 값을 구할 수 있다.

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2}\right)}$$

상기 식에서 쌍극자배열은 전위 및 전류전극 간격이 모두 a로 $C_1P_1 = C_2P_2 = (n+1)a$, $C_2P_1 = na$, $C_1P_2 = (n+2)a$ 이므로 기하학적 계수는 다음과 같다.

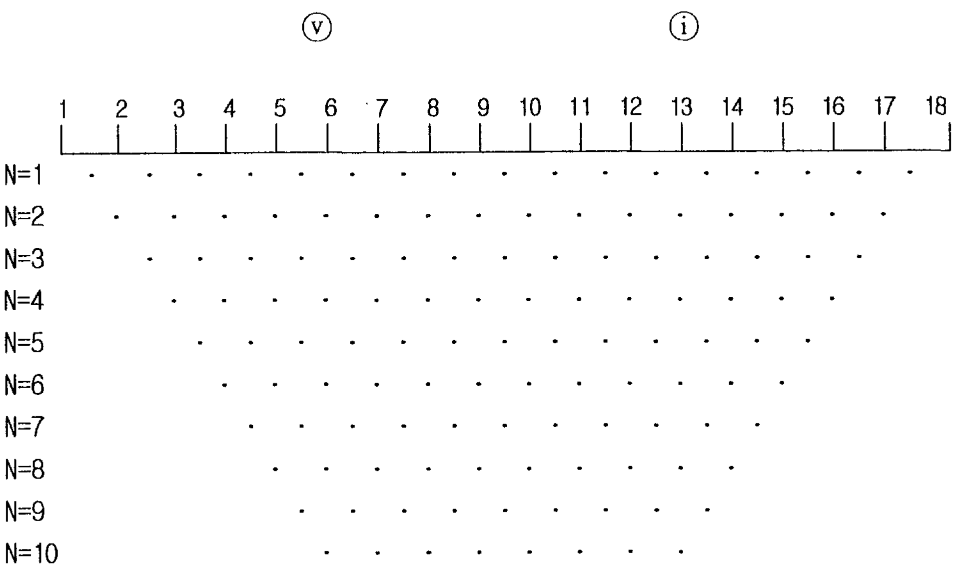
$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{(n+1)a} - \frac{1}{na} - \frac{1}{(n+2)a} + \frac{1}{(n+1)a}\right]} = n(n+1)\ (n+2) \cdot \pi \cdot a$$

또한, 쌍극자배열에 의한 겉보기비저항 (Apparent Resistivity)은 다음과 같다.

$$\rho_a = n(n+1)\ (n+2)\ \cdot \pi \cdot a \frac{\Delta V}{I}$$

쌍극자 비저항탐사는 <그림. 3-4>과 같이 전류 및 전위전극 간격 a를 탐사목적 및 정밀도 등을 고려하여 결정하고, a, 2a, 3a, ... na 간격으로 단계적으로 이동하면서 전위차를 측정하여 겉보기 비저항치를 계산한다.

야외탐사 결과치는 <그림. 3-5>과 같이 전위전극 중심과 전류전극의 중심을 연결하는 선을 밑변으로 하는 직각이등변 삼각형의 꼭지점에 겉보기 비저항치를 기입하여 수평 및 수직적 변화를 탐지 할 수 있다. 이와 같은 쌍극자배열 탐사결과 획득된 겉보기 비저항 도면을 가단면도(Pseudo-Section)라고 한다.



<그림. 3-5> 쌍극자 배열에 의한 겉보기저항 가단면도 작성법

가단면도에 나타난 겉보기비저항 값은 암석의 전기비저항치를 나타내는 것이 아니고, 표시된 수직점에서 얻어진 비저항치를 야기시키는 진짜 심도를 표시하는 것도 아니다. 그러므로 이를 해석하기 위해서는 컴퓨터에 의한 해석 프로그램이 필요한 것이다. 그러나 쌍극자 배열방법은 다른 배열방법 즉, Wenner 배열 및 Schlumberger 배열 등과 달리 신속하게 2차원적 수직-수평탐사를 행할 수 있어 비교적 광역적으로 지하 2차원 구조, 특히 전기전도도 구조(Geoelectric Structure)를 파악할 수 있는 장점이 있다.

근본적으로 Wenner 배열이나 Schlumberger 배열을 채용한 수직탐사는 1개점 하부의 심도에 따른 비저항의 변화 양상을 파악하고자 함에 목적이 있으므로 1차원적 탐사의 범주에 속한다. 지하 1개점 하부의 자세한 정보 획득에는 수직탐사가 효율적이며, 정량적이라 할 수 있다. 그러나, 암반지하수의 경우와 같이 국부적으로 발달하는 파쇄대 탐지의 문제는 그 대상이 2차원 구조이므로 2차원적인 탐사를 필요로 한다. 쌍극자배열 탐사는 1점이 아닌 1측선상에서 수평-수직 탐사를 동시에 수행하므로 2차원적 탐사로 간주된다. 물론, 쌍극자배열 탐사의 측선상에 각 측점마다 수직탐사를 수행한다면, 1개점이 아닌 측선상의 하부에 2차원적인 비저항분포를 파악 할 수 있다.

또한, 수직탐사는 각 측점사이에 국부적인 이상대가 존재할 경우 이를 놓칠 우려가 많으나, 쌍극자배열 탐사는 연속적인 2차원 탐사이므로 이러한 가능성이 상대적으로 낮다고 할 수 있을 것이다. 그러나 쌍극자 배열에 의한 전기비저항 탐사시 지표천부의 수평전기전도도 변화(Lateral conductivity variation)에 대단히 민감하므로, 그로부터 야기되는 이상대를 정확히 해석할 수 없는 어려움이 있다.

이는 쌍극자 배열 탐사가 수직탐사에 대해 갖는 큰 단점의 하나로 볼 수 있다. 이러한 난점을 해결하기 위해서 임의의 지하구조에 대한 이론치를 계산할 수 있는 컴퓨터에 의한 수치 모델링방법 및 역산법(numerical inversion)을 이용하였다.

이번 탐사에 적용한 쌍극자배열법(雙極子排列法 : Dipole-Dipole Array)은 한 쌍의 전류전극과 다른 한쌍의 전위전극 간격 a를 30m로 하고 측정 간격을 30m,, 60m, 90m, 120, · · 으로 30m씩 단계적으로 이동하면서 각 측점에서의 전위차를 측정하여 겉보기비저항치(外見比抵抗値 : Apparent resistivity)를 구하고, 측점간격이 멀어지면 탐사깊이도 깊어지므로, 한 측선을 전개해 나가면 외견비저항의 2차원단면을 얻게 되고, 단면상에서 등비저항곡선도를 작성하여 전기비저항

분포이상대(異狀帶:Anomaly zone)를 파악하였다.

측선의 길이는 현장여건에 따라 조정하였으며, n=8을 택하여 가탐심도를 100m이상 되게 하였다.

수치모델링 역산비저항 해석자료에서는 각 쌍극자 측선별 겉보기비저항 가단면도, 계산된 이론자료의 겉보기비저항 가단면도 그리고 역산결과 해석된 진비저항분포를 칼라영상화한 2차원 단면 구조도를 도시하였다.

겉보기비저항 가단면도는 겉보기비저항의 분포양상을 천부에서 심부로 갈수록 차례로 저비저항대(청색부), 중간비저항대(녹색부), 고비저항대(적색부)로 나타난다.

2차원 비저항단면 구조도는 각 측선별 현장자료를 입력자료로하여 유한차분법 모델링(FDM modeling)과 평활화 제한을 가한 2차원 자동역산(Automatic 2-D inversion)을 수행한 결과로 지하의 진비저항 분포를 도시한 것이다.

이론자료의 겉보기비저항 가단면도는 각 측선에 대한 전기비저항 탐사자료의 역산결과, 계산된 이론 겉보기비저항 가단면도를 도시한 것이다. 이들은 현장 겉보기비저항 가단면도에 비하여 다소 부드러워 졌으며, 겉보기비저항 분포는 매우 유사하게 나타난다.

이러한 점은 현장자료를 입력자료로하여 수행한 자동역산의 결과가 진비저항 분포를 갖는 각 측선의 2차원적 지하모형이 현장자료에 대한 유일해(Unique solution)는 아니라도 수학적으로 안정적인 해(Stable solution)가 될 수 있음을 의미한다.

따라서 역산결과에 대한 객관적인 타당성, 합리성을 부여할 수 있다. 그리고 진비저항 분포도는 고(적색), 저(청색) 및 중간(녹색) 비저항 암체로 구분이 가능하며, 이와 같은 구분은 본 조사지역에 분포하는 암체를 각각의 전기비저항 특성을 갖는 암체로 특징화할 수 있음을 의미한다.

고비저항 암체는 상당히 신선하고 치밀·견고한 암반이며, 저비저항 암체는 상대적으로 절리나 균열대, 단층등 파쇄대의 발달이 양호한 암반을 뜻하거나 천부풍화대 등에 의한 영향임을 의미한다. 또한 중간 비저항 암체는 상기 암체 특성의 중간적인 비저항 특성을 보이는 암상이라 하겠다. 그러므로 관심대상인 저비저항 암상은 전기구조적인 환경(Geoelectric structural environment)으로서 지하수가 유동, 집적되어 부존가능성이 가장 높은 부분인 것으로 간주할 수 있다.

한편, 위와 같이 구분한 암상이 각각의 물리적 특성을 갖는 암체라 할 때 상호

접하는 접촉대는 암상이 바뀌는 전이대(Transitional zone)로써 비저항변화율(Resistivity gradient) 이 특히 큰 부분일수록 암상이 급격히 변화함을 지시한다. 이러한 의미에서 이들이 단층파쇄대나 암반균열대 등의 약대라는 해석기준이 된다.

이러한 전기적 비저항대의 구분은 암반에 대한 지하수탐사에서 중요한 의미를 갖는다. 즉, 외국의 경우 지하수 유동 및 집적이 투수성이 높은 사암층 등의 대다수 퇴적암층이 층서적인 대수층의 역할을 하는데 반하여, 우리나라와 같이 지하수 유동이 이루어지는 투수성이 높은 퇴적암의 분포가 적은 기반암체 내에서는 파쇄대가 중요한 대수층의 역할을 하게 된다. 이는 비저항의 분포상태를 결정하는 구조선이 지하수의 유동통로 역할을 하는 확률이 높기 때문이다. 그러나 전기비저항 탐사에 의해 지하수함양에 유리한 지하구조를 보인다 할지라도 그 구조사이를 채우는 물질의 특성에 의해 지하수산출과 유동이 좌우된다. 예를 들어 지하단층 구조사이에 암석쇄설물인 단층 각력이 존재할 경우에는 높은 지하수 산출을 보일 수 있고, 파쇄된 정도가 더욱 심하여 파쇄면 사이에 단층점토등의 세립물질들이 존재할 경우 지하수 함유율은 높으나 오히려 지하수 유동을 방해하는 구조로 작용할 수 있어 그 여부는 탐사 후 시추조사나 공내 TV검층 등을 이용해 더 자세히 조사할 수 있다.

위에서 기술한 바와 같은 관점에서 탐사결과를 측선별로 분석하면 다음과 같다.

○ E1측선

E1 측선은 두마면 유동리의 도로부를 따라 탐사를 실시하였다. 그림 3-6 쌍극자 탐사 결과도에서 2차원 비저항 단면 구조도는 고심도일수록 비저항값이 증가하는 양상을 보여준다. 다만 비저항치가 측선상단부에서 낮게 분포하는 것으로 보아 이 지점들이 지하수 보존가능성이 상대적으로 높을 것으로 판단된다.

○ E2측선

E2 측선은 두마면 송정리의 하천인근 답작지역을 따라 탐사를 실시하였다. 측선좌우측에 고저비저항 분포양상이 비교적 구분되는 것으로 보아 경계부인 측점 11번이 지하수 유동에 유리한 것으로 판단된다.

○ **E3측선**

E3 측선은 연산면 연산리의 하천부근을 따라 탐사를 실시하였다. 그림 3-7 탐사결과도의 2차원 비저항단면구조도에서 심도가 증가할수록 비저항값이 점차 증가하며 이중 다소간의 변화가 보이는 측점 12번 부근이 지하수 유동에 유리한 것으로 판단된다.

○ **E4측선**

E4측선은 연산면 사포리인근에서 탐사를 실시하였으며, 비저항이 상대적으로 낮게 나타나는 측점 13 - 14번 부근이 지하수 부존가능성이 높으리라 판단된다.

○ **E5측선**

E5측선은 연산면 어은리부근에서 측정을 하였으며, 비교적 주위보다 연약상태를 보이는 측점 10 -12번 부근에서 지하수 부존가능성이 높으리라 판단된다.

○ **E6측선**

E6측선은 상월면 지경리인근에서 측정을 하였으며 E2측선과 유사한 양상으로 비저항분포를 나타내며 고저비저항경계인 측점10번 인근이 지하수 유동에 유리하리라 판단된다.

○ **E7측선**

E7측선은 양촌면 반곡리 인근에서 탐사를 실시하였으며, 전측선에 걸쳐서 심도에 따라 비저항치가 비례하여 증가함에 따라 특별한 이상대를 발견할 수가 없다.

○ **E8측선**

E7측선은 가야곡면 왕암리에서 측정을 하였으며, 측선하부심도에서 저비저항치를 보이는 4번 그리고 고비저항분포경계부인 9번 부근에서 지하수유동가능성이 높으리라 판단된다.

○ **E9측선**

E9측선은 양촌면 신기리에서 탐사를 실시하였으며, 측선 전반적으로 낮은 비저항치를 보여 비교적 연약한 암반일 것으로 추정된다.

○ **E10측선**

E10측선은 연무읍 신화리 인근 답작지역에서 탐사를 실시하였으며, 측선에서 고비저항경계부인 측점 10 - 11번 인근에서 지하수유동가능성이 높으리라 판단된다.

○ **E11측선**

E11측선은 성동면 병촌리 인근에서 탐사를 실시하였으며 측선 좌측부가 매우 낮은 비저항을 보이는 것으로 보아 연약대가 발달됐을 것으로 보여, 지하수 부존가능성이 높으리라 판단된다.

○ **E12측선**

E12측선은 광석면 산동리에서 탐사를 실시하였으며 최좌측부를 제외한 측선전반적으로 매우 높은 비저항치를 보이는 것으로 보아 지하수 부존가능성은 낮으리라 판단된다.

○ **E13측선**

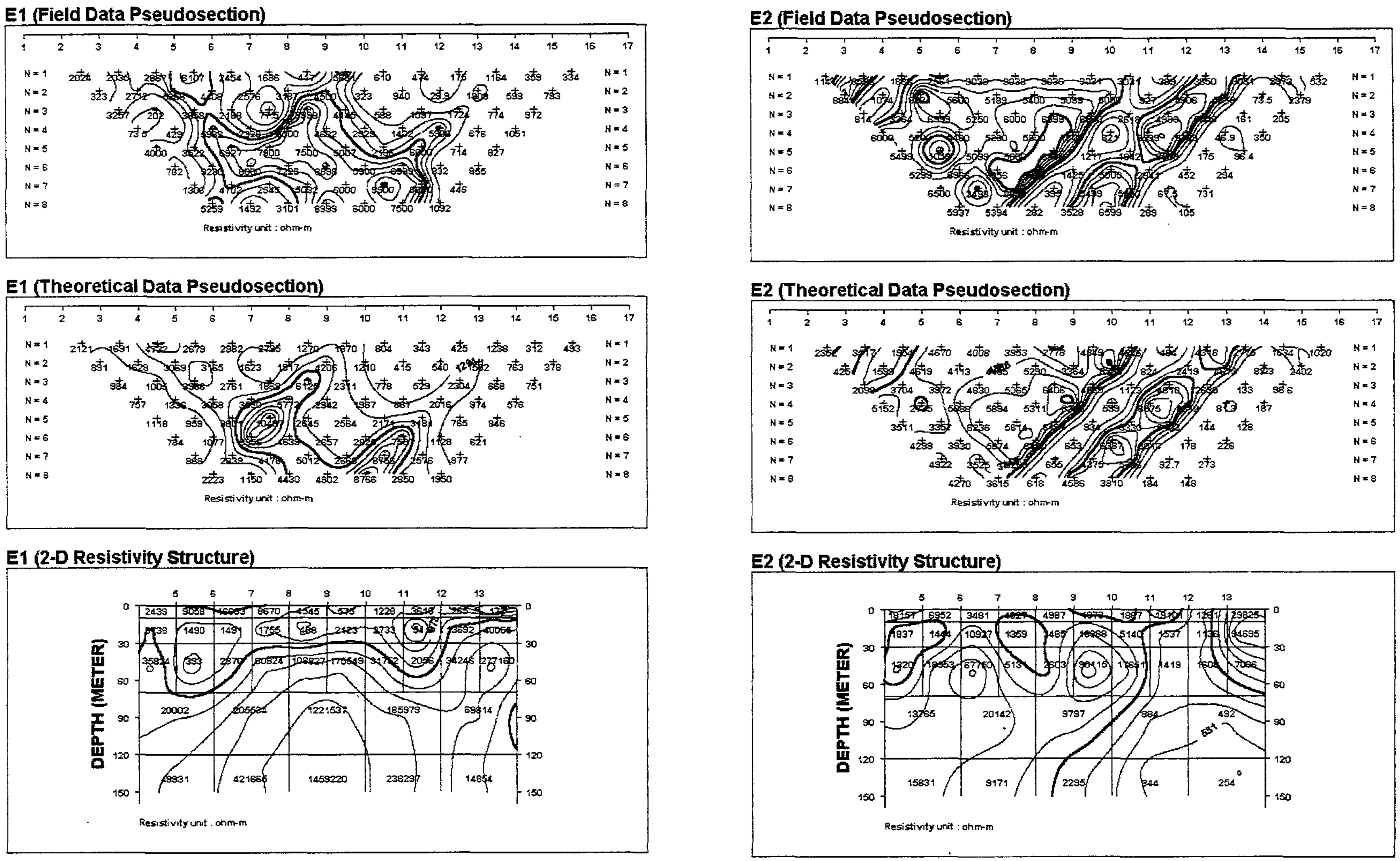
E13측선은 노성면 장구리에서 측선을 설치하였으며 측선전반에 걸쳐 심도에 따라 비저항치가 증가하는 것으로 보아 부존가능성은 낮으리라 판단된다.

○ **E14측선**

E14측선은 부적면 금성리 경지정리지역에서 탐사를 실시하였으며, 측선전반에 걸쳐 심도에 따라 비저항치가 증가하는 것으로 보아 지하수 보존가능성은 낮으리라 판단된다.

○ **E15측선**

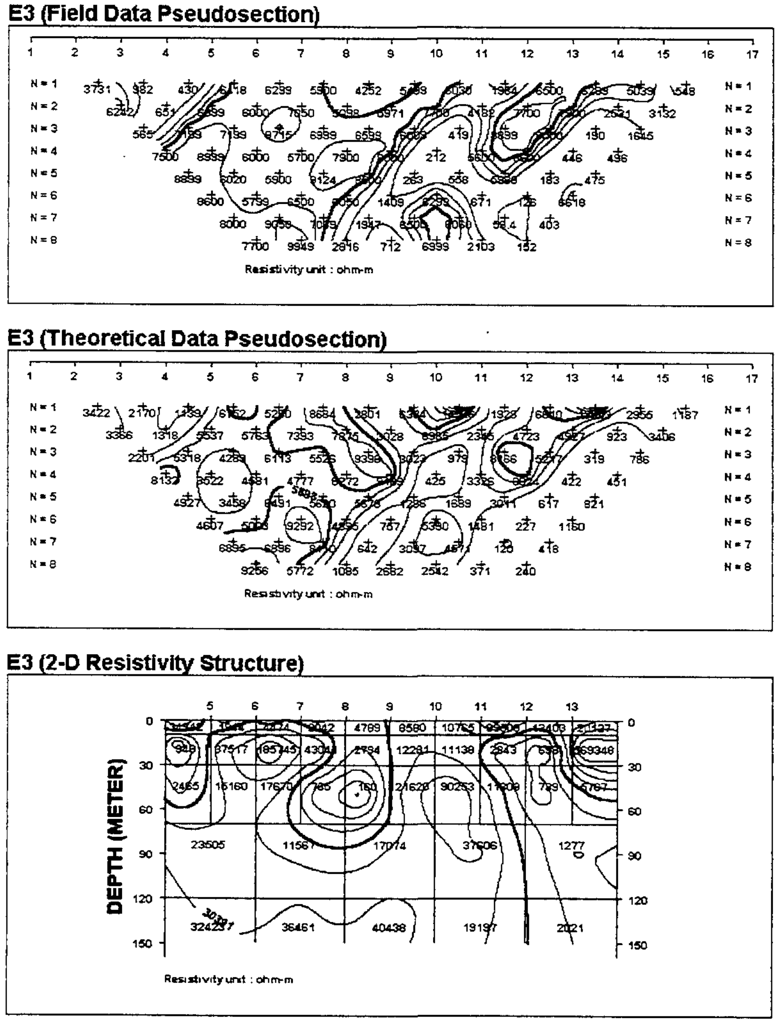
E15측선은 벌곡면 덕곡리의 곡간부에 위치한 답작지역에서 탐사를 실시하였으며, 인근의 하상 및 산악지형에 의한 것으로 보이는 고비저항치를 측선전반에 걸쳐 발견할 수 있으며, 따라서 지하수 부존가능성은 매우 낮으리라 판단된다.



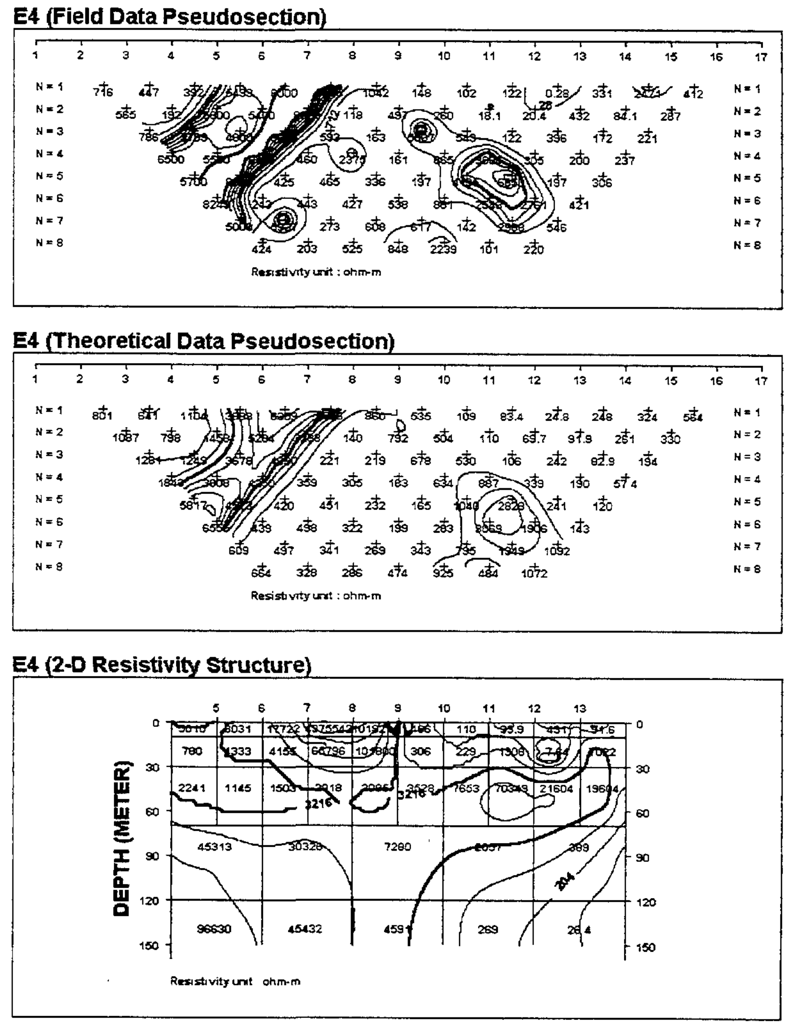
측선 E1

측선 E2

< 그림 3-6> 측선 E1, E2쌍극자 탐사 결과도

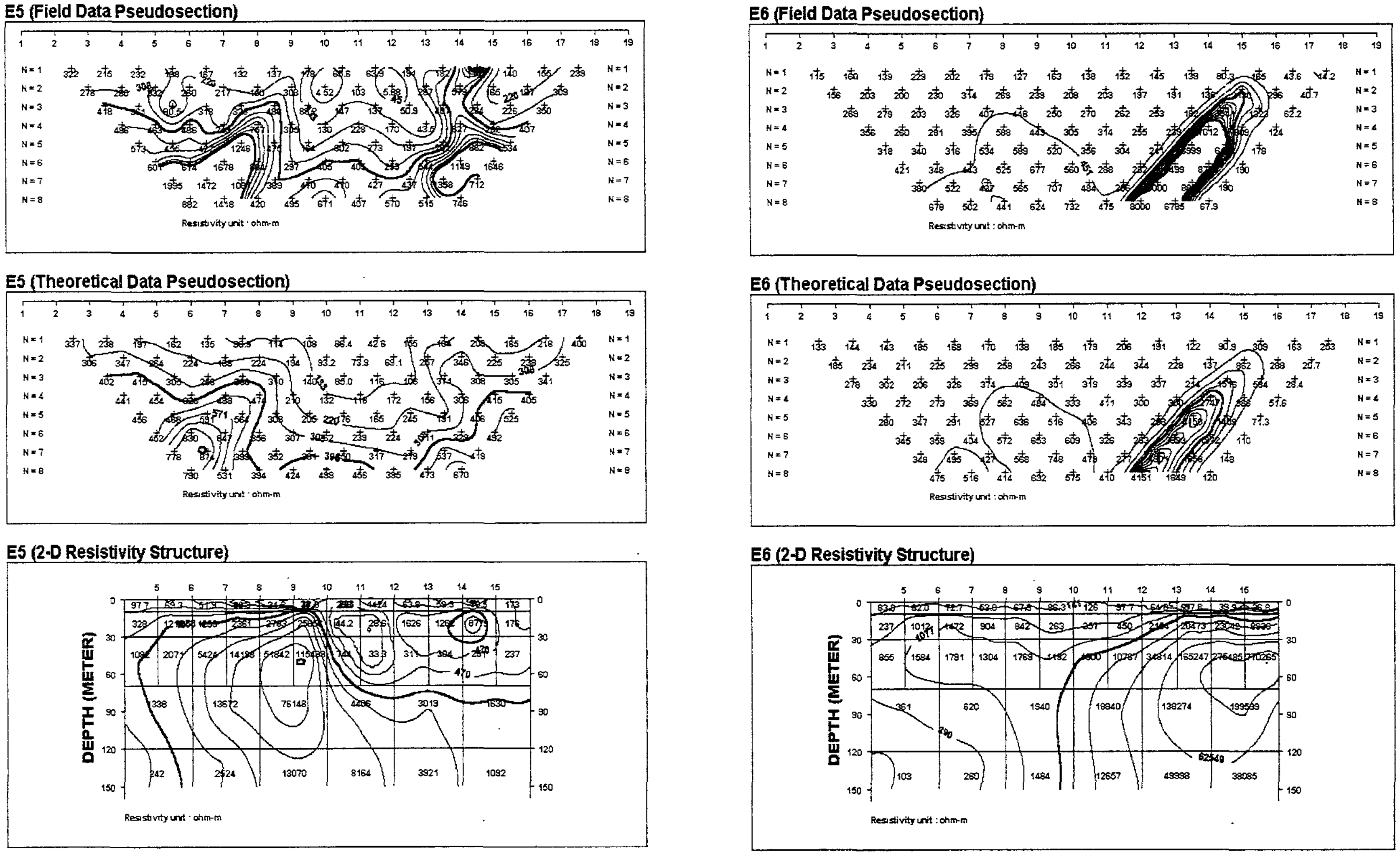


측선 E3



측선 E4

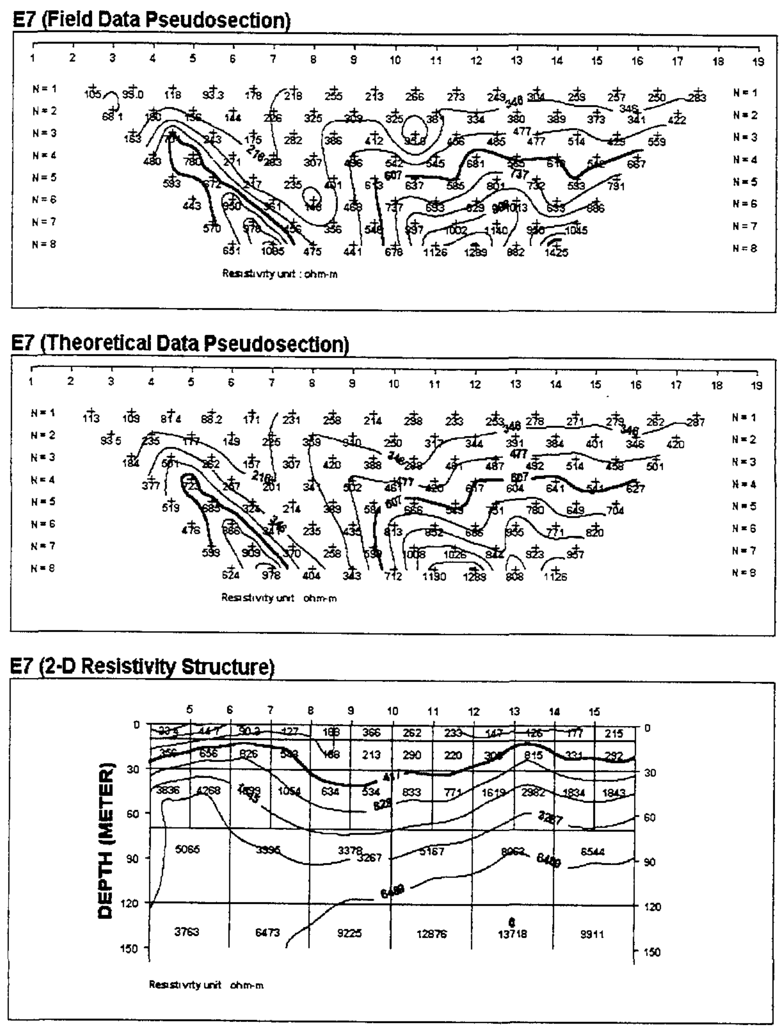
< 그림 3-7> 측선 E3, E4 쌍극자 탐사 결과도



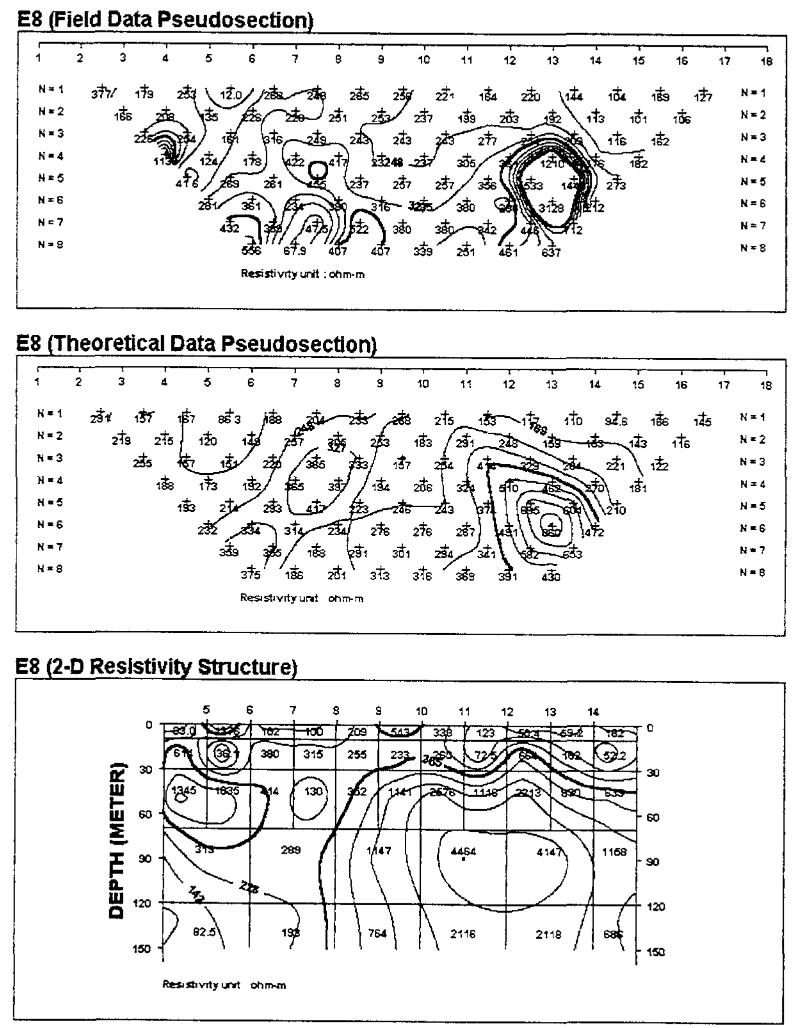
측선 E5

측선 E6

< 그림 3-8> 측선 E5, E6쌍극자 탐사 결과도

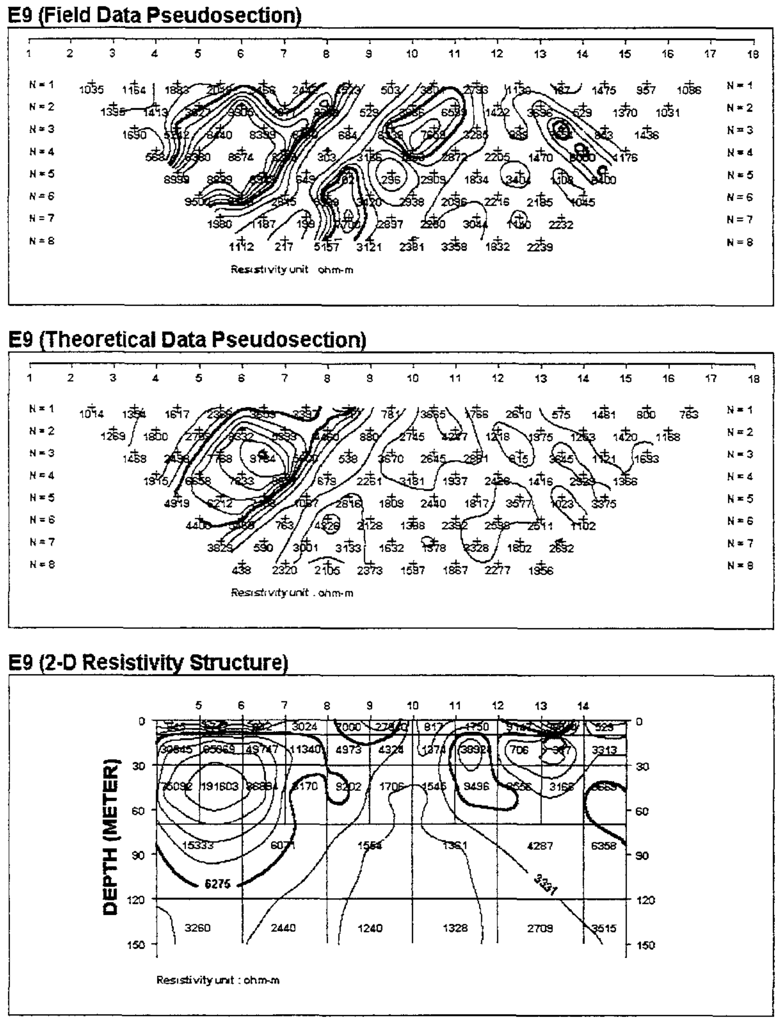


측선 E7

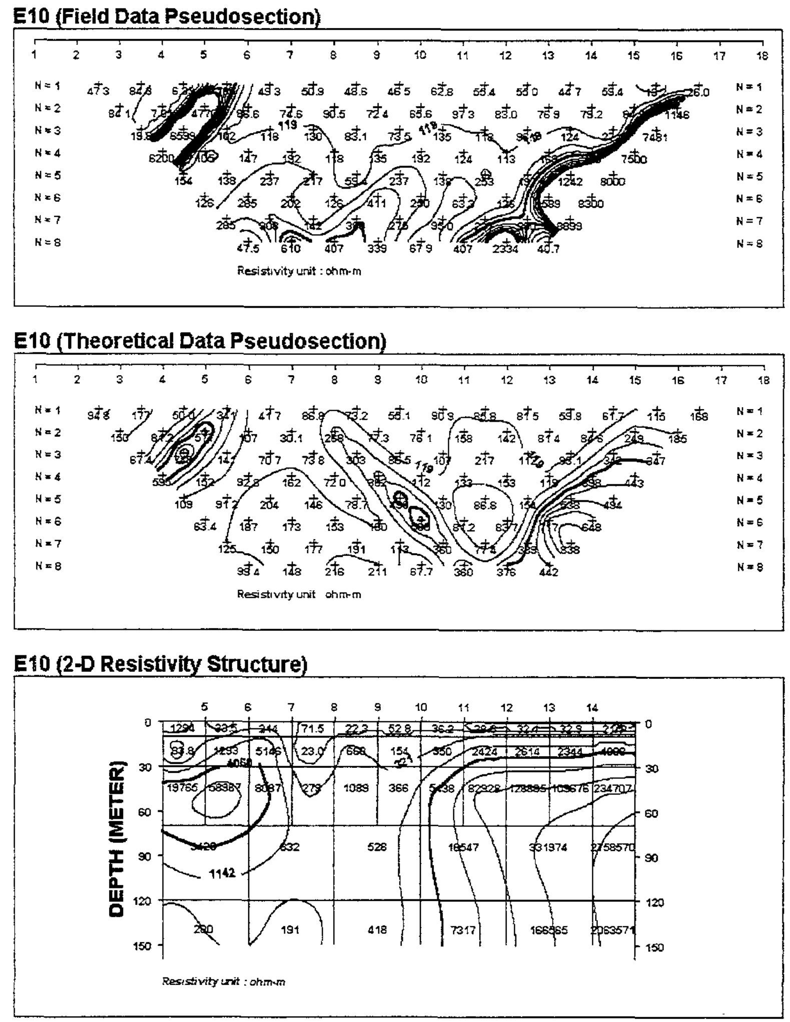


측선 E8

< 그림 3-9> 측선 E7, E8쌍극자 탐사 결과도

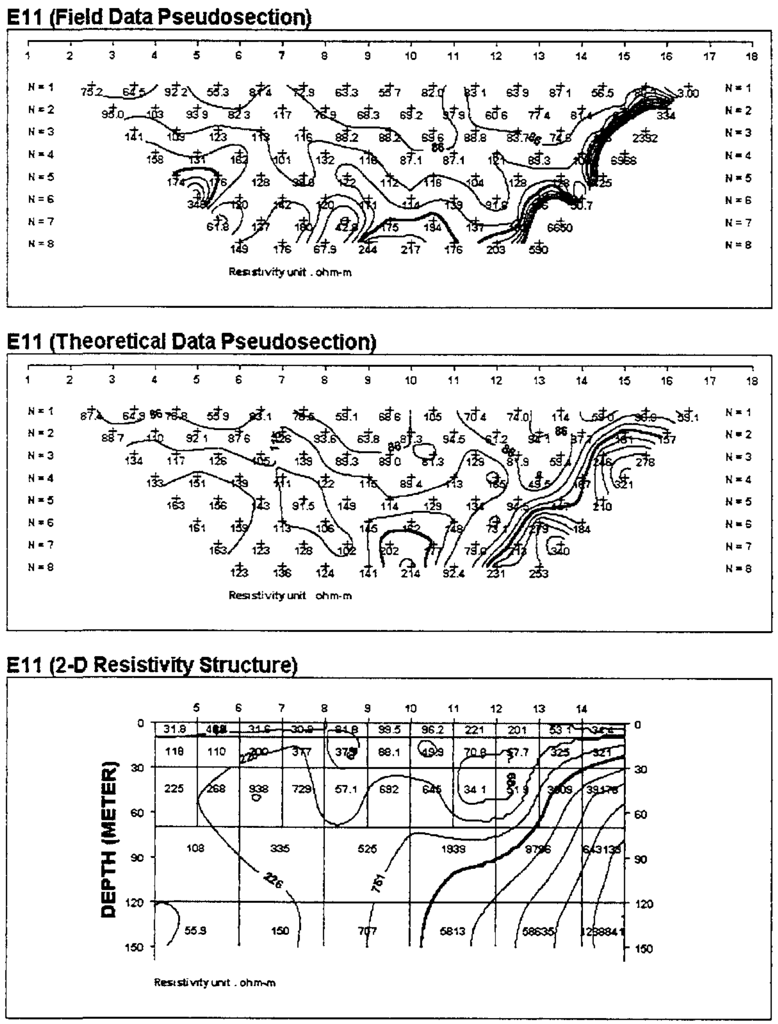


측선 E9

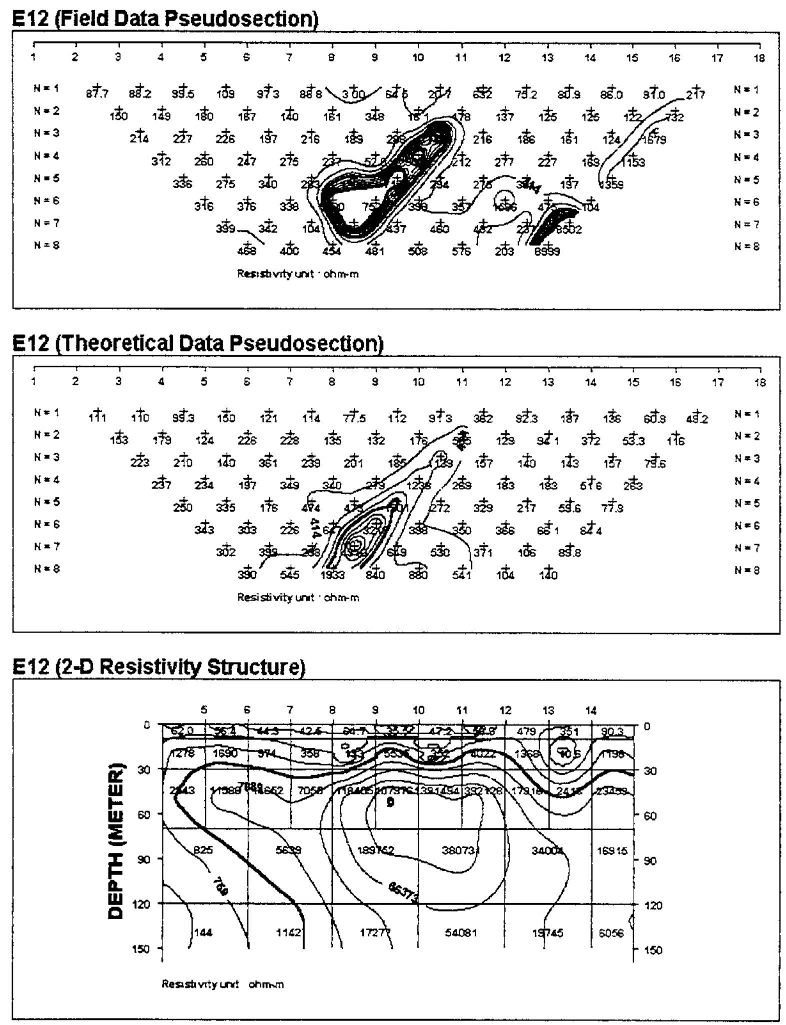


측선 E10

< 그림 3-10> 측선 E9, E10쌍극자 탐사 결과도



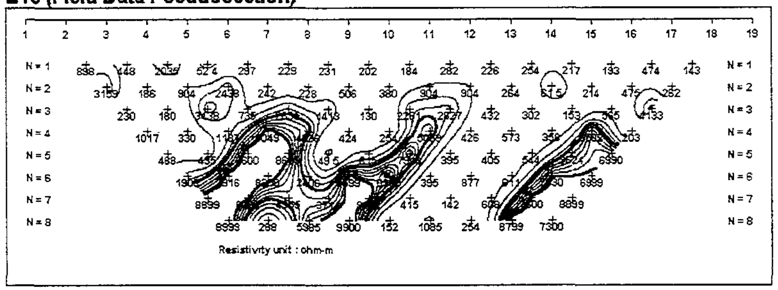
측선 E11



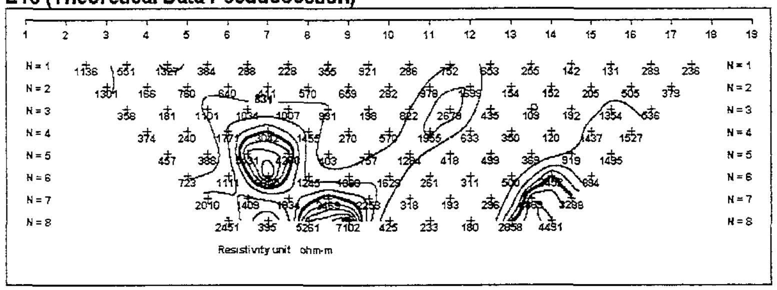
측선 E12

< 그림 3-11> 측선 E11, E12쌍극자 탐사 결과도

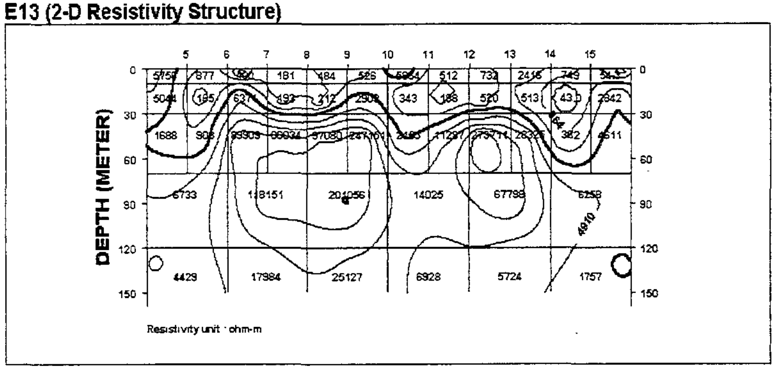
E13 (Field Data Pseudosection)



E13 (Theoretical Data Pseudosection)

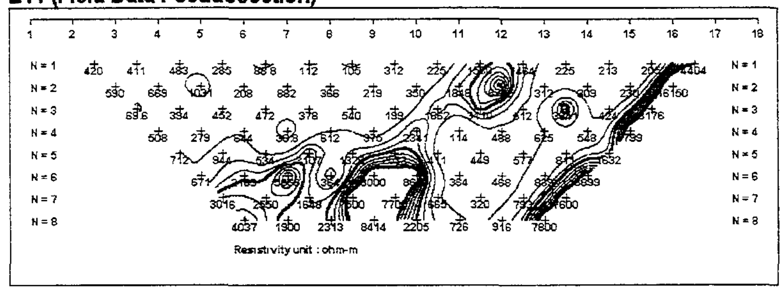


E13 (2-D Resistivity Structure)

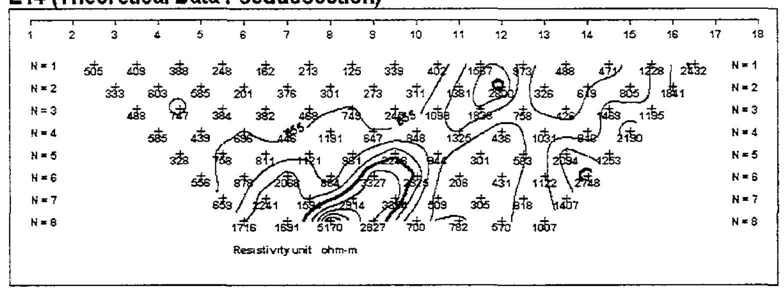


측선 E13

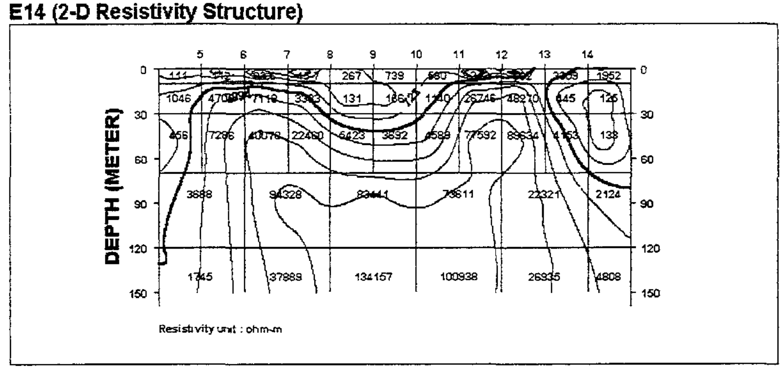
E14 (Field Data Pseudosection)



E14 (Theoretical Data Pseudosection)

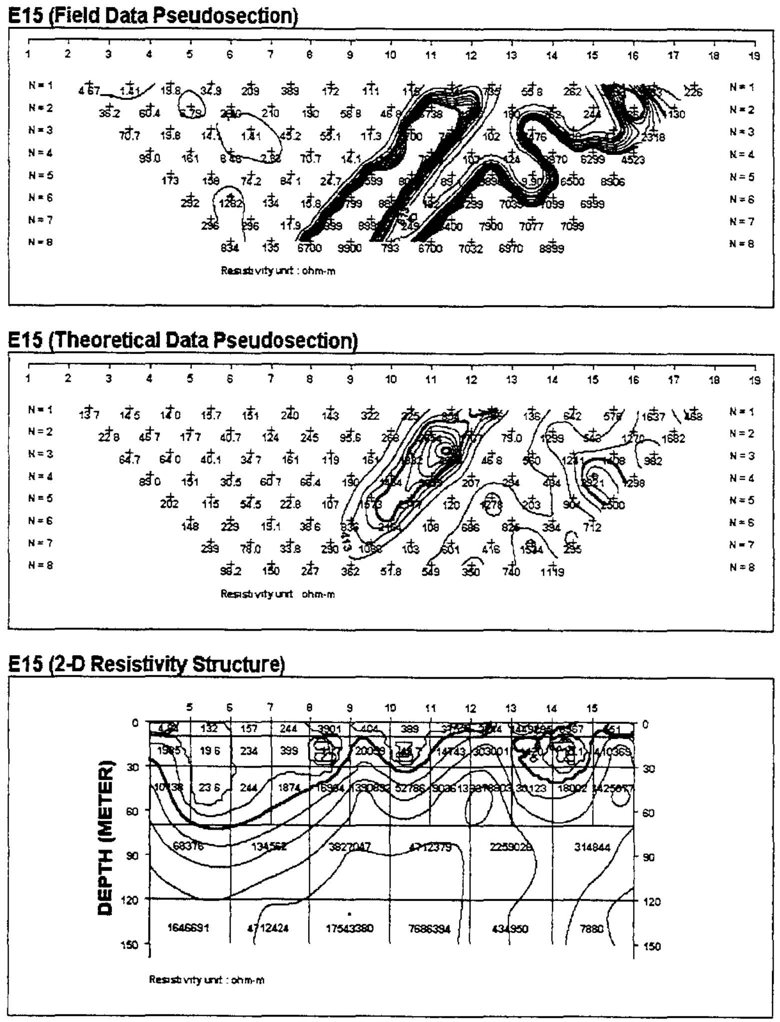


E14 (2-D Resistivity Structure)



측선 E14

< 그림 3-12> 측선 E13, E14쌍극자 탐사 결과도



측선 E15

< 그림 3-13> 측선 E15쌍극자 탐사 결과도

3-3. 양수시험

양수시험은 착정된 지하수관정으로부터 적정량의 지하수를 충전 혹은 채수함으로서 발생하는 대수층 수위상승 및 수위강하 자료를 이용하여 대수층의 수리적 성질을 결정하기 위하여 시행하는 것이다. 조사지역 대수층의 수리적 특성을 파악하기 의하여 지역내에 분포하는 암반관정 15개소에 대해 지하수리 특성을 조사하였다.

대수층의 수리적 특성은 수리상수로 표현되는데, 이는 양수정, 적절한 여건을 갖춘 관측정 또는 양수정에서 수위변화를 관측함으로서 얻을 수 있다. 특히, 장기양수시험과 수위회복시험의 의미는 조사공의 대수층상태에 대한 수리상수를 산출하는 데 있으며, 이는 투수량계수(T)와 저류계수(S)로 표현된다.

<표. 3-1> 양수시험 총괄표

관정번호	위 치	심도	양수량 (m^3/D)	자연수위 (m)	안정수위 (m)	투수량계수 (m^2/day)	저류계수
D001	태운면우기리	150	354	7.2	32.8	12.21	0.005662
D002	태운면 우기리	150	354	6.47	38.43	16.64	0.000001875
D003	태운면 우기리	150	233	6.47	38.43	7.84	0.000001198
D004	태운면 우기리	150	345	1.93	32.53	15.32	5.662E-07
D005	노성면 병사리	150	402	2.14	32.01	20.38	5.662E-07
D006	노성면 병사리	143	327	4.3	29.41	20.36	5.662E-07
D007	노성면 병사리	150	327	10.45	37.72	18.06	5.662E-07
D008	노성면 병사리	150	422	36.32	47.44	54.48	5.662E-07
D009	양촌면 오산리	134	253	2.24	46.09	4.95	0.001722
D010	광덕면 사월리	124	102	2.24	69.72	3.996	5.662E-07
D011	광덕면 사월리	151	318	3.41	47.11	6.243	0.0007884
D012	광덕면 사월리	150	336	3.11	44.69	6.96	0.0008354
D013	광덕면 사월리	148	382	2.99	43.24	8.19	0.0008436
D015	부적면 마구평	180	253	6	64.7	3.996	0.001214
D016	부적면 마구평	180	212	5.8	64	3.996	0.0003607

투수량계수는 투수계수(K)에 대수층의 두께(B)를 곱한 것으로 표시되는 데 이는 1:1의 지하수 동수구배하에서 대수층의 전두께와 단위폭을 통해 단위시간 동안 유출되는 양을 의미하며, 그 단위는 흔히 m^3/day로 표현된다. 따라서 어떤공의 투수량계수가 크면 많은 양의 지하수를 산출시킬 수 있고 그 값이 작으면 적은 양밖에 지하수를 산출시키지 못하게 되며 이 투수량계수(T), 양수량(Q) 및 그

때의 수위강하량(s) 관계식은 다음과 같으며

$$T = \frac{QW(u)}{4\pi S} \text{ --------------------------- } \textit{Theis}\text{이론식}$$

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \triangle S} \text{ --------------------------- } \textit{Jacob}\text{근사식}$$

W(u) : 정호함수

△S : 양수시간 1 log cycle에서 수위차

양수시험에서 구한 일정 양수량(Q)에 대한 관측정 시간별 수위하강(s)로 투수계수량(T)를 구하게 된다. 특히 관측정이 없을 경우에는 양수정의 수위회복 자료를 이용하기도 한다.

저류계수(S)란, 단위수두차를 가지는 대수층에서 단위체적을 통하여 대수층내 유입 또는 유출되는 지하수량과 단위체적과의 비율로서 자유면대수층의 경우는 유효공극율과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 피압대수층의 저류계수는 자유면대수층의 그것보다 현저히 작지만(약 10^{-4} 내외) 커다란 압력을 받고 있기 때문에 많은 양을 채취할 수도 있다.

저류계수의 산출은 양수정으로부터 일정거리 떨어진 관측정의 수위하강 자료로 얻어지는 다음의 관계식으로 표시된다.

$$S = \frac{4Tt}{r^2} u \text{ --------------------------- } \textit{Theis}\text{이론식}$$

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2} \text{ --------------------------- } \textit{Jacob}\text{근사식}$$

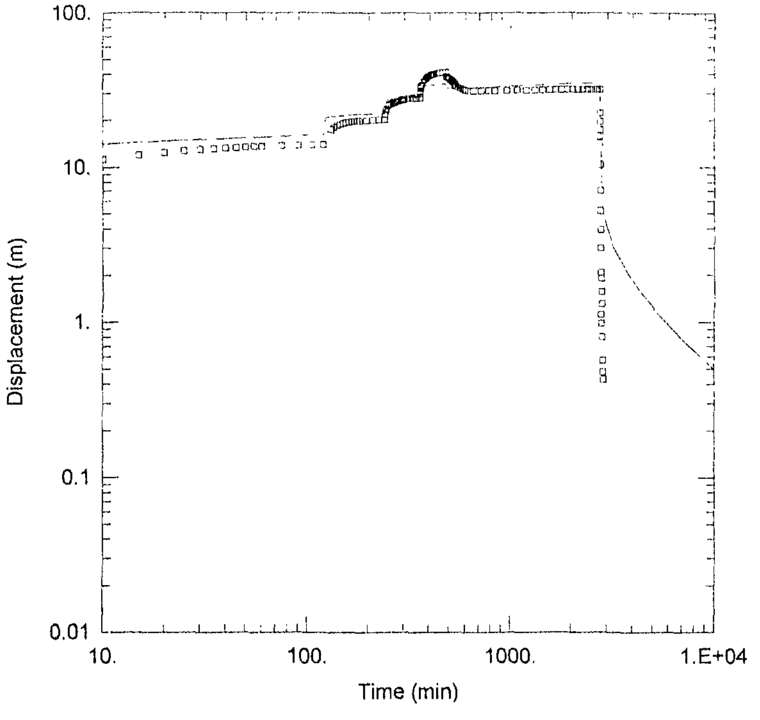
T : 투수량계수

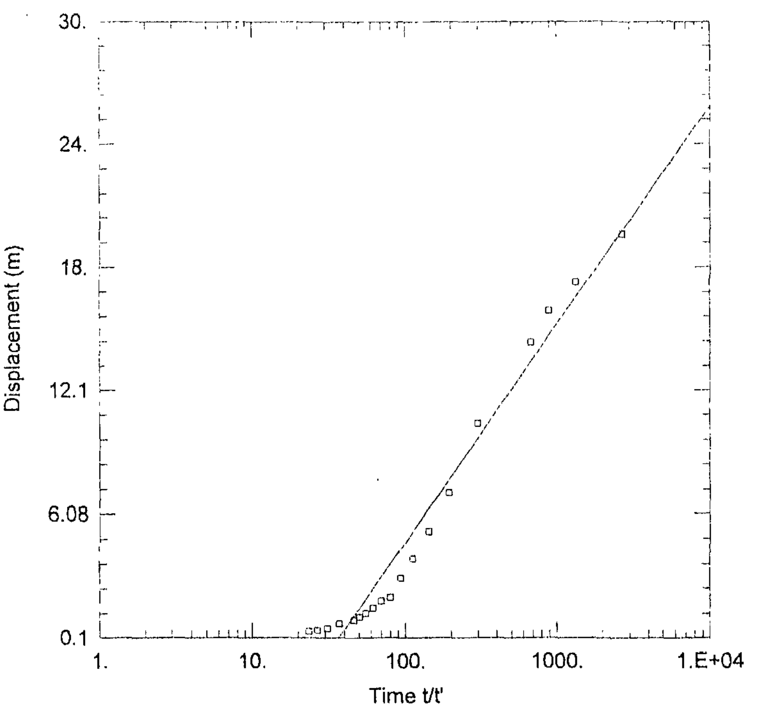
t : 양수시간

r : 양수정 관측정과의 거리

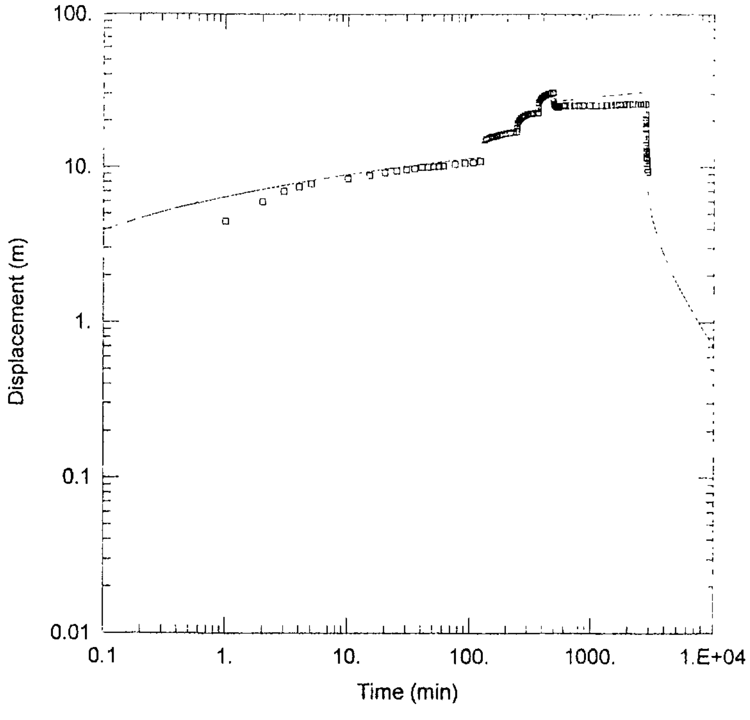
u : 정호계수

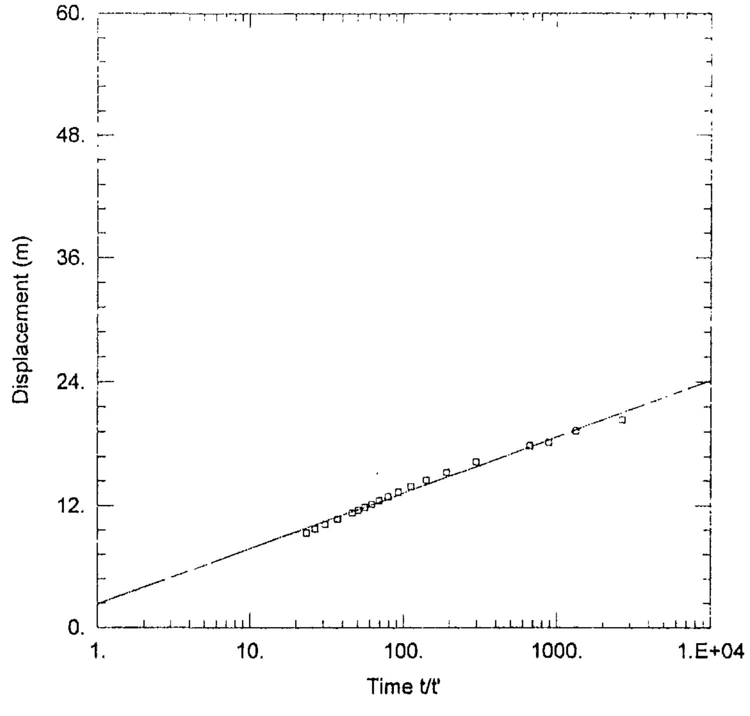
t_0 : 수위강하가 0인 지점을 만나는 교점 (시간)



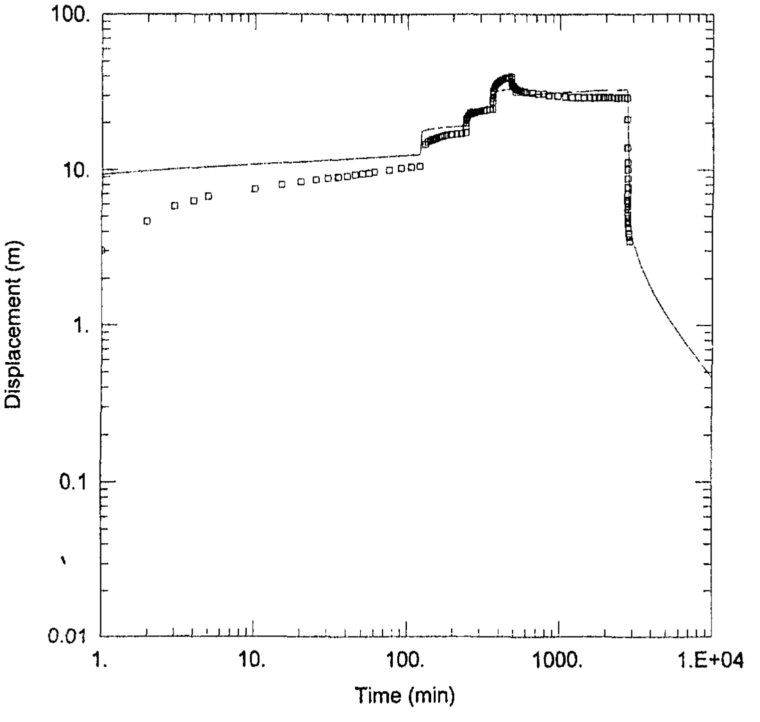


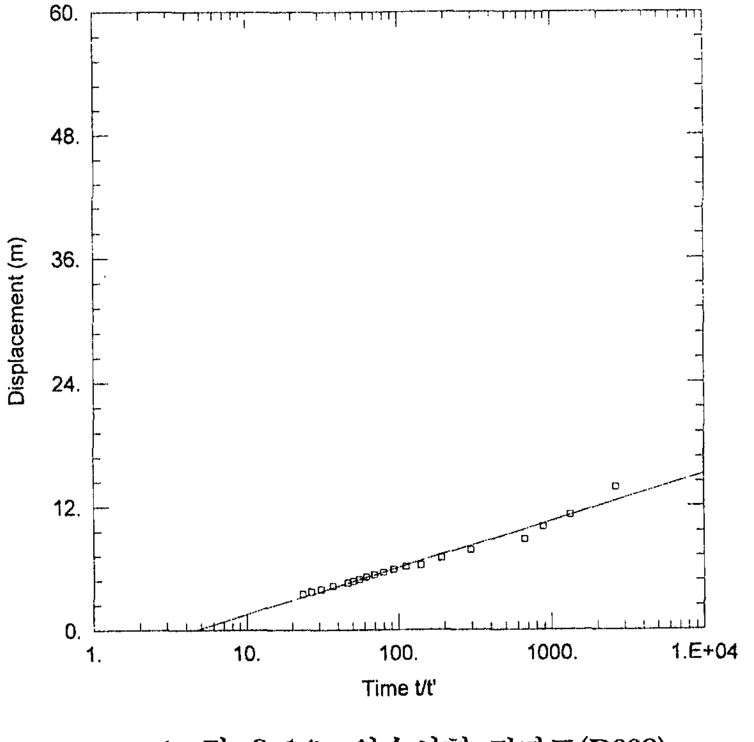
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D001)



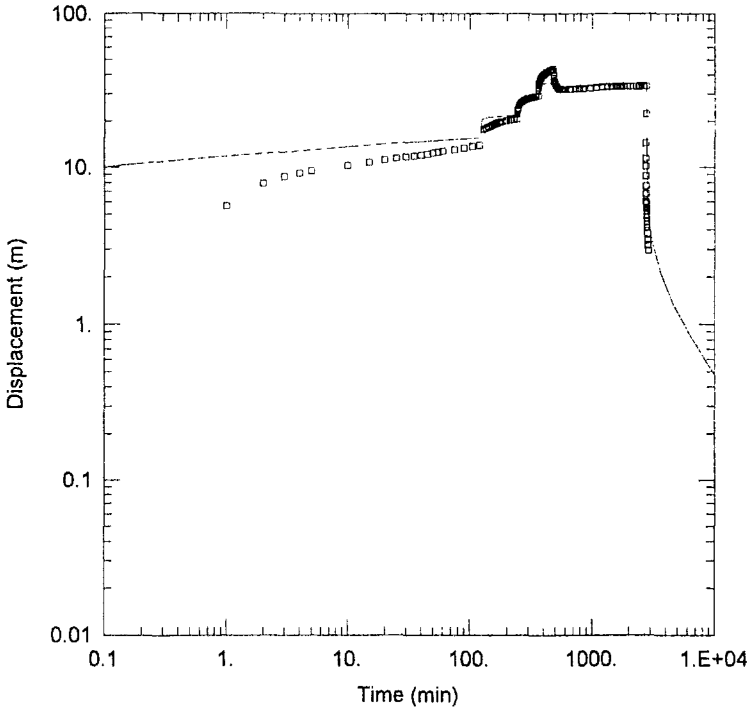


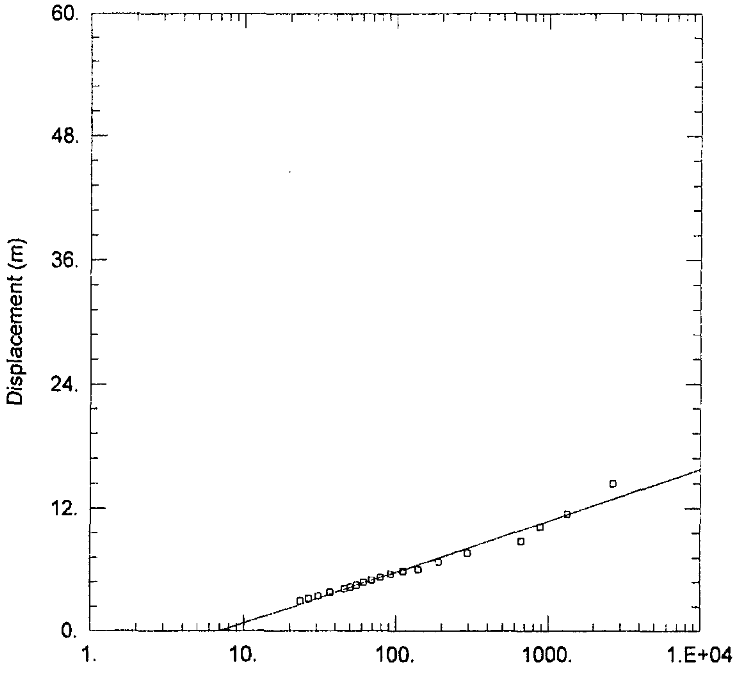
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D002)



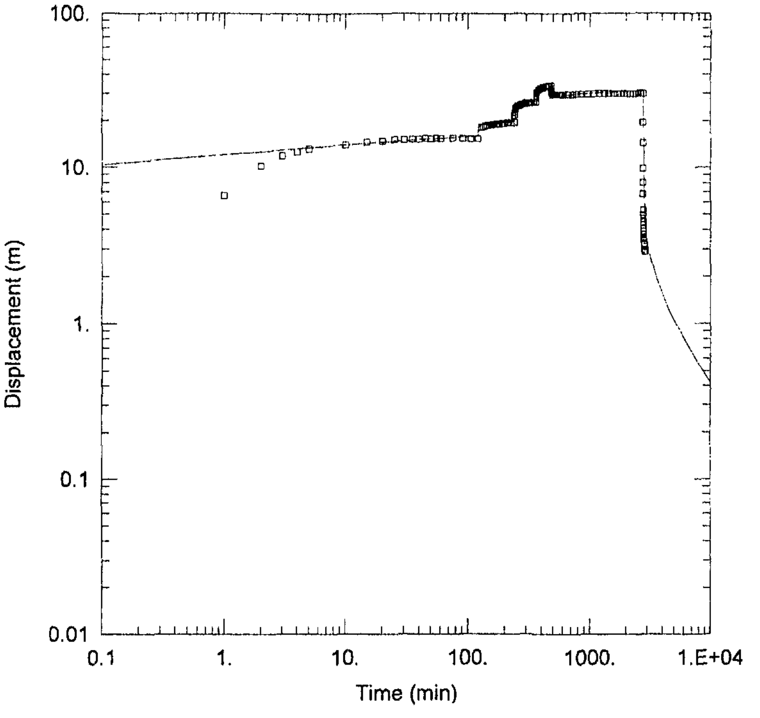


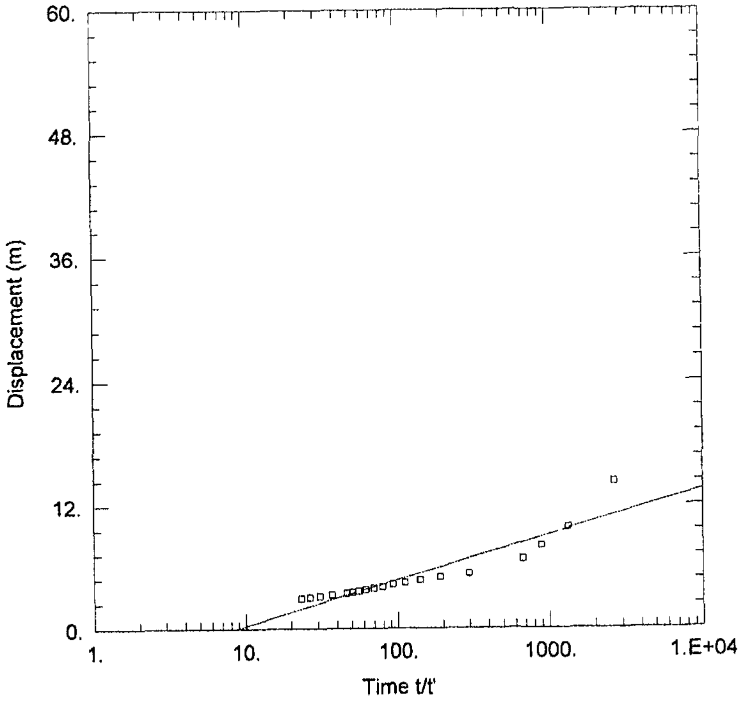
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D003)



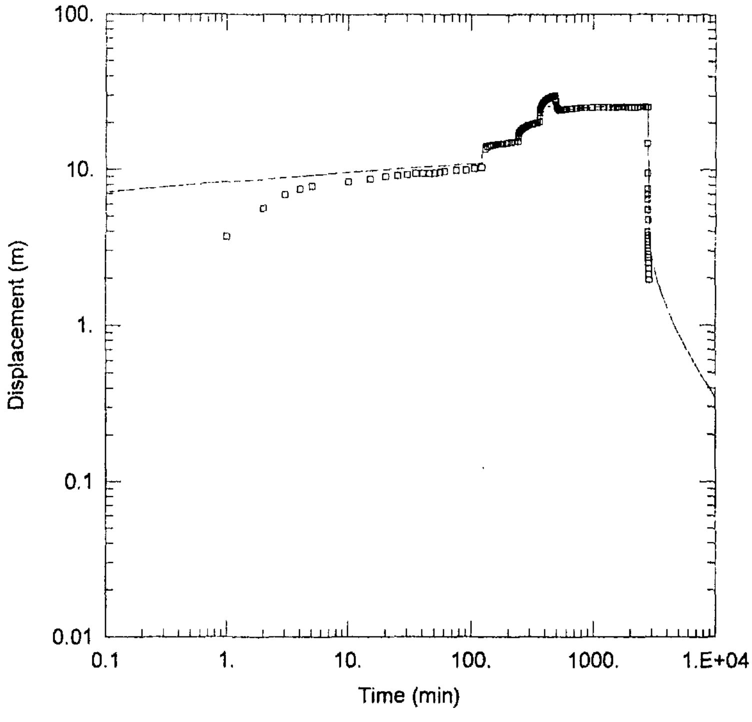


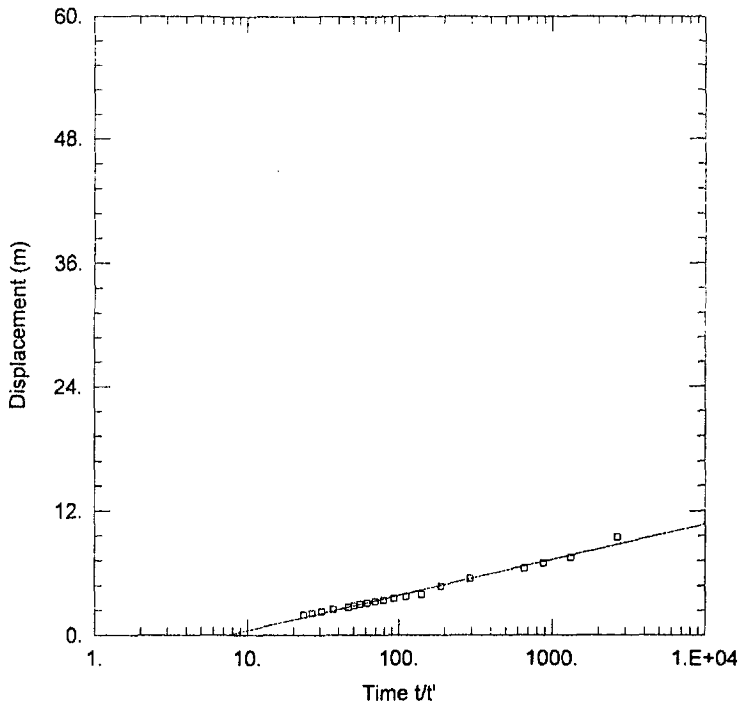
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D004)



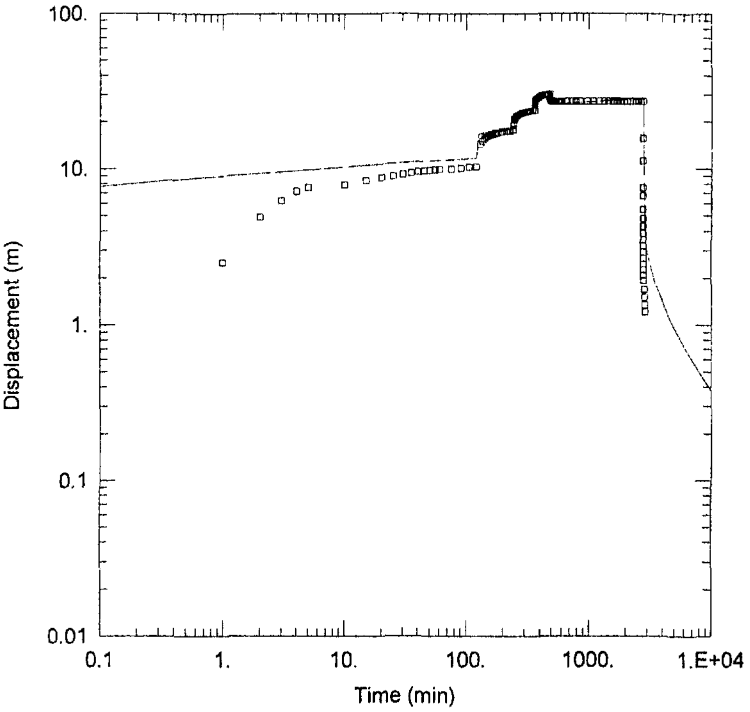


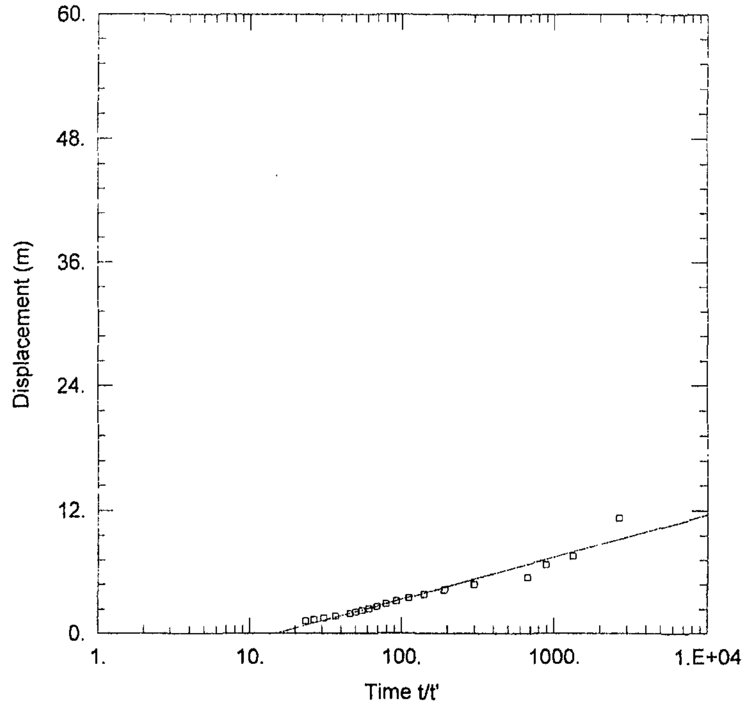
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D005)



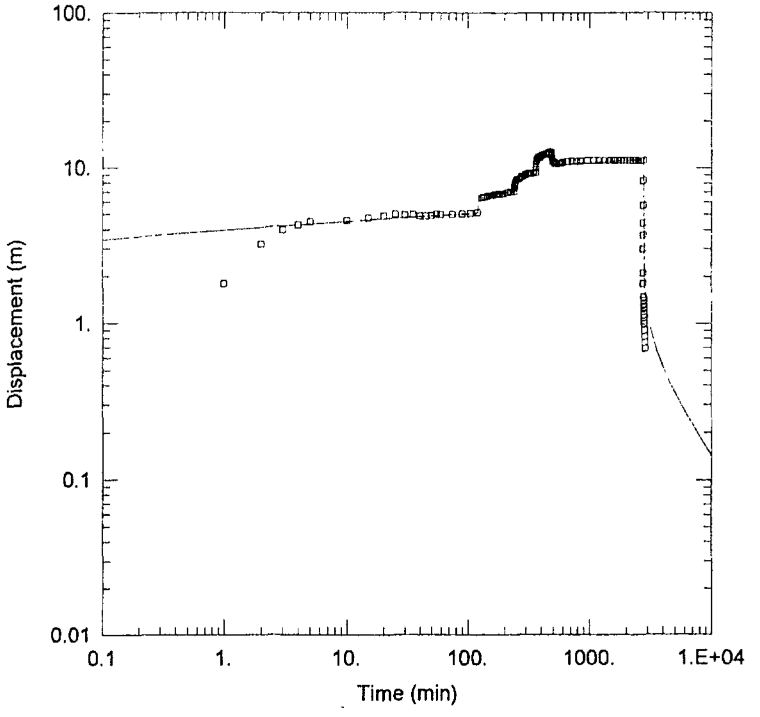


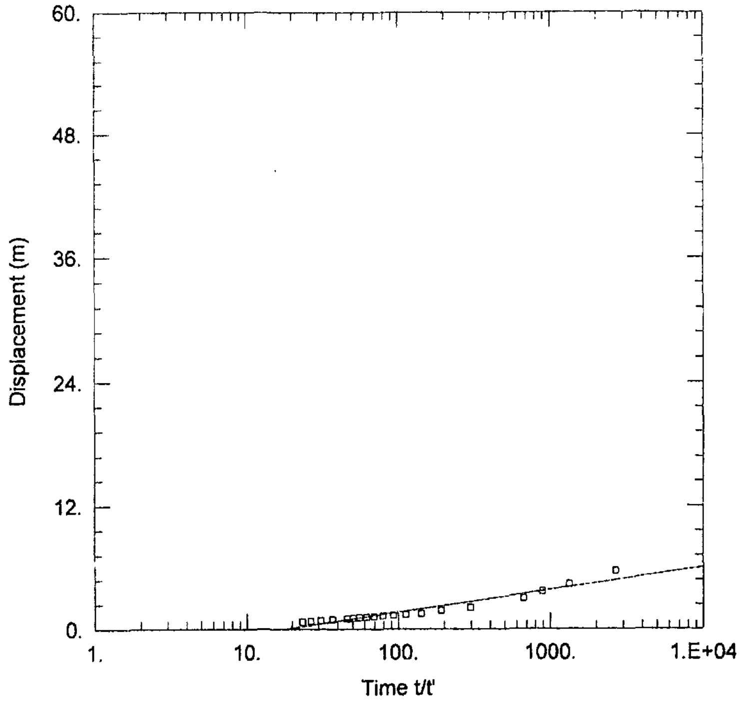
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D006)



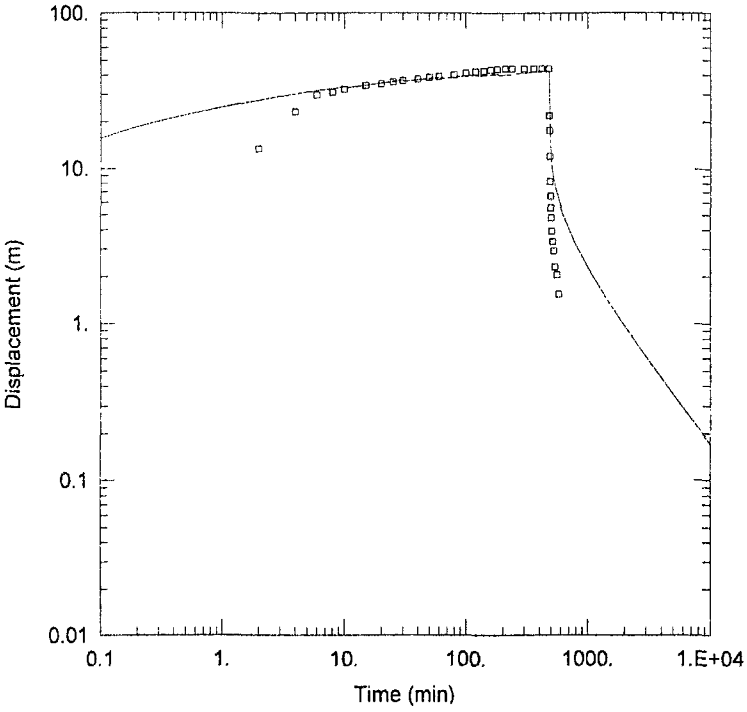


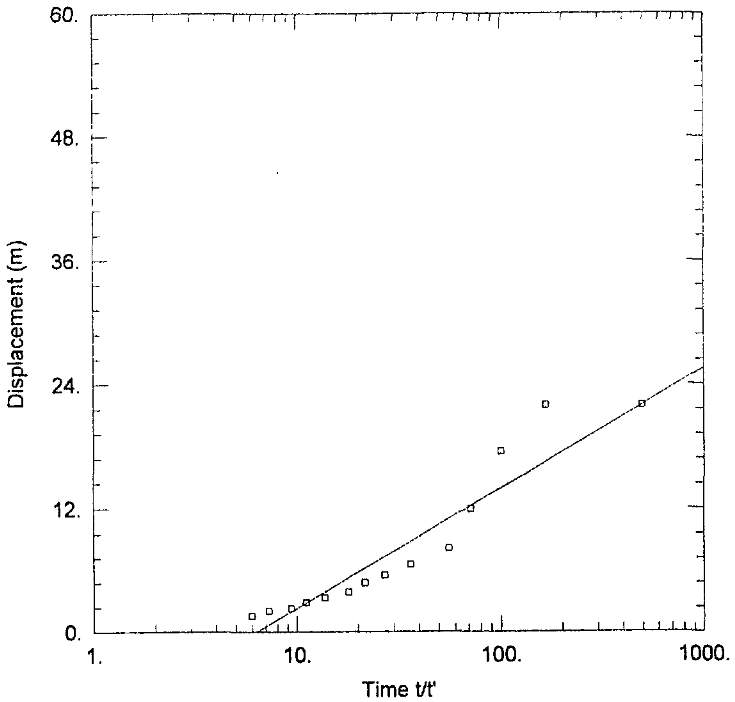
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D007)



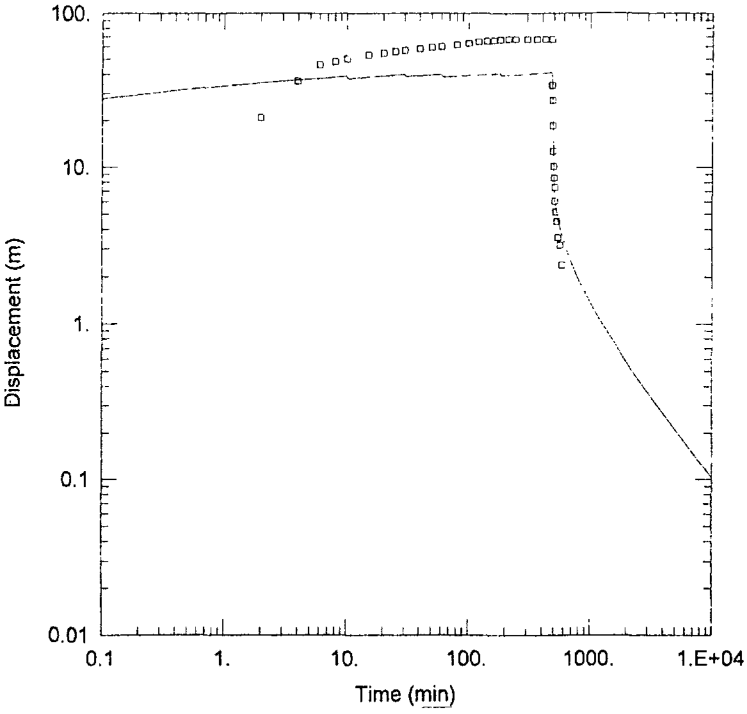


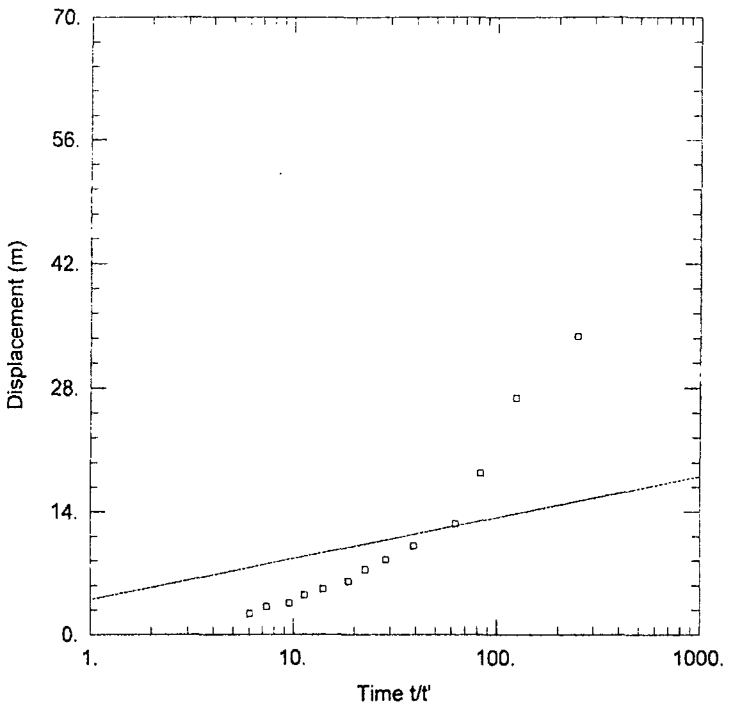
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D008)



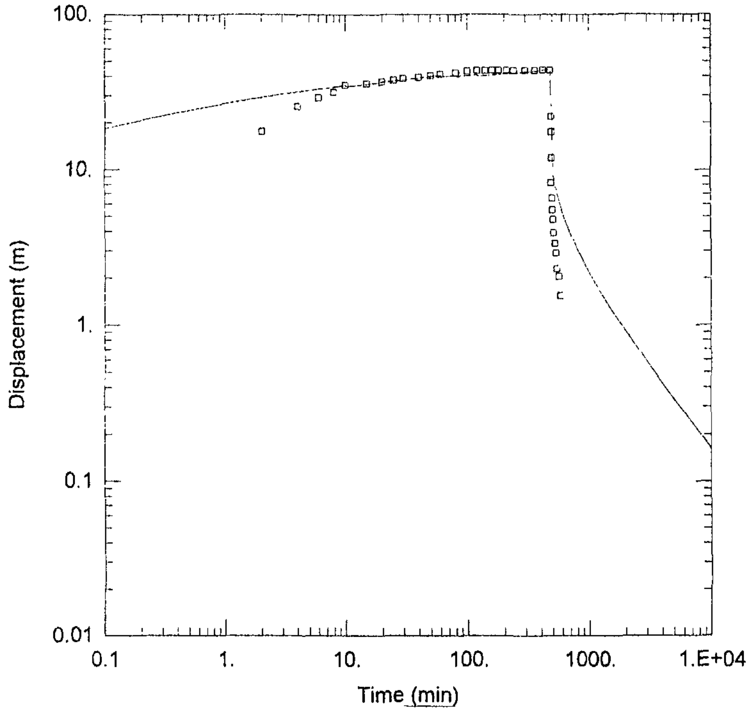


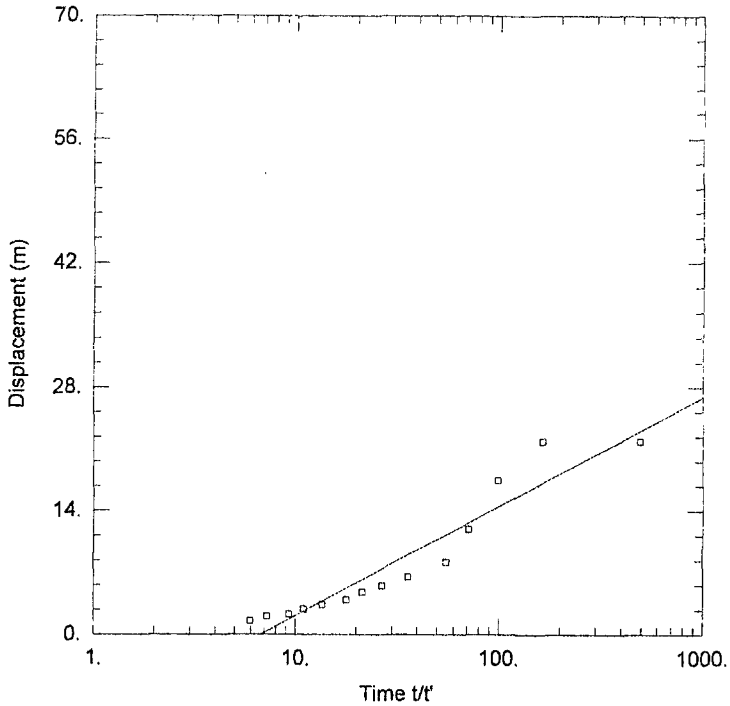
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D009)



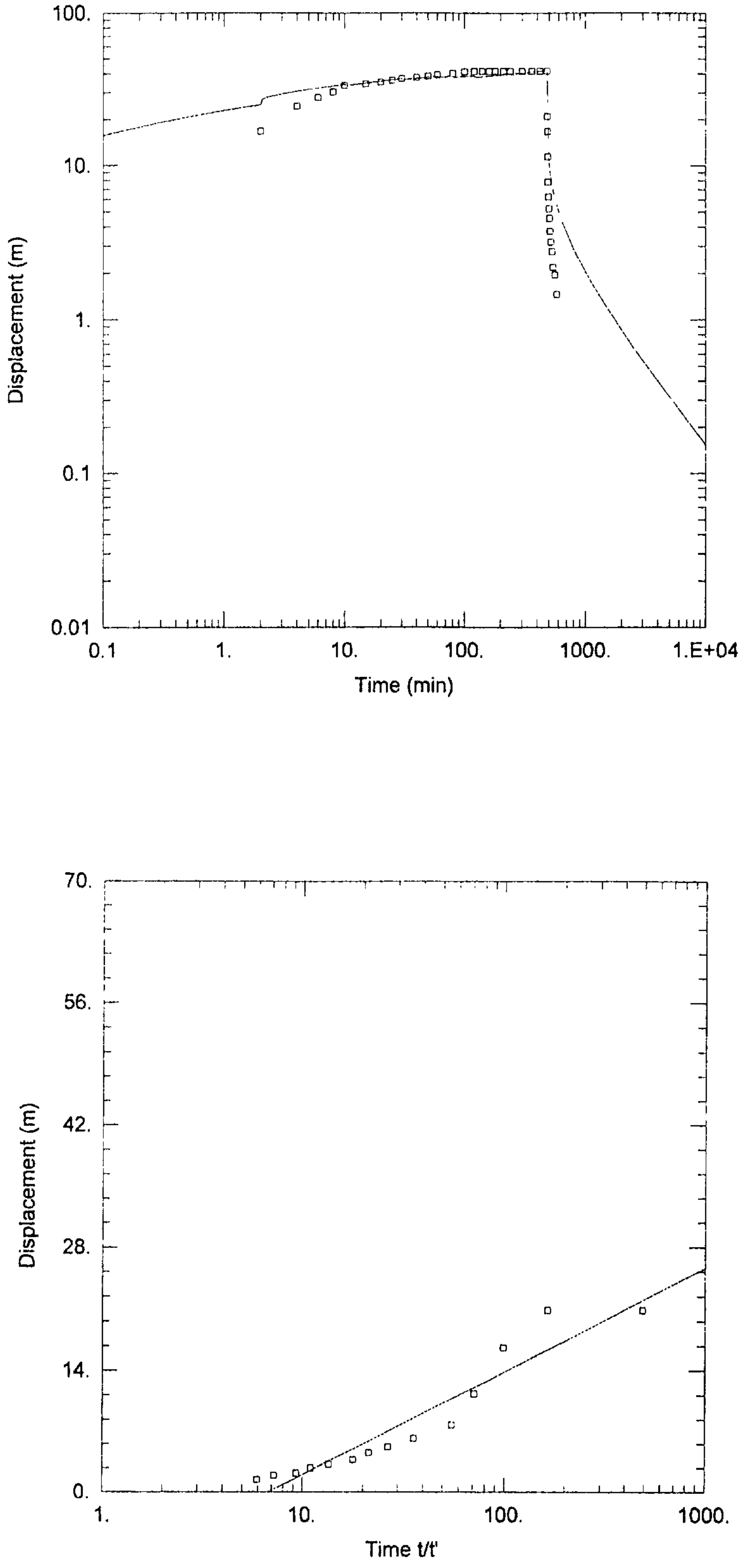


<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D010)

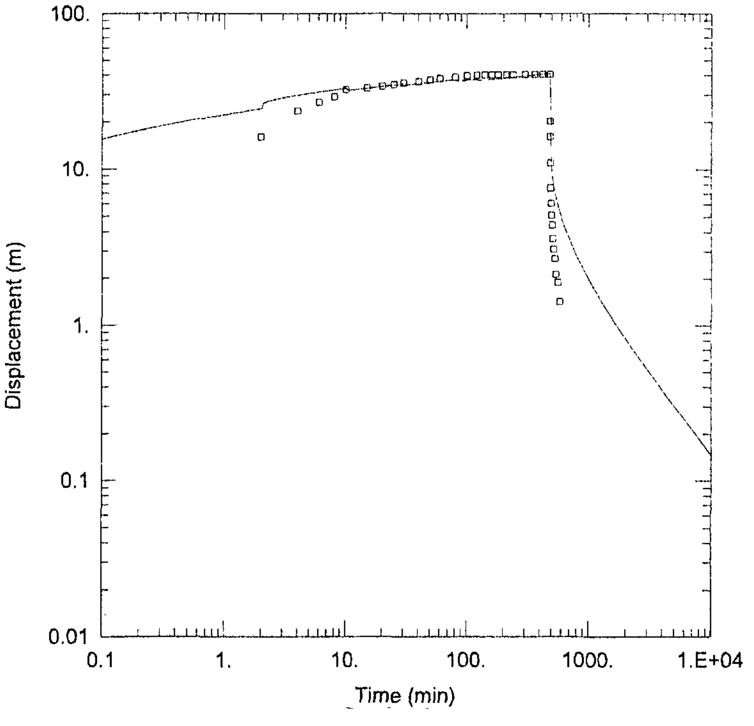


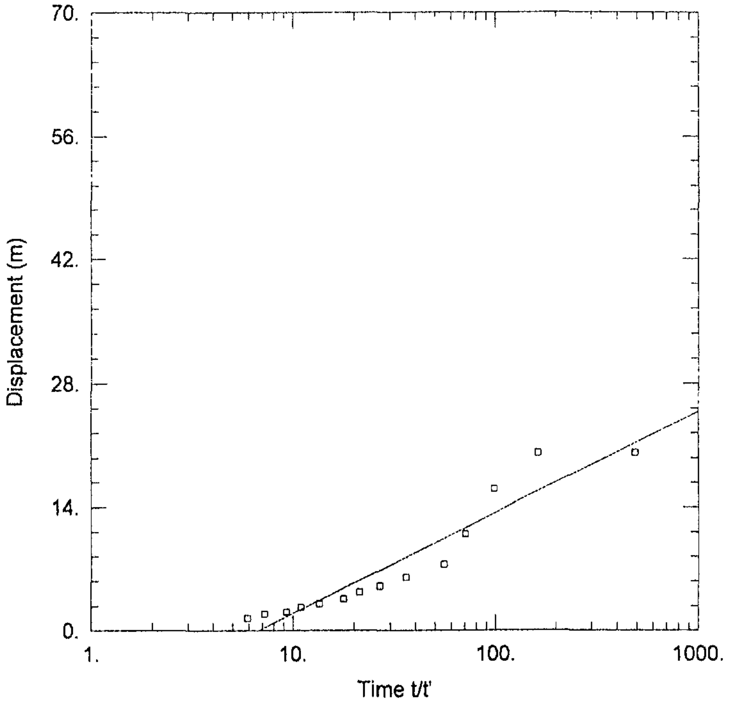


<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D011)

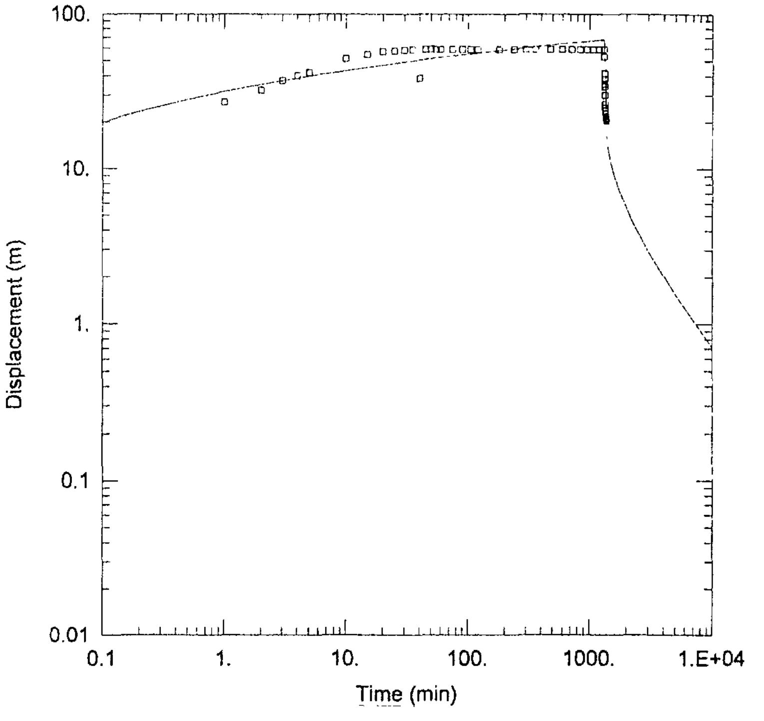


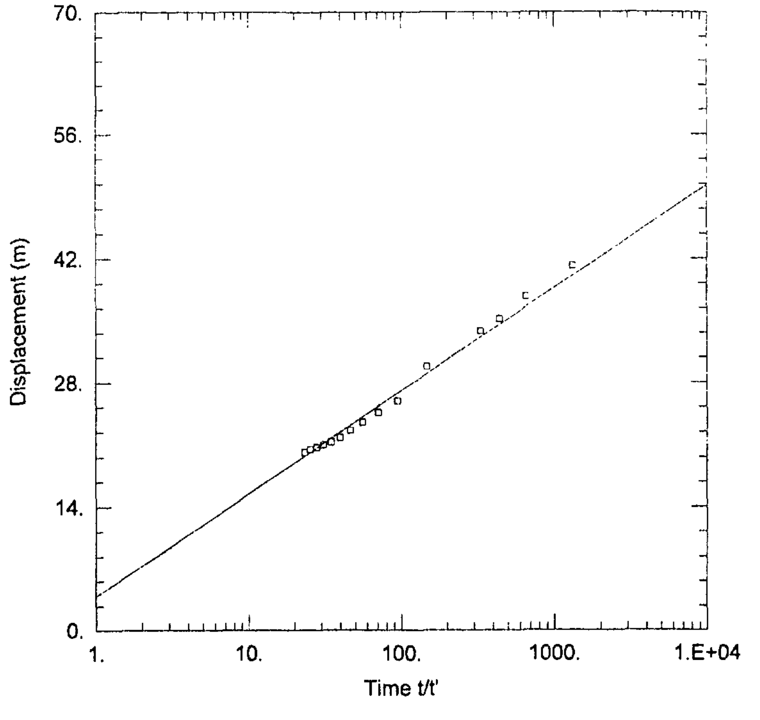
<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D012)



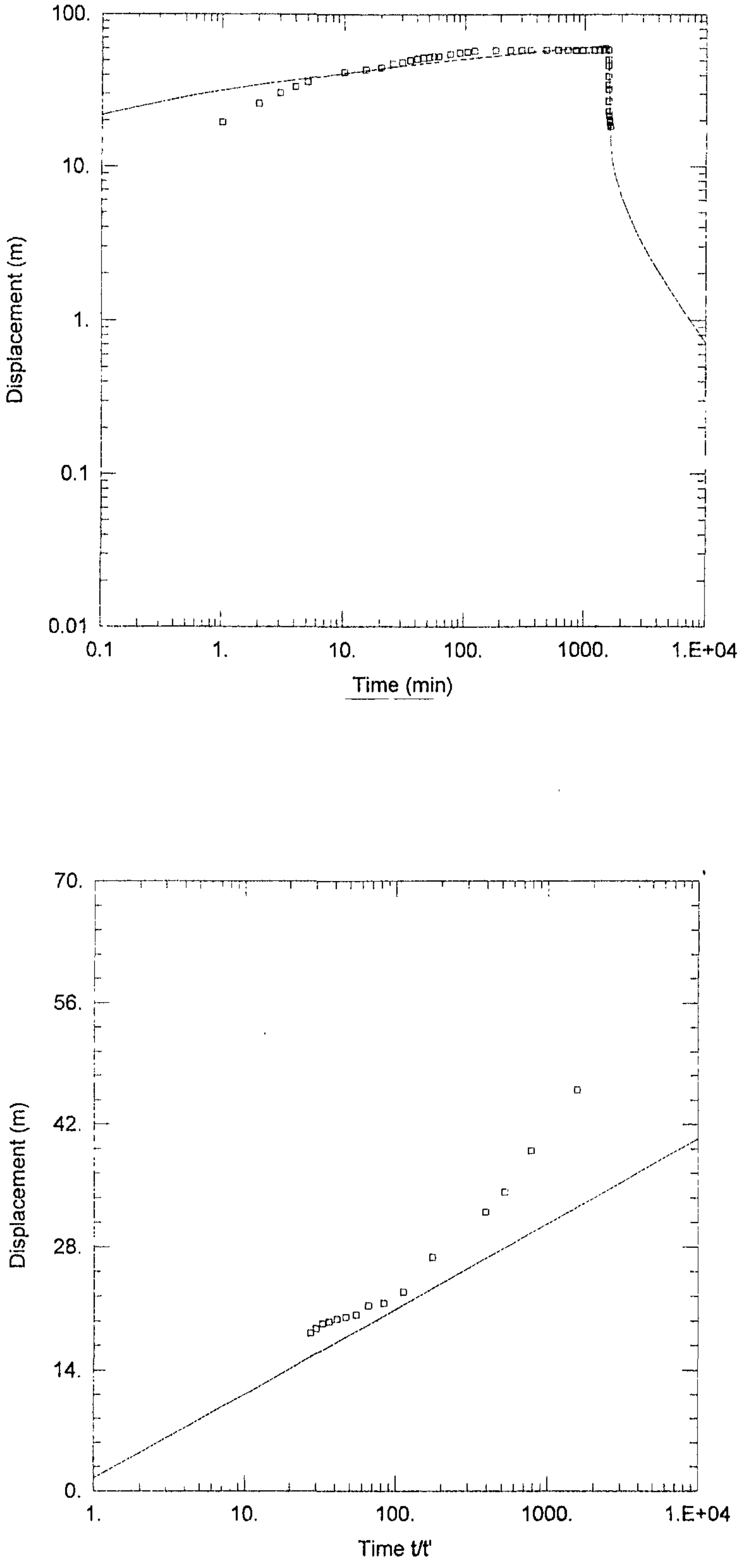


<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D013)





<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D014)



<그림. 3-14> 양수시험 결과도(D015)

양수시험시 채수하는 양수량은 착정개발 자료와 예비 양수시험을 통해 결정하였으며, 수위의 측정은 양수경과 후 분단위로 cm단위 까지 측정하였다. 시험결과 대수층의 해석은 자연수위가 대수층보다 높은 점을 감안하여 피압대수층으로 보았으며, 실제 양수시 정류상태(steady-state flow)에 도달하려면 상당한 시간을 요하므로 Theis의 비평형방정식을 적용하였다.

수리상수의 산출은 상기 방정식을 토대로 양수시험 해석프로그램인 AQTESOLV를 이용하였다. 시험결과 조사지역 암반대수층 지하수의 평균 투수량계수는 13.57㎡/일 이다.

4. 기설관정 이용실태조사

기설관정 이용실태를 파악하기 위하여 1999년 ~ 2000년에 걸쳐 기설관정 현황조사와 지하수위 조사 및 현장 간이수질검사를 실시하였다. 기설 관정 현황조사는 부여군청 및 각 읍·면사무소의 자료를 수집하였으며 지하수위 및 간이수질검사는 읍·면별 표본조사를 통하여 390개소에 대하여 획득 가능한 자료를 모두 취득하였다.

4-1 기설관정 현황조사

논산지역의 지하수 관정 신고 현황을 보면 총 25,528개소(이용량 : 78,396㎥/D)에 달하나 이중 25,285개소가 사용량이 경미하거나 이용이 미비한 기타시설로 이용되어지고 있다. 용도별 지하수 이용현황은 생활용 관정 17,688개소(이용량 33,875㎥/D), 공업용 관정 165개소(이용량 : 1,943㎥/D), 농업용 관정 7,669개소 (이용량 : 42,539㎥/D)로써 농업용 관정이 개소수로 보면 30.0%를 차지하나 전체사용량의 50%이상이 농업용수로 이용되고 있다 (표 4-2)

4-2 기설관정 지하수위조사

수위관측은 조사구역내 수위 등고선도를 작성하기 위하여 기설관정 위치를 파악하고 조사지구 일대를 격자화하여 수위를 파악해야 한다. 기설관정이 없거나, 자료가 부족한 경우 오거(Auger)를 사용하여 굴착, 수위관측공을 설치하여 조사관측하되, 수위관측공은 지하수 함양조건이 동일한 상태에서 일제히 측정하여 지역 내 지하수 수위조사를 해야한다. 논산지역은 기존의 농업용수용으로 기 개발된 암반관정이 다량 산재하며, 이들의 조사만으로 충분한 자료 획득이 가능하다고 판단되어 오거(Auger)를 사용한 관측공을 시추하지 않았다. 수위관측은 동일조건에서 일제히 실시하여 획득된 자료의 신뢰성을 확보해야 하나, 이번 조사에서는 한정된 소요인원과 시간 내에 다량의 관측공을 측정하다보니 측정시간이나 조건의 동일성 등 측정자료에 대한 신뢰도가 다소 떨어지는 경향이 있을 것으로 판단된다.

조사지역을 행정구역별로 평균 수위는 가야곡면(38개소) 23.6m, 강경읍(81개소) 9.3m, 광석면(8개소) 2.8m, 노성면(11개소) 6.8m, 두마면(3개소) 3.4m, 벌곡면

< 표 4 - 1 > 기설관정 현황조사

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S001	강경읍	채운리	219	35	19	20	8	0.3	생활용수	1972
S002	강경읍	채운리	255	35	19	20	8	1.2	생활용수	1977
S003	강경읍	채운리	237	35	19	20	8	2.1	생활용수	1975
S004	강경읍	채운리	442	35	19	20	8	0.3	생활용수	1970
S005	강경읍	채운리	443	35	19	20	8	2.1	생활용수	1971
S006	강경읍	채운리	252	35	19	20	8	1.5	생활용수	1970
S007	강경읍	채운리	410	35	19	20	8	1.2	생활용수	1965
S008	강경읍	채운리	142	35	6.4	20	8	1.2	생활용수	1965
S009	강경읍	채운리	148	35	6.4	20	8	0.6	생활용수	1972
S010	강경읍	채운리	215	35	19	20	8	1.8	생활용수	1972
S011	강경읍	채운리	207	35	19	20	8	1.2	생활용수	1972
S012	강경읍	채운리	168	35	12	20	8	1.2	생활용수	1979
S013	강경읍	동흥리	133	20	4.8	18	16	5	논용수	1978
S014	강경읍	황산리	201	40	4.9	15.8	14	10	논용수	1981
S015	강경읍	채산리	234-10	50	5.5	25	6	6	논용수	1984
S016	강경읍	채산리	228	25	5.5	30	14	0.6	생활용수	1980
S017	강경읍	산양리	186-5	40	4.7	15.8	14	10	논용수	1978
S018	강경읍	산양리	206-1	40	4.7	16	14	10	논용수	1982
S019	강경읍	황산리	81	40	4.9	30	7	1.8	생활용수	1994
S020	강경읍	황산리	85	40	4.9	20	8	1.5	생활용수	1994
S021	강경읍	채산리	316	40	5.5	12	10	0.3	생활용수	1989
S022	강경읍	채산리	317	40	5.5	7	6	0.3	생활용수	1989
S023	강경읍	채산리	321	40	5.5	15	13	0.6	생활용수	1990
S024	강경읍	채산리	317	40	5.5	9	8	0.6	생활용수	1984
S025	강경읍	채산리	445	25	5.5	25	11	0.9	생활용수	1982
S026	강경읍	채산리	222	25	5.5	35	8	0.6	생활용수	1979
S027	강경읍	채산리	223	25	5.5	37	8	0.6	생활용수	1988
S028	강경읍	채산리	445	25	5.5	20	9	0.3	생활용수	1975
S029	가야곡면	산노리	92	40	45	30	25	2	생활용수	1983
S030	강경읍	채산리	216	25	5.5	25	8	0.3	생활용수	1975
S031	강경읍	채산리	216	25	5.5	30	9	0.3	생활용수	1980

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S032	강경읍	서창리	4	40	3.9	15	13	3	생활용수	1987
S033	강경읍	중앙리	32	40	5.2	15	13	1.5	생활용수	1985
S034	강경읍	중앙리	4	40	5.2	15	13	1.2	생활용수	1995
S035	강경읍	황산리	85	40	4.9	20	13	0.8	생활용수	1986
S036	강경읍	채산리	513	40	5.5	10	9	10	논용수	1996
S037	강경읍	채산리	216	25	5.5	35	10	0.6	생활용수	1987
S038	강경읍	채운리	420	25	19	24	19	0.3	생활용수	1989
S039	강경읍	채운리	384-6	25	19	24	19	0.6	생활용수	1977
S040	가야곡면	산노리	74	40	45	30	25	1	생활용수	1987
S041	강경읍	채운리	388	25	19	21	19	1.2	생활용수	1995
S042	강경읍	채운리	357	40	19	21	19	1.5	생활용수	1979
S043	강경읍	채운리	337	25	19	24	19	0.9	생활용수	1993
S044	강경읍	채산리	451	25	5.5	35	7	0.9	생활용수	1982
S045	강경읍	채산리	453	25	5.5	25	10	0.3	생활용수	1980
S046	강경읍	채산리	446	25	5.5	25	11	0.3	생활용수	1979
S047	가야곡면	산노리	78	40	45	30	25	1	생활용수	1990
S048	가야곡면	산노리	82	40	42	30	25	1	생활용수	1990
S049	강경읍	산양리	171	40	4.7	9	7	10	논용수	1974
S050	강경읍	산양리	243	25	4.7	9	7	0.9	생활용수	1975
S051	강경읍	산양리	198	25	4.7	9	7	0.6	생활용수	1979
S052	강경읍	산양리	184	40	4.7	9	7	0.9	생활용수	1977
S053	강경읍	산양리	182	40	4.7	9	7	0.9	생활용수	1975
S054	강경읍	산양리	177	25	4.7	9	7	0.9	생활용수	1979
S055	강경읍	산양리	178	25	4.7	9	7	0.9	생활용수	1978
S056	강경읍	산양리	223	25	4.7	9	7	0.9	생활용수	1974
S057	강경읍	산양리	221	25	4.7	9	7	1.2	생활용수	1975
S058	강경읍	산양리	101	40	4.7	9	7	0.6	생활용수	1975
S059	강경읍	산양리	104	25	4.7	9	7	0.9	생활용수	1977
S060	강경읍	산양리	178	25	4.7	9	7	0.9	생활용수	1976
S061	강경읍	산양리	176	25	4.7	9	7	1.2	생활용수	1973
S062	강경읍	산양리	174	25	4.7	9	7.7	1.2	생활용수	1974
S063	강경읍	산양리	173	30	4.7	9	7	1.2	생활용수	1976
S064	강경읍	산양리	168	40	4.7	9	7	1.2	생활용수	1972

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S065	강경읍	산양리	164	25	4.7	19.6	7	1.2	생활용수	1990
S066	연무읍	고내리	863	40	27.5	21	5	5	논용수	1995
S067	연무읍	고내리	891	40	28	21	5	5	논용수	1992
S068	연무읍	고내리	889-3	40	27.5	21	5	5	논용수	1995
S069	연무읍	봉동리	833-5	40	20	21	5	3	생활용수	1981
S070	연무읍	고내리	29	40	87.5	21	5	1	생활용수	1983
S071	연무읍	고내리	1032	40	32.9	21	5	1	생활용수	1983
S072	연무읍	고내리	1047	40	41	21	5	1	생활용수	1983
S073	연무읍	고내리	1032	40	32.9	21	5	1	생활용수	1983
S074	연무읍	고내리	25	40	92.5	21	5	1	생활용수	1982
S075	연무읍	고내리	1047	40	41	23	7	1	생활용수	1985
S076	연무읍	안심리	369	40	25	23	7	1	생활용수	1987
S077	연무읍	고내리	1047	40	41	15	7	5	논용수	1985
S078	연무읍	고내리	224	40	90	19	8	5	논용수	1982
S079	연무읍	고내리	899	40	28	25	7	5	논용수	1997
S080	연무읍	황화정리	664	30	35	15	5	1	생활용수	1994
S081	연무읍	황화정리	662	30	35	15	5	1	생활용수	1991
S082	연무읍	신화리	90	30	15	15	5	4	논용수	1989
S083	연무읍	죽평리	331-14	30	43	15	5	10	기타용수	1992
S084	연무읍	죽평리	117	40	45	17	8	1	생활용수	1979
S085	연무읍	고내리	155	40	93	20	5	3	생활용수	1995
S086	연무읍	고내리	143	40	90	20	5	3	생활용수	1997
S087	연무읍	동산리	892	40	33	25	6	2	생활용수	1975
S088	연무읍	고내리	143	40	90	25	6	3	생활용수	1982
S089	연무읍	고내리	298	40	97	25	6	2	생활용수	1989
S090	연무읍	신화리	507	40	10.1	25	6	1	생활용수	1982
S091	연무읍	안심리	240	40	15	25	6	1	생활용수	1984
S092	연무읍	고내리	944	40	44	25	6	3	생활용수	1994
S093	연무읍	마산리	700-35	25	22	16	4	1	생활용수	1976
S094	연무읍	마산리	8	35	23	16	4	1	생활용수	1980
S095	연무읍	마산리	531-38	35	22	16	4	1	생활용수	1980
S096	연무읍	마산리	530-21	35	24	16	4	1	생활용수	1980
S097	연무읍	마산리	10	25	22	16	4	1	생활용수	1983

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S098	연무읍	마산리	10	35	22	16	4	1	생활용수	1980
S099	연무읍	마산리	505-38	35	23	16	4	1	생활용수	1980
S100	연무읍	마산리	110	30	22	15	4	2	생활용수	1980
S101	연무읍	마산리	104	30	22	15	4	2	생활용수	1981
S102	연무읍	마산리	137	30	24	15	3	2	생활용수	1984
S103	연무읍	마산리	107	30	22	15	3	3	생활용수	1983
S104	연무읍	마산리	133	30	22	15	3	3	생활용수	1980
S105	연무읍	마산리	128	30	24	15	3	2	생활용수	1985
S106	연무읍	마산리	115	30	22	15	3	3	생활용수	1980
S107	연무읍	마산리	104	30	22	15	3	3	생활용수	1980
S108	연무읍	마산리	123	30	22	15	3	3	생활용수	1985
S109	연무읍	죽평리	90	30	47.5	15	3	1	생활용수	1982
S110	연무읍	마산리	136	30	24	15	3	3	생활용수	1986
S111	연무읍	마산리	125	30	23	15	3	2	생활용수	1979
S112	연무읍	마산리	30	50	20	20	8	5	논용수	1982
S113	연무읍	고내리	114	30	100	15	3	3	생활용수	1984
S114	연무읍	마산리	535-1	50	24	20	8	5	논용수	1983
S115	연무읍	마산리	648	50	19	24	8	5	논용수	1984
S116	연무읍	마산리	181	40	22	27	7	2	논용수	1987
S117	연무읍	마산리	240	40	24	21	7	3	생활용수	1986
S118	연무읍	황화정리	1058	40	24	24	7	2	논용수	1984
S119	연무읍	황화정리	1225	40	24.5	21	7	2	논용수	1984
S120	연무읍	고내리	1047-9	40	41	21	7	5	논용수	1982
S121	연무읍	황화정리	1060-5	40	24.5	24	8	2	논용수	1987
S122	연무읍	황화정리	1235	40	33	27	7	2	논용수	1989
S123	가야곡면	산노리	511-8	30	35	30	25	1	생활용수	1985
S124	가야곡면	산노리	511-9	40	35	30	25	2	생활용수	1983
S125	가야곡면	산노리	511-10	40	35	30	25	2	생활용수	1983
S126	가야곡면	산노리	512-1	40	28	30	25	1	생활용수	1982
S127	가야곡면	산노리	515	40	29	30	25	1	생활용수	1981
S128	가야곡면	산노리	519-4	40	28	30	25	1	생활용수	1982
S129	가야곡면	산노리	76	40	45	30	25	2	생활용수	1985
S130	가야곡면	산노리	산15	40	65	30	25	2	생활용수	1988

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S131	가야곡면	산노리	17	40	47	20	18	1	생활용수	1990
S132	가야곡면	산노리	209	40	48	30	25	1	생활용수	1994
S133	가야곡면	산노리	222-4	40	40	30	25	1	생활용수	1993
S134	가야곡면	산노리	299-17	40	32	30	25	2	생활용수	1981
S135	가야곡면	산노리	30	40	34	30	25	1	생활용수	1987
S136	가야곡면	산노리	345	40	46	30	25	2	생활용수	1988
S137	가야곡면	산노리	334	40	44	30	25	1	생활용수	1984
S138	가야곡면	산노리	337	40	38	30	25	1	생활용수	1990
S139	가야곡면	산노리	301-6	40	34	30	25	1	생활용수	1989
S140	가야곡면	산노리	301-5	40	33	30	25	1	생활용수	1981
S141	가야곡면	산노리	301-2	40	33	30	25	1	생활용수	1983
S142	가야곡면	산노리	343	40	44	30	25	1	생활용수	1985
S143	가야곡면	산노리	17	40	47	30	25	1	생활용수	1994
S144	가야곡면	산노리	180	40	35	30	25	1	생활용수	1986
S145	가야곡면	산노리	산10	40	35	30	25	2	생활용수	1983
S146	가야곡면	산노리	568-14	40	37.5	30	25	1	생활용수	1982
S147	가야곡면	산노리	229-21	40	45	30	25	1	생활용수	1982
S148	가야곡면	산노리	산1	40	47	30	25	1	생활용수	1989
S149	가야곡면	산노리	299	40	33	30	25	1	생활용수	1986
S150	가야곡면	산노리	229-7	40	43	30	25	1	생활용수	1975
S151	가야곡면	산노리	228-5	40	42	30	25	2	생활용수	1980
S152	가야곡면	산노리	228-6	40	40	30	25	1	생활용수	1983
S153	가야곡면	산노리	3	40	51	30	25	1	생활용수	1982
S154	가야곡면	산노리	72	40	40	30	25	1	생활용수	1992
S155	연산면	연산리	407	40	37	18	5	1	생활용수	1983
S156	연산면	연산리	262	40	34	18	5	6	논용수	1983
S157	연산면	연산리	400	40	37	18	5	1	생활용수	1983
S158	연산면	연산리	309	40	38	18	5	1	생활용수	1983
S159	연산면	연산리	356	40	37	18	5	1	생활용수	1983
S160	연산면	연산리	359	40	38	18	5	1	생활용수	1983
S161	연산면	연산리	386	40	37	18	5	5	논용수	1983
S162	연산면	연산리	131	35	34	18	5	1	생활용수	1983
S163	연산면	연산리	355-3	40	34	18	5	1	생활용수	1983

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S164	연산면	연산리	349-1	40	34	18	5	1	생활용수	1983
S165	연산면	연산리	395	40	34	18	5	1	생활용수	1983
S166	연산면	연산리	395	35	34	18	5	1	생활용수	1983
S167	연산면	연산리	352	39	38	18	5	1	생활용수	1983
S168	연산면	연산리	517-19	39	37	18	4	1	생활용수	1983
S169	연산면	연산리	385	36	37	17	4	20	논용수	1983
S170	연산면	연산리	366	37	38	17	4	15	논용수	1983
S171	연산면	연산리	403	39	37	18	4	1	생활용수	1983
S172	연산면	연산리	389-1	37	34	18	4	1	생활용수	1983
S173	연산면	연산리	404	38	37	18	4	5	논용수	1983
S174	연산면	연산리	399-1	40	34	18	4	1	생활용수	1983
S175	연산면	연산리	403	40	37	19	4	5	논용수	1983
S176	연산면	연산리	406	40	37	18	4	2	생활용수	1983
S177	연산면	연산리	169-3	35	34	20	18	1	생활용수	1980
S178	연산면	연산리	173	30	34	20	18	2	생활용수	1980
S179	연산면	연산리	494	30	37	20	18	2	생활용수	1976
S180	연산면	연산리	472-3	30	37	20	18	2	생활용수	1984
S181	연산면	연산리	471-4	30	37	20	18	2	생활용수	1975
S182	연산면	연산리	660	30	37	20	18	2	생활용수	1965
S183	연산면	연산리	477	30	37	20	18	2	생활용수	1976
S184	연산면	연산리	176-27	30	34	25	23	2	생활용수	1965
S185	연산면	연산리	178-3	30	34	20	18	2	생활용수	1967
S186	연산면	연산리	378	30	34	25	18	1	생활용수	1974
S187	연산면	연산리	495	30	38	20	18	2	생활용수	1993
S188	연산면	연산리	435	30	37	20	18	1	생활용수	1975
S189	연산면	연산리	488	30	39	20	18	2	생활용수	1980
S190	연산면	연산리	433	30	37	20	18	2	생활용수	1976
S191	부적면	부인리	40	40	11	20	19	1	생활용수	1985
S192	부적면	부인리	39	40	11	20	9	1	생활용수	1985
S193	부적면	부인리	38	40	12	20	13	1	생활용수	1985
S194	부적면	부인리	40	40	11	20	13	1	생활용수	1985
S195	부적면	부인리	153	40	9	20	19	1	생활용수	1988
S196	부적면	부인리	154	40	9	20	19	1	생활용수	1988

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S197	부적면	부인리	171	40	8	20	15	1	생활용수	1985
S198	부적면	부인리	40	40	11	20	19	1	생활용수	1986
S199	부적면	부인리	148	40	9	20	19	1	생활용수	1988
S200	부적면	부인리	120	40	9	20	19	1	생활용수	1990
S201	부적면	부인리	128	40	8	20	15	1	생활용수	1986
S202	부적면	부인리	125	40	9	20	19	1	생활용수	1985
S203	부적면	부인리	140	40	10	20	19	1	생활용수	1986
S204	부적면	부인리	143	40	10	20	19	1	생활용수	1988
S205	부적면	부인리	146	40	10	20	19	1	생활용수	1987
S206	부적면	부인리	154	40	10	20	19	1	생활용수	1987
S207	부적면	부인리	158	40	8	20	19	1	생활용수	1989
S208	부적면	부인리	159	40	8	20	19	1	생활용수	1990
S209	부적면	부인리	161	40	8	20	19	1	생활용수	1986
S210	부적면	부인리	115	40	8	20	15	1	생활용수	1989
S211	부적면	부인리	158	40	8	20	19	1	생활용수	1990
S212	부적면	부인리	110	40	8	28	15	1	생활용수	1984
S213	부적면	부인리	160	40	10	20	15	1	생활용수	1990
S214	부적면	부인리	103	40	9	20	15	1	생활용수	1985
S215	부적면	부인리	103	40	9	20	14	1	생활용수	1986
S216	부적면	부인리	103	40	9	20	15	1	생활용수	1990
S217	부적면	부인리	103	40	9	20	14	2	생활용수	1985
S218	부적면	부인리	103	40	9	20	15	1	생활용수	1990
S219	부적면	부인리	103	40	9	20	15	1	생활용수	1988
S220	부적면	부인리	104	40	9	20	15	1	생활용수	1985
S221	부적면	부인리	105	40	9	20	14	1	생활용수	1989
S222	부적면	부인리	109	40	9	20	15	1	생활용수	1987
S223	부적면	부인리	109	40	9	20	16	1	생활용수	1987
S224	상월면	지경리	29	30	31	40	24	0.5	생활용수	1982
S225	상월면	지경리	198	30	43	40	19	0.5	생활용수	1982
S226	상월면	지경리	483	35	25	40	19	0.3	생활용수	1975
S227	상월면	지경리	483	35	25	40	24	0.3	생활용수	1997
S228	상월면	지경리	156	35	40	25	24	0.4	생활용수	1981
S229	상월면	지경리	124	30	47	30	24	0.4	생활용수	1985

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S230	상월면	지경리	290	30	23	30	19	0.3	생활용수	1982
S231	상월면	지경리	290	35	23	23	16	0.3	생활용수	1978
S232	상월면	지경리	290	30	23	30	24	0.3	생활용수	1990
S233	상월면	지경리	292	30	24	30	19	0.3	생활용수	1980
S234	상월면	지경리	290	30	23	30	22	0.4	생활용수	1980
S235	상월면	지경리	290	30	23	30	18	0.3	생활용수	1980
S236	상월면	지경리	322	30	23	30	19	0.4	생활용수	1985
S237	상월면	지경리	290	30	23	30	24	0.4	생활용수	1980
S238	상월면	지경리	179	30	35	40	19	0.5	생활용수	1990
S239	상월면	지경리	290	35	23	30	17	0.5	생활용수	1980
S240	상월면	지경리	290	35	23	22	17	0.3	생활용수	1982
S241	상월면	지경리	322	35	23	30	20	0.3	생활용수	1982
S242	상월면	지경리	290	35	23	30	23	1	생활용수	1985
S243	상월면	지경리	290	35	23	25	17	2	생활용수	1982
S244	상월면	지경리	293−5	35	25	20	19	2	생활용수	1982
S245	상월면	지경리	124	35	47	40	19	2	생활용수	1993
S246	상월면	지경리	127	35	40	30	19	1	생활용수	1990
S247	상월면	지경리	127	35	40	25	24	2	생활용수	1995
S248	상월면	지경리	127	30	40	30	23	2	생활용수	1996
S249	상월면	지경리	129	35	40	40	21	2	생활용수	1996
S250	상월면	지경리	129	30	40	35	17	0.6	생활용수	1991
S251	상월면	지경리	129	32	40	40	18	0.6	생활용수	1992
S252	상월면	지경리	131	30	36	40	20	0.6	생활용수	1994
S253	상월면	지경리	129	35	40	21	17	1	생활용수	1994
S254	상월면	지경리	129	30	40	40	21	2	생활용수	1990
S255	상월면	지경리	129	30	40	35	29	1	생활용수	1993
S256	상월면	지경리	129	30	40	25	24	1	생활용수	1982
S257	상월면	지경리	365	30	20	35	20	1	생활용수	1989
S258	상월면	지경리	16	35	38	40	23	1	생활용수	1980
S259	상월면	지경리	10	30	33	40	18	1	생활용수	1994
S260	상월면	지경리	10	30	33	35	19	1	생활용수	1989
S261	상월면	지경리	4	35	33	25	21	1	생활용수	1993
S262	상월면	석종리	165−1	35	49	24	12	1	생활용수	1983

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S263	상월면	석종리	165-1	35	49	26	12	1	생활용수	1984
S264	상월면	석종리	164-1	35	45	26	12	2	생활용수	1982
S265	상월면	석종리	161	35	45	25	12	2	생활용수	1974
S266	상월면	석종리	163	35	37	26	12	1	생활용수	1983
S267	상월면	석종리	147	35	42	24	12	1	생활용수	1979
S268	상월면	석종리	167	35	48	24	12	1	생활용수	1983
S269	상월면	석종리	145	35	43	26	12	1	생활용수	1984
S270	상월면	석종리	148	35	42	24	12	1	생활용수	1979
S271	상월면	석종리	148-1	35	42	26	12	1	생활용수	1980
S272	상월면	석종리	148-4	35	42	26	20	1	생활용수	1983
S273	상월면	석종리	130-5	35	45	26	20	1	생활용수	1981
S274	상월면	석종리	122-2	35	40	26	20	1	생활용수	1982
S275	상월면	석종리	121-4	35	40	26	20	1	생활용수	1983
S276	상월면	석종리	123-2	35	39	27	20	1	생활용수	1983
S277	상월면	석종리	163	35	37	27	20	1	생활용수	1981
S278	상월면	석종리	336-1	35	31	24	20	1	생활용수	1981
S279	상월면	석종리	331	35	33	25	20	1	생활용수	1983
S280	상월면	석종리	331-6	35	33	24	20	1	생활용수	1979
S281	상월면	석종리	331-5	35	33	24	20	1	생활용수	1985
S282	상월면	석종리	331-3	35	33	25	20	1	생활용수	1983
S283	상월면	석종리	331	35	33	24	20	1	생활용수	1978
S284	상월면	석종리	325-3	35	35	30	20	1	생활용수	1985
S285	상월면	석종리	302-1	35	32	29	20	1	생활용수	1978
S286	상월면	석종리	275-8	35	37	26	16	1	생활용수	1981
S287	상월면	석종리	274	35	39	30	16	1	생활용수	1976
S288	상월면	석종리	331	35	33	27	16	1	생활용수	1981
S289	상월면	석종리	275	35	37	29	16	1	생활용수	1983
S290	상월면	석종리	275-13	35	37	26	16	1	생활용수	1981
S291	상월면	석종리	275-9	35	37	26	16	1	생활용수	1981
S292	상월면	석종리	432-6	35	37	29	20	1	생활용수	1991
S293	상월면	석종리	270	35	40	26	16	1	생활용수	1983
S294	상월면	석종리	274-11	35	39	26	16	1	생활용수	1985
S295	상월면	석종리	274	35	39	26	16	1	생활용수	1982

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S296	상월면	석종리	274-1	35	39	26	16	1	생활용수	1983
S297	상월면	석종리	239	35	43	26	16	1	생활용수	1987
S298	상월면	석종리	260-16	35	45	29	16	1	생활용수	1977
S299	상월면	석종리	331	35	33	26	19	1	생활용수	1987
S300	상월면	석종리	274	35	39	26	19	1	생활용수	1979
S301	상월면	석종리	268-6	35	38	26	19	1	생활용수	1978
S302	상월면	석종리	268-9	35	38	28	19	1	생활용수	1978
S303	상월면	석종리	486-3	35	40	26	19	1	생활용수	1981
S304	상월면	석종리	267-1	35	38	26	19	1	생활용수	1978
S305	상월면	석종리	274	35	39	26	19	1	생활용수	1979
S306	상월면	석종리	534	35	44	26	10	1	생활용수	1989
S307	상월면	석종리	525-4	35	48	28	20	1	생활용수	1988
S308	상월면	석종리	534	35	44	27	10	1	생활용수	1982
S309	상월면	석종리	534	35	44	26	10	1	생활용수	1983
S310	상월면	석종리	534	35	44	26	10	1	생활용수	1979
S311	상월면	석종리	534	35	44	26	10	1	생활용수	1987
S312	상월면	석종리	534	35	44	26	10	1	생활용수	1989
S313	상월면	석종리	534	35	44	26	10	1	생활용수	1983
S314	상월면	석종리	534	35	44	27	10	1	생활용수	1978
S315	상월면	석종리	534	35	44	26	10	1	생활용수	1985
S316	상월면	석종리	534	35	44	25	10	1	생활용수	1984
S317	상월면	석종리	534	35	44	26	20.2	1	생활용수	1986
S318	상월면	석종리	534	35	44	26	20	1	생활용수	1982
S319	상월면	석종리	534	35	44	27	20	1	생활용수	1989
S320	상월면	석종리	534	35	44	26	20	1	생활용수	1985
S321	상월면	석종리	534	35	44	26	20	1	생활용수	1978
S322	상월면	석종리	534	35	44	26	20	1	생활용수	1981
S323	강경읍	채운리	441	35	19	20	8	1.5	생활용수	1971
S324	강경읍	채운리	207	35	19	20	8	1.5	생활용수	1971
S325	강경읍	채운리	441	35	19	20	8	0.6	생활용수	1964
S326	강경읍	채운리	207	35	19	20	8	1.8	생활용수	1965
S327	강경읍	채운리	441	35	19	20	8	1.5	생활용수	1970
S328	강경읍	채운리	443	35	19	20	8	1.5	생활용수	1970

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
S329	강경읍	채운리	443	35	19	20	8	0.3	생활용수	1972
S330	강경읍	채운리	142	35	4.2	20	8	1.5	생활용수	1968
S331	강경읍	채운리	142	35	4.2	20	8	1.5	생활용수	1969
S332	강경읍	채운리	142	35	4.2	20	8	1.2	생활용수	1972
S333	강경읍	채운리	142	35	4.2	20	8	0.6	생활용수	1970
S334	강경읍	채운리	148	35	4.2	20	8	1.8	생활용수	1970
S335	강경읍	채운리	148	35	4.2	20	8	1.5	생활용수	1967
S336	강경읍	채운리	148	35	4.2	20	8	1.5	생활용수	1971
S337	강경읍	채운리	148	35	4.2	20	8	0.9	생활용수	1969
S338	강경읍	채운리	148	35	4.2	20	8	1.5	생활용수	1967
S339	강경읍	채운리	215	35	19	20	8	0.9	생활용수	1972
S340	강경읍	채운리	215	35	19	20	8	1.2	생활용수	1970
S341	강경읍	채운리	215	35	19	20	8	0.9	생활용수	1970
S342	강경읍	채운리	215	35	19	20	8	2.4	생활용수	1980
D001	채운면	우기리	333-1	250	14.5	150	7.2	354	밭용수	1998
D002	채운면	우기리	260-2	250	12	150	6.47	354	밭용수	1998
D003	채운면	우기리	131-3	250	18	150	6.47	233	밭용수	1998
D004	채운면	우기리	305	250	13	150	1.93	345	밭용수	1998
D005	노성면	병사리	산24-4	250	30	150	2.14	402	밭용수	1998
D006	노성면	병사리	481-9	250	30	143	4.3	327	밭용수	1998
D007	노성면	병사리	산15-1	250	38	150	10.45	327	밭용수	1998
D008	노성면	병사리	산16-4	250	37.5	150	36.32	422	밭용수	1998
D009	양촌면	오산리	129-4	250	105	134	2.24	253	밭용수	1997
D010	광석면	사월리	184-6	250	21	124	2.24	102	밭용수	1997
D011	광석면	사월리	289	250	11	151	3.41	318	밭용수	1997
D012	광석면	사월리	323-13	250	22.5	150	3.11	336	밭용수	1997
D013	광석면	사월리	303-4	250	11	148	2.99	382	밭용수	1997
D014	광석면	사월리	277	250	20	150	2.84	247	밭용수	1997
D015	부적면	마구평리		250	15.3	180	6	253	생활용수	1997
D016	부적면	마구평리		250	15.3	180	5.8	212	생활용수	1997
D017	노성면	병사리	481-9	250	30	150	5.62	354	밭용수	1998
D018	채운면	우기리	386-2	250	7.5	150	7.2	382	밭용수	1998
D019	부적면	마구평리		250	16	82	4.4	34.5	논용수	1992

관정번호	위치번호			구경(mm)	표고(m)	심도(m)	자연수위(m	이용량(ton/day	용도	개발년도
D020	연산면	어은2리		250	70	80	3	150	논용수	1998
D021	연산면	덕암리	117	250	60	65	5	250	논용수	1994
D022	연산면	백석리		250	60	80	5	350	논용수	1995
D023	광석면	왕전리		250	17	200	2.5	250	생활용수	1995
D024	광석면	산동리		250	10	200	2.5	250	생활용수	1996
D025	광석면	사월1리		250	20	200	3	180	생활용수	1999
D026	상월면	상도리		250	70	75	3	180	논용수	1995
D027	상월면	한천2구		250	37	80	6	336	논용수	1988
D028	상월면	학당리		250	70	70	4	300	논용수	1995
D029	양촌면	신기2리		250	60	200	2	250	논용수	1998
D030	양촌면	석서2리		250	60	75	2	422	논용수	1988
D031	양촌면	중산2리		250	80	200	2	220	생활용수	1999
D032	가야곡면	야촌3리	9-4	250	70	73	4	150	논용수	1998
D033	가야곡면	삼전2리		250	110	73	1.4	150	논용수	1998
D034	부적면	탑정리		250	65	200	1.6	240	생활용수	1997
D035	노성면	가곡리		200	59.2	111	4.2	354	논용수	1998
D036	노성면	장구리		125	29.8	54	3.49	212	논용수	1998
D037	상월면	대명리		125	53.2	80	5.1	247	논용수	1995
D038	노성면	호암리		125	24.9	100	4.2	247	논용수	1995
D039	상월면	상도리		125	60.25	34	3.5	284	논용수	1990
D040	노성면	노티리		125	43.2	48	1.1	260	논용수	1989
D041	노성면	구암리		125	28.42	38	1.05	293	논용수	1989
D042	노성면	가곡리		125	44	24	1.56	246	논용수	1993
D043	두마면	왕대리		125	97.6	54	1.7	246	논용수	1992
D044	벌곡면	양산리		125	132	46	1.8	180	논용수	1987
D045	두마면	광석리		125	65	54	4.2	226	논용수	1987
D046	상월면	숙진리		125	46	40.5	5.2	240	논용수	1987
D047	상월면	주곡리		125	36	35.5	4.2	284	논용수	1987
D048	두마면	향한리		125	120	80	4.3	288	논용수	1994

(1개소) 1.8m, 부적면(37개소)15.2m, 상월면(106개소) 16.9m, 양촌면(4개소) 2.1m, 연무읍 (57개소) 5.2m, 연산면(39개소) 9.5m, 채운면(5개소) 5.9m이다. 논산지역 평균수위는 390개소에서 12.4m를 나타낸다 (표 4-1).

<표. 4-2> 지하수 용도별 이용현황

용도별	생활용수		농업용수		공업용		기타		계	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	17,688	33,875	7,669	42,539	165	1,943	6	39	25,528	78,395
강경읍	249	376	33	100	12	223	2	5	7	712
연무읍	2,038	3,620	1,105	480	25	112	-	-	13	1660
성동면	1,898	2,199	376	1622	2	20	-	-	11	2369
광석면	1,887	2,557	687	2400	5	363	-	-	22	3635
노성면	1,085	432	943	3889	1	2	-	-	37	6577
상월면	1,053	1,320	952	3493	-	-	-	-	37	5211
부적면	1,347	2,283	217	1060	7	43	4	34	20	3070
연산면	1,428	2,491	459	1470	57	240	-	-	22	2496
벌곡면	437	1,050	261	2590	10	148	-	-	23	4093
양촌면	1,363	1,661	651	3584	3	50	-	-	26	3944
가야곡면	1,169	2,419	455	1899	8	402	-	-	25	4465
은진면	1,343	1,944	611	2565	2	40	-	-	32	3065
채운면	964	1,051	444	1615	-	-	-	-	14	1938
취암동	446	986	196	2226	24	64	-	-	25	3082
두마면	572	8,260	238	238	5	233	-	-		
부창동	408	1,224	41	2620	4	3	-	-	24	3970
등화동	1	2	-	-	-	-	-	-		

<표. 4-3> 지하수 시설별 이용현황

시설별	암반		충적		계	
	개소수	양수량	개소수	양수량	개소수	양수량
계	243	6,046	25,285	72,350	25,528	78,396
강경읍	15	323	281	391.9	296	714.9
연무읍	41	605	3,127	5,130	3,168	5735.0
성동면	6	214	2,270	3,974	2,276	4188.0
광석면	15	747	2,564	5,590	2,579	6337.0
노성면	3	30	2,026	2,631	2,029	2661.0
상월면	8	70	1,997	10,240	2,005	10,310.0
부적면	13	214	1,562	3,942	1,575	4,156.0
연산면	20	860	1,924	6,275	1,944	7,135.0
벌곡면	16	446	692	2,020	708	2,466.0
양촌면	7	180	2,010	5,636	2,017	5,816.0
가야곡면	35	1,194	1,597	3,517	1,632	4,711.0
은진면	10	230	1,946	2,668	1,956	2,898.0
채운면	2	80	1,406	2,928	1,408	3,008.0
취암동	35	438	631	1,577	666	2,015.0
두마면	-	-	815	14,849	815	14,849.0
부창동	16	413	437	981.4	453	1,394.4
등화동	1	1.5			1	1.5

5. 수질 및 잠재오염원조사

논산지역 지하수에 대한 지화학적 특징을 밝히기 위하여 논산시 일대의 6개 읍·면에 분포하는 지하수를 2000년 6월에 15개의 지하수 시료를 채취하였다. 지하수 시료는 관개용 농업용수와 주민들의 생활용수를 대상으로 하였으며, 15개의 지하수에 대하여 현장간이수질검사(온도, EC, TDS, pH, Eh) 및 주요이온성분 분석, 그리고 먹는물 기준항목으로 분석을 완료하였다.

조사지역의 현장간이수질검사는 수소이온농도(pH), 산화환원전위(Eh), 전기 전도도(Electric Conductivity, EC) 및 온도 등을 현장에서 채수한 후 즉시 HANNA pH meters kit, DR-2000, HACH Conductivity/TDS Meter를 이용하여 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 pH meter가 안정된 후 측정하였다. 주요이온분석 대상시료는 현장에서 수동진공펌프를 이용하여 Pore size 0.45㎛ cellulose membrane filter에 통과시켜 부유물질을 제거시키고 질산을 가해 pH 3 이하로 하여 시료용기 벽면에 양이온의 흡착을 방지하였으며 채수한 시료는 Ice box에서 4 ℃ 이하로 냉장 보관하였다. 음이온 분석 대상시료는 채수시 발생하는 공기 기포를 제거하고 즉시 테이프로 밀봉하여 공기와의 접촉을 차단하였다. 먹는물의 수질기준 분석대상 시료는 4ℓ의 멸균 채수병에 지하수 시료를 채취하고 즉시 Ice box에 냉장보관하여 농업기반공사 연구원에 의뢰하여 44개 항목의 수질기준에 의거 분석하였으며 양·음이온의 화학분석은 충남대학교 공동실험실습관에 의뢰하여 음용수 수질분석 시료에 대하여 양이온 4개 원소, 음이온 4개 원소를 분석하였다.

논산지역에 분포하는 지하수에 대한 물리적 인자인 온도, 수소이온농도(pH), 산화환원전위(Eh), 전기전도도(EC), 총용존고용물(TDS)를 표 5-1에 수록하였다. 양이온 중 Na^{+}, Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+} 음이온 중 HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-} 에 대한 이온 함량은 표 5-2에 정리하였다. 농업기반공사 연구원에서 분석한 색도(Color), 탁도(Turbidity), 암모니아성질소(NH_3-N), 과망간산칼륨소비량($KMnO_4$ consumed), 증발잔류물(Evaporation Residual) 및 일반세균 등 먹는물 기준에 의한 수질검사 결과 자료는 표 5-3에 정리하였다.

5-1 현장 간이수질검사

논산지역 지하수에 대하여 온도, 수소이온농도(pH), 산화환원전위(Eh), 전기전도도(EC), 총용존고용물(TDS) 등을 현장에서 채수한 후 즉시 HANNA pH meters kit, DR-2000, HACH Conductivity/TDS Meter를 이용하여 측정하였다. 이들 물리적 인자의 현장측정은 30분 이상 양수를 실시하고 pH meter가 안정된 후 측정하였다(표 5-1).

1) 온 도

논산지역의 지하수 수온은 최소 25.4 ℃에서 최대 26.4 ℃이다. 수온이 최대값으로 나타나는 지하수는 양촌면 신기2리의 논용수(D029)이며, 최소값을 보여주는 지하수 시료는 연산면 백석리, 광석면 사월1리, 양촌면 중산2리의 생활 및 논용수(D022, D025, D031)이다(표 5-1).

2) 수소이온 농도(pH)

pH란 물속에 전해되어 있는 수소이온(H^+)의 상대적인 농도를 나타내는 말로 순수한 물에서는 물의 일부분이 이온화하는데 이때 수소이온수가 pH=7 정도로 이온화한다. pH 값이 1 증가하면 수소이온농도는 10배 증가하게되며 지하수에서 pH 값은 용해된 탄산염이나 탄산가스의 양, 온도, 압력에 따라 달라지게 되는데 그 양상은 탄산가스의 양이 증가하면 pH 값은 낮아지는 반비례 값을 나타낸다. 반면 알칼리염인 칼슘 및 마그네슘의 탄산염이 지하수속에 용해되어 있으면 용존 탄산가스 만큼 pH 값이 저하되지는 않는다. 그러므로, 지하수의 pH 측정은 지하수중에 탄산가스가 상당히 용해되어 있어도 압력감소에 의해 용존 탄산가스가 공기중으로 달아나게 되어 채수 후 일정시간이 경과하게 되면 대수층의 pH값과는 차이가 나므로 지하수의 pH 측정은 현장에서 직접하는 것이 정확한 자료를 취할 수 있다.

pH 값에 의한 수질 분류는 pH 값이 5.5이하이면 산성, 5.5~6.5는 약산성, 6.5~7.5 사이는 중성, 7.5~9.0 까지는 약알칼리성, 9.0이상이면 알칼리성으로 구분된다. 조사지구에서 지하수 pH는 6.32~7.67로서 대부분 약산성에서 약 알칼리사이에 분포하며 먹는물 수질검사 기준에 적합하게 나타난다. pH값이 약산성에 해

당되는 지하수 시료(D020)는 논산시 연산면 어은2리이고, 약알카리에 해당되는 지하수시료(D024, D030, D033)는 논산시 광석면 산동리, 양촌면 석서2리, 가야곡면 삼전2리의 논 및 생활용수이다.

3) 산화환원전위(Eh)

자연환경이 어떤 원소, 원자 혹은 이온으로 하여금 산화 혹은 환원을 만드는 능력을 산화환원전위라고 하며 산화환원전위는 원소의 이동과 농집에 지대한 영향을 미친다. 지하수의 Eh를 측정한 후 pH와의 관계를 추적하면 지하수 환경에서의 각종 이온의 전자가 상태를 판단할 수 있다.

Eh가 0.1 ~ 0.4V 이상의 값을 나타내면 산화환경으로서 수문, 지형특징상 고지대에 해당되어 평탄히 흐르는 물이 대부분이고 물의 특성상 무색투명하며 침전물이 적다. Eh가 0 ~ -0.15V 범위를 나타내면 환원환경으로 저지대의 정체된 물에 해당되며 색이 혼탁하고 침전물이 많다.

논산지역의 지하수 Eh 값의 범위는 -0.013 ~ 0.0640V로 산화환경과 환원환경의 중간적인 환경에 해당한다(표 5-1).

4) 전기전도도(EC, electric conductivity)

전기전도도(Electrical conductivity, EC)란 매질이 전류를 통과시킬 수 있는 능력(전기저항의 역수)으로서 단위체적 물질의 전기전도도를 전기비전도라하며 단위는 μS/㎝를 사용한다.

화학적으로 순수한 물은 일종의 절연체이나 물에 혼합된 고용물질이 전하를 가지는 이온으로 분리되어 존재하면 용액의 전기전도도는 높아진다. 그러므로 물속에 용해된 광물이나 기타물질의 종류와 양, 온도의 변화에 따라 전기비전도도 값이 변화하므로 물의 오염정도에 대한 지표 값으로 사용된다. 일반적으로 전기비전도도는 물속에 용해된 광물의 종류에 따라 전기비전도도 값이 변화를 보이지만 총용존고형물(Total Dissolved Solid, TDS)와의 관계는 전기비전도도 × (비율) = 총용존고형물(TDS)로 표시되며, 지하수의 경우 그 비율은 0.5~0.75의 범위내에서 존재하고 EC의 경우 강우는 5~30μS/㎝, 오염되지 않은 지하수는 30~2,000μS/㎝의 분포를 나타낸다.

논산지역 지하수의 전기전도도는 최소 64μS/㎝에서 최대 586μS/㎝, 평균 220 μS/㎝로 나타난다. 전기전도도가 최소인 지점(D025)의 지하수는 광석면 사

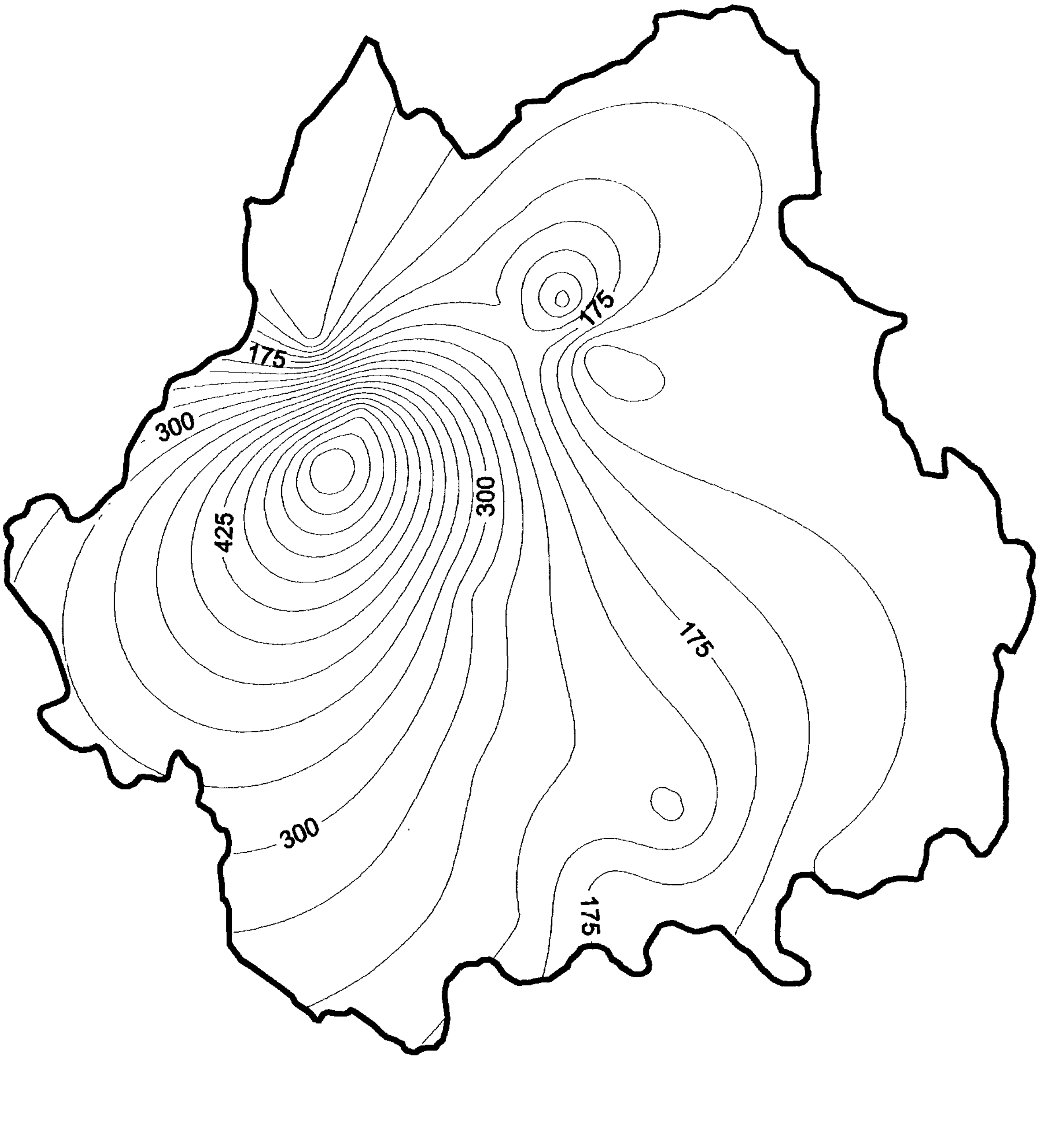
월1리의 생활용수이며, 전기전도도가 최대값을 보이는 지하수(D024)는 광석면 산동리의 생활용수이다(표 5-1, 그림 5-1).

5) 총용존고용물 (Total Dissoved Solid, TDS)

지하수의 전기전도도는 물 속에 용해되어 있는 전해질의 차이에 의해 결정되기 때문에 TDS와는 일정한 관계를 갖게 된다. TDS는 물시료의 수분을 완전히 증발시킨 후 남은 물질의 총량인데 TDS가 500mg/ℓ 이하이면 식수, 생활용수, 공업용수 등으로 사용할 수 있으나 1,000mg/ℓ 이상인 경우에는 용수로 적합하지 못하다. 조사지역의 TDS 분포는 그림 5-4에 나타나 있으며 지하수의 전기전도도와 TDS와는 직접적인 함수관계가 성립하는데 EC = 2TDS가 성립된다. 조사지역의 TDS 분포는 44~412mg/ℓ의 범위에 속하므로 생활용수 및 식수로서도 적합한 용수이다 (표 5-1, 그림 5-2).

<표 5-1> 논산지역 간이수질검사 결과

시료번호	채 취 지 점	온도 (℃)	pH	Eh (V)	EC (μS/㎝)	TDS (㎎/ℓ)
D020	연산면 어은2리	26.2	6.32	0.064	267	160
D021	연산면 덕암1리	26.2	7.05	0.023	118	86
D022	연산면 백석리	25.4	7.09	0.019	79	67
D023	광석면 왕전리	25.9	7.17	0.015	499	276
D024	광석면 산동리	25.7	7.66	-0.013	586	412
D025	광석면 사월1리	25.4	7.25	0.012	64	44
D026	상월면 상도리	25.7	6.88	0.031	123	95
D027	상월면 한천2리	25.6	6.69	0.042	174	115
D028	상월면 학당리	25.3	6.90	0.030	146	109
D029	양촌면 신기2리	26.4	7.44	-0.001	121	88
D030	양촌면 석서2리	26.0	7.67	-0.013	233	183
D031	양촌면 중산2리	25.4	7.26	0.008	156	115
D032	가야곡면 야촌리	25.5	7.36	0.003	243	185
D033	가야곡면 삼전리	25.6	7.53	-0.002	230	176
D034	부적면 탑정리	25.5	7.12	0.018	271	193



<그림 5-1> 조사지역의 EC 등치선도

<그림 5-2> 조사지역의 TDS 등치선도

<그림 5-3> 조사지역의 pH 등치선도

5-2. 주요 이온 분석결과

지하수에 용해된 화학성분중 대부분은 Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, K^{+}, HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO^{2-}_4를 주요원소로 한다. 조사지구 지하수의 수질조성상의 특성과 물성분의 변화를 파악하기 위하여 총 15개소에 대하여 양이온, 음이온 분석을 충남대학교 공동실습관에 의뢰하였다.
분석결과를 토대로 수질특성을 파악하기 위하여 주성분인 양이온 Ca^2+, $Na+$, Mg^2+, $K+$등과 음이온 $Cl-$, $SO42-$, HCO_3^-의 함량비를 epm(equivalents per million)으로 환산하여 성분분석에 이용하였다(표. 5-2).

epm이란, ppm으로 표시된 용질의 농도를 당량으로 나눈 값이다. epm은 보통 용액내에서 이온화 할 수 있는 용질에만 사용할 수 있는 단위로서 철과 같이 물에 녹지 않는 불용해성 물질은 epm으로 표시할 수 없다.

분석치의 평균을 보면, 양이온 평균은 K^{+} 1.30ppm, Ca^{2+}19.23epm, Na^{+} 23.25ppm, Mg^{2+} 3.84ppm 이며, 음이온 평균은 HCO^{-}_3 72.67ppm, Cl^{-} 19.08ppm, SO_4^{-2} 7.78ppm 이다.

Piper diagram은 Na+K와 Ca+Mg와 HCO_3의 함량 백분율을 Key diagram으로 표시한 것으로 양이온은 Na+K, Mg 및 Ca를 그리고 음이온에서 HCO_3, Cl, SO_4의 관계를 백분율로 환산하여 각각 삼각 diagram에 투영한 것이다.

Piper diagram의 양이온과 음이온의 백분율로서 4가지 유형으로 분류할 수 있다.

- Ca-HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate hardness형
- Na-HCO_3 형으로 대표되는 Carbonate alkali형
- Ca-SO_4 혹은 Ca-Cl형의 Noncarbonate hardness형
- Na-SO_4 혹은 Na-Cl형의 Noncarbonate alkali형

조사지역의 수질특성을 파악하기 위해서 지질별로 투영을 하였다.

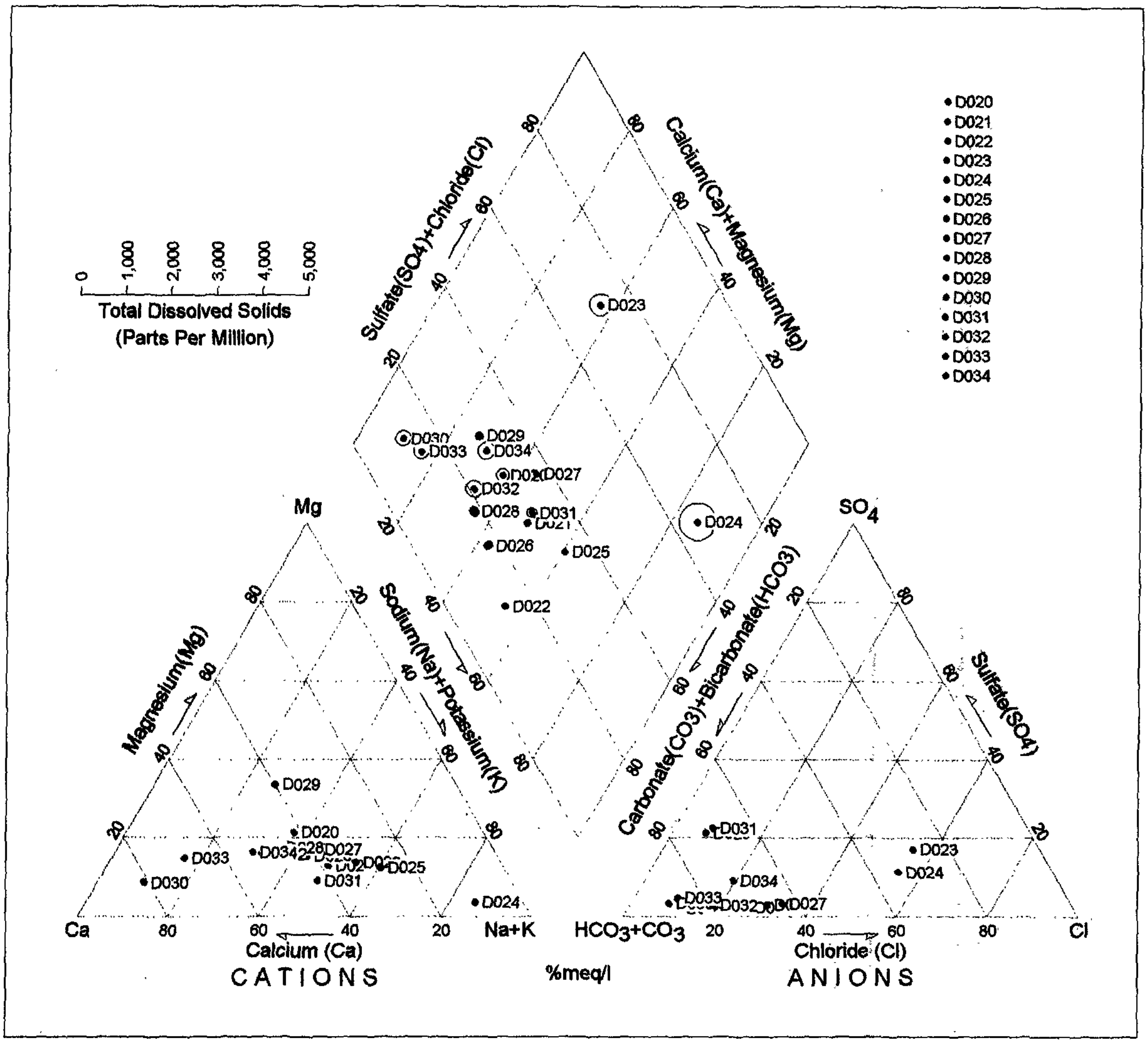
Piper diagram<그림. 5-5>에서 조사지구의 지하수는 대체적으로 비슷한 수질조성상의 분포를 나타내며, 화강섬록암 지역의 암반지하수는 양이온에서 Ca+Na가

음이온에서는 HCO_3가 우세한 Carbonate alkali형, 반상화강섬록암 지역도 양이온은 Ca+Na가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3가 대체로 우세한 carbonate Alkcali형, 변성이질암층은 양이온에서 Ca가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3가 우세한 Carbonate hardnessi형으로 나타났다.

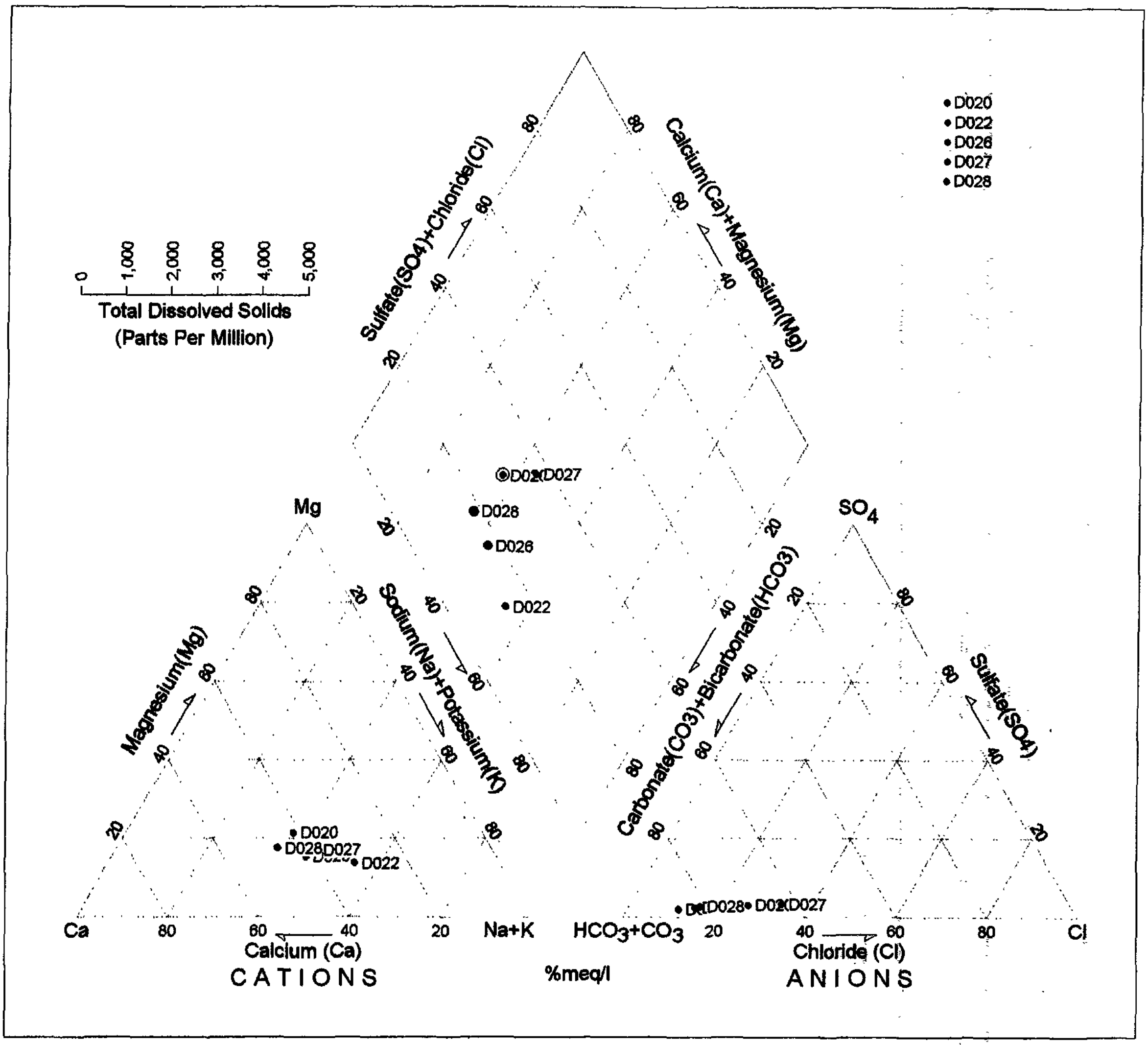
Stiff diagram<그림.5-6>은 diagram 좌측에 Na+K, Ca, Mg 양이온의 cpm 함량을, 우측에 Cl, SO_4, HCO_3 음이온의 epm 함량을 각각 표시하여 이온함량비를 diagram 모양을 이용, 형태적으로 분석하고 그 형태의 크기를 산출 비교하여 오염정도의 척도로 이용하기 위해서 사용한다. Stiff diagram에서 양이온 함량은 Ca>Na+K>Mg의 순으로 비슷하게 나타났으나 음이온 함량에 있어서는 HCO_3>Cl>SO_4의 관계를 나타내고 있다. 암반관정에 있어 대체로 음이온 함량이 양이온 함량보다 약간 높게 나타나는 경향을 보인다

<표 5-2> 주요이온 분석결과 (단위 : ppm)

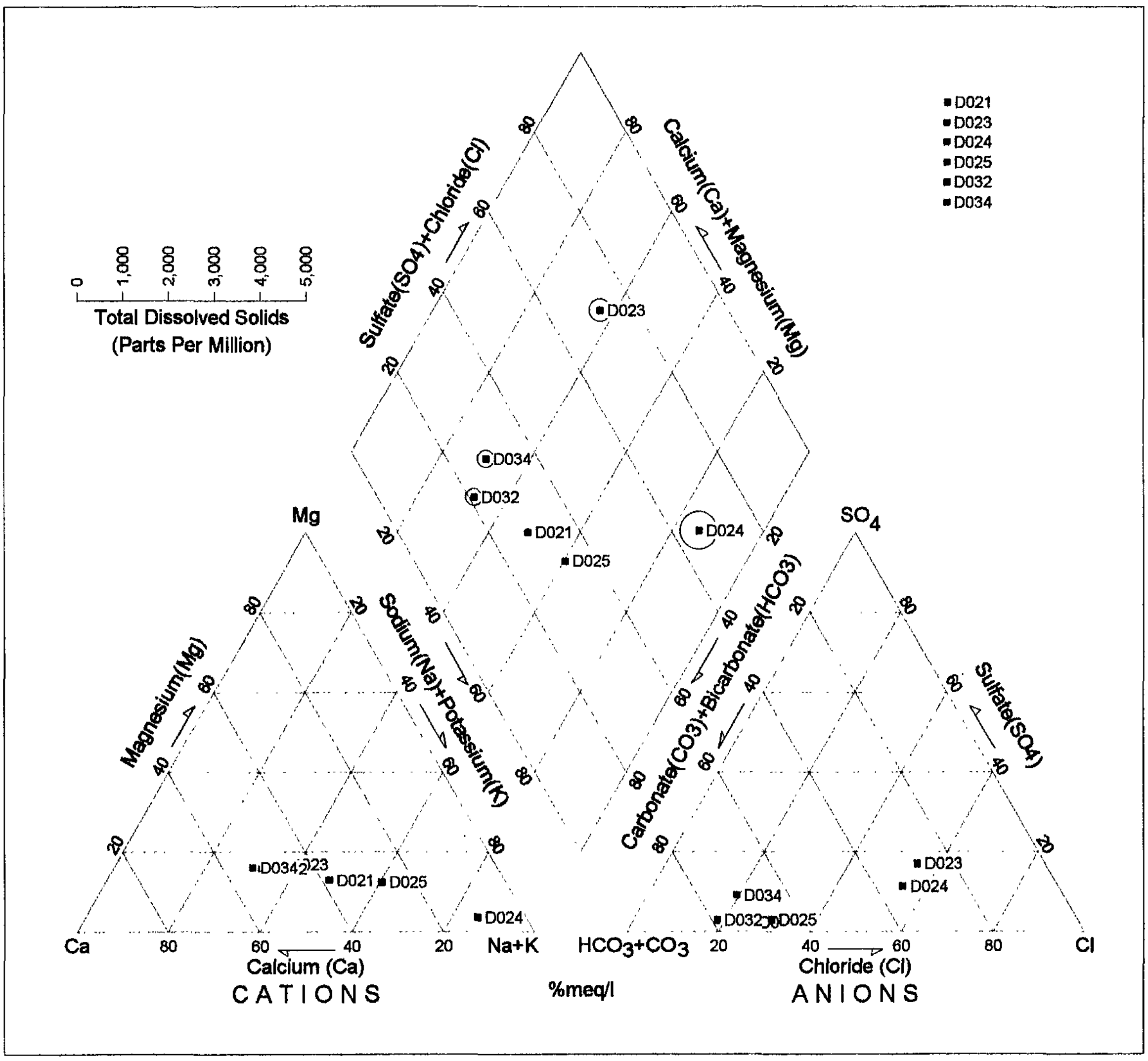
시료번호	양이온				음이온			
	Ca	Na	K	Mg	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3
D020	22.10	21.48	1.69	6.90	15.58	2.51	17.05	73.22
D021	9.61	13.59	0.56	1.95	8.91	1.11	8.52	42.10
D022	5.93	11.04	0.88	1.55	3.10	0.76	2.48	41.49
D023	45.85	39.90	2.24	10.22	64.42	27.03	29.92	56.44
D024	15.53	141.90	0.70	3.15	106.51	29.90	0.67	114.41
D025	3.49	8.34	0.88	0.95	5.97	0.79	1.42	22.88
D026	11.14	12.70	0.62	2.48	5.90	1.34	3.28	57.97
D027	13.63	16.98	1.24	3.63	14.35	1.96	16.30	47.29
D028	14.62	11.91	1.14	3.31	7.26	1.69	3.51	65.60
D029	10.22	7.39	0.68	5.22	3.00	11.70	0.63	50.04
D030	37.35	4.50	1.61	2.41	6.66	3.54	6.84	120.51
D031	14.60	18.23	1.17	1.88	4.14	15.16	1.11	59.49
D032	23.25	15.72	1.75	4.35	16.22	3.36	0.58	120.51
D033	31.75	7.21	2.13	4.12	7.14	4.80	7.57	111.36
D034	29.34	17.78	2.17	5.41	16.91	10.66	4.54	106.79



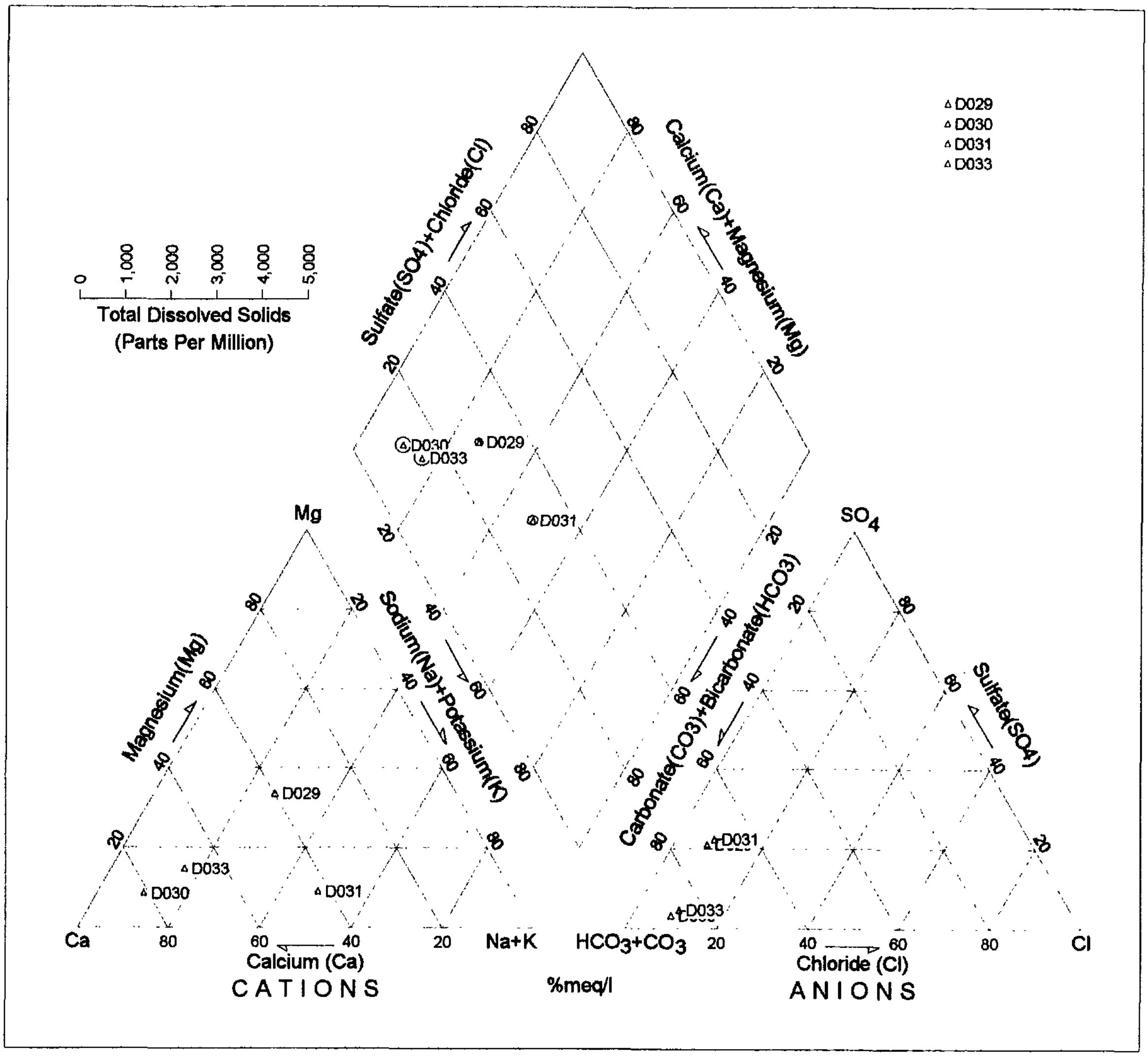
<그림 5-4a> 조사지역의 지하수 수질분포 Piper Trilinear Diagram



<그림 5-4b> 지하수 수질분포 Piper Trilinear Diagram (화강섬록암)



<그림 5-4c> 지하수 수질분포 Piper Trilinear Diagram (반상화강섬록암)



<그림 5-4d> 지하수 수질분포 Piper Trilinear Diagram (변성이질암층)

5.3. 먹는물 기준 수질검사결과

5.3.1 색도(color)

논산지역 지하수에서 색도가 먹는물 기준인 5도 이하를 유지하는 공은 15개 조사공중 14공이며 1공은 6도 이상으로 나타난다(표 5-3). 이는 조사공의 대부분이 농업용수로 이용되고 있기 때문에 색도 규정이 없는 농업용수 특성상 색도와 관계없이 지하수가 개발·이용되고 있는 것으로 판단된다. 이 지역에서 색도가 최대인 10을 보이는 지하수(D032)는 가야곡면 야촌리에 위치한다. 색도에 영향을 주는 인자로는 Fe 이온과 Mn 이온이 가장 크게 작용하고 부식토, 프랭크톤 및 산업폐기물 영향이 크다(Jackson, 1993).

5.3.2 탁도(Turbidity)

논산지역 지하수중에서 금번 조사공 15공중 탁도가 먹는물 기준치 1NTU이하로 유지되는 관정은 13공이며 2공이 1NTU이상의 탁도를 보이는 것으로 나타났으며, 먹는물 기준치 1NTU이상의 탁도를 보이는 관정은 D020(1.39), D032(8.65)이다. 이중 탁도가 가장 높게 나타나는 D032는 가야곡면 야촌리에 위치한다.

5.3.3 암모니아성질소(NH_3-N), 질산성질소(NO_3-N)

논산지역에서 암모니아성질소는 조사시료 전체가 먹는물기준치인 0.5㎎/ℓ이하로 나타나며, 질산성질소도 먹는물기준치인 10.0㎎/ℓ이하로 나타났다. 암모니아성질소는 용해도가 매우 큰 기체이며 암모니아 자체는 위생상 무해한 기체이나 생물체 또는 분뇨의 분해산물로 나타나므로 수질에서 오염지표가 된다. 질산염은 암모니아성질소와 질산성질소로 구분되며, 암모니아성질소는 주로 과거 농경지에서 그 함량이 높게 나타나며 질산성질소는 가축의 분뇨 등 인위적인 오염에 의하여 함량이 높게 나타난다(과학기술처, 1997).

5.3.4 과망간산칼륨소비량($KMnO_4$ consumed)

과망간산칼륨 소비량은 지하수 중에 함유되어 있는 유기물의 함량을 평가 하는 오염지수이다. 논산지역 지하수중에서 검출되는 과망간산칼륨 소비량은 0.2~1.6㎎/ℓ이다. 상월면 한천2리의 지하수(D027)는 과망간산칼륨 소비량이 1.6㎎/ℓ로 최대값을 나타냈으며, 과망간산칼륨 소비량이 비교적 높은 지하수는 부유물질이 관찰되는 지하수이다.

5.3.5 증발잔류물(Evaporation residual)

증발잔류물은 103℃~105℃ 혹은 180℃에서 물을 증발시킬 때 증발접시에 남아있는 잔류량을 증발잔류물이라 한다. 그러므로 물을 증발시킨 후 증발접시에 남아있는 잔류물은 부유물질과 콜로이드 상태의 물질 그리고 용존물질의 합으로 나타낸다. 용액속에 함유되어 있는 물질을 용존물질(dissolved solid), 콜로이드물질 (colloidal solid) 및 부유물질(suspended solid)로 분류한다. 여기서 부유물질은 그 크기가 filter를 통과하지 못하는 1 micron(10^{-6}m) 정도이며 유기물질과 무기물질로 다시 분류된다. 부유물질 중에서 유기물질의 함량을 휘발성 부유물질로 나타내며, 600℃에서 휘발되는 물질이다. 또한 600℃에서 휘발되고 남은 잔류량은 Ash나 Residue로 표현되며 이를 고정 부유물질이라하고, 무기물의 함량을 나타내는 척도가 된다. 그러므로 총고용물질의 양은 증발잔류물에서 부유물질을 뺀 값을 그 함량으로 보통 정의한다(한정상, 1998). 논산지역 지하수에서 검출되는 증발잔류물의 범위는 최소 69mg/ℓ에서 최대 460mg/ℓ로 먹는물 수질기준인 500mg/ℓ이하이다. 증발잔류물이 최대값인 460mg/ℓ을 보이는 지하수는 광석면 왕전리의 관정(D023)이다.

5.3.6 아연(Zn) 및 알루미늄(Al)

아연은 광산폐수, 공장폐수 등의 혼입으로 지하수에서 용출될 수 있으나, 통상양수용 파이프인 아연도강관에 기인하여 흔히 지하수에서 나타나고 있으며, 금번 15개 조사공 모두에서도 검출되었으나 먹는물 수질기준(1mg/ℓ)을 초과하는 관정 D020(1.211mg/ℓ), D032(12.835mg/ℓ)이며, 이중 최대값인 12.835mg/ℓ를 보이는 D032는 가야곡면 야촌리에 위치하며, 매우 우려되는 수치를 보이므로 정밀한 재조사가 요구된다.

알루미늄은 화합물 형태로 자연에 풍부하게 존재하며 때로는 물에서도 발견되나, 식품으로 섭취되는 알루미늄(88 mg/1일/1인)에 비교해서 물로부터 섭취되는 것은 극미량이며 다만 농도에 따라 음용수가 변색될 수 있기 때문에 심미적인 사항을 고려하여 먹는물 수질기준은 0.2mg/ℓ로 규정되어 있다. 금번 조사결과, 조사지역에서는 15개 관정중 6개 관정에서 검출되었으며 먹는물 수질기준치이내인 것으로 나타났다.

<표 5-3> 먹는물기준 지하수 수질검사결과

시료번호 / 시험항목	기준	D020	D021	D022	D023	D024	D025	D026	D027	D028
납 (Pb)	< 0.05 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소 (F)	< 1.5 ㎎/ℓ	0.2	0.2	0.2	1.0	1.7	0.2	0.3	0.3	0.4
비소 (As)	< 0.05 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.001	0.001	0.004
세레늄 (Se)	< 0.01 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은 (Hg)	< 0.001 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안 (CN)	< 0.01 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬 (Cr^{+6})	< 0.05 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소 (NH_4-N)	< 0.5 ㎎/ℓ	0.01	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.03	불검출
질산성질소 (NO_3-N)	< 10 ㎎/ℓ	8.8	3.0	1.1	9.2	0.2	0.6	1.8	7.0	2.2
카드뮴 (Cd)	< 0.01 ㎎/ℓ	불검출	0.001	0.001	0.001	불검출	0.001	0.001	0.001	불검출
페놀	< 0.005 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
총트리할로메탄 (THMs)	< 0.1 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
다이아지논	< 0.02 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	< 0.06 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	< 0.25 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	< 0.04 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바릴	< 0.07 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1.1.1트리클로로에탄	< 0.1 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	< 0.01 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	< 0.03 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로메탄	< 0.02 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	< 0.01 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	< 0.7 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	< 0.3 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	< 0.5 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1.1 디클로로에틸렌	< 0.03 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
사염화탄소	< 0.002 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	< 300 ㎎/ℓ	98	33	24	205	28	14	48	63	68
과망간산칼륨소비량 ($KMnO_4$)	< 10 ㎎/ℓ	1.1	0.3	0.8	1.4	1.3	0.2	0.2	1.6	0.5
냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	부적합
맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
동 (Cu)	< 1 ㎎/ℓ	0.003	0.001	0.003	0.005	0.010	0.004	0.005	0.003	0.005
색도	< 5도	4	1	1	1	2	0	1	1	1
세제 (ABS)	< 0.5 ㎎/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도 (pH)	5.8~8.5	6.2	6.7	6.9	7.0	7.4	7.3	6.9	6.8	6.7
아연 (Zn)	< 1 ㎎/ℓ	1.211	0.383	0.084	0.039	0.086	0.018	0.007	0.003	0.006
염소이온 (Cl^-)	< 250 ㎎/ℓ	23	10	3	65	30	7	7	15	7
증발잔류물 (TS)	< 500 ㎎/ℓ	227	96	74	460	127	69	110	154	123
철 (Fe)	< 0.3 ㎎/ℓ	0.16	0.02	불검출	0.02	0.06	불검출	불검출	불검출	0.01
망간 (Mn)	< 0.3 ㎎/ℓ	0.023	0.001	불검출	불검출	0.034	불검출	불검출	불검출	불검출
탁도	< 1NTU	1.39	0.14	0.07	0.09	0.98	0.13	0.10	0.09	0.30
황산이온 (SO_4^{-2})	< 200 ㎎/ℓ	6	2	2	34	21	1	3	4	3
알루미늄 (Al)	< 0.2 ㎎/ℓ	불검출	0.03	0.04	0.01	불검출	0.01	불검출	0.01	불검출
전기전도도 (EC)	μS/cm	288	126	91	624	175	78	169	231	194

시 료 번 호 시 험 항 목	기 준	D029	D030	D031	D032	D033	D034
납 (Pb)	< 0.05 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소 (F)	< 1.5 mg/ℓ	0.2	0.2	0.9	0.2	0.3	0.6
비소 (As)	< 0.05 mg/ℓ	0.004	0.001	0.005	불검출	0.008	0.002
세레늄 (Se)	< 0.01 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은 (Hg)	< 0.001 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안 (CN)	< 0.01 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬 (Cr^{+6})	< 0.05 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
암모니아성질소 (NH_4-N)	< 0.5 mg/ℓ	불검출	불검출	0.04	0.18	불검출	불검출
질산성질소 (NO_3-N)	< 10 mg/ℓ	0.2	2.9	0.5	0.1	2.4	2.2
카드뮴 (Cd)	< 0.01 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	< 0.005 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
총트리할로메탄 (THMs)	< 0.1 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
다이아지논	< 0.02 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	< 0.06 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	< 0.25 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	< 0.04 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바릴	< 0.07 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1.1.1 트리클로로에탄	< 0.1 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	< 0.01 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	< 0.03 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로메탄	< 0.02 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	< 0.01 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	< 0.7 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	< 0.3 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	< 0.5 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1.1 디클로로에틸렌	< 0.03 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
사염화탄소	< 0.002 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
경도	< 300 mg/ℓ	60	159	64	101	130	132
과망간산칼륨소비량 ($KMnO_4$)	< 10 mg/ℓ	0.5	0.5	0.3	0.8	0.5	0.8
냄새	무취	적합	적합	적합	적합	적합	적합
맛	무미	적합	적합	적합	적합	적합	적합
동 (Cu)	< 1 mg/ℓ	0.006	0.010	0.010	0.011	0.004	0.004
색도	< 5도	3	1	3	10	3	2
세제 (ABS)	< 0.5 mg/ℓ	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수소이온농도 (pH)	5.8~8.5	7.1	7.5	7.4	7.0	7.5	7.4
아연 (Zn)	< 1 mg/ℓ	0.154	0.016	0.038	12.835	0.058	0.169
염소이온 (Cl^-)	< 250 mg/ℓ	3	7	4	17	7	18
증발잔류물 (TS)	< 500 mg/ℓ	89	161	117	170	169	197
철 (Fe)	< 0.3 mg/ℓ	0.01	불검출	0.02	0.24	불검출	0.01
망간 (Mn)	< 0.3 mg/ℓ	0.012	불검출	0.027	0.064	불검출	0.25
탁도	< 2도	0.15	0.10	0.31	8.65	0.11	0.15
황산이온 (SO_4^{-2})	< 200 mg/ℓ	16	7	22	8	9	17
알루미늄 (Al)	< 0.2 mg/ℓ	불검출	불검출	0.01	0.01	불검출	0.01
전기전도도 (EC)	μS/cm	136	268	175	276	255	297

5.4. 잠재오염원 조사

지하수 자원의 효율적 개발이용과 합리적인 보존관리를 위해서는 지하수 자원의 부존량을 조사 평가하여 적정개발이 요구되며, 지하수 자원에 관련된 장애, 즉 수질오염, 수원고갈, 수위저하, 지반침하, 염수침입 등을 조사하여 수질의 오염원인이 되는 각종 오염원을 조사·관리하는 것이 필요하다.
지하수의 수질오염을 유발하는 오염원에는 크게 폐기물의 투기에 의한 오염원과 다른 인위적인 활동에 의한 오염원 등 두 종류가 있다(표 5-4).

<표 5-4> 오염원의 종류

폐기물 투기에 의한 오염원	기타 인위적인 오염원
◦ 매립지, 쓰레기더미 또는 지표의 웅덩이	◦ 지하굴착(지하수개발, 토석채취 등)
◦ 광산 폐기물	◦ 사고로 인한 오염물질의 누출
◦ 산업폐수의 방류	◦ 농화학 약품의 살포
◦ 방사성 폐기물의 투기	◦ 인위적 지하수 충진
◦ 지표에 분산된 슬러지	◦ 도로의 재설용 화학물질
◦ 주입관정	◦ 유전탐사
	◦ 지하유류 저장탱크의 연결관
	◦ 염수침입 및 염도증가

지표의 오염원으로부터 오염물질이 유출되어 지하수면에 도달하면 오염물질은 지하수와 함께 서서히 지하수계를 이동하여 그 농도차와 지하수 유로경로에 따라 주변으로 확산된다. 이때 오염물질은 지하수와 혼합되면서 지하수 오염체를 형성하며, 이 오염체는 지하수 뿐 아니라 지하수의 유동경로에 접하게 되는 모든 지질매체(토양이나 암반 대수층)를 오염시킨다.
잠재오염원의 또 다른 분류인 O.T.A 잠재오염원 분류를 소개하면 다음과 같다(표 5-5).

<표 5-5> O.T.A 잠재오염원 분류

구분	종 류	
1군	- 오염물질의 삼투 및 배출을 목적으로 계획된 오염원 1. 지하삼투형(정하조, 오수조) 2. 주입정(유해폐기물, 염수처리공) 3. 지상살포(관개용수살포, 슬러지살포)	
2군	- 오염물질의 저장, 취급, 처리시설 1. 육상매립지 2. 쓰레기 하치장 3. 주거지에서 쓰레기 처분 4. 지표 저수조 5. 광산폐석 6. 폐기물 하치장 7. 재료의 비축지	 8. 묘지 9. 동물사체 매몰지 10. 지상탱크 11. 지하탱크 12. 콘테이너 13. 소각장과 발파지 14. 방사능 폐기물 처리장
3군	- 운송, 송유시설 1. 수송관로 2. 운송, 화물	
4군	- 기타활동으로 배출 및 살포되는 오염원 1. 관개용수 2. 농약살포 3. 비료살포 4. 동물사육	 5. 제설, 제빙제 살포 6. 도시의 강수유출 7. 대기오염 물질의 지하삼투 8. 광산과 광상폐수
5군	- 지하수 유로의 변경에 따른 오염원 1. 관정(지하수, 유류, 지열) 2. 기타목적의 관정 3. 공사용 굴착	
6군	-인간활동에 의해 자연적으로 발생되는 오염원 1. 지표수와 지하수의 상호작용 2. 자연적인 삼출현상 3. 양수에 의한 염수침입	

○ 정화조

우리나라 농어촌의 대표적인 잠재오염원 형태로 정화조 내의 분뇨에는 다량의 질소화합물이 포함되어 있으며 질소화합물이 토양에 유입되면 토양 박테리아에 의한 질산염으로 산화되어 지하수로 침투된다. 유역별 인구와 경지면적은 수질에 영향을 미치는 인자인데 본 지구의 인구 밀도(264명/㎢)는 매우 낮아 지하수 오염에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 예상된다. 최근 농촌에서도 현대식 주택이 널리 보급 되면서 정화조에 의한 분뇨 유출이 이루어져 토양오염이 이루어질 가능성이 있다. 본 지구에서 질소화합물의 지하수 유입정도를 분석하기 위하여 암모니아성 질소 및 질산성질소의 농도분석 결과를 살펴보면 암모니아성 질소 및 질산성질소는 대부분 검출되지 않거나 농도가 낮게 나타나 가축의 배설물에 대한 오염상태가 양호한 것으로 파악된다.

○ 농약 및 비료 살포

농업 오염원은 가축의 분뇨, 비료, 각종 농약 등이 대부분을 차지한다. 이들의 성분은 주로 질산화합물, 인산염, 박테리아, 염화물, 중금속 등이다. 총 분포면적 중 농경지는 <표 2-3>에서와 같이 21,482 ha로써 연무읍이 2,777 ha로 가장 넓고 성동면(2,154ha), 광석면(2,193ha)이 넓은 농경지 분포 면적을 가진다.

○ 폐기관정

지하광물 자원 및 지하수 등을 탐사 또는 개발하기 위하여 시추를 많이하고 있다. 이러한 시추공들은 보통 소기의 목적을 달성한 후에는 방치하게 되는데, 이 때 시추공의 처리작업을 소홀히 할 경우, 지표의 여러 오염물들이 시추공내로 침투하여 대수층을 단시일내에 오염시키게 된다.

본 조사지구내 무단으로 방치된 소형 및 대형 폐기 관정의 정확한 숫자 파악은 어려우나, 1998년 11월부터 농림부 주관 하에서 농어촌진흥공사가 실시한 폐공조사 및 처리사업을 통하여 대형관정 및 소형관정이 무상으로 처리되었으나, 충적용 관정은 경지정리시 폐공처리 되지 않고 경지와 함께 덮혀져 주인조차 관정의 정확한 위치를 모르고 있는 경우가 대부분이어서 지하수 오염의 우려를 안고 있어서 시급한 폐공 조치 및 복구를 하지 않으면 오염의 우려가 높다.

농업용 관정의 대부분이 영농기 및 가뭄기에 사용되고 비싼 전기료 때문에 사용하지 않는 관정이 많은데 개발 당시 관정 개발 계획에 경제적인 면도 고려하여 비영농기 및 가뭄시기가 아니더라도 마음놓고 지하수를 사용 할 수 있어야 할 것이다.

ㅇ지하저장 탱크

본 조사지구 내에는 각 면소재지 단위 및 국도 주변 등에 주유소가 소재되어 있는데 주유소의 저장탱크에서 유해 유기화합물이 누출되면 점오염원으로서 지하수를 오염시킬 수 있다.

대부분의 석유류 제품의 저장에 이용되는 지하저장 탱크는 주로 금속 제품 으로 만들어지기 때문에 시간이 지남에 따라 용접 부위가 쉽게 부식되어 저장된 물질들이 지하수로 누출될 수 있다. 지하수가 누출될 경우 가수성분과 벤젠, 톨루엔 등 유독성 화합물이 분리되어 토양에 부착, 지하수에 녹게 되어 지하수를 오염시킬 수 있다.

6. 지하수자원의 부존성 평가

6-1. 물수지 분석

전통적인 수문학적 물수지 분석은 물의 순환과정에서 수문제량을 평가하여 지하수의 함양량을 추정하는 과정으로서 수자원의 부존 한계를 결정하는 중요한 도구가 된다.

일반적으로 이 방법은 장기간에 걸친 평균적 균형상태를 가정하기 때문에 중간과정에서의 동적인 수문수리상태를 고려하지 못하는 결점이 있다. 이러한 약점에도 불구하고 계획단계에서 수자원의 지역적인 부존량의 정도를 파악하고 대수층의 초기 및 경계조건을 설정하는 데 있어 수문학적인 물수지분석은 필수적이다.

6-1-1. 강수량에 의한 함양량 분석

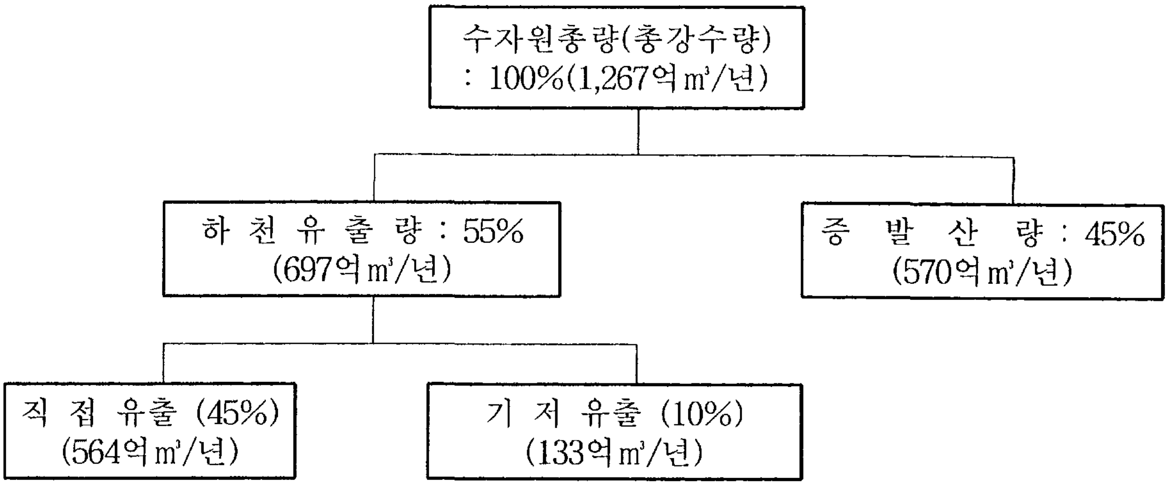
지하수의 기원은 강수에 의한 순환수이며, 지표수가 유동하는 과정에서 지질적인 구조, 지형특성, 임상조건, 기온 및 일조량 등에 의하여 대수층으로 함양되는 것으로 수순환계에 의하여 항상 평형상태가 유지되어야 한다.

따라서 평형상태가 파괴될 경우 저류량의 변화(자연수위의 변화)를 나타낸다. 강수에 의한 수수지를 분석할 때 지하수 수지는 다음과 같다.

저류량 = 공급량 - 소비량 - 증발산량

본 조사지역의 수수지 분석을 위한 대전기상대의 10년간 강수량 분석에 의해 다음사항을 산출하였으며, <그림. 6-1> 수자원 계통표를 이용하여 조사지구의 연평균 강수량 1,399.0㎜/년을 적용하여 기저유출량을 계산하였다.

- 조사지구 년평균 강수량(대전기상대, 1990~1999)
  평균 : 1,399.0㎜/yr, 최대 : 2,070.0㎜/yr, 최소 : 857.9㎜/yr
- 집수유역면적 : 615,490,000㎡
- 기저유출량 : 수자원총량(861,070천㎥)×기저유출율(0.1)=86,107천㎥



<그림. 6-1> 수자원 계통도(건설교통부, 지하수관리기본계획, 1997.)

본 조사지역의 건교부 발행 우리나라 수자원 현황표에 의한 강수량과 물수지 분석에서 조사지구 년간 수자원 총량은 861,070천㎥로 년간 지하수 함양량(18%)은 154,992.6천㎥/년이며, 이를 1일 사용 가능량으로 환산하면 424.6천㎥/일이다.

6-1-2. 유출분석에 의한 함양량 분석

하천의 유출률은 강수총량에 대한 유출총량의 비로써 다음과 같이 계산된다.

$$\text{유출률} = \frac{\text{월평균유출량}(m^3/sec) \times 86,400 \times \text{월의 일수}}{\text{월평균강우량} \times \text{유역면적}}$$

하천 유출량의 감소는 지하수위가 강화되었음을 의미하게 되며, 본 유역에 있어서 하천유출량의 측정은 연평균기저유출율(강우함양계수)인 18.0%를 적용하였다(건설교통부 통계적 물수지법).

하천유출이 지하수위의 변동과 관련이 있으므로 하천유출량의 수문곡선으로부터 기저유출을 분리하면 지하수 저류로부터 배출되는 량, 즉 지하수 유동량으로 볼 수 있다. 기저유출율(강우함양계수)을 0.18로 하여 유량을 산출하면 다음과 같다. 여기서 연강수량은 10년간(1990~1999) 대전기상대의 년평균 강수량인 1,399.0㎜로 계산하였다.

$$\frac{0.18\times615,490,000\times1.3990}{365\times86,400}\fallingdotseq4.9148㎥/sec=424,638.7㎥/day \quad 7$$

그러므로 연평균 함양량은 154,993천㎥로 나타나고 이 수치는 지하수의 저유 상태에 인공적인 변화를 가하지 않고 소모시켜 버릴 수 있는 수량이다.

수문학적인 물수지방법은 일정 수역내의 강수량과 직접유출, 증발산량, 지하수 함양량간에 수문평형이 유지되는 것으로 보아 다음식으로 표현된다.

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

여기서, I : 지하수함양량
DR : 지표수 직접유출량
P : 총강수량
ET : 증발산량
IU : 타수역으로부터 지하수 유출입량

○ **강수량, 증발 및 증발산량**

조사지역 강수량은 대전기상대에서 관측한 1990~1999년 10년간 측정한 자료의 평균치 1,399.0㎜/년을 적용하였고, 이로부터 년간 **총 강수량**을 산출하면,

1,399.0㎜ × 615.49㎢ ≒ 861.070 × 10^6㎥가 된다.

증발량은 조사지역에 위치한 대전기상대의 10년간의 관측자료로 산출된 1,079.2 ㎜/년을 적용하여 조사지역에서의 **수면증발량**을 계산하면,

하천 및 저수지면적(28,476.280.0㎡) × 증발량(1,079.2㎜) ≒ 30.73 × 10^6㎥ 이다.

증발산량은 Turc(1975)의 증발산량 추정공식을 사용하여 얻어진 연간증발산량(ETR) 653.7㎜/년을 적용하고 조사유역에 대한 **총증발산량**을 산출하면,

0.6537㎜ × 615.49㎢ = 402.35 × $10^{6㎥}$가 된다.

6-2. 지하수 부존량 및 개발가능량

지하수부존량이 얼마나 될 수 있느냐는 문제에 대한 계산은 암석의 공극을 충진하고 있는 물로서 평가되어 질 것이다. 그러나 실제 사용할 수 있는 지하수는 지층속에 있는 물의 전부가 아니고 중력에 의하여 나올 수 있는 부분뿐이다. 모관현상에 의하여 부착되어 있는 부분은 제외되어야 하며, 이를 유효공극률(Effective Porosity)로 표현한다.

유효공극률은 실내실험으로도 구해질 수 있으나, 이를 그대로 야외에 적용한다는 것은 위험한 일로 거의 적용을 삼가고 있다. 전체적인 저류계수의 산출은 장기적인 수문적 자료에 의한 물수지의 해석으로 가능해질 것이다. 일반적으로 대수층 시험에서 얻어진 수치보다 수배 높은 수치로 나오는 것이 보통이나 대수층시험에서 얻은 수치를 기본으로 하여 부존량의 총량을 구할 수 있다.

6-2-1. 지하수 부존량

충적층의 평균층후는 기설관정 자료에서 얻어진 22.9m를 적용하며, 풍화대 이하는 암반층으로 간주하였다.

암반대수층의 지하수 부존량은 대수층 심도와 관계된다. 조사지구내 기존 암반관정들의 평균 개발심도가 24~200m에 위치하므로 대수층 심도는 평균심도인 113.8m로 제한하였으며, 충적대수층은 충적층 평균 층후로부터 수위관측 조사에서 나타난 평균 지하수위가 지면 13.5m이므로 충적층의 포화대 층후는 9.4m이다.

유효공극률은 암종별 평균공극률 퇴적암 5%, 충적층 35%, 화성암 1%, 변성암 1%(1991. 농어촌진흥공사)에서 충적층은 35%를 적용하고, 암반층은 조사지역이 경상계퇴적암, 관입암류화성암류, 시대미상변성암이 주로 존재하여 구성 지질별 면적비를 따져서 퇴적암 50%, 변성암류 50%를 적용시켜 평균 3%를 조사지역의 암반공극률로 산정하였다.

지하수 부존량 산정에 적용된 유역면적은 조사지역 총면적 615,490,000.0㎡중 전, 답에 충적층이 주로 분포한다고 가정하여 충적층은 214.8㎢를 산정하고 나머지 토지 400.7㎢에는 암반대수층만을 고려하였다.

이와 같은 방법으로 산정한 조사지역의 지하수부존량은 2,747.44×10^6㎥이고, 이중 암반지하수가 74.3%인 2,040.75×10^6㎥로 평가된다.

<표. 6-1> 지하수 부존량 산출

구 분	면 적 (㎢)	대수층두께 (m)	공극률	부 존 량 (㎥/년)	비 고
계	615.5			2,747.44×10^6	
충 적 층	214.8	9.4	0.35	706.69×10^6	
충적층하부암반	214.8	104.4	0.03	672.75×10^6	
암 반	400.7	113.8	0.03	1,368.0×10^6	

6-2-2. 지하수개발 가능량

본 조사지구에서 지하수개발 가능량 추정은 공극률을 적용하여 지하수 부존량을 산출한 경우에 충적층은 포장능력(부존량)의 20%를 적용하고, 암반층은 부존량의 10%를 적용하였다(21세기 농어촌지역 용수수급 및 개발보전 세미나, 농어촌진흥공사, 91.12).

조사지구의 대수층의 공극률을 적용한 지하수부존량은 2,747.44×10^6㎥/년이고, 개발·이용가능량은 345.42×10^6㎥/년, 일일 946,337㎥/일로 산출되었다.

<표. 6-2> 지하수 부존량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평 가 방 법	단위	부 존 량			이 용 가 능 량		
		계	충적층	암반층	계	충적층	암반층
공극률 적용 지하수 부존량 산출 (충적35%, 암반3.0%)	×10^6㎥/년	2,747.44	706.69	2,040.75	345.42	141.34	204.08
	㎥/일	7,527,231	1,936.136	5,591,095	946,337	387,227	559,110

안정 채수율을 고려하여 지하수함양량의 70%정도로 적정개발량을 산출할 때 강수량에 의해 함양을 구했을 경우 86.107×10^6㎥/년의 함양량으로 적정개발량은 60.3×10^6㎥/년, 165,205㎥/일이고, 유출분석에 의한 함양량은 154.993×10^6㎥/년으로 산출되어 적정개발량은 108.495×10^6㎥/년이고 일일로 환산하면 297,247㎥이다.

6-2-2. 지하수개발 예정위치 선정

관정개발은 크게 충적대수층과 암반대수층을 대상으로 이루어진다. 충적층이란 암석이 풍화운반 퇴적된 미고결퇴적물로서 지질시대 제3기 이후에 형성된 것으로 본 지구에는 약 342개의 충적관정을 조사하였으며, 본 지구 내에서도 오염이 진행되고 있는 실정으로 향후 충적관정 개발에 의한 지하수 사용은 많은 제한이 있을 것으로 판단된다.

본 지구를 구성하는 기반암은 시대미상의 호상 혼성 편마암 및 편암, 변성 이질 ,사질암층과 쥬라기의 화강 및 화강섬록암 그리고 백악기의 산성 암맥류로 구성되어 있으며, 대부분이 결정질암과 층을 가지는 퇴적암으로서 조사지구 기반암내의 1차 공극에 형성된 암반대수층내의 부존은 불량하여 암반지하수의 부존은 파쇄대 발달지역으로 제한되며, 퇴적암의 경우는 층리를 따른 지하수이동과 결정질암과 마찬가지로 파쇄대 발달지역에 의존하게 된다.

파쇄대 발달은 지각운동, 화성암의 관입 등으로 암반의 파괴에의해 발달하게 되고 암반중에 2차 공극을 형성한다. 본 지구에서 선구조의 발달은 N100° W 방향이 우세하게 나타나며, 기설암반관정도 이들 선구조 발달방향을 따라 많이 개발되었다

<표. 6-3> 지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량

평 가 방 법	단 위	함양량	적정개발량	비 고
수자원 계통표 기저유출 10%	$\times 10^6 m^3$/년	86.107	60.3	
	m^3/일	235.910	165.205	
기저유출 (하천유출) 18.0%	$\times 10^6 m^3$/년	154.993	108.495	
	m^3/일	424,638	297,247	

본 조사지구에서의 지하수부존 및 개발여건은 양호한 편이나 본 조사는 지하수개발 위치선정을 위한 정밀조사가 아니므로 향후 지하수개발을 위해서는 수자원 용도 및 채수계획량에 따라 지하수영향조사 및 정밀탐사과정을 거쳐 지하수 개발위치를 선정하여야 할 것으로 판단된다.

7. 지하수 활용계획

7-1. 용도별 소요수량 및 공급방안

조사지구인 논산시는 대부분이 농촌지역으로 상수도 보급율이 1998년 현재 50.4%, 1개 시. 2개읍, 3면에 이른다. 광석, 노성, 벌곡, 부적, 상월, 성동, 양촌면은 인구가 3,000명이 넘는 곳으로 아직 상수도 보급이 되지 않은 곳으로 간이 상수도를 생활용수로 사용중이다.

<표. 7-1> 생활용수 소요수량

구분	급수대상 인구수(명)	급수량 (ℓ)	필요수량 (㎥/일)	기공급량(㎥/일)		향후소요수량 (㎥/일)
				공수	사용량	
계	171,255	4,384	46,923.87	17,687	33,873	1,017
강경읍	14,069	274	3,854.91	249	376	3,479
연무읍	21,614	274	5,922.24	2,038	3,620	2,302
성동면	7,471	274	2,047.05	1,898	2,199	-152
광석면	6,934	274	1,899.92	1,887	2,557	-657
노성면	5,235	274	1,434.39	1,085	432	1,002
상월면	4,705	274	1,289.17	1,053	1,320	-31
부적면	5,168	274	1,416.03	1,347	2,283	-867
연산면	8,712	274	2,387.09	1,428	2,491	-104
벌곡면	3,164	274	866.94	437	1,050	-183
양촌면	7,965	274	2,182.41	1,363	1,661	521
가야곡면	5,716	274	1,566.18	1,169	2,419	-853
은진면	5,643	274	1,546.18	1,343	1,944	-398
채운면	4,019	274	1,101.21	964	1,051	50
취암동	23,219	274	6,362.01	446	986	5,376
두마면	26,767	274	7,334.16	572	8,260	-926
부창동	20,854	274	5,714.00	408	1,224	4,490

본 지구는 대부분이 농촌지역으로 강경, 연무읍, 연산, 은진, 채운면, 논산시지역을 제외한 7개면은 상하수도 보급율이 전무한 상태로 상수도 보급율이 급수인구 대비 50.4%이다. 지하수를 이용한 간이 상수도(생활용수)는 현재 17,688개소로 조사되었다.

논산지역의 평균 1일 급수량이 1998년도 274ℓ로 나타났으며, 서울시의 경우 1994년 현재 누수손실량을 포함하여 476ℓ에 이르고 있다.

농촌에서도 지표수 및 지하수의 오염이 이루어지면서 암반관정을 이용한 생활용수 공급이 이루어지고 있다. 암반관정 개발에 의한 생활용수 공급은 암반관정 1공당 채수 이용량을 150㎥/일로 하고, 향후 인구의 증감이 없다고 가정할 때 소요수량은 46,924㎥/일 이고, 기 공급양을 제외한 필요수량은 13,051㎥/일로 산출되어 면별 필요공수를 추정한 결과, 총 87공으로 그 내역은 <표. 7-1>과 같다.

논산시 지역은 평균 급수량을 급수대상 인구에 적용시켰을 때 인구밀집으로 인해 필요수량이 9,866㎥/일로 많은 양이 필요하게 된다.

가야곡, 광석, 두마, 벌곡, 부적, 상월, 성동, 연산, 은진면의 경우 인구대비 생활용수 사용량이 필요량을 초과하는 것으로 나타났는데 관정수와 양수량은 많은데 비해 관리소홀로 인한 낮은 우물효율, 과잉양수로 인한 수질오염 등으로 사용이 제한된 경우가 많으므로 어느관정의 경우도 마찬가지 이나 지하수 개발 계획시 그 수요와 필요량을 정확히 산정하여 안정채수량 만큼만 개발하되 시설의 관리와 지하수자원의 보전에 더욱 철저를 기해야 한는 곳이다.

<표. 7-2> 향후 생활용수 소요 관정수

구분	필요수량 (㎥/일)	기공급량 (㎥/일)	향후소요수량 (㎥/일)	소요관정수 (공)	비고
계	46,923.87	33,873	13,051	87	
강경읍	3,854.91	376	3,479	23	
연무읍	5,922.24	3,620	2,302	15	
성동면	2,047.05	2,199	-152	-1	
광석면	1,899.92	2,557	-657	-4	
노성면	1,434.39	432	1,002	7	
상월면	1,289.17	1,320	-31	0	
부적면	1,416.03	2,283	-867	-6	
연산면	2,387.09	2,491	-104	-1	
벌곡면	866.94	1,050	-183	-1	
양촌면	2,182.41	1,661	521	3	
가야곡면	1,566.18	2,419	-853	-6	
은진면	1,546.18	1,944	-398	-3	
채운면	1,101.21	1,051	50	0	
취암동	6,362.01	986	5,376	36	
두마면	7,334.16	8,260	-926	-6	
부창동	5,714.00	1,224	4,490	30	

< 표 7-3 > 농업용수 소요수량

농지면적 (ha)	총 소요수량 (㎥/일)	기공급량 (㎥/일)		소요수량 (㎥/일)	소요 관정수	비 고
		지표수	지하수			
24,160	1,652,420	-	36,183	1,616,237	10,775	

지표수와 지하수의 농지에대한 관개량은 60 : 40%로 산정하였으며 소요 관정수는 앞으로의 지표수 관련 관개 개선사업을 고려하고, 지하수 보존 차원에서 공당 150㎥/일을 기준으로 했을 때 소요량기준 60%로 하였다. 또한 소요수량은 ha당 77㎥/일로 산정하였다. 그결과 소요수량은 1,546,073㎥/일, 소요관정수는 6,184공이 산출되었다.

7-2. 지하수 개발 계획

본지구에서 향후 생활용수로 개발해야 할 지하수 관정수는 생활용수가 87개공(공당 150㎥/일), 농업용수가 6,184공(공당 150㎥/일)으로 이는 연차별로 이루어져야 할 사업으로 지하수 개발사업비를 30백만원/지구로 하였을 때 연차별 지하수 개발 사업량 및 사업비는 다음과 같다.

<표. 7-4> 연차별 지하수 개발 사업량 및 사업비

(단위:지구,백만원)

년 도		계	2000	2001	2002	2003	2004이후
계	사업량	6,271	25	25	25	25	6,171
	사업비	185,130	750	750	750	750	185,130
생활용수	사업량	87	10	10	10	10	47
	사업비	2,610	300	300	300	300	1,410
농업용수	사업량	6,184	15	15	15	15	6,124
	사업비	182,520	450	450	450	450	183,720

8. 지하수 보전 관리

8-1. 지하수 환경재해

충적층지하수로도 충분히 그 사용목적을 충족 시키던 예전과는 달리 현대에는 지표수의 오염에 따른, 표층수 유입을 차단하는 지하수 개발 시공법과 깨끗한 천연 암반수를 획득하기 위해 점점더 심층의 지하수를 개발하는 추이로 인해 부수적으로 발생하는 재해 또한 커졌다 하겠다. 지하수는 수문순환과정상 순환 속도가 매우늦고 적정 수준 이상으로 지하수를 채취하거나 수질이 한번 오염되면 복원이 매우 어렵고 또한 여러 형태의 재해가 발생하게 된다. 일단 훼손된 지하수 대수층의 복원에는 오랜 기간과 막대한 비용이 소요되거나 전혀 복원이 불가능한 경우도 있으므로 사전에 철저히 보호하면서 합리적으로 사용하는 것만이 보전 관리를 위한 최선의 방안이다. 그러므로 조사 지역의 항구적인 지하수 보전 관리를 위하여 필요한 사항들, 즉 지하수 사후 환경재해와 보전대책, 지하수 시설물의 관리, 지하수 관측망 설치운영의 필요성, 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다.

지하수 환경재해는 과잉양수에 의한 수원고갈, 지하수위 강하에 따른 지반침하, 지하수위 변화에 따른 각종재해, 지하수 구조물 설치에 따른 지하수 유동변화, 지하수 오염에 따른 피해 등을 들 수 있다. 본 지역에서는 지하수 시설이 밀집되어 있는 가야곡면,부적면등 답작용수가 밀집한 지역일대에서 과잉양수에 주의하여야 하며, 지반침하로 우려되는 인구 밀집지역인 논산시 일대가 주요 관리대상 지역이다. 지하수의 밀집개발, 과잉양수, 유동장애, 수위강하를 방지하기 위해서는 신규개발 시설에 대해서는 사전에 전문기관의 조사 또는 환경영향조사를 시행하여야 하고 기존시설 역시 지하수 이용에 대한 제도적, 법적인 제한조치가 필요하며, 지표 또는 지하로부터의 오염물질 유입을 방지하기 위해서 오염방지 시설을 설치해야 한다. 오염원에서 배출되는 폐수는 발생원에서 일부 제거되고 하수도를 통해 이송되어 하수처리장에서 처리된다. 그러나 법적규제 대상에 포함되지 않는 소량의 폐수는 그대로 하수도로 방류되는데 하수시설이 불완전한 경우에는 이동

중에 누수되어 지하수를 오염시킨다. 국내의 하수도는 대부분 합류식이며, 분류식으로 설치된 지역도 우수관 및 하수관이 노후 혹은 잘못 연결되었거나 관리가 소홀하여 이음이나 경사가 불량한 곳으로 폐수가 누출되어 지하수를 오염시키는 것을 방지하기 위하여는 하수도망에 대한 정밀조사를 실시한 후 보수공사를 시행하여야 한다.

오염수의 이동에 직접적인 영향을 미치는 매립 지반의 우수 계수와 오염물질의 반응 또는 생분해 정도 등이 있는데 이들 요소는 현장처리기술 적용 여부를 결정하는 것이 중요하다. 이러한 기술은 침출수와 지하수의 분리기술과 오염수의 확산 방지 기술로 나누어진다. 지하수 침출수 분리 기술은 매립층을 통과한 침출수가 매립지 하부의 오염되지 않은 지하수 층으로 유입되는 것을 방지하는 기술로써 위생 매립지에 적용이 가능하다. 반면, 오염수의 확산 방지 기술은 비위생 매립지에서처럼 침출수에 이미 오염된 지하수가 지표수및 오염되지 않은 지하수계를 오염시키는 것을 방지하는 기술이다.

8-2. 지하수 보전구역

지하수의 합리적인 개발과 지하수자원의 보전·관리를 위해서는 장기적이고, 종합적인 조사와 분석을 요한다. 정기적으로 지하수수위, 수온, 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC)등 관측자료를 획득하고, 인근 기상관측소의 지표수위 자료와 기상자료를 분석하여 지하수문과 지표수문의 연관성을 연계분석하고, 주변환경 변화에 따라서 나타나는 지하수 수질의 미세한 변화는 수온, pH, EC등의 변화를 종합분석함으로서 파악하여야 한다.

측정된 지하수위 자료와 갈수기와 풍수기에 지하수위 변동자료를 이용하여 지하수위 등고선도를 작성한다. 또 다음과 같은 사항을 분석 예측한다.

- 풍수기와 갈수기의 지하수위 변화
- 지역별 지하수 동수구배
- 지역별 지하수 배출 및 함양 파악
- 지하수 EC 및 pH의 급격한 변화 등에 대한 원인규명 및 원인파악을 위한 수질검사 실시

지하수자원의 효율적인 관리를 위해서는 지하수, 지표수 등의 수문정보 관리

와 이와 관련된 제반지질, 경제, 인문학적 사항 등과의 연계성을 파악하여 이들 정보를 이용하여 지하수자원의 변화 예측 및 지하수자원의 합리적인 방안이 종합적으로 검토될 되어야 한다. 지하수의 수위 및 수질변화에 대한 분석 및 해석은 반드시 지하수 전문가에 의하여 이루어져야만 그 정보와 신뢰도를 제고할 수 있고, 지하수자원의 보전관리에 기초가 되는 양질의 중요한 정보를 산출할 수 있다.

지하수자원의 보전을 목적으로 지하수 모니터링에 의하여 지하수의 사용금지, 규제 등을 결정하는 것은 지하수를 계속 사용하기 위하여 필요한 조치이다. 모니터링을 위해서는 사용되고 있는 관정에 대하여는 다음 사항을 정기적으로 계속 측정 관리하도록 하여야 한다.

시설물관리를 위해 수리상수 및 지층의 상태, 스크린의 종류, 위치와 관정의 사용, 관리상태 등이 확인되어야 한다. 이를 위하여 기존관정에 대하여 관정 시공시의 자료를 획득하거나 관정에 대한 물리검층을 실시하여 시설물의 시공상황을 정리하여야 한다.

지하수 수위관리를 위하여 관측정이나 상시 이용하고 있는 관정의 자연수위, 안정수위 등을 계속 측정하여야 하며, 수위의 변동은 지하수의 변화를 직접적으로 나타내는 것으로 지하수 보전관리 측면에서 가장 기초가 되는 자료이다.

상시 이용관정에 대한 수위관리를 위해서는 지하수위 측정결과 기록을 철저히 하여야 하고 수위관측관 미설치 관정에 대하여 우선적으로 수위관측관을 설치하여야 한다. 급격한 수위강하나 수위상승은 대수층의 파괴 등에 영향을 줄 수 있고, 이로 말미암아 지하수에 의한 여러 피해가 발생할 수 있다. 이러한 피해를 사전에 예방하기 위하여 지속적인 지하수위 관리가 필요하다.

지하수 이용에는 사용목적별 지하수의 수질이 중요한 사항이다. 지하수의 수질은 저류체의 특성에 의하거나 지하로 침투하는 물과 같이 혼합되는 성분에 의하여 결정되며, 지하수를 포함하는 용기로서의 대수층 성질과 지하수의 함양, 유동, 유출과정을 통하여 공간적·시간적으로 변화가 일어난다. 이때 오염물질이 혼합되면 수질오염이 진행되게 되어 지하수 수질오염이 일어나게 된다.

지하수의 오염은 폐기물의 방치, 매립처분과 지반개량을 위한 약제투입, 오염된 지표수의 유입등이 지하수 오염의 원인이 된다. 오염물질은 지하대수층에서 이동속

도가 느리기 때문에 지하수 오염은 국지적인 현상을 보이며, 오염의 특징에 따라 장시간에 걸쳐 진행이 된다. 지하수 수질관리를 위하여 상시 이용관정, 관측정의 수질을 계속적으로 측정하고 기록함으로서 지속적인 수질관리가 이루어지도록 하여야 한다.

지하수 수량관리를 위하여 지하수 저장체인 대수층은 한정된 용기로 생각할 수 있으므로 이 저장체에 함유되어 있는 지하수는 이용가능한 즉 배출될 수 있는 지하수의 양이 한정되게 된다. 이 한계를 넘어서면 지하수위 저하에 따른 수량감소, 지반침하, 대수층의 파괴등이 일어나 지하수 포장체에 막대한 피해가 일어난다. 상시 이용관정이나 관측정에서 지하수를 양수할 때에는 지하수 사용량을 철저히 기록하여야 하고, 이때 기록되는 것은 단위 시간당 양수량 혹은 일정기간 동안의 사용량 등이 있을 수 있으므로 기록에 대한 통일도 있어야 한다.

지하수 오염방지를 위한 광역적 종합대책도 필요하겠지만 우선은 기존의 지하수 시설물과 신규 개발되는 지하수 관정의 관리는 더욱 중요하며, 지하수 오염방지를 위한 보전구역을 설정하기 위해서는 지역적 특성이 우선적으로 고려되어야 할 것이다. 지하수 함양 지역에서의 보전구역 설정 함양지역으로부터 수질이 오염되기 시작하면 대수층을 통하여 유동되는 모든 지하수는 그 자체가 오염된 상태일 것이며 이러한 오염체는 대수층 매질까지도 오염시켜 결과적으로 지역적 내지는 광역적인 지하수맥 전체가 오염되어 버리는 결과를 초래할 수 있다. 또한 오염 취약 지구를 설정하여 이들 지역을 통한 지하수의 오염의 확산을 방지하는데 최선을 다하여야 한다. 지하수 오염이 이미 확인된 지역에서는 지질조사와 지하수의 수질조사에 의하여 오염된 지하수와 대수층의 범위를 확인하고, 관리의 목표와 우선순위 등을 종합적으로고찰하여 적절한 오염관리 대책을 체계적으로 수립, 시행하여야 한다. 취수정 주변 지역에서의 지하수 보전 구역이란 음용수 목적으로 취수하는 관정 주변에서 지하수에 오염 물질이 유입되는 것을 방지하기 위하여 설정하는 보호구역을 말한다. 따라서 용수 공급을 위하여 사용중인 공용 취수정을 보호한다는 의미로 이들 주변지역을 보호하여 관정으로부터 취수되는 지하수의 오염을 방지하고 궁극적으로 이를 용수로 사용하는 지역 주민들의 건강과 복리를 보호하려는 것이다.

따라서 조사 지역의 지속적이고 체계적인 지하수 보전 관리를 위하여 지하수 관측망 설치운영의 필요성과 지하수 정보관리시스템 구축 등이 필요하다. 지하수 정보의 전산화는 방대한 양의 자료를 간편하고 빠르게 수행할 수 있는 업무의 효율화만으로도 큰 의미를 갖는다. 그러나 현재 수작업 혹은 부분적으로 전산화되어 관리되고 있는 지하수 개발공의 관리체계를 통합적인 전산시스템으로서 개선함으로써 항상 최신의 현황을 유지할 수 있도록 하고 향후 이러한 정보를 통합분석하여 중요한 정책결정에 반영할 수 있는 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 이런 자료의 관리, 도면의 작성, 자료탐색 및 자료의 공간분석등을 통한 지하수의 효율적인 관리에는 지하수 개발공, 지하수 수질, 수리지질조사, 오염원 같은 D/B와 지리정보시스템(GIS)의 연계를 통한 지하수정보관리시스템의 구축이 필요하다.

지하수 관리에 필요한 지하수 자료는 크게 두가지 유형으로 구분된다. 첫번째는 지하수에 대한 전문지식이 필요하지 않은 일반적인 행정정보이며, 두번째는 지하수의 전문지식을 요구하는 정보들이다. 행정관정에서 활용할 수 있는 관정의 위치, 주소, 물의 사용량, 활용용도, 관정의 심도, 개발회사 및 일자 등과 같은 이용실태 데이타베이스는 첫번째 유형으로 분류될 수 있다.

지하수 수질의 일반적인 항목(색, 탁도, 맛)등과 유기물, 무기물의 함량을 수록한 수질 데이타 베이스는 두 번째 유형의 예라고 할 수 있다. 시추시 취합되는 토양 및 암상의 종류와 깊이, 시추공 내에서 획득되는 지하수의 심도별 투수계수, 수위, 대수층의 깊이 및 종류등을 취합할 수 있는 지질자료 테이블 역시 두번째 유형으로 분류될 수 있겠다. 일반적으로 널리 활용되고 있는 GIS는 첫 번째 유형의 자료를 처리하는데는 탁월한 기능들을 갖고 있다. 또한 첫번째 유형의 자료처리를 위해서는 수리지질학적 훈련을 받은 전문가들보다는 전산에 밝은 전문가들이 효과적으로 업무를 수행할 수 있을 것이다. 두 번째 유형의 자료는 다소 특별한 처리방법을 요구하고 있다. 먼저 수리지질학적 자료의 구조는 시간대로 자료가 변하는 일시적인 자료구조를 갖고 있을 뿐 아니라, 고도별로 자료의 종류가 다른 3차원적 구조를 갖고 있다. 자료의 변화 폭 역시 매우 적어서 지형고도의 미세한 변화에도 매우 민감하다. 이러한 전문분야의 특성에서 유래되는 정보처리의 문제는 전산 전문가와 수리지질 전문가가 밀접한 공동연구 및 작업을 통하여 해결하여야 하겠다.

9. 결　　론

1. 조사지역은 행정구역상 충청남도 논산시 전역으로 1개시, 2개읍, 12개면이 포함되며, 조사면적 615.49㎢에 대하여 광역수리지질 조사를 실시하였다.

2. 조사지역의 지형은 지구 북, 동측이 고지대의 산계를 형성, 지형적·수리적 분수령으로 작용하고, 남서측단을 따라 흐르는 금강으로 능선, 계곡 및 소수계들이 서향하면서 발달하고 있다. 본 조사지구는 계룡산, 대둔산을 최고 지형 경계로 형성하여 지형이 낮아지는 산계가 잘 발달되고 있다.

조사지구의 지질은 시대미상의 호상 편마암 및 편암이 최하위지층을 이루며, 지구 북서쪽에 일부 분포하고, 이 방향으로 노성산 편암 및 편마암이 또한 국부적으로 위치하고 있다. 지구동부에 마전리층 및 관계미상의 변성 퇴적암층이 남서에서 북동방향으로 길게 분포하고 있다. 이를 관입하는 쥬라기의 화강섬록암, 반상 화강섬록암 , 복운모 화강암이 지구전반에 걸쳐 넓게 분포하며, 지구 동부에 국부적으로 백악기의 산성암맥이 분포한다. 수계는 지구주위 산지에서 발원한 소하천들이 합류하여 금강본류를 이루며, 지구남서측의 금강하구언으로 흘러들어가고 있다.

3. 본 지구내에서 암반관정 48공, 충적관정 342공에 대해 용도, 심도, 양수량, 자연수위, 간이수질 등을 조사하였으며, 논산지역의 지하수 관정자료를 토대로 사용용도별로 보면 생활용수가 17,688개소, 33,875㎥/일, 농업용수가 7,669공 42,539㎥/일, 공업용수가 165공 1,943㎥/일으로 나타나 주로 농업용수로 사용됨을 알 수 있다.

4. 원격탐사에의해 위성영상(SPOT IMAGE)을 분석하여 선구조도를 작성한 후 이를 기초로 쌍극자탐사 15측선를 실시하여 탐사지역 전반에 걸쳐 평야부의 지하수 부존성을 조사하고 제반 수리지질을 파악하였다.

5. 수질조사는 지하수의 경우 15지점에서 지하수의 물리적인 특성을 조사하기위해 EC, TDS, pH, 온도등 현장조사를 실시하고 결과를 표. 5-1에 나타내었다. 암반 지하수 15개소에 대하여 먹는물 수질 기준으로 수질검사를 하였으며, pH의 경우 대부분 약산성에서 약알카리사이에 분포한다. 산화환원전위(Eh)값은 산화

환경과 환원환경의 중간적인 환경을 나타내며 전기전도도는 오염되지않은 지하수를 나타내는 64 - 580 μS/cm를 나타내고, TDS 또한 44 - 412mg/ℓ를 나타내며 생활용수 및 식수로도 적합한 용수임을 나타내어 지구 전반적으로 지하수 이용에 양호한 환경임을 지시한다.

먹는물 기준 수질검사 결과 색도, 탁도, 아연등에서 가야곡면 야촌리가 탁도, 아연에서 광석면 왕전리가 기준이 초과한 관정을 보유하고 있으며, 이에따라 주위환경 및 양수시설에 대한 정밀한 조사 및 관리가 요구된다.

이온분석의 경우 조사지구에서 화강섬록암 및 반상화강섬록암지역은 양이온에서 Ca + Na가 우세하고, 음이온은 HCO_3가 우세한 Carbonate alkali형, 변성이질암층에서는 양이온에서 Ca가 우세하고, 음이온에서는 HCO_3가 우세한 Carbonate hardness형을 보인다.

6. 대수층 유효공극률 적용에 의한 지하수 부존량 평가에 의해 조사지역 지하수의 부존량은 $2,747.44 \times 10^6 m^3$/년이며, 개발이용 가능량은 $345.42 \times 10^6 m^3$/년으로 산출되었다.

지하수 함양량 평가에 의한 지하수개발 가능량은 안정채수율을 고려할 때 $60.3 \sim 108.5 \times 10^6 m^3$/년으로 추정되며, 이는 평가방법에 따라 다소의 차이가 나타나므로 관측정의 수위관측 자료가 상당히 축적된 후 수위자료 분석에 의한 개발 가능량 산정이 이루어져야 보다 정확한 개발가능량 산출이 가능할것이다.

7. 향후 생활용수 총소요수량은 1인 필요급수량이 274ℓ일 때 13,051톤/일으로 안정적인 생활용수 공급이 이루어지기 위해서는 향후 87공의 지하수개발이 이루어져야 하며, 이를 위하여 사업비 2,610백만원의 사업비가 소요된다. 농업용수 총소요수량은 1,546,073톤/일로서 소요관정수는 6,184공이며 소요되는 사업비는 182,520백만원으로 추정되었다.

8. 지하수자원의 효율적 관리를 위해서는 금강 대수계에 대한 관측망구축을 완료하고 지하수 전문가에 의하여 장기적인 제반 수문지질 자료를 취합·분석하여 금강 수계에 대한 종합적인 물수지분석 및 지하수문 분석이 요구된다. 정확한 대수층의 수리지질 특성과 지하수질특성을 파악하고 개발·이용하므로서 효율적이고 합리적인 지하수자원의 보전·관리가 이루어지도록 해야한다.

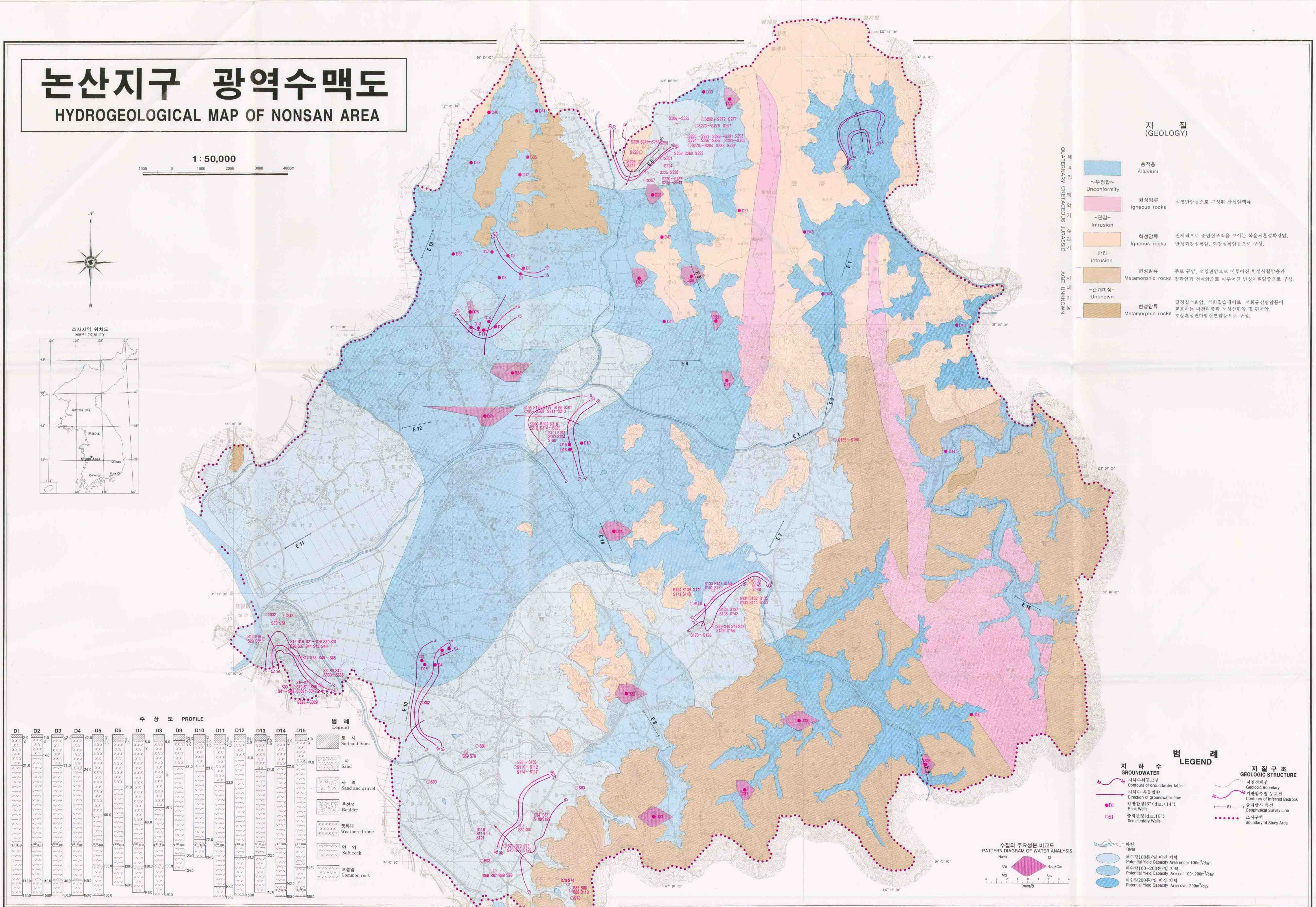
논산시광역수맥조사보고서

2000년 12월 일 발행

발 행 : 농림부, 농업기반공사

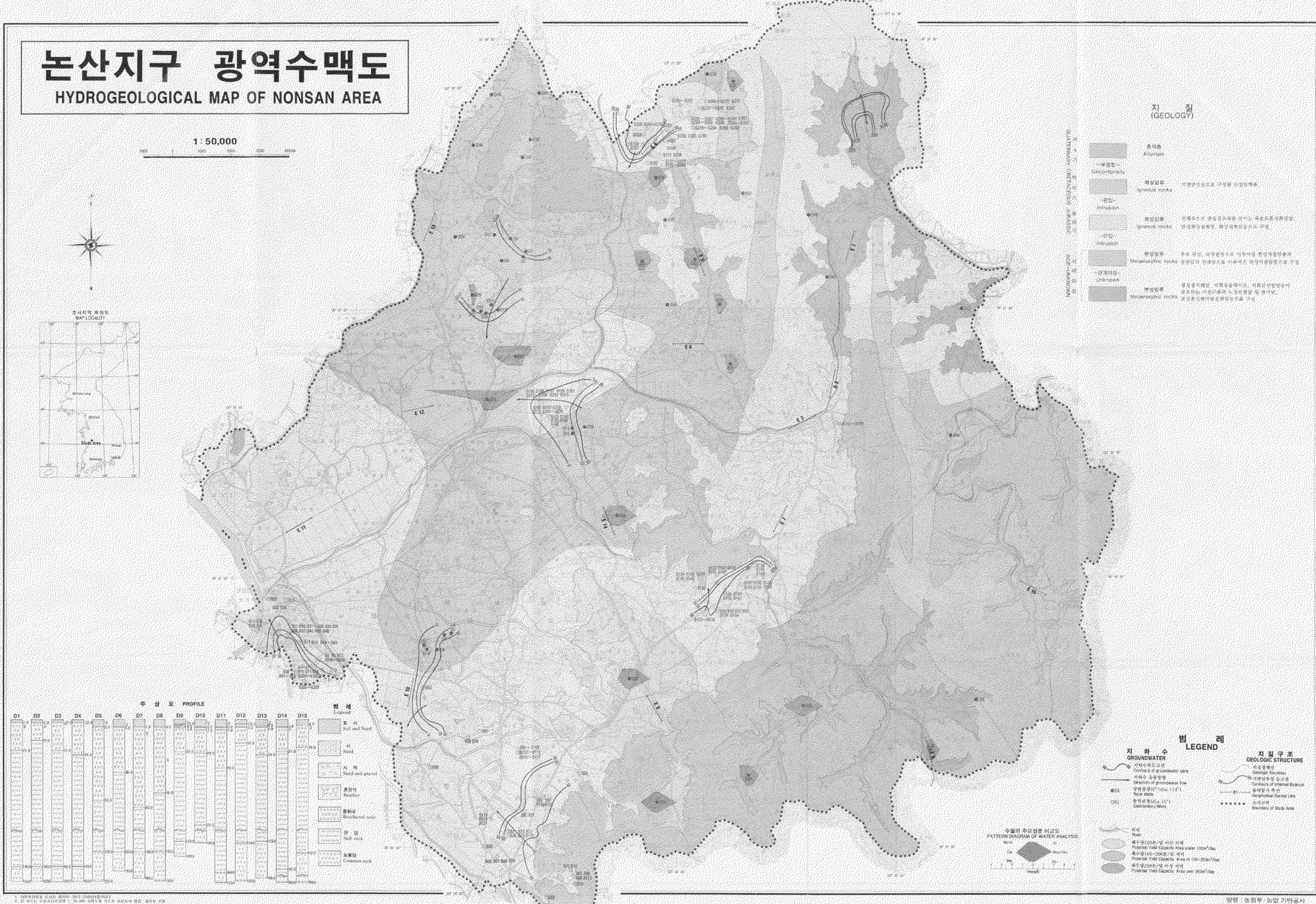
편 집 : 농업기반공사 지하수사업처

인 쇄 : 일 지 사 (02)2279-3753



1. 대한측량협회 심사필 제2001-83호 (2001년4월26일)
2. 본 지도는 국립지리원발행 1: 50,000 지형도를 기도로 사용하여 편집, 제작한 것임.

발행 : 농림부·농업 기반공사



논산지구 광역수맥도
HYDROGEOLOGICAL MAP OF NONSAN AREA
1 : 50,000
지 질
(GEOLOGY)
충적층
Alluvium
Unconformity
Igneous rocks
Intrusion
Igneous rocks
Intrusion
Metamorphic rocks
Unknown
Metamorphic rocks
주 상 도 PROFILE
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
D10
D11
D12
D13
D14
D15
범 례
Legend
범 례
LEGEND
지 하 수
GROUNDWATER
지 질 구 조
GEOLOGIC STRUCTURE
수질의 주요성분 비교도
PATTERN DIAGRAM OF WATER ANALYSIS