



환경논단

국내 지하수자원의 문제점과 최적 관리 방안에 관한 연구



한정상 / 대한 지하수환경학회 부회장
대한 자원환경지질학회 부회장
수리지질학 박사

수질오염의 문제는 어제오늘의 일이 아닌 현재로서의
큰 문제점을 안고 있다.

특히 요즘 주안점이 되고 있는 지하수 자원의 문제점은 날로
커져가는 환경오염의 하나로 이에 대한
원인 관리와 방안에 대해
연재하였다.

5 국내 지하수환경의 오염현황

지하수는 타물자원과는 달리 일단 대수층이 오염물질에 의해 오염되면 이들 오염물질은 지하수환경 내에서 매우 서서히 이동되므로 회석이 거의 불가능하여 오염물질은 반영구적으로 지하수환경내에 잔존하게 된다. 그러므로 재충전이 가능한 지하수자원을 각종 오염원으로부터 무방비 상태로 방치하거나 소홀히 관리하여, 결국 우리후손에게 전혀 이용불가능한 독성화된 지하수자원을 물려주게 된다. 따라서 지금은 지하수오염으로부터 “국민건강과 환경을 보호함”은 물론 “순수하고 풍부한 천연의 지하수 자원을 우리의 후손에게 물려주겠다”는 측면에서 이를 철저히 오염원으로부터 보호하고 관리할 의무가 우리세대에게 있음을 명심해야 할 것이다. 일반적으로 우리의 경우 뿐만 아니라 타국에서도 지하수자원 보호를 제도화시키는데 주위를 환기시키지 못한 주된 이유중의 하나가 “지하수는 타 수자원처럼 직접 눈으로 볼 수 있고 만질수 있는 가시적인 자원이 아니고, 또한 일반인들이 지하수의 Mechanism을 쉽게 이해할 수 없기 때문일 것이다.” 지금도 대다수의 지식인들마저 지하수가 “지하에서 맥상이나 지하천의 형태로 산출되어 이동한다고 믿고 있으며, 접장이 지팡이로 알려진 Water Witching(일명 dowsing)으로 지하수를 탐사할 수 있다고 믿고 있는 것이 그 단편적인 예라고 할 수 있다. 지하수자원 보호는 지표수 자원 보호 못지 않게 정책적으로 매우 중요하다. 근래에 언론매체를

Empirical assessment중 DRASTIC기법(Lehr, 1983)을 이용하여 난지도 폐기물매립장의 침출수에 의한 인근 지하수환경의 잠재오염가능성을 평가한 바 현매립장 하부의 DRASTIC Index는 188점, 매립지 인근대수층에서는 176점으로 오염취약성이 매우 크게 나타났다.

통해 대서특필되던 낙동강 및 영산강 수질오염 문제만해도 음용수로 이용하고 있는 지표수자원에만 국한된 바 있다. 전술한 바와 같이 국내 이용가능한 지하수의 양과 갈수기에 하천 유지용수의 상당량이 지하수배출에 의해 유지되고 약 천만 명 이상의 도서 및 농어촌 지역 국민이 지하수를 음용수로 이용하고 있는 엄연한 사실을 상기할 때 지하수자원 보호와 관리가 얼마나 중요한 과제인지 재론할 여지가 없다.

30년전만 하더라도 국내 어느곳에서나 두레박으로 퍼서 마실 수 있었던 천연의 지하수가 지금은 어떠한 상태인가?

아직까지도 국내 지하수자원에 대한 종합적인 오염도조사가 시행된 바는 없지만 현재까지 단편적으로나마 수행된 국지적인 지하수 오염실태를 종합하여 그 대표적인 사례를 유형별로 분류하여 세론하면 다음과 같다.

5-1. 불량 폐기를 매립지에서 발생한 침출수에 의한 주변 지하수환경의 오염

현재 국내에는 약 600개 이상의 불량 폐기물 매립지가 전국에 산재해 있다. 이들 불량 폐기물 매립지

는 미국과 마찬가지로 추후 그 인근지역의 지하수자원과 지표수는 물론 토양까지 오염시키는 주범이 될 것이다. 이러한 오염주범가운데서 빙산의 일각에 해당하긴하나 불량 폐기물 매립지에서 생성된 침출수가 그 인근 지하수환경을 오염시키고 있는 대표적인 예는 서울의 난지도와 부산의 석대동 및 광명시의 폐기물 매립장등을 들 수 있다.

난지도 매립장 하부의 지질은 투수성이 매우 양호한 모래, 자갈층으로 구성되어 있으며 이들 층적대수층 내에는 자유면지하수가 쓰레기 매립물의 저면하 0.3~5m 하부에 널리 분포되어 있어 수리지질학적인 관점에서 볼때 오염취약성이 매우 큰 지질환경 내에 불량폐기물 매립장이 설치되어 있다.

현재 US/EPA에서 각종 산업 유해 폐기물 처리장과 일반폐기물 매립장의 입지선정과 지하수환경의 오염가능성 평가방법으로 널리 이용하고 있는 Empirical assessment중 DRASTIC기법(Lehr, 1983)을 이용하여 난지도 폐기물매립장의 침출수에 의한 인근 지하수환경의 잠재오염가능성을 평가한 바 현매립장 하부의 DRASTIC Index는 188점, 매립지 인근대수층에서는 176점으로 오염취약성이 매우 크게 나타났다(최

대 226, 최소 23점).

한강 하상퇴적층과 충적층이 수리지질적으로 서로 연결된 난지도 매립지의 경우 본 매립지에서 생성된 침출수는 인근 충적대수층은 물론 한강하상까지 오염시키고 있다. 표-6은 1992년도 (주)대우에서 난지도 매립지 주변지역에 분포된 지하수의 수질분석 결과표이다. 본표에서 인지할 수 있는 바와 같이 난

지도 하류구배구간에 분포된 지하수 환경은 이미 침출수에 의해 심하게 오염되었음을 확인해 주고 있다. 따라서 난지도 매립지는 Canada Toronto 북서부에 위치한 Borden매립지와 함께 과히 세계적인 오염기념물이 될 것이다. 앞으로 각종 폐기물 처분장 입지선정시에는 반드시 선진국에서 널리 이용하고 있는 경험적인 지하수 오염도 평가기법

이나 정량적인 평가방법을 이용하여 사전에 오염 가능성 여부를 판단한 후에 그 입지를 선정해야만 이러한 시행착오를 범하지 않을 것이다.

부산 석대동 폐기물매립장은 부산직할시 해운대구 석대동에 위치한 대단위 일반 폐기물 매립장으로서 기존 골짜기를 매립지로 이용한 비조절 불량 산간폐기물 매립장이다. 매립장 양안의 구성지질은 중생대의 안산암과 유문암질암으로 구성되어 있고 이들 암석내에는 북북동, 북북서 방향의 단층과 절리군이 매우 양호하게 발달되어 있다. 이들 2차 열구구조는 매립 폐기물에 의해 생성된 침출수의 유동등으로 역할을 한다. 현 폐기물 매립고보다 약 31m 저지대에 위치한 금사동 회동부락 일대에서 이들 지질구조선을 따라 현재 침출수가 유출되고 있다. 즉, 생성된 침출수는 오수처리관으로 완전히 배수처리되지 못하고 폐기물 매립지 2차지구의 서측 암반능선의 지질구조선을 따라 금지동 회동부락의 산록으로 유출되고 있다. 뿐만 아니라 회동부락의 기존 수굴정호들은 이들 침출수에 의해 심하게 오염되어 주변주민에게 큰 피해를 주고 있다.

본역의 회동부락에 기 설치되어 있는 기존 수굴정호(W series)와 현재 지질구조선을 따라 유출되고 있는 침출수(C series)와 인근지표수(D series)의 물시료를 채취하여 수질분석한 결과는 표-7과 같다. 표-7에서 볼 수 있는 바와 같이 D-3는 본역의 배경수질이다. D-3의 수질과 매립장 인근 주거지에 기 설치되어 있는 W-1, W-2및 W-3 지하수의 수질상태를 비교해 볼때 폐기물

표-6. 국내 폐기물 매립지 인근 지하수환경의 수질

(단위 : mg/l)

성분	난 지 도(92)		석 대 동(92)	
	침출수(1)	지하수(11)	침출수(4)	지하수(3)
pH	9.0	6.9±0.3	7.3±1.0	6.8±0.2
DO	ND	ND	-	-
COD/MN	4000	1633±903	203±63	-
BOD	585	307±73	24.3±9.8	-
SS	390	1831±1573	-	-
대장균	4000	11475±10925	-	-
유기인	0.156	0.23±0.22	-	-
Cd	0.047	0.036±0.027	ND	ND
CN	4.030	0.52±0.48	-	-
Pb	0.412	0.188±0.118	ND	ND
Cr ⁶⁺	ND	0.027±0.019	ND	ND
Cl ⁻	2900	2323±2033	-	-
Hg	0.012	0.0025±0.0025	ND	ND
알칼리도	3900	2920±2213	-	-
EC(μg/m)	13100~32400	4132±2851	-	-
Na	-	-	314±150	265±250
Mg	-	-	80±17	50±46
K	-	-	69.9±54.5	63.95±62.22
Ca	-	-	99.8±22.6	64.6±27.5
Mn	-	-	9.7±9.0	8.1±8.1
Fe	-	-	5.2±5.2	0.11±0.11
Ni	-	-	0.05±0.03	0.035±0.005
Cu	-	-	ND	ND
Zn	-	-	0.02±0.02	0.01±0.01
Phenol	-	-	-	-
TCE	-	-	-	-
AS	-	-	-	-
BOD/COD(%)	14.6	26.65±15.25	12.6±4.6	-

매립지 인근 지하수환경이 침출수에 의해 얼마나 심각하게 오염되었는지를 미루어 알수 있을 것이다.

5-2. 농경지의 최적 비료 및 퇴비사용에 따른 지하수오염

1990년 5월에서 11월 사이에 농어촌진흥공사는 전라북도 고창군 일원에 부존된 지하수자원의 오염 실태조사를 실시한 바 있다.

고창지역은 대부분 야산 및 구릉지의 지형으로 이루어져 있어 야산 개발사업에 따른 개간지를 이용 고소득 경제작물 재배를 하고 있으며 타지역에 비해 충적층은 얇은 반면 풍화대가 비교적 두텁게 발달되어 있다. 또한 하천발달이 미약하여 지형적으로 대단위 댐 건설을 할 만큼 입지조건이 좋지 못하여 지표수의 개발은 한계에 도달한 지역이다.

각종 폐기를 처분장 입지선정시에는 반드시 선진국에서 널리 이용하고 있는 경험적인 지하수 오염도 평가기법이나 정량적인 평가방법을 이용하여 사전에 오염 가능성 여부를 판단한 후에 그 입지를 선정해야만 시행착오를 범하지 않을 것이다.

본 지역은 상술한 지형 및 지질 여건으로 인하여 풍화대층을 대상으로 소형관정 11,514공(89년말 현재)이 설치되어 있고 충적층(일부 풍화대)을 대상으로 개발된 대형관정이 94공, 암반층을 대상으로 개발된 대형관정이 70공이 개발이용되고 있다.

이 지역은 용수원이 부족하여 농업용수의 지하수 의존도가 타지역에 비하여 매우 높고 지하수의 이

용은 농업용수외에 생활용수나 음용수로 겸용하는 곳이 많다. 따라서 지하수의 수질은 음용수와 농업용수로서의 수질기준을 동시에 만족시켜야 한다.

본 지역에 대한 지하수의 오염상태를 파악하기 위하여 대표 지하수 시료 26개소를 채취하여 분석한 결과 질산성 질소가 음용수기준을 초과하는 시료가 20개소로 전체 시험 대상 개소의 76% 이상이였다. 특히

표-7. 부산 석대동 쓰레기 매립지 인근 수환경의 수질분석 결과

(단위 : mg/l)

지역 항목	지하수			용출침출수 및 침출수					지표수		
	W-1	W-2	W-3	C-1	C-2	C-3	C-4	U-1	D-1	D-2	D-3
Na	515.20	26.73	15.28	464.40	163.72	404.40	356.94	133.70	85.99	287.34	5.58
Mg	96.16	3.87	10.88	97.20	62.76	67.08	89.68	69.62	17.57	67.80	1.28
K	126.17	8.04	1.73	78.30	14.40	123.37	44.78	29.89	16.14	41.45	1.17
Ca	92.11	37.15	38.16	120.95	122.40	77.16	99.19	89.20	54.33	119.70	15.50
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	16.27	0.00	0.00	18.73	9.79	0.64	8.91	0.00	0.82	8.71	0.00
Fe	0.22	0.00	0.00	10.39	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.07	0.08	0.06	0.04	0.09	0.04
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.03	0.02	0.02
Cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	6.6	6.6	7.0	6.7	7.1	8.2	6.3	6.8	7.3	6.9	7.6
COD	290	-	-	181	139	266	-	-	-	-	-
BOD	35.3	-	-	14.5	24.0	34.1	-	-	-	-	-

표-8 농경지 인근 지하수의 오염현황

지역 성분	고 창 군		화 성 군	경기 가남지역
	천 정	암반지하수		
NO ₃ -N	32.86±28.52(95%)	3.41±3.41(0%)	14.4±14.4(60%)	34.4±34.4(39%)
NH ₃ -N			ND	
Cl	68.9±65.3	35.7±25.4	171.6±157	122.1±118
SO ₄	8.5±8.04	26.2±22	27.2±23.09	31.3±30.9
HCO ₃	34.8±22.6	80.5±45.4	41.5±38.5	48.45±30.45
경 도	76.8±58.2	43.5±29		
증발잔사	246.4±173.4	163.2±111		
pH	6.65±0.65	7.5±0.7	6.74±1.61	6.03±1.08
EC	325±275	290±210		694±615
K	0.07±0.06	0.195±0.185	20.21±19.9	30.69±30.31
Na	1.78±1.26	1.67±1.2	370±356.4	81.75±73.65
Ca	1.1±0.9	0.8±0.37	19.08±18.68	40.8±39.3
Mg	0.66±0.54	0.15±0.03	37.3±36.7	15.93±15.48
TDS			387±241	451±395
SiO ₂				36.4±32.6
Ni				0.06±0.06
Co				0.0065±0.0065
Cd			0.03±0.003	0.002±0.002
As			0.0075±0.0075	0.095±0.085
Cr ⁶⁺				0.01±0.01
Zn			54.65±54.43	8.86±8.84
Cu			0.315±0.305	0.015±0.015
Mn			0.06±0.05	0.25±0.24
Fe			1.68±1.51	0.715±0.705
DO			2.5±0.9	
자료출처	ADC	ADC	HANS	KIGAM

오염취약성이 큰 천층지하수는 이중 총 21개소였으며 21개소중 20개소에서 질산성질소가 최대 60, 78mg/l 까지 검출되었다(표-8 참조).

이와같이 질산성 질소가 기준치를 초과한 시료는 모두 소형관정에서 발생했으며 지하수위가 알을수록 질산성 질소가 높게 나타나는 경향을 보인다.

이의 원인은 야산개발로 조성된 밭이 많아 수박, 무우등 주로 다비

작물을 연작하고 있어 전답에 살포한 질소비료중 잔여질소가 지하로 용탈하여 그 하부지하수를 오염시킨 것으로 사료된다.

그외 표-8에서 볼 수 있는 바와 같이 화성군 농경지에 설치된 일반우물중 60%가 질산성질소에 의해 오염되었으며, 경기도 가남지역의 농경지에 설치된 기설관정 28개소를 선정하여 질산성질소에 의한 오염도조사를 실시한 바 조사대상 개소중 39%에 해당하는 11개소에서

질산성질소의 함량이 10mg/l 이상이었다. 뿐만 아니라 1993년 제주도 일원에서 오염유형별 지하수의 오염도 조사를 실시한 결과 농경지에 설치된 대표기설 관정중 50% 이상이 질산성질소와 대장균 및 Virus에 의해 오염된 것으로 판명된 바 있다(표-9 참조).

이상에서 설명한 바와같이 국내 농경지는 화학비료나 퇴비사용에 따른 질산성질소 뿐만 아니라 염소이온, TDS, 비소(As), Cd 및 심지어 금속세정제나 세탁소 등에서 일반적으로 사용하고 있는 TCE 등에 의해 광범위하게 오염되고 있다.

5-3. 인구밀집지의 하·폐수에 의한 인근 지하수환경의 오염

한반도의 18% 이상을 점유하고 있는 암석은 중생대 대보화강암으로써 서울시를 위시한 인구밀집지는 대체적으로 본암석 분포지에 위치하고 있다. 1970년대 초부터 국내에 도입된 최신 측정장비와 기술을 이용하여 서울시를 위시한 여러도시에서 각종 빌딩, 공업 및 생활용수를 저렴한 가격으로 암반지하수를 개발 이용하고 있다. 서울시내의 대형빌딩, 학교, 아파트단지와 각 산업체는 암반지하수를 개발 이용하고 있으며 비공식집계에 의하면 그수는 30,000개를 상회한다. 이러한 현실은 서울시 뿐만 아니라 대전, 광주등을 위시한 중소규모 도시에서도 마찬가지일 것이다. 그런데 최근 보건환경연구원에서 발표한 "서울지역 지하수의 오염도와 성분별 상관성 검토"에 의하면(1989. 9. 6) 서울시 지역에 설치된 406개의

우물중 그 70%에 해당하는 283개 소가 하수구를 통해 방류되고 있는 각종 생활 및 공장폐수에 의해 오염되어 식수로는 부적합하다고 발표한 바 있다.

인구밀집지에서 파손된 하·폐수관이나 재래식하수관을 통해 누출된 오수가 그 인근 지하수환경을 오염시킨 경우는 표-9에서 볼 수 있는 바와같이 제주도로써 인구밀집지 하류구배구간에 위치한 용천 6개중 모두가 일반세균에 의해 오염되었으며 지하수오염 지시인자인 대장균이나 염소이온에 의해 오염된 용천은 50% 이상이었다.

서울시는 20세기초만 하더라도 한성주민의 거의 대부분이 현재 서울시 지하에 부존된 지하수를 이용하여 생활용수로 이용하였다. 그런데 이와같이 음용수로 사용할 수 있었던 깨끗한 지하수가 60년이 채 지나지도 않은 오늘 이 시점에 그 70%에 해당하는 부분이 오염되었다면 이는 심각한 문제가 아닐 수 없다.

현재 우리나라의 도서지역은 대부분 지하수를 개발하여 음용수로 이용하고 있다. 도서지역의 지하수

현재 우리나라의 도서지역은 대부분 지하수를 개발하여 음용수로 이용하고 있다. 도서지역의 지하수는 렌즈 상태로 해수 위에 떠있다. 그렇기 때문에 지하로 매년 충전되는 함양량에 비해 과도한 양의 지하수를 채수 이용하면 담수 대수층내로 해수가 침입하게 되어 지하수자원을 오염시킨다.

는 렌즈 상태로 해수 위에 떠있다. 그렇기 때문에 지하로 매년 충전되는 함양량에 비해 과도한 양의 지하수를 채수 이용하면 담수 대수층내로 해수가 침입하게 되어 지하수자원을 오염시킨다.

5-4. 공단지역 지하수환경의 오염

1993년 환경처에서 실시한 전국 지하수수질 조사중 잠재오염원별로 공단지역의 공업용수에 대해 수행한 수질계황 조사결과에 의하면 특정유해물질인 TCE가 19개소에서 검출되었다고 한다. TCE는 비중이 1.46이고 수용성이 25℃에서 1100mg/l이며 Kow가 2.29인 유독

성 발암물질로서 이들이 일단 지하수환경으로 누출 유입될시에는 3 Phase로 거동하는 복잡한 mechanism을 지니고 있다. TCE는 주로 세탁소의 dry cleaning이나 금속세정제나 유지, 구리스, 왁스, 염색가공공정의 용제나 훈증제로 널리 이용되고 있는 독성물질이다. 특히 경남 양산군 양산읍 북정리에서는 TCE의 함량이 8.3mg/l이었고 경남 창원시 응남동에서는 2.29mg/l이었다고 한다.

그외 1992년 대기보전학회에서 발표한 "휘발성 유기염소계 화합물의 서울근교 환경중농도"(손동현, 김완희 및 정원태)에 관한 연구논문에 의하면 독섬의 염창동에서 TCE의 농도가 20μg/l이었음이 보

표-9. 잠재오염원별 음용수 수질항목기준 초과 검출 관정 (단위: 개소)

구분	오염/총수	NO ₃ -N	경도	증발잔유물	Cl	대장균	일반세균	Vorus가 2회중 100이상	
1. 인구 밀집지	용천	6/6	1/6	1/6	3/6	3/6	4/6	6/6	2/6
	심정	1/4	-			1/4			
2. 농경지	4/6	2/6				3/6	1/6		
3. Golf장	1/4	1/4				1/4	1/4		
4. 쓰레기매립장	4/9	1/9				2/9	1/9		
5. 위생처리장	0/2	-				-			
6. 축산단지	3/4	2/4				2/4	2/4		
7. 기타	2/2	2/2		1/2		1/2	2/2		
계	21/37	9/37	1/9	4/37	4/37	13/37	13/37	2/37	

고된 바 있다. 그의 질산성질소와 Cd 및 PCE에 의해 오염된곳이 18개 소로 보고된 바 있어 공단지역의 지하수는 질산성질소는 물론 TCE와 같은 발암성 유기화합물 등에 의해 심하게 오염되고 있음을 나타내고 있다. 동남아에서 TCE에 의한 지하수 오염사건은 일본의 센다이(82년)가 첫번째이고 우리나라가 두번째일 것이다. 만일 앞에서 언급한 공단 인근지의 지하수를 주민이 음용수로 이용하거나, 오염된 지하수를 이용해서 드링크류와 같은 생산제품을 제조하여 시판한다면 낙동강 벤젠사건보다 더 심각한 후유증을 초래할 것은 불을 보듯 뻔한 노릇이다. 이러한 오염문제는 정부가 빠른 시일내에 그 실상을 철저히 조사하여 그원인을 규명하고 대책을 세워야 할 것이다.

5-5. 기타 오염원에 의한 인근 지하수환경의 오염

폐수에 의해 완전히 철, 망간박테리아의 번식으로 황폐화된 서울 북부의 곡농천 하류의 대수층, 인양천유역의 층적대수층, 인근공단에서 사용하는 심층지하수가 금호강의 폐수로 인해 심각하게 오염된 대구지역대수층등 지하수오염상태는 너무나 방대하여 나열하기 어렵다.

특히 1994년 4월 서울시 조사에 의하면 1994년 2월부터 4월까지 두 부류 제조업체 42곳 가운데 지하수를 사용하는 32곳에 대해 지하수수질을 검사한 결과 이중 9개소의 지하수가 음용수수질기준에 부적합하다고 발표한 바 있다. 특히 이중 성동구 하왕십리와 구로구 가리봉

동에 있는 업체에서는 발암성물질인 TCE가, 성동구, 중곡동, 영등포구 당산동 및 구로구 가리봉동에 있는 업체에서는 질산성질소가 검출되었다고 한다.

제주지역 일대에 분포된 화산암은 수리지질학적으로 지표로부터 오염취약성이 매우 큰 암석이다. 왜냐하면 강수의 대수층내로 함량과 부존된 지하수의 이동특성을 지배하는 각종 2차 유효공극인 수축질리와 화산쇄설층등이 지표에 잘 발달되어 있기 때문이다. 그렇기 때문에 파손된 하수관이나 재래식하수구를 통해 누출된 하·폐수나 폐기물 매립장에서 누출된 침출수가 상술한 지질구조대를 따라 하방으로 침투하여 하부에 부존된 지하수자원을 쉽게 오염시킬수 있다.

1985년 이후부터 본도는 지하수 개발의 간편성 때문에 년평균 280여개공의 사설관정이 아무런 규제조치없이 마구잡이로 설치되었고 1993년 현재 그수는 3,000여개공 이상에 이른다.

이러한 비과학적이고 비체계적인 지하수개발 이용은 결국 대수층내로 염수침입과 대수층의 인공오염경로 제공(폐공된 심정의 비공매작업 포함)등으로 추후 본도 지하수수질보전 및 대수층 보호계획에 지대한 장애요인이 될 것이다. 뿐만 아니라 상기 사설관정은 대부분 생·공용수로 이용되고 있어 사용후 이들은 다시 하·폐수의 형태로 처리되지 않은채 마구 방류되고 있기 때문에 또다른 오염원의 역할을 할 것이다.

위에서 언급한 바와같이 제주도 지하수는 각종 하·폐수나 해수침입에 의한 오염에 대해 무방비 상

태로 방치되어 있으며 그 오염상태도 시간이 지남에 따라 점차 증대되고 있다. 여기서 서술한 하·폐수에 의한 지하수오염은 현재 국내 수질기준에 의거하여 시험을 실시했기 때문에 판명된 오염항목이 일반세균, 대장균군 및 질산성질소에 국한되었다.

그러한 하·폐수내에는 세탁소, 자동차정비소, 세차장에서 배출되는 각종 독성유기화합물질과 세척제, 용제 및 주요소의 석유누출등에서 배출용해되어 나온 맹독성 및 발암성 화학물질이 다량 포함될 수 있기 때문에 이들 성분을 감안한다면 그 심각성은 우려하지 않을 수 없다.

이에 부가해서 제주도 증산간지역에서 운영하고 있는 목축장에서 배출되는 가축분뇨, 골프장에서 살포되는 비료 및 농약에 의한 제주도 지하수환경의 오염가능성은 지금부터라도 본도 지하수자원을 체계적으로 관리치 않을 경우에 나타날 결과는 불을 보듯 뻔한 노릇이다.

6. 국내 지하수자원의 최적 관리방안

6-1. 지하수개발 관행의 시정과 폐기 방지된 지하수 굴착공의 재활용

1) 현재 국내에서 정부기관이나 사기업에서 발주하고 있는 지하수 개발공사(착정공사)는 그 90% 이상이 물량확보 책임시공을 원칙으로 하기 때문에 주로 중소영세기업인 착정업체는 착정공사를 완료하고도 계약물량을 확보치 못했을때는

공사대금을 수령할 수가 없다.

2) 이는 정부가 기초적으로 작성해 두었어야 할 수리지질도나 지역별 지하수의 부존량과 산출특성에 관한 제반 자료를 전혀 정비해 놓지 않은 상태에서 이를 영세중소기업에게만 과중한 물량책임시공을 강요하는 것은 지극히 불합리한 계약행위이다.

3) 그 결과 물량책임 시공으로 굴착한 관정에서 계약물량이 확보되지 않았을 경우 착정업체는 공사대금 미수령은 물론 금번에 제정된 지하수법에 따라 폐공시킬 관정에 대해 1~2백만원의 추가비용을 투입하여 이를 원상복구토록 되어 있어 이중으로 출혈을 하게 된다. 영세기업들은 눈가림으로 원상복구를 실시하거나 아예 폐기 방지할 수 밖에 없는 실정이다. 따라서 굴착 후 산출량이 저조한 관정은 추후 타용도로 원상복구에 소요되는 비용은 발주자가 부담토록 설계서와 계약서 내에 이들 비용을 계산토록 법적조치를 취해야 한다.

4) 예를 들면 지하수를 농업용수로 개발시 책임 확보수량은 경우에 따라 약간의 차이가 있기는 하나 대체적으로 100~250m³/일 규모이다. 만일 관정굴착 후 그 산출량이 100m³/일 이하인 경우에 이는 폐공처리토록 되어 있다(답 250, 전작 200, 도서100).

5) 100m³/일 이란 수량은 100세대 이상의 주민에게 생활용수로 공급할 수 있는 물량일 뿐만 아니라 각종 공업용수로 충분히 사용가능한 귀중한 수자원이다. 따라서 막대한 자금을 투자하여 굴착한 관정을 용도와 이용목적에 부합되지 않는다고 해서 무조건 폐공처리한다는 것

국내에 부존된 지하수자원은 약 15,000억m³에 이르며 연간 함양량은 지표수의 평상시 유출량과 동일한 약 228억m³이고 이 중에서 개발이용가능량은 약 134억m³이다. 그러나 지하수자원은 국내 어느곳이나 부존되어 있는 것이 아니라 지표수가 하도나 저수지 내에만 부존되어 있듯이 지하수자원은 대수층 내에만 부존되어 있다.

은 국가예산의 낭비이다.

6) 전국의 14개 특별시, 직할시와 도지역의 대표지점에 지하수 monitoring system을 설정하는데 필요한 예산은 약 730억이 소요된다(14개×70개소×0.73). 이중 관측공굴착에 소요되는 비용은 그 50%에 해당하 는 약 370억이 소요된다.

7) 현재 시행 중인 지하수법에 의한 신고대상 지하수개발 관정은 그 용량이 1일 30m³ 이상 경우로 제한하고 있다. 이러한 경우 영세중소업체가 굴착한 관정중 개발산출량이 저조하여 폐기 방지시킨 관정은 추후 전혀 추적할 수가 없다. 따라서 모든 신규 관정은 굴착전에 사전 신고를 의무화토록 해야할 것이다.

8) 또한 정부나 사기업에서 발주하여 굴착한 관정중에서 개발량이 저조하여 폐공처리해야 할 관정이나 이미 폐기 방지된 관정중에서 수역과 수리지질을 대표할 수 있는 굴착정은 무조건 폐공처리할 것이 아니라 이를 monitoring well(관측공)로 개조 전환 재활용하여 전국 지하수관측망(monitoring network)으로 이용토록 하면 관측망 구축에 소요되는 비용을 대폭 절감할 수 있고 효율적으로 국내 지하수자원을 관리할 수 있는 도구가 될 것이다.

6-2. 국내 지하수자원의 최적 관리방안에 관한 제언

국내에 부존된 지하수자원은 약 15,000억m³에 이르며 연간 함양량은 지표수의 평상시 유출량과 동일한 약 228억m³이고 이 중에서 개발이용가능량은 약 134억m³이다. 그러나 지하수자원은 국내 어느곳이나 부존되어 있는 것이 아니라 지표수가 하도나 저수지 내에만 부존되어 있듯이 지하수자원은 대수층 내에만 부존되어 있다. 지하수자원은 비가 시적인 즉 지하저수지 내에 부존되어 있어 이를 합리적으로 이용하기 위해서는 지하저수지인 대수층의 정확한 산출특성이 먼저 명확히 규명되어야 한다.

매년 연례행사처럼 홍역을 치루고 있는 수도물 파동을 결과적으로 국내 지표수자원의 계절별, 지역별, 부족현상과 오염때문에 일어나고 있다. 따라서 추후 국내 지하수자원의 개발이용은 필연적이다.

지하수자원의 최적 관리기법(Best management program)은 국내 지하수자원을 사전에 잠재오염원으로 부터 오염되는 것을 예방하면서 이를 최적상태로 개발이용하는 것이다. 환원하면 개발이용하고 있거나 예정인 지하수자원은 그 양과 질이

영구히 변하지 않아야 한다. 따라서 선진외국의 본문에서 언급한 바와 같이 지하수자원이 외부오염원에 의해 저질화 되지 않도록 강력한 보호전략을 수행하면서 이를 최적 상태로 개발이용하고 있다.

미국과 스웨덴은 자국내 국토개발계획과 토지이용의 일환으로 전국에 걸쳐 지하수오염가능성도(일명 대수층오염취약성도)를 작성하고 있다. 상기 지하수오염가능성도는 각지역의 지역특성에 부합되게끔 수정해서 활용하고 있으며 이 자료는 유해물질 TSDF의 입지선정에 매우 유용하게 이용되고 있을 뿐만 아니라 세계적으로 수자원의 최후 보류인 지하수자원의 최적 관리 기법중 지하수의 보호전략에 널리 이용되고 있다. 따라서 우리도 전국토에 산재된 약 500,000여개공의 우물자료와 그간 수없이 시굴되어 온 시추자료를 취합하여 지하수 오염가능성도가 포함된 수리지질도를 조속히 작성해야 할 것이다.

국내의 경우, 지하수의 산출특성이 가장 양호한 제주도는 1993년에서 1994년에 걸쳐 외국에서 시행하고 있는 광역적인 지하수보호 전략 (Regional groundwater protection strategy)과 국지적인 지하수보호 전략을 최대한 참고하여 두가지 보호 전략의 일환으로 참조할 필요가 있다. 국내 지하수자원을 최적상태로 관리하기 위해 다음과 같은 사항을 제안코져 한다.

1) 현재까지 전국에 굴착되어 있는 약 50만개에 이르는 기존관정에 대해 전국적인 정전현황조사를 실시하여 이를 data base화 하고, 지역별, 수역별, 암종별 지하수의 산출 특성과 수질특성을 규명하고

2) 전국적인 지하수위 및 수질관리망(monitoring network)은 광역관리망과 오염유형별 관리망으로 구분하여 설정 운영하여 계절별, 지역별, 지하수의 부존량과 수질변동특성을 파악해야 하고,

3) 이들 자료를 정량화 한 후 기존의 토지이용도, 토양도, 지질도, 식생도, 강우등고선도 등을 최대한 활용하여 지역별 수리지질도와 지하수오염가능성도를 작성한 후 이를 바탕으로 하여 전국에 부존된 지하수자원은 항상 최상급 수질을 유지할 수 있는 정책을 펼쳐야 한다.

4) 현 하도와 그 인근지에 분포된 충적층과 풍화대와 같은 미고결 대수층 내에 부존된 천부지하수량은 국내 강수량의 2배에 해당하는 2,600억 m^3 정도이며 개발가능량은 전국 댐 저수용량의 약 25배에 해당하는 260억 m^3 정도이다. 따라서 하천·대수층계(stream-aquifer system)의 연계관리기법을 최대한 이용하여야 한다. 하천인근의 충적대수층은 지하저수지의 개념으로 활용하여 부족한 지표수자원을 충당토록 해야한다.

5) 중앙정부 차원의 지하수자원에 대한 광역적인 이용 및 보전대책중에서

① 지하수 보호지역(보전지역·지하수법 제3장 제10조)지정은 우리나라 전국토의 약 67%가 산지 및 고지대로 이루어져 있고 대체적으로 이들 지역은 현행법에 의거 토지이용과 개발행위가 규제되고 있는 Green veit, 산림 보호 및 군사보호 지역이다. 또한 이들 지역은 상류구배구간에 위치하여 결정적인 지하수함양

수역의 역할을 한다. 즉 이러한 지역의 지하수가 오염되면 오염물질의 대수층 내 체제시간이 가장 길고 최장시간 대수층 내에 잔존하게 된다. 따라서 지하수의 우선보호지역은 국민생활에 지장을 주지 않는 이들 지역을 지하수 보호지역으로 지정하여 토지이용과 오염을 유발할 수 있는 제반 토지이용과 개발행위를 규제해야 한다.

② 특히 하류구배구간과 수리적으로 서로 연결된 대수층의 지표노출지역은 유일대수층 보호지역으로 지정 보호하고(예, 투수성이 양호한 고생대의 석회암 분포지역중 미개발지역 등),

③ 이들 지역에서 각종 토지이용이나 개발행위를 수행코져 할 시는 반드시 지하수 환경영향평가(GW impact study)수행을 의무화하고 그 결과에 의거하여 인허가를 해야 한다.

6) 지방자치단체 차원의 지하수자원의 최적 관리 기법(광역 및 국지적인 지하수이용 및 보전계획)은 먼저 잠재오염원 조사와 국지적인 지하수오염취약성도를 작성하여 이를 국토계획과 토지이용과 연계해서 이용토록해야 하며 지역의 수리지질특성에 따라 지하수이용 및 보전계획을 수립(WHPA, SSAP 등)해야 한다. 이에 의거하여 지하수이용과 규제(채수량 조절, 취수정의 설치허가, 폐쇄)조치를 수행해야 한다. 대용량 지하수개발지역인 정호장(well field) 주위는 반드시 국지적인 지하수보호전략을 수행토록 해야 한다.

7) 물관리기구의 일원화와 지하수전문 관리기구 설립

지표수와 지하수자원은 분리해서 다룰수 없는 종합응용과학 분야이다. 특히 1993년 12월에 제정된 지하수법은 그 주관부서가 뚜렷치 않다. 즉 본법에 의하면 지하수자원의 조사는 현재까지 전혀 지하수부

의 조사개발 실적이 없는 상공자원부가 주관토록 되어 있고, 지하수자원의 보전은 환경처가, 지하수자원의 관리는 건설부가 시행토록 되어 있다. 이러한 사실은 지하수자원의 최적 관리기법에 역행하는 일

다. 따라서 지하수법은 추후 1개 부서로 재통합되어야 하며 지하수개발의 신고제는 추후 필히 허가제로 전환되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 농진공(1970~1992), 제주도 지하수보고서 총 2권
2. 수공(1993), 제주도 수자원 종합개발계획 수립 보고서, 건설부/제주도/한국수자원공사, p1-600.
3. 수공(1993), 전국 지하수이용 실태조사 보고서, 1-112.
4. (주)한서엔지니어링(1992), 난지도 매립지 수리지질 조사 보고서
5. (주)한서엔지니어링(1993), 화성사업소 기존매립장 안정성조사 보고서,
6. 한정상(1977), 금호강유역 지하수자원에 관한 연구, 한국수문학회지, Vol.13, p213-218.
7. 한정상(1977), 금호강유역 지하수자원에 관한 연구, 한국수문학회지, No.4, p9-23.
8. 한정상(1978), 한반도의 암반지하수에 관한 연구, 한국수문학회지, Vol.14, No.1, p1-4.
9. 한정상(1983), 한반도의 암반지하수에 관한 연구, 한국수문학회지, Vol.19, No.4, p73-81.
10. 한정상(1983), 지하수학, 박영사
11. 한정상(1983), 전천유역 석회암대수층에 관한 연구, 한국수문학회지, Vol.16, No.3, p171-179.
12. 한정상(1988), 금촌 정호장의 최적채수량 및 물수지 분석에 관한 연구, 지질학회지, Vol.24, No.2, p140-172.
13. 한정상(1988), 환경수리지질학, 신우사
14. 한정상(1990), 지하수자원 보호의 필요성과 지하수 오염, 광산지질학회, 대산지질학회, p24-49.
15. 한정상, 김천수(1990), 국내 지하수자원의 산출특성과 지하수 수질관리 기술에 관한 연구, International on the 21st century prospects for policies and thecnology for water conservation/국립환경연구소 SHO.
16. 한정상 외, 1991, 울산공업단지 지하수오염 예측을 위한 정량적 수리분산 연구, 대한지질학회, Vol.2, No.2
17. 한정상(1994), 지하수자원의 합리적인 이용과 관리방안, UR대응 대신포지움, 농어촌진흥공사/대한지하수 환경학회, 지하수개발과 농어촌 용수, p227-266.
18. 한정상(1994), 미국 지하수자원의 최적 관리기법과 보호전략에 관한 연구, 대한지질공학회지, Vol.4, No.1, p67-77.
20. 한정상(1994), H연구지역의 수리지질-수리분산특성과 지하수오염가능성 평가 연구, 자원환경지질학회, Vol.29, No.3, p295-311.
21. 한정상(1994), 제주도 지하수의 보호전략에 관한 연구, 지질학회지, Vol.30, No.3, p325-340.
22. Bitton, G. et al.(1984), Groundwater pollution microbiology, John Wiley & Sonc, 1-375.
23. Canter, L.W. et al.(1986a), Groundwater pollution control, Lewis pub., 1-521.
24. Canter, L.W. et al.(1988a), Groundwater quality property, Lewis pub., 1-552
25. Canter, L.W. et al.(1988a), Septic tank system effects on groundwater quality, Lewis pub., 1-169.
26. Hutchins, W.A.(1990), Water Right Laws in the 19 western states, US/Dept.of Agriculture, Vol. II, Groundwater Right.
27. Jaffer, M., 1987, Local groundwater protection, APA, 1-256,
28. Lehr, J.H. et al.(1987), A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings(DRASTIC), NWWA/EPA, 1-83.
29. Romijn(1986), Impact of garicultral activities on groundwater, IAH., Vol.5, p28-129.
30. US/EPA/625/6-85/006(1985), Handbook: Remedial acton at waste disposal sites (Revised), 1-1, 11-32.
31. US/EPA,(1987), Guideline for delineation of well head protection area.