

비상용수의 효율적관리와 확보방안에 관한 연구

-대전광역시를 중심으로-

이길영* 허재영* ○장진호**

1. 서론

화석원료 사용량의 급증으로 야기되는 온실효과로 인한 해수면 상승, 지역별 강수량분포의 변화에 의한 홍수와 가뭄의 장기화 현상, 지하수를 포함한 용수의 과다사용으로 인한 토지의 사막화 현상 등에 의한 수문 환경의 변화는 수자원 확보와 유지·관리에 새로운 지표의 설정을 요구하고 있다. 따라서, 평상시 수자원의 효율적 관리도 중요하지만, 재해 발생시 비상용수의 효율적 관리체계(제) 확립도 매우 중요하며 이에 대한 적극적인 연구가 필요한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 대전광역시에 있어서 비상용수량의 추정과 비상용수의 기준량 설정, 구체적 운영체계 및 비상용수원 확보방안을 제시하고자 한다.

2. 비상용수의 정의

지금까지 국내에서는 비상용수에 대한 명확한 정의를 제시한 것은 없다. 다만 민방위기본법에 「비상급수」에 대한 정의로서 「수원지 파괴, 수질오염 등으로 상수도 시설이 제기능을 다할 수 없을 때를 대비하여 음용수, 생활용수로 활용하기 위한 시설로서 지하관정 및 저수조와 자가발전기, 정수지등 부대시설 일체를 포함하여 비상급수시설이라 한다」라고 기술되어 있는데, 본고에서는 비상용수를 다음과 같이 정의하고자 한다.

비상용수(Water for Emergency use)란 「국가나 지방정부에서 비상사태가 발생하였을 때 각종 용수의 공급이 중단되거나 통상적인 용수공급방법으로는 해결되지 않을 경우에 필요로 하는 최소한의 용수」로 정의한다.

3. 생활용수와 관련된 재해

3.1 기상재해

최근 30년간의 가뭄기록을 보면 1966.10~1967. 9, 1967.10~1968. 9, 1976.10~1978. 5, 1981.10~1982. 9, 1987.10~1988. 9, 1994. 1~1995. 6월 가뭄으로 평균 5년에 1회 꼴로 6회에 걸쳐 발생하였다. 표 1은 1994년-1995년의 2년간에 걸쳐 발생한 생활용수 피해상황과 대책을 정리한 것이다.

* 대전대학교 토목공학과 교수

** 대전대학교 토목공학과 석사과정

표 1.

생활용수 가뭄피해현황과 급수대책(1994년 ~ 1995년)

도별	피해인구	급수대책							
		암반관정		소형관정		급수차		기타	
		공수	급수인구	공수	급수인구	대수	급수인구	대수	급수인구
계	365,375	550	125,079	1,094	21,324	2,725	65,782	4,181	153,190
충북	21,644	99	9,109	190	910	227	2,977	136	8,648
전북	24,857	44	4,062	67	541	481	1,551	939	18,703
전남	128,821	55	35,576	737	15,788	387	35,560	640	41,897
경북	90,805	223	40,070	59	2,095	92	2,394	748	46,246
경남	99,248	129	36,262	41	1,990	1,538	23,300	10718	37,696

총 피해인구는 365,375명으로써 전남이 가장 많았고 경남, 경북, 전북, 충북등의 순으로 나타나고 있다. 이와같은 가뭄에 의한 재해가 발생하게 되면 근본적으로 수량의 고갈뿐만이 아니라 수질의 악화를 피할 수 없게 된다.

3.2 수질오염에 의한 재해

본 연구에서는 자료의 신빙성을 고려하여 1988년 1월부터 1994년 12월까지를 조사대상기간으로 하였다. 수계별 주요오염원 현황을 표 2에 나타내었다.

- ① 낙동강수계에서 발생한 수질오염사고는 총 72건인데, 이중 33%인 24건이 산업폐수로 인한 것으로 공업단지의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있다.
- ② 한강수계는 총발생건수 54건으로 이중 산업폐수가 10건, 생활하수가 7건, 폐유유출이 14건, 기타 15건으로 나타났다.
- ③ 금강수계의 경우 총발생건수는 63건이며, 폐유유출 및 기타가 37건으로 이중 폐유유출 21건과 기타 16건이었다.
- ④ 영산강수계의 경우 총 46건으로 금강수계와 비슷한 분포를 보이고 있다.
- ⑤ 호소 및 기타의 경우는 총 48건으로 폐유유출 및 기타로 인한 사고가 많은 것으로 나타났다. 기타는 다른 항목에 포함되지 않은 폐기물 유입이나 계속적인 수질악화로 인한 사고(복합적인 오염)가 발생한경우를 말한다.

표 2.

오염원별 상수원 수질오염사고 발생사례

(단위 : 건수)

수계 \ 오염원	계	산업폐수	생활하수	축산폐수	농업배출수	폐기물	폐유	기타
계	283	54	32	24	15	10	70	78
한강	54	10	7	3	1	4	14	15
낙동강	72	24	5	6	1	2	20	14
금강	63	7	9	4	6		21	16
영산강	46	9	8	7	4	1	5	12
호소 및 기타	48	4	3	4	3	3	10	21

4. 대전광역시 장래 비상용수량 예측

4.1 비상급수시설 현황

비상급수시설확보현황은 대전광역시를 대상으로 조사하였으며, 표3과 같다. 대전광역시 각 구청(민방위 재난관리과)에서 관리하는 자료정리방식에는 통일성이 없고 통계처리방식과 통계치의 신뢰도에도 의문이 제기된다. 단, 소요량은 $25 \text{ l/일} \times 1,297,884 \text{ 인} = 32,447\text{m}^3$ 에 의해 구하였다.

표 3. 대전광역시 민방위 비상급수 시설확보현황(1997. 6 현재) (단위 : 개소, m^3)

구 분	소요량 (A)	확보량계 (B)		공 공 용 지 정 시 설										확보율
		개소	수량	소 계		정부지원		자체지원		공공기관		민간지정		
				개소	수량	개소	수량	개소	수량	개소	수량	개소	수량	
계	32,447	189	47,987	189	47,987	21	5,954	84	21,751	42	9,821	42	10,461	100
동 구	6,643	29	6,935	29	6,935	7	2,298	7	1,523	7	1,250	8	1,864	100
중 구	6,555	45	11,516	45	11,516	8	2,240	14	2,975	9	3,094	14	3,207	100
서 구	10,634	38	12,290	40	12,290	1	456	33	10,802	2	232	2	800	100
유성구	3,461	23	4,479	23	4,479	1	200	16	3,339	5	810	1	130	100
대덕구	5,154	54	12,767	54	12,767	4	760	14	3,112	19	4,435	17	4,460	100

4.2 비상급수량 예측

비상급수량은 1인 1일 기준량을 각 계획에서 채택하고 있는 4가지로 구분하여 계산하였다. 그 결과 예측된 대전광역시의 장래비상급수량은 그림 1과 같다.

대전광역시 장래 비상급수량 예측

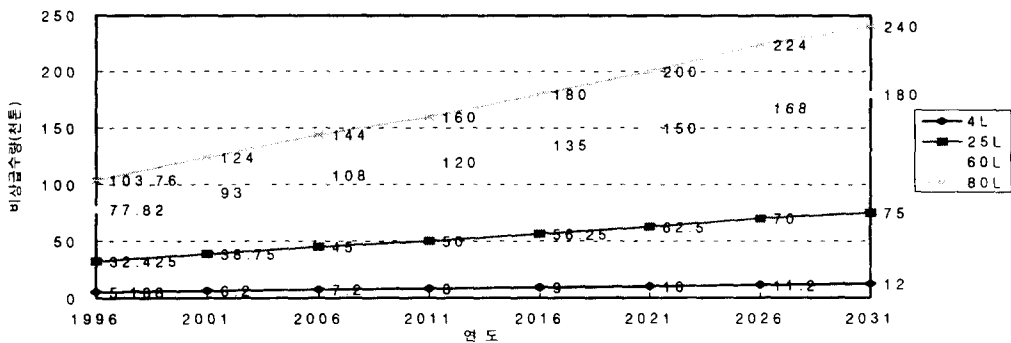


그림 1. 대전광역시 장래 비상급수량 예측

1996년말 현재 대전광역시에서 확보하고 있는 비상급수량은 $47,987\text{m}^3/\text{일}$ 로서 25 l/일/인 의 기준으로 100%이상의 확보율을 가지고 있지만, 국방부에서 제시하고 있는 60 l/일/인 기준과 내무부에서 제시하고 있는 80 l/일/인 기준으로 볼때는 상당히 부족한 상태이다. 또한 대전광역시가 확보하고 있는 비상급수시설의 수질 상태는 매우 불안정한 상태인데 대전광역시 보경환경연구원의 자료에 의하면 시민들에게 개방해 사용하고 있는 45개소의 민방위 비상급수시설 수질을 조사한 결

과 22%인 10개소의 수질이 식수에 부적합한 것으로 드러났다. 따라서 현재 확보하고 있는 비상급수확보량 47,987m³/일은 25ℓ 기준으로 볼때에도 불안정(부족)한 실정이다.

4.3 비상급수기준량의 설정

현재까지 국내에서는 1인1일 급수기준량을 설정함에 있어서 통일된 기준량이 없다. 따라서 본 고에서는 1인1일 비상급수기준량으로서 80ℓ/일/인을 제안하고자 한다. 이에 대한 근거는 다음과 같다.

$$80\ell = \text{식수}(4\ell) + \text{취사}(18\ell) + \text{목욕}(15\ell) + \text{세면}(4\ell) + \text{세탁}(14\ell) + \text{식기세척}(3\ell) \\ + \text{수세식화장실}(17\ell) + \text{기타}(1\ell) + \text{이동시 누수율 } 5\%(4\ell)$$

1인1일 비상급수기준량을 80ℓ/일/인으로 볼때 1996년말 현재 대전광역시가 확보해야 할 비상급수량은 103,760m³/일 로서 현재 확보하고 있는 비상급수확보량은 47,987m³/일은 46.3%의 확보율이 된다. 따라서, 대전광역시는 55,773m³/일 만큼의 양이 부족한 실정이므로 비상용수 확보방안이 강구되어야 할것이다.

5. 비상용수 수원 확보 방안

5.1 상수도를 이용한 비상용 내진성 지하저수 탱크

어린이 놀이터, 공원 및 학교운동장의 지하공간을 이용하여 내진성 지하저수탱크를 매설한 후 상수도관과 연결하여 평상시에는 상수를 저장하고, 비상시 비상용수로 활용한다. 지하저수탱크는 비상급수기준량 1인1일 80ℓ 급수인구를 기준으로 용량을 설계함이 바람직하다.

1996년말 현재 대전광역시는 기존 비상용수확보량에 비해 55,773m³/일이 부족한 상태이므로 부족량을 상수도를 이용한 지하저수탱크를 이용하여 확보한다면 3일분 167,400 m³/일에 대한 저수시설을 만들어야 한다. 저수용량은 인근지역의 급수인구에 중점을 두고 설계하되 최소 100m³에서 1,000m³의 규모로 설치한다. 탱크의 구조형식은 압력식(유압 밀폐형), 또는 자유수면방식(수면 개방형)이 있는데, 모두 배수관에 연결하여 내부의 물이 상시 순환할 수 있는 설비를 갖추어 수질의 안전을 피하지 않으면 안된다. 탱크의 형상은 원통형, 장방형 등이 있다. 탱크의 계획, 설계 및 유지 관리에 관한 기술적 지침은 별도로 작성하여 관리한다.

5.2 비상용수 확보를 위한 기존댐 재개발

통상의 댐에서 기존방류관보다 낮은 위치에 신설방류관을 설치하여 비상시(가뭄)에 저수위 이하의 물을 사용하는 방법과 기설방류관에 파이프를 설치해서 흡상펌프를 이용하여 저수위 이하의 물을 사용하는 방법이 있다. 예로서 1980년 12월에 준공한 대청댐의 경우 총저수용량 790×100³ m³에서 유효저수용량은 250×100³ m³이고 저수위 60m에서 사수량은 451×100³ m³이다. 그러나 1991년 12월에 조사한 결과 퇴적물에 의해 저수위 60m에서 사수량이 448×100³ m³으로 감소하였다. 기존댐에 있는 사수량을 비상시(가뭄)에 사용한다면 기존의 지하수에만 의존하던 가뭄시 비상급수대책 보다 효율적으로 비상급수대책을 추진할 수 있을것이다. 따라서, 대청댐의 사수량 448×100³ m³의 1%만 비상시 취수하여 사용한다면 1996년 현재 대전광역시가 1인1일80ℓ 기준으로 필

요한 비상급수량 103,760m³/일의 43일분을 확보할 수 있다.

6. 비상용수 개발 및 효율적 관리

6.1 비상급수시설의 개발원칙 및 위치 선정

1) 개발원칙

초기단계의 계획수립시는 앞으로 개발의 지표설정을 위해 기존의 확보량에 대한 수량·수질 확인조사 및 유지관리 상태의 점검, 비상시 대비를 근본적인 목표로 하여 설치계획을 수립하되, 유사시 권역별로 주민들의 편의성을 도모하기 위하여 지역적으로 편중되지 않도록 해야되며, 비상급수시설 설치대상 민간건축물 신축시 지하수를 수원으로 개발할 경우 반드시 오염방지시설을 갖추어야 한다.

2) 설치장소의 선정

일반적으로 장소선정시 공통적으로 유의해야할 사항으로는, 권역별 비상시 급수능력과 급수원(수량, 수질)의 상태를 고려하여 선정하고 상습 가뭄지역과 식수난 지역은 갈수기 대비와 연계하여 선정해야 하며, 비상시는 물론 평상시에도 주민에게 제공될수 있는 평시의 활용성도 높이고 쉽게 이용할수 있는 장소를 선정해야 한다.

3) 지하수 오염방지 시설

지하수 개발을 위한 관정 굴착시, 충적층 지하수를 보호할수 있도록 케이싱 설치와 그라우팅 실시를 철저히 해야 한다. 표토 굴착후 흙막이 케이싱 설치는 지하굴착시 흙의 무너짐을 방지하기 위한 것으로 암반층까지 설치하며, 외부 그라우팅 실시는 흙막이 케이싱외부공간을 차수용 시멘트로 그라우팅 실시를 하고, 내부 케이싱 설치는 흙막이 케이싱 안으로 암층까지 굴착한후 PE관이나 스텐레스관으로 케이싱을 설치하여 경암층 이전에 개발되는 지하수를 완전차단 한다. 내부그라우팅 실시는 외부 케이싱과 흙막이 케이싱 사이에 차수용 시멘트로 압력 그라우팅을 실시하여 오염원을 차단하고 그라우팅한 시멘트가 완전히 양생된 다음에 천공작업을 실시한다.

6.2 저수량 관리체계 확립

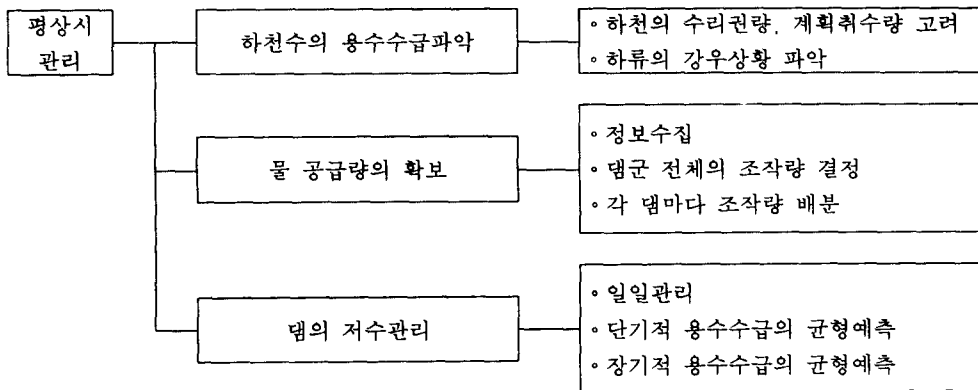


그림 2. 평상시 저수관리업무 현황

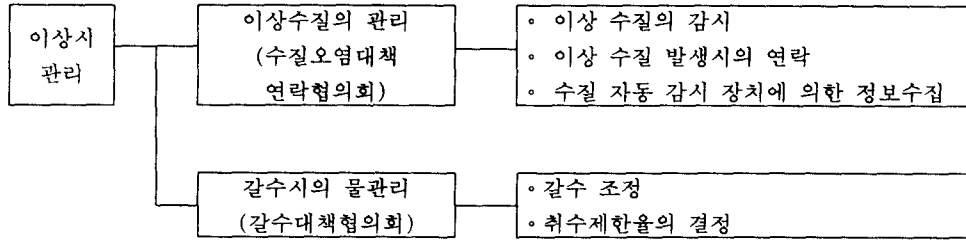


그림 3. 이상수 저수관리업무 현황

6. 결 론

본 연구에서는 대전광역시를 중심으로 비상용수 확보량 예측과 확보방안 및 효율적 관리에 대해 논하였다. 현재 대전광역시가 확보하고 있는 비상용수원은 대부분 지하수에 의존하고 있으며, 기존의 비상급수원 수질검사결과 오염에 의한 식수 부적합 판정율이 예상 외로 높다. 따라서 본 고에서 제시한 바와 같이 비상용수원을 지하수에서 탈피하여 다각도의 면에서 확보하고 운영·관리하여야 한다. 비상용수원의 안정적 확보방안은 댐 사업의 추진으로 사료되나, 그 외에 하천 자체 저류능력 확보와 대체수원개발에 대한 대책도 시급히 세워야 한다. 기존댐의 재개발, 긴급수원 확보대책, 응급급수대책, 대체수자원개발 등이 실용화되고 합리화 될 수 있도록 법적, 제도적 근거를 확립해야 한다. 비상용수공급체계는 복합재해시에 적용할 수 있도록 보완이 요구되며, 재난 및 민방위 업무가 이원화되어 있는 것을 일원화 관리체계로 조정하여 보다 통일성이 있고 효율적인 운영체계를 확립하여야 한다.

7. 참고문헌

- 1) 건설교통부, 지하수조사연보, 1995.
- 2) 한국수자원공사, 대청다목적댐 저수지 퇴사량 조사보고서 1991. 12.
- 3) 대전광역시 상수도 사업본부, 상수도의 21C 예측과 대처방안연구 1997.
- 4) 충청남도, 민방위 시설, 장비관리지침
- 5) 충청남도, 충청남도 환경보전 종합 대책 기본계획 수립 1996.
- 6) 日本水道協會, 水道施設設計指針・解説, 1977
- 7) 東京都防災協會, 地域防災計劃, 震災編, 昭52年 修正
- 8) 防災法研究會, 災害對策基本法解説, 全國加除法令出版, 昭52年(1979年)6月
- 9) American Water Works Association, "Water Quality and Treatment, A Handbook of Community Water Supplies", 4th ed., 710~745, 19
- 10) American Water Works Association, "Operational Control of Coagulation and Filtration Processes", 1st ed., 89~99, 19