

지하댐의 개발 방향과 전망



김 남 중¹⁾

1. 서 언
2. 지하댐의 개념과 원리
3. 지하댐 개발 사례
4. 우리나라의 수자원 특성
5. 지하댐 개발 방향과 전망
6. 맺음말

1. 서 언

물은 지구상에 존재하는 모든 생명의 근원이며 인간 활동 및 생태계 유지에 있어 없어서는 안 될 필수적인 요소이다. 그러나 최근 들어 물 이용량 증가와 더불어 하천 수질의 악화로 인하여 깨끗한 수자원 확보가 점차 어려워짐에 따라 친환경적이고 지속 가능한 수자원의 안정적 확보는 인류가 생존 차원에서 풀어나가야 할 공동의 과제이다.

우리나라는 수자원 특성상 강우의 시간적, 공간적 불균형이 심하여 수자원 개발과 관리여건이 대단히 열악하며 아울러 이제까지 용수 공급의 주력을 맡아온 표류수의 개발도 댐 개발 적지의 감소와 지역 이기주의 등으로 인하여 제한을 받아 지속적

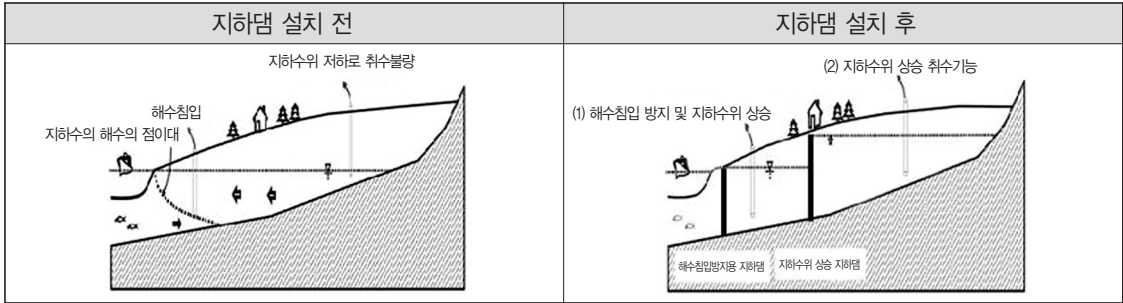
으로 증가하고 있는 용수 수요를 감당하기에 큰 어려움이 예상되고 있다. 이에 따라 현 시점에서 향후 물 부족에 대처할 신규 수자원의 안정 확보방안의 하나로 지표수와 지하수를 연계하여 효과적으로 개발·이용할 수 있는 지하댐 개발의 국내 적용을 전향적으로 검토할 필요가 있다. 지하댐은 개발 규모와 대수층 발달 등 입지조건 등에 제한적인 요소가 있지만 지상 댐과 달리 수물 보상, 안개 등의 악영향이 없는 환경 친화적인 수자원 개발 방안으로서 지표수와 연계하여 체계적으로 개발·이용할 경우, 가용 수자원의 총량 증대 및 용수 공급의 효율성 제고의 효과를 기대할 수 있다. 본 고에서는 지하댐의 기본 개념과 원리 및 국내외 개발 사례를 간략하게 소개하고 우리나라의 수자원 특성과 용수수급 전망을 고려하여 국내 실정에 맞는 지하댐의 개발 방향과 전망에 대하여 논의코자 한다.

1) 유신코퍼레이션 응용지질부 전무(y12385@yooshin.co.kr)

2. 지하댐의 개념과 원리

지하댐은 지하수가 흐르고 있는 지하 대수층에 인공적인 차수벽을 설치, 지하수의 흐름을 억제하여 상류부의 지하수위를 상승시킴으로써 대수층의

저류 용량 및 함양 능력의 증진과 지하수의 지속적인 산출능력 확대를 위한 시설로서 일반적으로 지하 차수벽체를 비롯하여 취수시설, 배수시설, 관리 시설, 함양시설 등 시설 일체를 통틀어 지하댐이라 정의한다.



〈그림 1〉 지하댐의 설치 효과

지하댐은 지상의 댐 저수지에 비해 여러가지 장점이 있다. 가장 대표적인 장점은 증발에 의한 손실이 거의 없고, 지표면에 대한 수몰면적이 없다는 점이며, 이 외에 수질오염의 위험이 적고 대체로 연중 일정한 수온의 물을 얻을 수 있다는 점에서 유리하다.

그러나 지하댐은 취수를 위한 별도의 양수시설이 필요

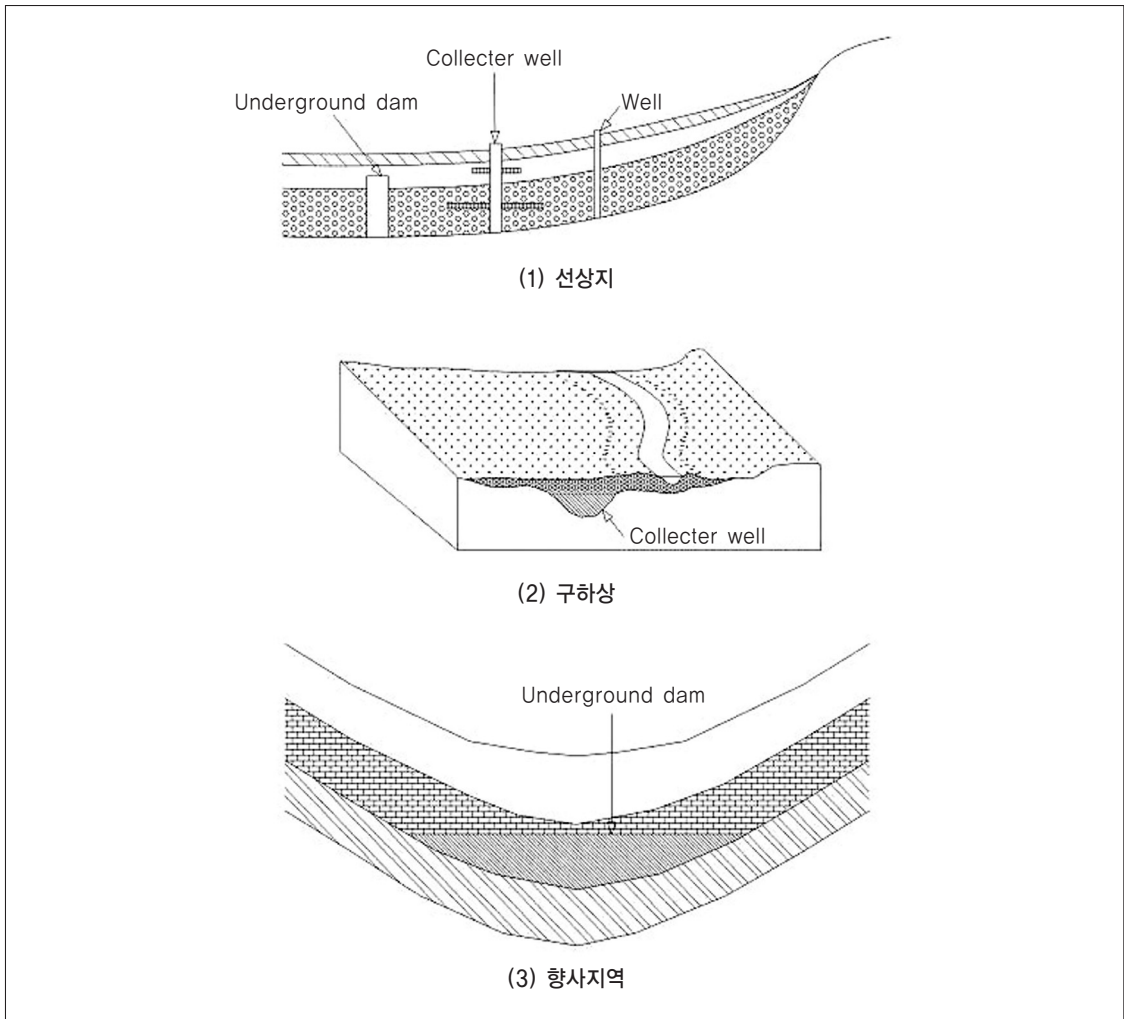
하여 비교적 많은 유지, 관리비용이 소요되고 지하수 저장량에 대한 정확한 평가가 어렵다는 단점이 있다. 특히 표류수에 비해 수질오염의 위험은 적으나 한번 오염되면 원상회복에 많은 시간과 비용이 들며, 일시적으로 많은 양의 용수를 이용할 수 없는 제약점이 있다.

〈표 1〉 댐 저수지와 지하댐의 장·단점 비교

구분	장점	단점
저수지	<ol style="list-style-type: none"> 1. 자연 흐름을 이용 2. 다목적 기능보유 3. 광물질 함량이 적음 4. 조사 평가가 쉬움 5. 일시에 다량의 용수사용 가능 6. 유지관리비가 저렴 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 수몰면적 및 증발 손실이 큼 2. 수질오염 가능성이 높음 3. 구조물 붕괴시 대규모 재해 발생 4. 운영 중 토사유입으로 저수지 용적 감소
지하댐	<ol style="list-style-type: none"> 1. 증발손실이 적음 2. 수몰 면적이 없음 3. 구조물 붕괴 위험이 없음 4. 일정 수온 유지 5. 수질오염이 적음 6. 지상공간 활용가능 7. 설치 후 천재의 위험이 없음 8. 하천 이외 지역에 설치 가능 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 별도의 양수시설이 필요 2. 관개시 수온상승 시설 필요 3. 광물성 함량이 비교적 높음 4. 조사 평가가 비교적 어려움 5. 일시에 다량의 용수사용 불가 6. 유지관리비가 비교적 높음 7. 수질오염시 회복비용 및 기간 소모 8. 저류량의 정확한 추정 곤란

지하댐의 저류량 확보를 위해서는 대수층의 유효 공극률이 크고 저류체적이 커야 되므로 투수성 높은 모래 자갈층이 양호하게 발달된 선상지, 구하상 등의 하천 지역이 최적지이며 암반층의 경우에도 석회암, 다공질 현무암 등 양호한 대수층이 분포하고 지질구조상 저류공간의 확보가 가능한 향사구조 발달 지역에서 지하댐의 개발이 가능하다. 지하댐 설치에 적합한 입지조건은 아래와 같다.

- 유효공극률이 큰 대수층이 넓고 두껍게 발달하여 다량의 지하수를 저장할 수 있는 지역
- 지하수 함양원이 되는 계곡하천으로서 유역면적이 넓은 지역
- 하상 및 유역의 경사가 완만한 지역
- 경제적으로 지하 차수벽 설치가 가능한 협곡부 또는 분지지형이 발달되어 있는 지역
- 지하수위 변동에 따라 지반침하 등 장애가 발생하지 않는 지역



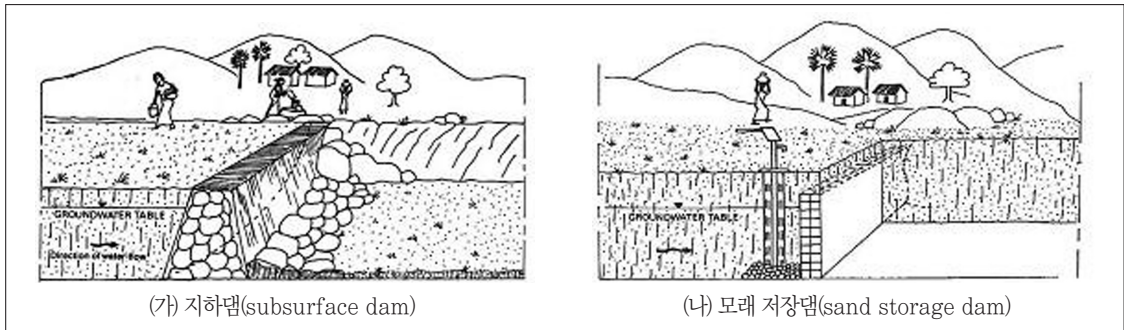
〈그림 2〉 지하댐 개발에 적합한 입지조건

지하수댐(groundwater dam)은 개발방식에 따라 지하댐(subsurface dam)과 모래 저장댐(sand storage dam)으로 분류한다.

지하댐(subsurface dam)은 지표면 하부 대수층 내에 차수벽을 설치하여 대수층에 지하수를 저장하는 통상적인 지하댐 개발방식으로 저류 또는 해안

지대에서 해수 침입 방지의 목적으로 건설된다.

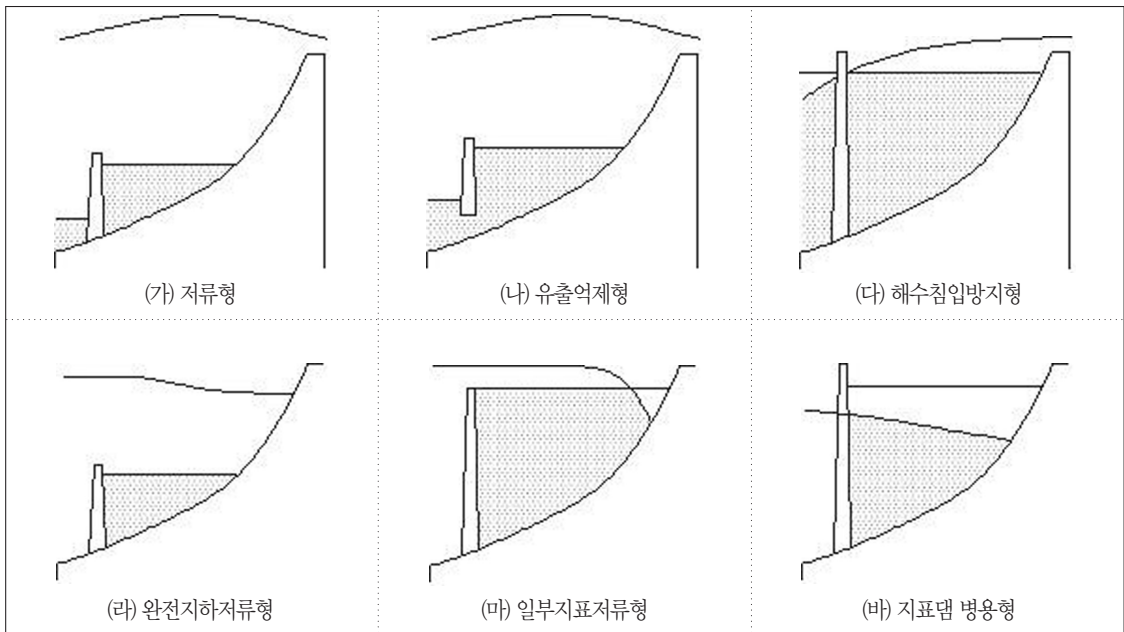
모래 저장댐(sand storage dam)은 계곡이나 하천에 댐이나 보 등을 설치하고 확보된 공간을 모래 등과 같은 투수성 물질로 채운 후 그 공극에 물을 저장, 이용하는 지하댐 형식으로 증발 손실이 큰 사막 등 건조지역에서 주로 건설한다.



〈그림 3〉 지하댐 개발 방식(Hanson and Nillson, 1987)

또한 지하댐은 사용 목적에 따라 저류형, 유출억제형, 염수침입 방지형, 저류형태에 따라 완전 지하

저류형, 일부 지표 저류형, 지표댐 병용형 등의 유형으로 구분된다.



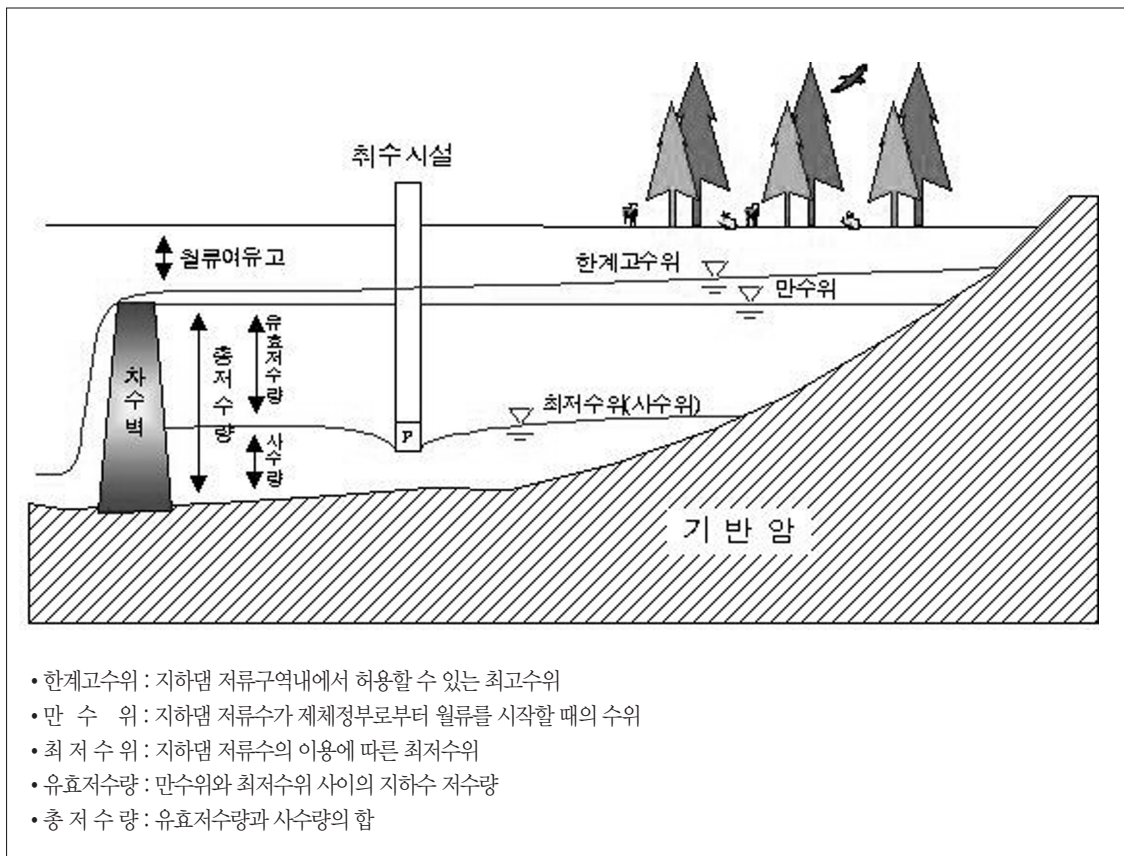
〈그림 4〉 사용목적과 저류형태에 따른 지하댐의 분류 (土와基礎 vol.31, No.3, 1983)

지하댐 시설은 제체(차수벽), 배수(여수로), 취수, 방수, 관리 및 함양 시설로 구성되는데 이 중에 기본 시설은 제체시설, 취수시설 및 관리시설 등이며, 기타 시설은 지역의 수문조건을 고려하여 필요에 따라 설치한다.

지하댐 설계의 핵심은 최대 저류용량과 적정 양수량을 결정하는 것으로 여기서는 댐 상류부의 침수 방지와 필요 수량의 양수비용 사이의 경제성을 고려하여 최저, 최고 지하수위와 지하댐의 저류용량을 결정한다. 지하댐 본체인 차수벽 상단(정부)의 높이는 최대 저류량과 지하댐 상류부 침수의 악영향이 최소화되도록 최대 저류량을 설정하여 결정한다.

지하댐 설계에서는 반드시 지하수의 해석이 필요한데 이의 목적은 ①신규개발수량의 산정, ②지하수위의 변동 예측, ③습지화의 예측을 위한 것으로 지하수의 해석결과는 차수벽 천단의 높이, 적정 양수량, 인공함양/습지화 방지대책공의 설계에 이용된다.

지하수의 해석기법은 수문학적 물수지분석, 탱크 모델/시뮬레이션에 의한 물수지분석 및 유한요소법(FEM)에 의한 침투류 해석 등의 3가지로 대별되는데 이는 해석의 목적, 조사시험의 진척 상황, 해석용 데이터의 양과 질을 고려하여 선택적으로 사용하는 것이 필요하다.



〈그림 5〉 지하댐의 설계 제원

일반적으로 지하댐 저수지의 저류량 산정 공식은 다음과 같다.

- 지하댐 저수지 저류량 = 유효 대수층 면적 × 대수층 평균 두께 × 유효공극율

지하댐 저수지의 저류량 중 이용 가능량이란 지역의 대수층에서 부정적인 영향이 발생하지 않는 범위에서 안정적으로 취수할 수 있는 양수량, 즉 안정 채수량을 의미한다.

지하댐 저수지에서 지하수 개발 가능량은 차수벽 설치 이전의 대수층에서 채수할 수 있는 양과 차수벽 설치로 인해 증가한 저류량에서 채수할 수 있는 양의 합계로 구하는 것이 타당하다. 차수벽 설치 이전의 이용가능량은 지하수 함양량이 충분하다고 가정할 때 우물의 수위강하를 대수층 심도의 2/3까지 허용하고 우물을 효율적으로 배치하였을 때 채수 가능한 양으로 <그림 6>에서와 같이 지하수로 포화

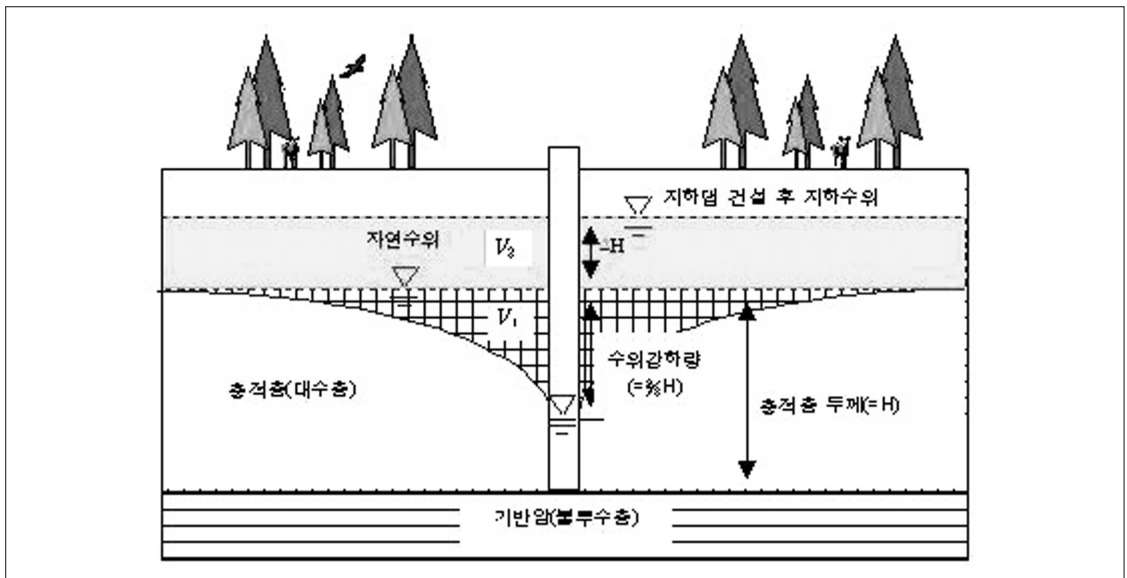
된 대수층의 두께를 H라고 하면, 채수로 인한 지하수위 강하구간(영향추)의 체적은 대수층의 전체 체적($\pi r^2 H$)의 약 22.2%에 해당되므로 개략적으로 대수층에 저류된 지하수 저류량의 약 20%가 채수 가능한 양이 된다.

차수벽 설치에 따른 저류량 증가분은 이론적으로 100% 이용이 가능하지만 차수벽의 누수 및 지표면의 증발산 등 손실요인을 감안하여 최대 80%로 보는 것이 합리적이다.

따라서 지하댐에서 지하수 개발 가능량은 차수벽 설치 전 지하수 저류량의 20%와 차수벽 설치 후 저류량 증가분의 80%를 합산하여 계산하는 것이 타당하다.

- 지하수 개발 가능량

$$= (0.2 \times A \times H \times \bar{m}) + (0.8 \times A \times \Delta H \times \bar{m})$$
 여기서 A: 유효 대수층 면적, H: 대수층 두께, \bar{m} : 대수층의 유효 공극율



<그림 6> 지하댐에서의 저류량 산정

3. 지하댐 개발 사례

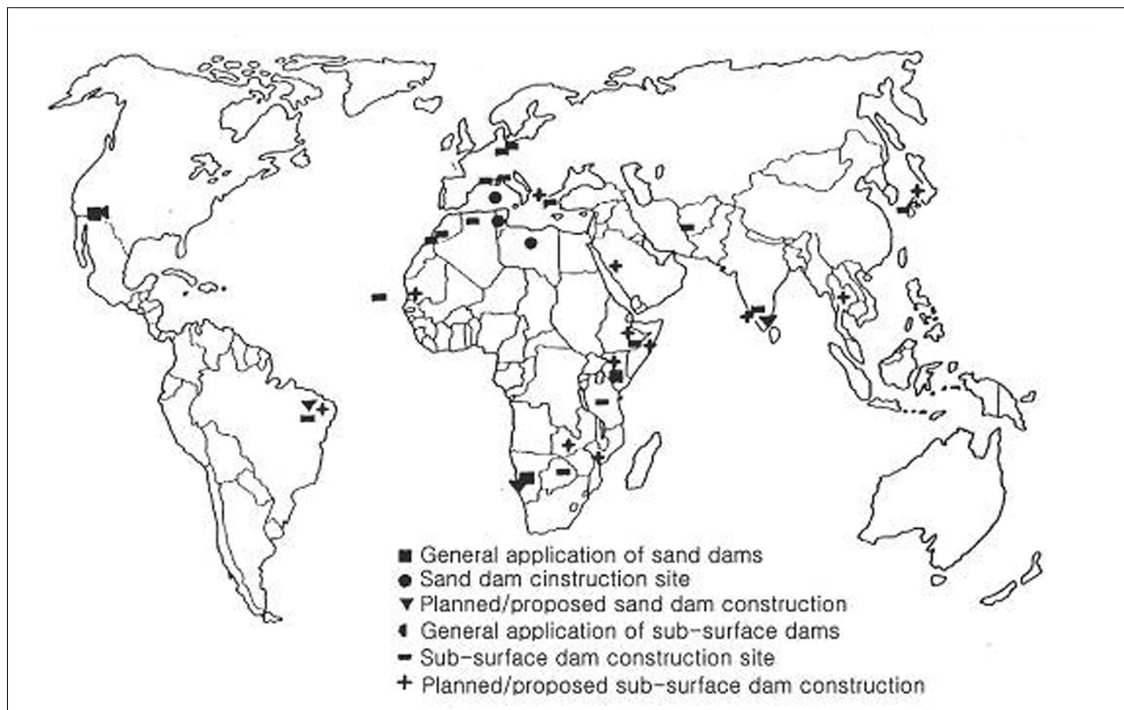
지하댐은 예로부터 강우량이 적고 수분 증발 손실이 큰 건조지대에서 물의 확보 및 저장 수단으로 유용하게 사용되어 왔다. 아직도 Sardinia 지역에는 로마인이 건설한 지하댐의 유적이 남아있으며 이스라엘 등 중동지역에서는 지하 동굴을 건설하여 물을 저장하였고 아프리카 지역에서는 인공적으로 모래층을 만들어 모래 공극에 물을 저장하는 방법을 사용하였다.

그러나 근대적인 의미에서 지하댐의 구상과 시공은 일본에서 시작되었다고 볼 수 있다.

일본은 1970년대에 나가사키현의 가바지마 댐과 오키나와현의 미나후크댐을 각각 건설하여 그 효능을 입증하였으며 특히 도시지방의 생활용수와 농업

용수 확보를 위하여 많은 후보지를 선정하여 계획하고 있다.

현재 지하댐 개발은 아프리카, 인도, 동남아, 남미 등의 개발 도상국에서 미국, 유럽 등의 선진국에 이르기까지 세계 도처에서 활발하게 추진되고 있다. 외국의 주요 지하댐 개발 사례는 인도 Kerala 주 Palghat Gap 지역, 이디오피아 Bombas와 Gursum지역, 일본에는 가바지마(樺島), 미야코지마(宮古島) 등 도서지역에 설치된 지하댐 등이 있으며, 중국은 1981년도에 산시성 시안시에서 북방으로 약 10km 떨어진 위하의 지천인 석천 하류부에 후빙 지하댐 건설을 계획하였다. 근래에는 세계 각국에서 과학적인 수리지질학적 접근을 시도하여 다양한 방법에 의하여 지하댐을 개발하고 있다.



〈그림 7〉 전세계 지하댐 이용 분포도(Nilsson A., 1986)

〈표 2〉 외국의 지하담 개발 현황

國名	지구	목적	차수벽 시공공법	차수벽 길이 (m)	차수벽 높이 (m)	유역면적 (ha)	저류량 (천m ³ /일)	유역면적 대비저류량 (m ³ /ha)	기반암 (대수층)	준공 연도
日本	皆福	농업	주입공법	500	16.5	1,700	700	412	이암 (R, 석회암)	'79
	樺島	생활	주입공법	59	24.8	60	9	150	편암 (모래, 자갈)	'74
	常神	수산	Slurry Wall	202	18.6	-	74	-	점토, 슬레이트 (모래, 자갈)	'82
	天ヶ能	생활	주입공법	129	12.5	-	18	-	화강암 (모래, 자갈)	'87
	和板	생활	Slurry Wall	105	7.5	340	12	35	셰일 (모래, 자갈)	'91
	中島	농업	SMW	88	24.8	60	27	450	안산암 (모래, 자갈)	'93
	神子	농업	SMW	196	39.3	-	23	-	(모래, 자갈)	'95
	砂川	농업	SMW	1,677	50	720	9,500	13,194	이암 (R, 석회암)	'94
	福里	농업	SMW	1,790	27	12,400	10,500	846	이암 (R, 석회암)	'98
	カンヅン	농업	SMW	1,088	52.1	300	1,580	5,267	집괴암 (R, 석회암)	'98
	喜界	농업	SMW	2,190	36	580	1,681	2,898	이암 (R, 석회암)	'00
	米須	농업, 염해방지	SMW	2,489	80.0	390	3,457	8,864	이암 (R, 석회암)	'02
	慶座	농업	SMW	955	51	120	389	3,242	이암 (R, 석회암)	'01
中國	富平	농업, 공업	점토충진 주입공법	3,850	20~80	15,600	500,000	32,051	제 4기 미고결퇴적층	'01
	大連	농업, 염해방지	점토충진 주입공법	1,200	2.5~23	9,780	16,827	1,721	제 4기 미고결퇴적층	진행중
印度	Palghat Gap	농업(2모작)	석고벽돌 충전	130	5~9	10	15	1,500	모래층	'64
		농업(2모작)	석회벽돌 프라스티시트벽	150	4	20	15	750	모래층	'79
이 디 오피아	Bombas	생활용수	콘크리트	-	3.8	-	-	-	모래층	'81
	Gursum	생활용수	돌 쌓기 공법	-	-	-	-	-	모래층	'81

국내에서는 경북 상주군 이안담 등 5개 농업용 지하담과 상수도 취수원으로 개발된 속초시 쌍천담 등 모두 6개소에 지하담이 개발·운영 중에 있으며, 총 계획 양수량은 149,810m³/일에 달한다. 그간 국내 지하담의 운영 실적을 분석한 결과 유역 면적이 큰 지역의 지하담은 당초 계획량의 90% 이상 활

용하고 있는 반면에, 유역 면적이 작은 지역의 지하담은 당초 계획 양수량에 못 미치는 취수 실적을 보이고 있어 향후 신규 지하담의 계획과 설계 시공 및 운영 관리 시에 보다 세심한 주의와 보완이 필요한 것으로 나타났다.

〈표 4〉 국내 지하댐 개발 현황

지구명	위 치	하천명	유역 면적 (ha)	제체 길이 (m)	차수벽 공법	계 획 양수량 (m ³ /일)	집수정 (기)	개발 년도	시행기관
이안	경북·상주·이안	이안천	2,130	230	철근콘크리트 연속벽+주입	24,000	4	1983	농업기반공사
남송	경북·영일·홍해	곡강천	15,300	89	주입(시멘트) 공법	23,600	4	1986	농업기반공사
옥성	충청·공주·우성	유구천	27,500	482	주입(시멘트) 공법	27,900	4	1986	농업기반공사
고천	전북·정읍·태인	정읍천	2,700	192	철근콘크리트연속벽	25,110	5	1986	농업기반공사
우일	전북·정읍·정우	정읍천	2,200	778	점토 연속벽	16,200	4	1986	농업기반공사
쌍천	강원·속초·도문	쌍 천	6,533	800	시멘트+벤토나이트주입	33,000	4	1998	속 초 시

4. 우리나라의 수자원 특성

우리나라의 강수량은 연 평균 1,283mm로서 세계 평균 973mm의 약 1.3배 정도로 풍부한 편이나 1인당 강수량은 약 2,705m³/년으로서 세계 평균 1인당 강수량 26,800m³/년의 1/10에 불과하다. 이 중 실질적으로 이용 가능한 수자원은 1인당 평균 1,550m³/년으로서 영국, 벨기에 등과 함께 물 부족 국가로 분류되는 등 1인당 수자원의 상대적 혜택이 빈약한 편이다.

또한 연 강수량의 2/3가 하절기인 6~9월의 장마와 태풍 기간에 집중되고, 11월부터 익년 4월까지 6개월간의 강수량은 연강수량의 1/5에 불과하여 강수량의 계절적 편차 및 하천 유량의 변동이 매우 커 홍수와 가뭄이 빈발하는 등 수자원 관리에 불리한 자연적 조건을 가지고 있다. 지역별로 볼 때 경북 내륙지방의 경우 연 평균 강수량이 1,000mm 이하인 반면, 남해안 일부 지방 및 제주도 지역은 1,500mm 이상의 풍부한 강수량을 나타내고 있어 가용 수자원의 지역적 편차가 심하다.

이러한 우리나라의 강수량과 수자원의 편차 특성은 우리나라에서 수자원 확보는 풍수기에 물을 가

두었다가 갈수기에 사용하는 댐 저수지 개발에 대한 의존도가 높을 수밖에 없음을 명백하게 시사해 주고 있다.

수자원장기종합계획(2001. 7)에서 예측한 우리나라의 장기 용수수급 분석 결과 2006년에 약 1억m³의 용수부족이 예상되며 2011년에는 약 18억m³, 2020년에는 약 26억m³의 용수 부족이 각각 발생하는 것으로 전망하고 있으므로 안정적인 수자원 확보를 위해서는 친환경적 중소규모 다목적댐 개발뿐만 아니라 지하댐, 강변 여과 등 지표수와 연계한 지하수 개발, 우수 및 하수의 재이용 등 다양한 신규 수원 개발 추진을 병행 추진하되 이를 균형 배분하기 위한 합리적인 광역 급수 체계 조정 및 광역 상수도의 지속적인 확충이 필요할 것으로 사료된다.

5. 지하댐 개발 방향과 전망

전술한 바와 같은 우리나라의 불균형적인 수자원 편차 특성과 꾸준하게 증가하는 용수 수요에 슬기롭게 대처하기 위해서는 댐에 의한 용수개발과 아울러 보조 수원 및 신규 대체수원 개발을 통한 취

수원의 다양화가 절실히 요구되고 있다. 이러한 신규 수자원 개발방안으로는 지하수 개발, 해수의 담수화, 인공강우 등을 들 수 있으나, 해수의 담수화는 아직 경제적으로 실용화되기 어렵고 인공강우는 초보적 연구 단계에 그치고 있는 국내 실정으로 볼 때 지표수와 합리적으로 연계한 지하수 개발이 가장 현실적인 대안이라 할 수 있다.

지하댐은 지상의 댐 저수지와는 달리 수몰 피해와 별다른 장애가 없이 지하공간에 지하수를 저류함으로써 필요한 용수를 확보할 수 있는 친환경적인 수자원 개발 방안으로서 우리나라의 수자원, 지형 및 하천 특성에서도 향후 지표수 개발의 제약성, 용수 수요의 지속적 증가에 무리 없이 상당 부분 대처가 가능할 것으로 판단된다.

단독 개발의 경우에 비해 상류에 지상의 댐 저수지가 위치하여 연계 운영이 가능한 경우에 그 효과가 훨씬 크다. 또한 갈수기에 하천의 건천화로 하천 취수가 곤란할 경우 지하댐에 저류된 지하수를 최대한 취수하여 지하수위를 낮추어 지하 공간을 확보하면 홍수기에 유출을 지연시키는 등 하천의 치수 기능 증대에 있어서도 어느 정도의 효과를 기대할 수 있을 것이다.

우리나라는 수자원 특성상 주된 용수공급은 댐 및 하천취수 등 지표수가 담당하고 지하수는 주로 지표수 개발 공급 조건이 불리하거나 지하수 부존이 유망한 지역에서 대체 용수원으로 활용하고 있다. 그러나 선진 제국에서는 용수수요 시기와 공급 조건에 따라 가용 지표수원과 지하수원을 적절히 조합하여 계획적으로 운영 관리함으로써 용수공급의 안정성과 효율성을 도모하는 이른바 지표수·지하수 연계 이용 방안이 널리 활용되고 있다.

기존의 지표수를 주수원으로 하고 지하수를 보조

수원으로 다루는 통상의 단독 개발·이용과 지표수와 지하수의 연계 개발·이용과는 근본적인 차이가 있는데 여기에서 전자가 서로 독립적인 고정 개발량의 개념을 갖는 반면에 후자는 양자를 통합함으로써 보다 높은 경제적인 개발량 개념을 갖는다는 점이다.

지표수와 지하수의 연계 이용의 기본 개념은 지하 대수층의 저류 기능을 최대한 활용하여 년간 용수수요의 대부분은 댐에 저류된 지표수로 공급하고, 갈수기에 지하수를 최대한 이용하는 것이다. 즉, 다우기에는 지표수를 최대한 이용함과 아울러 지하수 저류량을 늘릴 수 있도록 인공함양을 하여 지하수위를 높이고, 반대로 갈수기에는 지하수를 최대한 채수하여 부족한 지표 수자원의 공급량을 보충하는 것이다. 따라서 연계이용의 타당성은 물을 저류할 수 있는 공간의 확보와 지하수 함양율이 관건이 된다.

지하댐은 저류 공간의 확보 및 지하수 함양율의 증대 측면에서 국내에서 가장 적용성이 높은 지표수와 지하수의 연계 방안이라 할 수 있으며, 강수량과 하천유량의 계절적 편재현상으로 대표되는 우리나라의 수자원 특성을 효과적으로 극복하여 용수공급의 안정성을 높일 수 있는 장점을 지니고 있다.

우리나라의 지하댐 개발은 지형 및 지질 특성상 하천수와 수리적으로 연결되어 있는 충적층 지하수를 대상으로 하는 것이 합리적일 것으로 판단된다. 일반적으로 충적층 지하수는 심부의 암반 지하수에 비해 지표 오염에 취약한 경향을 보이나, 강우에 의한 지하수의 함양이 원활하고, 대용량의 취수가 가능하다는 점, 그리고 하상 퇴적층의 고유한 여과 및 오염 저감능으로 수질 개선 효과가 현저하여 정수처리 비용 절감 및 하천 수질 사고시 효과적인 대처

가 가능하다는 점에서 암반지하수에 비해 유리한 조건을 갖추고 있다.

우리나라의 하천은 대부분 동해쪽으로 치우친 태백산맥을 분수령으로 발원하는데 남서쪽으로는 비교적 유로연장이 긴 하천들이 수계망을 형성, 총적 평야를 발달시키면서 서해 및 남해로 유입되는 반면에 동해안쪽으로는 하상경사가 급하고 유로가 짧은 소하천들이 발달되었으며 이들 하천의 하류부 및 하구에는 공통적으로 투수성이 높은 충적층이 비교적 두껍게 널리 발달되어 있다.

특히 우리나라의 동해안 일대의 하천은 지형 여건 및 연어 등 회귀성 어족의 보호 측면이 댐 개발에 제한적인 요소로 작용하는 반면에 지하저류 공간 확보, 해수 침입 방지, 입지조건 등 여러가지 측면에서 지하댐 개발의 타당성이 높은 지역으로 평가되는데 현재 건설·운영중인 속초시 쌍천 지하댐이 대표적인 사례이다.

또한, 5대강 유역을 비롯한 전국의 대소 하천에서 지하댐의 입지 조건이 양호한 유망지점을 찾는 것이 어려운 일이 아니나 이 경우, 용수 수요지역의 인접성과 기존 용수공급 시설과의 연계성이 지하댐 개발의 필요성을 결정짓는 중요한 요소이다.

실제로 우리나라의 대소 하천에 설치되어 있는 낙차공, 취수보, 사방용 댐 등의 하천 횡단 구조물이나 시설의 하부 지층에 효과적으로 차수벽을 설치함으로써 기존의 구조물 기능에 지하댐의 역할을 추가하는 방안도 시설 개선 차원에서 검토해 볼 가치가 있다.

이외에 하천과 수리적인 연결성이 없는 해안 단구 또는 하안 단구 등의 잔구성 퇴적층 또한 지하에 차수벽을 설치하여 용수원의 추가 확보가 가능하나 이 경우 해안, 도서지방 등 부락 단위의 소규모 용

수수요 확보 수단으로 이용되는데 우리나라의 경우 지반 용기가 이루어진 동해안 일대를 제외하고는 단구성 퇴적층의 분포가 드물다.

태백산 일대의 석회암 분포지역, 제주도의 현무암 분포지역 등 산출성이 양호한 암반 대수층에 대해서도 지하댐 개발을 고려할 수 있는데 실제로 삼양 3수원과 같은 제주도 해안 용출수의 취수원 또한 지하댐의 유형으로 볼 수 있다.

우리나라의 하천 지형 및 유역 특성을 고려할 때 하천 또는 유역의 상류부에 계획적인 조림을 실시하여 토양의 보습 및 저류 능력을 증대하는 소위 녹색댐의 개념을 도입하고 하천 중상류에 댐을 건설하여 지표수를 개발하는 한편 하천 하류부에는 지하댐을 건설하여 상류의 기존 댐과 연계 운영함으로써 가용 수자원의 총량과 하천의 이·치수 기능을 증대시키는 방안이 우리나라에서 실제 적용 가능한 유역 규모의 수자원 개발 모형이 될 수 있을 것이다.

그러나 최근 우리나라의 수자원 개발 여건상 하천 중·상류에 신규 댐의 건설이 원활치 못한 관계로 기존 댐의 하류의 적절한 지점에 지하댐을 개발하는 방안을 우선적으로 검토할 필요가 있다.

아울러 지하댐의 입지조건을 갖춘 지역 중에서 개발의 우선 순위를 결정할 경우에는 아래와 같은 용수 공급의 필요성과 공급조건을 고려하여 추진하는 것이 바람직하다.

- 가뭄피해, 용수부족, 수질악화 등으로 수자원의 추가 개발이 필요한 지역
- 댐계획의 지연 및 포기로 정상적인 용수공급에 차질이 발생한 지역
- 추가 용수수요에 대처하여 신규 수자원 개발 및 용수도입이 필요한 지역

- 지표수와 연계한 지하댐의 개발·운영으로 광역상수도 공급이 가능한 지역

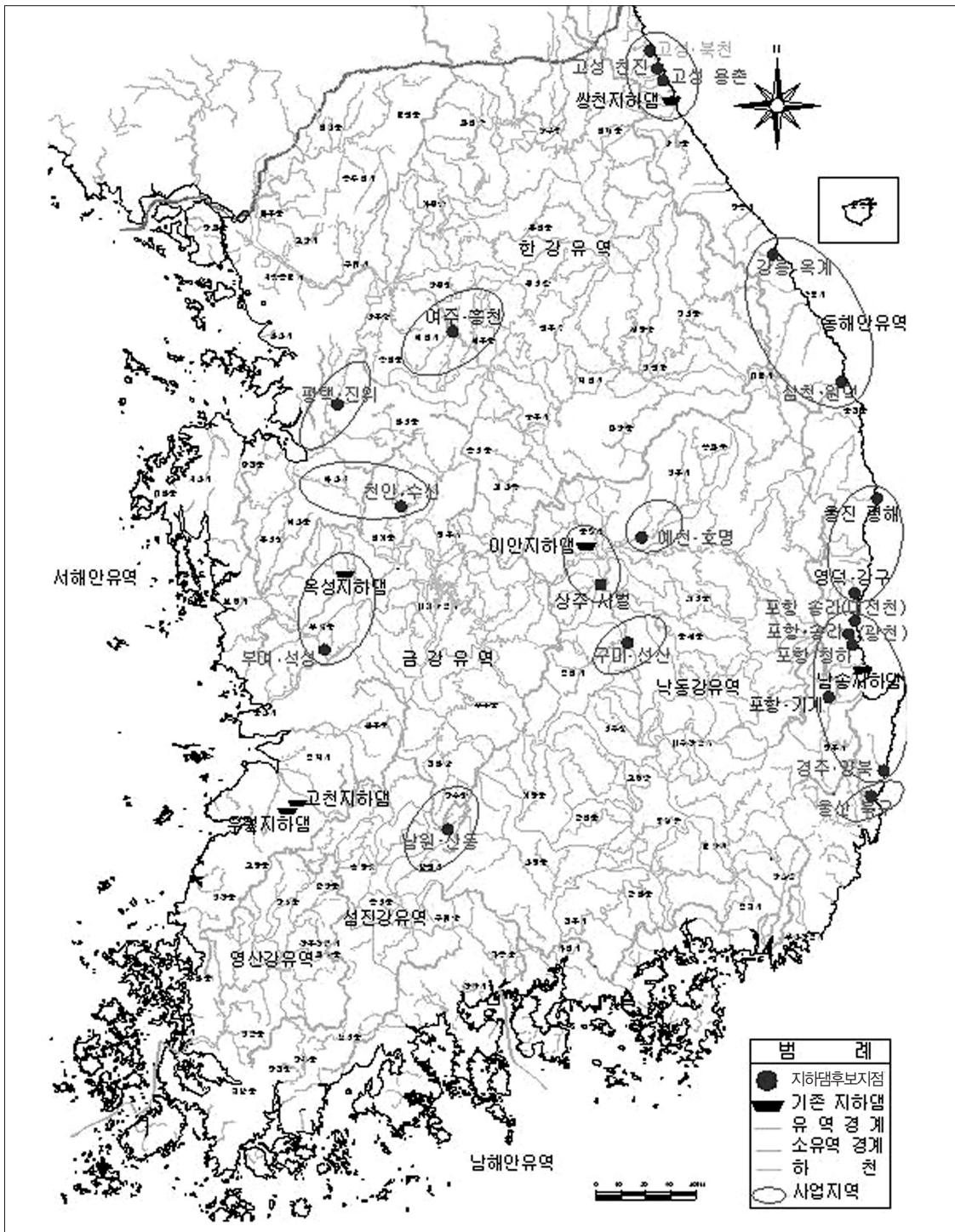
이상 지하댐 입지조건과 용수공급 측면을 종합해 볼 때 우리나라 지하댐 개발의 최적지는 동해안에 발달한 중·소규모 하천으로서 지하댐 개발로 댐 개발의 제한 요소인 회귀성 어족 보호등 환경 보존 문제를 해결하면서 필요 수량의 합리적인 확보가 가능할 것으로 판단된다.

2002년도에 한국수자원공사는 지하댐 개발방안

수립 조사를 실시하여 우리나라의 지하댐 개발 방향 전략을 제시하였다. 동 조사에서는 전국적으로 층적층 분포가 양호한 192개 지점을 대상으로 도상 검토를 실시하여 79개소의 지하댐 개발 예비 후보지점을 도출하고 현지답사, 현장 수리지질조사, 지하댐 개발의 필요성 등을 고려하여 최종적으로 21개 지하댐 개발 후보지점을 선정, 이를 대상으로 중장기 지하댐 개발사업 계획(안)을 수립 제시하였다.

〈표 5〉 지하댐 개발사업 계획(안)

사업지구	급수지역	용수부족량 (m ³ /일)	지하댐 개발			집수정	
			후보지	개발량 (m ³ /일)	개발순위	용량 (m ³ /일/기)	수량 (기)
동해 북부	고성, 속초	42,900	고성 북천	40,000	1	5,000	8
			고성 천진	7,000	2	3,000	3
			고성 용춘	5,000	3	3,000	2
포항 경주	포항, 경주	165,000	포항 기계	39,000	1	5,000	8
			경주 양북	48,000	2	5,000	10
	송라, 청하	70,000	포항 송라(1)	9,000	3	5,000	2
			포항 청하	5,000	4	5,000	1
			포항 송라(2)	3,000	5	3,000	1
여주 이천	여주, 이천	38,000	여주 흥천	25,000	1	3,000	9
경북 서부	상주, 문경	174,000	상주 사벌	38,000	1	3,000	13
울진 영덕	울진, 영덕	78,000	영덕 강구	62,500	1	5,000	13
			울진 평해	15,000	2	5,000	3
구미 김천	구미, 김천, 철곡	66,000	구미 선산	66,000	1	5,000	14
경북 북부	영주, 예천, 봉화	40,000	예천 호명	40,000	1	5,000	8
동 화 댐	남원, 장수, 임실, 곡성	40,000	남원 산동	18,000	1	2,000	9
부 여	공주, 논산, 부여	134,000	부여 석성	17,000	1	2,500	7
평택	평택, 안성, 화성, 오산	-	평택 진위	13,000	1	4,000	4
천안 아산	천안, 아산	-	천안 수신	15,000	1	2,000	8
영동 남부	삼척, 동해, 강릉	68,100	삼척 원덕	55,100	1	5,000	12
			강릉 옥계	13,000	2	5,000	3
울산	울산	-	울산 북구	5,000	2	3,000	2



〈그림 8〉 지하수 개발 후보지점 및 사업지구

6. 맺음말

본 기고문 『지하댐 개발 방향과 전망』은 그간 국가에서 추진하여 왔던 지하댐에 관련된 조사·연구 결과 및 시공사례들을 축약한 것으로 여기에서 도출된 주요 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 지하댐 개발은 국내 수자원의 편재 현상과 용수 수요의 지속적인 증가에 효과적으로 대처할 수 있는 신규 수자원 개발 방안이다.
- 우리나라의 수자원, 지형 및 하천 특성상 국내의 지하댐 개발 입지 조건은 비교적 양호한 편으로 용수 공급 상황 및 개발의 시급성을 고려하여 지하댐 개발 후보지 선정과 우선 순위 결정이 이루어져야 한다.
- 지하댐 개발은 단독 개발보다는 상류부의 표류수 댐 저수지와 연계 운영 시에 경제성과 효율성이 증대되므로 우리나라에서는 기존 댐 하류부의 적지에 지하댐을 개발하여 상류의 기존 댐과 연계 운영하면 효율적으로 수자원의 안정 확보가 가능할 것으로 사료된다.
- 우리나라 동해안의 하천은 대체적으로 충적층이 양호하게 발달하여 지하댐 개발에 적합할 것으로 판단되며 특히 주 5일 근무제에 따른 생활 패턴 변화로 동해안 전역이 주말관광의 중심지로 각광을 받게 될 전망이어서 동 지역의 안정적인 용수 공급에 지하댐의 기능과 역할이 기대된다.
- 지하댐의 설계에서는 타당성조사 단계부터 체계적이고 계획적인 조사를 실시하여 기상 자

료, 지표수/지하수 장기관측 자료, 수리지질 특성 등 사업지역에 대한 정확한 수문지질정보를 획득하고 지하수위 변동특성과 지하수 함양량에 기초한 정확한 현황 분석과 향후 예측이 가능한 사업지역의 수문지질 모델을 개발하여 이를 토대로 지하댐 저수지의 유효 저류량과 개발 공급 규모와 형식 등이 결정되어야 할 것이다.

- 지하댐 개발은 현행 하천법과 수도법 체계에서 적의 시행이 가능하나 현실적으로 지하댐 개발 사업의 원활한 추진이 어려운 것은 현행 수도법에서 광역상수도와 지방상수도의 사업시행을 명확하게 구분하고 있음에 기인하고 있다
- 광역 급수권의 개념은 지리적 인접성, 급수지역의 중복성, 공급 체계의 연관성 등을 고려한 급수권의 설정, 광역-광역, 광역-지방, 지방-지방 상수도의 연계 운영, 갈수기와 비상시에 대비한 안정적 용수 공급, 그리고 수자원의 효율적 이용을 통한 수도시설 건설 투자 시기 및 규모의 합리적 조정 등의 내용을 포괄적으로 수용하는 것으로 이를 위해서는 수도법 일부 조항의 정비도 필요하다.
- 정부가 추진하고 있는 광역적 급수권 개념이 조속 도입 시행되어 각기 별도로 운영되고 있는 다수의 광역 및 지방상수도를 급수권 조정 및 시스템 연계 등을 통하여 동질성을 갖는 광역적 급수권이 설정되면 지하댐 개발의 필요성과 타당성이 높아져 사업의 원활한 추진에 더욱 탄력이 붙을 것으로 전망된다.