

CDI 세미나 2012-51



연구진

연구책임 이상진 선임연구위원

연구진 오용준 연구위원
 고승희 책임연구원
 백승희 연구원

외부협동연구자 구본학 교수(상명대학교 환경조경학과)
 김경남 박사(강원발전연구원)
 윤호중 박사(국립산림과학원)
 이상래 박사(주) 녹연 회장
 전근우 교수(강원대학교 산림환경과학대학)
 장상기 전문위원(사방협회 강원지부)
 진영효 박사(두리공간환경연구소)

연구심의위원 성태규 연구실장(주심)
 최진하 박사(충남도지사 환경정책특보)
 조봉운 연구위원(도시지여연구부)
 이인희 책임연구원(환경생태연구부)
 박상환 환경사무관(충청남도 환경정책과)
 강전우 녹지주무관(충청남도 산림녹지과)

중간 연심회(2012. 7. 3) 의견사항에 대한 조치결과

구 분	심 의 의 건	조 치 결 과
연구실장 성태규	○ 의견 없음	-
충청남도 지사특보 최진하	<ul style="list-style-type: none"> 충남도의 지형, 지질적 특성을 살려 사방댐 시공방법, 종류 등을 제시 필요 <ul style="list-style-type: none"> 강원도의 경우 지형, 지질 특히 연계된 물길 이하와 연계되지 않아 대형 재해 위험 상존 최근 기후변화에 따른 물부족등에 대한 지역적 구체적 개소를 적출 하는 연구 연계 필요 <ul style="list-style-type: none"> 우선순위 설정시 정책운용에 도움이 될것 규모를 확대하는 방향으로 전환 정책 제시 생태네트워크 고려한 시설이어야 하므로 사전 환경성 검토를 자체적으로 실시한 이후에 하는 방향으로 설정 <ul style="list-style-type: none"> 2013년도에 사업이 반영될수 있도록 관련 부서와 적극 협조 필요 9월초 연심회전 관련부서와 연동 	<ul style="list-style-type: none"> 충남지역의 특성에 맞도록 저수형 사방댐을 강조 하고 유형별 특성에 합당한 주민 친화형 사방댐 설치방안을 제시함 설치지역의 우선순위 및 규모설정은 본 연구범위 외의 사항으로, 필요시 충청남도(산림녹지과)에서 별도 용역으로 추진함이 타당하다고 판단함 환경영향평가법에서 재난시설의 이유로 소규모환경영향평가를 제외하고 있으나 충청남도 자체기준(환경정책과)을 마련 시행함이 바람직함 필요사항은 2013년 예산에 반영될 수 있도록 산림녹지과 담당자와 협의예정
환경생태 연구부 정종관	<ol style="list-style-type: none"> 사방댐의 다기능화를 위한 방안으로 다양한 목제에 맞는 기준을 제시 예) ① 저수댐으로 기능을 유지하기 위해 저수용량, 저수기능 퇴사방지 방안을 제시 ② 생태계 기능 단점을 방지하기 위해 비오톱으로서 작용하도록 설계 기준을 제시(경관, 생태, 방제) 사방댐 다기능화 목적에 맞는 설치를 위해 지역 특성에 맞는 기준제시 (사전환경검 검토, 영향평가등) 용어는 쉽게 쓰거나 설명을 붙이는 방안 검토 	<ol style="list-style-type: none"> 저수기능을 강화하여 동시에 저사를 통한 산지재해를 예방하려는 것으로 사방댐으로 토사유입은 하류의 생활민을 보호하는 주 수단임. 오히려 토사유입방지 방안보다는 필요시 유입된 토사 준설방안에 시사점을 본문에 수록. 경관 및 생태 등의 역기능을 보완하기 위한 방안을 본문에 수록함 저수기능 확대는 면적으로 인한 생태계훼손이 필연적이기 때문에 입지여건별 소규모환경영향평가 필요하고 충청도에서 이를 제도화(조례 등) 하고 기준은 환경영향평가법에 의한 소규모환경영향평가 기준에 의한 평가실시 관련용어를 정리하고 필요시 주석으로 자세히 설명하였음
환경생태 연구부 이인희	<ul style="list-style-type: none"> 사방댐의 수가 많고 예산이 제한된 것을 고려할 때, 우선순위 도출 필요 기존물길과의 정합성 유지토록 시설 설치 필요 기존 사방댐이 설태와 문제점을 간략이라도 하는 것이 어떨지 	<ul style="list-style-type: none"> 설치지역의 우선순위는 본 연구범위 외의 사항으로 필요시 충청남도(산림녹지과)에서 별도로 추진함이 타당하다고 판단함 물길 및 어도는 입지 유형 및 여건별 검토하여야 할 사항임 기존 사방댐의 문제점 보다는 이후 설치될 사방댐에 대한 연구이지만, 기존 사방댐 시설을 점검하고 문제점에 대한 시사점을 도출하여 수록하고(본문)세부사항은 부록에 정리함

차 례

제1장 서 론

1. 연구배경 및 목적	1
가. 연구배경	1
나. 연구목적	2
다. 기대효과	3
2. 연구내용 및 방법	4
가. 연구내용	4
나. 연구방법	4
3. 선행연구와의 차별성	8
4. 관련 용어 정리	11

제2장 관련이론 · 사례

1. 사방댐 관련 이론	15
가. 사방댐의 개념	15
나. 사방댐의 역할과 기능	16
다. 사방댐의 종류 및 위치 선정	18
2. 사방댐 설치 · 운영의 국내외 사례	26
가. 사방댐의 국외사례	26
나. 사방댐의 국내사례	35

제3장 충남 사방댐의 현황 및 운영실태

1. 사방댐 설치 현황	49
가. 시·군별 설치현황	53
나. 시·군별 설치 및 운영 시사점	54
2. 사방댐 입지선정 및 설치상의 문제점	61
가. 사방댐의 입지선정의 문제점	61
나. 사방댐의 설치상의 문제점	65

제4장 충청남도 사방댐의 방향과 추진과제

1. 사방댐의 기능설정과 설치방향	70
가. 재해예방의 사방댐	70
나. 용수공급의 사방댐	70
다. 경관 및 주민 친화적인 사방댐	71
라. 산지습지의 사방댐	71
마. 야생동물 거점지의 사방댐	72
바. 생태네트워크의 사방댐	73
2. 사방댐 시설의 입지 및 설치전략	75
가. 사방댐 적정입지 기준	75
나. 환경적인 배려	79
다. 주민 친화적인 다기능화 방안	93

제5장 결론 및 정책제언

1. 요약 및 결론	103
2. 정책제언	106
3. 연구의 한계	110

참고문헌	111
------------	-----

부록

1. 충남지역 사방댐 현황	114
2. 사방댐 현장조사	123
3. 사방댐 사업의 타당성 평가서	193

표 차 례

<표 1-1> 선행연구 검토	9
<표 2-1> 일본의 환경을 배려한 사방사업	32
<표 2-2> 지역별 산사태 현황	36
<표 2-3> 우리나라 사방댐 설치현황	37
<표 2-4> 연도별 사방댐 설치 현황(강원도)	38
<표 2-5> 종류별 사방댐 설치현황(강원도)	38
<표 2-6> 연도별 사방댐 설치 현황(경상남도)	40
<표 3-1> 산사태 위험지구 지정 현황	49
<표 3-2> 충남지역 위험등급 지정 현황	49
<표 3-3> 충청남도 시·군별 사방댐 설치현황	54
<표 3-4> 산림청의 사방댐 타당성평가기준	62
<표 4-1> 자연친화형 사방댐 건설을 위한 실천 전략	82
<표 4-2> 주민친화적인 사방댐의 유형	97
<표 4-3> 활용유형에 따른 세부 도입시설	100

그림 차례

[그림 1-1] 연구의 흐름과 수행 체계	7
[그림 2-1] 2011년 우면산 산사태	16
[그림 2-2] 2011년 춘천 산사태	16
[그림 2-3] 사방댐의 토사유출 억제효과	17
[그림 2-4] 사방댐의 분류	19
[그림 2-5] 저수형(저류형) 사방댐	19
[그림 2-6] 투수형(투과형) 사방댐	20
[그림 2-7] 구축재료에 따른 다양한 사방댐	22
[그림 2-8] 중력댐 및 아치댐	23
[그림 2-9] 저댐군의 배치	25
[그림 2-10] 사방댐의 구조에 의한 분류	27
[그림 2-11] 토사조절의 다양한 형태	28
[그림 2-12] 오스트리아의 사방댐	29
[그림 2-13] 예방적 방법에 의해 주거지역을 제한한 사례	30
[그림 2-14] 투수형으로의 개조	31
[그림 2-15] 사방댐 어도	31
[그림 2-16] 목재댐	33
[그림 2-17] 계류 주변 동물 배려	33
[그림 2-18] 연도별 사방댐 시공현황	37
[그림 2-19] 산불진화용 저수댐	40
[그림 2-20] 연도별 사방댐 설치 현황(경상남도)	41
[그림 2-21] 방재체험장 조성	42
[그림 2-22] 생태교육장 조성	42
[그림 2-23] 소공원 및 산책로 조성	43
[그림 2-24] 친수공간 조성	44

[그림 2-25] 농업용수 및 생활용수 이용	45
[그림 2-26] 소수력발전시설	46
[그림 2-27] 기타 주민편익기능	47
[그림 3-1] 전국 산사태 위험등급 지도	50
[그림 3-2] 지역별 평균 산사태 피해 현황	51
[그림 3-3] 충남지역의 연도별 산사태 현황	51
[그림 3-4] 충남지역의 연도별 사방댐 설치수	52
[그림 3-5] 전국대비 충남지역 사방댐 설치수	52
[그림 3-6] 충청남도 지역의 사방댐 분포도	53
[그림 3-7] 외부에서 공급된 전석 사방댐	55
[그림 3-8] 주변 자연석을 이용한 사방댐과 바닥 암반을 보존한 사방댐	55
[그림 3-9] 국유림 내 설치된 사방댐	56
[그림 3-10] 사방댐 표지석	56
[그림 3-11] 사방댐 내 퇴적된 토사	57
[그림 3-12] 사방댐의 농업용수 이용	58
[그림 3-13] 사방댐의 물놀이장 활용	59
[그림 3-14] 사방댐 건설에 따른 생태계 변화	66
[그림 3-15] 야생동물 통로가 단절된 사방댐 및 탈출로가 조성된 측구	67
[그림 4-1] 황폐계류의 유역구분	77
[그림 4-2] 일본의 토석류위험계류 및 위험등급화 사례	78
[그림 4-3] 사방댐 입지의 문제점과 개선방향	79
[그림 4-4] Forest Watershed functions	80
[그림 4-5] 사업 단계별 자연친화적인 설치 방안	82
[그림 4-6] 잔디로 피복된 식생콘크리트	85
[그림 4-7] 사방댐의 안정구조	86
[그림 4-8] 사방댐 환경기준의 문제점과 개선방향	88
[그림 4-9] 옹벽에 미치는 토압	89
[그림 4-10] 댐에 미치는 수압 및 하중	89
[그림 4-11] 일본의 사방댐 경관블럭과 외관디자인	91
[그림 4-12] 사방댐 경관의 문제점과 개선방향	93

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적

가. 연구배경

우리나라 산지는 국토의 면적의 60% 이상을 차지하며 경사가 매우 급할 뿐만 아니라 풍화암, 마사토 지대가 많아 안정성이 매우 취약하여 집중 호우 시 산사태가 발생하기 쉬운 지형적 여건을 가지고 있다. 또한, 최근 기상이변에 따른 국지성 집중호우와 산지의 개발로 인하여 10년 단위의 연평균 산사태 발생 추이가 1970년대 289ha → 1980년대 231ha → 1990년대 349ha → 2000년대 713ha로 2000년대에 들어 발생면적이 급격히 증가(전근우, 2012)하고 있어 이로 인한 피해가 우려된다.

사방댐은 지구 온난화로 인한 기후변화와 기상이변(집중호우, 게릴라성 폭우, 태풍)으로 발생하는 홍수로 인해 산지가 붕괴할 때 하류지역에 발생할 수 있는 재해를 예방하기 위하여 설치하는 시설이다. 집중호우시 상류에서 일시적으로 발생하는 산사태로 인한 토석과 유목 등이 하류로 유출되는 것을 사전에 차단하여 하류지역의 가옥, 농경지, 산업시설 등 유역 내 재해를 예방하는 중요한 역할을 하고 있다. 우리나라의 사방댐은 전국적으로 많은 지역에서 건설되어 2011년 기준 약 5,000개소에 이르고 있으며, 최근 국지성 집중호우로 도시·생활권 주변에서 산사태가 발생함에 따라 사방댐 설치가 크게 증가할 것으로 판단한다.

그러나 사방댐 건설시 많은 자원(약2억 5천/개소)이 투입됨에도 불구하고 다양한 요인에 의한 적지 설치의 어려움과 단편적인 목적 부여에 따라 그 역할과 기능이 단순화되어 있고, 운영·관리 또한 매우 제한적이다. 또한, 기존의 사방댐들은 대부분 중력식 콘크리트사방댐 형식으로 설치되어 생태계 단절, 자연경

관 훼손 등의 문제점이 대두되고 있고, 최근 설치되는 사방댐의 경우도 위치의 부적절성과 환경생태적인 요소를 고려하지 않은 점, 획일적인 경관 등 여러 가지 문제점을 해결하지 않은 채, 재해예방의 중요성을 부각하면서 지속적으로 설치되고 있는 것이 사실이다.

따라서 본 연구에서는 사방댐의 역할정립과 기능변화 요구의 시대적 흐름에 따라 사방댐 입지기준 전략을 마련하고, 입지 여건별 보다 더 다양한 기능을 부여함은 물론 구조·경관적인 요소 등과 함께 친환경적인 설치방안에 대하여 충청남도 차원에서 적합한 설치방안을 제시하고자 한다.

나. 연구목적

사방댐 설치의 가장 큰 목적은 집중 강우 등으로 연약해진 산지 자체를 보호하기 위함보다는 침식이 발생할 때 돌발 산사태로 인한 토사, 석력, 유목 등의 유출을 차단하여 하류 유역의 인명, 가옥, 농지, 도로 등의 재해를 방지하는 것이다. 그러나 충청남도의 경우 다른 광역자치단체보다 설치수가 매우 적어 설치 필요성의 증대와 함께, 사방댐의 기본적인 유목차단 및 토사유출 방지기능 이외에 담수 공간 확보를 통한 수자원(농업용수, 생활용수, 비상식수원 등)의 활용, 도민 편익제공, 생태적 거점 등 다양한 역할과 기능을 재정립하여 추진될 수 있도록 하여야 한다.

본 연구에서는 충청남도 사방댐의 다기능화를 위한 현황실태를 분석하고 정책과제를 도출하고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 사방댐의 역할과 기능변화에 따라 입지기준 전략을 마련하고자 한다.

둘째, 반영구적 시설이면서 상당한 비용이 투자되는 시설인 만큼 입지여건별 현실에 적합한 다기능적인 요소를 찾고자 한다.

셋째, 사방댐의 친환경적인 설치를 위하여 적합한 환경기준의 전략 등을 마련하고, 사방댐의 구조·경관적인 요소 등을 정립하고자 한다.

마지막으로, 사방댐 주변의 주민 친화적인 활용방안을 모색하고자 한다.

다. 기대효과

본 연구에서 사방댐의 역할과 기능을 재정립하여 제시함으로써 중앙정부인 산림청에는 사방댐 정책의 개선방안을 건의하고, 충청남도는 다기능 적이며 환경을 배려하는 사방댐이 될 수 있는 가이드라인을 마련할 수 있고, 도민의 입장에서 사방댐 다기능화로 주민친화시설로 전환할 수 있으리라 판단 한다.

보다 구체적으로는 첫째, 전략과제 연구결과를 산림청이 수립하는 사방사업 기본계획에 반영될 수 있도록 정책건의 하고, 충청남도 사방댐 사업의 실행계획 수립 시에 반영함으로써 지역특성에 부합하는 사방댐을 설치하도록 활용할 수 있으리라 기대 한다. 둘째, 사방댐 입지 및 설치기준을 ①『사방사업법』에 의한 사방사업의 타당성 평가기준과 ②『환경영향평가법』상 소규모환경평가 검토기준에 부합할 수 있는 기준(안)을 제시하여 보다 더 환경적인 시설로 설치될 수 있으리라 기대한다. 셋째, 사방댐 본래 목적인 토사유출 방지 및 유목 포착기능에 충실하면서도 충청남도민의 생활밀착형 시설로서 기능을 다할 수 있는 하천유지용수 활용, 담수 공간 확보, 수자원(산불진화 용수, 비상급수 용수, 농업용수)의 활용성 극대화, 지하수 함양 등 사방댐 다기능화정책의 근거자료로 활용할 수 있으리라 판단 한다. 이와 함께 사방댐이 도민의 산림휴양공간으로서 역할을 수행하고, 산림생태계의 지속가능성과 건전성을 확보하는데도 기여할 수 있으리라 기대한다.

2. 연구내용 및 방법

가. 연구내용

본 연구는 기존에 설치된 사방댐의 종류, 규모, 입지의 타당성 및 설치·운영상 문제점의 조사 및 분석을 통해 사방댐의 역할 및 기능을 재정립하고 향후 새로 설치될 사방댐의 건설 및 관리에 대한 기본 정책방향을 제시하고자 하였다.

본 연구에서 다루는 주요 내용은 다음과 같다.

- 사방댐 관련 이론·정책 및 시사점
- 사방댐 설치·운영의 국내외 사례
- 충청남도에 설치된 사방댐 설치현황 조사
 - 사방댐의 종류, 위치, 규모 등 일반적인 현황조사
 - 사방댐의 설치예정지의 입지 타당성 조사
- 사방댐의 설치·운영상 문제점 조사 및 분석
 - 사방댐의 역할 및 기능조사
 - 설치·운영상 문제점 조사 및 분석
 - 산림지역에 따른 사방댐의 종류 및 적정 건설대상지에 대한 평가
- 사방댐의 역할 및 기능의 재정립
 - 사방댐의 다양한 역할 및 기능 확대방안 연구
 - 사방댐 토사 및 담수의 활용 가능성 평가
- 사방댐 설치 및 관리의 기본정책 방향제시

나. 연구방법

본 연구에서는 사방댐의 다양한 역할 및 기능 재정립, 친환경 사방댐의 건설 및 관리의 기본정책 방향제시를 위하여 ① 국내·외 사방댐의 사례조사, ② 충청

남도 사방댐의 현황조사, ③ 워크숍 개최, ④ 관계자 인터뷰 등을 실시하였으며, 필요한 경우 ⑤ 정책연구협의회를 구성하여 심층 토론 및 연구 성과를 공유하였다.

1) 국내·외 사방댐의 사례조사

국내의 경우 강원도를 비롯한 최근 사방댐 시설 설치가 많은 강원도지역과 경상남도지역에 대하여 문헌 및 현장조사를 실시한 후 정책 시사점을 도출하였다. 강원도 지역은 2012년 6월 25일 현지조사를 병행하여 전문가들과의 워크숍을 통하여 논의하였다. 국외 사례로는 경우 오스트리아와 일본을 중심으로 사방댐의 설치 및 운영에 대한 문헌조사를 실시하였다.

2) 충청남도 사방댐의 현황조사

충청남도에 설치된 사방댐의 현황 파악을 위하여 충청남도 각 시·군 산림조합과 중부산림청의 협조를 받아 설치현황에 대한 기본자료 조사 후 시·군별, 규모별, 종류별 표본 현장조사를 실시하였으며, 사방댐 설치 및 운영에 대한 조사결과를 바탕으로 지역별 설치 및 운영관리에 대한 시사점을 도출하였다.

3) 관계자 인터뷰

2012년 3월, 4월 8월에 걸쳐 사방댐 현황조사와 더불어 사방댐 관계자 인터뷰를 실시하여 다기능 사방댐 설치에 대한 의견 수렴과 적절한 설치 방안을 모색하고자 하였다.

일시	관계자 소속	일시	관계자 소속
2012년 3월 12일	논산시 산림조합	2012년 8월 8일	부여군 산림조합
2012년 4월 4일	금산군 산림조합		서천군 산림조합
2012년 4월 5일	천안시 산림조합		홍성군 산림조합
2012년 8월 7일	태안군 산림조합		보령시 산림조합
	서산시 산림조합	2012년 8월 9일	청양군 산림조합
	예산군 산림조합	2012년 8월 10일	세종시 산림조합
	아산시 산림조합		

4) 워크숍 개최

충청남도 사방댐의 다기능화 정책 마련을 위하여 사방댐의 역할과 기능의 재정립을 위한 워크숍을 3차례 개최하였다. 사방댐의 환경적인 문제 해소방안과 입지선정을 주제로 사방댐 설치운영 관련 공무원과 학계전문가 등과 제1차 워크숍을 진행하였으며, 환경을 배려한 사방댐 및 다기능화와 주민 친화적 활용을 주제로 사방협회, 학계전문가가 참여한 제2차 워크숍을 개최하였다. 또한, 사방댐의 환경 친화적 시공·관리, 입지 선정 및 주민 친화적 활용방안 등 종합적인 주제로 관련 공무원과 학계전문가, 산림 전문가가 참여한 제3차 워크숍을 개최하였다.

5) 정책연구협의회

연구수행을 위하여 필요시 전문가, 도와 시·군 공무원, 시민단체, 언론 등이 참여하는 거버넌스 체계를 구축하고, 정책연구협의회를 운영할 계획이다. 정책연구협의회는 사방댐 전문가들과 연구 성과를 공유하기 위하여 세미나 형태로 2012년 10월에 실시할 계획이다.



[그림 1-1] 연구의 흐름과 수행 체계

3. 선행연구와의 차별성

사방댐과 관련된 연구는 ① 사방댐 설치와 입지선정에 관한 연구, ② 사방댐 설치 효과에 관한 연구 ③ 사방댐 정책 및 운영·관리에 관한 연구로 구분할 수 있다.

우선, 사방댐 설치와 입지선정에 관한 연구로는 특수 다기능 사방댐의 유형개발과 환경 친화적인 다기능 사방댐 모델 개발, 소수력발전 사방댐 개발 등 사방댐의 다기능화에 대한 연구와 사방댐 입지 선정의 적합 도에 대한 통계적 계량화, 사방댐의 재료에 대한 연구, 산림유역 내 토양 저사량·침식량에 영향을 미치는 환경인자 분석, 모형 사방댐을 통한 사방댐 적지 분석 및 퇴사량 유입 특성 분석을 통한 사방댐 시공 적지 분석 등이 수행되었으나 정책보다는 시설위주의 기술개발에 대한 연구이다.

사방댐 설치 효과에 관한 연구로는 사방댐의 환경친화성 평가, 집중호우 시 사방댐의 재해 방지 효과 분석, 산지 재해방지를 위한 사방댐의 기능과 역할에 관한 연구와 사방댐에 설치된 어도의 효용성 평가 등의 연구가 수행되었다.

사방댐 정책 및 운영·관리에 관한 연구로는 우리나라 사방댐 정책 현황과 사방댐의 DB 구축 및 관리 프로그램 개발에 대한 연구가 있었다.

대부분의 사방댐 관련 연구는 사방댐시설 설치, 운영 및 효과 분석과 관련된 연구로 범위가 제한되어 있어, 본 연구가 목표하는 사방댐 입지 기준, 구조·경관적인 요소, 환경기준 등에 대한 정책적 접근이 부족하다. 따라서 사방댐의 기본적인 유목차단 및 토사유출 방지기능 이외에 담수 공간 확보 및 농업용수, 생활용수, 비상식수원 등 각종 수자원의 활용, 도민 편익제공, 생태적 거점 등 다양한 역할과 기능의 재정립을 위한 종합적인 정책연구는 매우 의미 있는 전략과제라 판단된다.

〈표 1-1〉 선행연구 검토

구분	연구자 (년도)	연구 명	연구주요 내용	연구방법
사방댐 설치 및 입지선정 연구	산림청 (2011)	특수 다기능 사방댐의 유형 개발	<ul style="list-style-type: none"> 산림생태·경관보전 기능 강화형 다기능 사방댐개발, 신재생에너지 육성의 일환으로 사방댐을 활용한 소수력발전 시스템을 적용 산촌주민 및 산림휴양시설 공급 	<ul style="list-style-type: none"> 자유공모과제(영남대학교, 산림기술사사무소 공동) 문헌 및 현지조사 사방댐 설치방안
	이상래 (2011)	환경친화적인 다 기능 사방댐 모 델 개발에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> 시대적 환경변화에 따라 상류와 하류간 생태배려와 환경친화적인 다기능 사방댐 모델 개발 투수형 다기능 분리형 슬릿댐 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 박사학위 논문 문헌 및 현지조사
	이익수 외2 (2011)	소수력발전 사 방댐의 개발	<ul style="list-style-type: none"> 소수력발전 사방댐의 설계 및 시공을 통한 현장 적용 소수력발전 전력 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 개발 및 현장 적용
	김호진 외1 (2008)	사방댐 건설 적합도의 계량 화	<ul style="list-style-type: none"> 사방댐 입지 선정의 적합도에 대한 수식 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 전문가 델파이조사 및 주성분 분석(통계적 기법)
	김상우 외4 (2008)	국산 리기다소나 무를 이용한 목재 모형 사방댐의 강 도 성능 평가	<ul style="list-style-type: none"> 소나무의 모형사방댐을 제작 강도 성능평가 충격조건에 따른 파괴정도 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 시설제작 실험분석
	정원옥 외1 (2008)	기상 및 하천형태 학적 인자가 사방 댐의 퇴사량에 미 치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> 사방댐내 퇴사량 조사 산림유역내 토양침식량에 미치는 환경인자 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌고찰, 퇴사량 측정
	마호섭 외1 (2007)	산지사면에 있어 서 퇴사량에 의한 사방댐의 시공적 지 예측	<ul style="list-style-type: none"> 퇴사량의 측정 및 분석 사방댐의 시공적지 판정표 작성 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌 및 현장사례 조사
	류택규 외2 (1997)	사방댐적지에 관 한 조사연구	<ul style="list-style-type: none"> 댐의 종류와 규모 사방댐의 모형과 예상효과 분석 모형 사방댐의 설계 및 기능 	<ul style="list-style-type: none"> 시공자 설문조사 충남지역 현지조사
사방댐설 치 효과 연구	김경자 (2009)	사방댐의 환경친 화성 평가(경기도 지역을 중심으로)	<ul style="list-style-type: none"> 사방댐의 환경친화성 평가지표 작성 경기도 지역 사방댐의 환경친화성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> 석사학위논문 문헌고찰, 현장조사
	장현석 외4 (2008)	집중호우시 사방 댐의 산림재해 방 지 효과	<ul style="list-style-type: none"> 충북지역 집중호우 피해지역의 토사침식위험도, 토사유실량 분석 및 사방댐의 저사저감효과 분석 	<ul style="list-style-type: none"> GIS와 토양침식모형(RUSLE)을 이용한 토사유실 예측
	이근상 외3 (2007)	GIS를 이용한 사 방댐의 토사유실 저감효과분석	<ul style="list-style-type: none"> 소양호유역을 대상으로 탁수 및 토사유실 저감을 위한 사방댐의 효과분석 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌·법률 및 사례조사 RUSLE 토사유실 모델 이용 평가
	전근우 외7 (2003)	환경친화적 사 방공법의 정립 : 개념정립	<ul style="list-style-type: none"> 환경친화적 사방사업을 위한 사방대상지의 자연환경, 사회환경, 및 경관 대책의 기본방침 제시 친환경적 시공자재와 계류생태계를 배려한 친환경적 공법 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 산림청 연구용역 문헌조사

	김재현 (2003)	산지 재해방지를 위한 사방댐의 기능과 역할	• 산지재해유형, 사방댐 규모 및 설치비용 분석	• 문헌 및 현장사례 조사
	이재국 외2 (2003)	사방댐에 설치된 어도의 어류이동 효과 조사	• 어류의 소상실험 • 사방댐 상하류의 어류상과 어류 이동 효과 분석 및 어도의 효용성 확인	• 현지조사 및 실험
사방댐 정책 및 운영관리 연구	김종연 (2009)	우리나라 사방댐 정책과 현황에 대한 연구	• 사방댐관련 국내 법령 및 건설현황 • 사방댐의 규모 적정성과 퇴적물 공급량 분석	• 문헌·법률 및 사례 조사 • 전문가 검토
	권대순 외1 (2003)	사방댐관리를 위한 COM Component 개발	• 사방댐 관리지원 시스템으로 사방지정보, 사방댐의 구조정보, 공사 비용정보, 이미지정보, 유지보수 등을 관리할 수 있는 COM Component	• 프로그램 기술개발
	최태진 외3 (2003)	사방댐의 관리를 위한 프로그램 개발	• Visual Basic 6.0을 이용한 사방댐 관리프로그램 작성 • Map Object 2.1을 이용하여 수치지형도 및 사방댐 위치 표시가 가능한 프로그램 개발	• 프로그램 개발

4. 관련 용어 정리

본 연구에서는 독자의 이해를 돕기 위하여 산림관련 용어를 산림청 산림용어 사전을 기초로 다음과 같이 정리하였다.

- ‘사방’의 어원은 ‘흙과 모래가 넘치고 새는 것을 막는다.’는 뜻의 “토사일루 방지사업(土砂溢漏 防止事業)”의 “砂”자와 “防”자를 선택하여 「사방」이란 용어로 정착되었으며, 일본에서 유래되었다.
- ‘계간황폐지(溪間荒廢地, eroded valley)’라 함은 계곡의 침식이 심하여 기슭을 고정시키는 공사가 필요한 황폐지를 말한다.
- ‘계류(溪流 · 谿流, Mountain torrent)’라 함은 골짜기가 형성된 지형을 흐르는 물 혹은 하천을 말한다.
- ‘계상(溪床, stream bed)’이라 함은 계류나 하천에 있어 흐르는 물과 접촉하는 지면, 즉 계곡의 바닥을 말한다.
- ‘계상구배(溪床勾配, river bed gradient)’이라 함은 계상의 종단 방향인 흐르는 물의 방향에 대한 기울기를 말한다. 계상물매, 하상구배, 하상물매.
- ‘계안(溪岸, stream bank)’이라 함은 계곡의 기슭, 비탈진 곳의 아랫부분을 말한다.
- ‘계폭(溪幅, width of stream)’이라 함은 계천의 폭을 말한다.
- ‘골막이(保谷工, small check dam)’라 함은 산비탈 붕괴지의 골이나 이에 접속된 계류의 최상류부에 설치하는 소규모의 사방용 댐을 말한다.
- ‘기슭막이(保岸工, revetment)’라 함은 하천이나 계류에서 유수의 침식으로 부터 독비탈을 보호하거나 계안의 횡침식을 방지하고 산각을 고정하기 위한 공법 또는 공작물을 말한다.
- ‘대수면(對水面, upstream face)’이라 함은 사방 시공한 횡공작물의 상류면을 말한다.
- ‘댐어깨(袖, wing)’라 함은 계안과 접합되어 댐을 지지하는 역할을 하는 구조물을 말한다.
- ‘땅밀림(地滑)’이라 함은 주로 토양층 또는 암석층으로 구성된 산비탈이나 비탈면에서 지하수 등으로 인해 땅속의 전단저항이나 점착력이 약한 부분을 따라 토층의 일부가 어느 정도 원형을 유지한 상태로 서서히 낮은 곳

을 향해 지속적으로 미끄러져 이동하는 현상을 말한다.

- ‘물방석(水褥工, water cushion)’이라 함은 댐높이가 비교적 높은 사방댐 등에서 방수로로 따라 월류하여 떨어지는 물의 충격력으로부터 물받침 또는 댐의 하부 기초를 보호하기 위하여 댐의 하류에 부댐을 설치하는데, 이때 앞댐과 본댐 사이에 만든 어느 정도의 깊이의 못을 말한다.
- ‘물빼기구멍(水拔孔, weep drain)’이라 함은 치산댐 등의 시공 중 배수나 유수의 통과, 시공 후 대수면에 가해지는 수압 및 퇴사에 따른 침투수압의 경감, 댐 기초 밑을 흐르는 잠류(潛流)의 유속 감소 등을 목적으로 댐에 설치하는 배수구(排水口) 혹은 비탈면 보호공사 시 비탈면의 붕괴방지를 위하여 침투수를 배출하는 배수구를 말한다.
- ‘바닥막이(保床工, grade stabilization structure)’라 함은 주로 황폐한 계천 바닥의 중침식을 방지하고, 바닥에 퇴적한 불안정한 토사석력의 유실을 방지함으로써 황폐계천의 안정을 도모하기 위하여 계류를 횡단하여 구축하는 사방공작물을 말한다.
- ‘반수면(反水面, downstream face)’이라 함은 야계사방 횡공작물에서 물을 직접 받지 않는 반대편 면을 말한다.
- ‘방수로(放水路, flood way)’라 함은 홍수처리를 목적으로 홍수의 일부 또는 전부를 방류하기 위해 주 하천으로부터 분리시킨 형태의 수로를 말하며, 사방댐에서는 물넘이부분(overflow section)을 말한다.
- ‘산각(山脚, foot hill)’이라 함은 산봉우리를 말한다.
- ‘석력(石礫)’이라 함은 작은돌 또는 자갈을 말한다.
- ‘세굴(洗屈, scouring)’이라 함은 물에 의하여 바닥이나 독의 기초부분이 파이는 일 또는 파랑, 수류 등에 의하여 해안, 제방, 하상이나 테라스, 전환수로의 바닥이 침식되어 없어지는 현상을 말한다.
- ‘소류력(掃流力, tractive force)’이라 함은 토사입자를 이동 가능하게 하는 직접적인 구동력이 밑바닥에 작용하는 전단력을 말한다.
- ‘야계(野溪, torrent)’라 함은 유로가 비교적 짧고 물매가 급하며 평상시에는 수량이 적지만 강우나 눈이 녹아 유량이 급격히 증가함으로서 계류의 기슭 또는 바닥을 침식시켜 토사석력을 생산하고 유하시켜 그 하류에 퇴적하는 하천의 상류부를 말한다.

- ‘유로’라 함은 수로를 말한다.
- ‘유령림(幼齡林, young forest)’이라 함은 나이가 어린 나무들로 이루어진 숲을 말한다.
- ‘유목(流木, large woody debris)’이라 함은 토석류 발생 시 물 위에 떠서 흘러내려오는 나무를 말한다.
- ‘종침식(縱浸蝕, vertical erosion)’이라 함은 흐르는 물에 의해 하천바닥이 패는 것을 말하며, 세로침식이라고도 한다.
- ‘지활지(地滑地, creeping land)’라 함은 밀린 땅을 말한다.
- ‘토석류(土石流, debris flow)’라 함은 집중 호우 등에 의해 산사태가 일어나 토석이 물과 함께 하류로 세차게 밀려 떠내려가는 현상을 말한다.
- ‘폐석(refuse)’이라 함은 굴착이나 발파에 의하여 생긴 토양이나 암석의 파쇄석 또는 광산, 채석장에서 채굴한 광석 가운데 쓸모없이 버린 돌을 말한다.
- ‘황폐(荒廢, devastation)’라 함은 토지, 산림 따위가 거칠고 못 쓸 상태로 되거나 그 상태로 된 것을 말한다.
- ‘황폐계류(荒廢溪流, torrential stream)’라 함은 계상 자체가 황폐되어 있는 계류를 말하며, 사방에서는 적절한 사방공사를 필요로 하는 계류라는 의미이다. 구체적으로는 퇴적토사가 가로 및 세로침식을 받아 2차적으로 토사를 생산하고 유송하는 상태에 있는 계류를 말하며, 그 위치가 산지내의 계곡이나 계간에 있을 때 계간황폐지(eroded valley) 또는 침식계류, 계곡을 빠져나와 농경지 등과 접촉될 때를 야계(野溪, torrent)라 한다.
- ‘횡침식(橫浸蝕, cross erosion)’이라 함은 흐르는 물에 의해서 골짜기의 양 측면이 깎여 나가는 현상을 말하며, 가로침식이라고도 한다.

제 장 관련이론 사례

1. 사방댐 관련 이론

가. 사방댐의 개념

사방댐(砂防堰堤, 砂防댐)은 황폐계류 상에서 중침식으로 인한 돌, 자갈, 모래, 흙 등과 같은 침식 및 붕괴물질을 억제하여 산사태로 인한 토석류 피해를 저지하기 위하여 계류를 횡단하여 설치하는 공작물로 기능은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 계상기울기를 완화하고 중침식을 방지하는 작용
- 산각을 고정하여 붕괴를 방지하는 작용
- 계상이 퇴적한 불안정한 토사의 유동을 방지하여 양안의 산각을 고정하는 작용

또한, 산림청에서 제공하는 산림임업용어사전에 따르면 사방댐은 ‘토사석력의 이동이 현저한 황폐한 계천의 중침식 및 횡침식을 방지하여 계상물매의 완화, 유출 토석류의 저류 및 조절, 계상을 높여 산각을 고정하고 난류구역에서의 유로 정리 등을 목적으로 할 뿐만 아니라 산사태나 땅밀림 등으로 인한 토석류 재해를 저지하여 하류지역을 보전하기 위하여 황폐한 계천을 횡단하여 구축하는 사방공작물’이라고 정의하며, 주로 콘크리트댐, 철근콘크리트댐, 돌댐 등으로 축조하고 농업용수시설인 보막이와는 완전히 구별되는 구조물이라고 규정하고 있다. 즉, 그간의 사방댐은 주목적이 침식, 붕괴 등 산사태를 발생시키는 토석류 등을 억제하기 위한 구조물 규정되어 왔다.

그러나 2008. 2. 4부터 개정된 『사방사업법』에서는 사방댐 설치사업을 ‘계류의 경사도를 완화시켜 침식을 방지하고 상류에서 내려오는 토석·나무 등을 차단

하며, 수원 함양을 위하여 계류를 횡단하여 소규모 댐을 설치하는 사방사업'으로 규정하고 있어, 수원 함양을 위한 사방댐의 기능을 비중 있게 다루기 시작하였다고 볼 수 있다.

최근에는 저류기능을 포함하여 산불방지용 취수원 및 가뭄 시 생활용수 및 농업용수 공급 등 물이용을 고려하고 또한 주민편익 시설을 고려하는 등 다기능적인 사방댐 설치에 대한 관심이 높아지고 있다.

나. 사방댐의 역할과 기능

우리나라는 지형적, 기상학적 영향으로 산지의 경사가 급하고 계곡이 매우 짧아 여름철 장마나 태풍 및 집중호우로 인한 산사태 발생빈도가 높으며, 이와 함께 발생하는 토석류 및 토사류, 유목에 의해 인명과 재산피해가 많이 발생하고 있다.

대표적인 산사태 및 토사재해로 잘 알려진 것은 2011년 7월 27일 발생한 집중호우로 인해 도심 근처 산지의 토사가 도로와 주택가로 쏟아진 우면산 산사태이다. 우면산은 자연생태공원 조성과 여유 폭이 없이 산지 바로 아래 건설된 아파트 및 도로에 대한 피해가 발생한 사례로 무분별한 난개발로 인하여 집중호우 발생 시 큰 인명 및 재산피해가 발생하였다.

같은 날, 새벽 강원도 춘천의 소양댐 하류인근에서도 기습폭우로 인한 산사태와 토석류로 산기슭에 위치한 펜션 등 주택이 매몰되고 37명의 사상자(사망 13, 중상 14, 경상 20)가 발생하였다. 춘천 지역의 경우 마적산 정상에 군사시설 및 도로의 방치 등 산지 개발로 인하여 산사태가 발생한 것으로 보이나 정확한 사고원인은 규명되지 않았다.



[그림 2-1] 2011년 우면산 산사태



[그림 2-2] 2011년 춘천 산사태

이처럼 사방댐의 기본적인 역할 및 기능은 집중강우 등으로 연약해진 산지의 침식이 발생할 때, 돌발 홍수시 밀려오는 토사와 유목으로 부터 피해를 감소시키기 위한 것으로 산사태 발생위험지역에는 반드시 필요한 시설이다.



좌 : 사방댐 미설치구간 토사유출, 우 : 사방댐 설치구간 토사차단

[그림 2-3] 사방댐의 토사유출 억제효과

사방댐의 역할 및 기능은 세부적으로 ① 계곡바닥의 경사 완화를 통한 안정적 경사 유도, ② 종·횡침식의 방지, ③ 산붕우리의 고정 및 산지 붕괴 방지, ④ 토사·토석류·유목의 유출 억제 및 조절, ⑤ 계상퇴적토사의 유동방지, ⑥ 계곡생태계의 보전¹⁾ 등이며 각 기능은 장기간 유지되도록 해야 하며 경제성·

1) 전근우, 2012

유지관리 면에서도 효율적이어야 한다.

1) 계곡의 기슭과 바닥 침식방지

계류에 사방댐을 설치하면 상류에 퇴사지역이 형성되어 원래의 계곡 바닥에 비해 경사가 완화되고, 계곡의 폭이 확대되므로 유수에 의한 침식력이 약해진다.

2) 유하 토사의 조절

저수형 사방댐은 홍수시와 평상시의 퇴사물매가 다르기 때문에 유하되는 토사량이 조절된다. 또한, 투수형 사방댐은 홍수 시에는 계상이 상승하여 유속이 일시적으로 감소하므로 소류력이 저감되며, 특히 함수율이 클 경우에는 퇴사지역의 유출토사가 조절된다.

3) 토석류의 포착 및 감세

사방댐에 의하여 퇴적공간이 조성되면 토석류가 포착되고 종단물매가 완화될 뿐만 아니라 토석과 유수가 분리되기 때문에 토석류는 감세(減勢)된다. 특히, 투수형 사방댐은 평상시에 퇴사용량이 증가되기 때문에 홍수시에는 포착기능이 크게 증가한다.

4) 유목의 포착

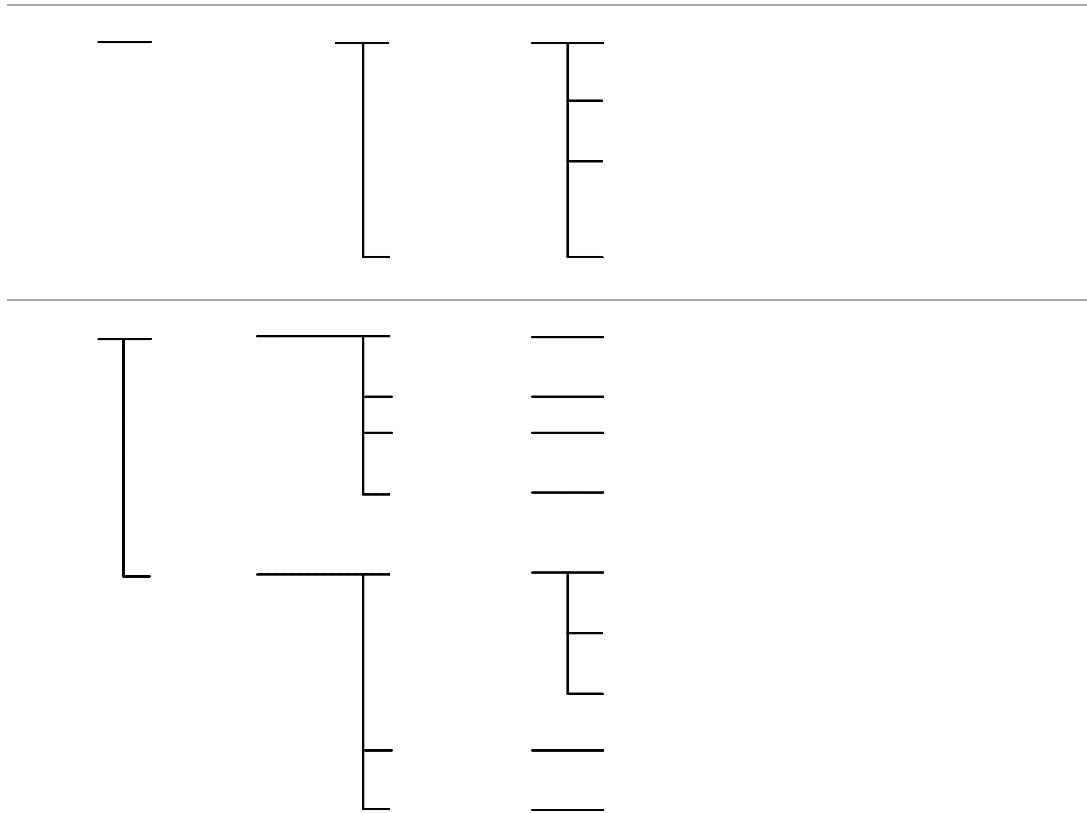
저수형 사방댐은 종단물매의 완화, 계폭의 확대 등에 의하여 수심이 감소하면 유로가 고정되어 퇴사지역을 중심으로 유목이 포착된다. 따라서 단독 사방댐보다는 계단 모양으로 저댐군을 설치하여 기능이 잘 발휘되도록 할 필요가 있다.

다. 사방댐의 종류 및 위치 선정

1) 사방댐의 분류

사방댐의 역할 및 기능은 ① 계상물매의 완화에 의한 안정물매 유도, ② 중·형침식의 방지, ③ 산각의 고정과 산복붕괴 방지, ④ 계상 퇴적물(토사·토석류·유목)의 유출 억제와 조절, ⑤ 난류구역의 유로정비 ⑥ 계류 생태계의 보전

사방댐의 종류는 물의 저류여부에 따라 그림과 같이 크게 저수형(저류형)과 투수형(투과형)으로 나눌 수 있다.



[그림 2-4] 사방댐의 분류(池谷 등, 2001. 참조)

사방댐의 영어식 표현은 erosion control dam, debris barrier 등으로 표현되고, 형식에 따라 물은 자유롭게 통과되지만 대형 폐기물이나 토사, 부유물 등을 차단하여 침식 붕괴를 예방하기 위한 투수형 사방댐과 일정한 저수기능이 있어 상시 물을 저류하면서 토사를 차단하고, 침식 붕괴를 예방하기 위한 저수형 사방댐으로 대별할 수 있다.



[그림 2-5] 저수형(저류형) 사방댐



[그림 2-6] 투수형(투과형) 사방댐

가) 구축재료에 의한 분류

구축재료에 따라 콘크리트댐(Concrete dam), 철근콘크리트댐(Reinforced concrete dam), 돌쌓기댐(Ston dam), 목재댐(Timber dam), 필댐(fill dam), 철강재댐(Steel dam), 블록댐 등으로 분류한다.

① 콘크리트댐

콘크리트로 축조한 댐으로, 품질이 균일하고 강도를 필요에 따라 변경할 수 있을 뿐만 아니라 작업의 표준화가 가능하기 때문에 가장 많이 도입되고 있다. 그러나 방수로와 반수면이 파손되기 쉬우므로 보호조치를 취해야 한다.

② 철근콘크리트댐

콘크리트댐과 같은 모양의 댐으로, 체체를 철근콘크리트로 축조하고, 밀판과 벽체 등에 의해 외력에 저항하는 것으로 콘크리트댐에 비해 단면이 작다. 시공 시에 가능하면 굵은 철근을 사용하여 철근 간격을 넓히는 것이 효과적이다.

③ 돌쌓기댐

석재를 주요 재료로 사용하는 댐이다. 댐의 외부를 깎돌·야면석과 모르타르

를 사용하여 찰쌓기를 하고, 내부를 호박돌콘크리트로 채운 것을 찰쌓기 댐이라고 하며, 제체 전체를 야면석·막찼돌 등으로 쌓고, 콘크리트나 모르타르를 사용하지 않은 것을 메쌓기 댐이라고 한다.

④ 목재댐

산사태나 급격한 붕괴가 발생할 위험구역을 긴급하게 저지할 목적으로 목재를 사용하여 축조하는 댐으로, 계상물매가 비교적 완만한 계류나 유로가 확대되기 쉬운 지질 등의 소하천이 시공적지이며, 목재댐 내부에는 경량의 옥석이나 토석을 충전한다.

⑤ 필댐

흙이나 자갈 등 자연 재료를 이용하여 축조하기 때문에 지형, 지질 등에 대한 제약을 덜 받으나 홍수의 월류, 누수, 사면의 활동 등에 의해 결괴되기 쉬운 단점이 있다. 강우가 적은 지역의 계곡에서 제체를 흙을 이용하여 축조하는 흙댐(Earth dam)과 석재가 풍부한 곳에서 석력을 이용하는 록필댐이 있다. 일반적으로 방수로는 원지반에 설치하는 것이 원칙이다.

⑥ 철강제댐

제체를 강으로 조립하는 댐으로, 최근에는 다양한 형태가 개발되고 있다. 일정한 크기의 석력을 통과시키고, 전석 등과 같이 거석을 포착하는 투수형의 슬릿댐을 강으로 틀을 만들고 내부를 석력으로 충전하는 틀댐이 있다.

⑦ 블록댐

주로 콘크리트블록을 조합하여 축조한 댐으로, 기초지반에 대한 요구도가 적을 뿐만 아니라 단기간에 시공이 가능하기 때문에 산사태지 등과 같이 응급복구를 필요로 하는 장소에 사용되는 경우가 많다.



[그림 2-7] 구축재료에 따른 다양한 사방댐

나) 외력에 대한 저항력에 의한 분류

사방댐은 외력에 대한 저항력에 따라 다음과 같이 구분하기도 한다.

① 중력댐

중력댐은 제체의 중량에 의하여 수압·토압 등의 외력에 저항하여 안정을 유지하는 형식의 댐이다. 제체의 단면이 비교적 크기 때문에 경년에 따라 설계조건 변동하거나 구축재료의 품질이 열화되어도 안전도가 극단적으로 손상되지 않아 축조 이후의 여러 변동조건에 폭 넓게 대응할 수 있다.

② 아치댐

아치댐은 댐에 작용하는 외력을 계상과 양안의 지반에 전달하는 수평아치식의 댐으로, 댐자리가 견고한 암반이거나 댐 높이에 비하여 계폭이 좁은 곳에 축조한다. 축조 이후의 여러 변동조건에 대한 안전성은 중력식과 같다.

③ 3차원응력 해석댐

3차원응력 해석댐은 댐 자리에 양질의 암반이 존재하여 지지력이 확보될 수 있는 경우에 제체를 대들보로 간주하여 설계된 댐으로, 양안에 고정된 수평 고정바리케이드와 계상에 고정된 수직바리케이드의 합력에 의해 외력에 저항하는 방법 등이 있다.



[그림 2-8] 중력댐 및 아치댐

2) 사방댐의 위치

사방댐의 위치는 시공목적·지형·지질 등에 따라 가장 효율적이고도 경제적인 장소를 선택해야 한다.

가) 기본 위치

지반의 지지력이 부족할 경우에 발생하는 댐의 침하, 월류수에 의한 세굴, 계안침식 등에 의한 댐의 파괴를 방지하기 위해 계상 및 양안이 견고한 암반인 곳을 선정하는 것이 바람직하다.

원칙적으로 상류부가 넓고 댐자리가 좁은 곳을 선정해야 하지만, 계폭이 지나치게 좁은 곳은 댐둑어깨가 파괴될 위험이 있으므로 주의해야 한다.

- ③ 붕괴·산사태·토석류 등에 의하여 유출된 토사가 퇴적된 곳에 사방댐을 축조할 때에는 그 직하부에 계획하는 것이 원칙이지만, 구간이 길거나 계상물매가 급한 경우에는 저댐을 군적(群的)으로 배치한다.
- ④ 현 계상을 고정시키기 위해 배치하는 댐은 종침식에 의하여 계상이 저하될 위험성이 있는 곳에 계획한다.
- ⑤ 굴곡부의 하류나 계폭이 넓은 장소는 난류가 발생하여 산각이 침식될 위험이 높으므로 유로를 고정할 수 있는 댐을 계획한다.
- ⑥ 유출토사를 억제하기 위한 댐은 계상물매가 완만하고 계폭이 넓은 곳에 배치하며, 특히 토석류가 발생하여 형성된 계상 퇴적지는 2차 이동이 발생하지 않을 곳에 계획한다.

나) 합류지점 부근의 위치

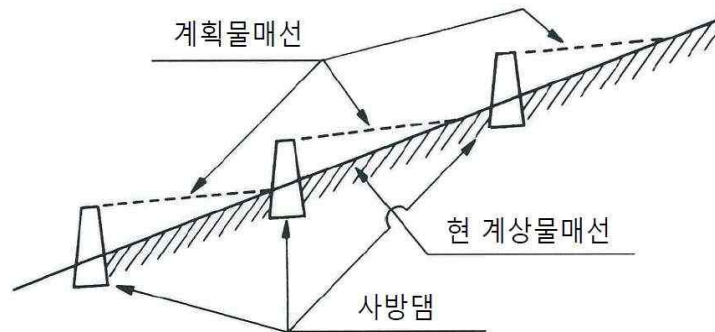
본류와 지류가 합류하는 지점에 계획할 때에는 원칙적으로 합류지점의 하류에 계획해야 한다. 즉, 본류와 지류는 집수면적·계상물매·유량·불안정한 토사의 상황 등이 다르므로 양쪽 계류가 안정을 이룰 수 있도록 합류지점의 하류부에 사방댐을 계획한다. 그러나 지류는 계상물매가 급하고 황폐도가 높으며, 유출상황이 본류에 영향을 미치는 인자가 복잡하기 때문에 합류지점에 지나치게 접근하여 배치하지 말아야 한다.

다) 저댐군의 위치

저댐군(低댐群)을 계획할 경우 최하류 댐은 원칙적으로 견고한 기초지반에 설치하고, 상류의 댐은 하류의 계획물매선(현 계상물매의 1/2)과 구 계상이 만나는 곳에 설치한다. 즉, 황폐계류에서 종·횡침식이 심하게 발생하는 구역이나 구역이 긴 경우에는 저댐군을 계획해야 하며, 댐자리가 불안정할 때에는 앞댐·물받

이 등을 설치하여 계상을 보호해야 한다.

저댐군을 계획할 경우에 하류의 기점이 되는 댐으로부터 상류를 향해 순차적으로 계획물매선과 현 계상물매선이 만나는 지점을 댐자리로 한다. 이 경우에 댐 양안의 상황과 각 댐의 국소세굴의 위험성에 대해 검토해야 한다.



[그림 2-9] 저댐군의 배치

라) 위치선정을 위한 현지답사 시의 유의점

사방댐의 시공위치를 결정하기 위해 현지답사를 실시할 때에는 다음 사항을 참고로 한다. 실제로는 계상에 암반이 노출되어 있더라도 암반의 깊이를 추정할 때에는 숙련된 기술자도 착오를 일으키는 경우가 많으므로 유량이 비교적 많은 곳에서는 보링시 시굴을 하는 것이 바람직하다.

- ① 한쪽 계안에 암반이 노출되어 있지만 반대쪽에 암반이 발견되지 않는 곳은 암반지대가 아닌 경우가 많다.
- ② 양안의 암석이 다르거나 같은 계안일지라도 암석의 종류가 다를 때에는 단층인 경우가 많다.
- ③ 계폭이 급격히 좁아지는 곳은 기초 암반의 위치가 깊은 경우가 많다.
- ④ 계안을 굴착할 때 비탈면붕괴나 산사태 등이 생길 수 있으므로 양안의 비탈면에 대한 지질상태 등을 충분히 조사해야 한다.

2. 사방댐 설치·운영의 국내외 사례

산지가 발달하고 이로 인한 재난·재해에 민감한 지역에서는 사방사업이 발달하였다. 특히, 사방댐은 호우나 지진, 화산으로 인한 토사 발생과 눈사태 발생시 인명과 재산 피해를 저감하는 큰 역할을 해왔다.

사방댐이 가장 발달한 오스트리아와 일본에서는 토사 및 유목 유출 저해 등 방재목적에서 더 나아가 생태적, 경관적으로 고려하고 환경을 배려함은 물론 주민친화적인 사방댐으로 정착되고 있다. 우리나라에서도 방재만을 위한 사방댐에서 친환경적, 주민친화적인 시설로 변모해 가고 있는 추세이다.

가. 사방댐의 국외사례

본 장에서는 충청남도에 맞는 사방댐의 개념을 정립하기 위하여 오스트리아와 일본의 사방댐의 설치 및 운영 사례를 정리하였다.

1) 오스트리아

우리나라의 사방댐은 일본에서 도입되었지만 원래 사방댐은 오스트리아에서 시작되었다. 오스트리아는 경사가 급하고 계곡이 많아 비가 오면 산지 재해가 발생할 수 있는 산악 국가로 이를 방지할 수 있는 사방댐 시공기술이 크게 발달했을 뿐만 아니라 자연 친화적인 설치 기술이 매우 발달하였다.

오스트리아의 사방공사의 기본은 황폐계류를 하나의 에코시스템으로 간주하여 시스템 밸런스를 보존한다는 것이다. 각각의 공사기술은 산림조성적 기술과 토목공학적 기술이 종합된 산림-공학기술체계로서 실시되고 있다. 현재 사용되고 있는 사방공사의 방법은 ① 토목공학적 방법, ②산림생물학적 방법, ③ 경영관리적 방법, ④ 예방적 방법 등 4종류로 구분된다.

가) 토목공학적 방법

사방댐 설계에 관해서 재료, 구조, 기능면에서의 연구가 진행되고 있으며, 다양한 형태의 댐이 시공되고 있다. 최근 황폐계류 유역에 있어서 토사조절에 대

한 개념이 체계화되었으며, 그에 대응하여 사방댐의 구조, 기능에 대한 연구가 추진되고 있다.

이전에는 모두 폐쇄형 댐(저류형 댐)이 시공된 것에 비해 최근에는 개방형 댐(투과형 댐)이 주로 시공되고 있다. 토사조절을 목적으로 하는 댐의 기본개념의 차이는 폐쇄형 댐의 경우 유출토사를 모두 저류하는데 대하여 개방형 댐에서는 유해한 토사만을 저류하고 무해한 토사는 가능하면 유하시킨다는 점이다. 이때에 토사조절을 질적인 조절과 양적인 조절로 구별하여 취급하고 있다. 질적인 조절이란 대입경의 석력을 저류하고 소입경의 토사를 유하시키는 분류기능이며, 양적인 조절은 홍수시의 유송 토사를 일시적으로 저류하여 토사유출의 극대화는 차단하여 적당한 양의 토사를 유하시키는 배분기능이다.



[그림 2-10] 사방댐의 구조에 의한 분류



[그림 2-11] 토사조절의 다양한 형태

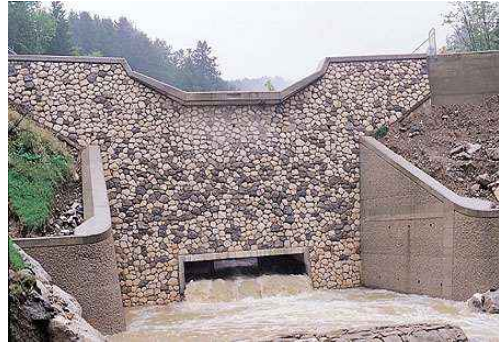
구조면에서 보면 종래에는 콘크리트 중력식 댐이 주체였던 것에 대해 최근에는 철근콘크리트를 이용한 지주 댐이나 L형, 역T형 단면의 직각 판상 댐이 증가하고 있다. 이는 한편에서는 개방형 사방댐으로서의 구조 및 기능면으로부터의 요청과 다른 한편에서는 경제성을 비교, 검토한 결과 유리하다고 하는 판단에 근거하고 있다.

나) 산림생물학적 방법

사방사업에 있어 산림생물학적 방법이 큰 비중을 차지하며 녹화공과 조림으로 구분된다. 양안과 비탈면 등에 식생을 도입하여 시공하고 있으며, 입지 조건에 따라 다양한 형태의 사방댐을 시공하기 때문에 친환경적 재료로 시공되지 않았더라도 경관을 저해하는 경우가 드물다.



통나무 바닥막이



어도가 필요 없는 사방댐



큰 돌을 사용한 기슭막이



자연 노출을 최소화한 디스크댐

[그림 2-12] 오스트리아의 사방댐

다) 경영 관리적 방법

황폐계류 유역의 수문조건을 개량하기 위하여 토지의 이용형태를 변경하거나 경영관리방법을 전환하는 방법이다. 통상은 용지, 특히 방목지의 산림 전환이 주요한 방법이지만, 개발규제나 도로공사의 제한 등도 포함된다. 특히 주목되는 것은 경영 관리적 방법과 토목공학적 방법을 효과적으로 조합한 종합적 토지개량이다. 토지이용의 전환과 그에 따른 산림조정에 의해 사방효과를 추구할 뿐 아니라 농업, 임업, 관광업의 밸런스를 갖추어 유역 전체의 수익향상을 도모하여 지역경제의 개선을 목표로 하는 종합적인 방법이다.

라) 예방적 방법

예방적 방법으로는 위험구역도에 근거하여 지역 내의 주거용 건축행위를 위험도에 따라 제한하는 것이다. 위험구역 내에서 보전대상물이 증가하게 되면 토

목적 방법에 의한 대책만으로는 대응할 수 없게 되어 거주제한이라고 하는 간접적인 대책이 실시되고 있다. 위험구역은 재현기간 150년의 재해규모를 예상하여 구역설정이 이루어지고 있다. 즉, 적색위험구역은 위험도가 높고, 예상되는 피해의 규모와 빈도 면에서 거주 지역으로 사용하는 것이 불가능한 지역이기 때문에 새로운 건축은 전면적으로 금지된다. 그러나 황색위험구역은 거주 지역으로서의 사용이 지장을 받는 구역으로 건축은 조건부로 허가된다.



[그림 2-13] 예방적 방법에 의해 주거지역을 제한한 사례

2) 일본

일본은 화산과 지진으로 인한 토사가 홍수와 함께 상류에서 사태가 일어나 인명과 재산 피해가 빈번함에 따라 이를 저지하기 위하여 1916년에 처음으로 사방댐을 설치하기 시작하였다. 연간 약 4천억 엔의 예산으로 사방사업을 실시함에도 불구하고 매년 전국 위험개소 중 약 1% 정도가 시공되고 있으며, 현재의 정비율은 약 20% 정도이다. 현재의 상태라면 완전한 정비를 위해서는 80년이 소요될 것으로 보이지만 도시가 발달함에 따라 개발에 따른 위험개소수도 증가할 것이므로 완전한 정비 보다는 사람이 함께 살아가는 방법을 모색하고 있다.

일본의 사방 사업지는 오랜 시간에 걸쳐 안정화되고, 산업이 발달함에 따라 현재는 그 주변지역이 도시 주거지로 변모하였으며 이에 따라 사방댐은 방재의 관점에서 환경적, 주민 친화적 관점으로 변화하였다. 환경을 배려한 사방사업이

란, 유역, 계류가 본래 지니고 있는 특성(생물종, 지역 등)을 훼손하지 않는 것의 의미로, 희귀생물종, 멸종 위기종의 보존, 투수형 사방댐 설치를 통한 상·하류 연결성 보완, 사방공사 시 사면의 입목을 잔존시키는 것, 어도 등 상·하류 생태계 연결을 위한 구조물 도입, 폐쇄형이던 기설 사방댐을 어류보호를 위해 투수형으로의 개조하는 경우도 있다.



[그림 2-14] 투수형으로의 개조



[그림 2-15] 사방댐 어도

가) 사방댐 경관·이용 형태적 환경 배려

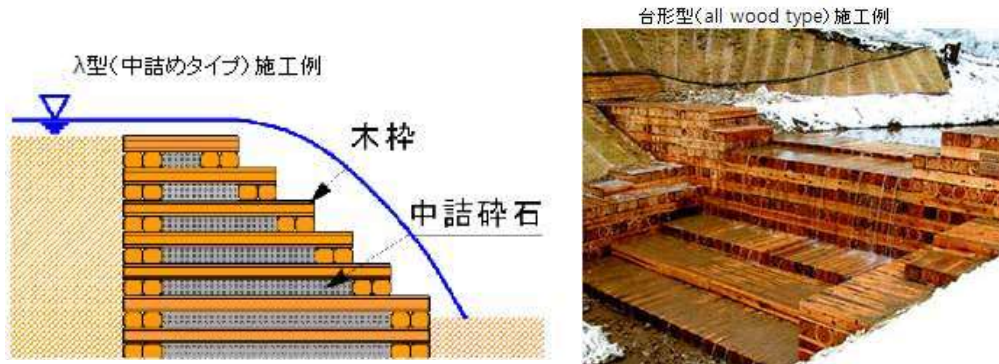
일본에서는 환경보전 사방모델 사업으로 1985년부터 현재까지 실시되고 있다.

〈표 2-1〉 일본의 환경을 배려한 사방사업

사업명	사업방침	사업실시연도
사방환경정비사업 ()	상류의 사방설비가 정비되고, 토석류 등의 토사재해 등을 받는 공포가 없는 도시주변의 계류를 대상으로 자연과 조화되도록 산림과 수변 공간을 확보해서 주민에 쓸수 있는 장소를 제공하여 쾌적한 생활환경을 만드는 것	1975
사방학습 지역 모델사업	유서 깊은 사방시설의 주변을 으로 지정하고 지역의 사람들이 사방사업에 대해서 이해를 심화시키도록 함. 기존 사방시설을 보강 보호하여 선배들의 사방에 대한 노력 역사를 소개하고, 방문자에게 자연스럽게 사방학습이 가능하도록 하며, 주민이 주변 환경과 조화된 기반정비를 실시하여 지역활성화를 도모함	1989
물과 녹음이 풍부한 사방	사람들이 산, 천, 숲을 보면서 계류를 휴식장소로 이용할 수 있도록 자연환경과 사방시설이 일체화된 물과 녹음이 풍부한 계류를 만드는 것	1987
녹음 사방지역 조성사업	사방댐과 의 , 특히 에 를 설치해서 토사의 유출을 방지하는 동시에 평상시는 녹음이 풍부한 사방지로서, 양호한 자연환경을 지닌 레크레이션 공간을 제공함	1989
Safety, Community 모델 사업	를 포함한 를 모델지구로 지정하고 사방사업을 집중적으로 실시하며, 공사시 발생하는 잔토를 이용해서 안전한 지대를 조성하여 유사시 재해 피난장소로서, 평시 공원과 마을회관, 문화회관 등 으로서 유용하게 이용할 수 있도록 Safety, Community 용지를 조성	1988
눈대책 계류 모델 사업	폭설지대의 토사유출방지 대책으로서 사방사업을 실시하는 경우, 지역주민의 폭설극복의 일환으로서 를 확보하기 위해 으로의 제설, 의 space을 조성. 겨울철 이외에는 지역주민에게 친근하고 귀중한 공간으로서 이용	1989
고향사방 모델 사업	지사가 작성한 사방계획에 기초해서 시·정·촌장이 공사하여 ‘수변공간을 살린 지역만들기’의 관련 사업과 병행하여 실시	1990

나) 사방댐 재료의 환경 배려

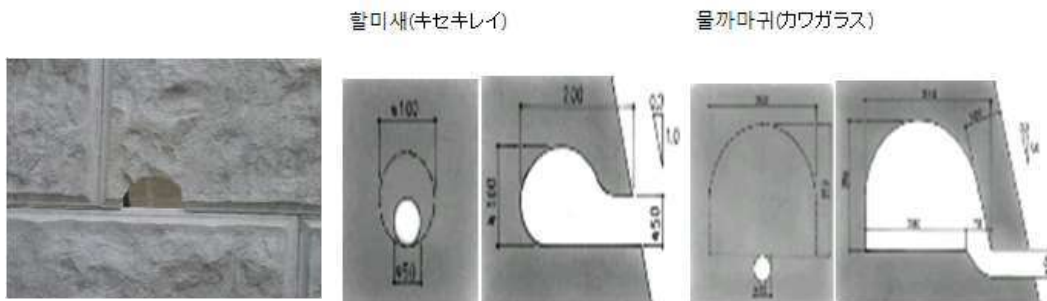
경관과 형태적 환경적 배려 외에 재료의 친환경 또한 환경 배려이다. 아키타 현에서는 조립된 목재 틀 내부에 쇠석과 자갈을 넣은 목재 댐을 시공하였다.



[그림 2-16] 목재댐

다) 계류 주변 동물의 배려

사방댐 시공시 생태계 배려는 식물과 수서식물에 한정되는 경우가 많다. 하지만 일본에서는 사전 현장조사를 통해 주변에 서식하는 동물을 파악하고 이들을 배려한 사방댐을 시공하는 사례가 증가하고 있다.



[그림 2-17] 계류 주변 동물 배려

라) 지역과 주민 배려

사방댐의 지역과 주민 배려는 생활관련 사회자본의 정비 개념으로 도시 내 미이용 토지를 이용한 Bio-top 공간을 정비를 통해 치수안전도를 향상시키고 환경공간 창출 및 토사재해에 대한 안전성을 확보한다. 또한 경제재생을 위한 기반정비로써 생태계 보전을 위하여 관련기관과 연계하여 수변환경을 정비, 보전하며, 해안침식을 대비하여 자연적인 토사흐름을 활성화하여 양빈이 되도록 정비하였다.

이처럼 일본의 사방댐은 환경, 경관적인 측면을 넘어 주민이용을 생각하는 사방댐으로 발전하고 있다.

마) 일본의 사방관계4법

① 사방법

1897년 치수·사방을 위해 사방지정지 내에서의 유해행위의 규제, 사방설비의 정비 등을 꾀하기 위해 제정되었다. 즉, 사방법 제1조의 사방설비에 대한 정의에 있어서 '치수 상의 사방을 위해'라고 되어 있으며, 토사의 생산을 억제하고 유송토사를 합리적인 처리하여 수해 등의 주된 원인을 형성하고 있는 토사의 유출에 따른 하상의 상승 등을 방지하는 것을 목적으로 하고 있는 법률이다. 이 법에 의해 치수 상 사방을 위한 일정행위를 금지 또는 제한해야 할 토지로서 '사방지정지'의 지정이 이루어지는 한편, 그 지정지 내에 있어서 사방댐 등 사방설비의 설치 등을 실시하고 있다.

② 지활지 등 방지법

1958년 지활지에 의한 피해를 방지하고, 국토보전과 민생안정에 이바지하기 위해 제정하였다. 즉, 산사태 및 폐석지의 붕괴에 의한 피해를 제거하거나 또는 경감하기 위해 산사태 및 폐석지의 붕괴를 방지하고, 나아가 국토의 보전과 민생의 안정의 안정에 이바지하는 것을 목적으로 하는 법률이다. 국토교통성대신과 농림수산성대신이 주무대신으로 되어 있으며, 법률 제51조에 의해 각각 구분되어 있다. 이 법률에 의해 산사태가 발생하고 있는 구역, 산사태가 발생할 위험이 매우 높은 구역이나, 혹은 인접하는 구역 중 유발될 위험이 매우 큰 구역을 '산사태방지구역'으로 지정하여 행위를 제한하는 등 그 지역 내에 배수시설, 옹벽, 댐 및 기타 산사태를 방지하기 위한 시설의 설치 등을 실시하고 있다.

③ 급경사지 붕괴에 의한 재해방지에 관한 법률(급경사지법)

1969년 산사태에 의한 재해로부터 인명을 보호하기 위해 제정되었다. 즉, 급경사지 붕괴에 따른 재해로부터 국민의 생명을 보호하고, 급경사지의 붕괴를 방지하기 위해 필요한 조치를 강구하며, 민생 안정과 국토 보전에 이바지하는 것을 목적으로 한 법률이다. 이 법에 따라 사면붕괴에 의해 상당수의 거주자 등에 위해가 생길 위험이 있는 급경사지나 인접하는 토지에 급경사지의 붕괴를 조장·유발할 위험이 있는 행위를 제한할 필요가 있는 구역을 「급경사지붕괴위험지구」로 지정하여 행위를 제한하고, 그 지역 내에 옹벽이나 배수시설 등의 급경사지붕괴방지시설 등을 설치한다.

④ 토사재해방지대책 등의 추진에 관한 법률(토사재해방지법)

2000년 토사재해로부터 인명을 지키기 위해 토사재해의 위험성이 있는 구역에 대하여 위험의 주지, 경계피난체제의 정비, 주택 등의 신규입지 억제, 기존의 주택 이전촉진 등 비구조물 대책을 추진하기 위해 제정되었다. 즉, 토사재해방지법을 말한다. 토사재해로부터 국민의 생명 및 신체를 보호하기 위해 토사재해가 발생할 위험이 있는 토지의 구역을 규명하여 해당 구역에 있어서의 경계피난체제의 정비를 모색하는 한편, 현저한 토사재해가 발생할 위험이 있는 토지 구역에 있어서 일정의 개발행위를 제한하거나 건축물의 구조규제에 관한 소요조치를 정하는 등 토사재해의 방지를 위한 대책을 추진하여 공공복지의 확보에 이바지하는 것을 목적으로 하는 법률이다.

나. 사방댐의 국내사례

1) 산사태 발생현황

우리나라의 산지는 국토의 절반 이상을 차지하고, 경사가 급할 뿐만 아니라 최근 건축, 벌채 등 각종 산지 개발로 인하여 산사태의 발생 위험이 높아지고 있다. 또한 기상이변에 따른 게릴라성 집중호우로 인해 산사태 및 토석류에 의한 피해가 증가하고 있다.

〈표 2-2〉 지역별 산사태 현황

단위 : ha

구분	합계	평균	'00년	'01년	'02년	'03년	'04년
경기	147.52	14.75	53.62	4.44	17.6	0.22	3.38
강원	1,852.37	185.24	6.58	68.49	977.39	185.59	39.79
충북	234.07	23.41	4.56	2.5	76.09	7.79	42.47
충남	52.27	5.23	15.02	0.78	7.77	8.94	6.6
전북	603.5	60.35	8.16	7.65	171.95	16.02	10.6
전남	189.79	18.98	5.05	0	49.88	21.31	20.03
경북	803.51	80.35	26.09	18.93	364.71	290.75	32.31
경남	1,348.50	134.85	54.33	19.3	396.58	462.56	28.17
구분	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년
경기	0.23	56.8	0.17	0.54	10.52	5.46	235.96
강원	5.22	557.88	0	0	11.43	3.08	34.41
충북	3.45	72.1	7.32	0.92	16.87	0	0
충남	2.61	10.35	0	0	0.2	19.54	22.44
전북	383.05	0.72	0	0	5.35	139.52	123.16
전남	0	17.93	17.21	0	58.38	8.47	90.75
경북	26.92	17.12	1.74	24.94	0	0	8.82
경남	28.49	275.09	27.09	0	56.89	9.5	156.18

2) 사방댐 설치현황

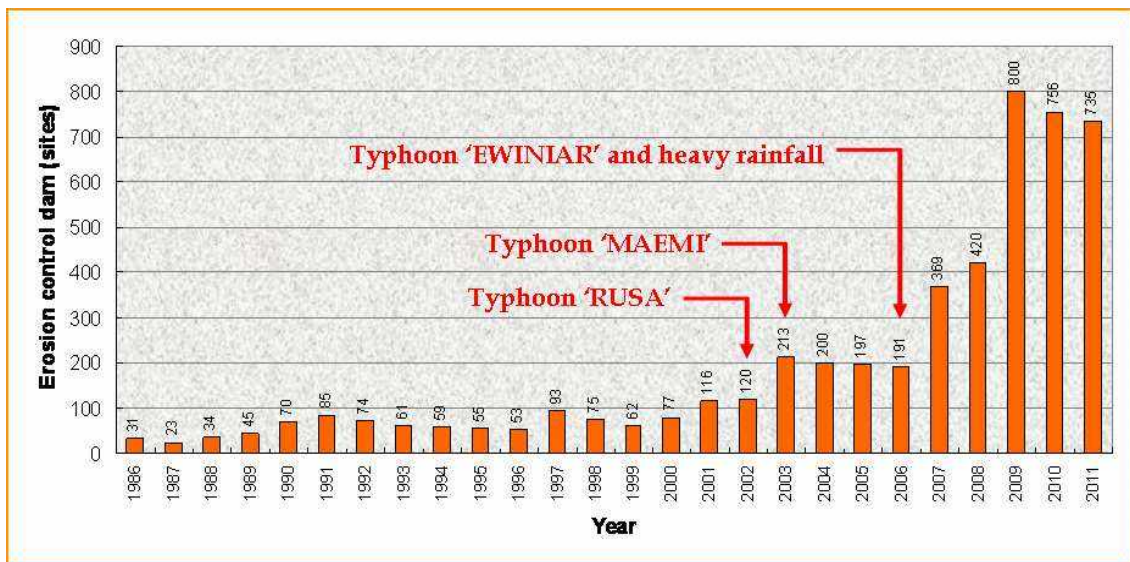
산림청이 1984년부터 2년간에 걸쳐 사방댐 시공적지를 조사한 후, 1986년에 31개소에서 시공한 것이 우리나라의 근대 사방댐의 시초이다. 이후 매년 개소수가 증가하여 2000년대에는 연간 200개소 내외의 사방댐을 시공하였으며, 특히 2006년에는 사방댐이 집중호우에 의해 발생하는 산사태 및 토석류 등의 재해로부터 재산과 인명을 보호하는 데 크게 기여한 것으로 나타나 지방자치단체와 지역주민들로부터 설치에 대한 요구도가 높아지는 계기가 되었다.

우리나라의 사방댐은 1986년부터 2000년까지는 매년 100개소 이내를 설치하였지만, 2002년 태풍 ‘루사’와 2003년 태풍 ‘매미’에 의한 피해를 계기로 점차 증가하여, 2006년 태풍 ‘에위니아’에 의한 피해가 발생한 이후에 크게 증가하여 2009년의 경우 800개소를 시공하는 등 2011년까지 전국에 총 5,014개의 사방댐이 시공되었다.

〈표 2-3〉 우리나라 사방댐 설치현황

(단위: 개소)

구분	계 (’86~ '11)	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11 계획
합계	4796	85	74	61	59	55	53	93	75	62	77	116	120	213	200	197	191	369	420	800	756	720
시도	4115	85	74	61	59	55	53	93	75	62	63	103	105	182	168	164	159	312	360	675	600	607
부산	11																		3	2	5	1
대구	27	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	7	2	2	2	2	3	3	2
인천	6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-		-	1	1	3		
광주	5																	1				4
대전	21	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	4
울산	37	1	1	2	1	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	1	1	2	7	10	4	3
경기	214	5	2	4	3	6	4	9	7	5	4	14	11	11	12	7	9	22	10	20	27	22
강원	607	17	11	8	10	5	8	6	6	6	4	4	12	23	30	27	20	47	69	100	103	91
충북	384	7	7	5	3	5	3	6	5	4	4	10	9	22	13	18	19	29	28	77	60	50
충남	297	5	7	7	7	6	3	10	6	4	4	10	9	14	10	10	9	19	24	51	42	40
전북	467	6	12	7	7	8	6	14	15	10	13	15	14	19	21	18	20	27	32	65	65	73
전남	472	16	6	8	8	7	7	8	8	7	8	13	11	21	17	18	16	23	30	85	75	80
경북	1029	19	18	13	15	12	14	25	17	14	13	20	22	49	41	42	41	99	105	156	144	150
경남	537	8	9	7	5	6	7	15	11	9	11	15	15	21	16	20	21	39	46	100	70	86
지방청	569	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	13	15	31	32	33	32	57	60	125	156	1
북부	235	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	5	6	8	11	10	6	15	22	34	113
동부	159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2	7	8	8	7	5	16	39	36	25
남부	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	2	4	4	6	5	21	12	25	35	25
중부	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	3	7	6	3	4	10	7	16	20	23
서부	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	7	6	5	5	14	10	23	31	16
제주	25																1					24
강원대	1																	1				



[그림 2-18] 연도별 사방댐 시공현황

가) 강원도

1986년 사방댐 설치사업을 시작한 이래 2011년까지 강원도가 시공한 사방댐은 총 1,014개소로 전국 5,014개소 대비 20%로 전국 최상위를 차지하고 있다. 이는 전국 제1의 산림을 보유하고 있으며, 산림의 대부분이 경사가 급하고 지형이 험준하여 산지재해에 취약한 지리적인 여건도 있지만 2000년도 동해안 산불, 2003년도 태풍 루사, 2006년도 집중호우 피해를 입은 지역의 주민이 사방댐 설치사업에 대한 요구도가 많았던 점에 기인한 것으로 볼 수 있다.

또한, 사방댐 설치사업을 추진하면서 재해의 강도에 대처하고 현지여건에 부합하며 시공의 용이성과 내구성, 경제성, 환경성 등을 고려한 다양한 공법의 사방댐을 개발하는데 주력하여 강원도의 지형에 부합한 사방댐 공법을 개발하였다.

〈표 2-4〉 연도별 사방댐 설치 현황(강원도)

계	'86 ~'89	'90 ~'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11

〈표 2-5〉 종류별 사방댐 설치현황(강원도)

계	콘크리트	Buttress	Slit	블록	철강재	Grid	Dosing	전석	캔잡석	셀	기타
1,014	519	130	34	25	24	181	46	23	5	2	25

사방댐은 토석류, 유목 등 계상 이동 물질을 최대한 많이 차단하고 필요시 저수기능을 갖도록 설치하는 구조물로 높이(평균 4~7m)가 매우 높고 수심이 깊어 일반 주민이 접근하기에는 매우 위험한 시설로 일반 주민이 접근하지 못하도록 안전시설을 설치하는 것이 통상적이다. 강원도에서는 주민의 안전에 위협이 없는 범위에서 주민 친화적 시설을 연계 시공하여 농·산촌 지역의 생활환경 개선에 기여하고 있으며 사방댐 설치사업의 필요성을 주민이 이해하도록 홍보하여 주민 친화적 사방댐으로 확대하여 시공하고 있다.

① 사방댐 설치사업 주민홍보

사방댐 설치사업은 공사착수 전에 해당 지역 주민을 대상으로 사업설명회를

개최하여 주민의견을 수렴하고 주민 대표를 명예 감독관으로 임명하여 공사에 참여하게 함으로써 민원사항의 처리가 원만하고 공사 진행이 수월한 등 산림행정의 신뢰성을 구축하였다.

② 지형 순응형 방재체험장 설치운영

2006년도 7월 집중호우로 인하여 피해가 극심한 지역에 복구사업을 완료한 후 사방댐 설치사업을 중심으로 분야별 복구상황을 소개하고 사전대비의 중요성을 되새기며 지형여건에 부합한 복구사례를 체험할 수 있는 방재 체험장을 조성하여 홍보·교육장으로 활용하고 있다.

③ 휴식공간 조성

사방댐 시설지 연접 공한지를 활용하여 소공원, 산책로, 평상, 벤치, 우수지 등을 조성, 지역 주민과 내방객이 휴식할 수 있는 공간을 마련하고, 농·산촌 지역의 환경을 개선하며 사방댐의 위압감에서 벗어날 수 있는 정서함양의 장으로 이용하고 있다.

④ 친수공간 조성

사방댐 물받이 부분에 물방석(Water Cushion)을 만들어 물놀이, 피서활동, 농업용수 활용 등을 목적으로 친수공간을 조성하였다. 그러나 산간지역 등은 활용 빈도가 낮아 대부분의 시설물에 토석류가 퇴적되어 칩닝쿨, 버드나무, 억새 등이 자라고 있으며 사방댐의 기능유지를 위하여 사후관리가 필요하다. 따라서 사방댐 설치와 연계한 친수공간의 조성은 활용 가능성, 이용 빈도 등의 사전 조사를 통해 설계에 반영할 필요가 있다.

⑤ 주민 편익시설 연계시공

산간지역에 사방댐 설치 시 주민의 불편사항을 해소하기 위하여 사방댐 설치상·하류의 계류에 소교량, 세월교, 암거, 물넘이 포장 등을 병행 시공하여 농로로 이용할 수 있도록 하고 생활용수가 부족한 마을과 군부대 지역에 생활용수를 공급하고 있다.

⑥ 산불 진화용수 물가두기댐

강원도는 산불 취약지 반경 5km 이내에 진화용수 취수원이 없는 지역에 물가두기댐 5개소(2011년 말 기준)를 설치였으나 진화용수 취수 목적 외에는 다른 용도로 사용할 계획을 반영하지 않고 설계·시공하여 이에 대한 개선책이 필요한 것으로 사료된다.



[그림 2-19] 산불진화용 저수댐

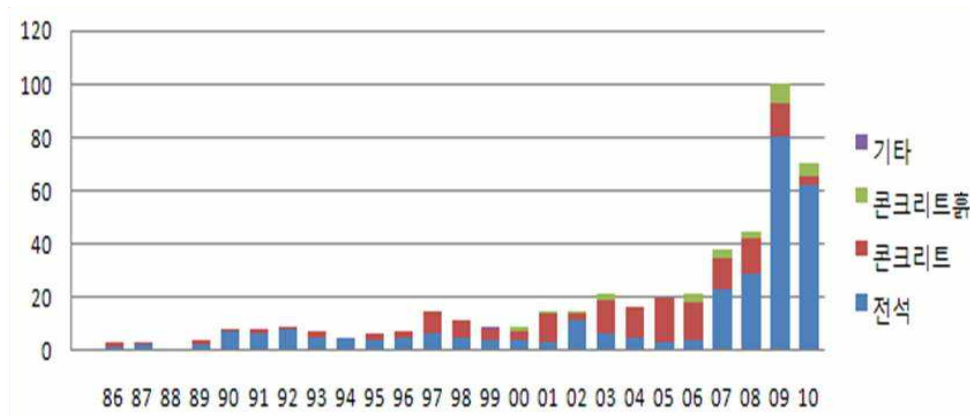
나) 경상남도

1986년 밀양시 산내면, 의령군 가례면, 하동군 금남면에 각 1개소가 설치된 이래 2010년까지 469개소를 시설하였고, 사업비는 865억7천 5백만 원을 투자하였다. 시·군별로는 산청군이 40개소로 가장 많고, 함양군 35개소, 창녕군 32개소, 양산시, 김해시, 산청군, 하동군, 거창군, 합천군 순으로 전국 4,279개소(2010년 기준)의 11%를 경남이 차지하고 있다.

〈표 2-6〉 연도별 사방댐 설치 현황(경상남도)

계	'86 ~'89	'90 ~'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
469	10	96	15	15	21	16	20	21	39	46	100	70

사방댐의 시공 특성을 보면 1997년부터 2006년까지는 콘크리트댐의 비중이 높았다. 이는 태풍 '매미', '루사', '에위니아' 등의 영향으로 재해 시 많은 피해가 예상되어 사전 예방 차원에서 사방댐에 대한 안전성 및 시공의 편의성에 중점을 두고 시공되었기 때문이다. 2007년부터는 점차 친환경 재료인 전석의 비중이 높아졌는데 이는 친환경 소재의 이용, 경관과 조화를 이루는 사방댐 시공 등으로 시책 및 필요성이 전환된 것으로 볼 수 있다.



[그림 2-20] 연도별 사방댐 설치 현황(경상남도)

사방댐의 재료별로는 전석댐 290개소, 콘크리트댐 147개소, 콘크리트흙댐 27개소, 기타 1개소가 시공되었다. 대부분 불투수형 사방댐이 시공되었으며, 슬릿댐이나 버트리스, 스크린댐 등은 본댐에 부수적으로 시설하고 있다. 통영과 남해 등 섬 지방의 경우는 농업용수 등 물의 부족으로 저수형 댐을 선호하여 콘크리트댐, 콘크리트흙댐의 비중이 높다.

3) 국내·외 주민친화적인 다기능 사례

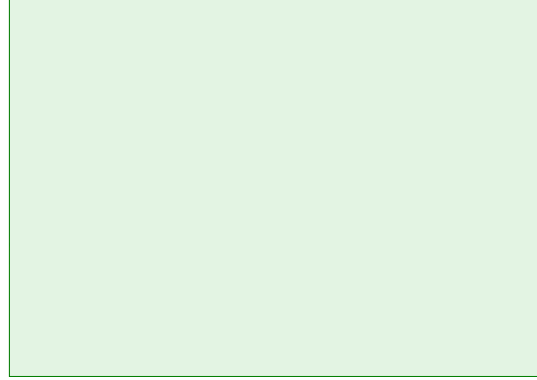
가) 교육·학습 기능

① 방재체험장 조성

피해지역 복구시 방재체험장을 설치하여, 복구상황을 소개하고 지형여건에 부합한 복구사례를 체험할 수 있는 방재체험장을 조성하여 홍보 및 교육장으로 활용한다. 인제군 인제읍 가리산리 일대에 2006년 7월 집중호우로 인하여 엄청난 피해가 발생하였고 복구사업과 더불어 민유림 사방댐 11개소 설치하고 방재체험장을 조성하였다. 방재체험장은 피해지역으로서 다양한 양상을 볼 수 있고, 지형조건 등도 부합하여야 하므로 모든 사방댐에서 활용이 가능한 것은 아니라 할 수 있다.



방재체험장 안내판(원경)



방재체험장 안내판(근경)

[그림 2-21] 방재체험장 조성

② 생태교육장 조성

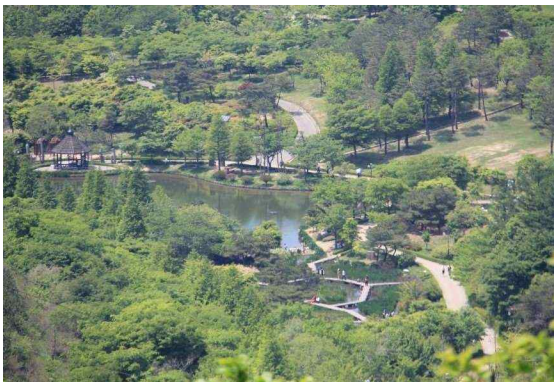
사방댐 인근에 생태환경을 회복시키는 거점지대를 조성하거나, 수목원 및 식물원을 조성하여 생태교육장으로 활용하는 사례가 늘고 있다. 어도, 인공새집, 생태연못, 생태탐방로, 조류탐사대, 탐사망원경 등 체험학습을 위한 시설을 조성하고 있다.



부산 화명수목원



부산 화명수목원 생태연못



경상북도수목원 연못



경상북도수목원 창포원

[그림 2-22] 생태교육장 조성

나) 휴양기능

① 소공원 등 녹지공간 조성

사방댐 인근에 형성된 공한지를 활용하여 다양한 휴식공간을 조성하는 것이다. 평상, 벤치, 캠핑장, 산책로, 유수지, 녹지공간 등을 조성하여 지역주민과 내방객이 휴식할 수 있는 공간을 마련하고 있다. 농·산촌 지역의 환경을 개선하고 사방댐의 위압감에서 벗어날 수 있는 정서함양의 장으로 이용한다. 가장 일반적인 활용사례로서, 비교적 관리가 용이하여 사방댐 인접 공한지를 대부분 휴식공간으로 활용하는 사례가 많은 편이다.



소공원(화천 광덕)



산책로(원주 운계)

[그림 2-23] 소공원 및 산책로 조성

② 친수공간 조성

국내에서는 주로 사방댐 물받이 부분의 물방석(Water Cushion)을 이용하여 물놀이, 피서활동 등을 즐길 수 있는 친수공간을 조성하고 있다. 유수지나 중규모 이상 댐의 경우, 호반 캠핑장, 낚시이용객, 카누와 수상스키, 윈드서핑 등 수상레포츠, 숙박시설이 정비된 리조트단지 조성 등 다양하고 적극적인 활용이 가능하나 사방댐의 경우 규모가 크지 않기 때문에 물놀이와 캠핑장 정도의 활용이 매우 많다. 물놀이용 사방댐은 집단취락지 인근 계곡, 휴가지로 자주 찾는 산이나 산림욕장 및 자연휴양림내 계곡 등 접근성이 좋은 위치에 입지할 경우 활용된다. 주거지에 인접해 있는 계곡 하류부 사방댐 등은 주로 지역주민들의 이용이 활발한 편이며, 산림욕장이나 산, 자연휴양림 등 하류 계곡부 사방댐 등 휴가철에 접근성이 좋은 곳은 물놀이 이용객들이 많이 이용하고 있다.



서귀포 자연휴양림



관악산 계곡 물놀이장



월출산 기찬랜드



삼림욕장내 사방댐 물놀이장

[그림 2-24] 친수공간 조성

다) 물 저장 및 공급 기능

① 농업용수 및 생활용수

사방댐 설치시 인근 마을 등에 농업용수 및 생활용수를 공급할 수 있도록 집수정, 농수로 등을 연계 시공하여 활용하고 있다. 생활용수가 부족한 마을과 군부대 지역의 사방댐 등은 집수정을 설치하여 생활용수를 공급하고 있다. 상대적으로 물 부족을 겪고 있는 산간지역에 농업용수 및 생활용수 등 수자원을 저장하여 공급하는 역할을 통해 농·산촌 지역의 열악한 생활환경 개선에 기여하고 있다.



농수로관



집수정 내부

[그림 2-25] 농업용수 및 생활용수 이용

② 소수력발전시설

설비 용량이 10,000kW 미만인 소규모 수력 발전을 말하는 것으로 환경에 미치는 영향이 거의 없고, 지형적인 제약을 상대적으로 덜 받는다. 또한 규모가 작아 국지적인 지역 조건과 조화를 이룰 수 있으며, 저낙차 터빈을 이용한 발전방식으로 기술적으로 단순하다. 소수력발전사업이 초기 투자비가 높고 설비가동율에 따라 수익차이가 발생하기 때문에 현재로서는 경제성이 확보되지 않은 실정이며, 보급 확산을 위해서는 적정수준의 기준가격을 설정해야 한다. 현재 설치된 소규모 저사형 사방댐은 경제성 측면에서 볼 때, 합당하지 않으며, 일정규모의 저수능력과 수두차가 있는 저수형 사방댐을 대상으로 검토할 필요가 있다.



산내 소수력발전소



독일 징엔 소수력발전시설



상부공급식 물레방아 발전



일본 쓰루시 소수력발전시설

[그림 2-26] 소수력발전시설

라) 기타 주민편익기능

산간지역 사방댐 설치시 마을주민의 생활불편을 해소하기 위하여 사방댐 설치 상·하류의 계류에 소교량, 세월교, 암거, 물넘이 포장을 병행 시공하여 농로로 이용하고 있다.



소교량



암 거



세월교



농수로

[그림 2-27] 기타 주민편익기능

4) 우리나라 사방관련 법률

우리나라의 사방관련 소관법령에는 법률인 사방사업법, 대통령령인 사방사업법 시행령 및 부령인 사방사업법 시행규칙이 있다.

가) 사방사업법

사방사업법은 ‘국토의 황폐화를 방지하고 이를 보전하기 위하여 효율적인 사방사업을 시행함으로써 공공이익의 증진과 산업발전에 이바지함’을 목적으로 하여 1962년 1월 15일 일자로 제정된 법률로 사방시행, 시설관리, 비용부담 및 수익, 벌칙, 사방시설의 해제 등을 주요 내용으로 하고 있다. 총 28조로 구성되어 있으며, 제1조(목적), 제2조(정의), 제3조(사방사업의 구분), 제3조의2(사방사업 기본계획), 제3조의3(황폐지 실태에 대한 조사), 제4조(사방지의 지정), 제5조(사방사업의 시행), 제6조(국가외의 자의 사방사업시행), 제7조(비용의 부담 등), 제7조의2(사방사업의 설계, 시공), 제7조의3(사방사업의 타당성평가), 제8조(산림공학기술자의 배치), 제9조(공무원의 조사 등), 제10조(손실보상), 제11조(보상금의 결

정), 제12조(재결의 신청), 제13조(사방사업의 거부 등의 금지), 제14조(사방지 안에서의 행위제한), 제15조(사방시설의 관리), 제16조(관리비용의 부담), 제17조(수익의 귀속), 제18조 삭제, 제19조(원인자부담), 제20조(사방지의 지정해제 등), 제21조(비용의 변상), 제22조(서류 등의 무료열람 등), 제22조의2(사방협회), 제23조(지방자치단체의 사방사업), 제24조(공공단체 등의 사방사업), 제24조의2(국제협력 등), 제25조(권한의 위임), 제26조(사업의 위탁), 제27조(벌칙), 제28조(벌칙) 등이다.

나) 사방사업법 시행령

사방사업법 시행령은 「사방사업법에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정함」을 목적으로 하는 대통령령이다. 총 23조로 구성되어 있으며, 제1조(목적), 제2조(사방지의 지정·해제 등의 고시), 제2조의2(사방지로 지정하지 아니할 수 있는 규모), 제3조(국가사방사업의 시행자), 제4조(국가외의 자의 사방사업시행), 제4조의2(사방사업의 타당성평가), 제5조(공무원의 조사행위 등), 제6조(복구), 제7조(손실보상의 신청 및 결정), 제8조(재결의 신청), 제9조(손실보상금의 공탁), 제10조(감정인의 의견청취 등), 제11조(사방지 안에서의 시업허가), 제12조(사방시설의 관리 등), 제13조(수익의 교부), 제14조(수익교부금의 공탁), 제15조 삭제, 제16조(원인자 부담), 제17조(사방지의 지정해제), 제18조(사방시설의 무상양여), 제19조(비용의 변상), 제20조(공부의 비치), 제21조(대장의 열람 등), 제22조(권한의 위임), 제23조(사방사업의 위탁시행) 등이다.

다) 사방사업법 시행규칙

사방사업법 시행규칙은 「사방사업법 및 같은 법 시행령에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정함」을 목적으로 하는 규칙이다. 총 18조로 구성되어 있으며, 제1조(목적), 제1조의2(황폐지 실태에 대한 조사의 내용 등), 제2조(사방지의 지정 등), 제3조(사방사업의 설계·시공기준), 제4조(산림공학기술자의 임무 등), 제5조(조사행위 등의 통지), 제6조(손실보상의 신청), 제7조(재결의 신청), 제8조(감정인과 참고인의 여비), 제9조(허가신청서류 등), 제9조의2(삭제), 제10조(수익의 교부방법 등), 제11조(원인자 부담), 제12조(사방지의 지정해제), 제13조(사방시설의 양여), 제14조(비용의 변상통지), 제15조(공부의 비치), 제16조(사방협회의 조직·운영 등), 제17조(협회의 사업 등), 제18조(협회의 사업계획 등 제출) 등이다.

제 장 충남 사방댐의 현황 및 운영실태

1. 사방댐 설치 현황

집중호우와 같은 산사태 유발요인이 작용할 경우에 산사태 발생 가능성이 높은 지역을 조사한 산사태위험지구 지정현황에 따르면 충남지역의 산사태 위험지구는 4개소로 위험등급은 2~3등급²⁾에 해당된다.

〈표 3-1〉 산사태 위험지구 지정 현황

(단위 : ha)

구분	2009년도		추가지정		해제		2010년도		비고
	개소수	면적	개소수	면적	개소수	면적	개소수	면적	
전국	123 (9)	97.44 (3.40)	5 (1)	4.73 (0.30)	46 (1)	25.42 (0.50)	82 (9)	76.75 (3.20)	
충남	12	9.90	-	-	8	5.90	4	4.00	

** ()내는 국유림으로 합계에 포함되며 지방산림청 관리대상임

** 산사태위험지판정표³⁾에 의하여 지정

자료 : 2010년 여름철 산림재해(풍수해) 예방·복구 대책, 산림청

〈표 3-2〉 충남지역 위험등급 지정 현황

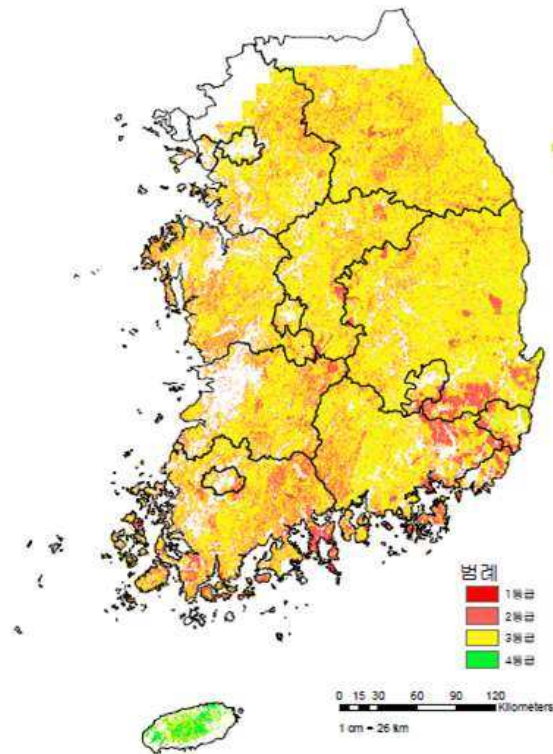
연번	개소	면적 (ha)	소유별	위험 등급	예상피해	
					인명	건물
소계	4	4.00			40	14
1	보령시 미산면 용수리 산2외 2	1.50	사유림	Ⅲ	33	13
2	아산시 염치면 중방리 산23-3	0.50	"	Ⅲ	-	-
3	계룡시 엄사면 향한리 산50-1	1.00	"	Ⅲ	7	1
4	예산군 봉산면 봉림리 산33-1	1.00	"	Ⅱ	-	-

자료 : 2010년 여름철 산림재해(풍수해) 예방·복구 대책, 산림청

2) 붕괴위험도 구분에 따라 1등급(발생가능성이 대단히 높은 지역), 2등급(발생가능성이 높은 지역), 3등급(발생가능성이 있는 지역), 4등급(발생가능성이 없는 지역)으로 구분된다.

3) 산사태위험지 판정표는 경사길이, 모암, 경사위치, 임상, 사면형, 토심, 경사도에 따라 점수를 부여하고 보정인자를 통해 점수를 보정하여 각 점수별로 위험등급(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ)을 구분한다.

최근 태풍에 의하여 발생한 피해는 토석류 위험계류에서 발생한 경우가 대부분인데, 우리나라에서는 아직 토석류 위험계류 조사가 이루어지지 못해 산사태 발생 위험지역⁴⁾에 대한 정확한 예측이 어려운 실정이다. 2012년 산림청이 우면산, 춘천 산사태를 계기로 산사태위험지 관리시스템을 고도화하고 산사태 예측 정보 전달체계를 개편 중이다.



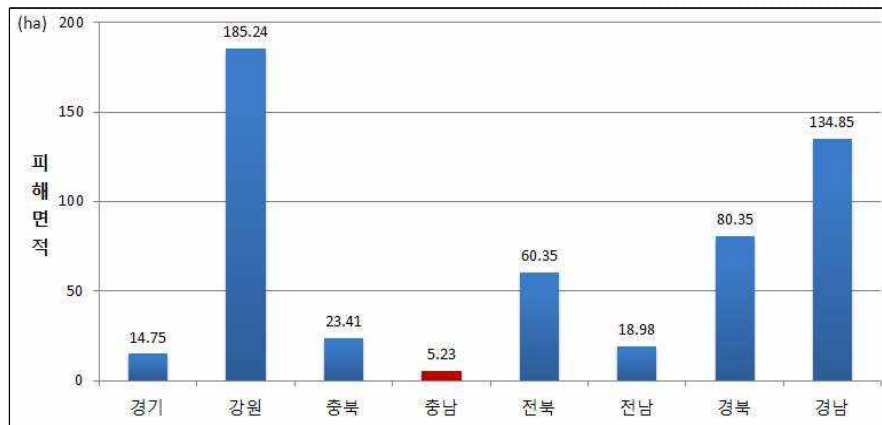
자료: 산지지리정보서비스 홈페이지(www.forestland.go.kr)

[그림 3-1] 전국 산사태 위험등급 지도⁵⁾

최근(2001~2011년) 산사태 피해 현황을 볼 때, 충청남도는 강원, 경남, 경북, 전북, 충북, 전남, 경기도 등 다른 광역자치단체에 비하여 매우 적다. 충청남도는

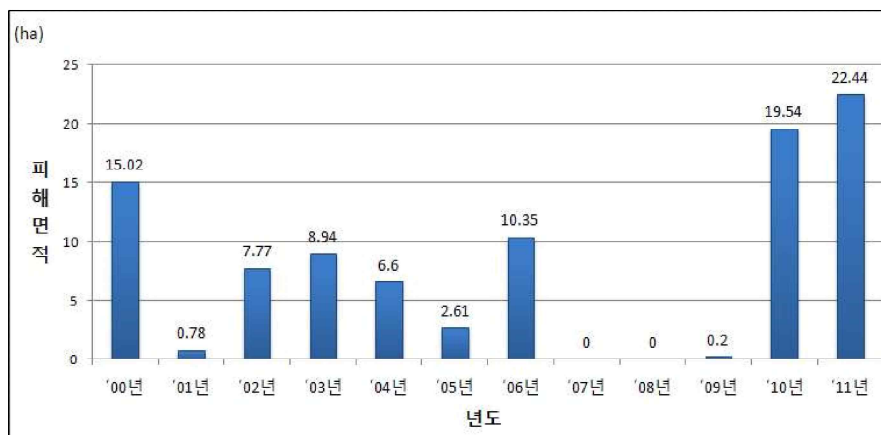
- 4) 산사태 발생 위험지역은 ① 풍화 토층에 진흙이 없어서 토양의 응집력(集力)이 약한 곳, ② 풍화토층이 엉성하고 거칠어서 우수(雨水)가 침입하기 쉬운 곳, ③ 토층 중에 다량의 암편(岩片)이 혼합되어 있거나 혹은 토질에 국부적으로 대차가 있는 곳, ④ 풍화토층과 하부 암반의 경계가 매우 확실한 곳, ⑤ 산의 골격(山骨)을 형성한 하부 암반이 편암류(片岩類)와 같이 층면에 따라서 이탈하기 쉬운 곳, ⑥ 산의 골격으로 되어 있는 하부 암반의 절리(節理)가 세밀하게 발달하여 있는 곳, ⑦ 산복의 경사가 중 경사지인 곳, ⑧ 산복에 지피물 또는 나무가 없는 곳, ⑨ 단층 또는 지각변동의 요인이 존재하는 곳, ⑩ 산의 경사면에 물이 고일 수 있는 웅덩이 등이 있는 곳을 의미한다. 따라서 다음과 같은 상황이 일어나면 산사태가 일어날 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. ㉠ 평소에 물이 잘 나오던 샘물이나 약수터의 물이 갑자기 멈춘 때에는 지하수가 통과하는 토양층에 이상이 발생한 것이므로 붕괴의 위험이 있음, ㉡ 경사면에서 갑자기 많은 양의 물이 스며 나올 때, ㉢ 갑자기 산허리의 일부가 금이 가거나 내려앉을 때 등
- 5) 산사태위험등급구분도는 전국의 산림을 대상으로 집중강우 등 산사태 유발요인이 작용할 경우, 산사태 발생이 진행될 가능성이 높은 지역을 위험도 순으로 4등급으로 구분해 나타낸 지도이다.

산지가 높거나 급하지는 않아 다른 시도에 비하여 산사태 피해가 적은 편이지만, 주로 장마철 및 태풍을 동반한 집중 강우정도에 따라 산사태가 발생하고 있다.



* 중부지방산림청 제외

[그림 3-2] 지역별 평균 산사태 피해 현황('00~'11)



* 중부지방산림청 제외

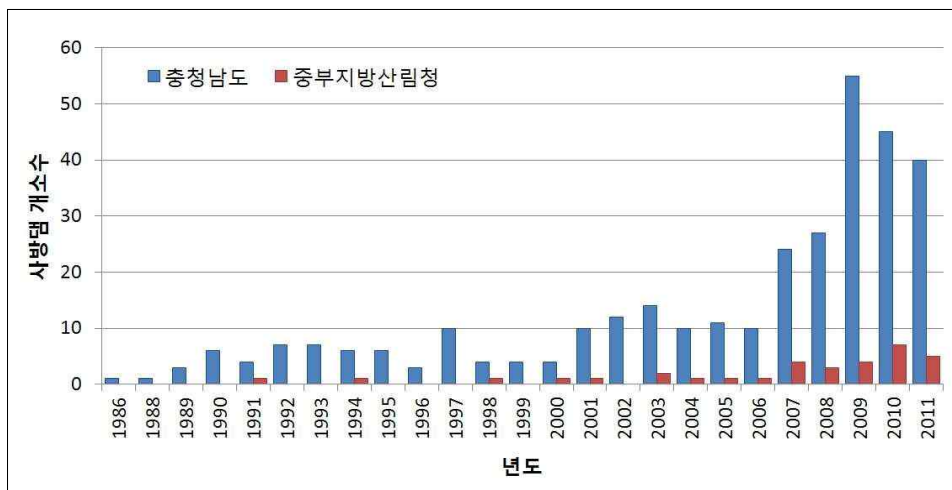
[그림 3-3] 충남지역의 연도별 산사태 현황

충청남도는 1986년 예산군 덕산면 둔리 지역에 처음으로 사방댐을 설치한 이후 지속적으로 설치사업을 시행하여 2011년 말 기준 358개소(현 세종특별자치시⁶⁾ 포함)의 사방댐이 설치되었다. 이중 33개소는 중부지방산림청장이 관리하고 있는 시설이며, 충청남도지사가 설치하여 관리하는 시설은 충남도유림 지역(보령시)에 7개소, 충남산림환경연구소가 위치한 지역(세종시)에 5개소가 있고, 나머

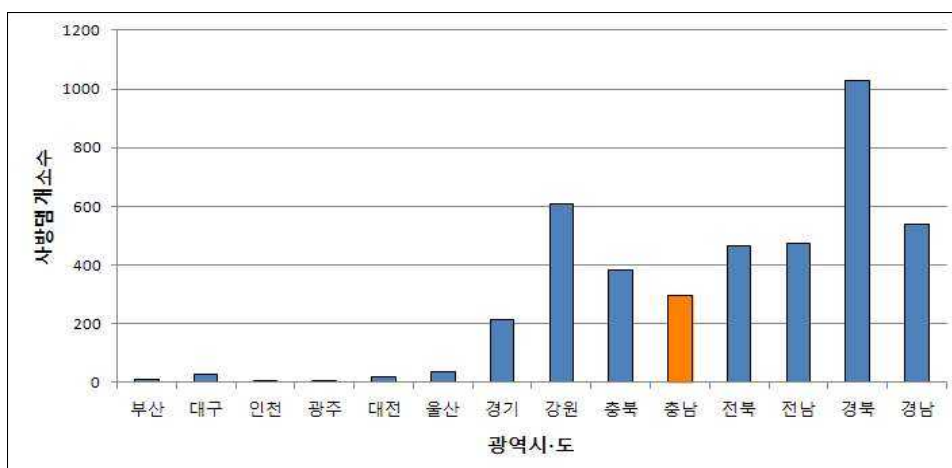
6) 세종특별자치시는 충남 연기군 전역, 공주시 일부 그리고 충북 청원군 일부를 포함하여 2012년 7월 1일 개칭하였기 때문에 2011년 기준으로는 충청남도지역에 포함되어 있다.

지는 각 시장·군수가 설치하고 관리한다. 충청도지사의 위임으로 시장·군수가 설치하는 사방댐의 설치비용은 개소 당 약 2억~2억 5천만 원 정도이고, 설치비용 구조는 국비 70%, 도비 15%, 시·군비 15%이다. 그렇지만 산림청 소유 국유지에 중부산림청장이 설치하는 경우는 전액 국비로 추진한다.

충청남도 지역에 설치된 사방댐은 국내 사방댐의 연도별 추세와 마찬가지로 최근 몇 년 동안 정부시책에 맞추어 급증하였지만, 도 단위 다른 광역자치단체와 비교할 때 사방댐의 설치수가 매우 적은 편이다. 산림청장이 국유림에 설치한 개소를 제외할 경우, 2011년까지 설치된 사방댐은 경북지역이 가장 많았으며, 도 단위 광역자치단체 지역 중 경기도 지역에 가장 적게 설치되었고, 그 다음이 충청남도 지역이 적게 설치되었다.



[그림 3-4] 충남지역의 연도별 사방댐 설치수

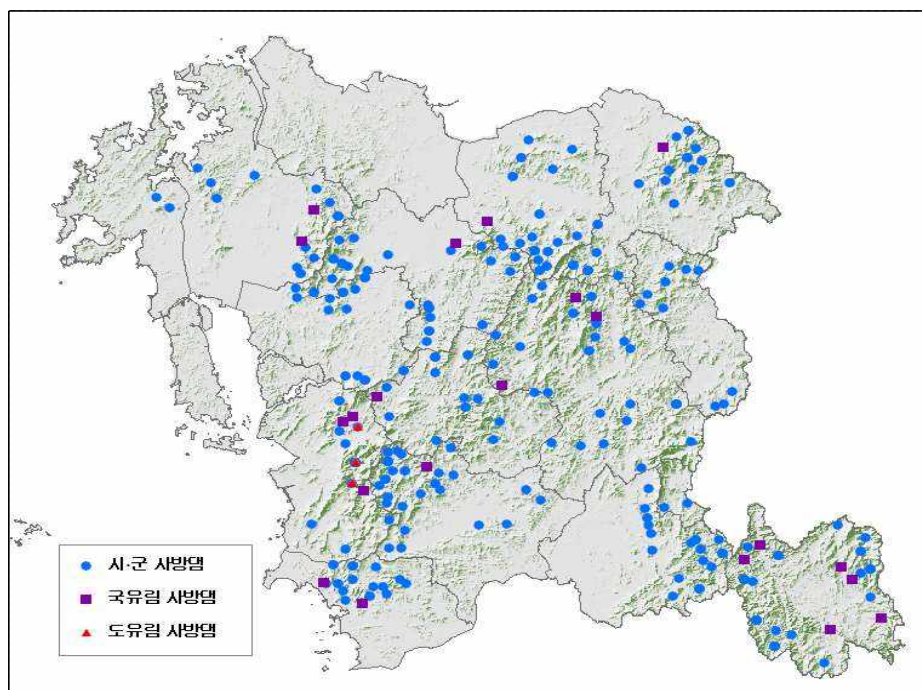


[그림 3-5] 전국대비 충남지역 사방댐 설치수

가. 시·군별 설치현황

충청남도 내 시·군별 분포 현황은 산지 비율이 높은 지역에 비교적 많이 설치되었다. 구체적으로는 금산군으로 국유림내의 8개소를 포함하여 45개소의 사방댐이 설치되어 충남지역에서는 가장 많은 사방댐이 설치되었고, 다음으로는 부여군, 공주시, 천안시 순이었다. 분포 현황도와 보유수의 차이를 보이는 것은 재해위험지역이라 판단되는 지역 또는 그 인근 지역에 여러 개소의 사방댐이 설치되었기 때문으로 판단된다. 반면, 계룡시와 태안군은 각각 2개소로 사방댐 설치수가 매우 적었고, 당진시의 경우는 설치된 개소수가 없었다.

2011년에는 게릴라성 집중호우 등으로 인한 재해예방을 위해 약 110억 원을 들여 도내 산림 계곡 및 소하천 등 45곳에 사방댐을 설치하였다. 설치된 사방댐의 시·군별 현황으로는 천안 6곳, 금산 5곳이고, 부여·보령 4곳, 공주·논산·청양이 각각 3곳, 아산·연기·서천·홍성·예산이 각각 2곳이다. 또한, 국유림 지역 내 서산, 아산, 서천, 공주, 금산 등 5개 지역에 각각 1개소가 설치되었다. 충남지역의 사방댐은 향후 10년간 해마다 약 50개소 이상이 설치될 것으로 전망되고 있다.



[그림 3-6] 충청남도 지역의 사방댐 분포도

〈표 3-3〉 충청남도 시·군별 사방댐 설치현황

(2011년 말 기준)

구분	개소	비고	년도	개소	비고
합계	358	국유림지역 33개소, 도유림 지역 7개소			
천안시	35	국유림 2개소	금산군	45	국유림 8개소
공주시	37	국유림 6개소	연기군	10	2012년 7월 세종 시 지역으로 변경
보령시	28	국유림 4개소 도유림 7개소	부여군	38	국유림 3개소
아산시	27	국유림 2개소	서천군	21	국유림 2개소
서산시	19	국유림 4개소	청양군	18	국유림 1개소
논산시	24		홍성군	23	
계룡시	2		예산군	29	국유림 1개소
당진시	0		태안군	2	

나. 시·군별 설치 및 운영 시사점

충남지역의 사방댐에 대하여 현지 표본조사를 통해 시·군별 설치 및 운영 현황을 파악하였다. 주요 내용을 다음과 같이 정리하였으며, 시·군별 자세한 사항은 부록에 수록하였다.

1) 사방댐의 설치

가) 사방댐 설치 재료

충남지역은 2000년대 초까지는 대부분 콘크리트댐을 설치하였으나, 친환경적 사방댐에 대한 요구가 증가함에 따라 최근에 지어지는 사방댐의 경우는 주변 환경과의 미관상 조화를 위하여 대부분 콘크리트 댐체에 전석을 붙인 전석댐이 설치되고 있다. 그러나 충남지역의 경우 사방댐 설치 지역 주변에서 전석을 획득하기 쉽지 않아 대부분 외부 지역의 채석장에서 필요한 석재를 공급받아 시공되

어 주위 경관과 이질감을 줄 뿐만 아니라 획일적인 모습으로 설치되어 있었다. 반면, 일부이기는 하지만 주변 공사과정에 획득한 석재를 이용한 사방댐의 경우에는 주변 경관과의 이질감을 줄이는 효과를 보였다.



[그림 3-7] 외부에서 공급된 전석 사방댐



[그림 3-8] 주변 자연석을 이용한 사방댐과 바닥 암반을 보존한 사방댐

나) 사방댐 설치 형태

충남지역은 산림청소관의 국유림에 다양한 형태의 투과형 사방댐을 시공하였고, 산림내 휴양지의 경우에는 저사목적의 사방댐에 물을 가두어 물놀이장을 운영하는 등 여러 형태의 사방댐을 설치하여 운영하고 있다. 반면, 충청남도 각 시·군에 설치된 사방댐은 대부분 불투과형 콘크리트 사방댐이나 전석댐으로 유출토사를 차단할 목적으로 설치되었지만 담수가 함께 이루어지고 있는 형태이다. 산지 소유주나 인근 주민의 요구나 선호에 따라 대부분 저사기능의 사방댐에 농업용수를 활용할 목적으로 담수하거나 산림내 유원지 및 휴양지 등에 설치한 사방댐의 경우에도 저사용 사방댐이지만 여름철에는 댐체 하부의 물방석을 대부분 물놀이를 할 수 있도록 조성하며 주민들이 활용하고 있었다.



[그림 3-9] 국유림 내 설치된 사방댐

다) 사방댐 표지석 설치

사방댐 설치시, 대부분의 경우 사방댐 사업을 안내하는 표지석을 설치되어 있다. 표지석에는 사업명, 위치, 규모, 공사기간, 시행청, 시공자 등을 나타내고 있는데 이보다는 사방댐의 역할, 설치 목적 및 효과, 주의 사항 등 교육 목적의 유용한 내용을 담는 것이 좋은 것으로 판단된다. 또한 경관을 해칠 정도의 큰 규모의 표지석을 설치한 경우도 많이 존재하였다. 따라서 표지석의 크기를 경관과의 조화를 고려하여 조정하는 것이 필요하다고 판단되며, 주민의 접근이 드문 산지 내의 사방댐의 경우 표지석의 크기와 내용을 최소화하거나 설치하지 않는 것이 타당하다고 판단된다.



[그림 3-10] 사방댐 표지석

라) 사방댐 입지 선정

사방댐의 입지결정시 토지매입 비용이 반영되지 않고 있기 때문에 무상으로 토지를 임대하여 설치하여야 하는데 토지소유주가 동의해 주지 않아서 사방댐이

산 중턱이나 적지가 아닌 위치에 건설되는 문제가 많이 발생하고 있다.

사방댐의 행정청 및 주민요구 등에 의하여 입지가 결정되어 설치되어 오다가 관계법령 및 규정에 따라 2008년 이후 사방협회 등 산림 전문가의 타당성조사를 거쳐 설치하고 있다. 타당성 평가항목으로는 사방댐 개소의 적정성, 기대효과, 상부 위험도 등 10여 가지 항목으로 이루어져 있으며, 주관적인 지표로써 현지 방문을 통하여 평가를 실시한다. 그렇지만 토지 반영구적인 시설을 토지매입이 없이 무상 임대로 설치하기 위한 위치선정은 많은 한계점이 있는 것이 분명하다. 사방댐 사업의 타당성평가서에 대한 항목은 부록에 수록하였다.

2) 사방댐의 운영 및 활용

가) 사방댐의 준설

충남지역의 저사목적의 사방댐은 마사토 지역의 경우 토사 유입이 많아 주기적으로 준설을 실시하고 있으며, 토사유입이 적어 시공 후 준설이 필요하지 않은 지역도 있다. 또한 준설토 처리 문제, 예산상의 문제, 준설장비 접근의 어려움 등으로 준설을 하지 않는 곳도 있다.

한편, 공학적으로 안정된 경사도를 유지하기 위하여 퇴적된 토사를 준설을 하지 않아야 하며, 하단에 다시 저사용 사방댐을 설치하여야 한다는 전문가의 의견도 다수제시 되고 있는 것이 사실이다.



[그림 3-11] 사방댐 내 퇴적된 토사

나) 주민친화적인 사방댐

여름철에 충남의 휴양림 내 사방댐의 경우 대부분의 경우에 물방석을 이용하여 친수공간을 조성하고 물놀이장으로 이용되고 있으며, 일반 산지의 경우에도 벤치, 정자 등을 설치하고 소공원 화하여 인근 주민이 쉽게 접근할 수 있도록 하였다. 물방석 이외의 저사시설은 대부분 담수되어 수심이 깊고 수온이 낮아 사람의 접근시 안전의 문제로 주위에 펜스를 설치하고 있으며, 여름 휴가철에 일부의 시설은 안전 장비를 비치하거나 관리 인력을 배치하였다.

다) 사방댐의 수질과 물이용

일부 시설에서는 흘러온 물이 장기간 저류되어 물 순환이 이루어지지 않은 경우 낙엽의 부식과 함께 색도와 탁도를 유발하는 경우도 있지만, 장마철 등 풍수기에는 단시간에 회복된다. 비록 색도 및 탁도를 유발한다 하더라도 저수된 물은 농업용수 활용에는 수질자체가 크게 문제되지 않을 것으로 판단된다.

사방댐은 산지부에 위치하고 생활용수 및 농업용수가 부족한 지역은 산간지역이기 때문에 수도작을 중심으로 하는 지역에는 거의 대부분 사방댐 물을 농업용수로 이용하고 있었다. 그러나 규모 적으로 이용하기에는 현재 설치된 저사형 사방댐은 담수할 수 있는 용량 부족하여 이용에 많은 한계가 있는 것으로 판단된다.



[그림 3-12] 사방댐의 농업용수 이용

3) 사방댐 설치 및 운영 시사점

충청남도에 설치된 사방댐은 대부분 상류부의 토사를 차단할 목적으로 설치

된 사방댐이 대부분이다. 설치위치는 대부분 산지 하단의 토사 퇴적부에 설치되어 있으나 경우에 따라서는 산지 주와 토지무상 임대협의 등이 이루어지지 않아 협의가 용이한 산 중턱까지 설치하는 경우도 종종 있다. 이에 따라 사방댐 설치 과정 및 관리에 따른 작업로 설치 등으로 산지부를 훼손하여 오히려 산지 안정성을 저해하는 경우도 발생한다.

설치된 사방댐이 대부분 토사차단 목적으로 설치되어 있으나 마사토 산지 등 몇몇을 제외하면 상류부에서 유입하는 연간 토사량이 매우 적어 풍수기를 중심으로 물이 담수되어 있는 상태이다. 사방댐의 설치의 근본 목적은 하류 주민의 피해발생을 예방하기 위함이므로 토사 유입량이 매우 적은 지역이라면 하류 주민의 다양한 용도로 활용이 가능하도록 할 필요가 있다. 즉, 저사 및 저수기능을 동시에 만족할 수 있도록 규모를 확대하여 설치함으로써 평상시는 물을 이용할 수 있도록 하고, 집중호우 시 다량 토사가 물과 함께 유출 될 때는 순간 홍수조절과 토사가 충분하게 저류됨으로써 하류 생활민의 토사재해와 가뭄재해로부터 동시에 안전할 수 있도록 설치함이 타당하다고 판단한다.

현재 사방댐의 활용적 측면에서 보면 거의 대부분 저사형 사방댐에 담수된 소량의 물을 농업용수로 이용하거나 물방석을 활용하여 물놀이장으로 활용하는 경우가 있으나 양적으로나 계절적으로 매우 제한적이다. 또한 소방헬기의 취수원인 저수댐은 겨울철과 봄철 등 산불진화 외에 여름철과 가을철의 용수수요가 많은 시기에 저수된 물을 다른 용도로의 활용가능성에 대한 제고가 필요하다.



[그림 3-13] 사방댐의 물놀이장 활용

사방댐의 설치 이후 운영 및 관리 과정에서의 문제점으로는 첫째, 저류·저사

기능이 있는 사방댐은 본댐이 토사 및 유목으로 가득 차는 경우에는 계류의 경사를 완화하는 목적을 다했다고 하여 준설하지 않은 경우가 있다. 그러나 마을 근처에 설치된 사방댐의 경우에는 준설 없이 방치되면 호우 및 산사태 등의 재해 발생시 또 다른 피해를 야기할 수 있다. 반대로 산지 내에 위치한 사방댐의 경우 준설을 실시하게 되면 오히려 계곡 바닥의 경사를 급하게 하여 준설 전 보다 더 큰 피해가 발생한다는 견해도 있다. 둘째, 충남지역의 사방댐은 대부분이 저사형 콘크리트댐과 전석댐으로 이루어져 있는데, 이러한 사방댐에 설치 후 토사유입이 없는 경우에는 물이 부족한 시기에 저수된 물이 순환하지 못하여 수질 오염이 되는 경우가 발생하기도 한다. 오염된 물은 각종 용수로 사용이 제한적이고 주민친화적인 사방댐 시설로써의 활용이 어렵게 할 수도 있다. 셋째, 경관성과 자연성이 떨어지고, 주변에 민가가 없거나 접근성 어려운 곳에 설치한 사방댐에 일률적으로 편익시설을 설치한다 해도 이용자가 거의 없는 경우가 발생한다. 넷째, 사방댐의 설치와 관리에 대한 이력이 전산화가 되지 않아 체계적으로 관리하기가 어려울 수 도 있다.

2. 사방댐 입지선정 및 설치상의 문제점

가. 사방댐의 입지선정의 문제점

사방댐은 『사방사업법』 제7조의3 및 『사방사업법 시행령』 제4조의2와 이에 관련된 「사방사업의 타당성평가 규정」을 적용하여 설치의 타당성을 검토한다. 산림청장이 5년마다 사방사업 기본계획을 수립하고, 사방사업 전문가 등 3인 이상이 참여하는 타당성평가 과정을 거쳐 사방댐의 설치여부를 결정한다. 타당성평가는 사방댐 공사금액이 1억 원 이상이거나 사업면적 1ha 이상, 시설거리 500m 이상일 때 이루어지는데, 사방댐의 필요성·적합성·환경성 등을 평가하도록 하고 있다⁸⁾. 이때 사방댐이 산림청 소관의 국유림에 설치할 경우에는 지방산림청장이 국가사업으로 시행하고, 사유림일 경우에는 광역시·도지사가 시행한다.

사방댐은 산사태 발생이 우려되는 지역으로 인명피해 또는 주요 공공시설의 피해가 예상되는 지역과 저사·저수 겸용 목적으로 시공할 수 있는 지역을 우선적으로 시공대상지로 선정한다. 사방댐의 위치는 시공목적·지형·지질 등에 따라 가장 효율적이고도 경제적인 장소를 선택해야 하는데(전근우, 2012)⁹⁾, 사방댐의 입지기준은 산림청의 「사방사업의 타당성 평가기준」에서 정하고 있다. 이 기준에 의하면, 사방댐은 면적이 적당하고, 멸종위기 동·식물의 서식지가 아닌 지

7) 시·도지사 또는 지방산림청장은 평가위원으로 사방사업 분야에 관한 학식과 전문지식이 있는 사방분야 강의를 담당하고 있는 대학교수, 산림기술사 또는 1급 산림공학기술자 자격증을 소지하고, 사방업무에 5년 이상 종사한 자, 산림과 관련된 환경단체에서 활동하고 있는 자, 사방사업 업무를 담당하고 있거나 사방사업 업무를 3년 이상 담당하였던 5급 이상의 공무원, 5급 이상 공무원으로 퇴직한 자 중 사방사업 분야 업무에 3년 이상 종사하였던 자 등을 위촉한다.

8) 사방댐 입지는 「사방사업의 타당성평가 규정」에 따르면, 계류의 물매가 급한 지역 또는 토석·나무 등의 유출이 우려되거나 진행 중인 지역에 설치하려 하는지 여부, 사방사업을 시행하여 계류의 물매를 줄이거나 토석·나무 등의 유출을 감소 또는 방지할 수 있는지 여부, 부득이한 경우를 제외하고는 사방댐이 위치하는 곳에는 암반 또는 단단한 지질층이 존재하는지 등으로 평가하고 있다.

9) ① 지반의 지지력이 부족할 경우에 발생하는 댐의 침하, 월류수에 의한 세굴, 계안침식 등에 의한 댐의 파괴를 방지하기 위해 계상 및 양안이 견고한 암반인 곳을 선정하는 것이 바람직하다.

② 원칙적으로 상류부가 넓고 댐자리가 좁은 곳을 선정해야 하지만, 계폭이 지나치게 좁은 곳은 댐둑 어깨가 파괴될 위험이 있으므로 주의해야 한다.

③ 붕괴·산사태·토석류 등에 의하여 유출된 토사가 퇴적된 곳에 사방댐을 축조할 때에는 그 직하부에 계획하는 것이 원칙이지만, 구간이 길거나 계상물매가 급한 경우에는 저댐을 군적(群的)으로 배치한다.

④ 현 계상을 고정시키기 위해 배치하는 댐은 중침식에 의하여 계상이 저하될 위험성이 있는 곳에 계획한다.

⑤ 굴곡부의 하류나 계폭이 넓은 장소는 난류가 발생하여 산각이 침식될 위험이 높으므로 유로를 고정할 수 있는 댐을 계획한다.

⑥ 유출토사를 억제하기 위한 댐은 계상물매가 완만하고 계폭이 넓은 곳에 배치하며, 특히 토석류가 발생하여 형성된 계상퇴적지는 2차 이동이 발생하지 않을 곳에 계획한다.

역 가운데 계류의 경사가 급한 지역 또는 토석, 나무의 유출이 우려되거나 진행 중인 지역, 해당 시설을 설치하여 계류의 경사를 줄이거나 토석, 나무 등의 유출을 감소시키거나 방지할 수 있는 지역¹⁰⁾을 대상으로 설치한다. 또한 건설 대상 지역의 지질이 시설을 설치할 수 있을 만큼 단단하여야 한다는 것이 명시되어 있다. 사방댐의 입지는 건설에 책임이 있는 시·도지사 또는 지방산림청장이 선정한다.

〈표 3-4〉 산림청의 사방댐 타당성평가기준

사업의 종류		평가기준	기타 고려사항
공통사항		사방사업대상지의 면적이 적정할 것 다른 용도로 개발이 예정되어 있거나 확정된 지역으로서 사방사업이 필요하 지 아니한 지역은 사방사업 대상지에 서 제외할 것 멸종위기 동 식물의 서식지가 아닐 것	사방사업 시행에 따른 예상효과 사방사업 시행에 따른 훼손 및 경관 저 해 등에 관한 사항 지역주민의 사방사업 호응도 당해 지역에서 과거 피해가 발생한 이 력 기존 사방시설물과의 연계 여부
산지 사방 사업	산사태 예방 사업	산사태 발생 위험이 크거나 우려되는 지역일 것 사방사업을 시행하여 인근의 가옥 농 경지 산업시설 등이 산사태로부터 안 전할 수 있는 예방 효과가 높은 지역 일 것	산사태 유발시설물이 있는지 여부 "산사태위험지판정표"에 의한 산사태 발생 위험등급의 분포 사항
	산사태 복구 사업	산사태가 발생한 지역일 것 사방사업을 시행하여 2차적인 붕괴 침 식 또는 토석의 유출을 방지하고 새로 운 식생을 정착시킬 수 있을 것	추가 피해 없이 자연복구의 가능성이 있는지 여부
	산지 보전 사업	산지보전사업은 황폐지화가 우려되거나 진행 중 또는 이미 진행된 지역으로서 사방사업을 시행하여 산지의 붕괴 침 식 또는 토석의 유출을 방지할 수 있 을 것	"산사태위험지판정표"에 의한 산사태 발생 위험등급의 분포 사항
	산지 복원 사업	산지복원사업은 황폐지화가 우려되거나 진행 중 또는 이미 진행된 지역으로서 사방사업을 시행하여 산림생태의 건강 활력 및 안정성의 증진이 가능할 것	토양과 식생의 종류와 특성 등
해 안 사	해안 방재림 조성	해일 풍랑 모래날림 염분 등에 의한 피해가 우려되거나 진행 중 또는 진행 된 지역일 것 사방사업을 시행하여 해일 풍랑 모래	경관창출 국토보전 및 지역발전의 기 여도 등

10) 산림청의 「사방사업의 설계·시공 세부기준」에 의하면, 사방댐은 상류부가 넓고 댐자리의 계류 폭이 좁은 곳, 지류의 합류점 부근에서는 합류점의 하류부, 가급적 암반이 노출되어 있거나 지반이 암반일 가능성이 높은 장소, 특수목적용을 가지고 시설하는 경우에는 그 목적 달성에 가장 적합한 장소 등에 설치하도록 하고 있다.

사업의 종류		평가기준	기타 고려사항
방사 사업	사업	날림 염분 등에 의한 피해를 감소하거나 방지할 수 있을 것 만조해안선으로부터 200미터 이내일 것 목본류의 활착 생장이 가능할 것	
	해안 침식 방지 사업	만조해안선과 연결한 지역으로서 파도 등에 의한 해안 침식이 우려되거나 진행 중 또는 진행된 지역일 것 사방사업을 시행하여 파도 등에 의한 해안 침식을 감소 또는 방지할 수 있을 것	경관창출 국토보전 및 지역발전의 기여도 등
야계 사방 사업	계류 보전 사업	계류보전사업은 계류 바다, 양쪽 사면의 침식이 우려되거나 진행 중 또는 진행된 지역으로서 사방사업을 시행하여 유속을 줄이고 계류 바다, 양쪽 사면의 침식을 감소 또는 방지할 수 있을 것	상류의 산사태 발생 및 토석유출의 위험정도 유역면적, 계류의 물매, 계류 폭, 산림과의 접촉된 정도, 계류의 유량 등 현지 여건
	계류 복원 사업	계류복원사업은 계류의 훼손이 우려되거나 진행 중 또는 진행된 지역으로서 사방사업을 시행하여 계류의 훼손을 감소 또는 방지하고 계류생태의 건강 활력과 안정성의 증진이 가능할 것	상류의 산사태 발생 및 토석 유출의 발생 위험정도 유역면적, 계류의 물매, 계류 폭, 산림과의 접촉된 정도, 계류의 유량 등 현지 여건 계류 주변 식생과 토양의 종류와 특성
	사방댐 설치 사업	계류의 물매가 급한 지역 또는 토석 나무 등의 유출이 우려되거나 진행 중인 지역일 것 사방사업을 시행하여 계류의 물매를 줄이거나 토석 나무 등의 유출을 감소 또는 방지할 수 있을 것 부득이한 경우를 제외하고는 사방댐이 위치하는 곳에는 암반 또는 단단한 지질층이 존재할 것	유역면적, 저사효과, 계류 폭, 노출암반 정도, 계류의 유량 등 현지 여건

자료: 산림청, 2009, 사방사업의 타당성 평가규정

사방댐은 산지에서 발생하는 돌발홍수(flash flood)로 하류로 공급되는 토사로 인한 재해를 방지하는 효과가 크다는 것에 대해서는 이론의 여지가 없으나, 시설업지나 환경문제 등에 대해서는 다음과 같은 비판이 제기되고 있다.

첫째, 사방댐 설치에 토지소유주가 동의해 주지 않아서 사방댐이 산 중턱이나 적지가 아닌 위치에 건설되는 문제가 발생하고 있다. 『사방사업법』 제5조 사방사업은 이를 국가의 사업으로 한다고 명시되어 있다¹¹⁾. 사방사업은 법 13조에 누구도 사방사업 시행에 대해 거부할 수 없고, 법 14조에서 사방지 내의 시업 등 행위를 제한할 수 있도록 되어 있는 국가적인 차원의 사업이다. 그러나 사방댐이 설치되는 지역의 주민과 동의가 쉽지 않고, 동의를 한다 하더라도 다른 지

역에 거주하는 토지소유주가 동의를 하지 않는 문제가 허다하다. 또한 지자체는 특별한 사유가 없는 한 사방댐 예산을 확보한 당해 연도에 사업추진을 해야 하므로 시설 설치를 반대하는 소유주와 지속적으로 협의하기 보다는 상류나 하류 부 등의 협이가 용이한 지역으로 위치를 이동해 설치하게 되는 경우가 많다. 감사원은 2007년 사방시설물이 산간오지 또는 보호해야할 자산과 인명이 없는 곳에 시공되어 위치가 부적절하다는 문제를 지적한 바 있다.

둘째, 사방댐 설치 대상 토지가 산지가 아닌 농지, 하천 등일 경우에는 관계 부처의 법률과 계획에서 정하고 있는 기준이 달라 설치협이가 쉽지 않은 상황이다. 『사방사업법』 제2조에서는 토지의 지목여하에 불구하고 사방댐 시행이 가능하다. 사방댐으로 대표되는 사방시설물의 설치가 계류와 소하천의 점점 부근에 위치하는 경우에는 하천의 이수 및 치수기능을 요구받는다. 이렇게 사방댐 설치를 위해 소하천 점용허가를 신청할 경우에는 『소하천정비법』에 의한 해당 시·군의 소하천정비계획을 반영해야 한다. 그런데 사방댐 설치기준에 의한 하폭과 소하천정비계획에서 정하는 법상 하천 폭이 상이하여 설치비용이 과다하게 소요되는 경우도 발생하고 있다.

셋째, 계류의 상류나 수원발생지는 사방댐이 1기만 건설되어도 그 유역의 자연환경이 훼손되는 경우가 많다. 산림청은 멸종위기 동·식물 서식처에 사방댐 설치를 지양하도록 하고 있지만, 실제 생태조사를 실시하고 시설을 설치하는 경우는 거의 없었다. 이로 인해 사방댐 설치로 인한 지역의 동·식물 서식처가 단절되고 있다는 주장이 설득력을 얻고 있다. 사방댐이 계곡을 차단하면서 상류부의 서식공간을 위축하고, 동물의 상·하류 이동을 차단하여 생태계를 분절화하는 사례가 종종 발생한다. 저류기능이 있는 사방댐의 경우, 물리적인 구조물로 인해 수서(水棲)생물의 이동통로를 차단하여 생물종이 현저히 감소하게 하는 요인이 된다.

넷째, 산지내 인간의 활동, 즉 주택지나 산업지 조성, 도로나 철도 건설 등에 의한 지반의 절토와 성토작업은 지속적으로 증가하는 추세이며, 이처럼 산지의 무분별한 개발행위는 산지 경관을 크게 훼손할 뿐만 아니라 지반 내 응력(應力)¹²⁾의 변화를 초래하여 경사면을 불안정하게 하는 요인으로 작용하여 산사태 위험¹³⁾을 키우고, 재해가 점점 대형화되며 그 빈도도 잦아지면서 기존의 사방시

12) 물체의 외부에서 외력이 가해질 때, 그 물체 내부에 이것을 저항하려고 하는 힘이 발생한다. 이 저항을 응력이라 한다.

13) 이상기후에 따른 산사태가 증가하고 있고, 그 규모도 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다. 산림재해 발생면

설만으로는 재해를 예방하는데 한계가 있다는 주장이다.

이처럼 사방댐 입지와 관련된 다양한 문제점에도 불구하고 현행 관련 법률과 제도들은 이러한 사방댐 입지의 부정적인 영향을 저감하기 위한 대응마련에 소극적이다. 따라서 충청남도 사방댐 입지와 관련된 문제점을 파악하고 대안을 마련하는 것이 필요한 상황이며 이를 위한 지방정부 차원의 검토가 필요한 시점이다.

나. 사방댐의 설치상의 문제점

1) 환경적 관점에서의 문제점

현재 사방댐은 『사방사업법』에 근거하여 사방사업의 하나로 실시하고 있다. 사방사업이란 황폐지를 복구하거나 산지의 붕괴, 토석·나무 등의 유출 또는 모래의 날림 등을 방지 또는 예방하기 위하여 공작물을 설치하거나 식물을 파종·식재하는 사업 또는 이에 부수되는 경관의 조성이나 수원의 함양을 위한 사업을 말하는데, 대상지역에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

첫째, 산지사방사업은 산지에 대하여 시행하는 산사태예방사업¹⁴⁾, 산사태복구사업¹⁵⁾, 산지보전사업¹⁶⁾, 산지복원사업¹⁷⁾ 등으로 구분한다.

둘째, 해안사방사업은 해안 모레언덕 등 해안과 연결된 지역에 대하여 시행하는 해안방재림 조성사업¹⁸⁾, 해안침식 방지사업¹⁹⁾ 등으로 구분한다.

셋째, 야계사방사업(野溪砂防事業)은 산지의 계곡, 산지에 연결된 시내 또는 하천에 대하여 시행하는 계류보전사업²⁰⁾, 계류복원사업²¹⁾, 사방댐 설치사업 등으로 구분한다.

이처럼 사방댐은 야계사방사업 중의 하나로써 사방사업에 따라 설치된 공작물과 파종·식재된 식물(사방사업의 시행 전부터 사방사업의 시행지역에서 자라

적 및 건수의 증가로 생태계의 순환이 위협받고 있으며, 연쇄적 산림재해의 가능성이 높아지고 있다. 집중강우 발생빈도의 증가로 인하여 산사태 발생면적이 2000년 이후 크게 증가하고 있다.

14) 산사태의 발생을 방지하기 위하여 시행하는 사방사업

15) 산사태가 발생한 지역을 복구하기 위하여 시행하는 사방사업

16) 산지의 붕괴·침식 또는 토석의 유출을 방지하기 위하여 시행하는 사방사업

17) 자연적·인위적인 원인으로 훼손된 산지를 복원하기 위하여 시행하는 사방사업

18) 해일, 풍랑, 모래 날림, 염분 등에 의한 피해를 줄이기 위하여 시행하는 사방사업

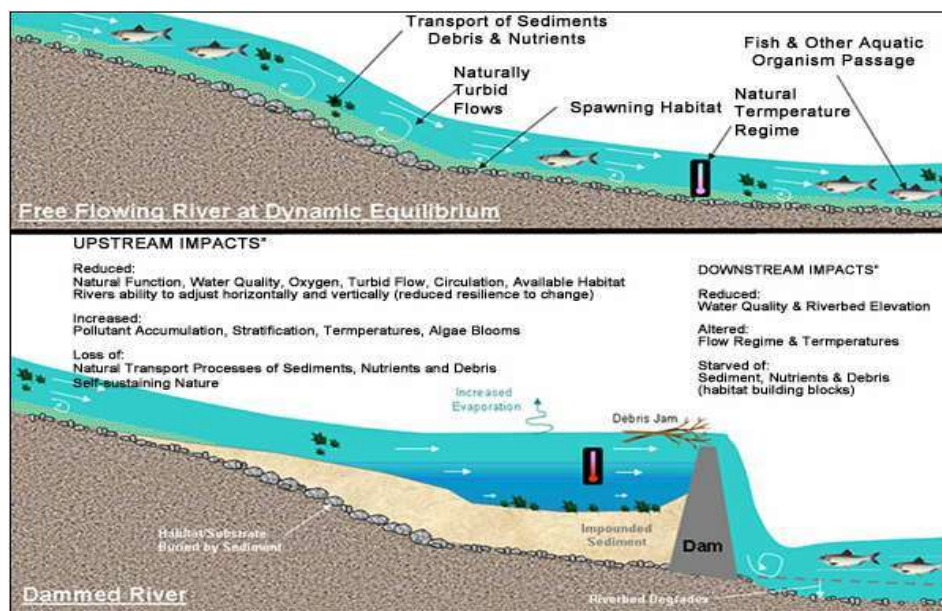
19) 파도 등에 의한 해안침식을 방지하거나 침식된 해안을 복구하기 위하여 시행하는 사방사업

20) 계류(溪流)의 유속을 줄이고 침식을 방지하기 위하여 시행하는 사방사업

21) 자연적·인위적인 원인으로 훼손된 계류를 복원하기 위하여 시행하는 사방사업

고 있는 식물을 포함한다) 등을 모두 포함하는 사업인 것이다.

대부분의 사방댐은 폭 20~70m, 높이 4~6m의 크기로 산림 내 계곡이나 소하천 등을 횡단해 설치되고 있는데, 다음 그림에서처럼 저수된 댐의 경우 지속적인 유수생태계가 사방댐 등 구조물 축조로 정수생태계로 바뀌게 된다. 사방댐의 대수면이 형성되는 저수공간은 수생생물의 서식환경으로서의 역할과 함께 야생동물의 중요한 물 공급원으로 역할을 하고 있다. 담수된 사방댐 내에는 유속이 느리고 수심도 얇기 때문에 치어의 생물 및 휴식장소가 된다. 즉, 사방댐은 수역(水域)에 서식하는 어류나 수생곤충류 등과 같은 수역생물, 곤충과 작은 동물 등의 육지생물이 함께 생육할 수 있는 종류 및 개체수를 증가시킬 뿐만 아니라 다양한 수변환경을 형성하는 데에 기여한다. 수생생물의 서식환경에서 수질은 매우 중요한데, 대부분의 생물은 수질에 있어서 생활할 수 있는 범위가 넓다(이창석 외3, 2000).



[그림 3-14] 사방댐 건설에 따른 생태계 변화

산림청의 「사방사업의 설계·시공 세부기준」에 의하면, 사방댐에는 생태통로를 설치할 수 있도록 하고 있다. 물이 흐르는 계류에 횡공작물(사방댐, 바닥막이 등)을 설치할 때에는 가급적 수서동물이 이동할 수 있는 구조로 시설하도록 하고 있다. 계류에 종공작물을 설치할 때에는 양서류·파충류 등 야생동물의 이동이 용이하도록 적정 거리에 하천접근로를 설치할 수 있다. 그럼에도 불구하고

사방댐은 사업비가 한정되어 있고 생태조사가 제대로 이루어지지 못한 구조적인 한계로 인해 어류 및 동물 종의 변화, 외래종 침입에 의한 생태계 변화 등에 대한 비판이 지속적으로 제기되고 있다.

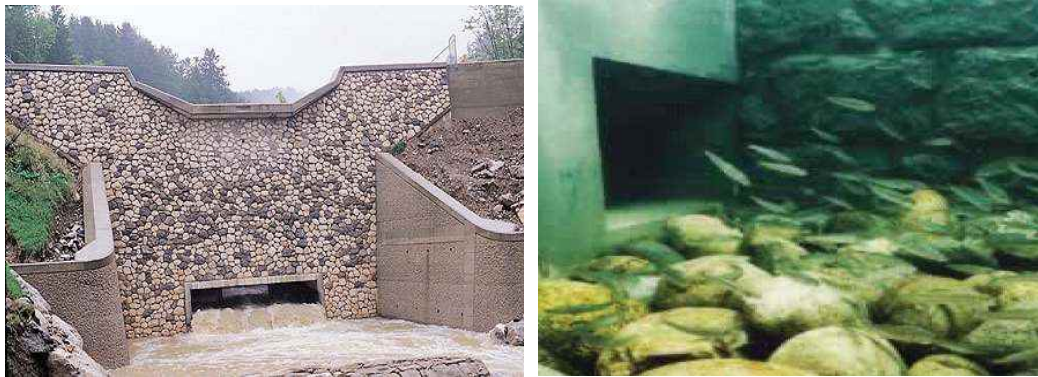
첫째, 사방댐 및 부속 구조물을 축조하는 과정에서 생태계를 단절하여 야생동물의 이동이 불가능하게 된다. 사방댐 및 부속 구조물들은 그림과 같이 야생생물에 대한 배려가 없이 조성되고 있다. 예를 들어 양서·파충류나 작은 동물이 수로에 빠졌을 경우 탈출하지 못하고 수로 내에 갇히게 된다. 따라서 설치 당시부터 이러한 생태적 여건을 배려한 이동통로 및 탈출로를 조성할 필요가 있다.



[그림 3-15] 야생동물 통로가 단절된 사방댐 및 탈출로가 조성된 측구

둘째, 사방사업법에 의한 사방시설의 정의에 의하면 구조물 외 주변의 자생식물 및 식재식물도 사방시설에 속한다. 사방사업구간 내 야생동물 서식처나 자생식물이 제거되는 경우가 대부분이며, 구조물 축조 후에 인위적으로 야생동물 서식처 및 식물을 다시 도입하게 된다. 이때 대상지 고유의 서식처나 자생식물 환경과 일치하거나 조화되지 않는 이질적 요소들이 도입되어 생태적으로 훼손 또는 교란시키거나 경관적으로 이질감을 주게 된다.

셋째, 최근 사방댐에도 어도가 도입되고 있지만, 어류의 생리를 고려한 어도 설치는 이루어지지 않고 있다. 물고기가 살지 않는 최상류지역 내 사방댐에 어도가 설치되는 경우가 있고, 어류의 종 특성에 맞게 어도가 설치되고 있지 못하다. 대부분의 사방댐을 설치하는 산림조합에서도 어도 공사비가 상대적으로 비싸고 설치가 어렵다는 이유로 설치에 난색을 표하고 있기 때문에 설계과정 단계부터 반영이 필요하다.



[그림 3-16] 어도 내 어류의 이동

넷째, 우리나라 사방댐은 「사방사업의 설계·시공 세부기준」에 어류의 이동을 위한 어도 설치만을 유도하고 있어 수생곤충, 양서류, 포유류, 조류, 주변 식물군락 등의 천이와 이동에 대한 고려는 미흡한 실정이다.

다섯째, 사방댐 상·하류에 버들류 같은 식생이 침입·생장하여 폭우나 태풍 시 유목으로 피해가 발생할 가능성²²⁾이 있다. 특히, 사방댐 주변에 덩굴류가 침입하여 식재목을 감싸 생장에 지장을 초래하고 댐에 접근이 어려운 지역이 있으며, 지주목을 제거하지 않아 철사가 식재목을 조여 생장에 지장을 주고 있는 사례도 있었다.

2) 경관적 관점에서의 문제점

산림경관은 시각자원으로서의 자원, 산림이 지니는 장소성, 생태적인 가치와 그 지역의 커뮤니티가 함께 상호작용하여 가시화 또는 가치 함양되어 있는 복합적 산물이다. 산지는 산림이라는 내용(contents)을 담는 그릇(container)인데, 산지에 설치하는 사방댐은 인공구조물로서 산림경관과 이질성을 가지고 있는 시설물이다.

산림청의 「사방사업의 설계·시공 세부기준」에 의하면, 사방댐의 자연경관을 증진하기 위해 사방댐 등 사방구조물에 덩굴류를 식재하거나 사방시설물 주변에 향토 초류종자의 파종 및 화목류·야생화 등을 식재하도록 하고 있다. 최

22) 침입식생의 생장에 따른 계상변화로 인해 유수의 흐름에 막대한 지장을 초래할 수 있는 지역이 있었다.

근에는 콘크리트 방식보다는 자연석 쌓기, 댐 어깨부의 성토에 의한 식재, 호안·비탈면의 안전공에 특수블록 등을 도입하여 경관 처리하는 경우가 많아지고 있다.

그럼에도 불구하고 사방댐은 색채와 형식, 재료 등에 있어 위화감을 조성하고 자연경관을 훼손하고 있다는 비판이 다음과 같이 제기되고 있다.

첫째, 사방댐은 일반적으로 형태, 자료, 크기, 녹화수준에 따라 경관적인 심미감이 서로 다르게 느껴진다. 충청남도의 각 시·군에서는 자연계류에 설치되는 사방재료를 다른 지역에서 공급하여 그 지역의 자연환경과 조화되지 않는 모습을 쉽게 볼 수 있다. 사방댐 출입을 금지하기 위해 설치한 펜스도 계곡경관을 저해하는 요소로 작용하고 있다.

둘째, 사방사업은 지역고유의 식생을 파괴하거나 시공지의 입지에 적합하지 않은 녹화수종을 도입하게 되면, 주변 생태계와 조화되지 못할 뿐만 아니라 그 일부로서도 기능하지 못하는 이질적인 공간을 만들기도 한다.

셋째, 사방댐 신설시 추락, 익사사고를 방지를 위해 펜스를 설치하고 있으나, 그 이전에 설치되었던 T자형 앵글이나 가시철조망이 부식되어 경관적·환경적으로 나쁜 영향을 미치고, 파손으로 인해 안전사고 위험도 있으므로 안전시설 관리에 대한 보완이 필요하다.

3) 주민 친화적 관점에서의 문제점

사방댐 설치 시 재해저감 기능뿐 아니라 주민 친화적 기능이 중요시 되면서 최근에 설치되는 사방댐의 경우 주민 친화적 시설의 도입이 활발히 진행되고 있다. 그러나 주위 여건을 고려하지 않는 획일적인 시설의 도입이 오히려 주민들의 반감을 일으키고 있다.

현재 설치되고 있는 사방댐의 주민 친화적 시설은 소공원, 팔각정, 육각정 등의 정자, 벤치, 물놀이용 물방석 등이다. 이러한 시설들은 마을 근처의 사방댐의 경우 유용하게 이용될 수 있으나 주민이 이용하기 힘든 산중턱의 사방댐에도 이와 같은 시설들을 설치하고 있어 설계 시 사용 여건을 고려하지 않은 것으로 판단되며 예산낭비가 우려된다.

제 장 충청남도 사방댐의 방향과 추진과제

1. 사방댐의 기능설정과 설치방향

가. 재해예방의 사방댐

사방댐은 재해예방 효과가 탁월하다고 알려져 산·계곡의 지역민 또는 농경지 경작자들로부터 시설요청이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 설치된 대부분의 사방댐은 산사태 발생시 토석류를 저장하거나 유목을 차단할 수 있는 재해방지 위주로 시설되어 있어 저사 및 유목차단 기능은 우수하나 생태적으로 단절된 공법이 대다수 이다. 산림 안에 있는 사방댐은 공사과정의 산림훼손과 운영을 위한 진입로 개설 등 운영과정에서 물론 주변 자연경관을 저해시키고 있어 산을 이용하는 사람, 환경단체 뿐만 아니라 지역 주민들까지 인공적인 사방댐에 대하여 거부감을 토로하고 있다. 따라서 사방댐의 기본설치 목적인 재해예방시설로서의 주 기능을 유지함을 전제 하에 반영구적 시설로서 해마다 증가하는 하는 사방댐에 대한 효과를 재점검하고 기능을 다양화 하기위한 진지한 논의가 필요한 시점이라 판단한다.

나. 용수공급의 사방댐

산림면적이 국토면적의 60% 이상에 이르는 우리나라의 경우 하천의 발원지는 산림이라 할 수 있다. 산림지역은 강우시 산림토양에 일부가 지하수로 충전되며, 일부의 증발량과 함께 대부분 유출되어 계곡을 거쳐 하천으로 유출하게 된다. 그렇지만 강우가 없는 대부분의 시기는 지하수로 충전되었던 물이 수일

이 지나면서 모두 유출되어 계곡의 상류부에서부터 물이 점점 사라져 다음 강우 시까지는 친수 동·식물에게는 시련의 기간이기도 하다. 또한 산간지역의 지표수와 지하수의 수질은 매우 양호하지만 수량적으로 하류지역의 비하여 매우 열악하기 때문에 생활용수 및 수도작 중심의 농업용수로 활용하기란 매우 취약한 지역으로 분류되고 있다. 이와 같은 산간지역의 수량부족의 피해는 해마다 반복적이며, 인간뿐만 아니라 동·식물 등에게도 광범위하게 나타날 수밖에 없다.

따라서 저수기능 대폭 강화된 사방댐을 시설하여 장마철 등 집중 호우 시에 발생하는 토사 및 유목을 일시적으로 차단하고, 물을 저류함으로써 지하수의 함양을 돕고 갈수기 등 물이 부족한 시기에 하류지역의 물의 공급하는 등 사방댐 위치 및 규모의 특성에 따라 다양한 기능을 추가하는 정책개발이 필요하다고 판단하고 있다.

다. 경관 및 주민 친화적인 사방댐

주민 친화적 사방댐은 주민들이 자연을 접할 수 있는 오픈스페이스를 제공함으로써 휴식과 여가, 다양한 지역문화를 수용할 수 있는 문화공간, 체육 및 주민 화합 공간, 그리고 수자원의 이용과 생태 및 체험공간을 제공할 수 있도록 만들어져야 한다고 판단한다.

주민 친화적인 사방댐은 재해방지 목적의 단일기능에서 다기능 시설로 전환됨으로써 효율적인 이용이 가능함을 의미한다. 주민 친화적인 활용을 통해 사방댐이 자연과의 만남의 장, 친수공간으로서 휴양 및 휴식장소의 역할을 할 수 있는 것이다.

라. 산지습지의 사방댐

산림지역은 인간의 간섭이 비교적 적어 다양한 야생 동·식물이 균형적으로 살아가는 공간으로 하천과 함께 육상생태계의 근원지(根源地)이자 보고(寶庫)이기도 하다. 따라서 사방댐의 입지 지역인 산지계류는 산림습지의 하나로서 생물종다양성 보전을 위한 배려와 함께, 주변 환경과 조화롭도록 설치하여야 함이

분명하다고 할 수 있다.

저수기능을 갖는 사방댐은 산지형, 소택형 습지가 될 수 있으며, 이러한 유형의 습지는 일반적으로 물 순환과 야생동물서식 기능이 매우 뛰어나다. 충남지역 350여개를 비롯한 전국 4,300개에 가까운 사방댐 중 저수기능을 갖는 사방댐은 물론 상시적인 저수기능은 없지만 일시적으로 저류가 되는 사방댐의 경우도 습지로서의 기능을 지니게 된다. 습지의 유형은 다음과 같이 분류한다.

- 입지에 따라 : 계곡형, 산지형, 평지형, 호수형, 소택형, 하천형,
- 수문조건에 따라 : 영구성, 계절성
- 식생조건에 따라 : 개방수면, 교목, 관목, 초본, 수생식물, 모래톱

마. 야생동물 거점지의 사방댐

여러 가지 보전 전략에도 불구하고 불가피하게 훼손되거나 소멸되는 생태계 및 서식처가 발생한다. 따라서 종다양성을 회복하고 생물서식공간으로서의 기능을 향상하기 위해 다양한 형태의 서식조건을 조성할 필요가 있으며, 계류나 얕은 물, 자갈밭, 모래톱, 덩불숲 등에 서식하는 조류를 비롯하여 양서파충류, 어류, 기타 각 동물 종을 위한 대체 서식지를 조성하여야 한다.

생물종에 따라 서식환경은 특징적인 공간으로 조성되지만 각 공간은 생태적으로 상호 관련성이 있다. 사방댐유역에 대한 생태조사를 바탕으로 적합한 서식처유형을 바탕으로 생물서식공간을 조성할 필요가 있다. 생물서식 공간 조성은 지역 생태계에서 발견된 원형을 활용하여 식재와 공간이 조성되는 것을 원칙으로 한다. 자연생태계에서는 미생물을 포함한 작은 생물들의 서식이 자연생태계 균형에 중요한 요소로 작용한다. 따라서 작은 생물이 서식할 수 있는 생활환경은 다양한 종의 식물군락을 조성해야 하는데 각 군락이 서로 다른 구성종, 연령, 천이계열을 갖고 식생군락의 구조와 층위의 복잡화를 통하여 다양한 종의 서식을 유도해야 한다.

사방댐 상류부와 하류부에는 수생태계를 안정시키고 생물다양성을 증진시키기 위한 식물 및 수서곤충 등의 생물서식공간을 조성하는 것이 바람직하다. 즉, Biotope을 조성하여 생물들의 풍부한 서식환경을 복원하여야 한다. 이때 생태연

못을 포함한 습지는 기본적으로 (습지)수문, (습지)토양, (습지)식생 등으로 구성한다.

- 수문 : 물은 수생동식물에게 서식처를 제공하며, 토양에 수분을 공급한다. 따라서 생태적 기능을 유지하기 위해서는 수문의 효율적 조절이 필요하다.
- 토양 : 토양은 식물을 지탱해 주고 각종 토양생물의 서식처를 제공하며, 각종 이온물질의 흡·탈착으로 물질순환에 기여한다.
- 식생 : 식생은 그 자체로 녹지의 양적 증대에 기여하고, 곤충의 산란 및 우화장소, 동물의 은신처와 먹이 등을 제공하며, 유입된 영양물질을 흡수하여 부영양화를 방지 한다.
- 기타 : 그 외에도 생태연못을 서식기반으로 하는 미생물을 통해 유기물이 분해되기도 하며, 여러 가지 동물이 물과 토양을 기반으로 서식하면서 미생물과 식생을 먹이로 하는 곤충류, 어류, 양서류, 조류, 포유류 등이 습지생태계에서 안정적인 먹이사슬 구조를 형성한다.

한편, 보전 가치가 있는 중요한 자생식생이나 습지, 생태계가 훼손되는 경우 이전 복원하는 방법이 고려될 수 있다. 이 경우 독립적인 이전보다는 서식환경 전체를 포함하는 단위생태계 환경을 이전하는 것이 중요하다.

바. 생태네트워크의 사방댐

동물은 먹이채취, 둥지, 급수 등 여타 행동을 취하는 가운데 여러 장소로 이동하므로, 이러한 이동경로가 확보되지 않으면 동물의 보금자리를 보전한다 하더라도 먹이나 물먹을 장소를 찾아오기가 불가능해지므로 그 생물에 적합한 생태통로를 확보할 필요가 있다.

저수기능을 갖는 사방댐은 야생동물이 물을 먹기 위해 빈번하게 찾는 장소이지만 동물의 활동특성을 고려하지 않는 상·하류 구조물은 야생동물의 이동을 제한하는 위협요소가 된다. 따라서 산책로 및 기타 구조물로 인하여 계류로의 이동통로가 차단되지 않도록 야생동물의 이동통로를 만들어 작은 동물이 이동할 수 있도록 배려한다. 야생동물 이동통로는 동물들의 단순한 이동에 이용될 뿐만

아니라, 야생동물들의 서식지와 피난처로서의 역할 등 여러 가지 기능을 갖게 되므로 녹지가 단절되지 않도록 통로(Corridor)로서의 기능을 할 수 있게 해야 하며, 사람의 접근을 유도하는 구조물이 있는 경우 보존식생 및 관찰로는 데크(Deck)를 설치하여 생태적 공간이 훼손되지 않도록 한다.

즉, 야생동물 이동통로는 야생동식물의 서식공간을 연결하여 생물의 이동이 가능하도록 하며, 생물종을 유지할 수 있는 먹이 공급원을 확보하며 생태계의 균형을 유지하고 생물의 다양성을 증대할 수 있도록 하여야 한다. 하천 및 계곡에서 어류의 이동을 어렵게 하거나 불가능하게 하는 댐, 보 등 수리구조물이 설치될 경우, 어류의 이동을 돕기 위하여 수로 또는 장치의 설치가 필수적이며, 일반적으로 어도의 설치목적은 하천 내 어류의 이동에 장애를 제거하거나 경감하는 것이지만 그 이외에도 하천생태계의 보호-육성, 친환경 상태를 유지할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

2. 사방댐 시설의 입지 및 설치전략

가. 사방댐 적정입지 기준

사방댐 자체의 목적과 기능을 극대화하기 위해서는 적지선정기준에 따라 입지를 결정하고, 사방댐의 설치는 지역특성에 부합할 수 있도록 탄력적인 기준을 적용해야 한다. 사방댐의 적지선정기준은 크게 4가지로 구분할 수 있다. 단, 인명, 가옥 등 토석류위험이 우려되는 지역에 우선적으로 설치하는 것을 전제로 한다.

첫째, 사방댐은 자연지형, 자연환경 훼손을 최소화 시킬 수 있고 절개사면 등 훼손부분은 가시지역이 최소화 되면서 토석류 차단이나 저수 기능 목적에 부합되는 지역을 선정한다. 지역주민이 원하고 사방사업이 필요한 적재적소 지역²³⁾에 자연지형 변화를 최소화할 수 있는 V형 계곡부를 채택해야 한다.

둘째, 사방댐은 가능한 한 자연과의 조화를 꾀하면서 자연을 보전할 수 있고, 기능 및 목적을 달성할 수 있는 지점을 선정해야 한다. 사방댐의 위치는 물론 높이, 형식과 함께 주위의 자연환경과 조화되도록 정해야 한다. 특히, 저수기능의 사방댐 규모는 저수목적인 용수공급, 홍수조절, 홍수피해 경감 등 경제성·기능성·활용성 등을 고려 시공해야 한다.

셋째, 사방댐 입지후보지 대안은 시각적인 영향이나 환경훼손의 정도를 기준으로 평가하여 최종 위치를 선정해야 한다. 사방댐은 가시권 분석을 하여 가시되는 면적이 최소가 되는 지역을 선정한다.

넷째, 사방댐은 동·식물의 서식환경 변화를 최소화할 수 있는 지역에 위치해야 하고, 환경변화를 최소화할 수 있는 설계, 구조, 공법을 채택해야 한다. 사방댐은 절개사면 발생을 최소화 할 수 있는 지역에 본체를 설치한다.

이러한 사방댐 적지선정기준에 의한 사방댐 대상 후보지를 선별하고, 후보지의 입지여건을 조사·분석해야 한다. 분석결과를 토대로 사방댐 설치에 따른 생태계 변화를 예측하고, 수리공학과 토목구조 측면에서 사방댐의 세부적인 위치나 규모²⁴⁾에 대한 몇 가지 대안을 설정한다. 이후 경관평가 및 환경평가를 통해

23) 도내 사방댐 현장을 조사한 결과, 사방댐이 태풍·집중호우시 재해 예방에 아주 큰 역할을 해주어 지역주민의 호응이 좋았고, 지역에 계속적인 사업 시공을 요청하는 곳이 대다수였다.

24) 산사태 의심지역과 토석류 유출이 예상지역은 대형 사방댐 1개소보다 소형 사방댐을 개통적으로 설치하는

대안을 평가하고 사방댐의 최종 위치와 규모, 형태를 결정한다.

본 연구에서는 사방댐의 입지 적정성을 제고하기 위한 정책추진과제로 ① 산지무상임대정책 개선, ② 유역단위 방제완결성 확보, ③ 환경적 타당성 확보, ④ 산사태취약지역을 도시생활권 중심으로 확대, ⑤ 산사태 사전예측·대응시스템 구축 등을 제안 하고자 한다.

첫째, 사방댐을 설치하고자 하는 지역이 사유림인 경우 토지를 무상으로 임대하여 영구적으로 활용하려는 정책은 개선되어야 한다. 국가의 중요한 시설물로 관리할 수 있도록 법제화 하고 있으므로 설치 대상지역의 산지를 매입하거나 토지임대비용을 지불할 수 있도록 제도의 개선이 필요하다. 산지매입이 어려운 경우에는 사유림 가치에 준하는 국유림으로 대토하는 방법도 고려할만 하다.

둘째, 사방댐은 유역단위로 방제완결성을 갖도록 설치해야 한다. 사방댐은 목적에 따라 분류²⁵⁾하고 황폐계류(荒廢溪流)²⁶⁾의 토사발생부²⁷⁾, 토사유과부²⁸⁾, 토사퇴적부²⁹⁾ 등 유역에 적합한 시설이 입지하도록 유도해야 한다. 동시에 지방자치체가 실시된 이후의 사방사업은 지역안배 성향에 따라 배분되고 있는 문제가 있으므로, 중·장기적으로는 유역별 우선순위에 따라 설치사업이 이루어질 수

것이 바람직하다.

25) 이제까지 우리나라는 사방댐을 구조나 형식, 재료에 따라 구분하였다. 사방댐은 기능별로 입지를 구분하면, 산각고정댐, 중침식방지댐, 계상퇴적물유출방지댐, 토석류대책댐, 유출토사억제·조절댐으로 분류할 수 있다.

① 산각고정댐 : 계상을 상승시켜 산각을 고정하고, 산복의 붕괴, 확대를 방지하여 토사생산을 억제하기 위해 시공한다. 위치는 보전대상의 직하류를 원칙으로 하며, 높이는 산각 침식을 방지할 수 있는 정도로 한다. 유출토사의 억제·조절겸용은 위치와 높이를 조절한다.

② 중침식방지댐 : 계상의 중침식을 방지하여 토사생산이 억제되는 것을 목적으로 한다. 따라서 중침식구역의 직하류에 배치하며, 높이는 퇴적구역에 중침식구역이 포함되도록 한다. 중침식구역이 긴 경우에는 저댐군을 시공하며, 댐 기초는 암반지대를 원칙으로 한다.

③ 계상퇴적물유출방지댐 : 계상에 퇴적하고 있는 불안정한 토사가 유출되는 것을 방지하기 위해 시공한다. 계상퇴적물의 유출방지댐은 계상퇴적물이 분포하는 직하류에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 높이는 댐의 퇴사면에 계상퇴적물이 포함되도록 한다.

④ 토석류대책댐 : 토석류를 억제, 완화하는 것을 목적으로 한다. 토석류를 억제하기 위해 계획토석류의 30% 이상을 퇴적시킬 수 있는 규모로 하며, 토석류의 완화를 위해 계상재료의 유출형태를 토석류→소류형태로 변화시킬 수 있도록 위치·높이·형상·기수를 정한다.

⑤ 유출토사억제·조절댐 : 유출토사를 억제, 조절하는 것을 목적으로 한다. 유출토사억제·조절댐은 하천개수구간이나 보전대상의 직상류에 시공하여 상류로부터 유출되는 토사를 일시적으로 저류한 후에 하류지역에 피해를 주지 않을 정도의 토사를 서서히 유하시키는 댐이다.

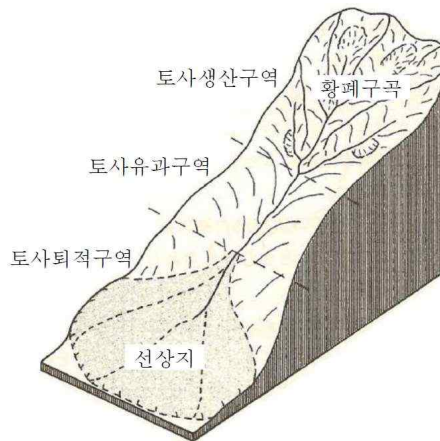
26) 길이가 짧고 매우 비탈져서 큰비가 내리면 흙, 모래, 잔돌 따위가 많이 씻겨 몹시 패진 골짜기를 말한다.

27) 붕괴작용·침식작용이 가장 활발히 진행되고 있는 유역으로, 유역의 최상류에 해당하며, 사력생산구역, 침식구역, 집수구역, 채집구역이라고도 한다. 이 지역에 내리는 강우는 일단 낮은 지역에 집수된 후에 협작부를 형성하고 있는 토사유과구역으로 유출되며, 이 과정에서 평상시에 유로에 봉락·퇴적되어 있던 다량의 토사석력이 하류로 유송된다.

28) 침식과 퇴적이 거의 발생하지 않고, 상류에서 생산된 토사가 통과하는 구역으로, 토사유과구역, 중립지대 또는 무작용 지대라고도 한다.

29) 계상물매가 완만하고, 계폭이 넓어 유수의 유송력이 저하됨에 따라 계상재료가 퇴적하는 구역으로, 사력퇴적지역 또는 침적지대라고도 한다.

있도록 제도 개선이 필요하다.



[그림 4-1] 황폐계류의 유역구분

셋째, 사방댐 설치시 환경적인 타당성을 미리 검토하는 체계를 구축해야 한다. 그간 사방댐이 재난예방시설이란 이유로 『환경정책기본법』에서 예외로 하고 있었고, 2012년 7월 개정되어 시행중인 『환경영향평가법』 시행령 별표4의 규정서도 사방사업은 소규모영향평가대상³⁰⁾에서 제외하고 있다. 그러나 사방댐은 설치과정에서는 시급성을 요하지 않을뿐더러 반영구적인 시설물로써 친환경적인 설치방안이 매우 중요하므로 환경에 미치는 영향을 미리 예측 평가하고 환경보전방안 등을 마련하도록 하여 친환경적이고 지속가능한 사방댐이 되도록 충청남도 차원에서 적합한 환경기준의 전략 등을 마련해야 한다. 이를 위하여 타당성 평가시 멸종위기 동·식물상을 중심으로 생태조사를 실시하되, 충청남도 비오톱(biotope) 지도(축척 1/5,000)와 연계하여 조사비용을 저감하는 방안을 모색하는 것이 바람직하다. 이러한 생태조사를 바탕으로 사방댐 설치예정지의 환경적 가치보다 재해위험도가 크다고 인정되는 경우에 한하여 시설입지를 허용하는 의사결정구조가 마련되어야 한다.

넷째, 산사태취약지역(전국 황폐지 기초조사 및 산사태위험등급구분도에 기초하여 작성)에서의 산지이용 제한을 강화하고 도시생활권을 중심으로 도시사방을 전면 확대해야 한다. 산지개발과 골재채취에 대해 실시되고 있는 사전재해영향성 검토를 산지일시사용까지 점진적으로 확대·적용할 필요가 있다. 동시에 주

30) "소규모 환경영향평가"란 환경보전이 필요한 지역이나 난개발(亂開發)이 우려되어 계획적 개발이 필요한 지역에서 개발사업을 시행할 때에 입지의 타당성과 환경에 미치는 영향을 미리 조사·예측·평가하여 환경보전방안을 마련하는 것을 말한다.

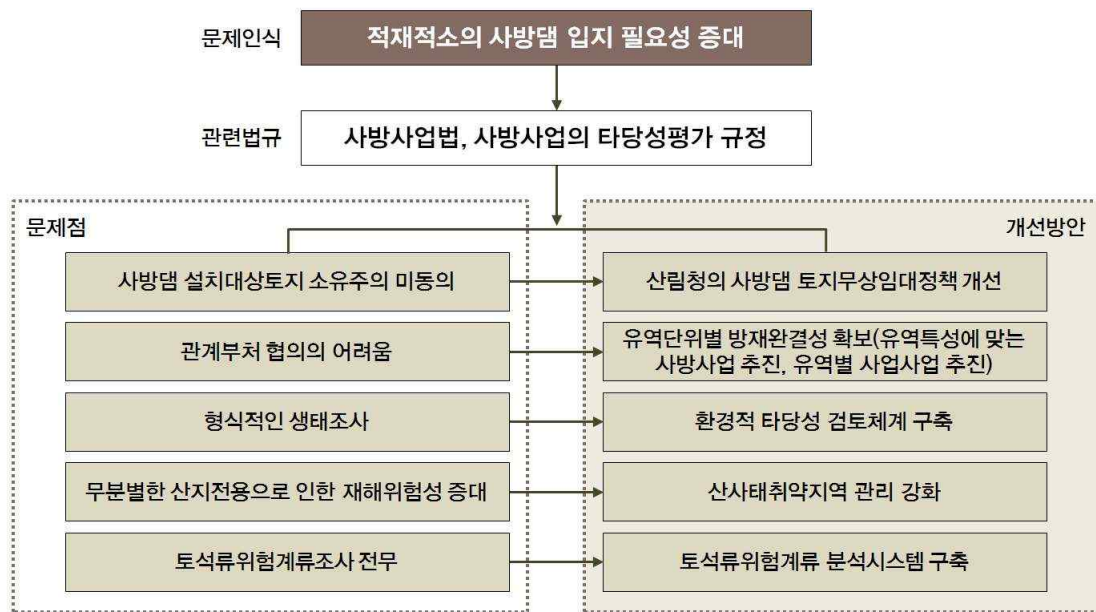
거지역과 인접한 산지³¹⁾로서 산사태·토석류로 인한 인명피해 우려가 있는 곳은 산사태취약지역으로 확대·지정하고 사방사업 최우선지로 선정해야 한다.

다섯째, 재해의 대형화·빈발화에 대응한 계획적인 사방사업을 추진해야 한다. 일본이 토석류위험계류를 분석하고 산사태위험등급을 조정하는 시스템에 주목해야 한다. 우리나라도 토석류위험계류에서 발생한 토석류의 이동경로와 피해 범위를 사전에 정교하게 예측하는 시스템이 필요하다. 이처럼 사전예방 중심의 기존의 사방사업을 확대하여 산사태 등 자연재해의 사전예측·대응을 위한 시스템을 개발하는 등 효과적인 사방사업 추진을 위한 제도적·기술적인 향상방안이 마련되어야 한다.



자료: 전근우, 2012, “사방댐시설물의 입지의 문제점과 개선방향”, 충남발전연구원 전략과제 워크숍 자료집
[그림 4-2] 일본의 토석류위험계류 및 위험등급화 사례

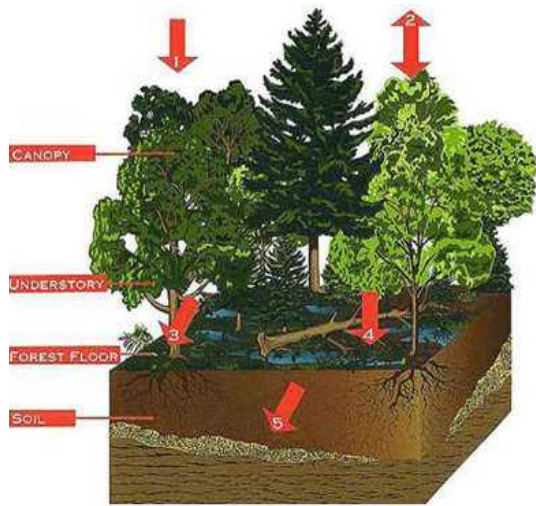
31) 최근 사방댐 예정지는 깊은 계곡에서 인근 마을이나 도시근교에 재해위험이 있는 곳에 시설하고 있고, 규모도 물 가두기 댐을 제외하고는 대부분 소규모 댐으로 시설되고 있다.



[그림 4-3] 사방댐 입지의 문제점과 개선방향

나. 환경적인 배려

우리나라의 경우 산림은 국토의 60% 이상에 이르는 가장 넓은 면적의 지배적인 경관이다. 이러한 산림은 자연형성과정(natural process) 또는 생태적 형성과정(ecological process)에 의해 천이과정을 거쳐 물리적(구조적)으로나 기능적으로 안정된 생태계를 이루게 된다.



1. Intercept rainfall, protect soils, provide shade.
2. Transpiration, nutrient storage, trap air pollutants.
3. Filter sediment and other chemicals.
4. Infiltrate, water and nutrient storage
5. Biological removal of nutrients and pollutants

[그림 4-4] Forest Watershed functions(adapted from DFPR 2009)

사방댐 설치과정에서 점차 생태계 보전, 복원 및 대체를 강조하는 생태복원 접근이 강조될 수 있다. 이러한 관점에서 환경친화적 사방댐이란 자연을 구성하고 있는 환경요소와 조화를 이루고, 미관상으로 경관미를 유지하며 자연과 조화된 사방댐으로 정의할 수 있다.

1) 자연친화적인 설치의 기본방향

자연친화적인 사방댐의 높이, 규모, 형식 등은 주변 자연환경과 조화를 이루도록 하고, 물의 이용가능성과 경제성을 고려하되, 저수의 목적이 확실하지 않을 때는 불투과형보다 투과형 시설을 설치한다.

사방댐은 조사계획 단계부터 기본설계, 실시설계 및 유지관리 단계까지 자연친화적인 설계기법을 도입하여 주변 생태계의 유지와 복원을 고려하고, 주변 자연의 특성과 대상지역의 사회적·문화적·역사적인 특수성을 고려한 개발과 보전의 조화를 이룰 수 있는 시설로 설치하여야 한다.

특히, 중요한 것은 일반적인 설치사업의 수행과정에서 일반적인 공법 및 기술을 적용한 이후에 어떻게 자연을 도입할 것인가를 고민하는 것은 바람직한 접근 방법이 아니다. 조사계획 단계부터 유지관리 단계까지 전 과정에 걸쳐 자연친화적인 공법 및 기술의 적용을 전제로 해야 한다. 이와 관련하여 자연친화댐 설치를 위한 단계별 고려사항은 다음 [그림 4-5]와 같이 제안된 바 있다(구본학,

2012).

사방댐 설치는 생태계를 파괴하는 사업이 아닌 새로운 생태계를 창조하고 복원하는 사업임을 인식시킬 수 있도록 자연복원 시스템을 도입하여야 한다. 또한, 자연은 무한재가 아니라 유한재라는 인식을 갖고 국토의 환경용량을 고려해 반드시 필요한 곳에 사방댐을 설치할 수 있도록 사회적 합의를 도출해야 한다.

나아가 주변의 자연환경과 조화되고 지역의 향토문화를 접목시킨 자연친화적인 설치 개념을 도입하고 기능 위주의 제약성에서 탈피하는 인식의 전환이 필요하다. 구체적인 실천 전략으로는 환경용량을 감안한 사방댐 설치계획 수립하되, 환경피해를 최소화할 수 있는 건설 시스템으로의 접근이 필요하다. 계획수립 단계부터 철저한 소규모환경영향평가를 이행하고, 자연친화적인 설치계획을 수립하며, 기초 환경시설의 적절한 공급과 자연의 자정능력을 활용한 수질개선 기술을 도입해야 한다. 이러한 인식 아래 다음과 같이 사방댐의 자연친화적인 설치 방향을 설정하고자 한다.

첫째, 사방댐의 설치 및 운영에 의한 자연환경 훼손을 최소화한다.

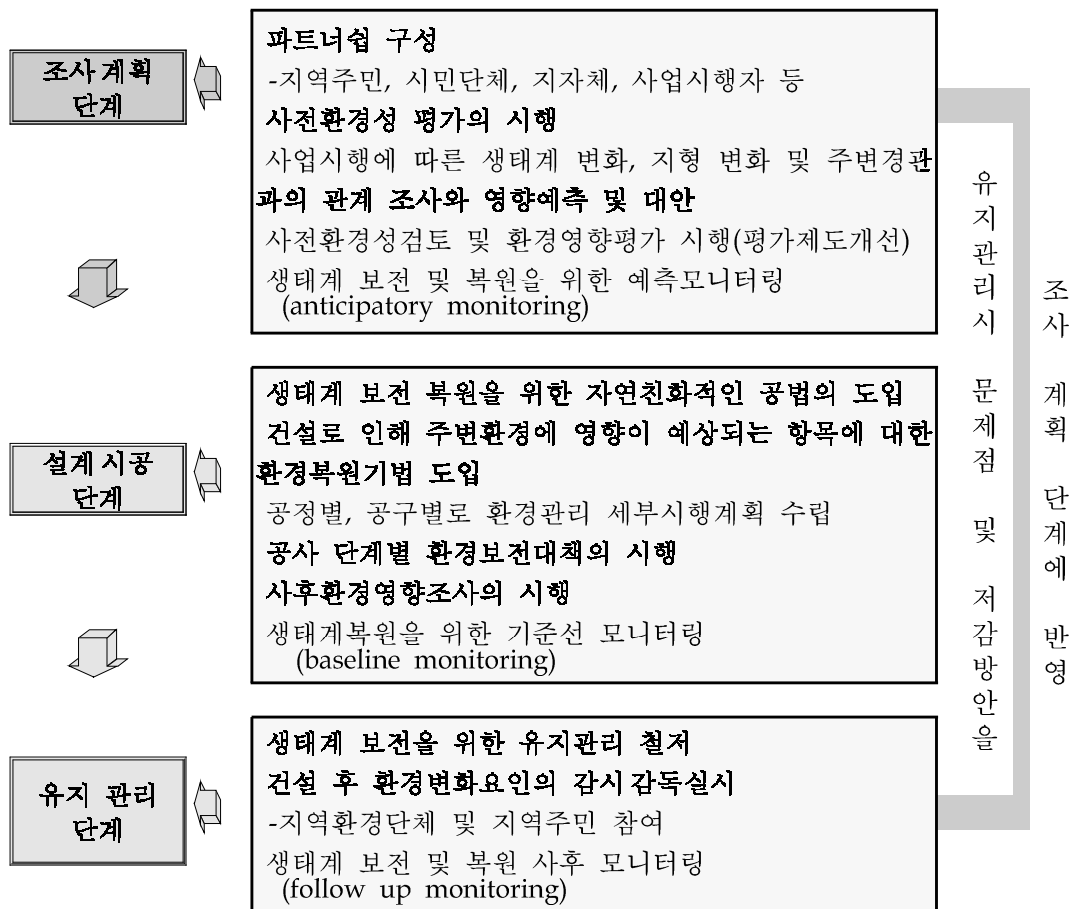
둘째, 자연자원 활용의 효율성을 최대한 높일 수 있는 대안을 선정한다.

셋째, 주변생태계의 유지와 복원을 위한 대책을 마련한다.

넷째, 주변자연의 특성과 대상지역의 정서를 고려한 경관을 조성한다.

다섯째, 자연환경에 쉽게 접근하여 활동할 수 있는 공간을 제공한다.

여섯째, 2차적인 자연훼손 및 환경오염 예방을 위한 대책을 마련한다.



[그림 4-5] 사업 단계별 자연친화적인 설치 방안

이와 같은 자연친화형 사방댐 설치를 위한 고려사항을 일반적인 댐 건설에 적용되었던 기존 지침에서 도출하면 다음 표 4-1과 같다.

〈표 4-1〉 자연친화형 사방댐 건설을 위한 실천 전략

구분	조성 방안	구체적 실천 전략
생태계보전	자생식생 및 생태계 보전	수림대 식생 및 생태계 보전
		서식지 보전
	자생식생 및 생태계 이전	자생수목 이식
		식생군집 및 생태계 이전

구분	조성 방안	구체적 실천 전략
생태계복원	훼손된 생태계복원	저수지 사면 식생 복원
		담하류사면 식생 복원
		암절개 비탈면 식생 복원
		채석장 등 훼손지 복구
	단절 및 파편화된 생태계 연결	담정상 선형 녹지 조성
		여수로 복개 및 식생 복원
		어도 조성
		생태통로 조성
	하천생태계 복원	하천환경 복원
		하천서식처 복원
		자연형 하천 및 계류 조성
	기타 복원 방안	우수저류침투 시스템
		식생섬(부도) 조성
생태계 창출	인공습지 및 생태못 조성	인공습지 조성
		생태연못 및 비오톱 조성
		수질정화용 습지
		서식지 조성
	생태공원 및 자연관찰원 조성	생태공원 및 자연학습원조성
		생태적 천이 관찰원 조성
	기타 창출 방안	친환경농업
		식생정화대(VFS)
친수 활동 및 생태관광	친수환경 조성	생태숲 조성
		친수호안 조성
		지역경제활성화를 위한 친수공간조성
	생태관광 녹색관광	담방류수 이용 친수시설 설치
		생태관광 및 녹색관광
		친수 활동 프로그램
경관 및 역사문화	주변지역과의 조화	생태관광 및 녹색관광
		친수 활동 프로그램
		친수 활동 프로그램
기타	친환경 재료	향토 자연 재료 사용
		다공질 투수성 재료 사용
		재활용 재료 사용
	토양환경 복원	표토보전 및 재활용
		수물지내 토양오염원 제거
	정책, 제도	생태 모니터링 수행
	친환경 생활환경	생태도로
		생태주택, 생태마을

주 : 국무총리실, 2003, 자연친화형 댐 건설전략에서 도출

이와 같은 요소 중에서 특히 강조되어야 할 구체적인 대안을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 자생식생은 그 지역의 기후, 풍토에 가장 적합하며, 인위적인 노력의 투입 없이도 유지 가능한 이상적인 생태계이다. 사방댐 시설을 비롯한 각종 개발 사업에서 자연식생 및 생태계의 보전³²⁾은 안정적인 생태계를 유지하기 위한 최소한의 노력이다.

둘째, 계류 내 습지, 서식처, 자생식생 등을 대상으로 생태적으로 가장 이상적인 방안은 생태계의 보전이지만 부득이하게 훼손, 소멸되는 경우에는 생태환경을 이전하거나 대체 생태계를 조성하는 방법을 고려해야 한다. 특히, 특징적인 대표 식생이나 습지 등을 이전하는 경우에는 이전지의 표토 및 생태환경을 포함하여 이전한다. 대상지 내의 자연지형과 노거수, 식생군락, 동식물 서식처, 습지, 기타 가치 있는 생태계에 대한 보전 대책을 마련해야 하며, 그 중요도를 판단하기 위한 기능 및 가치 평가 도구도 필요하다.

셋째, 사업구역 내 계류 및 유역권의 자연환경조사(토양, 동·식물 상)를 통하여 표토보존 및 활용성 있는 식생보존 방안을 강구하고, 주변공간에 자생수목에 의한 자연학습원 개념을 도입할 필요가 있다. 기타 건설로 인하여 발생된 훼손 지역에 대하여 자연복원 시스템을 도입한다.

가) 재료

대상지 내 및 인근에서 채집된 자연석, 마사토를 활용하거나 자연석과 자연재료인 목재를 조화시키는 방안도 유용하다. 인근 동선을 사토(마사토), 원목, 자갈 등 자연재료로 포장하여 향토적인 분위기를 형성하고 지역 특산 재료를 활용하여 시설물을 설치함이 바람직하다.

시설은 친환경재료의 적극적 활용이 중요한데, 최근 목재, 석재, 콘크리트 등 물리적 재료 외에도 재료 및 공정에 대한 환경영향을 강조하면서 친환경 재료에 대한 관심이 높아졌다. 특히 ISO14000시리즈에 대한 국내·외적 관심은 재료를 포함한 모든 공정에서 친환경 사고가 절대적인 비중을 차지하게 되는 계기가 되었다. 21C의 재료는 인류 활동권을 넓히고(frontier), 인류 활동권과 외부환경과의 조화를 추구하며(envIRONMENTAL), 생활환경에 대한 풍요로움(amenity) 등의 측면이 강조될 것으로 예상되며 이러한 재료를 친환경재료의 특징으로 볼 수 있다.

32) 자연식생 보전에는 수림대 식생 보전, 생태계 보전, 자연지형 보전, 그리고 서식처 보전 등을 들 수 있다.

설계기준이나 지방서에 친환경재료나 공법을 사용할 것을 의무화 하거나 권장하고 있다. 현재 자연친화형 재료로서 연구되거나 개발되고 있는 재료로는 식생콘크리트, 녹화블록, 식생섬 등을 들 수 있다. 식생콘크리트는 다공질 콘크리트를 기반으로 뿌리가 성장할 수 있도록 연속공극을 확보하며, 녹화가 가능하도록 객토층과 유기질비료, 보수제 등을 투입하여 성장환경을 조성한 재료를 의미한다(구본학, 김용규, 1999).

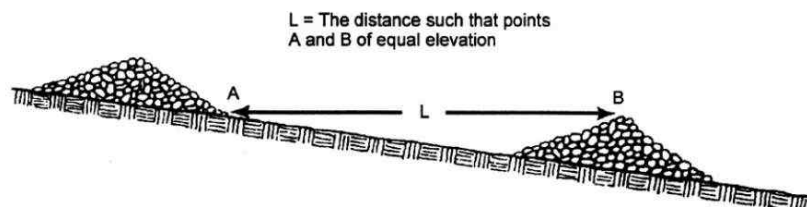
또한 현장에서 채취한 자연석이나 공사과정에서 발생한 발파암 등을 이용한 구조물 조성이나 하수처리 슬러지를 이용한 재료 개발 (투수성 포장재, 유기질비료 등) 등 재활용 재료도 매우 유용한 재료라고 할 수 있다.

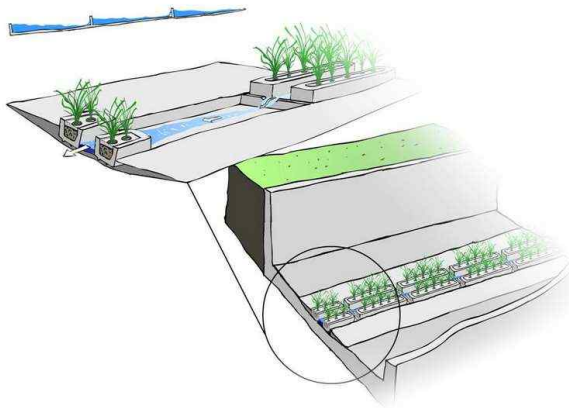


[그림 4-6] 잔디로 피복된 식생콘크리트

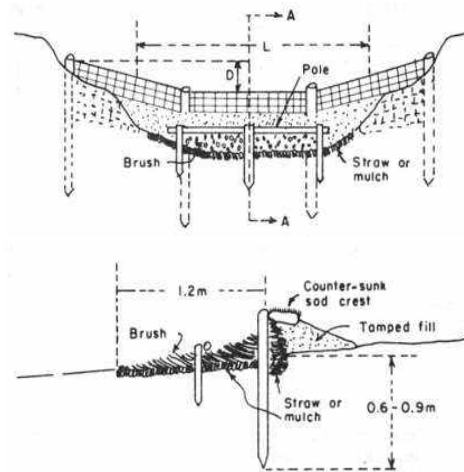
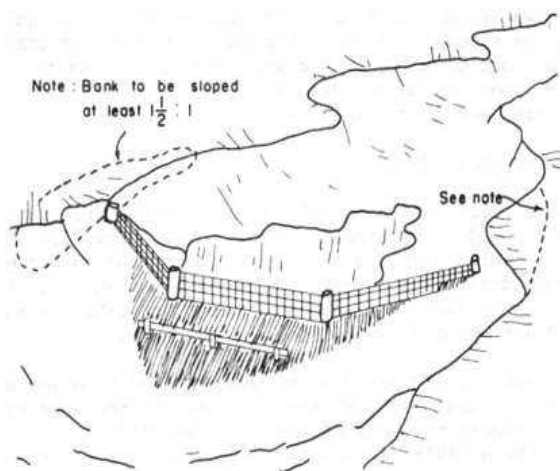
나) 물리적 구조

사방댐 대안으로 몇 가지 가능한 유형은 다음과 같이 들 수 있다. 대상지의 수리·수문조건을 먼저 검토하고 구조적 안정성에 적합한 유형을 도입해야 할 것이다.

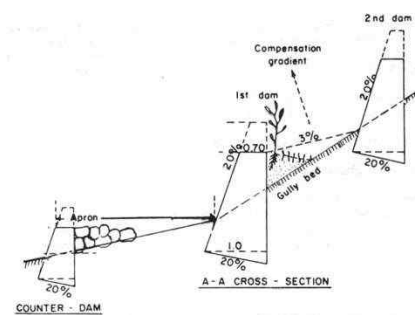
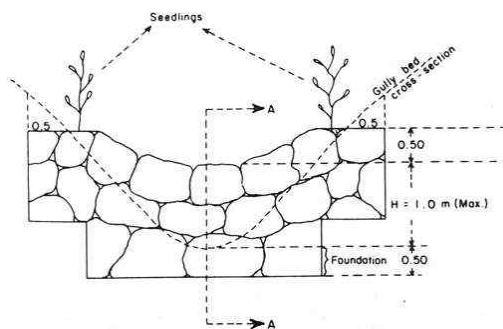




[proposed loose stone and boulder barrier]



바자울 엮기 형태의 사방댐 사례



[front view(left) and cross section(right) of proposed loose stone and boulder barrier]

[그림 4-7] 사방댐의 안정구조

자연친화적인 사방댐 설치를 위한 기본방향 및 기본원칙을 바탕으로 사방댐의 친환경성을 제고하기 위한 정책추진과제로 ① 야생동물 생태통로 조성, ② 어류 특성에 부합하는 어도 설치, ③ 인공새집 설치, ④ 환경평가제도 도입 등을 제안한다.

첫째, 사방댐의 상·하류 구조물은 야생동물의 이동을 제한하는 위협요소가

되므로, 야생동물 이동통로를 만들어 동물의 이동이 가능하도록 배려해야 한다. 야생동물 이동통로는 야생동식물의 서식공간을 연결하여 생물의 이동이 가능하도록 하며, 야생동물들의 서식지와 피난처로서의 역할 등 여러 가지 기능³³⁾을 갖게 된다. 동물은 먹이채취, 둥지, 급수 등 여타행동을 취하는 가운데 여러 장소로 이동하므로, 이러한 이동경로가 확보되지 않으면 동물의 보금자리를 보전한다 해도 먹이나 물먹을 장소를 찾아오기가 불가능해지므로 그 생물에 적합한 생태통로를 확보할 필요가 있다.

둘째, 최근 도내 사방댐에도 어도가 도입되고 있지만, 어류의 생리를 고려한 어도 설치는 이루어지지 않고 있다. 어도의 설치목적은 하천 내 어류의 이동에 장애를 제거하거나 경감하는 것이지만 하천생태계를 보호·육성하면서 친환경 상태를 유지할 수 있도록 하는 것이 더 중요하다. 따라서 각 유역에 생활하고 있는 어류의 특성을 고려한 어도 및 사방댐 자체의 구조 등을 변형하는 구체적인 방안³⁴⁾이 마련되어야 한다.

셋째, 사방시설이 주변지역에 서식하는 양서류, 포유류, 조류 등에 어떠한 영향이 미치는지 분석하고 물리적 환경변화를 통해 생태계 연결성을 확보할 수 있는 최소한의 시설을 조성할 필요가 있다. 우리나라의 계류성 조류는 물까마귀나 할미새³⁵⁾ 등이 있다. 물까마귀는 사방댐의 물빠지구멍에 서식하며 번식하기 때문에 종종 이를 폐기하여 배수기능을 저감시키기도 한다. 일본에서는 사방댐에 구멍을 뚫어 새집을 만들어 주고 있다. 국내에서 최초로 도내 사방댐에 조류특성에 부합하는 인공새집을 설치하고 서식처로 활용하는 시범사업을 추진해볼만하다.

넷째, 사방시설의 환경문제를 저감하기 위해 환경평가제도를 확립해야 한다. 이를 위해 사업을 수행하는 기관의 생태학적 전문성을 강화하고 자연환경조사에 생태학, 환경학 등 전문인력의 활용방안을 강구해야 한다. 동시에 사방시설 주변 생태계 규명을 위한 종합적인 연구를 추진해야 한다. 일본에서는 사방댐이 시공된 후 30년 후부터 100년 사이에 개체군의 멸종이 일어날 가능성이 높다고 알려져 있다³⁶⁾. 사방댐이 생태계에 미치는 악영향이 나타나는 것은 사방댐 건설 직

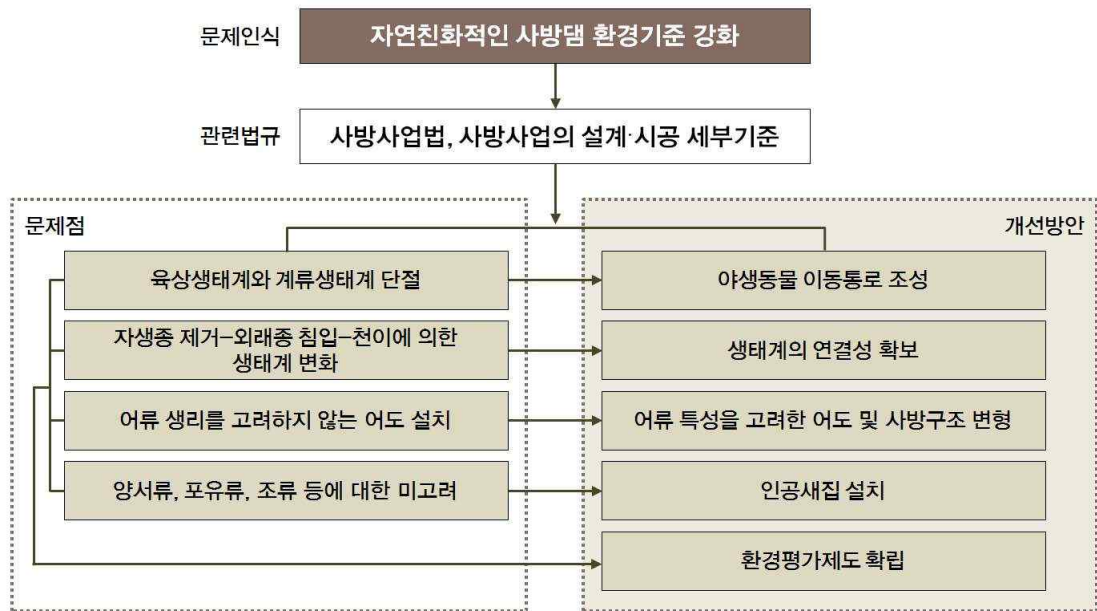
33) 야생동물 이동통로는 서식처 연결, 동물이동 경로의 보전, 서식지 범위의 보전, 충돌에 의한 위험성 경감, 가장자리의 파괴된 서식지의 새로운 서식처 제공 등의 기능을 한다.

34) 경상남도에서는 본댐 기초위에 Φ300mm 관을 매설하고 하류 담수지역으로 연결해 상·하류 소통이 될 수 있도록 하여 어류, 양서류의 이동통로로 활용하도록 하고 있다.

35) 할미새는 계류 부근에 서식하고는 있지만 배수구멍에 서식하지는 않는다.

36) 사방댐이 1970년 이후에 설치되어 30년 이상 지난 현재 어류의 멸종이 심각하게 표면화되고 있다.

후가 아닌 수십년이 경과한 이후라는 점에 주목할 필요가 있다. 미국에서는 사방댐에 의한 주변지역의 유전적 변화나 멸종을 방지하기 위해 사방댐 철거가 이전부터 진행되고 있으며, 대만에서도 대만산 산천어를 보호하기 위해 사방댐을 철거하고 있다.



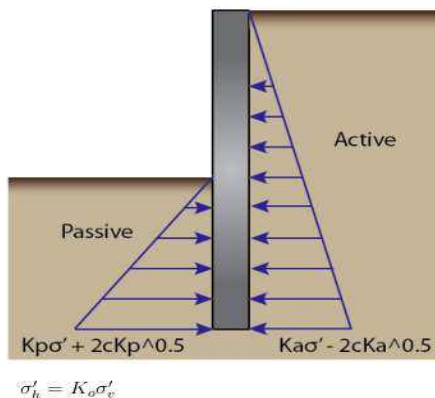
[그림 4-8] 사방댐 환경기준의 문제점과 개선방향

2) 환경 친화적인 설치 방안

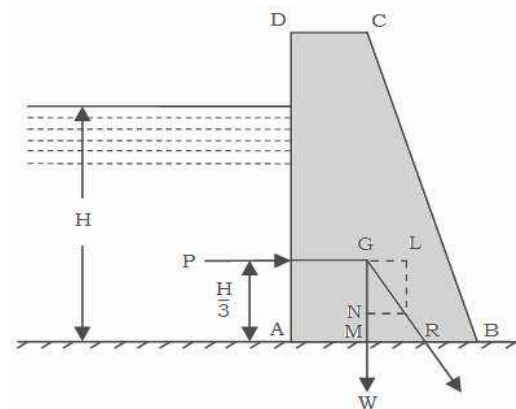
자연을 배려하고 주변환경과 조화된 사방공법을 도입하는 것은 시대적인 요구이다. 자연친화적인 새로운 사방댐 공법과 신기술을 개발하여 사방공법의 효과를 극대화해야 한다. 생태복원으로서의 사방댐 축조 단계는 기술 및 공법에 따라 다르지만 대체로 구조적 안정성 확보, 복원 기반 조성, 식생도입, 서식처 조성 등의 단계로 구분할 수 있다.

첫째, 물리적 구조로서 복원 대상의 구조적 안정성을 확보하는 것이 중요하다. 예를 들면 비탈면의 안정이나 건축물의 하중, 하천의 수리·수문 조건을 만족하는 것 등이 그것이다. 이는 물론 복원의 대상에 따라 안정의 유형이나 요구 수준이 다르며 표준화된 원칙과 일반적 수준의 검토사항은 설계기준이나 시방서 등에 이를 명시하게 되는데, 실제 개별 사업 수준에서 조성목적과 기능, 현장조

건을 반영한 구체적인 구조안정성 검토가 필수적이다. 댐이나 옹벽과 같이 횡방향의 압력을 받는 경우 수압과 토압을 받게 되며, 그림과 같이 수심 및 토심의 1/3지점에 합력이 작용하여 구조체를 넘어뜨리려는 전도모멘트가 발생하게 된다.³⁷⁾



[그림 4-9] 옹벽에 미치는 토압
(주동토압과 수동토압)



[그림 4-10] 댐에 미치는 수압 및 하중

둘째, 기반 조성이다. 일반적으로 복원 대상지의 토양을 비롯한 생태복원 기반이 열악한 경우가 대부분이며 다양한 유형의 환경압(environmental stress)이 작용하므로 적절한 기반조성이 필요하게 된다. 예를 들어 토양환경은 가급적 자연적인 토양구조를 가지고 있는 토양을 이용하여야 한다. 토양미생물 및 작은 동물의 서식이 가능하도록 함으로써 먹이연쇄 및 물질순환 고리를 연결하게 되며, 어떠한 식생을 도입하기 위해서는 수목의 종류에 따른 생육 최소 심도를 확보하는 것이 중요하며 토양성분과 수분, 영양물질, 기타 식생 활착 및 성장에 필요한 요소들을 만족시켜야 한다. 계곡 물환경의 경우에는 적절한 수질과 수위가 유지될 수 있도록 조성해 주어야 하는데, 생태연못 등의 인공습지 개념을 도입하여 토양미생물과 식물을 이용한 정화과정을 거치도록 배려하는 것이 바람직하다. 그리고 수위의 유지는 수서생물의 산란, 먹이취식, 수생식물의 발달 등과 밀접한 관계를 맺고 있으므로 지나치게 수위가 높거나 낮은 것은 지양해야 한다.

셋째, 복원목표에 따른 식생 도입 및 서식처 조성이 중요하다. 식생 도입의 경우 기반 조성과는 마찬가지로 식생 도입을 위한 제한요인이 매우 다양하기 때문

37) 그림 4-10 (<http://www.reviewcivilpe.com/tag/lateral-earth-pressure/>)

그림 4-11 (http://www.codecogs.com/reference/engineering/fluid_mechanics/water_pressure/masonry_dams.php)

에 복원 대상지의 특성에 따라 적합한 식생의 선정 및 도입이 중요하다. 목표식생은 해당지역의 식생조사를 거쳐 식물개체를 활용하거나, 종자를 채취하여 번식·재배한 식물을 이용한다. 서식처 조성 등을 위한 복원공사의 경우 조성 목표에 따라 다공질 환경을 비롯한 다양한 서식환경을 조성하여야 한다. 여기서 중요한 것은 도입하는 생물종이나 서식처 조성의 목표로 하는 생물종에 대한 충분한 생태적 지식을 습득하여 목표로 하는 생물종이 선호하는 공간들을 조성해주어야 한다. 어류서식처 조성을 위한 어소블록이나 식생도입, 곤충류의 서식환경을 조성하기 위한 돌무지, 폐목, 기타 다공질 재료, 조류 서식처 조성을 위한 덩불숲, 관목숲, 초지, 모래톱, 자갈밭, 얕은 물 등 서식처 조성 목표에 따라 다양한 환경을 조성하는 것이 중요하다.

친환경적인 사방댐 도입과 함께 서식처 및 식생복원을 위한 식생호안 조성을 위한 기법을 다양하게 검토³⁸⁾하여 적용해야 한다. 다만, 반드시 사방댐의 수리·수문 조건 검토를 선행해야 한다.

3) 경관적인 사방댐 설치

사방댐이 경관에 미치는 영향을 저감하는 방안은 경관성 검토를 실시하여 해법을 모색하는 것이 바람직하지만, 제도적인 여건 범위 안에서 사방댐이 주변경관에 조화되기 위한 정책추진과제를 다음과 같이 제안한다.

첫째, 사방댐 본래의 기능을 유지하면서 그 형태가 자연에 조화되도록 디자인한다. 사방구조물을 천연재료로 구축하게 되면 주변 경관과 위화감이 적고 경관

38)•내침식성 및 침수조건에 저항력이 있는 식생기반재

- 식생호안은 버드나무류 가지 엮기, 싹단 누이기, 나무말뚝, 야자섬유물 등으로 조성
- 종자취부공, 식생포트공, 근공, 목책공, 흙주머니 토류벽공 등으로 조성
- 버들가지 목책공은 경사 1:2~1:3의 완만한 비탈면에 적용
- 토양이동 방지 및 토양 이동량 감소를 위해 종자취부공, 식생 네트공법, 흙주머니 기반 조성 등이 유효
- 경관의 자연성과 생태적 기능 고려
- 자연석, 자갈, 사석, 식생, 나뭇가지 등 자연 재료를 사용하여 조성하며, 인공재료가 사용될 때는 계단식 호안 등 미관을 고려한 변화 추구
- 콘크리트 호안재는 방류수문 주변 등 유속이 빠른 곳으로 제한
- 인공재료를 사용할 때는 무늬의 도입, 계단식 호안 등 미관을 고려한 변화 추구
- 하류부의 유속이 빠른 곳은 사석호안 식생공 등으로 침식 방지.
- 침수빈도가 높은 저수위는 침식에 강한 석재 등을 사용하고 적은 고수부는 식생호안을 처리하는 침수빈도를 고려한 호안처리
- 새굴된 제방, 쓰러진 나무 등을 모두 제거하지 말고 일부 존치하여 야생조류와 어류의 서식처, 산란장 등을 제공
- 호안비탈면 경사가 심한 경우(1:1이상) 초본류 식재 및 파종을 고려하고, 목본류는 주변식생이 침투하여 자연 친이에 의해 안정성 확보

측면에서 바람직하다. 일본에서 아주 오랜 세월이 지나고 변형을 거듭해 안정된 계류를 살펴보면, 대부분 큰 돌들이 먼저 자리를 잡고 그 주위로 작은 돌들이 자리를 잡아 안정된 계류를 형성하고 있다. 따라서 사방을 위한 재료는 다른 곳에서 공급해 사용하기 보다는 그 지역의 돌을 사용하는 것이 바람직하고, 자연 석이라도 공사에 사용할 때는 끝 자국이 나지 않도록 훼손을 최소화하여 경관미를 보호해야 한다.

둘째, 사방시설 중 옹벽 등의 구조물에 넝쿨류를 도입하거나 다공질 식생 콘크리트판을 설치하여 자연과 조화도록 설치해야 한다. 특히, 옹벽이나 콘크리트는 자연계류(自然溪流)와 어울리지 않아 경관을 해치는 요인으로 작용하는 바, 경관블럭을 활용하거나 콘크리트에 자연석을 부착해 경관적인 처리를 해야 한다. 사방댐 펜스 전면에는 교목을 식재하여 차폐하는 방안도 검토해야 한다.

셋째, 사방댐 시설에 녹화방안을 적용하지 못한 경우에는 콘크리트 구조물이나 옹벽공 표면에 벽화를 그리거나 조각을 하는 방안도 제시될 수 있다. 최근 일본에서는 자연환경을 배려한 사방사업의 일환으로 전통적인 일본의 미를 계류 환경에 적용하려는 정원사방³⁹⁾이 도입되고 있다. 아래 그림은 일본에서 사방댐에 예술품을 전시하고 그 전체를 공원화(ground design)하여 활용도를 높인 사례이다.



[그림 4-11] 일본의 사방댐 경관블럭과 외관디자인(에히메현 시라이다니댐)

39) 정원사방의 5대 원칙으로 ① 거석, 대소의 석재는 절대 손상시키지 않고 사용한다, ② 수목은 자르지 않고, 최대한 존치한다, ③ 콘크리트 시야에 들어오지 않도록 야면석 감싼다, ④ 석재는 현지에 있는 것을 사용하고, 다른 지역에서 운반해 오지 않는다, ⑤ 정원사에게 작업 석수는 끝과 정, 쇄매를 사용하지 못하게 한다.

이러한 경관적인 사방댐 정책추진과제를 토대로 사방댐을 설계하고 시공하는 기준은 다음과 같이 마련되어야 한다.

첫째, 저수기능이 있는 사방댐은 콘크리트나 자갈, 암석 등으로 축조된 구조체 하류부에 일정부분을 성토한 후 식생을 도입함으로써, 경관을 개선하고 생태계를 복원하며 하천 좌·우안의 생태계를 연결해야 한다. 댐체를 형성하는 대규모 콘크리트는 위압감을 주며 경관적·생태적으로 자연과 조화되지 않는 요소로 작용하기 때문이다. 따라서 댐체를 적절한 방법으로 녹화하여 경관을 개선하고 생태계의 연결성을 확보해야 한다.

둘째, 성토는 원래의 구릉지 형태로 조성한다. 표토는 대상지 내의 표토를 활용하고, 인근 산림에서 식생구조가 유사한 지역의 표토를 이용하는 것을 원칙으로 한다. 식생 복원은 자연생태 복원과 동일하게 실시하는 것이 바람직하다. 주위의 산림식생을 모델로 사방댐 주변과 유사한 식생으로 시각적인 이질성을 완화하거나 주변의 산림수목을 이식하여 활용함으로써 녹화 목표를 효과적으로 달성할 수 있다.

셋째, 댐체의 비탈면 종류에 따라 녹화의 기본방향을 설정해야 한다. 필타입(fill-type)댐은 사면에 초본류나 목본류를 식재하고, 콘크리트 댐에는 기능성을 확보하면서 디자인 요소(댐의 형태, 댐체 외부표면의 무늬나 색채)를 고려하여 주변 환경과 어울리도록 한다.

넷째, 새로 사방댐을 설치하는 경우에는 사전에 본체녹화를 계획과 설계에 반영하고, 본체 녹화유형에 따라 본체 하류 사면부 녹화, 상류부 여유고 녹화, 댐정상부 녹화 등을 고려한다.

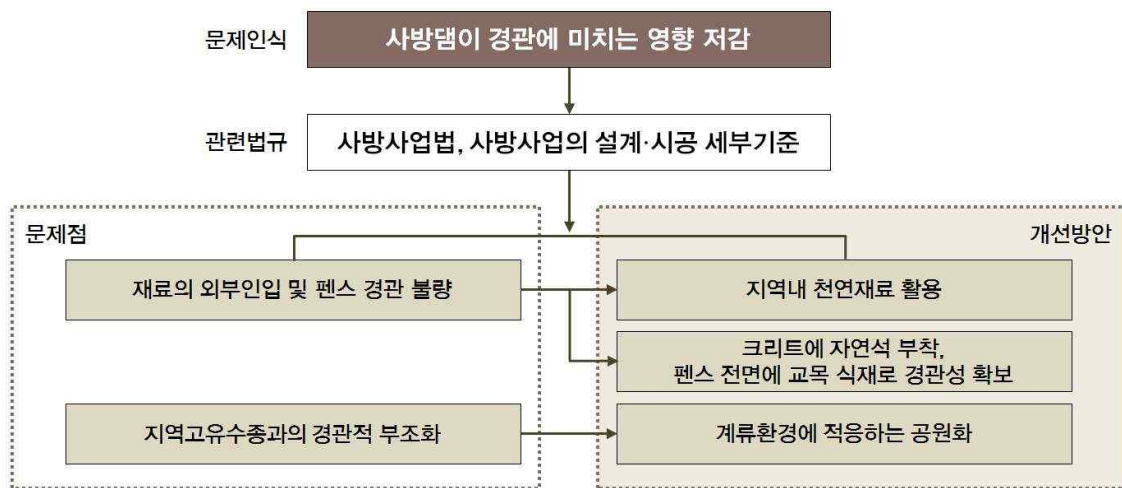
다섯째, 사방댐 주변의 식생분포를 조사하여 식재가 가능한 댐(흙댐, 사력댐 등)의 댐마루와 사면에 대한 식재(나무나 풀종류)계획을 수립해야 한다. 대상지 주변 자연식생과 어울리도록 주변 자연 식생 구조를 모델로 하여 자연식생을 재현하며, 식재수종은 수몰지에서 이식한 향토자생수종과 지역의 기후와 풍토에 적합하고 야생동물의 서식기반이 될 수 있는 수종을 중심으로 식재하도록 한다.

여섯째, 사방댐 상류측 사면의 여유고 부분을 식재하여 사면침식 방지와 경관을 고려해야 한다. 비탈면 하단부는 마운딩 처리하여 조성하고, 댐이 높고 비탈면의 기울기가 급할 경우에는 계단식 비탈면을 조성한다. 비탈면의 공사용 경사로를 이용한 식생대 조성도 중요한 과제이다.

일곱째, 균일형 필타입(Fill type)댐의 비탈면은 잔디 등 초본류 및 관목류의

식생대를 설치해야 한다. 뿌리가 깊고 수고가 크게 자라는 교목류는 댐의 안전에 영향을 줄 수 있으므로 가급적 식재하지 않는 것이 바람직하다. 성토깊이는 식물의 생육을 고려하여 최소 2미터 이상으로 하고, 토양침식 방지를 위하여 소단과 배수로를 설치한다.

여덟째, 사방댐 양안을 연결하는 야생동물의 이동통로는 자연재료(수목, 자연석, 표토)를 재활용하도록 한다.



[그림 4-12] 사방댐 경관의 문제점과 개선방향

다. 주민 친화적인 다기능화 방안

기존의 사방댐은 계간과 산각이 불안정한 산림내 황폐계류의 침식을 방지하고 산사태로 인한 토사, 석력, 유목 등의 유출을 차단하여 하류 유역의 인명, 가옥, 농지, 도로 등의 재해방지를 목적으로 1986년부터 설치사업을 추진하였다. 그 결과 하류유역의 가옥, 농경지, 산업시설 등을 보호하는 시설로 인식되어 주민의 요구가 증가하고 있다. 그러나 일부에서는 재해방지를 위한 사방댐 설치사업의 필요성을 인식하면서도 환경파괴, 경관저해 등 부정적인 시각도 대두되고 있는 실정이다.

친환경 주민 친화적 사방댐은 부정적 이미지를 벗어나 재해를 방지하여 지역

사회에 도움이 되는 시설로서 주민과 함께 할 수 있는 공간이 조성되는 것을 말한다. 따라서 친환경 주민 친화적 사방댐은 단지 재해를 방지하기 위해서만 만들어진 시설이 아니라 주민들이 자연을 접할 수 있는 오픈스페이스를 제공함으로써 휴식과 여가, 다양한 지역문화를 수용함으로써 지역주민들이 활용할 수 있는 새로운 문화공간, 체육 및 주민화합 공간, 그리고 생태 및 체험공간을 제공할 수 있도록 만들어지는 것을 뜻한다. 이러한 주민친화시설을 바탕으로 사방댐이 주민생활개선과 주변 환경개선에 이바지 하는 시설임을 각인시킬 수 있다.

사방댐은 닫힌 공간, 위험지역, 숨겨야 할 공간 시설에서 열린 공간으로 바뀔 수 있도록 누구나 언제든지 시설의 이용과 참여가 가능한 친환경 주민친화적인 시설로 조성되어야 한다. 이러한 여건 하에서 친환경 주민 친화적 사방댐에 대한 개념은 다음과 같이 정리될 수 있다.

1) 주민친화적인 사방댐의 역할과 활용방향

주민친화시설이란 광의적으로 ‘지역주민의 이용과 생활편의를 제공함으로써 지역사회에 도움이 되는 시설’이라고 할 수 있다. 따라서 일반적으로 알고 있는 공원이나 문화시설 등 어메니티 시설에 국한되지 않고, 주민생활에 도움이 되는 모든 시설을 포괄하는 것을 의미한다. 이를 사방댐에 적용시켜 주민친화적인 사방댐 또는 사방댐의 주민친화적인 활용은 사방댐 및 인접 유흥지를 이용하여 지역주민의 이용 및 편의시설 등 지역사회에 도움이 될 수 있는 시설을 제공하는 것을 의미한다. 지역에 필요한 수자원의 이용과 휴식 및 여가공간으로서 다양한 활용을 고려할 수 있는 것이다. 즉, 주민생활에 필요한 용수의 저장 및 공급, 주민들이 자연을 접할 수 있는 오픈스페이스를 제공함으로써 휴식과 여가, 지역주민을 위한 문화공간, 체육 및 주민화합 공간, 그리고 생태 및 체험공간 등 다양하게 활용할 수 있다. 기존 사방댐이 지역주민들에게 닫힌 공간, 위험지역, 감춰야 할 시설이었다면, 주민 친화적인 사방댐은 열린 공간으로 바뀌어 누구나 언제든지 이용과 참여가 가능한 시설로 조성되어야 한다는 의미를 담고 있다.

주민친화적인 사방댐은 재해방지 목적의 단일기능에서 다기능 시설로 전환됨으로써 효율적인 이용이 가능함을 의미한다. 주민친화적인 활용을 통해 사방댐이 자연과의 만남의 장, 친수공간으로서 휴양 및 휴식장소의 역할을 할 수 있는 것이다. 또한, 사방댐 인근 지역의 주민생활 및 주변환경 개선에 기여하는 시설로서 지역에 기여할 수 있으며 기존 사방댐의 부정적 인식을 긍정적으로 바꿀

기회를 제공하게 된다.

주민친화적인 활용방향과 전략은 다음과 같이 정리될 수 있다.

첫째, 사방댐이 주민친화적인 역할과 기능을 하기 위해서는 계획 및 설계단계에서 활용기능을 검토하는 것 외에도, 조성 및 시공방안, 관리 및 운영방안 등에서도 주민친화적인 고려가 필요하다. 사방댐이 계획되고, 조성되어, 관리·운영되는 전반적인 단계에서 주민친화적인 고려가 이루어졌을 때 실질적으로 주민친화적인 사방댐의 역할을 할 수 있다.

둘째, 주민친화적인 사방댐은 환경의 보전과 이용을 모두 고려하는 것을 기본 개념으로 하여, 친환경적 시설이자 주민 친화적인 시설이 되도록 해야 한다. 사방댐은 산 속에 인공물을 설치하는 개념이므로 차선책으로 활용할 필요가 있으며, 사방댐을 설치하더라도 환경과 생태계를 보존할 수 있는 사방댐을 개발해 건설하고, 설치수도 지역적 여건을 고려 조정하는 것이 바람직하다. 또한 사방댐 주변에 과도한 주민친화적인 시설을 조성하여 환경을 훼손하는 것이 아니라, 환경수용능력을 벗어나지 않는 범위 내에서 환경을 고려한 주민친화시설이 되어야 한다. 무분별한 시설의 활용은 또 다른 훼손이 될 수 있으므로 환경용량에 대한 고려가 전제되도록 하며 환경적 수용범위 내에서 적절한 규모의 시설이 활용될 수 있도록 해야 한다.

셋째, 지역의 자연산림 속에 설치되는 사방댐에 주민친화적인 시설을 도입하여 지역을 활성화시키는 수단으로 활용하도록 해야 한다. 우리나라도 주5일 근무, 주5일 수업 등으로 여가시간이 늘면서 휴양문화, 특히 등산 및 캠핑문화가 급속히 확산되고 있어 이에 따른 수요도 증가하고 있기 때문에 사방댐 주민친화적인 활용이 여가 및 휴양 수요를 충족시키는 수단이 될 수 있다. 사방댐이 설치되는 산간지역 등은 주로 도시화가 이루어지지 않는 지역이 많다. 사방댐을 산림휴양거점으로 활용하여 지역을 활성화시키는 기반을 마련할 수 있다.

이와 같이 사방댐이 실질적으로 주민친화적인 시설로 실현되기 위해서는 계획단계 기능구상부터 조성 및 시공단계, 관리운영단계에 이르는 전 과정에 주민친화적인 전략을 도입할 필요가 있다.

① 기능(용도)에 대한 공감대 형성

사방댐을 계획하는 단계에서 기능면의 다양한 활용(용도)에 대하여 검토할 필요가 있다. 지역여건에 따라 저수를 검용하여 산불진화 및 농업용수로 이용하도록 하고, 체험학습, 휴양 및 주민편의시설 제공 등 다양한 기능을 도

입하여 복합적으로 활용하도록 한다. 산간지역에 부족한 수자원을 공급하기 위한 저수기능, 정부의 녹색성장정책에 부응하는 신재생에너지시설, 여가시간 확대에 따른 휴양시설 등 다양한 여건변화를 두루 감안하여 활용할 수 있는 기능을 도입함으로써 지역주민과 방문객의 삶의 질 향상에 기여할 수 있으며 주민 친화적인 활용을 위해서는 도입기능을 설정하는 계획단계에서 주민참여를 통해 합의를 형성할 필요가 있다.

② 친환경적 조성 및 시공과 모니터링

사방댐이 산지의 자연환경이 비교적 안정된 곳에 설치하는 반영구적인 인공물인 만큼 친환경성과 안전성 등을 갖출 수 있도록 기술력이 기반이 되어야 한다. 또한 이용편의 뿐만 아니라 경관적으로도 이용객에게 매력과 친밀감을 느낄 수 있는 섬세한 시공방법 등이 고려되어야 한다. 1986년부터 콘크리트 사방댐이 시공되기 시작하여 1990년대에는 주변경관과의 조화를 고려하여 댐의 반수면에 문양과 색을 넣고 전석댐을 시공하는 등 미적효과도 고려하여 시공하고 있다. 그러나 아직까지도 충청남도의 사방댐 시공은 일개 토목공사로 치부되어 경관적, 미적인 부분이 미약한 편이다. 사방댐은 자연환경 속에서 주로 자연소재를 다루는 만큼 정원기법 등을 접목시켜 인공적인 경관보다는 자연스러운 경관이 연출될 수 있도록 해야 한다. 이와 더불어 기관 및 단체 등의 전문가와 주민참여 등을 통해 시공과정 중에 모니터링이 이루어지도록 해야 한다.

③ 적극적 관리운영체계 구축

사방댐의 주민친화적인 시설은 시설이용차원의 소극적인 운영방식을 넘어서 다양한 체험프로그램과 행사 등을 개발하여 지역문화관광자원으로 활용할 필요가 있다. 국내 주민친화적인 사방댐은 주로 휴양림 내에 사방댐을 활용한 물놀이장 및 야영장 등 시설 활용에 국한되어 있다. 시설을 보다 효율적으로 활용하기 위해서는 주민참여 등 다양한 관리운영주체를 발굴하고 네트워크를 구축하여 운영 및 홍보 등에 참여시킬 필요가 있다.

2) 주민 친화적인 다기능화 유형

기본적으로 주민 친화시설은 사방댐이라는 시설과 연계되어 활용될 수 있는 시설들로 물리적인 측면과 함께 이를 운영하고 활용할 수 있는 소프트웨어 측면이 함께 고려되어야 한다. 시설의 설치보다 어떻게 활용하는가가 시설의 가치를

더욱 높이고 시설의 목적을 효율적으로 달성할 수 있기 때문이다. 따라서 계획 단계부터 그 관리 및 운영방안이 함께 수립되어야 한다.

사방댐에 도입 가능한 주민친화적인 시설로 크게 공원, 체험·학습시설, 문화 및 집회시설, 운동시설 등으로 구분할 수 있으며, 주민친화적인 사방댐의 활용은 일차적인 목적인 유목 및 토사류 차단 기능 외, 부가적인 기능에 따라 크게 자원이용형, 체험학습형, 휴양형으로 구분할 수 있다.

〈표 4-2〉 주민친화적인 사방댐의 유형

	내용	활용목적	입지여건
자 원 이 용 형	<ul style="list-style-type: none"> - 수자원의 저장 및 공급을 통한 재이용 및 신재생에너지로 재활용 - 사방댐의 규모와 위치, 주변 환경과의 밀접한 관계 속에서 활용 	<ul style="list-style-type: none"> - 농업용수, 생활용수, 산불 등 비상용수의 공급 - 수자원을 이용한 에너지 생산 	<ul style="list-style-type: none"> - 인근 집단취락지, 군부대, 농지 등 용수가 필요한 지역 - 저수공간이 조성될 수 있는 깊이, 면적 - 주로 산간지역, 계곡 상류부에서 활용 가능
체 험 학 습 형	<ul style="list-style-type: none"> - 사방댐과 주변 자연환경을 방재 및 생태 교육과 체험 학습으로 활용 - 교육 및 홍보를 위한 소규모 시설만으로도 가능 - 가령, 방재안내시설, 어도, 새집, 관찰로 등 사방댐 설치단계에서 세밀한 시공 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 방재 현장체험 및 예방, 사방댐 기능 교육·홍보 - 자연동식물 생태관찰 등의 체험학습 	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 사방댐의 자체 활용 가능하나, 이용객의 접근성을 고려한다면 산간지역보다는 하류부 용이 - 휴양지역과 연계시켜 활용도 제고하는 것은 좋으나, 어류관찰지와 물놀이장 등 활동성이 큰 시설과는 상충되므로 분리
휴 양 형	<ul style="list-style-type: none"> - 사방댐 및 인근부지를 다양한 휴양 및 레크레이션 공간으로 활용 - 휴양시설 뿐만 아니라 전시 공연 등 문화시설, 운동 등 이용자의 편의를 고려한 다양한 활용 	<ul style="list-style-type: none"> - 자연감상, 자연휴양 - 레크리에이션 및 운동 	<ul style="list-style-type: none"> - 비교적 규모가 넓은 공한지가 필요 - 방문객 접근성이 양호한 지역에서 가능 - 주로 계곡 하류부에서 이용 가능

가) 자원 이용형

수자원을 모아 농업용수, 생활용수 등으로 재이용하거나 수자원에너지를 이용한 전력생산시설 등으로 활용하는 것을 말한다. 사방댐은 기본적으로 토석류, 유목 등 계상 이동물질을 차단하는 구조물이며, 필요시에는 저수기능을 갖도록 설치하게 된다. 충청남도의 경우 산지경사가 비교적 크지 않고 산림 녹화상태가

좋아지면서 토사유출 방지기능 보다 저수기능이 요구되고 있다. 용수저장 및 공급 목적의 저수기능은 지역주민의 생활과 직결되는 시설이므로, 필요한 지역에 설치한다면 열악한 농·산촌의 환경개선에 기여할 수 있다. 하류지역과 달리 하천의 상류인 산간지역은 물이 상시 부족한 곳이므로 계곡수, 빗물 등을 저류하여 농업용수, 생활용수로 활용할 수 있는 시설이 필요하며, 특히, 우리나라와 같이 산지의 경사도가 커서 강우 시 유출률이 높은 지역의 경우 더욱 필요하다.

한편, 일정규모의 담수능력을 갖는 사방댐은 최근 국가가 주력하는 녹색에너지 정책에 따라 소수력발전(일반적으로 1만kW 이하)을 도입할 필요가 있다. 소수력발전은 하천의 물을 모으는 댐 형태가 아닌, 자연적으로 흘러가는 그대로 이용하는 수로 형태의 발전방식이다.

나) 체험 학습형

사방댐의 재해방지 기능과 생태환경을 활용하여 교육 및 관찰 등의 학습체험을 수행하는 데 활용하는 것을 의미한다. 그간 사방댐의 역할과 기능에 대하여 방문객들에게 제대로 알려지고 인식될 기회가 없었으나, 주민친화적인 활용이 활성화되면 이용객들에게 노출될 기회가 많아지고 있다. 사방댐에 대한 지역주민과 방문객의 인식을 개선시키기 위하여 사방댐 현장이 방재교육 및 홍보 등을 목적으로 활용될 수 있다. 재해 및 사방댐과의 접촉 및 교육의 기회가 많지 않으므로 체험과 교육을 통해 재해에 대한 올바른 지식을 전달하는 공간으로 활용토록 한다.

또한, 사방댐이 설치되어 있는 곳이 주로 생태계가 잘 보전되고 있는 자연환경이므로 다양한 동·식물을 대상으로 생태체험학습이 이루어질 수도 있다. 자연생태계의 다양성을 보유하고 있는 계류부는 동식물 관찰 등 생태체험학습 공간을 조성할 수 있다. 산지 계류에 생육하고 있는 어류, 곤충, 수생식물과 수목, 조류를 비롯한 주변부의 각종 동·식물은 사방댐이나 유로공의 영향을 직·간접적으로 받으므로 사방시설에 어도를 설치하는 등 생태계를 배려한 공법을 도입하도록 하는 것이다.

이를 통해 생태환경을 향유할 수 있을 뿐만 아니라 살아 있는 생태학습장으로서 역할을 할 수 있다. 지역의 환경·생태·지리·지형적 특성을 활용하여 휴식과 교육을 목적으로 설치하여 공원이용자의 관점에서 환경 및 생태적 요소를 주제로 한 관찰·학습·체험 등이 이루어지도록 하는 것이다.

다) 휴양형

지역의 환경·생태·지리·지형적 특성을 활용하여 휴식과 교육을 목적으로 설치되는 곳이다. 이는 환경의 보전과 이용을 모두 고려하는 것을 기본개념으로 해야 한다. 즉, 사방댐을 통한 재해의 예방과 환경훼손의 방지라는 원칙을 따르되 공원이용자의 관점에서 환경 및 생태적 요소를 주제로 한 관찰·학습·체험 및 그 이상의 이용이 가능하도록 조성된 시설이다.

친수공간 및 인근에 공연, 전시, 놀이, 운동, 휴식 등 다양한 휴양활동을 위한 공간을 조성하여 활용하는 것이다. 사방댐은 주로 산림이 풍부한 계류지대에 설치되기 때문에 휴양림 지대에 설치되게 된다. 물과 녹음이 풍부한 휴양림은 여름철 피서지로 각광받는 곳으로 주로 물놀이, 캠핑, 운동, 산책 등으로 이용되고 있으며 보다 적극적으로 다양한 레크레이션 활동을 도입할 수 있다. 휴양림 및 유원지 주변 사방댐의 경우 여름철 물놀이장이 될 수 있는 친수공간으로 적극 활용토록 하되, 설계시 입지 및 활용 여건을 다각적으로 충분히 검토하여 설치하도록 해야 한다.

사방댐의 휴양형으로 도입 가능한 시설의 종류는 크게 공원, 체험·학습시설, 문화 및 집회시설, 운동시설 등으로 구분할 수 있다.

- 공원 및 휴양 : 물놀이장, 놀이터, 공원 등 편의 및 휴게시설
- 문화 및 집회 : 전시, 공연, 회의 및 집회 등의 문화적 수요 수용
- 운동 : 주민 레크레이션 및 소규모 단체 활동을 위한 운동 및 체육시설

〈표 4-3〉 활용유형에 따른 세부 도입시설

기능		세부도입시설
자 원 이 용 형	수자원 저장 및 공급시설	- 우수 등 수자원을 저장하고 공급하기 위한 관련시설 - 수자원을 저장하는 우수저류시설, 공급을 위한 생활용수 이용 집수정, 농업용수 이용 농수로
	에너지 자원화시설	- 지형에 맞는 소수력발전시설
체 험 학 습 형	재해체험 및 학습시설	- 재해예방 교육, 사방댐의 기능 역할 교육 및 홍보, 재해현장 체험 등을 위한 시설 - 야외 체험 및 학습공간, 교육안내판 및 조망시설 등 설치 - 교육공간은 공원 및 문화전시시설과 함께 복합적으로 설치 가능함 - 단순한 전시, 소개를 탈피하여 환경과 재해에 대한 교육의 장으로서 역할을 할 수 있도록 조성
	생태공원 및 학습시설	- 생태관찰시설은 자연 그대로의 생태천이 과정 또는 서식환경의 관찰이 가능하도록 조성된 공간 - 사방댐 및 주변환경을 모두 활용하여 조성하되, 교육을 위한 인공적 시설물을 설치하기보다는 자연환경 그대로를 이용한 체험장으로 조성 - 생태연못, 생태탐방로 및 관찰로, 실개천, 야생화, 곤충 인공서식지, 자연교육관, 관찰시설, 어류관찰실, 쉼터 등 조성
휴 양 형	레크레이션 및 휴양시설	- 물과 녹음을 이용하여 휴양할 수 있는 다양한 시설 - 물놀이장, 물놀이용 물방석 등 - 소공원 및 잔디광장, 놀이터, 정자 및 전망대 등 휴식시설 - 삼림욕장, 자연휴양림, 수목원 등 - 방갈로, 콘도, 캠핑장 등 - 자연탐방로, 하이킹코스, 산책로 등
	문화 및 집회시설	- 문화시설은 공연, 전시 및 문화활동을 위한 다양한 시설 - 야외 전시 및 영화상영, 공연 등을 위한 소규모 전시 및 공연장 등 - 지역주민의 회의장 및 집회장, 행사장 등 - 청소년수련원, 기업연수원 등
	운동시설	- 운동시설은 체육활동에 지속적으로 이용되는 시설과 그 부대시설 - 사방댐의 유휴지가 고려되어야 하며 실외 체력단련장, 게이트볼장, 배드민턴장, 족구장, 배구장 등 - 기타 지역주민의 요구사항 및 입지여건을 고려하여 설치

3) 주민 친화적 사방댐의 활용원칙

가) 사방댐의 입지와 접근성 고려

상류부와 하류부는 지형여건 등이 크게 다르므로 사방댐의 활용방향도 다르

다. 계곡 상류부는 주로 자원이용형, 하류부는 주로 휴양형 활용이 가능할 것이다. 상류부 산간지역에는 사방댐에 저수기능을 부가시켜 수자원 저장 및 공급시설, 에너지생산시설 등을 도입하고, 휴양공간과의 연계 보다는 관찰 및 학습공간과 연계시켜 활용할 수 있다. 계곡 하류지역에는 사방댐과 연계한 휴양공간의 조성이 가능하며, 접근성, 활용가능성, 이용 빈도 등을 면밀하게 조사하여 활용방향을 결정할 필요가 있다. 소공원 및 친수공간은 필요성과 활용도 등을 고려하여 반드시 필요한 지역에 한하여 조성하고 무용지물이 되어 예산만 낭비하는 사례가 없도록 해야 한다.

산간오지에 친수공간이 조성되는 경우, 활용 빈도가 낮고 관리가 어려워 방치되기 쉬우며 휴양공간은 계곡 하류, 마을 근처의 경우 유용하게 이용될 수 있으나 접근이 어려운 산중턱의 사방댐에 설치될 경우 예산낭비에 그칠 우려가 있다. 따라서 지역주민의 접근성을 고려하여 편의시설이 조성되어야 한다. 집단취락지 등과 인접해 있는 곳에서는 마을에서의 접근성이나 마을 규모 등을 고려하여 주민을 위한 편의시설을 조성하여 활용할 수 있으며 산간지역 마을에서 접하기 어려운 전시, 공연 등의 문화시설 등이 고려될 수 있다.

나) 사방댐 주변부지의 규모와 자원 고려

사방댐의 규모와 종류 등을 고려하여 활용하도록 해야 한다. 사방댐은 지역의 자연적 여건 및 특성에 따라 조성될 수 있는 종류와 규모가 다르기 때문에, 이에 따라서 활용방향도 달라져야 한다. 사방댐 인근 활용가능한 공한지 형성 여건과 지형여건, 자연조건 등에 따라서 활용방향을 설정하되, 활용 가능한 부지분석을 토대로 시설수용이 가능한 범위 내에서 조성하도록 해야 한다. 사방댐의 기본 기능은 재해예방에 있기 때문에, 방문객 등 이용자수를 고려하여 휴양공간을 무리하게 확장시키기보다 활용 가능한 부지규모를 고려하여 조성하되, 이에 맞게 이용자수를 적절히 제한하도록 해야 한다. 사방댐이 설치되는 장소는 생태 보고로서 역할을 하는 곳이 대부분이므로 이러한 자원을 최대한 보전하면서 활용할 수 있는 친환경적 활용방안을 강구하도록 해야 한다.

다) 주민참여를 통한 활용도 제고

사방댐의 계획단계에서부터 주민참여 및 주민협의를 통해 활용방안을 강구하도록 해야 한다. 사방댐 설치사업 공사착수 전에 지역주민을 대상으로 하는 사

업설명회는 적극적인 주민의견을 수렴하는 데 한계가 있다. 계획 초기단계에 주민의견을 수렴하여 사방댐이 지역에 기여할 수 있는 활용방안을 모색할 필요가 있으며 또한 사방댐 설치 시, 지역주민이 필요로 하는 시설을 연계시켜 조성하는 방안도 함께 검토하여 사방댐이 지역주민에게 편의와 안전을 제공하기 위한 시설로서 전환되도록 해야 한다.

제 장 결론 및 정책제언

1. 요약 및 결론

본 연구는 산사태로 인한 토사류 및 유목을 차단하여 하류지역의 재해를 예방하기 위하여 충청남도에 설치운영 중인 사방댐 시설에 대하여 다기능화 방안을 모색하고, 구조·경관적으로 거부감이 없으며, 친환경적으로 설치할 수 있는 방안을 찾고자 하였다. 이를 위하여 국내·외 사례조사와 충청남도에 설치된 사방댐의 현지 조사, 그리고 전문가와 여러 차례 논의과정 등으로 연구를 진행하였다.

연구결과의 주요내용을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 집중강우 등으로 연약해진 산지의 침식이 발생할 때, 돌발 홍수시 밀려오는 토사와 유목으로 부터 피해를 감소시키기 위한 것으로 산사태 발생위험지역에는 반드시 필요한 시설로, 2011년 말 기준으로 충청남도에는 358개소가 설치되었으나 도 단위 다른 광역자치단체에 비하여 설치된 사방댐의 수가 매우 적다.

둘째, 사방댐 설치목적은 많은 지역에서 토사차단(저사형)의 목적으로 설치되었으나, 토사저류기능 보다는 저수기능으로 유지되는 곳이 대부분이다. 저수된 물은 유원지를 중심으로 여름철 물놀이장의 휴양시설로 이용되고 있으며, 많은 지역에서는 농업용수로 활용하고 있다. 따라서 저사목적을 강조하는 사방댐 보다는 입지여건별 주민 친화적인 사방댐이 될 수 있는 관련정책의 전환이 필요하다고 판단한다.

셋째, 사방댐의 재료는 2000년대 초까지는 콘크리트댐위주로 설치하였으나 그 이후 댐체에 석재를 붙인 전석댐으로 변화하고 있으며, 필요한 석재는 대부분

채석장에서 공급받아 사용함으로써 주변경관과 이질감을 나타내고 있다. 따라서 시설과정과 시설 후 상·하류간의 생태 배려, 경관·미관저해 예방과 함께 친환경적으로 설치될 수 있도록 소규모 환경영향평가 제도를 도입해야 할 것으로 판단한다.

넷째, 사방댐의 입지결정시 토지매입 비용이 반영되지 않고 있어 무상으로 토지를 임대하기 쉬운 곳에 건설되어 재해예방의 본래기능을 담당하지 못하는 경우가 발생한다. 사방댐은 반영구적인 국가시설물로서 필요한 토지를 유상 매수하여 재해예방과 다기능적인 요소를 극대화 할 수 있는 장소에 설치하여야 한다.

다섯째, 주민 친화적으로 사방댐을 설치하기 위하여 다양한 편익시설을 설치하여 운영 중이다. 그러나 도시 연접지역 등 접근성이 용이한 지역은 활용성이 빈번하나 자연성·경관성이 떨어지고, 접근성이 용이하지 않은 편익시설은 방치되는 사례가 많으므로 사방댐 종류별, 입지여건별로 필요한 시설을 설치하여야 할 것으로 판단한다.

여섯째, 사방댐 설치 및 운영관리에 관한 정보화가 거의 이루어지지 못한 실정으로 체계적이고 효과적인 사방댐 관리를 위한 위치정보를 포함한 현황에 대한 전산 시스템의 개발 및 도입이 요구되는 실정이다. 사방댐 관리에 관한 정보화를 통해 사방댐 위치, 형태, 기능, 주변현황 등에 대한 전산시스템이 개발될 필요가 있으며, 이와 함께 사방댐의 활용 및 다기능시설에 대한 정보화도 함께 구축되어 관리할 필요가 있다. 또한, 앞으로 설치되는 사방댐은 운영에 관한 감시와 제어시스템의 도입 여부를 검토할 필요가 있다

일곱째, 도시와 산업이 발달함에 따라 산지개발에 따른 산사태위험등급 지역이 점진적으로 증가하므로 완전한 정비 보다는 먼저 사람이 순응하며 살아가는 방법을 모색하여야 한다. 이처럼 산사태로부터 완전한 인명과 재산을 보호하기 위하여 필요한 사방댐의 설치에 궁극적으로 한계점에 이를 수밖에 없다. 즉, 위험지역은 앞으로도 계속 증가할 것이므로 무엇보다도 산지경사도가 급한 곳의 위험지역은 주거용 건축행위 등은 제한되어야 한다.

결론적으로 충청남도 지역의 사방댐은 양(量)적으로 확대된 사방사업을 질(質)적 향상위주로 시행하기 위하여 산사태로부터 하류지역으로 유출되는 토석류와 유목을 차단할 수 있도록 충분한 크기의 규모적인 저수댐을 설치하고 동시

에 주위 경관과 조화롭게 설치되어야 한다. 계곡하천이 단절되는 단점을 보완하는 등 자연생태까지 고려한 저수형 사방댐이 되도록 개선하여야 한다. 또한, 지역주민의 의견을 반영하여 사방댐 본래 목적에 충실하면서도 담수공간 확보와 경관·생태·환경친화적인 사방댐이 될 수 있도록 지속적으로 기술개발과 정책적 노력이 필요하다고 본다.

2. 정책제언

가. 저수형 산지댐으로 전환

사방댐은 지구온난화에 따른 이상기후의 영향으로 산사태 등의 자연재해를 저감시키는데 탁월한 효과가 있음이 입증되었기 때문에 ‘복구 위주’보다는 피해 발생 전 ‘예방 위주’의 정책으로 도민의 재산과 생명 피해를 최소화하기 위해 보다 더 많은 지역에 대하여 지속적으로 설치하여야 함이 분명하다. 그렇지만 개발을 위한 절개지를 제외한다면 충남도의 산지는 녹화되었고 산의 경사가 비교적 완만하기 때문에 과거 산림의 침식지의 토사 유출 방지를 위한 규모가 작은 저사형 위주에서 산지 하류부에 규모를 확대한 저수형 위주의 중규모(산불진화용 저수댐) 산지댐을 설치함 타당하다고 본다.

저수된 물은 산불진화 취수용, 농업용수, 생활용 비상급수, 휴양시설 등으로 활용범위를 강화하는 등 통합적 유역 물관리 차원에서 필요하고, 운영방식에 있어서도 하류지역 하천의 건천화 예방 및 농업용저수지와 자연스럽게 연계하여 운영될 수 있도록 하여야 한다. 이와 같은 사방댐에 저수관리 방법·저수 이용형태 개발 등은 앞으로 중요한 연구 과제라 생각되며, 앞으로 사방댐이 저수기능이 보다 더 강화된다면 ‘산지댐’, ‘산림댐’ 등의 용어가 더 적합할 수 있다.

일정규모의 담수능력을 갖춘 산지댐은 집중 강우 등으로 연약해진 산지의 돌발 산사태로 인한 토석류 및 유목의 유출을 차단할 뿐만 아니라 우수되는 거대한 수력에너지를 줄여 돌발홍수로부터 2차적인 재해를 예방할 수 있다. 즉, 급경사의 산지에서 유하하는 물에너지를 줄이지 않으면 하류에 많은 피해를 유발할 수 있기 때문에 물에너지를 일시적으로 완화할 수 있을 만큼의 용량을 갖는 산지댐을 설치하여야 하는 것이다.

농업용수이든 생활용수이든 지표수, 지하수를 망라하여 물이 부족한 곳은 사실상 산간의 연접지역이다. 정부 주도로 추진한 4대강사업은 물이 부족한 지역보다 오히려 물이 많은 강 본류에 담수할 수 있는 보를 조성하였기 때문에, 농업용수와 공업용수가 필요한 지역에 강물을 공급하기 위해서는 수로사업 등 장거리 물을 송수하기 위한 공사비와 운영비가 소요되어 활용가치가 떨어진다고 볼 수 있다. 수계의 하류지역과 달리 하천의 상류인 산간지역은 물이 상시 부족할

수밖에 없으므로 계곡수와 빗물 등을 저류하여 활용할 수 있는 산지댐 시설이 필요하다. 특히, 우리나라와 같이 산지의 경사도가 커서 강우시 유출률이 높은 지역의 경우 더욱더 절실하다.

이와 같은 충남지역에 필요한 저수형 사방댐은 용도를 산불진화용수로 한정하여 입지기준으로 소방헬기의 취수원(하천, 호소 등)으로부터 5km 이내에 가급적 설치하지 않도록 하는 기준을 제시하고 있다. 그렇지만 오히려 일정규모의 유역으로부터 일정량의 담수가 가능한 산지는 연접한 하류에 농업용저수지가 입지하지 않는다면 설치를 강화할 필요가 있다. 저수형 산지댐을 설치하여 산지재해예방은 물론 겨울철과 봄철에 담수하여 산불발생시 활용하고, 농업시기에 농업용수, 갈수기는 하천유지용수로 하천의 건강성을 유지하는 순기능을 담당하고 동시에 경제성을 고려한 소수력발전을 검토하는 다기능 정책방안을 전략적으로 마련할 필요가 있다고 판단한다.

나. 사방댐 입지지역 토지매수 제도

사방사업법은 강제력이 높은 특별법 성격을 지니고 있다. 사방사업법에서 ‘사방사업은 국가의 사업으로 한다’고 명시되어 있으며, 누구도 사방사업 시행에 대해 거부할 수 없도록 명시하고 있다. 이와 같이 사방댐은 국가시설물로서 매우 중요하고 반영구적인 시설을 설치함에 있어서 설치예정지가 사유림인 경우에 무상 토지사용에 대한 저항이 매우 높아 설치에 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다. 토지를 유상으로 매수하지 않고 토지 소유주와 협의하여 무상 임대하는 것은 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 하류 주민을 보호하는 공익적인 시설임에도 불구하고 무상으로 토지를 임대하기가 매우 어렵고, 위치도 산지주와 협의가 이루어지지 않아 산중턱 또는 입지여건이 부적절한 곳에 설치하여 하류 주민의 보호보다는 산지 자체를 보호하려는 시설로 변모하는 경우가 종종 발생한다. 부적절한 사방댐의 입지는 공사과정 및 운영과정에 진·출입로 등 설치로 상당부분 산지를 훼손하여 자칫 그 자체가 재해요인이 될 수도 있고, 협의를 위하여 토지주의 요구에 따라 사방댐이 설치되어 재해예방효과가 매우 떨어질 수 있다.

따라서 사방댐 시설이 입지하는 곳은 토지 매수를 추진하기 위하여 제도화할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

다. 사방댐 설치의 우선순위

사방댐은 산지에서 발생하는 돌발홍수로부터 하류 주민의 생활을 보전을 위해 반드시 필요한 시설이란 것에 대해서는 이론의 여지가 없다. 이처럼 재해예방시설로 중요한 기능을 담당하고 있음에도 불구하고 주변경관을 고려하지 않고, 건설과정의 생태계 영향, 관리 소홀로 인한 비판적 시각이 있다. 따라서 환경적 피해를 최소화하거나 환경적 부정요인을 불식시키기 위하여 사방협회충남지부의 주관으로 실시하는 사방댐설치 타당성 평가시 보다 더 많은 환경단체 및 환경분야 전문가를 포함시키고, 사방댐 설계과정 및 공사과정에서 주민의견은 물론 환경관련 전문가의 수렴하여 반영토록 함이 타당하다고 판단한다.

산지부의 환경훼손을 최소화하고 기능적 요소를 강화하기 위하여 기본적으로 산지의 하단부에 규모를 확대하여 산지내 저수형 사방댐을 설치하여 저수기능과 토사저류기능이 충분히 유지되도록 하고, 댐하부에는 개폐형 수문을 설치하되, 물 순환기능과 어도기능이 가능하도록 설치함이 바람직할 것으로 판단한다. 상류부에 생활주민이 거주하는 경우에 산지특성에 따라 필요시 거석을 차단하기 위한 슬릿시설 또는 유목을 차단하기 위한 버트리스 시설을 설치함이 바람직하다고 판단한다.

이처럼 충청남도가 앞으로 중규모의 저수형 산지댐을 전략적으로 설치하기 위한 정책변화를 추구한다면 기존 저수형 사방댐의 1억~3억 원이 소요되는 데 반하여 저수형 사방댐은 10억 이상이 소요되기 때문에 추가적인 예산을 확보하지 않는 한 시설수가 제한적 일 수밖에 없다. 따라서 산사태위험등급구분도, 산사태위험지관리 시스템, 규모별 입지여건, 저수형 산지댐의 활용성을 토대로 토지매수비용, 설치비용 등 예산확보를 통한 우선순위 설정에 대한 추가연구가 필요하다고 판단하다.

다. 환경 및 주민 친화적인 설치

해외의 여러 나라는 사방댐이 방재의 관점에서 환경적, 주민 친화적으로 변화하였다. 우리나라 과거의 사방댐은 대부분 토사를 차단목적으로 작은 규모의 단순 중력식 콘크리트사방댐으로 시설되어 생태계 단절, 자연경관 훼손 등의 문제점이 대두되었다. 사방댐은 주변 환경과 경관과 잘 어울리도록 천연석 등을 활용하고, 시설주변은 경관에 맞도록 친환경적으로 시설해야 한다. 환경을 배려한

친환경적인 사방시설이란, 유역, 계류가 본래 지니고 있는 특성(생물종, 지역 등)을 과도하게 훼손하지 않는 것으로 방재만을 지나치게 강조하는 사방댐에서 벗어나 도민의 휴양시설, 농업용수 공급, 홍수예방, 지하수 함양, 야생 동·식물 서식처 조성 등으로 다기능화한 사방댐으로 자리매김 하기위하여 보다 더 가치를 높여야 한다.

주민 친화적인 사방댐의 활용방안은 기능적 측면에서 활용방안을 넘어서 조성과정과 관리운영에 이르는 전 과정에서 강구되어야 한다. 기능적 활용측면에서 보면, 이미 국내에서도 사방댐의 주민 친화적인 활용이 다양한 형태로 이루어지고 있었으나, 주로 물놀이장이 대부분이고, 휴양림, 수목원과 생태공원 등이다. 반면, 조성 및 시공에 있어서 기술적 측면과 관리 운영을 위한 주민참여와 프로그램 개발 등에 있어서는 다소 미흡한 것으로 나타나고 있다. 특히 주민인 친화적 활용가치를 높이기 위해서는 활용목적 뿐만 아니라, 조성 및 관리운영 과정에서도 지역행사 및 전시회, 공연 등을 연계시켜 주민참여와 다양한 콘텐츠 프로그램 개발 등을 보완하여 지역주민이 참여할 수 있도록 유도해야 한다.

사방댐의 관리 운영은 사방사업의 조사·평가·진단 및 사방기술의 지원, 국제 기술교류, 사방정책의 교육·홍보 등을 목적으로 설립된 사방협회와 연계될 필요가 있다. 그 외, 체험학습 및 휴양 프로그램 등 지역주민의 참여가 제한되는 전문영역의 경우, 지역 기관 및 단체와의 협조와 지역 유관기관 및 단체와 연계 등으로 운영 및 관리주체를 확장시킬 필요가 있다.

3. 연구의 한계

본 전략과제 연구는 충청남도 시·군별 사방댐의 전수조사를 하지 않고 설치 시기별 유형별 표본조사에 지나지 않았다. 주민친화적인 사방댐을 설치 및 운영 방안을 마련하고자 인근 주민을 대상으로 설문조사를 추진하려 했으나 여러 가지 여건으로 시공자를 중심으로 의견을 수렴한 점은 매우 아쉬운 점이다.

또한, 사방댐의 자체에 대한 구조적인 안정성에 대하여 전문적으로 연구하지 않은 채, 충남지역에 2012년 5~6월 104년 만에 찾아온 최대 가뭄으로 산지지역의 농업용수 활용과 생활용수를 중심으로 가뭄재해를 예방하는 기능을 부여하는 저수형 산지댐을 강조하면서 규모와 산지여건별 구체적인 우선순위를 정하는 가이드라인을 마련하지 못한 것은 본 연구의 한계점으로 남는다.

이와 같은 연구의 한계에도 불구하고, 충청남도의 특성을 고려한 전략적인 사방댐이 정책화되기 위해서는 충남도와 사방협회, 산림조합, 산림법인 등 공익단체의 노력이 필요하고, 더 많은 후속 연구와 정책이 융·복합적으로 이루어져 사방댐뿐만 아니라 산림정책이 함께 발전하기를 기대한다.

참고문헌

- 국가법령정보센터, 2012, 사방사업법(법률 제10844호)
- 구본학. 2003. 환경친화적 댐건설 계획 설계 지침. 건설교통부, 국토연구원.
- 구본학. 2003. “생태계복원공사”, 조경시공학. 조경학대계 IV. 한국조경학회편. 문운당. pp. 537-596.
- 구본학, 김용규. 1999. 다공질 콘크리트를 이용한 식생용 콘크리트 특성 : 다공질 콘크리트의 물리화학적 특성을 중심으로. 한국환경복원기술학회지 2(3) : 62-69.
- Suk Woo KIM, Jin Ho LEE and Kun Woo CHUN. 2008. Recent increases in sediment disasters in response to climate change and land use, and the role of watershed management strategies in Korea. International Journal of Erosion Control Engineering 1(2) : 44-53.
- 김석우 전근우 김경남 박종민 마루타니 토모미. 2011. 계단상 하상구조를 이용한 계류복원 방안. 한국환경복원기술학회지 14(4) : 11-23.
- 김석우 전근우 김진학 김민식 김민석. 2012. 2011년 집중호우로 인한 산사태 발생특성 분석. 한국임학회지 101(1) : 28-35.
- 김용규, 구본학, 안동만. 2001. “인공섬 수생식물 생육특성에 관한 연구”. 한국환경복원녹화기술학회지 4(4) : 25-35.
- 김종연, 2009, 우리나라의 사방댐 정책과 현황에 대한 연구, 한국지형학회지 제16권 제4호, pp131-144.
- 산림청 홈페이지
- 산림청, 2010, 사방사업의 설계 시공세분기준, 산림청고시 제2010-102호
- 산림청, 2011, 제41호 임업통계연보
- 산림청. 2002. 환경친화적인 사방공법정립에 관한 연구, p. 453
- 산림청. 2003. 산사태 발생원인 및 예방대책에 관한 연구, p. 563
- 산림청. 2011. 산사태 복구 및 예방사업 추진대책, p. 63
- 산림청. 2012. 자연과 조화로운 사방구조물 시공 사례집, pp. 110-117
- 서정일 전근우 김석우 김민식. 2010. 산불피해지에 있어서 강우패턴에 따른 침식토사량의 변화. 한국임학회지 99(4) : 534-545.
- 서정일 전근우 김민식 염규진 이진호 . 2011. 산지계류에 있어서 유목의 종단적 분포특성. 한국임학회지 100(1) : 52-61.
- 수질개선기획단.

- 우보명 전근우 이현호 박재현 임상준 임일재. 2006. 100 (1907 2007). p. 838
- 이성우, 차대현, 구본학, 김현규. 2002. 자연친화적인 댐 건설 추진방안. 국무총리실
- 이천용 전근우 김종선 박종석 윤호중 이창우 정용호. 2007. 100년(1907 2007) 동안의
사방 사업 및 연구의 변화와 금후 방향. 산림과학논문집 70 : 1-30.
- 장상기 김영식 유용현 전근우 김민식. 2009. 강원도에 있어서 유목 및 토석류 제어를
위한 슬릿트 사방댐의 현황과 과제. 산림공학기술 7(1) : 1-11.
- 전근우 양동윤 김석우 김경남 김재현. 2005. 피해저감을 위한 효과적인 사방댐 시공기
준() -투과형 사방댐인 경우-. 산림공학기술 3(2) : 103-124.
- 전근우. 2006. 유목()재해와 방지대책. 방재연구 8(3) : 13-22.
- 전근우. 2007. 21세기형 사방사업의 현상과 과제. 산림공학기술 5(3) : 184-196.
- 전근우 김석우 서정일 장수진. 2009). 일본 홋카이도()지역의 저댐군공법. 산림
공학기술 7(2) : 142-157.
- 전근우. 2009. 일본 의 정원사방. 산림공학기술 7(3) : 244-259.
- 전근우. 2010. 일본의 사방법과 토사재해경계구역 등에 있어서 토사재해방지대책 추
진에 관한 법률. 산림청 신()산지방재사업단 제2차 WORKSHOP 자료집 :
1-16.
- 전근우 차두송 염규진 오재현 조구현 . 2010. 산림공학 입문. 강원대학교 출판
부, p. 412
- 전근우 서정일 김석우 임영협 장수진. 2011. 개정 사방용어집. (사)한국산림기술사사무
소협의회, p. 491
- 전근우. 2011. 신고 사방공학. 향문사, p. 426
- 전근우. 2011. 산지 토사재해의 특성과 대응방안. (사)생명의숲국민본부 주최 산사태
예방을 위한 전문가 간담회 자료집 : 34-41.
- 전근우. 2011. 산사태 피해 항구대책. 경기도 2011 산림정책 연찬회 자료집 : 17-50.
- 전근우 김판석 김민식 서정일 김석우. 2002. 일본의 사방관계사법. 산림청 신산지방재
사업단, p. 178
- 전근우. 2012. 강제사방구조물설계편람. (사)한국산림기술사사무소협의회, p. 491
- 전근우. 2012. 토석류 및 유목제어를 위한 사방댐. 수충부 및 토석류 방재기술사업
단 2012 토석류 제어기술 초청세미나 자료집 : 3-20.
- Kun-Woo Chun. 2012. Present Status and Future Challenges of Erosion Control
Works in South Korea. International Symposium commemorating the 100th
Anniversary of Dr. Sin Kyu Hyun's Birth : 83-94.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Check_dam