

〈特輯 貯水池〉

貯水池 操作 ; 무엇이 문제인가 ?

Prevailing Issues on Reservoir Operation in Korea

權 五 憲*

Kwon, Oh Hun

1. 서 론

우리나라에서 대용량의 다목적댐 건설과 같은 “多目的 水資源”이라는 개념이 인식되고 사회적으로 수용된 것은 1960년대에 실시된 4대강 유역 조사를 기점으로 하고 있다. 당시 정부의 산업화 정책을 뒷받침하기 위하여 수행된 유역조사 성과에 입각하여 각종 용수의 공급과 전력의 안정적 생산을 목적으로 70년대 이래 오늘날까지 많은 댐이 건설되었다. 그동안 대형 건설장비의 운용, 품질관리등 시공기술은 물론 일부 설계능력등 국내 토목기술의 수준도 크게 향상되었음을 알 수 있다. 4대강에 건설된 댐 및 저수지는 이미 직렬 및 병렬상의 계통을 형성하고 있고, 특히 한강수계의 댐은 복잡한 樹枝狀을 이루고 있는 마당에서, 댐관리의 중요성은 점차 증대되어 어느덧 효율적인 계통조작 여부가 심각한 사회적 반응을 유발시킬 수 있는 한계점에 다달았다고 생각된다. 저수지 조작(operation)을 포함하여 보다 넓은 뜻을 갖는 저수지 및 댐 관리(management)에 관하여 기술적인 문제, 사회적인 인식 및 태도, 저수지 관리에 잠입되고 있는 관료주의적 편익성등 현안의 문제점을 살펴 봄으로써 발전의 계기로 삼고자 한다.

2. 기본인식상의 문제점

2.1 기술적 관점

가) 벡터공간과 직관의 한계
앞서 기술한 것처럼 우리나라에 근대적인 수

자원 개념이 도입된 지난 20여년간 건설, 개발에 온갖 노력이 집중된 탓에, 상대적으로 관리에 필요한 기술의 도입 발전에 소홀하였으며, 댐 관리에 관한 한 다소 안일한 자세로 문제를 처리해 왔다고 비판된다. 저수지 조작은 댐관리 소장이나 또는 중앙기관 등 누구에 의하든지 결국 의사결정 과정으로서 여기에는 과거의 경험과 판단자의 직관이 많이 작용하게 된다. 그러나 이러한 직관적 판단에는 한계가 있으며, 또한 의사결정을 위한 각종 통계, 도표, 예측 모형 등 자료는 합리적이어야 하고 신뢰성이 높아야 한다. 일반적으로 인간은 1차원 내지 2차원 공간상에서 의사결정을 가시적으로 도표화할 수 있고 따라서 5관에 의한 직관에 의존할 수 있으나 3차원 이상이되면 인간의 감각범위를 초월하게 된다. 한강수계의 댐과같이 고차의 벡터공간상에서 구성되는 문제는 최적해의 방향을 직관적으로는 판단 할 수 없게된다. 즉 시스템의 최적화에 의한 대안이 마련되어야 의사결정이 가능해진다. 댐이 1~2개 있을때의 경험이나, 또는 한강 수력댐과 같이 유입량에 비하여 저류용량이 매우적어 의사결정의 폭이 좁은 경우의 경험을 대형 시스템에 그대로 확장적용하려 한다면, 큰 오류를 범하게 될 것이다.

나) 가능해와 퇴적해의 혼돈

그동안의 저수지 조작은 침투홍수량의 저감이나 하천 갈수량의 확보 등 요구조건을 충족시키며, 전력계통의 요구 또는 회사경영 목표에 맞도록 적절히 수력발전을 하고 있는 형편이다. 이와 같이 저수위나 방류량의 상한계와 하한계 등 제약조건을 만족하도록 운영하는 방침을 피

* 충남대 공과대학 부교수

能解(feasible solution)라고 하는데 지금까지의 실무에서는 여러가지(거의 무한대)의 가능해중에서 시스템 손실을 최소화하거나 또는 이익을 최대화 하는 최적해(optimal solution)를 추구하기 보다는 우연히 결정되는 가능해에 안주하는 경향에 있다고 본다. 물의 資源으로서의 가치를 되새기고 특히 수력에너지생산의 반복성에 유의하여 제약조건의 충족만을 생각하는 소극적 자세를 버리고 수자원의 개발 이익을 극대화 할 수 있도록 적극적인 인식의 제고가 요청되고 있다.

다) Operation Study

댐의 입안이나 관리를 목적으로 과거의 유량 자료나 또는 모의 발생된 자료를 가지고 저수지를 가상적으로 조작하는 것을 Operation Study 라고 할 수 있다. 이와 같은 조작분석의 제일 큰 목적은 유입량, 방출량, 저수량등 수문량의 시계열에서 가장 불리한 조합의 발생가능성을 찾아보는데 있으며 따라서 가급적 제반 입력자료는 실제와 동일하도록 해야하는 일종의 모의 기법이다. 모의기법의 특성에서 보는 바와 같이 이와 같은 조작 분석에는 일반성이 없다. 즉 입력자료의 변동에 상응하는 결과변동은 예측 할 수 없다는 점이다. 저수지 조작 분석은 19세기의 Rippl¹⁾의 누가분석법(Mass Diagram Analysis)이 일반적으로 알려져 있다. 이 방법은, 단위시간별 물수요가 일정하지 않을 경우에는 절차가 복잡해지고, 저수면 증발손실이나 저수면 제약조건의 반영이 쉽지 않다. 따라서 여러개의 댐이 연계되어 있는 경우에는 그 절차가 너무 복잡하여 거의 이용될 수 없다. 미국 내무부 개척국(USBR)기술자 등으로 구성된 한강유역조사단에서는 저수지계의 시스템 응답을 분석하기 위하여 Lindner의 조절도법²⁾을 적용하였다. 이 방법은 저수지계의 전력평가를 위한 방법으로 조작기간중 사용수량 즉 저수지 방류량을 일정 값(prime flow라고 호칭함)으로 가정하여 저수지간의 상호영향을 선형적으로 가감하는 단

순해법이다. 유역조사 당시 한강수계의 기존 저수지수에 추가하여 신규 저수지 개발규모를 입안 함에 있어서 USBR의 기술자들은 전산기를 쓰지 않고 다차원벡터 문제를 스칼라문제로 변환하기 위하여 이 방법을 적용하므로써, 동적 시스템을 너무나 크게 왜곡, 단순화 하였다. 더구나 이 기법이 널리 보급되어 오늘날 기술용역계에서는 거의 유일한 방법인것처럼 활용되고 있는 현실에 문제가 있다. 시계열 분석에서 가장 불리한 조합을 발견하려는 저수지 조작이라는 모의 해석에서 가장 중요한 변수인 방류량을 전 기간에 걸쳐 상수로 취급하는 것은 모의분석의 기본조건이 근본적으로 위배된 것으로 그 조작성과에 의미를 부여하기 어렵다. 오늘날 PC 보급 등 전산기 사용이 일반화된 상황에서는 시스템 조작에 의한 기법을 적용해야 할 것이며, 필자가 아는 범위에서는 1950년대의 Lindner 기법을 쓰는 나라는 우리밖에 없다.

2.2 수물 보상선과 댐 관리

가) 홍수위에 대한 일반적 인식

저수지 조작에 있어서 그림 1 과 같이 저수공간을 구분하여 각 용도별로 사용하고 있다. 상시만수위란 利水用途로 쓸 수 있는 상한계선으로서 각종 용수공급과 발전에 쓰일 물을 저장하는 공간이다. 한편 상시만수위로부터 홍수위까지의 저류공간은 홍수발생시 홍수를 담기 위한 공간이므로 여름철(7월~9월)에는 비워 두어야 하므로 이와 같은 治水容量은 利水容量과는 상호배반적이다. 이때 홍수조절용량이나 이 수용

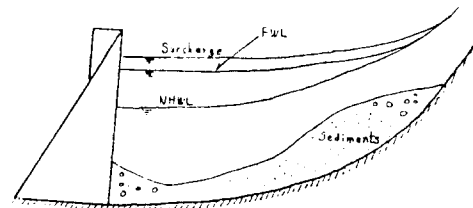


그림 1 저수지 수위 구분

1) Rippl W., "Capacity of Storage Reservoirs for Water Supply," Proc. of the *Institute of Civil Engineers* (Brit.), Vol. 71, 1883.

2) Lindner, C.P., "The Regulation Chart for Power Computations," *J. of Power Division*, ASCE, 1421, 1957.

량의 규모는 경제적인 관점에서 순수익이 최대가 되도록 결정되므로 NHWL 과 FWL 은 수문학적으로 특별한 뜻을 갖고 있지는 않다. 다시 말하면 홍수기에 저수지 조작을 최선으로 한다고 해도 저수지 수위가 FWL 를 초과하지 않으리라는 보장은 전혀 없다. 여수로설계홍수를 조절용량에 대하여 추적할 때 최대수위가 서차지 수위이므로, 일반적으로 생각하고 있는 홍수위는 서차지 수위와 개념이 유사하다. 우리나라에서 수물 보상수위를 결정하는데는 특별한 원칙이나 사회적 통념도 없이 다소 막연한 가운데 FWL 을 기준으로 보상수면이 결정되고 있다. 다시 말하면 NHWL 에서 큰 홍수에 대하여 조절을 시작할 경우에 저수지 수면이 FWL 이하로 되도록 조작하기란 일반적으로 매우 어렵다 더구나 그림 1에서 보는 바와 같이 저수지 물꼬리 근방에서는 유사의 퇴적이 심해지는데 이에 따른 배수위 변동이 영향마저 고려하고 있지 않은 우리나라의 수물보상 정책의 관행 속에서 댐관리자가 할 수 있는 일이란 저수지 관리를 설계치보다 하향조작 하는 길 밖에 없을 것이다.

나) 댐관리자의 소극적 자세

더구나 댐관리를 책임질 사람이 문제점만을 회피하는 자세를 갖는다면 사태는 더욱 악화된다. 홍수도래기 이전에 저수지 수위를 훨씬 낮춰놓고, 홍수용량을 확대 운영한다면, 외형적으로는 물의 여수로 방류를 억제하므로써 물을 효율적으로 쓴 것처럼 보일지 모르나, 이는 용수공급의 측면에서나 수력에너지 생산의 관점에서 볼 때 매우 부당한 관리이다. 또 이와 같은 운영으로 댐하류 주민들은 감소된 홍수에 익숙해지므로써 홍수기 水門관리도 점차 소홀해지고, 하천연안에 재산이 계속 집적되어 댐관리자는 댐방류량의 상한계를 점차 낮추어야 될 것이며, 이와 같이 문제의 야기 가능성을 회피한다면, 댐의 고유기능은 점점 소멸되고 투자의 효율은 크게 떨어지고 또한 장차 댐관리에 큰 위기를 자초하게 될 것이다. 댐 상하류 주민의 이해를 전제로 저수지 공간을 적극적으로 활용해야 할 것이다.

2.3 사회적 관념

저수지와 댐에 대한 사회적인 인식에도 문제가 많음을 알 수 있다. 앞서 말한 바와 같이 평년의 통상적 홍수가 발생되면 실제 조절능력이 상으로 저수지를 관리하므로 거의 홍수방류가 없게되어 댐하류 주민이나 관계기관조차도 주요 하도의 하천홍수에는 점차 무감각해지는 경향이 있다. 마치 홍수조절용량이 무한대와 같아 모든 홍수는 당연히 억제되어야 하며, 만일 홍수시 여의치 않은 방류가 있을 경우에는 마치 이것이 댐이 있기 때문에 발생된다고 믿는 경향이 있다

3. 기술적인 문제점

3.1 홍수조절

가) 유역의 호우원인별로 시스템 조작을 위한 연구가 부족한 형편이다. 한강의 경우 홍수를 유발하는 호우의 발생 원인으로서 태풍/저기압은 그림 2와 같이 대개 북동북방향으로 이동하고 이때 지체시간은 약 8시간내외이다. 전선형 호우는 그 특성상 이동방향이나 그 지체시간이 매우 임의적이며 그림 3의 경우 20시간에 달한다.³⁾

한강수계에서는 평화의 댐에 의한 홍수지체, 소양호 및 충주호의 조절로 고안지점의 홍수를 최소화 함에 있어서 단일댐별 분석에는 큰 의미가 없음을 알 수 있으며, 과거 홍수에 대한 대

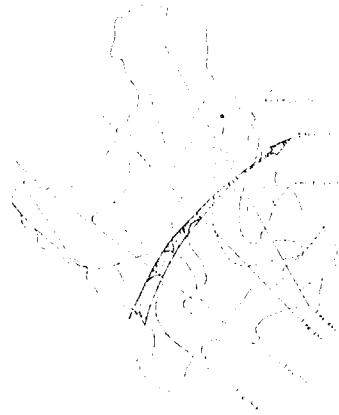


그림 2 한강유역태풍/저기압형호우의 지체

3) 선우중호외, 忠州多回的댐 建設에 따른 漢江洪水豫警報 프로그램 改善報告書, 建設部, 漢江洪水統制所, 1985, 206~210, 내용 및 그림 발췌.

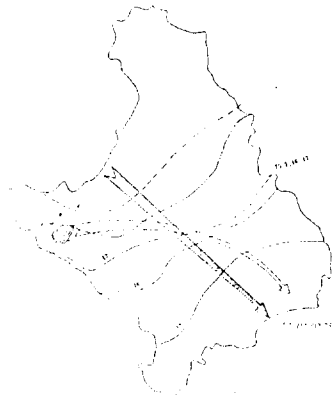


그림 3 한강유역 전선형호우 시작 시간의 지체

한 모의 조작으로 “호우위치 및 이동경로”, “홍수규모”, “저수지의 연결상태”, “저수지별 비어 있는 공간의 크기”, “하도구간별 방류량제한”, “조위(감조구역)” 등의 변수가 조합되어 방류절차가 제시되어야 할 것이다.

나) 홍수조절에 있어서 또 하나의 문제점은 조절방법의 선택이다. 유역별로 기하학적 특성이나 산업이 다르고 이해 관계도 같지 않다. 한강본류의 경우 홍수위를 낮추는 것이 절대목표이지만, 금강유역에서는 침수시간도 문제가 되고 있다. 저수지 조절로 수위가 낮아지는 것은 바람직하지만 1987.7 금강유역 홍수의 경우처럼 홍수소통이 느리고, 제방의 수문이 노후하여 외수가 유입되고, 내수배제를 위한 양수시설이 미비한 경우에 제내지의 침수시간만 연장시켜 피해를 오히려 증가시켰다는 현지민의 주장에 유의해야 될 것이다. 이들의 주장이 사실인지 여부에 관계없이 홍수조절에 있어서 주민들의 요구는 다양해지고 있으며 침투유량의 감소만을 추구하는 인식에 수정이 필요하다고 생각된다. 앞으로는 지점별, 시기별로 하도방류량과 수위에 대하여 단계별로 기준을 설정하여 유역 특성이 반영되어야 하겠다.

3.2 利水操作

가) 옥수수급 및 전력생산

우리나라에서의 댐운영은 대부분 不特定用水를 대상으로 하고 있다. 따라서 부적절한 용수 조작에 따른 피해나 손실이 제대로 밝혀지고 있지 않다. 다목적댐 조작에서 제1의 의의를 부여할 수 있는 용수공급을 위해서는 하천구간별, 월별(또는 순별)용수소요의 파악이 기본적으로도 불구하고 이에 대한 조사가 이제까지도 없었으며 다만 한강유역의 경우 기존자료에 의한 제 분석평가만이 1986년에서야 시도된 바 있다.⁴⁾ 하천연안 주민들도 물의 부족이 원천적 가뭄때문인지, 저수지 조작상의 오류에 기인한 것인지 판정할 도리가 없는 한 수리권을 주장할 수가 없는 형편이다. 또한 수력발전 역시 적절히 관리, 조작했는가를 판단하기란 쉽지 않다. 잘 알다 싶이 수력에너지는 대체로 사용유량 및 낙차의 곱에 비례하는 비선형 문제로서 과다한 조기발전으로 인한 낙차손실은 잘 인지되지 않는다. 표 1의 수치는 소양강 다목적댐 발전소의 12년간 발전실적을 분석한 결과. 나타내 주고 있다. 여기서 말하는 Rule Curve란 매월초의 저수량과 그 앞달의 실제 유입량만을 입력자료로 하여 실용을 전제로 개발된 것인데, 이에 의하면 무려 11%의 증산이 가능함을 알 수 있다. 특히 실제발전은 하루평균 7.8시간 운영하였으나, 이보다 1시간 적은 6.8시간 가동으로 이러한 증산이 가능함을 볼 때 수력발전에서 낙차의 유지관리가 얼마나 중요한지 알 수 있다.

나) 도시오수의 회석

특히 근래에 이르러 각계의 사회적 요구가 다양해지고 쾌적한 환경에 대한 욕구가 커짐에 따라 저수지 관리는 더욱 파행적인 늪으로 빠져갈

표 1. 소양강 발전소의 수력발전 평가⁵⁾

구 분	단 위	년간 발전량*	대 비	비 고
년평균 실적	10 ³ Kwh	418.9	1.00	(74.1~85.12)
최 적 화	"	1,0(0.0)	2.38	
Rule Curve에 의한 조작	"	464.8	1.11	

* 송전량 기준

4) 유신설계/권오현 외, 漢江水系 昭陽江 및 忠州多目的 댐 貯水池 最適連繫運營方案研究(I, II), 産業基地開發公社, 1986.

5) 전계서, 177

표 2 팔당댐 지점 기준갈수량(95%시간 초과)⁶⁾

단위 : m³/s

댐 명	하천	소양	춘천	의암	청명	충주	팔당
5개댐(수력댐)	31.7	—	35.0	45.0	65.0	—	75.0
6개댐(소양추가)	31.7	38.3	70.0	85.0	100.0	—	113.3
7개댐(충주추가)	31.7	38.3	70.0	85.0	100.0	96.6	209.6

표 3 소양호 유입량 대비(1)

(단위 : 10⁶m³/월)

資料別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
資料 1	41.6	36.4	87.1	134.9	124.6	92.4	579.7	375.4	232.6	77.3	62.1	52.5	158.0
資料 2	21.5	27.8	77.2	205.2	162.1	172.6	511.4	500.1	336.8	48.0	54.0	41.6	179.8
對 比	0.52	0.76	0.89	1.52	1.30	1.86	0.88	1.33	1.45	0.62	0.87	0.79	1.13

자료 1 : 한강 유역조사 보고서(1918~1940)

자료 2 : 소양강댐 관리기록분석치(1975~1985)

표 4 소양호 유입량 대비 (2) : Kajiyama 공식 / 실측치

년	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평 균
85	11.11	2.62	0.86	0.58	0.48	0.43	1.81	1.46	0.81	0.47	0.59	1.18	0.82
86	1.08	1.88	0.79	0.58	0.62	1.15	0.92	0.83	0.65	0.55	0.62	0.89	0.77
87	1.78	0.42	0.37	0.37	0.79	0.48	1.15	0.95	—	—	—	—	0.86
평 균	1.99	0.74	0.60	0.50	0.58	0.58	1.12	0.99	0.76	0.50	0.61	1.03	0.85

우려속에 있다. 금강유역의 경우 대전시로부터의 하수가 처리되지 않은채로 하천에 방류되고 있고, 낙동강은 대구시로부터의 하천수로 오염이 심해가고 있다. 이와 같은 하천오염은 근본적으로 하수처리시설로 정화해야 함에도 불구하고 댐의 방류량을 늘려 오염을 희석시키려는 행정편의주의적 요구에 귀중한 국민의 세금으로 건설된 다목적댐의 고유목적의 희생되는 안될 것이다. 저수지 조작에 따른 부수적 성과로서 오수희석효과를 얻는 것은 바람직하지만 비싼 다목적 저수지 물을 도시하수를 희석하기 위해 쓴다는 것은 바로 자원의 낭비이고, 운영의 표류단면을 보여주는 것이다. 도시하수는 나름대로 분류처리하고, 다목적댐의 본래목적에 맞도록 물자원을 효율적으로 관리해야 할 것이다.

다) 하천갈수량

주요 지점 별로 갈수량을 얼마로 정해야 하는 문제는 앞으로 점차 더욱 민감하게 될 것이다.

이는 수리기득권과 산업, 그리고 경제수준에 따라 결정되어야 할 것이며, 주민, 댐관리자, 행정부서등 관계자의 의견이 수렴되어 한다. 한강수계에서 수력댐만 있는 경우에 갈수량은 75cms 이고 소양호의 조절로 113.3cms로 늘어난다. 건설부—한전간에 협의된 팔당댐 책임방류량이 124cms 였다. 표 2에서는 90년대의 수질관리 및 내륙수운등의 종합적 관점에서 팔당댐 갈수량을 대략 200cms로 책정하였다.⁶⁾ 갈수량을 증대 시킴에 따라 용수공급량 및 발전량은 감소되므로 이해당사자간에 주기적으로 협의할 필요가 있다.

라) 유출등 기초 연구 부진

저수지 조작의 기본적인입력자료는 유역의 유출량이다. 이 결과는 저수지 계획의 수립이나, 운영계획수립에 기본이 된다. 그런데 利水操作을 위한 월단위등 장기 강우—유출에 대한 연구는 일제때 개발된 Kajiyama 공식에서 크게 벗어나

6) 전계서, 87~195.

지 못하고 있다. 표 3은 한강유역 조사에 쓰인 23개년 평균유입량과 소양강댐 조작성과에 따른 실측치를 비교한 바 실측치가 약 13% 더 많았으며,⁷⁾ 표 4는 3개년간 자료만을 가지고 Ka-jiyama 公式을 비교, 검토한 바 역시 실적치보다 15%정도 과소평가 하고 있음을 알 수 있다.⁸⁾

4. 기타 문제

가) 우리나라의 역사 문화적 소산인지는 모르나 일반적으로 계획보다는 시공에 관심이 모아지고, 일단 개발이 되면 유지, 관리에는 소홀하는 풍토가 있다. 저수지 조작의 경우도 예외는 아니다. 건설에 못지 않게 댐조작에 대하여 국민적 이해와 관계 기관의 지원이 요청되고 있다.

나) 80년대에 이르러 우리나라의 2차산업은 국제수출시장에서 살아남기 위하여 산업기술의 도입, 개발의 필요성이 절실했으며, 기업체는 자체의 생존을 위하여 소위 R&D에 충력을 기울이게 되었으며, 정부는 과학기술치를 중심으로 첨단기술개발에 대한 지원을 확대하고 있다. 그러나 토목 분야는 대부분 대규모의 공공사업으로서 정부 또는 국영기업체에서 발주하고 있다. 그러나 정부기관은 체제상 신기술의 연구개발에는 민간기업처럼 민감하게 반응하지 않고 현재에 안주하려는 경향이 강하다. 저수지 조작에 대한 연구개발도 토목일반의 경우와 마찬가지로 신기술의 창출과 생산성 향상을 위한 R&D에 대하여 건설부등 정부기관의 지원이 절

실하다.

다) 관리제도상에도 개선되어야 할 점이 많다. 한국전력공사, 농업진흥공사, 산업기지개발공사등 여러 기관의 업무가 유기적으로 연결, 조정되어야 할 것이다. 치수의 경우에 건설부가 주관하여 수계별통제소를 운영하고 있는데 강수량등 정보의 교환이 원활하지 않고 조작등 의사결정에 따른 책임의 분담에 모호한 점이 있다.

라) 댐관리자는 종래 수문개방시에 하류 주민에 대한 경보 전달이나하는 소극적 자세에서 벗어나 상류·하류주민 및 언론기관, 학계등과 협의체를 구성하여 다양한 요구를 수렴하고 댐조작에 따른 적극적이고 전문적인 홍보를 수행해야 할 것이다. 근래 발생된 홍수에 대한 댐조절 성과가 국민들에게 너무 알려져 있지 않다.

5. 결 론

대형 저수지에 대한 운영경험이 일천한 관계로 근래 저수지 조작은 댐건설목적에서 벗어나는 경향이 있다. 댐에 의한 하천 오염의 회석과 같은 본말이 전도된 운영을 지양하고, 용수 공급 및 전력 생산등 공공 수익을 극대화 하도록 조작하여야 할 것이다. 신기술의 계속적 발전을 위하여 기술업체—관계—학계—연구소 등의 연계 협조가 요구된다. 개발과 관리에 대한 균형 있는 인식과 배려가 필요하며 댐의 역할이나 기능에 관하여 이를 국민에게 알리고 협조하는 능동적 홍보대책이 앞으로는 더욱 절실할 것이다.

7) 전계서, 55.

8) 윤종우, 월별 이월량을 고려한 소양강유역의 강우 유출해석, 충남대 대학원 석사학위 논문, 1988.2.

→41 페이지에서 계속

조정하고 處理方法을 개선해 나가야 할 必要가 있다.

참 고 문 헌

1) Water Quality surveys: UNESCO, WHO 1976.
2) Fundamentals of Ecology, 3rd ed.: E.P. Odum, 1971.

3) The environment, 2nd ed: R. ReVelle and C. ReVelle, 1984.
4) Changes in Water Quality resulting from compo-undment: W.R. Duffer US EPA, 1971.
5) 多目的댐 貯水池水質調査報告書: 産業基地開發公社試驗研究所 1986.
6) 國立環境研究院 非公式資料