

# 아랄해의 위기와 대책

## Aral Sea Crisis and Measures

김 현 영\*역  
Kim, Hyun-young

### 1. 아랄해의 일반현황

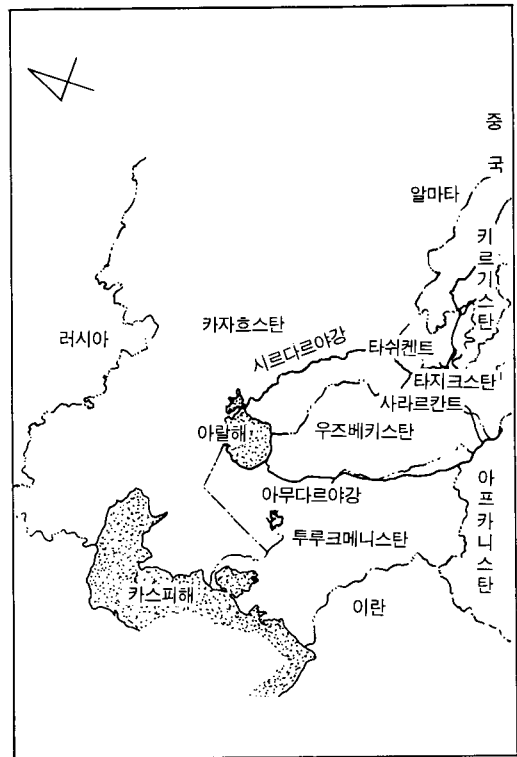
아랄해(Aral Sea)는 〈그림-1〉에서 보는 바와 같이 중앙아시아의 카자흐 지방에 있는 大鹽湖이다. 수면적은 66,458km<sup>2</sup>이고 깊이는 20~25m, 최심도는 68m, 수면의 표고는 약 50m, 투명도는 25m 등의 제원을 가지고 있다. 규모로는 세계에서 제4위의 대륙내의 호수이고 유출구가 없다.

아랄은 터키어로 “섬이 많다”는 뜻으로 아무다리아강의 삼각주와 남동해안에 산재하는 많은 섬에서 그 이름이 유래되었다. 호수의 북안에서 서안에 걸쳐 높은 절벽이 많으나 그 밖에는 대체로 낮아 호수가는 갈대밭으로 전개되고 있다. 南岸에는 아무다리아강이 크고 긴 삼각주를 형성하며 유입되고 있으며 東岸에는 시르다리아강이 유입하고 있다. 두강의 유역에는 최근 소련이 붕괴하면서 생긴 5개 공화국-우즈베키스탄, 타지키스탄, 카자흐스탄, 투르크메니스탄, 키르기스탄-이 서로 경계를 이루고 있다.

내륙의 건조지방에 위치하고 있으므로 연강수량은 100mm내외로 매우 적다. 따라서 이런 빈약한 수자원 부족량은 구 소련시절 산업발전의 저해요소가 되기도 하였다. 건조지대의 특징대로 호수면의 증발이 심해 염수호로 되긴 하였으나 염도는 그리 높지 않아 겨울에는 수면이 대부분 결빙되고 있다.

생물학적으로 아랄해는 제3기의 카스피해 및 흑

해와 함께 연결되어 있었던 사르마트해의 일부로서 아직도 고유종이 많다. 어족도 풍부하고 철갑상어, 잉어류등이 잡히고 있다.



〈그림-1〉 아랄해와 그 주변 공화국의 위치

\* 농어촌진흥공사 조사설계처

## 2. 아랄해 유역개발과 복구연혁

아랄해 유역개발 및 복구연혁은 다음 표와 같다.

년 월 일	주요내용
1974	아랄해 유역의 수자원 관리문제가 관심을 끌기 시작함.
1986	아랄해와 그 연변이 직접 물소비지로 인정되었으며 물 공급이 점진적으로 증가될 것으로 계획
1991.10	미국 아탄타에서 1회 GIF(Global Infrastructure Fund) 국제회의 개최. 아랄해 문제를 최우선 과제로 선정
1992. 2	아랄해 유역국가들 간에 물협정 조인
1992. 7	아랄해 국가들 간에 문제해결을 위한 협력방안 강구 합의. 물-경제 협력위원회(ICWC)조직
1992. 7	유엔환경보전기구(UNEP)의 국제전문가 보고서(아랄해의 복구개발을 위한 활동계획)발간
1992.8/ 9	UNEP가 제네바에서 전문가 회의 주최
1992. 9	IBRD, UNDP 및 UNEP의 공동조사단의 아랄해 방문
1993. 3	유역내 국가들 간에 수상급 협의회 조직. 국제협력기금 설치
1993. 4	워싱턴에서 지원단체 및 관련 기구들 회의 개최
1993. 5	IBRD, UNDP, UNEP등 공동조사단이 구체적인 '필요항목' 작성
1993. 9	우즈베키스탄의 장관이 ICID총회(화란)에서 아랄해 문제점을 보고
1993. 9.16	ICID회장과 우즈베키스탄 장관과 협정서 조인
1994. 1.11	유역내 5개국가의 수상회의에서 활동계획 승인
1994. 2/ 3	IBRD조사단이 아랄해 지역을 방문하여 복구계획 논의
1994. 5.19	ICID집행위원회(불가리아 바르나)에서 아랄해 특별회의 조직

## 3. 위기의 배경

아랄해의 재난은 관개개발의 허점으로 인한 토지 황폐화의 결과가 빚어낸 수치스런 실례이다. 앞에서 언급한 세계 제4위의 내륙호로서의 순위는 1973년 까지의 순위에 불과하다. 1970년대 부터 아무다리야강과 시르다리아강의 물줄기를 면화 등의 관개용수로 사용하기 위해 변경시켰다. 그 결과 1960년 이래 아랄해의 유입수량은 75%가 감소되었고 수면은 45%가 감소되었다. 수위는 거의 16m가 낮아졌으며 해저였던 지대는 염분을 함유

한 사막으로 변하여 강한 먼지바람과 함께 주위의 농경지에 헥타당 0.5톤 정도의 염분과 모래를 쌓아게 하고 있다. 주위 농경지의 황폐화는 물론 삼림의 생태계를 변화시키고 있는 것이다.

아랄해로의 유입수의 감소는 호수의 염분농도를 3배나 증가시켰다. 증가된 염분농도는 호수의 생태계를 다시 변화시키고 있다. 그 결과로서 풍부한 어족자원이 감소하고 고유종이 감소하게 되므로서 결국은 주위 어민들의 경제생활에 압박을 가져오게 된다. 낮아진 수위로 인해 과거에는 어항으로 또는 항구로 이용되던 도시나 마을들은 배와는 아무런 관련이 없는 것으로 바뀌었으며 이는 주민들의 생계수단이 바뀌어야함을 의미한다. 이 또한 강 유역에서 농업 또는 타산업에 종사함으로써 수자원의 소비를 더욱 가속시키는 결과를 가져오며 이는 다시 아랄해의 유입수를 더욱 감소시키는 악순환을 초래하게 되는 것이다.

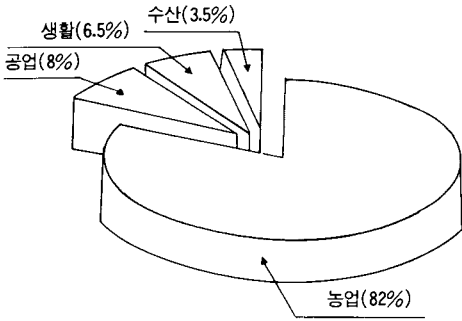
지난 30년간 강유역의 관개면적은 급속히 증대되었다. 우즈베키스탄은 1.5배가 증가되었고 타지크스탄은 1.5배, 카자흐스탄은 1.7배, 투르크메니스탄은 2.4배가 각각 증가되었다. 이로 인해 아랄해로 유입하는 아무다리야강과 시르다리아강의 연평균 유입량은 500억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>에서 1980년대는 50억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 감소하더니 오늘날에는 그저 졸졸 흐르는 시냇물로 변해버렸다.

이 지역의 급속한 인구증가가 수자원과 토지자원을 집약적으로 사용해야 하는 계기를 또한 만들었다. 1959~1987년 사이에 우즈베키스탄은 8백만 명에서 천9백만으로, 타지크스탄에서는 1백5십만에서 4백8십만으로, 투르크메니스탄에서는 1백5십만에서 3백4십만으로 각각 증가하였으며, 오늘날에는 거의 4천만명의 인구가 과거 아랄해의 젖줄에 기대고 있는 실정이다.

## 4. 향후 진행전망

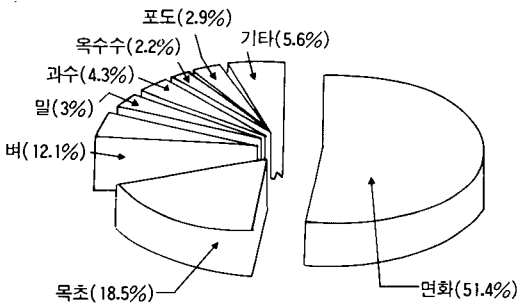
### 가. 물수지 분석

1987년 아랄유역내의 물수요량은 개략적으로 980억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>으로 추정되었다. 이중 아무다리야강 유역에서 540억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>이, 시르다리아강의 유역에서 440억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>이 필요하다. 이 수요량중 <그림-2>에서와 같이



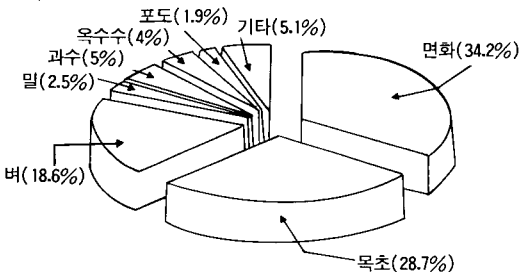
- \* 아무다리야 : 54km<sup>2</sup>
- \* 시르다리야 : 44km<sup>2</sup>
- \* 총 계 : 98km<sup>2</sup>

〈그림-2〉 아랄해 유역의 물 수요량(1987)



\* 총 수요량 : 44.8km<sup>2</sup>

〈그림-3〉 아무다리야강 유역의 작물별 물 수요량(1987)



\* 총 수요량 : 34.8km<sup>2</sup>

〈그림-4〉 시르다리야강 유역의 작물별 물 수요량(1987)

82%가 농업부분에서 요구되는 수량이다. 1987년 이 지역의 관개면적은 7천6백만ha였는데 주 작물은 면화로서 〈그림-3〉 및 〈그림-4〉에서 보는 바와 같이 아무다리야강 유역 물 수요량의 51%와 시르다리야강 유역 물 수요량의 34%를 차지한다.

공업부분에서 필요한 수량은 농업부분에 비해 극히 적다. 공업용수 필요량은 전체의 8%이며 생활용수는 약 7%이고 축산용수 등 기타가 전체의 약 3%를 점하고 있다.

물배분과 수송효율을 포함하여 1987년 전체 취수량은 1,270억 m<sup>3</sup>에 달하였다. 두 강의 하천유량은 1987년 1,320억 m<sup>3</sup>이었고 지하수 취수량은 120억 3천만 m<sup>3</sup>이었다. 이로부터 수량차이(아랄해 유입량=하천유하량+지하수 취수량-전체 취수량)는 겨우 170억 m<sup>3</sup>이며 더우기 이 수량은 풍수해의 것임을 볼때 매우 심각한 문제임에는 틀림없다.

참고로 이 지역의 용수체계의 특징은 매우 복잡하다. 여기에는 30여개의 주요 하천지류가 있고 20개의 대중규모 저수지와 60여개 크고 작은 수로가 산재해 있다. 특히 카라쿰(Karakum)수로는 구 소련시대에 만든 대규모 관개사업의 중심사업이었는데 이 수로에 의해 1,000km에 걸쳐 320m<sup>3</sup>/sec의 유량을 아무다리야강으로 부터 카라쿰사막으로 용수를 공급하고 있는 것이다.

나. 문제점

앞으로 아랄해와 그 주위의 자연환경과 인간의 사회환경이 어떻게 변할 것인가 하는 것은 현재 위기를 극복하는 데 있어 문제점을 미리 예상하고 해결여부를 판단하므로써 그 전망이 가능하다. 이러한 문제점을 요약하면 다음과 같다.

① 중앙아시아지역은 건조지대이기 때문에 관개용수의 공급없이는 어떠한 작물도 재배할 수 없다. 따라서 새로운 수원을 찾느냐 아니면 물소비를 줄이느냐의 양자택일의 문제이다.

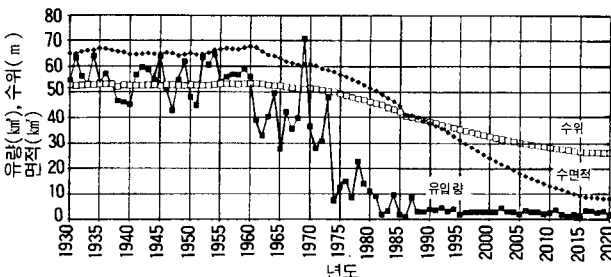
② 새로운 수원을 개발하는 데는 빙하를 녹여 이용하는 방법과 인공강우를 만드는 방법 및 시베리아강을 아랄유역으로 유역변경하는 방법 등을 생각할 수 있지만 어느 것 하나 타당성 있는 것으로 받아들여 활발하게 논의되는 것은 없다. 특히 시베리아강의 유역변경은 이미 고르바초프시대에 소련의

환경단체의 항의에 의해 백지화된 적도 있으며 이러한 방법들은 또다른 아랄해를 유발시킬 수도 있기 때문이다.

③ 다음으로 생각할 수 있는 것은 물소비를 줄이는 것으로 중앙아시아의 높은 물소비강도를 갖는 경제규모를 줄이는 것이다. 즉 대량의 물을 요구하는 면화의 재배를 줄이는 것인데 이는 구 소련이 세계최대 면화생산지이며 이중 90%가 아랄지역에서 생산되는 것이고 이 지역에서의 면화는 중앙아시아 각 공화국의 경제의 핵심이면서 곧바로 “성공 story”에 해당하는 것이기 때문에 거의 불가능하다.

**다. 향후 환경변화 전망**

이러한 기본관점에서 스톡홀름 환경연구소 보스톤본사(SEIB)에서 1990년 이래 물수지를 계산하고 아랄해의 환경변화를 예측하였다. 그 결과 향후 30년내에 심각한 물부족이 발생할 것으로 판단하고 있다. 즉 연간 유입량은 1990년에서 2000년까지 평균 3.5km<sup>3</sup>로 보았고, 다음 2010년까지는 3.0km<sup>3</sup>으로, 또다음 2020년에는 2.5km<sup>3</sup>로 각각 줄어든다는 것이다. 따라서 아랄해의 수면적은 <그림-5>에서 보는 바와 같이 1987년 41km<sup>2</sup>에서 2015년에는 5km<sup>2</sup>로 감소되며 수위 또한 40m에서 27m로 낮아질 것이다.



<그림-5> 아랄해의 변화 전망(1930~2020)

현재와 같은 추세로 진행되고 어떠한 위기극복을 위한 조치가 취해지지 않는다면 아랄해는 계속 줄어들 것이고 2020년에는 유일한 또는 몇개 안되는 염해로 변해버릴 것이 확실하다.

**5. 대책**

**가. 근본대책**

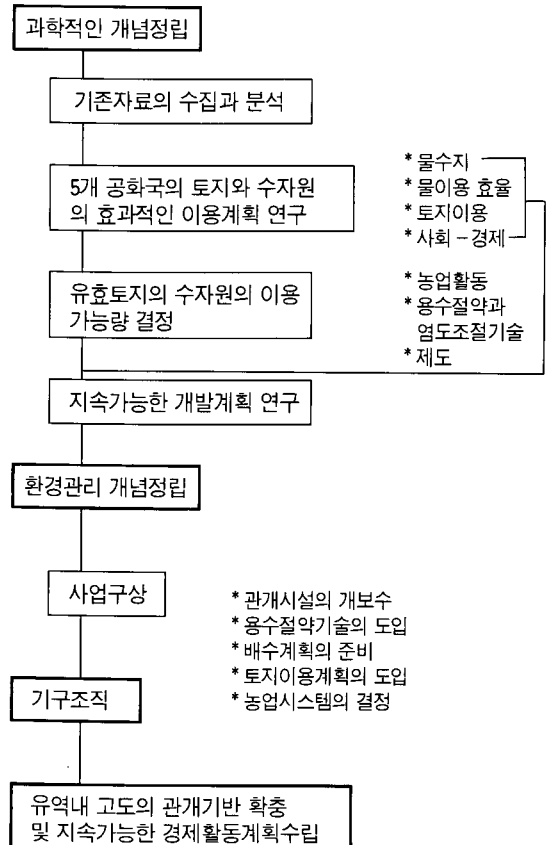
아랄해의 환경변화로 인한 재난에 대해 근본적인 대책은 세가지로 요약할 수 있다.

첫째, 기술적인 관점에서 유역내 수자원과 토지자원을 이용하는데 있어 지속가능한 방법을 찾는 것이다.

둘째, 주민의 경제자립 방안을 찾는 것이다.

셋째, 동일한 환경재난이 발생하지 않도록 사회경제구조를 바꾸는 것이다.

이러한 원칙하에 세계의 우수한 연구기관에서는 구체적인 환경회복 방안을 수립하기 위해 <그림-6>과 같은 계획을 작성하였다. 이 그림에서 보는 바와 같이 현재의 토지이용상태를 신속히 파악하는 것이 중요함을 알 수 있다. 그러므로서 급속히 진행되고 있는 유역상황과 물수요예측이 가능하기 때문이다. 이의 방법으로서 인공위성에 의한 정보수집과 이의 GIS구축 계획이다.



<그림-6> 아랄해의 환경회복을 위한 연구계획

#### 나. 추진계획

첫번째 계획은 유역의 수자원의 분포, 합리적인 이용 및 수자원의 보전 등에 대한 기본전략을 수립하는 것이다. 이 기본전략은 각 공화국사이의 합의에 기초해야 한다.

둘째로는 각 공화국의 유효수량과 소비에 대한 통일된 측정 시스템을 도입할 뿐만 아니라 환경계측시스템을 지역별로 설치하는 것이다.

셋째로 수질의 개선과 오염을 줄이는 것이다. 이를 위해 아무다리아강과 시르다리아강으로 방류되는 오수와 영양분이 많은 하수를 감소시키든가 중지해야 한다.

넷째로 양대강의 삼각주와 육지화한 하상바닥을 원래의 상태로 되돌리는 것이다. 이는 본 계획에서 가장 어려운 작업으로서 인공적으로 수역환경을 조성하고 생태계보전을 위한 필요한 조치를 취하는 것이다.

다섯째 계획은 이 지역 주민에게 깨끗하고 건강한 식수를 공급하는 것이다.

여섯째, 기본적으로 효율적인 유역관리를 위해 연구를 수행하는 것이다.

일곱째, 아무다리아강과 시르다리아강의 관리주체에게 유역관리를 위하여 중앙통제소에서 필요한 장비를 공급하는 것이다.

여덟번째는 북극의 강이나 타유역으로 부터 유역변경을 시도하는 것과 새로운 수원공을 찾는 것인데 이는 세계은행으로부터 적절치 못한 것으로 판정받았다.

#### 다. 국제기구들의 역할

아랄해의 환경회복을 위해 ICID등 관련 국제기구들의 활동을 요약하면 다음과 같다.

① ICID : 아랄유역내 각 공화국의 대표들과 관개배수전문가들이 상호협력할 수 있는 길을 모색하는 것이다. 이 기구의 풍부한 기술인력에 의한 타당성조사도 큰 도움이 될 수 있다.

우선 1993년 ICID 화란 총회에서 우즈베키스탄의 관계장관이 문제점을 보고하여 당시 ICID회장인 Hennessy가 우즈베키스탄을 즉각 방문하고 구체적인 활동에 대해 협정서를 교환하였다. 최근에 ICID는 아랄해 유역국가들을 ICID의 회원국으로

가입시키고 이 문제를 국제무대에서 다룰 수 있도록 하였다. 우즈베키스탄은 1994년 불가리아 바르나에서 개최된 집행위원회에 정식으로 가입신청을 낸 바가 있다.

ICID 집행위원회에서는 아랄해의 문제를 토의하기 위해 특별회의를 개최하였다. ICID회장인 압둘라의 인사말로 시작하여 우즈베키스탄의 관계장관이 아랄해의 문제점을 제기하였고 IBRD의 수석고문인 Guy LeMoigne의 '아랄해의 문제가 왜 국제적인 문제로서 대두되는가?'에 대해 주제발표가 있었다. 다음으로 ICWC의 정보과학센터 소장인 Dukhovny교수와 일본의 GIF의 타카노박사가 문제의 해결책과 GIF의 활동에 대해 각각 논문을 발표하였다. 논문이 발표된 후에는 많은 전문가들이 토론을 가졌으며 이때의 결론은 유역내의 물 사용량을 줄이는 것이 가장 기본적이며 종합적인 대책의 출발점이 된다는 것이었다.

ICID의 구체적인 활동계획은 다음과 같다.

- a) 아랄해 유역과 관련된 각종 자료, 보고서, 논문 등을 수집하고 분석한다.
- b) GIF 또는 IBRD 등 국제기구에서 발간하는 보고서를 ICID 사무국 도서실에 수집 비치한다.
- c) 유역내 국가들의 물과 토지에 관련된 연구소의 설립을 위하여 계획서를 작성한다.
- d) 유역내 지역적인 특성에 의한 중요 기술적인 사항에 대해 자문한다.
- e) 유역내 국가의 관개배수위원회와 타국가위원회와 기술교류를 할 수 있는 조직을 설립한다.
- f) 1995년에는 유역내 국가에서 두번의 워크숍을 개최한다.

② GIF-JAPAN : 일본의 세계사회간접자본연구기금(Global Infrastructure Fund Research Foundation Japan)에서는 환경관리계획의 수립과 토지 및 수자원의 조사분석을 수행하였다. 이를 위해 GIS를 486-work station시스템에 담아 구축하였고 이후의 변경된 자료는 인공위성의 imagery에 의해 보완한다.

③ UNU : 유엔대학(United Nations University)에서는 지구상의 환경문제를 주로 다루는 기

구로서 아랄해의 경우에는 환경회복을 위한 단기/중기/장기계획을 수립하여 추진하도록 권고하였고 향후 연구계획에 참여할 것을 바라고 있다. 이에 대한 세미나도 1993년 12월에 개최한 바 있다.

④ NATO : 북대서양조약기구(North Atlantic Treaty Organization)에서는 서방각국과 중앙아시아 및 동유럽간의 과학발전프로그램을 만들고 이를 수행하고 있다. 이중 한 분야가 환경이며 아랄해에 대해서는 연구기금도 마련하고 워크샵도 개최하였다.

⑤ IBRD : 세계은행에서도 이 문제에 대해 지대한 관심을 기울이고 있다. 1992년에는 이 지역의 환경평가를 주도했으며 1993년에는 최초 3개년 계획을 수립하고 이 비용 5천만불을 출연하였다.

⑥ 이외 일본의 농수산성, 토지개발청, 외무성 및 JICA 등에서 전문가를 파견하여 조사분석하거나 다른 기구들과의 협력체제를 구축하는 등 활발한 활동을 전개하고 있다.

## 6. 요약 및 결론

### 가. 아랄해 지역의 개발 전후의 비교 및 요약

#### 1) 개발전

- 아랄해는 내륙호수중 세계에서 4번째로 큰 호수
- 유역면적(시르다리아 강과 아무다리아 강의 합) : 690,000km<sup>2</sup>
- 아랄해의 내용적 : 1,000km<sup>3</sup>
- 년 평균 수자원량 : 120km<sup>3</sup>
- 아랄해의 만수면적(1960년 현재 50.5m ~ 53m의 수위일 때) : 66km<sup>2</sup>
- 증발량 : 60km<sup>3</sup>/yr
- 평균 수위 : 54m

#### 2) 개발후

- 현재 수위 : 36~37m
- 유입량 : 9km<sup>3</sup>/year
- 수위저하후 노출되어 염화된 토양 면적 : 2백 ha
- 아랄해의 광물질 농도 : 28~30 gr /litre

#### 3) 향후 복구계획(목표)

- 아랄해 유입량(2000년) : 16~18km<sup>3</sup>/yr  
(2010년) : 22~25km<sup>3</sup>/yr

-총 관개용수 절약 : 3km<sup>3</sup>

-아랄해 지역의 관개면적 : 7.2백만ha

-유역내 총 관개용수 감소량 : 18.3km<sup>3</sup>(1980년)에서 13.7km<sup>3</sup>(1992년)

#### 4) 비용

-아랄해 복구사업을 위해 18개 사업이 타당성을 인정받았다. 여기에는

① 타당성 조사비 : 41백만 \$ (328억원)

② 18개 사업비 : 200백만 \$ (1,600억원)

③ 사업수행을 위한 교육, 연구소 운영 및 인력양성 : 250백만 \$ (2,000억원)

④ 외환관련 비용 : 9백만 \$ (72억원)

### 나. 아랄해 복구를 위한 물과 토지의 관리계획

(목표년도 2000년)

- 관개방식의 개선(점적 또는 지하관개 실시) : 2백만ha
- 그린하우스 재배 촉진
- 합성수지 재료를 이용한 멀칭
- 삼각주지대에는 초지조성
- 국지적인 증발지역을 분리하기 위하여 모든 도시와 공장의 배수조직의 변환
- 공업용수의 재사용 시스템 구축
- 작부체계와 영농기술의 개선을 통한 관개구역의 축소
- 배수조직의 개선
- 1백만ha의 관개용수의 재사용
- 수산업을 위하여 삼각주 지역내 또는 주위에 淺水 호수의 개발(55,000~60,000ha×3m)
- 아랄해 연안을 따라 방수제를 축조하고 내륙지를 개발
- 하천관리를 위한 자동화
- 물의 가치를 소중하게 여기고 낭비를 줄이기 위해 물값을 인상

### 다. 결론

아랄해의 위기는 손지구적으로 극복해야할 과제이다. 왜냐하면 아랄해의 몰락은 과거 메소포타미아 문명이나 모헨조다로의 문명과 같은 의미이기

때문이다. 여기서 실패하면 또 하나의 문명이 지구 상에서 사라질 것이다.

아랄해의 위기가 우리에게 주는 교훈은 역시 안 이하고 개발위주의 관개사업의 추진은 사업의 효 과를 만끽하기 전에 또 다른 환경회복을 위한 투자 를 해야한다는 것이다. 고도의 전문성을 구비한 관 개배수의 기술과 앞을 내다보는 정책입안이 이 위 기를 바라보는 시점에서 필요하다.

또다른 의미에서 결론을 맺는다면 일본의 GIF 를 비롯한 세계기구들의 활동에 비추어 우리의 관 개배수전문가들도 이 문제를 다루어 볼 수 있는 기 회가 주어져야 한층더 높은 기술을 보유할 수 있다 는 것이다. 이를 위한 비용은 우리의 과학기술의 발전에 투자되는 것과 같은 의미에서 찾을 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Dukhovny, Viktor, 1994. The Concept for the Solution of Aral Sea Problem and Measures of the Five States for Improvement of Ecological Situation in the Basin, Varna, Bulgaria.
2. ICID, 1994. Report on Special Session on ARAL SEA BASIN, Varna, Bulgaria.
3. Jalolov, A.A., 1994. The Further Improvement of Water Resources Control in Connection with the Problem of Aral Sea and Role of International Organization, Varna, Bulgaria.
4. LeMoigne, Guy, 1994. Prospects and Issues in the International Aral Sea Program, Keynote Address, Varna, Bulgaria.
5. Takano, 1994. Our Actions Towards the Rehabilitation of the Aral Sea, Varna, Bulgaria.

김 현 영



역사 약력

- 1973. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
- 1982. 강원대학교 대학원 농학석사
- 1988. 서울대학교 대학원 농학박사
- 1993. 도목기술사(수자원 개발)
- 현재 농어촌진흥공사 조사설계처 기술지원부장
- KCID 비구조홍수관리 분과위원장/ 편집 및 학술분과위원
- ICID 비구조홍수관리 분과위원