

取水口 堆砂 및 底泥汚染 조사·연구

우효섭¹⁾ 허순철²⁾ 이삼희³⁾ 김영석⁴⁾

1. 서론

본 연구는 建設部 水資源局과 韓國建設技術研究院이 '91년부터 수행해온 '河川環境管理技術開發 研究·調査' 사업의 일환으로 하천 및 저수지에서 上水道 取水場 부근의 堆砂로 인한 취수장애 문제와 底泥汚染으로 인한 수질문제 등에 대한 기초적 조사·연구이다¹⁾.

본 연구의 현장 조사대상 취수장들은 다음 표 1과 같으며 각 위치는 그림 1과 같다.

표 1. 조사 대상 취수장의 개요

취수장명	위치	하천(수계)	취수상의 현안 문제	관리기관
부여	충남 부여읍	금 강	퇴사로 취수장애	수 공
본포	경남 창원군	낙동강	퇴사로 취수장애	수 공
구미	경북 선산군	낙동강	퇴사로 취수장애	수 공
물금	경남 양산군	낙동강	퇴사/오니퇴적 수질악화 우려	부산시
다사	경북 달성군	낙동강	퇴사로 취수장애 우려	대구시
청수	전남 무안군	영산호	오니퇴적으로 수질악화 우려	수 공
대청	충북 청원군	대청호	오니퇴적으로 수질악화 우려	수 공
예산	충남 예산읍	무한천	오니퇴적으로 수질악화 우려	예산군

2. 취수구 퇴사 및 저니오염 실태

2.1 설문조사

설문대상 취수장은 전국 직할하천(호소 포함) 구간에 있는 취수장에 국한하여 설문지를 발송하였다. 설문 조사 대상기관은 직할하천구간에서 상수도 취수장을 설치 운영하고 있는 전국 지방자치단체 및 한국수자원공사와 일부 농조 등이다.

설문조사 결과를 종합하면 다음과 같다.

- 우리나라 직할하천 취수장들의 36%에 퇴사문제가 크건 작건 발생하고 있으며, 이 중 18%는 다소 심각한 것으로 조사되었다.
- 취수상의 장애 요인으로는 퇴사 문제가 32%, 퇴사/오니 문제가 4%, 오니 문제가 6%, 기타 문제 없음이 58%로 나타났다. 한편, 장차 취수구 퇴사 및 오니 문제 발생 가능성은 많다가 18%, 조금 있다가 48%로 50% 이상의 취수구에서 문제 발생 가능성이 있음을 알 수 있다.

1) 한국건설기술연구원 수자원연구실장
 2) 한국건설기술연구원 환경연구실 연구원
 3) 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원
 4) 한국건설기술연구원 환경연구실 선임연구원

용수확보를 위해 하천상류에 댐을 건설하거나 지방자치단체에서 지방 재원을 확보하기 위한 수단으로 하상의 골재를 채취함으로 일부 하천에서 하상변동과 취수 구조물 주위의 세굴과 퇴적 등을 초래하고있다.

- 유역내에서 발생하는 각종 오염원의 증대로 유역의 토양 및 하천 바닥의 오염이 가중되고 이에 따라 하상 저니질의 오염도 점차 우려되고 있는 실정이다.
- 이에 따라 취수상의 주요 장애 요인인 퇴사와 오니 문제가 발생하고 있는 곳이 여러 취수장에서 나타나고 있는 실정이다.

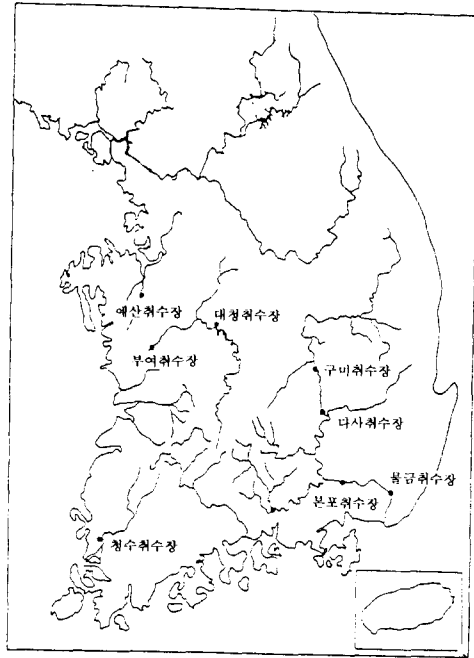


그림 1 조사 대상 취수장의 위치

2.2 현장조사

전국 직할하천에서 취수하는 생·공용수 취수원의 퇴사 및 저니 오염 실태를 파악하기 위한 2단계 조사로서 전항에서 제시된 취수장 관리자들에 대한 설문조사를 토대로 현장조사를 수행하였다. 본 연구에서는 설문에 응답한 84개의 취수장 중에서 특히 퇴사나 저니오염 문제가 어느 정도 있다고 판단되는 8개의 취수장을 대상으로 현장을 답사하고 퇴적토 및 저니시료를 채취하였다. 채취된 시료는 실험실에서 입경분포 및 관련 오염도 분석을 수행하였다.

전항에서 선정된 취수장에 대해 현장조사를 수행하고 퇴사 및 저니 오염도 분석을 위한 하상토 시료를 채취하였다. 각 취수장에 대한 현장조사와 시료채취 방법은 다음과 같다.

- 현장조사 : 취수장 관리자들과의 면담을 통한 설문 내용의 확인, 취수장 일반 현황, 과거 취수장에 조사 실적, 취수구 위치 및 구조, 취수구 주위 하천형태 및 하상특성, 사진촬영
- 시료채취 : 취수구를 기준으로 10m 주위, 100m 주위, 500m 주위에서 4-6 점 하상토 시료 채취, 1회에 0.5-1kg 채취. 채취방법은 표면 하상토의 경우 직접채취, 수심이 깊은 경우 보트에서 그랩형 하상토 채취기를 이용

2.3 퇴사로 인한 취수장애조사

본 연구에서 수집된 퇴사자료는 취수구 주위 하상재료 시료로 각 취수장에서 4-6점 씩 총 41점이다. 채취된 시료는 실험실에서 체분석을 하여 입경분포를 분석하였다. 본조사에서는 모래에 대해서만 입경분포를 분석하였고 230번체 이하의 미립토사(실트)에 대해서는 분석하지 않았다.

조사된 하천취수장들(부여, 본포, 구미, 다사 등)의 바닥은 대부분 $D_{50} = 0.5 \text{ mm}$ 내외의 모래이며, 댐, 하구둑, 보 등에 의해 형성된 저수지에 설치된 취수장들(청수-영산강 하구둑, 대

청-대청댐, 예산-보 등)의 바닥은 주로 실트로 되어 있다. 물금의 경우 낙동강 하구둑의 영향은 받지만 하구둑에서 상당히 상류에 있어 주로 세사가 퇴적되어 있다. 청수 취수구 주위 바닥에서 채취된 자갈은 원 하상재료가 아니라 취수장 건설시 남은 골재로 보여진다.

흐르는 하천에 설치된 취수장의 경우도 곳에 따라 약간의 이토가 채취되었으며, 이는 특히 취수구 주위 흐름이 약한 곳(다사, 물금)이나 주위 지천 합류점(부여, 본포)에서 발견된다. 취수구 퇴사문제는 일반적으로 모래하상에서 일어나며 오니문제는 이토하상에서 일어난다. 이러한 점에서 취수구 주위의 이토 퇴적은 상수원 수질관리 면에서 특히 유의할 사항으로 사료된다.

본 연구대상 취수구 주위의 퇴사 상황을 하천과 저수지로 나누어 분류하면 다음과 같다.

■ 하천취수

충적하천에서 취수하는 것으로 본 연구에서는 부여, 창원, 구미, 다사 등이 이에 해당한다. 이 경우 취수구 퇴사는 하천의 하상변동과 관련된다. 특히 취수구 주위의 퇴사는 주위 하상 전체의 변화보다는 유심부의 평면변화에 따라 진행되며, 충적하천에서 유심부의 변화 원인은 1) 교호사주의 이동, 2) 하도정비 및 골재채취로 인한 흐름양상의 변화, 3) 취수구 주위에 국부적인 사주의 형성 등을 들 수 있다. 부여와 본포 취수장의 직접적인 퇴사 원인은 3)을 들 수 있으며, 구미 취수장의 경우 유로변경이 된 경우로 그 원인은 상류 하천의 하도정비 및 골재채취 등 복합적으로 보인다.

한편, 하상 전체의 퇴적과 세굴은 상류하천의 인위적인 변화에 의해 진행될 수 있으며, 그 대표적인 예가 댐의 축조에 의한 하류하천의 하상변동이다. 본 연구에서는 상류에 대청댐이 축조된 부여 취수장의 경우가 이에 해당한다고 볼 수 있다. 예산 취수장의 경우 상류에 예당저수지가 있으나 축조연도가 오래되어 하류하상은 안정상태에 있는 것으로 보인다.

■ 저수지 취수

댐이나 하구둑에 의해 형성된 저수지에서 취수하는 것으로 본 연구에서는 물금, 청수, 대청, 예산 등이 이에 해당한다. 이 경우 취수구 퇴사는 저수지 전체의 퇴사와 관련된다. 저수지 퇴사는 1) 상류하천에서의 유사유입량 및 입경분포, 2) 하류 댐조작 방법, 3) 저수지 형태 등에 관련되며 일반적으로 하천의 중 상류에 있는 저수지 보다는 하류에 있는 하구둑에서 퇴사율이 높다. 대청 취수구와 같이 경우 본류 유심부에서 벗어나 저수지 한쪽 구석에 있는 취수구의 경우 퇴사는 유심부보다 훨씬 느리게 진행되며, 이 경우 퇴사재료도 모래보다는 유심부에서 부유되어 저수지 물가로 이동하여 퇴적되는 실트 같은 미립토사가 주종이 된다.

하구둑의 영향이 있는 하천에 설치된 취수장은 궁극적으로 하구둑 퇴사에 의해 영향을 받게 된다. 현재 낙동강 하구둑에 설치된 물금 취수장이나 영산강 하구둑에 설치된 청수 취수장 모두 이러한 문제가 아직 없는 것으로 보고 되었으나, 낙동강 하구둑의 경우 퇴사진행 정도가 처음 하구둑 계획시 보다 큰 것으로 알려져 있으므로 장차 취수구 퇴사에 대해 안심할 수 없을 것으로 사료된다.

2.4 저니 오염도 조사

본 연구에서 저니의 오염도 조사를 위한 시료로서 예산취수장(KYC), 부여취수장(KBW), 대청취수장(KDW), 청수취수장(YMC), 본포취수장(NBW), 물금취수장(NMC), 다사취수장(NDC) 및 구미취수장(NGW) 취수구 주변의 저니를 대상시료로 하였으며, 시료의 번호는 취수장의 영문표기약자와 현장조사시 시료채취지점번호를 이용하였다.

pH, VS, COD 등 일반항목에 대한 저니의 오염도는 그리 심화되어 있지 않으나 정체된 수역(예산, 대청, 청수, 물금 등)에서 특히 오염이 진행되어 있음을 나타냈다. 한편 저니의 pH는 6.4~7.6을 나타내고 있으며, VS는 0.62~9.90의 범위로 다양하다. COD 최대값은 대청댐의 저니에서 최대치가 22,064mg/kg을 나타내고 있다.

TKN 및 T-P의 함유량, 용출량 및 용출율에 대해서는 일반항목의 오염유형과 마찬가지로 정체성 수역에서의 오염량이 많음을 알 수 있다.

저니의 중금속 오염도를 수계별로 요약 정리하여 표2에 나타냈다. 이 표에는 다른 연구자에 의한 연구된 팔당호 저니의 중금속 오염도 일반 농경지 토양의 중금속 함유량, 농작물의 생육에 저해하는 중금속의 한계농도 및 지각의 평균 중금속 농도를 비교를 위해 나타냈다. 이 표에서 보는 바와 같이, 저니의 오염의 정도는 지각의 평균농도나 일반 농경지와 비교시 모든 일반 농경지의 농도보다 3배 이상 높게 나타나고 있다.

3. 취수구 퇴사대책 기술수준의 검토

지금까지 국내외 문헌과 자료를 토대로 취수구 주위 퇴사대책을 정리하면 표3과 같다. 이 중 취수구 주위의 광범위한 퇴사문제에 대한 대책으로 꼽을 수 있는 것은 ① - ④ 이며, 이 중 장기적이며 근본적인 대책으로 볼 수 있는 것은 ② - ④ 정도이다.

여기서 대책 ④는 교호사주에 의한 堆砂가 진행되는 경우 저수로의 만곡도를 인위적으로 조절하여 砂州 이동을 억제하는 것으로, 낙동강이나 금강과 같은 대하천의 低水路에 인위적인 만곡을 주는 것은 그 자체가 대규모 공사로 매우 어렵다. 따라서, 이 대책은 사실상 중·소하천에나 가능한 대책으로 볼 수 있다. 더구나 전술한 바와 같이 이 대책의 효과는 아직 충분히 검토되어 있지 않다.

대책 ②와 ③은 타 대책에 비해 비교적 저렴한 비용으로 수립할 수 있는 것으로, 그 효과만 확실하면 현장에 적용이 비교적 용이한 것이다. 이 중 水制와 제티를 이용한 流砂의 조절은 과거부터 시행해온 것으로 여러가지 문제를 가지고 있다. 즉, 설치비용의 문제는 물론 하천조건에 따라 홍수소통상의 문제, 경관 및 수운 등 하천 이용상의 문제, 하상 안정성의 문제 등이 있다. 반면에, 베인을 이용한 퇴사억제책은 1980년대 후반 이후 미국이나 일본 등지에서 각광을 받고있는 것으로, 설치비용이나 효과 등을 고려하면 우리나라에서도 본격적인 검토가 필요하다. 기존의 수제나 제티에 비해 베인의 장점은 무엇보다도 규모가 작기 때문에 세굴/퇴적이나 하천 이용상의 장애 등 2차 문제가 비교적 적다는 것이다.

표 2. 저니의 중금속 오염도 (단위 : mg/kg)

수역 구분	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Mn
한강*1 (팔당호)	.3-3.3 1.4	19-131 48	7-74 24	20-242 77	19-182 59	136-879 383
금강 (예산, 부여, 대청)	8.2-8.4 8.3	86-140 113	3.3-85 63	100-117 109	221-547 293	585-1,318 753
영산강 (청수)	8.4-8.6 8.5	85-99 91	49-74 60	99-112 106	274-542 401	484-674 606
낙동강(구미, 본포, 물금, 다사)	8.2-8.9 8.7	18-109 62	28-91 59	96-141 117	112-457 258	244-1,511 737
일반농경지*2	.03-0.3	미분석	.8-19	ND-3	3-36	-
지각의 평균농도	-	80	45	70	85	850

자료) *1 팔당호시험준설영향조사보고서, 환경처, 1990

*2 '85 일반 농경지 토양중 중금속 함유량 자료, 국립환경연구원

4. 퇴적 오니 관련 기술 수준의 검토

퇴적된 오니의 제거나 2차 오염을 방지하기 위한 현재의 기술수준은 수중폭기, 복토, 영양염류 불활성화, 수중보, 준설 등 다양하다. 이 중에서 조사대상 취수구에 현실적으로 적용 가능한 것은 준설공법으로 보인다. 이 방법은 일본 가쓰미가우라¹⁾에서 사용하고 있는 2차오염을 최대한 억제하는 공법과 기기를 이용하여 취수구 주위 저니 준설에 이용될 수 있을 것이다.

표3. 각종 취수구 퇴사 대책의 특징

구분	대책	특 징	문 제 점
준설	준설	-퇴사지역 주기적 준설 -취수구 주위에 국한하여 퇴사되는 경우에 효과적	-항구 대책이 아님 -장기간 계속되는 경우 비용 상당
구 조 물	수제 제티	-유수방향과 강도를 조절하여 퇴사방지 -전통적으로 만곡부 침식에 적용 -모래하천에 적용시 퇴적과 세굴 발생	-비용 상당 -치수상 문제 발생가능 -경관/수운 등 이수상 문제 발생 -물리모형실험으로 배치 결정
	베인	-유수방향과 강도를 조절하여 퇴사방지 -수제보다 작고 짧음 -다열 배치	-수제/제티보다 설치 비용 절감 -수제/제티보다 치수상 문제점 발생 적음 -물리모형실험으로 배치 확인 필요
	저수로 만곡화	-직선수로에서 사주의 이동에 의한 퇴사 발생시 적용	-효과 미확인 -저수로 만곡화가 불가능한 경우 적용 곤란 (대하천 등)
유사 유입 방지 시설	유사표착공 /방지공	-취수구주위 착수정내 설치 -부유사및 소류사 유입방지 -취수구 퇴사문제 보다는 일반적으로 유사사 심한 하천에 효과적임	-시설 유지관리비 추가부담 -취수구 주위 퇴사 문제에 효과 미흡
	특수 취수구 제작 및 설치	-물제트 등 취수구 청수시설 겸비 -사주이동 등에 의한 퇴사발생시 효과적 -제티 등 타 퇴사방지 시설과 연계운영	-시설제작 및 설치비 추가 부담 -시설유지관리비

5. 결론

본 연구에서 얻은 주요 결론들을 퇴사와 저니오염 문제로 나누어 제시하면 다음과 같다.

■ 퇴사문제

- (1) 우리나라 직할하천 취수장들의 36 % 에 퇴사문제가 크건 작건 발생하고 있으며, 이 중 18 % 는 다소 심각한 것으로 조사되었다.
- (2) 이 중 모래하천인 낙동강과 금강에 설치된 취수구에서 특히 심각한 퇴사 문제가 발생하고 있다. 이러한 퇴사문제는 취수구 선정시 장차 하상변동에 대한 충분한 검토가 없었기 때문으로 사료된다.
- (3) 취수구 주위 퇴사문제에 대한 그 동안의 대책은 주기적인 준설 등 임시 응변적인 대책에 그쳤으며, 구체적인 퇴사원인과 대책이 제시되지 못했다.
- (4) 본 연구의 현지조사 대상 취수장의 퇴사문제에 대처하기 위한 방책으로 지천과 샛강의 유입을 방지하기 위한 거석 등에 의한 투수성 보의 설치와 더불어 현재 미국과 일본 등지에서 각광을 받고 있는 배인의 설치를 제안한다.

■ 저니오염문제

- (1) 본 조사대상 하천에서 저니 오염도를 조사한 결과 흐름이 있는 일반하천 보다는 댐, 보, 하구둑 등에 의해 흐름이 정체된 수역에서 오염도가 높게 나타났다.
- (2) 조사 대상 취수구 주위 저니의 중금속 오염도는 일반 토양에 비해 3이상 높으나, 유해 폐기물 환경기준을 초과하지는 않는 것으로 나타났다.
- (3) 그러나, 장차 유역의 토양 및 하천 오염의 진전으로 정체성 수역에서의 저니의 오염도가 환경기준을 초과할 우려가 있으므로 적절한 준설공법을 이용한 직접 준설 등 이에 대한 적절한 대책수립이 필요하다.

6. 참고문헌

- (1) 건설부, 하도환경정비 기초 조사 연구, 1993. 12.

7. 감사의 글

이 자리를 빌어 본 연구를 지원해준 건설부 수자원국 하천계획과 담당관들에게 심심한 감사를 표합니다.