

하천 및 저수지 취수구 주위 저니특성 기초조사¹⁾

우효섭

수자원전문가, 한국건설기술연구원

1. 서론

본 연구는 하천 및 저수지에서의 상수도 취수장 부근의 퇴사로 인한 취수장에 문제와 오염된 유사(流砂)의 퇴적으로 인한 수질문제 등 하도환경(河道環境)에 대한 기초적 조사·연구이다. 본 연구에서 하도환경이라 함을 하천환경의 일부로서 보, 취수구 등 각종 취수시설, 도류제, 수제 등 하도안정시설, 사주나 河中島 같은 자연 및 인공섬 등 하도에 관련된 수량과 수질 및 공간을 지칭한다.

본 연구의 주요 내용은 (1) 상수도 취수구 주위의 퇴사(堆砂) 실태 및 대책, (2) 취수구 주위의 오니(汚泥) 실태 조사 및 대책 등이다.

본 연구에서는 우선 전국의 생공용수 취수장 관리자를 대상으로 설문조사를 수행하고 그 중 8개의 취수장을 대상으로 현지조사를 수행하였다. 현지 조사 대상 취수장은 표 1과 같으며 각 위치는 그림 1과 같다.

2. 취수구 퇴사 및 저니오염 실태

2.1 설문조사

설문대상 취수장은 전국 직할하천(호소 포함) 구간에 있는 취수장에 국한하여 설문지를 발송하였다. 설문조사 대상기관은 직할하천구간에서 상수도 취수장을 설치 운영하고 있는 전국 지방자치단체 및 직할하천 구간에서 생활 및 공업용수를 취수하고 있는 한국수자원공사 등으로 설문지를 발송하고 회수하였다.

본 설문조사에 응답한 지방자치단체 및 기관은 전국 총 240개소였다. 본 설문조사에서 우선 직할하천구간에 국한하였으나 직할하천구간 생·공용수 취수장 84개소(35%)외에 직할하천 구간내의 농조 및 지방자치단체 관리하의 농업용수 취수장 28개소와 지방 및 준용하천 구간내의 지방자치단체 관리하에 있는 취수장 128개소에서도 설문조사에 응하였다. 직할하천 구간에 있는 생·공용수 취수장들과 직할하천 경계에 있는 예산 취수장 등 84개의 취수장만 대상으로 조사·분석한 결과는 다음과 같다.

1) 본 논문은 필자와 김영석, 이삼희, 허순철 등이 1993년에 한국건설기술연구원에서 수행한 “하천환경관리기법 개발 연구.조사(’93)” 연구 결과를 요약하여 건설기술연구연보(건기연, 1994)에 수록한 것을 전재한 것임

표 1 조사 대상 취수장의 개요

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

그림 1 조사 대상 취수장 위치

■ 우리나라 직할하천 취수장들의 36%에 퇴사문제가 크건 작건 발생하고 있으며, 이중 18%는 다소 심각한 것으로 조사되었다.

■ 용수확보를 위해 하천상류에 댐을 건설하거나 지방자치단체에서 지방 재원을 확보하기 위한 수단으로 하상의 골재를 채취함으로 일부 하천에서 하상의 변동과 취수구조물의 세굴 등을 초래하고 있는 실정이다.

■ 유역내에서 발생하는 각종 오염원의 증대로 하천수질이 악화하게 되고 이에 따라 하상의 저니질의 오염도 점차 우려되고 있는 실정이다.

■ 이에 따라 취수장의 주요 장애 요인인 퇴사와 오니문제가 발생하고 있는 곳이 여러 취수장에서 나타나고 있는 실정이다.

취수장 주변의 퇴사 및 저니 오염에 대한 현안 문제점으로 우리나라의 취수장 취수구에 있어 퇴사로 취수상의 장애를 유발할 개연성 높은 곳이 많으며 경우에 따라 오니 퇴적 문제로 수질문제를 야기시킬 소지도 있는 곳도 없지 않다. 이에 반하여 취수장 주위의 퇴사와 오니문제를 체계적으로 조사하고 이에 대한 적절한 대책을 수립하는 등 취수장 퇴사 및 저니오염에 대한 종합적인 대책이 미흡하다. 단지 취수상 문제가 심각한 경우 물길을 확보하기 위하여 퇴사를 제거하는 수준에 머물고 있다.

2.2 현장조사

전국 직할하천에서 취수하는 생·공용수 취수원의 퇴사 및 저니 오염 실태를 파악하기 위한 2단계조사로서 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 저니 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 실험실에서 입경분포 및 관련 오염도 분석을 수행하였다.

현장 조사대상 취수장은 다음과 같다.

- 과거부터 취수구 주위 퇴사문제로 취수장애가 발생하고 있는 취수장
 - 수자원공사 부여취수장
 - 수자원공사 창원본포 취수장
 - 수자원공사 구미취수장
- 취수구 주위 퇴사문제가 다소 있다고 보고된 취수장
 - 부산시 관리 물금 취수장
 - 대구시 관리 다사 취수장
- 장차 취수구 주위 저니오염 문제가 발생 가능하다고 보고된 취수장
 - 부산시 관리 물금 취수장
 - 목포시 관리 청수(몽탄) 취수장
 - 수자원공사 대청취수장
 - 예산 취수장

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

■ 현장조사 : 취수장 관리자들과의 면담을 통한 설문내용의 확인, 취수장 일반 현황, 과거 취수장애 조사 실적, 취수구 위치 및 구조, 취수구 주위 하천형태 및 하상특성, 사진촬영 등

■ 시료채취 : 취수구를 기준으로 10m 주위, 100m 주위, 500m 주위에서 4~6점 하상토 시료 채취, 1회에 0.5~1Kg채취, 채취방법은 포면 하상토의 경우 직접채취, 수심이 깊은 경우 보트에서 그랩형 하상토 채취기를 이용

2.3 퇴사로 인한 취수장애 조사

본 연구에서 수집된 퇴사자료는 취수구 주위 하상재료 시료로 각 취수장에서 4~6점씩 총 41점이다. 채취된 시료는 실험실에서 체분석을하여 입경분포를 분석하였다. 본 조사에서는 모래에 대해서만 입경분포를 분석하였고 230번 체 이하의 미립토사(실트)에 대해서는 분석하지 않았다.

입경분포 분석결과를 종합하면 표 2와 같다. 이 표에서 기하표준편차는 $(D84/D16)^{1/2}$ 이며, gradation은 $1/2(D84/D50 + D50/D16)$ 이다. 이 값들은 모두 입경분포의 퍼짐을 나타내는 척도로

이 값들이 1보다 클수록 입자들의 크기가 넓게 퍼져 있는 것을 보여준다. 표 2에서 알 수 있듯이 하천취수장(부여, 본포, 구미, 다사 등)의 바닥은 대부분 모래이며, 댐, 하구둑, 보 등에 의해 형성된 저수지에 설치된 취수장(청수-영산강 하구둑, 대청-대청댐, 예산-보 등)의 바닥은 주로 실

표 2 취수구 주위 하상재료의 입경분포

취수장	번호	D ₁₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₉₀ (mm)	기하표준 편차(mm)	gradation	비고
부여	1	0.3	0.55	0.95	1.68	1.68	중조사
	2	0.2	0.42	1.0	1.94	1.95	중사
	3	0.3	0.63	1.5	1.80	1.80	중조사
	4	0.27	0.43	0.86	1.69	1.70	중사
	5	0.20	0.48	0.94	1.91	1.92	중사
	6	0.05	0.10	0.23	1.83	1.83	세사
창원	1	0.2	0.46	1.0	1.94	1.94	중사
	2	0.2	0.35	0.48	1.35	1.36	중사
	3	0.22	0.37	0.76	1.61	1.62	중사
	4	0.15	0.28	0.46	1.69	1.70	중사
	5	0.0075	0.17	0.25	1.60	1.62	세사
	6	0.14	0.27	0.46	1.71	1.71	중사
구미	1	0.12	0.26	0.46	1.75	1.76	중사
	2	0.27	0.55	0.90	1.71	1.72	중조사
	3	0.37	0.70	1.5	1.56	1.56	중조사
	4	0.28	0.66	4.0	2.50	2.55	중조사
물금	1	0.17	0.32	0.46	1.48	1.49	중사
	2	0.09	0.25	0.44	1.75	1.76	세중사
	3	0.13	0.25	0.44	1.69	1.69	세중사
	4	0.02	0.16	0.25	2.83	3.42	세사
다사	1	0.30	0.60	0.95	1.63	1.63	중조사
	2	0.35	0.73	1.7	1.87	1.87	중조사
	3	0.22	0.43	0.95	1.81	1.82	중사
	4	0.08	0.42	3.5	4.88	5.31	중사
청수	1	0.12	1.8	10(?)	7.91	8.40	극조사
	2	자갈
	3	0.5	3.0	10(?)	5.35	5.48	극조사
	4	0.04	0.54	1.3	1.51	1.54	중조사
	5	0.02(?)	0.065	0.18	2.16	2.16	이토
	6	0.02(?)	0.15	0.90	4.93	4.93	세사
대청	1	0.02(?)	0.065	0.22	2.16	2.16	이토
	2	0.05	0.33	2.0	4.03	4.03	중사
	3	0.03(?)	0.09	0.43	3.27	3.28	극세사
	4	0.04(?)	0.17	10(?)	12.65	25.23	세사
	5	0.03(?)	0.007	0.52	2.08	2.10	이토
	6	0.05	0.12	1.2	3.74	4.12	극세사
예산	1	0.37	1.8	10(?)	6.32	7.36	극조사
	2	0.28	0.85	10(?)	4.92	5.99	조사
	3	0.28	0.90	10(?)	4.40	4.78	조사
	4	0.19	0.35	0.74	1.47	1.48	중사
	5	0.28	0.63	1.3	1.79	1.81	중조사
	6	0.26	0.63	5.0	0.82	1.21	중조사

주) '?'은 입경분포곡선을 외삽하여 추정된 값임.

트로 되어 있다. 물금의 경우 낙동강 하구둑의 영향은 받지만 하구둑에서 상당히 상류에 있어 주로 세사가 퇴적되어 있다.

청수 취수구 주위 바닥에서 자갈이 채취되는 것은 하상특성이라기 보다는 취수장 건설시 남은 골재로 보여진다. 흐르는 하천에 설치된 취수장의 경우도 곳에 따라 약간의 이토가 채취되었으며, 이는 특히 취수구 주위흐름이 약한 곳(다사, 물금)이나 주위지천 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.

(1) 하천취수

충적하천에서 취수하는 것으로 본 연구에서는 부여, 창원, 구미, 다사 등이 이에 해당한다. 이 경우 취수구 퇴사는 하천의 하상변동과 관련된다. 특히 취수구주위의 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 진해될 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 해당 저수지가 있으나 축조 연도가 오래되어 하류하상은 안정상태에 있는 것으로 보인다.

(2) 저수지 취수

댐에서 하구둑에 의해 형성된 저수지에서 취수하는 것으로 본 연구에서는 물금, 청수, 대청, 예산 등이 해당된다. 이 경우 취수구 퇴사는 저수지 전체의 퇴사와 관련된다. 저수지 퇴사는 1) 상류하천에서의 유사유입량 및 입경분포, 2) 하류댐조작 방법, 3) 저수지 형태 등에 관련되며 일반적으로 하천의 중 상류에 있는 저수지보다는 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 보고되었으나 낙동강 하구둑의 경우 퇴사진행정도가 처음 하구둑 계획시 보다 큰 것으로 알려져 있으므로 장차 취수구 퇴사에 대해 안심할 수 없을 것으로 사

료된다.

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 영문표기 약자와 현장조사시 시료채취지점번호를 이용하였다. pH, VS, COD 등 일반항목에 대한 저니의 오염도는 그리 심화되어 있지 않으나, 표 3에서 보면 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. COD의 최대값은, 대청댐의 저니에서 최대치가 22,064mg/kg을 나타내고 있다.

TKN 및 T-P의 함유량, 용출량 및 용출율에 대해서 표 4에 나타냈는데 일반항목의 오염유형과 마찬가지로 정체성 수역에서의 오염량이 많음을 알 수 있다. 저니의 중금속 오염도를 수계별로 요약 정리하여 표 5에 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. 저니의 오염의 정도가 중금속으로 인한 농작물의 생육을 저해할 정도까지로 오염이 심화된 것은 아니지만, 지각의 평균농도나 일반 농경지와 비교시 모든 일반 농경지의 농도보다 수십배 높게 나타나고 있다.

표 5에서도 알 수 있지만, 본 연구에서 조사한 저니의 중금속 오염도는 팔당호의 조사결과보다는 Cd이 약 6배정도, Cr은 약 1.84배, Cu는 2.6배, Pb는 1.4배, Zn이 5.3배, Mn은 1.8배 정도로 함유량이 높게 나타나고 있다. 이와 같이 높게 나타난 이유중 하나는 팔당호의 저니분석시 시료를 체분리하여 0.3mm 이하의 시료를 대상으로 하였는데 비해 본 연구에서는 조사분석시 체분리 후 230번체(0.063mm) 통과분을 대상으로 하였기 때문에 일반적으로 오염도가 높은 미립토사가 컸기 때문인 것으로 사료된다.

3. 취수구 퇴사 관련 기술 수준의 검토

3.1 국내의 관련기술 수준

국내에서 용수 취수구 주위의 퇴사문제에 대하여 구체적인 연구를 수행한 적은 없는 것으로 보인다. 다만, 1987년 한국수자원공사에서 현장 측량조사를 중심으로 개략적으로 창원 본포 및 금강부여 광역상수도 취수구 주위의 퇴사문제를 조사하였다. 이 조사에서는 두 취수장 주위의 하상변동을 하천 중·횡단 측량을 통하여 조사하고 퇴사 원인 분석 및 장래 하상변동을 추정하고 마지막으로 각 취수장에 대해 취수대책을 제시하였다. 그러나 그러한 취수대책들이 그 후 실현되지는 않았다.

표 3 퇴적 저니의 오염물질 일반항목 조사결과

취수장명	시료번호	pH	VS(%)	COD(g/kg)
예산	KYC-2	6.8	7.37	8,256
	KYC-4	6.9	6.00	5,835
부여	KBW-5	7.3	2.25	-
	KBW-6	6.8	7.23	13,248
대청	KDW-1	-	9.30	22,064
	KDW-2	-	9.90	16,769
	KDW-4	-	9.02	-
	KDW-5	-	7.38	13,980
	KDW-6	-	8.54	10,667
청수	YMC-1	-	7.61	7,872
	YMC-4	6.4	5.51	12,480
	YMC-5	-	6.95	13,632
본포	NBW-1	-	7.45	-
	NBW-5	6.7	4.70	9,024
	NBW-6	6.9	2.44	-
물금	NMC-1	-	0.62	-
	NMC-2	7.0	4.83	-
	NMC-3	-	5.12	-
	NMC-4	7.0	7.88	-
구미	NGW-1	7.5	5.37	-
다사	NDC-4	7.7	6.43	-

표 4 퇴적 저니의 부영양화 항목 함유량 조사결과

지역	시료 번호	T - P			T K N		
		함유량	용출량	용출율	함유량	용출량	용출율
		mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%
예산	KYC-2	1,472	138.00	9.4	4,500	210.0	4.7
	KYC-4	1,209	98.57	8.2	3,600	150.0	4.2
부여	KBW-5	384	-	-	3,200	-	-
	KBW-6	1,225	131.43	10.7	4,200	240.0	5.7
대청	KDW-1	1,682	164.29	9.8	3,900	560.0	14.4
	KDW-2	1,787	170.86	9.6	3,000	210.0	7.0
	KDW-4	1,682	157.72	9.4	3,000	263.0	8.8
	KDW-5	1,419	118.29	8.3	2,600	240.0	9.2
	KDW-6	1,577	151.15	9.6	3,700	180.0	4.9
청수	YMC-1	1,488	144.57	9.7	2,300	290.0	12.6
	YMC-4	1,015	98.57	9.7	2,600	260.0	10.0
	YMC-5	1,225	111.72	9.1	3,600	610.0	16.9
본포	NBW-1	962	131.43	13.7	1,600	800.0	50.0
	NBW-5	683	98.57	14.4	1,000	580.0	58.0
	NBW-6	368	42.29	13.4	1,400	960.0	68.6
물금	NMC-1	315	-	-	1,700	-	-
	NMC-2	789	78.86	10.0	2,517	840.0	33.4
	NMC-3	789	-	-	2,700	-	-
	NMC-4	1,051	-	-	2,100	-	-
구미	NGW-1	999	98.57	9.9	1,600	920.0	57.5
다사	NDC-4	946	105.14	11.1	3,400	980.0	28.8

표 5 각 수계별 저니의 중금속 오염 현황

(단위 : mg/kg)

수역 구분	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Mn
한강계통* (팔당호)	0.3 - 3.3 (1.38)	18.7 - 131.0 (48.14)	7.0 - 73.9 (23.58)	20.3 - 241.9 (77.2)	19.0 - 181.9 (59.36)	136.2 - 878.9 (383.3)
금강계통	8.2 - 8.4 (8.3)	85.6 - 139.9 (113.1)	3.3 - 84.8 (63.2)	99.6 - 117.1 (109.0)	220.6 - 546.9 (293.2)	585 - 1,318 (753)
영산강 계통	8.4 - 8.6 (8.5)	85.4 - 98.9 (90.7)	48.9 - 73.7 (60.1)	99.2 - 112.4 (106.0)	273.9 - 541.5 (400.6)	484 - 674 (606)
낙동강계통	8.2 - 8.9 (8.7)	18.0 - 109.3 (62.4)	27.9 - 91.0 (59.6)	96.4 - 140.7 (117.1)	112.4 - 457.3 (257.7)	244 - 1,511 (737)
일반농경지**	0.03-0.3	미분석	0.8 - 19.4	ND - 3.0	2.9 - 36.1	-
농작물 생육 저해한계농도	25	-	125	400 - 500	150 - 500	-
지각의 평균 농도	-	80	45	70	85	850

注) *1 팔당호시험준설영향조사보고서, 환경처, 1990
 *2 '85 일반 농경지 토양중 중금속 함유량 자료, 국립환경연구원
 ()안은 평균

우리나라 상수도시설기준(건설부, 1985)에 의하면, 취수지점의 위치 선정시 고려사항을 1) 하천 표류수, 2) 호소수, 3) 저수지수, 4) 지하수 등으로 나누어 제시하고 있다. 이 중 본 연구의 대상인 취수구 퇴사문제와 관련하여 하천 표류수 취수지점의 선정시 고려사항 중 취수구 퇴사문제 방지를 위해 다음과 같이 제시하고 있다.

장래에 일어날 수 있는 유심의 변화, 하상의 상승 혹은 저하에 대비하여 유속이 완만한 지점을 선택하여야 한다.

이 기준에서 제시하는 것은 취수구 선정시 현재는 물론 장래에 일어날 수 있는 변화를 감안하여 선정에 만전을 기하여야 한다는 것이다. 그러나, 이 기준에서는 현재의 하상상태 및 장래 하상변동을 어떻게 검토하는가에 대해서는 전혀 언급이 없다. 사실, 우리나라에서는 아직 장래 하상변동이나 퇴사 경향을 면밀히 검토하여 적절한 취수구를 선정하지 못하고 있다. 그 이유는 무엇보다도 하상변동과 퇴사예측 자체가 어렵기 때문이라 사료되나, 한편 대부분 취수구 위치선정을 수질 관점만을 강조하여 하천전문가보다는 수질 전문가가 함에 따른 전문성의 한계도 지적하지 않을 수 없다.

3.2 퇴사 대책

지금까지 국내외 문헌과 자료를 토대로 취수구주위 퇴사에 대한 대책을 정리하면 다음과 같다.

- ① 준설
- ② 수제, 제티, 베인 등 수류 및 유사 조절 구조물의 설치
- ③ 저수로의 만곡화를 통한 사주이동의 억제
- ④ 취수구 및 착수정 주위에 유사 포착시설이나 소류사유입 방지벽의 설치
- ⑤ 취수구 형태를 특수하게 제작하여 취수시 유사 유입억제

취수구 주위의 광범위한 퇴사문제에 대한 대책으로 꼽을 수 있는 것은 ①, ②, ③ 정도이며, 이 중 장기적이며 근본적인 대책으로 볼 수 있는 것은 ②, ③ 정도이다. 여기서 대책 ③은 교호 사주에 의한 퇴사가 진행되는 경우 저수로의 만곡도를 인위적으로 조절하여 사주이동을 억제하는 것으로, 낙동강이나 금강과 같은 대하천의 저수로에 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 ②는 타 대책에 비해 비교적 저렴한 비용으로 수립할 수 있는 것으로, 그 효과만 확실하면 현장에 적용이 비교적 용이한 것이다. 이중 수제와 제티를 이용한 유사의 조절은 과거부터 시행해온 것으로 여러 가지 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 받고 있는

것으로, 설치비용이나 효과 등을 고려하면 우리나라에서도 본격적인 검토가 필요하다. 기존의 수제나 제티에 비해 배인의 장점은 무엇보다도 규모가 적기 때문에 세굴/퇴적이나 하천 이용상의 장애 등 2차 문제가 비료적 적다는 것이다.

지금까지 제시한 각종 취수구 대책의 특성을 비교하면 표 6과 같다. 이 표에서 보는 바와 같이 기존의 여러 방법들 중에서 배인에 의한 퇴사방지 대책이 본 연구 대상지역의 퇴사문제에 비교적 적용성이 높은 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 배인에 대한 구체적인 자료검토와 더불어 부어, 본포, 구미 등 퇴사문제 발생 취수장에 그 적용성을 검토한다.

표 6 각종 취수구 퇴사 대책의 특징

구분	대책	특 징	문 제 점
준설	준설	- 퇴사지역 주기적 준설 - 보편적 적용 가능 - 취수구 주위에 국한하여 퇴사되는 경우에 효과적	- 항구대책이 아님 - 장기간 계속되는 경우 비용 상당
구 조 물	수제 제티	- 유수의 방향과 강도를 조절하여 퇴사 방지 - 전통적으로 만곡부 침식에 적용 - 모래하천에 적용시 퇴적과 세굴 발생	- 비용 상당 - 치수상 문제 발생가능 - 경관/수운 등 이수상 문제 발생 - 물리모형실험으로 배치
	배인	- 유수의 방향과 강도를 조절하여 퇴사 방지 - 수제보다 작고 짧음 - 다열 배치	- 수제/제티보다 설치 비용이 절감 - 수제/제티보다 취수상의 문제점 발생이 적음 - 물리모형실험으로 배치 확인이 필요
	저수로 만곡화	- 직선수로에서 사주의 이동에 의한 퇴사 발생시 적용	- 효과 미확인 - 저수로 만곡화가 불가능한 경우 적용 곤란(대하천 등)
유사 유입 방지 시설	유사포착/방지공	- 취수구주위 착수정내 설치 - 부유사 및 소류사 유입방지 - 취수구 퇴사문제보다는 일반적으로 유사가 심한 하천에 효과적임	- 시설 유지관리비 추가부담 - 취수구 주위 퇴사 문제에 효과 미흡
	특수 취수구 제작 및 설치	- 물체트 등 취수구 청수 시설 견비 - 사주의 이동 등에 의한 퇴사 발생시 효과적 - 제티 등 타 퇴사방지 시설과 연계운영	- 시설제작 및 설치비 추가 부담 - 시설유지관리비

4. 퇴적오니 관련 기술 수준의 검토

퇴적된 오니의 제거나 2차오염을 방지하기 위한 현재의 기술수준을 요약하면 다음 표 7과 같다.

표 7 오염된 퇴적물의 저감 대책

방 법	공 법 개 요	특 징
수중폭기법	하상에 폭기기 설치, 강제 순환에 의해 저층수의 산소고갈 방지	<ul style="list-style-type: none"> - 하상을 호기성화하여 오염물질의 용출 및 불완전 산화 방지 - 처리공정 및 시설이 간단 - 하상교란으로 영양염류 및 오염물질의 부상 가능
복 토 법	오염된 하상을 피복재나 모래 등 입경이 큰 토사를 피복하여 오염물질의 용출을 방지	<ul style="list-style-type: none"> - 퇴적물의 오염도가 큰 경우 가스발생으로 피복재가 손상되어 효과 감소 - 양질의 토사 확보 곤란 - 저수용량 감소 - 생태계 영향 및 시공의 난이
영양염류 불활성화	Alum 등의 불활성제를 이용하여 퇴적된 영양염류의 용출방지	<ul style="list-style-type: none"> - 효과가 빠름 - 처리공정이 간단 - 퇴적물의 혐기화시 공침된 영양염류가 재용출될 우려가 있음 - 미립토사의 재부상 방지에는 효과 없음
수 중 보	보에 의한 퇴적물질 차단 자갈층의 폭기 및 생물학적 산화	<ul style="list-style-type: none"> - 물리적 차단과 생물학적 분해작용을 동시에 이용 - 시공이 간단하며 유기물제거 효과가 탁월함 - 수중보의 주기적 준설 필요
준 설	오염된 퇴적층을 제거하여 오염물질을 원천적으로 제거함	<ul style="list-style-type: none"> - 오염물질의 원천적인 제거 - 저수용량 확대 - 세립토사의 재부상에 의한 탁도증가 방지 - 장기적인 효과 - 준설토사의 처리 문제 - 준설시 퇴적물의 교란으로 일시적 수질 악화

5. 결론

본 연구에서 얻은 주요 결론들을 퇴사문제와 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 퇴사문제가 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 3-30배 정도 높으나, 유해폐기물 환경기준을 초과하지는 않는 것으로 나타났다.
- (3) 그러나, 장치 유역의 토양 및 하천 오염의 진전으로 정체성 수역에서의 저니의 오염도가 환경기준을 초과할 우려가 있으므로 이에 대한 적절한 대책수립이 필요하다.
- (4) 조사대상 취수구 중 부여, 본포 취수장 등은 지류합류점 직하류에 위치하여 지류의 수질이 원수 수질에 직접 영향을 주고 있다.