

도심권 통과 하천에서의 물고기 폐사원인 조사연구

○이광호*, 강상준, 손영목**

1. 서 론

1-1. 연구목적 및 필요성

도심권을 통과하는 하천의 대부분은 자연적인 상태에서 점차 인위적인 형태로 변모해가고 있으며 특히 하천양안의 고수부지에 주차장시설 및 시내관통 하상도로를 시설하므로써 많은 수질 오염상태를 유발시키고 있다. 따라서 현재의 도심권 통과 하천은 물고기가 늘고 시민들이 발담구며 자연과 대화할 수 있는 휴식처가 아니라 단순한 도심권내의 구조물 기능에 머무르게 되었다. 특히 최근에 들어 하절기에 하천에 살고있는 물고기들이 집단폐사되는 일이 발생됨에 따라 더욱 시민들의 마음을 안타깝게 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 청주시내를 관통하는 무심천을 대상으로 물고기의 폐사원인을 생태학적, 환경공학적, 어류학적인 측면에서 검토하기 위해 현지조사와 실험실 실험을 수행하여 그 원인을 규명하고 아울러 대책을 제안하였다.

조사연구결과, 하절기에 급작스런 물고기의 집단폐사 원인으로는 하절기에 소나기가 내릴 경우 하천양안에 만들어진 주차장을 지나 하천으로 유입되는 유출수의 온도 상승과 초기강우시 도로면의 먼지등의 유입으로 용존산소의 급작스런 부족 또는 결핍이었던 것으로 밝혀졌다.

1-2. 연구조사 내용 및 방법

본 연구조사는 물고기폐사가 발생할 가능성이 있는 시점에서 이루어져야하나 불행히도 문제발생후 연구조사가 이루어지게되었다. 따라서 문제발생원인이 될 수있는 요소들을 찾기위해 ①물고기폐사 사건에 대한 관련자료수집 ②관련기관에서 조사수집된 자료의 분석 ③생태학, 어류학 및 환경공학전문팀을 구성하여 현장조사 및 실험 ④조사분석결과를 토대로한 원인규명등의 내용으로 수행되었다.

* 충북대학교 도시공학과 교수 , 충북대학교 과학교육과 교수 , ** 서원대학교 생물교육과 교수

2. 현장조사 및 연구실험

현장실측 및 시료채취는 1995년 8월 23일부터 9월5일 까지 이루어졌으며 아울러 실험실실험을 병행하였다. 현장실측지점은 물고기폐사가 주로 발생했던 지점(S-2)을 중심으로하여 대조구역으로 상류지점(S-1)과 하류지점(S-3)을 선정하였으며 그 위치도는 <그림1>과 같다.

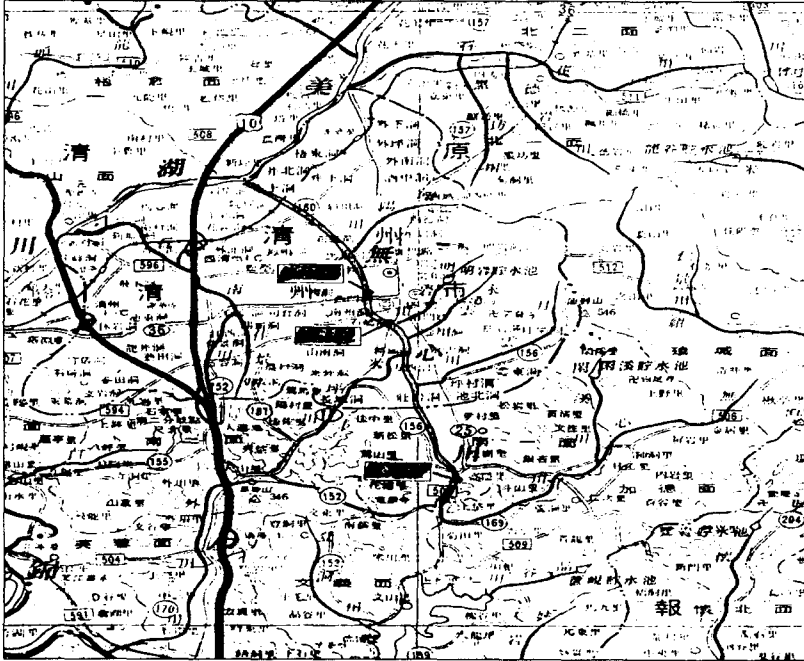


그림 1. 현장조사 및 시료채취 지점

2-1. 생태학적 측면

생태학적 조사 및 실험으로는 ①물고기의 폐사가 발생하였던 지점에서의 일별기온(최고기온), 강우량 및 수평면 일사량을 근거로 물고기의 폐사와 기성조건과의 관계를 분석
② 대상하천인 무십천 양안에 건설된 주차장이나 하상도로의 영향을 알아보기위해 모의 실험장치로 표면온도가 상승함에 따른 유출수의 온도 및 DO농도를 측정하였다.

2-2. 환경공학적인 측면

현황조사로써 ①대상지점의 표면(지면,콘크리트 주차장표면) 온도측정 과 ②수질분석시험

2-3. 어류학적 측면

3개 대상지점에서 각종 그물을 사용하여 어류를 채취한 뒤 현장에서 10%포르말린 용액에 고정한 다음 실험실로 운반하여 동정한후 실험분석

3. 연구조사의 결과 및 고찰

3-1. 생태학적 측면

3-1-1. 기상자료분석

1993년부터 1995년 8월사이에 무심천에서 물고기의 폐사현황은 <표1>과 같으며, 이 기간중 기상자료를 이용하여 기온(최고온도) 및 강우량의 변화와 물고기의 폐사관계를 분석하였다.

표 1. 무심천 물고기 폐사현황

일 자	폐 사 장 소	원 인 분 석
'93. 6. 11.	청주대교 부근	수량고갈, 수온상승으로인한 용존산소 부족
'93. 7. 28.	청주대교 부근	(?)
'94. 5. 1.	영운동 취수보 하류 500m	수량고갈, 수온상승으로인한 용존산소 부족
'94. 7. 28.	꽃다리 ~ 남사교	"
'94. 9. 19.	월평동 무심천 미호천 합류지점	소독용구 세척으로 농약 유입
'94. 11. 3.	미호천 까치내 수중보	차집관로 공사로인한 하수유입
'95. 6. 26.	영운동 수영교 ~ 취수장	생활하수 유입
'95. 7. 9.	청주대교 부근	(?)
'95. 8. 1.	꽃다리 ~ 청주대교	(?)

자료의 분석결과 무심천 물고기의 폐사원인은 첫째, 수량부족과 그로인한 수중 용존산소의 부족 둘째, 생활하수의 갑작스런 유입에 의한 영향 셋째, 집중강우시 무심천 양안에 콘크리트로 만들어진 주차장 표면 유출수의 온도상승과 이의 유입에 의한 것으로 인해 용존산소의 급작스런 부족 또는 결핍에 의한 것으로 판단된다.

3-1-2. 표면 온도상승과 DO와의 관계 모의 시험

전열판 (Hot plate)위에 알미늄호일을 얹어 부착시킨후 온도를 30, 33, 35, 37, 40, 45℃로 각각 상승시켜 가면서 각 온도에서 물을 100ml/250cm²로 붓고 1분이 지난 다음 물의 온도와 DO농도를 측정하였으며, 그 결과는 <표2>와 같다. 또한 이들 항목간의 상관관계를 그림으로 나타내면 <그림2, 3>과 같다.

표 2. 전열판 표면온도, 유출수 온도 및 용존산소

전열판 온도(℃)	30	33	35	37	40	45
수 온도(℃)	26.2	26.9	27.7	27.9	28.8	29.2
용존산소(mg/l)	3.4	3.2	2.9	2.9	2.7	2.2

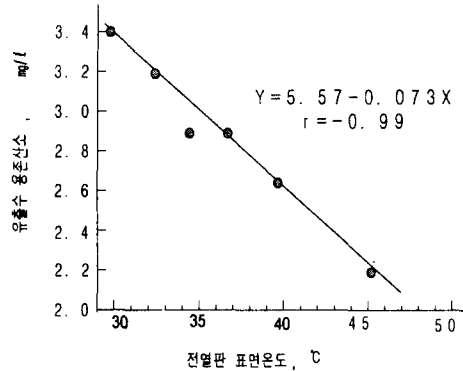
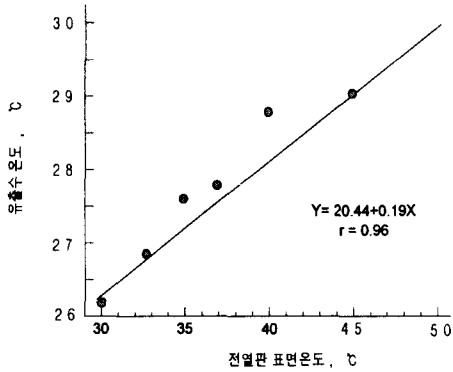


그림 2. 전열판 표면온도와 유출수온도와의 관계

그림 3. 전열판 표면온도와 DO농도와의 관계

3-2 환경공학적 측면

3-2-1. 수질측정

3개 대상지점에서의 수질측정결과 유기물항목인 TOC, TBOD, COD_{Mn}은 대조구역인 <S-1>지점에 비해 <S-2><S-3>지점이 비교적 높게 나타났으며, 특히<S-2>지점에서는 TBOD가 4.97 ~ 5.73mg/l, COD_{Mn}이 8.61 ~ 9.55mg/l, T-N이 23.4 ~ 23.8mg/l로 오염도가 제일 높게 나타났다.

3-2-2. 온도측정

일반적으로 수온이 상승함에 따라 수중의 DO농도는 낮아지게된다. 따라서 물고기 폐사시기가 여름철 경우가 있었던 바로 뒤라는 점을 감안할 때 수온상승에 의한 영향으로 그원인을 생각할 수 있다.

특히, 무심천 양안이 주차장으로 표면이 전부 열을 잘 받는 콘크리트 바닥이라는 점은 수온상승의 주요원인이 되므로 이에 대한 온도 실측을 실시하였으며 그 결과는 <표3>과 같다.

표 3. 지점별 기온, 수온, 콘크리트 지면 및 온 분포도

'95. 8. 27 (날씨 맑음)

	지점	측정시각	기온(℃)	수온(℃)	지면온도(℃)
1회	S-1	15 : 00	27	23.2	29.5
	S-2	14 : 35	28.5	23.5	35
	S-3	14 : 15	29	23.5	33
2회	S-1	17 : 40	28	24	31
	S-2	17 : 10	28	24.8	34
	S-3	16 : 50	28.5	25	34

S-1(고은삼거리)은 땅표면, S-2(꽃다리), S-3(청주대교)는 콘크리트바닥

'95. 8. 29 (날씨 맑음)

	지점	측정시각	기온(℃)	수온(℃)	지면온도(℃)
1회	S-1	13 : 05	27	24	28
	S-2	12 : 45	27	24.3	39
	S-3	12 : 30	27	24.8	38
2회	S-1	14 : 03	28	25	30
	S-2	15 : 45	30	26	35.5
	S-3	15 : 35	30	26	34

'95. 9. 4 (날씨 맑음)

	지점	측정시각	기온(℃)	수온(℃)	지면온도(℃)
1회	S-1	10 : 55	23	23.3	23
	S-2	10 : 30	24.5	22.0	31
	S-3	10 : 20	27	22.3	32
2회	S-1	14 : 49	28	25.5	28
	S-2	14 : 30	29	25.3	39
	S-3	14 : 20	28	25.6	36

3-2-3. 초기강우에 의한 부유고형물의 다량유입

앞에서 기술한 온도의 상승과 함께 복합적인 폐사원인으로 작용할 수 있는 것은 초기강우에 의한 콘크리트 표면위의 토사, 부유고형물등의 다량유입이다. 초기 강우에 의한 부유고형물 농도의 상승으로 인한 탁도의 증가는 일반적인 현상으로, 이는 대기중 산소의 포기효과를 급속도로 감소시킴으로써 급작스런 DO 농도의 감소현상을 가져오게된다. 여기에 현재의 주차장에서 배출이 가능한 자동차 oil성분 및 타이어 마모에서 오는 Cd, Pb등도 부가적인 원인이 될 수있다.

3-3 어류학적 측면

대상 3개지점에서 채집된 담수어류는 <표4>와 같으며 분석결과 오염되지 않은 대조구역 <S-1>에서는 16종의 어류가 채집되어 종 다양성을 보였고, 아울러 개체수도 많았으나 <S-2>, <S-3>에서는 이의 감소 현상이 뚜렷하였다.

표 4. 청주시와 인접지역의 무심천 수역 어류

어종명	조사지점	S-1	S-2	S-3	비 고
잉어과					
붕어 <i>Carassius auratus</i>		10	18	4	일
각시붕어 <i>Rhodeus uyekii</i>		25	·	·	일·특
납줄갱이 <i>R. suigensis</i>		21	1	·	일
납지리 <i>Acheilognathus rhombea</i>		42	2	·	일
납자루 <i>A. koreanus</i>		2	1	·	일
피라미 <i>Zacco platypus</i>		54	12	2	일
끄리 <i>Opsariichthys bidens</i>		2	1	·	일
중고기 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>		9	1	·	일·특
참붕어 <i>Pseudorasbora parva</i>		6	4	1	일
줄몰개 <i>Gnathopogon strigatus</i>		5	2	·	일
몰개 <i>Squalidus japonicus coreanus</i>		·	3	·	일·특
긴몰개 <i>S. gracilis majimae</i>		6	·	·	일·특
모래무치 <i>Pseudogobio esocinus</i>		3	1	·	일
왜매치 <i>Abotina springeri</i>		1	·	·	일·특
미꾸리과					
미꾸리 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>		1	3	2	일
구굴무치과					
얼룩동사리 <i>Odontobutis odontobutis interrupta</i>		1	·	·	주·특
망둥어과					
밀어 <i>Rhinogobius brunneus</i>		2	·	·	주

일 : 일차담수어, 주: 주연성담수어, 특 : 한국특산어

4. 결 론

도심지를 관통하는 하천에서의 물고기 폐사원인을 검토하기위한 본 연구 결과 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 과거 물고기 폐사가 발생한 시점의 기상자료를 검토한 결과 대부분이 대기온도가 높았고 강우가 있었던 경우가 많았다.
- 2) 여름철에 주차장 콘크리트 표면과 땅의 표면, 수온 등을 측정한 결과 무심천 양안 콘크리트 주차장은 땅표면에 비해 온도 흡수율이 높아 대기온도와 4~12℃까지의 차를 나타내 초기 강우시 주차장 표면에 떨어진 빗물이 무심천으로 유입되어 급격한 온도상승을 초래하게 되고 동시에 표면의 부유물까지 유입시킴에 따라 DO농도가 급격히 감소되어 물고기 폐사의 직접적인 원인이 되는 것으로 판단되었다..
- 3) 실험실에서 모의실험결과 표면온도가 높아짐에 따라 유출수온도는 직선적으로 높아지는 경 상관을 나타낸반면, DO농도는 감소되는 역상관을 나타냈다.
- 4) 대상 3개 지점에서의 수질과 어류채취분석결과 오염되지 않은 대조구<S-1>에서 수질도 양 호한 반면 어종도 하류지점에 비해 다양성을 보였다.

참 고 문 헌

1. 강상준, 유역에 있어서 삼림생태계의 중요성-담수생태계의 보존대책, 한국생태학회·한국육수학회 공동 심포지움, pp.3-22 (1993)
2. 조규송·유기춘·최준길, 하천 및 수변환경조사기법, 한국 종합기술개발공사, p.313 (1994)
3. 손영목, 충청북도산 담수어류, 서원대학 기초과학 연구논총 제5집, pp.1~38 (1991)
4. Sakurai Yoshio, 수변의 환경학-생물과의 공존, 신일본 출판사, p.222 (1991)
5. Gilbert, O. L. , The ecology of urban habitats, Chapman and Hall, London, pp.264~290 (1991)
6. Feedman, B. , Environmental ecology, The impacts of pollution and other stresses on ecosystem structure and function, Academic Press, New York, pp.157~179 (1989)