호소의 부영양화 및 관리

공동수
(국립환경연구원 한강수질검사소)

요 약

담수는 인간의 생존에 필수적인 요소이다. 우리는 매일 일정량의 물을 섭취하고 있으며, 일상에서 직접, 간접적으로 물과 관련되지 않고서는 생활할 수 없다. 지구 표면의 약 70%가 물로서 덮여 있다고는 하지만 인간의 생활에 직접적인 이용가치가 있는 담수(지표수)는 전체 물의 용적의 2%에 지나지 않는다. 한국의 연평균 강수량은 1,274㎜로서 세계 연평균 강수량인 970㎜보다 많은 편이나 인구 1인당 연간 강수량은 약 3,000㎥으로서 세계 평균인 34,000㎥의 11분의 1에 지나지 않는다. 수자원총량중 지하침투와 증발에 의해 손실되는 양을 제외한 하천유출량은 전체의 55%인 697억㎥으로서 이것이 곧 가용수자원량이다. 그러나 하절기 강우집중도가 높은 우리나라 실정에서는 가용수자원량중 수자원총량의 37%가 홍수시 유출되고 실제 이용량은 수자원총량의 18%인 230억㎥에 불과하여 인구증가와 함께 수자원의 가치가 더욱 증대하고 있는 실정이다. 더우기 지하수 이용량은 19억㎥에 불과함에 따라 우리나라는 실제 이용수자원량의 90% 이상을 지표수에 의존하고 있으며, 그 중 약 40%가 호소수로 구성되어 있다. 이러한 수자원 이용효율의 취약성으로 인해 제한된 수자원 용량과 생활 및 농공용수의 과수요에 따른 불균형으로 근래 많은 하천이 갈수기나 평수기시 건천화되어 가고 있어 수중생태계에 큰 위협을 주고 있다. 또한 이에 더하여 산업발달과 함께 수질오염원은 양적으로는 물론 질적으로도 증가일로에 있어 기존의 유기 및 중금속 오염물질을 포함해 수많은 신생 유기화합물질이 수계에 유출되고 있으며, 이에 더해 질소 및 인으로 대표되는 영양물질의 유입과다로 국내 대다수의 호수가 부영양화의 새로운 위협에 직면해 있다.

우리나라에는 적은 유입유량에 큰 저수용량 및 긴 체류시간으로 대표되는 대규모 자연호는 없으며, 대부분이 대단위 강을 막아 형성된 체류시간 1년 이하의 인공호로서 그 중 안동호, 충주호, 대청호 등은 비교적 체류시간이 긴 호소형 인공호로, 팔당호나 기타 대부분의 호수는 체류시간이 짧은 하천형 인공호로 대별된다(Table 1). 이처럼

국내 호소는 국외의 자연호와는 다른 구조적 특성을 가짐에 따라 부영양화 특성 역시 매우 상이하고, 호소형 인공호와 하천형 인공호간의 차이 역시 현저하여 일률적인 관리대책을 설정하기가 어려운 실정에 있다.

Table 1. Dimensional and hydraulic characteristics of Korean lakes.

Lakes	Area (A) (10^6m^2)	Volume (V) ($106m^3$)	Inflow (Q) ($106m^3/yr$)	Discharge (q_w) (m/yr)	Residence (T_w) (yr)	Depth (Z) (m)
Soyang	44.4	1,500	1,999	45.02	0.7507	33.8
Chungjoo	97.0	2,750	5,027	51.82	0.5479	28.4
Paldang	37.0	244	16,528	440.75	0.0148	6.5
Andong	51.5	1,248	973	18.89	1.2822	24.2
Daecheong	72.8	1,490	3,217	44.19	0.4630	20.5

또한 각 호수의 유역특성이 상이함에 따라 호수별로 유역 오염원의 오염부하율이 현저히 달라(Table 2) 호수에 따른 특성적인 유역관리(Lake-specific management)가 요구되고 있다.

Table 2. External phosphorus loading composition according to sources.

	Load (Li) ($mgP/m^2/yr$)	Loading composition of sources(%)				
		Living	Livestock	Industry	Land	Fishery
Soyang[1)]	5,623.2	12.7	4.8	0.1	9.2	73.1
Chougjoo[1)]	9,710.1	28.9	5.7	5.5	8.0	51.9
Paldang[2)]	35,426.7	31.0	53.0	13.1	2.6	0.3
Andong[1)]	5,054.0	23.3	5.6	49.4	6.5	15.3
Daecheong[1)]	7,531.9	57.2	17.0	1.4	11.0	13.3

1)환경처, 1994. 전국호소환경현황조사.
2)공동수, 1992. 팔당호 육수생태학적 연구

정상상태(Steady state)가 아닌 국내 호소에 대해 국외 자연호의 인단순모델(Simple phosphorus budget model)을 그대로 적용하는 것에 다소 무리한 점이 따르나,

평균적인 개념으로 OECD의 유역부하량 및 호소특성에 따른 부영양화 판정모델을 적용한다면, 국내 주요 호수는 모두 부영양 수준에 있다.

또 각 호수별로 부영양화 제어를 위해 요구되는 인의 삭감부하량은 상당량이 되어 현실적으로 관리가 이미 어려운 실정에 와 있다.(Table 3)

Table 3. Permissible and dangerous load level of phosphorus of lakes.

	Load (Li) ($mgP/m^2/yr$)	Permissible loading		Dangerous loading	
		LP($mg/m^2/yr$)	(%)*	LD($mg/m^2/yr$)	(%)*
Soyang	5,623.2	816.26	14.53	1,900.81	33.80
Chougjoo	9,710.1	876.04	9.02	2,040.01	21.01
Paldang	35,426.7	4801.41	13.55	11,180.94	31.56
Andong	5,054.0	391.19	7.74	910.96	18.02
Daecheong	7,531.9	721.64	9.58	1,680.46	22.31

* Percentage to load Li

호수의 부영양화는 조류 발생으로 이어지며, 그에 따른 폐해는 각종 형태로 나타나는데 대표적으로 이취미 발생이나 유해조류에 의한 독성물질의 배출, 정수처리 과정의 THM 발생등이 주로 문제가 되고 있다. 따라서 국내 호수의 구조적 특성별 부영양화 실태를 파악하고 그에 따른 영향 및 관리방안에 관한 종합적 고찰이 차후 수질관리를 위해 요구되고 있으며, 특히 남조류로 대표되는 유해조류의 독성영향에 관한 연구는 시급한 실정에 있다.