

<보고문>

팔당상수원 부영양화 제어를 위한 수질관리 정책방향

Management Plan for the Control of Eutrophication in the Paldang Lake

조덕희^{1*} · 김종수¹ · 정연훈²

Deok-Hee Cho^{1*} · Jong-Soo Kim¹ · Yeon-Hoon Jung²

1 경기도보건환경연구원, 2 경기개발연구원 팔당물환경센터

1. 서론

팔당호는 1973년 북한강과 남한강 그리고 경안천의 세 지류가 모이는 지점에 발전목적으로 댐을 건설한 인공호로서 현재는 국내 최대 규모의 광역상수원으로서 수도권 2,400만 주민의 수돗물 등 용수로 이용되고 있다. 팔당호는 수표면적에 대한 유역면적의 비가 618로 큰 반면 평균수심은 6.5m에 불과하여 유역의 영향을 크게 받고 있다. 유입하천인 북한강은 유역고도가 높고 수질이 양호한 반면, 남한강은 평지하천으로 퇴적이 크고 유역이 석회암지대로서 경도가 높으며, 경안천은 저지대 내 오염원의 영향으로 수질오염에 취약한 상태이다.

팔당호는 저수량에 비해 유역면적이 넓어 유기물, 영양염류, 유해화학물질, 항생제, 바이러스 등 오염물질 유입과 수질오염사고로부터 노출되어 있어 수질관리에의 어려움이 있다. 최근에는 팔당 상수원수 뿐만 아니라 수돗물에서도 유해화학물질의 검출이 보고되고 있으며, 또한 수중에서 검출되고 있는 일부 물질에 대한 내분비계 독성이 의심되면서 생태계 및 인체의 안정성에 대한 문제가 제기되고 있다(조덕희 등, 2008; 강준원, 2005; 정연정 등, 2004). 수돗물 중의 오염물질을 최소화하고 경제적인 비용을 감소시키기 위해서는 수돗물의 모체인 상수원에서의 오염물질 발생을 최소화해야 하는데, 이를 성취하기 위해서는 상수원을 오염시키는 다양한 오염원에 대한 근본적인 감소대책과 오염원

을 차단하기 위한 강력한 감시프로그램을 동원해야 한다(경기개발연구원, 2007).

정부는 1998년 한강수계를 대상으로 팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별 종합대책을 수립하면서 오염총량관리, 물이용 부담금, 수변구역 지정, 자연정화복원, 환경기초시설 확충, 하수도 보급률 향상 등 새로운 유역관리의 개념과 방향을 정립하였으나 팔당호 수질은 아직 뚜렷한 진전을 보이지 않고 있는 실정이다. 이와 관련하여 환경부에서는 2006년도에 물환경관리기본계획을 수립하여 “2015년까지 물고기가 뛰어놀고 아이들이 먹 감을 수 있는 물환경 조성, 생태적으로 건강한 하천과 유해물질로부터 안전한 물”을 만들겠다는 목표와 비전으로 향후 10년간의 물환경 정책 포커스를 발표하였다.

팔당수질관리를 위해서 환경기초시설 확충, 하수도 보급률 확대, 수변구역 설정, 수질오염총량관리제 도입 등으로 유기성 오염물질의 오염부하량을 줄이는 데는 어느 정도 성과를 거두었으나 영양염류, 난분해성물질, 유해화학물질 관리에 있어서는 아직도 미흡한 부분이 있다. 이로 인해 팔당호에서는 빈번히 부영양화 현상이 발생하고 있어 정수처리 효율저하 및 처리비용이 증가되고, 수돗물에서의 이·취미 발생으로 수돗물에 대한 불신을 초래하고 있으며, 또한 미량 유해물질 및 조류 독성물질의 위험성이 상존해 있으므로, 팔당상수원 부영양화 제어를 위한 수질관리 정책방향을 제시하고자 하였다.

* Corresponding author Tel:+82-31-250-2555, Fax:+82-31-250-2625, E-mail: deokheec@gg.go.kr(Cho, D.H.)

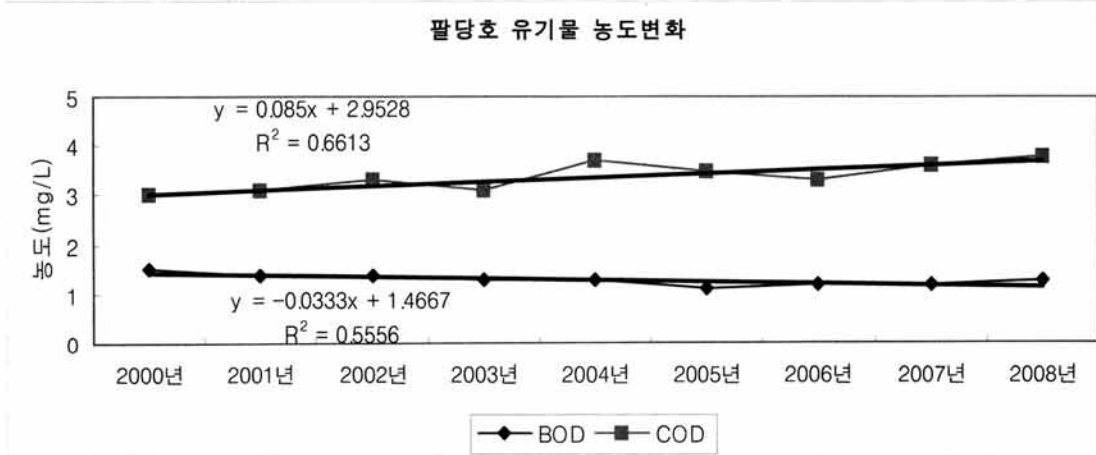
2. 팔당상수원 수질변화 특성

팔당호의 BOD 농도는 2000년도에 평균 1.5mg/L에서 2005년도 1.1mg/L로 낮아졌다가 다시 2008년도에 1.3mg/L(좋음; Ib, 하천기준)로 약간 높아졌으나 팔당호의 BOD 농도는 감소 및 안정화 추세이다. 그러나 COD는 2000년도 3.0mg/L에서 2008년도 3.8mg/L(약간 좋음; II, 호소기준)로 점차 높아지는 추세로 난분해성물질의 유입이 지속적으로 증가하고 있다고 판단된다<Fig. 1>.

일반적으로 팔당호에 유입하는 유량은 북한강이 전체유입량의 43.4%, 남한강 55% 그리고 경안천 1.6%를 차지하고 시기에 따라 유입유량비가 달라진다고 알려져 있다. 그러나 한강물환경연구소 연구자료를 분석해 본 결과, 2005년부터 2007년까지 3년 평균 북한강 40.1%, 남한강 58.2%, 경안천 2.3%로 평가되었으며, 이를 바탕으로 해서 팔당호 오염부하량을 산출하였다.(한강수계관리위원회, 2008, 2007, 2006).

2008년도 팔당호에 유입하는 북한강의 BOD 부하량 기여율이 29.7%, COD 부하량 기여율 35.3%로 유량기여율 40.1%보다 상대적으로 낮았다. 남한강의 BOD 부하량 기여율 64.9%, COD 부하량 기여율 60.7%로 유량기여율 58.2%보다 상대적으로 높았으며, 경안천에서도 BOD 부하량 기여율 5.5%, COD 부하량 기여율 4.0%로 유량기여율 2.3% 보다 상대적으로 높았다<Table 1>. 팔당호의 BOD 농도가 악화되는 시기인 3~5월(갈수기)에는 남한강의 오염부하율이 높게 조사되었으며, 이는 갈수기로 인한 수량의 감소와 동절기 토양 내 결빙으로 축적되었던 오염물질들이 해빙되어 강우량 증가로 인하여 강 및 하천으로 유입되어 오염도를 가중시키는 것으로 판단된다.

2008년도 수계별 BOD/COD 부하율 비가 북한강 0.31, 남한강 0.37, 경안천 0.47로 5년 평균 BOD/COD 부하율 비(북한강 0.31, 남한강 0.40, 경안천 0.60)보다 남·북한강 및 경안천 모두 생분해성 유기오염물질 비율이 감소하였다. 이유는 팔당유역의 환경기초시설이 증가하였으나, 대부



<Fig. 1> 팔당호 유기물질 농도변화

<Table 1> 팔당호 수계별 오염부하량 기여율 및 수질등급 (2008)

항 목	북한강 (삼봉리)			남한강 (강상)			경안천 (경안천 5)			팔당호 (댐 2)	
	농도	등급	기여율	농도	등급	기여율	농도	등급	기여율	농도	등급
BOD(mg/L)	1.1	I b	29.7	1.6	I b	64.9	3.4	III	5.5	1.3	I b
COD(mg/L)	3.5	I b	35.3	4.0	I b	60.7	6.7	III	4.0	3.8	II
T-N(mg/L)	1.636	VI	29.5	2.388	VI	64.9	5.175	VI	5.6	1.957	VI
T-P(mg/L)	0.032	I b	23.4	0.063	II	69.5	0.162	III	7.1	0.043	III
Chl-a(mg/m³)	13.4	II	35.2	15.2	III	60.0	30.7	IV	4.8	16.6	III

1. 북한강, 남한강, 경안천 : 하천생활환경기준 적용 단, 총질소, Chl-a는 호소기준 적용
2. 팔당호 : 호소생활환경기준 적용 단, BOD는 하천기준
3. 팔당호 유량기여율(2005, 2006, 2007년도 평균) : 북한강 40.1%, 남한강 58.2%, 경안천 2.3%

분의 처리공법이 생물학적 처리공정으로 생물학적 하수처리율이 증가하는 것에 비해 상대적으로 난분해성물질의 처리율이 낮아 오염물질의 배출량이 증가된 것으로 판단된다 <Table 2>.

조류의 증식은 유기물 증가, 냄새 발생, 독소 발생, 미관상 불쾌감, 심층의 산소감소 등의 피해를 초래하므로 호소수질을 악화시키는 가장 일반적인 요인이며, 호소에서 조류의 밀도는 제한영양소인 인의 농도에 비례한다. 따라서 인의 결핍은 수중생물의 성장을 제한하는 원소가 되며, 간혹 질소의 결핍이 생물성장을 제한하는 경우도 있으나 우리나라에서는 질소의 자연배경농도가 높아서 질소의 제한이 일어나는 호소는 거의 없고 대부분 인이 제한영양소이다.

팔당호의 총질소/총인비율이 2000년도부터 2008년도까지 평균 40정도로 조류증식의 제한요인이 총인이므로 팔당호의 부영양화를 제어하기 위해서는 조류증식의 원인물질인 총인을 관리해야 한다 <Table 3>. 팔당호의 Chl-a 농도는 2000년도에 평균 15.1mg/m³, 2001년도 평균 23.3mg/m³에서 2008년도 평균 16.6mg/m³으로 낮아지는 추세이나 호소생활환경기준으로 Ⅲ등급(보통)으로 부영양화 상태이며, 이때 호소생활환경기준으로 총질소는 VI 등급(매우 나쁨), 총인은 Ⅲ등급(보통)이었다. 2008년도에 팔당호에 유입하는 남한강의 평균 T-N, T-P, Chl-a 부하량 기여율이 각각 64.9, 69.5, 60.0%로 유량기여율 58.2%보다 상대적으로 높았으며, 경안천도 평균 T-N, T-P, Chl-a 부하량 기여율 각각 5.6, 7.1, 4.8%로 유량기여율 2.3%보다 상대적으로 높았다

<Table 1>. 팔당호 T-P 부하량 기여율은 집중 강우시기를 제외하면 주로 남한강과 경안천에서 유입되고 있으므로 남한강과 경안천에서의 T-P 관리가 상대적으로 중요하다.

호소나 하천의 유기물은 유역에서 유입되는 외부기원 유기물과 내부에서 생산되는 내부생성 유기물로 나눌 수 있으며, 내부생성 유기물은 주로 식물성플랑크톤과 수생식물의 광합성 과정을 통해 이루어진다. 수체의 전체 유기물부하에서 수중 1차 생산(내부생성)에 의한 유기물의 기여도는 호수의 체류시간이 길수록 또 부영양화가 진행될수록 커질 수 있다(한강수계관리위원회, 2005). Chl-a 농도변화와 BOD 농도변화를 2004년도부터 2008년도까지 5년 평균농도를 비교해 보면 BOD 농도변화와 Chl-a 농도변화는 유사한 패턴을 보이고 있다. 이는 팔당호 BOD 농도변화 즉, 부영양화에 의한 조류 증식은 팔당호 BOD 농도증가(팔당호 내부생성 유기물)에 일정량 영향을 미치고 있어, 팔당호 BOD 저감을 위해서는 팔당호 총인 유입량을 저감시켜 조류증식을 감소시켜야 한다.

2000년도부터 2008년도까지 연도별 평균 팔당호 Chl-a 농도는 15.1, 23.3, 21.7, 19.3, 20.3, 17.9, 18.1, 16.2, 16.6mg/m³로 US EPA 영양단계 기준으로 팔당호는 부영양화 상태이다. 월별 Chl-a 농도변화는 겨울철(1, 2, 11, 12월)의 5년('04~'08) 평균 16.7mg/m³에서 2008년도에는 20.3mg/m³으로 높아져 겨울철에도 부영양화상태라 할 수 있으며, 갈수기(3, 4, 5, 6월)의 5년 평균 24.6mg/m³에서 2008년도에 19.2mg/m³으로 낮아졌으나 부영양화상태를 넘어서

<Table 2> 팔당호 유입 생물분해성 유기물질 농도비 (2008)

BOD / COD		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
북한강	2008년	0.28	0.37	0.37	0.44	0.50	0.32	0.31	0.23	0.29	0.24	0.25	0.19	0.31
	5년 평균	0.28	0.33	0.38	0.38	0.39	0.35	0.31	0.27	0.25	0.28	0.28	0.22	0.31
남한강	2008년	0.23	0.32	0.45	0.69	0.65	0.57	0.39	0.22	0.37	0.19	0.18	0.23	0.37
	5년 평균	0.29	0.32	0.42	0.57	0.59	0.62	0.31	0.35	0.44	0.37	0.29	0.22	0.40
경안천	2008년	0.43	0.46	0.61	0.73	0.60	0.52	0.45	0.53	0.41	0.31	0.27	0.36	0.47
	5년 평균	0.77	0.55	0.66	0.86	0.82	0.72	0.52	0.55	0.35	0.51	0.44	0.48	0.60

<Table 3> 팔당호 부영양화 관련물질 농도변화

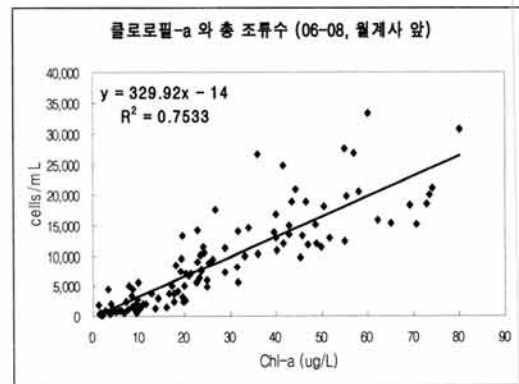
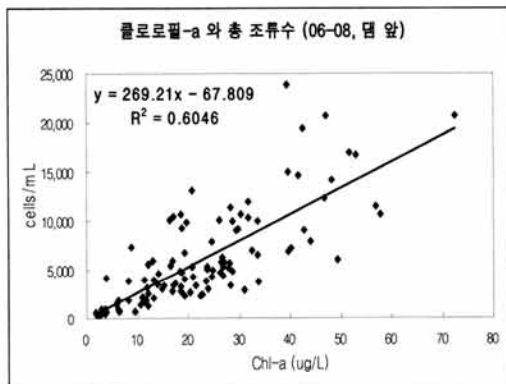
년도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Chl-a (mg/m ³)	15.1	23.3	21.7	19.3	20.3	17.9	18.1	16.2	16.6
T-N (mg/L)	1.957	2.168	2.258	2.247	2.069	2.206	2.190	2.354	1.957
T-P (mg/L)	0.029	0.045	0.050	0.058	0.054	0.047	0.055	0.052	0.043
T-N / T-P	66.5	47.7	45.0	38.9	38.3	46.8	39.7	45.3	45.5

일정기간동안 과영양화 상태이었다. 장마철(7, 8월)의 5년 평균 11.5mg/m³에서 2008년도에는 8.4mg/m³으로 낮아졌다.

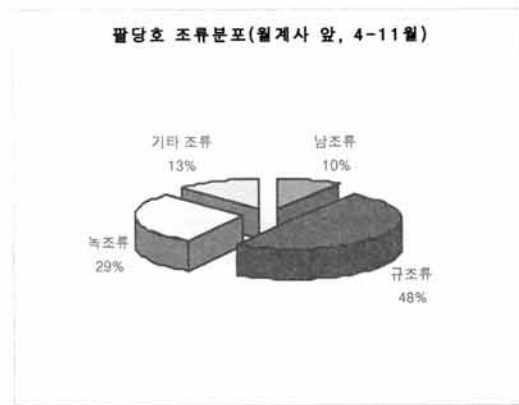
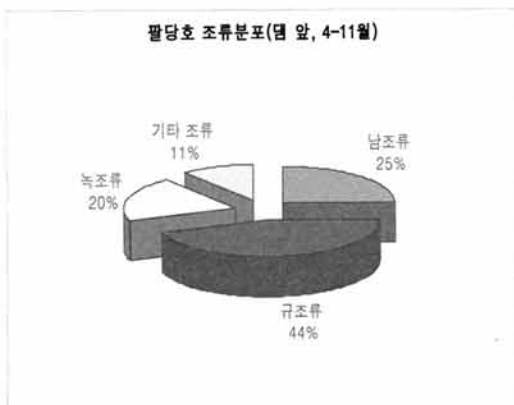
2006년도부터 2008년도까지 조류예보제 기간(4월~11월) 동안에 팔당호 댐 앞의 Chl-a 농도와 총 조류 세포수 변화, 월계사 앞의 Chl-a 농도와 총 조류 세포수 변화에서 팔당호 댐 앞 지점과 월계사 앞 지점 모두 Chl-a 농도 변화와 조류 농도변화가 거의 유사한 패턴을 보이고 있었다. 그러나 총 조류농도 중 유독 남조류의 농도변화와 Chl-a 농도 변화와는 일정한 관계가 없었다. 다른 수질환경인자와는 달리 Chl-a 값은 조류 농도의 분포현황과 매우 유사한 추이를 보여주고 있어 두 항목간의 상관성 평가를 통해 Chl-a 농도를 이용하여 조류량을 예측할 수 있다. 팔당호 댐 앞 지점과 팔당호 유입 남한강수계에 속하는 월계사 앞 지점을 대상으로 2006년도부터 2008년도까지 4월 초부터 11월 말까지의 조류농도와 Chl-a와의 상관관계를 분석·평가하여 회귀 분석을 실시한 결과, 팔당호 댐 앞 지점의 상관계수는 0.6046, 월계사 앞 지점에서는 0.7533으로 높게 나타났다. 이는 간단한 Chl-a 농도의 측정만으로도 조류농도의 분포

추이를 예측할 수 있을 것으로 기대되어 상시적인 모니터링에 효과적으로 이용될 수 있다<Fig 2>.

2008년도 팔당호 댐 앞 지점에서의 Chl-a 농도가 2.9~49.4mg/m³(평균 20.0mg/m³)일 때 총 조류 농도는 755~14,230cell/mL(평균 5,310cell/mL)이었으며, 총 조류농도 중에서 규조류가 44%인 305~9,730cell/mL(평균 2,375 cell/mL)이었다. 다음으로 유독 남조류가 25%로 0~9,690cell/mL(평균 1,326cell/mL), 녹조류 20%로 30~7,570cell/mL(평균 1,042cell/mL), 기타 조류 11%이었다<Fig 3>. 팔당호에 유입하는 남한강수계에 해당하는 월계사 앞 지점에서의 Chl-a 농도가 1.3~80.1mg/m³(평균 28.5mg/m³)일 때 총 조류 농도는 540~30,790cell/mL(평균 9,784cell/mL)로 댐 앞 지점보다 Chl-a 농도, 조류농도 모두 높았다. 총 조류농도 중에서 규조류가 48%인 175~21,370cell/mL(평균 4,772cell/mL)이었고, 다음으로 녹조류가 29%로 70~12,530cell/mL(평균 2,826cell/mL), 유독 남조류 10%로 0~10,620cell/mL(평균 954cell/mL), 기타 조류 13%이었다.



<Fig. 2> 클로로필-a 농도와 조류 개체수와의 상관성



<Fig. 3> 팔당호에 출현하는 조류종의 분포

부영양화 된 수역에서 조류의 과다증식은 정수처리 시 여러 가지 문제 즉 수돗물의 이·취미, 남조류 독소, 조류에 의한 여과지 폐쇄, 응집장해, 정수처리비용 증가 등에 영향을 미치고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 조류예보제를 실시하고 있으며, 조류발생상황을 신속하게 전파하여 이로 인한 피해를 최소화하고 취·정수장의 정수처리 강화 등 대응조치를 통해 먹는물의 안전성을 확보하고 있다. 2008년도 팔당호 조류예보제 시행결과 2007년에 비해 갈수기가 여름까지 지속되어 유해 남조류 발생량이 월계사 앞 지점 및 팔당댐 앞 지점에서 모두 높아 조류주의보가 발령되었다. 특히 5월 하순부터 남한강수계의 월계사 앞 지점에서 유해 남조류 발생이 먼저 시작되었고 7월초에는 팔당댐 앞 지점에서 유해 남조류의 폭발적인 증가로 인해 조류주의보가 2회에 걸쳐 발령되었다(국립환경과학원, 2008, 2007, 2006).

3. 팔당상수원 수질관리 정책방향

팔당호는 그동안 막대한 예산을 투입하여 BOD 위주의 수질오염도 저감 노력으로 BOD 등 유기성 오염물질 저감에는 효과를 거두었다. 그러나 호소는 빈번히 부영양화 현상이 발생하고 있어 정수처리 효율저하 및 처리비용이 증가되고, 수돗물에서의 이·취미 발생으로 수돗물에 대한 불신을 초래하고 있으며, 또한 미량유해물질 및 조류 독성물질의 위험성이 상존해 있다. 따라서 정수처리 및 수돗물 수질에 악영향을 미치는 부영양화를 제어하기 위해서는 다음과 같이 상수원으로서 팔당호 수질관리를 하여야 한다.

팔당 상수원 부영양화 제어를 위해서는 팔당호 총인유입량을 감소시켜야 한다. 팔당호 조류성장의 제한요인으로 작용하는 총인의 유입은 2006년도에 북한강 28.4%, 남한강 54.6%, 경안천 16.9%이었다. 조류발생에 의한 팔당호의 Chl-a농도가 높았던 3월부터 7월까지 총인유입량 기여율은 북한강 28.2%, 남한강 56.1%, 경안천 15.7%, 10~11월에는 북한강 37.4%, 남한강 42.4%, 경안천 20.2%이었다.

2008년도에는 총인 유입량 기여율이 북한강 23.4%, 남한강 69.5%, 경안천 7.1%로 2006년도와 비교 시 북한강 및 경안천에서의 기여율은 약간 감소하였으며, 상대적으로 남한강의 총인 기여율이 증가하였다. 따라서 팔당호 부영양화 제어를 위해서 상수원 이용에 지장을 주는 조류발생 시기에 남한강의 총인기여율이 높았고, 또한 경안천의 총인기여율이 유량기여율에 비하여 상대적으로 높았으므로 남한강과 경안천 유역에서의 총인발생량을 감소시켜야 한다.

물환경관리기본계획에 의하면(환경부, 2006) 2015년 BOD 목표수질에서 북한강의 경기도 경계지점인 춘성교 측정지점에서 2008년도에 BOD 1.1mg/L(5년 평균 1.2mg/L, 목표수질 1.0mg/L)이었다. 팔당호 유입지점인 삼봉리 측정지점에서도 2008년도에 BOD 1.1mg/L(5년 평균 1.0mg/L, 목표수질 0.9mg/L)로 2015년 목표수질을 달성할 수 있다고 판단된다. 남한강의 경우에는 경기도 지역의 경계지점인 원주 측정지점에서의 2008년도 BOD 1.2mg/L(5년 평균 1.2mg/L)로 2015년 목표수질 1.3mg/L을 달성하였다. 그러나 팔당호 유입지점인 강상 측정지점에서는 2008년도 BOD 1.6mg/L(5년 평균 1.6mg/L)로 2015년 목표수질 1.1mg/L과는 상당한 차이가 있으며, 이는 실질적으로 경기도가 남한강 유역에서의 BOD 부하량을 감소시켜야 하는 부담이 있다 <Table 4>. 경안천은 경기도의 수질개선노력으로 경안천 5 측정지점에서 2008년도 BOD 3.4mg/L(5년 평균 4.3mg/L)로 수질이 지속적으로 좋아지고 있으며, 2015년 목표수질 3.5mg/L을 달성하였다.

2015년까지 팔당수계별 목표수질을 설정하여 BOD 관점에서 팔당호 I 급수 달성을 목표로 하고 있으나, 팔당호는 상수원으로서 수질관리가 되어야 한다. 팔당호의 BOD 농도는 상수원으로서 현재수준의 정도이면 정수처리에 악영향 없이 먹는물 수질기준에 충족된 수돗물을 생산할 수 있다. 팔당호 BOD 농도를 현 상태로 유지 또는 감소시키기 위해서는 남한강 및 경안천에서 유입되는 BOD 부하량을 감소시켜야 한다(조덕희 등, 2008). 또한 부영양화에 의한 조류 증식

<Table 4> 팔당수계 수질현황 및 목표수질

구 분	북한강		남한강		경안천 (경안천 5)	팔당호	
	경계(춘성교)	유입(삼봉리)	경계(원주)	유입(강상)			
BOD (mg/L)	목표(2015)	1.0	0.9	1.3	1.1	3.5	1.0
	2008년도	1.1	1.1	1.2	1.6	3.4	1.3
	5년 평균	1.2	1.0	1.2	1.6	4.3	1.2
T-P (mg/L)	목표(2015)	0.030	0.030	0.050	0.060	0.300	0.050
	2008년도	0.036	0.032	0.031	0.069	0.162	0.043
	5년 평균	0.032	0.031	0.044	0.059	0.273	0.051

은 팔당호 BOD 농도증가(팔당호 내부생산 유기물질)에 일정량 기여하고 있으므로, 팔당호 BOD 저감을 위해서도 팔당호에의 총인 유입량을 저감시켜 조류증식을 억제함으로써 팔당호 BOD 농도는 어느 정도 감소될 것으로 판단된다.

상수원인 팔당호에서 조류문제는 해결하여야 할 숙원사업이고, 인은 조류성장에 결정적인 역할을 하므로 인을 수질 오염총량오염계의 의무관리 대상물질로 선정하여 관리되어야 한다.

2015년 총인(T-P) 목표수질에서 북한강 경기도 지역의 경계지점인 춘성교 측정지점에서의 2008년도 T-P 농도 0.036mg/L(5년 평균 0.032mg/L, 목표수질 0.030mg/L)로 2008년도에는 예년에 비하여 다소 수질이 악화되었으나 목표수질에 근접하고 있다. 팔당호 유입지점인 삼봉리 측정지점에서도 2008년도 T-P 농도가 0.032mg/L(5년 평균 0.031mg/L)로 2015년 목표수질 0.030mg/L의 달성할 수 있다. 남한강의 경기도 지역의 경계지점인 원주 측정지점에서 2008년도 T-P 농도가 0.031mg/L(5년 평균 0.044mg/L)로 2015년 목표수질 0.050mg/L이 달성되었다. 팔당호 유입지점인 강상 측정지점에서도 2008년도 T-P 농도가 0.069mg/L(5년 평균 0.059mg/L)로 예년과 비교해서 다소 악화되었으나 2015년 목표수질 0.060mg/L을 달성할 수 있을 것이라 판단된다. 경안천은 BOD와 같이 T-P도 경기도의 수질개선 노력으로 경안천 5 측정지점에서 2008년도 T-P 농도가 0.162mg/L(5년 평균 0.273mg/L)로 수질이 지속적으로 개선되고 있으며 2015년 목표수질 0.300mg/L을 달성하였다.

팔당호의 Chl-a 농도가 낮아지는 추세이나 호소생활환경기준으로 Ⅲ등급으로 부영양화 상태이므로 상수원으로서 팔당호 부영양화 저감을 위해서는 총인(T-P)에 대한 목표수질을 재설정할 필요가 있다.

4. 결론

1) 남한강, 경안천 유역의 총인발생량 저감

팔당호는 연중 부영양화상태라고 볼 수 있고, 특히 갈수기인 3월부터 5월 또는 6월까지 부영양화가 심각하게 발생하고 있다. 팔당상수원 부영양화 제어를 위해서는 팔당호에의 총인유입량을 감소시켜야 한다. 2008년도에는 총인 유입량 기여율이 북한강 23.4%, 남한강 69.5%, 경안천 7.1%로 2006년도와 비교 시 북한강 및 경안천의 기여율은 약간 감소하였으며, 상대적으로 남한강의 총인 기여율이 증가하였다. 팔당호 부영양화 제어를 위해서 상수원 이용에 지장을 주는 조류발생 시기에 남한강의 총인기여율이 높았고, 또한 경안천의 총인기여율이 유량기여율에 비하여 상대적으로 높았으므로 남한강과 경안천 유역에서의 총인발생량을 감

소시켜야 한다.

2) 수질오염총량관리의 대상항목과 목표수질 조정
물환경관리기본계획에 의하면 2015년까지 팔당수계별 목표수질을 설정하여 BOD 관점에서 팔당호 I 급수 달성을 목표로 하고 있으나, 팔당호는 상수원으로서 수질관리가 되어야 한다. 상수원인 팔당호에서 조류문제는 해결하여야 할 숙원사업이고, 인은 조류의 성장에 결정적인 역할을 하므로 총인(T-P)을 수질오염총량오염계의 의무관리 대상항목으로 선정하여 관리되어야 한다.

총인(T-P)의 목표수질에서 북한강의 경기도 지역 경계지점에서 2008년도에는 예년에 비하여 다소 악화되었으나 2015년 목표수질에 근접하고 있고, 팔당호 유입지점인 삼봉리 측정지점에서는 목표수질을 달성할 수 있다고 판단된다. 남한강은 경기도 지역의 경계지점인 원주측정지점에서 목표수질이 달성되었고, 팔당호 유입지점인 강상 측정지점에서도 목표수질을 달성할 수 있을 것이라 판단된다. 경안천은 경안천 5 측정지점에서 목표수질을 달성하였다. 그러나 팔당호는 Chl-a 농도가 호소생활환경기준으로 Ⅲ등급으로 부영양화 상태이고 또한 부영양화에 의한 조류 증식은 팔당호 BOD 농도증가에 일정량 영향을 미치고 있다. 따라서 정수처리 및 수돗물 수질에 악영향을 미치는 부영양화를 제어하기 위해서는 총인(T-P)에 대한 목표수질을 재설정할 필요가 있다.

3) 팔당수계 난분해성물질 관리정책 추진

하천 등 수질관리인자로 국내에서 활용되며 국민들이 상징적으로 수질오염정도를 인식하는 생물학적산소요구량(BOD)은 유기성 오염물질의 양이 아니라 오염물질이 미생물에 의해 분해되는데 소비되는 산소량이다. 또한 BOD는 유기물질의 양이나 종류보다는 오히려 용존산소를 결핍시키는 잠재능력의 평가항목이다. 팔당호의 BOD 농도는 상수원으로서 현재수준의 정도이면 정수처리에 악영향 없이 먹는물 수질기준에 적합한 수돗물을 생산할 수 있으며, 팔당호 BOD 농도를 현 상태로 유지 또는 감소시키기 위해서는 남한강 및 경안천에서 유입되는 BOD 부하량을 감소시켜야 한다.

팔당호 및 유입하천의 BOD 농도는 현상유지 또는 감소추세이나 COD 등 난분해성 물질은 지속적으로 증가하는 추세이다. 따라서 안전하고 깨끗한 수돗물 생산을 위한 팔당수질관리정책은 BOD항목에서 난분해성물질을 포함한 유기성오염물질량을 나타내는 총유기탄소(TOC) 또는 용존유기탄소(DOC) 항목으로 수질관리방향을 전환하여야 한다. 또한 팔당수계의 난분해성물질 농도변화특성을 연구하여 수계별 저감대책을 수립하여야 한다.

4) 팔당호 실시간 수질 모니터링시스템 구축

현행 수질측정망은 월 1회 또는 4회 수질을 측정하여 월평균 수질로 이용되고 있어 수질변동이 큰 지점의 수질오염상태를 정확히 표현할 수 없으므로, 현재의 수질측정망에 의한 수질측정은 수질오염도 변화, 수질오염사고 등에 능동적으로 대처할 수 없다.

2,400만 수도권 주민의 상수원인 팔당호는 하수처리장과 취수장이 하천 상·하류에 혼재되어 있고, 교통시설과 하천이 교차하는 부분이 많아 수질사고가 발생할 확률이 매우 높다. 따라서 수질오염도의 상시측정 및 수질오염사고 등 비상상태를 대비하여 고정식 수질측정망 또는 실시간 이동형 모니터링에 의한 수질 모니터링시스템의 구축이 필요하다(경기개발연구원, 2008).

감사의 글

본 연구는 경기개발연구원 2009년도 정책연구과제 “팔당 상수원 부영양화 제어를 위한 수질관리 정책방향”의 일부로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 강준원 (2005) 금수강산 21 총괄과제, 팔당 상수원 내 미량오염물질에 관한 연구, 연세대학교
2. 경기개발연구원(2008). 팔당호 수질사고 예경보시스템 개발에 관한 기초연구.
3. 경기개발연구원(2007), 팔당 수질 관리를 위한 기반조성 및 효과적인 도정지원에 관한 연구
4. 국립환경과학원(2008, 2007, 2006). 2008년도 조류예보제 시행결과보고서.
5. 물환경정보시스템 (<http://water.nier.go.kr>)
6. 정연정 등 (2004) 팔당상수원내 내분비계장애물질의 모니터링 및 오존, UV, 오존/UV공정에 의한 제거효율 연구, 상하수도학회 · 한국물환경학회 추계학술발표.
7. 조덕희 · 김중수 · 이우식(2008). 고 품질 수돗물 생산을 위한 팔당 수질관리 방안, 대한상하수도학회, 22(6).
8. 한강수계관리위원회(2008, 2007, 2006). 한강수계 오염총량 관리사업, 수역별 수질 · 수량 관측망 운영 및 평가.
9. 한강수계관리위원회(2005). 수중생태계 물질순환 및 에너지 흐름조사 최종보고서.
10. 환경부(2006). 물환경관리기본계획.