

팔당호 유량변동에 따른 수질특성에 관한 연구

김종민

국립환경연구원

A study on the Character of Water Quality according to the Flux in Pal-Dang Reservoir

Jong-Min Kim

National Institute of Environmental Research

Abstract

I tried to evaluate the reason of the monthly variation of water quality according to the hydrologic character of Pal-dang reservoir inflow variation.

The result of this study is as below;

1) COD, BOD, Total-nitrogen and Total-phosphate concentration increase generally according to the flux and Total-phosphate concentration is the most affected item by flux.

2) COD, BOD, Total-nitrogen and Total-phosphate concentration increase according to the flux, but they begin to decrease at the below point; COD: 1,154 CMS, BOD: 1,007 (CMS: cubicmeter per second) and Inflow-Concentration interrelation formula is as below;

Item	Inflow-Concentration Formula			
	Q<800 CMS	R ²	Q>800 CMS	R ²
COD	$C = -0.537 \times Q^{0.195}$	0.19	$C = 1.605 \times Q^{0.114}$	0.25
BOD	$C = -1.599 \times Q^{0.288}$	0.41	$C = 1.96 \times Q^{0.243}$	0.66
T-N	$C = 0.173 \times Q^{0.344}$	0.42	$C = 68.18 \times Q^{0.54}$	0.65
T-P	$C = 0.0012 \times Q^{0.597}$	0.46	$C = 6.279 \times Q^{0.69}$	0.36

I. 서 론

팔당호는 1800만 수도권 주민의 중요한 상수원으로서 그 중요성이 크게 강조되고 있으며 팔당호 수질의 상태는 국민이나 정부기관 관계자등 어느 누구에게나 관심을 집중시키는 민감한 문제로 대두되고 있는 실정이다. 따라서 팔당호의 수질조사 결과를 토대로한 현재의 수질상태와 오염도 증·감 원인에 대한 분석 및 고찰은 수질의 효과적인 관리방안 도출에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

팔당호는 하천의 유로를 차단하여 형성시킨 하천형 인공호로서 자연호소와는 달리 성층의 발달이 미약하고 유역강우와 오염물질의 부하에 직접적인 영향을 받으므로 호수의 기능적 특성이 유역의 유출량 변동에 따라 수시로 변화되는 불안정한 상태를 보이고 있으며 또한 타 호소에 비해 평균수심이 6.5m 정도로 비교적 낮고 체류시간은 일반적으로 평균 5.4일

정도로서 호소라기 보다는 하천에 가까운 대표적인 하천형 인공호이다.

팔당호는 이러한 하천형 특성에 따라 그 형태가 가늘고 길 뿐만 아니라 만입부가 복잡하게 형성되어 있고 또한 유역의 특성 및 유량등이 서로 다른 남한강, 북한강 및 경안천의 세 지류가 합류하는 지점이므로 그 수리수문적 특성은 매우 복잡하여 더욱 해석하기가 어려운 실정이다.

본 연구에서는 '92, '93년도에 호소수질연구소(현 한강수질검사소)에서 측정·조사한 팔당호의 수질측정자료중 BOD, COD, 총인, 총질소를 중심으로 하여 팔당호의 수질변화 및 특성을 검토, 분석하고 수문적 자료와 연계하여 종합적으로 수질오염도 증감원인을 평가해 봄으로써 차후 수질조사 및 분석·평가에 도움이 되도록 하였으며 더불어 수질보전 대책수립 및 추진에도 기본자료로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1. Sampling site in Pal-dang Reservoir

Sampling Site	Location	Remark
North Han River : N	Yangpyung-gun Seojong-myun munho-ri	
South Han River : S	Yangpyung-gun Kangha-myun Jeonsi-ri	
Kyeong-an Stream : K	Kwangju-gun toichon-myun Jeongji-ri	
Pal-dang Reservoir : L	Namyangju-gun Waboo-eup Neungnae-ri	

II. 연구방법

1. 수질조사지점

팔당호내 수질조사지점은 Fig. 1과 같이 북한강, 남한강 및 경안천 최하류지점에서 각각 1개소와 팔당호 대표지점인 댐 앞 1개소이며 각 지점의 위치는 Table 1과 같다.

2. 조사항목 및 자료

- 호소수질연구소(현 한강수질검사소)조사 항목 : BOD, COD, 총인, 총질소,
- 한전수력발전처 자료 : 댐수위, 댐방류량, 호면강우량
- 한국수자원공사 자료 : 상수취수량

3. 조사시기 및 횟수

- 조사기간: 1992년 및 1993년 1월부터 12월까지
- 조사주기
 - 주 1회: 댐앞 (BOD, COD, 총인, 총질소)
 - 월 1회: 북한강, 남한강, 경안천 (BOD, COD, 총인, 총질소), 댐수위, 댐방류량, 호면강우량, 상수취수량

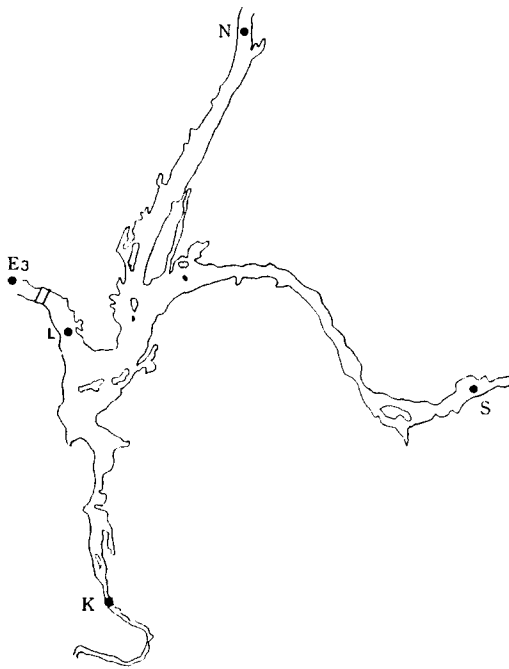


Fig. 1. Sampling Site

4. 조사방법

(1) 채수 및 측정분석자료 인용

시료는 호소수질연구소(현 한강수질검사소)에서 보유하고 있는 120HP 모타보트 이용하여 채수된 표층과 수심 1m 사이의 호소수로서 다음 Table 2와 같이 “수질오염 공정시험법”에 의하여 분석된 자료를 인용하였다.

Table 2. Analysis items and methods in Laboratory

Item	Unit	Method
COD	mg/l	KMnO ₄ Oxidation
BOD	mg/l	20°C, 5days DO Concentration Measurement before and after Cultivation
T-N	mg/l	UV Spectrophotography
T-P	mg/l	Ascorbic acid Reduction Method

(2) 수리수문 조사자료 인용

팔당호는 긴 체류시간을 가진 호소의 특성보다는 오히려 하천의 성격을 더 많이 띠고 있으므로 수질의 변동에 대한 평가·분석도 팔당호의 수리수문적 특성을 적용시켜 종합적인 판단이 수반되어야 할 것으로 생각된다. 본 보고서에서 인용한 수문자료는 한국수자원공사 및 한국수력발전처의 통계자료를 인용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 팔당호의 특성

(1) 유역의 특성

팔당호는 1973년 12월에 남, 북한강 및 경안천이 합류하는 지점에 발전목적으로 댐을 축조하여 형성된 인공호로서 수도권의 상수원일 뿐만 아니라 생활용수 및 농공용수를 공급하는 수원으로서 절대적인 기여를 하고 있다.

팔당호의 북한강 상류에는 화천호, 춘천호, 소양호, 의암호 및 청평호의 5개 인공호가 있으며, 남한강 상류에는 괴산호와 충주호가 조성되어 있어, 팔당호의 수리수문 및 수질은 팔당호 상류댐의 유출량에 크게 영향을 받게 된다. 또한 호수에 유입되는 지류중 남한강 및 북한강 유역에 비해 경안천유역은 용인군 및

광주군 일대에 축산농가등 각종 오염원이 산재해 있고 상류에 유출량 조절을 관장하는 댐이 없어 갈수기에 특히 악화된 오염상태를 보이고 있다.

팔당댐은 발전용으로 축조되었기 때문에 홍수조절 능력이 거의 없으므로 풍수기 및 홍수기는 호수의 수질과 유입천의 수질이 서로 큰 차이를 보이지 않고 있다. 게다가 팔당호는 수표면적에 대한 유역면적의 비가 커서 수질은 물론 생태학적 특성이 유역강우와 오염물질의 배출에 크게 영향을 받으므로 유역 오염부하에 취약성을 가진다.

각 하천의 길이는 북한강의 경우 합류구에서 청평댐에 이르기 까지 24.68km, 남한강은 합류구에서 양평군 개군면 양덕리에 이르는 27.58km, 경안천은 합류구에서 경안에 이르는 13.64km, 본류는 댐에서 남북한강 합류구까지 7.1km이다. 남북한강의 하폭은 300~800m이며, 형태는 북한강이 직선수로에 가까운 반면 남한강은 다소 사행성이다. 남한강은 북한강에 비해 폭이 좁으며, 경안천은 남한강에 비해 더욱 폭이 좁은 형상이나 팔당호와의 합류지점에서 폭이 갑자기 넓어진 형상을 보이고 있다. 따라서 경안천 하구는 적은 하천유입량에 비해 확장된 하폭으로 체류시간이 길어 퇴사는 물론 영양염류가 집적되고 있고, 하천자체가 부영양화되어 있어 조류발생의 가능성이 상시 내포되어 있는 상태이다.

(2) 수리·수문 조사

팔당호는 앞항에서 언급했던 것과 같이 하천에 댐을 축조하여 생성된 인공호이기 때문에 수질의 변동도 강우 등의 기상적 여건과 유역의 오염원 분포 등에 강한 영향을 받게된다.

따라서 본 연구에서는 주로 팔당호의 유입유량에 대한 연도별, 계절적 특성을 고찰함으로써 수질변동의 원인을 분석하고 수질현황에 대한 평가를 수행하고자 하였다.

팔당댐의 방류량, 수위 및 호면강우고 자료는 한강수력발전처의 조사자료를, 월 취수량은 한국수자원공사 수도권 용수관리사무소에서 집계된 자료를 이용하였으며 호면에서의 증발고는 1981~1990년까지의 평균 호면증발고를 이용하였고 호수 표면적, 저수용량, 강우용량, 증발용량의 산정은 공(1992) 이 수위에 따른 저수용량 및 저수면적을 기준으로 산출한 다음과 같이 회귀식을 사용하여 산정하였다.

○ 회귀식: $\alpha(H-\beta)^2+\gamma$

○ 적용가능한 수위범위: $20 \leq H \leq 28(m)$

○ 회귀계수

계수	면적(km ²)	용량($\times 10^6$ m ³)
α	0.0847	1.142
β	1.988	9.378
γ	-7.445	-35.896

위 회귀식과 팔당댐의 월평균 수위, 수표면적, 호면 강우고 및 평균 증발고 등에 의해 산정된 호면 강우용량 및 증발용량은 다음 Table 3과 같다.

위의 자료를 토대로 하여 팔당호의 유입량을 다음과 같이 산정하였다:

- 팔당호 유입량을 I라 하고,
- 댐 방류 및 취수에 의해 유출되는 양을 O,
- 호면 강우량을 P,
- 증발량을 E라 하면,
- 지하수 유입·유출량을 고려하지 않은 단위시간당 호수의 저류량 $\Delta V/\Delta t$ 는 다음식으로 표시된다.

Table 3. Volume of rain and evaporation on Pal-dang Reservoir Surface

[1992]

Date	Rainfall		Evaporation		Net Volume (10^3 m^3)
	Height (mm)	Volume (10^3 m^3)	Height (mm)	Volume (10^3 m^3)	
Jan-92	8	309.6	26.6	1,029.5	-719.9
Feb-92	31	1,194.9	28.7	1,106.3	88.7
Mar-92	2	77.2	53.0	2,047.1	-1,969.9
Apr-92	64	2,477.0	83.4	3,227.9	-750.9
May-92	138	5,308.4	96.8	3,723.6	1,584.8
Jun-92	63	2,411.0	87.8	3,360.1	-949.1
Jul-92	189	7,233.0	82.7	3,164.9	4,068.1
Aug-92	507	19,602.7	74.6	2,884.3	16,718.4
Sep-92	182	7,065.7	64.4	2,500.2	4,565.5
Oct-92	35	1,353.2	55.2	2,134.3	-781.0
Nov-92	37	1,432.0	37.0	1,432.0	0.0
Dec-92	56	2,165.2	26.4	1,020.7	1,144.5
Total	1,312	50,630.1	716.6	27,630.9	22,999.2
Mean	109	4,219.2	59.7	2,302.6	1,916.6

[1993]

Date	Rainfall		Evaporation		Net Volume (10^3 m^3)
	Height (mm)	Volume (10^3 m^3)	Height (mm)	Volume (10^3 m^3)	
Jan-93	0	0.0	26.6	1,036.9	-1,036.9
Feb-93	36	1,383.4	28.7	1,102.9	280.5
Mar-93	17	654.6	53.0	2,040.8	-1,386.2
Apr-93	82	3,144.6	83.4	3,198.3	-53.7
May-93	88	3,357.4	96.8	3,693.1	-335.7
Jun-93	173	6,647.9	87.8	3,373.9	3,274.0
Jul-93	434	16,694.6	82.7	3,181.2	13,513.4
Aug-93	179	6,920.9	74.6	2,884.3	4,036.5
Sep-93	62	2,397.2	64.4	2,490.0	-92.8
Oct-93	15	575.8	55.2	2,119.0	-1,543.2
Nov-93	63	2,448.3	37.0	1,437.9	1,010.4
Dec-93	11	424.9	26.4	1,019.7	-594.8
Total	1,160	44,649.5	716.6	27,578.0	17,071.5
Mean	97	3,720.8	59.7	2,298.2	1,422.6

$$\Delta V/\Delta t = I + P - (O + E)$$

$$I = \Delta V/\Delta t - P + O + E$$

위 자료에 의해 산정된 팔당호 유입량은
Table 4와 같이 '92년에는 405 CMS이었으

며 '93년도에는 581 CMS로서 '92년보다 팔
당호 유입량이 약 43% 증가되었음을 알 수
있다.

Table 4. Pal-dang Reservoir Inflow Calculation

[1992]

Date	Outflow of Dam (m ³ /M)	Uptake (m ³ /M)	$\Delta V/\Delta t$ (m ³ /M)	Evaporation Volume (m ³ /M)	Rainfall Volume (m ³ /M)	Inflow (CMS)	Lake Volume (10 ⁶ m ³)	Retention Time (day)
Jan-92	412,473,600	110,906,930	-4,026,623.5	1,029,519	309,629.7	196	254.7	15.1
Feb-92	375,840,000	102,710,920	-1,089,262.4	1,106,261	1,194,916.0	191	253.2	15.3
Mar-92	549,072,000	112,589,290	-7,629,633.5	2,047,107	77,249.3	248	254.0	11.9
Apr-92	870,912,000	109,606,320	9,431,366.9	3,227,889	2,477,037.3	379	254.7	7.8
May-92	1,462,406,400	113,426,810	-4,341,975.4	3,723,583	5,308,413.4	588	252.5	5.0
Jun-92	1,244,160,000	113,560,560	2,524,025.6	3,360,086	2,410,996.0	524	250.7	5.5
Jul-92	929,404,800	120,669,820	6,916,020.5	3,164,911	7,232,987.9	391	250.7	7.4
Aug-92	2,086,473,600	119,215,360	-3,645,720.8	2,884,347	19,602,736.4	817	254.3	3.6
Sep-92	1,200,096,000	115,435,580	5,836,807.7	2,500,616.3	7,065,678.2	506	255.8	5.9
Oct-92	739,238,400	116,903,450	-7,639,226.3	2,134,262	1,353,246.1	320	254.3	9.2
Nov-92	689,472,000	118,388,200	-5,036,859.5	1,432,037	1,432,037.2	312	254.7	9.5
Dec-92	907,977,600	124,113,400	9,828,029.2	1,020,734	2,165,193.8	385	254.3	7.6
Total	11,467,526,400	1,377,526,640	1,126,948.4	27,630,900	50,630,121			
Mean	955,627,200	114,793,887	93,912.4	2,302,575	4,219,177	405	253.7	7.3

[1993]

Date	Outflow of Dam (m ³ /M)	Uptake (m ³ /M)	$\Delta V/\Delta t$ (m ³ /M)	Evaporation Volume (m ³ /M)	Rainfall Volume (m ³ /M)	Inflow (CMS)	Lake Volume (10 ⁶ m ³)	Retention Time (day)
Jan-93	495,504,000	120,011,500	-7,672,801.1	1,036,892	0.0	230	257.3	12.9
Feb-93	561,254,400	110,544,500	5,460,016.2	1,102,864	1,383,384.0	278	252.2	10.5
Mar-93	674,956,800	124,898,600	6,558,186.2	2,040,829	654,605.6	299	252.9	9.8
Apr-93	798,336,000	121,890,600	-3,284,232.1	3,198,267	3,144,578.7	355	251.4	8.2
May-93	1,652,572,800	128,457,600	-2,165,506.1	3,693,093	3,357,357.4	665	249.6	4.3
Jun-93	2,395,008,000	126,331,000	3,620,596.8	3,373,920	6,647,928.6	971	252.2	3.0
Jul-93	3,875,644,800	136,923,900	1,456,461.1	3,181,201	16,694,575.6	1,493	252.5	2.0
Aug-93	4,341,686,400	135,653,400	2,173,728.5	2,884,347	6,920,887.2	1,670	254.3	1.8
Sep-93	876,096,000	134,559,100	3,613,744.8	2,489,973	2,397,178.8	390	254.3	7.5
Oct-93	433,900,800	134,768,900	6,541,741.4	2,119,013	575,818.8	213	251.8	13.7
Nov-93	401,760,000	128,247,400	732,798.6	1,437,894	2,448,306.5	204	256.2	14.5
Dec-93	407,116,800	137,046,200	-11,276,953.1	1,019,691	424,871.2	203	254.0	14.5
Total	16,913,836,800	1,539,332,700	5,757,781.3	27,577,986	44,649,492			
Mean	1,409,486,400	128,277,725	479,815.1	2,298,165	3,720,791	581	253.2	5.0

위 Table 4에 표시된 체류시간은 다음과 같은 식에 의해 산출되었으며 이러한 호수의 체류특성은 호소내 수질상태, 생물학적 활동 및 부영양화상태 평가에 매우 중요하게 사용된다.

체류시간은 다음과 같은 식으로 표시된다;

$$Rt=V/Q$$

여기서 Rt: 체류시간(Retention Time)

V: 연간 평균 저수량

Q: 연간 총유입량 또는 총 유출량

위 식에 의하여 팔당호의 체류시간을 산정한 결과 '92년에는 약 7.3일 이었으며 '93년에는 약 5.0일로 '92년보다 체류시간이 짧았음을 나타내고 있다. 다음 Table 5는 '92년과 '93년의 월별 팔당호 유입량, 댐방류량 및 체류시간과 댐앞지점에서 조사된 월별 수질자료를 정리한 것이다.

다음 Fig. 2는 '90년부터 '93년까지 4년간의 팔당댐 방류량을 나타낸 것이다. 여기에서 보면 '90년의 경우는 9월에 큰 홍수가 있었던

해로서 연평균 댐 방류량이 다른 해의 2배정도에 해당되는 양인 1,083 CMS이었다. 따라서 이경우는 특별한 경우로 간주되므로 제외하고 다른 3년간의 방류량을 비교해 보면 '93년이 다른해에 비해 비교적 방류량이 많았으며 이것은 곧 유역내 강우량 증가로 팔당호유입량이 많았음을 간접적으로 나타내고 있다.

2. 수질현황 분석

(1) BOD 및 COD

팔당호의 1990년부터 1993년까지의 팔당댐 방류량('90년 및 '91년의 팔당호 유입량 산정에 필요한 수문자료의 미취득으로 팔당호 방류량 자료를 활용하여 대략적인 유입량 자료로 갈음함)과 당월의 COD 측정치와의 월별변화를 나타낸 Fig. 3를 보면 전반적으로 팔당호 유입량 증가에 따라 COD농도도 증가추세에 있는 것 같은 양상을 나타내고 있었다.

Table 5. Monthly Water Quality in Pal-dang Reservoir('92, '93)

[1992]

Year	pH	W·T (°C)	DO	BOD	COD		
					(mg/ℓ)		
Jan-92	7.5	1.1	13.1	0.7	1.2	0.934	0.021
Feb-92	7.5	1.0	12.9	0.8	1.4	1.003	0.023
Mar-92	7.5	10.5	12.3	0.8	1.5	0.937	0.045
Apr-92	8.1	11.2	11.1	1.1	1.6	1.096	0.054
May-92	7.5	16.9	9.9	1.1	1.6	1.244	0.057
Jun-92	7.8	16.9	9.4	1.2	1.9	1.355	0.041
Jul-92	7.9	26.9	8.2	1.2	2.0	1.588	0.048
Aug-92	7.7	25.0	8.0	1.4	2.2	1.907	0.081
Sep-92	7.8	24.5	8.0	1.4	2.1	1.729	0.037
Oct-92	7.7	18.0	8.4	1.3	2.1	1.450	0.062
Nov-92	7.3	8.6	9.7	1.1	1.6	1.893	0.086
Dec-92	7.4	4.9	11.7	0.9	1.5	1.130	0.044
Mean	7.6	13.8	10.2	1.1	1.7	1.356	0.050

[1993]

Year	pH	W·T (°C)	DO	BOD	COD (mg/ℓ)	T-N	T-P
Jan-93	7.2	1.2	13.2	0.8	1.4	1.028	0.032
Feb-93	7.4	2.6	12.9	0.9	1.6	1.037	0.040
Mar-93	7.6	5.5	11.9	1.2	1.7	1.281	0.033
Apr-93	7.5	12.2	10.7	1.3	2.0	1.680	0.038
May-93	7.6	16.2	8.8	1.3	2.1	1.528	0.048
Jun-93	7.6	19.3	9.4	1.3	2.4	1.517	0.036
Jul-93	7.6	21.0	9.0	1.3	2.3	1.566	0.049
Aug-93	7.5	22.4	9.0	1.1	2.0	1.099	0.035
Sep-93	8.2	23.7	9.4	1.5	2.9	1.155	0.036
Oct-93	7.7	17.1	9.2	1.2	2.3	1.269	0.026
Nov-93	7.3	12.3	10.3	1.1	2.1	1.108	0.032
Dec-93	7.3	5.1	12.1	1.0	2.1	1.096	0.026
'93 평균	7.5	13.2	10.5	1.2	2.1	1.280	0.036

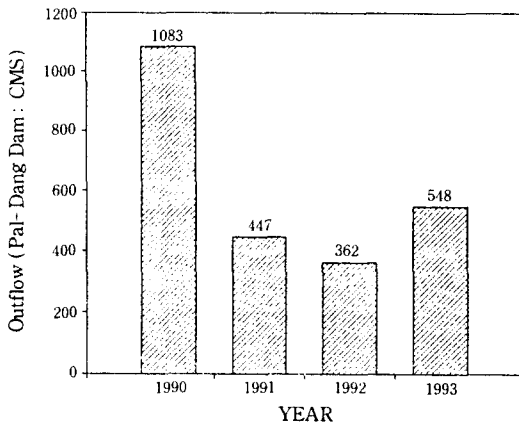


Fig. 2. Yearly Outflow in Pal-dang Dam

따라서 이러한 개략적인 결과만을 가지고는 유입량과 COD농도간의 인과관계에 대한 추정이 불가능 하므로 팔당호내 COD부하량과 COD농도 및 유입량과의 상관관계 규명 등 보다 구체적인 고찰을 위해 '92년과 '93년의 팔당호 유입량, 댐앞에서 조사된 COD농도 및 COD부하량 자료 등과 다음과 같은 유량-부하량 관계식을 이용, 각 인자간의 상관관계를

도출하였다.

팔당호 유입량과 COD 및 BOD 실측농도를 통해 산출된 COD 및 BOD 부하량은 다음과 같이 표시된다.

COD(또는 BOD) 부하량을 COD_L (BOD_L), 유량을 Q라 할때:

$$COD_L(\text{또는 } BOD_L) = a \times Q^b$$

양변을 Q로 나누면:

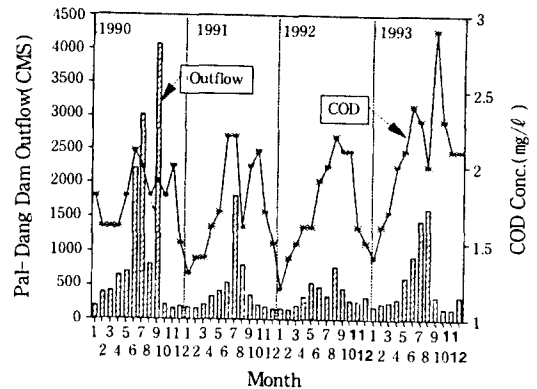


Fig. 3. Comparison of Monthly Variation of Pal-dang Dam outflow with COD('90-'93)

$$COD_t(\text{또는 } BOD_t)/Q=C=a \times Q^{(b-1)}$$

여기서 계수 b의 값이 1보다 크면 그 물질의 농도 C는 유량의 증가에 따라 증가하는 양상을 보이는 것이며 계수 b의 값이 1보다 작으면 감소하는 양상을 보이게 된다.

Fig. 4는 위 식에 의하여 COD 및 BOD 부하량과 월평균 CMS로 표시된 팔당호 유입량과의 상관관계를 도시한 것이다. 이때의 각 항목별 상관관계식 및 상관계수값은 Table 6과 같다.

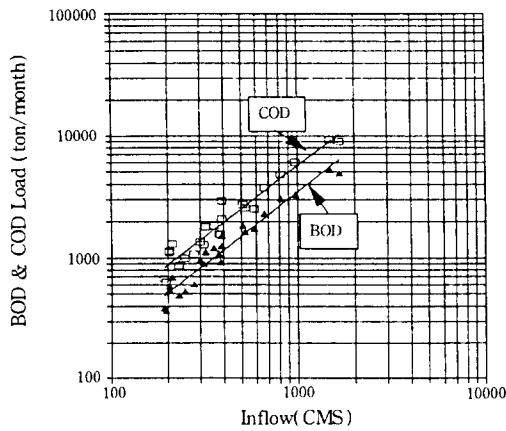


Fig. 4. Interrelation between COD & BOD Load and Inflow in Pal-dang Reservoir

Table 6. Interrelation between COD & BOD Load and Inflow in Pal-dang Reservoir

Item	Formula	R squared
COD	$COD_t = 1.881 Q^{1.160}$	0.94
BOD	$BOD_t = 0.941 Q^{1.188}$	0.95

이상의 결과에서 보면 COD의 경우 계수 b의 값은 1.160으로 $b > 1$ 이므로 COD농도는 유입량의 증가에 따라 증가되는 경향을 보이며 BOD농도도 계수 b값이 1.188이므로 COD농도와 같이 유입량의 증가에 따라 증가된다고 볼 수 있다. 또한 BOD계수가 COD계

수보다 큰 값을 가지므로 BOD가 COD보다는 근소하나마 유량 의존도가 더 큼을 알 수 있다.

그러나 COD농도와 팔당호 유입량과의 상관관계를 유량-부하량 관계식을 이용하지 않고 일반식($Y=aX^2+bX+C$)를 이용하여 회귀분석한 결과는 Fig 5과 같이 앞의 유량-부하량 관계식을 이용한 결과와는 다른 경향을 나타내었다. 즉, COD농도는 유입량이 어느정도 증가될 때 까지는 COD농도도 같이 증가하는 경향을 보이다가 유입량이 일정량이상 증가하게 되면 오히려 감소되는 경향을 나타내었다.

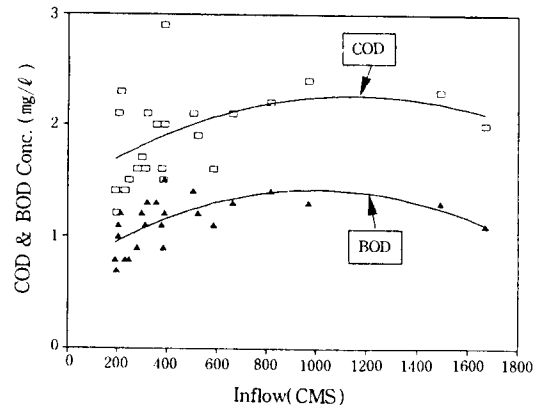


Fig. 5. COD Variation according to Regression Formula

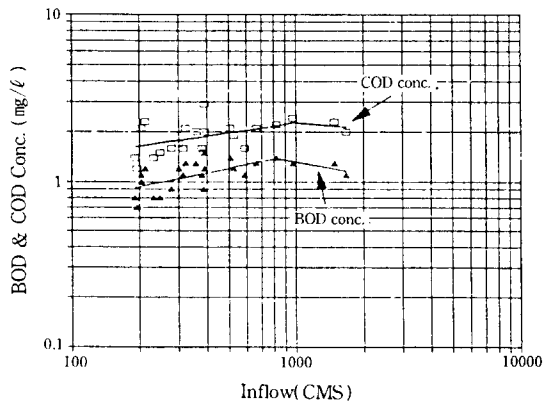


Fig. 6. Interrelation between Concentration and Inflow according to Certain Inflow

이 그래프의 회귀식은 $Y = -6.25E-07X^2 + 0.0014X + 1.432$ 이며 유량에 따라 농도가 감소되기 시작하는 지점의 X좌표는 $Y=0$ 가 되는 지점이 된다. 따라서 계산하면 유입량이 약 1,154CMS 정도에서 유입량에 따른 농도의 감소현상이 발생하는 것으로 나타나고 있으며 BOD는 약 1,007CMS 정도에서 위와같은 과

정이 진행되는 것으로 나타났다. 그러나 유입량이 1,000CMS 이상이었을 때의 COD 및 BOD측정자료가 아주 적으므로 대략 800~900CMS 정도를 기준으로 하여 유량-부하량 관계식을 이용, 양쪽을 각각 회귀분석한 결과를 Fig. 6과 Table 7에 각각 나타내었다.

Table 7. Interrelation of items between Concentraion and Inflow according to Certain Inflow

Item	Inflow- Concentration Formula			
	Q<800 CMS	R ²	Q>800 COMS	R ²
COD	$C = -0.537 \times Q^{0.196}$	0.19	$C = 1.605 \times Q^{0.114}$	0.25
BOD	$C = -1.599 \times Q^{0.288}$	0.41	$C = 1.96 \times Q^{0.243}$	0.66

이상과 같은 결과를 종합하여 볼 때, COD 및 BOD농도는 유입유량의 증가에 비례하여 증가되는 경향을 보이다가 어느 한도이상 증가되면 오히려 농도가 낮아지며 이 원인은 아마도 수량의 증가에 따른 오염도 희석효과에 의한 것으로 추정된다.

호소에서는 일반적으로 BOD보다는 COD를 측정하여 유기물에 의한 오염도를 평가하는데 그 이유는 다음과 같다.

○ 호소수의 경우 유역으로부터 유입된 유기물의 체류시간이 길기 때문에 호기성 미생물에 의하여 5일동안 분해가능한 유기물(BOD)은 대부분 분해된 상태이므로 BOD 측정값은 의미가 적으며 따라서 기타 유기물(일부 환원성 유기물 포함)까지 측정할 수 있는 COD로서 수질을 평가한다.

○ 호소수는 정체수역이 대부분으로 일반적으로 부영양화가 일어나기 쉬우며 이 경우 조류를 구성하고 있는 유기물은 BOD에 의해 측정되지 않고 COD에 의해서만 측정이 가능하다.

○ 호소수에는 깊이 및 물의 흐름 등에따라 유

기물의 종류가 다양하며 분해되기 어려운 유기물이 하천수에 비해 많아 BOD에 의한 용존 산소(DO) 소비영향 보다는 혐기성 및 통기성 미생물, 물리화학적인 분해 등에 의한 영향이 크므로 호소수는 유기물의 대부분을 측정할 수 있는 COD 항목을 사용한다.

따라서 일반적으로 호소에서는 COD를 유기물 오염도의 지표항목으로 사용하고 있으나 팔당호는 평균 체류시간이 5.3일 정도에 불과해 호소로서의 특징보다는 하천의 성격을 많이 띠고있으므로 BOD측정결과에 대한 검토도 참고가 될 것으로 생각된다.

(2) 총인, 총질소

팔당호내 총질소 및 총인 부하량과 각 항목의 농도 및 유입량과의 상관관계를 조사하기 위하여 '92년과 '93년의 팔당호 유입량, 댐앞에서 조사된 총인 및 총질소 농도 및 부하량 자료와 다음과 같은 유량-부하량 관계식을 이용, 각 인자간의 상관관계를 도출하였는데 그 결과는 Table 8 및 Fig. 7과 같다.

Table 8. Interrelation between Inflow and Monthly Load of Items in Pal-dang Reservoir

Item	Formula	R squared
T-N	$T-N_L = 1.198 Q^{1.174}$	0.93
T-P	$T-P_L = 0.024 Q^{1.246}$	0.85

이상의 결과에서 보면 총질소의 경우 계수 b의 값은 1.174이었고 총인인 경우도 계수 b 값이 1.246으로서 모두 $b > 1$ 이므로 총질소 및 총인농도는 유입량의 증가에 따라 모두 증가되는 경향을 보이고 있으며 각 항목의 계수 b 값을 비교해 볼 때 총질소 보다는 총인이 유량 의존도가 더 큼을 알 수 있다.

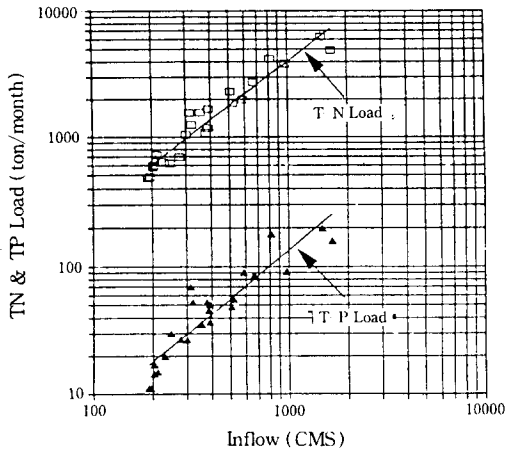


Fig. 8. Interrelation of Total Phosphate and Total Nitrogen between Monthly Load and Inflow

총인 및 총질소 농도와 유입량과의 상관관계를 앞항의 COD 및 BOD의 경우와 같이 일반 회귀식을 사용, 농도가 감소되기 시작하는

유입량을 구해보면 총질소는 965CMS, 총인은 942CMS이었다. 따라서 앞항의 COD 및 BOD의 접근방법과 마찬가지로 유입량 800~900CMS를 기준으로 하여 항목별 실측농도와 유입량과의 상관관계 및 관계식은 Fig. 9 및 Table 9와 같다.

다음 Table 10은 항목별로 유량-부하량 관계식의 계수 b로서 유량 의존도를 비교한 것이며 총인이 가장 유량 의존도가 큰 것으로 나타났다.

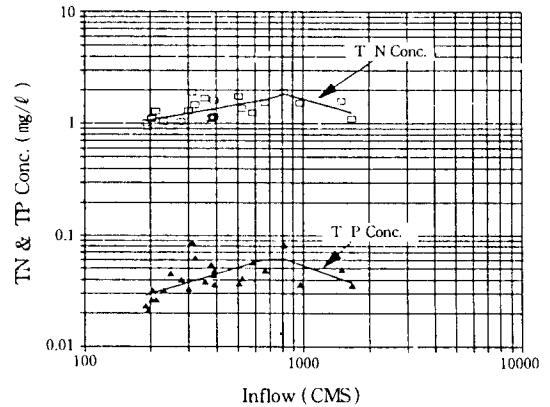


Fig. 9. Interrelation between Concentration of Total nitrogen & Total Phosphate and Inflow in Pal-dang Reservoir

Table 9. Interrelation of Items between Concentration and Inflow according to Certain Inflow

Item	Inflow-Concentration Formula			
	Q < 800 CMS	R ²	Q > 800 CMS	R ²
T-N	$C = 0.173 \times Q^{0.344}$	0.42	$C = 68.18 \times Q^{0.54}$	0.65
T-P	$C = 0.0012 \times Q^{0.597}$	0.46	$C = 6.279 \times Q^{0.69}$	0.36

Table 10. Comparison of Influence by Flux between Water Quality Items

Item	b- Value	Flux Reliance
COD	1.160	T- P>BOD>T- N>COD
BOD	1.188	
T- N	1.174	
T- P	1.246	

IV. 결 론

팔당호는 하천의 흐름을 막아 댐을 건설하여 인공적으로 형성된 호수로서 그 수리·수문적 특성은 곧 수질변동을 야기시킬 수 있는 커다란 요인이 되고있다. 본 논문에서는 팔당호의 수문적 요소중 주로 유입유량의 변화 및 특성을 중심으로 하여 연간 또는 월간 수질변동의 원인 등의 분석을 시도하였으며 이 결과 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

1) 팔당호내 COD 및 BOD 부하량과 농도 및 팔당호 유입량과의 상관관계를 유량-부하량 관계식을 이용하여 각 인자간의 상관관계를 도출한 결과는 다음과 같다.

ITEM	Formula	R squared
COD	$COD_t = 1.881 Q^{1.60}$	0.94
BOD	$BOD_t = 0.941 Q^{1.88}$	0.95

이상의 결과에서 보면 COD의 경우 계수 b의 값은 1.160으로 $b > 1$ 이므로 COD농도는 유입량의 증가에 따라 증가되는 경향을 보이고 있으며, BOD농도는 계수 b값이 1.188이므로 COD농도와 같이 유입량의 증가에 따라 증가된다고 볼 수 있다. 또한 BOD의 계수가 COD계수보다 큰 값을 가지므로 COD보다 BOD가 더 유량 의존도가 크다고 볼 수 있다.

2) 팔당호내 총질소 및 총인 부하량과 농도 및 팔당호 유입량과의 상관관계를 유량-부하

량 관계식을 이용 도출한 결과는 다음과 같다.

이상의 결과에서 보면 총질소의 경우 계수 b의 값은 1.174이었고 총인의 경우도 계수 b값이 1.246으로서 모두 $b > 1$ 이므로 총질소 및 총인 농도는 유입량의 증가에 따라 모두 증가되는 경향을 보이고 있으며 각 항목의 계수 b값을 비교해 볼 때 총질소 보다 총인이 유량의존도가 더 크음을 알 수 있다.

ITEM	Formula	R squared
T- N	$T-N_t = 1.198 Q^{1.74}$	0.93
T- P	$T-P_t = 0.024 Q^{2.46}$	0.85

3) COD농도와 팔당호 유입량과의 상관관계를 일반식($Y = aX^2 + bX + C$)를 이용하여 회귀분석한 결과 COD농도는 유입량이 어느정도 증가될 때까지는 COD농도도 같이 증가하는 경향을 보이다가 유입량이 일정량 이상 증가하게되면 오히려 감소되는 경향을 나타내었다.

이 그래프의 회귀식은 $Y = -6.25E-07X^2 + 0.0014X + 1.432$ 으로 유량에 따라 농도가 감소되기 시작하는 지점의 유입량(X좌표)은 약 1,154CMS 정도 이었으며 같은방법으로 조사된 BOD는 약 1,007CMS 정도 이었다.

4) 유입량이 1,000CMS 이상일때의 각 항목의 측정자료가 아주 적으므로 대략 800CMS 정도를 기준으로 하여 유량-부하량 관계식을 이용, 양쪽을 각각 회귀분석한 결과

는 다음과 같다.

Item	Inflow- Concentration Formula			
	Q<800 CMS	R ²	Q>800 CMS	R ²
COD	$C = -0.537 \times Q^{0.195}$	0.19	$C = 1.605 \times Q^{0.114}$	0.25
BOD	$C = -1.599 \times Q^{0.288}$	0.41	$C = 1.96 \times Q^{0.243}$	0.66
T-N	$C = 0.173 \times Q^{0.344}$	0.42	$C = 68.18 \times Q^{0.54}$	0.65
T-P	$C = 0.0012 \times Q^{0.597}$	0.46	$C = 6.279 \times Q^{0.69}$	0.36

5) 유량-부하량 관계식에 의해 도출된 계수 b 값은 총인>BOD>총질소>COD 순이었다. b 값의 비교에 의한 각 조사항목간의 유량 의

ITEM	b- value	Flux Reliance
COD	1.160	T-P>BOD>T-N>COD
BOD	1.188	
T-N	1.174	
T-P	1.246	

참 고 문 헌

1. 국립환경연구원, 팔당 상수원보호 종합대책에 관한 연구(I) 수질조사자료 (1988)
2. 국립환경연구원, 팔당 상수원보호 종합대책에 관한 연구(II) 수질조사자료 (1989)
3. 국립환경연구원, 팔당 상수원보호 종합대책에 관한 연구(III) 수질조사자료 (1990)
4. 공동수, 팔당호의 육수생태학적 연구, 고려대 이학박사학위 논문, p36, p65, p100~107 (1992)
5. 한국전력공사 환경수력발전처, 댐 유입량 및 방류량 자료(1990~1993)
6. 조규승외 10인 공역, 호수환경조사법, p82~p101(1991)
7. Robert V. Thomann, John A. Mueller, Principles of Surtace Water Quality Modeling and Control(1987)
8. 호소수질연구소, 팔당 수역별 수질의 특성 수질조사 자료 (1991)
9. 국립환경연구원, 한·일 수질보전 심포지움 자료, p119~p146 (1993)