

## 농업용 저수지의 물리적 인자가 수질에 미치는 영향

전지홍 · 윤춘경\* · 함종화 · 김호일<sup>1</sup> · 황순진

(건국대학교 지역건설환경공학과, <sup>1</sup>농업기반공사)

Effects of Physical Parameters on Water Quality in Agricultural Reservoirs. Jeon, Jihong, Chun-Gyeong Yoon, Jong-Hwa Ham, Ho-il Kim<sup>1</sup> and Soon-Jin Hwang (Department of Rural Engineering, Konkuk University, Seoul, 143-701, Korea, <sup>1</sup>Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation, Sa-dong, Ansan, Kyunggi-do, 425-170, Korea)

The effect of physical parameters on water quality was analyzed using monitoring data of 193 agricultural reservoirs. The retention time of reservoirs ( $t_d$ ) ranged between 10 and 140 days, and the ratio of drainage area (DA) to reservoir surface area (SA) was between 10 and 120. Both ratios of DA/SA and total area (TA)/reservoir storage (ST) in Korean agricultural reservoirs were relatively greater than those in natural lakes in other countries. As retention time was plotted against DA/SA ratio, it was shorter in Korean reservoirs than natural lakes. The semi-logarithmic relationship between TA/SA and  $t_d$  was  $t_d = 42.21(TA/ST)^{-1}$  ( $n = 50, R^2 = 0.89$ ). While areal loading of total phosphorus (TP) was below  $4 \text{ gTP} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$  in general, it exceeded  $10 \text{ gTP} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$  in reservoirs where DA/SA ratio was greater than 100, which implies that areal loading of TP increases as DA/SA ratio increases. Chl-*a* concentration was positively related with the mean depth of reservoir, implying the higher Chl-*a* concentration with deeper the mean depth. Therefore, the deeper reservoir might be advantageous in water quality management perspective if other morphological conditions are similar. The empirical regression equation using physical parameters was also suggested in the estimation of TP concentration in the reservoirs. Combined information presented in this paper might be applicable to the water quality management in agricultural reservoirs.

**Key words :** agricultural reservoir, physical parameters, water quality, TP, Chl-*a*

### 서 론

호소는 크게 자연적으로 형성된 호수와 물의 효율적인 이용을 위해 인공적으로 축조된 저수지로 구분할 수 있다. 일반적으로 호수는 많은 지류가 유입하고 체류기간이 길며, 둥근 형상으로 이루어져 있는 반면에, 저수지는 물의 이용을 위하여 주로 유역의 하류에 축조되며 소수의 유입하천에 의해 많은 양의 오염물질 부하량이 유입되고 하천과 호소의 중간의 형태라 할 수 있으며

호수에 비해 상대적으로 수질악화가 쉽게 이루어진다.

호소는 정체성 수역이라는 독특한 특성을 가지고 있다. 이러한 특성은 유역에서 호소로 유입되는 영양물질과 호소 바닥에서 산소의 고갈에 의한 영양물질(인)의 용출 등이 조류의 성장에 영향을 준다. 호소 내에서는 조류의 성장에 의한 내부 COD의 증가에 영향을 미치는 등 화학물질간에 서로 복잡하게 얽혀 상호반응을 한다. 호소 수질관리에서는 온도에 따른 성층현상과 전도현상, 수심이 얕은 곳에서 바람에 의한 수직 혼합도, 투광도, 수리학적 체류기간 등과 같은 물리적인 환경인자 또한

\* Corresponding author: Tel: 02) 450-3747, Fax: 02) 446-2543, E-mail: chunyeon@konkuk.ac.kr

호소의 수질에 영향을 미치는 중요한 인자이다.

최근들어 생활수준의 향상에 따라 수량 뿐 아니라 수질에 대한 기대치가 높아지면서 합리적인 수질오염관리의 필요성이 강조되고 있다. 특히 저수지의 수질오염관리를 위해서는 유역으로부터의 오염부하량 감소 뿐 아니라 저수지의 수질에 영향을 미치는 물리적인 인자를 충분히 고려하여 이에 적합한 수질관리 대책 수립이 중요할 것으로 생각된다.

Bartsch와 Gakstattter (1978)은 유역면적에 대한 호소의 수표면적비와 체류기간은 양대수관계가 있다는 것을 밝혔으며, Everett (1979)는 유역면적과 수표면적비, 총면적과 저류용량과 비율 사이의 관계를 연구하였다. 얇은 호소가 깊은 호소보다 부영양화가 쉽게 된다는 Rawon (1955)의 연구결과를 바탕으로 하여 Vollenweider (1968)는 호소의 깊이와 유역으로부터의 연간 저수지 표면적당 부하량에 따른 호소의 영양화도를 도표화하여, 저수지의 깊이와 유역으로부터의 부하량만으로 호소의 영양상태를 판단할 수 있는 매우 간단하면서 유용한 모델을 개발하였다. 그 후 Vollenweider (1975)는 호소의 평균 깊이 뿐 아니라 체류기간 또한 호소의 영양상태에 영향을 끼친다는 점을 착안하여 수심에 대한 체류기간과의 비와 호소로 유입하는 연간 호소 표면적당 부하량에 따른 호소의 영양화도를 도표화하였다. 우리나라의 선행 연구를 살펴보면, 김과 홍(1992)은 우리나라의 주요 저수지에 있어서 물리적인 환경인자에 대하여 고찰하였으나 이러한 물리적인 환경인자가 수질에 미치는 영향에 대해서는 연구가 아직 부족한 상태이다.

우리 나라 농업용수원의 약 60%를 차지하는 농업용 저수지는 앞으로는 양적 증가보다는 양질의 농업용수의 안정적 확보와 효율적 이용을 위한 합리적인 관리 방법을 개발해야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 1997년에서 2000년까지 193개소의 농업용 저수지에서 조사한 자료를 이용하여 저수지의 물리적 인자가 수질에 미치는 영향에 대하여 고찰함으로써, 농업용 저수지 설계시 유역으로부터 유입되는 오염부하량의 감소 뿐 아니라 물리적인 측면을 고려함으로써 합리적인 수질관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구대상지역

본 연구에 적용된 농업용 저수지의 분포는 Fig. 1과 같다. 사용된 입력자료는 농업기반공사에서 운영중인 농



Fig. 1. Agricultural reservoirs used in this study.

업용 저수지 중, 유역의 배출부하량 자료가 사용 가능한 193개소의 저수지에 대하여 유역면적, 물리면적, 저수용량, 배출부하량, 유역형상, 유출수량, Chl-*a* 평균농도, T-P 평균농도 등을 이용하였으며, 이 중 50개소의 저수지에 있어서는 일평균 유입량, 체류기간 등을 이용하였다.

이 중에서 일평균 유입량이 산정된 50개소에 대하여 체류기간을 종속변수하고 총면적(유역면적과 저수지표면적과의 합)에 대한 저수지의 유효저수량을 독립변수로 하여 관계식을 도출하였으며, 저수지 유효저수량을 예측된 체류기간으로 나누어 일유출량을 산정하여 모형에 의해 예측된 일유출량과 비교함으로써 경험적인 관계식의 적용 가능성을 검토하였다.

193개소의 농업용 저수지에 대해서는 유역면적에 대한 저수지 표면적비(DA/SA)에 따른 연간 호소 표면적당 인부하율( $gT-Pm^{-2}yr^{-1}$ )의 분포를 도표화하여 유역면적에 대한 저수지 표면적비가 연간 호소 표면적당 인부하율에 미치는 영향을 분석하였다. 그리고 Chl-*a* 농도와 연간 표면적당 T-P의 부하율( $gT-Pm^{-2}yr^{-1}$ )과 저수지의 수심관계를 도표화하여 수심이 Chl-*a* 농도에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 기존의 연구에서 밝혀진 호소의 수질에 영향을 미치는 인자인 T-P 배출부하량

(mgT-P/yr), 저수지의 유효저수량 (m<sup>3</sup>), 저수지의 표면적 (m<sup>2</sup>), 유역면적에 대한 표면적 (DA/SA) 등을 독립변수로 하고, 호소내 T-P의 농도를 종속변수로 하여 회귀분석함으로써 호소내 T-P의 농도를 예측할 수 있는 경험식도 도출하였다.

**2. 물리적 인자와 수질사이의 관계**

호수나 저수지에서 유출유량과 체적의 관계는 중요한 특성치이다. 유량에 대한 체적비는 수리학적 체류기간 (hydraulic detention time)으로 표시한다. Bartsch와 Gakstatter (1978)은 수리적 체류기간을 미국 북부지역 호수와 저수지를 대상으로 하여 호소표면적에 대한 호소 유역면적의 비로써 계산하였는데, 그들이 발표한 경험식은 식 (1)과 같다. 조사한 자료의 체류기간은 1~6,000일 범위이었다.

$$\log_{10}t_d = -1.177\log_{10}\frac{DA}{SA} + 4.077 \quad (1)$$

여기서,

t<sub>d</sub> : 체류기간 (day)

DA : 유역면적 (ha)

SA : 호소표면적 (ha)

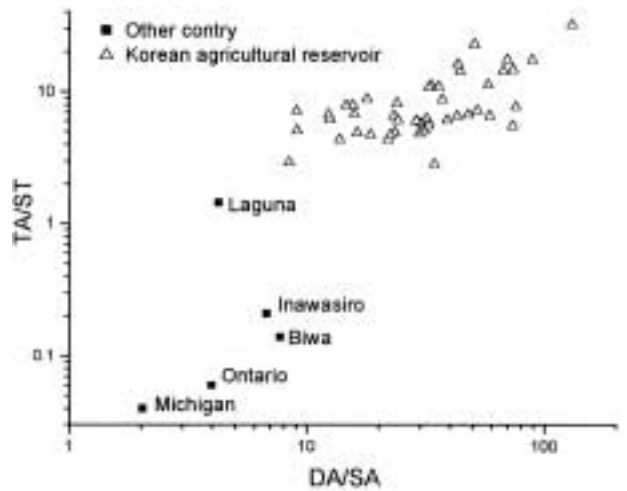
유역면적은 유입량 예측에 사용되고 호소표면적은 체적계산에 사용된다. 또한 체류기간이 길다고 해서 반드시 호소가 큰 것은 아닌데, 유량에 대한 체적비에 의하여 호소에서 평균 체류기간이 결정된다.

유역의 오염물질 유입에 관계가 있는 유역면적 (DA)에 대한 이를 희석시키는 호소표면적 (SA)의 비율, 유입지천과 호소수표면으로 직접 유입되는 오염부하량에 영향을 주는 총면적 값(유역면적과 호소 표면적의 합, TA)에 대한 이를 희석시키는 호소저수량 (ST)과의 비율이 클수록 오염부하량은 크다고 할 수 있다. Everett (1979)는 DA/SA비와 TA/ST비를 각각 산정하였으며, 김과 홍 (1992)은 DA/SA비와 TA/ST비 사이에는 지수적인 증가 함수를 나타낸다는 것을 보고한 바 있다.

**결과 및 고찰**

**1. 농업용 저수지의 유역특성비교**

Fee (1974)는 유역특성인자로서 유입되는 영양염류의 양과 비례관계가 있는 유역면적값 (DA)과 총면적값 (유역면적과 호수면적의 합, TA), 이를 희석시키는 호수면



**Fig. 2.** Diagram of drainage area (DA)/reservoir surface area (SA) vs. total area (TA)/reservoir storage (ST) in natural lakes of other contry and agricultural reservoirs.

적값 (SA)과 호수저류량 (ST)을 산정하였는데, DA/SA와 TA/ST의 값이 클수록 대상호소의 상대적 오염부하량은 크다고 할 수 있다 (김과 홍, 1992). 외국의 자연호수와 우리나라 농업용 저수지의 DA/SA와 TA/ST의 값을 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 연구결과 외국의 자연호수보다 우리나라의 농업용 저수지는 DA/SA와 TA/ST의 값이 상대적으로 크게 나타났으며, 이는 그 만큼 영양염류의 유입량이 많다는 것을 간접적으로 알 수 있다.

**2. 체류기간 (t<sub>d</sub>)과 유역면적에 대한 저수지 표면적 (DA/SA)과의 관계**

체류기간 (t<sub>d</sub>)과 유역면적에 대한 저수지 표면적 (DA/SA)과의 관계는 Fig. 3과 같으며 회귀분석결과는 식 (2)와 같다.

$$\log_{10} t_d = -0.58\log_{10}\frac{DA}{SA} + 2.64, (R^2 = 0.42) \quad (2)$$

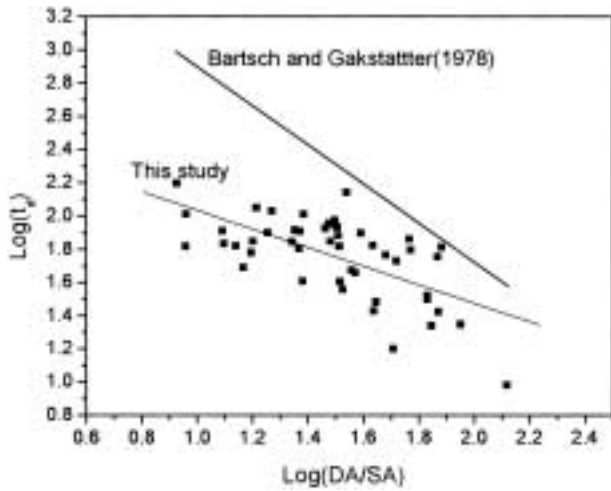
여기서,

t<sub>d</sub> : 체류기간, day (9.6~157.7 day)

DA : 유역면적, ha (216~5,630 ha)

SA : 저수지표면적, ha (5~131 ha)

DA/SA : 유역면적에 대한 저수지 표면적비 (8.4~131.0) Bartsch와 Gakstatter (1978)의 연구결과와 비교해 볼 때 우리 나라 농업용 저수지의 체류기간은 작은 것으로 나타났으며, 총면적이 커질수록 체류기간의 감소폭



**Fig. 3.** Relationship between total area (DA)/reservoir storage (SA) ratio and retention time (td).

은 작은 것으로 나타났다.

### 3. 체류기간 ( $t_d$ )과 총면적에 대한 저수지 유효저수량 (TA/ST)과의 관계

조사한 우리 나라 농업용 저수지의 체류기간은 10일에서부터 130일 범위이었고, 총 면적과 저수지 유효저수량의 비율은 0.2에서 3.0 범위에 있었으며, 체류기간 (day)과 총면적 ( $m^2$ )에 대한 저수지 유효저수량 ( $m^3$ )은 역비례의 관계를 나타내었다 (Fig. 4). 유역면적에 비하여 유효저수량이 클수록 체류기간은 크게 증가하는 경향을 나타내었다.

기존의 연구에서는 유역면적에 대한 저수지표면적 비율은 체류기간과 양대수 관계가 있다는 것이 보고되었으나, 본 연구의 경우 농업용 저수지에서는 TA/ST비와 체류기간과 관계는 식 (3)과 같이 역비례의 관계를 나타내었고, 총 50개 중 이상치 3개를 제외한 47개 자료에 대하여 결정계수 ( $R^2$ )가 0.89로써 높은 값을 나타내어 강한 상관성을 나타내었다.

$$t_d = \frac{42.21}{(TA/ST)}, \quad (R^2 = 0.89) \quad (3)$$

여기서,

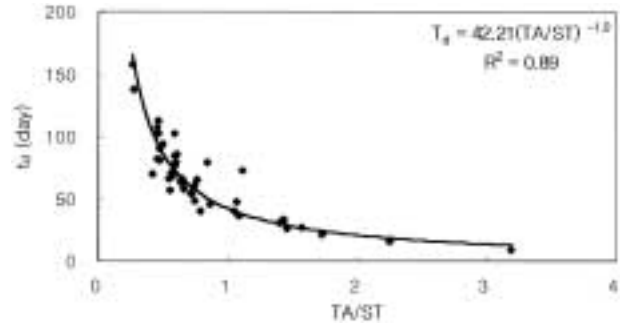
$t_d$ : 체류기간, day (9.6 ~ 157.7 day)

TA: 총면적,  $m^2$  ( $222 \sim 5,762 \times 10^4 m^2$ )

ST: 유효저수량,  $m^3$  ( $202 \sim 8,788 \times 10^3 m^3$ )

TA/ST: 총면적에 대한 저수지 유효저수량 (0.3 ~ 3.2)

또한 순환율 (flushing rate)은  $1/t_d$ 로서 나타내며 순환



**Fig. 4.** Relationship between total area (TA)/reservoir storage (ST) ratio and retention time ( $t_d$ ).

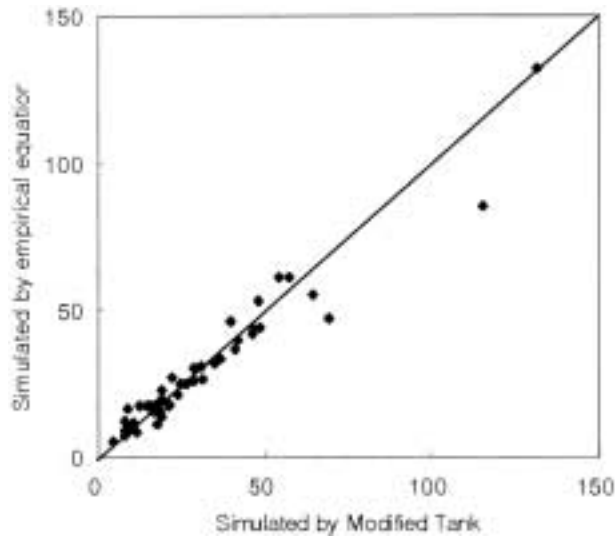
율에 유효저수량을 곱하면 저수지로 유입되는 유입량이 산출되는데, 저수지의 유효저수량 ( $m^3$ )에 식 (3)에 의해 계산된 체류기간 (day)을 나누면 일평균 저수지로 유입되는 유입량 ( $Q_d$ ,  $m^3/d$ )을 추정하는 관계식은 식 (4)과 같은 형태로 만들어지며, 본 연구결과에서는 농업용 저수지의 일평균 유입량은 총면적에 선형적으로 비례한 것으로 나타났다.

$$Q_d = \frac{ST}{42.21} = \frac{TA}{42.21 \cdot (TA/ST)} \quad (4)$$

식 (4)에 의해 계산된 예측치에 대한 Modified Tank 모형에 의한 예측치와의 산점도는 Fig. 5와 같으며 두 값이 유사할수록 산점도의 밀집정도가 높게 나타난다. 본 연구 결과 모형에 의한 예측치에 대한 경험적 관계식에 의한 예측치의 산점도는 매우 밀집해 있으며 모형에 의한 예측치와 경험식에 의한 예측치가 거의 유사한 것으로 생각된다. 따라서 농업용 저수지 유역에서의 유입량 산정시 여러 인자를 필요로 하는 복잡한 유출모형을 우리 나라에 산재되어 있는 많은 농업용 저수지에 적용시키는 것보다는 식 (3)의 농업용 저수지들의 자료를 정리한 경험식을 적용한다면 적은 노력과 시간으로 비교적 정확한 유출량의 계산이 가능하리라 판단된다.

### 4. 유역면적에 대한 저수지 표면적당 인 부하율과 연간 호소 표면적당 인 부하율과의 관계

DA/SA비와 연간 호소 표면적당 인 부하율 ( $L_p$ )과의 관계는 Table 1과 같다. 우리 나라 농업용 저수지에서의 연간 표면적당 인 부하율은  $4 gT-Pm^{-2}yr^{-1}$  이하에서 연구대상 저수지 193개소 중 101개소 (52%)를 차지함으로써 가장 큰 비중을 차지하였다. DA/SA비율이 30 이상의



**Fig. 5.** Scatterplot of simulated average daily flow rate by Modified Tank and empirical equation (unit: 1,000 m<sup>3</sup>/d).

**Table 1.** Relationship between drainage area (DA)/surface area (SA) and areal loadings of total phosphorus.

T-P loading (gT-Pm <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	DA/SA*				
	< 30	30~50	50~70	70~100	> 100
< 2	33(26)	11(32)	3(20)	2(20)	0
2~4	33(26)	12(35)	4(27)	3(30)	0
4~6	34(27)	0(0)	0(0)	0(0)	0
6~8	8(6)	5(15)	1(7)	0(0)	0
8~10	3(2)	2(6)	0(0)	0(0)	0
10~20	8(6)	3(9)	5(33)	1(10)	4(50)
20~50	6(5)	1(3)	1(7)	2(20)	2(25)
> 50	1(1)	0(0)	1(7)	2(30)	2(25)
<b>Total</b>	<b>126</b>	<b>34</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>

\* percent in parentheses.

경우에는 4 gT-Pm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> 이하가 차지하는 비율이 52%, 10 gT-Pm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> 이상이 차지하는 비율이 12%이었다. DA/SA비율이 100 이상일 경우 4 gT-Pm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> 이하가 차지하는 비율이 0%, 10 gT-Pm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup> 이상이 차지하는 비율이 100%였다. 물론 연간 표면적당 인부하율은 동일한 DA/SA비율일지라도 오염원의 대소에 따라 좌우되지만 전반적으로 유역면적에 대한 수표면적의 비율이 클수록 표면적당 인부하율은 증가하는 경향으로 나타났으며, 우리 나라 농업용 저수지 설계시 DA/SA비율을 증가시킬수록 이용가능수량의 확보라는 측면에서는 경제적이지만 저수지의 수질적인 측면에서는 불리할 것으로

판단된다. 이러한 내용은 신규 농업용 저수지의 조성 뿐만 아니라 기존 저수지의 수질관리에 유용하게 사용 할 수 있는 기초자료라고 생각된다.

**5. 수심과 Chl-a 농도와의 관계**

수심이 Chl-a의 농도에 미치는 영향은 Fig. 6와 같다. Chl-a의 농도가 높을수록 대체적으로 수심이 얇은 값으로 서서히 이동하는 것을 알 수 있으며, 동일한 부하량에도 저수지의 수심이 얇을수록 Chl-a의 농도가 높아지는 것을 알 수 있다. 이는 호소에서 일반적으로 나타나는 현상인데 동일한 부하가 이루어지지만 저수지의 수위가 얕으면 바람에 의한 수직 혼합 등에 의한 내부 부하는 깊은 호소에 의한 내부부하보다 상대적으로 높기 때문에 조류의 성장을 부추기게 된다. 우리 나라 저수지의 수체 특성상 *steady state*가 아닌 *dynamic state*라는 점을 감안하여 볼 때 여름철 집중적으로 유입되는 인부하 만큼 엽록소로 전환되지 않기 때문에 Vollenweider의 연구결과와 같이 빈영양상태와 중영양상태, 부영양상태 등이 뚜렷하게 구별되어 나타나지는 않았다. 그러나 Fig. 6의 우측하단에 있는 결과에 의하면 Chl-a의 농도가 10 µg/l 이하와 40 µg/l 이상에서 저수지의 깊이에 따른 Chl-a 농도에서 뚜렷한 차이를 나타내었으며, 우리 나라 농업용 저수지의 설계초기단계에서 본 연구결과를 이용한다면 저수지의 부영양화 관리측면에서 유리할 것으로 판단된다.

**6. 총인의 배출부하량과 호소내 농도와의 관계**

호소내 총인의 농도를 예측하기 위하여 유역에서의 배출부하량 (mg/yr)과 유효저수량 (m<sup>3</sup>), 표면적 (m<sup>2</sup>), 유역면적과 표면적비 등과 같은 물리적 인자를 이용하여 회귀 분석을 실시한 결과는 식 (5)와 같다. 총 193개소의 농업용 저수지에 있어 결정계수 (R<sup>2</sup>)는 0.61로서 상대적으로 적은 인자를 적용했음에도 불구하고 비교적 높은 결정계수를 나타내었으며, 호소내에서의 실측된 T-P의 농도와 식 (5)에 의해 예측된 T-P와의 산점도는 Fig. 7과 같다.

$$C = 6.03 \times W^{0.68} \times V^{-0.53} \times SA^{-0.21} \times (DA/SA)^{-0.50} \quad (5)$$

여기서,

- C : 저수지내 총인 농도 (µg/l)
- W : 배출부하량 (mg/yr)
- V : 저수지의 유효저수량 (m<sup>3</sup>)
- DA : 저수지의 표면적 (m<sup>2</sup>)
- SA : 유역면적 (m<sup>2</sup>)

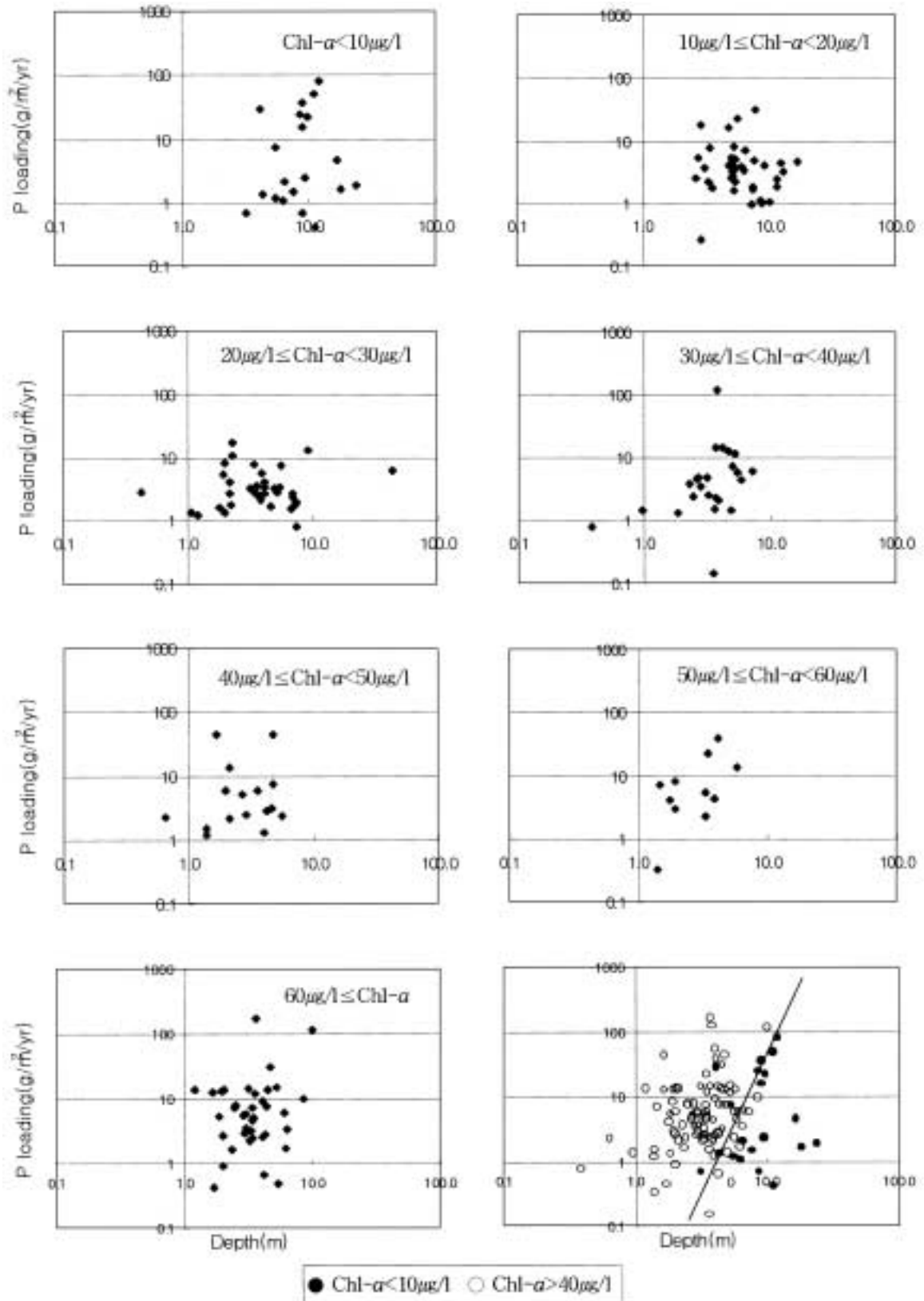


Fig. 6. Relationship among depth, T-P loading and Chl-a concentration.

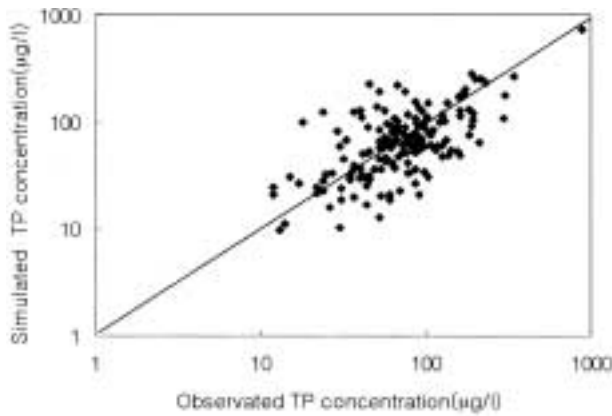


Fig. 7. Scatterplot of observed and simulated T-P concentration ( $\mu\text{g/l}$ ).

일반적으로 호소의 수질, 특히 T-P와 Chl-*a*를 예측하기 위해서는 유역으로부터 발생하는 배출부하량을 원단위로 계산하고 유출모형을 이용하여 유출량을 계산하거나, 유역모형으로 부하량과 유출량을 함께 계산한 후, 호소수질모형을 적용하여 호소의 수질을 예측한다. 이 작업을 위해서는 수질자료, 유역이나 호소의 물리적인 자료 등을 이용하여 실측치와 보정 및 검증과정을 거친 후 적용하기 때문에 많은 자료와 시간, 노력 등이 요구되며 전국에 산재되어 있는 수많은 농업용 저수지의 수질예측을 위하여 이러한 과정을 거치기엔 어려움이 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서 산정하여 제시한 총면적에 대한 저수용량과 일유출량과의 관계식, 유역에서의 T-P 부하량에 대한 호소내에서의 T-P 농도와의 관계식, 호소 표면적당 부하량과 수심, Chl-*a*와의 관계식 등과 같은 경험식을 이용한다면 농업용 저수지의 수질을 간단하면서도 상당히 신뢰성 있게 예측할 수 있을 것이며 수질관리에도 크게 도움이 될 것으로 판단된다.

## 적 요

이상으로 농업기반공사에서 운영중인 193개소의 농업용 저수지에 있어서 저수지의 물리적 인자가 저수지의 수질에 미치는 영향에 대하여 고찰해 본 결과, 우리나라의 농업용 저수지는 외국의 자연호수에 비하여 유역면적이 상대적으로 크기 때문에 많은 영양염류의 유입가능성이 큰 것으로 나타났으며, 유역면적에 대한 호소 표면적 비율이 비슷한 외국호소와 비교하여 볼 때 체류기간이 작은 것으로 나타났다. 유역면적에 대한 저

수지 면적 비율 (DA/SA)과 수리학적 체류기간 (td)과의 회귀분석 결과 관계식은  $t_d = 42.21(TA/ST)^{-1.0}$  ( $R^2 = 0.89$ ) 로써 역비례의 관계를 나타내었다. 유효저수량을  $t_d$ 로 나누어 일유출량을 구한 결과 관계식은  $Q_d = TA/42.21$  로써 일 평균 유입량은 총 면적에 선형적인 비례관계를 나타내었으며, Modified Tank 모형에 의한 예측치와 매우 유사한 값을 나타내었다. 연간 표면적당 인 부하율은  $4 \text{ gT-Pm}^{-2}\text{yr}^{-1}$  이하가 전체 농업용 저수지의 52%를 차지하여 가장 일반적인 연간 표면적당 인부하율이었으나, DA/SA의 비율이 100 이상의 경우에는  $4 \text{ gT-Pm}^{-2}\text{yr}^{-1}$  이하가 차지하는 비율이 0%,  $10 \text{ gT-Pm}^{-2}\text{yr}^{-1}$  이상이 차지하는 비율이 100%로서, DA/SA의 비율이 커질수록 연간표면적당 인 부하율은 일반적으로 증가하는 것으로 나타났다. 수심은 Chl-*a*의 농도에 영향을 주는 물리적인 인자인데 일반적으로 수심이 깊을수록 Chl-*a*의 농도는 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 Chl-*a*의 농도가  $10 \mu\text{g/l}$  이하와  $40 \mu\text{g/l}$  이상에서 뚜렷하게 구분이 되었으며, 일반적으로 우리 나라의 농업용 저수지 계획 시 수심을 깊게 할수록 저수지 부영양화 관리에는 유리할 것으로 나타났다. 호소내에서의 총인 농도를 종속변수로 하고 배출부하량과 유효저수량, 저수지 표면적, 유역면적에 대한 저수지 표면적을 독립변수로 하여 회귀분석한 결과 관계식은  $C = 6.03 \times W^{0.68} \times V^{-0.53} \times SA^{-0.21} \times (DA/SA)^{-0.50}$ 이며  $R^2$ 가 61%의 설명력을 나타내어 농업용 저수지의 인 농도 경향을 예측하는데 사용 가능할 것으로 생각된다. 이상의 결과로서 우리 나라 농업용 저수지의 수질예측에 있어서는 복잡한 유출모형이나 유역모형, 호소수질모형 등을 사용하기보다는 본 연구에서와 같이 기존자료를 분석하여 도출한 경험적 관계식을 사용하면 비교적 적은 노력으로도 상당히 신뢰성있게 예측하여 수질관리에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- 김범철, 박주현. 1995. 국내 주요호수의 인 부하특성. 한국육수학회지 **28**: 511
- 김범철, 박주현, 임병진, 허우명, 황길순, 최광순, 채기숙. 1997. 국내 주요호수의 육수학적 조사 (1): 옥정호. 한국육수학회지 **30**: 431-449.
- 김범철, 박주현, 임병진, 허우명, 황길순, 채기숙, 최광순. 1998. 국내 주요호수의 육수학적 조사 (2): 합천호. 한국육수학회지 **31**: 312-327.
- 김범철, 박주현, 허우명, 임병진, 황길순, 최광순, 채기숙. 1999. 국내 주요호수의 육수학적 조사 (3): 옥정호. 한국육수학회

- 지 **32**: 111-126.
- 김범철, 박주현, 허우명, 임병진, 황길순, 최광순, 최종수. 2001. 국내 주요호수의 육수학적 조사 (4): 주압호. 한국육수학회지 **34**: 30-44.
- 김좌관, 홍옥희. 1992. 국내 인공댐호의 물리적 환경인자에 의한 호수특성 고찰에 관한 연구. 한국환경과학회지 **1**: 49-57.
- 박석순, 윤세의, 이시진. 1998. 수질모형과관리. 동화출판.
- 농림부, 농업기반공사. 2000. 농업용수 수질오염원 조사 종합 보고서.
- 농림부, 농업기반공사. 2000. 농업용수 수질측정망조사 보고서 (연도별 수질성적).
- 농림부, 농업기반공사. 2000. 농업용수 수질측정망조사 보고서 (시설별 조사결과).
- 농림부, 농업기반공사. 2000. 농업용수 수질오염원조사 종합보고서 (1997-2000).
- Bartsch, A.F. and J.H. Gakstatter. 1978. Management decisions for lake systems on a survey of trophic status, limiting nutrients, and nutrient loadings in American-Soviet Symposium on use of mathematical models to optimize water quality management, 195. U.S, Environmental Protection Agency of Research and Development, Environmental Research Laboratory, Gulf Breeze, FL, pp. 372-394. EPA-600/9-78-024.
- EPA, 1990. Monitoring Lake and Reservoir Restoration. 326pp. U.S. EPA, Washington, DC.
- Fee, Everett J., 1979. A relation between lake morphometry & primary productivity & its use in interpreting whole-lake eutrophication experiment. *Limnol. & Oceanogr.* **24**: 401-416.
- Cooke, G. Dennis, Eugene B. Welch, Spencer A. Peterson, Peter R. Newroth. 1993. Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. 548pp. Boca Raton. New York.
- Rawson, D.S. 1955. Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. *Verh. int. Ver. Limnol.* **12**: 164-175.
- Chapra Steven C. 1997. Surface Water-Quality Modeling. 844pp. McGraw-Hill. Singapore.
- Vollenweider, R.A. 1968. The scientific basis of lake and stream eutrophication with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factor. Technical Report DAS/DSI/68.27, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- Vollenweider, R.A. 1975. Input-output Models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweiz. A. Hydrol.* **37**: 53-84.

(Received 8 Jan. 2002, Manuscript accepted 28 Feb. 2002)