

## 수질오염총량관리를 위한 환경기초시설 배출수질의 통계적 평가방법 개선 : 선형보간법의 백분위수방법

박재홍<sup>†</sup> · 김동우 · 오승영 · 류덕희\* · 정동일\*\*

국립환경과학원 수질총량관리센터

\*국립환경과학원 수질총량과

\*\*국립환경과학원 환경총량관리연구부

## Implementation of the Calculation Method for 95% Upper Limit of Effluent Water Quality of Sewage Treatment Plant for Total Maximum Daily Loads : Percentile Ranking Method

Jae Hong Park<sup>†</sup> · Dong Woo Kim · Seung-Young Oh · Doug Hee Rhew\* · Dong Il Jung\*\*

Watershed Management Research Division, National Institute of Environmental Research

\*Water Pollution Cap System Division, National Institute of Environmental Research

\*\*Environmental Cap System Research Department, National Institute of Environmental Research

(Received 14 May 2008, Revised 25 August 2008, Accepted 14 October 2008)

### Abstract

The evaluation of the effluent water quality of sewage treatment plant is one of the most important factor in calculating total maximum daily loads (TMDLs). Current method to calculate 95% upper limit of effluent water quality of sewage treatment plant assuming normal distribution of data needs to be implemented in case of non-normal distribution. We have investigated the applicability of percentile ranking method as a non-parametric statistical analysis in case of non-normal distribution of data.

**keywords** : 95th upper limit, Non-normal distribution, Non-parametric methods, Percentile ranking method, Reference discharge water quality

### 1. 서론

수질오염총량관리제는 총량관리목표설정을 위한 기준치로서 단위유역말단부에 목표수질을 설정하고, 목표수질을 만족하기 위해 단위유역별 기준배출부하량을 설정하여 이를 준수하게 하는 수질관리 제도이다. 수질오염총량관리 시행대상지역 결정 및 오염총량관리 시행계획 이행여부의 확인 및 평가를 위해 목표수질지점별로 수질오염공정시험방법에 따라 8일 간격으로 연간 30회 이상 측정하여 3년간 측정된 측정자료의 평균수질(통계학적 평균) 값이 목표수질을 2회 연속 초과하는지 평가하고 그 결과 목표수질을 초과하는 경우 시행계획수립지역으로 관리되며, 목표수질을 초과하지 않는 경우 수질개선지역으로 관리된다(환경부, 2004). 시행계획수립대상지역은 해당 단위유역의 목표수질을 달성할 수 있도록 삭감계획을 수립하여 배출부하량을 할당량 이내로 유지하기 위한 시행계획을 수립하여야 한다.

또한 시행청(유역환경청 또는 지방환경청)은 오염원 및 오염·삭감부하량을 산정하고 총량관리대상과 산정결과에

기초하여 시행계획에 대한 전년도의 이행사항 여부를 평가하게 된다. 부하량을 산정하기 위하여 시행청은 이행평가 지침에 따라 오염물질의 배출·삭감시설의 수질 및 유량을 조사하게 되는데 조사된 수질 및 유량값의 평가 결과에 따라 해당 단위유역의 삭감부하량과 이행사항의 준수여부가 결정되어지게 된다. 특히 환경기초시설의 수질평가 결과는 오염물질의 삭감정도와 이행사항의 준수여부를 결정하는 중요한 요인 중 하나로 작용하기 때문에 평가방법에 대한 신뢰성이 강조된다.

환경기초시설의 수질평가를 위해 우리나라에서는 시간적 제약, 소요인력등 어려움이 있어 일정주기(8일 간격)로 연간 30회 이상 측정된 자료만을 토대로 통계학적 기법(모수적 방법)을 활용하여 상위 95%확률 순위수질을 기준배출수질로 산정하고 있다.

Total Maximum Daily Loads (TMDLs)를 시행하고 있는 미국의 경우도 우리나라와 동일하게 자료가 정규분포를 따를 경우 모수적 방법을 적용하여 상위 99% (또는 95%) 순위 값으로 수질을 평가(US EPA, 1991)하고 만약 자료가 정규분포를 따르지 않을 경우 비모수적 방법을 고려하여 수질을 평가하고 있다(US EPA, 2006, 2007).

수질오염총량제도에 한정하지 않더라도 호주(Australian

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
jhong@korea.ac.kr

Government, 2008), 영국(Standing Committee of Analysts, 2002, 2007) 등 대부분의 경우 실험 및 측정자료의 평가시에 자료의 정규성을 검토하여 정규분포를 따르지 않을 경우 비모수적방법의 적용을 통해 자료의 통계적 분석을 수행하고 있다.

하지만 우리나라의 경우는 수질자료의 분포형태와 무관하게 모수적 방법을 적용하여 왔다. 다만 OO수계의 경우는 이행평가지 기준배출수질 산정식에 따라 산정된 값이 실측수질의 최대값보다 클 경우 실측수질의 최대값을 적용(환경부, 2006)하도록 하고 있다. 하지만 실측수질의 최대값을 적용하는 경우도 95% 순위수질 값의 합리적 대안과는 거리가 있으며 또한 실제 수질자료가 정규분포를 따르지 않는 경우라도 산정된 기준배출 수질값이 실측수질보다 큰 경우는 드물며 대부분 산정된 기준배출 수질값이 실측수질보다 낮기 때문에 수질자료가 정규분포를 나타내지 않을 경우에는 기준배출수질이 과대하게 평가될 수 있고 이에 따라 과도한 삭감계획을 수립해야 하는 결과를 초래할 수 있어 기존의 기준배출수질 산정식의 개정이 필요시 된다.

따라서 본 연구는 수질자료의 분포형태에 따른 기준배출수질의 평가방법에 대해 살펴보고 현행 평가방법을 개선할 수 있는 대안을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 현 기준배출수질 평가방법

우리나라의 수질오염총량관리제에서 하수종말처리시설등 할당시설의 오염부하량 준수여부를 평가함에 있어 안정적인 목표수질 달성을 위해 환경기초시설에 대한 배출량 평가시 일최대배출부하량을 채택하고 있다.

오염물질 처리시설의 일최대 배출부하량을 산정하기 위해 오염총량관리계획 이행평가 지침에서는 수질조사 및 산정방법을 제시하고 있는데 하수종말처리시설의 방류수 수질은 일정주기(특정요일에 수질자료가 집중되지 않도록 8일 간격)로 연간 30회 이상 측정하고, 하수처리장등 환경기초시설이 안정적으로 운영될 경우 방류수 수질을 log(자연대수)로 변환하면 대수정규분포를 따르게 되므로 이에 따른 방류수의 기준배출수질은 식 (1)에 나타낸 바와 같이 정규분포화된 상위 95% 확률 순위수질로서 평가하도록 하고 있다(환경부, 2002a, 2002b, 2002c).

$$\text{기준배출수질} = e^{(\text{변환평균} + 1.645 \times \text{변환표준편차})} \quad (1)$$

$$\text{변환평균} = \frac{\ln(\text{배출수수질}) + \ln(\text{배출수수질}) + \dots}{\text{측정횟수}} \quad (2)$$

$$\text{변환표준편차} = \sqrt{\frac{\{(\ln(\text{배출수수질}) - \text{변환평균})^2 + \dots\}}{\text{측정횟수} - 1}} \quad (3)$$

그러나 하수처리장이 안정적으로 운영되지 못할 경우 방

류수의 수질은 안정된 값을 나타내지 못하고 수질의 변화 폭이 커지게 된다. 이 경우 산출평균값은 안정적으로 운영될 경우와 비교할 때 동일하게 평가되어도 표준편차가 커지게 되어 기준배출수질은 하수처리장이 안정적으로 운영될 경우에 비해 높게 평가되는 경향이 있다. 특히 1년의 운전기간동안 대부분 안정적으로 운영되어오다 특정일에 몇 회 불안정한 운전으로 인해 수질 값이 급변하여 기준배출수질이 높게 평가되고 이로 인해 일 최대 배출부하량이 높게 평가되는 경우 하수처리장 운영자 및 관할지자체의 입장에서는 기준배출수질의 평가에 있어 보다 합리적인 대안마련의 필요성을 제기할 수 있다.

### 2.2. 비정규분포(non-normal distribution)에서의 통계분석기법

환경기초시설의 수질 특성을 파악하기 위해서는 자료의 통계적 특성을 검토하여 이에 적합한 통계분석기법을 선정하는 것이 중요하다. 일반적으로 자료의 시간적 경향을 분석하였을 때 대수정규분포를 이루면 현행 통계학적 기법을 적용하는 것이 효과적이지만 자연수계에서 관측된 수질자료는 경우에 따라서 계절에 따른 변이가 심하고, 정규분포를 나타내지 않는 경우가 발생하게 된다(Bedient and Huber, 1998). 환경기초시설의 경우도 자연수계에서 관측되는 수질과 마찬가지로 대부분 생물학적 처리를 수행하고 있는 관계로 계절에 따른 수질변동이 클 수 있고, 유지관리 미흡으로 인해 처리시설이 불안정하게 운영되는 경우도 있어 수질이 정규분포를 나타내지 않는 경우가 많아 모수적통계기법의 적용에 어려움이 있다. 따라서 로버스트법, 보간법과 같은 비모수적 통계방법이나 확률밀도함수 등 다른 통계모형에 대한 적용성 검토가 필요시 된다.

대수정규분포 외 다른 통계모형에 대한 적용성 검토결과, 처리시설이나 수질측정시기에 따라 적용 가능한 통계모형이 달라서 일관성 있는 적용이 어려울 것으로 판단되었으며, 비모수적 통계방법 중 로버스트법은 측정치 상위와 하위 각각 25%에 의한 영향을 최소화하는 방법이므로 측정치의 50%에 대한 영향을 반영할 수 없는 한계가 있어 상·하위 5%만을 배제하여 적용하는 방법을 모색하였으나 국제적으로 공인된 통계기법을 임의로 변형하는 것은 다소 무리가 있고 통계학적 의미도 없는 것으로 판단되었다. 또한 하수처리장이 불안정하게 운영되었을 때 비모수 통계기법을 로버스트법을 적용하여 평가할 경우 극한값이 미치는 영향을 최소화함에 따라 불안정하게 운영하였음에도 배출수 수질이 낮게 평가될 수 있으며, 이로 인해 하수처리시설의 배출부하량이 과소평가될 수 있고, 안정적으로 운영한 시설이 불안정하게 운영한 시설보다 배출부하량이 높게 평가됨에 따라 평가의 형평성에 위배되고, 의무제 시행지역에서 하수처리시설 배출수질을 로버스트법으로 평가하여 할당을 받을 경우, 일 최대 배출부하량보다 낮은 양을 할당받게 됨에 따라 지도·점검시 현행보다 빈번하게 총량초과 부담금을 부과 받게 될 수 있다.

비모수적 통계방법 중 선형보간법은 현행 모수적방법과

같이 실험자료의 유효성을 인정하면서 처리시설의 유지관리 미숙 등으로 인한 배출수질 변화를 반영할 수 있는 방법으로 순위별로 서열화된 상위 95백분위수를 기준배출수질로 평가하는 방법이다. 일반적으로 P백분위수의 추정값은 n을 전체 자료의 수라할 때  $k=p(n+1)$ 의 값을 계산하여 k 번째로 큰 자료의 값이 된다. 그러나 k의 값이 정수가 아닐 경우에는 이웃하는 두 순서 통계량으로부터 선형 보간법에 의하여 구할 수 있다(Berthouex and Brown, 1996).

일반적으로 적용 가능한 방법으로는 Hazen, Blom, Tukey, Weibull 식을 이용할 수 있으며, 식 (4)의 Excel 방법도 적용할 수 있다(Hunter, 2002).

$$\text{Excel} : r = 1 + P(n-1)/100 \tag{4}$$

여기서 r은 내림차순으로 서열화한 순위 값, P는 백분위, n은 자료수를 나타낸다.

Excel 방법에 의해 백분위에 해당하는 순위값을 구하여 95백분위수는 식 (5)를 통해 구할 수 있다.

$$95\text{백분위수} = (1-b)X_a + bX_{(a+1)} \tag{5}$$

여기서, a는 식 (4)의 r 즉  $1+95 \times (\text{측정횟수}-1)/100$ 의 정수부분, b는  $1+95 \times (\text{측정횟수}-1)/100$ 의 소수부분,  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_a, \dots, X_n$ 은 배출수 수질을 오름차순으로 서열화한 값,  $X_a$ 는 측정자료를 오름차순으로 서열화한 값 중 a번째 배출수 수질,  $X_{(a+1)}$ 은 측정자료를 오름차순으로 서열화한 값 중 (a+1)번째 배출수 수질을 각각 의미한다.

즉 식 (5)는 식 (4)의 r 값이 정수가 아닌 관계로 이를 고려한 선형 보간법을 통해 재구성된 식이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 현재의 방법에 의한 기준배출수질 평가

현재방법에 의한 기준배출수질 평가시 개선이 필요시 되는 사항으로는 안정적으로 운영되는 하수처리장의 경우는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 방류수의 수질이 통계적으로 대수정규분포를 나타내게 되나 여러 가지 요인에 의해 하수처리장이 정상적으로 운영되지 못할 경우(방류수질이 평균치 좌우에 넓게 분산되므로 불안정 운영) 방류수질의 변동폭(표준편차)이 커지게 되고 이 경우 방류수질을 통계학적으로 분석해 볼 때 대수정규분포를 나타내지 못하게 되어 (Fig. 2) 방류수의 평균수질은 매우 낮은 반면 기준배출수질은 높게 평가되는 경향이 있다.

실제로 2006년 1년 동안의 G하수처리장의 방류수 수질을 분석한 결과 대부분의 기간동안 안정적으로 운영되어 오다가 특정시기에 하수처리장이 정상적으로 운영되지 못한 관계로 방류수의 수질이 높게 나타난 시기가 있었는데 (Fig. 3) 이로 인해 방류수질의 변동폭이 0.1~7.0 mg/L로 높게 나타나 대수정규분포를 따르지 못하게 되었고 평균수질은 2.1 mg/L인 반면 기준배출수질이 7.6 mg/L로 높게 평가되었다(Table 1). 반면 2005년의 경우는 하수처리장이 안정적으로 운영되었으며, 연중 최소수질, 최대수질, 평균수질이 2006년과 비교할 때 모두 높게 측정되었지만 기준배출수질은 5.9 mg/L로 평가되었다. 결국 불안정하게 운전된 몇 회의 수질값에 의해 기준배출수질이 과대하게 평가될 수 있음을 보여주고 있다. 생물학적 처리시스템의 한계로 인한 특정시기의 이상 방류수질 및 우리나라의 기상학적인 특징(여름철의 강우 집중)으로 인한 방류수질의 불안정현상은 항상 상존해 있기 때문에 이와 같은 상황은 G 하수처

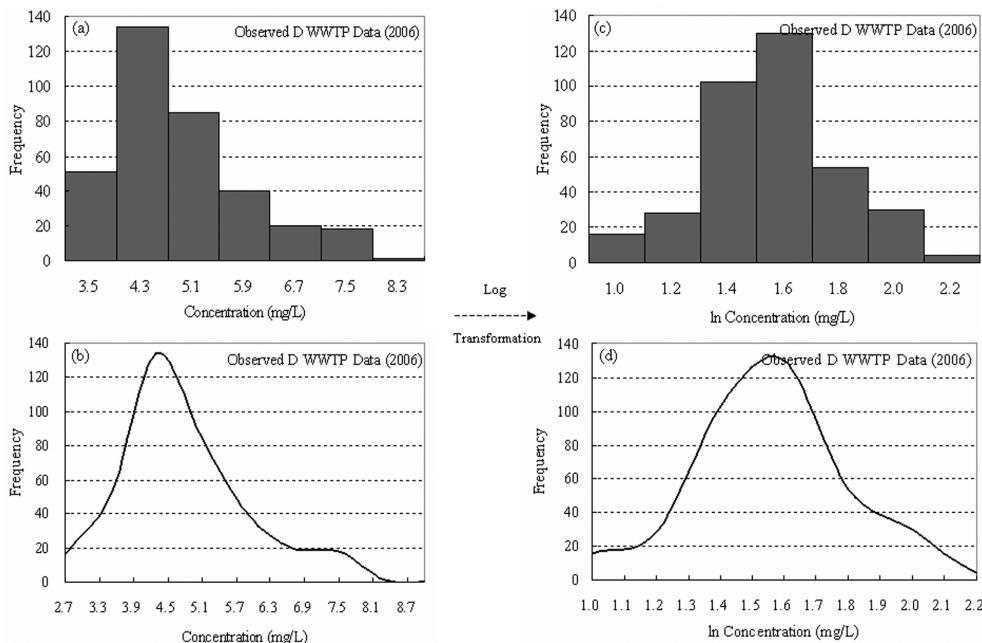


Fig. 1. Statistical characterization of the effluent in D wastewater treatment plant (stable). (a) and (b) diagram of untransformed BOD, (c) and (d) diagram of log-transformed BOD.

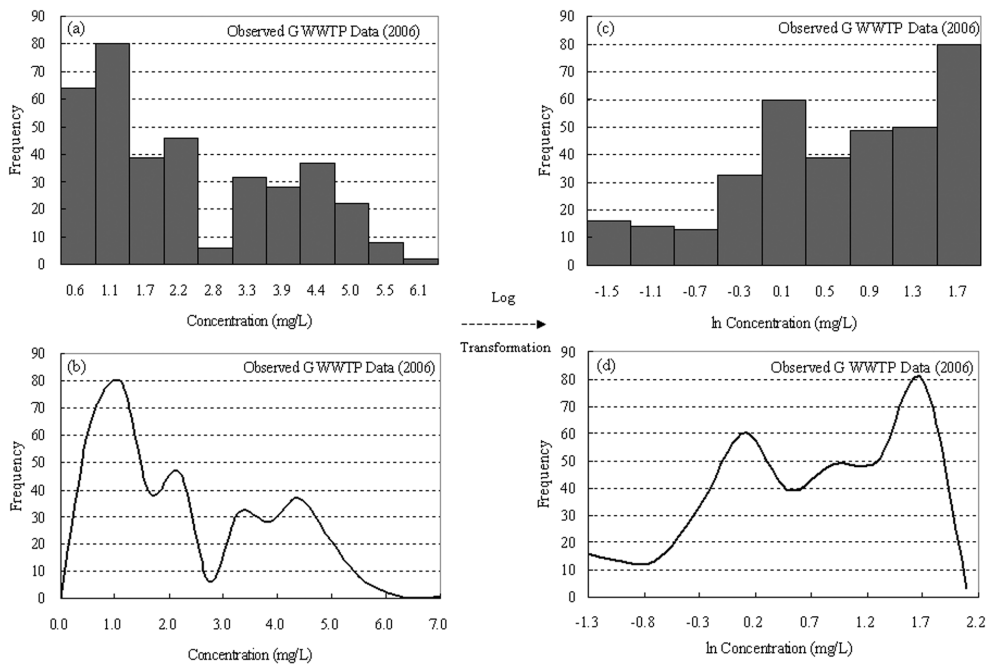


Fig. 2. Statistical characterization of the effluent in G wastewater treatment plant (unstable). (a) and (b) diagram of untransformed BOD, (c) and (d) diagram of log-transformed BOD.

Table 1. Analysis of effluent BOD concentration of G wastewater treatment plant

Year		BOD <sub>eff</sub> (mg/L)			
		Reference discharge water quality (95%)	Numerical mean	Minimum value for a year	Maximum value for a year
Performance assessment	2005	5.9	2.5	0.4	7.2
	2006	7.0 (7.6 <sup>*</sup> )	2.1	0.1	7.0

Reference discharge water quality calculated by Eq. (1)

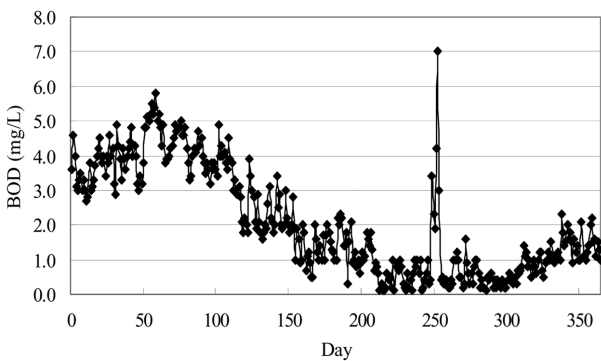


Fig. 3. BOD profile of the G wastewater treatment plant effluent in 2006.

리장 뿐 아니라 많은 처리장에서 일어날 수 있는 문제일 것이다. 안정적인 수질을 유지해 오다 몇 개의 이상 자료로 인해 기준배출수질이 크게 차이를 발생하게 될 경우는 비록 ○○수계의 경우처럼 이행평가지 기준배출수질 산정식에 따라 산정된 값이 실측수질의 최대값보다 클 경우 실측수질의 최대값을 적용하도록 되어 있기 때문에 기준배출수질이 7.0 mg/L로 평가되기도 하지만 1년 중의 최대값 적용에 따른 부담이 클 것으로 판단된다. 또한 이에 대한 명확한 규정이 마련되어 있지 않은 수계의 경우는 이와 유

사한 경우를 대비하여 대안 마련이 필요시 된다.

지속적으로 안정적인 수질을 유지해 오다 어느 시점에 수질이 높게 측정될 경우 아무리 수질을 낮게 처리하여 방류하여도 기준배출수질은 높게 나타나며 또한 수질을 낮게 처리할수록 평균값과의 차이가 커지게 되어 수질의 변동폭은 더욱 커지고 이에 따라 평가된 기준배출수질 값은 더욱 높게 나타나게 된다. 즉 Fig. 4~5에 나타낸 바와 같이 일정기간(약 5개월)동안 수질을 평균값과 같은 2.1 mg/L(평균수질이 높아져도 배출수질은 낮게 평가됨. 현재보다 평균에 가까이 분포)로 처리한다고 가정할 때 평균수질은 2.3 mg/L, 기준배출수질은 6.6 mg/L으로 산정되나, 동일한 일정기간동안 방류수의 수질을 년 중 최소값 수준인 0.1 mg/L(평균수질이 낮아져도 기준배출수질은 높아짐. 현재보다 평균에서 멀리 분포)로 매우 낮게 처리한다고 할지라도 평균수질은 1.6 mg/L로 낮아져도 기준배출수질은 7.0 mg/L(식 (1)에 의한 기준배출수질은 7.6 mg/L이나 최대값보다 클 경우 최대값 적용 규정에 의해 7.0 mg/L)로 2.3 mg/L로 처리할 때보다 오히려 높게 산정되는 결과를 초래하게 된다. 이것은 방류수 수질을 임의로 조정된 결과값으로 0.1 mg/L로 처리되었을 때가 2.1 mg/L로 처리되었을 때보다 방류수질의 변동 폭이 더욱 커지게 되어 대수정규분포를 크게 벗어나기 때문이다.

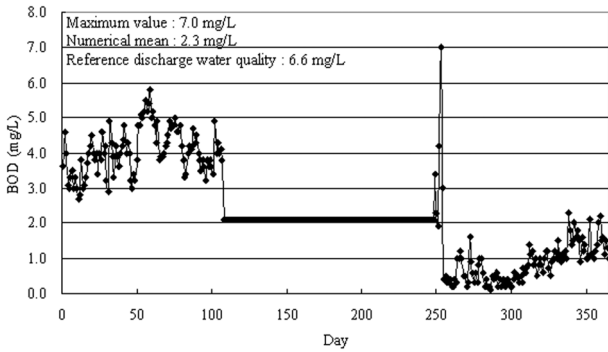


Fig. 4. Results of the reference discharge water quality in case of retainment of average BOD concentration (2.1 mg/L) during specific periods.

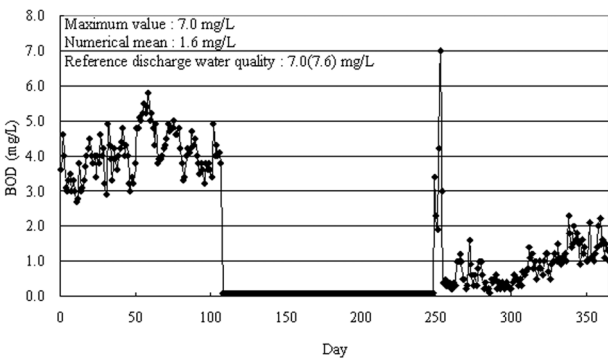


Fig. 5. Results of the reference discharge water quality in case of retainment of minimum BOD concentration (0.1 mg/L) during specific periods.

3.2. 기준배출수질 평가 방법의 대안

환경기초시설에 할당된 일 최대 배출부하량은 해당 시설의 방류수에 대한 유량 및 수질을 연속측정해서 평가하는 것이 원칙이나, 실시간 모니터링 설비를 설치하여 운영하기 위한 재원이나 인력 등의 어려움이 있어 현재의 통계학적 기법을 적용하여 평가하고 있다. 이러한 통계적 기법은 통계분석을 위한 모집단이 정규분포를 띄어야 함을 전제하고 있으나, 환경기초시설의 주요 처리방법으로 생물학적 공법을 도입하고 있는 현실을 감안할 때 일부 하수처리장을 제외하고 겨울철 미생물 활성도 저하 등으로 인해 정규분포화가 어려운 실정이다. 따라서 정규화가 어려운 경우의 기준배출수질 평가를 위한 대안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

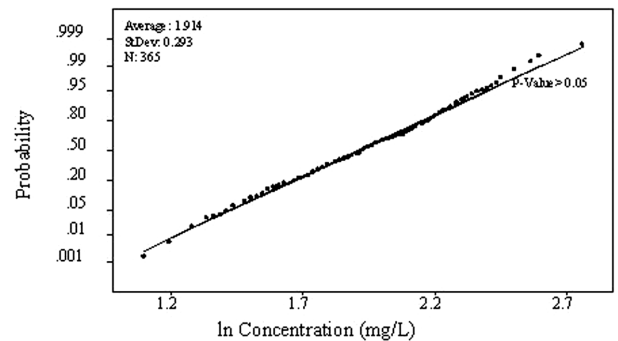
3.2.1. 현행 통계학적 기법 적용

실시간 모니터링 설비가 미설치되어 있으나 방류수의 정규분포화가 가능한 경우나 생물학적 처리 후 후단설비로 물리·화학적 처리시설을 도입하여 연중 안정적인 방류수 수질을 확보하고 있는 시설들은 방류수수질의 정규분포화가 가능하기 때문에 이러한 시설의 방류수에 대한 수질평가는 현행 통계학적 기법을 그대로 적용할 수 있다. 따라서 일정 간격으로 측정된 유량 및 수질자료를 활용하고 현행 기준배출수질 산정시 적용하고 있는 모수적 통계기법을

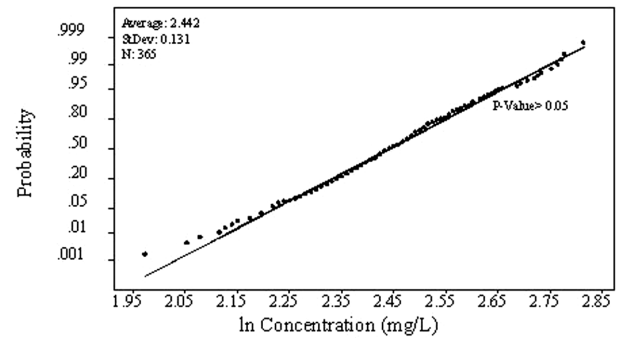
이용하여 방류수질을 평가하고, 연평균 방류유량에 기준배출수질을 곱하여 일 최대배출량을 산정할 수 있다.

3.2.2. 비모수적 통계(백분위수)방법 적용

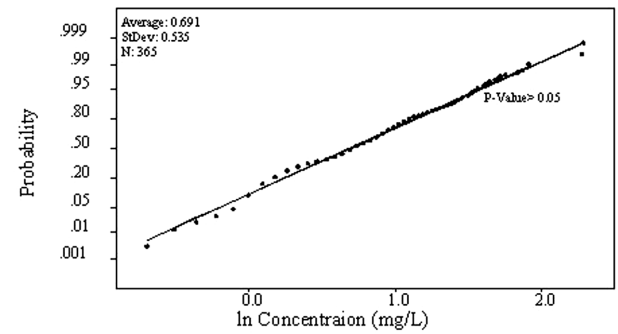
선형보간법의 적용성을 평가하기 위하여 C, B, H환경기초시설을 대상으로 방류수질의 기준배출수질을 산정하기 위하여 측정수질에 자연대수를 취하여 정규분포화 되도록 변환시킨 후 통계학적으로 정규성 검정을 실시하였다. 정규성 검정방법은 Shapiro-Wilk test법을 적용(SPSS, 1999)하였으며 P value가 0.05 이상일 때 정규분포에 가까움을 의미하는데 검정결과 정규성을 만족하는 것으로 나타났다(Fig. 6). 현행 방법에 의한 기준배출수질(상위 95%확률 순위수질)은 11.0 mg/L, 14.3 mg/L, 4.8 mg/L로 각각 산정되었고, 365 일 중 17일(약 4.7%), 18일(약 4.9%), 16일(약 4.4%)이 각각 수질기준을 초과하는 것으로 나타났다. 동일한 환경기초



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. Normality test of wastewater treatment plants. (a) C, (b) B, (c) H.

**Table 2.** Comparison of reference discharge water qualities measured by current and percentile ranking method

Wastewater treatment plant	Method	Reference discharge water quality (mg/L)	Days of water quality standard excess
C	Current	11.0	17
	Percentile ranking method	10.6	20
B	Current	14.3	18
	Percentile ranking method	14.2	19
H	Current	4.8	16
	Percentile ranking method	4.8	19

**Table 3.** Reference discharge water quality of the G wastewater treatment plant according to application methods

Method	Reference discharge water quality (mg/L)	Days of water quality standard excess
Current	7.2	0
Percentile ranking method	4.8	22

시설의 방류수질에 대해 선형 보간법을 적용하여 순위별로 서열화한 상위 95백분위수는 10.6 mg/L, 14.2 mg/L, 4.8 mg/L로 각각 나타났으며 365일중 초과일수는 각각 20일, 19일, 19일로 나타났다. 현재의 95% 확률 순위수질로 평가된 기준배출수질과의 차이가 각각 3.6%, 0.7%, 0%로 나타나 선형보간법에 의한 상위 95백분위수로의 평가가 현재 방법의 한 대안으로 적용될 수 있음을 나타내었다.

도출된 결과를 바탕으로 G하수종말처리장의 기준배출수질을 상위 95백분위수로 평가하면 기준배출수질이 4.8 mg/L, 기준 초과일수가 22일로 나타났다. 현재의 95% 확률 순위수질로 평가시에는 기준 초과일수가 없는 것으로 평가되나 95백분위수로 평가하였을 시에는 365일중 22일이 초과되는 것으로 나타나 정규분포화된 다른 하수종말처리장과 유사하게 평가되었다.

따라서 정규분포화하기 어려운 비정규분포의 환경기초시설 방류수질의 기준배출수질의 평가 대안 중 하나로 95백분위수를 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 현행 오염총량관리계획 이행평가 지침상의 기준배출수질 평가 식은 식 (5)와 같이 보완되어야 할 것이다.

#### 4. 결론

현행 환경기초시설의 기준배출수질 평가방법은 모든 수질자료의 통계학적 분포형태를 나타내지 못하기 때문에 수질자료의 형태에 따른 적절한 기준배출수질 평가 방법을 살펴본 결과 수질자료가 통계학적으로 정규분포를 나타내는 경우는 모수적 방법인 기존의 평가방법의 적용이 가능하며 수질자료가 통계학적으로 정규분포를 나타내지 못하는 경우는 비모수적 방법의 적용이 필요시 된다.

비모수적 평가방법 중 선형 보간법을 적용하여 순위별로 서열화한 상위 95백분위수법은 실측자료의 유효성을 인정하면서 처리시설의 불안정한 운전 등으로 인한 배출수질 변화를 반영할 수 있는 방법으로서 정규분포를 나타내는 하수처리장에 대하여 현 방법과의 비교를 통한 적용성 검토결과 현재의 95% 확률 순위수질로 평가된 기준배출수질

과의 차이가 0~3.6%로 매우 낮으며, 년 중 수질기준을 초과하는 일수도 현 방법으로 산정된 일수와 거의 유사하여 현재의 방법을 보완할 수 있는 대안 중 하나로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- 환경부(2002a). 금강수계 물관리 및 주민지원등에 관한 법률.  
 환경부(2002b). 낙동강수계 물관리 및 주민지원등에 관한 법률.  
 환경부(2002c). 영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원등에 관한 법률.  
 환경부(2004). 수질오염총량관리 업무편람.  
 환경부(2006). 환경부훈령 685호.  
 Australian Government (2008). Guidelines for Managing Risks in Recreational Water.  
 Bedient, P. B. and Huber, W. C. (1998). Hydrology and Floodplain Analysis, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 650.  
 Berthouex, P. M. and Brown, L. C. (1996). *Statistics for Environmental Engineers*, Lewis Publishers.  
 Hunter, P. R. (2002). Does calculation of the 95th percentile of microbiological results offer any advantage over percentage exceedence in determining compliance with bathing water quality standards? *Letters in Applied Microbiology*, **34**, pp. 283-286.  
 SPSS (1999). SPSS 10.0 for Windows and SmartViewer, Chicago.  
 Standing Committee of Analysts (2002). *The Microbiology of Drinking Water - Part 3 - Practices and procedures for laboratories, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials*. Environment Agency.  
 Standing Committee of Analysts (2007). *The Microbiology of Drinking Water - Part 7 -Methods for the enumeration of heterotrophic bacteria, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials*. Environment Agency.  
 US EPA (1991). Technical Support Document For Water Quality-based Toxics Control.  
 US EPA (2006). TMDL for BESSEY CREEK (WBID 3211).  
 US EPA (2007). TMDL for OAK CREEK (WBID 3192C).