

호소내 퇴적물의 근접도에 따른 수질오염물질 분석(I) - COD, T-N, T-P, pH -

박 선 구*, 양 영 모*

*국립환경연구원, *(주)두일테크
(2000. 9. 27. 접수)

Analysis of Water Quality Pollutants Proximated to sediment in Lake

Sun-Ku Park*, Young-Mo Yang*

National Institute of Environmental Research Environmental Complex 2-1, Kyungseo-dong Seo-gu,
Incheon, 404-170, Korea

* 203dong 701ho Ind, Buchun Technopark, 192, Yakdae-Dong Wonmi-Gu Buchun-City, KyungKi-Do,
420-140, Korea

(Received September 27, 2000)

요 약 : K 수계 6개 지점의 호소 퇴적물과 근접된 수질에 대해 COD_{Mn}, T-N, T-P, pH를 측정분석하였다. 퇴적물로부터 분리된 수질이 퇴적물과 근접한 수질보다 COD, T-N, T-P 모두 높은 값을 나타내었으며 그 다음으로 퇴적층 바로 위의 수질이 높은 값을 나타내었다. 직상수와 최상수의 COD_{Mn}, T-N, T-P에 대한 수질분석 결과는 1.2~19.0mg/L, T-N, 1.3~6.2mg/L, T-P, 0.05~0.26mg/L의 농도범위를 나타내었다. 이상의 결과로부터 퇴적물이 호소내 수질오염에 영향을 미치는 요인임을 알 수 있었다.

Abstract : The study was carried out to analysis of the pollutant COD_{Mn}, T-N, T-P for water quality proximated to sediment in lake of K river basin. water extracted from sediment showed higher COD_{Mn}, T-N, T-P datas than water proximated to sediment. Also, water nearly proximated to sediment and water 5-10cm proximated to sediment showed the following data : COD_{Mn}, 1.2~19.0mg/L, TN, 1.3~6.2 mg/L, TP, 0.05~0.26mg/L, respectively. From this results, we have known the fact that the pollution degree of sediment have an effect on the water quality in lake and stream.

Key words : sediment, water quality, COD_{Mn}, T-N, T-P

1. 서 론

화학산업의 발달에 따라 사용되는 유해성 유기화학 물질의 종류가 다양해지고 그 사용량도 점차 증가되고, 수질오염원인물질의 종류도 무수하고 다양하게 발생되고 있어 수질오염이 날로 심화되고 있다. 또한 인구의 도시집중 및 증가와 생활수준 향상에 따른 생활

용수 소비량 증가, 공업화학 발달에 따른 공업용수 사용량 증가 등에 따라 공공수역으로 유입되는 오수 및 용수량이 증가되어 오염물질의 농도가 계속적으로 축적되고 있다. 따라서 상수원수로 사용되고 있는 하천이나 호소 등의 공공수역내의 자연정화능은 떨어지고 있어 수질환경은 점차 악화되고 있는 추세이다^{1,2}.

지금까지 공공수역에 대한 수질보전 및 관리는 환경기초시설 확대와 각종 산업폐수 및 생활오수 등을 처리시설로부터 완전히 처리하여 상수원으로 방류시키는 것과 배출원에서 수질오염물질을 적정하게 관리하

★ Corresponding author
Phone : +82+(0)32-560-7137, Fax : +82+(0)32-568-2041
E-mail : sunku@me.go.kr

여 상수원으로 오염물질을 최소로 유입시키는 것 등의 외적요인인 점오염원과 비점오염원에 큰 관심의 대상이 되어왔다³.

그러나 수질오염의 내적요인인 홍수기 및 또 다른 요인에 의해 호소나 하천에 유기오염물질을 함유한 토사의 유입과 호소내에서 서식하는 어패류, 조류 및 식물등의 고사체가 퇴적된 퇴적물에 의한 오염정도를 파악하는 조사연구가 아직까지 매우 미흡한 실정이다. 따라서 퇴적물에 대한 정확한 오염정도를 파악하여 퇴적물이 수질에 미치는 영향에 대한 조사연구에 큰 관심을 두어야 할 것이다^{4,6}.

최근에는 호소 수질개선 일환으로 부영양화 현상에 의해 퇴적물로부터 용출되는 영양염류의 기여도를 줄이고, 유입오염원으로부터 퇴적된 유해오염물질을 제거하기 위해서 호소내 퇴적물을 제거할 필요성이 대두되고 있다. 그러나 준설의 경우, 이로 인한 2차적인 수질오염의 우려와 효율성 및 경제성 결여 측면에서 많은 논란이 야기되었다^{7,8}.

따라서 퇴적물이 수질에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 우선적으로 퇴적물에 대한 정확하고 신뢰성있는 측정분석이 선행되어 오염정도를 정확히 파악하여 준설 여부 등을 결정하는 것이 바람직하다고 판단된다^{7,8}.

상수원수로 사용되고 있는 호소나 하천수에 대한 수질오염의 정도는 일반적이면서 대표적으로 수질환경기준 항목인 생화학적산소요구량(biochemical oxygen demand, BOD), 화학적산소요구량(chemical oxygen demand, COD), 총질소(total nitrogen, T-N), 총인(total phosphorous, T-P)의 농도로 수질중에 유기물의 함유정도를 평가하고 관리되어져 왔다. 이를 기초로 퇴적물에 대한 오염정도를 간접적으로 파악하기 위해서 상기 항목들에 대해 측정분석하여 퇴적물이 수질에 미치는 영향을 파악하는 것이 또 다른 수질관리에 매우 중요한 요소가 되고 있다.

본 연구에서는 퇴적물에 대한 오염정도를 파악하고 수질에 미치는 영향을 조사하기위해 유기물 및 부영양화 물질의 간접적인 농도를 파악하고자 잔극수, 직상수, 최상수의 COD, T-N, T-P, pH를 분석하였다.

2. 실험

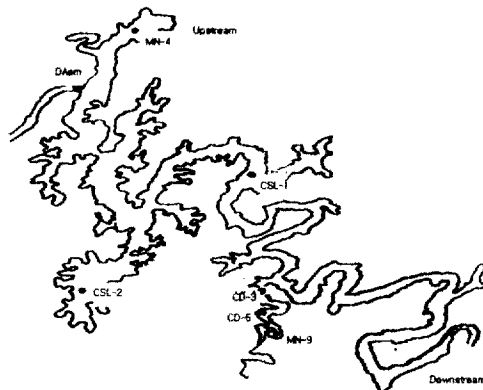
2.1. 시약 및 기구

실험에 사용된 모든 시약은 특급시약을 사용하였고,

증류수는 1차적으로 증류된 것을 다시 탈이온화시킨 17.8 MΩ·cm 이상의 3차 초순수 증류수를 사용하였다. 모든 초자 및 기구는 3차 증류수로 씻은 후 건조하여 사용하였다. 전처리를 위한 장치로는 20℃에서 가열분해되는 Vision 사의 고압증기멸균기를 사용하였다. 이들 물질을 분석하기위한 장비는 Varian 사의 검출기가 photomultiplier인 Cary 3E 자외선/가시광선 분광광도계(UV/VIS spectrophotometer)를 사용하였으며, TN, TP를 정량하기 위해 각각 220nm와 880nm에서 흡광도를 측정하여 농도를 산출하였다.

2.2. 실험방법

K 수계 수질의 시료는 코어 샘플러(core sampler)를 이용하여 6월에 6개 지점(Fig. 1)에 대한 수심 30~40m의 퇴적물을 코어튜브에 채취한 후⁹ 부유성 퇴적물이 완전히 침전될때까지 4℃ 냉장보관하여 퇴적물층 바로위의 5cm이내의 물인 직상수와 5cm이상의 물인 최상수, 그리고 퇴적층 5cm이내의 퇴적물을 3000~5000rpm으로 원심분리하여 얻은 상등액의 물인 잔극수를 분석대상의 시료로 사용하였다.



유기물의 농도를 간접적으로 추정하기 위한 COD는 과망간산칼륨에 의한 산화제로 30분간 가열시켜 산화시킨 다음 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정하여 정량하였다. 총질소와 총인은 120℃에서 유기물을 분해하여 각각 질산이온과 인산염으로 산화시켜 흡광광도법으로 각각 정량하였다^{10,12}. 총질소의 검량선 작성은 표준물질인 질산성질소로 0.02 mgNO₃-N/mL를 조제한 다음 1-10mL를 단계적으로 취하여 100mL 용량플라스크에 넣고 물을 넣어 표선을 채운다. 이 액 25mL를 정확히 취하여 시료의 시험방법에

따라 질소의 양과 흡광도와의 관계선을 작성한다. 총인의 검량선은 인산염인 표준액(0.005mgP/mL) 1-20mL를 단계적으로 취하여 100mL 용량플라스크에 넣고 물을 넣어 표선을 채운다. 이 액 25mL를 정확히 취하여 시료의 시험방법에 따라 인의 양과 흡광도와의 관계선을 작성한다.

3. 결과 및 고찰

K 수계 호소의 수심이 30~40m의 6개 지점(CSL 1, CSL 2, CD 3, CD 5, MN 4, MN 9)에 대한 최상수, 직상수, 간극수 시료의 유기물 등 수질오염물질 항목인 COD_{Mn}, T-N, T-P, pH의 측정분석결과는 다음과 같다.

3.1 유기물의 COD_{Mn} 농도 비교.분석

수심이 30~40m의 6개 지점(CSL 1, CSL 2, CD 3, CD 5, MN 4, MN 9)의 최상수, 직상수, 간극수 시료에 대한 유기물의 함유정도를 간접적으로 추정하기 위하여 COD를 측정된 결과 퇴적물속에 함유된 간극수가 27~63mg/L의 농도범위로 가장 높게 나타났으며 퇴적층 바로위의 5cm이내의 수질인 직상수가 그 다음으로 2~19mg/L의 농도로 나타났다. 퇴적층으로부터 5~10cm의 수질인 최상수는 1~13mg/L의 가장 낮은 농도범위로 나타났다.

6개 지점에 대해 간극수와 최상수의 COD 검출농도 양상은 거의 비슷하게 나타났으나 직상수는 이것과 다르게 나타났다. 6개 지점중 CSL 2 지점이 간극수와 최상수에서 각각 63.3, 19.0mg/L로 가장 높게 검출되었으며, 간극수에서는 CD 3 지점에서 27.4mg/L, 최상수는 MN 4 지점에서 1.2mg/L로 가장 낮은 농도로 나타났다. 직상수의 경우 CD 3 지점의 간극수와 최상수는 낮은 농도를 보여준것과 달리 17.9mg/L으로 가장 높은 농도로 나타났으며, MN 4 지점에서 2.1mg/L으로 최상수와 같이 가장 낮은 농도로 나타났다. 여기에 대한 구체적인 결과는 Fig. 2에 나타내었다.

이상의 COD 결과를 종합해 볼 때 CSL 2 지점이 간극수와 최상수에서는 가장 높은 농도로, 직상수에서도 높은 농도로 나타났는데 이것은 수계의 지형학적 특성상 가장 하류에 위치하고 있어 퇴적물속에 유기물의 농도가 계속적으로 축적되는 양이 많았기 때문인 것으로 사료되었다. MN 4 지점에서 3개 시료 모두 대

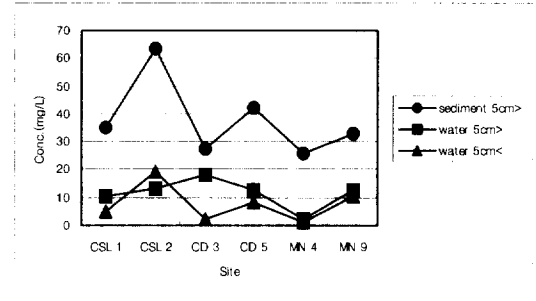


Fig. 2 The concentration of COD_{Mn} for water extracted from sediment and water proximate to sediments in lake.

체적으로 낮은 농도를 나타냈는데 이것은 그 수계의 가장 상류에 위치하고 있어 물의 흐름에 따른 유기물의 축적되는 양이 적은 것으로 생각되었다. 또한 최상수보다도 직상수에서 COD 농도가 높게 나타난다는 것은 퇴적층으로부터 유기물이 용출되는 거리가 짧기 때문인 것으로 사료되었으며, 이것은 퇴적물의 오염이 호소내의 수질오염에 상당한 영향을 미치는 것으로 볼 수 있었다.

3.2 부영양화 요인 T-N, T-P 농도 비교.분석

6개 지점 3종류 시료의 총질소(T-N)에 대해 측정된 농도를 살펴보면 대체적으로 COD_{Mn}와 비슷한 양상을 나타내었으며, 간극수가 6.6~12.8mg/L의 농도범위로 가장 높게 나타났으며, 퇴적층 바로위의 5cm이내의 수질인 직상수가 그 다음으로 3.0~6.2mg/L의 농도로 나타났다. 퇴적층으로부터 5~10cm의 수질인 최상수는 1.2~6.2mg/L의 농도로 직상수와 비슷한 결과를 나타내었다.

간극수와 최상수의 T-N 검출농도 패턴은 6개 지점별로 거의 비슷하게 나타났으나 직상수는 이것과 다소 다른 패턴을 나타내었다. 간극수의 경우 6개 지점중 CD 3 지점이, 최상수는 MN 9 지점에서 각각 12.8mg/L과 6.2mg/L로 가장 높게 나타났으며, 간극수는 MN 4 지점에서, 직상수는 CSL 2 지점에서는 각각 7.2mg/L와 1.2mg/L로 가장 낮은 농도로 검출되었다. 최상수의 경우 MN 9 지점에서 6.2로 가장 높은 값을 나타내었으며, MN 4에서 2.0으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 6개 지점별로 간극수, 직상수, 최상수에 대한 농도 패턴은 유사하나 직상수의 경우 CSL 1 지점에서 간극수 및 직상수와 달리 농도검출 패턴이 다르게 나타났으며, 또한

CSL 2 지점의 경우 간극수와 최상수는 다소 증가 추세로 나타났으나 직상수는 현저히 낮은 농도로 나타났다. 3개 시료에 대한 지점별 검출패턴을 보면 CSL 2, CD 3, 5 지점이 이 수계의 하류지역에 속하여 퇴적물 속에 축적된 총질소의 농도가 높게 검출되었으며, MN 4지점은 상류지역으로서 가장 적은 농도를 함유하고 있었다. 여기에 대한 구체적인 결과는 Fig. 3에 나타내었다.

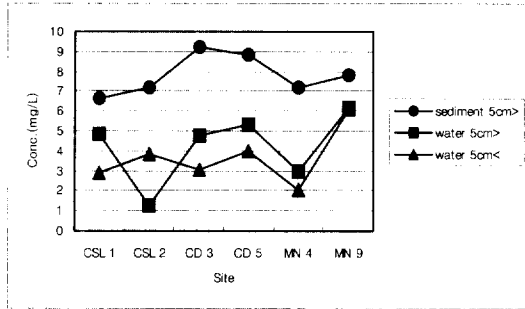


Fig. 3 The concentration of T-N for water extracted from sediment and water proximate to sediments in lake.

이처럼 지질학적인 특성상과는 달리 몇 지점에서 특이한 농도로 검출되는 것은 계절별, 홍수 및 갈수기 시기별, 깊이별, 시간별에 따른 좀더 구체적인 조사연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

T-P의 경우 간극수가 0.2~0.5mg/L의 농도범위로 가장 높게 나타났으며, 퇴적층 바로위의 5cm이내의 수질인 직상수가 그 다음으로 0.1~0.3mg/L의 농도로 나타났다. 퇴적층으로부터 5~10cm의 수질인 최상수는 0.05~0.15mg/L의 농도로 가장낮게 나타났다.

3가지 다른 종류의 시료에 대한 지점별 검출 농도의 패턴을 살펴보면 간극수, 최상수가 비슷한 형태의 패턴을 보이는 COD_{Mn}, T-N과는 달리 T-P는 다른 패턴의 경향을 보이고 있었다. 즉 CSL 1과 CSL 2 지점은 비슷한 패턴을 보이고 있었으며 CD 3, CD 5, MN 4, MN 9 지점의 간극수에서는 농도가 감소되는 추세를 보였으나 최상수에서는 증가하는 경향을 보이고 있었다. CSL 2 지점에서 간극수와 최상수는 가장 높은 값을 나타낸 반면에 직상수는 낮은 농도를 나타내었다.

직상수와 최상수는 CD 3, CD 5, MN 4, MN 9에서 농도의 증가 추세를 보이고 있었으나 간극수에서는 감소추세를 나타내고 있었다. 여기에 대한 구체적인 결과는 Fig. 4에 나타내었다.

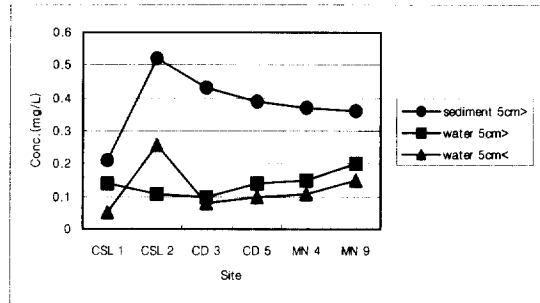


Fig. 4 The concentration of T-P for water extracted from sediment and water proximate to sediments in lake.

이상의 결과를 종합해볼 때 호소내의 영양염류 증가에 따른 부영양화 현상은 퇴적층으로부터 가장 가까운 직상수 및 최상부 수질로 용출되어 총인, 총질소 농도가 검출되는 것으로 보아 퇴적물에 의해 영향이 있을 것으로 생각된다. 비록 수심이 30~40m에서 농도가 수질환경 기준을 초과하여 검출되었다 할지라도 호소내의 퇴적물에 의한 점진적이면서 서서히 전체호소로 확산됨에 따라 무시할 수 없는 부영양화 현상의 내적요인으로 작용하게 될 것이다. 따라서 호소내 퇴적물의 다양한 수질오염물질에 대한 집중적인 연구와 이들을 관리할 수 있는 체계적이고 과학적인 조사연구가 절실히 요구되고 있다.

3.3 수소이온 농도의 비교·분석

6개 지점의 3 종류 시료에 대한 pH 측정결과 간극수의 CD 3지점이 7.7인 것을 제외하고는 모든 지점에서 비슷한 6.8~7.3의 범위를 나타내었으며, pH에 따른 COD_{Mn}, T-N, T-P와의 지점별로 상관관계를 도출하기가 어려웠으며 좀더 구체적이고 자세한 조사연구가 필요할 것으로 판단된다. 여기에 대한 구체적인 데이터는 Fig. 5에 나타내었다.

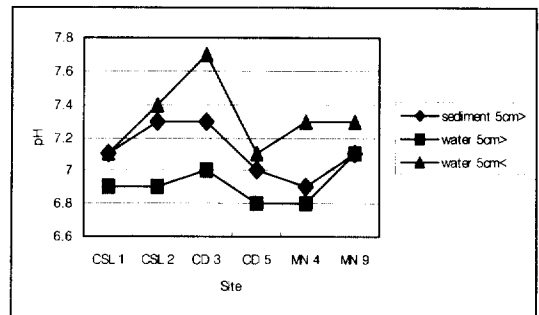


Fig. 5 The concentration of pH for water extracted from sediment and water proximate to sediments in lake.

3. 결 론

K 수계의 수심이 30~40m 6개 지점 3 종류의 시료에 대한 COD_{Mn}, T-N, T-P, pH 측정분석 결과는 다음과 같다.

1. 최상수, 직상수, 간극수 시료에 대한 COD_{Mn}를 측정된 결과 퇴적물속에 함유된 간극수가 27~63mg/L의 농도범위로 가장 높게 나타났으며 퇴적층 바로위의 5cm 이내의 수질인 직상수가 그 다음으로 2~19mg/L, 퇴적층으로부터 5~10cm의 수질인 최상수는 1~13mg/L의 농도로 가장 낮은 범위로 나타났다. 6개 지점중 CSL 2 지점이 간극수, 최상수에서 각각 63.3, 19.0mg/L로 가장 높게 검출되었으며, 간극수에서는 CD 3에서 27.4mg/L, 최상수 및 직상수에서는 MN 4에서 각각 1.2mg/L, 2.1mg/L로 가장 낮은 농도로 나타났다. 이것은 CSL 2 지점이 수계의 지형학적 특성상 가장 하류에 위치하고 있어 퇴적물속에 유기물의 축적된 농도가 많았기 때문인 것으로 사료되며, MN 4 지점은 그 수계의 가장 상류에 위치하고 있어 물의 흐름에 따른 유기물의 축적되는 양이 적은 것으로 생각된다.

2. 총질소(T-N)의 경우 간극수가 6.6~12.8mg/L의 농도범위로 가장 높게 나타났으며 직상수가 그 다음으로 3.0~6.2mg/L의 농도로, 최상수는 1.2~6.2mg/L의 농도로 직상수와 비슷한 결과를 나타내었다. 간극수의 경우 6개 지점중 CD 3 지점이 최상수에서는 MN 9 지점에서 각각 12.8mg/L과 6.2mg/L로 가장 높게 나타났으며, 간극수는 MN 4 지점에서, 직상수에서는 CSL 2 지점에서는 각각 7.2mg/L과 1.2mg/L로 가장 낮은 농도로 검출되었다. 최상수의 경우 MN 9 지점에서 6.2로 가장 높은 값을 나타내었으며, MN 4에서 2.0으로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이것은 3개 시료에 대한 지점별 검출패턴으로부터 CSL 2, CD 3, 5 지점이 그 수계의 하류지역에 속하여 퇴적물 속에 축적된 총질소의 농도가 높게 검출되었으며, MN 4지점은 상류지역으로서 가장 적은 농도를 함유하고 있었다.

3. T-P의 경우 간극수가 0.2~0.5mg/L의 농도로 가장 높았으며 직상수가 그 다음으로 0.1~0.3mg/L의 농도, 0.05~0.15mg/L의 농도로 가장 낮게 나타났다. 3 시료에 대한 지점별 검출 농도의 패턴은 간극수, 최상수가 비슷한 형태를 보이는 COD_{Mn}, T-N과는 달리 T-P에서는 CSL 1과 CSL 2 지점은 비슷한 패턴을 보였고, CD 3, CD 5, MN 4, MN 9의 간극수에서는 농

도 감소추세를 보였으나 최상수에서는 증가하는 경향을 보이고 있었다. 직상수와 최상수는 CD 3, CD 5, MN 4, MN 9에서 농도증가 추세를 보이고 있으나 간극수에서는 감소추세를 나타내고 있었다.

4. 6개 지점의 3 종류 시료에 대한 pH는 간극수의 CD 3지점이 7.7인 것을 제외하고는 모든 지점에서 비슷한 6.8~7.3의 범위를 나타내었다.

5. 이상의 결과를 종합해볼 때 호소내의 퇴적층으로부터 가장 가까운 직상수 및 최상부 수질의 COD_{Mn}, T-N, T-P 농도 검출은 퇴적물로부터 오염물질이 용출됨을 알 수 있었으며, 비록 수심이 30~40m에서 수질 환경기준치를 초과하여 검출되었다 할지라도 호소내의 퇴적물에 의해 오염물질이 점진적으로 전체호소로 확산되어 호소수질에 영향을 미칠 수 있을 것이다. 따라서 수질오염의 내적요인인 퇴적물에 의한 산수원수로 이용되고 있는 호소 및 하천의 수질오염에 대한 다양하고 집중적인 연구와 이들을 관리할 수 있는 체계적이고 과학적인 조사연구가 절실히 요구되고 있다.

참고문헌

1. 박선구, 김성수, 고오석, 분석과학, 12, 141-150 (1999).
2. 박선구, 현대환경리포트, 68-78, 현대환경연구소, 2000
3. 박선구, "정수장진단반", 73-93, 한국수자원공사, 2000
4. 박선구 등의 7명, "호소하천 퇴적물의 조사", 1-3, 국립환경연구원, 1997.
5. 박선구 등의 5명, 호소 및 하천의 퇴적물 조사, 1-3, 국립환경연구원, 1998.
6. Robert B. Biggs, "Coastal Sedimentary Environments", 91~94, 1990.
7. 팔당호 시범준설 영향조사 보고서, 4~5, 환경부, 1990. 12월
8. 팔당호 퇴적물 준설 타당성 검토 공청회, 1~5, 국립환경연구원, 1998. 9. 22.
9. Robert L. Booth, "Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water And Wastewater, 293-344, USEPA, Cincinnati, Ohio, 1982
10. 수질오염공정시험방법, 157, 223, 232, 환경부 고시 제 99-208호, 2000.

11. "Chemistry Laboratory Manual for Bottom Sediments and Elutriate Testing", Region V, Chicago 43-59, USEPA, 1979.
12. 日本 低質調査方法, 日本環境廳 水質保全國水質管理課, 76~86, 日本環境測定分析協會, 1988년 12월.