

현장수질측정기법을 이용한 팔당 상수원 보호구역의 환경현황 실태조사에 관한 연구

이재성[†] · 이수원

한국과학기술연구원 수질환경 및 복원연구센터

A Study on the Survey of Water Quality in Pal-Dang Water Reservation Area by the On-site Analysis

Jae-Seong Rhee[†] and Su-Won Lee

Environment & Process Technology Division, Korea Institute of Science and Technology,
P. O. Box 131, Cheonryangri, Seoul 130-650, Korea

Normally, environmental samples are offered for two choices: laboratory and field determination depending on the purpose of different researches. As the matter of fact, the onsite detection methods play an important role in environmental analysis and monitoring because of their special properties such as short-term requirement, prompt results. In the conjunction with flow-injection analysis system and ion chromatography, the evaluation of eutrophic situation in water reservation area around Paldang using this test kit was carried out. Collected results on the water of Paldang Drinking Water Reservation Area have been shown severe contamination from side streams of Gwang-gu and under Pal-dang Dam. Therefore, a constant monitoring and data storage of Pal-dang areas are necessary on the way to set up a policy of water source reservation.

Key words: on-site analysis, FIA, IC, Pal-dang reservation area, water monitoring

1. 서 론

팔당호는 1973년 발전 및 용수공급을 목적으로 남한강과 북한강 및 경안천의 합류지점에 댐을 축조함으로써 이루어진 하천형 호소이다. 수도권 약 1천 9백만 주민에게 일일 약 1천 2백만톤의 식수를 공급하고 있는 팔당호는 수도권 최대의 식수원으로서 중요한 역할을 담당하고 있다.¹⁻³⁾ 정부는 팔당호의 막중한 역할과 중요성을 감안하여 1990년부터 팔당 상수원을 「상수원 수질보전 특별대책지역」으로 지정하여 수질을 엄격히 관리하여 왔으나, 최근 토지이용 및 건축 규제에 관한 법률 완화로 음식점, 여관, 콘도 등의 위락시설 급증, 대단지 아파트 난립, 축산 규모의 증가 등으로 팔당호의 수질 오염은 가속되어, 1998에는 정수처리를 하지 않으면 음용수로 사용할 수 없는 3급수로 악화되었을 뿐 아니라, 최근 수질의 부영양화로 인한 수자원에서

의 가치 하락이 문제시되고 있다.^{4,5)}

팔당호 수질에 관한 연구는 그 동안 학계와 정부기관에서 비교적 많이 수행되어져 왔으나, 단기간에 간헐적인 조사이거나 가시적인 행정 위주의 조사가 대부분으로 장기간에 걸친 부영양화 및 오염 원인에 대한 조사가 결여되어 있다⁶⁻⁹. 때문에 민·관이 동시에 참여할 수 있는 신속·정확한 현장측정기법의 개발을 통하여 팔당 상수원 특별보호구역의 지속적인 모니터링 및 지자체의 관리 대상에서 제외된 인근 지천의 영향에 관한 수질 자료의 축적을 통하여 향후 종합적 관리 시스템 구축을 위한 기반 자료의 축적이 요구된다.

이에 본 연구에서는 신속·정확한 현장측정기법을 개발하여 한강 수계에 유입되는 북한강, 남한강, 경안천 및 팔당호 주변 지역의 지천 40곳의 수질환경 실태조사를 실시하였으며, 동일한 시료의 실험실 정밀 분석을 통하여 현장분석기법의 신뢰도 평가를 수행하였다.

[†]To whom correspondence should be addressed.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료채취 및 보관

시료채취는 2002년 11월 9일에 이루어졌으며, 시료 채취지점은 팔당 상수원 보호구역 300여만평 중 북한강 유역 6개 지천(map2-문호천, 아양천, 삼봉천, 시우천, 진중천, 조안천), 남한강 유역 11개 지천(map3-향리천, 신내천, 양근천, 덕평천, 사탄천, 성덕천, 항금천, 영동천, 북포천, 가정천, 정암천), 경안천 광주 지역 10개 지천(map4-양벌대교, 성원교, 목리천, 대천교, 중대천, 목현천, 쌍령교, 곤지암천, 번천천, 우산천), 경안천 용인 지역 5개 지천(map5-운학천, 금학천, 양지천, 배산천, 왕산교), 팔당댐 아래지역 8개 지천(map1-산곡천,

덕풍천, 도곡천, 월문천, 덕소천, 율석천, 흥릉천, 왕숙천)으로 총 40개의 지천을 선정하였다(Fig. 1). 시료 채취 지점은 자지체의 수질조사 대상에서 제외된 지방 2급 이하의 하천으로 수량이 비교적 많으며, 수질 관리가 요구되는 지점을 인근 주민들의 의견을 고려하여 선정하였다. 시료 채취는 채수기를 이용하여 1L 무균 폴리 에틸렌 병에 채취하여 현장수질 분석 실시 후, 4°C 냉장 보관한 후 재차 실험실에서 분석하였다.

2.2. 시료 분석법

채취한 시료는 유기물 및 질소와 인을 대상으로 현장수질분석을 실시하였다. 현장분석기법은 한국과학기술연구원에서 개발하여 정확도 및 정밀도를 인정받은

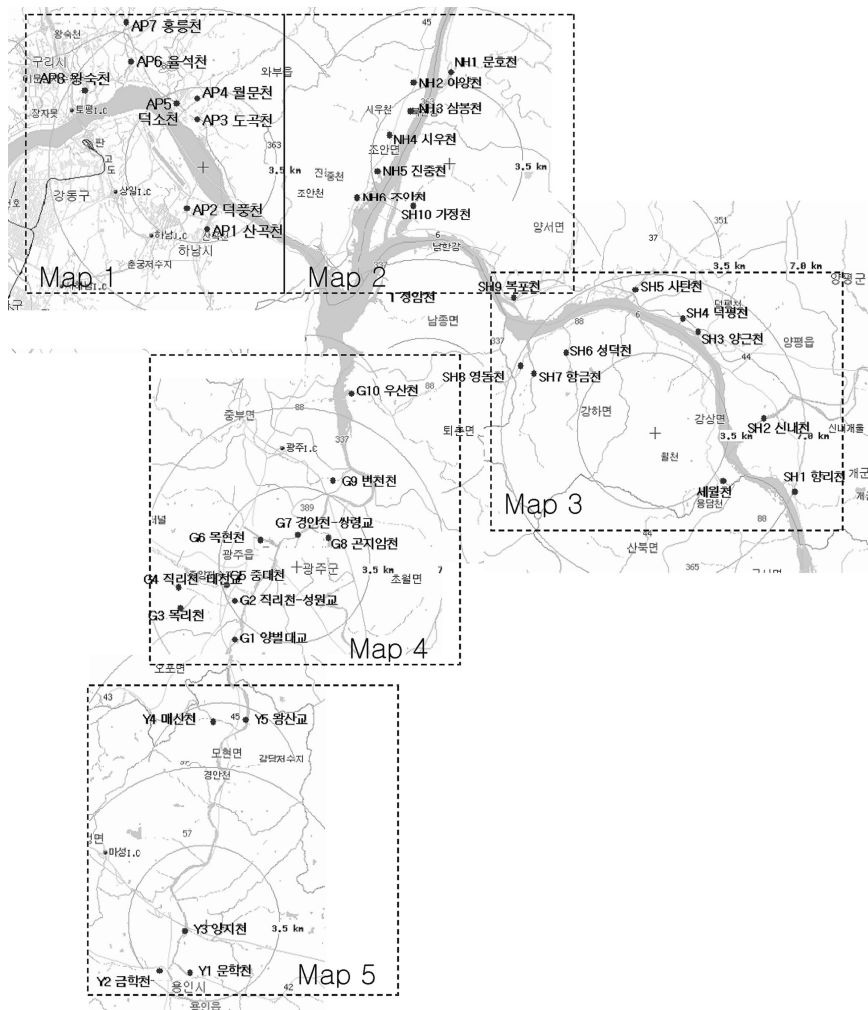


Fig. 1. Sampling sites around Pal-Dang reservation areas. Map1 : side streams around Paldang reservoir; Map2: side streams around North Han River, Map3: side streams around South Han River, Map4: side streams around Gwang-Ju areas, Map5: side streams around Yong-Ju areas.

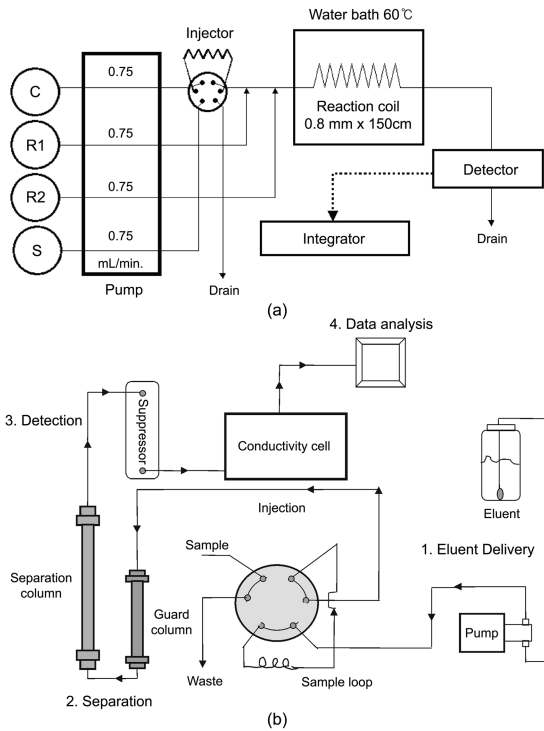


Fig. 2. Manifold diagrams of Flow Injection Analysis system (a) and Ion Chromatography (b).

현장고속정밀측정기트를 이용하여 분석하였다. 현장고속정밀기트는 유기물의 경우 알칼리 망간 산화법을 이용하여 하천수의 COD 측정에 적합한 농도범위 0~20 ppm내에서 측정할 수 있도록 개발되었으며, 질소는 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소로 구분하여 Indophenol법, Diazo법, Hydrazine sulfate로 아질산성 질소 산화-Diazo법을 이용하며, 인산성 인은 ascorbic acid 산화법을 이용하여 각각의 시료를 발색시킨 후 standard 용액과 비교하여 농도를 측정하도록 개발하였다.¹⁰⁻¹²⁾ 현장 분석법의 신뢰도 비교를 위하여 채취한 시료를 운반하여 실험실에서 암모니아성 질소와 아질산성 질소는 FIA, 그 외 음이온은 IC를 이용하여 정밀 분석을 실시하여 현장 분석 데이터와 비교 분석하였다. 본 실험에 사용된 FIA는 실험실 자체 제작으로 Minipulus 2 Peristaltic pump, UV-visible detector, control system으로 구성되어 있으며, IC는 Dionex사의 DX-80을 이용하였다(Fig. 2).

3. 결과 및 고찰

3.1. 팔당 상수원 보호구역의 환경실태조사

팔당 상수원 보호구역 수계 조사 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 북한강(map2) 및 남한강(map3) 주변 지역 지천의 경우 팔당 상수원 보호구역 내에서 비교적 깨끗한 수질을 유지하고 있었으나 합류 지점에 가까울수록 음식점 등 관광업소 등의 증가로 인하여 COD 및 질산성 질소의 농도가 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 남한강 주변 지역은 음식점 및 숙박업소의 지속적인 증가에 반해 오, 폐수 처리시설 설치 및 관리 부족으로 인하여 영양염류의 농도가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 경안천의 광주 지역(map4)에서는 대부분의 지천이 매우 높은 COD, 아질산성 질소 및 질산성 질소가 관측되었다. 특히 직리천, 목리천, 경안천 쌍령교 아래에서의 수질오염이 심각한 상태인데, 이는 주변지역의 축산폐수 및 산업폐수, 생활오수 및 쓰레기의 무단 방류로 인한 오염이 주 원인으로 판단된다. 경안천 용인지역(map5)의 경우 지금까지 경안천 오염의 원인 지역으로 알려진 바와는 달리 오히려 광주지역보다는 낮은 유기물, N, P의 농도를 보였으나, 팔당 상수원 보호구역으로 유입되는 수질로는 부적합한 상태인 것을 알 수 있었다. 팔당댐 아래지역(map1)에서는 주변 지역의 아파트 및 신축 공사 현장에서 나오는 오, 폐수로 인하여 주변 지천의 오염이 심각한 상태인 것을 알 수 있었다. 특히 덕소천, 도곡천, 덕풍천, 월문천 등에서는 질산성 질소의 농도가 10~15 ppm가량으로 오염원의 유입이 장기간에 걸쳐 지속적으로 이루어지고 있으며, 더불어 생활 오폐수 및 무단 쓰레기 방류로 인하여 높은 COD 농도를 보였다.

3.2. 현장시료 분석을 통한 현장측정기법의 신뢰도 분석

팔당상수특별보호구역 40개 지천에서 채취한 시료를 현장수질측정기법과 실험실 정밀 분석기기인 FIA와 IC를 이용하여 각각의 항목을 분석한 결과를 비교·분석하였다(Fig. 4).

암모니아성 질소의 경우 현장분석기법과 FIA의 측정값을 비교한 결과 현장분석의 측정값이 1 mg/L 이상일 경우 상대오차는 0.09~0.54로 측정되었으며, 평균 약 0.2의 상대오차를 보였다. 아질산성질소의 경우 현장분석기법과 FIA 측정값 비교에 대한 상대 오차는 농도 0.1 mg/L 이상에서 0.02~0.49로 분석되었으며, IC 측정값에 대해서는 0.5~0.8의 상대오차 값을 보였다. 아질산성 질소와 같은 저농도 물질의 분석에는 FIA가 IC에 비하여 정확·정밀도가 높으므로,¹⁴⁾ 아질산성 질소에

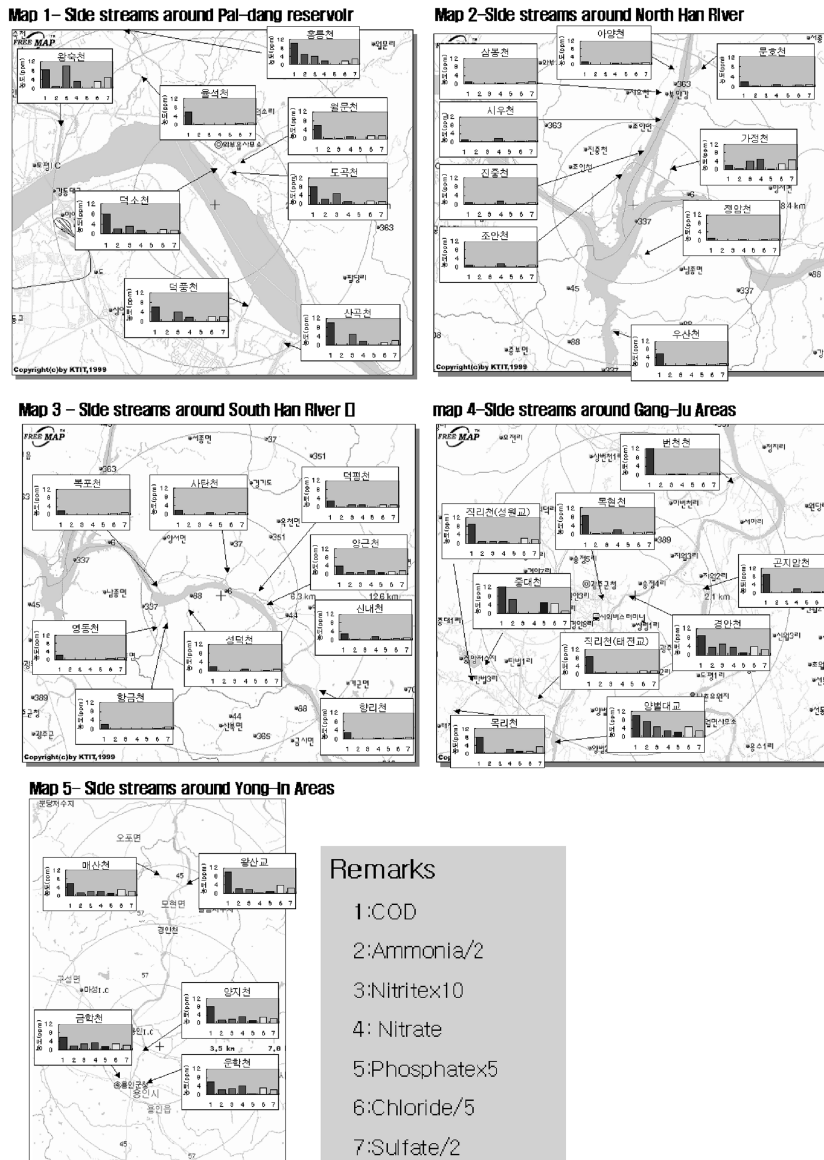


Fig. 3. The maps displaying the analysis results of each side streams around Pal-Dang reservation areas.

대한 상대오차의 평균은 0.18로 비교적 그 신뢰도가 인정된다. 질산성질소의 경우 농도 1 mg/L 이상의 농도에서 상대오차 및 오차의 평균은 0.26~0.55, 약 0.4로 측정되었으며, 인산성 인의 경우는 상대오차 및 평균은 0.4~0.8, 0.7로써 큰 차이를 보였으나, 대부분 지역의 인산성 인의 농도가 0.5미만의 저농도이므로 측정값의 차(오차)는 0.01~0.45로써 크지 않은 것으로 분석되었다. 지금까지 개발된 현장분석기법의 상대오차가 약 0.5임을 감안한다면 본 연구에서 개발된 현장측정기법은 정확·정밀도의 향상되었으며, 특히 질소를 암모니아성

질소, 아질산성 질소, 질산성 질소로 구분하여 오염원의 원인 파악을 용이하게 하였다는데 연구개발의 의의가 있다고 판단된다.

4. 결 론

신속·정확한 현장측정기법의 개발을 통하여 2,000만 이상의 수도권 시민의 식수원인 팔당 상수원 보호구역의 40개 지천의 수질 실태조사 결과 북한강 및 남한강은 비교적 맑은 수계를 유지하고 있는 것에 반해

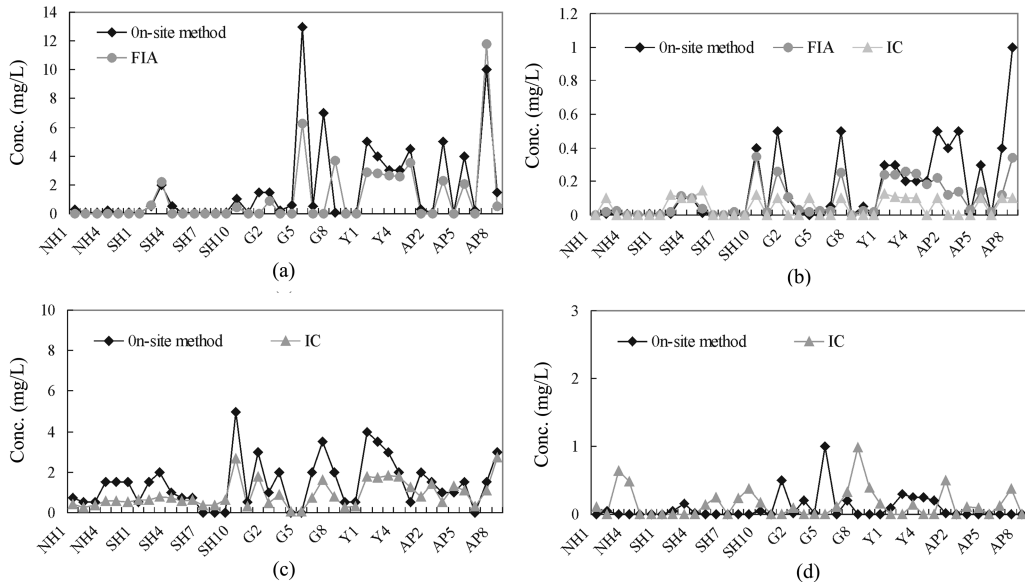


Fig. 4. The comparison of results between on-site analysis and precise analysis by FIA and IC. (a) Ammonia, (b) Nitrite, (c) Nitrate, (d) Phosphate.

경안천 광주지역 및 용인 지역, 팔당댐 아래 지역의 일부 지천의 수질오염 정도가 심각한 상태임을 알 수 있었다. 특히 광주지역 직리천, 목리천 및 팔당댐 아래 아파트단지가 신축된 지점인 도곡천, 월문천, 덕소천에서 가장 높은 유기물 및 N, P 농도가 측정되었다. 현장분석과 실험실 정밀 분석의 상대오차 및 오차평균은 암모니아성 질소는 0.09~0.54 및 0.2, 아질산성 질소는 0.02~0.49 및 0.18, 질산성 질소는 0.26~0.55 및 0.4, 인산성 인의 경우는 0.4~0.8 및 0.7로써 현장측정기법의 신뢰도 있는 분석 가능성을 입증하였다.

팔당 상수원 보호구역 주변 지천의 수질 실태 분석을 통하여 국가 및 지자체 관리 대상에서 소외된 주변 지천의 오염도가 심각한 상태이며, 현장측정기법의 정확도 향상을 위한 연구 및 지속적인 실태 조사를 통한 수질 모니터링을 통하여 팔당 상수원 보호구역의 수질 개선 및 보존 시책을 마련해 나가는 일이 무엇보다 중요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 박주현, 김범철, 김동섭, 황길순, *한국물환경학회지*, 1995, 11(4), 295-302.

2. 박주현, *한국지방자치학회*, 1998, 10(3), pp. 273-287.
3. 신제기, 조주래, 황순진, 조경제, *한국육수학회지*, 2000, 33(4), 387-394.
4. 이현동, 안재환, 김윤지, 배철호, *한국물환경학회지*, 2001, 17(3), 313-327.
5. 신동석, 류재근, *한국물환경학회지*, 1999, 15(1), pp. 99-106.
6. 이재성, 이수원, 이학주, 김용준, *한국환경분석학회지*, 2000, 14(1), 37-40.
7. 이재성, 박완철, 이수원, 김용준, *한국물환경학회지*, 2002, 18(3), 283-290.
8. N. V. Tung, S. W. Lee and J. S. Rhee, *J. of the Korean Society for Environmental Analysis*, 2002, 4(4), 205-209.
9. J. S. Rhee, S. W. Lee and N. V. Tung, *J. of the Korean Society for Environmental Analysis*, 2002, 5(1), 69-72.
10. W. D. Basson, J. F. Staden and P. M. Cattin, *Fresenius Z. Anal. Chem.*, 1981, 307,373-377.
11. T. C. Towns, *Anal. Chem.*, 1986, 58, 223-229.
12. L. J. Lennox, *Wat. Res.*, 1979, 13, 1329-1333.
13. C. Ciavatta, L. V. Antisari and P. Sequi, *J. Environ. Qual.*, 1990, 19, 761-764.
14. 이재성, 박완철, 이수원, 김용준, *한국물환경학회지*, 2002, 18(3), 283-290.