

하천 수질에 대한 36시간 연속 모니터링 기법 연구

박정규¹, 정홍배, 문성환, 류태권, 류제영, 황인영*

¹한국환경정책·평가연구원, 인제대학교 자연과학대학 환경시스템학부

36 hrs Continuous Monitoring Methodology for Effluent and Receiving Water Quality

Jeong-Gue Park¹, Hong-Bae Jung, Sung-Hwan Moon, Tae-Kwon Ryu,
Je-Young Ryu and In-Young Hwang*

School of Environmental Science Engineering, Inje University,
¹Korea Environment Institute, Seoul, Korea

ABSTRACT

The main point source of pollution of the Keumho river in Taegu, Korea, stems from waste from the areas of industrial complexes. Although it is widely accepted that pollutants in waste water negatively effects general water quality, it is difficult to evaluate the effluent effect because of varying conditions in ambient water and inconclusive knowledge of causative pollutants. To analyze the water in relation to the industrial effluent in the area, pH, temperature, conductivity, and Microtox toxicity of various river samples were measured. Water samples were collected every 2 hours for 36 hours from Keumho river and Dalseo stream. Data from continuous monitoring for 36 hours showed that effluent in Keumho river originated from Dalseo stream, which is near adjacent to industrial complexes. Change in toxicity and other factors tested during the 36 hours indicated that continuous monitoring was necessary for a satisfactory effluent toxicity test. Furthermore, in addition to water quality monitoring, it was concluded that sediment toxicity also needed to evaluate effluent effects.

Key words : Keumho river, Effluent, Continuous monitoring, Microtox

서 론

급속한 산업화에 따라 산업폐수의 발생량은 점차 증가하고 있으며, 환경으로 배출된 산업폐수는 수질오염의 가장 주요한 원인중의 하나이다. 이런 수질오염을 예방 또는 저감시키기 위하여 선진국에서는 모든 폐수는 자체 또는 공동폐수처리 시

설을 거쳐서 배출기준에 맞게 방류하도록 규제하고 있다. 그러나 산업폐수는 폐수의 성상이 사용 원료와 생산공정에 따라 다양한 특성을 가지고 있으며, 처리되어야 하는 화학물질의 종류 뿐만 아니라 처리 과정에서 발생할 수 있는 분해산물도 매우 다양하다. 따라서 이러한 복합폐수를 단순히 화학적 지표에 의해 배출의 적합성을 판단하는 것이 문제가 있다는 의견이 제기되고 있다 (이성규 외, 1991).

현재 산업폐수의 독성을 평가하기 위해서는 물

* To whom correspondence should be addressed.

Tel: 055-320-3253, E-mail: enviyh@ijnc.inje.ac.kr

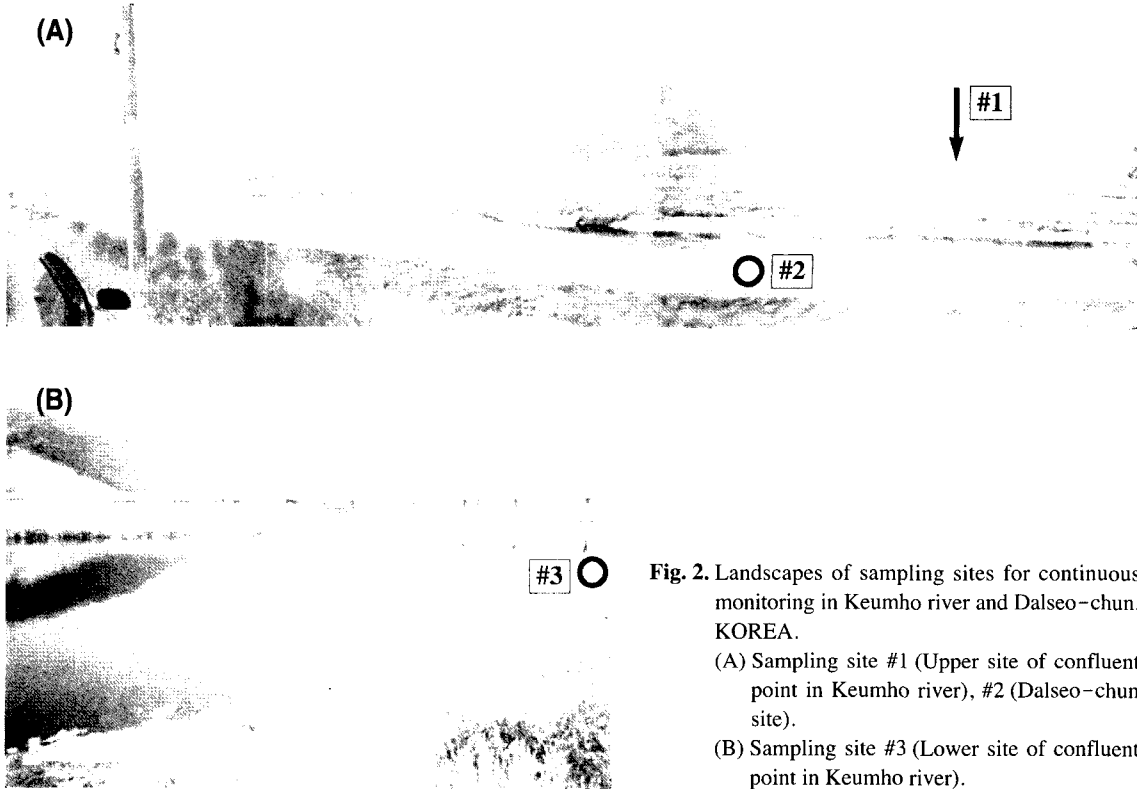


Fig. 2. Landscapes of sampling sites for continuous monitoring in Keumho river and Dalseo-chun, KOREA.

(A) Sampling site #1 (Upper site of confluent point in Keumho river), #2 (Dalseo-chun site).

(B) Sampling site #3 (Lower site of confluent point in Keumho river).

인 달서천, 금호강과 달서천의 합류점 상부, 및 하부 등 세 정점을 각각 선정하였다. 관련연구에서 달서천 정점은 유기용매 추출물 독성시험에서 팔거천과 비슷한 높은 독성을 나타내었고, 공극수의 경우에도 가장 높은 독성을 보인 곳이다(정홍배 외, 2001). 금호강과 달서천의 합류점 상부와 하부 정점으로 구분한 이유는 달서천이 금호강에 미치는 영향 정도를 파악하기 위함이었다.

시료의 채집은 2000년 12월 18일 19:00에서 12월 20일 07:00까지 두 시간 간격으로 진행하였다. 채집방법은 2인을 한 개 팀으로 하여 두 개 팀을 조직하여 10시간 간격으로 교대하였다. 시료 채집을 위해 1L용량의 채수병을 사용하여 표층수를 채집하였으며, 시료채집 후 실험장소까지의 운반시간은 10분이 걸렸다. 채집된 하천수의 pH를 측정후, pH가 6.3~6.8 되도록 조절하고 즉시 Microtox 상대독성시험을 하였다. 한편, 채수 직후 전기전도도와 수온을 측정하였으며, 이때 pH조절을 위해 사용된 시약은 0.1 M HCl이다.

4. 시료에 대한 Microtox 급성독성 시험

Microtox 급성독성 시험은 Microbics사에서 제공한 manual에 따라 45% Basic Test를 시행하였다. 채수액은 원액을 사용하였고, pH 6.3~6.8로 조절하였다. 채수액에 microtox osmotic adjusting solution (9:1 v/v)을 넣고 염도를 조절한 후, 시료의 농도구배 없이 미생물이 배양된 cuvettes에 0.5 ml씩 분주하고 일정시간(5, 15, 30분)이 경과된 때의 각 시료의 상대적 독성을 구하여 비교하였다. 시료간의 상대적 독성은 Microtox CR/GAMMA값으로 구하여 비교하였고, 이때 값이 클수록 독성이 높음을 의미한다.

5. 정점별 수질인자들의 변화

채집한 물의 온도를 재었고, pH는 pH meter (Orion Model 410A)로 측정하였다. 전기전도도는 Conductivity meter (Istek Model 43C)로 측정하였다. 또한, 금호강물에 대한 상대독성과 수질인자들

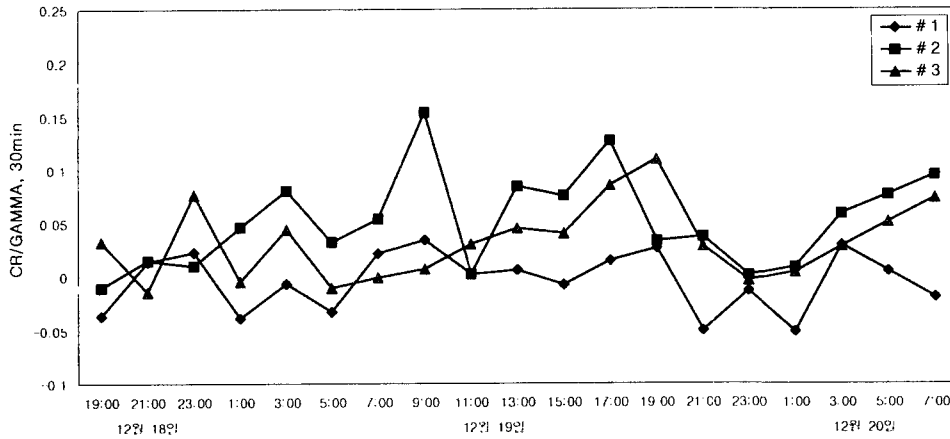


Fig. 3. Relative toxicity of water obtained from each sites near by Dalsuchun in Keumho river, at December, 2000.
*CR/GAMMA means the relative toxic unit.

과의 상관성을 알기 위해, Microtox 상대 독성값과 pH, 수온, 전기전도도값을 비교하여 보았다. 비교 대상 정점으로는 달서천내부(#2) 물을 사용했다.

결과 및 고찰

1. 정점별 Microtox 상대독성 변화

금호강의 지천인 달서천의 폐수처리장 방류구 하류지점의 정점 한곳과 달서천이 금호강에 합류하는 곳의 상부 및 하부의 두 정점에서 각각 두 시간 간격으로 36시간 동안 채수를 한 뒤, 즉시 Microtox 독성시험을 수행하여 독성 수준의 변화 양상을 알아보았다. 표현된 상대독성인 독성값으로는 CR/GAMMA 30분 값을 사용했다. 달서천 내부 정점을 #2으로 하였고, 달서천 금호강 합류점 상부를 #1로 하부를 #3으로 명명하였다. 시간대 별로 측정된 Microtox 독성의 경우, 달서천 내부(#1)는 19일 오전 9시와 오후 5시가 다른 시간대에 비해 상대독성이 높았다. 달서천 내부의 독성 값이 높아지고 나서 서서히 달서천 금호강 합류점 하부(#3)의 독성이 증가되는 것으로 관측되었다. 달서천 금호강 합류점 상부의 상대독성 값은 대조구의 상대독성 값과 비슷하였다(Fig. 3). #1의 평균 CR/GAMMA 값이 -0.0046, #2는 0.0503, #3은 0.0319로 #2, #3, #1 순으로 상대독성에 수준이

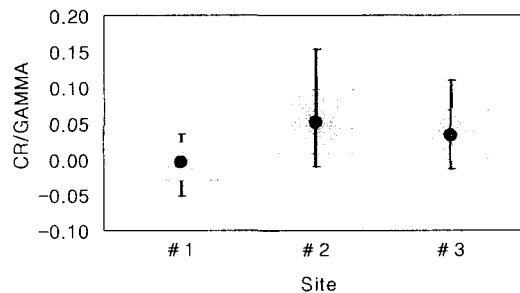


Fig. 4. Average toxicity of water obtained from each sites near by Dalsuchun in Keumho river, at December, 2000. ●: Average value, ■: Standard deviation, I: Maximum and Minimum value.

구분되어졌다(Fig. 4). 시험정점의 하천수는 특정 시간대에 독성이 나타나는 경향은 볼 수 없었으며, 시간별로 독성 수준이 큰 폭으로 변화하였다.

이상과 같은 결과들은 하천수질의 평가 및 정점간 비교를 시도할 때, 결과의 대표성을 갖기 위해서는 일정시간 동안의 연속 모니터링이 필요하다는 것을 시사해 주고 있다. 그러나 연속 모니터링은 단시간의 독성변화에 민감성을 보여 주는 반면, 하천의 생태 위해도를 평가하는 수단으로서 는 수행상 어려운 점이 있다. 이에 반해 하천 퇴적물은 장시간의 오염물질 축적을 보여주므로, 하천의 건강성을 평가하는 매체로는 하천수보다 퇴

적플이 더 바람직하다고 사료된다(SETAC 98).

2. 정점별 수질인자들의 변화

세 정점에서 채수를 한 뒤 각 시료에 대하여 온도변화를 측정하였다. 금호강과 달서천의 합수점 상부인 #3의 시간대별 온도 변화는 낮 시간대인 오전 5시에서 오후 9시까지 변화가 거의 없었으며, 가장 높은 온도를 나타낸 오후 7시 이후로 낮아지고 있음이 관측되었다(Fig. 5). 정점별 시간에 따른 표준편차는 #1이 1.37, #2은 1.07, #3은 1.09로, #1정점의 온도 변화의 폭이 컸다. 이때 온도 변화의 요인은 일조 시간에 따른 차이로 사료된다. 하지만 달서천 정점인 #2은 #3에 비해 온도 변화율이 작았으며, 오후 1시에서 3시 사이가 가

장 높은 온도를 나타내었다. #2의 수온변화폭이 작은 것은 염색공단에서 평균 수온보다 높은 온도의 폐수가 나오므로 일조시간의 영향보다는 폐수의 영향으로 사료된다. 금호강과 달서천 합수점 하부인 #3은 #1과 #2의 중간정도의 수온인 것으로 관측되었다. 이것은 금호강 본류와 달서천이 합수하여 섞였기 때문으로 사료된다. 평균온도는 #2이 16.9°C, #3은 13.7°C, #1은 9.9°C로, #2, #3, #1 순으로 온도가 구분이 되어졌다.

한편, 채수된 각 시료의 pH를 측정한 결과, #1, #3, #2 순으로 pH가 구분되어졌다(Fig. 6). 달서천 내부에서 pH가 낮은 것으로 보아 달서천 주변 공단에서 배출되는 배출수에 pH를 낮추는 물질이 있음을 알 수 있었다. 따라서 달서천 금호강 하부는 달서천의 영향으로 합류점 상부보다 낮은 pH

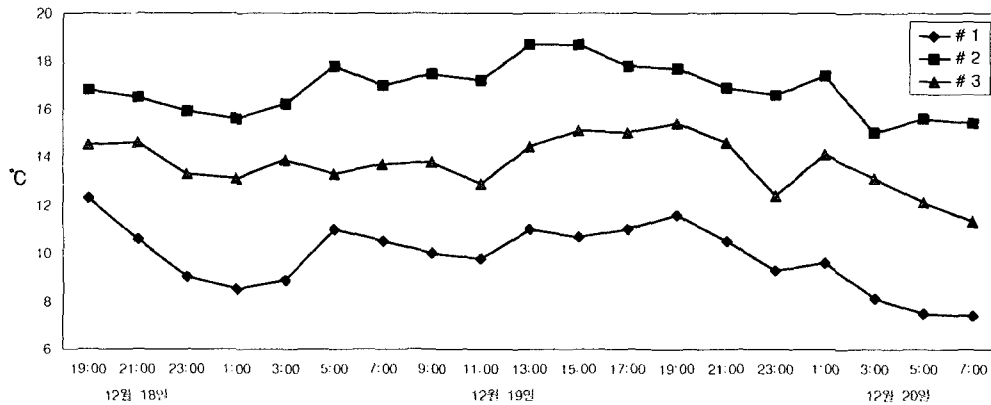


Fig. 5. Change of temperature of water obtained from each sites near by Dalsuchun in Keumho river, at December, 2000.

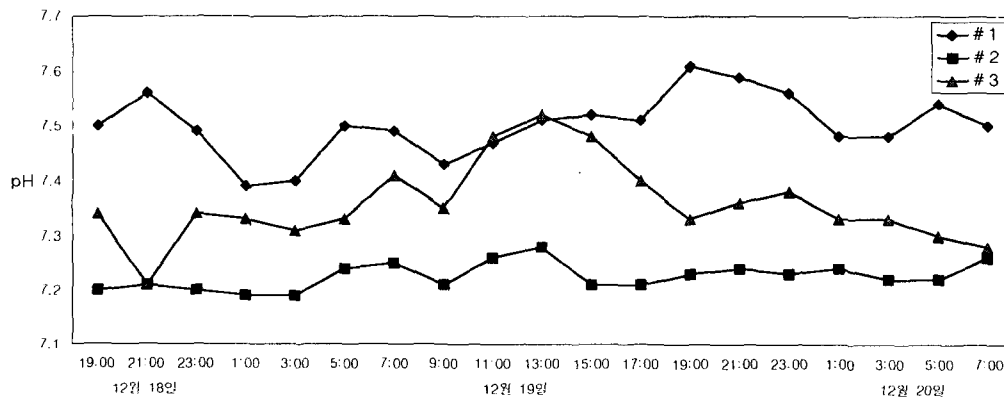


Fig. 6. Change of pH of water obtained from each sites near by Dalsuchun in Keumho river, at December, 2000.

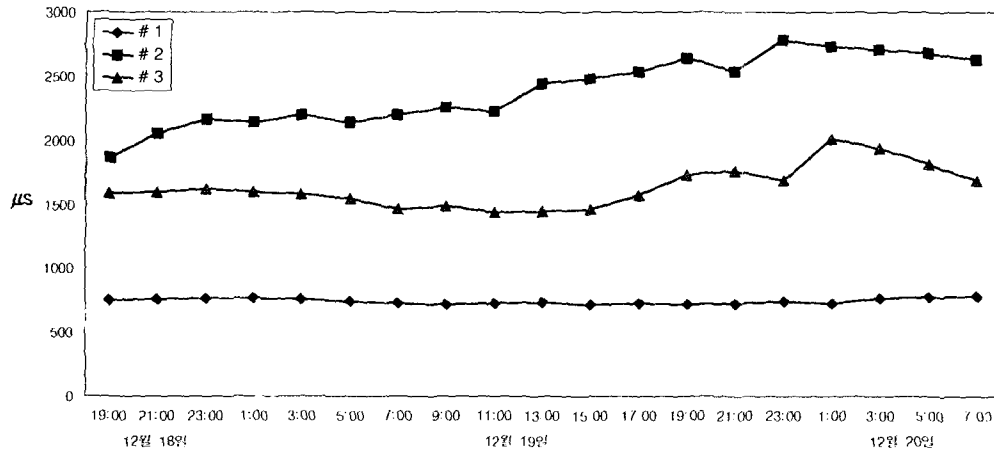


Fig. 7. Change of conductivity of water obtained from each sites near by Dalsuchun in Keumho river, at December, 2000.

를 보였다. 각 정점별 평균 pH는 #1이 7.50, #2은 7.22, #3이 7.36으로 측정되었다. 달서천 내부의 경우 시간별 pH편차가 작은 반면, 달서천 금호강 합류점 상부와 하부의 경우 pH편차가 달서천 내부보다 높았다.

이와 함께, 세 정점에서 채수시 측정된 하천수의 전기전도도는 다음과 같았다. #1은 시간에 따라 변화가 거의 없었고, 세 정점 중 가장 낮은 값을 나타내었다 (Fig. 7). #2은 시간에 따라서 계속해서 증가하는 패턴을 보였으며, 18일 오후의 전기전도도 값보다 19일 오후의 전기전도도 값이 높았다. 가장 높은 값을 보인 시간대는 19일 오후 11시였다. #3은 전기전도도 값의 변화가 거의 없다가 19일 오후 5시부터 증가하여 20일 새벽 1시에 감소하였다. 세 정점을 비교한 결과, #2, #3, #1 순으로 전기전도도 값이 구분되어졌다. 달서천 정점의 전기전도도 값이 높은 것으로 보아 달서천으로 배출되는 폐수에 이온성 물질이 많이 존재하는 것으로 추측되었다. 정점별 평균 전기전도도는 #1은 754 μ s, #2는 2389 μ s, #3은 1632 μ s였다.

금호강물에 대한 상대독성과 수온, 전기전도도의 경우 정점별로 같은 패턴으로 구분이 되어졌기에 이에 대하여 상관성을 조사하였다 (Fig. 8). 상관성 분석에는 pH도 포함되었으며, Microsoft (R) EXCEL 2000을 사용하였다. 금호강물에 대한 수질 인자의 상관성 분석결과, 각 항목간의 상관성은 나타나지 않았다.

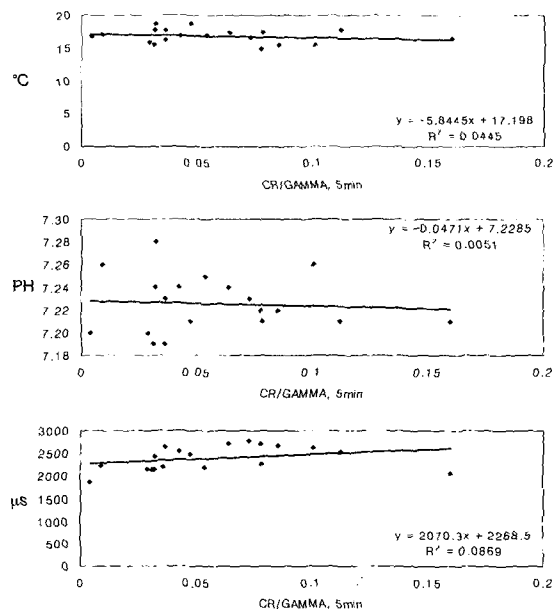


Fig. 8. Relationship between relative toxicity values and aquatic factor values of water obtained from each sites near by Dalsuchun in Keumho river, at December, 2000.

요 약

1. 금호강물에 대한 상대독성과 수온, 전기전도

도의 경우 달서천 내부, 금호강과 달서천의 합류점 하부, 합류점 상부 순으로 값의 크기를 보였고, pH의 경우 역순을 보이므로 달서천이 금호강과 달서천 합류점 하부에 영향을 주는 것으로 사료된다.

2. 금호강 하천수에 대한 Microtox 독성값과 온도, pH, 전기전도도의 상관성은 없었으므로 기존의 일반적인 몇 가지 수질 인자로는 독성변화 및 수준을 판단할 수 없다고 사료된다.

3. 36시간 연속 모니터링을 통해 짧은 시간에도 독성값이 달라지는 것으로 보아 수질의 독성 수준이나 오염 수준을 판단하기 위해서는 연속적인 독성 조사 및 분석이 필요하다고 사료된다.

4. 하천수에 대한 연속 모니터링만으로는 하천 생태 위해도를 평가하기는 어렵다. 따라서, 하천 퇴적물에 대한 특성을 병행하여 조사 분석하는 것이 유해화학물질에 의한 하천 오염을 평가하는 방법이 된다고 사료된다.

감사의 글

본 사업은 환경공학기술 개발연구사업(과제명: 생태위해성 예보체계의 개발)의 일환으로 환경부로부터 지원받아 연구수행하였습니다. 본 연구 수행시 많은 도움을 주신 한국화학연구원 환경독성팀에게 감사드립니다.

참고 문헌

김법철, 최광순, 심수용. 비점오염원으로부터 인의 홍수유출, 하천·호수의 수질조점과 유역관리에 관한 한일 공동세미나 proceeding 1997; 165-177.
배철한. 연근해 해양 퇴적물의 건강성 평가: Microtox 시험 기법의 확립과 적용, 1999.
이성규, 심점순, 김용화, 노정구. 어류, Daphnia 및 조류와

Ames' Test를 이용한 산업폐수의 환경독성 및 유전독성 평가, Korean Society on Water Quality 1991; Vol. 7, No. 2, 100-109.

정홍배, 문성환, 정진애, 김소정, 김재현, 박정규, 황인영. 수서생태계내 퇴적물의 시·공간적 독성변화 연구, 환경독성학회지 2001; Vol. 16, No. 4(계재예정).

환경부. 수질오염도 자료, 1999.

Bergman HL, Kimerle RA and Maki AW. Environmental hazard assessment effluents, Elmsford NY, 1986, Pergamon Press.

Giesy JP and Hoke RA. Freshwater sediment quality criteria: Toxicity bioassessment sediment, Chem & Toxicity of in-place pollutants workshop Proc. 1990; Novara, Italy, pp. 265-348.

Grothe DR, Dickson KL and Reed-Judkins DK. Whole effluent toxicity testing: An evaluation of methods and prediction of receiving system impacts, 1996, SETAC Press

Kaiser KLE. Qualitative and quantitative relationships of Microtox data with toxicity data for other aquatic species, In "Ecological Monitoring" ed. by Mervin Richardson, 1993, 197-212, VCH Publishers, New York, NY, USA.

Pardos M, Benninghoff C, Thomas RL and Khim-Heang S. Confirmation of elemental sulfur toxicity in the Microtox (TM) assay during organic extracts assessment of freshwater sediments. Chemistry 1999; Vol. 18, Issue 2, pp. 188-193.

SETAC98: Handout material for short course on confounding factors related to marine sediment toxicological testing, SETAC 1998.

US EPA. Technical support document for water quality-based permitting for toxics control. Whole Effluent Toxicity (WET) control policy, Washington DC: US EPA Office of water, 1985; EPA/440/4-87-005.

US EPA. Whole Effluent Toxicity (WET) control policy, Washington DC: US EPA Office of water, 1994b, EPA/833-B-94-002.

Weber CI *et al.* Short-term Method for estimating the chronic toxicity of effluent and receiving water to freshwater organism. U.S. EPA/600/4-89/001 1986.