

# STELLA 프로그램을 이용한 마산만 PAHs 거동 시뮬레이션

허민지\* · 장세주\* · 유영석\*\* · 노경준\*\*\* · 조현서\*\*\*\* · 김동명\*\*\*\*\*

\*, \*\*\*\*\* 부경대학교, \*\*, \*\*\*\* 전남대학교, \*\*\* (주)생태기술

## Numerical Simulation of PAHs in Masan Bay using STELLA program

MinJI Heo<sup>\*</sup>·Se Joo Jang<sup>\*</sup>·Young-Seok you<sup>\*\*</sup>

Kyong Joon Roh<sup>\*\*\*</sup>·Hyeon-Seo Cho<sup>\*\*\*\*</sup>·Dong-Myung Kim<sup>\*\*\*\*\*</sup>

\*, \*\*\*\*\* Pukyong National University, Busan 608-737, Korea,

\*\* , \*\*\*\* Chonnam National University, Jeonnam 550-749, Korea,

\*\*\* ECOTEC Inc.

**요약** : 마산만을 대상으로 하여 연안환경 중의 PAHs의 거동을 STELLA 프로그램을 이용하여 파악하였다. 상태변수로는 용존 PAHs, 부유입자물질 중의 PAHs, 식물플랑크톤 내의 PAHs, 저질층의 PAHs 등을 고려하였다. 화학적, 생물학적 과정으로는 용존 PAHs에서 광분해, 부유입자물질에서 흡착과 탈착, 식물플랑크톤에 의한 흡수 및 분비와 퇴적물로의 침강을 고려하였다. STELLA 프로그램을 이용하여 모델을 재현하였으며, 민감도 분석을 시행하였다. 또한 하천 및 대기로부터의 유입부하변동에 따른 현상항을 시나리오를 구성하여 시행하였다.

**핵심용어** : PAHs, STELLA, 마산만, 거동, 시뮬레이션

### 1. 서론

PAHs(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)은 탄소와 수소로 이루어진 화합물 중 5~6개의 탄소원자가 모여 만들어진 벤젠고리 형태가 최소한 2개 이상 결합되어 있는 화합물(Eisler, 1987)로 주로 화석 연료의 불완전 연소로부터 유발되는 발암성 화합물의 한 분류로 잘 알려져 있다. 또한 UNECE(United Nations Economic commission for Europe)에서 스톡홀름 조약에서 채택된 12개의 물질과 Chlordencone, PAHs(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), Hexabromobiphenyl, HCH(hexachlorocyclohexane)의 4개 물질을 추가하여 POPs(Persistent Organic Pollutants)대상물질로 채택되었다. POPs는 유해물질 중 독성이 강하면서도 분해가 느려 생태계에 오랫동안 남아 피해를 일으키는 물질로 잔류성유기오염물질이라 한다. 독성(toxicity), 잔류성(persistence), 생물축적성(bioaccumulation), 장거리 이동성(long-range transport)의 특징이 있어 다른 물질과 구별된다. 이러한 특성을 가지기 때문에 이러한 물질에 대한 관리가 필요한 것으로 보이며, 본 연구에서는 STELLA 프로

램(v. 9.1)을 사용하여 해양환경 중 유입된 PAHs를 대상으로 그 적용성을 검토하였으며, 민감도 분석 및 시나리오 분석을 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 대상해역

본 연구의 대상해역은, 남해안에 위치한 마산만으로 폐쇄성이 강한 해역이다. 마산만은 1970년대를 거쳐 마산 수출자유지역과 창원기계공업단지의 조성으로 인하여 인구가 증가하고, 산업단지와 도시지역에서 배출되는 다량의 산업폐수와 생활하수 유입량의 증가로 인해 1999년~2004년 기간 평균 COD 농도는 해역수질기준 등급 III에 해당하는 수질을 나타내고 있으며 하계에는 수질이 악화되어 저층의 빈산소화와 적조가 발생하고 있는 해역이다(해양수산부, 2005).

#### 2.2 모델의 구성

STELLA 프로그램을 이용하여 구축한 모델의 모식도는 Fig.1에 나타내었다.

해양환경 중에 PAHs의 유입경로는 인위적 기원의 형태인 하천과 대기로부터의 유입부하를 고려하였다. 또한 본 모델에서는 외해로의 유출을 고려하였다.

\* 비회원, raimyou@dreamwiz.com  
\* 비회원, sejujiang@hanmail.net  
\*\* 비회원, ocean89@daum.net  
\*\*\* 비회원, rkjoon@chol.com  
\*\*\*\* 중신회원, hscho@chonnam.ac.kr  
\*\*\*\*\* 중신회원, dmkin@pknu.ac.kr

상대변수는 용존 PAHs, 부유입자물질 내의 PAHs, 식물플랑크톤 체내의 PAHs, 저질층의 PAHs 등을 고려하였다. 화학적, 생물학적 과정인 용존 PAHs에서 광분해, 부유입자물질에서 흡착과 탈착, 식물플랑크톤에 의한 흡수 및 분비와 퇴적물로의 침강을 흐름으로는 고려하였다.

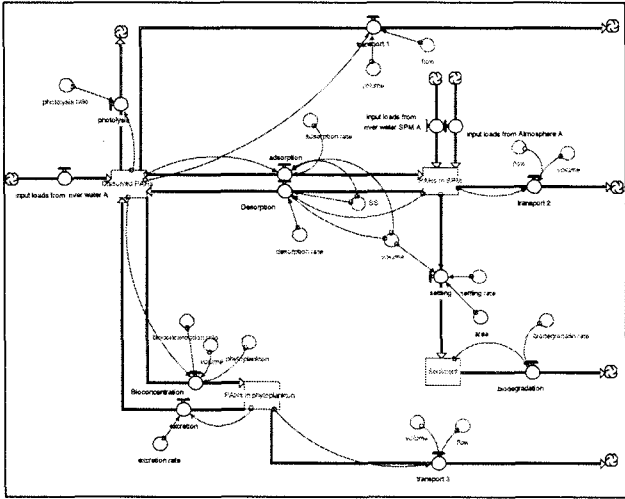


Fig. 1 The diagram of PAHs fate model applied for Masan Bay.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 모델재현 및 민감도 분석

모델의 적용성을 검토하기 위해서 계산된 PAHs의 농도를 Fig. 2에 나타내었다. 용존 PAHs, 부유입자물질 중의 PAHs와 식물플랑크톤 내의 PAHs 농도는 비교적 빠른 단계 내에 안정한 값을 나타내었다.

모델 보정에 적용된 계수값에 대하여 각 계수 값의 2배 및 0.5배에 해당하는 값을 증감시켰을 때 나타나는 상대변수 결과 값의 변동량으로 계수의 민감도 분석하였다.

수층의 용존 PAHs의 경우 모든 계수 증감에 따른 농도변화가 미약한 것으로 나타났으며, 부유입자물질 중 PAHs의 경우 흡착계수와 탈착계수의 영향이 다른 계수의 증감에 따른 농도변화에 비해 큰 것으로 나타났다. 식물플랑크톤 체내의 PAHs의 경우는 식물플랑크톤의 생물농축계수에 의한 식물플랑크톤의 흡수율의 증감에 영향이 큰 것으로 나타났다.

#### 3.2 시나리오 분석

하천 및 대기로부터 유입부하의 증감에 따라 해양환경 중 PAHs 농도가 어떠한 형태로 반응하는지 평가하기 위하여 시나리오 분석을 시행하였다.

시나리오 분석을 위한 case는 마산만으로 유입되는 하천 및

대기로부터의 부하를 10%에서 80%까지 점진적으로 저감시키는 것으로 구성하였다.

시나리오 분석을 통해 하천 및 대기로부터의 부하를 10%에서 80%까지 감소시켰을 경우, 용존 PAHs와 유기입자물질 중 PAHs에서 점진적으로 PAHs의 농도가 감소하는 경향을 보였으며, 그에 반해 식물플랑크톤 내의 PAHs의 농도변화는 미약한 것으로 나타났다.

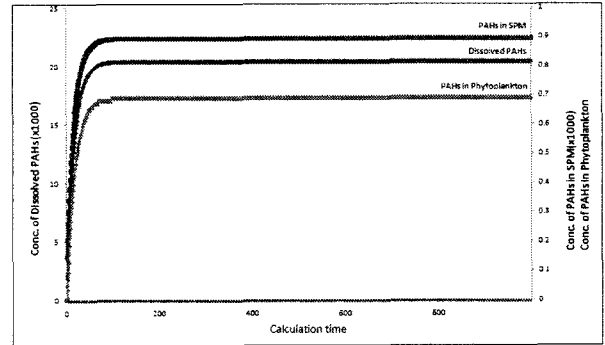


Fig. 2 Simulated PAHs concentration using model.

### 4. 결론

STELLA 프로그램을 이용하여 마산만의 PAHs에 대하여 시뮬레이션한 결과 재현성은 우수한 것으로 나타났다. 민감도 분석결과 용존 PAHs의 경우 계수변화에 따른 농도변화는 미약한 것으로 나타났다. 부유입자물질 중의 PAHs의 경우는 흡착계수와 탈착계수의 영향이 큰 것으로 나타났으며, 식물플랑크톤 체내의 PAHs의 경우는 생물농축계수에 의한 식물플랑크톤의 흡수율 영향이 큰 것으로 나타났다. 시나리오 분석을 통해 마산만으로 유입되는 부하를 10%에서 80%까지 감소시켰을 경우, 용존 PAHs와 유기입자물질 중 PAHs에서 점진적으로 PAHs의 농도가 감소하는 경향을 보였으며, 식물플랑크톤 내의 PAHs의 농도 변화는 미약한 것으로 나타났다.

### 참고 문헌

- [1] Eisler, R., 1987. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons hazards to fish, wildlife, and invertebrates. U.S. fish and wildlife service, Washington D.C. Biol. Rept., 85.
- [2] 해양수산부, 2005. 해양오염 퇴적물 조사 정화·복원체계 구축(II), 1-65.
- [3] 환경부, 계속되는 위협 잔류성유기오염물질