

1. 서론

마산시 생활하수와 창원시의 공장폐수가 배수구역내의 12개 군소 하천을 통하여 유입됨으로써 마산만은 심각한 상태로 오염되었다. 오염된 만을 살리기 위하여 마산시는 정부예산을 투입하여 1990년부터 1994년까지 5차례에 걸쳐 마산만 및 유입하천을 중심으로 대단위 준설사업을 수행하였다 (마산시, 1995; 이와 권, 1994). 그러나, 유입원의 차단을 고려하지 않은 상태에서 진행되어 현재에도 계속해서 가정하수와 산업폐수가 유입되고 있는 실정이다.

만으로 유입된 오염물질 중에서 문제를 야기할 수 있는 것은 유기물과 영양염이라 할 수 있다. 필요 이상으로 유입된 영양염류는 생태계의 수용능력을 초과한 부영양화 상태를 조성할 수 있다. 더욱 심각한 것은 공단폐수에 포함되어 있는 중금속이라 할 수 있다. 중금속은 미량이라도 먹이사슬을 통하여 인체에 치명적일 수 있기 때문이다.

준설 후 유입하천의 중금속 조사에 따르면 (Kwon and Lee, 1997; Lee et al., 1996; 한국해양연구소, 1997) 중금속 농도는 크게 낮아지지 않고 있다. 이는 창원 및 마산시의 하수를 차집하는 관로가 제 기능을 하지 못하고 있는 것으로 판단된다. 설령 차집된다 하더라도 유입하천의 부하를 받는 내만의 중금속 부하는 다소 낮아질 것이 예상되나 유입수를 1차처리하여 방출하는 현 처리방식으로는 마산만 전체의 중금속 부하면에서는 크게 나아질 수 없을 것이다. 따라서, 발생하는 부하를 근본적으로 제거하지 않고서는 마산만의 수질은 준설전의 상태로 악화될 것이 예상된다.

따라서, 중금속 수지의 입장에서 마산만의 현재의 중금속 부하량을 진단하고 즉, 준설 후 수년간 유입하천으로부터 유입된 중금속량은 어느 정도이며, 유입된 중금속이 만내에서 얼마만한 양이 퇴적되었으며, 어느 곳까지 이동하여 어떻게 분포할 것인지? 유입 오염원에 대한 관리대책이 없이 현재의 상태로 향후 수년간 계속될 경우 마산만 내만과 덕동하수처리장 방출구 부분에 잔류퇴적량은 얼마이며 외만을 통하여 유출된 중금속 양은 얼마인지? 등의 일련의 문제를 해결할 수 있는 모형의 개발이 필요하다. 본 논문은 이에 대한 연구를 수행하였다.

2. 내용

2.1 접근 방법

마산만의 중금속 수지를 분석하기 위하여 관심지점에서의 수질의 공간적 변화와 더불어 시간적인 변화를 동시에 모의발생할 목적으로 동적모형인 WASP 모형을 선정하게 되었다. 중금속의 거동을 모의하기 위하여 보편적으로 많이 이용되는 TOXI5는 어느 특정 중금속을 위하여 개발된 것이 아니라 유해물질의 일반적인 경우에 적용되는 모형이므

로 특정 중금속의 거동을 모의하기 위하여 특별한 메카니즘을 첨가하고 중요하지 않은 메카니즘을 삭제하는 것이 용이하지 않으므로 WASP내의 부프로그램인 WASPB를 개조하여 독성물질을 모의할 수 있는 모델을 개발하였다.

2.2 모형의 구성

마산만 Cd수지 분석을 위하여 계산격자망은 물수지 분석시 사용한 영역별 대구획을 시료채취 지점을 중심으로 다시 2-3개 소구역으로 나누어 10개 구획 (한국해양연구소, 1998)으로 수평 분할하였다. 수직방향의 교환을 고려하기 위하여 수층밑에 2개의 침전층을 두어 수층과 침전층사이의 수직교환을 모의발생 하도록 하였다.

2.2 모형의 보정 및 검증

모형을 보정하기 위하여 1995년 7월과 9월 자료 (마산시, 1995)가 가용하므로 모형을 실행하여 얻은 농도중에서 여름기간의 농도의 평균치를 사용하여 실측값과 비교하였다. 모델 수행 결과에 따르면 해수의 카드뮴 농도 분포는 수평적으로 큰 차이가 없고 오염원 유입이 있는 곳 가령, 유입하천의 오염부하를 받는 구간 1에서 준설오염물질의 투기장소였던 구간 4의 영향을 받아 구간 5에서, 방류수역을 포함한 구간 8에서 농도가 다소 높아지는 경향을 보이거나 중금속의 농도는 채취지점에 따라 크게 다르고 유역상황에 따라 가령, 하절기에 부유고형물의 유입이 많을 경우 입자성 카드뮴이 많이 가라앉아 용존성 농도는 낮게 나타날 수 있으므로 이를 경향이라 단정짓기는 어렵다.

2.3 모델수행결과

본 연구를 통하여 개발된 모형을 수행하여 물질수지 분석을 행하였다. 영역별로 보면 영역 I는 창원시 3개 하천과 마산시 9개 하천으로부터 260 kg의 카드뮴이 유입되어 248 kg이 영역내에서 퇴적되고 9 kg이 생교란 (bioturbation)에 의한 효과로 다시 수층으로 유입되어 결과적으로 수층에는 21 kg이 이류 및 확산 운송에 의하여 다음 영역으로 이동된다. 영역 III에서는 덕동 하수종말처리장의 방류수에 포함되어 연중 137 kg이 방류되고 143 kg이 퇴적되며 이 중 12.5 kg이 수층과 침전층의 상호작용에 의한 수직교환에 의하여 수층으로 유입되어 수층에 6.7 kg이 경계영역을 통하여 빠져나가 진해만으로 이동되는 것으로 추정된다.

3. 결론 및 연구과제

본 연구를 통하여 중금속 수지를 분석할 수 있는 모형을 개발하여 카드뮴에 대하여 마산만에 적용하였다. 오염물질의 이동량을 영역별로 추정할 수 있으므로 대상영역의 중장기적인 해역의 수질관리를 위한 모형으로 활용할 수 있고 수질개선 공법과 연계하여 개선효과를 검토 또는 예측하는 모형으로도 활용할 수 있을 것으로 사료되며 방류구로 배출되는 중금속을 포함한 오염물질의 퇴적 및 확산 예측은 집중적으로 연구하여야 할 사항이다.

4.참고문헌

마산시, 1995. 마산만 해양환경 종합 모니터링

이찬권, 권영택, 1994. 퇴적오니 준설과 해양환경변화, 아카데미 예원.

한국해양연구소, 1997. 진해/마산만 수질환경관리모델 개발(I), 제1차년도 보고서, BSPE 97607 - 00 - 1040 - 2, 해양수산부.

한국해양연구소, 1998. 연안환경 개선기술, 제 2단계 3차년도 보고서.

Kwon, Y.T. and C.W. Lee, 1997. Application of multiple ecological risk indices for the evaluation of heavy metal contamination in coastal area, 4th International Conference on "Trace metals in the aquatic environment", Kuala Lumpur, p.53.

Lee, C.W., Y.T. Kwon, and K.S. Yang, 1996. Ecological characteristics of semi-enclosed bays: Integrated Management of Semi-Enclosed Bays, APEC MRC Report, Kyungnam Univ., Korea, pp.151-173.