

D-1

입자추적모형에 의한 해수교환율 산정방법

이종섭 · 이왕관 · 주귀홍*

부경대학교 건설공학부 · *(주)한성개발공사

서론

항 또는 폐쇄성 만에서의 수질은 만내로 유입하는 오염부하량이 얼마나 원활하게 외해로 방출되느냐에 따라 좌우된다. 이러한 문제는 해수교환, 해수교류라는 말로 표현되고 있다. 일반적인 교환의 개념에서 볼 때 해수교환이란 어떤 해역(수괴)과 어떤 해역(수괴)이 현상의 1주기 사이에 서로 해수를 교환하는 것을 말한다. 실제 해양에서 물질수송은 조류, 바람, 밀도류 그리고 해류 등이 복합적으로 작용하고 있으며, 어떤 한 지점에서 1조석주기에 대하여 이러한 성분을 적분한 흐름을 잔차류라고 부른다. 따라서, 항·만의 해수교환율에 직접적으로 영향을 미치는 흐름은 잔차류가 된다. 해수교환율에 대해서 Parker et al.(1972)은 조석교환계수라는 개념을 도입하였으며 현재까지 많은 연구가 행해져 왔다. 그러나, 현장조사에 의하여 해수교환율을 정의하는 데는 많은 어려움이 따르기 때문에 정량적인 평가에 있어서는 커다란 진전을 보지 못하고 있는 실정이다. 해수교환의 개념은 Lagrange적인 물질수송에 바탕을 두고 있으므로 입자추적모형에 의하여 해수교환율을 산정하는 것이 바람직하다.

따라서, 본 연구에서는 해수교환율에 대한 기존의 연구를 검토하여 특징 및 문제점을 파악하고, 새로운 해수교환율의 개념을 정립하여 이에 따라 직접적인 Lagrange방법에 의한 해수교환율을 산정한다. 또한, 입자추적모형에 의한 수치모형실험을 통해서 물리적 의미를 갖는 새로운 교환율 산정방법을 제안하고 만전체 해수교환율을 정의한다.

재료 및 방법

입자추적모형에 의해 해수교환율을 산정하기 위하여 다음과 같은 식을 제안하였다. 1 조석 후 만전체 해수교환율(R^m)을 (1)식으로, m 조석 후 만전체의 해수교환율을 초기의 만내평균농도에 대한 해수교환율(R_0^m)로 정의하여 (2)식과 같이 그리고, 검사

체적 V_{ij} 당 m 조석후의 해수교환율(R_{ij}^m)은 (3)식으로 평가하였으며 마지막으로 m 조석 후 만입구의 국부적인 해수교환율(E_V^m)을 (4)식과 같이 정의하였다.

$$R^m = 1 - \frac{N_{tot}^m}{N_{tot}^{m-1}} \quad (8)$$

$$R_0^m = 1 - \frac{N_{tot}^m \cdot V_{tot}^0}{N_{tot}^0 \cdot V_{tot}^m} = 1 - \frac{N_{tot}^m}{N_{tot}^0} \quad (9)$$

$$R_{ij}^m = 1 - \frac{N_{ij}^m}{N_{ij}^{m-1}} \frac{V_{ij}^{m-1}}{V_{ij}^m} \quad (10)$$

$$E_V^m = \left(\frac{N_E - N_F}{N_E} \right)^m \quad (11)$$

여기서, N_{tot} 은 만내에 존재하는 입자의 총수, V_{tot} 는 만내 해수의 체적, N_{Emax} 은 낙조류시 만구를 통하여 빠져나간 입자의 갯수이고 N_F 는 창조류시 만구를 통하여 유입한 입자의 개수이다.

항내 해수교환율의 산정은 해수유동모델과 입자추적모델로서 구성된다. 해수유동 모델은 수심적분된 모델로서 DIVAST(Falconer, 1986)를 사용하고 입자추적모형은 RANDLEE(이·김, 1995)를 사용하였다. 우선, 주어진 만의 형상에 대하여 조석에 의한 조류를 계산하여 조석 1주기에 대한 유속과 수위를 일정한 시간간격으로 data file에 저장하여 놓는다. 그리고, 만내에 초기입자를 분포시킨 후 조석주기에 따른 해수교환율을 구하기 위하여 R^m , R_0^m , R_{ij}^m 과 E_V^m 등을 계산하여 출력 file에 저장시킨 후 그래픽처리한다. 수치모형실험은 장방형 모형수조에서 다음과 같은 조건에 의하여 계산하였다. 계산영역에서 x 및 y 방향의 격자수는 125×60 개의 격자망으로 구성하였다. 격자간격은 Δx , Δy 모두 100m이고, $\Delta t = 60$ sec, 수심은 10m로 일정하게 주었다. 개경계에서 조석조건은 반일주조의 진폭을 100cm 그리고, 주기를 12시간으로 주었다. 만내로의 담수유입은 없는 것으로 하였으며 조류에 의한 해수교환에 대해서만 고려하였다. 만구의 폭과 만내의 길이를 변화시켜 가면서 수치실험을 실행하였으며 또한 만입구에 도류제를 설치했을 경우의 해수교환율의 변화 그리고 만내로 오염물질이 연속적으로 유입될 때 해수교환율의 시간적인 변화율을 계산하였다.

결과 및 요약

순간방출의 경우에 대하여 해수교환율을 산정한 결과 해수교환율은 만구폭의 비가 작아질수록 크게 나타났으며 또한, 수평방향의 길이비가 줄어들수록 해수교환이 더

잘 이루어지는 것으로 나타났다. 또한, 도류제를 설치했을 경우가 그렇지 않은 경우에 비하여 해수교환율의 값이 가장 크게 나타났다. 만구의 폭과 위치, 도류제의 유무에 따른 이러한 해수교환율의 차이는 조석잔차류의 pattern에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 연속방출의 경우 조석잔차류의 pattern에 의한 하수방류구의 위치가 만구에서 가장 가까운 위치에 있을 때 만내에서 입자의 체류시간이 짧아지고 입자가 다른 경우보다 더 빨리 만구를 통하여 빠져나가므로 해수교환이 가장 잘 이루어졌다. 결론적으로, 조류가 탁월한 곳에서 만의 형상을 결정하거나 만입구에 도류제를 설치할 경우에 만입구의 폭과 만의 길이 및 도류제의 영향에 대한 이상의 결과들을 고려하여 결정한다면, 내만의 수질환경개선에 효과적인 대응방안이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

- 이종섭 · 김호진. 1995. Random Walk 모형에 의한 확산해의 민감도 분석. 대한토목학회논문집, 15(5) : 325~344.
- Falconer, R. A. 1986. A Two-Dimensional Mathematical Model Study of the Nitrate Levels in an Inland Natural basin. Proc. Inter. Conf. Water Quality Modelling in the Inland Natural Environ., BHRA, fluid Engineering, Bournemouth, Paper J1 : 325~344.
- Parker, D. S., Morris, D. P. and A. W. Nelson. 1972. Tidal Exchange at Golden Gate. Proc. Amer. Soc Civil Eng., Vol 2 : 305-323.