Journal of Korean Society of
Coastal and Ocean Engineers
Vol. 9, No. 1, pp. 1~8, March 1997

仁川海域 開發에 따른 潮汐變化 및 汚染物質 運送 豫測

Prediction of Tidal Changes and Contaminant Transport Due to the Development of Incheon Coastal Zone

鄭信澤* · 趙烘輦**

Shin Taek Jeong* and Hong Yeon Cho**

要 旨 : 대규모 간척사업이 활발하게 진행되고 있는 인천연안의 해수유동 변화 및 오염물질 운송 양상을 예측하기 위하여 조간대의 노출-침수를 고려할 수 있는 평면 2차원 수치모형을 수립 · 적용하였다. 해수유동 모형은 汀島지점의 현장 측정자료에 대하여 검증을 수행하였으며, 그 결과 주 흐름방향의 유속 및 수위에 대한 계산치가 현장 관측치 재현에 우수함을 보여주고 있다. 그리고, 수립된 흐름모형을 이용하여 영종도 신공항 및 시화방조제 건설 전 · 후의 조석변화 양상을 모의하는 한편, 흐름모형에서 계산된 대조기 흐름조건하에서 가상의 오염부하에 따른 오염물질 확산 양상을 수치 모의하였다. 수치모의결과, 해역의 개발로 인하여 유속이 감소되고 있으며, 유입된 오염물질은 잘 발달된 협수로를 따라 주로 이동되고 있음을 알 수 있었다. 따라서, 인천해역에 대하여 수립된 본 모형은 향후 인천해역의 개발계획에 대한 조석변화 및 오염물질 확산을 예측하는 모형으로 활용될 수 있다.

핵심용어 : 연안역, 조석변화, 오염물질 운송

Abstract □ A horizontal 2-D model which includes the wetting-drying treatment technique in the intertidal zone is established for the prediction of tidal changes and contaminant transport due to the development of Incheon coastal zone. The flow model is verified by the measurement data at Jeong-Do, and then the computed values are closely matched to the observed water elevations and velocities of main-flow direction. And then, the tidal change patterns are simulated using this model before and after the construction of the Youngjongdo New Airport and Shihwa Seadike. In the spring tide condition, pollutants transport pattern is also simulated for the arbitrary pollutants loads. By the analysis of this numerical simulation results, the velocities after development are decreased, and discharged pollutants are mainly transported by the advection along a narrow deep trough. Thus, this model can be used as the compatible prediction model for the tidal change and pollutant transport due to the development plan of Incheon coastal zone.

Keywords : coatsal zone, tidal change, pollutant transport

1. 緖 論

國土가 좁고 資源이 빈약한 우리 나라는 인구증가와 산업화 · 도시화 등으로, 沿岸域에 대한 토지이용 수요가 증가하면서 보다 효율적이고 종합적인 개발 및 관리가 절실히 요구되고 있다. 우리 나라의 서해안은 수심이 얕고 조석간만의 차가 커서 연안개발과 직결된 간척사업에 용이한 조건을 갖추고 있다. 그러나, 港灣建設, 護岸 및 防波堤의 建設, 埋立 등 연안개발사업은 막대한 초기 투자비와 유지 관리비가 소요되기 때문에 波浪, 흐름, 퇴적물 이동 및 개발로 인한 오염물질의 유입 · 이동 등의 設計環境要素를 적절하게 예측하는

*圓光大學校 土木環境工學科 (Department of Civil and Environmental Engineering, Won Kwang University, Iksan, 570-749, Korea)

**韓國海洋硏究所 沿岸工學硏究部 (Coastal Engineering Division, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, 425-170, Korea)

것이 필요하다. 특히, 수도권에 인접한 경기만은 영종도 신공항, 시화 방조제, 화력 발전소 등의 건설 및 매립으로 인한 지형변화로 인하여 주변 해역의 해수 유황이 크게 변화되고, 각종 생활하수 및 산업폐수 등의 유입으로 인하여 해양오염이 우려되고 있는 지역이다.

해양오염은 그 피해가 장기간 지속되므로 한번 파괴된 환경을 원상태로 회복시킨다는 것은 무척 어려운 일이다. 따라서, 오염으로 인한 해양환경의 파괴를 최소화하기 위해서는 해양오염 분야에 대한 심층적인 연구가 필수적이며, 또한 장기적인 투자와 지속적인 지원이 따라야 한다. 본 연구는 대규모 간척사업이 진행중이고 연안역의 토지이용이 활발한 인천해역에 대하여 수행하였다. 해수유동 수치모형을 적용하여 변화된 海況(현 상태의 흐름양상)을 파악하고, 이러한 유동장 계산 결과를 이용하여 오염물질 운송을 예측하는 모형을 수립하는 데 그 목적이 있다. 수립된 본 모형을 이용하여 향후 또는 진행중인 개발계획에 대한 환경영향을 海況 및 汚染物質 運送의 관점에서 예측할 수 있으며, 예측된 결과는 적절한 오염저감 및 최소화 방안을 수립하기 위한 기초자료로도 활용할 수 있다.

海水流動模型은 潮汐體系를 포함한 水質環境, 堆積物 移動環境 등 연안개발에 따른 연안환경변화 예측에 필수적으로 요구되는 海水의 움직임을 1차원, 2차원 혹은 3차원적으로 再現하는 모형을 일컫는다. 1次元數直模型은 주로 江이나 河口 등의 流體運動을 재현하는데 이용되며, 海水의 일반적인 流動特性은 2차원 水深平均된 식을 利用하는 x, y 평면 2차원 모형에 의해서 記述된다. 水深에 따른 密度變化의 폭이 커서 流速의 연직구조를 단순한 水深平均 流速値로 나타낼 수 없을 때의 海水流動特性에는 3차원 數値模型이 利用된다. 실제 沿岸環境變化 豫測을 위해 널리 쓰이고 있는 모형은 水深平均된 평면 2차원으로, 많은 나라에서 자체개발 혹은 先進開發國으로부터의 도입 등을 통하여 沿岸開發事業에 이용하고 있다. 3차원 모형의 경우 亂流模型 技法 등을 適用하여 여러 나라에서 開發努力이 활발히 이루어지고 있으며, 일부 分野에서는 實用化되어 熱汚染(溫排水 擴散) 등 環境問題 解決에 利用되고 있다.

우리 나라에서는 1970年代 後半부터 1980年代 初에 걸쳐 英國으로부터 2차원 海水流動模型技法이 導入된 이후, 沿岸開發硏究에 數値模型을 利用한 硏究가 활발히 진행되고 있다. 즉, 최 · 강(1990), 최 · 이(1993), 그리고 서(1994) 등이 새만금 해역에 대하여, Choi(1980), 최 · 서(1987), 한국전력공사(1990), 최 등(1992), 한국해양연구소 · 한국수자원공사(1993), 그리고 한국해양연구소(1993) 등이 인천만에 대하여 2차원 海水流動模型을 적용한 바 있다.

최근 교통부에서는 증가하는 航空需要를 충족시키기 위하여 영종도와 용유도 일대에 首都圈 新空港 建設을 착공하였으며, 한편 水資源公社에서는 총 연장 11.2 km에 달하는 始華防潮堤를 축조하였다. 본 연구에서는, 이러한 인천해역의 대규모 간척 · 매립사업 및 개발사업으로 인하여 변화된 潮汐體系를 예측하기 위하여 흐름모형을 수립 · 검증하고, 예상되는 오염물질의 해역유입으로 인한 확산을 모의하는 오염물질 운송 예측모형을 수립하였다.

2. 潮汐 및 潮流의 特性 分析

2.1 潮汐

수면변위에 대한 潮汐의 영향을 파악하고, 수치모형 실험 검증용 時系列 資料를 얻기 위하여 汀島(37°32.417′ N, 126°34.934′ E 위치)에서 1개월 동안 조석관측을 실시하였다. 관측기기로는 自動 潮位記錄機인 Aanderaa사의 WLR을 사용하였다. 각 定點別 1시간 간격의 資料에 대해 潮汐 調和分析 프로그램을 이용하여 調和分析을 실시하였으며, 分析結果는 Table 1과 같다. 분석결과 M_2 分潮의 半潮差는 3.00 m, S_2 分潮의 半潮差는 1.18 m이며, 조석 형태수는 0.176으로서 半日週潮가 우세하다.

Table 1. Harmonic constants for major tidal components at Jeong-Do.

Location: Jeong-Do
Duration: 31 days (13:00 Nov. 11, 1995-16:00 Dec. 12, 1995)
Observed M.: -0.6003E-15, S.D.: 0.2354E+01
Residual M.: 0.5703E-13, S.D.: 0.1796E+00

分潮記號	角速度(deg/hr)	半潮差(m)	遲角(角度)
O_1	13.9430356	0.2869	268.419
K_1	15.0410686	0.4487	303.708
N_2	28.4397295	0.5626	115.676
M_2	28.9841042	3.0020	135.931
S_2	30.0000000	1.1768	204.810
M_4	57.9682084	0.0575	95.237
MS_4	58.9841042	0.0451	166.541

2.2 潮流

仁川沿岸의 流況을 파악하고 潮汐 · 潮流 數値模型의 檢證資料로 사용하기 위하여 汀島와 虎島(범섬) 사이의 1개 정점(37°32.617′ N, 126°35.095′ E 위치)에서 16일 동안(95.11.11~95.11.27) 自動 流速 · 流向 記錄機인 Aanderaa RCM을 이용하여 潮流觀測을 실시하였다. 이 기기를 平均水深의 中層에 繫留하여 내장된 자기테이프에 10분 간격으로 자료를 저장한 다음, 기록된 결과를 컴퓨터에 입력시켜서 東西 및 南北 方向의 流速成分을 산출하였다. 대부분 N 25°E 方向의 往復性 潮流이며 落潮方向의 最大値는 168.7 cm/s, 漲潮 方向의 最大値는 160.5 cm/s로, 落潮方向의 흐름이 漲潮流보다 약 5% 정도의 우세를 보이고 있다.

3. 數値模型을 통한 潮汐變化 分析

3.1 基本方程式 및 數値計算

본 연구에서 사용한 模型은 水深平均된 2차원 운동방정식과 연속방정식을 직교좌표계(rectangular coordinate system)상에서 格子間隔이 일정한 조건에서 陽解法(explicit scheme)을 이용하여 記述한 것으로, 기본골격은 Flather and Heaps(1975)에 의해서 개발되었으며 放射境界 條件(radiational boundary condition), 河川 流入水 處理 및 개방경계면의 노출-침수를 고려할 수 있도록 확장되었다.

연구대상 해역은 淺海域으로서 潮流의 연직변화는 거의 무시할 수 있으며, 海底面 부근의 境界層(boundary layer)을 제외하고는 密度의 水平, 垂直變化 效果 또한 미미하다. 반면, 항류와 淺海倍潮 형성에 관여하는 비선형 이류항은 고려하였다. 따라서, 模型海域內의 海水流動 現象은 아래와 같은 2차원 편미분방정식으로 기술된다.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(Hu)+\frac{\partial}{\partial y}(Hv)=0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}-fv+g\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{\tau_b^x}{\rho H}=0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+fu+g\frac{\partial \zeta}{\partial y}+\frac{\tau_b^y}{\rho H}=0 \tag{3}$$

여기서, x, y는 각각 평균 해수면상에 위치한 직교좌표계, g는 중력가속도, f는 전향력 계수(Coriolis parameter), ζ는 평균 해수면상의 순간조위, h는 평균 해수면하의 수심, H는 순간 수심($=h+\zeta$), u, v는 각각 x, y 방향의 수평유속성분, τ_b^x, τ_b^y는 각각 x, y 방향의 해저마찰력 성분이다.

潮汐 · 潮流 에너지의 減衰를 나타내는 해저마찰력은 다음 식 (4)와 같이 주어진다.

$$(\tau_b^x, \tau_b^y)=k\rho(u^2+v^2)^{1/2}(u, v) \tag{4}$$

여기서, ρ는 해수의 밀도, k는 마찰계수(=0.00235)이다.

수치계산은 이중소거법(double sweep method)을 사용하였다. 이 방법은 각각 유속 u, v를 홀수 계산시각에는 계산영역의 상단에서 하단으로 각 격자를 탐지(scanning)하면서 계산하고, 짝수 계산시각에는 하단에서 상단으로 탐지하며 계산하는 양해법이다. 이류항은 대각구배계산법(angled-derivative scheme)을 사용하여 차분하였으며, 조간대 영역의 처리는 Flather and Heaps (1975) 방법을 이용하였다.

3.2 境界 및 入力條件

주어진 대상해역내에서 上記 方程式의 解를 구하기 위해서는 模型 境界條件이 필요하다. 陸地境界 條件은

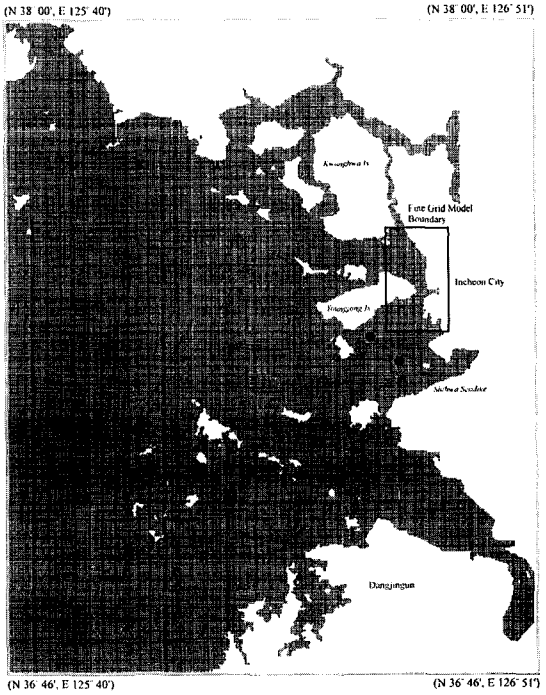

Fig. 1. Computational grid network of the coarse grid model.

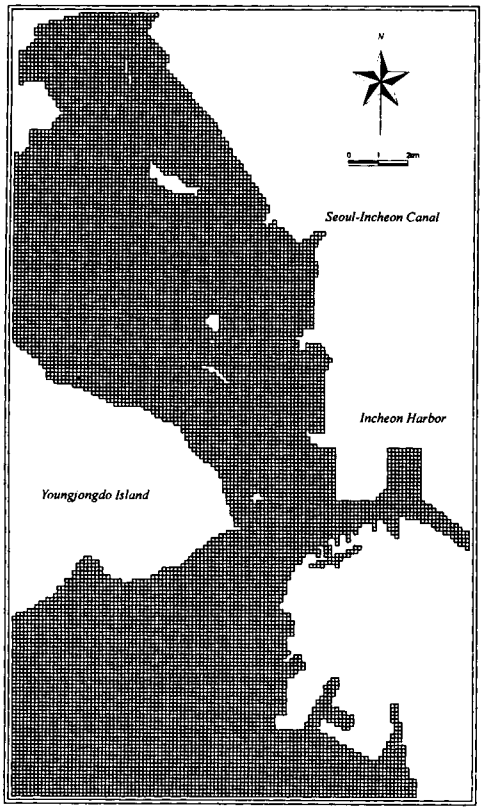

Fig. 2. Computational grid network of the fine grid model.

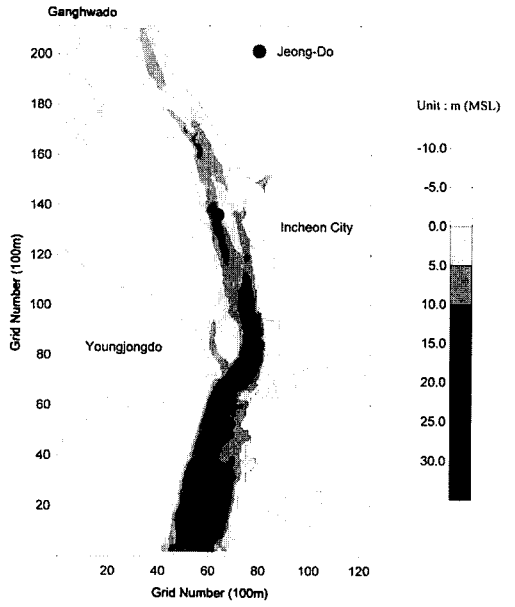

Fig. 3. Depth contour plot in Incheon coastal zone.

육지경계면과 수직한 유속성분이 없는 無흐름조건이며, 開放境界條件(open boundary condition)은 개방경계면상의 觀測値 또는 旣存資料(광역수치모형의 계산결과 포함)를 선형 내삽한 潮位가 수치로 주어지는 수치지정 경계조건이다.

境界條件으로서는 外海境界面, 陸地境界面 및 潮間帶 地域에서의 계산조건으로 구분할 수 있다. 外海와 海水交換이 일어나는 격자로 구성되는 외해경계면에서는 다음 식 (5)에서와 같이 4~8개 調和常數의 합으로 海水位가 정의되며, 流速과 潮汐變化量間의 관계(continuity equation)로부터 경계면에서의 流速을 계산한다(한국수자원공사, 1993).

$$\zeta_B(x,y,t)=\sum A_j\cos(\omega_j t-g_j) \tag{5}$$

여기서, ζ_B는 境界面에서의 潮位, A_j는 潮汐波의 경계면에서의 半潮差, ω_j는 位相速度(phase velocity), g_j는 遲角(phase lag)이다.

數値模型의 樹立過程은 模型範圍 決定, 격자망구성, 水深 등의 기초자료 및 현장관측자료 또는 旣存資料의 分析結果를 토대로 한 개방경계 조건의 입력 등이다. 전체 수치모형 범위(광역격자망)는 북쪽의 경기만 전역을 포함하며, 남북방향으로 36°46′~38°00′ N, 동서방향으로 125° 40′~126°51′ E (해도 No. 323 참조)까지 확장하였다. 격자망은 x, y 방향 모두 약 300 m 等間隔으로 하여 356×446=158,776개로 구성하였으며, 광역격자모형의 격자망은 Fig. 1에 제시된 바와 같다. Fig. 1에 제시된 P_1, P_2 지점은 영종도 신공항 및 시화방조제 건설 전후의 조석변화를 비교한 지점이다. 또한, 주관심 해역인 영종도 신공항 부근에 대하여 100 m 等間隔의 세부격자망(Fig. 2 참조)을 구성하였으며, 광역모형에서 계산된 값을 내삽하여 세부모형의 경계조건으로 사용하였다. 그리고, 세부모형에서 계산된 흐름모형 결과를 이용하는 오염물질 운송예측 모형을 구성하였다. 본 연구에서 수립한 모형을 적용한 세부영역의 수심도는 Fig. 3에 제시된 바와 같다.

3.3 檢證 및 결과분석

수립된 해수유동모형의 檢證을 위해서 觀測値와 數値模型 計算値를 비교한 결과는 Figs. 4, 5, 6과 같다. 대조기 1조석 주기의 흐름계산 결과와 관측자료와의 결과를 비교하면, 조위 및 남북방향(주 흐름방향) 유속은 변화경향 및 크기가 잘 일치하고 있음을 알 수 있

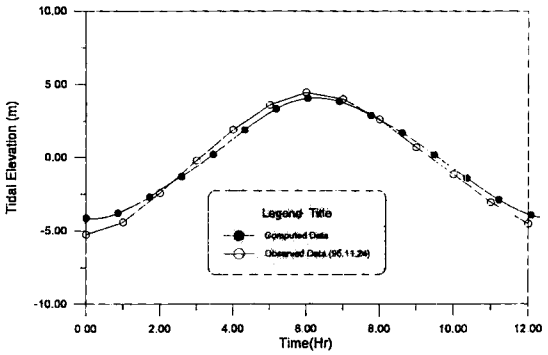

Fig. 4. Comparison of the observed and computed water elevation at Jeong-Do.

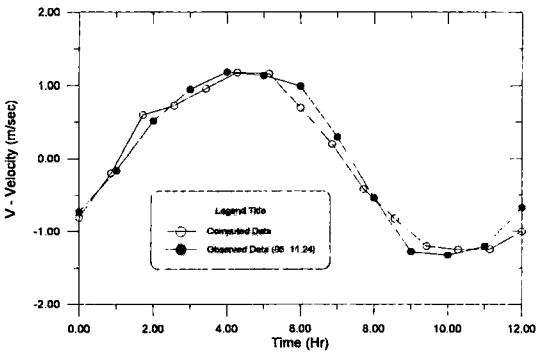

Fig. 5. Comparison of the observed and computed north-southern velocity at Jeong-Do.

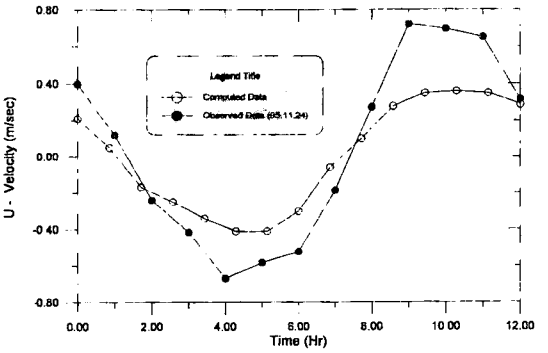

Fig. 6. Comparison of the observed and computed east-western velocity at Jeong-Do.

다. 반면, 동서방향 유속은 계산치가 관측치에 비하여 절반정도 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 주 흐름방향의 최대 유속에 비하면 50% 정도의 크기인 동서방향의 유속이 과소추정되는 이유는 조간대(intertidal zone) 영역으로의 유출 및 격자간격의 세분화 관점에서 검토하여야 할 사항으로 사료된다.

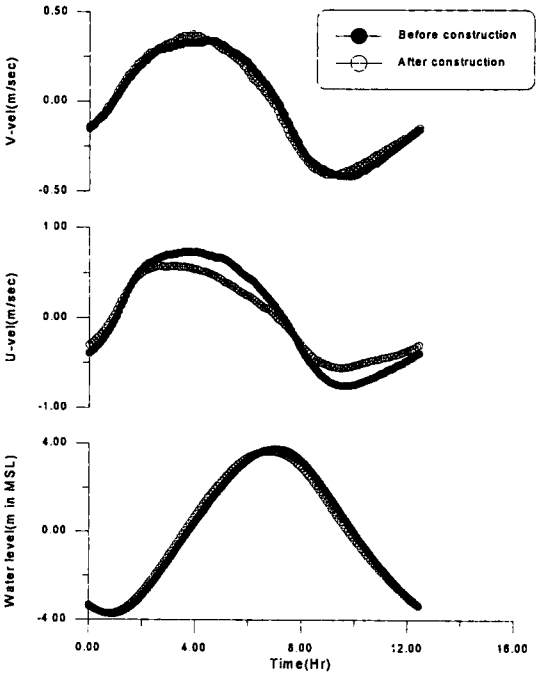

Fig. 7. Changes of tidal characteristics at P1.

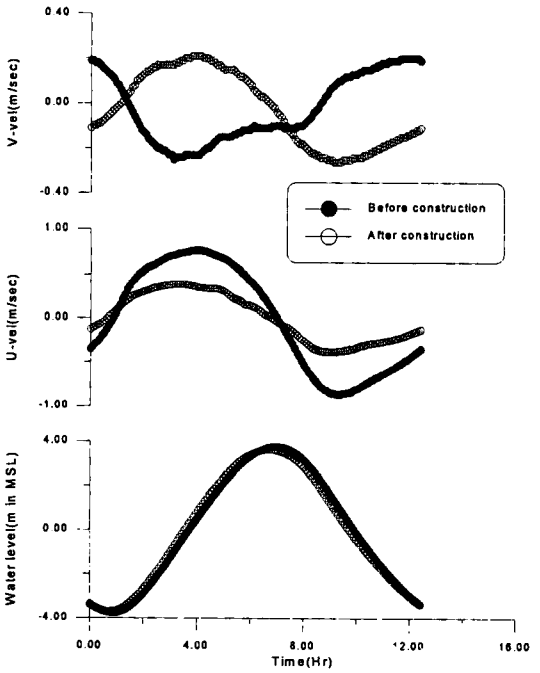

Fig. 8. Changes of tidal characteristics at P2.

한편, 수립된 본 모형을 이용하여 시화방조제 및 영종도 신공항을 건설하기 전 · 후의 P_1, P_2 지점(Fig. 1 참조)의 대조기 유속 및 조위 변화를 Figs. 7, 8에 도시

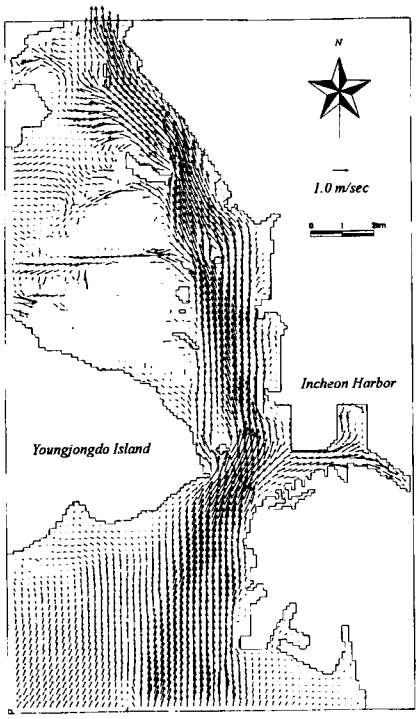

Fig. 9. Flow pattern in flood flow.

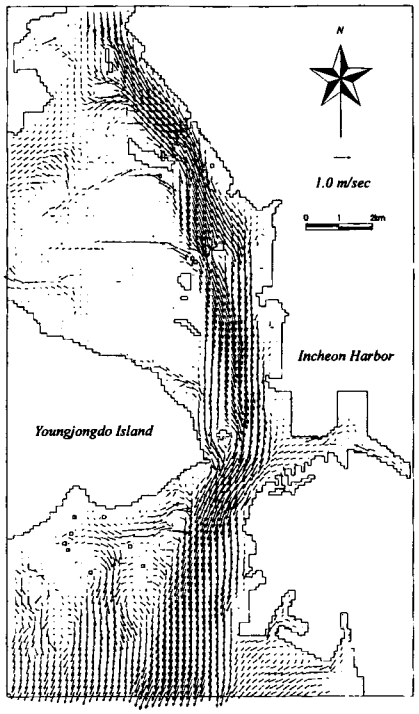

Fig. 10. Flow pattern in ebb flow.

하였다. 건설 전 · 후 P_1 지점의 유속은 P_2에 비하여 변화는 작게 나타났고 있음을 알 수 있으나, 전체적으로 동서방향 유속이 감소하고 있는 경향을 보이고 있다. 특히, 시화방조제 입구에 위치한 P_2 지점의 유속은 개발 전 · 후에 위상 및 진폭이 크게 변하고 있음을 알 수 있다.

Figs. 9, 10은 각각 구성된 해수유동 모형(세부격자)을 이용하여 계산한 창조 및 낙조시의 전체적인 流況을 도시한 것이다. 주 흐름은 좁고 깊은 협수로를 따라 강하게 형성되며, 대부분의 수량이 이 협수로를 통하여 이동하고 있음을 알 수 있다. 조간대 영역에서 발생하는 큰 유속은 이동되는 유체량은 작으나, 수심이 너무 얕은 관계에 기인하는 값으로 판단할 수 있으며, 전체적인 유통량에 기여하는 정도는 미미하다.

4. 數値模型에 의한 汚染物質 擴散豫測

4.1 기본방정식 및 수치기법

해수유동 변화에 따른 오염물질의 단기간 운송예측을 위한 지배방정식은 수심평균된 평면 2차원 모형의 경우, 다음 식 (6)과 같이 표현된다(Fischer, 1981).

$$\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+v\frac{\partial c}{\partial y}=D+R+SS \tag{6}$$

여기서, c는 수심평균된 오염물질의 농도; u, v는 각각 x, y 방향의 유속(흐름모형에서 계산된 유속과 동일); D, R, SS는 각각 확산항, 반응항, 오염물질의 유입 · 침전 · 용출항이며 모의하고자 하는 오염물질에 따라 다르게 구성된다. 일반적으로, COD 항목의 경우는 R항은 임의의 1차감소항목으로 구성되며, SS항은 입자성(particulate) COD의 침전 및 저면퇴적물로부터의 용출을 1차식 또는 상수항으로 구성한다. 즉, $R=-k_D \cdot c$, $SS=c \cdot V_s/H+Lcod$로 표현된다. 여기서, k_D는 COD 분해계수(decomposition rate, 1/day)로 보통 0~0.3 정도의 값을 가지며, V_s는 입자성 COD의 침강속도(단위 : mm/day)로 입자의 크기 및 농도의 함수로 계산할 수 있으며, $Lcod$는 상수항으로 표현되는 저층으로부터의 COD 용출률(단위 : mg/m^2-day)이다. $Lcod$는 저층의 오염도에 따라 0~1,000 정도의 범위를 가지는 값이며, 오염이 극심한 마산만의 경우(한국해양연구소, 1997) 260 정도의 값으로 보고되고 있으나, 그외 해역에 대한 값은 제시되어 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는, 영종도 신공항 부근의 세부격자망

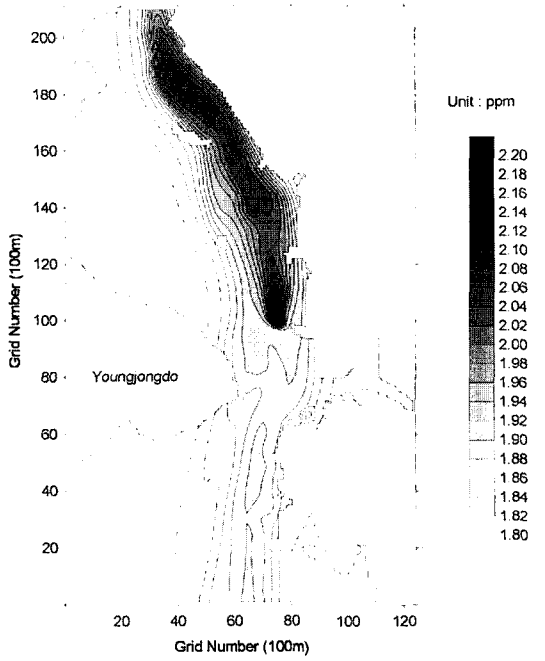

Fig. 11. COD contour plot in flood flow.

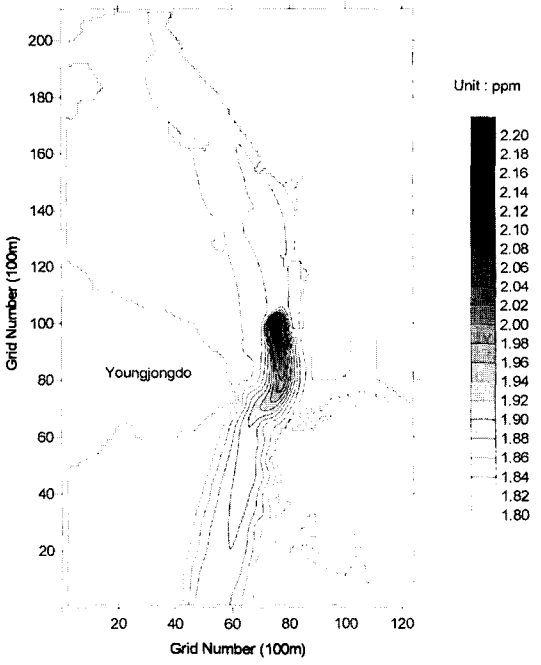

Fig. 12. COD contour plot in ebb flow.

(Fig. 2 참조)에 대하여 旣計算된 대조시 흐름모형 결과(1/24 조석주기 간격으로 저장된 유속 및 수위)를 오염물질 운송모형의 수리학적 입력자료로 사용하였다. 식(6)에 제시된 운송모형의 지배방정식은 ADI 기법으로 차분하였으며, 확산항은 공간가중평균법으로 처리(공간가중계수 0.3 사용, 확산계수는 약 10~20 m^2/sec)하였다(조 · 이, 1994). 모의수질항목은 해역의 수질을 파악하는 주 인자중의 하나인 COD 항목으로 선정하였으며, 선정된 COD 항목은 반응항 만을 고려하여 양해법으로 처리하였다. COD 한 항목만을 모의하는 경우라 할지라도 입자성 COD 비율, 침강속도, 저면으로부터의 COD 용출량 등의 정보가 필요한 SS 항은 단기간의 1조석 주기에 대한 오염물질 운송양상을 모의하는 본 연구에서는 생략하였다.

오염물질 운송모형의 격자망은 흐름모형의 세부격자망과 동일하며, 육지경계는 무흐름조건을 부여하였으며, 외해경계조건은 Zero-Gradient 방법을 이용하여 부여하였다. 또한 오염물질 유입지점은 지정 농도조건 또는 유입격자에서의 완전혼합을 가정한 농도부여 방법을 사용하였다. 한편, 오염물질의 확산모의는 대조시의 흐름조건하에서 수행하였으며, 약 30분 간격(1/24 조석주기)으로 저장된 1조석 주기의 흐름모형 결과를 이용하였다.

4.2 모형의 검증 및 수치모의 결과 분석

4.1절에서 구성된 모형은 Hydraulic Research(Diersens and Delo, 1989) 연구소의 현장관측결과를 이용하여 모형의 보정 및 검증을 수행하였다(조 등, 1996a, b). 검증된 본 모형을 이용하여 인천해역의 오염물질 운송을 수치모의한 결과는 Figs. 11, 12에 제시된 바와 같다. 약 400,000 ton/day 하수(배출농도 COD 170 ppm, 연속배출, COD 분해계수 k_D=0.05(1/day))를 협수로의 중심부에서 방류할 경우의 오염물질의 운송양상으로 흐름에 의하여 운송이 지배적임을 알 수 있다. 한편, 흐름에 직각인 방향의 확산은 주 흐름방향의 유속이 우세한 경우의, 일반적인 확산양상(Lam *et al.*, 1984)에서 보이는 바와 같이 미미함을 알 수 있으며, 이는 해역의 중심부가 아니라 해안에 방류할 경우 해안선을 따라 오염물질이 이동하면서 조간대의 오염을 가속시킬 가능성이 있음을 시사한다. 또한, 낙조시 오염물질 확산은 창조시 확산에 비하여 횡방향 확산이 작은 양상을 보이고 있음을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 연안개발이 활발하게 추진된 경기만

인천해역에 대하여 조석 및 오염물질 운송모형을 수립하였으며, 최근(1995. 11)의 현장자료를 이용하여 검증을 수행한 해수 유동모형은 주흐름방향에 직각인 방향의 유속재현은 만족할만한 결과를 얻지 못하였으나, 수위 및 주 흐름방향의 유속 재현도는 우수함을 알 수 있었다. 한편, 영종도 신공항 및 시화방조제의 건설로 인한 조석변화는 건설전에 비하여 건설후의 유속이 감소하는 결과를 보이고 있음을 알 수 있으며, 유속감소에 의한 오염물질의 외해확산 감소 및 해역 내에서의 정체가능성이 증가함을 시사한다.

또한, 해수유동 모형과 연계운영되는 오염물질 예측모형은 자동적으로 이동경계(조간대의 노출 및 침수)를 고려할 수 있는 모형으로 인식되며, 향후 예상되는 오염부하량 및 배출지점에 대하여 기본적인 단계의 오염물질 운송을 추정할 수 있다. 해역의 개발과정에서 오염물질의 운송예측은 검증절차가 없이 예측에 의존하는 경우가 일반적이며, 또한 계획단계에서의 오염물질의 방류 · 확산은 자료가 없는 실정이므로 수리모형 실험 및 현장에서의 Dye, Drogue 실험 등에 의하지 않고는 어려움이 있다. 따라서, 보다 검증이 용이한 흐름모형을 이용하여 적절한 흐름장 변화를 예측하는 부분이 중요하게 대두되고 있는 실정이다. 한편, 오염물질의 변환(transformation)과 관련된 주요 인자의 불확실성 분석에 관한 연구를 수행하여 가능성 있는 환경영향에 대한 검토를 하여야 할 것으로 사료된다.

일반적으로, 오염물질은 흐름에 의한 운송 및 확산, 반응, 침전 등의 영향을 오염물질의 특성을 고려한 상태의 수치모의 및 장 · 단기적인 관점에서의 검증자료가 요망된다. 따라서, 해역의 오염물질 예측을 위한 입력자료를 수리학적 입력자료 뿐만 아니라, 확산계수, 분해계수(decomposition rate), 오염부하량, 입자성 물질(particulate material) 및 용존성 물질의 비율, 입자성 오염물질의 침강속도 등 오염물질의 특성을 반영할 수 있는 정보를 입력한 수치모의가 필요하다.

사 사

이 논문은 1995년도 한국 학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 수행되었습니다.

參考文獻

徐承原, 1994. 防潮堤 築造 影響解析에서의 有限要素模型. 韓國海岸 · 海洋工學會誌, **6**(2): 196-204.

조홍연, 이길성, 1994. 좌표변환에 의한 2차원 수질모형의 개발 및 적용, 서울대학교 토목공학과 수공학연구실.

조홍연, 채장원, 정신택, 1996a. 오염물질 확산모형의 불확실성, 한국해안 · 해양공학회 정기학술강연회발표논문 초록집, pp. 72-75.

조홍연, 채장원, 정신택, 1996b. 인천해역개발에 따른 조석변화 및 오염물질 운송예측, 대한토목학회 1996년도 학술발표회 논문집(II), pp. 487-490.

崔秉昊, 姜容德, 1990. 새萬錦海域 防潮堤建設이 潮汐에 미치는 影響 - 初期評價, 韓國海岸 · 海洋工學會誌, **2**(1): 34-42.

崔秉昊, 徐景錫, 1987. 漢江感潮區間의 洪水推定, 大韓土木學會誌, **7**(3): 133-139.

崔秉昊, 全德一, 安益壯, 1992. 仁川灣 및 漢江體系의 數値模型, 韓國海岸 · 海洋工學會誌, **4**(2): 130-137.

崔興植, 李吉成, 1993. 防潮堤 築造時 水理特性 및 潮間帶의 模擬解析, 韓國海岸 · 海洋工學會誌, **5**(2): 99-106.

韓國海洋研究所, 韓國水資源公社, 1993. 京仁運河 地形態分析 數値模型 實驗報告書.

韓國電力公社, 1990. 一島複合火力 設計技術用役 數値모델링 報告書.

韓國海洋研究所, 1993. 華蕓地區 干拓埋立에 따른 漁業被害調査研究.

한국해양연구소, 1997. 연안역 이용 및 통합관리를 위한 연구(II), 해수유동 및 수질환경변화 예측모델링 분야, 과학기술처.

Choi, B.H., 1980. Tidal computation for Incheon Bay, *J. Oceanological Society of Korea*, **15**(2), pp. 112-122.

Diserens, A.P. and Delo, E.A., 1989. Dispersal of dredged material: Application of short term model for cohesive sediments, Hydraulic Research.

Fischer, H.B.(Editor), 1981. Transport models for inland and coastal waters, *Proc. Symposium on Predictive Ability*, Academic Press.

Flather, R.A. and Heaps, N.S., 1975. Tidal computations for Morecambe Bay, *Geophys. J. R. Astro. Soc.*, **42**, pp. 489-517.

Lam, D.C.L., Murthy, C.R. and Simpson, R.B., 1984. Effluent transport and diffusion models for the coastal zone, Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies.