

学 位 論 文 題 名

AN INTEGRATED NUMERICAL APPROACH FOR SUSPENDED SEDIMENT MATERIAL TRANSPORT IN SEMI-OPEN BAYS

(半開放性湾内における浮遊底質輸送の総合的数値アプローチ)

学位論文内容の要旨

A three dimensional suspended sediment transport model has been developed and added to the Princeton Ocean Model (POM). The transport of sediment is governed by a so-called tracer equation solving for the advection and diffusion of sediment in sigma coordinate system. The equation for suspended sediment transport is discretized using finite difference methods. The sediment fluxes in and out of the water column are specified at the sea surface and seabed. The latter is dependent on critical BBL shear stresses for resuspension and deposition. It is allowed to sink toward the seabed by specifying a sinking velocity that is an additional component to computed vertical advection. A simple morphological module, which is based on the mass conservation equation in erosion and deposition processes, is included in the sediment transport model. The final results of the sediment transport model include suspended sediment concentration, and erosion and deposition depths in the model domain.

The developed suspended sediment transport model is integrated with hydrodynamic model, win-wave model and bottom boundary layer model to study suspended sediment transport in the inner Ishikari Bay. In this model system, the wave model is implemented separately, while the remaining three other models are linked together at each time step of computation. Hydrodynamic module is an essential part in sediment transport study. It advects the suspended sediments, provides the force need to erode the sediment at seabed. The well known model, the Princeton Ocean Model, is used for hydrodynamic component in this study. The wave model employed in this study is a spectral wind wave model named SWAN. Results of wave model including significant wave height, wave period and wave direction are used as inputs for bottom boundary layer (BBL) model. The BBL model used in this study is based on the theory introduced by Tanaka and Thu. This model investigates the friction coefficient under a wave-current combined motion the time-dependent eddy viscosity models. The result of BBL model is the bottom shear stress which is used to investigate erosion and deposition processes in the suspended sediment transport model. The above integrated model was applied for the Ishikari Bay, in the following cases:

Firstly, the sediment transport, hydrodynamic and BBL models were integrated to study suspended sediment transport in snowmelt season in the Ishikari Bay. The time that suspended sediment transport in the study area in snowmelt season is dominated by the sediment discharge from the Ishikari River. A comparison between observed and computed suspended sediment matter concentrations shows that the model can reproduce the general features of the dynamics of suspended sediment transport in the Ishikari bay in snowmelt season.

Secondly, wave parameters resulted from the SWAN model are integrated with the developed model to study suspended sediment resuspension and transport in the inner Ishikari Bay under high wave conditions in winter season 2003. A good agreement between observed and computed suspended sediment concentrations was achieved at all vertical measurement positions. This indicates that the model is able to reproduce reasonably well the stratification feature of suspended sediment concentrations in winter season in the study area.

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 山 下 俊 彦
副 査 教 授 清 水 康 行
副 査 教 授 泉 典 洋
副 査 准教授 渡 部 靖 憲

学 位 論 文 題 名

AN INTEGRATED NUMERICAL APPROACH FOR SUSPENDED SEDIMENT MATERIAL TRANSPORT IN SEMI-OPEN BAYS

(半開放性湾内における浮遊底質輸送の総合的数値アプローチ)

海浜流で駆動される沿岸域の漂砂については多くの研究がある一方、沿岸を囲う近海域の土砂の移動は風による吹送流、水温差、海流、波浪による混合さらに河口からの流れ及び土砂の流入など非常に多くのファクターから決定される複雑な機構に支配されるものであり、これらを系統的に結びつけ土砂輸送予測を行った研究はない。特に、汽水湖等の閉鎖性海域ではこれらのファクターを大幅に減らすことが可能であるが、開放性、半開放性海域ではこれらの要因が同レベルで影響を与えるので、その予測は極めて困難であり、土砂輸送に関する適切な評価法がないのが現状である。近海域での土砂濃度は、海底の侵食堆積を評価するだけではなく、河川から供給される栄養塩類の分布や日光の透過深など海域生物環境を見積もる上でも重要なファクターであり、その適切な予測法の構築が望まれている。

一方、この土砂輸送過程を決定する個々のファクターについては、多くの研究がなされている。吹送流や河川流など大規模なながれについては、浅水流方程式をベースとした準3次元海洋モデルである Princeton Ocean Model(POM)により計算可能であり、また SWAN あるいは Wave Prediction Model(WAM) など波浪推算モデルにより海上風の情報から近海域の波浪場をおおよそ推定することが可能である。これらから推算されるそれぞれのファクターを外力とし、適切な海底土砂フラックスモデル及び土砂輸送方程式とリンクさせることにより、開放性海域における土砂輸送の推定が可能となる。

本論文は、POM 及び SWAN により河川流の流出を含む半開放性近海域の基本流れ及び波浪場を決定し、波-流れ共存場における底面境界層モデルを新たに開発すると共に、これらを統合した土砂輸送モデルを提案するものであり、応用性、実用性の高い研究である。土砂輸送方程式の底面境界条件となる境界層モデルとして、粒径に応じた限界せん断力を基準として海底面での侵食、堆積状態が

決定され、これに対応して鉛直方向の土砂フラックスを与えるモデルを新たに開発している。このモデルにより、流れ成分及び波浪成分に対する個々のせん断力から統一した土砂フラックスを与えることが可能となる。半開放性海域のモデル領域として石狩湾を考え、融雪期及び冬季における湾内の土砂輸送の再現計算から、本モデルが流れ場及び土砂濃度変化の観測結果の主要な特徴を再現し、統計的に十分実用性のある結果を与えることが明らかにされている。この提案する流れ-波浪共存場における土砂輸送モデルは、気象モデルによって得られた風速分布及び河川土砂流量のみをインプットとすることで広領域の土砂分布あるいは侵食堆積傾向を取得することのできる実践的なモデルである。また、再現可能なモデルの適用限界及びさらなる改良すべき点についても議論され、さらなる高精度予測法の開発へ向けた方向性を提示している。

これを要するに、著者は、海洋流動モデル、波浪推算モデル及び新たに開発した底面境界層モデルを結びつけ、新たな統合数値モデル並びに物質輸送の評価手法を開発したものであり、海岸工学、海洋工学、海洋環境学に対して貢献するところ大なるものである。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。