

(社) 日本船舶海洋工学会
東アジア海洋環境モデル検討委員会

活動報告書

平成21年11月

1 研究組織

委員長	多部田 茂	東京大学
委員	経塚 雄策	九州大学
	戸田 保幸	大阪大学
	馬場 信弘	大阪府立大学
	佐藤 徹	東京大学
	山口 一	東京大学
	段 烽軍	海洋政策研究財団
	山中 亮一	徳島大学
	大塚 耕司	大阪府立大学
	中谷 直樹	大阪府立大学
	木下嗣基	国立環境研究所
	北澤 大輔	東京大学
	濱田孝治	佐賀大学
	Erwandi	Indonesian Hydrodynamics Laboratory

2. 活動内容

2-1 シンポジウム等の活動

(1) MEC モデルワークショップ

日時：2007年3月19日（月）

場所：東京大学本郷キャンパス・工学部2号館セミナー室2

プログラム：

開会の挨拶	山口 一(東大)
海洋生態系モデルとその応用（招待講演）	中田喜三郎（東海大）
有明海奥部の密度構造と残差流	濱田孝治（佐賀大）
谷津干潟における海藻の流動	井元辰哉（千葉工大院）
MEC モデルへのカットセル法の適用	及川正道（九大院）
閉鎖性内湾及び外洋における海洋肥沃化装置の効果のシミュレーション	水向健太郎（東大院）
地下水を利用する博多湾の水質改善プロジェクト	経塚雄策(九大)
MEC-NEST による海底湧出地下水の海域環境への影響に関する検討	多部田茂（東大院）
海洋・海氷結合モデルによるオホーツク海海氷期の気候値計算	佐川玄輝（東大院）
総合討論 今後の MEC モデルについて	司会 経塚雄策（九大）
閉会の挨拶	多部田茂（東大）

概要：

旧・海洋環境研究委員会では、2000年から主として自然環境と人工構造物の調和を目指して、中規模スケールあるいは内湾スケールの海洋環境シミュレーションとそれらの海域におかれた海洋構造物や水質改善装置まわりの小スケールの流れと拡散シミュレーションを一貫して実行できる「MECモデル」を共同開発してきた。また、開発されたソースプログラムをインターネットを通じて公開している。MECモデルの活動は海洋環境研究会の中で継続されており、定期的にワークショップを開催している。東アジア海洋環境モデル研究委員会の活動目的の一つは、MECモデルを東アジアの海洋環境問題解決のために積極的に利用していくことである。したがって、今回2年ぶりに第6回目の「MECモデルワークショップ」を開催し、MECモデルユーザーにモデルを用いた研究事例を発表していただくとともに、今後のモデル開発の方向性等について議論を行った。

参考資料：第6回 MEC モデルワークショップ講演概要集

(2) 海洋環境研究会・焼津研究集会

日時：2007年9月27日（木）、28日（金）

場所：静岡県水産技術研究所会議室

コンピーナー：多部田 茂（東京大学）

プログラム：

挨拶

- ・日本船舶海洋工学会海洋環境研究会長：永田修一
- ・静岡県水産技術研究所長：大石 恒治

趣旨説明： 多部田 茂（東京大学）

情報交換

招待講演：日中共同研究の歴史と展望

中村保昭（中国大連水産学院・上海水産大学）

セッションⅠ 駿河湾深層水関連

- ・駿河湾の海洋構造

中村 保昭（中国大連水産学院・上海水産大学）

- ・地域振興における駿河湾深層水等の利・活用について

土屋 直一（焼津市）

- ・駿河湾深層水と甲殻類

岡本 一利（静岡県水産技術研究所）

- ・駿河湾深層水と微細藻類

花井 孝之（静岡県水産技術研究所）

セッションⅡ その他

- ・陸域負荷の長期変動を考慮した東京湾の生態系シミュレーション

佐々木 直美（東京大学）

- ・宗谷海峡の船舶航行リスク評価

佐藤 邦久（海洋工学研究所）

- ・神戸空港人工海浜の経済価値に関する一考察

大塚 耕司（大阪府立大学）

- ・戸田御浜再生プロジェクト

木下 健（東京大学）

まとめ：林 昌奎（東京大学）

閉 会：多部田 茂（東京大学）

概要：

海洋環境問題に関する日中共同研究に携わってこられた中村保昭氏（中国大連水産学院・上海水産大学）を招いて、日中共同研究の歴史と展望についての招待講演を企画した。合わせて中村氏と関わりの深い静岡県水産技術研究所と海洋環境研究会の合同研究集会を開催した。国内外諸機関との協力および情報交換の積極的推進をはかることは海洋環境研究会の目的の一つであり、駿河湾深層水の利用等にも積極的に取り組んでいる静岡県水産技術研究所及び焼津市と交流を行うことは大変意義深いものであった。なお、中村氏とはこの他にも数回のミーティングを行い、日中共同研究に関する情報及び資料を提供いただいた。

参考資料：海洋環境研究会・焼津研究集会会議録

(3) 東アジアの海洋環境とモデリングに関するミニシンポジウム

日時：2008年11月10日(月)

場所：東京大学駒場IIキャンパスAn棟中セミナー室1

コンビーナー：多部田茂(東京大学)

プログラム：

趣旨説明

講演

東アジア流域圏における生態系機能のモデル化と持続可能な環境管理

(国立環境研究所・村上正吾)

1 日本海・東シナ海のモデル研究(水産大学校・鬼塚剛)

生態系シミュレーションによる海域環境制御技術の評価

(東京大学・佐藤徹)

実海域における潮流観測と潮流エネルギー量の推定について

(九州大学・経塚雄策)

Numerical simulations of ocean currents for tidal current power plant

(Indonesian Hydrodynamics Laboratory・Erwandi)

Ecosystem based approach in the Environmental management for Seas

in East Asia (PEMSEA 元事務局長・Chua Thia-Eng)

総合討論

概要：

東アジア海域は、急速な経済発展に伴う中国沿岸をはじめとして環境悪化が懸念されている。人間活動による海洋環境への影響はローカルな問題にとどまらず、LME (Large Marine Ecosystem: 大規模海洋生態系) レベルの問題になる可能性もあり、総合的かつ合理的な対策が必要であると考えられる。また地球環境問題への適応策が喫緊の課題とされる中で、食料やエネルギー問題対策としての大規模海域利用に関する検討が今後加速することが予想される。海域環境の保全と持続的な利用のためには、生態系を考慮した持続可能な環境管理が必要であるが、これらを促進するためには環境の現状や対策の効果を示すためのモデリングが重要な役割を果たす。本シンポジウムでは、海洋管理プロセスの中でのモデル利用という観点から、東アジア海域の環境管理とモデリングに関する研究動向を紹介いただき、今後の方向性について議論した。

参考資料：東アジアの海洋環境とモデリングに関するミニシンポジウム会議録

(4) 講習会

日時：2009年6月19日（金）

場所：東京大学駒場 II キャンパス（生産技術研究所）As 棟 中セミナー室 2（As301・302）

プログラム：

趣旨説明 多部田茂（東京大学）

MEC モデルの概要説明 濱田孝治（佐賀大学）

オペレーションの実際

・プリ処理

桂樹哲雄

・実行

濱田孝治（佐賀大学）

・ポスト処理

平林紳一郎（東京大学）

意見交換

概要：

外部ユーザーからの要望により MEC モデルの講習会を実施した。実施準備に伴い、モデルの不具合の修正、マニュアルの更新、web ページの整備を行った。

参考資料：MEC モデルオペレーションマニュアル s

(5) 海洋工学シンポジウム・オーガナイズドセッション

日時：2009年8月7日（金）

場所：日本大学理工学部 駿河台キャンパス 1 号館

プログラム：

・海底地下水を利用する博多湾の水質改善に関する基礎的研究

経塚雄策、内田康史、工藤綾乃

・カスピ海の流動場と成層構造の数値解析

北澤大輔、楊菁

・長江からの砂泥流入が東シナ海の海岸線の変遷に与える影響

汪宏、小林昭男

・Model Study on Even Diffusion of CO₂ Released from 30 Ships in Mesoscale Deep Ocean

A. Carroget, T. Iida, T. Sato, S. Hirabayashi, S. M. Jeong

参考資料：第 21 回海洋工学シンポジウム論文集

2-2. 海洋環境シミュレーションモデルの適用事例

(1) 委員による海洋環境シミュレーションモデルの適用事例

委員による海洋環境シミュレーションモデルの適用事例をリストアップし、情報交換を行った。沿岸海域環境の修復・改善・管理に関わるもの、海洋汚染のリスク評価に関わるもの、海洋利用技術（エネルギー、CO₂ 隔離、海域肥沃化、海底資源開発、等）に関するもの、氷海域の環境変動など地球環境に関するものなど、適用事例は多岐にわたる。

日本の沿岸域を除くアジア地域に適用した事例としては、台湾海峡における沈船からの化学物質流出のリスク評価、オホーツク海の流氷予測や生態系評価、台湾のダム湖のアオコ防止策、カスピ海の流動と油汚染、インドネシアの潮流発電、マニラ湾の水質、等に関する数値シミュレーションの事例が挙げられる。また、日本学術振興会の日韓共同研究事業（2009～2011年度）として、日韓海峡における流出汚染物質による海洋環境リスク評価に関する研究が開始された。

(2) 海洋利用の環境影響シミュレーション技術

自然エネルギー（潮流発電、洋上風力発電など）、CO₂ 隔離（海中隔離、海底下地中隔離）、海域肥沃化（深層水組み上げ、人工湧昇流など）、海底資源開発（メタンハイドレート、鉱物資源など）等の開発利用に関する研究プロジェクトにおける環境影響評価手法開発の事例をとりあげ、鍵となる数値シミュレーション技術についてまとめた（2009年春季講演会にて発表）。

環境影響評価手法開発事例

・二酸化炭素隔離

二酸化炭素の海洋隔離は、CO₂を温度躍層より下の中深海に送り込み、海のCO₂吸収力を人為的に早める技術である。この技術に対する環境影響としては、中深海生物への影響が考えられ、数値計算を利用した検討がなされている。中深海に生息する動物プランクトンや魚類等に対する個体レベルでのリスク評価として、CO₂曝露時の急性影響および慢性影響が、様々なCO₂濃度下における死亡率で評価されている。具体的にはまず、暴露実験の死亡率データから実験した種のうち最も耐性の低いカイアシ類の無影響濃度を算出し、さらに魚類やベントスも含めたデータから深海生物種全体の予測無影響濃度が求められている。一方で、Moving Ship法（船が移動しながらCO₂を海中に放出する）によって放出されたCO₂の海洋中での挙動を解析する数値モデルも開発されており、いくつかの隔離シナリオでシミュレーションが行われ、放出域の極近傍スケールから全球スケールまでのCO₂の移流拡散予測が行われている。

また、海底下地中隔離に関しては、漏洩時の生態リスク評価のための数値シミュレーションが行われている。海底下帯水層に貯留されたCO₂が地震等によって生じた亀裂から漏洩した場合のシナリオを想定しCO₂の液滴が海流中を上昇しながら溶解する現象、および溶解したCO₂の移流拡散を解くことによってCO₂の分圧の変化を予測している。

・海域肥沃化技術

漁場造成を目的とした海底構造物による人工湧昇流や、栄養塩の豊富な海洋深層水を表層に放流する技術の実証実験が行われている。

沖合で深層水を汲み上げて表層に放流する海洋肥沃化装置としては、「拓海」の実証実験が相模湾において実施された。この装置の特徴は深層水と表層水をブレンドして適当な密度の放流水を生成することによって栄養塩濃度の高い海水を長時間有光層に滞留させることである。実海域の密度成層下での放流水の挙動は非常に複雑となるため、数値シミュレーションによる密度流の精度良い予

測が必要である。そこで、実験水槽での模型実験に基づいて成層条件下の放流水の挙動を解析するための数値計算が行われている。

より水深の小さい海域では、海底に人工マウンドなどの構造物を設置することによって、栄養塩濃度が高い底層水を表層に持ち上げ、海域の生産性を上げる人工湧昇流技術が適用されている。この技術のメリットは、一度構造物を設置すればほとんどメンテナンスが不要（つまりエネルギーやコストがかからない）ことである。既にいくつかの海域で実証実験が行われており、漁場造成効果についての報告もなされている。また、この技術によって海域のCO₂吸収効果による検討もなされている。

・海底資源開発

海底資源の開発としては、メタンハイドレートや熱水鉱床に関する研究が進められている。

メタンハイドレート開発による環境影響としては地盤の変形等の直接的な影響の他に、開発時のメタンガスの漏洩による生態系への影響が懸念されている。この影響を検討するために、漏洩メタンの挙動モデルが開発されている。このモデルは海水中でのメタンの拡散をシミュレーションするモデルと、海底から漏洩したメタンの堆積物近傍での収支をシミュレーションするモデルによって構成されている。また、メタン環境下での化学合成生態系モデルの開発も行われている。

チムニーやマウンドから形成される熱水鉱床近傍は、特殊な生態系を有することが知られており、海底地形も複雑である場合が多いと想定される。開発時には、採鉱にともなって土砂や鉱床の微細粉末等が周辺海域に散乱する可能性があり、これらが地形による複雑な流れによって拡散・堆積し、周辺の生物環境に影響を及ぼすことも懸念されるため、これらの物理現象および生態系へのインパクトを評価できる環境影響予測手法の開発が必要であると考えられている。

・その他

洋上風力発電などの自然エネルギー利用のためのプラント設置による環境影響は、沿岸域の場合には従来の沿岸海域開発の環境アセスメントとほぼ同様の考え方で対応できると考えられる。例えば大型海洋構造物に対する環境影響は、メガフロート実証実験時に観測や実験に基づいたシミュレーションによる検討が行われており、構造物の付着生物による影響が重要であることがわかっている。

また、潮流発電のポテンシャル評価のために海洋モデルを用いたシミュレーションによる検討が行われている。

数値解析手法

・物理現象

まず、物理現象を再現するためのモデリング技術としては、マルチスケール解析、密度プルームや2相流の計算、拡散係数等のパラメーターの設定、等が重要であると考えられる。

海洋利用技術の環境影響を評価するためには影響が及ぶであろう時空間スケールの解析が必要であるから、対象領域全体に対してあまり細かい計算格子を用いることは実用的でない。一方、人為的な開発行為による影響や地形の影響を精度よく表現するためには高解像度の計算が必要である。前節で紹介した例のいくつかもネスティング等の手法を用いてマルチスケールの解析を行っているが、双方向ネスティングにおける安定で精度の良い接続方法の開発、MPU等に対応した高速化などが課題であろう。また、沿岸とは異なり開放的な海域が計算領域となる場合がほとんどであるので、境界条件の設定やそのデータの取得も重要な課題である。

また、海底付近の現象と関連して、気泡や低密度水のプルームの挙動の解析が重要な課題とな

っている。この問題に対し、解析的なモデルの他に、Eulerian-Lagrangian スキーム等による 2 相流の数値計算手法が開発されているが、実海域の複雑な条件下でのシミュレーションを行うためにさらなる検討が必要であると考えられる。

海洋シミュレーションを実施する際に拡散係数等のパラメータの設定は常に問題である。特に深海は観測データが非常に少なく知見が非常に限られている一方で、CO₂ の海洋隔離や海洋滋養等の効果や環境影響を評価するには拡散係数が重要なパラメータとなる。限られたデータから合理的にこれらのパラメータを推定する手法の開発が必要である。

・生物・生態系

海洋生物や生態系への影響評価のためのシミュレーション技術に関しては、炭素循環、深海生態系モデル、リスク評価、などが重要であると考えられる。

海洋生態系を利用して CO₂ を吸収させようとする技術の評価には炭素や窒素の循環・収支を評価するモデルが必要である。特に人工湧昇流や海洋滋養のように表層での有機物生産力を高め、生物ポンプによって炭素を中深層に隔離することによる効果を評価する際には、有機物の沈降・分解過程が重要である。また、窒素固定機能を有するシアノバクテリアによる海洋の有機物ストックの増加や円石藻類の増加と温暖化の関係などが近年注目されており、これらのモデルの開発も重要であろう。また肥沃化技術による食料やバイオマスエネルギーの供給という観点からは、魚類や海藻類が対象となるので、これらを考慮するための生物モデルの開発が必要である。

海底資源開発の環境影響評価のための中深海生態系モデルは開発の途についたばかりであり、餌の供給源である光合成生態系や物理場との関連をはじめとした検討が必要であろう。また、沖合に設置されたプラットフォームに対する環境影響評価手法の開発も必要である。

さらに、本質的に非定常性、不確実性を有している生態系の評価を行うためには、適切なリスク評価が重要であり、そのための情報を提供するという観点からのモデル開発も求められる。

2-3. その他の活動

(1) 日中共同研究関連ライブラリの作成

中村保昭氏所有の日中共同研究関連資料を電子化し、ライブラリを作成した。

(2) モデルレビュー

MEC モデル以外の海洋モデルについての調査を行った。