

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 7 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009 ～2011

課題番号：21404011

研究課題名（和文） 開発が進むアジア諸国への沿岸環境修復技術の発信

研究課題名（英文） Transition of coastal environment remediation technologies into Asian developing countries

研究代表者

日比野 忠史 (HIBINO TADASHI)

広島大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：50263736

研究成果の概要（和文）：

日韓が協力して行った「釜山新港周辺の環境汚染に大きく影響を与えている有機物（浮遊物・堆積物）の循環に関する現地調査」結果から、釜山新港建設のための埋め立て後、強閉鎖性海域となった竜院湾奥海域を環境修復実験域とした。この海域において効率的に底質改善を行うために必要な現地実験を計画し、平成 24 年度以降に現地実験を行うための西部海域の環境再生（底質改善）プロジェクトを立ち上げた。

研究成果の概要（英文）：

The cycle of settling matter (suspended / deposited matter) affecting pollutions of water environment around the Busan New Port is investigated under Japan-Korea cooperation. Based on the observation results, the head of Yong-Won Bay has been become a strong enclosed-water area due to reclamation of the Busan New Port. Thus, this area was fixed as monitoring area for application of coastal environment remediation technologies. To efficiently perform the sediment remediation in this area, the necessary field experiments were exactly planned. Furthermore, the Environment Restoration (sediment remediation) Project will be started from 2012 academic year in order to conduct the field experiments in the western part of Yong-Won Bay.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2010 年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2011 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
年度			
総計	13,500,000	4,050,000	17,550,000

研究分野：海岸工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：洛東江河口、技術移転、有機泥循環、公共設備、環境保全

## 1. 研究開始当初の背景

韓国の四大河川の 1 つである洛東江河口は釜山港があり物流の拠点であるとともに、水の供給源でもある。洛東江では河口堰の建設後、流れ場や海底地形の変動、砂州の消滅・生成の反復、航路の埋没や狭窄化などが

生じ、海難事故や低地帯の浸水被害が増加している。また、工業団地の造成により、海域に流入する多量の汚染物質が沿岸域に蓄積したために断続的に富栄養化や貧酸素水塊が発生している。韓国では沿岸環境に対する意識が高まり、公共整備と環境保全は経済発

展のための両輪であるとの認識に立った研究開発がされようとしている。急激に経済成長が進む都市域では水環境を十分に考えて開発されていることは少ない。

## 2. 研究の目的

閉鎖性水域での水質環境の改善のため、底生系と浮遊系の相互作用を考慮した数値モデルの開発が期待されている。ヘドロ浄化を効率的に行うためには、このモデルを実用化することが必要である。モデルの信頼性向上のため、海底に堆積した有機泥の巻き上がり、一次生産により生じる有機物の沈降・堆積との相互作用を考慮するため物理学的、生物学的、化学的な見地からのアプローチがなされている。しかしながら、有機泥（ヘドロ）の物性は沿岸域毎に固有な特性を有するため、より多くのサンプルの分析が必要となる。このため、現地研究者と協力して洛東江河口での有機泥輸送、沈降、堆積過程の調査を行う。これらの影響を考慮したモデルの開発は、全世界で必要とされており、沿岸域の環境影響評価手法の高度化に寄与する等の大きな意義がある。本研究の最終的な目標はこのモデルを開発し近代化するアジア諸国でヘドロ問題に対処できるヘドロ浄化技術を確立することであり、日本と韓国で共同開発した技術をアジア諸国に発信することを目的としている。

## 3. 研究の方法

### (1) ヘドロ化、富栄養化した河口の底質改善技術の実用化

- ・洛東江河口域における環境汚染に重大な影響を与えている有機物の循環（浮遊・堆積）に関する現地調査（写真）
- ・ヘドロ化した海底泥質の効率的な封じ込め手法、河岸堆積泥の浄化手法の洛東江河口へ適用するための現地および室内実験

### (2) 浚渫ヘドロを用いて作製する地盤改良材の洛東江河口干潟での適用

①干潟機能の維持に重要な干潟地盤内の地下水流れ（塩分・水温・水位変動）に関する現地調査

②浚渫土（地盤改良材）を用いた有用二枚貝の棲息する干潟造成のための現地実験

③生物、植物の現地調査と土壌改良した地盤での生物、植物の再生技術の確立

### (3) 底生系と浮遊系および干潟の浄化機能を考慮した生態系モデルによる沿岸環境影響評価法

海底に堆積する有機泥の再浮遊、浮遊物質の沈降・堆積に伴う栄養塩循環を考慮した生態系モデルの開発とこれによる釜山港での開発計画に対する再生技術の評価法の提案

## 4. 研究成果

釜山新港の埋め立てにより強い閉鎖性となった竜院湾（図-2）ではすでに有機泥の堆積が深刻化しつつあり、水質、底質環境の悪化が進行し、底質改善が必要な状態にある。しかし、日本の技術の海外での事業化では明確な方針と確実な成果が求められる。新港開発においても環境改善事業を進めるために、

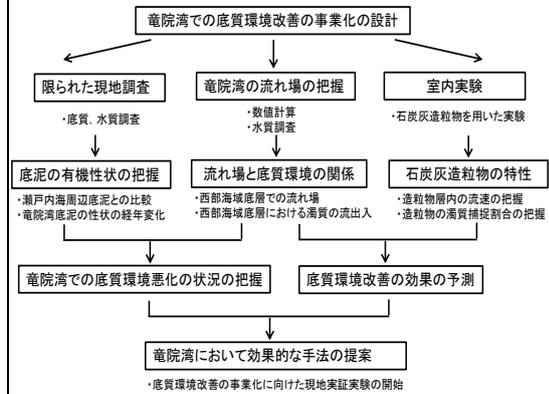


図-1 竜院湾での底質改善の事業化へのフロー（本研究の流れ）

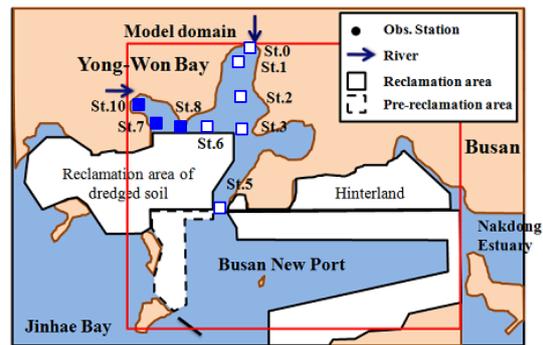


図-2 竜院湾での調査地点、および計算領域

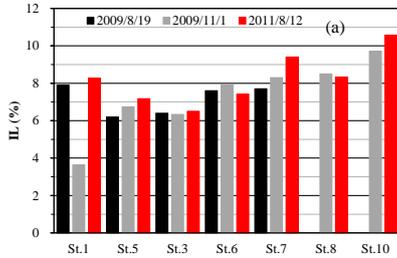
まず、竜院湾での底質環境改善が効果的に行われる実績が必要となる。本研究では竜院湾での底質環境改善の実証実験へ向けた方針（図-1）を示すことを目的として、釜山新港（竜院湾）の流れ場や底質のヘドロ化の状況を把握し、日本で先行して行われている底質環境改善の成果を参照して、対象海域における事業計画を提案した。

(1) 竜院湾における底質環境改善事業の手順（図-1）：竜院湾で行った限られた調査による結果を最大限活用するために瀬戸内海沿岸に堆積した底泥から得られている成果と比較、検討し、さらに、数値計算、室内実験を組み合わせることにより、竜院湾に適した底質環境改善法を設計した。

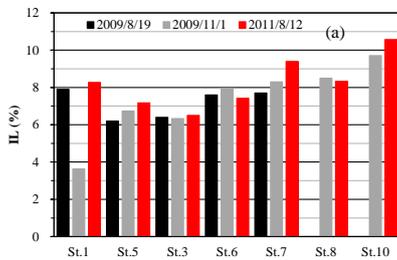
①有機性状の変化の推定：竜院湾底泥の有機汚濁の進行を把握するために2009年から2011年までの竜院湾底泥の有機性状の変化を調査検討し、西部海域の底質悪化の機構を

推定した。本推定では、未処理下水が堆積する福山内港底泥、主に一次生産起源の有機物を含む呉湾底泥との比較により、竜院湾海底泥の有機性状の変化の特徴を評価した。

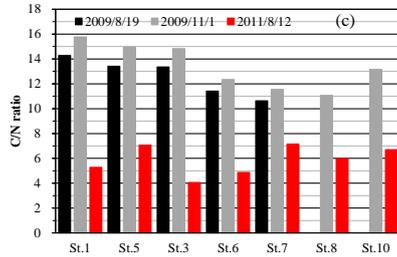
②有機泥輸送機構の把握：3次元数値計算モデル ELCOM を用いて 2011 年調査時の流れ場を再現し、調査結果とともに竜院湾の流れ場を検討した。また、水質観測結果より数値



(a) 有機物量 (IL)



(b) 室素含有量



(c) C/N 比

図-3 3年間の竜院湾底泥の有機性状の変化

計算の妥当性を確認するとともに、トレーサー解析と水質観測結果から湾底層における濁質輸送の特性を検討した。

(2) 竜院湾に適した底質環境改善法の提案：①失敗しない手法の提案：数値実験と室内実験の結果とに基づいて、竜院湾における施工場所と底質環境改善手法による効果を推定した。

②石炭灰造粒物による竜院湾の底質改善効果の推定：石炭灰造粒物層内の流速分布を測定し、造粒物層上での流速に対する層内での流速の減衰特性を検討した。さらに、現地にあわせた流速場で造粒物層に濁質を通過させ、層内に捕捉された泥の乾燥重量を測定し、捕捉割合を算出し、浄化効率を推定した。

(3) 主要な結論

①竜院湾底泥の有機物性状：竜院湾の底泥は湾全域において3年間でILは増加傾向(1%程度)にあり、湾中央部から西部海域奥部に向かってILの値は高くなっている(図-3(a))。また、最も特徴的な傾向は2009年と2011年に採取された底泥のN(mg/g)に2倍程度の差が生じたことである(C/N比は3年間で10以上から7以下まで減少、図-3)。

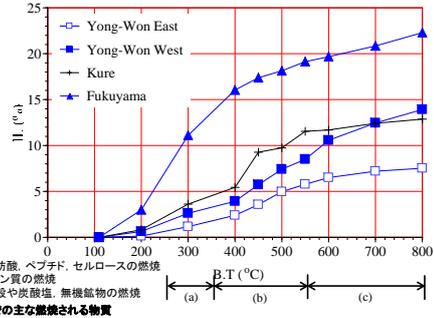


図-4 各海域底泥の燃焼特性(海外で実施不可能な精密な分析項目を簡易的に把握することが可能)

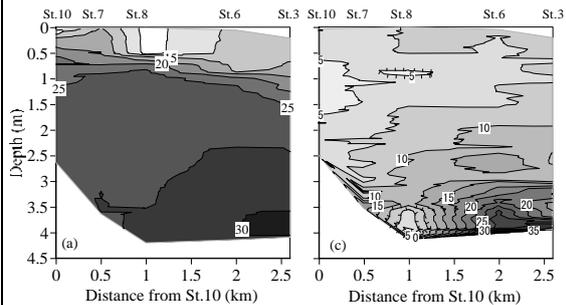


図-5 湾西部海域での水質観測結果(2010)

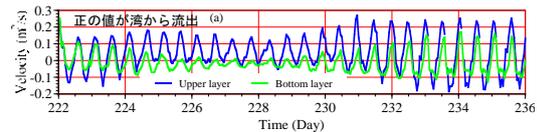


図-6 実証実験域として代表される西部海域最狭部(St.8を含む南北断面)での流速の経時変化

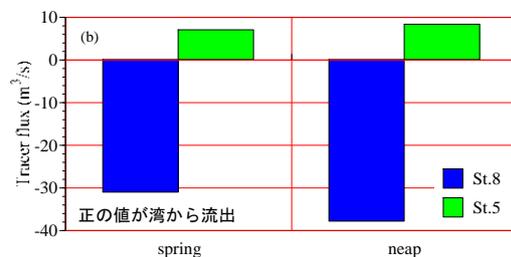
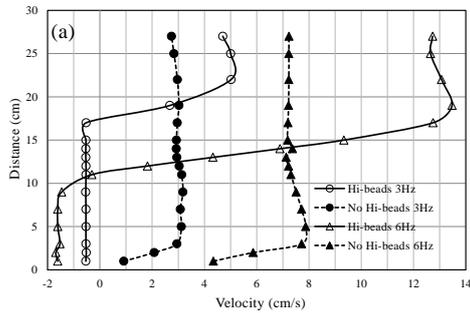


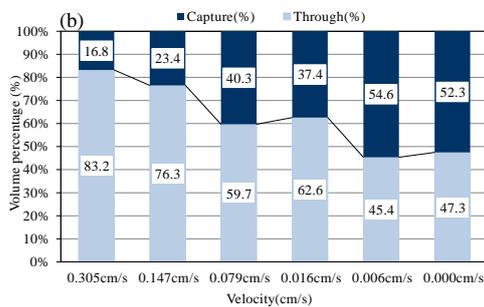
図-7 St.5(外海境界)、St.8における一潮汐間のトレーサー流出入量

減少特性から、経年的に一次生産起源の有機泥へ移行していることを推定できた。さらに、

各海域底泥の燃焼特性からも燃焼勾配が呉湾底泥と同程度の値を示すことから(図-4)、竜院湾底泥は主に一次生産起源のフミン質を多く含むことが示唆された。



(a) 造粒物層内での流速の減衰特性



(b) 造粒物層による濁質の捕捉割合

図-8 石炭灰造粒物層による浄化効率の推定

②西部海域への濁質輸送: 2010年の調査時に西部海域底層で測定された高濁度水塊の輸送(図-5)を数値計算により再現できた。数値実験では濁質の輸送をトレーサー解析により以下のような機構を明らかにした。1) 湾中央部底層に投入したトレーサーが外海に流出せず、西部海域に集積すること、2) 西部海域への濁質の輸送が湾西部海域の汚濁の主な原因であること(図-6、7)。

③底質環境改善法の提案: 1) 施工場所の選定: 推定された流れ場から底質悪化を抑制するには湾中央部から流入する有機泥を西部海域最狭部(St.8)において石炭灰造粒物層を施工し、造粒物層により除去することが最も効果的な実証実験であると結論づけた。

2) 最狭部での濁質の除去: 石炭灰造粒物層内の流速は層上の流速の約20%に減衰すること、有機泥の捕捉割合は流速の大きさに反比例し、有機泥を16.8%~52.3%捕捉できること(図-8)、最狭部断面(St.8)に施工した場合、計算結果より流入する濁質は16.8%~52.3%除去でき、西部海域への濁質流入による底質の汚濁負荷を減少させることができることが予測された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計18件)

1. TOUCH NARONG, 中下慎也, 日比野忠史, 砂層間隙内における有機泥の残留で低下する透水係数の推定モデル, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.68, No.4, 査読有, 2012, pp 547-552
2. Narong Touch, Shinya Nakashita and Tadashi Hibino, Deposition Behavior of Mud in Sand Beds Under the Effects of Organic Properties, TRANSPORT IN POROUS MEDIA, Vol.86, No.2, 査読有, 2011, pp 531-546
3. 今川昌孝, TOUCH NARONG, 中下慎也, 日比野忠史, 海底堆積有機泥に含まれる有機物の燃焼特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.67, No.2, 査読有, 2011, pp 1156-1160
4. TOUCH NARONG, 中下慎也, 小枝豪志, 日比野忠史, 砂層内における有機泥の輸送に及ぼす浸透流量と間隙堆積の効果, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.67, No.2, 査読有, 2011, pp 971-975
5. 上野耕平, 小枝豪志, 中下慎也, 日比野忠史, 海底近傍に形成される高濁度水の物理化学特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.67, No.2, 査読有, 2011, pp 861-865
6. 日比野忠史, TOUCH NARONG, 今川昌孝, 木村道夫, 齊藤直, 海底高間隙層内に形成される温度勾配と熱拡散係数の推定, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.67, No.2, 査読有, 2011, pp 856-860
7. Tadashi Hibino, Kyung-hoi and Kentaro Nagao, Modeling of settling and deposition of suspended organic matter considering biodegradation, Coastal Engineering Journal, Vol.53, No.3, 査読有, 2011, pp 181-200
8. 日比野忠史, 三戸勇吾, 齊藤直, 木村道夫, 石炭灰造粒物層による底質改善効果の予測モデルの構築, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol.67, 査読有, 2011, CD-R
9. TOUCH NARONG, 中下慎也, 小枝豪志, 日比野忠史, 砂層内における有機泥の移動に及ぼす有機物の性状, 土木学会論文集 B1 (水工学), 55巻, 査読有, 2011, pp 1681-1686
10. 日比野忠史, 藤原哲宏, 田多一史, 中川保夫, 廃棄物リサイクル品を用いた底質改善手法の検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol.67, 査読有, 2011, CD-R
11. TOUCH NARONG, 駒井克昭, 中下慎也, 日比野忠史, 砂層内での有機微細粒子の移動に関する実験的研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, 査読有, 2010, pp 1076-1080
12. 星尾日明, 金キョンへ, 李寅鉄, 駒井克昭, 日比野忠史, 韓国竜院湾における水環境特性の解明, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, 査読有, 2010, pp 1051-1055
13. 阿部真己, 駒井克昭, 今川昌孝, 日比野

忠史、汽干干潟域での有機物の輸送・堆積特性、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、Vol.66、No.1、査読有、2010、pp 1091-1095

14. 中下慎也、駒井克昭、日比野忠史、福岡捷二、阿部徹、地下構造が河川干潟の地下水・底質環境に及ぼす影響、河川技術論文集、16巻、査読有、2010、pp 185-190

15. 日比野忠史、三戸勇吾、今川昌孝、駒井克昭、木村道夫、ヘドロの被覆設計のための海底有機泥挙動の把握、土木学会論文集 B3 (海洋開発)、Vol.66、査読有、2010、pp 141-146

16. 阿部真己、今川昌孝、駒井克昭、日比野忠史、河川干潮域での有機泥輸送における塩分の働き、水工学論文集、54巻、査読有、pp 2010、pp 1645-1650

17. 西村尚哉、TOUCH NARONG、駒井克昭、日比野忠史、有機性状を考慮した有機懸濁物質の沈降速度のモデル化、海岸工学論文集、56巻、査読有、2009、pp 1151-1155

18. 金キョンへ、池原貴一、李寅鉄、日比野忠史、洛東江河口域における堆積物・沈降物の性状に関する研究、海岸工学論文集、56巻、査読有、2009、pp 1426-1430

〔学会発表〕(計3件)

1. 今川昌孝、日比野忠史、山本民次、徳岡誠人、瀬野川河口干潟へ沈降・堆積する有機泥と海田湾奥部の有機泥の堆積特性、第66回年次学術講演会、愛媛大学、2011年9月9日

2. 小枝豪志、日比野忠史、石炭灰造粒物(Hiビーズ)を用いた底質環境の改善技術、第65回年次学術講演会、北海道大学、2010年9月3日

3. Tadashi Hibino, Narong Touch, Tetsuhiro Fujiwara and Tadashi Saito, New method for reduction in eutrophication of sea water by using fly ash, Proceedings of the Fifth International Conference on Asian and Pacific Coasts, Singapore, 2009年10月16日

○取得状況(計2件)

名称：人工干潟の造成方法

発明者：角田秀昭、助長雅秀、日比野忠史

権利者：中国電力株式会社、国立大学法人広島大学

種類：特許

番号：特許第4360645号

取得年月日：2009年8月21日

国内外の別：国内

名称：汚泥が堆積する河川干潟の親水性向上方法

発明者：中下朋文、横田秀嗣、日比野忠史

権利者：中国電力株式会社、国立大学法人広島大学

種類：特許

番号：特許第4533983号

取得年月日：2010年6月25日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.civil-hu.jp/coast/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

日比野 忠史 (HIBINO TADASHI)

広島大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：50263736

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：