

平成23年 2月28日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19760576

研究課題名（和文） 東アジア縁海における人為的海洋汚染の発生伝播機構に関する研究

研究課題名（英文） Environmental Impact Assessment of Anthropogenic Marine Pollution in Coastal Zone of East Asia

研究代表者

山中 亮一 (YAMANAKA Ryoichi)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・講師

研究者番号：50361879

研究成果の概要（和文）：

本研究では、東アジア縁海における海洋汚染発生伝播機構について明らかにすることを目的とした。具体的には、(1) 中国・渤海におけるSSの拡散過程とそれにおける波浪と潮流による巻き上げ効果の評価、(2) 水産資源（アサリ）に対する人為的および自然的な環境影響の評価手法の開発、(3) 護岸近傍の貧酸素層における生態系改善技術の開発、(4) 津波発生時の海洋汚染発生リスクの解明を行った。

研究成果の概要（英文）：

Topics of present study were as follows. (1) Resuspension and dispersion mechanisms of SS by waves and current in Bohai Sea, (2) Development of evaluation approach of artificial environmental impact with aquatic resources, (3) Development of ecosystem improvement technology in dysoxic environment around breakwater, (4) Evaluation of seawater pollution generation risk when tsunami was occurred.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	0	1,000,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	640,000	3,860,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋環境

1. 研究開始当初の背景

1990年代よりめざましい発展を遂げた東アジア諸国のなかでも、とくに中国は経済成長が著しく、1990年から2004年までの15年間で、GDPが約3.7倍、人口が約1億5千万人増加し、今後も北京オリンピックや上海万博といった大規模な国際イベントの開催に向けて成長が続くものと見込まれている。現在、このような急速な経済成長や人口増加に対して社会基盤整備が追いついておらず、中国国家環境保護総局によると、2004年において都市部の下水処理率は約32%、生活ゴミの無害化処理率は約57%、危険廃棄物の処理率は約60%となっており、水資源、土壌、大気的环境汚染が顕在化している。

このような状況であるため、中国より大量の汚染物質が河川や排水路を通じて周辺海域に流れ込んでいる。2004年版中国海洋環境公報によると、全国沿岸海域のモニタリング調査の結果、環境悪化が認められる海域面積は全国で169,000km²（東京湾海域面積の約122倍）にのぼり、主要な汚染物質は無機窒素と活性リン酸塩、石油とされている。沿岸域では富栄養化に起因する赤潮が頻発し、底泥中のDDT、ヒ素、カドミウムの残留濃度が高く、我国が過去に経験した水俣病やイタイイタイ病に匹敵する公害が発生している可能性も指摘されている。また、大量のゴミが海域に不法投棄されているとの新聞報道がある。中国周辺海域では海洋石油開発が盛んで、洋上プラットフォームが2001年から2006年までの6年間でさらに50基建設される計画があり、これにともなう重油流出の増加が懸念されている。このように、中国の海洋環境悪化は伝えられている範囲において深刻であり、その規模が桁違いに大きいため、これら人為的な海洋汚染の周辺各国への伝播が懸念されている。

2. 研究の目的

本研究では、東アジア縁海における海洋汚染発生伝播機構について明らかにすることを目的とした。具体的には、

(1) 中国・渤海における汚濁負荷源のキャリアとなっていると考えられるSSの拡散過程の解明、

さらに現象解明だけでは解決が見込めないため解決策の模索として、

(2) 沿岸域の利活用（アサリ資源の保全）に関する人為的および自然的要因による環境影響の評価、

(3) 国内の汚濁した閉鎖性海域におけるとくに貧酸素水塊に着目した環境再生技術に係る研究、

(4) 津波発生時の海洋汚染発生リスクの把握を行った。

3. 研究の方法

(1) 中国・渤海におけるSSの拡散過程の解明：既存の沿岸域流動解析モデルにSSの移流拡散モデルと海底からのSS巻き上げモデルを付加し、黄河から渤海に流れこむ濁水挙動の数値シミュレーションを行った。波浪の影響は波浪モデルSWANを援用し考慮した。また、Landsat衛星画像を解析し、濁水の影響範囲を解明した。

(2) 沿岸域の利活用（アサリ資源の保全）に関する人為的および自然的要因による環境影響の評価：横浜「海の公園」にて沿岸域の利活用事例として潮干狩りによる干潟生物、特にアサリの個体群動態に及ぼす影響を画像解析と現地生物調査により評価した。また、数値モデルによりアサリの浮遊幼生の拡散傾向の年変化を数値モデルにより評価した。

(3) 汚濁した閉鎖性海域における環境再生技術研究：東アジア海域の将来像とも言える国内有数の汚濁海域「尼崎港」「尼崎運河」において、汚濁機解明と環境再生技術に関する現地調査・実験を行った。

(4) 津波発生時の海洋汚染発生リスクの把握：数値モデルを用い、瀬戸内海における津波影響とそれによる災害リスク評価を行った。

4. 研究成果

(1) 中国・渤海におけるSSの拡散過程の解明 黄河から渤海に流入した濁質は、再懸濁をしながら移流・拡散している可能性が指摘されていた。そこで、図1に示す三次元流動モデルに基づく数値計算モデルを作成し、2003年の渤海全域の海象を再現する数値シミュレーションを実施した。

Procedure for numerical simulation

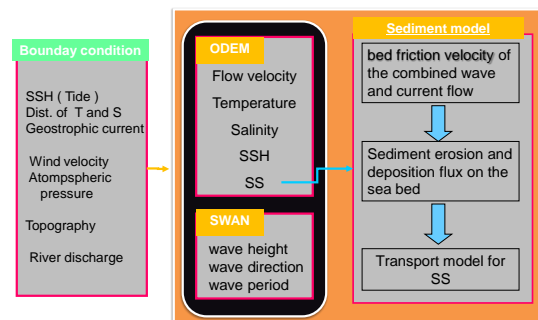


図1 数値解析モデルの概要

図2は黄河において2003年に実施された中国政府による試験放水時の濁水分布である。数値モデルによる結果は人工衛星が捉えた放水前後の濁質分布の変化をよく再現した。

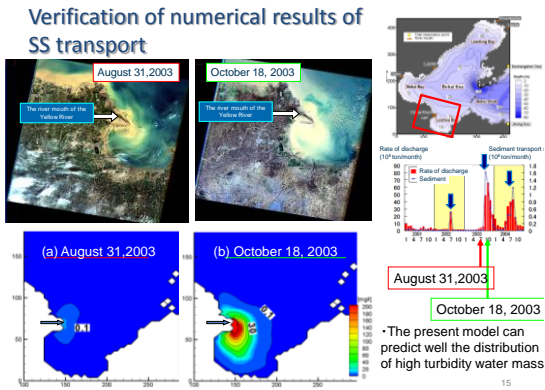


図2 ダム放水前後の渤海におけるSS分布の変化と数値モデルによる計算結果の比較

つぎに、黄河から流入した濁質の渤海での挙動を調べた。数値シミュレーションによる結果を図3に示す。この結果より黄河由来の濁質は残差流に従い、Laizhou Bayの中央まで移流・拡散しながら、その大部分は沈降してしまうことが分かった。しかし、人工衛星データの解析では、濁質の存在がみられることから、この相違は再懸濁によるものと推測した。

Dispersion processes of high-turbidity river water after Silt-washing Operation

- High-turbidity river water widespread in the Laizhou Bay
- Almost all suspended solids of river water settle down in the Laizhou Bay at once

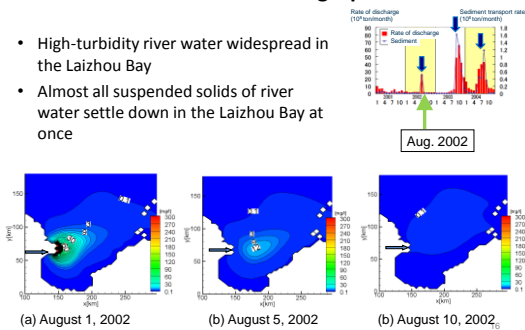


図3 黄河から流入した濁質の挙動

そこで、強風発生時の黄河河口周辺における波浪と潮流による底面摩擦速度の分布を図4に示す。波浪による底面速度は海岸線周辺にて高い値を示し、波浪による再懸濁が生じる状況にあったことがわかった。また、潮流による摩擦速度分布は黄河河口周辺では再懸濁を生じさせるほどのものではなかったが、対岸付近では再懸濁を生じさせる大きさであった。

The bed friction velocity under strong north-east wind blowing condition

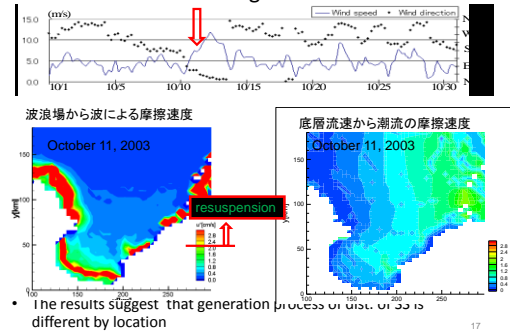


図4 底面摩擦速度分布 (左図：波浪による、右図：潮流による)

以上のことから、黄河河口周辺における懸濁物質の発生機構を図5としてまとめた。黄河から流入した濁質はいったんLaizhou Bayに流入し、その後Laizhou Bayで沈降する傾向にあるが、気象条件や潮流の強弱によっては再懸濁が生じ、さらに広域に濁質が分布することが分かった。

本研究により構築したSS挙動モデルは、高精度に渤海のような空間スケールの大きい海域での濁質分布変動を捉えられることができ、将来的に水質モデルとの連結により、陸域からの物質輸送を精度良く予測することが可能になると考えられる。物質輸送経路が明らかになれば、汚濁に対する有効かつ効率的な対策も講じることが可能になるだろう。

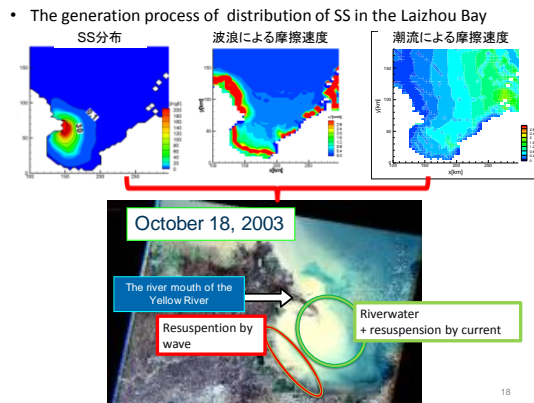


図5 黄河河口海域における濁質発生要因

(2) 沿岸域の利活用 (アサリ資源の保全) に関する人為的および自然的要因による環境影響の評価

沿岸域の環境を改善するためには、まずその影響を把握し、問題の発生機構を解明し、根本解決に繋がる対策を講じることが必要である。本研究では、東アジアでも盛んな潮

干狩りに着目し、それが干潟生態系に及ぼす影響を定量化する方法を検討した。非定常な人為的環境インパクトを評価するために画像解析に基づく手法を提案した。

調査対象フィールドは潮干狩りが盛んな横浜「海の公園」とした。図6に示す地点においてビデオカメラを設置し、潮干狩りを行う民衆を連続的に撮影した。撮影は下げ潮時から上げ潮時にかけて行った。

The field observation

- carried out from 9:30 to 15:00 on May 3, 2003
- Semidiurnal tide was most predominant in the period
 - the low tide time was 12:00 in the period.
- Two video cameras were set at point-A

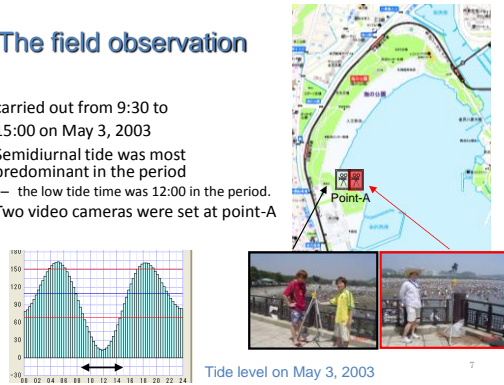
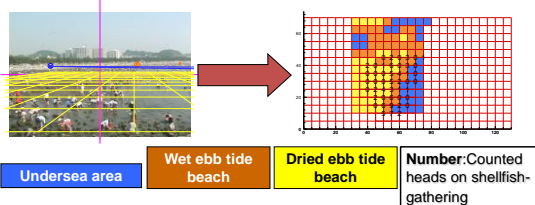


図6 潮干狩り調査の概要

撮影した画像は、集計用の格子を設定し、図7のように各画像のカメラアングルを考慮し変換した評価用格子と撮影画像を重ね合わせ、格子ごとに採捕者の人数とその場所の状況を記録した。

Quantification of the time change of population in the intertidal zone



The number of shellfish-gathering people and identify the land differences in every grid cell are read out by hand.

- The images of the 30 minute interval were used for the analysis.

図7 画像解析の手順

図8に、図7の手順で定量化したアサリ採捕者分布図と調査期間前後で比較したアサリの現存量の比較を示す。調査前ではA-4地点、A-6地点の両方でアサリの現存量はほぼ同じであったが、潮干狩り期間の後はA-6の地点で現存量がA-4に比べ約10%まで低下していた。この現存量の変化は採捕者の滞在者数に対応しており、A-4の滞在者数はのべ2名、A-6の滞在者数は16名であり、概ね人数で採捕量が見積もれると考えた。このことから、

干潟における人々の動きを勘案し、保全計画を立てることが有効であることが考えられた。

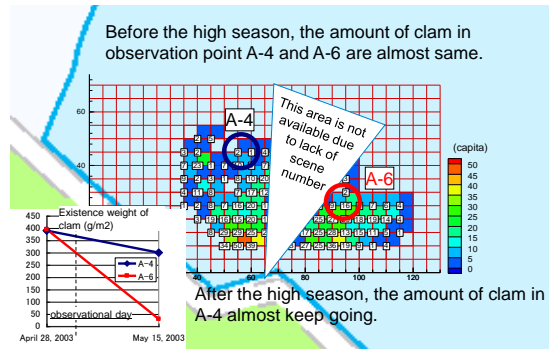


図8 のべ滞在者数分布とアサリ現存量変化

つぎに、この手法により浜全体の採捕者分布を航空写真から算出した。図9に結果を示す。採捕者は一様に分布しておらず、分布に偏りがあった。この時の潮間帯の状況を図化し比較すると(図9)、採捕者は概ね膝までの水深がある場所で採捕活動を行うことがわかった。これは、アサリ採捕の場所選択は一定の嗜好により行なわれていることを示唆しており、大変興味深い結果であった。つまり、潮干狩りによるアサリの大量採捕が行なわれる場所は、人々の嗜好が一定であるため、潮の満ち引きと地形により規定されており、これはこの現象がモデル化でき、予測できうることを示している。

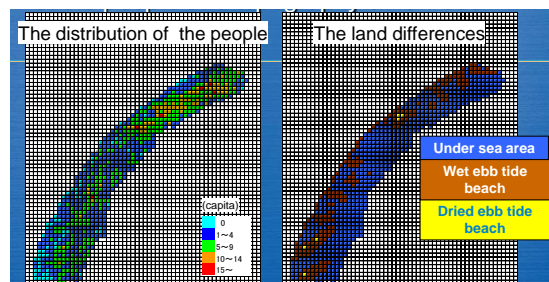


図9 採捕者の分布と干潟の状態(全域)

「海の公園」では、アサリの大量採捕にも関わらず、毎年現存量は回復している。この理由のひとつとして浮遊幼生が他所から加入していると考えられている。そこで、東京湾のいずれの海域から流入しているかを把握するため、アサリ現存量の経時変化と浮遊幼生の移流・拡散を考慮した数値解析を実施した。

図 10 は 2003 年から 2008 年までのアサリの資源量変動である。いずれの年も夏季に最大を示しているが、2003 年と 2005 年にはそのピークは小さい。2003 年は赤潮の影響と考えられたが、2005 年の減少については明らかではなかった。

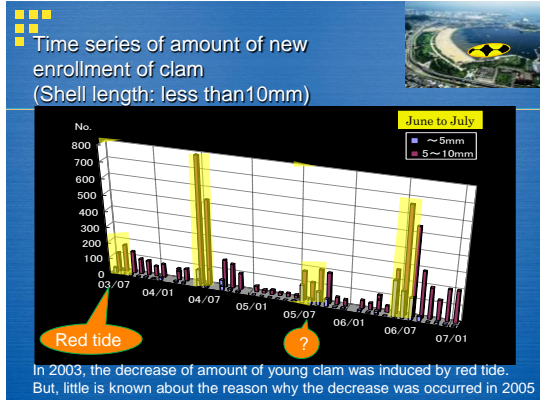


図 10 アサリ現存量の経時変化

この原因を解明するため、東京湾の各干潟から放出された浮遊幼生のなかで「海の公園」に到達する数の年変化を数値解析で検討した。数値解析は(1)で構築した三次元流動解析モデルに粒子追跡モデルを付加して実施した。結果を図 11 に示す。数値解析の結果、2005 年は東京湾の対岸からの浮遊幼生の到達が少ないことがわかった。これは、図 12 に示すような風場の相違 (2005 年のみ東向きの流動が卓越) にもなう残差流構造の変化により生じていることがわかった。アサリ資源への影響評価は、人為的な影響のみならず、自然の変化 (気象) を考慮した残差流系の変化を含めて評価すべきであろう。

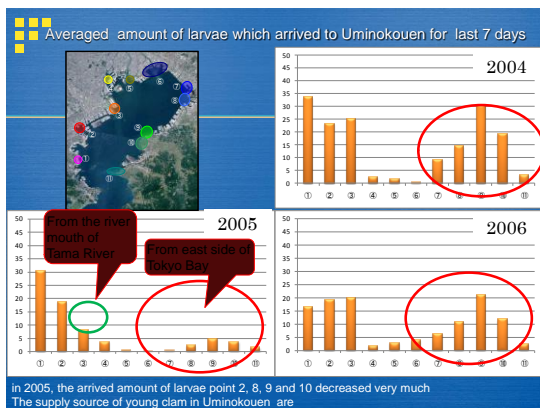


図 11 「海の公園」に到達した発生場所ごとの浮遊幼生数

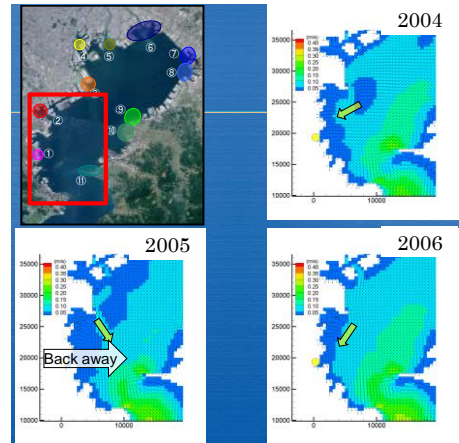


図 12 「海の公園」周辺の残差流の比較

(3) 汚濁した閉鎖性海域における環境再生研究

貧酸素水塊が発達した水域におけるミテイゲーション技術開発を行った。直立護岸近傍における生態系は底層の貧酸素化により生物生息域が限られているそこで、底層水を巻き上げない緩やかな曝気を「尼崎運河」で行う実験を行った。その結果、水深 1.5 ~ 2.0 m において効果が認められた (図 13)。

このような技術は海域の物質循環を促進させ、浄化に寄与するだろう。

現地実験結果 (生物生息域の拡大効果)

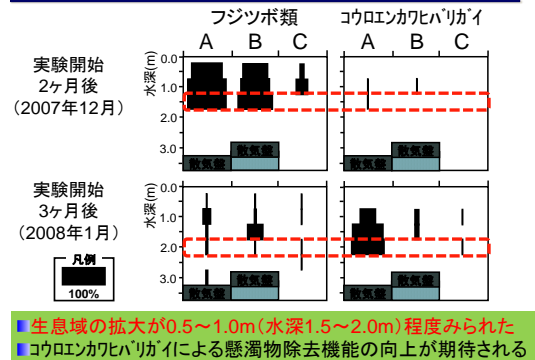


図 13 水深別の被度

(4) 津波発生時の海洋汚染発生リスクの把握

災害発生時の海洋汚染の発生リスクを把握するため、瀬戸内海における津波災害リスク評価について数値シミュレーションに基づきおこなった。瀬戸内海ではこれまで津波被害はないと想定されていた。図 1 4 は瀬戸内海における最大流速とその発生時刻の分布である。これによるととくに播磨灘において地震津波発生後 120 分をすぎて海岸近傍で最大値を記録している。これは津波共

振と固有振動が発生したため、瀬戸内海の津波防災は長期化する海面振動への対応が必要であることがわかった。

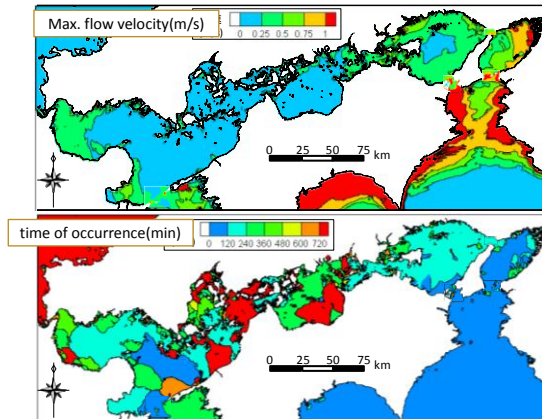


図 14 最大流速とその発生時刻

また、最大津波高、最大流速を基に危険度マップを作成した。図 15 にその結果を示す。このマップによると沿岸域近傍では津波発生から数時間後に最大変動が生じ、それによる船舶事故や沿岸施設への影響が懸念される。とくに播磨灘での海岸周辺ではそのリスクは高いことが分かった。

Distribution of hazardous area

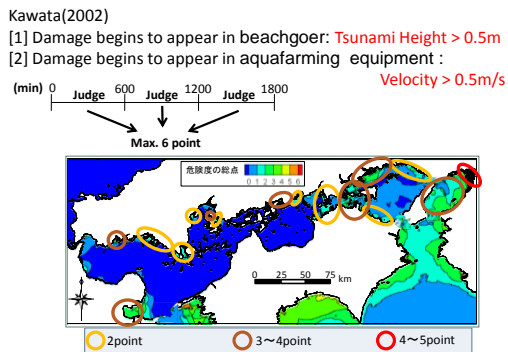


図 15 危険度マップ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- ① 山中 亮一, 上月 康則, 森 友佑, 森 紗綾香, 板東 伸益, 高谷 和彦, 上嶋 英機 : 尼崎運河での水環境改善に向けた新しい曝気手法に関する現地実験, 海岸工学論文集, Vol.55, No.2, pp.1246-1250, 2008.
- ② 山中 亮一, 上月 康則, 田邊 晋, 井若 和久, 村上 仁士 : 瀬戸内海における津波の波動特性とその危険度の時空間解析, 海岸工学論文集, Vol.1, No.56, pp.341-345, 2009.

〔学会発表〕(計 4 件)

- ① Ryoichi Yamanaka, Nakatsuji Keiji and Yasunori Kozuki : Tide and meteorological effect on dispersion processes of high-turbidity river water and resuspension of sediment in the Bohai Sea, EMECS-8, p.146, Shanghai, Oct.30, 2008.
- ② Ryoichi Yamanaka, Motohiko Murai, Yoshiyuki Inoue and Yasunori Kozuki : Wind effect on the dispersion processes of Ruditapes philippinarum larvae around the Port of Yokohama in Tokyo Bay, PACON2008 Program and Abstracts, p.63, Honolulu, Jun.3, 2008.
- ③ 森 友佑, 山中 亮一, 森 紗綾香, 板東 伸益, 上月 康則, 高谷 和彦, 上嶋 英機 : 尼崎運河での水環境再生に向けた新しい曝気手法の実証実験について, 平成 20 年度土木学会四国支部第 14 回技術研究発表会講演概要集, pp.378-379, 2008 年 5 月 17 日.
- ④ 山中 亮一, 村井 基彦, 藤原 奨, 井上 義行 : 人為インパクトが海底生態系に及ぼす影響(第 5 報)-「海の公園」全域におけるアサリ現存量の分布特性と分布予測-, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, No.4, pp.503-506, 2007 年 5 月 25 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山中 亮一 (YAMANAKA Ryoichi)
 徳島大学・大学院・ソシオテクノサイエンス研究部・講師
 研究者番号 : 50361879