

令和元年5月29日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B)（海外学術調査）

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05118

研究課題名（和文）世界の船舶墓場-バングラデシュ・チッタゴン沿岸における水質汚染調査と総合的把握

研究課題名（英文）Field Observation and Comprehensive Study on Ship Breaking and Recycling Industry in Bangladesh

研究代表者

長谷川 浩（Hasegawa, Hiroshi）

金沢大学・物質化学系・教授

研究者番号：90253335

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：バングラデシュ・チッタゴンのベンガル沿岸域には世界最大級の船舶解体場が集中し、環境対策のない野ざらしの状態で見捨てられている。本研究では、この重金属汚染地域において水圏環境のフィールド調査を実施し、汚染の現状や食物連鎖を介した環境への影響の可能性を世界に先駆けて報告した。さらに、複合的な視点から、水環境汚染の実態を記述する評価モデルを構築し、途上国の実情に適した環境対策シナリオを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題には、先進国からの廃棄物輸出という負の側面がある一方で、良質な鋼材資源としてバングラデシュ国内の諸開発を支えているという正の側面がある。本研究課題の成果により、グローバルな視点から、経済発展と両立する環境対策の立案やリサイクルシステムの確立へとつなげる一助となることが期待される。また本研究で開発したon-site環境調査法によれば、インフラ設備の乏しい途上国でも精度の高い汚染調査が実施可能であり、アジア・アフリカ地域において広く活用が見込まれる。

研究成果の概要（英文）：Ship Breaking and Recycling Industry (SBRI) in Bangladesh is dismantling majority of the end-of-life ships by open beaching method. Accordingly, ship dismantling carries the blame of releasing potentially toxic elements to coastal and marine environment endangering the food chain through potential bioaccumulation and biomagnification. This study aimed to assess concentrations and seasonal variations of toxic elements in SBRI in Bangladesh for their source apportionment by using contamination factor and multivariate statistical analysis beside assessing health risk. The results of this study will help in planning contamination control efforts at yard levels to improve the environmental quality at the SBRI in Bangladesh. The results could also be used in planning better occupational safety for the people active in the ship breaking yards both in Bangladesh and elsewhere.

研究分野：環境化学

キーワード：環境調査 重金属 バングラデシュ 水質汚染

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

バングラデシュ第二の都市チッタゴンのベンガル沿岸域には、世界中の老朽船が集まる船舶解体場が集中しており、その規模は世界でも有数である(図1)。世界的な大型船舶リサイクルシステムの最終地であるこの地域では、囲いなどは全くない浅瀬において無数の老朽船が人海戦術で解体される(図2)。船体に含まれる重金属類はそのまま周囲に排出され、広い範囲にわたってスズ、カドミウム、鉛、6価クロム、水銀等による重金属汚染が懸念されている。

過去に日本が4大公害問題を体験したように、途上国における経済発展の段階では深刻な環境汚染が発生することが多い。船舶解体場の問題については、社会科学の立場からバングラデシュ国内の産業構造についての調査研究があり、約70%が日本関連の老朽船であることが報告されているが、汚染実態の科学的調査データは乏しい。重金属汚染の環境調査と併せて、経済発展と両立する対策シナリオを提言することは、アジアの先進国である日本の環境化学者が世界への責務の一つとして取り組む課題である。

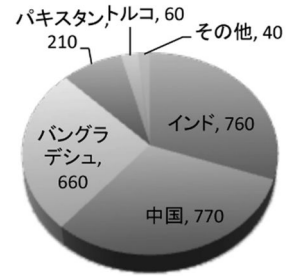


図1 世界の国別船舶解体量 (万トン, 2009年)



図2 バングラデシュ・チッタゴン沿岸域における船舶解体の現場

### 2. 研究の目的

本研究では、バングラデシュ・チッタゴン沿岸における重金属汚染地域をモデルケースとして、以下の課題について取り組みを進めた。

- (1) インフラ設備が乏しい途上国の重金属汚染調査に適した *in situ* 環境調査法を開発した。
- (2) チッタゴン船舶解体地域において水圏環境汚染の現地調査を定期的実施し、汚染の現状と推移を世界に先駆けて報告した。
- (3) 環境化学、都市工学、地域経済学等の複合的な視点から、水環境汚染の実態を記述する工経(工学と経済)融合型評価モデルを構築し、途上国の実情に適した対策シナリオを立案した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 途上国における重金属汚染調査に適した *in situ* 環境調査法の新規開発

液体電極プラズマを利用した可搬型重金属分析法の開発: 途上国等の海外調査では、重金属の定量に関して日本で日常的に使用する測定機器を用いることが困難である。そこで本研究では、現地でも実施可能な *in situ* 分析法の新規開発に取り組んだ。試料水を超分子型固相吸着カートリッジに通して測定対象元素と妨害元素を分離後、液体電極プラズマ(LEP)発光分析装置を用いて元素濃度を定量する高精度かつ高感度な可搬型定量分析法を検討した。

幼胚バイオアッセイによる生態影響評価法の開発: 試料水中汚染物質の総合的なリスク評価を目的として、大型の褐藻であるアカモク(*Sargassum horneri*)の幼胚を用いた生態影響試験法を提案した。アカモクの幼胚は容易に入手可能であるものの、採取時期が春先に限られている。バイオアッセイ法に用いる海産生物は年間を通じ安定的に使用できることが望ましいためアカモク幼胚の保存手法についても検討した。また、大型海藻を用いるバイオアッセイ法は、微細藻類を用いたバイオアッセイ法のように世界的に標準化されている事例が極めて少ないため、特定の化学物質を用いたアカモク幼胚の感受性評価等によってバイオアッセイ手法としての適用可能性を検証した。

#### (2) チッタゴン船舶解体地域におけるフィールド観測

チッタゴン・ベンガル湾沿岸域における観測については、チッタゴン大学の研究協力者との共同研究体制の下、水質及び底質のフィールド調査を実施した。現地観測は2015年11月から開始し、2015-2016年度は雨期(4-9月)と乾期(10-3月)に分けて重金属の分布調査を実施した。2017-2018年度には一ヶ月毎の定期的なフィールド調査を実施し、汚染状況の季節変化を観測した。

水試料は、現場で0.45µmフィルターでろ過して溶存態と懸濁態に分離し、塩酸を添加してpH2で保存した。底質試料は、密閉性プラスチック容器に保存した。また、間隙水試料は、現場でボルト方式による加圧ろ過法により採取し、酸性条件(pH2)で保存した。これらの採取試料に(1)で確立した *in situ* 環境調査法を適用して、重金属類の濃度定量およびリスク評価を実施した。また、水温、pH、塩分度、酸化還元電位、電気伝導度等の基礎データについては、日本から持ち込んだハンディ型測定器で現場測定し、栄養塩濃度についてはチッタゴン大学において比色分析法で定量した。

各年度において、全体ワークショップを8月にチッタゴン、3月に日本で開催し、現地観測や研究成果をまとめた。

#### (3) 工経評価モデルと対策シナリオの構築

バングラデシュおよび関連企業に対する聞き取り調査の実施と併せて、統計資料から得られる情報からマクロ解析を進め、複合的な観点から船舶解体産業の動態分析を実施した。

船舶解体産業におけるマテリアルフローの解析: 船舶解体を中心としたバングラデシュにお

けるマテリアルフローを解析した文献をレビューし、現状を把握した。また世界の船舶の解撤状況やシップリサイクル条約への対応状況、シップリサイクル条約で義務づけられる、船舶に関する有害物質インベントリ (IHM: inventory of hazardous materials) 作成ガイドラインを調査し、バングラデシュでの船舶解体に伴う環境汚染について検討したほか、大型船の IHM を入手して精査することで、船舶解体時の環境汚染源として注目すべき物質と元素を明らかにした。また鉛蓄電池のリユース、リサイクル時の環境影響について、わが国の鉛蓄電池再資源化協会や鉛蓄電池の再生業者に関する知見を整理するとともに、鉛精錬企業へのヒアリングも行った。さらに、鉛蓄電池のリサイクル工程における鉛の大気および水域への排出量を予測するために、わが国で鉛蓄電池のリサイクルを行っている 7 箇所の事業所を対象に、PRTR 制度での公表データを用いて、鉛および鉛化合物の排出・移動量における、大気と水域への排出量を推定した。

多国間経済的相互依存関係を組み入れた経済的インセンティブモデルの構築：船舶解体産業はバングラデシュ以外にもいくつかの国に存在しており、それらが互いに競争状態に置かれている。本研究では、チッタゴンの船舶解体産業に加え、世界各地の船舶解体産業の分布とそれぞれの特徴について分析した。また、世界各国が過去にどのような環境汚染問題に直面し、それをどう解決していったのかの歴史についても分析し、特に政府の果たした役割を解析して、新たな対策シナリオに経済的インセンティブを組み入れた。

一方、過去の環境汚染の歴史と、現代の環境汚染には、大きく異なる点が存在する。現在の経済においては多国間の取引が拡大しており、各国の経済が他国の経済と相互依存関係にあることを考慮する必要がある。このため本研究では、バングラデシュとアジア各国間の経済的相互依存関係を分析した。チッタゴンの船舶解体産業をめぐる汚染評価および汚染除去モデルの構築では、その要素を組み込み、各国が汚染除去に関与する国際的な枠組みを検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 途上国における重金属汚染調査に適した *in situ* 環境調査法の新規開発

液体電極プラズマを利用した可搬型重金属分析法の開発：液体発光プラズマ法(LEP-OES)は、可搬型小型装置でも実験室クラスの測定機器に準じたプラズマ発光分析ができる優れた方法であるが、環境試料中における微量成分分析の際には定量感度とマトリクス成分の干渉が課題となる。本研究では、超分子型固相抽出材の金属イオンに対する新しい分離挙動を検討するとともに、その成果を LEP-OES の前処理法に活用した新しい on site 定量分析法を開発した。具体的には、鉛、ヒ素、カドミウム、セレン等の有害元素を中心に、超分子型固相吸着カートリッジを通して測定対象元素と妨害元素を分離後、LEP-OES を用いて定量する方法を確立した。さらに有用金属について、多量の妨害成分が存在しても Au、Pt、Pd をそれぞれ定量的に抽出分離できる抽出条件を見出し、実試料にも適用可能な白金族元素の現場分析法を開発した。

##### 幼胚バイオアッセイによる生態影響評価法の開発：

アカモク幼胚を用いたバイオアッセイによる新規評価法を開発した。本法をバングラデシュ沿岸海域で採取した実試料に適用した結果、生長阻害が明確に認められた。

アカモクの幼胚は、遮光下、冷蔵庫 (4 ) にて 200 日までは保管が可能であり、その生長曲線も変わらないことを見出した。また海水に高濃度 (1 mg/L 以上) のアンモニア性窒素が含まれる場合、アンモニア性窒素によるアカモクの生長阻害が生じるため、沿岸域の海水試料についてはアンモニア性窒素の濃度について留意しておく必要があることがわかった。さらに、アカモク幼胚の感受性を他の藻類と比較するため、化学物質としてフェノールを選定して評価試験を行った結果、アカモクの幼胚のフェノールに対する無影響濃度は 20 mg/L 程度と推定され、その感受性は既報の海藻や微細藻類と同程度であった (図 3)。これらの結果から、アカモクの幼胚は海域を対象としたバイオアッセイ手法に用いる海産生物種として適用可能と考えられる。



図 3 アカモクに対するフェノールの影響 (scale bar = 1 mm)

##### (2) チッタゴン船舶解体地域におけるフィールド観測

バングラデシュ船舶解体場においてフィールド観測を実施し、底質および海水中の有害金属 (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn) の詳細な濃度分布を明らかにした。海水中においては Pb と As の濃度が WHO の環境基準値を超過したが、他の元素は安全なレベルであった。一方、底質中においては Cd, Zn, Cr, Pb, Cu の含有量がバングラデシュ沿岸域のバックグラウンド値よりも高く、自然レベルを超過した (図 4)。底質中の組成を化学形態別に解析した結果、各元素は移動度が高い形態 (交換可能画分、酸溶出画分、還元態画分) に比較的多く分布することがわかった。同地域において多くの有害元素が生物等に容易に取り込まれる可能性が高いことを示している。

次に、有害金属の環境リスクを複数の環境指標を用いて評価した。人体への健康リスク評価には、hazard quotient (HQ)、cancer risk (CR)、contamination factor (CF)、health index (HI)等を用いた。底質中の As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb 含有量は安全レベルを超過し、特に As, Cr, Cu, Zn について US EPA 基準で汚染レベルと評価される (図 5)。また、環境への蓄積度を評価する Igeo 値による評価では、Cd, Cr, Cu, Pb, Zn は底質中に懸念されるレベルで残留しており、特に Cd の

蓄積は著しいことがわかった。その他の環境指標を用いた評価結果も概ね同様の傾向を示した。

幼胚バイオアッセイによる生態リスク評価：バングラデシュ沿岸海域で採取した実海水試料（複数の重金属を低濃度含有）に上記の生態影響試験を適用してアカモク幼胚（12個体）の培養を試みた結果、アカモク幼胚12個体全てが培養初期に死滅し、生長阻害が明確に認められた。一方で、バングラデシュ沿岸海水を清澄な海水で5倍以上に希釈するとアカモク幼胚に対する生長阻害は消失した。さらに、各種リサイクル資材の溶出液に本手法を適用してリスク評価を実施したところ、海水pHの上昇が無い場合、生長阻害は全く認められなかった。一方、海水のpHが9程度に上昇すると、死滅は無いものの、アカモク幼胚の生長速度が低下することが確認された。なお、バングラデシュ沿岸海域で採取した実海水試料に関して、生長阻害の要因物質については今回の調査では解明できなかったため、今後の検討課題である。

バングラデシュの船舶解体場では、複数の環境指標において底質中で有害金属による汚染が進行しつつあることが示された。将来にわたって持続的な産業活動を展開するには、底質への有害金属の蓄積を防ぐことが重要である。解体工程から放出される有害金属の底質深部への浸透を最小限に抑えるために、底質表層に適切な環境修復技術を適用するプロセスを導入する必要があると考えられる。

### (3) 工経評価モデルと対策シナリオの構築

船舶解体産業におけるマテリアルフローの解析：船舶解体に関連した物質のバングラデシュにおけるマテリアルフローを詳細に解析した先行研究によれば、2010年度には100隻（135万軽荷排水トン(LDT)）の大型船舶が解体され、鉄鋼素材117万トン、機械・電子機器・金属製品・艀装品類10万トンを含む物質が回収され、このうち約89%がリユースまたはリサイクルされた。リサイクルされた非鉄金属素材として鉛も挙げられているが、国内外での有効利用実態は不明となっている。一方、ある大型船舶のIHMによれば、有害物質として、アスベストとHCFC（フロンガス）、TBT（トリブチルスズ）と鉛があり（表1）、鉛は全て鉛蓄電池に含まれていた。バングラデシュでは大型船舶から取り外される製品のほとんどがリユース・リサイクルされているという情報と、日本国内でも鉛蓄電池が鉛材料としてリサイクルされている実態を考えると、バングラデシュでも鉛蓄電池はほとんどがリサイクルされていると考えられる。そこでまず船舶解体に伴う鉛の発生量を推定した。2010年度には100隻135万LDTが解体されたとあるため、インベントリを入手した船舶が100隻あったものと想定して換算式を用いて換算すると102.5万LDTとなった。そこで、解体に伴って発生する鉛の量を、 $440 \times (135/103) = 577 \text{kg}$ と推定した。

最後に、リサイクル工程において大気・水域・土壌へ排出される鉛量について推定した。日本国内で鉛蓄電池をリサイクルしている鉛製錬所は7事業所が知られている。これらの事業所からのPRTR制度で公開されている情報を調べ、鉛の排出量と、排出・移動量に対する環境への排出割合をまとめた。全排出・移動量に対する大気への排出割合は、0.003~0.4%、水域への

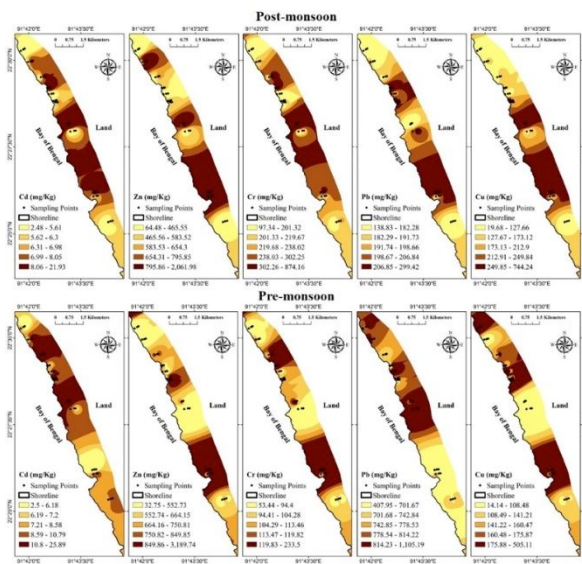


図4 雨期及び乾期の底質中における有害金属元素の濃度分布

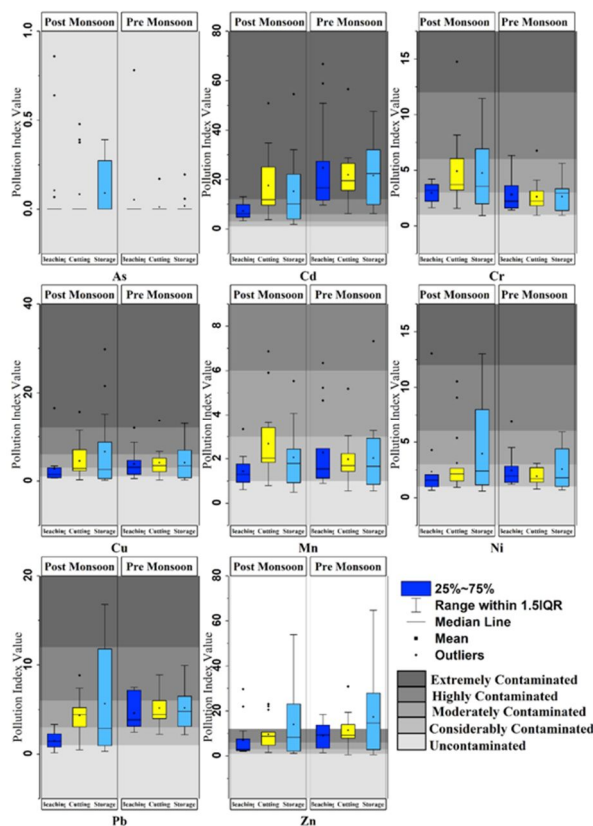


図5 環境指標CFによる底質中の汚染度評価

表1 大型船舶に含まれる有害物質(例)

| 物質    | 含有量    | 存在場所        |
|-------|--------|-------------|
| アスベスト | 500 kg | エンジン、ボイラーなど |
| HCFC  | 80 kg  | 空調機など       |
| TBT   | 100 kg | 船舶塗料など      |
| 鉛     | 440 kg | 鉛蓄電池        |

モーニングサファイヤ号（28,406GTの場合）

そこで、解体に伴って発生する鉛の量を、

排出割合は、0～0.08%となった。これを船舶解体に伴う鉛使用量 577kg と併せて考えると、船舶解体に伴う鉛蓄電池のリサイクルにより、大気には 0.015～2.1kg、水域には 0～0.47kg の鉛が放出されていると推定された。

多国間経済的相互依存関係を組み入れた経済的インセンティブモデルの構築：環境や汚染に関する厳しい規制を突然作れば、汚染を止めることができるが、経済活動が制限され、よって地域経済や雇用に大きな影響を与えかねない。また国際競争が激化して解体価格が低下していけば、企業が環境に配慮する余裕がなくなり企業が自主的に環境汚染の問題に取り組むことは期待できない。これら問題の解決策を見つけるためには、政府による規制や指導が不可欠となる。そこで、本研究では、汚染を防ぐための環境規制の水準を徐々に高めることで、企業にその規制の遵守の時間的余裕を与えるとともに、その規制をクリアした企業には補助金を与えることでその遵守の経済的インセンティブを与えるモデルを構築した。

また、バングラデシュが環境規制を導入すると、それがチッタゴンの船舶解体産業を不利にし、競争相手である他国の船舶解体産業を相対的に有利にすることで、チッタゴンの船舶解体企業の経営を悪化させ、環境汚染回避のインセンティブを奪う可能性がある。そうであれば、バングラデシュがこうした規制を導入するのは容易でない。この問題を解決するために、船舶解体を依頼する外国企業及び外国政府にも、その汚染評価及び汚染除去の費用の一部を負担するような規制を設ける。そうすれば、外国企業はその負担を避けるために、汚染の少ない船舶の使用を増やそうとするインセンティブを生み出すこととなる。

本問題への対策シナリオでは、上述のような、外国企業及び外国政府による補助金の負担や、外国企業が汚染を減らそうとするインセンティブを組み合わせて実施する枠組みが必要である。現実に、先進国政府は環境問題について強い関心を示しているため、補助金の支出を実施する可能性は十分ある。さらに本モデルは、規制及び補助金政策が実施された際にどの程度効果を発揮するかに関して、政策評価ミクロモデルを援用し、政策の効果を定量的に表示する。これにより、地域住民や企業等に及ぼす効果を具体的に測定して有効性を確認できることから、産業活動を持続しつつ汚染除去を推進するための実効性が期待できる。

## 5 . 主な発表論文等

[ 雑誌論文 ] ( 計 34 件 )

I.M.M. Rahman, R. Mutsuddi, N. Jii, S. Barua, B. Ahmmad, M.G. Kibria, M.M. Hossain, Z.A. Begum, B.K. Dey, H. Hasegawa, Does open-beach ship-breaking affect the mineralogical composition of soil more adversely than the typical industrial activities?, *J. Environ. Manage.*, **240**, 374-383 (2019), 査読有, DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.03.107

S. Barua, I.M.M. Rahman, M. Miyaguchi, A.S. Mashio, T. Maki, H. Hasegawa, On-site analysis of gold, palladium, or platinum in acidic aqueous matrix using liquid electrode plasma-optical emission spectrometry combined with ion-selective preconcentration, *Senser. Actuat. B-Chem.*, **272**, 91-99 (2018), 査読有, DOI: 10.1016/j.snb.2018.05.132

S. Barua, I.M.M. Rahman, I. Alam, M. Miyaguchi, H. Sawai, T. Maki, H. Hasegawa, Liquid electrode plasma-optical emission spectrometry combined with solid-phase preconcentration for on-site analysis of lead, *J. Chromatogr. B*, **1060**, 190-199 (2017), 査読有, DOI: 10.1016/j.jchromb.2017.06.016

N. Takahashi, M. Takahashi, Movement of intra-industry trade index in terms of exchange rate change: Theoretical analysis based on a two-stage production model, *Eurasian Journal of Economics and Finance*, **5**, 36-48 (2017), 査読有, DOI: 10.15604/ejef.2017.05.03.04

O. Miki, C. Okumura, K. Tuji, M. Takami, Effects of preservation period of fertilized eggs and high concentrations of nitrogen in nutrient sources on germling growth of *Sargassum horneri*, *Journal of Applied Phycology*, **28**, 2883-2890 (2016), 査読有, DOI 10.1007/s10811-0799-2

[ 学会発表 ] ( 計 54 件 )

S. Mizutani, R. Sugiura, S. Nakamura, Y. Yabuki, Y. Tawa, K. Noro, Y. Kanjo, The relationship between businesses' handled amount and released/transferred amount of chemical substances according to the PRTR system, *5th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management*, Bangkok (Thailand), 2019. 2.

I. Alam, S. Barua, I.M.M. Rahman, M.M. Hossain, M. Saito, T. Maki, S. Mizutani, H. Hasegawa, Potential risk assessment of heavy metals in soils and waters in the vicinity of ship breaking and recycling industries, Bangladesh, *2017 Asia/China-Japan-Korea Symposium on Analytical Sciences*, Tokyo (Japan), 2017.9.

M.A.A. Mamun, D.R. Rani, C. Kosugi, O. Miki, M. Oura, I.M.M. Rahman, T. Maki, H. Hasegawa, Arsenic speciation and biotransformation by marine macroalgae in seawater, *2017 Asia/China-Japan-Korea Symposium on Analytical Sciences*, Tokyo (Japan), 2017.9.

S. Mizutani, H. Hasegawa, Hazardous materials used in a large ship: A survey of an example of an inventory of hazardous materials (IHM) for a vessel, *8th Forum on Studies of Environmental and Public Health Issues in Asian Mega-cities (EPAM2017)*, Seoul (Korea), 2017. 9.

S. Barua, I.M.M. Rahman, M.M. Hossain, N. Jii, H. Sawai, T. Maki, H. Hasegawa, Metal pollution risk of water and soils due to open-beach recycling of end-of-life ships, *Goldschmidt2016*, Yokohama (Japan), 2016.6.

〔図書〕(計6件)

高橋信弘, 晃洋書房, グローバル化の光と影 - 日本の経済と働き方はどう変わったのか -, 248 頁 (2018)

H. Hirakawa, N. Takahashi, F.C. Maquito, N. Tokumaru, Springer, Innovative ICT Industrial Architecture in East Asia: Offshoring of Japanese Firms and Challenges Faced by East Asian Economies, 233 pages (2017)

I.M.M. Rahman, Z.A. Begum, H. Hasegawa, InTech, Water Stress in Plants, 126 pages (2016)

H. Hasegawa, I.M.M. Rahman, M.A. Rahman, Springer, Environmental Remediation Technologies for Metal -Contaminated Soils, 254 pages (2015)

高橋信弘, ナカニシヤ出版, 国際経済学入門 - グローバル化と日本経済 - 改訂第2版, 299 頁 (2015)

〔産業財産権〕

出願状況 (計2件)

名称: セレンの分析方法及びそれに用いる前処理キット並びに前処理方法

発明者: 長谷川浩, 宮口真帆, 澤井光, 高見満, 前田勝弘

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2017-94498

出願年: 2017

国内外の別: 国内

取得状況 (計3件)

名称: 土壌浄化システム

発明者: 山崎公信, 長谷川浩

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許第 6264592

取得年: 2018

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 高橋 信弘

ローマ字氏名: (TAKAHASHI, nobuhiro)

所属研究機関名: 大阪市立大学

部局名: 大学院経営学研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 40305610

研究分担者氏名: 三木 理

ローマ字氏名: (MIKI, osamu)

所属研究機関名: 金沢大学

部局名: サステナブルエネルギー研究センター

職名: 教授

研究者番号(8桁): 70373777

研究分担者氏名: 水谷 聡

ローマ字氏名: (MIZUTANI, satoshi)

所属研究機関名: 大阪市立大学

部局名: 大学院工学研究科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 80283654

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: ホサイン モハマド ムシャロフ

ローマ字氏名: (HOSSAIN, Mohammad Mosharraf)

研究協力者氏名: ラハマン イスマイル モハマド モフィズル

ローマ字氏名: (RAHMAN, Ismail Md. Mofizur)

研究協力者氏名: スマン パルア

ローマ字氏名: (BARUA, Suman)

研究協力者氏名: 山本 保

ローマ字氏名: (YAMAMOTO, tamotsu)

研究協力者氏名: 古庄 義明

ローマ字氏名: (FURUSYO, yoshiaki)