

平成 29 年度

# 博士學位論文

内容の要旨および

審査結果の要旨

第 2 4 号

(平成 30 年 3 月授与)

北九州市立大学大学院

国際環境工学研究科



## 目 次

学位の種類	学位番号	氏 名	頁
博士(工学)	甲第 112 号	桑原 眸	1
博士(工学)	甲第 113 号	宮本 大輔	4
博士(工学)	甲第 114 号	チャウ ティー カム ホン	7
博士(工学)	甲第 115 号	チン イ	11
博士(工学)	甲第 117 号	ミヤ リズキニヤ	14
博士(学術)	甲第 006 号	インドリヤニ ラフマン	18
博士(工学)	甲第 116 号	ウ ケイホウ	21



フリガナ 氏名（本籍）	クワハラ ヒトミ 桑原 眸（福岡県）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第112号
学位授与年月日	平成30年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Luminescence Inducer of Marine Luminous Bacterium and Applied to Bioassay (海洋性発光細菌の発光誘導因子の解明とバイオアッセイへの応用)
論文審査委員	主 査 森田 洋 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（農学）) 審査委員 中澤 浩二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 磯田 隆聡 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 工学博士) 審査委員 佐藤 雅之 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

## 論文内容の要旨

海洋性発光細菌は、海水中や特定の海洋生物の体表、発光器内等に生息する微生物である。この発光現象は、主に細胞密度の上昇とともに引き起こされ、重金属やシアンなどの有害物質との接触により消光することから、毒性を迅速簡便に評価できるバイオアッセイとして主に環境計測分野で利用されてきた。一方、この微生物の生育環境である海水の成分が発光誘導に与える影響や環境計測分野以外の利用に関する知見は少ない。そこで、海洋性発光細菌の海水の成分と発光誘導の相関性を明らかにし、さらに海洋性発光細菌を用いた食品分野へのバイオアッセイの応用を検討した。

海水中における発光細菌の発光挙動を明らかにするために、海洋性発光細菌類を人工海水中で培養したところ、*Aliivibrio fischeri* では菌体の増殖がほとんど認められないにも関わらず、培養 12 h 後に有意な発光増大が認められたことから、人工海水の成分が発光誘導に寄与する可能性が示唆された。そこで、人工海水の 5 つの成分をそれぞれ変化させた条件で培養を行ったところ、KCl, NaHCO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub> の 3 成分で培養したときに発光量が有意に上昇し、これら 3 成分が発光誘導に寄与する可能性が示唆された。さらに K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> のイオンを含むその他の化合物に置換して培養したところ、同様に有意な発光量の増大が認められた。以上の結果から発光誘導には K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の 3 つのイオンが寄与することが明らかとなった。

そこで、防ばい剤に対する発光細菌の感受性試験を行ったところ、防ばい剤が高濃度になると消光したことから、発光細菌は防ばい剤に対して高い感受性を有することが明らかとなった。また、実用化の際は何らかの基板に固定することが要求されることから、基板として蚕繭から抽出し作製した不溶化フィブロイン膜 (IFF) を選定し、これに発光細菌を固定したところ、高い発光性を示し基板としての有用性が示唆された。一方、IFF は生物由来の膜であるため発光性が膜の状態に左右されやすく、時間の経過とともに発光量が減少することが知られている。

そこで、本論文で明らかとなった発光因子 (KCl, NaHCO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub>) が発光回復剤としての効果を有するか検討したところ、添加 5 分後に急激に発光量が上昇し、24 時間後まで発光を維持したことから 3 つの発光因子は発光回復剤としての効果を有することが明らかとなった。最後に夾雑物の影響として酸および柑橘類の成分の影響を検討したところ、pH が発光に与える影響は少なく、みかんを熱水処理することで夾雑物の影響を抑制できることが示唆された。以上の結果より、海洋性発光細菌のバイオアッセイ技術としての利用可能性が示唆された。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、海洋性発光細菌の人工海水中での発光性を明らかにするとともに、この発光誘導を引き起こす因子の解明を行うことを目的とした。さらに、この誘導因子で培養した海洋性発光細菌を用いて防黴剤を感知するバイオアッセイ技術への応用を検討した。

第1章では、細胞密度や紫外線照射などの発光誘導因子について紹介し、さらに発光細菌を用いたバイオアッセイ技術の現状と課題について述べた。

第2章では、海水中の無機塩類のみを添加した Artificial Sea Water(ASW)と微生物の生育因子をすべて含む Sea Water Medium(SWM)を用いて海洋性発光細菌類の増殖性と発光性を明らかにした。その結果、海洋性発光細菌である *Aliivibrio fischeri* は ASW、つまり無機塩類のみの培地で低細胞密度にもかかわらず発光量の上昇が確認された。これを受けて、第3章では ASW 中の発光誘導に寄与する因子の解明を行った。その結果、塩化カリウム、炭酸水素ナトリウム、硫酸マグネシウムの3つの成分が組み合わさった条件下で、発光をもたらすことが明らかとなった。さらに、これらのイオンを含むその他の無機化合物に置換した場合においても発光上昇がおり、 $K^+$ 、 $HCO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  が発光誘導に寄与することが明らかとなった。

第4章では3つの因子で培養した *A. fischeri* を用いたバイオアッセイへの応用を検討した。*A. fischeri* の防黴剤に対する感受性試験を行ったところ、防黴剤の濃度の上昇により発光強度の減少が認められ、オルトフェニルフェノールナトリウムでは 10 ppm 以下の濃度で発光率 50 % 以上を示し、10 ppm 以上の濃度で発光率 50 % 以下を示したことから、バイオアッセイへの利用可能性が広がった。また不溶化フィブロインフィルム(IFF)への固定化を行った結果、IFF に固定化した *A. fischeri* はガラスに固定化したものと比較して高い発光性が認められた。また IFF に固定化したほうが防黴剤の感受性が高くなることも明らかとした。

第5章では総括を行い、今後の展望について述べた。

これらの研究成果は応用微生物学の分野だけでなく、生物工学や食品工学などの分野の発展にも大きく貢献するものである。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ミヤモト ダイスケ 宮本 大輔（福岡県）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第113号
学位授与年月日	平成30年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Differentiation properties of stem cell spheroids by design of micro culture environment (幹細胞スフェロイドにおける微小培養環境の設計と分化)
論文審査委員	主 査 中澤 浩二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 櫻井 和朗 (北九州市立大学国際環境工学部教授 理学博士) 審査委員 上江洲 一也 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士(工学)) 審査委員 吉山 定見 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士(工学))



## 論文内容の要旨

幹細胞（ES/iPS 細胞）同士が集合・凝集化して形成する球状マイクロ組織体（スフェロイド）は、初期分化のトリガーとして利用される培養法である。ここで細胞が三次元組織化されたスフェロイドでは、その内部および近傍において特殊な培養環境が形成され、幹細胞の分化特性に影響を与えることが知られている。現在、スフェロイド内部環境と幹細胞分化特性の関係は多くの研究者によって報告されているが、スフェロイドを取り巻く培養環境が与える効果はほとんど研究されていない。そこで本研究では、マイクロウェルチップおよびマイクロパターンニングチップという独自のスフェロイドアレイ化技術を利用し、幹細胞スフェロイドを取り巻く微小培養環境の変化が幹細胞の分化特性に与える影響を明らかにした。

培養系内に1つのスフェロイドを培養するハンギング・ドロップ培養と多数のスフェロイドが存在するマイクロウェルチップ培養においてマウス iPS 細胞スフェロイドを培養した結果、前者では血管分化、後者では肝分化が向上した。ここで、マイクロウェルチップ培養はハンギング・ドロップ培養に比べ、嫌氣的代謝が進行したことから、培養系内に多数のスフェロイドが存在する場合、その近傍の酸素環境の変化し、幹細胞分化に影響を与えることが示唆された。

そこでスフェロイド近傍で生じる微小酸素環境に着目し、スフェロイドパターンニングチップを利用してスフェロイド間距離と分化特性の関係性を評価した。その結果、スフェロイド間距離が近づくと嫌氣的代謝の進行とともに肝細胞分化が促進されたが、スフェロイド間距離が離れると血管分化が促進された。そしてこの現象はスフェロイド間距離が  $500\sim 1000\ \mu\text{m}$  を境に起こることを明らかにした。さらに、酸素透過性を有する培養チップでは血管分化が促進され、その逆に酸素透過が低い培養チップでは肝細胞分化が促進された。すなわち、スフェロイドを取り巻く微小酸素環境の変化によって幹細胞が分化スイッチング現象を起こすことを発見した。

これらの結果から、幹細胞スフェロイドを取り巻く微小培養環境と細胞分化特性の関係性が明らかとなり、幹細胞特性を制御する新しい手法として発展できる可能性が示された。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、幹細胞スフェロイド（細胞が集合・凝集化して形成するマイクロ組織体）を取り巻く微小培養環境に着目し、独自の培養技術を利用してスフェロイド特性と微小培養環境の関係性を探るとともに、そのメカニズムを明らかにしたものである。

第1章と第2章では、幹細胞がもつ可能性と国内外で取り組まれている幹細胞研究の現状を述べ、さらには既存研究で取り組まれていない幹細胞培養の課題を指摘した。その課題を解決する方法として、マイクロパターンニング培養技術を利用して幹細胞スフェロイドの微小培養環境を解析するという本研究の発想とオリジナリティーを論じた。

第3章では、スフェロイド近傍における微小培養環境の効果を明らかにするために、個々のスフェロイドが独立した培養系と多数のスフェロイドが共存する培養系を用いて幹細胞特性を評価した。培養系の違いによって細胞の増殖性と優先される分化特性が変化し、これらの現象にはスフェロイド近傍の酸素環境の違いによって生じる Wnt/AKT シグナル経路の変化が関与している可能性を示した。

第4章では、隣接するスフェロイド間距離とスフェロイド特性の関係性を評価した。スフェロイド間距離が狭まると肝分化、その逆に離れると血管系分化が促進され、このようなスイッチング現象を引き起こす閾値は 500~1000  $\mu\text{m}$  の距離であることを見出した。さらに、その主要因子は低酸素環境の形成が関与していることを明らかにした。

第5章では、培養系内への酸素供給を変化させることができる培養デバイスを独自に作製した。酸素供給能が低い条件では肝分化、高い条件では血管分化が促進されることを明らかにし、スフェロイドを取り巻く酸素環境が幹細胞分化特性を制御する重要な因子であることを示した。

第6章では、本論文の総括を行い、今後の展望について論じた。

これらの研究成果は、再生医療や細胞アッセイ分野における有効な培養法と有益な情報を提供するものであり、細胞培養分野の発展に大きく貢献するものである。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	チャウ ティー カム ホン（ベトナム）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第114号
学位授与年月日	平成30年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Development of a target screening method of micro-pollutants in water samples using solid-phase extraction and time-of-flight mass spectrometry and application to Vietnamese aquatic environment （固相抽出と LC/TOF-MS を用いた水中の微量化学物質のターゲットスクリーニング法開発とベトナムの水環境への適用）
論文審査委員	主 査 伊藤 洋 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士） 審査委員 門上 希和夫 （北九州市立大学環境技術研究所特命教授 博士（水産学）） 審査委員 藍川 昌秀 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学） 博士（農学）） 審査委員 岡田 伸廣 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

## 論文内容の要旨

本論文の主な内容は次のように分けられる。①固相抽出 (SPE) と液体クロマトグラフィー飛行時間型質量分析 (LC/TOF-MS) を組み合わせた水試料中の有機化学物質 (約 300 種) のターゲットスクリーニング法の開発、および②開発分析法のベトナムの水環境への適用である。

本研究では、SPE と LC/TOF-MS を組み合わせ、水試料中に存在する広範囲な物理化学的性質 ( $\log Pow$  : -2.2~8.53) から構成される 311 種の有機化学物質 (LOCs) のターゲットスクリーニング法を開発した。最初に 128 種類の農薬を用いた検討において、2 種の固相 (スチレンジビニルベンゼンポリマーと活性炭カートリッジ) を用いたタンデム抽出、また抽出時の試料水の pH は 7.0 が最適であることを明らかにした。次に実施した 190 種のモデル化合物を用いた精製水添加回収試験では、 $0.20 \mu\text{g L}^{-1}$  の平均回収率が 80.8%、平均相対標準偏差 (RSD) が 13.5%、 $0.05 \mu\text{g L}^{-1}$  の回収率が 87.1%、RSD が 10.8% であり、精確な結果が得られた。また、下水処理場放流水を用いた添加回収試験 ( $0.20 \mu\text{g L}^{-1}$ ) では、平均回収率が 77.4%、平均 RSD が 13.1% の結果が得られ、排水にも十分に適用できることが確認された。さらに、開発した分析法を用いて北九州市内 5 か所の下水処理場の流入水および放流水を分析した結果、対象 311 種のうち 29 物質が少なくとも 1 回以上検出された。以上の結果から SPE 法と LC/TOF-MS-TIM 法を組み合わせた開発法が、環境水中の LOCs のスクリーニング分析として非常に有効であることが確認された。本ターゲットスクリーニング法は、多数の物質を一斉に分析できるため、従来法に比べて大幅に分析時間とコストを削減し、また溶媒使用量と有害廃棄物の排出量を減らすことできる。そのため、環境や排水の一次スクリーニング調査として非常に有効な手法である。特に少数の物質しか分析できない従来法に比べて汚染実態をより完全に把握でき、地震や汚染物質の排出事故発生後の原因究明や環境安全性評価にも適用可能である。さらに、LC/TOF-MS-TIM では精密質量のマスマスペクトルを得ることができるため、測定データノンターゲット分析およびレトロスペクティブ分析に使用することもできる。

上記のような特徴・有効性を有するターゲットスクリーニング法を用いてベトナムの主要都市を流れる河川の LOCs 汚染を調査した。ベトナムでは、未処理の生活排水や工業排水により河川・湖沼が汚染されているが、これまでの化学物質のモニタリングは少数の有害物質に限定されており汚染実態は十分に解明されていない。そのため、環境汚染の拡大を防ぐために、多数の化学物質を調べるのが急務だと考えられる。本研究ではベトナム河川における 1153 物質の汚染実態を明らかにし、検出物質の環境リスクを評価することを目的とした。このため二種の網羅分析法、1) 本研究で開発した分析法と 2) SPE と GC/MS 分析を組み合わせた方法

を使用した。調査地点はベトナムの北部から南部にかけて、2013年2月(乾季)に紅河、ハノイ、フエ、ダナン、ホーチミン市(HCMC)の5地域で採水した。その結果、165種の有機化合物質が少なくとも1回検出された。高頻度検出物質(>40%試料)はステロール(コレステロール、ベータ・シトステロール、スチグマステロール、コプロスタノール)、フタル酸エステル(ビス(2-エチルヘキシル)フタレート、ジ-n-ブチルフタレート)および医薬品(カフェイン、メトホルミン)であった。それらの物質は他の発展途上国でも高頻度に検出されている。この結果から、ベトナムでは特に大都市の中心部の表層水が多数の有機微量汚染物質によって汚染されており、それらの発生源は家庭や事業活動であることが明らかになった。

次に、大都市の河川における有機化学物質の汚染状況を把握するために、2013年9月(雨季)にハノイ及びHCMCで河川のサンプルを採取した。また、ハノイで地下水の18サンプルも採取した。乾季と雨季の結果を比較すると、ハノイでは、乾季に22物質、雨季に24物質が検出され、濃度はそれぞれ、3.2-13 µg/L、0.16-11 µg/Lであった。また、HCMCでは、乾季に22物質、雨季に30物質が検出され、濃度はそれぞれ0.86-12 µg/L、0.59-15 µg/Lであった。これらから、ベトナムの大都市の河川は多数の極性化学物質で汚染されていることが明らかになった。特に、医薬品(コチニン、リンコマイシン、スルファメトキサゾール、アセトアミノフェン)の検出濃度は、これまでに世界中で報告されている濃度と比べて高濃度であった。ベトナムでは排水処理が不十分のため、各国より濃度が高くなったと考えられる。農薬では、郊外は都市部より検出物質数が多かった。また雨季と乾季を比較すると、雨季の検出物質数が多く、濃度も高かった。特にHCMCの郊外では雨季は乾季の6倍の30物質が検出され、濃度も1.2 µg/Lと乾季の6倍であった。この原因として農業活動の影響が考えられる。

河川水の環境リスクを評価した結果、医薬品のスルファメトキサゾール、アンピシリン、アセトアミノフェン、エリスロマイシンおよびクラリスロマイシンのMEC/PNEC値が1より大きく、河川の生物に悪影響を及ぼす可能性が示唆されたため、詳細な調査が必要である。

地下水の分析結果は、計36物質(工業用1物質、医薬品4物質、農薬31物質)検出され、濃度がND~1270 ng/Lであった。高頻度検出物質はリドカイン(89%)とジシクロヘキシルアミン(67%)であり、最大濃度はそれぞれ81 ng/L、39 ng/Lであった。地下水の汚染源はほとんど不明である。

以上をまとめると、SPE法とLC/TOF-MSを組み合わせた開発法が水中の311類のLOCsの調査に非常に有効であり、ターゲットスクリーニングに限らずノンターゲット分析にも使用できる。ベトナムの河川から多くの医薬品・農薬が高濃度で検出され、一部は水生生態系へ悪影響を与える可能性があることが明らかになった。

## 論文審査の結果の要旨

第一章の序論では、化学物質、特に医薬品と関連製品(PPCPs)及び農薬による環境汚染問題と化学物質分析の課題を紹介し、続いてベトナムにおいて化学物質汚染調査が限られている状況を説明している。最後にそれらを踏まえた研究目的、1)ターゲットスクリーニング分析法の開発と2)開発法を用いたベトナムの水環境汚染の実態把握を述べている。

第二章は、極性物質のターゲットスクリーニング法の開発に関する報告である。これまで極性物質向けに数多くの個別分析法が開発されているが、対象物質数、費用、時間、廃棄物発生などで多くの問題がある。それらを解決するために、固相抽出法では2種の固相を用いたタンデム抽出を開発し、LC/TOF-MSではインソースフラグメンテーションを用いた同定手法と精密質量を利用した高選択・高感度分析を実現した。添加回収試験(0.05 µg/L)では、87.1%の回収率(相対標準偏差 10.8%)であり精確な結果が得られた。また、環境水だけで無く下水処理場廃水などの汚濁試料にも適用できることを明らかにした。

第三章では、開発法とGC/MSによる半揮発性化学物質向けの2つのターゲットスクリーニング法をベトナムの河川水や地下水に適用した結果を報告している。2013年2月に紅河、ハノイ、フエ、ダナン、ホーチミン市の5地域の河川水を採水して分析した。その結果、165種の有機化学物質が少なくとも1回検出された。高頻度検出物質(>40%試料)はステロール類、フタル酸エステル類及び医薬品であった。また、ハノイの地下水からは、計36物質(工業用1物質、医薬品4物質、農薬31物質)が検出され、濃度はND~1270 ng/Lであった。これらの結果から、ベトナムでは特に大都市中心部の河川が多数の有機微量汚染物質によって汚染されており、それらの発生源は家庭や事業活動であることが明らかになった。

第四章の結論では、本研究での成果であるターゲットスクリーニングの有用性とベトナムの水環境汚染の深刻さが再確認されている。

以上を審査した結果、学術的優れた研究であり、環境保全上でも有用性が高い研究であると評価した。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	チン イ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第115号
学位授与年月日	平成30年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Comprehensive evaluation and environmental effects of urbanization process in China (中国における都市化総合評価及び環境への影響に関する研究)
論文審査委員	主 査 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 吉塚 和治 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士)

## 論文内容の要旨

Rapid urbanization and economic development have caused many problems for the environment, society and governance. It is essential to do a more in-depth study to explore the relationship between the urban and eco-environment.

In Chapter one, research background and significance is investigated. In addition, previous studies and current situation in the research fields was reviewed and discussed.

In Chapter two, an in-depth review of prior studies associated with the research topic was conducted. The literature review was carried out from three aspects: urbanization and eco-environment evaluation and coordination, urban sprawl assessment and urban heat island investigation.

In Chapter three, maximum entropy method was applied to help generate the evaluation system of eco-environment level and urbanization level at provincial scale. Comparison analysis and coordinate analysis was carried through to assess the development of urbanization and eco-environment as well as the balance and health degree of the city develop.

In Chapter four, DMSP/OLS stable nighttime light dataset was used to measure and assess the urban dynamics from the extraction of built up area. Urban sprawl was evaluated by analyzing the landscape metrics which provided general understanding of the urban sprawl and distribution pattern characteristics could be got from the evaluation.

In Chapter five, the investigation of surface urban heat island effects in Beijing city which derive from land surface temperature retrieval from remote sensing data of Landsat TM was carried out. In addition, spatial correlation and relationship between the urbanization level, vegetation coverage and surface urban heat island was carried out in this chapter.

In Chapter six, all the works have been summarized and a conclusion of whole thesis is deduced.



## 論文審査の結果の要旨

本論文は、中国の都市を対象とし、都市ダイナミクス変化、評価システム、都市ヒートアイランド効果、熱的快適性等がどのように関係しているかを解析し、都市環境の改善と向上を図るため、都市化と環境評価、都市の広がりへの評価、都市のヒートアイランドとその影響要因、都市構造と熱的快適性への影響に焦点を当てた研究である。

第1章では、研究の背景や目的、論文の構成を述べている。

第2章では、都市環境、都市の広がりへの評価、都市ヒートアイランド、都市熱環境シミュレーション及び熱快適性及び関連する既往研究を示し、本論文の位置づけを明らかにした。

第3章では、主成分分析法、エントロピー法及び像限散布法を用いて、中国省レベルでのエコ環境レベルと都市化レベルの評価システムを構築し、都市化とエコ環境、及び都市発展のバランスと健康性を評価し、統計データにより、総合的に中国都市の環境評価ができるようになった。

第4章では、安定した **DMSP/OLS** 夜間光データセットを利用して、都市化エリアの抽出から都市のダイナミクス変化を測定できた。北京、上海や広州等の都市のスプロール現象を明らかにした。

第5章では、ランドサット **TM** のリモートセンシングデータから北京の地表温度の調査を行い、北京市の都市化レベル、植生被覆率、地表のヒートアイランドとの空間的相関関係を明らかにし、都市ヒートアイランドの評価を可能にした。

第6章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文は、中国の都市を対象とし、都市ダイナミクス変化、評価システム、都市ヒートアイランド効果、熱的快適性等がどのように関係しているかを解析し、その関連性を見いだしており、都市気候分野での新たな知見を与えるものである。急速な都市化が進みつつある中国での都市気候の変化を踏まえた都市計画を行う際の技術的手法を提案しており、今後の都市づくりに大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ミヤ リズキニヤ（インドネシア）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第117号
学位授与年月日	平成30年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	<p>Study on Denoising and Unmixing of Hyperspectral Images Exploiting Spectral Linearity</p> <p>（スペクトルの線形性を考慮したハイパースペクトラル画像の ノイズ除去とアンミキシングに関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 奥田 正浩 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>審査委員 孫 連明 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>審査委員 永原 正章 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（情報学））</p> <p>審査委員 原口 昭 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（理学））</p>

## 論文内容の要旨

In a noise-free RGB image, a linearity is formed from pixels in its local patches. Color line is the linear cluster in the RGB color space that approximates the shape of color distribution in the local region. As an efficient feature to represent the inter-channel correlation of local regions, the color line is introduced in the field of color image processing. The feature is used to model the correlation among neighboring pixels as well as among the channels in many image processing frameworks. The color-line property is very useful to decorrelate the channels and has been applied to image denoising to reduce discoloration artifacts in RGB images.

In remote-sensing imagery, the need to extract more detailed information has expanded from multispectral images to hyperspectral images that enable pixel-constituent-level analysis. Hyperspectral images have better spectral resolution than multispectral images due to their large number of narrow and contiguous spectral bands. The hyperspectral data can be decomposed (unmixing) into a collection of spectral signatures (spectral library) and a set of corresponding fractions (abundances) that represent the proportion of each spectral signature contained in the pixels (endmember).

Hyperspectral data have linearity in their spectral and spatial domains. The correlation among the spectral channels is high due to the narrow spectral resolution. The high correlation also holds among the pixel members of a local region due to the spatial similarity. In a physical sense, the pixels in such regions contain the same materials, either in the same or different fractions. The high spatial correlation also implies linearly dependent abundance vectors in the abundance matrix.

The aim of this study is to generalize the color line to the  $M$ -dimensional spectral line feature ( $M > 3$ ) and introduce methods for denoising and unmixing of hyperspectral images based on the spectral linearity. In the denoising task, we propose a local spectral component decomposition method based on the spectral line. We first calculate the spectral line of an  $M$ -channel image, then using the line, we decompose the image into three components: a single  $M$ -channel image and two gray-scale images. By virtue of the decomposition, the noise is concentrated on the two images, and thus the proposed algorithm needs to denoise only the two grayscale images, regardless of the number of the channels. As a result, image deterioration due to the imbalance of the spectral component correlation can be avoided. The experiment shows that the proposed method improves image quality with less deterioration while preserving vivid contrast.

For unmixing, we propose an algorithm that exploits the low-rank local abundance by applying the nuclear norm to the abundance matrix for local regions of spatial and abundance domains. In our optimization problem, the local abundance regularizer is collaborated with the  $L_{2,1}$  norm and the total variation for sparsity and spatial information, respectively. We conduct experiments for real and simulated hyperspectral data sets assuming with and without the presence of pure pixels. The experiments shows that the proposed algorithm yields competitive results and performs better than the conventional algorithms.

## 論文審査の結果の要旨

本論文はハイパースペクトル画像のノイズ除去とアンミキシング(Unmixing)に関する技術に取り組んでいる。ハイパースペクトル画像とは、広く用いられるRGB画像よりも高いスペクトル解像度をもつ画像である。ここでは、リモートセンシングにおいてハイパースペクトル画像を用いる際の必須技術であるノイズ除去と、撮影されたシーンに写る物質を特定するアンミキシングに関して新しい手法を提案している。

第1章は序論であり、リモートセンシングにおけるハイパースペクトル画像処理の重要性、アンミキシングの基礎概念等を述べている。

第2章では研究の背景と、比較対象となる従来法について述べている。ハイパースペクトル画像が持つ“スペクトル線形性”の解説、およびノイズ除去とアンミキシングにおけるスペクトル線形性の重要性を述べている。また、ノイズ除去、アンミキシングそれぞれについて関連する研究を概観している。

第3章と第4章に提案手法を記載している。まず第3章ではスペクトル線形性を陽に考慮したノイズ除去手法を提案している。研究で用いる要素技術の解説をし、ノイズ除去アルゴリズムを提案している。数多くの実験例を示し、定量的に手法の有効性を検証している。また、本手法はハイパースペクトル画像だけでなく、従来のRGB画像のノイズ除去においても有効に作用することを示している。

第4章ではスパースモデリングを用いたアンミキシング手法を提案している。まず本論文において重要な要素技術となる凸最適化手法とその代表的な解法に関して解説し、提案法の詳細を示している。シミュレーションデータとリモートセンシングで用いられる実データに本手法を適用し、従来の手法との比較を綿密に行うことで、その有効性を検証している。

第5章は結論である。

本論文で提案する手法は、理論的に新しく学術的に意義があり、かつ実データに対する有効性も持ち合わせており、高く評価できる。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	インドリヤニ ラフマン（インドネシア）
学位の種類	博士（学術）
学位番号	甲第006号
学位授与年月日	平成30年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Structural Analysis of Consciousness on Environmental Conservation Behaviors and Effectiveness of Environmental Education as an Enhancement Approach: Focusing on the Community-based Waste Management in Indonesia (環境保全行動に対する意識とその強化策としての環境教育効果の構造分析：インドネシアにおけるコミュニティベースの廃棄物管理に焦点をあてて)
論文審査委員	主 査 松本 亨 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 野上 敦嗣 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 二渡 了 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士(工学)) 審査委員 高島 康裕 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士(工学))

## 論文内容の要旨

インドネシアでは近年、急速な経済成長と都市化の進展、インフラ整備の遅れから、廃棄物問題が深刻化している。河川等への不法投棄、貧困層によるごみのピックアップ等の社会問題などの二次的問題も引き起こしており、公的な廃棄物管理とともに、コミュニティベースの資源ごみ収集体制が注目されている。環境教育については、学校に対する評価・認証システムを独自に構築しているが、十分に効果が上がっているとは言い難い状況にある。このような中、本研究は、コミュニティベースの廃棄物管理システムに焦点を当て、その活動に関わるスタッフや住民の意識構造を明らかにした。また、参加意識と行動を向上させるための教育に対して、PBL (problem-based learning) 型環境教育の試行とその効果を分析した。本論文は上記にかかる研究成果を取りまとめたものであり、全6章で構成されている。

第1章では、研究の背景について論じ、本研究の目的と構成を述べた。

第2章と第3章では、コミュニティベースの廃棄物管理である「ごみ銀行」に着目し、地域住民がごみ銀行に参加する要因を明らかにするために、第2章では、バンドン市を対象にアンケート調査を行った。得られたデータを元に共分散構造分析を行った結果、住民がごみ銀行に参加する要因は、会員と非会員に違いがあることを明らかにした。第3章では、さらに調査対象都市を増やし、ごみ銀行がもたらすごみ問題の改善や資源循環、すなわち公益面と、ごみ銀行の活動に参加することによってお金を貯めることができるという私益面から、参加・協力に関する意識構造を明らかにした。参加者は「費用対私益評価」が「行動意図」へ強い影響を及ぼし、非参加者は「社会規範評価」が「行動意図」へ強い影響を及ぼすことが明らかになった。

第4章では、バリクパパン市カラランジョアン村を対象に、村の廃棄物管理を取り巻く現状の分析をもとに、SWOT分析を用いて今後の改善策について論じた。具体的には、私益主導型の廃棄物管理活動の導入、資源ごみの市場の開拓のためのビジネスマッチング、キーパーソンを取り込んだ環境プログラム、専門家やボランティアによる支援、環境教育の継続的取組等である。

第5章では、ごみ銀行を含む環境保全活動への住民の取り込みにも有効であると考えられる、PBL型環境教育プログラムの試行とその効果を分析した。試行とその後の効果分析のためのアンケート調査を、3つの都市で行なった。PBL型手法を伝授するグループとそうでないグループを設定し、それぞれ6ヶ月後の知識・意識・行動を分析した。その結果、PBL型手法の有効性を確認できた。

第6章では、本研究の結論と今後の課題について述べた。

## 論文審査の結果の要旨

インドネシアでは近年、公的な廃棄物管理とともに、コミュニティベースの資源ごみ収集体制が注目されている。また環境教育については、学校に対する評価・認証システムが独自に構築されているが、十分に効果が上がっているとは言い難い。本研究は、コミュニティベース廃棄物管理システムに焦点を当て、その活動に関わるスタッフや住民の意識構造を明らかにした。また、参加意識と行動を向上させるために PBL (problem-based learning) 型環境教育の試行とその効果を分析した。

本論文は、全 6 章で構成される。第 1 章では、本論文の背景及び目的、既往研究のレビューと本研究の特徴について述べている。第 2 章では、ごみ銀行の会員・非会員（周辺の住民）を対象にアンケート調査を行い、得られたデータを元に共分散構造分析を行うことで、ごみ銀行への参加要因をはじめ、会員と非会員に意識構造の違いがあることを明らかにしている。第 3 章では、ごみ銀行がもたらすごみ問題の改善や資源循環（公益面）と、ごみ銀行の活動に参加することで貯蓄が可能となる等の私益面から、参加・協力に関する意識構造を分析することで、参加者は「費用対私益評価」が「行動意図」へ強い影響を及ぼし、非参加者は「社会規範評価」が「行動意図」へ強い影響を及ぼすことを明らかにしている。第 4 章では、SWOT 分析を用いて、ごみ銀行の普及がまだ進んでいない都市を対象に今後の改善策について考察し、私益主導型の廃棄物管理活動の導入、資源ごみの市場の開拓のためのビジネスマッチング、キーパーソンを取り込んだ環境プログラム、専門家やボランティアによる支援、環境教育の継続的取組が必要であることを論じている。第 5 章では、ごみ銀行を含む環境保全活動への住民の取り込みにも有効であると考えられる PBL 型環境教育プログラムの試行とその効果を分析した結果、同手法の有効性を確認している。第 6 章は、本研究の総括である。

以上要するに、本論文は、インドネシアにおけるコミュニティベース廃棄物管理システムの成立要件とその強化策としての環境教育の効果的手法の有効性を明らかにしたものである。本研究の成果は、環境社会心理学の分析手法とそこから得られた含意の新規性・有用性において高く評価され、廃棄物管理学、環境教育学に対して寄与するところが大きい。

よって本論文の著者は博士（学術）の学位を受ける資格があるものと認める。



フリガナ 氏名（本籍）	ウ ケイホウ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第116号
学位授与年月日	平成30年3月24日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	A theoretical study and application of self-insulation exterior wall in the hot summer and cold winter climate zone of China （中国の夏期暑熱冬期寒冷の気候地域における外壁保温システムの理論的研究と応用）
論文審査委員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士） 審査委員 寺嶋 光春 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（学術））

## 論文内容の要旨

Chapter1, Introduction. The origin, research background and method of this project are introduced and the practical significance of major research findings is summarized.

Chapter 2, Investigation of wall insulation systems in the hot summer and cold winter zone. This chapter provides a realistic basis for the whole dissertation. It mainly expounds the investigation findings of self-insulation wall .

Chapter3, Experimental research on thermal performance of common wall materials in the hot summer and cold winter zone. The chapter elaborates the experiments on the thermal performance of common wall materials in the hot summer and cold winter zone. The performance, advantage and disadvantage were studied in detail by the finite element method.

Chapter4, Theoretical research on self-insulation system in hot summer and cold winter areas. This chapter provides systematic analysis and study on the theory and numerical computation of self-insulation system in the hot summer and cold winter zone to clarify the basic principles of heat transfer in the self-insulation wall.

Chapter5, Calculation, analysis and field measurement of the pilot project. Identifies three most economical and effective key compositions of self-insulation wall. Pilot project was conducted and the three key compositions was examined through computational analysis and field testing.

Chapter 6, Conclusion and outlook. Concludes the whole dissertation.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、中国の夏期暑熱冬期寒冷の気候地域における外壁の断熱システムを開発し、理論的分析、実証実験を通して、開発された断熱システムの基本原理を明らかにし、パイロットプロジェクトを通じて技術的対策の有効性を検証したものである。

第1章では、研究の背景や目的、論文の構成を述べている。

第2章では、夏期暑熱冬期寒冷の気候地域における外壁の断熱システムの調査を行い、存在する問題点を明らかにし、改善方法を提案し、開発に繋がった。

第3章では、夏期暑熱冬期寒冷の気候地域において、従来の外壁の断熱材及び開発された断熱材の熱性能に関する実験的研究を行い、それぞれの利点及び欠点を明らかにし、開発された外壁の断熱システムの有効性を実験的に立証した。

第4章では、開発された断熱壁における熱伝達の基本原理に基づき、外壁の断熱システムの数値計算のモデルを体系的に構築し、理論解析により、開発された外壁の断熱システムの有効性を理論的に立証した。

第5章では、パイロットプロジェクトにおいて、開発された外壁の断熱システムを八つの建物に導入し、それらの経済的な組合せ、実際の省エネルギー効果をフィールド計測により、確認し、今後の普及が見込まれることを示した。

第6章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文は、中国の夏期暑熱冬期寒冷の気候地域における外壁の断熱システムの開発、理論的分析及び実証実験を通して、該当地域の建築省エネルギーの可能性を見いだしており、建築省エネルギー分野での新たな知見を与えるものである。建築エネルギー消費が急激に増加している中国において、開発された新しい外壁の断熱システムは夏期暑熱冬期寒冷の気候地域での今後の省エネルギー事業に大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。



博士學位論文 内容の要旨および審査結果の要旨  
第 24 号 (平成 30 年 3 月授与)

発行日 平成 30 年 4 月  
編集・発行 北九州市立大学 学務第二課  
〒808-0135  
北九州市若松区ひびきの 1-1  
TEL 093-695-3330