

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25年5月23日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22310021

 研究課題名（和文） 東アジアから侵入する残留性有機汚染物質の越境汚染評価と
数値モデルによる解析

 研究課題名（英文） Determination of Transboundary Pollution for Persistent Organic
Pollutants (POPs) from East Asian Countries by the Chemical Analysis
and the Investigation on the Numerical Simulation Model

研究代表者

河野 公栄 (KAWANO MASAHIDE)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号：50116927

研究成果の概要（和文）：近年、東アジア近隣諸国の活発な産業活動に伴う我国への化学物質越境汚染が懸念される。そこで本研究では長距離移動性を有する環境残留性有機汚染物質（POPs）を対象に越境汚染について検討した。検討の結果、日本国内及び周辺海域の大気、海水試料等から、我が国での使用実績がないマイレックスが検出された。後方流跡線解析及び大気化学輸送モデル解析の結果、マイレックスが東アジア等の近隣国から越境侵入していることが解明された。

研究成果の概要（英文）：Recently, East and Southeast Asian countries have been industrialized and have produced many kinds of chemicals. Among them, persistent organic pollutants (POPs) tend to be long-range atmospherically dispersive. They are likely to take adverse effects to wildlife and humans. Therefore, the study proved that the transboundary pollution of POPs from East and Southeast Asian countries by chemical analyses and investigation on the numerical simulation model. The results indicated that the transboundary pollution of mirex is determined from the chemical analyses and simulation model.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2011年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2012年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価、環境政策

キーワード：陸圏、水圏、大気圏影響評価、越境汚染、残留性有機汚染物質(POPs)

1. 研究開始当初の背景

越境汚染が地球環境問題の一つとしてクローズアップされて久しいが、残念ながら我が国ではこの問題は、専ら大気汚染のうち酸性雨と関連づけた議論はなされてきたものの他の地球環境問題に比べても本格的に取り組まれてきたとは云いがたい。その理由として、研究者コミュニティの意識が成熟していなかったことと、政治的には中国に対する配慮が背景にあったことも否定できない。しかるに最近になって越境汚染問題は、近年の東アジア近隣諸国の活発な産業活動を背景に看過できない事態となりつつある。欧米では、1970年代以前より酸性雨原因物質による越境大気汚染が明らかにされ当事者国間で協議し対策が講じられてきた。我が国と中国間の酸性雨物質の問題は、中国から酸性雨物質が輸送されて来ている証拠は明らかにされているものの、中国からの越境汚染をシミュレーションするモデリングなどの数値解析が一部行われているに過ぎない。大気汚染物質のメソスケール輸送の研究としては、アジアからの黄砂が太平洋に達する現象がはやくから着目され、地上観測と衛星観測によって大陸間輸送が捉えられ、モデルによる検証が行われた(Wilkening, K., L., *Trans-Pacific air pollution, Science*, **290**, 65-67, 2000)。近年に於ける国際的な越境大気汚染問題は、オゾン、エアロゾルの大陸間輸送、半球大気汚染について国際的論議の枠組みの中で新たな問題提起がなされている。大気の大陸間輸送には一般に1週間程度かかるためこうした大陸間輸送が問題となるのは、大気中の寿命が1週間以上あるような大気汚染物質である。具体的に現在対象と考えられるのは対流圏オゾン、エアロゾル、水銀、残留性有機汚染物質(POPs)の4種であり、国際的に検討されているのは無機ガス、エアロゾルがメインで国内的にも無機ガス及び黄砂が検討されているに過ぎず、POPsなど有機化合物に関する越境汚染研究は国際的にも国内的にも殆ど行われていない。特にPOPsについては、環境中で難分解性かつ生物蓄積を有し、生物に毒性影響を及ぼすことから「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」によって製造、使用、輸出入の禁止の措置が講じられている一連の有機化合物群であり、POPsの越境汚染を解明することは国際的にも注目される。

2. 研究の目的

越境汚染としては、大気経由のみならず海流による近隣諸国からの我が国領海内への汚染物質の侵入が考えられる。POPsは、大気、水などの環境媒体を通じてヒトを含む生物に蓄積し毒性影響を及ぼすことから、もし重大な越境汚染を受けた場合、影響は深刻かつ長期化することは容易に考えられる。我が国の大気と海水が越境汚染を惹起しているとすると我が国の法的規制だけでは対応できなく、汚染源となる国の協力がなければ汚染を回避し低減化を図ることは困難であり、どのように越境汚染を引き起こしているのか科学的データを積み上げ、越境汚染のメカニズムを解明しその寄与を定量的に把握することは、科学的にも社会的にも喫緊に検討すべき課題である。

そこで本研究課題は、日本国内に大気試料採取地点を設定し、さらに地理的に東アジア地域からの越境汚染影響を受けやすく、しかも我が国自身のバックグラウンド影響が低いと考えられる南西諸島海域や北部東シナ海域等において海洋調査等で海洋大気、海水試料等の採取を行う。日本国内で採取した大気試料に関して、後方流跡線解析等により採取時の大気気象パラメータに基づく気流軌跡の追跡によって東アジアのどの地域を起源とする越境汚染であるかを明らかにするとともにPOPs化学分析によって得られたデータと大気化学輸送モデルによって得られた推定値と環境試料の実測値を比較検討し、大気化学輸送モデルの信頼性に関する検討を試みる。また大気及び海水の汚染指標生物としてクロマツ(*Pinus thunbergii*)などの松属(*Pinus* sp.)の松葉及びスルメイカ(*Todarodes pacificus*)などの各種の生物試料を採取し、指標性を検討し大気、海水試料とあわせて越境汚染評価を行う。これらのデータを積み上げて東アジア地域で使用された化学物質が日本の大気や海水の濃度レベルにどのように影響するのかを定量的に把握することを試みる。以上、それらを研究目的として本研究課題を遂行した。

3. 研究の方法

東アジア近隣諸国から我が国への残留性有機汚染物質(POPs)の越境汚染を定量的に評価するため、日本、東アジア近隣諸国等から大気、海水、生物試料を採取し、分析に供した。以下に環境試料の採取・分析法の概要を示す。

(1) 気圏関連試料

① 大気試料大量自動捕集装置(ハイボリュームエアサンプラー)による大気中 POPs の捕集

日本国内に大気モニタリング地点を設定し、大気試料大量自動捕集装置(ハイボリュームエアサンプラー)により大気試料を採取するとともに船舶により海洋大気試料を採取した。ハイボリュームエアサンプラーによる大気試料大量捕集の日本国内における採取地域として、東アジアからの大気の流れを考慮して隠岐の島や佐渡島及びコントロール(日本国内を発生源とする寄与を明らかにするために)として松山等に採取地点を設定した。さらに南西諸島海域、北部東シナ海において洋上大気試料の大量捕集を船舶にて行った。これらの海域での試料採取には長崎大学水産学部練習船・長崎丸の協力を得ることができた。

大気試料大量自動捕集装置は、基本的には大気中ダイオキシン類の捕集に用いられているハイボリュームエアサンプラーを用いた。捕集容量として、想定される大気中濃度を考慮して 1000 立方メートル程度の採取量を目標とした。捕集材としては、石英フィルター(QFF)、ウレタンフォーム(PUF)を用いたが、POPs はダイオキシン類に比べ蒸気圧が大きいため採気中にブレイクスルーによってロスすることが考えられたためブレイクスルーによるロスを最小限に抑えるために活性炭フィルター(ACF)をバックアップフィルターとして用いた。

② 松葉を生物指標とする大気中 POPs のモニタリング

ハイボリュームエアサンプラーで捕集される POPs は、採取時間である 24 時間に限られるため時間変動の濃度をとらえることはできるが数ヶ月から年間に及ぶ長期的な変動を捉えることは困難である。そこで、長期的な平均的濃度を把握するために指標試料として松葉試料を用いた。松葉は肉眼的に葉柄の伸長を外部形態として観察可能で、過去 1 年間に伸長した葉柄部の松葉を採取分析することによって数ヶ月から年間に及ぶ長期的な濃度変動の平均値を明らかにすることができる。松葉は、葉中にテルペン類である油状天然有機化合物を多く含み POPs を効率よく吸着することが知られている。

(2) 水圏関連試料

① 海水中 POPs の捕集

日本で使用実績のない POPs の海水中濃度は低レベルであることが想定されたため容量 500 立方メートル程度と比較的大量の海水試料を用いることが必要であると考え、吸着効率がよく而も短時間で海水試料の吸着処理が可能な捕集装置の開発を行った。また海

水中の POPs の存在状態(溶存と粒子吸着態)を考慮した捕集法を構築した。具体的には、石英フィルターで粒子吸着態を捕集し次いで溶存態を XAD-2 カラム、ウレタンフォームプラグ及び活性炭フィルターに吸着させる装置を開発した。

開発した海水試料大量捕集装置を用いて南西諸島海域、北部東シナ海において海水試料の採取を行った。これらの試料は、大気試料の項で述べたように、長崎大学水産学部練習船・長崎丸の協力によって、洋上大気試料と同時に採取した。

② イカ類を指標生物とする POPs モニタリング

日本周辺海域で採取したスルメイカ(*Todarodes pacificus*)に関する POPs モニタリングを試みた。一般に、魚介類は海水中の低レベルの POPs を脂肪に富む体組織に高濃縮することが知られている。特にイカ類は脂肪含量の大きい肝臓を有し、なかでもスルメイカは日本近海をはじめ東アジア地域で食料として捕獲されており比較的入手が容易であり、また生態学的情報として、スルメイカは東シナ海北部で孵化して成長に伴って北上し、寿命は 1 年と推定されている。したがって過去 1 年間の生息海域の海水の汚染レベルを明らかにでき、海水の POPs 汚染の指標生物種として優れていることが考えられる。東アジアから日本への海流を考慮して、日本海海域及び太平洋の日本沿岸域でイカ試料を採取した。

(3) 化学分析

化学分析の対象化合物としては、代表的な POPs である PCBs, DDTs, HCHs, HCB, クロルデン化合物、ダイオキシン類、マイレックス及びトキサフェンについて検討した。

大気試料大量自動捕集装置(ハイボリュームエアサンプラー)で採取した大気試料及び海水試料大量捕集装置で採取した海水試料の PUF、QFF 及び ACF はソックスレー抽出器を用い、アセトン及びトルエン抽出を行い、松葉試料については約 50g を細断した後円筒ろ紙に入れ同様にソックスレー抽出器を用いトルエンでそれぞれ 24 時間ソックスレー抽出を行った。またイカ試料は無水硫酸ナトリウムと混合し脱水の後にソックスレー抽出器を用いジクロロメタンで抽出した。これらの試料抽出液はロータリーエバポレーターを用い減容量の後、ヘキサンに溶媒置換し硫酸処理を行い、フロリジルとシリカゲルを用いたクロマトグラフィーによる妨害物質除去を行った。また、残余の油脂成分はジメチルホルムアミド/ヘキサン分配により除去した。最終的にデカン溶液に転溶後、高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計(HRGC/ HRMS)を用い対象化合物を分析した。

キャピラリーカラムとしてマイレックス・PCBsの測定はHT-8 PCB(関東化学株式会社製)カラム長60m×カラム内径φ0.25mm×膜厚0.25μmを、トキサフェン及びその他のPOPsについてはDB-5 MS(Agilent社製)カラム長30m×カラム内径φ0.25mm×膜厚0.25μmをそれぞれ使用した。なお高分解能HRGC/HRMSはHP6890(Hewlett-Packard社製)JMS-700D及び700S(日本電子株式会社製)を用い、分解能10,000以上で測定した。

(4) 大気化学輸送モデルによる解析

我が国で使用実績がなく未登録化学物質であるマイレックスが我が国で検出され、大気試料に関する後方流跡線解析の結果から汚染源が中国であることが推定された。また学術雑誌Chemosphere[Bin Wang et al., 79, 299-304 (2010)]でも中国でマイレックスが製造されているとの報告が記載されていた。そこで、対流圏メソスケールの気象モデル(MM5)と大気化学輸送モデル(CMAQ)を用いて、中国からのマイレックス拡散を推定し、南西諸島海域での大気試料実測データよりマイレックスの汚染寄与を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 気圏関連試料に関する検討結果

分析の結果、日本で使用実績のないマイレックスが日本国内のすべての大気・松葉試料から検出され、我が国で使用実績がないことから我が国以外からの大気経由での越境汚染が示唆された。大気試料中のマイレックスの濃度範囲は0.046~0.54pg/m³であり、最も高い濃度が検出されたのは2010年11月で黄砂が飛来した際に松山で捕集した大気試料である。このことから、汚染物質の我が国への流入には大気の捕集時期や経路の他、黄砂なども関係すると考えられる。松葉試料中マイレックスの濃度範囲は1.0~110pg/g(湿重)であり、日本国内における松葉中平均マイレックス濃度は3.3pg/g(湿重)であった。これに対し、国外で採取した松葉中マイレックス濃度は、北京:13 pg/g、ソウル:43 pg/g、広州:110pg/g(いずれも湿重)と日本国内の試料に比べ高い値であり、マイレックスの汚染源が日本国外にあることが解明できた。また、韓国においてもマイレックスは未登録化学物質であるが、日本国内の松葉中平均濃度に比べ、10倍以上高い濃度で検出されたことから、日本だけでなく、韓国に関しても国外からの越境汚染が懸念される。特に、松葉試料については中国の広州が最高値を示し中国が汚染源地域の一つである可能性が示唆された。

(2) 水圏関連試料に関する検討結果

海水試料については、2009年6および7月、2010年6月、2011年6月に、北部東シナ海および九州南部から西表島に至る南西諸島海域において採取した。大気試料と同様に日本で使用実績がなく未登録化学物質であるマイレックスが海水試料からも検出された。

しかし同じく我が国における使用実績がないトキサフェンは検出されなかった。マイレックスは最大濃度0.016pg/L、最小濃度0.0042pg/L、平均濃度0.0075pg/Lであった。最大濃度は沖縄西方の中国からの大陸棚の東端部の表層海水において検出された。しかしながら、最大濃度が検出された沖縄西方の中国からの大陸棚の東端部の表層海水試料を除き九州南部海域から南西諸島の西表島に至る海域の海水試料から検出されるマイレックス濃度は一般的に低く、沖縄本島、石垣島などの近海など黒潮の影響を受ける海域では低濃度であった。因みに九州南部から南西諸島海域のマイレックスの濃度範囲は0.0042-0.010pg/L、平均濃度0.0074pg/Lであった。それに対して北部東シナ海に位置する済州島の南部海域におけるマイレックス濃度が高い傾向を示し、因みに濃度範囲は0.011-0.039pg/L、平均濃度0.023pg/Lであった。このことは、長江からの大量の河川水および中国沿岸水などの比較的高濃度のマイレックスを含む汚染水が北部東シナ海域に拡散していることを窺わせる。またアメリカ航空宇宙局(NASA)が公開している同時期の北部東シナ海域の植物プランクトンの生育指標を示すクロロフィル分布と比較すると中国沿岸域から済州島南部の北部東シナ海域に分布していたことから栄養塩類を多く含む中国沿岸水が北部東シナ海域に拡がり、それに伴って中国を汚染源とするマイレックスの北部東シナ海域へ広く拡散していることが考えられる。マイレックス以外のPOPsとの濃度関係は、クロルデン化合物>HCHs(ヘキサクロロシクロヘキサン:アルファ、ベータ、ガンマー、デルタ)>HCB(ヘキサクロロベンゼン)>DDTs>トキサフェンであった。なおトキサフェンはいずれの試料も検出下限値以下であった。

一方、スルメイカ試料ではいずれの試料についてもトキサフェンが検出された。マイレックスおよびトキサフェンの検出濃度は、各々0.05-2.9ng/g 脂肪重、平均濃度0.73ng/g 脂肪重、24-544 ng/g 脂肪重、平均濃度136ng/g 脂肪重であり、トキサフェン濃度が高い傾向を呈した。スルメイカの生態に関して、不明な点が多く、一般には冬季には東シナ海に分布し、夏から秋にかけて対馬海峡から能登半島の日本海南海域及び三陸沖などに分布すると云われている。外套長や脂肪含量と濃度との間に明瞭な関係がみられな

いことから卵から孵化した後の生息域が体内濃度に反映しているものと考えられる。いずれにしても我が国では未登録の化学物質の我が国への越境侵入によって、我が国の沿岸に生息する魚介類汚染を引き起こしていることが本研究の結果、明らかとなった。

(3) 後方流跡線解析及び大気化学輸送モデルによる検討

大気試料に関して、後方流跡線解析を試みたところ、大気中のマイレックス濃度が高い採取期の大気塊は中国を經由していることが明らかとなった。また中国南東部の広州で採取した松葉の濃度が高かったことから、東アジアの中国を含む近隣諸国からのマイレックスの越境汚染が考えられた。さらに文献調査の結果、中国にはマイレックス製造企業が長江下流の江蘇省にあることが明らかとなった。さらに、マイレックスは殺虫剤としてシロアリ防除剤に用いられることが文献調査の結果、明らかとなった。そこで、比較的温暖で木造住宅のシロアリ被害が出やすいと考えられる長江以南の地域で主に用いられ、その使用量が人口に比例すると仮説を立て中国の人口統計に基づき 45km メッシュの排出量データを作成し、気象モデル (MM5) による風向風速、温度などを立体的に計算し、さらに大気化学輸送モデル (CMAQ) を使い、マイレックスの拡散計算を行い、マイレックス濃度の南西諸島海域における三次元マップ (緯度、経度、時刻) を作成した。モデルの計算結果より海洋大気試料採取時の船舶の航路と採取時間を考慮したマイレックス濃度の積分値と実際の海洋大気実測値を比較検討した。その結果、高い濃度を検出した大気採取試料については、モデルによる計算でも高い濃度の推定値が得られ比較的よく一致したが、モデル計算で低濃度の計算値が得られた一部の試料について、実測値は比較的高い濃度であった。このように一部試料で両者が異なった理由として、マイレックス使用域からの大気への移行量を人口密度に比例させ、汚染源地域を中国の長江以南 (北緯 32 度) と仮定したためと考えられる。即ち、拡散モデル計算と実測値の相違は、中国の長江以北や中国以外の東アジアでもマイレックスが使用され、また全地球規模でのマイレックス濃度 (バックグラウンド) の影響を我が国が受けていることを示唆している。

はじめに述べたように、東アジア諸国の経済興隆は目覚ましく、それに伴い各種化学工業による化成品の製造がますます活発化することが予想されるが、当然のことながら本研究課題で取り上げた POPs 以外にも、種々の化学物質が我が国に越境侵入し、我が国は

今後それらの越境侵入により深刻な悪影響を被る可能性が高い。本研究結果が、そのような我が国への越境汚染を監視する体制の構築と越境侵入を定量的に精度よく解析する手法の開発に寄与する基礎的研究として資することを切に望みたい。

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 3 件)

1. Kawano, M., Kakoi, T., Matsuda, M., Min, B-Y., Morita, M., Mirex and toxaphene in atmosphere and pine needle collected in Japan, *Organohalogen Compounds*, 査読有、74, 388-391 (2012).
2. Kawano, M., Nakamura, K., Kakoi, T., Matsuda, M., Min, B-Y., Morita, M., Mirex and toxaphene in surface water collected from the Nansei Islands and Northern East China Sea, *Organohalogen Compounds*, 査読有、73, 1083-1086 (2011).
3. Kawano, M., Miyata, S., Naskamura, K., Kakoi, T., Matsuda, M., Morita, M., Transboundary contamination by mirex and toxaphene: Their presence in Japanese seawater and accumulation in Japanese common squid (*Todarodes pacificus*), *Organohalogen Compounds*, 査読有、72, 551-554 (2010).

[学会発表] (計 12 件)

1. Kawano, M., Kakoi, T., Matsuda, M., Min, Byung-Yoon, Morita, M., Persistent organic pollutants (POPs) in marine atmosphere and seawater collected in southern Japan, *Proceedings of SETAC Asia and Pacific 2012, Proceedings, Kumamoto, 24-27 September (2012)*.
2. 西山達也, 梶 拓也, 柳原有紀, 松田宗明, 森田昌敏, 仲山伸次, 河野公栄, 東アジア地域における残留性有機汚染物質 (POPs) の長距離輸送によるわが国への越境汚染, 日本環境化学会, 第 21 回環境化学討論会, 講演要旨集, p. 721-722, 松山, p. 721-722, 7 月 11-13 日 (2012).
3. 河野公栄, 梶 拓也, 松田宗明, 関 丙允, 森田昌敏, 東アジア地域における残留性有機汚染物質 (POPs) の越境汚染 - 大気捕集試料と松葉試料を用いたモニタリング -, 日本分析化学会, 第 72 回分析化学討論会, 講演要旨集, p. 240, 鹿児島, 5 月 19-20 日 (2012).
4. 河野公栄, 中村 薫, 宮田聖子, 梶 拓也, 松田宗明, 関 丙允, 森田昌敏, 日本近海の表層海水における残留性有機汚染物質

(POPs)の存在とその生物蓄積性、日本分析化学会、第60回年会、講演要旨集、p305、名古屋、9月14-16日(2011)。

5. 梶 拓也、河野公栄、松田宗明、森田昌敏、東アジア地域における残留性有機汚染物質(POPs)の越境汚染 -松葉試料を用いたモニタリング-、日本環境化学会、第20回環境化学討論会、講演要旨集、p.504-505、熊本、7月16-18日(2011)。

6. 奥田梨恵、岡崎友紀代、西川 敦、若松伸司、愛媛大学農学部におけるS PM、PM2.5、OBCの経年変化、大気環境学会中四国支部公開講演会、講演要旨集、p21-24、広島、1月22日(2011)。

7. 河野公栄、中村 薫、桑原 睦、梶 拓也、松田宗明、関 丙允、森田昌敏、南西諸島及び北部東シナ海における海洋大気中の残留性有機汚染物質(POPs)、日本分析化学会、日本分析化学会 第59年会、要旨集、p290、仙台、9月15-17日(2010)。

8. 河野公栄、中村 薫、桑原 睦、梶 拓也、松田宗明、関 丙允、森田昌敏、南西諸島及び北部東シナ海における海洋大気中の残留性有機汚染物質(POPs)、日本分析化学会、日本分析化学会 第59年会、展望とトピックス、p5、仙台、9月15-17日(2010)。

9. 國元浩平、岡崎友紀代、西川 敦、若松伸司、近年における日本のAOT40の推移及び地域比較、日本大気環境学会、第51回年会、講演要旨集、p.255、大阪、9月8-10日(2010)。

10. 梶 拓也、中村 薫、松田宗明、河野公栄、関 丙允、森田昌敏、東アジア地域における残留性有機汚染物質(POPs)の越境汚染 -南西諸島周辺及び北部東シナ海の大気試料の測定-、日本環境化学会、第19回環境化学討論会、講演要旨集、p454-455、愛知、6月21-23日(2010)。

11. 河野公栄、中村 薫、梶 拓也、松田宗明、関 丙允、森田昌敏東アジア地域における残留性有機汚染物質(POPs)の越境汚染 -南西諸島周辺及び北部東シナ海の海水試料に関する検討-、日本環境化学会、第19回環境化学討論会、講演要旨集、p456-459、愛知、6月21-23日(2010)。

12. Tu, N. P. C., Namba, T., Kawano, M., Matsuda, M. and Takeuchi, I., Assessment of PCB contamination via congener level analysis in barramundi seabass *Lates calcarifer* from Vietnam, 6th International Conference on Marine Pollution and Ecotoxicology, Program & Abstract, p.136, City University of Hong Kong, Hong Kong, China, June 1-3 (2010)。

[図書] (計1件)

1. Kawano, M., Thao, V. D., Spatial and

trends of persistent organic chemicals in Vietnam. In. "Global Contamination Trends of Persistent Organic Chemicals", Ed. Loganathan, B., Lam, P. K. S., CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, Florida, USA, 279-303 (2012)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河野 公栄 (KAWANO MASAHIDE)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号：50116927

(2) 研究分担者

若松 伸司 (WAKAMATSU SHINJI)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号：70109502

竹内 一郎 (TAKEUCHI ICHIRO)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号：30212020

(3) 連携研究者

森田 昌敏 (MORITA MASATOSHI)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号：30132864

高尾 雄二 (TAKAO YUUJI)

長崎大学・大学院水産環境科学総合研究科・教授

研究者番号：20206709

松田 宗明 (MATSUDA MUNEAKI)

愛媛大学・農学部・助手

研究者番号：00108408

西川 敦 (NISHIKAWA ATSUSHI)

愛媛大学・農学部・助教

研究者番号：70189265

岡崎 友紀代 (OKAZAKI YUKIYO)

愛媛大学・農学部・研究員

研究者番号：60527737