

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 4月18日現在

機関番号：15201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21651009

研究課題名（和文） 汽水湖に飛来する鳥類の卵殻の安定同位体比を用いた生態系モニタリング手法の確立

研究課題名（英文） Establishment of ecosystem monitoring method using a stable isotope ratios of eggshells of birds flying to the brackish lake

研究代表者

瀬戸 浩二 (SETO KOJI)

島根大学・汽水域研究センター・准教授

研究者番号：60252897

研究成果の概要（和文）：

本研究では、炭酸塩卵殻の酸素・炭素同位体比の測定は、質量分析計の老朽化により信頼できる測定値が得られていないが、今後にゆだねるために炭酸塩卵殻を粉末にした状態で保存している。しかし、それ以外のいくつかの分析することにより、サンプルの処理法に関することを検討した。殻の構造や厚さは、種により特徴が見られた。これにより、一部の種は同定することができる。炭酸塩卵殻の全有機炭素濃度、全窒素濃度、全イオウ濃度及びC/N比については同位体分析用の炭酸塩卵殻の粉末を用い、CNS元素分析計で測定した。また、XRF元素分析のよりいくつかの成分に対して、測定された。主要成分で有効なのは、Na, Mg, Caの成分であった。これらの項目は、個体による差が大きいが、すべての成分を組み合わせることによって、大まかな分布では、種による違いが見られた。したがって、これらの分析から卵殻の種を同定することも可能であり、破片のみサンプリングしても種がある程度同定できることになる。これはモニタリングツールとしての可能性を広げたことになり、今後さらに研究を続けていく価値がある。

研究成果の概要（英文）：

In this study, the measurement of carbon isotope oxygen of eggshell carbonate, even if it has not been obtained reliable measurement due to the aging of the mass spectrometer, in a state powdered eggshell carbonate for leave to future has been saved. However, we have proposed to on the method of sample processing. Structure and thickness of the shell is characterized by species were observed. Some species can be identified in this character. Total organic carbon, total nitrogen, total sulfur content were measured in the CNS elemental analyzer using the powder of eggshell carbonate for isotope analysis. In addition, we calculated the TOC / TN ratio from these values. In addition, , the XRF elemental analysis was measured about some element. That are valid in the major element, the element was Na, Mg and Ca. These tool are differences by species, but, species differences were observed by combining all factor. Therefore, it is also possible to identify the species of eggshell from these analyzes, which species can be identified to some extent by sampling only fragments. This will be worth that opens up the possibility of as a monitoring tool, will continue to research further.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	0	1,000,000
2010年度	700,000	0	700,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	300,000	3,000,000

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：鳥類，卵殻，カワウ，酸素・炭素同位体比，中海，濤沸湖，影響評価手法，生態系モニタリング手法

1. 研究開始当初の背景

汽水湖周辺は、水鳥の渡来と繁殖の場となる湿地が多く分布している。しかし、それらは沿岸平野部であることから、地球規模での気候変動や人為的改変による汽水湖環境悪化の影響を受けやすく、水鳥にとって生息しにくい状況が生まれやすい。そのような状況の中で、水鳥の保護などを含めた湿原環境の保全を目的としてラムサール条約が結ばれることになった。汽水湖としては、北海道の厚岸湖・濤沸湖、鳥取・島根県の中海・宍道湖などが登録されている。

ラムサール条約にある環境の保全について議論するためには、周辺環境のモニタリングが必要となる。その点は直接的に湖沼環境及び湖沼周辺環境を調査し、評価すれば済むことかもしれない。しかしながら、保護すべき動物などは、それらの環境内を自由に行き来するため、湖沼周辺環境調査でそのような動物を念頭においた環境モニタリングは非常に難しい。そのため、動物そのものの行動と活動範囲をモニタリングし、それに関する周辺環境を評価する方法が求められる。そこで申請者は、汽水域に飛来する水鳥の羽毛と卵殻の炭素・窒素・酸素同位体比に着目した。これらの分析素材は、目的の鳥類を殺したり捕獲したりしなくても大量に得ることが可能である。卵殻については、その地域で繁殖するものに限られるが、卵を産む数日間に食したものが、卵殻の炭酸塩および有機物の炭素・窒素同位体比に記録され、飲水した情報が卵殻の炭酸塩の酸素同位体比に記録されていると考えられている。これらの情報を統計処理し、年別に観測すればその変化から周辺環境の変動がモニタリングできるものと推察される。

2. 研究の目的

本研究課題では、卵殻の同位体分析が環境モニタリング手法として有効か、否かを判定することを目的としている。その目的を達成するために、以下のような項目について明らかにする予定である。

1. 汽水湖周辺の湿地に生息する鳥類の羽毛の炭素・窒素同位体比の測定し、基礎データを得る。
2. 汽水湖周辺の湿地で繁殖する鳥類の卵殻を採集し、卵殻の詳細な記載とともに、卵殻

中の炭酸塩の炭素・酸素同位体比及び卵殻中の有機物の炭素量および炭素・窒素同位体比の測定を行い、上記の基礎データと比較しつつ、分析値の意義を考察する。

3. これを3年間モニタリングし、周辺環境の変化と比較することによって、汽水域モニタリング法として有効か否かを検証する。

今回のモニタリング手法が例え有効であっても、これだけですべてをモニタリングすることにはならないが、複数のモニタリング手法の一つとして活用できる可能性がある。

3. 研究の方法

1) 現地調査および試料採取

時期：調査は6月と8月に行った。

6月・・・カワウ、サギ類など

8月・・・バン、カイツブリ、キジハトなど

また、比較として、ニワトリ、アデリーペンギンなども対象とした。

調査地域：島根県・鳥取県にまたがる中海・宍道湖周辺・・・温帯地域の代表

北海道濤沸湖周辺・・・亜寒帯地域の代表

これらの地域は、ラムサール条約に登録された汽水湖である。

鳥類の試料採取調査：対象鳥類の育雛に影響を与えないように生まれた後の卵殻および親鳥の羽毛を採取する。採集時には水鳥の種を識別の上、慎重に行う必要がある。なお、採取には、米子水鳥公園ネイチャーセンターなどに協力を得て行っている。

湖沼環境調査および底質調査：水質・採水・底質の測定・採取などを行う（汽水域研究センターが所有している観測機器を用いる）。

また、定性的な底生生物相の調査も行い、餌として比較するために生物試料を採取する。

これまでの研究で基礎的なデータを取得しており、微妙な環境変化があれば、それを読み取ることが可能である。

2) 卵殻試料の観察

採取した卵殻は、まず、土色計で色調を測定した。その後、切片にして実体顕微鏡やレーザー顕微鏡で観察を行った。

殻断面の観察：殻構造の記載を水鳥の種別に行う。ここでは結晶成長線のパターンや乳頭節・成長線の形態に着目して記載を行った。

各種計測：殻の厚さなどを計測した。

種別・地域別に統計解析し、議論のための基礎データとした。

3) 採取した試料の分析

炭酸塩卵殻の酸素・炭素同位体比：炭酸塩卵殻を粉末にし、島根大学汽水域研究センター所有の質量分析計で酸素・炭素同位体比を測定であったが、炭酸塩卵殻の酸素・炭素同位体比の測定は、質量分析計の老朽化により信頼できる測定値が得られていない。炭酸塩卵殻を粉末にした状態で保存している。外注することを検討したが、予算的に難しいと判断した。

炭酸塩卵殻の有機物濃度及びC/N比：前項で測定した炭酸塩卵殻を粉末にし、島根大学汽水域研究センター所有のCHNS元素分析計で全有機炭素濃度、全窒素濃度を測定する。また、それらの値からC/N比を算出する。

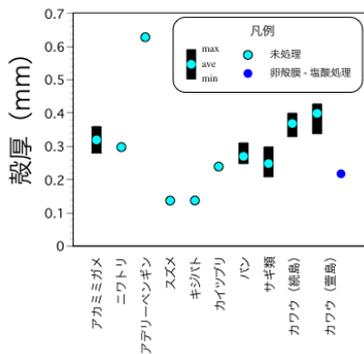
炭酸塩卵殻のXRF元素分析：殻の特徴を示すために、XRF元素分析による主要元素分析を試みた。卵殻のバルクおよび塩酸-卵殻膜除去処理をしたものを測定した。卵殻は、粉体にし、プレス機でプレスした後、XRF元素分析装置で分析を行った。

4. 研究成果

1) 卵殻の殻のサイズと殻厚

卵殻の殻のサイズは、米子水鳥公園ネイチャーセンターが繁殖抑制実験で得られたカワウ (*Phalacrocorax carbo*) の個体のみで行っている。殻長は56~64mm、殻径は、34~40mmで、続島産と萱島産の個体で大きな差は出なかった。

殻厚は、多くの個体で計測し、種によって異なる。比較のために行ったアカミミガメやニワトリ個体は0.3mm前後であった。サギ類、バン、カイツブリも0.3mm前後であったが、キジバト、スズメは0.1mm前後と薄かった。アデリーペンギンは、0.6mm以上とかなり厚く、カワウは0.4mmとやや厚めである。ただし、



産地間の違いは見られなかった(図1)。これにより、形状の似ているサギ類とカワウは区別することができる。

2) 卵殻の構造

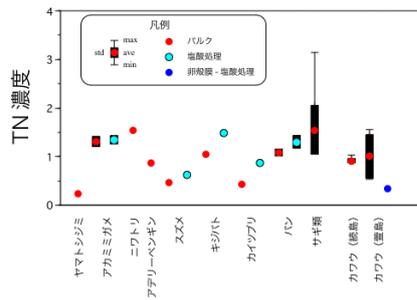
カワウなどは、ニワトリ同様、乳頭節が見られるが、サギ類は二重構造になっていた。

また、アデリーペンギンもニワトリ同様であったが、殻が厚いため、乳頭節の幅が大きい。アカミミガメは、放射状の結晶構造で乳頭節のような構造は見られなかった。は虫類と鳥類では同じ卵殻でも根本的に異なる構造を示した。この構造により少なくともサギ類とカワウは区別できる。

3) CNS 元素分析結果および考察

CNS 元素分析は、卵殻のバルク、塩酸処理を行ったもの、卵殻膜を排除した上で、塩酸処理を行ったもの、およびカワウについては卵白、卵黄のバルクについて測定した。

卵殻の全窒素 (TN) 濃度は、ほぼ1%前後であった。スズメ、カイツブリは低い値を示した。

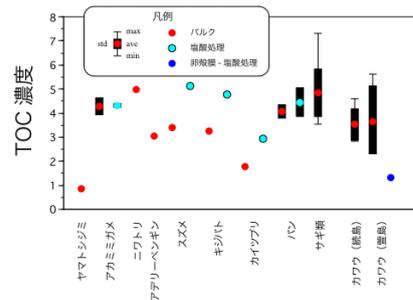


カワウと比べるとサギ類、バンはやや高めで区別できる。また、

卵殻膜を排除した上で、塩酸処理を行ったものは、0.3%と低い値を示した。窒素成分のほとんどは、卵殻膜に含まれているが、窒素の一部は乳頭節にも含まれていることを示唆している。

カワウの卵白、卵黄のバルクは、3~10%であった。それらは一部腐敗しており、腐敗しているものほど低い傾向にある。

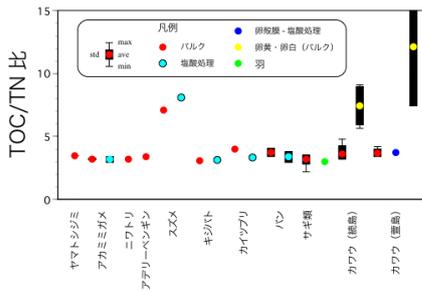
卵殻の全有機炭素 (TOC) 濃度は、4%前後であった。アカミミガメ、バン、サギ類と比較すると、アデリーペンギン、キジバト、



カワウは、やや低い値を示す。カイツブリはさらに低い値を示した。卵殻膜

を排除した上で、塩酸処理を行ったものは、0.1%と低い値を示した。炭素成分のほとんどは、卵殻膜に含まれているが、有機炭素の一部は乳頭節にも含まれていることを示唆している。カワウの卵白、卵黄のバルクは、50~65%であった。それらは一部腐敗しており、腐敗しているものほど高い傾向にある。

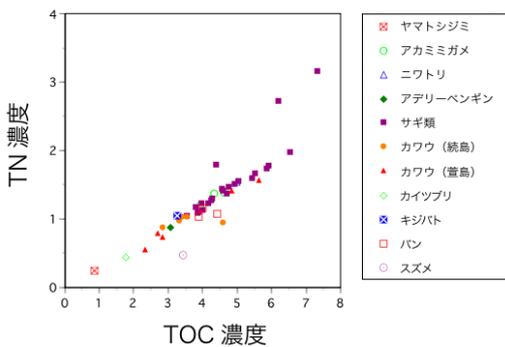
卵殻の TOC/TN 比は、ほとんどの分析試料で3前後であった。スズメのみが7前後と高い値を示している。カワウの卵白、卵黄のバ



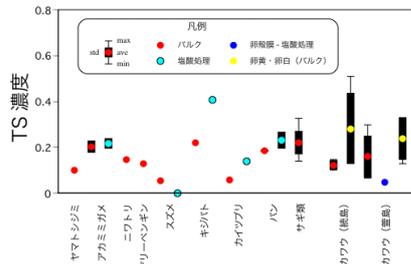
ルクは、7~15であった。それらは一部腐敗して

おり、腐敗しているものほど高い傾向を示しており、タンパク質が優先的に消失しているものと思われる。一方、卵殻膜はほとんど変質していないことが示唆され、測定する有機物として有効なものと思われる。また、卵殻膜を排除した上で、塩酸処理を行ったものは、3で他のものとほぼ同じ値を示した。したがって、乳頭節に含まれる有機物は卵殻膜とほぼ同じ性質のものと考えられる。その有機物はもっとも保存されやすいことを示唆している。

また、TOC, TN 濃度の領域は、それぞれの分類群によって異なる。これらの分析によってある程度種を同定することも可能である。

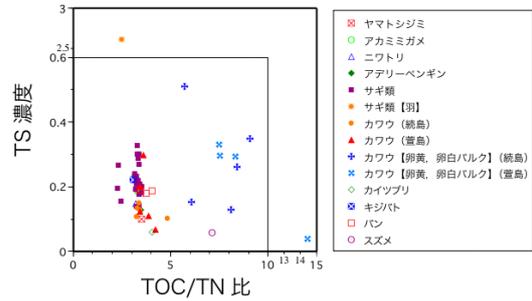


卵殻の全イオウ (TS) 濃度は、0.2%前後であった。アカミミガメ、バン、サギ類と比較すると、アデリーペンギン、キジバト、カワウは、やや低い値を示す。カイツブリ、スズメはさらに低い値を示した。卵殻膜を排除した上で、塩酸処理を行ったものは、0.02%と低い値を示した。イオウ成分のほとんどは、卵殻膜に含まれているが、有機炭素の一部は乳頭節にも含まれていることを示唆している。カワウの卵白、卵黄のバルクは、0.3%しかなく、イオウ成分は、ほとんど含まれて



いない。

また、TS 濃度と TOC/TN 比の領域は、それぞれの分類群によって異なる。TOC 濃度と TS

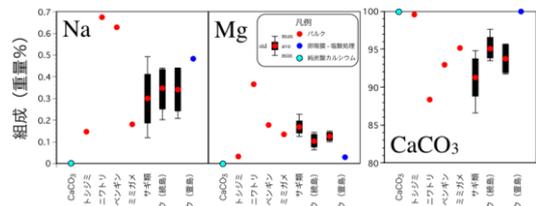


濃度の領域より、分類群によって明瞭に分かれる。

卵殻のバルクと塩酸処理をした卵殻とは、それぞれ値は、類似していたが、濃度はやや高くなる傾向を示した。塩酸処理をしても、卵殻の乳頭節部分が溶解するのみで、卵殻膜を除去する効果はないことを示唆している。ただし、卵殻膜を除去したものについては、乳頭節部分のみを試料とすることができる。ただし、卵殻膜を除去するのは難しく、ある程度厚みのある種に限られる。

4) XRF 元素分析結果および考察

XRF 元素分析は主要元素について組成を明らかにした。しかし、主要元素で検出されたのは、Na, Mg, Ca のみであった。Ca は、純炭酸カルシウムを用いて、CaCO₃に換算した。



Na 組成はヤマトシジミ、アカミミガメは 0.1~0.2 重量%と低い値を示したが、サギ類、カワウは 0.3 重量%前後であった。一方、ニワトリ、アデリーペンギンは、0.7%と高い値を示した。また、カワウは、産地間の違いは見られなかった。

卵殻膜を排除した上で、塩酸処理を行ったものは、0.5 重量%とやや高い値を示した。これは、卵殻膜を除去することによって濃縮されたことに起因し、卵殻の乳頭節をはじめとする石灰質の部分に含まれていることを示唆している。

Mg 組成は、0.2 重量%前後であった。サギ類よりは、カワウの方がやや低い値を示す。一方、ニワトリはやや高い値を示す。Na 組成と異なり、アデリーペンギンはサギ類と同様であった。

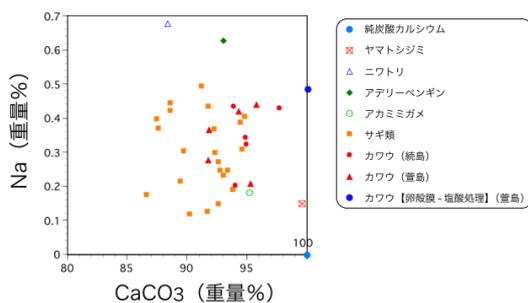
卵殻膜を排除した上で、塩酸処理を行ったものは、ほぼ 0 重量%であった。これは、卵

殻膜を除去することによって Mg 成分も除去されたことに起因し、卵殻の乳頭節をはじめとする石灰質の部分にはまったく含まれていることを示唆している。

CaCO₃組成は、95 重量%前後である。カワウと比較すると、サギ類は低い値を示す。また、ニワトリも 90 重量%以下と低い値を示した。一方、卵殻膜を排除した上で、塩酸処理を行ったものや対照としたヤマトシジミでは、ほぼ 100 重量%であった。おそらく、この CaCO₃組成は、卵殻膜とそれ以外の卵殻の割合を示すものと思われる。もし、そうであるとニワトリ、カワウは、卵殻に対して卵殻膜の占める割合が大きいことを示し、種による特性を示唆することになると考える。

特徴的な組成を示す Na 組成と CaCO₃組成のクロスプロットを作成し、卵殻の種の特徴について検討した。

サギ類、カワウは、明瞭には分別できなかったが、サギ類は、CaCO₃組成の低い領域に、カワウは高い領域に分布している。ニワトリ、アデリーペンギンは、明瞭に区別することができる。このようなクロスプロットで、種による違いは分けることができた。



5) まとめ

今回の研究では、炭酸塩卵殻の酸素・炭素同位体比の測定は、質量分析計の老朽化により信頼できる測定値が得られていない。炭酸塩卵殻を粉末にした状態で保存している。外注することを検討したが、予算的に難しいと判断した。炭酸塩卵殻の有機物濃度及び C/N 比については前項で測定した炭酸塩卵殻の粉末を用い、CHNS 元素分析計で全有機炭素濃度、全窒素濃度を測定した。また、それらの値から C/N 比を算出した。また、XRF 元素分析のよりいくつかの成分に対して、測定された。これらの項目も個体による差が大きい、すべての成分を組み合わせることによって、大まかな分布では、種による違いも見られた。したがって、これらの分析から卵殻の種を同定することも可能であり、破片のみサンプリングしても種がある程度同定できることになる。これはモニタリングツールとしての可能性を広げたことになり、今後さらに研究を

続けていく価値がある。

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 4 件)

- ① KATSUKI, K., SETO, K., SAITO, M., NOGUCHI, T., SONODA, T. and KIM, J. (2012) Paleoecological and Paleoenviromental Changes in Lagoon Notoro-Ko (Japan) during the Last 200 Years Based on Diatom Assemblages and Sediment Chemistry. 地形, 3 (2), 197-217, 2012. 査読有
- ② Takata, H., Seto, K., Kurata, K., Hiratsuka, J. and Khim, B.-K. (2010) Life history of Ammonia "beccarii" forma l on hard substrate in the Ohashi River, southwestern Japan. Fundamental and Applied Limnology, 178: 81-88. 査読有
- ③ Takata, H., Dettman, D. L., Seto, K., Kurata, K., Hiratsuka, J. and Khim, Boo-Keun, 2009, Novel habitat preference of Ammonia "beccarii" forma lin a macrobenthoc community on hard substrates in the Ohashi River, southwest Japan. Journal of Foraminiferal Research, 39, 87-96. 査読有
- ④ Faruque Ahmed, M. Hawa Bibi, Koji Seto, Hiroaki Ishiga, Takehiko Fukushima Barry P. Roser, 2009, Abundances, distribution, and sources of trace metals in Nakaumi-Honjo coastal lagoon sediments, Japan, Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-009-1065-8. 査読有

[学会発表] (計 18 件)

- ① 瀬戸浩二 (2012) 中海本庄水域における山堤防部分開削に伴う水質環境の変化と現状. 汽水域研究会 2012 年大会・島根大学汽水域研究センター第 19 回新春恒例汽水域研究発表会・合同研究発表会, 島根県民会館 (2012 年 1 月 7 日)
- ② 瀬戸浩二・山口 啓子 (2011) 中海本庄水域における排水機場跡地を利用した潮通しの効果と物質輸送. 日本陸水学会第 76 回大会 (松江大会), 島根大学 (2011 年 9 月 25 日)
- ③ 瀬戸浩二・高田裕行・香月 興太・園田 武・渡部 貴聴 (2011) 濤沸湖における小氷期以降の古環境変化. 日本第四紀学会 2011 年大会 (徳島), 鳴門教育大学 (2011 年 8 月 26 日)
- ④ 瀬戸浩二・高田裕行・斎藤誠・香月興太・

- 園田武・渡部貴聴（2011）北海道東部，藻琴湖における堆積物に記録された人為
改変. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会，
幕張メッセ国際会議場（2011 年 5 月 25 日）
- ⑤ Koji Seto, Hiroyuki Takata, Makoto
Saito, Kota Katsuki, Takeshi Sonoda,
Toshihumi Kawajiri, Takaaki Watanabe
(2010) The recent climatic change of
subarctic zone recorded in lake
sediments in Hokkaido, Japan. the AGU
2010 Fall Meeting, San Francisco, USA.
2010 年 12 月 16 日.
- ⑥ 瀬戸浩二（2010）汽水域研究の現状 - 中海
の研究から-. 熊本大学沿岸域環境科学教
育研究センター・島根大学汽水域研究セ
ンター合同シンポジウム，熊本大学（2010
年 10 月 24 日）
- ⑦ 瀬戸浩二・高田裕行・斎藤誠・香月興太・
園田武・川尻敏文・渡部貴聴（2010）北
海道東部オホーツク海沿岸汽水湖群にお
ける近年の環境変遷. 日本地質学会第 117
年学術大会（富山大会），富山大学（2010
年 9 月 19 日）
- ⑧ Seto, K., Dettman, D. L., Takata, H.,
Kishiba, S. and Sato, T., 2010, Past
2000 years Paleoenvironmental changes
in core sediments of Nakaumi Lagoon,
Southwest Japan. - Correlation with
solar activity and anthropogenic
changes -. PAGES 1st Asia 2k Workshop
in Japan, Nagoya University, Japan
(2010 年 8 月 26-27 日)
- ⑨ 瀬戸浩二・入月俊明・山口啓子・倉田健悟・
高田裕行（2010）「汽水域環境改変観測」
研究プロジェクトの紹介-中海本庄水域
の生態系モニタリング-, 公開国際シンポ
ジウム「流域環境を探る ~過去から未来
へ~」, 広島市東区区民文化センター（2010
年 2 月 20 日）招待講演.
- ⑩ 瀬戸浩二・高田裕行・園田武・香月興太
（2010）北海道東部藻琴湖の現世環境と
畜産系富栄養化の記録. 汽水域研究会
2010 年大会，松江テルサ（2010 年 1 月 10
日）
- ⑪ Koji Seto, David L. Dettman, Kengo Kurata,
Keiko Yamaguchi, Toshiaki Irizuki,
Hiroyuki Takata (2009) Anthropogenic
changes due to partial dike removal in
the Honjo Area of Nakaumi Lagoon,
Southwest Japan. the AGU 2008 Fall
Meeting, San Francisco, USA. 2009 年
12 月 18 日.
- ⑫ 瀬戸浩二・武石 祐一郎・山口啓子・倉田
健悟（2009）中海本庄水域における堤防
開削による水質環境の変化. 日本陸水学
会第 74 回大会，大分大学（2009 年 9 月
14 日）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬戸 浩二 (SETO KOJI)

島根大学・汽水域研究センター・准教授

研究者番号：60252897

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし