

平成 27 年度「日本海洋学会青い海助成事業」成果報告書

沿岸環境における水色リモートセンシング
に関するシンポジウム
「水の色を語り尽くそう！ーマリモのすむ水か
らペンギンのすむ水まで」



2016 年 9 月 30 日

広島大学大学院工学研究院

作野 裕司

1. 目的

我々の身近にある海，湖，川等の水域は，しばしば人々の憩いの場となっている．一方で，近年このような水域では赤潮，青潮，水草の大発生等が起こり，悪臭や景観悪化，またアサリやノリに代表される水産物が収穫できなくなるような環境問題が各地で発生しているのも事実である．しかし，その実情は意外に知られていない．このような水域の「きれいさ」や「生産性の高さ」を知るキーワードの1つとして，「水の色」が挙げられる．一般に水域の環境調査は陸と異なり，船を使っての調査が基本となる．しかし，船の調査だけでは広い水域の調査は限界であるため，衛星や飛行機，時にはドローンなどを使って上空から「水の色」を測る「水色リモートセンシング」という技術が注目されている．こうした中，2011年に「水色リモートセンシング」の専門家有志が集まり，湖沼リモートセンシング（LaRC）勉強会を毎年開催するようになった．これを受け継ぐ形で，2016年4月に日本リモートセンシング学会の中に海洋・湖沼リモートセンシング研究会（虎谷充浩会長）を発足させ，「水色リモートセンシング」を広く一般の方々にも知っていただく活動を開始したところである．

そこで，水色リモートセンシング」の専門家から，一般の方にもわかりやすく「水の色」について語っていただき，これからの海洋環境や地域における環境や観光のあり方を参加者とともに考えていきたいと思い，このシンポジウムを企画した．

2. 活動内容の概要

1) シンポジウムの打ち合わせ

以下の日時，場所，参加者でシンポジウムの開催日程調整，講演内容の打ち合わせを行った．

日時：2016年3月15日（火）14時～15時

場所：東京大学本郷キャンパス 小柴ホール（東京都文京区）

※日本海洋学会 2016年春季大会時

参加者：石坂丞二（名古屋大），虎谷充浩（東海大），作野裕司（広島大）

2) 講演および後援要請

シンポジウム開催にあたって，2016年4月までに一般講演者4名，2016年7月までに基調講演1名の承諾をそれぞれ得た．さらに，2016年7月までに広島大学の後援の承認も得た．

3) シンポジウム告知

シンポジウムの告知は，シンポジウム開催前に以下のホームページにおいて告知した．

<広島大学のホームページ>

http://www.hiroshima-u.ac.jp/news/show/id/26108/dir_id/0

<広島大学大学院工学研究科輸送環境システム専攻のホームページ>

<http://hiroshima-u.jp/tes/news/2016-09-24-1600>

<日本リモートセンシング学会のホームページ（新着情報）>

<http://www.rssj.or.jp/>

また、一般向けに地元のミニコミ誌（プレスネット）にも告知記事を掲載した（2016年9月10日号掲載）

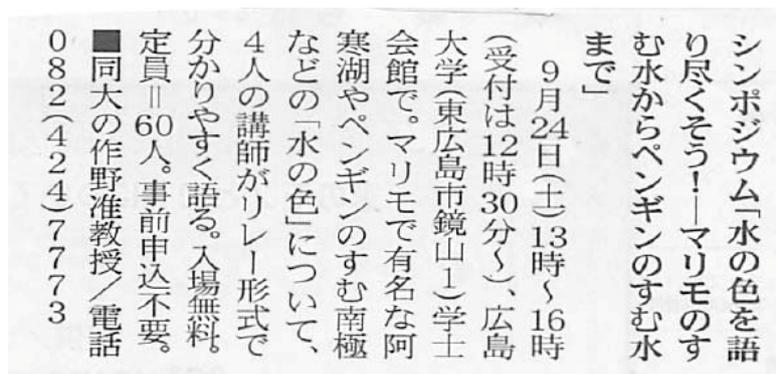


図1 プレスネットでの告知記事

4) シンポジウムの開催

以下の内容（要綱）でシンポジウムを行った。

タイトル：沿岸環境における水色リモートセンシングに関するシンポジウム

「水の色を語り尽くそう！ーマリモのすむ水からペンギンのすむ水まで」

- ①主 催 日本リモートセンシング学会 海洋・湖沼リモートセンシング研究会
湖沼リモートセンシングコミュニティ
- ②後 援 広島大学
- ③日 時 9月24日(土)13時～16時
- ④場 所 広島大学学士会館(広島大学東広島キャンパス内, 東広島市)
- ⑤対 象 一般市民
- ⑥定 員 60名
- ⑦入場料 無料
- ⑧プログラム

基調講演：尾山洋一(釧路市教育委員会マリモ研究室)

「マリモのすむ水の色」40分

一般講演(1)：虎谷充浩(東海大学)「空から見た海の色」30分

一般講演(2)：石坂丞二(名古屋大学)「赤色になる海の謎」30分

一般講演(3)：作野裕司(広島大学)「瀬戸内海の色と環境」30分

一般講演(4)：小林 拓(山梨大学)「ペンギンがすむ水の色」30分

- ⑨助成 日本海洋学会「青い海助成事業」

3. 当日のシンポジウム詳細報告

2016年9月24日(土)に、広島大学学士会館において、沿岸環境における水色リモートセンシングに関するシンポジウム「水の色を語り尽くそう！ーマリモのすむ水からペンギンのすむ水まで」が開催された。受付(図2)は12:30から行われ、産・官・学・一般から約30名(氏名が確認できたのは25名)の参加者があった(図3)。

シンポジウムは、まず「マリモのすむ水の色」と題して、釧路市教育委員会マリモ研究室の尾山洋一博士による招待講演が行われた(図4)。マリモとは何かに始まり、マリモのすむ現在の環境や水環境の変遷など、詳しいデータに基づき、普段知ることのできない貴重な話を聞くことができた。会場からは「水草とマリモの共存は可能か」、「マリモはどうやって水族館等で飼育するのか」等、多くの質問が寄せられた。

続いて、「空から見た海の色」と題して、東海大学の虎谷充浩教授による一般講演が行われた。海の色が変化するしくみから、人工衛星から測った海の色を使って推定した植物プランクトン分布の特徴まで、地球規模の海の色の違いについてダイナミックなスケールの話があった。会場からは「黒潮は植物プランクトンが少ないのならば、青に見えるはずなのでは」など、素朴な疑問が投げかけられた。その後、「赤色になる海の謎」と題して、名古屋大学の石坂丞二教授による一般講演が行われた。紅海や黒海、赤潮や青潮など海の色は植物プランクトンの種類や量によって変化する。逆にいえば、海の色を調べれば、植物プランクトンの分類が原理的には可能である。ただし、実際には多様な植物プランクトンの種類を衛星から調べるのは未だ難しい課題であることが語られた。会場からは「動物プランクトンは海の色と関係しないのか」などの質問が出た。この2つの講演に対して、海の色そのものを客観的に説明する難しさを考えさせられた。

10分間の休憩をはさんで、「瀬戸内海の色と環境」と題して、広島大学の作野裕司准教授による一般講演が行われた。瀬戸内海の色や観光について話題から始まり、衛星による瀬戸内海の植物プランクトン分布の話、そして気球やドローンによる新しい観測技術



図2 受付風景



図3 会場風景



図4 尾山博士の基調講演



図5 講演者・参加者による記念写真(懇親会時)

について語られた。会場からは「最近、気球の観測は減ってきているのか」などの質問が出された。その後、「ペンギンがすむ水の色」と題して、山梨大学の小林拓准教授の一般講演が行われた。地球のエネルギー循環において、南極や北極の水色やエアロゾルの色が重要なデータになることを、主に南極観測船における実測観測の経験をもとに語られた。会場からは「南極の氷が解けると具体的に環境がどのように変化するのか」などの質問が出された。

全体的に、「水の色」という切り口から、普段聞けないような地球規模のダイナミックな現象から、ローカルな異常現象（赤潮やアオコなど）まで幅広い話を聞くことができ、充実したシンポジウムとなった。なお、本シンポジウムの後、講演者と参加者で懇親会を行い、シンポジウムの反省と今後の活動について話し合った（図 5）。また、本シンポジウムのポスターと資料の抜粋版を付録として本報告書の最後に添付する。

4. シンポジウム参加者からの感想

当日のシンポジウムでは、アンケートとして、参加者に簡単な感想を記載していただいた。ここでは、その感想を紹介する。

- ・話がわかりやすく、入門者にとっては基礎を知る上でありがたい内容であった。（県外、企業）
- ・普段知ることのできないことをわかりやすい講演で知ることができて良かったです。また陸で暮らしているため、今まで気づかなかった海の問題、状態を知ることができ面白かったです。（県内、高校生）
- ・海の色という面白いテーマでした。色の見え方は企業でも色々研究・開発しています。大変面白く聞かせて頂きました（県内、会社員）
- ・面白く多様な内容の話が聞けました。このような一般向けの講演会をこれからもお願いします。場所も広島駅付近を希望します。（県外、大学教員）
- ・会場が遠すぎる。（県外、会社員）
- ・非常に興味深いお話をたくさん聞くことができ勉強になった。（県外、公務員）
- ・お疲れさまでした。大変面白かったです。（県外、大学教員）
- ・学生が関心を持ちそうな水の色について勉強できてよかった。黒潮がきれいだから黒いのと、水がきれいだと青という違いについては、まだよくわからない。うまく説明できないものか。（県外、大学教員）
- ・水の色から大気のことまで様々な内容が聞けてよかった。（県外、大学生）
- ・海の色やマリモの話など、色々な話が聞けて大変貴重な時間になりました。（県外、大学生）
- ・とても興味深い話をたくさん聞くことができました。ありがとうございました。（県外、大学生）

沿岸環境における水色リモートセンシングに関するシンポジウム

水の色を語り尽くそう！ ーマリモのすむ水からペンギンのすむ水まで

わたしたちの身近にある海、湖、川といった水域は、人々の憩いの場となっています。しかし、ひとたびバランスをくずすと「赤潮」や「アオコ」などの環境問題を生じてしまう危険もあります。このような水域の「きれいさ」や「魚のえさの豊富さ」を知る手がかりとして、「水の色」があります。このシンポジウムでは空から「水の色」をはかる専門家に、日本でも有数の観光地であるマリモのすむ阿寒湖やペンギンのすむ南極、そして広島でも身近な瀬戸内海等の「水の色」について、リレー形式で語っていただきます。この機会に、知られざる「水の色」の世界を、ぜひ、たくさんの皆様に知っていただこうと思っています。

日時：2016年9月24日（土）13：00～16：00 受付12:30開始

場所：広島大学学士会館（広島大学東広島キャンパス内）
（〒739-0046 広島県東広島市鏡山1丁目2-2）

対象：一般（定員60名）

参加費：無料（参加者には講演要旨集を配布予定）



講演内容：

13：00-13：05 開会の挨拶

13：05-13：45 基調講演：尾山洋一（釧路市教育委員会マリモ研究室）
「マリモのすむ水の色」

13：45-14：15 一般講演(1)：虎谷充浩（東海大学）「空から見た海の色」

14：15-14：45 一般講演(2)：石坂丞二（名古屋大学）「赤色になる海の謎」

14：45-14：55 休憩

14：55-15：25 一般講演(3)：作野裕司（広島大学）「瀬戸内海の色と環境」

15：25-15：55 一般講演(4)：小林 拓（山梨大学）「ペンギンがすむ水の色」

15：55-16：00 閉会の挨拶

参加申し込み：不用（当日、現地にお越しください）、お問い合わせは、以下のE-mailまで
お願いします。sakuno@hiroshima-u.ac.jp（作野まで）

共催：日本リモートセンシング学会海洋・湖沼リモートセンシング研究会、
湖沼リモートセンシングコミュニティ

後援：広島大学

※なお、本シンポジウムは日本海洋学会の「青い海助成事業」の助成を受けております。

沿岸環境における水色リモートセンシングに関するシンポジウム
「水の色を語り尽くそう！ーマリモのすむ水から
ペンギンのすむ水まで」

平成 28 年 9 月 24 日（土）

広島大学学士会館

予稿集抜粋版

主催：日本リモートセンシング学会 海洋・湖沼リモートセンシング研究会
湖沼リモートセンシングコミュニティ

後援：広島大学

このシンポジウムは、日本海洋学会の「青い海助成事業」の助成を受けております

はじめに

広島大学大学院工学研究院
准教授 作野裕司

我々の身近にある海, 湖, 川等の水域は, しばしば人々の憩いの場となっています。一方で, 近年このような水域では赤潮, 青潮, 水草の大発生等が起こり, 悪臭や景観悪化, またアサリやノリに代表される水産物が収穫できなくなるような環境問題が各地で発生しているのも事実です。しかし, その実情は意外に知られていません。このような水域の「きれいさ」や「生産性の高さ」を知るキーワードの1つとして, 「水の色」が挙げられます。一般に水域の環境調査は陸と異なり, 船を使っての調査が基本となります。しかし, 船の調査だけでは広い水域の調査は限界であるため, 衛星や飛行機, 時にはドローンなどを使って上空から「水の色」を測る「水色リモートセンシング」という技術が注目されています。日本リモートセンシング学会では, 2016年4月に海洋・湖沼リモートセンシング研究会(虎谷充浩会長)を発足させ, 「水色リモートセンシング」を広く一般の方々にも知っていただく活動を開始したところです。

そこで, 本シンポジウムでは, 海洋学会の「青い海助成」の支援を受け, 「水色リモートセンシング」の専門家から, 一般の方にもわかりやすく「水の色」について語っていただきます。今回は世界でも有名なマリモのすむ阿寒湖やペンギンのすむ南極, そして開催地広島に接する瀬戸内海等, 非常にダイナミックなスケールの「水の色」の話を通じて, これからの水域の環境や観光のあり方を参加者と考えていきたいと思い, このシンポジウムを企画しました。

2016年9月24日

プログラム

- 13：00-13：05 開会の挨拶：虎谷充浩
(海洋・湖沼リモートセンシング研究会会長)
- 13：05-13：45 基調講演：尾山洋一（釧路市教育委員会マリモ研究室）
「マリモのすむ水の色」
- 13：45-14：15 一般講演(1)：虎谷充浩（東海大学）「空から見た海の色」
- 14：15-14：45 一般講演(2)：石坂丞二（名古屋大学）「赤色になる海の謎」
- 14：45-14：55 休憩
- 14：55-15：25 一般講演(3)：作野裕司（広島大学）「瀬戸内海の色と環境」
- 15：25-15：55 一般講演(4)：小林 拓（山梨大学）「ペンギンがすむ水の色」
- 15：55-16：00 閉会の挨拶：作野裕司
(海洋・湖沼リモートセンシング研究会幹事)

沿岸環境における水色リモートセンシングに関するシンポジウム
「水の色を語り尽くそう！～マリモのすむ水からペンギンのすむ水まで」

マリモのすむ水の色

釧路市教育委員会マリモ研究室
尾山 洋一

講演内容

1. マリモについて
2. マリモのすむ水の色

マリモとは何か？

マリモの体のつくり

球形化する性質を備えた
りくくろい
緑藻類の仲間です

しじょうたい
糸状体

マリモすむ水の色は？

緑色の正体は… 植物プランクトン

1980年代の阿寒湖

阿寒湖の衛星画像
(1986年7月30日撮影)

アオコ (ラン藻) の大量発生
(富栄養化)

植物プランクトンの発生 = 湖水の透明度低下

阿寒湖の透明度の変遷

透明度の低下がマリモの減少要因なのでは？

五十嵐ほか (2000)
公益財団法人学習ソフトウェア情報研究センター(2012)

2016/9/24
沿岸環境における水色リモートセンシングに関するシンポジウム
水の色を語り尽くそう！
マリモのすむ水からハンギンのすむ水まで

空から見た海の色

虎谷 充浩 (東海大学)

内容

- 海の色について
- 海が青い理由
- 海の色と植物プランクトンとの関係
- 宇宙から海の色を調べる
- 衛星から観測されるいろいろな海の色

海の色 何色ですか？

海の色 何色ですか？

海の色と言えば、「青色」

問題：なぜ海の色は青いのでしょうか？

○ 選択肢

1. 海の中には、青い染料が含まれているから
2. 空の光を反射しているから
3. 海の中には、青い発光生命体がたくさん生きているから
4. 水分子は青い光を散乱し、それ以外の光を吸収するから

水の吸収と散乱係数の波長依存性

青い光は散乱が多く、ほとんど吸収されない
赤い光は散乱が少なく、強く吸収される

Robinson (1985)

赤色になる海の謎

石坂丞二

名古屋大学
宇宙地球環境研究所 (ISEE)

2016.9.24 広島大学
沿岸環境における水色リモートセンシングに
関するシンポジウム
「水の色を語り尽くそう！
—マリモのすむ水からペンギンのすむ水まで」



内容

- 海の色之谜
- 原因生物之谜
- 発生と移動之谜
- プランクトンは悪玉か善玉か？

海の色之谜

- 黄海 (中国と朝鮮半島の間: 泥)
- 紅海 (中東: 赤潮?)
- 黒海 (ヨーロッパ・中東の間: ?)
- 白海 (ロシア: ?)
- 黒潮 (日本近く of 海流: プランクトン等が少ない)
- 赤潮 (植物プランクトン・動物プランクトン)
- 青潮 (貧酸素水)
- 白潮 (植物プランクトン)
- 緑潮 (植物プランクトン・海藻)
- 青粉 (淡水や汽水の植物プランクトン)

発生生物 (植物プランクトン) の謎

(Lalli and Parsons, 1997)

- 藍藻*
- 紅藻
- ミドリムシ藻
- 緑藻
- 黄金色藻
- 黄緑藻
- 珪藻*
- 渦鞭毛藻*
- ラフィド藻
- プリムネシオ藻・円石藻*
- 真正眼点藻
- クリプト藻
- プラシノ藻

• 色が分類に利用されてきた。
• 実際は非常に多様で複雑



発生と移動之谜

- どうして発生する？
 - 富栄養化？
 - 外洋の赤潮？
 - 気候変動と関係？
- 水平移動と鉛直移動

プランクトンは善玉か悪玉か？

- 多くの外洋は魚も捕れないほどプランクトンがない？
- プランクトンのいない海でよいのか？
- 今後どうすべき？

Energy and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

瀬戸内海の色と環境

作野裕司
(広島大学大学院工学研究院)
sakuno@hiroshima-u.ac.jp

1

Energy and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

今日の講演内容

1. 瀬戸内海の水の色は何色？
2. 宇宙から見た瀬戸内海
3. 気球やドローンから見た瀬戸内海

2

多島美と美しい海を生かした瀬戸内海の観光（広島県の例）

Energy and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

http://www.kankou.pref.hiroshima.jp/madamada/index.html

3

水色が映える瀬戸内海の美しい風景

Energy and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

宮島

尾道

鞆の浦沖

竹原沖

4

海の色と環境問題

Energy and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

赤潮・青潮・アオコ

津波・高潮・濁水

海苔の色落ち・海藻の磯焼け

サンゴ礁の白化

5

モニタリングって何？

Energy and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

マツダスタジアムの建設地モニタリング（2007年11月26日起工、2009年4月1日開場）

Google earthより

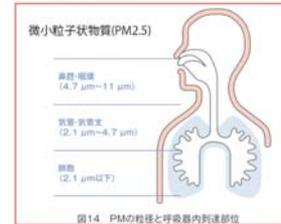
6

ペンギンがすむ水の色

山梨大学 生命環境学部 環境科学科
小林 拓
沿岸環境における水色リモートセンシングに関するシンポジウム、
広島大学学生会館、広島県東広島市、2016.9.24

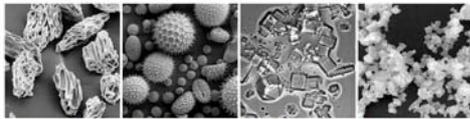
塵を調べて楽しいの？

- 大気エアロゾル粒子, 略してエアロゾル
- 空気中に舞ったもの, なんでも (雲は除く)
- 最近, 話題になったPM_{2.5}もエアロゾル



塵を調べて楽しいの？

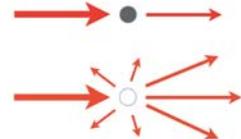
- そのもの自身 (化学組成)
- 人間に有害 (有毒物質)
- 地球環境に重要 (物質循環)
- どこから来たのか (発生源)



火山灰 花粉 海塩 すず

塵を調べて楽しいの？

- 光に対する性質 (光学特性)
- 吸収 (色を持っている)
- 散乱 (キラキラする)

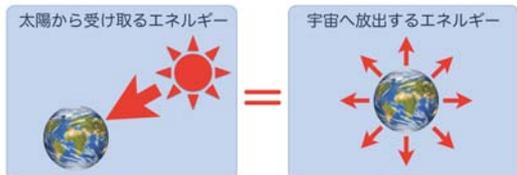


熱の移動

- 夜になると涼しくなります
- 熱はどこへ行ってしまったのでしょうか?
- 宇宙へ逃げています ⇒ 放射冷却といえます



地球をめぐるエネルギー



- 両者が等しくなるようになります (放射平衡)
- 温室効果ガス (二酸化炭素など) が増えても等しくなります
- 人類が誕生する前からずっと等しいです