

# 自然科学系プロジェクト報告書

サブプロジェクト名称

「地域再生に寄与する革新的な水・  
バイオマス循環システムの構築」

# 1 総括表

## 1-1 組織

氏名		部門
代表	藤原 拓	農学部門
分担	足立 亨介	農学部門
	市浦 英明	農学部門
	池島 耕	農学部門
	鈴木 保志	農学部門
	深田 陽久	農学部門
	宮内 樹代史	農学部門
	森岡 克司	農学部門
	山口 晴生	農学部門
	山根 信三	農学部門

## 1-2 研究経費

総額 1,750 千円（うち年度計画実施経費 1,350 千円）

## 1-3 活動総表

事項		件数等	金額（千円）
研究 活動	学術論文	28	
	著書	1	
	紀要	1	
	報告書	3	
	学会発表	67	
	セミナー・講演会・シンポジウム等の開催	9	
地域貢献		7	1. 「こうち新施設園芸システム研究会（事務局高知県）」：本年度2回の研究会議を開催し、新たな園芸システムの構築に向けた技術開発の動向を検討した。 2. 「仁淀川町石垣ハウス実証協議会（仮称）」：仁淀川町（旧仁淀村）における中山間地域活性化を目指した新たな園芸体系構

		<p>築の取り組み.</p> <p>3. 秀長水産（株）勉強会講師 H25 年 4 月 19 日</p> <p>4. 阿多田島漁協 研修会講師 H25 年 5 月 15 日</p> <p>5. 環境負荷低減野菜生産に関する公開講座等の開催</p> <p>6. リサイクル関連業者に対する循環型農業生産、商品開発に関する技術相談と受託研究</p> <p>7. 高知市・メタウォーター株式会社との下水処理の最適化に関する共同研究</p>	
外部資金	/	科研費	21,750
		共同研究	9,832
		受託研究	19,591
		奨学寄付金	4,476
		その他	0
		合計	55,649
特許等	<p>1. 市浦英明, 小西孝義, 山口正史, 亀田範明, 使用済み衛生用品からパルプ繊維を回収する方法およびその方法により得られる再生パルプ”, 特願 2013-082551</p>		
その他特記事項	<p><b>【論文】</b></p> <p>1. 藤原らの論文が Journal of Hazardous Materials (IF:3.925) にアクセプトされた.</p> <p>2. 市浦らの論文が Chemical Engineering Journal (IF:3.473) にアクセプトされた.</p> <p>3. 山口らの論文が PLOS ONE (IF: 3.730) に 2 件掲載された.</p> <p><b>【指導学生の受賞】</b></p> <p>1. 石川英利佳, 平成 25 年度日本水産学会中国・四国支部例会, 優秀発表賞, マダイにおける Prolyl 4-Hydroxylase 遺伝子の cDNA 部分配列, 組織分布および季節変動</p> <p><b>【報道】</b></p> <p>1. 2013 年 10 月 5 日 高知新聞 朝刊 ユズブリの付加価値強調</p>		

2. 2013年10月10日 読売新聞（関西版）フルーツ魚 養殖  
広がる
3. 月刊養殖ビジネス 柑橘系ブリ類の拡大と課題
4. 2013年10月15日 NHK（あさイチ） ギョギョ きてま  
す！かんきつ系のお魚
5. 2013年11月8日 朝日放送（キャスト）フルーツ魚特集
6. 週刊プレイボーイ かぼすブリ，みかん鯛，レモンはまち。  
「フルーツ魚」って何だ？2013年10月23日
7. NHK ラジオ第1 世の中おもしろ研究所 2014年1月13日  
フルーツ魚って何？
8. 野村證券 野村週報 2014年1月27日号
9. ニュースレター 中国四国農政局高知地域センター
10. みなと新聞 発酵ショウガが成長改善  
【製品化】
  1. 本教員が開発した「ユズが香るブリ（柚子鱒王）」の鹿児島  
県東町漁協（岩本水産）での生産・販売（2007年度より継続）
  2. 本教員と連携企業で開発した「クラフト菌漬けショウガ粉  
末」が伊藤忠飼料（株）の製品に添加剤として採用される。

## 2 研究概要

### 2-1 研究目的

自然科学系研究プロジェクト「地域再生に寄与する革新的な水・バイオマス循環システムの構築」では、「水」、「バイオマス」、「エネルギー」を中心としたプロジェクト研究を実施し、山林・農地等の場や農業・漁業等の産業の垣根を超えた、革新的な水・バイオマス循環システムの構築を目指した一連の研究を行っている。本研究は平成 22 年度から 27 年度の 6 カ年にわたり実施する予定としており、本年度は自然科学系農学部門の 10 名の研究分担者および 4 名の研究協力者により遂行した。

### 2-2 研究成果

#### (1) 研究内容

バイオマス・水・エネルギー循環を一体とする環境に配慮したゼロエミッションの地域循環型システムを確立する目的で、以下の 3 サブグループから構成される異分野横断の連携研究を行った。

- 1) 水・バイオマスのカスケード型循環システムグループ (G1) (リーダー：市浦英明准教授)
- 2) 水資源・バイオマスエネルギーグループ (G2) (リーダー：鈴木保志准教授)
- 3) 流域水環境管理グループ (G3) (リーダー：足立亨介准教授)

G1 では、農工業系廃棄物の再資源化 (担当：市浦)、廃棄バイオマスの養魚飼料への利用 (担当：深田)、新規肉質評価手法の開発を目指したコラーゲン合成関連遺伝子に関する研究 (担当：森岡・足立・深田)、高知県内の有機廃棄物を用いたリサイクル肥料製造所において生産される 超高温菌利用汚泥発酵肥料の特性について (担当：山根)、を実施した。G2 では、木質バイオマス資源のエネルギー利用と有効活用 (担当：鈴木)、木質バイオマス等を利用した園芸施設の暖房負荷軽減 (担当：宮内)、を実施した。G3 では、流域水環境保全技術の開発 (担当：藤原)、汽水域に生息するベンケイガニ類の植物食性とセルロース分解酵素の進化 (担当：足立)、マングローブ域のカニの生態と炭素循環に果たす役割 (担当：池島)、防赤潮環境の構築 (担当：山口)、を実施した。

各研究課題の内容と成果については後述の担当者からの報告書に任せたいが、G1 では廃棄されているバイオマスを再資源化する各種の技術やその評価方法について、G2 では木質バイオマスのエネルギー利用として薪や園芸施設での暖房利用などについて、G3 では各種の水質浄化技術、マングローブ息のカニの生態と生化学、赤潮を防ぐ環境の構築のための研究について、活発な研究成果が得られた。

#### (2) 研究成果報告会等

- 1) 「生物の多様性に自然科学がいかに挑むか？—名古屋議定書とその実施を巡って—」, 農学部 5-1 教室, 平成 25 年 12 月 11 日.
- 2) 「水・バイオマス循環学の未来を考える」, 農学部 1 号棟 2 階大会議室, 平成 26 年 1 月 21 日.

### 2-3 特筆すべき事項

深田陽久による「廃棄バイオマスの養魚飼料への利用」の研究では、2 件の製品化が行われるとともに多数の新聞報道が行われるなど特筆すべき成果が得られた。また、森岡克司と足立亨介の指導学生が平成 25 年度日本水産学会中国・四国支部例会で優秀発表賞を受賞した。市浦英明は特許を出願した。

## 流域水環境保全技術の開発

● 藤原 拓 (自然科学系農学部門)

### 1. 研究目的

流域から発生する汚濁負荷を削減し、流域水環境保全を実現するには、発生源の特徴および浄化対象物質の特性に応じた処理技術の開発が重要である。そこで、家庭廃水の浄化技術として「下水二次処理水中の医薬品除去技術の開発」を、畜産糞尿処理技術として「牛糞堆肥化過程からの亜酸化窒素排出メカニズムの解明」および「豚尿中医薬品除去技術の開発」を、農地等の面源由来の窒素負荷削減技術として「ハウス土壌の面的浄化と収穫物資源化に関する研究」を行った。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

酸化チタンと高シリカ型ゼオライト (HSZ-385) の複合材料を合成し、これを下水二次処理水中の医薬品除去に適用した。その結果、スルファメタジンが複合材料中の高シリカ型ゼオライトに選択的に吸着されることにより、二次処理水中の共存物質による阻害影響が軽減できること、酸化チタン単独の場合よりも二次処理水中でスルファメタジンをより効率的に除去できることを明らかにした。さらに、この複合材料によるサルファ系抗菌剤の除去メカニズムのモデル化に成功した。

ハウス土壌の面的浄化と収穫物資源化に関する研究では、クリーニングクロープによる浄化性能の季節変化を明らかにし、栽植密度を考慮することで冬季でも 80% 以上の硝酸態窒素溶脱抑制効果を得られることを明らかにした。

#### (2) 問題点等

大きな問題はなし。

### 3. 今後の展望

複合材料による医薬品除去の研究では、固液分離を考慮したリアクター化が課題となる。クリーニングクロープによる浄化技術は、営農体系への実装を進めるための検討が必要である。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

1. Fukahori, S., Fujiwara, T., (他 3 名) . (2013) Adsorptive removal of sulfonamide antibiotics in livestock urine using the high-silica zeolite HSZ-385, *Water Science and Technology*, 67(2), 319-325.

2. Satoshi Akao, Taku Fujiwara (他 4 名) (2013) Cascade utilization of water chestnut: recovery of phenolics, phosphorus, and sugars, *Environmental Science and Pollution Research*, 20(8), 5373-5378.
3. Hirofumi Tsutsui, Taku Fujiwara, (他 3 名) (2013) Nitrous oxide emission mechanisms during intermittently aerated composting of Cattle manure, *Bioresource Technology*, 141, 205-211.
4. K. Kondo, T. Fujiwara (他 7 名) (2013) Seasonal Changes in the Performance of a Catch Crop for Mitigating Diffuse Agricultural Pollution, *Water Science and Technology*, 68(4), 776-782.
5. Satoshi Akao, Yoshihiko Hosoi, Taku Fujiwara. Utilization of water chestnut for reclamation of water environment and control of cyanobacterial blooms, *Environmental Science and Pollution Research*, accepted.
6. Misaki Ito, Shuji Fukahori, Taku Fujiwara (2014) Adsorptive removal and photocatalytic decomposition of sulfamethazine in secondary effluent using TiO<sub>2</sub>-zeolite composites, *Environmental Science and Pollution Research*, 21(2), 834-842,
7. Shuji Fukahori, Taku Fujiwara (2014) Modeling of Sulfonamide Antibiotic Removal by TiO<sub>2</sub>/High-Silica Zeolite HSZ-385 Composite, *Journal of Hazardous Materials*, accepted.

#### (2) 学会発表

1. Yasutake D., Fujiwara T. (他 8 名) Characteristics of Salt Absorption by Roots of Corn Catch Crop at Different Densities in a Greenhouse, 3rd BioHydrology Conference, Koblenz University, Landau/Pfalz, Germany, 21st-24th, May, 2013.
2. S. Akao, T. Fujiwara. (他 3 名) Utilization of nutrients extracted from plant biomass in thermophilic L-lactic acid fermentation, 13th World Congress on Anaerobic Digestion, Santiago de Compostela, Spain, 25th-28th June, 2013
3. Ishigaki T., Fujiwara T., (他 3 名) (2013) Potential for Pollution and Recyclability of Organic Waste from the viewpoint of Local

- Sustainability. 2013 Spring Conference of the Korea Society of Waste Management, 9-10, may, 2013
4. Taku Fujiwara, Misaki Ito, Shuji Fukahori  
Removal of sulfonamides in livestock urine using rotating oxidation contactor with composite TiO<sub>2</sub>-Zeolite sheet, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013) ,29th Oct.-2nd Nov., Daegu, Korea, 2013.
  5. Taku Fujiwara, (他 4 名) Dual DO control for mitigating nitrous oxide emission from a full-scale oxidation ditch, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013) ,29th Oct.-2nd Nov., Daegu, Korea, 2013.
  6. Shuji Fukahori and Taku Fujiwara  
Modeling study of sulfamethazine antibiotic removal using TiO<sub>2</sub>-high silica zeolite HSZ-385 composites, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013), 29th Oct.-2nd Nov., Daegu, Korea, 2013.
  7. Hirofumi Tsutsui, Taku Fujiwara (他 2 名)  
Influence of Oxygen Concentration on Microbial Reaction including N<sub>2</sub>O Emission during Forced Aerated Composting Process, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013) ,29th Oct.-2nd Nov., Daegu, Korea, 2013.
  8. Hirofumi Tsutsui, Taku Fujiwara (他 2 名)  
Usefulness of the Respiratory Quotient as an Indicator for Monitoring the Reaction in Forced Aerated Composting Process, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013) ,29th Oct.-2nd Nov., Daegu, Korea, 2013.
  9. Hideaki Nagare, Taku Fujiwara, (他 10 名) .  
Phosphorus recovery from wastewater and its potential effect in japan, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013) 29th Oct.-2nd Nov., Daegu, Korea, 2013.
  10. Taku Fujiwara, Innovative Water Management System with Decentralized Water Reclamation and Cascading Material-cycle for Agricultural Areas, 2013 Gyungbook Global Water Forum, Gumi, Korea, 28th October, 2013
  11. 深堀秀史, 伊藤美早紀, 藤原拓, 磁性粒子複合触媒による抗菌剤スルファメタジンの除去, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪市, 2013 年 3 月 11 日~13 日.
  12. 畑本通子, 藤原拓 (他 5 名) 都市ごみ焼却飛灰の洗浄処理における 1,4-ジオキサンの溶出特性, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪市, 2013 年 3 月 11 日~13 日.
  13. 筒井裕文, 藤原拓 (他 2 名), 肉牛糞尿を原料とした堆肥化過程の間欠曝気運転に伴う温室効果ガス排出機構の解明, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪市, 2013 年 3 月 11 日~13 日.
  14. 伊藤美早紀, 藤原拓, 深堀秀史, 酸化チタン-ゼオライト複合型回転円板装置によるスルファメタジンの吸着・分解除去, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪市, 2013 年 3 月 11 日~13 日.
  15. 安武大輔, 藤原拓 (他 7 名), 温室内の異なる栽植密度条件下におけるクリーニング作物の塩類吸収特性, 日本農業気象学会 2013 年全国大会, 石川県野々市市 2013 年 3 月 27 日-29 日.
  16. 藤原拓, プロジェクトの概要とねらい, 第 35 回 京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム特別セッション, 京都市, 2013 年 7 月 25 日.
  17. 永禮英明, 藤原拓 (他 4 名) 農業系面源汚染抑制と資源回収を同時に実現する植物浄化技術の開発, 第 35 回 京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム特別セッション, 京都市, 2013 年 7 月 25 日.
  18. 高岡昌輝, 藤原拓 (他 3 名), 畜産廃棄物系バイオマス資源のカスケード型循環利用, 第 35 回 京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム特別セッション, 京都市, 2013 年 7 月 25 日.
  19. 増田貴則, 藤原拓 (他 4 名), 面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価, 第 35 回 京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム特別セッション, 京都市, 2013 年 7 月 25 日.
  20. 藤原拓 (他 4 名), オキシゲーションディッチ実施の曝気制御方式が亜酸化窒素の排出に及ぼす影響, 第 50 回下水道研究発表会, 東京ビッグサイト, 2013 年 7 月 30 日-8 月 1 日.
  21. 坂口仁規, 藤原拓 (他 5 名), 高知系褐毛和種肥育牛の飼養におけるマスバランスの評価, 日本畜産学会第 117 回大会, 新潟市, 2013 年 9 月 9 日-10 日
  22. 松岡真如, 藤原拓 (他 5 名), 高知県の施設園芸を対象としたクリーンク クロップによる潜在的窒素回収 量の推算, 地理情

- 報システム学会, 第 22 回研究発表大会, 東京都, 2013 年 10 月 26 日-27 日.
23. 伊藤美早紀, 深堀秀史, 藤原拓, 酸化チタン・ゼオライトシートを搭載した回転円板装置によるスルファメタジンの除去機構, 第 16 回日本水環境学会シンポジウム, 沖縄県西原町, 2013 年 11 月 9-11 日.
  24. VU THI NGOC DIEP, 藤原拓 (他 7 名), クリーニングクローブとしてのレモンガラスの適用性～ポット試験による評価～, 第 16 回日本水環境学会シンポジウム, 沖縄県西原町, 2013 年 11 月 9-11 日.
  25. 永禮英明, 藤原拓 (他 6 名), 植物系バイオマスからのリン, カリウム同時回収の検討, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 札幌市, 2013 年 11 月 19-21 日.
  26. 赤尾聡史, 藤原拓 (他 3 名), 植物系バイオマスの糖と栄養素を利用した高温 L-乳酸発酵, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 札幌市, 2013 年 11 月 19-21 日.
  27. 前田守弘, 藤原拓 (他 4 名), バイオ炭および緑肥の土壌混和が水分保持, 温室効果ガス発生に及ぼす影響, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 札幌市, 2013 年 11 月 19-21 日.
  28. 伊藤美早紀, 深堀秀史, 藤原拓, 高シリカ型ゼオライトによるスルファメタジンの吸着に塩類が及ぼす影響, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 札幌市, 2013 年 11 月 19-21 日.
  29. 畑本通子, 藤原拓 (他 4 名), 飛灰洗浄廃液中での 1,4-ジオキサンの光触媒分解に及ぼす無機イオンの影響, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 札幌市, 2013 年 11 月 19 日-21 日.
  30. 藤原拓, 気候変動を考慮した農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システムの構築, 第 2 回公開シンポジウム, 東京, 2014 年 1 月 29 日.
  31. 藤原拓, 下水汚泥の利用促進に向けて～農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システムから考える～, (公社) 日本下水道協会, 下水汚泥のリサイクル推進に関する講演会, 東京都, 2014 年 1 月 30 日.
  32. 伊藤美早紀, 深堀秀史, 藤原拓, 回転円板型促進酸化装置によるスルファメタジン分解産物の除去機構, 第 48 回日本水環境学会年会, 仙台市, 2014 年 3 月 17-19 日.
  33. 兵藤 将臣, 藤原 拓 (他 2 名) 高シリカ型ゼオライト HSZ-385 のクロタミトン吸着特性, 第 48 回日本水環境学会年会, 仙台市, 2014 年 3 月 17-19 日.
  34. 陳小強, 藤原拓 (他 2 名) 高シリカ型ゼオライト HSZ-385 による処分場浸出水中のビスフェノール A の吸着除去, 第 48 回日

本水環境学会年会, 仙台市, 2014 年 3 月 17-19 日

35. X. Chen, T. Fujiwara (他 2 名) Factors affecting the adsorptive removal of bisphenol A by high silica zeolite HSZ-385, 第 48 回日本水環境学会年会, 仙台市, 2014 年 3 月 17-19 日
36. 筒井裕文, 藤原拓 (他 3 名) Respiratory quotient の変化を指標とした強制通気型堆肥化プロセスからの亜酸化窒素排出の予測, 第 48 回日本水環境学会年会, 仙台市, 2014 年 3 月 17-19 日

### (3) セミナー等の開催

1. 「水・バイオマス循環学の未来を考える」, 農学部 1 号棟 2 階大会議室, 平成 26 年 1 月 21 日.

### (4) 外部資金

#### 「科学研究費補助金」

1. 「平成 25 年度環境研究総合推進費補助金」基盤研究 B (分担) 「アジアの都市廃棄物管理の発展に応じた埋立地浸出水対策の適正な技術移転に関する検討」1,700 千円 (直接経費) 510 千円 (間接経費) (研究代表者: 石垣智基)
2. 「平成 25 年度科学研究費補助金」基盤研究 B (分担) 「集落排水処理と処理水利用水田における医薬品分解生成物の存在実態と対策手法の解明」800 千円 (直接経費) 240 千円 (間接経費) (研究代表者: 治多伸介)
3. 「平成 25 年度科学研究費助成事業」基盤研究 B 「実下水処理施設における亜酸化窒素の生成機構・排出動態の解明と対策手法の提示」7,100 千円 (直接経費) 2,130 千円 (間接経費)

「共同研究」7 件: 5,678 千円 (直接経費) 568 千円 (間接経費)

#### 「受託研究」

1. 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 (CREST 研究領域: 持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム) 「気候変動を考慮した農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システムの構築」(代表) 14,573 千円 (直接経費) 4,372 千円 (間接経費)

### (5) その他

#### 「著書」

深堀秀史, 藤原 拓 (2013) 高酸化チタン/複合触媒によるサルファ系抗菌剤の除去技術, 排水・汚水処理技術集成 vol. 2, 183-193, エヌ・ティー・エス



## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

### 汽水域に生息するベンケイガニ類の植物食性とセルロース分解酵素の進化

● 足立亨介 (自然科学系農学部門)

#### 1. 研究目的

ベンケイガニ科およびイワガニ科のカニは熱帯ではマングローブ域の底生生物相で優占し、落葉などの植物体を食べセルロースの分解を促すことで物質循環において重要な役割を果たしていると言われていた。我々の研究によってカニは自身でセルロースを分解する酵素を発現し、これを分解できることが分かってきた。しかしながら、同酵素の進化的な由来については明らかになっていない。またカニが生息する環境の土壌のセルロース分解酵素とカニのもつセルロース分解酵素との関連性などは明らかになっていない。本研究では熱帯のマングローブ水域および国内の汽水域に生息する複数種カニのセルロース分解酵素(セルラーゼ)のアミノ酸配列、およびこれらのミトコンドリア DNA を用いた分子系統の解析の検討を行った。加えてこれらの生息する生息域での土壌微生物のセルロース分解酵素活性を簡易に検出する方法を検討した。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

高知県内とタイ国トラン県において合計 14 種類のカニ(国内 8 種、タイ 6 種)をサンプリングした。その筋肉をミトコンドリア DNA 抽出用に、肝臓を粗酵素調整用、RNA 調製用に保存した。

国内のカニ 6 種、14 個体のミトコンドリア DNA の CO1 領域を PCR 増幅し、その塩基配列を決定した。国内のカニ肝臓より抽出した RNA の逆転写産物を鋳型として既報のセルロース分解酵素の配列をもとに設計した複数のプライマーセットを用いて PCR を行ったが、現段階では目的の増幅産物を得られていない。

培養プレートの培地中にカルボキシメチルセルロースおよびこれを染色する色素である CongoRed を添加し、希釈した土壌を塗布した。これを培養することにより、セルロースを分解した細菌のコロニーの位置のみ色素の抜ける手法を本研究のフィールドでも活用可能であることを確認した。

##### (2) 問題点等

甲殻類セルロース分解酵素はデータが少なく、一般的に用いられる手法では手元のサンプルの配列は入手困難。

#### 3. 今後の展望

全てのサンプルのミトコンドリア DNA、およびセルロース分解酵素の解析を進める。これらですべてに当研究室で実施可能であることが分かっているため、あとは手を動かすのみ。セルロース分解酵素の遺伝子配列については次世代シーケンサーを用いた解析も視野に入れる。さらに今回、用いた土壌微生物のセルロース分解酵素活性の検出法を用い、微生物を単離出来れば将来的にカニの同酵素との進化的関連性が検討できる。

#### 4. 業績リスト

##### (1) 学術論文

1. Teruyoshi Tanaka, Kenji Takahashi, Kohsuke Adachi, Haruki Ohta, Yukihiro Yoshimura, Yasuo Agawa, Yoshifumi Sawada, Osamu Takaoka, Amal Kumar Biswas, Kenji Takii, Nobuhiro Zaima, Tatsuya Moriyama, Yukio Kawamura, Molecular cloning and expression profiling of procollagen  $\alpha 1$  (I) in cultured Pacific bluefin tuna, *Fisheries Sci* (in press)

##### (2) 学会発表

1. 森岡克司, 釘嶋宏幸, 中之前美沙, 足立亨介, 深田陽久(高知大農), 宮崎泰幸, 三浦和希(水大校), 渡辺 貢(高知水試), 養殖マダいの品質に対する直七果汁添加飼料の効果, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会, 於三重大学。
2. 中辻伸嘉(高知大農), 森岡克司(高知大農, JST-CREST), 足立亨介(高知大農), 宮崎泰幸, 三浦和希(水大校), 深田陽久(高知大農, JST-CREST), 養殖ブリの肉質に及ぼすユズ果皮ペーストの添加量及び給餌回数の影響, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会, 於三重大学。
3. 秋田もなみ, 足立亨介(高知大・農), 森田貴巳(水産庁), 三井敏之(青学・理工), 森岡克司(高知大・農), シンカイヨロイダラ I 型コラーゲン  $\alpha 1$  および 2 サブユニット cDNA の全長配列, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会, 於三重大学。
4. 谷村健斗, 畦倉環, 足立亨介, 池島 耕(高知大・農), 養松郁子(水研七日水研), 森岡克司(高知大・農), ズワイガニとベニズワイガニ肝臓の持つセルロース分

- 解酵素の特性と圧力の関係，平成 25 年度日本水産学会秋季大会，於三重大学.
5. 石川英利佳，足立亨介，森岡克司（高知大農），マダイにおける Prolyl 4-Hydroxylase 遺伝子の cDNA 部分配列，組織分布および季節変動，日本水産学会平成 25 年度中国・四国支部例会，平成 25 年 11 月於，宇和島市.
  6. 石川英利佳，足立亨介，森岡克司（高知大農），マダイの新規肉質評価手法の開発を目指したコラーゲン合成関連遺伝子に関する研究，平成 26 年度日本水産学会春季大会，於北海道大学.
  7. 秋田もなみ，足立亨介（高知大農），森田貴巳（水研セ中央水研），三井敏之（青学理工），森岡克司（高知大農），生息深度の異なる 3 種のタラ目魚類からの I 型コラーゲン精製およびその生化学的特性平成 26 年度日本水産学会春季大会，於北海道大学.
  8. 森岡克司，釘嶋宏幸，中之前美沙，足立亨介，深田陽久，宮崎泰幸，三浦和希，渡辺 貢，養殖カンパチ及びブリの品質に対する直七果汁添加飼料の効果，平成 25 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，三重大学(2013)

### (3) セミナー等の開催

1. 高知大学自然科学系「水・バイオマス」プロジェクト主催，(一財)バイオインダストリー協会共催シンポジウム「生物の多様性に自然科学がいかにかに挑むか？ー名古屋議定書とその実施を巡ってー，農学部 5-1 教室，平成 25 年 12 月 11 日.
2. 農学部物部自主セミナーの開催（計 4 回）

### (4) 外部資金

#### 「科学研究費補助金」

1. 「組換えタンパク質を用いたカロテノプロテインの色彩多様性に関する研究」 科研費 基盤 C（代表） 800 千円（直接経費）240 千円（間接経費）
2. 「紅藻由来フィコエリスリンの脳機能改善作用とそのメカニズムの解明」 科研費 基盤 B（分担） 2,350 千円（直接経費）705 千円（間接経費）

#### 「受託研究」

1. 「世界初のアオリイカ人工受精・孵化技術の確立」研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディ【FS】ステージ 探索タイプ（代表）400 千円（直接経費）120 千円（間接経費）

#### 「奨学寄付金」

1. 「深海生物由来コラーゲンを活用した化粧品基材への応用研究」公益財団法人 コス

メトロジー研究振興財団 第 23 回（平成 24 年度）研究助成（代表）直接経費 1,000 千円

2. 「マングローブ域に生息するベンケイガニ類の植物食性とセルロース分解酵素の進化」水産無脊椎動物 2013 年度研究助成（共同研究者）直接経費 350 千円

## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

### 農工業系廃棄物の再資源化

#### ● 市浦 英明 (自然科学系農学部門)

#### 1. 研究目的

本研究では、農工業系廃棄物である“廃棄ユズ皮”のカスケード利用および“製紙スラッジ”の再資源化を試みた。

“廃棄ユズ皮”は、搾汁後の廃棄される果皮で、ユズの50%以上を占めるが、その利用方法が少ない。食品用として流通している以外は堆肥化か生ゴミとして処分されており、水源を酸性化させるなどの問題が生じている。そこで、ユズ果皮に含まれる精油、ペクチンおよびセルロース成分を特有の性質を保った状態で、段階的に抽出するための効率的な抽出方法を検討した。今年度は、酸条件もしくはアルカリ条件で抽出したペクチンの分子量を測定した。さらに、ペクチン抽出後の残渣からイオン液体を用いて取り出したセルロースの分子量についても検討を行った。

“製紙スラッジ”は、紙の製造過程から排出される廃棄物である。本年度は、酸化チタンを含有した製紙スラッジのパルプ成分と無機成分をイオン液体により分離し、パルプ成分を回収した。そのパルプ成分を用いて、湿潤強度の高いセルロースフィルムの調製条件を検討した。そして、調製したセルロースフィルムは、引っ張り試験および湿潤引っ張り試験に供し、その特性を解析した。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

##### “廃棄ユズ皮”のカスケード利用 “

ペクチンの分子量は、酸およびアルカリ濃度が高くなるにつれて、低下した。酸条件では、濃度  $2 \times 10^{-3}$  mol 塩酸までは市販の柑橘由来ペクチンの分子量と比較しても低分子化しておらず、約 140,000 であった。しかし、最も濃度の高い  $2 \times 10^{-1}$  mol 塩酸で抽出した場合、分子量が著しく低下し、約 40,000-50,000 であった。アルカリ条件では、加熱時間に関わらず 0.1% 水酸化カリウムまでは、酸条件に近い分子量であったが、1% 水酸化カリウムでは、約 40,000-60,000 まで、低分子化した。また、0.5% 水酸化カリウムにおいて、得られる分子量の値にばらつきが大きくなった。このばらつきから、0.5% 水酸化カリウムから低分子化が始

まっていると考えられた。さらに分子量分布の広がりを示す Mw/Mn において、アルカリ条件では濃度が高くなるほど Mw/Mn も小さくなる傾向となった。このことから、アルカリ濃度増加に伴い、低分子化が進んでいることが確認された。以上のことより、アルカリ条件では濃度 0.5% 以上の水酸化カリウムはペクチンの分子量を低下させると考えられた。蒸留水のみ条件でペクチンを抽出した場合、加熱の有無、加熱時間および加熱温度に関わらず、100,000-130,000 であり、いずれの条件も低分子化は起こらなかった。

酸でペクチンを抽出した残渣中のセルロース分子量は、酸濃度に関わらず、約 9,000 であった。これは、ユズ果皮残渣から直接抽出したセルロース分子量に近い値を示したことから、塩酸によるセルロースの低分子化は起こらなかったと考えられた。アルカリ条件では、濃度 0.5% 水酸化カリウムまでは加熱時間に関わらず、セルロースの分子量は、10,000 であった。これらは酸条件およびユズ果皮残渣から直接抽出したセルロース分子量に近い値であった。しかし、濃度 1% 水酸化カリウムを使用した場合、加熱時間に関わらず、セルロースの分子量が、約 6,000 まで低下した。このことから、アルカリ濃度 1% 以上での処理は、セルロースの分子量を低下させるため、不適であると考えられた。水のみ条件では、加熱の有無、加熱時間および加熱温度に関わらずほぼ同じ値であり、いずれの条件も低分子化は起こらなかった。

##### “製紙スラッジ”の再資源化

愛媛県四国中央市から排出された製紙スラッジを粉砕機で粉末状にし、その 1 g をイオン液体と混合させ、100℃にて2時間反応させた。次に遠心分離によって無機物質を分離し、セルロース成分を回収した。これにエタノールを少量ずつ添加しセルロースを析出させ、ろ過することにより、セルロースフィルムを回収した。このセルロースフィルムを蒸留水またはブチルアルコールへの置換処理後、凍結乾燥を行った。

イオン液体を用いて作成したセルロースフィルムは非晶質構造を示した。

蒸留水置換セルロースフィルムは、ブチルアルコール置換セルロースフィルムと比

較して、比引っぱり強度が強かった。これは、水置換によって形成された水素結合に起因する

ブチルアルコール置換したセルロースフィルムは水置換と比較して伸びが優れていた。これは、ブチルアルコール分子がセルロースの分子間水素結合の隙間に入り、作成された網目状の分子結合に由来すると考えられる。

湿潤引っぱり試験では、ブチルアルコール置換セルロースフィルムの方が、蒸留水置換よりも湿潤強度が高かった。蒸留水置換セルロースフィルムは、水素結合が、水分子により切断されたため強度が消失した。一方、ブチルアルコール置換セルロースフィルムは、網目状構造の大きさが、水分子より大きいため、水素結合の切断による強度低下が進行しなかったと推測された。

## (2) 問題点等

### “廃棄ユズ皮”のカスケード利用“

ペクチンおよびセルロースの効率的な段階的抽出条件が、明らかとなっていない。今後は、最適な用途に応じた抽出条件ついて検討を進めていく必要がある。

### “製紙スラッジ”の再資源化

ブチルアルコール処理により、セルロースの湿潤強度の向上が見られたがそのメカニズムが明らかとなっていない。そのメカニズムの解明を行う必要がある。

## 3. 今後の展望

“廃棄ユズ皮”のカスケード利用“については、今後は、ペクチンおよびセルロースの用途について検討を進めていく必要がある。このことにより、高付加価値化を進め、廃棄物の循環利用の促進につなげる。

“製紙スラッジ”の再資源化“については、湿潤強度を有することから、水環境浄化剤の基材としての応用展開を試みる。

## 4. 業績リスト

### (1) 学術論文

1. Ichiura H., Seike T., and Ohtani Y., “Interfacial polymerization of functional paper: morphology of the nylon film prepared on paper surfaces”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52, 9137-9144 (2013).
2. Ichiura H., and Kaneda Y., “Direct preparation of gelatin microcapsules on paper surface using simple coacervation technique”, *Journal of Applied Polymer Science*, 129, 2139-2144 (2013).
3. Ichiura H., Yamamoto K., and Ohtani Y., “Low temperature-dependence of N,N-dimethyl-3-methylbenzamide

(DEET) release from a functional paper containing paraffin-DEET composites prepared using interfacial polymerization”, *Chemical Engineering Journal* (in press). 10.1016/j.cej.2014.02.019

### (2) 学会発表

1. 市浦英明, 蝶野 憲, 大谷慶人, “界面重合反応を活用した機能紙創製技術 -ファイバー状高分子生成条件の検討-”, 第 63 回 木材学会大会, 岩手, 2013 年 3 月 27-29 日.
2. 市浦英明, 山本健一, 大谷慶人, “紙表面上で界面重合反応を行う手法を活用した徐放性機能紙 -パラフィンの活用による徐放量調節機能の付与-”, 平成 25 年度繊維学会年次大会, 東京, 2013 年 6 月 12-14 日.
3. 市浦英明, 鎌田将利, 小野綾寿称, 大谷慶人, “イオン液体を活用した製紙スラッジ再資源化 -水環境保全材料への展開-”, 第 25 回 日本木材学会 中国・四国支部, 鳥取, 2013 年 9 月 25 日.
4. 市浦英明, 鎌田将利, 大谷慶人, “イオン液体と製紙スラッジを活用して調製したセルロースフィルムの特性”, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 札幌, 2013 年 11 月 19-21 日.
5. 坂田志穂, 市浦英明, 大谷慶人, “廃棄ユズ果皮残渣のカスケード利用 -ペクチンとセルロースの抽出量および分子量を考慮した抽出条件の確立-”, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 札幌, 2013 年 11 月 19-21 日.

### (3) 外部資金

#### 「平成 24 年度科学研究費補助金」

1. 基盤研究 C 代表 1,400 千円 (直接経費) 420 千円 (間接経費)

#### 「共同研究」

1. 2 件 2,100 千円 (直接経費) 210 千円 (間接経費)

### (4) その他

#### 総説等

1. 市浦英明, “病原菌除去やモニタリングなどに期待される「アクティブペーパー」および「インテリジェントペーパー」”, *WEB Journal*, 144, 17-21 (2013).

#### 特許等

1. 市浦英明, 小西孝義, 山口正史, 亀田範明, 使用済み衛生用品からパルプ繊維を回収する方法およびその方法により得られる再生パルプ”, 特願 2013-082551

## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

### マングローブ域のカニの生態と炭素循環に果たす役割

● 池島 耕 (自然科学系農学部門)

#### 1. 研究目的

マングローブ域に生息するベンケイガニ科のカニはマングローブの炭素循環の要となる生物種のひとつとされる。このカニは主にマングローブの葉を栄養源とし、これを分解することで炭素循環に寄与し、また、魚などの餌となり、マングローブ由来の炭素を水中の動物へつなぐ役割を果たしていると考えられる。これらの仮説を検証し、その役割を定量的に解明するために、本プロジェクトでは、カニの生態の調査を行うと同時に、農学部足立亨介准教授との共同研究により、カニのマングローブの葉の利用について、酵素化学というミクロな観点からも解析を試みている。その第一歩として、巣穴に隠れる生態などから正確な密度推定の難しいベンケイガニ類について、目視観察やビデオカメラによる密度推定を試みた。また、これまでに、カニの内在性セルラーゼがあること、またその活性の強さや分子量には種変異があることが示唆されたが、その違いは種による餌の選択性などの生態特性と関係があるかを検証するため、食性解析を行った。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

マングローブ林床の環境条件から3つのタイプ：根や構造物の少ない“オープンスペース”，気根が密に入り組んだ“根の間”，カニとアナジャコが塚のように盛り上がった“マウンド”，に分け、それぞれに方形枠を設定し、目視観察およびビデオ撮影によるカニの観察と計数を行った。前年度に2x2mの方形枠で行った結果、ビデオ観察では、画角の確保に必要な距離からの撮影では、画像解像度が不十分で、カニの種の判別が難しい場合が多かったため、1x1mの方形枠を設置して撮影を行った。一方、目視観察では2x2mで十分観察が可能であると考えられたが、方形枠が広いと観察されるカニのサンプル数は大きくなる利点がある一方で、見落としの可能性が大きくなること、

また、ビデオと同サイズの方角枠で比較を行うため、1x1m方角枠でも観察を行った。目視観察は方形枠から3~5m離れて双眼鏡を用い、1時間方形枠内に現れたカニの種を判別し計数した。ビデオカメラは2m程度の距離のマングローブの支持根に設置し、1時間以上撮影した。撮影時には観察者は撮影地点を離れ、カニの行動に人の干渉が起らないようにした。

目視観察とビデオ観察ともに開始後、しだいにカニが巣穴から出てきて、観測されたカニの延べ数は時間とともに増加した。ビデオ観察では10分から30分ほどで延べ数はおよそ頭打ちとなったが、目視観察では増加は緩やかで、観察を終了する1時間後まで緩やかに増加する傾向であった。目視観察では1x1mに対し面積が4倍である2x2mの方角枠での観察個体数は3倍程度となり、見落としが起ることが示唆された。ビデオの観察個体数は目視の2~3倍となり、時間帯による変動も少なく、個体数密度を推定する方法としては優れていると考えられた。種の判別はあらかじめ目視や採集により出現種を確認しておくことで、およそ可能であり、種ごとの出現数を求めることもできた。

カニの胃内容物解析と摂食実験から餌の選択性には種による違いが見られた。調べたいずれ種もマングローブ落葉が主要な餌であったが、餌選択性実験では葉の色（落葉後の期間に関係する）に対して異なる嗜好性を示した。この違いはそれぞれの種が林床環境の異なる場所に生息していることと関連していると考えられた。また、日本の汽水域のベンケイガニ類でも植物食性が見られたが、より雑食性の強い種や植物食性の強い種などの違いが見られた。

##### (2) 問題点等

ビデオ観察を用いた定量調査の方法はほぼ確立することができたが、カニの昼夜の行動や、巣穴の数を利用した計数法との比較などの、観測条件と信頼性についてさらに検討する必要がある。胃内容物の解析で

は、植物質が落葉か藻類であるか顕微鏡では判別が難しく、種による食性の違いを十分に定量的に示すことができなかった。

### 3. 今後の展望

カニの生息密度推定法を確立し、観察地点を増やして調査値のマングローブ林のカニの生息密度を推定する。また、食性解析についてはさらに詳細に胃内容物を判別する方法を検討し、カニの植物食性の種による変異をセルラーゼの変異、遺伝的な変異や系統関係の情報(足立亨介准教授との共同研究で解析中)と比較し、その関係を検討していく。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

1. Matiss Zagarsa, Kou Ikejima 他2013. Trophic characteristics of a mangrove fish community in Southwest Thailand: Important mangrove contribution and intraspecies feeding variability. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 119, 145-152.
2. Sirisuda Jumnongsong, Wenresti G. Gallardo, Kou Ikejima, Roland Cochard. 2013. Factors affecting fishers' perceptions of benefits, threats, and state, and participation in mangrove management in Pak Phanang Bay, Thailand. *Journal of Coastal Research*. doi: 10.2112/JCOASTRES-D-12-00257.1

#### (2) 学会発表

1. 谷村健斗, 畦倉 環, 足立亨介, 池島耕, ズワイガニとベニズワイガニ肝臓の持つセルロース分解酵素の特性と圧力の関係, H25年度日本水産学会秋季大会, 津市, 2013年9月

#### (3) 外部資金

##### 「平成25年度科学研究費補助金」

1. 基盤研究C代表「マングローブ植生の生態系修復効果の検証：カニを鍵種としたアプローチ」1300千円（直接経費）390千円（間接経費）

##### 「奨学寄付金」

1. 公益財団法人水産無脊椎動物研究所 個別助成金 「マングローブ域に生息するベンケイガニ類の植物食性とセルロース分解酵素の進化」(研究代表) 350千円（直接経費）

## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

### 木質バイオマス資源のエネルギー利用と有効活用

● 鈴木 保志 (自然科学系農学部門)

#### 1. 研究目的

中山間地域の森林資源、特に用材生産などの林業活動に伴い発生する未利用資源である林地残材を木質バイオマスとして活用し、地域で使用される化石エネルギーの代替をはかる。資源の物質的な地域内循環に加えて、化石燃料代として地域外に出ていたお金を地域内で発生する木質バイオマス燃料代として経済の地域内循環も可能となる。このように、地域内で木質バイオマス資源を有効利用できるシステムを提案する。

木質バイオマス燃料としては、チップやペレットといった機能性の高い形態に加工する方法もあるが、近年では効率の高い薪ボイラや薪ストーブの普及により薪としての利用が増えている。薪は加工度が低いいため安価で生産への投資が低い利点がある。総経費を低くするには、機械などに高い投資をして高生産性を追求する方法が一般的だが、低い投資でも必要十分な生産性が確保できれば総合的な経費は低下する。まず、林業作業での経費と生産性の関係を過去の多くの事例を分析することで明らかにし、低投資型の生産システムの可能性を検討した。また、県内を中心とするいくつかの自治体における残材収集事業や薪利用の事例の調査、薪生産の作業時間調査にもとづく薪生産の経費分析などを実施し、地域における効果的な利用システムを検討した。さらに、実験室に2次燃焼方式の薪ストーブを設置し、実際の薪利用を想定した実験により、暖房効率・消費量・排ガスの環境特性など、普及に際して必要となる基礎的なデータを収集した。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

作業総経費における投資と生産性の関係については、機械費に人件費を含めた時間経費と組作業での生産性を散布図で示し、両者の比で算出される総経費等値直線群(原点を中心とする扇状の配置となる)を同時に示すことでこれらの関係を簡易に把握する方法を提案した。さらに、想定する

標準の点を新たな原点として区分される4象限は投資の高低とその結果得られる生産性の高低の組み合わせに相当するが、この区分けにより投資が総経費の低減に結び付いたかどうかを判断できる。高知県内で2004年から2009年までに調査した集材作業31事例をこの方法で分析し、新しく提案したこの方法が投資効果の判断に有効であることを確認した。

地域での薪利用システムについては、不特定多数の出荷者から定額で薪の原料となる残材を地域内に設けたターミナル土場で買い取り薪に加工して薪の利用施設に転売する「木の駅」方式と、利用施設が特定団体等と契約し加工した薪を調達する「直送」方式、およびこれらの組み合わせによる方式が主流となっていることが明らかになった。薪の単価については、薪割り機による生産性調査の実施と関連事例との比較により、10~40円/乾燥kg程度となるが、化石燃料との熱量換算で単価比較をすると30円/乾燥kg程度以下とする必要があることが示された。薪利用施設(公共温浴施設など)の経費(施設および維持管理)も含めた総経費として、他の燃料形態の木質バイオマス燃料および化石燃料と経済的な優位性を比較した。その結果、薪は乾燥木質チップと生木質チップの中間程度となり、燃料の原料を収集する段階から最終的な燃焼利用までを通じたシステム経費としても、化石燃料よりは十分安価であることがわかった。

2次燃焼方式の薪ストーブによる実際的な利用を想定した実験からは、林地残材の主な構成種である針葉樹について消費量は1~2乾燥kg/h程度、室温上昇にかかる時間と消火措置にかかる時間がそれぞれ30分程度と見込まれた。灰は薪の重量比にして1%未満である。排ガス特性については、今年度はSOxおよびNOxに関して測定を行なった。予備的な結果ではあるが、燃焼が安定するまでSOxは10ppm以下の発生があるが燃焼が安定するとほぼ0ppm、NOxは燃焼時を通じて10~20ppm程度であることがわかった。

##### (2) 問題点等

薪の利用システムおよび作業総経費における投資と生産性の関係については、特に原材料の供給主体が専業であるか兼業であるか、あるいはボランティア的扱いか、といった問題がある。林業においても、材価の厳しい折、他者の雇用を伴わない自伐方式が採算面で有利であることから注目されているが、収支計算において自家労働をどのように扱うか（雇用保険・労働災害などの考慮など）についてはまだ公式な見解は定まっていない。地域振興の要となる問題でもあり、社会科学的な面からも検討が必要である。

薪の生産経費や燃料形態別の総経費比較については、さらにデータを集めてより信頼性の高い見積りとする必要がある。県内で薪ボイラを導入した自治体等との情報交換や共同研究を行なうなどにより、より現実的で現場に即した検討をしていく必要がある。

薪ストーブによる燃焼実験で対象とする樹種については、残材を想定すると針葉樹が主であるが、より一般的には広葉樹についての実験が必要である。薪ボイラでは生材に近い含水率でも燃焼可能なものがあるが、ストーブの場合に乾燥が十分でなく含水率の高い薪ではどうなるかといったデータも収集する価値はある。また、薪形態のみでなく、残材や端材を原料とするブリケットなど、薪ボイラや薪ストーブを新たな対象として供給が増えつつある燃料形態も考慮すべきと考えられる。

### 3. 今後の展望

県内外で薪ボイラの導入事例は増えており、専業林家以外の森林所有者を薪など低質材の生産者として啓蒙する動きも各地で見られる。生産単価はどの程度が適切か、規模や稼働率などの条件によりボイラ施設の採算性はどう変わるのか、ストーブ利用の場合消費量や使い勝手はどうなのか、といった情報が必要とされている。調査と実験を継続し、地域での需要にこたえるような成果を出していくことを目標としたい。

地域内での経済循環という面からは、経費や採算性が重要である。一方、物質やエネルギーの循環という面からは、利用システム全体としてのCO<sub>2</sub>排出やエネルギー収支、地域内での森林資源量に対する消費量の割合といった面からの検討が必要である。今後はLCA的な観点からの利用システムの評価および資源量と消費量のバランスと

いったことも検討していく予定である。

## 4. 業績リスト

### (1) 学術論文

1. 鈴木保志（他7名）（2013）仁淀川町木質バイオマス利活用事業における材出荷実態と出荷者の実収支の分析，森林利用学会誌，28，41～50.
2. Setiawan, A.H., Suzuki, Y., and Gotou, J. (2013) Classification of forest operations with regard to hourly cost to productivity balance - A proposal of a framework for analysis of the relationship between hourly cost and productivity using a simple chart -. Journal of the Japan Forest Engineering Society 28 : 143-148.

### (2) 紀要

1. 垂水亜紀，鈴木保志（他3名）（2013）林地残材，こつこつ集めれば立派な副収入に！，森林総合研究所平成25年版研究成果選集，24～25.

### (3) 学会発表

1. Suzuki, Y., Yoshimura, T. and Sugimoto, J. (2013) Community forestry for sustainable, cost-effective management of local forests: Case study of wood fuel utilization in Japan and plantation management in Indonesia. Proc. of 2nd International Symposium on Tropical Forest Ecosystem Science and Management: Challenges and Solutions, 11-13 September 2013, Dewan Sri Kenyalang, University Putra Malaysia Bintulu Sarawak Campus, Malaysia. (ISBN 978-967-12140-0-8):47-51.
2. 中山琢夫，鈴木保志（他4名），生態系サービスの市場化を通じた流域管理—アメリカにおける水質取引制度を中心に—，日本森林学会第124回大会，盛岡市，2013年3月25～28日.
3. 鈴木保志，（他3名），小規模分散型木質バイオマス燃料としての薪の生産供給システムと経費の検討，森林利用学会第20回学術研究発表会，浜田市，2013年11月29～30日.

### (4) 外部資金

#### 「科学研究費補助金」

1. 基盤研究C（代表）（25450214）「中山間地域の経済・エネルギー自立のための未利用木質資源循環利用システムの構築」 1,500千円（直接経費）450千円（間接経費）

#### 「奨学寄付金」

1. 500千円（直接経費）



## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

### 廃棄バイオマスの養魚飼料への利用

● 深田 陽久 (自然科学系農学部門)

#### 1. 研究目的

高知県内の廃棄バイオマス（ユズ果皮とソウダガツオ煮熟水）を養殖魚の飼料として有効利用することを目的とした。

##### ユズ果皮

廃棄されているユズ果皮にはビタミンCやポリフェノール類などの抗酸化物質が残存し、ブリ血合筋の酸化による褐変を防ぐことが昨年度の研究で明らかになった。本年度は、抗酸化効果獲得に必要な給餌回数決定を水温上昇期に行った。併せて森岡とともに実証試験を行う。

##### ソウダガツオ煮熟水

年間に数千トンの排水が煮熟工程で生じ廃棄されている。この煮熟水には、養殖魚の成長改善を促す有用な成分が含まれている。簡便な利用方法として市販飼料へ吸収させることを検討するとともに成長改善機構を考察する。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

##### ユズ果皮

給餌3週後に褐変と脂質過酸化の抑制効果が得られることを明らかにした。現場試験を行い、魚臭さのマスクング効果を確認した。くら寿司にて「土佐ゆずぶり」として販売に至った。

##### ソウダガツオ煮熟水

飼料1kgに300mLの煮熟水を吸収させることで、ブリ稚魚とマダイ稚魚の成長が改善された。煮熟水は消化酵素の遺伝子発現量を上昇させ、消化促進に寄与していると考えられた。

##### (2) 問題点等

##### ユズ果皮

現場への技術移管と製品の品質保持。

##### ソウダガツオ煮熟水

乾燥させた際の効果の確認。

#### 3. 今後の展望

高知県・鹿児島県におけるユズ果皮ペーストの利用の促進とそのサポートを行う。煮熟水においては、乾燥品での効果

を確認し、有用な飼料原料となりうるか飼育試験を行う。

#### 4. 業績リスト

##### (1) 学術論文

1. Haruhisa Fukada (他3名). Effects of Yuzu *Citrus junos* Peel from Waste as an Aquaculture Feed Supplement on Growth, Environmental load and Dark Muscle Discoloration in Yellowtail *Seriola quinqueradiata*. Journal of Aquatic Food Product Technology.
2. Keitaro Kato, Haruhisa Fukada, (他6名). Effects of dietary taurine levels on epidermal thickness and scale loss in red sea bream, *Pagrus major*. Aquaculture Research, 1-7, 2013.
3. Takahiro Furutani, Toshiro Masumoto, Haruhisa Fukada. Molecular cloning and tissue distribution of cholecystokinin-1 receptor (CCK-1R) in yellowtail *Seriola quinqueradiata* and its response to feeding and in vitro CCK treatment. General and Comparative Endocrinology 186, 1-8, 2013.
4. Hung Phuc Nguyen, Haruhisa Fukada, (他3名). Feeding fermented soybean meal diet supplemented with taurine to yellowtail *Seriola quinqueradiata* affects growth performance and lipid digestion. Aquaculture Research, 1-10, 2013.
5. Peerapom Kaoian, Haruhisa Fukada, (他3名). Taurine supplementation and palm oil substitution in low-fish meal diets for young yellowtail *Seriola quinqueradiata*. Aquaculture 420-421, 219-224.
6. Noriko Hosomi, Haruhisa Fukada (他3名). Yellowtail neuropeptide Y: molecular cloning, tissue distribution and response to fasting. Fisheries Science (accepted).
7. H. Fukada, (他6名). Quality improvement of fish feed by using insulin-like growth factor 1 as a potential indicator of amino acid deficiency in yellowtail.

Aquaculture (accepted).

(2) 学会発表

1. 松浦拓人, 深田陽久 (他3名), ブリ血合筋の褐変と脂質過酸化の抑制に必要なユズ果皮ペースト添加飼料の給餌期間と持続性の確認, H25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 3月27-29日.
2. 矢吹 洋, 深田陽久 (他4名), ブリの脂質代謝の変化に基づく魚油代替飼料の開発, H25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 3月27-29日.
3. 深田陽久 (他7名), ブリIGF1 のアミノ酸投与への応答, H25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 3月27-29日.
4. 中辻伸嘉, 深田陽久 (他4名), 養殖ブリの肉質に及ぼすユズ果皮ペーストの添加量及び給餌回数の影響, H25年度日本水産学会秋季大会, 三重大学, 9月19-22日.
5. 森岡克司, 深田陽久 (他6名), 養殖カンパチ及びブリの品質に対する直七果汁添加飼料の効果, H25年度日本水産学会秋季大会, 三重大学, 9月19-22日.
6. 細美野里子, 深田陽久 (他2名), ブリのニューロペプチドY: cDNAクローニングと組織分布および絶食に対する応答, H25年度日本水産学会秋季大会, 三重大学 9月19-22日.
7. 高橋紀行, 深田陽久 (他2名), プロリン添加によるブリ用低魚粉飼料の改善, H25年度日本水産学会秋季大会, 三重大学 9月19-22日.
8. 深田陽久 (他3名), 日プロリン添加飼料を給餌されたブリ幼魚におけるインスリン様成長因子1型の遺伝子発現量, H25年度日本水産学会秋季大会 三重大学, 9月19-22.
9. 森岡克司, 深田陽久 (他6名), 養殖マダイの品質に対する直七果汁添加飼料の効果, H25年度日本水産学会秋季大会, 三重大学, 9月19-22日.

(3) セミナー等の開催

1. オルテックユニバーシティレクチャーツアー (オルテック社企業セミナー) .平成25年11月12日 (火) 農学部3-1-13教室
2. JSPS海外研究者招聘事業セミナー Physiological evaluation of marine ecosystems: examples based on insulin-like growth factor 1 levels of salmon. Dr. Brian Beckman, NOAA Fisheries, Seattle WA. 平成26年1月24日 (金) 農学部3-1-12教室

(4) 地域貢献活動

1. 秀長水産 (株) 勉強会講師 H25年4月19日
2. 阿多田島漁協 研修会講師 H25年5月15日

(5) 外部資金

「科学研究費補助金」

1. 基盤研究B(H25) 代表 4,800千円 (直接経費) 1,410千円 (間接経費)

「共同研究」

1. 平成25年度 3件, 2,054千円 (直接経費) 204千円 (間接経費)

「受託研究」

1. 平成25年度 1件, 1,538千円 (直接経費) 461千円 (間接経費)

「奨学寄付金」

1. 平成25年度 1件, 100千円 (直接経費) 10千円 (間接経費)
2. 平成25年度 1件, 2,176千円 (直接経費) 164千円 (間接経費)

(6) その他

【報道関係】

1. 2013年10月5日 高知新聞 朝刊 ユズブリの付加価値強調
2. 2013年10月10日 読売新聞 (関西版) フルーツ魚 養殖広がる
3. 月刊養殖ビジネス 柑橘系ブリ類の拡大と課題
4. 2013年10月15日 NHK (あさイチ) ギョギョ きてます! かんきつ系のお魚
5. 2013年11月8日 朝日放送 (キャスト) フルーツ魚特集
6. 週刊プレイボーイ かぼすブリ, みかん鯛, レモンはまち. 「フルーツ魚」って何だ? 2013年10月23日
7. NHK ラジオ第1 世の中おもしろ研究所 2014年1月13日 フルーツ魚って何?
8. 野村證券 野村週報 2014年1月27日号
9. ニュースレター 中国四国農政局 高知地域センター
10. みなと新聞 発酵ショウガが成長改善

【製品化】

1. 本教員が開発した「ユズが香るブリ (柚子鯛王)」の鹿児島県東町漁協 (岩本水産) での生産・販売 (2007年度より継続)
2. 本教員と連携企業で開発した「クラフト菌漬けショウガ粉末」が伊藤忠飼料 (株) の製品に添加剤として採用される.

## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

### 木質バイオマス等を利用した園芸施設の暖房負荷軽減

● 宮内 樹代史 (自然科学系農学部門)

#### 1. 研究目的

高知県の農業生産の柱である施設園芸においては、原油価格高騰の影響を受け生産コストの上昇が大きな課題となっている。そこで、園芸施設の暖房負荷を軽減し、生産コストを下げる方策として、木質バイオマスをはじめとした自然エネルギーを活用した手法を各地の園芸ハウスで検証している。本年度は、木質資源を活用した中山間地の傾斜地ハウスの設置、及び太陽熱の効率的利用に関する計測・調査を行った。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

##### 1) 木質資源を活用した傾斜地ハウス

中山間地の新たな園芸生産モデルのひとつとして、傾斜地を利用した園芸ハウスの設置を検討した。設置場所は高知県に淀川町であり、設置するハウスの部材として、通常使われる金属に代え木材を使用した。これにより、中山間地域に眠っている森林資源を有効活用するとともに、資材の低コスト化を図った。また、設置場所を棚田跡地とし、石垣による太陽熱の取り込みにより、熱的にも効率的なハウスを構築することを意図した。

構築中のハウスで栽培する品目としては、イチゴやトマト等の果菜類を予定しているが、新たな品目としてオリーブの施設栽培の可能性について検討した。岡山県瀬戸内市の牛窓オリーブ園においてオリーブ栽培環境を計測中である。図1に環境計測結果の一例を示す。

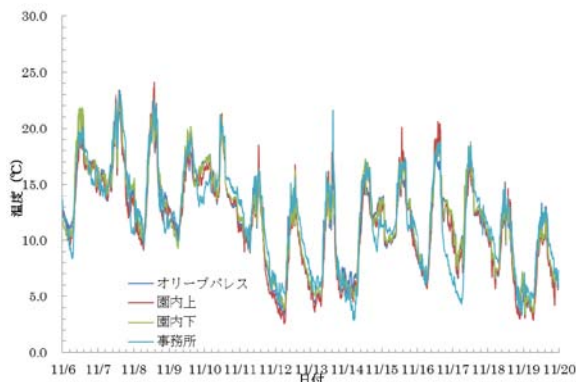


図1 オリーブ園の環境計測の一例  
一般的にオリーブは地中海性気候に類似した小雨の地域での栽培が盛んであるが、日照量が生育に大きく影響することから、高知での施設栽培も検討に値すると考えられる。

##### 2) 太陽熱を利用した効率的な局所加温システム

太陽熱を効率的に蓄熱する媒体として、身近にある「水」を用いたシステムを検討した。西南暖地では、冬季であっても昼間の園芸ハウス内気温は30°C以上になることは珍しくなく、換気が必要である。この昼間のハウス内余剰熱を蓄熱媒体に取り込むために、今回は園芸用に開発中である自然冷媒ヒートポンプ給湯機(エコキュート)を活用した手法、及び太陽熱を直接取り込むソーラーポンドシステム(図2)について検討した。



図2 ソーラーポンドシステム

いずれの場合も、熱交換した温水を地上部あるいは地下部に設置したタンクに貯め、夜間の局所加温に用いた。イチゴを供試品目として用いた慣行法との比較では、約6割のエネルギーコスト削減を達成した。

##### (2) 問題点等

傾斜地ハウスについては、当初の予定が遅れ、3月中旬完成予定で建設中であるため、現地での計測はまだ行われていない。しかし、計測機器の準備は整っており、完

成後速やかに計測を開始する予定である。

### 3. 今後の展望

傾斜地ハウス及びオーリーブ園での環境計測を年間通して行い、栽培環境、栽培品目について新たな提案を行う。また、建設資材のコストを算出し、木質ハウスの経済的特性を明らかにする。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

1. 川嶋浩樹・古市崇雄・宮内樹代史・林真紀夫・直木武之介・長崎裕司, 多層保温被覆資材と水蓄熱体の利用がパイプハウスの暖房負荷に及ぼす影響, 査読有, 農業施設, 44(2), 73-82, 2013.
2. 宮内樹代史, 高知県における環境制御・省エネ技術開発の取り組み — 中小規模施設向けの複合エコ環境制御技術を中心として —, 施設と園芸, No.162, 62-65, 2013.

#### (2) 報告書

1. 川嶋浩樹・長崎裕司・森山英樹・林真紀夫・宮内樹代史他, 高保温性能で暖房燃料使用量を大幅に削減する次世代型パイプハウスの開発成果集, 実用技術 22046 コンソーシアム(), 2013.
2. 川嶋浩樹・長崎裕司・森山英樹・林真紀夫・宮内樹代史他, 超省エネ・高強度な次世代型パイプハウス施工マニュアル, 実用技術 22046 コンソーシアム, 2013.

#### (3) 学会発表

1. 宮内樹代史・松本将大・山根良亮・安武大輔・石川勝美, 地中蓄熱を利用した園芸施設の環境制御に関する研究, 農業機械学会関西支部, 2013.
2. 宮内樹代史・松本将大・吉村留喜・松岡達憲・福田俊仁・安武大輔, 園芸用エコキュート利用のための地中蓄熱層の開発(1) — 地中蓄熱槽の素材と基本特性 —, 農業施設学会年次大会, 2013.8
3. 宮内樹代史・松本将大・玖波井邦昭・高橋昭彦・松岡達憲・深山陽子・吉村留喜・福田俊仁・堀江達哉・安武大輔, 園芸施設における自然冷媒ヒートポンプ給湯機の活用, 日本生物環境工学会年次大会, 2013.9

#### (4) セミナー等の開催

1. 「こうち新施設園芸システムを中心とした次世代の園芸生産を考える」, 10.23, 於高知大学

#### (5) 地域貢献活動

1. 「こうち新施設園芸システム研究会(事務局高知県)」: 本年度2回の研究会議を開催し, 新たな園芸システムの構築に向けた技術開発の動向を検討した.
2. 「仁淀川町石垣ハウス実証協議会(仮称)」: 仁淀川町(旧仁淀村)における中山間地域活性化を目指した新たな園芸体系構築の取り組み.

#### (6) 外部資金

##### 「受託研究」

1. 「中小規模園芸ハウスを対象とした複合エコ環境技術の確立」, 農林水産業・食品産業 科学技術研究推進事業(課題番号:24024), 研究総括, 1,657千円(直接経費)497千円(間接経費)

### 新規肉質評価手法の開発を目指したコラーゲン合成関連遺伝子に関する研究

● 森岡克司・足立亨介・深田陽久（自然科学系農学部門）

#### 1. 研究目的

主要な養殖魚種であるマダイ *Pagrus major* は、一般的に刺身で食べられることが多く、同魚種の肉質評価において、肉の物性は重要な指標である。物性には結合組織の主成分であるコラーゲンの含量および分子間架橋が関与することが知られている。したがって筋肉のコラーゲン量やコラーゲン分子間架橋量を測定することで、肉の物性が評価・予測できるものと考えられるが、これら化学分析には、手間がかかる、試料の必要量が多い等の問題点がある。そこでコラーゲン合成に関わる遺伝子を用いた肉質評価が可能になれば、簡便でかつ少量の試料を使った新たな系を構築できる可能性がある。Prolyl 4-hydroxylase (P4H) はコラーゲン合成の律速酵素と考えられており、コラーゲン鎖のプロリンの水酸化を触媒し、コラーゲンの特異的構成アミノ酸であるヒドロキシプロリンを生合成する。また Lysyl oxidase (LOX) はコラーゲンのテロペプチド領域にあるリシンあるいはヒドロキシリシンの酸化的脱アミノ反応を触媒し、分子間架橋を形成するアルデヒドを生合成する。両酵素は物性に重要な影響を及ぼすことが予想される。しかし、マダイにおける両酵素の遺伝子の研究はこれまで報告されておらず、物性との相関は明らかになっていない。過去の研究において、マダイの筋肉コラーゲン含量は季節変動し、その変動は物性と相関することが示されている。特に7月から11月において両者の変動が顕著である。また、筋肉組織内でコラーゲンの分布は異なり、筋隔ではその含量が非常に多いとされている。そこで本研究では、新規肉質評価手法の開発のための基礎的知見を得ることを目的として、マダイの P4Hα(I) サブユニット (P4Hα(I)) および LOX の cDNA 配列を決定し、その組織分布、季節変動および筋肉組織内分布を解析し、物性との関連性を検討した。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

P4Hα(I) cDNAはCDS全長を含む1958bp, LOX cDNAは完全長1610bpを決定した。CDSより推定されるアミノ酸残基数はP4Hが548, LOXが421であり、トラフグと各々88%および81%の同一性を示した。両遺伝子は採取した全ての組織で発現がみられた。P4Hα(I)遺伝子発現量は、皮および胃で他組織より有意に高く、筋肉に比べ17.1倍および11.4倍の値を示した。LOX遺伝子発現量は、皮で他組織に比べ有意に高く、筋肉に比べ5.9倍の値を示した。季節変動の解析において、筋肉での両遺伝子の発現量は、7月から9月に増加した後、11月に低下する傾向がみられた。皮ではLOX遺伝子発現量が9月に比べ11月に2.3倍に増加した。胃ではP4Hα(I)遺伝子発現量が7月に比べ、9月および11月に0.4倍まで低下した。コラーゲン含量および破断強度は季節間で有意差がみられず、両者は既報と異なる結果を示し、筋肉での両遺伝子の発現量は既報と同様の傾向を示した。背部普通肉および尾部普通肉において、筋隔では筋隔間に比べ、P4Hα(I)遺伝子発現量が4.4倍および12.8倍の値を示し、LOX遺伝子発現量は13.1倍および17.8倍の値を示した。

##### 3. 今後の展望

以上の結果から、マダイのP4H(I)およびLOX遺伝子はコラーゲンの多い組織で高い発現がみられ、季節変動においても似た傾向を示すことが明らかになった。両遺伝子の発現量により養殖マダイの肉質を評価できる可能性が示唆された。

今後は、飼育試験などを通じて飼料の種類、飼料への添加物や絶食などの飼育条件が、コラーゲン合成遺伝子の発現量に及ぼす影響を調べるとともに、筋肉中のコラーゲン量を測定し、両者の関係について明らかにし、新規肉質評価法の開発を目指す。

##### 4. 業績リスト

###### (1) 学術論文

1. 森岡克司, 大西研示, 伊藤慶明, 養殖ブリ及びカンパチ血合肉の冷蔵中

の褐変現象の比較, 日本水産学会誌,  
76, 1009-1016(2013)

産学会春季大会, 於北海道大学.

## (2) 学会発表

1. 中辻伸嘉, 森岡克司, 足立亨介, 宮崎泰幸, 三浦和希, 深田陽久, 養殖ブリの肉質に及ぼすユズ果皮ペーストの添加量及び給餌回数の影響, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 三重大学(2013)
2. 森岡克司, 釘嶋宏幸, 中之前美沙, 足立亨介, 深田陽久, 宮崎泰幸, 三浦和希, 渡辺 貢, 養殖カンパチ及びブリの品質に対する直七果汁添加飼料の効果, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 三重大学(2013)
3. 森岡克司, 釘嶋宏幸, 中之前美沙, 足立亨介, 深田陽久, 宮崎泰幸, 三浦和希, 渡辺 貢, 養殖マダイの品質に対する直七果汁添加飼料の効果, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 三重大学(2013)
4. 石川英利佳・足立亨介・森岡克司 (高知大農), マダイにおける Prolyl 4-Hydroxylase 遺伝子の cDNA 部分配列, 組織分布および季節変動, 日本水産学会, 平成 25 年度中国・四国支部例会, 11 月 16-17 日
5. 秋田もなみ, 足立亨介 (高知大・農), 森田貴巳 (水産庁), 三井敏之 (青学・理工), 森岡克司 (高知大・農), シンカイヨロイダラ I 型コラーゲン  $\alpha$  1 および 2 サブユニット cDNA の全長配列, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会, 於三重大学.
6. 谷村健斗, 畦倉環, 足立亨介, 池島耕 (高知大・農), 養松郁子 (水研セ日水研), 森岡克司 (高知大・農), ズワイガニとベニズワイガニ肝臓の持つセルロース分解酵素の特性と圧力との関係, 平成 25 年度日本水産学会秋季大会, 於三重大学.
7. 石川英利佳, 足立亨介, 森岡克司 (高知大農), マダイの新規肉質評価手法の開発を目指したコラーゲン合成関連遺伝子に関する研究, 平成 26 年度日本水産学会春季大会, 於北海道大学.
8. 秋田もなみ, 足立亨介 (高知大農), 森田貴巳 (水研セ中央水研), 三井敏之 (青学理工), 森岡克司 (高知大農), 生息深度の異なる 3 種のタラ目魚類からの I 型コラーゲン精製およびその生化学的特性平成 26 年度日本水

## (3) その他

1. 指導学生の受賞  
石川英利佳, 平成 25 年度日本水産学会中国・四国支部例会, 優秀発表賞, マダイにおける Prolyl 4-Hydroxylase 遺伝子の cDNA 部分配列, 組織分布および季節変動

## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

### 防赤潮環境の構築

#### ● 山口 晴生（自然科学系農学部門）

#### 1. 研究目的

世界各地の内湾・沿岸域では、依然として赤潮が頻発しており、甚大な漁業被害をもたらしている。そのため、赤潮の発生防除に向けて様々な試みが実施されているものの、その発生機構の複雑さから、実用化に至ったものは皆無である。本研究では、赤潮の発生に関わる生物学および物理学的な主要因を明らかにし、それを複合的に解析することで、実用可能な赤潮発生予測モデルを構築することを最終的な目的とする。

本年度は、休眠状態にある赤潮原因生物を「赤潮初期個体群」として位置付け、それらの海底における分布と現存量を明らかにする。これにより、赤潮原因生物の水平・鉛直的動態を予測・再現するための基盤情報を得ることを目的とする。

#### 2. 研究結果

##### (1) 成果

赤潮多発海域として知られる、高知県浦ノ内湾の海底泥を採取し、顕微鏡下で観察した。その結果、主要な赤潮原因生物 *Chattonella* 属藻の休眠細胞 (resting-cells) を見出すことができた。本細胞は光合成色素 (クロロフィル) を有しており、“発芽可能”な状態で休眠しているものと示唆された。その細胞数は～約  $70 \text{ cells/cm}^3 \text{ sediment}$  であり、浦ノ内湾の湾中央に集中して分布していることがわかった。

その一方で、高知県野見湾底泥からは、*Chattonella* 属の休眠細胞をほとんど検出することができなかった ( $<10 \text{ resting-cells/cm}^3 \text{ sediment}$ )。休眠細胞の現存量が浦ノ内湾・野見湾間で大きく異なる要因としては、その細胞の供給源となる栄養細胞の現存量によるものと推察される。すなわち、浦ノ内湾における *Chattonella* 属の栄養細胞は、毎年夏ごろ  $10^3 \sim 10^4 \text{ cells/mL}$  のオーダーで発生するのに対し、野見湾では  $10^1 \sim 10^2 \text{ cells/mL}$  程度しか発生しない。このような差異が、浦ノ内湾における *Chattonella* 属休眠細胞の高

密度分布を説明する要因の一つであろう。また、浦ノ内湾の形状は極めて閉鎖性であり、湾内の海水とそれに含まれるプランクトン細胞はほとんど湾外に流出しない。特に、湾中央は、地理的特徴から、粒子を蓄積しやすい形状を有している。以上述べた、1) 夏季に発生する豊富な栄養細胞と 2) 浦ノ内湾の地理的特性が要因となり、本湾中央に *Chattonella* 属の初期発生海域が形成されているものと考えられる。

##### (2) 問題点等

浦ノ内湾中央部を赤潮生物 *Chattonella* 属が休眠する海域、すなわち初期発生海域として特定することができた。今後、当該海域からの赤潮の発生・拡大を予測するためには、その休眠細胞が粒子としてどのように拡散するのかを明らかにする必要がある。しかしながら、その拡散を決定付けるであろう、浦ノ内湾における水塊の水平・鉛直的拡散ならびに休眠細胞の粒子特性 (比重、沈降速度など) についてはほとんど知られていない。また、培養室内で *Chattonella* 属を休眠状態に移行できた例は少なく、休眠細胞の動態を室内で解析できない状況にある。

#### 3. 今後の展望

今後、上記した問題を解決するために、室内環境下で *Chattonella* 属の栄養細胞を休眠状態に移行可能な培養系を開発する。また、*Chattonella* 属休眠細胞を粒子として捉え、それが水平的・鉛直的にどのような動態を示すのかを明らかにするために、浦ノ内湾の水塊動態を2次元モデル解析により明らかにする。これらを総合することにより、赤潮の発生・拡大予測モデルの構築につなげる。

#### 4. 業績リスト

##### (1) 学術論文

1. Tanimoto Y, Yamaguchi H, Yoshimatsu T, Sato S, Adachi M. Effects of temperature, salinity and their interaction on growth of toxic *Ostreopsis* sp. 1 and *Ostreopsis* sp. 6

(Dinophyceae) isolated from Japanese coastal waters. Fisheries Science 79(2), 285-291, 2013.

2. Hariganeya N, Tanimoto Y, Yamaguchi H, et al. Quantitative PCR method for enumeration of cells of cryptic species of the toxic marine dinoflagellate *Ostreopsis* spp. in coastal waters of Japan. PLOS ONE 8(3) e57627, 1-16, 2013.
3. Nishimura T, Sato S, Yamaguchi H (10th), et al. Genetic diversity and distribution of the ciguatera-causing dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae) in coastal areas of Japan. PLOS ONE 8(4) e60882, 1-14, 2013.

## (2) 報告書

1. 平成25年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業のうち赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業成果報告書

## (3) 学会発表

1. 山口晴生, 井上 実, 谷本祐子, 外丸裕司. 栄養塩制限下における赤潮珪藻 *Chaeroceros tenuissimus* の遺伝子発現. 平成25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 東京, 2013年3月26日~30日.
2. Wittaya Tawong, Tomohiro Nishimura, Hiroshi Sakanari, Haruo Yamaguchi, Masao Adachi. タイ産底生性渦鞭毛藻 *Ostreopsis* 属の分子系統および分布. 平成25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 東京, 2013年3月26日~30日.
3. 西村朋宏, 針金屋尚人, 坂成浩嗣, Wittaya Tawon, 山口晴生, 足立真佐雄. 本邦産有毒渦鞭毛藻 *Gambierdiscus* 属各種の定量PCRを用いた検出・定量法の開発. 平成25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 東京, 2013年3月26日~30日.
4. 吉松孝倫, 帖朝玉, 山口晴生, 西村朋宏, 足立真佐雄, 本邦産有毒渦鞭毛藻 *Gambierdiscus* 属4種の増殖に及ぼす光強度の影響. 平成25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 東京, 2013年3月26日~30日.
5. 坂成浩嗣, 西村朋宏, Wittaya Tawon, 井口大輝, 上原啓太, 佐藤晋也, 山口晴生, 足立真佐雄. 土佐湾沿岸域における付着性渦鞭毛藻 *Coolia* 属の動態. 平成25年度日本水産学会春季

大会, 東京海洋大学, 東京, 2013年3月26日~30日.

6. 坂成浩嗣, 西村朋宏, Wittaya Tawon, 井口大輝, 上原啓太, 佐藤晋也, 山口晴生, 足立真佐雄. 本邦産 *Coolia* 属藻の分子系統・分布とその毒性. 平成25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 東京, 2013年3月26日~30日.

## (4) 外部資金

### 「受託研究」

1. 平成25年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業のうち赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業 1,423千円 (代表, 直接経費), 1,423千円 (分担, 直接経費)



## 「水・バイオマス」サブプロジェクト

高知県内の有機廃棄物を用いたリサイクル肥料製造所において生産される 超高温菌利用汚泥発酵肥料の特性について

●山根 信三 (自然科学系農学部門)

### 1. 研究目的

高知県内にある一つの有機廃棄物処理施設で製造される有機肥料は、超高温菌を用いた堆肥化システムによって堆肥化期間が大幅に短縮されることで堆肥化の省エネ性と生産性に優れており、また県内の廃棄物を原料に肥料を生産し、それを県内の農産物生産に役立てるということで地産地消の資源循環型社会構築に向けた取り組みとして評価されている。ここで生産される有機肥料「かんとりスーパー」は汚泥発酵肥料として流通が始まっており、使用者の評価する声も聞かれるが、肥料効果の現れ方について詳細が明らかとなっていないため使用範囲が限られている。本肥料の利用促進を図るためには作物に合わせた確かな施肥法を確立する必要があるが、そのためには肥料の肥効特性を把握する必要がある。そこで供試作物として高知県が生産全国1位のショウガを用いて栽培試験を行い、ショウガの生育収量及び品質に及ぼす影響を調査した。さらに作物の生育に最も影響力のあるチソの土壤中での動態を明らかにするために培養庫内において施肥土壌の培養試験を行い、窒素の無機化率と硝化率について他の有機肥料資材との違いを明らかにするとともに温度による無機化の違いを明らかにして、より具体的な汚泥発酵肥料の使用方法が提示できるようにすることを目的として本研究に取り組んだ。

### 2. 研究結果

#### (1) 成果

ショウガ栽培試験において、かんとりスーパーは市販ショウガ用有機配合肥料に比べて初期生育が遅く、草丈、葉数が劣り、分けつも遅れて塊茎数が少なくなると塊茎重が劣る結果となった。さらには乾物率も低くなったことで品質も低下した。土壌培養試験の結果、かんとりスーパーは、少なくとも施肥後4週間の間は、まったく無機化が進行しないことが示唆された。これに対し、なたね油粕や魚粉などは施肥直後

から無機化が徐々に進行し、施肥8日後を過ぎると硝酸化成が始まることが示された。また今回供試した市販ショウガ用有機配合肥料は、これらより早く、施肥4日後を過ぎたぐらいから硝酸化成が始まり、安定した無機化が進行することが示された。またかんとりスーパーは温度が高くても夏季の地温程度では無機化は促進されないことが明らかとなった。以上より使用に当たっては、作付け当初からの肥効を期待するならば、なたね油粕や魚粉より2週間は早目で、作付けの1ヶ月前には投入しておくか、あるいは施与後1ヶ月からの肥効発現を期待して、そこまでを繋ぐ他の速効性の肥料と組み合わせて使用すべきであることが明らかとなった。

#### (2) 問題点等

カントリースーパーは、他の有機肥料資材と比較して著しく肥効の発現が遅く、生育期間が短いものには適さない。また低温期の利用には不向きである。

### 3. 今後の展望

有機質肥料資材として一般に使用される動物性、植物性有機質肥料、さらに市販の特に高知県特産のショウガの生育にあわせた有機配合肥料との無機化の違いとその肥効特性を明らかにすることができた。今後これらを参考にすることでより具体的、効果的なカントリースーパーの使用法の策定が可能になるものと思われる。

### 4. 業績リスト

#### (1) 学術論文

1. K. Kondo, K. Inoue, T. Fujiwara, S. Yamane, D. Yasutake, M. Maeda, H. Nagare, S. Akao and K. Ohtoshi (2013) Seasonal Changes in the Performance of a Catch Crop for Mitigating Diffuse Agricultural Pollution, *Water Science and Technology*, 68(4), 776-782. DOI: 10.2166/wst.2013.258

#### (2) 学会発表

1. Yasutake D., Kiyokawa C., Kondo K.,

- Nomiyama R., Kitano M., Mori M., Yamane S., Maeda M., Hideaki N. and Fujiwara T. Characteristics of Salt Absorption by Roots of Corn Catch Crop at Different Densities in a Greenhouse, 3rd BioHydrology Conference, Koblenz University, Landau/Pfalz, Germany, 21st-24th, May, 2013.
2. Hideaki Nagare, Hiroshi Tsuno, Taku Fujiwara, Satoshi Akao, Morihiro Maeda, Shinzo Yamane, Daisuke yasutake, Masayuki Matsuoka, Wilasinee Saktaywin, Tetsunari Soyama, Jeeranee, Janrungautai, Ryo Watanabe. Phosphorus recovery from wastewater and its potential effect in japan, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013) 29th Oct.-2nd Nov., Daegu, Korea, 2013.
  3. 安武大輔, 清川千明, 近藤圭介, 野見山綾介, 北野雅治, 山根信三, 前田守弘, 永禮英明, 藤原 拓, 温室内の異なる栽植密度条件下におけるクリーニング作物の塩類吸収特性, 日本農業気象学会 2013 年全国大会, 石川県野々市市 2013 年 3 月 27 日-29 日.
  4. 永禮英明, 前田守弘, 藤原 拓, 山根信三, 安武大輔, 松岡真如, 赤尾聡史, 農業系面源汚染抑制と資源回収を同時に実現する植物浄化技術の開発, 第 35 回 京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム特別セッション, 京都市, 2013 年 7 月 25 日.
  5. 松岡真如, 藤原 拓, 永禮英明, 前田守弘, 山根信三, 近藤圭介, 安武大輔, 高知県の施設園芸を対象としたクリーニング