

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
	塚本 次郎	農学部門
	松岡 真如	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 1,767 千円（うち大学改革促進経費 1,467 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	24	
	著書	2	
	紀要	1	
	報告書	2	
	学会発表	39	
	セミナー・講演会・シンポジウム等の開催	6	
地域貢献		3	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3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) 環境負荷低減野菜生産に関する公開講座等の開催 3) リサイクル関連業者に対する技術相談と受託研究

外部資金		科研費	12,450
		共同研究	1,820
		受託研究	26,493
		奨学寄付金	550
		その他	389
		合計	41,702
特許等	1 件		
その他特記事項	<ul style="list-style-type: none"> ● 市浦英明らの発表「界面重合法を活用した剥離紙不要粘着 紙の調製 -調製条件と剥離強度の関係-」が第 62 回日本木材学会大会優秀ポスター賞を受賞した。 ● 足立亨介の指導学生の発表「日本海で漁獲されたマダラ (<i>Gadus macrocephalus</i>) 皮由来の酸可溶性コラーゲンの精製」が平成 24 年度日本水産学会中国・四国支部例会優秀発表賞を受賞した。 ● 藤原拓らの論文が、IF : 4.980 の <i>Bioresource Technology</i> 誌, IF : 3.206 の <i>Chemosphere</i> 誌, IF : 2.651 の <i>Environmental Science and Pollution Research</i> 誌, IF : 2.590 の <i>Desalination</i> 誌に掲載された。 ● 足立亨介らの論文が, IF:2.823 の <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 誌に掲載された。 ● 池島耕らの論文が, IF : 2.247 の <i>Estuarine Coastal and Shelf Science</i> 誌に掲載された。 ● 藤原拓による CREST プロジェクト研究「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」の研究成果が, 新聞 3 紙に (水道産業新聞, 日本下水道新聞, 日本水道新聞) で報道された。 ● 森岡克司による研究成果が高知新聞で報道された。 ● 森岡克司による研究成果が, テレビ東京 ワールドビジネスサテライト, 特集“魚大国ニッポン復権へ” (平成 24 年 12 月 11 日放送) で報道された。 http://www.tv-tokyo.co.jp/mv/wbs/feature/post_31812/ ● 森岡克司による研究成果が, CNBC アジア, CNBCTV 1 8, 非凡電視台, アジア向け番組「Channel Japan」に報道された。 http://www.ustream.tv/recorded/28713474 		

2 研究概要

2-1 研究目的

高知大学では、第二期中期目標・中期計画に基づく自然科学系プロジェクトとして、「海洋」、「環境」、「物性」、「中山間地域」、「水」、「エネルギー」、「バイオマス」、「食料」をキーワードとする研究を推進することとなっている。一次産業・1.5 次産業を基盤とする高知県で地域再生のために持続的な「雇用創出」を産み出すには、第一に安全・高品質な食料を育む健全な環境を持続的に維持する必要があり、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の確立が不可欠である。そこで、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う。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 7 名の研究協力者により遂行する。

2-2 研究成果

(1) 研究内容

本研究は、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実施する。

- 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：松岡真如准教授)
- 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、図 1 に示すような従来の一過型の水・バイオマス利用システム、あるいはバイオマスや水の質を考慮しない一括した循環システム(例：全バイオマスを堆肥化やメタン発酵に利用等)から脱却し、図 2 に示す革新的な水・バイオマスのカスケード型循環システムの開発を目指した一連の研究を行

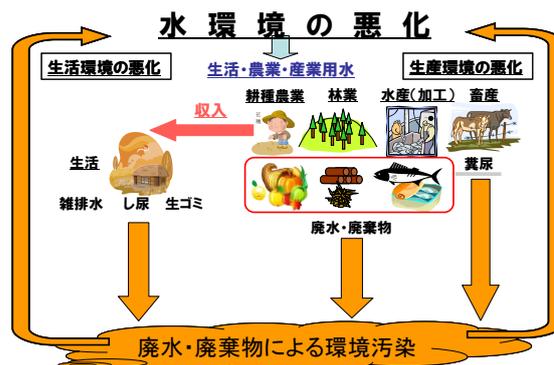


図 1 一過型水・バイオマス利用システム

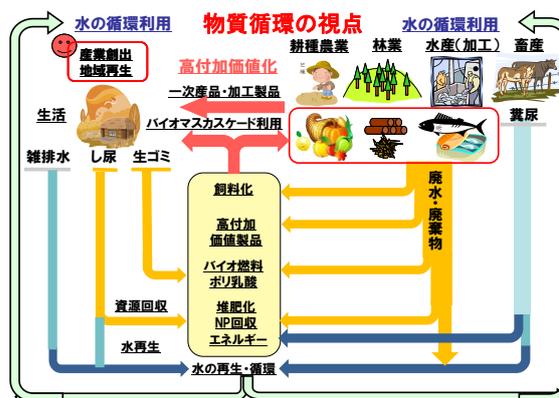


図 2 カスケード型水・バイオマス循環システム

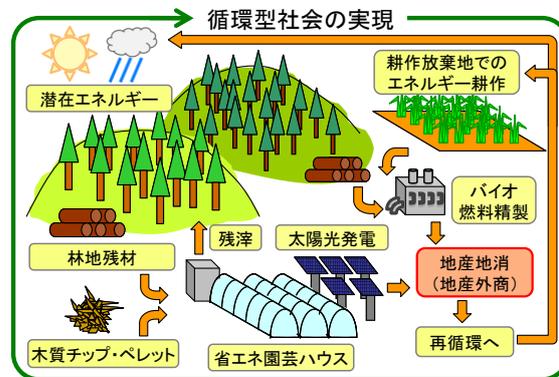


図 3 森林・農業系バイオマスの資源・エネルギー利用システムの構築

う。すなわち、未利用バイオマスの質を考慮し、高付加価値な循環利用（例：飼料化・高付加価値製品生産、等）を進めた上で、それが不可能なバイオマスや高付加価値利用の残さについては、より低品位な循環利用（例：堆肥化・エネルギー回収・資源回収等）を行うなど、バイオマス循環をカスケード的に行うことにより、バイオマスを徹底的に「しゃぶりつくし」、農業地域のバイオマスからより多くの価値と製品を生み出すことを目指している。その際には、従来の農業・林業・水産業・工業等の産業セクターや、場の違い（山・都市・農村・海、等）を超えた循環を模索することにより、ある場所では「ゴミ」であったものを別の場所で「宝」として有効活用する技術とシステムを開発する。

G2 では、森林・農業系バイオマスの資源・エネルギー利用を目指し、図 3 に示す全体枠組みで以下の研究を推進する。水資源・バイオマスの活用による化石燃料の代替について、「地域内のエネルギー自給」を可能とすることを目指し、資源収集や燃焼利用の観点から新規の技術・システム開発を目指して以下のような研究を行う。

- ・高知県における木質バイオマスの利活用
 - ・施設園芸油暖房機としての廃油燃焼装置活用
 - ・稲わら・貝殻のセメント代替材としての利用
- など

G3 では、流域水環境保全に向け、「水」をキーワードにした様々な研究分野の研究者の共同により、以下のような水環境保全技術の開発や水環境の調査研究を実施する。

- ・赤潮発生機構の解明と発生防止環境の構築
- ・マングローブ生態系の解明
- ・面的植物浄化・水再生システムの構築
- ・高度下水処理技術の開発

など

本研究プロジェクトチームでは、研究成果の創出に加えて異分野交流による新規研究領域の創出をも同時に目指し、チーム内の実質的協働をモットーに研究を進めてきた。平成 24 年度の主な成果として、水圏生物学（足立亨介）と沿岸生態学（池島耕）の連携により、熱帯マングローブ域の物質循環について、興味深い成果が得られたので、以下に紹介する。

熱帯マングローブ域の底生生物相で優占するカニが、落葉などの植物体を食ベセルロースの分解を促し、物質循環において重要な役割を果たしているとされている。しかし、これまでセルロース分解はカニの内在的な消化酵素によるのではなく、カニの腸内細菌や糞として排出された後の土壌微生物によるものと想定され、カニ自身によるセルロース分解のメカニズムはほとんど研究されていなかった。これに対し足立・池島らは、1) カニが内在的なセルロース分解活性を普遍的に有することに加えて、2) マングローブ域のカニでは日本の汽水域由来のものに比して 3-5 倍程度高い分解活性を示すこと、3) マングローブ域のセルラーゼ分子量はカニの種類が異なっても約 30K と近い値を示したのに対し、日本のものでは 44K-85K まで広範囲に渡ること、などを明らかにした。

(2) 研究成果報告会等

- 1) 自然科学系「水・バイオマス」プロジェクト「廃棄物・廃水処理に関する国際シンポジウム」

日時：2012年5月8日

場所：高知大学農学部 3-1-13 教室

- 2) 「水・バイオマス」プロジェクト主催シンポジウム「水環境保全・創出に関する最新研究動向」,

日時：2013年3月4日

場所：高知大学農学部 3-1-13 教室.

2-3 特筆すべき事項

- 1) 市浦英明らの発表「界面重合法を活用した剥離紙不要粘着 紙の調製 -調製条件と剥離強度の関係-」が第 62 回日本木材学会大会優秀ポスター賞を受賞した.
- 2) 足立亨介の指導学生の発表「日本海で漁獲されたマダラ(*Gadus macrocephalus*)皮由来の酸可溶性コラーゲンの精製」が平成 24 年度日本水産学会中国・四国支部例会優秀発表賞を受賞した.
- 3) 藤原拓らの論文が, IF : 4.980 の *Bioresource Technology* 誌, IF : 3.206 の *Chemosphere* 誌に掲載された.
- 4) 藤原拓による CREST プロジェクト研究「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」の研究成果が, 新聞 3 紙に (水道産業新聞, 日本下水道新聞, 日本水道新聞) で報道された.
- 5) 森岡克司による研究成果が高知新聞で報道されるとともに, テレビ東京 ワールドビジネスサテライト, 特集 “魚大国ニッポン復権へ” (平成 24 年 12 月 11 日放送) (http://www.tv-tokyo.co.jp/mv/wbs/feature/post_31812/) および CNBC アジア, CNBCTV 18, 非凡電視台, アジア向け番組「Channel Japan」(<http://www.ustream.tv/recorded/28713474>) で報道された.

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。本研究では、家庭廃水の浄化技術として「二点 DO 制御オキシデーションディッチ法の開発」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「ハウス土壤の面的浄化と収穫物資源化に関する研究」を、廃棄物処分場からの微量化学物質排出抑制技術として「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の検討」を行った。

2. 研究結果

(1) 成果

「二点 DO 制御オキシデーションディッチ法の開発」では、曝気方式の違いが亜酸化窒素 (N_2O) の排出特性に及ぼす影響を検討した。表面曝気方式を採用するオキシデーションディッチ (OD) 実施で調査を行い、平成 22 年度～23 年度に実施した二点 DO 制御 OD 法実施での調査結果と比較することにより、二点 DO 制御 OD 法による N_2O の排出係数および転換率は、表面曝気方式と比較して小さく、二点 DO 制御 OD 法は下水の高度処理性能に加えて N_2O 排出抑制にも有効であることを明らかにした。

「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」では、間欠曝気運転を行う堆肥化プロセスにおいて、曝気時は硝化反応による窒素代謝が生じ N_2O が排出されうることが明らかになるとともに、曝気停止時の酸素濃度の低下に伴って脱窒反応由来の N_2O が速やかかつ高い速度で排出されることが示された。以上より、 N_2O 削減の観点からは酸素濃度の大幅な低下を招かない曝気操作が重要であると考えられた。

「豚尿中医薬品除去技術の開発」では、 TiO_2 と高シリカ型ゼオライト (Ze) をシートに固定した半水没型回転円板装置の開発を行い、ラボスケール試験により共存物質が多量に含まれる人工豚尿中でも、回転円板装置による家畜用合成抗菌剤スルファメタジンの吸着・分解が可能であることを明らかにした。

「ハウス土壤の面的浄化と収穫物資源化に関

する研究」では、飼料用トウモロコシをクリーニングクroppとして栽培する期間を短縮した試験を行ない、40 日栽培でも 50 日栽培と概ね同等の浄化特性があることを明らかにした。

「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の検討」では、液固比 10 で 5 分間という短時間の条件で焼却飛灰中の 1,4-ジオキサンの洗浄処理が可能であることが示された。また、1,4-ジオキサンの飛灰洗浄処理に際して同時に多量の可溶性イオンと Pb, Cd が溶出することが示され、洗浄液の処理過程ではこのことを考慮する必要があることが示された。

(2) 問題点等

研究推進上の問題点はないが、下記「今後の展望」に記載の課題が残されている。

3. 今後の展望

「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」では亜酸化窒素排出メカニズムのモデル化および実規模施設での実証が、「豚尿中医薬品除去技術の開発」ではラボスケール装置による連続処理性能およびモデル化が、「ハウス土壤の面的浄化と収穫物資源化に関する研究」では栽培期間の短縮化および収穫物高付加価値化による開発技術の社会実装の検討が、「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の検討」では洗浄処理水の処理技術の開発が、それぞれ今後の課題として残されている。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

- 1) Xiaoqiang Chen, Taku Fujiwara, Kazuo Nakamachi, Yukio Kawaguchi, Fumitake Nishimura, Kunio Ohtoshi (2012) Evaluation of a novel oxidation ditch system with dual DO control technology for biological nutrient removal by mass balance analysis, *Desalination*, 286, 24-33.
- 2) 中町和雄, 藤原拓, 川口幸男, 津野洋(2012) 縦軸水流発生装置を用いた実規模散気式オキシデーションディッチの流動特性と DO 分布に関する考察, 土木学会論文集 G (環境), 68(1), 13-20.
- 3) Satoshi Akao, Koutaro Maeda, Shingo Nakatani, Yoshihiko Hosoi, Hideaki Nagare, Morihiro Maeda & Taku Fujiwara, Comparison of Simultaneous and Separate

- Processes: Saccharification and Thermophilic L-Lactate Fermentation of Catch Crop and Aquatic Plant Biomass, *Environmental Technology*, 10(3), 29-240.
- 4) K. Nakamachi, T. Fujiwara, X. Chen, T. Hashimoto, Y. Kawaguchi, H. Tsuno (2012) Energy Efficiency of Full-scale Oxidation Ditch with Dual DO Control Technology in Clean Water and Domestic Wastewater, *Journal of Water and Environment Technology*, 10(3), 229-240.
 - 5) T. Fujiwara (2012) Concept of an innovative water management system with decentralized water reclamation and cascading material-cycle for agricultural areas, *Water Science and Technology*, 66(6), 1171-1177.
 - 6) Shuji Fukahori, Taku Fujiwara, Ryusei Ito, Naoyuki Funamizu (2012) Photocatalytic decomposition of crotamiton over aqueous TiO₂ suspensions, determination of intermediates and the reaction pathway, *Chemosphere*, 89(3), 213-220.
 - 7) K. Oshita, X. Sun, M. Taniguchi, M. Takaoka, K. Matsukawa, T. Fujiwara (2012) Emission of Greenhouse Gases from Controlled Incineration of Cattle Manure, *Environmental Technology*, 33(13), 1539-1544.
 - 8) H. Nagare, T. Fujiwara, T. Inoue, S. Akao, K. Inoue, M. Maeda, S. Yamane, M. Takaoka, K. Oshita, X. Sun, (2012) Nutrient Recovery from Biomass Cultivated as Catch Crop for Removing Accumulated Fertilizer in Farm Soil, *Water Science and Technology*, 66(5), 1110-1116.
 - 9) 前田守弘, 仲宗根安弘, 岡本啓史, 浅野裕一, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史 (2012) クリーニングクロープ導入によるナス施設栽培休閑期における栄養塩溶脱負荷の削減, *土木学会論文集 G (環境)*, 68(7), III_103-III_111.
 - 10) 西村文武, 岡田由希子, 増田理子, 中川佑子, 日高平, 藤原拓, 津野洋 (2012) オゾン添加活性汚泥法における有機性微量汚染物質含有廃水の処理特性, *土木学会論文集 G (環境)*, 68(7), III_359-III_367.
 - 11) Fukahori, S., Fujiwara, T., Funamizu, N., Matsukawa, K., Ito, R. (2013) Adsorptive removal of sulfonamide antibiotics in livestock urine using the high-silica zeolite HSZ-385, *Water Science and Technology*, 67(2), 319-325.
 - 12) Satoshi Akao, Koutaro Maeda, Yoshihiko Hosoi, Hideaki Nagare, Morihiro Maeda, Taku Fujiwara (2013) Cascade utilization of water chestnut: recovery of phenolics, phosphorus, and sugars, *Environmental Science and Pollution Research*, in press.
 - 13) Hirofumi Tsutsui, Taku Fujiwara, Kazutsugu Matsukawa, Naoyuki Funamizu (2013) Nitrous oxide emission mechanisms during intermittently aerated composting of Cattle manure, *Bioresource Technology*, (accepted).
- (2) 学会発表
- 1) Misaki ITO, Shuji FUKAHORI, Taku FUJIWARA (2012) Adsorptive Removal and Photocatalytic Decomposition of Sulfamethazine in Secondary Effluent Using TiO₂-Zeolite Composites, *Water and Environment Technology Conference 2012*, The University of Tokyo, Tokyo, Japan, 29-30, June, 2012
 - 2) Tsutsui, H., Fujiwara, T., Matsukawa, K., and Funamizu, N. (2012) Nitrous oxide emission mechanisms during intermittently aerated composting of cattle manure, 5th International Conference on the "Challenges in Environmental Science & Engineering", Melbourne, Australia, 9-13, September, 2012
 - 3) Kondo, K., Inoue, K., Fujiwara, T., Yamane, S., Yasutake, D., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., and Ohtoshi, K., (2012) Seasonal change in diffuse agricultural pollution control performance of catch crop, 8th IWA World Water Congress & Exhibition, Busan, Korea, 16-21, September, 2012
 - 4) H. Nagare, T. Fujiwara, S. Akao, M. Maeda, S. Yamane, D. Yasutake (2012) Nutrient extraction from biomass derived in water quality management countermeasures, 8th IWA World Water Congress & Exhibition, Busan, Korea, 16-21, September, 2012
 - 5) Shuji Fukahori, Taku Fujiwara, Naoyuki Funamizu, Ryusei Ito (2012) Synthesis of TiO₂-zeolite composites for sulfonamide antibiotic removal, 8th IWA World Water Congress & Exhibition, Busan, Korea, 16-21, September, 2012
 - 6) 藤原拓 (国立大学高知大学), 仙頭義寛 (香南市長), 川内敏博 (高知県), 橋本敏一 (地方共同法人日本下水道事業団), 中町和雄 (前澤工業株式会社) 産官学連携による省エネ型下水処理技術の開発研究, 産学連携学会第 10 回大会, 高知市, 2012 年 6 月 14 日-15 日.
 - 7) ゲンタンフォン, 藤原拓, 陳小強, 中町和雄, 橋本敏一, 川口幸男, 実規模二点 DO 制御 OD 法の流入負荷が亜酸化窒素の動態と排出抑制に及ぼす影響, 第 49 回下水道研究発表会, 神戸市, 2012 年 7 月 25 日-26 日.
 - 8) 中町和雄, 藤原拓, 陳小強, 橋本敏一, 川口幸男, 負荷二点 DO 制御法における最終沈殿池および定量排出装置の性能評価と最適化, 第 49 回下水道研究発表会, 神戸市, 2012 年 7 月 25 日-26 日.

- 9) 円谷輝美, 中町和雄, 藤原拓, 川口幸男, 蛍光式 DO 計の応答性と実施における運用について, 第49回下水道研究発表会, 神戸市, 2012年7月25日-26日.
 - 10) 浅野裕一, 前田守弘, 兵藤不二夫, 中島泰弘, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史, 牛舎由来のアンモニアが隣接圃場におよぼす影響: 笠岡湾干拓地における一事例, 日本土壌肥料学会 2012年度鳥取大会, 鳥取市, 2012年9月4日-6日.
 - 11) 山田正人, 立尾浩一, 石垣智基, 藤原拓, 高知県におけるバイオマス系廃棄物フローを表現する投入産出表の構築, 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会, 講演論文集, 29-30, 仙台市, 2012年10月22日-24日.
 - 12) 戸田覚之, 大下和徹, 高岡昌輝, 松川和嗣, 藤原拓, 神田英輝, 液化ジメチルエーテルを用いた家畜糞の乾燥に関する研究, 第49回環境工学研究フォーラム, 京都市, 2012年11月28日~30日.
 - 13) 仲宗根安弘, 前田守弘, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史, 施設栽培休閑期におけるN₂O発生要因の室内培養実験による検討, 第49回環境工学研究フォーラム, 京都市, 2012年11月28日~30日.
 - 14) 伊藤美早紀, 深堀秀史, 藤原拓, 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) 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.
 - 16) 畑本通子, 藤原拓, 康峪梅, 倉田泰人, 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.
 - 17) 筒井裕文, 藤原拓, 松川和嗣, 船水尚行, 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.
- (3) **セミナー等の開催**
- 1) 自然科学系「水・バイオマス」プロジェクト「廃棄物・廃水処理に関する国際シンポジウム」, 2012年5月8日, 農学部3-1-13教室
 - 2) 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, 公開シンポジウム(第3回), 2012年6月22日, JST東京本部B1大会議室
 - 3) 物部キャンパスフォーラム「これからのエネルギーを考える」2012年12月8日, 農学部5-1教室
 - 4) CREST「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」領域 第2回農学分野合同ワークショップ「農学から発

信する水問題最前線」2012年12月14日, 農学部大会議室.

- 5) 「水・バイオマス」プロジェクト主催シンポジウム「水環境保全・創出に関する最新研究動向」, 2013年3月4日, 農学部3-1-13教室.

(4) 外部資金

「科学研究費補助金」

- 1) 「平成24年度科学研究費補助金」基盤研究B(分担)「集落排水処理水における医薬品含有の実態と処理水利用水田での医薬品動態特性の解明」150千円(直接経費)45千円(間接経費)(研究代表者: 治多伸介)
- 2) 「平成24年度科学研究費助成事業(挑戦的萌芽研究)(23656332)「磁気分離複合光触媒を用いた下水処理水中医薬品の太陽光活用型除去技術の開発」(代表)600千円(直接経費)180千円(間接経費)
- 3) 「平成24年度環境総合推進費補助金」(113027)「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」4,300千円(直接経費)1,290千円(間接経費)(研究代表者: 石垣智基)

「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)15,336千円(直接経費)4,601千円(間接経費)

「奨学寄付金」

550千円

(5) その他

「新聞報道」

- 1) 水道産業新聞: 平成24年8月23日掲載
- 2) 日本下水道新聞: 平成25年1月24日掲載
- 3) 日本水道新聞: 平成25年1月23日掲載

カニ類におけるセルロース分解について

● 足立 亨介（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

一般に動物におけるセルロース分解は共生する菌類及び細菌類の作用によるものと考えられてきたが、近年、無脊椎動物において内在性セルラーゼの存在が報告されている。マングローブクラブ *Episesarma versicolor* は落葉中のセルロースを分解することにより炭素循環で大きな役割を担う。また、海産のカニは生息域によっては高い水圧下で生息する種も存在するもののその特性は明らかにされていない。日本で馴染み深い海産のカニの一つにズワイガニ (*Chionoecetes opilio*) が挙げられ、本種は水深 200~400m の場所に生息する。また、ベニズワイガニ (*Chionoecetes japonicus*) はズワイガニと近縁種であるが、ズワイガニよりさらに深海の水深 400~2500m に生息する。そこで本研究では、上記カニ類の肝臓中のセルラーゼの生化学的特性を検討した。

2. 研究結果

(1) 成果

マングローブクラブでは肝臓由来の粗酵素液が胃液由来の同酵素液より 370% 高い値を示した。両酵素液はともに 50°C 付近に至適温度をもっていた。マングローブクラブ肝臓由来のセルラーゼの分子量は各々 33.1k および 53.3k と算出された。ズワイガニのセルラーゼ (CoCEL) 活性は 2.3×10^{-3} U、ベニズワイガニの同酵素 (CjCEL) 活性は 1.7×10^{-3} U と算出された。両酵素の至適温度及び pH は 50°C 及び pH6 であったが、CjCEL では pH9 付近にも高い活性が確認された。②両酵素の分子量はともに 39.7kDa と算出された。③CoCEL では 200M Pa 圧力付加時の酵素活性が常圧時に比べ 48% 減少し、CjCEL では 5% 減少した。以上の結果から、両種肝臓中に類似の性質を有するセルラーゼ活性が確認されたが、ベニズワイガニのみにおいて高い圧力下でも活性に大きな変化がみられなかったことから、同酵素が高圧に適応した特性を有している可能性が示唆された。

(2) 問題点等

生化学的解析と入っても現段階では粗酵素液を対象としたものの解析のみにとどまっている。今後は精製酵素、遺伝子配列まで含めた解析をカ

ニ同酵素の多様性を絡めて論じることが必要。

3. 今後の展望

これまでの成果から潮間帯のカニ類のセルラーゼは多様な分子量を有すること、すなわち多様な構造を有すると推察されている。今回の成果において同酵素が環境において自身の機能を適応させていることが、推察された。今後は、この構造の多様性と機能を結び付けていく研究が必要となる。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

- Hideki Kishimura, Kana Fukumorita, Kohsuke Adachi, Satoru Chiba, Yujiro Nagai, Shigeru Katayama, Shigeru Nakajima, Hiroki Saeki, A trypsin inhibitor in the viscera of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) elicits insulinotropic effects in diabetic GK rats. *Journal of Food Biochemistry* 36, 93–98 (2012)
- Kohsuke Adachi, Kana Fukumorita, Michihiro Araki, Nobuhiro Zaima, Satoru Chiba, Hideki Kishimura and Hiroki Saeki, Transcriptome analysis of the duodenum, pancreas, liver, and muscle from diabetic Goto-Kakizaki rats fed a trypsin inhibitor derived from squid viscera. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 5540–5546 (2012)
- Kohsuke Adachi, Kentaro Toriyama, Tamaki Azekura, Katsuji Morioka and Kou Ikejima, Potent cellulase activity in the hepatopancreas from Sesaminid crab in mangrove forest *Fisheries Sci* 78, 1309–1314 (2012)

(2) 学会発表

- 森岡克司(高知大農, JST-CREST), 釘嶋宏幸, 中之前美沙, 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), ユズ果皮ペーストを添加・給餌した養殖ブリの品質平成 24 年度日本水産学会秋季大会, 水産大学校, 9 月 14–17 日
- 中塚和樹, 足立亨介, 森岡克司 (高知大農), クルマエビ (*Marsupenaeus japonicus*) カロテノプロテインの部分精製と深色移動条件の検討, 日本水産学会平成 24 年度

中国・四国支部例会, 福山大学, 12月1-2日

- 3) 秋田もなみ, 足立亨介, 森岡克司 (高知大農), 日本海で漁獲されたマダラ (*Gadus macrocephalus*) 皮由来の酸可溶性コラーゲンの精製, 日本水産学会 平成24年度中国・四国支部例会 福山大学 12月1-2日
 - 4) 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 (*Coryphaenoides yaquinae*) I型コラーゲンサブユニット遺伝子群の部分配列解析, 平成25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 平成25年3月26日~30日
 - 5) 中塚和樹, 足立亨介, 森岡克司 (高知大・農), クルマエビクラスタシアニン遺伝子の組み換えタンパク質発現系の確立平成25年度日本水産学会春季大会, 平成25年3月26日~30日, 東京海洋大学
- (3) セミナー等の開催
- 1) 「高知での食品で頑張る若手経営者」平成25年2月26日 高知大学農学部 5-1
- (4) 外部資金
- 1) 「平成24年度科学研究費補助金」 基盤研究C代表 2,500千円 (直接経費) 750千円 (間接経費) 「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」

「受託研究」

- 1) 平成24年度第2回研究成果展開事業 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 「世界初のアオリイカ人工受精・孵化技術の確立」代表 910千円 (直接経費) 270千円 (間接経費)
- (5) その他
- 1) 指導学生の受賞
秋田もなみ, 平成24年度日本水産学会中国・四国支部例会, 優秀発表賞, 日本海で漁獲されたマダラ (*Gadus macrocephalus*) 皮由来の酸可溶性コラーゲンの精製

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。

“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。本研究では、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、その無機成分を酸化チタン-ゼオライト複合体の合成原料とした。そして、合成した酸化チタン-ゼオライト複合体による硝酸イオンおよびアンモニウムイオンの吸着効果を検討し、その課題について検証した。

2. 研究結果

(1) 成果

“廃棄ユズ皮”のカスケード利用 “

凍結乾燥により水分のみを除去した乾燥ユズ果皮残渣からヘキサンを使用し、精油を抽出した。次に、精油抽出後の残渣から酸条件およびアルカリ条件下でペクチンの抽出を行った。酸条件下では、 2×10^{-5} mol, 2×10^{-3} mol および 2×10^{-1} mol 塩酸を使用し、 $95^\circ\text{C} \cdot 30$ 分加熱した。アルカリ条件下では、0.1%, 0.5%, 1% 水酸化カリウムを使用し、 $80^\circ\text{C} \cdot 30$ 分、 $80^\circ\text{C} \cdot 60$ 分、 $80^\circ\text{C} \cdot 120$ 分の3条件でそれぞれ加熱した。加熱後、ろ過によりろ液とペクチン抽出後残渣を分離した。ペクチン抽出後の残渣をイオン液体により、 $100^\circ\text{C} \cdot 2$ 時間加熱後、エタノールを添加し、セルロースを析出させた。ペクチンを酸条件下抽出した場合、濃度が高くなるにつれて、粗ペクチン量、ペクチンの主成分であるガラクトuron酸量ともに増加する結果となった。アルカリ条件下では各抽出時間で粗ペクチンについては濃度が高くなるにつれ

て、抽出量も増加した。しかし、ガラクトuron酸量は、30分および60分間抽出した場合、濃度増加に伴い抽出量も増加したが、120分では濃度1%以上で抽出量が減少した。さらに、抽出した粗ペクチンの状態比較を行った。酸条件下ではいずれも白色、繊維状であったが、最も濃度の高い 2×10^{-1} mol 塩酸では他の濃度では見られない色の変化が確認された。さらに 2×10^{-1} mol 塩酸では抽出量が急激に増加していることから、酸の濃度が高い場合、リグニンなどの成分がペクチンとともに、粗ペクチンとして抽出されていると考えられた。アルカリ条件下では、いずれにおいても褐色化し、粉末状であった。

セルロースは、酸条件下では濃度が高くなるにつれて抽出量は増加した。一方、アルカリ条件下では、加熱時間、濃度による抽出量の違いは観察されず、0.06–0.09 g のセルロースが抽出された。また、走査型電子顕微鏡 (SEM) による表面観察により、酸条件、アルカリ条件ともに抽出したセルロースはフィルム状であった。しかし、酸条件下の最も濃度の高い 2×10^{-1} mol 塩酸において不純物の混入が確認された。このことから、酸によるセルロースの抽出は、濃度が高いと純粋なセルロースを得ることができないと考えられた。

以上のことから、ペクチンとセルロースを段階的に抽出するための最適条件としては、1% 水酸化カリウムで、加熱時間 30–60 分であることが示唆された。

“製紙スラッジ”の再資源化

所定の割合で混合した水ガラス、水酸化ナトリウムおよび蒸留水を用いて、 100°C 、2 時間反応を行い、合成した酸化チタン-ゼオライト複合体は、粉末X線回析よりゼオライトの合成が確認された。合成した酸化チタン-ゼオライト複合体を用いて、硝酸イオンおよびアンモニウムイオンの吸着効果を検討した。比較対象として、焼成処理後の製紙スラッジ無機成分を用いて、同様に合成した酸化チタン-ゼオライト複合体を使用した。

硝酸イオンに関しては、すべての条件において吸着が観察されなかった。これより、合成した全てのゼオライトは陰イオンについての吸

着能がないことが分かった。次にアンモニウムイオンで実験を行ったところ、すべての条件において吸着効果が観察された。製紙スラッジ焼成処理後の無機成分を活用して合成した酸化チタン-ゼオライト複合体の方が、イオン液体を用いて分離した無機成分を活用して合成した酸化チタンゼオライト複合体よりも吸着能が優れていた。これは、焼成処理により、無機化合物が酸化され、イオン液体で処理した無機化合物と比較して酸化物として多く存在していると推測される。この酸化物がゼオライトの性質に影響を与え、イオン吸着に影響を及ぼしていると考えられる。

(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を分子量の観点から検討を行っていない。このことから、抽出したペクチンおよびセルロースの特性を十分に把握する必要がある。

“製紙スラッジ”の再資源化

イオン液体を用いた場合、無機化合物の酸化物が形成されず、ゼオライトの性能に影響を及ぼしていた。これらの性能の改善法の検討が今後の課題である。

3. 今後の展望

“廃棄ユズ皮”のカスケード利用“については、抽出したペクチンおよびセルロースの特性およびろ液中に含まれる成分について分析を行う予定である。

“製紙スラッジ”の再資源化“については、回収したパルプ成分であるセルロース成分を活用し、フィルムの調製を行い、その特性を明らかにする。また、そのフィルムを利用して酸化チタン-ゼオライト複合体の固定化を図る。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

- 1) Ichiura H., Takayama M., and Ohtani H., “Interfacial polymerization preparation of functional paper coated with polyamide film containing volatile essential oil”, *Journal of Applied Polymer Science*, 124, 242-247 (2012).
- 2) Ichiura H., Matsuike T., and Ohtani Y., “Low Methoxylated Pectin for Preparation of an Intelligent Functional Sheet with Responsiveness to Sodium Ions”, *Journal of Applied Polymer Science*, 127, 1725-1729 (2013). DOI: 10.1002/app.37902.

- 3) Ichiura H., and Kaneda Y., “Direct preparation of gelatin microcapsules on paper surface using simple coacervation technique”, *Journal of Applied Polymer Science*, in press.

(2) 学会発表

- 1) 市浦英明, “農工業系廃棄物を活用した機能材料創出”, 平成 23 年度 四国紙パルプ研究協議会講演会, 高知, 2012 年 3 月 8 日
- 2) 市浦英明, “界面重合反応による新規ナノ構造体合成法を活用した機能紙の開発”, 大学等技術シーズ型研究会, 愛媛, 2012 年 11 月 7 日
- 3) 市浦英明, “農工業系廃棄物を活用した機能材料創出”, JST CREST 「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, 高知, 2012 年 3 月 12 日.
- 4) 市浦英明, 金田吉継, 大谷慶人, “コアセルベーション技術を活用したゼラチンマイクロカプセルの紙表面上での直接合成”, 第 79 回 紙パルプ研究発表会, 東京, 2012 年 6 月 19 日-6 月 20 日
- 5) 山本健一, 市浦英明, 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紙への徐放性付与”, 平成 24 年度繊維学会年次大会, 東京, 2012 年 6 月 6-8 日.
- 6) 山本健一, 市浦英明, 大谷慶人, “揮発性化合物含有高分子膜の紙表面上での直接合成 -調製条件と徐放性の関係-”, 第 24 回 日本木材学会 中国・四国支部, 徳島, 2012 年 9 月 18 日.
- 7) 坂本世悟, 市浦英明, 大谷慶人, “界面重合法を活用した剥離紙不要粘着紙の調製 -調製条件と剥離強度の関係-”, 第 62 回 日本木材学会, 札幌, 2012 年 3 月 15-17 日.
- 8) 坂田志穂, 市浦英明, 大谷慶人, “廃棄ユズ果皮からのセルロースおよびペクチン成分抽出条件の確立”, 第 24 回 日本木材学会 中国・四国支部, 徳島, 2012 年 9 月 18 日.

(3) 外部資金

- 1) 「平成 23 年度科学研究費補助金」 基盤研究C 代表 1,600 千円(直接経費) 480 千円(間接経費)

「共同研究」

1,820 千円(直接経費) 182 千円(間接経費)

「受託研究」

3,307 千円（直接経費）992 千円（間接経費）

（4）その他

総説等

- 1) 市浦英明, “バイオアクティブペーパーの研究開発動向”, WEB Journal, 134, 18-21 (2012).

特許等

- 1) 市浦英明, 小西 孝義, 中下将志, 亀田 範明, “インジケータ及びその収納体”, 特願 2012-218428

賞罰

- 1) 第 62 回 日本木材学会大会 優秀ポスター賞, “界面重合法を活用した剥離紙不要粘着 紙の調製 -調製条件と剥離強度の関係-”

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カニ類は水産業においても、生態系の機能においても重要な役割を果たしている。とくに、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であるとされる。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。そのために、まず、生息するカニの種類や密度を知ることが必要であるが、これまでマングローブに生息するカニの密度の推定例は少ない。これらのカニが深さ1メートルにも及ぶ巣穴を掘り、そこに逃げ込むため採集が難しいことや、マングローブの環境において調査者が目視観察を行うには大変な労力がかかることなどの要因で調査方法が確立していない。そこで、まずマングローブにおけるカニの種類と密度の推定方法を確立することを目指している。本年度は、昨年度行ったトラップや手づかみによる採集とカメラ撮影による観察の結果を受け、新たなトラップによるカニの採集、ビデオカメラと目視観察による密度推定とその結果の比較を行った。

2. 研究結果

(1) 成果

調査は2012年10月にタイ国トラン県シカオのマングローブ林で行った。カニの採集は昨年度に引き続き、プラスチック製木鉢（直径約20cm、深さ約25cm）を地中に埋め込み落とし穴としたほか、タイの漁業者がベンケイガニ類を採集するために用いているトラップを参考に作成したものを用いた。このトラップは一般的なネズミ捕獲器と同様に、中のフックに吊るした餌をカニがとろうとすると入り口のフタが閉まり、捕獲されるしくみである。空き缶や

割り箸、プラスチック板、針金、輪ゴムを材料に非常に安価に作成することができた。

カニ各種の分布と密度を推定するために、まず、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2 x 2m の方形枠を2個設定し、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。また、方形枠内の穴の数と穴の入り口径を計測し、穴の数と観察されるカニの密度の比較から、穴の数の計数による簡易的な密度推定が可能であるか検討した。

トラップや手づかみ採集により3属6種のベンケイガニ類が採集された。その大きさは甲幅10mmから35mmで、目視やビデオで観察されたカニのサイズ範囲の個体をほぼ捕えることができた。目視観察とビデオ観察では、いずれも観察開始後、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が、目視観察ではその増加率が低く、観察者の気配を感じてカニが巣穴からなかなか出てこないことが考えられた。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、目視観察では観察を終了した30分後まで増加傾向が続いていた。延べ数はビデオ観察では目視のおよそ1~2倍で、目視観察は過小評価となる可能性があった。巣穴の入り口数はカニ観察数の3~13倍であったが、これはカニの巣穴の入り口が複数あるためと考えられた。これらからビデオ観察がカニの密度推定に有効であると考えられたが、ビデオは他にも行動を記録できる利点もあった。例えば、カニがマングローブの葉を巣穴に持ち込む様子が記録されており、自然条件下での餌の消費量の推定を行える可能性があると考えられた。

(2) 問題点等

ビデオは密度推定に有効であることが分かかったが、解像度の制約で種同定が難しいなどの問題もあった。コードラートを小さくする、解像度の高いデジタルスチルカメラのインターバル撮影を併用するなど、撮影方法をさらに検討する必要がある。また、巣穴の計数は簡易な

密度推定法に用いられそうであるが、1つの巣穴の入り口の数や、種による特徴の有無などを検討することが必要である。

またカニの一日の行動パターンを明らかにすることも、巣穴から出ているカニを観察して生息密度を推定する上では重要な検討課題である。

3. 今後の展望

引き続き、目視観察、ビデオ撮影、巣穴計測とトラップによる採集を行い、本年度で明らかになった課題について検討し、カニの生息密度推定法の確立を図る。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

- 1) Matiss Zagars, Kou Ikejima 他. 2012. Migration patterns of juvenile *Lutjanus argentimaculatus* in a mangrove estuary in Trang province, Thailand, as revealed by ultrasonic telemetry. *Environmental Biology of Fishes* 94, 377-388
- 2) Kohsuke Adachi, Kentaro Toriyama, Tamaki Azekura, Katsuji Morioka, Prasert Tongnunui, Kou Ikejima. 2012. Potent cellulase activity in the hepatopancreas of mangrove crabs, *Fisheries Science*, 78, 1309-1314
- 3) Matiss Zagarsa, Kou Ikejima 他. Trophic characteristics of a mangrove fish community in Southwest Thailand: Important mangrove contribution and intraspecies feeding variability. *Estuarine Coastal and Shelf Science* (in press).

(2) 紀要等

- 1) Matiss Zagars, Kou Ikejima 他. 2012. Importance of different primary producers in supporting a mangrove fish community in Sikao Creek, Thailand. *Proceedings of the 7th International Symposium on SEASTAR2000 and Asian Bio-logging Science (The 11th SEASTAR2000 workshop)*(2012-02), 377-388

(3) 外部資金

「科学研究費補助金」

「平成 24 年度科学研究費補助金」基盤 C (代表) (24580269) 「マングローブ植林の生態系修復効果の検証：カニを鍵種としたアプローチ」1,400 千円 (直接経費) 420 千円 (間接経費)

針葉樹人工林の広葉樹林化は林地の水源涵養機能を向上させるか？

● 塚本 次郎（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

水源の森づくりを目的として、スギ・ヒノキ人工林の広葉樹林化が行われた栲原町の事業実施地で行ったこれまでの研究により、スギ・ヒノキ人工林の表層土壌で発現していた撥水性（水をはじく性質）が広葉樹林化後約 10 年で緩和され、“透水性”が向上（表面流出水が減少）することを確認した。しかし、この“透水性”は、自然界ではあり得ない強い降雨条件下（土壌試料表面に常に約 1cm の水頭が保たれるよう水を供給）で測定されたものであるため、通常の降雨条件下でも表面流出が抑制されるか否かの確認が必要であった。そこで、本年度は特別仕様のノズルから土壌試料表面に霧状に雨を散布した際に生ずる表面流出水の量と土壌の撥水強度との関係を明らかにすることを目的として研究を行った。

2. 研究結果

（1）成果

栲原町の針広混交林化事業実施地を調査地とし、地形に谷筋と尾根～斜面の 2 区分を設けてヒノキ人工林（以下、ヒノキ林）4、スギ人工林（以下、スギ林）5、広葉樹植栽地（以下、広葉樹林）5 の計 14 ヶ所から表層土壌試料を採取した。

撥水強度は 1mm の円孔篩を通した風乾土壌をシャーレに詰め、2kg の重さで圧密した試料表面への水滴浸入時間（○時間：○分：○秒）として定量した。表面流出は構造を破壊しないようにして採取した試料表面に 60～80mm/hr の強度で 1 時間霧状の人工降雨を降らせた際の表面流出割合（表面流出水量÷供給水量×100（%））として定量した（図－1）。いずれの実験も繰り返し数は 6 とした。

図－2 に撥水強度（水滴浸入時間）を示した。撥水性は一般に乾燥した土壌で発現しやすいとされている。本調査地でも撥水強度は尾根～斜面で大きく、谷筋で小さい傾向を示した。広葉樹林では針葉樹林、特にヒノキ林に比べて撥水強度が低下していた。図－3 に表面流出割合を示した。樹種、地形との関係では、スギ林（尾根～斜面）でヒノキ林（尾根～斜面）に匹敵する高い流出流出割合が記録された以外は、水滴浸入時間で見られたのと概ね同様の傾向が見られた。

以上の結果から、スギ・ヒノキ人工林を広葉樹林化することにより、表層土壌の撥水性が緩和され、豪雨時の表面流出が抑制されるものと考えられる。すなわち、針葉樹人工林の広葉樹林化には林地の水源涵養機能を向上させる効果があると考えられる。ただし、常時土壌が湿潤な状態にある谷筋では、針葉樹人工林であっても表層土壌の撥水強度は低いため、広葉樹林化の効果は大きくないと考えられる。

（2）問題点等

人工降雨装置の性能の限界から、今回の降雨実験における降雨強度が 60～80mm/hr という著しい豪雨条件になった点については、今後改善することが必要である。

3. 今後の展望

これまでは降水量多い栲原町を調査地として研究を行ってきたが、同様の研究を年降水量が 2000mm 程度の相対的に乾燥した地域で実施し、栲原町での結果と比較してみたい。

4. 業績リスト

（1）地域貢献活動

年度末に栲原町への事業実施報告書を提出

（2）外部資金

栲原町補助事業「芹川水量調査事業」（補助金 389 千円）の一部として実施



図-1 人工降雨装置に装着した土壌試料（円筒内）

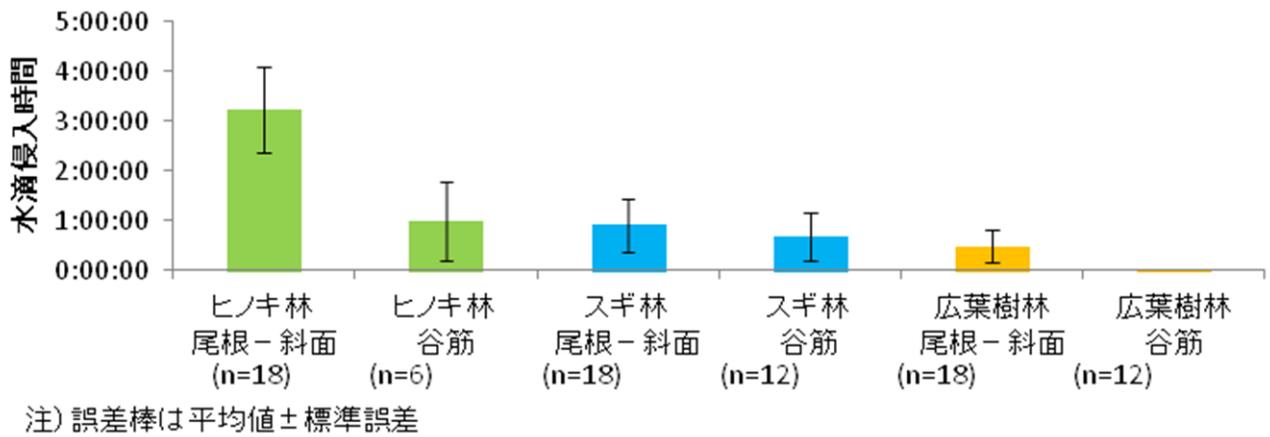


図-2 水滴侵入時間

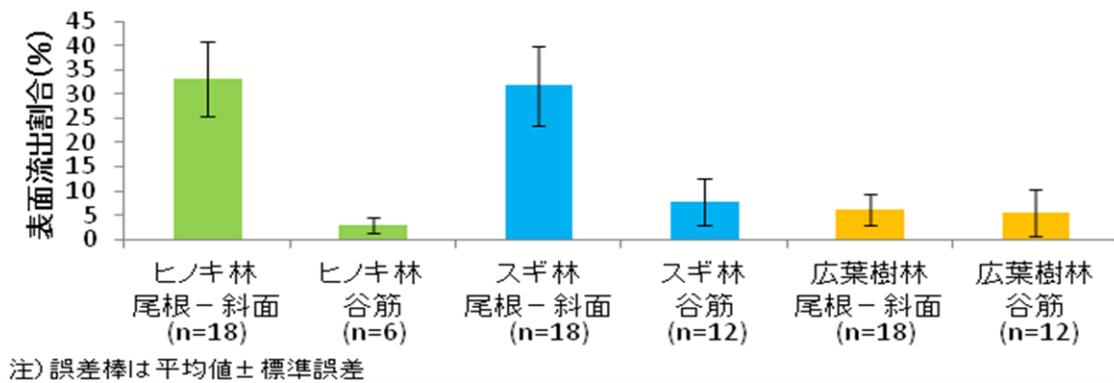


図-3 樹種ごとの水滴侵入時間

「水・バイオマス」サブプロジェクト

高知県の地理情報データベースの作成について

● 松岡 真如（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

地域の水やバイオマスをとらえる際、地理情報の活用が有効である。本研究の目的は高知県を中心とする地理情報を整備し、空間基盤としてデータベース化を行なうとともに、地理情報システムによって水・バイオマスに関わる空間解析を実施することである。本年度は、高解像度リモートセンシング画像からの樹木位置抽出手法の開発と、画像合成による空間解像度向上手法の評価を実施した。

2. 研究結果

(1) 成果

樹木位置抽出手法の開発では、昨年度開発した航空写真を用いた抽出手法を、樹木密度の異なる人工林に適用してその精度を評価した。その結果、抽出精度は概ね50%であった。また、精度は樹木密度によって大きく変化することが明らかになった。また、空間解像度向上手法の評価では、異なる土地被覆を対象に、主に六つの手法を定量的・定量的に評価した。その結果、Gram-Schmidt spectral sharpening や Additive Wavelet method で高い画質を維持したまま解像度向上が行なえることが明らかとなった。

(2) 問題点等

樹木位置抽出手法では全体的な抽出精度の向上が課題である。そのために、樹木密度と誤抽出（未抽出・過抽出）の関係性を解析することが必要である。また、空間解像度向上手法の評価では観測波長帯による画質の変化を評価する必要がある。

3. 今後の展望

樹木位置抽出の精度向上をはかり、高知県内の樹木位置の自動抽出を行なう計画である。また、評価の高かった空間解像度向上手法を用いて、画質の観点からセンサ設計における最適波長帯の決定に有効な結果を求めてゆきたい。

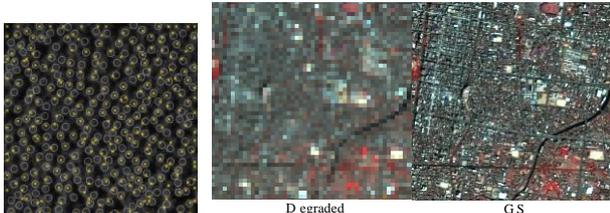


図1 樹木位置抽出結果 図2 解像度向上結果

4. 業績リスト

(1) 著書

- 1) M. Matsuoka, “Comparison of the Spectral Properties of Pansharpened Images generated from AVNIR-2 and PRISM Onboard ALOS,” ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2012, pp. 291–296.
- 2) M. Matsuoka, “The Influence of Spectral Wavelength on the Quality of Pansharpened Image Simulated using Hyperspectral Data,” ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2012, pp. 297–302.

(2) 学会発表

- 1) M. Matsuoka and H. Yoshioka, “Quality evaluation of pansharpened hyperspectral images generated using multispectral images,” Proc. SPIE 8524, 2012, p. 85270B–85270B–9.
- 2) M. Matsuoka, “Extraction of Agricultural greenhouse from High-resolution Remote Sensing Imagery,” Asian Conference on Remote Sensing, 2012.
- 3) T. Wada, M. Ichikawa, M. Matsuoka, “Detection of Individual Tree in Artificial Forest in Japan using High-resolution Remote Sensing Imagery,” Asian Conference on Remote Sensing, 2012.
- 4) 松岡真如, “パンクロマチック画像の分光特性がパンシャープン画像に及ぼす影響: ハイパースペクトルを用いた数値実験,” 日本写真測量学会平成24年度秋季学術講演会, 2012.
- 5) 和田哲馬, 松岡真如, 市川昌広, “高解像度リモートセンシング画像を用いた単木抽出に関する研究,” 日本リモートセンシング学会 第53回学術講演会, 2012.
- 6) 松岡真如, 吉岡博貴, “マルチスペクトルデータを用いてパンシャープン処理したハイパースペクトルデータの分光特性の評価,” 日本リモートセンシング学会 第53回学術講演会, 2012.

(5) 外部資金

「平成24年度科学研究費補助金」 若手研究B
「豪雨・急傾斜地帯における低攪乱型人工林管理技術の開発」 森林総合研究所四国支所 代表 600千円（直接経費）180千円（間接経費）

木質バイオマスをはじめとした自然エネルギーの施設園芸への活用

● 宮内 樹代史（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

木質バイオマスをはじめとした自然エネルギーの施設園芸での有効活用を目的とし、各地の園芸ハウスで計測・実証を行っている。本年度は、木質ペレット暖房機の普及状況を調査するとともに、太陽熱をはじめとする自然エネルギーの活用に関する計測・実証評価を行った。

2. 研究結果

(1) 成果

1) 木質ペレット暖房機の普及状況

表 1 に主要メーカーの木質ペレット暖房機導入台数を示す。高知県内では 100 台以上が園芸用暖房機として稼働しており、全国でもトップクラスの普及状況である。一方で、熊本・宮崎両県では、地元木材を利用した木質バイオマス事業を立ち上げており、来年度には高知県を追い抜く勢いで普及が進むものと考えられる。

表 1 主要メーカーの木質ペレット暖房機導入状況

製造メーカー名	台数(基)
N社	122
K社	105
S社	105
Y社	64
T社	48

2) 太陽熱を利用した園芸ハウスの暖房負荷軽減ハウスの保温被覆のために布団状資材を活用した手法、及び自然冷媒ヒートポンプ給湯機を活用した手法を開発した。いずれも昼間の太陽熱を逃さず保温・蓄熱するものであり、前者においては、燃油使用量削減率 48%を達成した。

(2) 問題点等

木質ペレット暖房機については、技術上の大きな問題点はなく、普及が進んでいる。課題は燃料の安定した供給体制と価格である。この点が解決できれば、より一層普及は推進されるものと考えられる。また、今年度当初に残灰から放射性物質が検出された点については、基準値以内であったため大きな害はなかったが、今後は原料として外材由来ではなく、県産材を用いたペレットを利用するなど

対策が必要である。園芸施設での太陽熱利用については、各技術の低コスト化、効率向上が求められている。

3. 今後の展望

施設園芸の省エネ化、生産性向上を図るためには、ハウスの暖房負荷軽減だけでなく、環境制御を伴った作物への炭酸ガス施用が大きなポイントとなる。今後は、木質ペレットをはじめとした石油代替燃料とこれらの技術と組み合わせた技術開発を検討する。

4. 業績リスト

(1) 学会発表

1) 宮内 樹代史, 高橋尚之, 細川卓也, 高橋昭彦, 深山陽子, 北岡宏敏, 福田俊仁, 安武大輔, 堀江達哉, 「中小規模園芸ハウスを対象とした複合エコ環境制御技術開発の取り組み」, 農業環境工学関連学会 2012 年合同大会, 2012.9.12, 宇都宮市

(2) セミナー等の開催

1) 第3回アグリ技術シーズセミナー「中国四国地域発！最新の農業技術 ～中国四国地域の産学官から最新の技術シーズを一挙に紹介～」, 「施設園芸における複合エコ暖房技術開発」, 宮内樹代史, 2012.10.26

(3) 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 3 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。

(4) 外部資金

「受託研究」

1) 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, 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 1,350 千円 (直接経費)

2) 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, 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 4,010 千円 (直接経費)

(5) その他

1) 産学連携コーディネーター(モデル事例): 「課題解決を目的とした戦略的視点による複合エコ環境制御技術開発の推進支援」, (社) 農林水産・食品産業技術振興協会

ユズ果皮ペースト添加飼料による養殖魚の高付加価値化実証試験研究

● 森岡 克司・深田 陽久（自然科学系農学部門）

1. 研究目的

高知県が日本一の生産量を誇るユズや高知県宿毛の特産である直七等の柑橘類には、抗酸化作用を持つビタミン C, E, クエン酸等の有機酸, リモネン, テルペン等の香気成分が含まれている。これまでの、深田らは、これら柑橘類の果汁や果皮を養殖ブリの飼料に添加することで、切り身を冷蔵した際に生じる血合肉の褐変を抑制できることを、水槽を用いた飼育試験により明らかにしてきた。

本研究では、昨年度に引き続き、養殖魚の高付加価値化を目的とし、出荷サイズの養殖魚の飼料にユズ果皮ペーストを添加することにより、普通肉の一般成分、冷蔵中の血合肉色の変化、香気成分の付与などの品質に有益な効果があるかを検討するとともに、魚肉の物性（歯応え）についても検討した。

なお、試験の概要は以下の通りである。

ユズ果皮ペースト添加飼料給餌試験（ユズ試験）は、宿毛湾にて養殖業者により 10%のユズ果皮ペーストを添加した EP（ユズ区）及び無添加の EP（対照区）をブリ 1 歳魚 3 週（給餌 10 回）及び 6 週間間（同 20 回）給餌した。

2. 研究結果

（1）成果

肉質の分析

背部普通肉の一般成分、血合肉の色の変化では、10 回給餌、20 回給餌ともに両区間で大きな差は見られなかった。脂質の脂肪酸組成では、10 回給餌時の主要な脂肪酸であるパルミチン酸で有意な差が認められたが、それ以外の脂肪酸では両区間で大きな差は見られなかった。また遊離アミノ酸組成に関しても、両区間で大きな差は見られなかった。

肉の物性では、10 回給餌時でユズ区の破断強度が対照区より高くなる傾向が見られ、20 回給餌時でユズ区の破断強度が対照区より有意に高くなった。

香気成分では、10 回給餌及び 20 回給餌でユズ由来の香気成分が検出され、またいずれの香気成分も 10 回給餌より 20 回給餌で有意に多かった。

官能検査

10 回給餌時で各項目において両区間に大きな差は見られなかったが、20 回給餌時ではユズ区の柑橘系の香りの強さ、おいしさ及び総合評価の評価が対照区より有意に高かった。

（2）問題点等

以上の結果より、10%ユズ果皮ペーストのブリ飼料への添加は、肉の物性の向上と香気成分の付与に効果があり、この効果発現には、10回給餌では不十分で、20回給餌する必要があることが明らかとなった。

3. 今後の展望

ユズ試験に関しては、本年度、飼育したブリ（20 回給餌）5,000 尾をくら寿司に出荷できた。くら寿司では、平成 24 年 11 月 16 日から 22 日にかけて、“土佐ゆずぶり”として店頭で販売（1 貫 105 円）し、好評を博したと聞き及んでいる。このようにブリでは、ユズ果皮ペースト添加による養殖ブリの高品質化と商品化に一定の目処がついたことから、本年度で、実証化試験は終了とする。ただし、これまでの検討で、肉の物性向上効果や脂質の低減効果が見られたことから、その機構について、今後、明らかにしていく予定である。また、ブリ以外のマダイ、カンパチなどの養殖魚についても、ブリ同様の効果が見られるか、検討していく必要もあるものと考えられる。

4. 業績リスト

（1）学術論文

- 1) Kohsuke Adachi, Kentaro Toriyama, Tamaki Azekura, Katsuji Morioka, Prasert Tongnunui, Kou Ikejima. 2012. Potent cellulase activity in the hepatopancreas of mangrove crabs. *Fisheries Science*, 78, 1309-1314

（2）報告書

- 1) 森岡克司：平成 23 年度 養殖魚高付加価値化試験報告書（平成 23 年度高知県受託研究），pp. 1-57（2012）

（1）学会発表

- 1) 森岡克司・釘嶋宏幸・中之前美沙・足立亨介・宮崎泰幸・三浦和希・深田陽久：ユズ果皮ペーストを添加・給餌した養殖ブリの品質，平成 24 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，p. 87（2012），水産大

- 学校, 9月14-17日
- 2) 中塚和樹, 足立亨介, 森岡克司 (高知大農), クルマエビ (*Marsupenaeus japonicus*) カロテノプロテインの部分精製と深色移動条件の検討, 日本水産学会平成24年度中国・四国支部例会, 福山大学, 12月1-2日
 - 3) 秋田もなみ, 足立亨介, 森岡克司 (高知大農), 日本海で漁獲されたマダラ (*Gadus macrocephalus*) 皮由来の酸可溶性コラーゲンの精製, 日本水産学会平成24年度中国・四国支部例会 福山大学 12月1-2日
 - 4) 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 (*Coryphaenoides yaquinae*) I型コラーゲンサブユニット遺伝子群の部分配列解析, 平成25年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学, 平成25年3月26日~30日
 - 5) 中塚和樹, 足立亨介, 森岡克司 (高知大・農), クルマエビクラスタシアニン遺伝子の組み換えタンパク質発現系の確立平成25年度日本水産学会春季大会, 平成25年3月26日~30日, 東京海洋大学

(2) 外部資金

「受託研究」

400千円 (直接経費)

(高知県養殖魚の肉質に関する研究)

(4) その他 (報道3件)

- 1) 高知新聞, 夕刊 (平成25年1月28日) 高知大『ユズブリ』研究 (別紙)
- 2) テレビ東京 ワールドビジネスサテライト, 特集 “魚大国ニッポン復権へ” (平成24年12月11日放送)
http://www.tv-tokyo.co.jp/mv/wbs/feature/post_31812/
- 3) CNBCアジア, CNBCTV18, 非凡電視台, アジア向け番組「Channel Japan」
<http://www.ustream.tv/recorded/28713474>

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を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、様々な光強度条件下で赤潮原因生物を培養可能な新考案のシステムを確立する。これを用いた培養試験を実施し、得られた結果を新たな手法を用いて解析することで、赤潮原因生物の増殖に及ぼす光の影響を定量的に明らかにする。

2. 研究結果

（1）成果

海中中の透過光の光波長スペクトルを可能な限り疑似し、かつ高光強度を確保できる光源として白色高輝度 LED を新たに用いた。この光源より得られた光強度を、偏光板の可変透過率を活用した方法で削減することで、任意の強度に規定できる光強度可変システムを新たに開発した。光源に採用した高輝度 LED は、水に透過する光波長スペクトルをよく反映しており、増殖を強く阻害し得る紫外線領域を含んでいないことから、赤潮原因生物を良好に培養可能であると判断した。

近年、魚介類の生育不良を引き起こすことが報告されている渦鞭毛藻 *Ostreopsis* 属に着目し、その増殖に及ぼす光強度の影響を調べた。その結果、本種の増殖速度は、光強度の増大に伴って増大し、 $240 \mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$ 以上では緩やかに減少した。本種は $10^3 \mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$ の高光強度下でも増殖することが判明した。

（2）問題点等

今回、渦鞭毛藻一種のみを試験に供したため、他の赤潮原因生物の光応答は不明である。

3. 今後の展望

今後、上記した問題を解決するために、多くの赤潮原因生物の光応答を明らかにする。これにより赤潮原因生物間での光を巡る競合関係を明らかにし、赤潮発生機構を刷新する。これにより、赤潮発生予測モデルの精度・汎用性を向上させる。

4. 業績リスト

（1）学術論文

- 1) Yamaguchi H et al. Culture method and growth characteristics of the marine benthic dinoflagellate *Ostreopsis* spp. isolated from Japanese coastal waters. *Fisheries Science*, 78(5), 993-1000, 2012.
- 2) Yamaguchi H et al. Effects of temperature, salinity and their interaction on growth of the benthic dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* (Dinophyceae) from Japanese coastal waters. *Phycological Research*, 60(4), 297-304, 2012.

（2）報告書

- 1) 平成 24 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) Yamaguchi H et al. Effects of light intensity on growth of a Japanese toxic *Ostreopsis* species in the cabinet with the newly devised variable irradiance system. 15th ICHA, Busan, Korea, October 29-November 2, 2012.
- 2) 谷本祐子, 山口晴生, 他 2 名. 底生性有毒渦鞭毛藻 *Ostreopsis* cf. *ovata* および *Ostreopsis* sp. 1 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

（4）外部資金

「科学研究費補助金」

- 1) 若手研究 B 代表 1,300 千円(直接経費) 390 千円(間接経費)

「受託研究」

- 1) 平成 24 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 分担, 1,180 千円(直接経費)

カツオ煮汁の肥料としての利用法に関する研究 — トマト養液栽培における培養液中窒素の動態とトマトの生育に及ぼす影響 —

● 山根 信三 (自然科学系農学部門)

1. 研究目的

ソウダカツオ加工品の製造過程で排出されるソウダカツオの茹で汁(以下カツオ煮汁)の海洋廃棄がもたらす環境負荷の軽減とその有効利用による農産物の生産コスト低減と高品質化を図ることを目的としてこれまで一連の研究に取り組んできた。現在行っている有機養液栽培用の肥料としての利用法に関するトマトでの栽培試験では煮汁を培地に添加した直後からアンモニア態窒素が増加するが、その後の硝酸化成の進行が遅いためにアンモニア態窒素だけが急増することが問題となっている。昨年の試験では微生物資材を添加した煮汁を低い割合で加えた培養液から栽培を開始して段階的にその割合を高めていくと、およそ1ヵ月後には硝化菌の定着が図られ、硝酸化成が円滑に進行するシステムが培地内に構築されることが示唆された。そこで今回は、栽培開始前に1ヶ月間煮汁の調整期間を設けて硝酸化成を促し、アンモニア態窒素の低減を図った後に栽培を開始する試験区を新たに設け、昨年の試験との比較検証を行った。

2. 研究結果

(1) 成果

微生物資材を添加して1ヶ月以上曝気を行った8倍希釈煮汁(以下調整煮汁)に培養液の減少分だけ1日曝気煮汁8倍希釈液(以下1日曝気煮汁)を追加する区(調整煮汁+1日曝気煮汁区)、調整煮汁に培養液の減少分だけ無曝気煮汁8倍希釈液(以下生煮汁)を追加する区(調整煮汁+生煮汁区)、そして化学液肥に毎日徐々に1日曝気煮汁を追加して25%/週の増加率で煮汁の投入割合を上げていく区(25-50-75-100区)の煮汁3処理区に加え、対照区として化学液肥のみを使用する区(化学液肥区)を設け、それぞれDFTとNFTの2栽培様式で実験を行った。実験途中で追加用煮汁が不足したためDFT栽培では水位を下げ、追加用煮汁が準備できた時点から0.5cm/日の割合で水位を上げて2週間で元の水位まで戻した。DFTでは、処理開始1ヶ月間は良好に生育したが、追加煮汁不足後の水位を戻す際に[調整煮汁区]で培養液中のアンモニア態窒素の急増と根傷みが発生した。この時の培養液交換率は25%前後で

あった。NFTでは、培養液交換率が50%前後になるとアンモニア態窒素が急増し、根傷みが発生した。DFTでの根傷みは、水位上昇の際に培養液の交換率が上がり、硝化菌の硝化能力が追いつかなくなったためと考えられることから、急激な水位変動による煮汁の交換率上昇は避けることが望ましく、NFTでは培養液の交換率が50%を超えないようにするために培養液総量を増やす必要性があることが示唆された。

(2) 問題点等

植物体の生育量増大に伴う吸液量の増加は培養液の交換率の増加をもたらすことから、栽培期間を通じての日最大培養液消費量に対応した栽培システムの構築が必要である。同時に培養液中での有機態窒素の硝酸化成促進技術の開発が必要である。

3. 今後の展望

培養液の交換率を一定以下に抑えることで安定的に高品質果実の生産を行うことが可能と思われる。

4. 業績リスト

(1) 学術論文

- 1) H. Nagare, T. Fujiwara, T. Inoue, S. Akao, K. Inoue, M. Maeda, S. Yamane, M. Takaoka, K. Oshita, X. Sun, (2012) Nutrient Recovery from Biomass Cultivated as Catch Crop for Removing Accumulated Fertilizer in Farm Soil, Water Science and Technology, 66(5), 1110-1116.

(2) 学会発表

- 1) Kondo, K., Inoue, K., Fujiwara, T., Yamane, S., Yasutake, D., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., and Ohtoshi, K., (2012) Seasonal change in diffuse agricultural pollution control performance of catch crop, 8th IWA World Water Congress & Exhibition, Busan, Korea, 16-21, September, 2012
- 2) H. Nagare, T. Fujiwara, S. Akao, M. Maeda, S. Yamane, D. Yasutake (2012) Nutrient extraction from biomass derived in water quality management countermeasures, 8th IWA World Water Congress & Exhibition,

Busan, Korea, 16-21, September, 2012

(3) 地域貢献活動

- 1) 環境負荷低減野菜生産に関する公開講座等の開催
- 2) 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