

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」  
研究課題「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」

## 研究終了報告書

研究期間 平成21年10月～平成27年3月

研究代表者： 藤原 拓  
(国立大学法人高知大学教育研究部  
自然科学系農学部門、教授)

## 目次

### §1. 研究実施の概要

1. 実施概要
2. 顕著な成果
  - (1)優れた基礎研究としての成果
  - (2)科学技術イノベーションに大きく寄与する成果

### §2. 研究実施体制

1. 研究チームの体制について
2. 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

### §3. 研究実施内容及び成果

1. 資源創出と N<sub>2</sub>O 排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システムの構築  
(担当：高知大学、岡山大学、鳥取大学)【研究項目 1】
2. 畜産施設等点源由来の廃水・廃棄物の高度再生システムの開発  
(担当：高知大学、北海道大学、京都大学、愛媛大学)【研究項目 2】
3. 農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発  
(担当：高知大学、岡山大学)【研究項目 3】
4. 面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価  
(担当：高知大学、鳥取大学、埼玉県環境科学国際センター、国立環境研究所)  
【研究項目 4】

### §4. 成果発表等

1. 原著論文発表
2. その他の著作物(総説、書籍など)
3. 国際学会発表及び主要な国内学会発表
  - (1)招待講演
  - (2)口頭発表
  - (3)ポスター発表
4. 知財出願
  - (1)国内出願
  - (2)海外出願
  - (3)プログラムの著作物
  - (4)データベースの著作物
5. 受賞・報道等
  - (1)受賞
  - (2)マスコミ(新聞・TV等)報道
  - (3)その他
6. 成果展開事例
  - (1)実用化に向けての展開
  - (2)社会還元的な展開活動
  - (3)他分野への波及効果

### §5. 研究期間中の活動

1. 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

## §6. 最後に

## §1. 研究実施の概要

### 1. 実施概要

#### 【目的】

農業地域における水質汚染の問題として、1) 農耕地での施肥由来の地下水汚染、2) 畜産施設等点源由来の水質汚染、3) 農業系廃棄物による水質汚染、に着目し、これらを解決する革新的な「農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システム」を構築する。これにより、農業地域の環境負荷削減と価値創出を同時に実現することを目指す。

#### 【方法】

施肥に由来する農耕地での地下水汚染および温室効果ガス(亜酸化窒素: $N_2O$ )の排出に対して、クリーニングクロープ(CC)を活用した植物浄化システムを開発する。畜産施設等点源由来の水質汚染に対して、糞尿分離処理(ヒト・豚)、糞尿混合処理(牛・鶏)、雑排水処理を組み合わせた廃水・廃棄物の高度再生システムを開発し、水質汚染抑制、温室効果ガス排出抑制、資源循環を同時に実現する。農業系廃棄物による水質汚染に対して、水環境負荷削減と高付加価値製品創出を同時に実現しうる、農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムを開発する。さらに、「農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システム」の水環境保全効果、気候変動緩和策への貢献、収益性からみた導入可能性を、モデル解析により評価する。

#### 【結果】

CCとしてデントコーンを活用した植物浄化システムでは、「商品作物収穫後の余剰窒素による硝酸性窒素流出負荷を80%削減する面的浄化システムを開発する」という目標を、施設園芸ハウスでのライシメーター試験により達成するとともに、栽培条件の検討および浄化機構の解明を行った。湛水後の土壌乾燥期間の短縮による農家への適用性向上を目指し、CC収穫前に湛水を行う立毛湛水技術の開発を行った。高い蒸散速度により土壌乾燥が促進されるとともに、CC栽培後に湛水を行う条件と同等の流出負荷削減効果を有することを示した。また、CC収穫物からの資源回収技術の開発では、デントコーン収穫物を水に浸漬するだけで80~90%のリン、約100%のカリウムを直ちに水中に溶出でき、抽出液にカルシウムを添加することで目標とするリン回収率80%を達成できた。また、この抽出液を栄養源として用いた非滅菌高温L-乳酸発酵(並行発酵)により、前処理前バイオマス乾燥重量に対して0.33 g/gの収率でL-乳酸が得られ、目標収率0.25 g/gを達成した。

畜産施設等に由来する廃水・廃棄物の高度再生システムでは、間欠曝気型の牛糞堆肥化過程での $N_2O$ 発生メカニズムをラボスケール堆肥リアクターにより明らかにするとともに、ヒトのコンポストトイレの設計法を示した。尿中栄養塩類の回収技術として、粉碎ホタテ貝殻を用いたリン酸+カルシウムの結晶回収、ホルムアルデヒド添加による遅効性窒素肥料(ウレアホルム)の合成・回収が可能なることを人工尿・実尿の両方で確認するとともに、その影響因子に関する知見を得た。尿中医薬品除去技術の開発では、高シリカ型ゼオライトおよび酸化チタンによる除去速度・除去機構の解明を踏まえ、これらをシートに担持した回転円板型促進酸化装置(RAOC)を開発した。RAOCによる医薬品除去を窒素回収工程の前段に組み込むことで、窒素回収と医薬品除去を両立できる可能性を示した。糞尿混合処理(牛・鶏)における資源回収法として、焼却による熱回収と焼却灰からのリン回収を検討するとともに、焼却時の $N_2O$ 排出量を評価した。多層燃焼技術により、燃料使用量を抑えつつ $N_2O$ 排出係数を1/3以下に抑制可能であることを実証した。また、焼却灰を水洗して脱塩精製することにより、リン肥料としての各種基準を満たすと同時に95%以上のリン回収率を得た。

農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発では、養殖魚飼料重量1450g(湿重)に廃棄ユズ果皮を50g(湿重)添加し3週間給餌することで、環境負荷を増やさず、養魚の成長を阻害せず、かつ少なくとも2日間は褐変抑制効果(抗酸化効果)が維持されることをブリの屋内試験で明らかにした。この成果を基に海面ブリ養殖への廃棄ユズ果皮の利用を導入し、ユズの香りの成分を付加するためには20回以上の給餌が必要なことを明らかにした。また、生産されたブリが販売されるという成果を得た。従来廃棄されていたマルソウダ煮熟水(ソウダガツオ煮

汁)の養魚飼料への添加を行うことで、ブリ・マダイとも成長が有意に改善され、環境負荷量の観点からはマダイに利用するのが望ましいと考えられた。濃縮マルソウダ煮熟水は、ブリ用低魚粉(または無魚粉)飼料における嗜好性改善剤として、非常に有効であることも示された。また、廃棄される柑橘果皮のカスケード型工業利用技術の開発を目指し、柑橘果皮からリモネンを抽出する過程で排出される、防虫効果を有する柑橘精油未利用成分を直接コーティングした高機能紙(防虫紙)の調製を行った。その結果、調製した高分子膜によって柑橘未利用成分の徐放性が向上し、長期的な防虫効果を可能とした。

面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価では、高知県下を対象にバイオマスの地理的分布およびフローに関するデータベースを作成し、本研究で開発したクリーニングクローパー乳酸発酵システム、「糞尿分離型」と「糞尿混合型」の技術・システム、ならびにユズ果皮養殖飼料化について、環境負荷低減と収益性からみた地域(高知県)への導入可能性を評価した。クリーニングクローパー乳酸発酵システムの導入は、リン・カリウム回収工程において栄養塩を抽出し乳酸発酵工程において利用するシナリオが比較的有利であり、年間 100ha の栽培面積であれば、地下水の硝酸性窒素除去による社会的便益分を補助金等で補えば、自立的に事業が成立する可能性があることが示された。高知県におけるバイオマスの物量データおよび化学組成データ、温室効果ガスの排出、エネルギー消費等のための技術の物質収支データ整備し、これらのフローをバイオマス物量投入産出表にまとめた。ユズ果皮養殖利用事業については、飼料向け添加物としての需要が確保されれば事業性が期待できる手堅い事業であることが示された。

## 2. 顕著な成果

(1)優れた基礎研究としての成果

### ① IWA AGRO'2014 の誘致成功と CREST 成果の集中発信

IWA AGRO'2011 で 9 件の集中発表を行ない国際的なインパクトを与えた結果、IWA AGRO'2014(2014 年 11 月 24 日～26 日、高知市)の誘致に成功した。AGRO'2014 では、藤原が” Development of an Innovative Water Management System with Decentralized Water Reclamation and Cascading Material-cycle for Agricultural Areas “と題する招待講演を行うとともに、CREST セッションで 6 件の成果発表を行った。一般講演での 20 件をあわせ、合計 27 件の集中発表により世界の水分野に CREST の研究成果を発信した。

### ② クリーニングクロープ(CC)による浄化機構の解明

CC による土壌中の余剰窒素の浄化効果には根表面に向かう土壌中のイオンのマスフローが極めて密接に影響し、植物による土壌中水分吸収と大気への蒸散とが浄化の主要機構であることを示した。浄化には栽培期間中の適正な給水管理が必要であることを明らかにするとともに、湛水後の土壌乾燥促進のために CC の高い蒸散速度を活かした立毛湛水技術の開発へとつながった。本研究を含む一連の研究に対して、安武大輔が生物環境システム科学賞(日本生物環境工学会)を受賞した。

### ③ 酸化チタン/高シリカ型ゼオライト複合材料による医薬品除去機構の解明

疎水性の微量化学物質を選択的に吸着できる高シリカ型ゼオライトに着目し、その吸着機構を解明してモデル化を行うとともに、共存物質が高濃度で存在する尿中においても、医薬品の選択的吸着が可能であることを示した。また、酸化チタンとの複合材料を合成し、吸着した医薬品が光触媒反応により分解され、持続的な処理が可能であることを示すと同時に、その協奏効果をモデル化した。この論文(原著論文 32)は発行後約 2 か月で 393 Article Views を記録するなど大きな注目を集め、今後の光触媒研究にインパクトを与える成果と考える。この成果はその後の回転円板型促進酸化装置を開発するうえで基礎となった。

## (2) 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果

### ① 「クリーニングクロープを活用した植物浄化システム」の開発

農耕地での施肥由来の地下水汚染に対する対策技術として、デントコーンを用いたクリーニングクロープ(CC)技術を開発し、硝酸性窒素流出負荷 80%削減を達成した。また、収穫物から L-乳酸を CC 乾重あたり 0.33 g/g の高収率で回収する技術を開発した。CC 収穫物からリン・カリウム回収工程で栄養塩を抽出し、CC 中の糖質とこの栄養塩を L-乳酸発酵工程で利用するシナリオが有利であり、社会的便益分を補助金等で補えば、自立的に事業が成立する可能性があることも明らかにした。

### ② 「土佐ゆずぶり」の開発・販売

農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発において、廃棄ユズ果皮を養殖魚飼料に添加することで、水環境負荷を増やさず、養魚の成長を阻害せず、かつ少なくとも 2 日間は褐変抑制効果(抗酸化効果)を維持できることを明らかにした。この成果を海面ブリ養殖に導入し、ユズの香りの成分を養殖魚に付加する条件を明らかにするとともに、生産されたブリが販売されるという成果を得た。本研究を含む一連の研究に対して、深田陽久が平成 26 年度日本水産学会水産学技術賞を受賞した。

### ③ 尿を原料とした遅効性窒素肥料(ウレアホルム)の合成技術の開発

尿中窒素の高付加価値回収技術として、遅効性窒素肥料(ウレアホルム)の合成技術を提案した。酸性条件下で人工尿・実尿にホルムアルデヒド添加することによりウレアホルムの粉末が得られ、尿素溶液からも同じ物質が合成されることを確認し、特許出願を行った(特願 2010-256364)。また、ウレアホルム回収の影響因子に関する知見を得るとともに、ウレアホルム合成過程における主要な畜産医薬品の挙動を明らかにした。

## §2. 研究実施体制

### 1. 研究チームの体制について

#### (1) 高知大学

##### 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
藤原 拓	高知大学教育研究部自然科学系農学部	教授	H21.10～H27.3
大年 邦雄	高知大学教育研究部自然科学系農学部	教授	H21.10～H26.1
松岡 真如	高知大学教育研究部自然科学系農学部	准教授	H21.10～H27.3
深田 陽久	高知大学教育研究部自然科学系農学部	准教授	H21.10～H27.3
市浦 英明	高知大学教育研究部自然科学系農学部	准教授	H21.10～H27.3
山根 信三	高知大学教育研究部自然科学系農学部	講師	H21.10～H27.3
松川 和嗣	高知大学教育研究部総合科学系生命環境医学部門	准教授	H21.10～H27.3
深堀 秀史	高知大学	研究員	H22.1～H23.6
筒井 裕文	高知大学	研究員	H23.8～H27.3
安武 大輔	高知大学教育研究部自然科学系農学部	准教授	H22.8～H27.3
森岡 克司	高知大学教育研究部自然科学系農学部	教授	H22.12～H27.3

	学部門		
横田 光正	「地域・農林水産物・食の価値の繋がり」デザイン会議、医食農連携プラットフォーム(AMD)VC	コアメンバー	H23.4～H27.3
井上 大介	北里大学医療衛生学部健康科学科	専任講師	H25.1～H27.3
近藤 圭介	高知大学	研究員	H26.4～H27.3

研究項目

### 【G1】資源創出とN<sub>2</sub>O排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システムの構築

- ポット栽培試験および実フィールド栽培試験によるクリーニングクロップの栽培条件の検討
- 実フィールド栽培試験による面的植物浄化・水再生システムの検証

### 【G2】畜産施設等点源由来の廃水・廃棄物の高度再生システムの開発

研究① 市販光触媒による人尿・家畜尿中の医薬品の分解特性およびその影響因子の検討

- 家畜尿成分の解析と貯留中の組成変化(追加項目)
- 家畜尿中医薬品の吸着除去
- 尿中医薬品の分解に適した酸化チタン - 吸着剤合成条件の確立
- 酸化チタン - 吸着剤を用いた動物用医薬品の分解除去
- イオン液体を用いた製紙スラッジ中に含まれる酸化チタンおよびパルプ成分分離技術の確立
- 酸化チタン - ゼオライト複合体の固定化技術の開発(追加項目)
- 回転円板型医薬品処理装置の開発(追加項目)
- 酸化チタン - 吸着剤を合成時の使用薬品の再利用に関する検討

研究② 畜産系廃棄物カスケード型循環利用システムの構築

- 家畜糞尿の組成解析
- 畜産系廃棄物からの資源回収システムの構築
- 畜産廃棄物由来の温室効果ガス排出特性・抑制技術の検討
- 堆肥リアクターを用いた畜産廃棄物由来の医薬品・病原菌の分解・不活化試験(追加項目)

研究③ 北見実証サイトにおける作付体系、堆肥製造プロセスの把握及び圃場での土壌中医薬品の挙動把握 (追加項目)

研究④ 開発システムの社会実装に向けた研究 (追加項目)

研究⑤ 柚子果皮の給餌が肉用牛に与える影響の検討 (追加項目)

### 【G3】農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発

研究①: 養殖魚の高付加価値化

- 廃棄物バイオマスの養殖魚飼料における至適添加濃度と有効性についての検討(ブリおよびマダイ)
- 現場海域における実証試験(ブリ)
- 現場海域における実証試験(マダイ)(追加項目)
- クリーニングクロップ(レモングラス)の養殖魚飼料における至適添加濃度と有効性の検討(追加項目)

研究②: 機能紙の開発

- 廃棄物バイオマスからの有用成分利用の検討
- 廃棄物バイオマスを利用した機能紙調製
- 廃棄物バイオマスからの有用成分回収技術の確立
- 廃棄物バイオマスを利用した機能材料開発

研究③ 高付加価値製品製造プロセスからの廃水処理技術の開発

- 高付加価値製品製造プロセスからの廃水処理技術の開発

**【G4】面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価**

- モデル地域の土地利用の把握
- 窒素の発生量・処理量の定量化
- G1開発システムの最適配置の検討

(2) 北海道大学

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
船水 尚行	北海道大学大学院 工学研究院	教授	H21.10～H27.3
伊藤 竜生	北海道大学大学院 工学研究院	助教	H21.10～H22.6. H25.7～H27.3
牛島 健	北海道大学大学院 工学研究院	特任助教	H22.12～H27.3
土方 野分	北海道大学大学院 工学研究院	博士研究員	H22.12～H25.5

研究項目

**【G2】畜産施設等点源由来の廃水・廃棄物の高度再生システムの開発**

研究①: 糞便処理

- コンポスト化過程における水分蒸発速度を考慮したコンポスト型トイレの設計
- 家畜糞のコンポスト化過程における分解と反応のモデル化
- 糞中に含まれる病原性微生物の不活化速度

研究②: 尿処理

- 家畜尿の組成解析と貯留における性質の変化
- ヒドロキシアパタイト(HAP)の晶析による尿中リンの回収
- 晶析法を用いた尿中尿素の回収
- 尿中医薬品の電解処理特性
- 豚尿処理のシステム化

研究③: 雑排水処理

- 雑排水の小型MBR処理装置の設計
- 雑排水の傾斜土層処理装置の設計

研究④: 糞便、尿、雑排水分離処理のシステム化

- 糞尿排水分離処理のシステム化とその有用性の検討(追加項目)
- 雑排水処理水・コンポストの農業利用に関わる質の評価(追加項目)

(3) 国立環境研究所

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
山田 正人	独立行政法人国立環境 研究所 資源循環・廃棄 物研究センター 廃棄物 適正処理処分研究室	室長	H21.10～H27.3
石垣 智基	独立行政法人国立環境 研究所 資源循環・廃棄 物研究センター 廃棄物 適正処理処分研究室	主任研究員	H25.4～H27.3



中川 美加子	独立行政法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 廃棄物適正処理処分研究室	高度技能専門員	H26.4～H27.3
--------	---	---------	-------------

研究項目

**【G4】面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価**

- 地域マテリアルフロー（現状）の把握
- 開発技術・システム評価
- 総合評価

(4)岡山大学

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
前田守弘	岡山大学	准教授	H21.10～H27.3

研究項目

**【G1】資源創出とN2O排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システムの構築**

研究①: 面的植物浄化・水再生システムの構築

- 調査圃場における窒素収支の解明
- クリーニングクロップの選定(途中中止)
- クリーニングクロップすき込み時の環境影響評価の検討(追加項目)
- 休耕田等の水質浄化機能解明
- 窒素収支モデルの開発

(5)岡山大学

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
永禮 英明	岡山大学大学院環境生命科学研究科	准教授	H21.10～H27.3
南方 大輔	ミシガン工科大学	Assistant Professor	H26.4～H27.3

研究項目

**【G1】資源創出とN2O排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システムの構築**

研究①: セルロース系バイオマス糖化・発酵過程における窒素・リン回収技術の確立

- L-乳酸発酵過程における窒素・リン回収に関する検討
- 乳酸精製過程における窒素・リン回収に関する検討(方針変更)
- リン・カリウム同時回収に関する検討(追加項目)
- セルロース系バイオマスからのL-乳酸発酵プロセスでの窒素・リン・カリウム回収最適化(方針変更)

**【G3】農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発**

研究①: 高付加価値製品製造プロセスからの廃水処理技術の開発

- 高付加価値製品製造プロセスからの廃水処理技術の開発(追加項目)

(6) 京都大学  
研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
高岡昌輝	京都大学大学院地球環境学堂	教授	H21.10～H27.3
大下和徹	京都大学大学院地球環境学堂	准教授	H21.10～H27.3

研究項目

**【G2】畜産施設等点源由来の廃水・廃棄物の高度再生システムの開発**

研究①: 水・バイオマス資源のカスケード型循環システムの開発

- 種々の家畜糞尿の性状、物性調査
- 家畜糞尿の脱水・乾燥・焼却プロセスに関する実験的検討
- 焼却残渣からのリン回収方法の実験的検討
- 家畜糞尿のカスケード型循環利用システムの総合評価

(7) 鳥取大学  
研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
赤尾 聡史	鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻	助教	H21.10～H27.3
増田 貴則	鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻	准教授	H21.10～H27.3

研究報告

**【G1】資源創出とN2O排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システムの構築**

研究①: セルロース系バイオマスからのL-乳酸発酵プロセス開発

- バイオマス糖化・発酵条件の最適化
- L-乳酸精製プロセスの検討(方針変更)
- 糖化－発酵－精製全体フローの最適化

**【G4】面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価**

研究①: 「分散型水・資源再生システム」統合評価に関する研究

- 現状システムの把握と資源分布データベース化
- 要素技術データベースとシステム評価式の試作
- データベースおよび評価式の更新
- 実地域におけるシステム提案と評価
- システム適用条件の検討
- 実地域におけるシナリオ評価支援技術開発

(8) 埼玉県環境科学国際センターグループ  
研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
長谷隆仁	埼玉県環境科学 国際センター	専門研究員	H21.10～H27.3

研究項目

#### 【G4】「水・バイオマス資源のカスケード型循環システム」統合評価

- カスケード型循環システムにおける要素技術の評価法
- 要素技術間の資源分配(フロー)システムの評価法
- カスケード型循環システムにおける資源分布・需要分布等の地域制約把握・データベース化
- 要素技術の評価法・資源源分布・需要分布等データベース化の統合化と総合評価

(9) 愛媛大学

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
深堀 秀史	愛媛大学	助教	H23.7～H27.3

研究項目

#### 【G2】畜産施設等点源由来の廃水・廃棄物の高度再生システムの開発

- 家畜尿中医薬品の吸着除去
- 尿中医薬品の分解に適した酸化チタン - 吸着剤合成条件の確立
- 酸化チタン - 吸着剤を用いた動物用医薬品の分解除去
- 酸化チタン - ゼオライト複合体の固定化技術の開発(追加項目)
- 製紙スラッジを原料とした酸化チタン - 吸着剤合成条件の確立と動物用医薬品の分解除去

#### 2. 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

(1) 日本水環境学会における「農産業に関わる水・バイオマス循環技術研究委員会」の設立

CREST および AGRO'2014 で得られた研究ネットワークを発展させる目的で、(公社)日本水環境学会に「農産業に関わる水・バイオマス循環技術研究委員会(委員長:藤原拓)」の設立を申請し、承認された。本委員会は、IWA の AGRO'2017 に向けた国内の受け皿委員会となる。

(2) 日本学術会議農学委員会地域総合農学分科会(第23期)(委員長:宮崎毅・東京大学名誉教授)の特任連携会員に就任した。

(3) 国際水協会(IWA)に非公式に設置される水と農業に関するアドバイザーグループ(an informal advisory group on water and agriculture)のメンバーとして招待され、今後アドバイザーグループの一員として活動する予定である。

(4) 農業分野合同シンポジウムの実施

水利用領域・澁澤チームとは、合計4回の農業分野合同シンポジウムを実施した。

(5) 国際学術交流の実施

ベルギーの KU Leuven 主催の国際シンポジウムに CREST 藤原チームとして共催し、4名(藤原拓、永禮英明、赤尾聡史、大下和徹)が発表するとともに、Prof. Raf Dewil ほかの教員・学生との学術交流を行った(平成26年9月21日)。

### §3. 研究実施内容及び成果

#### 1. 資源創出と N<sub>2</sub>O 排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システムの構築

(担当:高知大学、岡山大学、鳥取大学)【研究項目1】

(1) 研究のねらい

湛水除塩にともなう地下水汚染と N<sub>2</sub>O 放出が問題となっている施設園芸を対象として、クリーニングクロープ(CC)による面的植物浄化技術を開発するとともに、クリーニングクロープ収穫物から高付加価値な製品(L-乳酸等)を生産し、かつ窒素・リン等の資源を回収するプロセスを開発する(図

### 3-1-1)。

高知大学では岡山大学と連携し、とくに CC の効果的な栽培条件をポットおよび実フィールドスケールでの栽培試験によって検討することに加えて、CC を用いた面的浄化・水再生システムの検証に着眼した試験を実施する。

岡山大学では高知大学と連携を取りながら、とくに CC の導入による土壌中の余剰な窒素を回収する対策の効果を実証する。また、畑地から流出した窒素、リンの回収利用を目的として、休耕地等での植物による水質浄化効果についても解明する。

鳥取大学では、とくに汚濁負荷を集積した CC および湖沼・ため池に異常繁茂する水生植物を原料に、炭素・窒素・リンの抽出と有効利用を図ることを検討する。対象バイオマスから L-乳酸を製造するプロセスを核として、同プロセスで排出される物質から窒素・リン等を回収するステップを盛り込んだ、農業地域の物質循環に即した資源化プロセスの構築を目指す。また、CC 収穫物の高付加価値カスケード利用を目的に、ポリフェノール類などの抗酸化物質探索とその有効活用法を検討する。

岡山大学では、とくに CC、水草等のセルロース系バイオマスからポリ乳酸を生産する L-乳酸発酵プロセスにおいて、枯渇が予想されるリン、カリウムを肥料として再利用可能な形態で回収・再資源化する技術(PK 回収技術)を確立する。本研究において PK 回収技術を確立することにより、セルロース系バイオマスに含まれる炭素だけでなく、リンとカリウムをも資源として回収可能となる。これによりセルロース系バイオマスの資源価値が高まり、その利活用が促進されるものと期待される。また、原料となるセルロース系バイオマス(CC、水草等)を環境中から除去することで土壌汚染と水質汚濁の防止が図られ、温室効果ガスの排出が抑制されることとなる。PK 回収技術の確立はこれらの効果に対しても間接的に寄与するものである。

以上の一連の研究によって、浄化植物の高付加価値化・資源回収を一体としたシステムを開発することにより、単なる浄化技術の開発にとどまらず、農業地域における面的浄化システムが自立的に成り立つ仕組みの確立を目指す。

#### (2) 研究実施方法

高知大学では、実フィールド栽培試験(ライシメーターを設置した高知大学農学部施設園芸ハウス)等によりクリーニングクロープ(デントコーンを使用)の栽培条件を検討するとともに、浄化効果(硝酸性窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )溶脱抑制、亜酸化窒素( $\text{N}_2\text{O}$ )放出抑制)の検証とその機構解明を岡山大学と協力して行った。

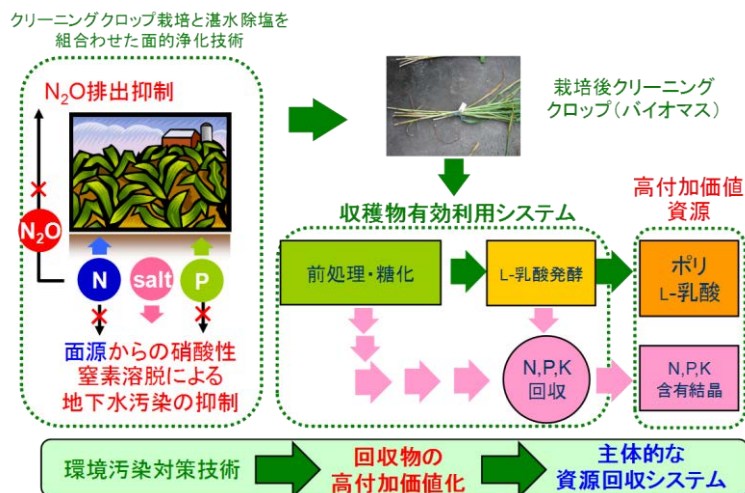


図 3-1-1 資源創出と  $\text{N}_2\text{O}$  排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システム

岡山大学では、岡山県南東部に位置するナス栽培ハウス圃場内にライシメーターを設置し、CC

の導入が窒素溶脱および  $N_2O$  放出に及ぼす影響調査を実施した。また、CC の土壌すき込みが土壌の理化学的性質や  $N_2O$  放出に与える影響を検討した。次に、休耕田を対象に、植物を用いた水質浄化機能を評価するとともに、脱窒過程における水質浄化と  $N_2O$  放出の関係性を検討した。さらには、畜産を主体とした農業が営まれている岡山県笠岡湾干拓地における栄養塩動態の長期モニタリング、農業系廃棄物の有効活用に関する試験を実施した。

鳥取大学では、セルロース系バイオマスから L-乳酸を生成した。セルロース系バイオマスから L-乳酸を生成するには、セルロースを加水分解する糖化ステップと糖化により得られた単糖・二糖類を発酵する発酵ステップが必要となる。さらに、セルロースを酵素により加水分解する際には、酵素反応を促進させるためにバイオマスの前処理が行われる。基本となるプロセスは、前処理－糖化－発酵であり、ここにおいて 1)前処理、2)発酵における栄養塩類の供給方法、3)糖化・発酵、4)資源回収、を検討した。1)の検討では、アルカリ系、酸系および水熱系の前処理を実施し、糖化効果を比較した。2)の検討では、原料自身から発酵に必要な栄養塩類を回収・利用するプロセスを検討した。3)の検討では、高温 L-乳酸発酵を採用した。ここでは、非滅菌の並行発酵を実施し、前段ステップで回収した栄養塩類を利用し、発酵によって得られる L-乳酸収率の向上を目指した。4)の検討では、発酵で必要となる回収栄養塩類量を示し、余剰となる回収栄養塩類量を示した。本研究で構築した栄養塩類回収－前処理－並行発酵からなるプロセスを図 3-1-2 に示す。また、バイオマスからのカスケード的な資源回収をさらに進めるため、同様の原料を用いて 5)抗酸化物質の探索とその用途検討を行った。

岡山大学では、高知大学等で栽培されたバイオマスを材料に、バイオマスからのリン、カリウムの抽出方法、抽出液中リン、カリウムの回収方法、回収物の性状把握を行った。抽出方法については、乾燥・破碎したバイオマスを蒸留水、1N NaOH 溶液の 2 種類の溶液に、水温 20℃、80℃で浸漬した。浸漬時間は最大で 24 時間とした。抽出されたリン、カリウムを、リン酸カルシウムとしてリンのみを回収する方法、マグネシウム塩としてリンとカリウムとを同時に回収する方法について検討を行った。また、化学平衡計算ソフトを使用し沈殿生成条件について机上検討を行った。得られた回収物について、回収物中元素組成を ICP 分析により、形状と元素分布を電子顕微鏡 (SEM-EDX) で、結晶構造を XRD にて分析した。なお、当初はバイオマスが土壌から吸収した窒素の回収も目標としていたが、乳酸発酵過程では外部からの添加が必要なほどむしろ窒素が不足していたことから、窒素の回収は検討項目から削除した。また、発酵液からの回収に関しては、窒素等の不足から発酵液の再利用を検討していたことから検討項目から除外した。

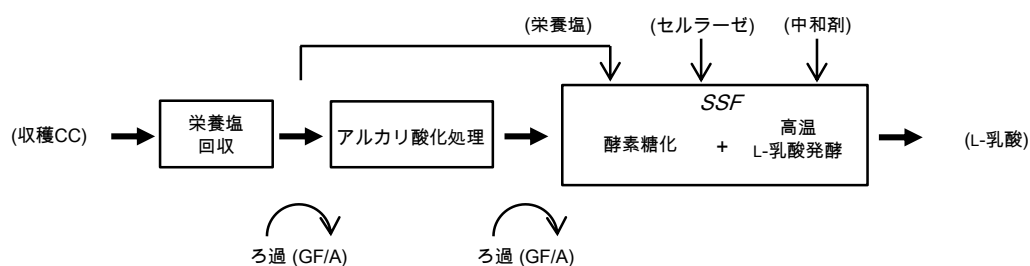


図 3-1-2 栄養塩類回収－前処理－並行発酵プロセス

### (3) 研究成果

①商品作物収穫後の余剰窒素による硝酸性窒素流出負荷を 80%削減する面的浄化システムを確立する。

高知大学農学部施設園芸ハウス内に設置したライシメーターを用いて、CC を 3 段階の栽植密度 (11 個体/m<sup>2</sup>、55 個体/m<sup>2</sup>、110 個体/m<sup>2</sup>) で夏季、春季および冬季に各 50 日間栽培するとともに、収穫後に湛水除塩を行った。初期の土壌中無機態窒素濃度は 19.8～20.6 mgN/kg であった。その結果、無機態窒素の溶脱量 (累積浸出水量 110 mm 時) は、CC を栽培しない対照区と比較して夏季には 89～91%、春季には 87～89% 削減された。一方、冬季には、栽植密度が低い条件 (11 個体/m<sup>2</sup>) で 61% の削減であったのに対して、55 個体/m<sup>2</sup>、110 個体/m<sup>2</sup> の条件では各々 82% および 81% の削減となり、植物の成長が悪い冬期でも栽植密度を考慮することで、「商品作物収穫後の余剰窒素による硝酸性窒素流出負荷を 80% 削減する面

的浄化システムの確立」という目標を達成できた。さらに、クリーニング効果を機構面から検討するために、CC畑の蒸発散特性を微気象学的に解析したところ、CC栽培特有の極めて大きな葉面積がもたらす高い蒸散速度が観察され、CCは他の一般的な作物とは異なる給水管理の必要性が示唆された。

次に、提案システムをより実用化に近づけるため、栽培期間を従来の50日から40日に短縮した試験を実施した。さらに、浄化効果を機構面から検討した結果、浄化効果には根表面に向かう土壌中のイオンのマスフロー(土壌溶液のイオン濃度と蒸散速度の積)が極めて密接に影響し、とくに小さい栽植密度条件下においては低い蒸散速度が浄化効果の律速要因になっていることが示唆された。

このように、CCの短期栽培でも十分なクリーニング効果が得られることが分かった。一方で、提案システムの実用化においては、湛水後の土壌乾燥期間の短縮化が課題として残されていた。そこで、CCの蒸散能力を利用して湛水後の土壌乾燥を促進させるために、栽培40日目にCCを刈り取らずに湛水を行う立毛湛水試験(栽植密度:ライシメーター内;55個体/m<sup>2</sup>、ライシメーター外;60個体/m<sup>2</sup>)を実施した。CCの高い蒸散速度によって湛水後の土壌乾燥期間を1週間ほど短縮しうること(図3-1-3)を明らかにした。

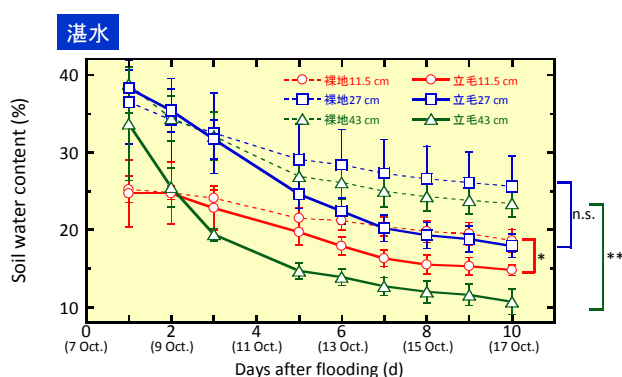


図 3-1-3 立毛湛水区および対照区(裸地)における湛水後の土壌の体積含水率の経時変化(深さ11.5、27.0、43.0 cm)

岡山県南東部のナス栽培ハウス内において、休閑期にCCを栽培することにより、湛水時の窒素溶脱を大幅に低減できた。一方、リンは圃場蓄積量が非常に多いため、CCを栽培しても溶脱量は有意に低減しなかった(表3-1-1)。次いで、CC収穫物を土壌還元した際の影響を検討したところ、CCの混和によって土壌の保水能が増加し、その効果は少なくとも10日継続すること、水田土壌ではN<sub>2</sub>O放出速度が低下することなどを見いだした。またCCの土壌還元消毒(易分解性有機物の施用、灌漑、マルチ被覆を組み合わせることで土壌を急激に嫌気状態にし、土壌病原菌を死滅させる技術)への利用可能性を検討したところ、CCの施用量を調整することによって、N<sub>2</sub>O放出量を、コメヌカやモミガラを用いる慣行処理以下に抑制することが出来た。

岡山県南西部では、灌漑水として利用されている地下水のNO<sub>3</sub>-N濃度が常時60 mg L<sup>-1</sup>と高濃度である。そこで、休耕田の活用を想定し、水田土壌にエンツアイを植栽し、NO<sub>3</sub>-N濃度60 mg L<sup>-1</sup>の模擬地下水を減水深10 mm(滞留時間10日)で連続浸透させたところ、NO<sub>3</sub>をほぼ除去しうること、N<sub>2</sub>O放出量も無視できる程度に抑制できることを明らかにし、休耕田を利用した硝酸汚染地下水の浄化が可能であることを示した。次に、水田における水管理がN<sub>2</sub>O放出に及ぼす影響をみる目的で、水田土壌に対して、湛水-排水サイクルを繰り返し施した。その結果、N<sub>2</sub>O放出速度は各湛水の直後に上昇し、サイクルを繰り返すにしたがって減少した。これは土壌由来の有機物供給量が減るためと考えられた。さらには、低pHや高ECの湛水条件下では、脱窒過程におけるN<sub>2</sub>O放出量が高まることを明らかにした。

畜産を主体とした農業が営まれている岡山県笠岡湾干拓地において、畑土壌および排水路を調査し、周辺圃場への窒素投入量多い水路で全窒素濃度が高まる傾向にあり、硝酸イオンの

安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) から、水路の窒素は有機物由来であり、流出過程あるいは水路内で脱窒が生じた可能性が高いこと等を明らかにした。

表3-1-1 ナス休閑期におけるクリーニング作物の導入が窒素、リン収支に及ぼす影響 (前田ほか、2011)

		クリーニングクロープ区		対照区	
		窒素量 ( $\text{g m}^{-2}$ )	リン量 ( $\text{g m}^{-2}$ )	窒素量 ( $\text{g m}^{-2}$ )	リン量 ( $\text{g m}^{-2}$ )
2010年	作物吸収	8.4 ± 0.6 <sup>#</sup>	1.3 ± 0.1	0	0
	溶脱(クリーニングクロープ 作付期 + 除塩灌水)	2.1 ± 0.4 <sup>**</sup>	1.1 ± 0.1	13.6 ± 1.3 <sup>**</sup>	1.3 ± 0.2
	溶脱(土壌還元消毒期)	2.4 ± 0.2 <sup>**</sup>	0.7 ± 0.1	3.1 ± 0.4 <sup>**</sup>	0.7 ± 0.0
	有機質資材	17.2	11.2	17.2	11.2
2011年	作物吸収	3.9 ± 0.9	1.7 ± 0.3	0	0
	溶脱(クリーニングクロープ 作付期 + 除塩灌水)	1.2 ± 0.0 <sup>**</sup>	1.0 ± 0.0	5.1 ± 0.4 <sup>**</sup>	1.2 ± 0.2
	溶脱(土壌還元消毒期)	1.6 ± 0.1 <sup>*</sup>	0.7 ± 0.0	3.1 ± 0.4 <sup>*</sup>	0.8 ± 0.0
	有機質資材	41.1	63.8	41.1	63.8

# 2処理区の平均値 ± 標準偏差. \*\*, \* クリーニングクロープ区と対照区において、それぞれ  $p < 0.01$ ,  $0.05$  で有意差 ( $t$ -test) が認められた。

②クリーニングクロープおよび水生植物バイオマス为原料とした非滅菌高温 L-乳酸発酵を実現する。その際、並行発酵にて乾重量あたり 25% の L-乳酸収率を目標とする。

セルロース系バイオマスの前処理は対象バイオマスごとに至適方法が異なることが報告されている。前処理の検討では、CC 候補であるトウモロコシ茎葉とギニアグラス茎葉、農業地域に存在する稲わら、および水生植物のヒシとホテイアオイを原料に、これらバイオマスの前処理方法を検討した。その結果、いずれのバイオマスにおいてもアルカリ酸化処理が有効であった。トウモロコシ茎葉とヒシでは、前処理前バイオマス中のセルロース重量に対して 89% と 45% のグルコース回収率を得た(加水分解に伴う水分子重量を考慮)。

発酵における栄養源は、安価な原料とされるコーンステーパーリカーを用いた場合でも少なくとも 10 円/kg-製品の費用を必要とし、かつ、原料輸送に伴う環境負荷も発生する。発酵における栄養塩類の供給方法の検討では、2010 年夏季に CC として 50 日間栽培されたトウモロコシ茎葉を原料とし、水抽出(固液比 1:10、1 時間攪拌)により栄養塩類を回収した。回収した栄養塩類を含む溶液(以下、抽出液)は並行発酵に供するものである。このプロセスでは、栄養塩類回収ステップで一緒に溶出される物質による糖化阻害が懸念された。そこで、抽出液を用いた糖化反応を、セルロースを基質として実施した。その結果、抽出液を用いた系(糖収率 0.76)は、蒸留水を用いた系(糖収率 0.55)を上回る単糖類の収率を示した。これは、抽出液中に糖が存在したこと(単糖・二糖分析による)、また、糖化反応を阻害する物質が含まれていなかったことによると考えられる。

糖化・発酵の検討では、先の検討で抽出液が糖化反応を阻害しなかったことから、栄養源として抽出液を用いた非滅菌の並行発酵を実施した。前処理はアルカリ酸化処理を採用した。後段の並行発酵で基質となるバイオマスから回収された栄養塩類全量(100%量添加とする)を利用した結果、前処理前バイオマス乾燥重量に対して 0.33 g/g の収率で L-乳酸が得られ、目標収率 0.25 g/g を達成した。( *B. coagulans* JCM9076 と JCM2258 を使用)。また、抽出液は上記 L-乳酸収率に対して 7% に相当する糖源としても機能した(100%量添加時)。一連の作業から得られた L-乳酸を L-乳酸カルシウムとして回収した。

資源回収の検討では、窒素・リン資源の有効活用の点から、高温 L-乳酸発酵が必要とする最小窒素・リン量および L-乳酸発酵プロセスに添加する抽出液の最小添加量を把握した。まず、高温 L-乳酸発酵が必要とする窒素・リン量を実験的に求めた。栄養源となる酵母エキスを段階的に削減した結果、糖中の炭素に対する窒素・リン比として、CN 比:35、CP 比:234 を得た。得られた乳酸収率をもとに、乳酸発酵の細胞合成および電子ドナーの半反応式を求めた結果、CN 比:27 とほぼ一致した値を得た。高温 L-乳酸発酵が必要とする窒素・リンは CP 比:230 程度、CN 比:30 程度と定まった。一方、抽出液添加量を段階的に削減した上述の発酵を実施した結果、40%量添加時において 100%量添加との比較から有意差が認められなかった(抽出液含有糖の影響は差し引いて評価、図 3-1-5)。2009 年晩秋に 60 日間栽培されたトウモロコシ茎



葉を用いた検討でも、抽出される栄養塩類の 40% 量添加は必要とされた。2 つの異なるトウモロコシ茎葉を用いた異なる時期の実験から、提案するプロセスでは抽出される栄養塩類の 40% 量程度の添加が最低限必要と定まった。なお、40% 量添加時における CP 比、CN 比はそれぞれ 111、14.1 (図 3-1-5 の場合) であったことから、抽出液中の窒素・リンは酵母エキスと比べて利用し難い成分であることが伺えた。

抗酸化物質の探索とその用途検討では、冬季に 50 日間栽培されたトウモロコシ茎葉は、抗酸化効果を示す指標値が高い値を示さなかったが、乾重 100 g あたり総カロテン:20.4 mg、ルテイン:40.3 mg を含有していた。一方、ヒシは高い抗酸化効果を示し、総ポリフェノール:51.6 mg/g-乾重、抗酸化効果の指標値である DPPH:665  $\mu\text{mol}\cdot\text{Trolox}$  換算/g-乾重を示した。付加価値の期待されるエラグ酸も 3 mg/g-乾重程度含まれていた。トウモロコシ茎葉のカロテノイドやヒシのポリフェノール類は飼料利用に有効と考えられるが、ヒシの抗酸化効果を同じく水環境で問題となっているアオコの増殖抑制目的に適用できることを確認した (1 L あたりヒシ乾重 65 mg 中の物質で増殖抑制が可能)。また、ヒシを刈り取ることは水環境から栄養塩類を除去することにつながるが、ある湖沼をモデルケースに全量刈取りを行った場合の効果を示した。また、ヒシ

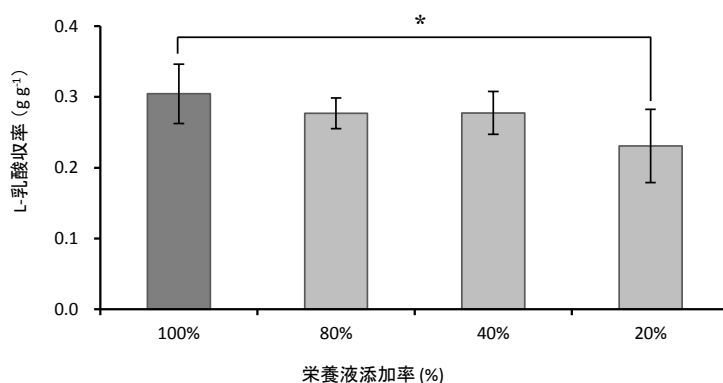


図 3-1-5 抽出液添加量の比較 (抽出液の糖源としての効果を排除; n = 3; Bar は標準偏差. 前処理バイオマス回収、L-乳酸発酵および抽出液の糖源効果の誤差伝播を考慮; Dunnette の多重比較において 20% 量添加系で有意差あり)

に関しては、抗酸化物質、リンそして糖を段階的に回収するプロセスを提案した。

### ③ L-乳酸発酵プロセスへ投入されるバイオマスに含まれるリンの 80% を回収する。

乾燥・破砕したバイオマスに 20°C の蒸留水に浸漬することで、80~90% のリン、ほぼ 100% のカリウムが直ちに水中に溶出した。溶出速度は元素によって異なり、炭素、窒素、カルシウム、マグネシウムは溶出が完了するまでに 6 時間程度を要し、抽出率もリン、カリウムに比べ低かった。80°C の場合、1N NaOH の場合でも、およそ同程度の抽出効率であり、抽出には特別な条件は必要ではないことが明らかになった。抽出された液にカルシウムを添加することで、抽出液中リンの約 90% を固形物として回収できた。抽出と回収とを合わせた全体操作では本研究で最終目標として設定した回収率 80% を上回り、当初の目標を達成した。

抽出液に含まれるリンとカリウムリン酸マグネシウムカリウム ( $\text{KMgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , MKP) として同時回収する方法について検討を行った。ただし、MKP については生成条件が明らかではなかったため、バイオマスからの回収に先立ち、純物質を使用した結晶生成実験、化学平衡計算による机上検討を行った。純物質での検討から、溶解度積は  $1.2 \times 10^{-11}$  であることを把握した。また、溶解並行計算から、pH とカリウム濃度を適正に設定することでリンとカリウムの同時回収が可能であることを確認した。そこで、バイオマスからの抽出液に対しリン・カリウムの同時回収を実施した。机上検討により得られた条件で実施したところ、リンとカリウムとを同時に含む沈殿が得られた (図 3-1-6)。ただし、純物質で得られたような結晶構造は確認されなかった。





図 3-1-6 バイオマス(クリーニングクローブ)からのリン・カリウム同時回収.(左:抽出液と生成した沈殿、中:PK 回収物、右:回収物の SEM 画像)

## 2. 畜産施設等点源由来の廃水・廃棄物の高度再生システムの開発

(担当:高知大学、北海道大学、京都大学、愛媛大学)【研究項目2】

### (1) 研究のねらい

農業地域の点源への対策技術として、畜産施設および農家より排出される廃水・廃棄物からの資源回収技術ならびに高度浄化技術を開発する。ヒト・家畜糞尿、雑排水、畜産から排出される洗浄水を対象として、し尿分離の観点から、排出形態や組成、生分解特性に応じて適切な処理法を提案する。さらに、電解処理・光触媒・吸着剤による廃水中の医薬品除去を検討する。

### (2) 研究実施方法

高知大学と京都大学は連携して、畜産系廃棄物カスケード循環利用システムの構築を目指し、各種畜産糞尿の物性や化学組成に関する基礎的データを得るとともに、高知大学において低環境負荷型の新たな肉用牛生産技術開発のための飼養試験を行った。京都大学では、し尿分離を行わない牛糞尿を対象として、堆肥化処理や液化ジメチルエーテル脱水処理によって含水率を低下させて燃料として使用した上で、燃焼後の残渣からリンを回収した。また、牛糞中の窒素含有率を変えた焼却実験を行い、 $N_2O$  排出特性との関係を明らかにした。得られた灰については、灰中リンの回収率 80%以上を目標として、リン回収実験を行った。高知大学・北海道大学・愛媛大学は連携して、家畜尿中の医薬品の電解処理・光触媒・吸着剤による除去技術の開発を実施した。北海道大学では、し尿分離が可能なヒト・豚の糞尿を対象として、糞のコンポスト化や尿からの栄養塩類の回収ならびに病原性微生物の不活化法の開発を検討した。また、尿中のリンおよび尿素を、晶析法によりそれぞれリン・カルシウム晶析、ウレアホルムとして回収する方法を開発した。雑排水から再利用可能な水を回収する装置として、膜分離活性汚泥法(MBR)を用いた雑排水処理装置の運転指針を提案するとともに、傾斜土層処理法の設計法を提案した。

### (3) 研究成果

#### ① ヒト、家畜の糞便からコンポストを生成するコンポスト型トイレを開発する。

実スケールでの測定に基づきコンポストの水分蒸発モデルを構築し、コンポスト型トイレの設計法を示した。図 3-2-1 に環境温湿度とコンポスト反応槽表面からの水分蒸発速度を示す。温度が高いほどまた湿度が低いほど蒸発速度が高くなった。高知市の年平均気温および平均湿度は  $17^{\circ}C$  および 70% であるので、 $0.1kg/day/0.1m^2$  の水分蒸発量が期待できる。このため、できる限り投入される水分量を減らすか反応槽の表面積を大きくするようにならなければならない。

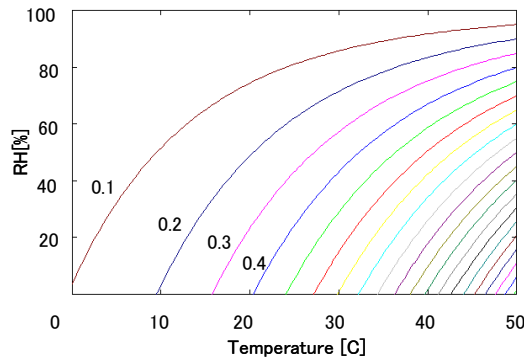


図 3-2-1 温湿度と反応槽表面からの水分蒸発量[kg/day/0.1m<sup>2</sup>]の関係

② ヒト、家畜の尿から栄養塩類、再利用可能な水を回収する装置を開発する。

尿中栄養塩類の回収技術として、粉碎ホタテ貝殻を用いたリン酸+カルシウムの結晶回収、ホルムアルデヒド添加による遅効性窒素肥料(ウレアホルム)の合成・回収がそれぞれ可能であることを人工尿・実尿の両方で確認した。

尿中リンの回収に関する検討では、実際の尿の回収では希釈が避けられないことから、人工尿を希釈したものを対象に実験を行った。その結果、人工尿の希釈系では貝殻表面への結晶成長を観察したが、牛尿を用いた場合には結晶ができなかった。焼成ホタテ貝殻粉末を用いてリン酸カルシウム塩の析出実験を行ったところ、カルシウム/リン酸濃度比が低い場合はリン酸マグネシウム塩が析出し、その後時間をかけてヒドロキシアパタイトへと変化した。カルシウム/リン酸濃度比が高い場合はリン酸マグネシウム塩の析出は見られず、ヒドロキシアパタイトが析出した。図 3-2-2 に示すように、カルシウム/リン酸濃度比が高い場合には一度液中リン酸濃度が下がった後に再び上がる傾向がみられた。これはリン酸マグネシウム塩が析出した後にリン酸カルシウム塩へと相変化したためと考えられる。

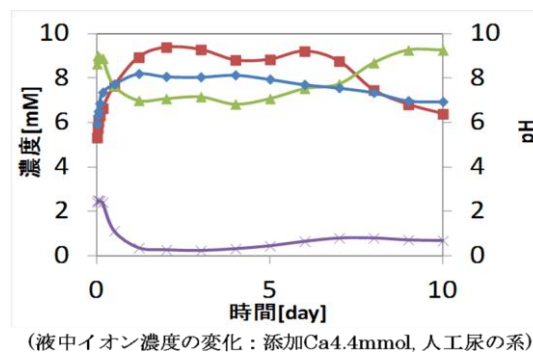


図 3-2-2 液中のイオン濃度及び pH の変化  
(□:Ca<sup>2+</sup>, ◇:Mg<sup>2+</sup>, △:リン酸, ×:pH)

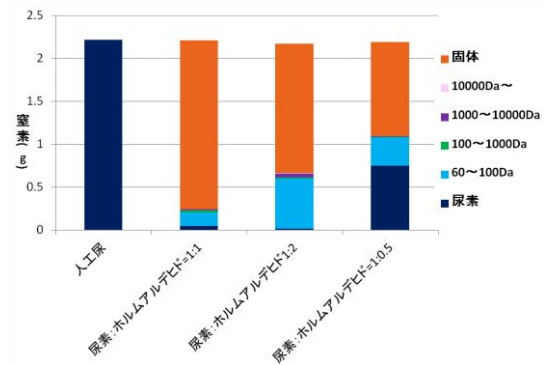


図 3-2-3 反応後の窒素分の分子量分布

ホルムアルデヒドを用いた尿中尿素からの緩効性肥料の合成については、ホルムアルデヒドの初期濃度が反応生成物に与える影響について検討した。図 3-2-3 に示すように初期ホルムアルデヒド濃度が初期尿素濃度より高い場合、固形分として回収される窒素分の割合が減少し、溶液中に残ることが明らかとなった。

このホルムアルデヒド添加による尿素からの遅効性窒素肥料の合成過程において、畜産系で用いられている主要な 4 種類の医薬品を対象に挙動を検討した。図 3-2-4 に示すようにスルファメトキサゾールはホルムアルデヒド、尿中の成分とは反応せず、ウレアホルムにも吸着しないが、ウレアホルムの生成時にその液中濃度が低くなることから窒素肥料への混入が疑われることが明らかとなった。

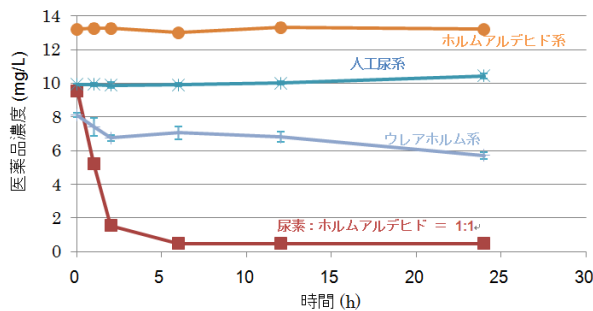


図 3-2-4 溶液中でのスルファメトキサゾールの挙動

③ ヒト、家畜の尿に含まれる微量な医薬品の除去技術として、電解処理技術ならびに製紙スラッジ由来酸化チタンによる太陽光利用分解技術を開発する。

尿中医薬品を電解酸化処理によって分解可能であることを薬効性ならびに反応中間産物の検出により確認し、電解酸化処理条件の最適条件(陰極と陽極の面積、設置距離)を得た。光触媒分解では、pH、UV 強度などの操作条件と分解挙動との関係を明らかにした。高シリカ型ゼオライトによるサルファ剤の吸着挙動の解明およびモデル化を行うとともに、豚尿中からの吸着除去に対するイオンや有機物の影響を明らかにした。高シリカ型ゼオライト-酸化チタン複合体を合成し、動物用医薬品の除去に適用したところ、各々の単純混合に比べて効率的に医薬品を除去可能であった。また、高シリカ型ゼオライト-酸化チタン複合体を用いたサルファ剤スルファメタジンの除去に関してモデル化を行い、両機能性材料が協奏的に機能していることを明らかにした。

さらに、抄紙技術を用いて酸化チタンと高シリカ型ゼオライトをシート状に成型し、これを円板に搭載した「回転円板型促進酸化装置」を提案し、サルファ剤の除去に適用した。酸化チタンとゼオライトをシート中で複合することで、シートに吸着されたサルファ剤がシート内で分解されることを確認した。また、円板上に機能性材料を固定化することで、反応後の固液分離の必要性がなくなるとともに、円板の気相部にのみ紫外線を照射しているため、透過光減衰による反応効率低下の問題も解決することが可能であった。なお、製紙スラッジ由来酸化チタンは光触媒活性がないことが判明したため、医薬品除去技術には用いなかった。

④ イオン液体を用いた製紙スラッジ中のパルプ成分および無機成分回収技術を開発する。

粉末状に粉砕した製紙スラッジを 1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムクロライドと混合し、100℃で 2 時間反応させた。次に、遠心分離により無機成分を分離した。セルロース成分が溶解しているイオン液体にエタノールを少量ずつ添加してセルロースフィルムを回収した後、蒸留水またはブチルアルコールで置換処理を行い、凍結乾燥した。強度特性を評価した結果、蒸留水置換セルロースフィルムは比引張り強度が、ブチルアルコール置換セルロースフィルムは伸びが優れていた。さらに、湿潤引張り強度では、ブチルアルコール置換セルロースフィルムが、蒸留水置換フィルムよりも高い値を示した。蒸留水置換セルロースフィルムでは、水分子により水素結合が切断されたため強度が消失したが、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と推測された。

⑤ 雑排水から再利用可能な水を回収する装置として、膜分離活性汚泥法(MBR)を用いた雑排水処理装置の運転指針を提案するとともに、傾斜土層処理法の設計法を提案する。

雑排水処理水・コンポストの農業利用に関わる質の評価では、界面活性物質の影響を窒素固定能力を有する根粒菌の活性の観点から評価した。植物の乾燥重量、根粒菌個数、窒素固定能力、ならびに界面活性物質の土壌への蓄積の4点から界面活性物質の許容レベルを推算した結果、窒素固定能力が最も界面活性物質濃度に敏感であり、推奨許容レベルとして 0.06g/L という値を得た。雑排水処理に関しては、傾斜土層および小型 MBR について、雑排水の間欠

流入による影響を実験によって調べた。

⑥ 肉用牛の糞尿成分を詳細に解析することにより、家畜関連廃棄物のカスケード利用技術およびシステムを構築する。

i) 10 種の家畜糞尿について、その組成や性状を明らかにし、これらは、窒素、リンおよびカリウムを豊富に含む一方で、リンと強固な化合物を形成し肥効を低減させる鉄、アルミニウム、および有害な重金属は下水汚泥と比較すると少ないことを示した。また、発熱量としては、乾燥ベースでは鶏糞を除き、下水汚泥と同等か少し低い程度であり、脱水・乾燥を行えば、補助燃料の投入なしで焼却が可能であると考えられた。

ii) 液化ジメチルエーテルによるバッチ式抽出操作により、含水率の高い乳牛糞を省エネルギーに脱水し、液固比は 38mL/g で含水率 5.7% (70 分)まで脱水することができ、熱乾燥よりも高速で省エネルギーな脱水が可能となった。次に、肉牛糞の熱乾燥時における  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  の排出特性を実験的に把握したところ、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$  はほとんど発生しないことが示された。 $\text{CH}_4$  排出係数は現行の設定値と齟齬がないものの、 $\text{N}_2\text{O}$  排出係数:  $3.1\text{g}\cdot\text{N}_2\text{O}\cdot\text{N}/\text{g}\cdot\text{N}(\%)$ は、過大設定の可能性があったことがわかった。最後に、肉牛糞の燃焼実験をベンチスケールのロータリーキルン炉、および大規模パイロット流動炉にて実施し、通常燃焼時における牛糞からの  $\text{N}_2\text{O}$  排出係数は、いずれも  $6.0\text{g}\cdot\text{N}_2\text{O}\cdot\text{N}/\text{g}\cdot\text{N}$ (牛糞)程度で概ね整合したうえ、国内の排出係数の設定値である  $0.1\text{g}\cdot\text{N}_2\text{O}\cdot\text{N}/\text{g}\cdot\text{N}$ (牛糞)は、確実に見直されるべきであると言えた。さらに、多層燃焼技術により、燃料使用量を抑えつつ、排出係数を 1/3 以下に抑制可能であることを実証した。

iii) 肉牛糞焼却灰の組成分析を行った結果、リン濃度はリン鉱石に匹敵するレベルであり、重金属濃度も低かった。しかし、塩素が 5~10%のオーダーで含まれ、そのまま肥料利用するのは困難と考えられた。水洗による脱塩精製を検討した結果、精製物はリン肥料としての各種基準を満たし、最適条件下で 80%以上の灰中塩素の除去、95%以上のリン回収率を確保できた。

iv) 牛糞からのカスケード型資源回収システムに関しては、これまでのデータを総合して、牛糞のカスケード型資源回収システムの  $\text{LCCO}_2$ 、および  $\text{LCC}$  評価を実施し、 $\text{GHG}$  排出量の観点からは 15t/day 程度の規模では堆肥化が有利であるが、100t/day 規模以上であれば、焼却が有利、かつ廃熱発電による間接削減も可能となることが明らかとなった。一方  $\text{LCC}$  評価に関しては、処理費用を徴収せず、補助もない場合、回収したリン肥料の価格が現状の 10 倍以上にならなければ、本システムの経済的な自立は困難であることが明らかとなった。したがって適正な処理費用や、より大規模でのシステムの評価が重要である。

⑦ 肉用牛生産が環境に与える影響、経済性 (生産コスト)、生体への影響 (肉質、健康状態)、を総合的に評価することで、従来の高エネルギー投入・高環境負荷型飼育とは異なる、低環境負荷型の新たな肉用牛生産技術を提案する。

肉用牛である高知系褐毛和種を供試し、育成期の飼料に植物由来のバイオマスである食用カンナ地上部を混合し、その生体に与える影響を検討した。さらに、試験牛の肥育期における摂取物および排出物量を計測し組成を分析することで物質収支を明らかにし、肉用牛の飼養体系を総合的に評価した。実験には高知大学農学部附属 FSC の高知系褐色和種計 9 頭を供試した。食用カンナ給餌区 (去勢牛 3 頭および雌牛 2 頭) および無給餌区 (去勢牛 3 頭および雌牛 1 頭) に分け、それぞれを群飼育した。試験期間は、6 から 26 ヶ月齢までの 21 ヶ月間であった。さらに、6 から 10 ヶ月齢までは育成期とし、11 から 26 ヶ月齢までは肥育期とした。肥育終了後、高知県広域食肉センターに出荷し、食肉処理を行った。食用カンナ地上部は細切してからサイレージに調整し、一般成分および発酵品質を分析した。育成期には粗飼料および濃厚飼料を給餌し、食用カンナ給餌区にはサイレージ加工した食用カンナを添加した。肥育期では、食用カンナ給餌区のカンナ給餌を止め、無給餌区と同様に粗飼料および濃厚飼料を与えた。1 ヶ月ごとに体重を測定し、増体量を算出した。飼料摂取量、飲水量および排出物量は毎日計測し、飼料および排出物の一部はリンの含量を測定した。出荷後、骨格筋内脂肪の融点を測定し、脂肪酸組成をガスクロマトグラフ法によって分析した。

育成期において、カンナ給餌区のほうが無給餌区よりも増体がよい傾向が認められた。肥育

期における 1 頭当たりの飼料摂取量 (乾燥重量) および排出物量 (乾燥重量) の総量は、給餌区では 2865.1 kg および 789.5 kg、無給餌区では 2809.9 kg および 737.3 kg であった。また、リンの摂取量を 100 とした場合の排泄量の割合は給餌区で 103.8%、無給餌区で 130.8% となった。枝肉調査の結果、出荷時体重、枝肉総重量、胸最長筋面積、バラ厚および皮下脂肪厚には差はなかった。一方、脂肪融点は、給餌区では  $28.6 \pm 1.6$  °C、無給餌区は  $35.0 \pm 0.7$  °C となり両区の間有意な差が認められた。以上より、高知系褐毛和種へのサイレージ化食用カンナの給餌は、育成期の増体を促し、骨格筋内脂肪の融点を低下させる効果があることがわかった。

#### (4) 当初計画では想定されていなかった新たな展開

##### ① 畜産廃棄物由来の温室効果ガスの排出特性・抑制技術を検討する

肉牛糞尿の堆肥化過程における  $N_2O$  排出メカニズムを解明することを目的として、連続的なガス分析が可能なラボスケールリアクターを構築した。連続ばつ気を行った場合は、堆肥化過程で硝化が発生すると同時に  $N_2O$  の連続的な排出が生じることが示された。初期 T-N に対する  $N_2O$  の排出率は 2.02% と既報値と同等であった。 $N_2O$  排出速度とアンモニア酸化速度の間には高い相関がみられ、アンモニア酸化における  $N_2O$  転換率は約 2.7% と算出された。また、有機物の分解性を示す呼吸指標 respiratory quotient が堆肥化過程の硝化反応および  $N_2O$  の排出を把握する上で有効なことを明らかにした。強制ばつ気式堆肥化過程における詳細な  $N_2O$  排出メカニズムの解明を目的として、北里大学との協力によりアンモニア酸化微生物のモニタリングを行った。その結果、アンモニア酸化細菌が硝化ならびに亜酸化窒素発生に関与していることが示唆され、クローンライブラリ解析の結果より、*Nitrosomonas* 属が優占していることも明らかになった。間欠ばつ気を模擬した堆肥化過程からの  $N_2O$  排出に関しては、酸素濃度の低下にとともに、高濃度の  $N_2O$  が脱室過程の中間代謝物として急速に排出されることが示され、特に嫌気状態においてその傾向が強く観察された。堆肥化過程全体を通じた場合、硝化にともなう  $N_2O$  の発生を考慮しても、嫌気条件でより多くの  $N_2O$  が排出されることが示された。

##### ② ユズ果皮の給餌が肉用牛に与える影響を検討する

ユズ果皮の飼料添加による高品質肉用牛の生産を最終目的として、ウシ皮下脂肪から分離した細胞を用いて、ユズ果皮が培養細胞の脂肪細胞や骨芽細胞への分化能に及ぼす効果を検討した。次に、肥育牛に対するユズ果皮の給餌が、生体に及ぼす影響を調べるために、乾燥ユズ果皮を混合した配合飼料を 21~22 ヶ月齢の肥育牛に給餌し、1 週間後の体重および血液性状の変化を観察した。脂肪細胞への分化は、25 mg/ml ユズ果皮粉末添加区が最も優れており、骨芽細胞への分化は、10 mg/ml 添加区が最も優れていた。これらの結果より、ユズ果皮は脂肪細胞と骨芽細胞への分化を促進することがわかった。乾燥ユズ果皮をウシへ給餌した結果、体重増加は抑制されたが、血液の生化学的分析では健全性を損なう要因は認められなかった。一方、血中総コレステロール値は減少し、HDL コレステロールの割合が増加した。本研究より、ユズ果皮の飼料利用としての可能性が示唆された。

### 3. 農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発 (担当: 高知大学、岡山大学) 【研究項目3】

#### (1) 研究のねらい

農業系廃棄物から高付加価値製品を産み出すことにより、水環境汚染の抑制と価値創造を同時に実現するカスケード型資源循環システムの開発を目的として、高知大学では以下の①~④の研究を、岡山大学では⑤の研究を行う。

##### ①機能紙調製

廃棄オレンジ皮より抽出された精油(防虫成分)などを用いた高機能紙の開発を目的として研



究を行う。具体的には、ポリアミドを紙表面上で調製を行い、防虫成分の徐放性および定着性について、詳細な検討を行う。また、これらの確立した技術をベースに農薬による面源水質汚染の対策技術への機能紙の適用を目的として、温度に応答して農薬放出をコントロール可能な機能紙の調製を試みる。

#### ②廃棄ユズ果皮の再資源化

廃棄ユズ果皮は、搾汁後の廃棄される果皮で、ユズの50%以上を占めるが、その利用方法は少ない。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する。

#### ③廃棄ユズ果皮の養魚飼料への利用

高知県はユズの生産量が日本一であり、主に果汁を利用した加工食品として利用されることが多い。その際、上述のように搾汁後に果皮が廃棄物になる。多くの果皮は堆肥化もしくは焼却処分されるが、この果皮にはビタミンCやユズの香気成分が残留している。そこで、ビタミンC等の抗酸化物質は、食品の鮮度を保つために貢献し、香気成分は食品にユズのさわやかな香りを付加する。これらの成分を有効利用する一つの形として養殖魚の飼料への利用を試みる。

#### ④マルソウダ煮熟水(ソウダガツオ煮汁)の養魚飼料への利用

高知県土佐清水市では、マルソウダの加工が盛んである。この加工の際に、魚を沸騰水中で茹でる「煮熟」という過程があり、この煮汁にはアミノ酸や核酸関連物質が多く含まれている。アミノ酸や核酸関連物質には、養殖魚の成長を改善し、摂餌性を向上させる作用がある。そこで、マルソウダ煮熟水の飼料添加剤としての有効利用を検討するとともに、その際の水環境への負荷量を評価する。

#### ⑤農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発

高付加価値製品製造プロセスからの廃水の再生技術の開発を目指し、平成23年度から研究項目として追加実施した。製紙スラッジ再利用過程で使用するイオン液体として1-butyl-3-methylimidazolium chloride (bmimCl)、および類似構造を持つ1-methyl-3-octyl imidazolium chloride (omimCl)を取り上げ、オゾン処理による分解性把握、副生成物同定と反応過程経路の把握を目的に検討する。

### (2) 研究実施方法

#### ① 機能紙調製

##### i) 廃棄オレンジ皮より抽出された精油を利用した機能紙

エチレンジアミン水溶液に、界面活性剤(Tween20)およびオレンジ皮より抽出された廃棄精油を添加した後、強攪拌しO/Wエマルジョンを得た。この溶液にろ紙を浸漬させ、二塩化テフタロイル/シクロヘキサン溶液に含浸させ、室温で静置し界面重合を行った。反応液中から、ろ紙を取り出し、室温で乾燥させた。徐放性の評価は、残存した精油量を定量することにより行った。

##### ii) 温度応答性機能紙調製

エチレンジアミン(ED)水溶液とNaOH水溶液を1:1の割合で混合した溶液にTween 20および重合開始剤(v-65)を加え加熱した。この溶液に加熱した機能材料(パラフィンおよびDEET)およびメタクリル酸メチル(MMA)を添加し、加熱しながら攪拌し、O/Wエマルジョンを得た。この溶液に含浸したろ紙を二塩化テフタロイル(TC)/シクロヘキサン溶液に浸漬し界面重合を行った。反応後、室温で乾燥させて調製シートを得た。徐放性の評価として、30℃または50℃の条件で24-72時間静置した調製シートのDEET残存量とDEET定着量によりDEET残存率を算出し、各調製シートの30℃条件と50℃条件のDEET残存率の差(RI)を求めた。

#### ②廃棄ユズ果皮の再資源化

精油抽出後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95℃・30分間、アルカリ条件下では80℃・30-120分間加熱した。加熱後にろ過を行い、ペクチンが溶解しているろ液は減圧・濃縮処理後、エタノールを添加し、粗ペクチンを析出させた。ペクチン抽出後の残渣をイオン液体に添加し、100℃・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。抽出した粗ペクチンおよびセルロースは、HPLCによる分子量分析、FT-IRおよびSEMによるキャラクタリゼーションを行った。

### ③廃棄ユズ果皮の養魚飼料への利用

#### i) ブリ飼料におけるユズ果皮の利用(屋内試験)

飼料への添加には、搾汁後のユズ残渣から、さのう、種を取り除いた果皮のみから作られたペーストを利用した。魚類は変温動物であることから、季節(水温)によって消化が大きく影響を受ける。また、ブリは肉食魚のため、ユズ果皮ペーストの添加は、成長の阻害や未消化物の増加による環境負荷の増大の恐れがある。また、肉質の鮮度を保つためには一定量のユズ果皮ペーストの摂取が必要である。そこで、水温上昇期と水温下降期にブリ飼料へユズ果皮ペーストを段階的に添加(0~100g)し、成長への影響を飼育試験によって確認した。また飼育試験終了時に、ブリの切り身を作成し、肉色の変化(褐変)を測定し、鮮度の維持(抗酸化効果)を評価した。これら双方の観点から、ブリ飼料への適切なユズ果皮ペーストの添加量を検討した。至適添加量を決定した後に、抗酸化効果を得るために必要な給餌期間を決定した。

#### ii) ブリ飼料におけるユズ果皮の利用(海面試験)

実際の海面生け簀(10 m<sup>3</sup> 生け簀)に収容された平均体重3.5kgのブリ6,000匹へユズ果皮ペーストを添加した飼料を給餌し、抗酸化効果と香りの付加を獲得するために必要な給餌回数を検討した。

#### iii) マダイ飼料におけるユズ果皮の利用(屋内試験)

屋内試験では、水温上昇期と水温下降期にマダイ飼料へユズ果皮ペーストを段階的に添加(0~100g)し、成長への影響を飼育試験によって確認した。また飼育試験終了時に、マダイ肝臓を取り出し、過酸化物質生成の抑制効果(抗酸化効果)を評価した。これら双方の観点から、マダイ飼料への適切なユズ果皮ペーストの添加量を検討した。

### ④マルソウダ煮熟水(ソウダガツオ煮汁)の養魚飼料への利用

#### i) 煮熟水のブリ飼料への利用(モイストペレットへの添加)

飼料(乾燥重量1kg)に100mLのマルソウダ煮熟水を添加し、ブリ幼魚の飼育を行った。基礎飼料には、一般的な魚粉を主体とした魚粉飼料もしくは、魚粉の3割を大豆油粕タンパク質で代替した低魚粉飼料を用いた。これらの飼料にマルソウダ煮熟水を添加し、10週にわたり飼育を行い、飼育成績と栄養素の消化・吸収率を評価した。

#### ii) 煮熟水のブリ飼料への利用(エクストルーデットペレットへの添加)

吸水性の市販エクストルーデットペレット(EP)飼料に段階的にマルソウダ煮熟水を添加し、ブリとマダイの幼魚を対象として飼育を行った。8週に渡る飼育を行い、飼育成績と環境負荷量を評価した。

#### iii) 煮熟水の嗜好性原料としての利用

ブリ飼料の主原料は、魚粉である。近年、この魚粉が不足しており、大豆タンパク質等の代替原料の利用が進められている。しかしながら、魚粉を含まない飼料では、嗜好性が著しく劣り、魚が餌を口にしないこともしばしばである。そこで、魚粉を含まない飼料への嗜好性改善剤として濃縮乾燥したマルソウダ煮熟水を添加し、摂餌性と成長を評価した。本試験では陽性対照区に魚粉飼料、陰性対照区には無魚粉飼料、無魚粉飼料に嗜好性原料としてオキアミまたは濃縮マルソウダ煮熟水を添加した飼料区の計4試験区を設定し、比較を行った。

### ⑤農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発

bmimCl, omimClを含む溶液にオゾンを含ませた蒸留水(オゾン水)を添加し反応を起こさせ、反応時間、反応オゾン量に対する水質の変化を把握した。オゾン反応はpH条件で大きく異なることから、オゾン分子による直接反応が卓越するpH3、ヒドロキシラジカルによる反応が卓

越する pH 8、および中性付近の pH 6 で行った。実験は京都大学の施設を利用し実施した。反応が終了した溶液を岡山大学に持ち帰り、HPLC により bmim, omim の定量を行った。また高知大学にて LC/MS/MS による副生成物同定を行い、量子力学的解析との比較から反応経路について考察を行った。

### (3) 研究成果

#### ①機能紙調製

##### i) 廃棄オレンジ皮より抽出された精油を利用した機能紙

柑橘果皮からリモネンを抽出する過程で排出される柑橘精油未利用成分を活用して、高機能紙の調製を行った。その結果、紙表面上で柑橘精油未利用成分含有高分子膜を直接合成することが可能であった。また、調製した高分子膜によって柑橘未利用成分の徐放性が向上し、長期的な効果の発現が可能であった。本研究の柑橘未利用成分は、防虫効果を持つリナロールなどの成分を含有しているため、米袋や段ボールなどの梱包素材に広く展開可能である。

界面重合法の調製条件におけるエチレンジアミン水溶液濃度や重合反応時間について、柑橘精油の定着量の比較から最適な調製条件を検討した結果、10%エチレンジアミン水溶液を用い、10 分間の重合時間で調製を行った条件であった。徐放性試験を行った結果、調製シートからの柑橘精油成分の徐放を確認した。また、96 時間後におけるシート上のリナロール残存率は調製シートで 86.4%、ブランクシートで 31.9%であった。これより、界面重合法で調製したシートの方が、長時間にわたり柑橘成分を担持できると示され、柑橘精油の効果の持続性が期待される。また、コクゾウムシを使用した実験により、機能紙の忌避性効果が確認された。

##### ii) 温度応答性機能紙調製

SEM 画像観察および FT-IR による表面解析により、紙表面での高分子膜の生成および DEET の定着が確認された。また DSC による融点の測定によりパラフィンの定着が確認された。MMA 量を変化させて調製したシートの DEET 定着量は、2-8 ml の場合 MMA 量の増加に伴い増加した、これは MMA 量の増加により、多くのカプセルが生成したためと考えられる。また MMA 量 8 ml の場合に比べ 16 ml の DEET 定着量が少なかった。これは調製時の O/W エマルジョンに対して、DEET の割合が減少したためと考えられる。ED 濃度 2.5-25%の間で変化させて調製したシートの DEET 定着量は、ED 濃度の増加に伴い減少した。これは ED 濃度の増加により界面重合による膜が緻密になり、MMA マイクロカプセルが定着する空間が減少したためと考えられる。これらの結果より、本手法によりパラフィン-DEET 複合体の紙への定着が可能であり、最適条件は MMA 8 ml および ED 2.5%であった。機能材料 10 ml 中のパラフィンと DEET の割合を変化させて調製したシートおよびそれぞれの調製シートに対応したブランク(パラフィン 0 ml)を作成し、徐放性の評価を行った。機能材料中のパラフィンがそれぞれ 9 ml、9.9ml、9.99ml の場合、対応するブランクの RI がそれぞれ 40、37、30 であったのに比べ、調製シートの RI がそれぞれ 13、5、0 であった。このことより、調製シートにおいてパラフィンの融解により、温度の影響をうけていない超徐放性の発現が確認された。また、機能材料中のパラフィンの増加にともないその超徐放性が向上することがわかった。これらのことより、超徐放性機能紙の調製において界面重合反応の活用は有効であった。

#### ②廃棄ユズ果皮の再資源化

ペクチン抽出については、酸条件、アルカリ条件ともに濃度が高いほど抽出量が増加した。しかし、いずれの条件においても、最も濃度の高い条件で抽出した粗ペクチンは分子量が急激に低下した。さらに、アルカリ条件では、濃度 0.5%において分子量の変動が大きく、不安定であった。このことから、酸条件では  $2 \times 10^{-3}$  mol 塩酸、アルカリ条件では 0.1% 水酸化カリウムがペクチンの抽出に適していると考えられた。セルロース抽出の酸条件では、 $2 \times 10^{-1}$  mol 塩酸において高い抽出量を得た。しかし、SEM 画像による表面観察から、 $2 \times 10^{-1}$  mol 塩酸のセルロースには、遠心分離で除去できなかった細かい残渣が確認された。アルカリ条件では、濃度、加熱時間の違いによるセルロース抽出量の差はみられず、酸条件より高い値を得ることができた。しかし、1% 水酸化カリウムのセルロースは、加熱時間に関わらず分子量が低下した。このことから、1% 未満の水酸化カリウムがセルロースの抽出量や分子量への影響が少ない条件であると考え



られた。以上のことより、ペクチン、セルロースともに抽出量と分子量の高い条件は、0.1% 水酸化カリウムであると考えられた。



### ③廃棄ユズ果皮の養魚飼料への利用

#### i) ブリ飼料におけるユズ果皮の利用(屋内試験)

低水温期と高水温期に、至適添加量を検討した結果、湿重量 1450g の飼料に 50g のユズ果皮ペースト添加で成長を損なう事無く、褐変抑制効果(抗酸化効果)が得られた。湿重量 1450g の飼料に 100g のユズ果皮ペースト添加では成長の低下がみられ、糞の排出量も増加した。以上の事から至適添加含量は、湿重量 1450g の飼料に 50g と決定した(表 3-3-1)。この至適濃度の添加で、抗酸化効果として、褐変抑制効果と過酸化脂質量を測定し、これらの効果を得るために必要な給餌期間を検討した。対照区に比べてユズ果皮添加区では、給餌 3 週後で褐変抑制効果が確認でき、脂質の過酸化も抑制されていた。さらにその効果は餌抜き後、少なくとも 2 日間は維持されることが確認できた。

表 3-3-1.飼料へのユズ果皮添加量の結果(高水温期と低水温期)

項目	Control	Yuzu10	Yuzu50	Yuzu100
成長	○	◎	○	△
飼料の利用性	○	◎	○	○
消化率(タンパク質)	○	○	○	○
消化率(脂肪)	○	◎	◎	○
糞の排出	○	○	○	△
褐変の抑制	△	○	◎	◎

◎:優れている、○:影響なし、△:悪影響あり

#### ii) ブリ飼料におけるユズ果皮の利用(海面試験)

上記試験の成果を基に、市販飼料へユズ果皮ペーストを添加し、市販サイズのブリに給餌を行った。その結果、市販飼料に十分な抗酸化物質が含まれているため、抗酸化の面ではユズ果皮ペースト添加による効果が確認できなかったが、ユズの香りの付加は確認できた。また、香気成分は、給餌回数に伴って増加し、20 回以上の給餌が好ましいことがわかった。

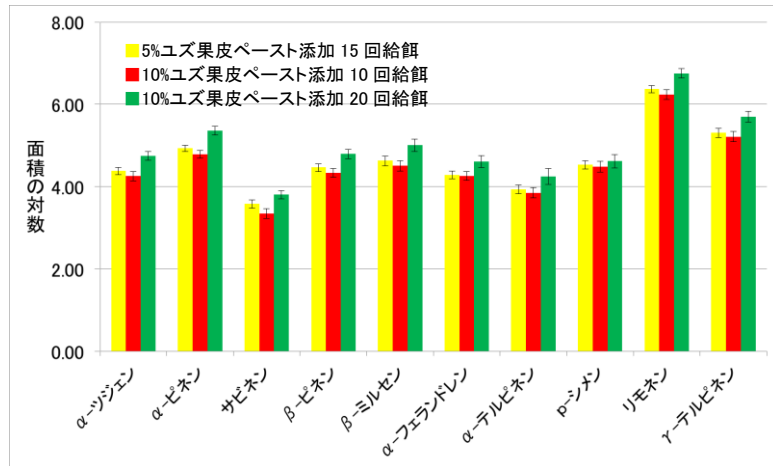


図 3-3-2. ユズ果皮添加量と給餌回数がブリへのユズ香気成分の付加に及ぼす影響

iii) マダイ飼料におけるユズ果皮の利用(屋内試験)

ブリと同様にユズ果皮ペーストを段階的に添加した結果、成長では湿重量 1450g の飼料に 50g 以上の添加で成長の阻害が認められた。しかしながら、1450g の飼料に 100g のユズ果皮ペーストの添加で血中のビタミン C 濃度の増加および肝臓の過酸化脂質生成が抑制されていた。そこで、より大型のマダイを用いて同様の検討を行ったが、マダイでは 1450g の飼料に 20g 以下の添加が成長を阻害しない上限と決定した。

④ マルソウダ煮熟水(ソウダガツオ煮汁)の養魚飼料への利用

i) 煮熟水のブリ飼料へ利用(モイストペレットへの添加)

魚粉飼料においても代替飼料においても、マルソウダ煮熟水を添加することで、成長が有意に改善された。飼料効率も大幅に改善された。改善の理由として、消化・吸収率の向上が考えられた。

ii) 煮熟水のブリ飼料へ利用(エクストルーデットペレットへの添加)

吸水性の市販飼料への添加では、乾重 1kg あたり 300mL のマルソウダ煮熟水の添加で、ブリでもマダイでも有意な成長の改善が確認できた(図 3-3-3)。ブリでは摂餌量が増加することによって成長が亢進されていると考えられ、マダイでは飼料の利用性が向上することで成長が亢進されたと考えられた。マダイではマルソウダ煮熟水の添加による窒素・リン負荷量の増

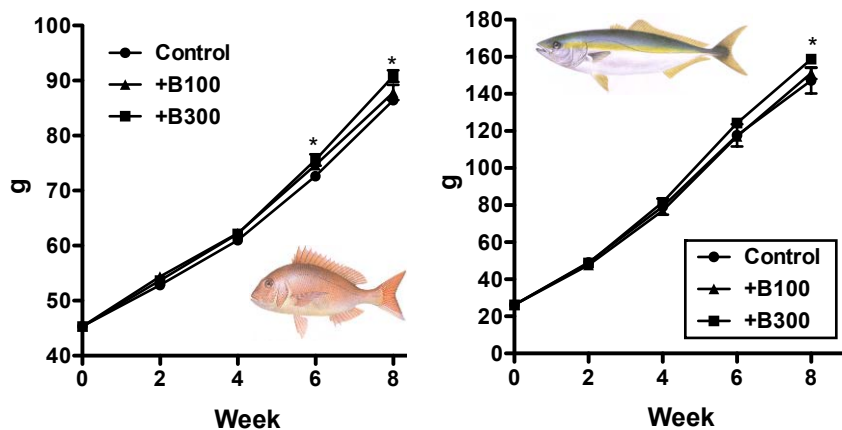


図 3-3-3. 煮熟水を添加された飼料を給餌されたマダイ稚魚とブリ稚魚の体重の推移。Control: 煮熟水添加無し、+B100: 煮熟水添加 100mL/kg 飼料、+B300: 煮熟水添加 300mL/kg 飼料。アスタリスクは対照区に対して有意な差があることを示す(P<0.05)

加は認められなかった。ブリでは、窒素負荷量の増加が認められた。マダイ・ブリともに成長の改善が確認できたが、環境負荷量の観点から本方法はマダイに利用するのが望ましいと考えられた。

### iii) 煮熟水の嗜好性原料としての利用

無魚粉飼料への嗜好性原料(オキアミまたは濃縮マルソウダ煮熟水)の添加によって摂餌量が大幅に改善された(図 3-3-4)。特に濃縮マルソウダ煮熟水の添加効果は著しく、摂餌量だけでなく成長や飼料効率も有意に改善した。それぞれの飼料における遊離アミノ酸含量と核酸関連物質を調べたところ、濃縮マルソウダ煮熟水を添加した無魚粉飼料では、それらの物質が魚粉飼料に近い値を示した。濃縮マルソウダ煮熟水は、ブリ用低魚粉(または無魚粉)飼料における嗜好性改善剤として、非常に有効であることが示された。

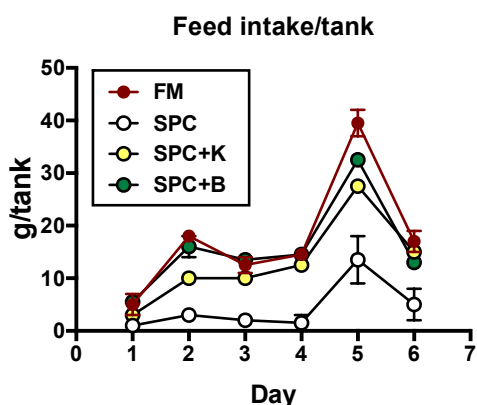


図 3-3-4.飼育水槽ごとの摂餌量の変化。全ての水槽には等重量になるようにブリ稚魚を收容。FM:魚粉飼料、SPC:大豆を主成分とした無魚粉飼料、SPC+K:SPC 飼料にオキアミ 5%を添加した飼料、SPC+B:飼料に濃縮煮熟水を添加した飼料。

### ④農業系廃棄物からの高付加価値製品創出・水再生システムの開発

いずれの pH 条件でも bmim, omim 濃度はすみやかに低下した。ただし、TOC には bmim, omim のような減少傾向は見られず、ほぼ一定で推移した。このことは bmim, omim の構造は変化してはいるが、無機化にまでは至っておらず、副生成物が蓄積していることを示唆していた。そこで LC/MS/MS による副生成物同定を行った。pH 8 条件での bmim 処理液については  $m/z=155, 156, 171$  のピークが確認された。これらは bmim に O, OH, O<sub>2</sub> が付加された場合の分子量に相当し、酸化反応が進行している証と考えられた。量子力学的解析では、bmim のイミダゾリウム環 C=C 二重結合の炭素にヒドロキシラジカルが付加する反応が最も生じやすいことが示され、LC/MS/MS 分析の結果を支持していた。

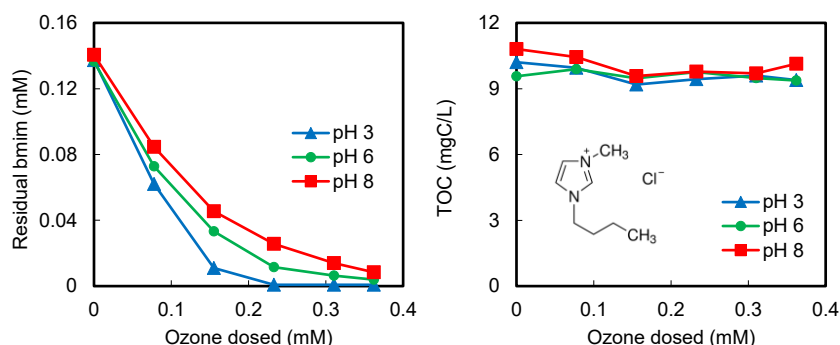


図 3-3-5 オゾン水添加量を変えた場合の bmim 残存濃度 (左) と TOC (右)

#### 4. 面的水管理・カスケード型資源循環システムの統合評価

(担当:高知大学、鳥取大学、埼玉県環境科学国際センター、国立環境研究所)【研究項目4】

##### (1) 研究のねらい

本研究で開発する「農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システム」を地域に導入する場合に、水環境保全への効果と気候変動への適応策・緩和策への貢献のバランスを適正に調整する手法を示すことを目的として、以下の研究を行う。

高知大学では、「資源創出と N<sub>2</sub>O 排出抑制を同時に実現する面的植物浄化・水再生システムの構築」で開発したクリーニングクロープ(CC)による面的植物浄化技術を高知県に適用することを想定し、その潜在的な収穫量を地理情報システムを用いたシミュレーションによって推算する。これにより、開発した技術により創出される資源量の地理的分布を明らかにするとともに、収穫されたCCから高付加価値な製品(L-乳酸等)を生産し、かつ窒素・リン等の資源を回収する処理施設の配置を検討する際の材料とすることをねらいとする。

面的汚染源の浄化および資源創出技術として、クリーニングクロープー乳酸発酵システム、ならびに、農業地域に分散して存在する家畜糞尿等の点源対策および資源再生技術として「糞尿分離型」と「糞尿混合型」の技術・システムを開発・提案している。鳥取大学では、これらのシステムが水質汚染抑制、温室効果ガス排出抑制、資源循環を同時に実現し得るかどうかを明らかにすること、また、経済的に自立して成り立つシステムであるのか、成り立つのであればその条件を明らかにすることを研究のねらいとする。また、実地域において提案システムの適用性評価を実施する際の支援として、評価に必要な資源分布等の情報を地理的データベースとして整理する手法を検討するとともに、その結果を用いて実際の農業地域における適用性を検討することで本システムの適用可能地域や実現可能性を示すことをねらいとする。

埼玉県環境科学国際センターでは、本研究で開発中の技術が、現状の処理体系に比べ、農地への窒素負荷、処分量等の環境負荷等において、どのような優位性があるかを評価するために、当開発技術と、現状の主要処理体系について環境負荷等を推計するモデルを作成する。さらに、具体的な評価事例として高知県等を対象にして、モデルの適用を行い農地への窒素負荷、処分量等の環境負荷等において、最適化の面から本研究チームでの研究技術(牛糞堆肥焼却リン回収等)の導入意義を評価する。

国立環境研究所では、高知県における産業廃棄物および畜産廃棄物等の有機性廃棄物、耕種農業、林業、食品流通等から発生するバイオマス残渣について、既存の資源化および処理処分技術と本プロジェクトで提案される新規技術を対峙させ、選択された技術システムで変化するバイオマスのマテリアルフローを物量投入産出表に導入することで、高知県全体または一部における水環境保全、温室効果ガス排出量ならびに最終処分量等の変化を定量的に表現する。また、各技術システムに対してリスク付収益性分析を行うことにより、事業としての成立条件を示す。そのために必要な情報として静脈系バイオマスの発生源・処理源、発生・処理におけるフローを明らかにするとともに、その過程における化学的組成とエネルギー使用量・環境負荷等の把握を行う。こうしたデータを統合した上でバイオマス投入産出表として示し、技術システムの導入効果の検証に供する。

##### (2) 研究実施方法

###### 1) 高知大学グループ

研究ではCCの利用過程を二つに分け、①高知県の各地域におけるCCの潜在的な収集量の算定、②CC処理施設の最適配置の検討を実施した。前者は県内のビニルハウスで栽培されたCCを地域の集荷場に収集する過程を、後者は収集されたCCをさらに処理施設に集めて付加価値製品を生産する過程を想定した。

①では以下の四つのステップで実施した。(a)インターネットによる衛星画像配信サービス(EYE-QとGoogleEarth)と地理情報システムを用いて、高知県内の全ての施設園芸用ハウスの位置とサイズをデータベース化した。(b)統計資料等を用いて作付面積や作付体系からクリーニングクロープ(CC)を導入可能な作物(トマト、キュウリ、ナス等)を選定するとともに、各作物の作付面

積を地域ごとに明らかにした。(c)農家が日々の作業で商品作物を出荷している JA の集出荷場において CC を集荷すると仮定し、JA の集出荷場の位置を選定した。同時に、道路の地理情報データを用いて各ハウスから集荷施設までの最短集荷ルートを選定した。施設園芸用ハウスでは CC の導入に適さない作物を栽培していることもあり、また、個々のハウスにおける作物を同定することは難しい。そこで(d)モンテカルロシミュレーションによる集荷施設ごとの CC 潜在集荷量の推算では、CC を導入可能なハウスを地域の作付面積に比してランダムに選定し、作付と収穫を行なうという試行を多数回実施することでその地域の平均的な収穫量を見積もった。これにより地域を代表する CC の潜在的な収穫量を求めるとともにその地域性を考察した。

②では上記の JA 集荷場のいずれかに CC 処理施設を配置することを想定し、CC を輸送する仕事量を最小化する配置を検討した。この時、CC システムの導入時には地域的な収穫量に偏りが出ることを想定し、CC の導入率を 1%~15%まで変化させた場合に処理施設の最適位置が変化するかを解析した。また、鳥取大学グループが実施した事業収益性の評価結果から、高知県で収益が見込まれる処理施設は 1 ケ所または 2 ケ所であると考えられたことから、これらの二つのケースを検討した。解析は (a)CC の導入率に基づいて各集荷施設における集荷量を計算、(b)各集荷場間の運搬距離をもとに CC 運搬時の仕事量を算出、(c)処理施設の候補地について CC を収集した際の全仕事量を算定し、最小となる施設を選択、という手順で実施した。得られた結果から、導入率による位置の変化、処理施設の数による収益性の違いを考察した。

## 2) 鳥取大学グループ

### ①資源分布状況の地理的データベース作成

実地域において分散型水・資源再生システムの評価作業を支援する技術として、実地域における資源分布状況や資源供給可能量等の地理的データベースを作成する手法を検討した。

### ②水・資源再生システムの環境負荷、事業収益性の評価

本チームが開発中の要素技術について、各研究グループからの情報提供や文献からの情報収集、推算により、各技術の投入—産出間の生産関数や費用関数、環境負荷関数などの評価関数の作成を行った。また、比較対照の既存技術、システムを対象に、新規提案システムと比較評価するために必要な評価関数等の整理、収集、作成を行った。そのうえでクリーニングクロープ(CC)あるいは家畜尿を対象としたシステムについて従来システムと比較評価する以下のシナリオ評価を行い、これらの分散型水・資源再生システムを適用した場合に提案システムが付加価値を与え、環境負荷の削減につながるための主要な条件を検討した。

i)農地からの硝酸性窒素による地下水汚染、温室効果ガス排出を抑制しつつ資源回収を実現する技術システムとして、施設園芸農地への CC の栽培とその収穫物を原料とした乳酸製造からなるシステムをとりあげ、システム全体としての窒素負荷削減効果、温室効果ガス排出量、収益性についての評価を行った。ここでは、可能と考えられる技術システム(リン・カリウムを回収する技術、リン・カリウム抽出水を再利用する技術との組み合わせによる 3 通りの技術システム)、および、クリーニングクロープ処理規模をシナリオとして評価を行った。

ii)家畜尿処理における温室効果ガス排出を抑制しつつ水質保全と資源回収を実現する技術システムとして、豚尿中の尿素態窒素の回収技術を組み込んだ畜産廃水処理システムをとりあげ、従来システムと比較した場合のシステム全体としての温室効果ガス排出量、資源回収量、収益性について評価を行った。ここでは、システム形態(分散型か集中型か)、処理規模、尿中窒素濃度、投入原料比、窒素回収率、原料および回収資源単価などをシナリオとして分析を行った。

## 3) 埼玉県環境科学国際センターグループ

【項目:カスケード型循環システムにおける要素技術の評価法・要素技術間の資源分配(フロー)システムの評価法】

### ①現状の処理体系及び CREST 開発技術の農地への窒素負荷、処分量等の環境負荷等の推計モデルの作成

文献等から物質収支・ユーティリティ等のデータ収集を行い、処理に伴うコスト・物質収支を推

計するモデルを作成した。CREST 開発技術については、当チームの研究者から物質収支・ユーティリティ等のデータ収集を行い、処理に伴うコスト・物質収支を推計するモデルを作成した。

【項目：カスケード型循環システムにおける資源分布・需要分布等の地域制約把握・データベース化／要素技術の評価法・資源源分布・需要分布等データベース化の統合化と総合評価】

②現状の処理体系における最適化

具体的な評価事例として高知県等を対象にして①によるモデルを適用し、現状の処理体系による最適化を行う。最適化時の農地への窒素負荷、処分量等の環境負荷等の試算を行う。

③CREST 開発技術を導入した処理体系における最適化

高知県を対象にして①によるモデルを適用し、現状の処理体系に CREST 開発技術(牛糞焼却後リン回収)を導入した場合について最適化を行う。最適化時の農地への窒素負荷、処分量等の環境負荷等の試算を行い、上記②のケースと比較評価する。

④最適化結果 PIOT への導入

統合評価のため PIOT への最適化結果の導入

#### 4) 国立環境研究所グループ

①バイオマスの資源化・処理処分に係る統計情報の収集および現地処理施設・排出源の調査を行い、マテリアルフロー、炭素・窒素のサブスタンスフローの作成に必要な物量データおよび化学組成データを得た。温室効果ガスの排出、エネルギー消費等の算定に資する運転情報も収集した。②バイオマスの排出・資源化・処理処分に係る業種を対象とした投入産出表を整備した。高知県をバウンダリとし、県外との物量のやりとりについては移入・移出として各業種に計上した。農地および水環境への負荷(算出)の算定を可能にするため、天水その他自然水の投入、バイオマス増加分、ならびに河川放流・水蒸気排出等について投入産出表に計上した。家庭部門は中間需要・廃棄物発生・活用セクターに、廃棄物最終処分部門は中間需要・廃棄物処理セクターに含めるとともに、水圏および気圏への環境負荷を最終需要に含めた。③他グループにより最適化されたクリーニングクロープー乳酸製造システムならびに牛糞焼却後リン回収システムのバイオマスフローをバイオマス投入産出表に導入し、導入前後の環境負荷の変化を評価した。④技術システムの収益性分析については、すべての事業要因について最悪ケース、標準ケース、最良ケースの3つの数値を設定し、それぞれのケースが生じる確率を与え、収益性をすべての事業要因について総合することで、全体の収益性を確率分布として表現した。採算性への影響が大きい事業要因の順に列挙し採算性の幅を表現すること(トルネードチャート)で、収益性向上に影響する事業要因の抽出・選定を行った。

### (3) 研究成果

#### 1) 高知大学グループ

①高知県の各地域における CC の潜在的な収集量の算定

作製した施設園芸用ハウス、クリーニングクロープ(CC)集荷施設のデータベースとそれらを結ぶ集荷ルートを図 3-4-1 に示す。県中央部、太平洋岸の平野部にハウスが集中していることが分かる。この地域は、ナスやキュウリ、トマトなどの産地である。一方、県の内陸部では山間地に小数のハウスが点在しており、集荷距離も長くなっている。集荷施設毎の CC 集荷量を図 3-4-2 に示す。集荷量が最大の集荷場では湿重量で 9000 トンを超える量が集荷可能である。集荷量は県東部で多く、次に県中央西部となった。前者はナスによる、後者はキュウリによる寄与が大きい。県全体では約 68000 トン(乾重量で 6400 トン)の CC が利用可能と見積もられた。加えて、ハウスが県の中央部に集中していることから、CC 全体の 70%が 73 ヶ所中 15 ヶ所の集荷施設で収集できることが示された。



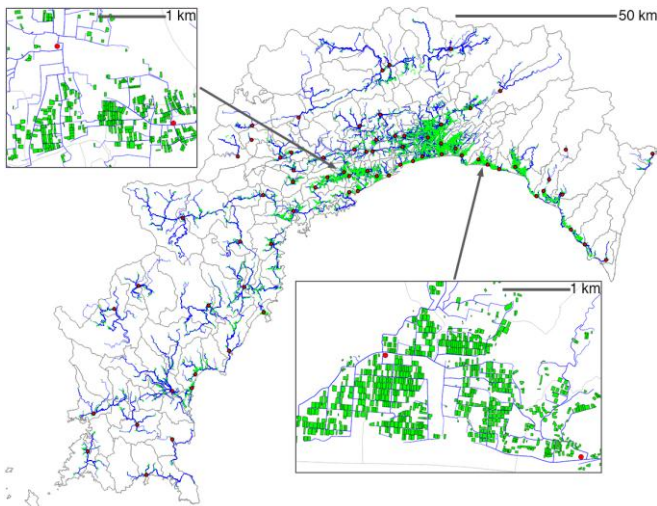


図 3-4-1 高知県内の施設園芸用ハウス(緑)、クリーニングクロープ集荷施設(赤)と集荷ルート(青)

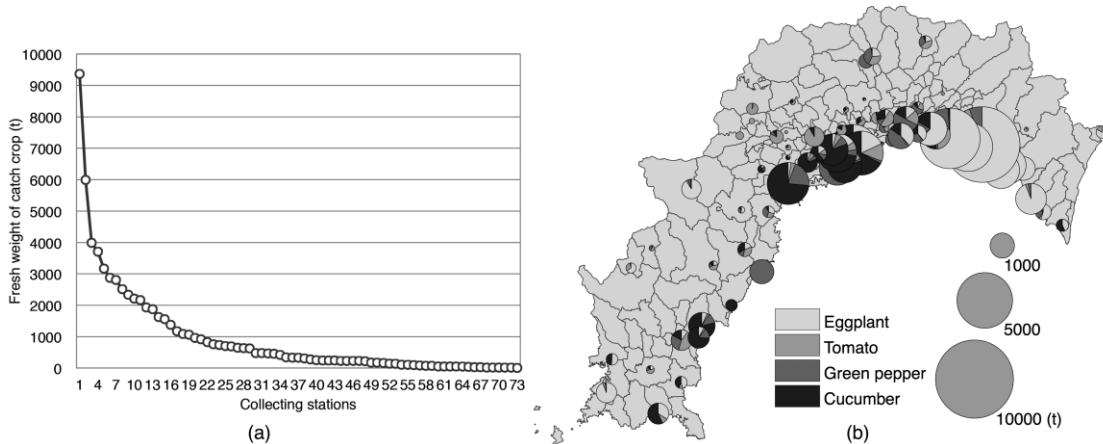


図 3-4-2 集荷施設毎のクリーニングクロープ集荷量(a)とその地理的な分布(b)

## ②CC 処理施設の最適配置の検討

CC の導入率を 1%から 15%まで変化させた際の、CC 処理施設の最適位置を図 3-4-3 に示す。処理施設を 1ヶ所とした場合、低い導入率では県中央の東部の集荷場 12 に処理施設を設置するのが効率的である。しかし導入率が高くなるにつれて県中央部の集荷場 23 が有利となる。これは導入率が上がるにつれて県西部からの運搬量が増加するからである。処理施設を 2ヶ所とした場合は、導入率の低い段階から集荷場 9 と 42 が最適位置となり、その後の変化は見られない。それぞれが施設園芸の盛んな地域のほぼ中央に位置することから、位置の大きな変化は起こらないと考えられる。2つのケースについて、1位の位置と2位、3位の施設の仕事量の違いを比較したところ、処理施設 1ヶ所の場合では施設 23 に対して 14 と 12 の仕事量はともに約 101.5%、2ヶ所の場合ではともに 103%であり、2位、3位の施設を利用した場合の仕事量の増加はそれぞれ 1.5%と 3%程度であった。処理施設 2ヶ所の場合について、それぞれに集荷される CC の量を比較したところ、ほぼ同じ量の CC を収集していた。これは同じ規模の処理施設を両方に適用できるという点で、経済的・技術的に有利であると考えられる。また「社会的便益を含まない場合の収支差が年 7 千万円となる CC 栽培面積は年間 100ha(鳥取大学グループの解析結果、後述)」であり、これを達成する CC の導入率は、処理施設 1ヶ所の場合は約 8%、2ヶ所の場合は 16%であることが明らかとなった。

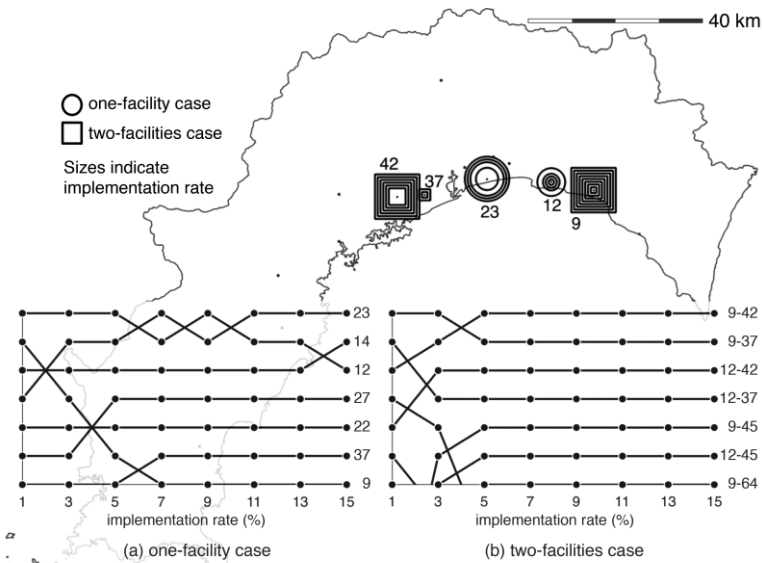


図 3-4-3 CC 導入率の変化にもなう処理施設の最適位置のランキングと位置の変化(○:1 ケ所の場合、□:2 ケ所の場合)

## 2) 鳥取大学グループ

①GIS と小地域統計を用いた資源再生システムの評価に利用する供給資源量シナリオを作成する手法の提案、ならびに高知県下を対象にした畜産排泄物・農作物残渣の地理的データベースの作成

畜産排泄物については、市町村および都道府県レベルの畜産統計と農業分野の小地域統計である農業集落カードとを組み合わせ、3 次メッシュ単位 (1km<sup>2</sup>) で賦存量の推計を行った。さらにその結果に基づき 3 次メッシュ中心点からの距離別・畜種別に糞尿量を集計し、クラスター分析にかけることによって地域別の供給可能量の類型化を行った。結果の一例を図 3-4-4 に示す。

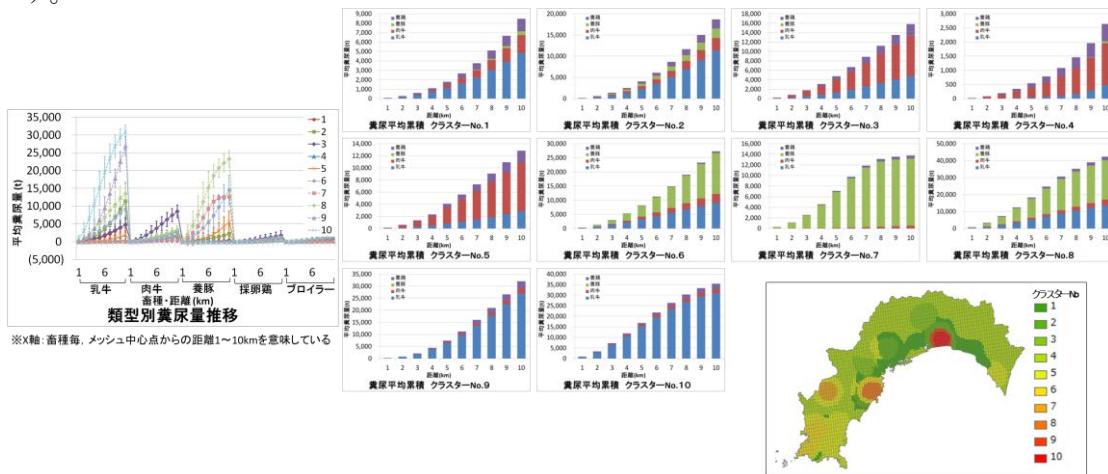


図 3-4-4 メッシュ中心点からの畜種別糞尿供給可能量データベースを用いた地域分類

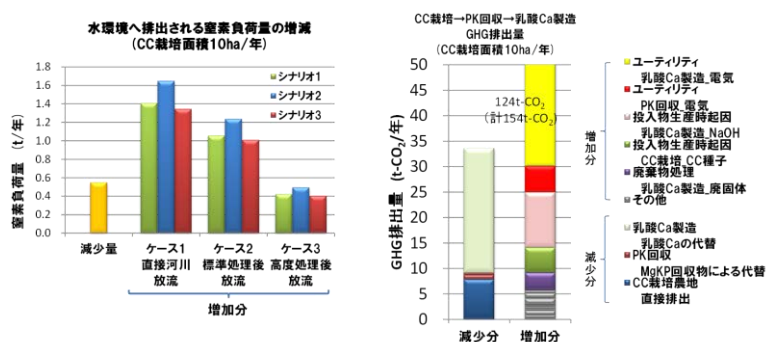
②クリーニングクロープ栽培ー乳酸製造システムを導入した場合の環境負荷、経済性

i)農地においてクリーニングクロープにより除去された窒素負荷の大部分は、乳酸製造工程の廃水として排出される。乳酸発酵段階において栄養源を添加することにより、いずれの技術シナリオにおいても農地から地下水へ浸透する窒素負荷の減少量以上の量が製造工程からの廃水として排出されるが、廃水に対して高度処理と同程度の処理を行うことでシステム全体から水環



境への窒素排出量を削減できる。制御困難な面的汚染が制御可能な点源汚染に変換されることとなり、高度処理を介することで水環境への負荷量の削減につながることを示した(図 3-4-5)。

ii) 全ての技術オプション、処理規模において、温室効果ガス排出量は、クリーニングクロープ栽培や市場の乳酸代替において削減される効果より、本システム導入により増加する方が大きいと評価された。その主な原因は電気起因(乳酸発酵の加温エネルギー)であり、他のプロセスの余熱や自然エネルギーを用いること、および加温を必要とする製造プロセスを改善することによって、本システムを温室効果ガス排出量の削減技術として位置づける可能性が示唆された(図 3-4-5)。



- 面源汚染がCCにより対策可能な点源に変換され、乳酸製造後の廃水を高度処理することで環境への排出量は減少する。
- GHG排出量に関しては、乳酸製造・PK回収時の電力削減が重要

図 3-4-5 クリーニングクロープー乳酸製造システムの環境負荷

iii) 人件費などの固定費用を除いた費用を積み上げて、本システムにおける乳酸カルシウム製造原価を求めた。また、算定が困難であった輸送費、建設・修繕費を除いて、3つの技術オプション(1:リン・カリウム回収前のクリーニングクロープ抽出液を後段の乳酸発酵の栄養源に用いるシナリオ、2:リン・カリウム回収物を最大限得るシナリオ(抽出液の後段利用はなく、酵母エキス等の栄養源が必要)、3:リン・カリウム回収を行わず直接クリーニングクロープから乳酸発酵をするシナリオ(栄養塩の添加は必要))の収益性を評価した結果、リン・カリウム回収工程において栄養塩を抽出し乳酸発酵工程で利用するシナリオが比較的有利とわかった。販売単価が製造原価を大きく上回る結果を示したことから、輸送費、建設・修繕費などの費用をいれたとしても、栽培と処理の規模を大きくとれば、収益をもたらす可能性のあるシステムであることを示した。また、その損益分岐点を試算した結果、最も有利な技術シナリオの損益分岐点は年間 105tDW以上の処理規模、クリーニングクロープの栽培面積に換算すると年間 18ha 以上の栽培規模にあることがわかった(表 3-4-1)。

さらに、最も有利な技術シナリオに地下水の硝酸性窒素除去による社会的便益を加え、輸送費、建設・修繕費を除いた処理規模別の収益を示した(図 3-4-6)。社会的便益分を補助金等で収入にすることができれば、収益は大幅に改善し、損益分岐規模がより小規模なところにシフトする。年間 100ha の栽培面積であれば、社会的便益を含まない場合の収支差は年 7 千万円程度であった。この規模の場合、1/2 補助、減価償却 10 年、初期投資 5~6 億円程度の設備投資の範囲であれば利益が見込まれ、自立的に事業が成立する可能性があることを示唆する結果となった。

表 3-4-1 各技術シナリオの損益分岐点

各技術シナリオの損益分岐点			
年間の量	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
CC栽培面積 (ha/年)	18.0	24.6	22.7
CC量 (t Dry/年)	105	143	131
CC量 (t Wet/年)	920	1,255	1,156

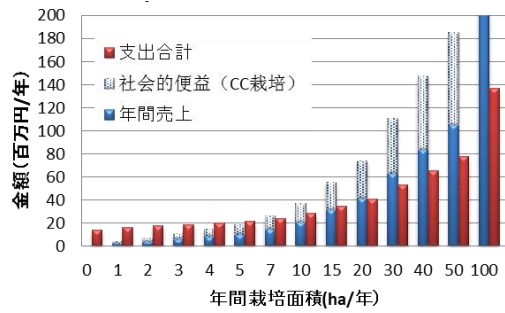


図 3-4-6 最も有利な技術シナリオの損益グラフ (一部固定費は含まれていない)

3) 埼玉県環境科学国際センター

現状の処理体系および CREST 開発技術の農地への窒素負荷、処分量等の環境負荷等の推計モデルを作成した。モデルは大きくバイオマス処理にともなう物質収支・費用を推計するモデルとバイオマス処理からのコンポスト等の産出を含めた農地窒素収支を推計するモデルから構成されている(図 4-4-7)。処理系・輸送のモデルでは、表 3-4-2 左欄のバイオマスと表上欄の処理法の組み合わせについて示している。この組み合わせはバイオマスの代表的(普及している)と考えられる処理であり、当研究グループで開発検討中の技術(牛糞堆肥化・焼却リン回収処理)の導入前の対照として設定した処理系である。これら処理系について、表 3-4-3 に示したような収支式を文献等から構築した。同時に、建設費固定費と流動費についての推測式を設定し、各処理に伴う物質収支とコスト推計を出力可能とした。一方、農地窒素収支のモデルについては、三島らの研究(2009)等をベースに、INPUT としては化学肥料・コンポスト(未利用含)・液肥等肥料、灌漑水・雨水・窒

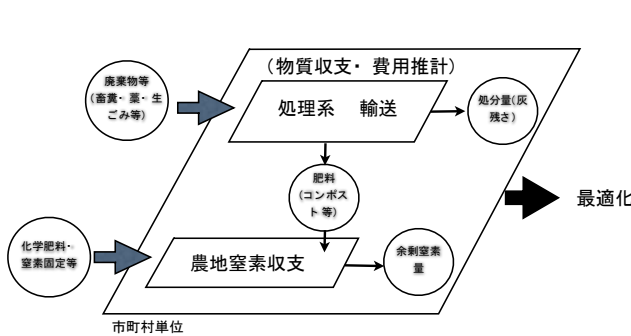


図 3-4-7 バイオマス処理に伴う物質収支・費用等の推計モデルの概要

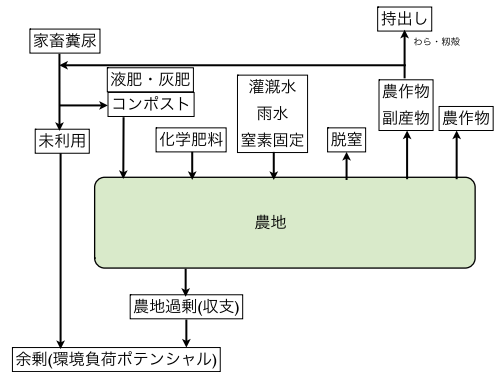


図 3-4-8 農地窒素収支のスキーム

表3-4-2 バイオマスと処理の組合せ

バイオマス	コンポスト化	焼却(灰肥)	貯留(液肥)	汚水処理	すき込み	焼却(処分)
乳用牛糞尿	○		○			
肉用牛糞尿	○					
豚糞尿	○			○		
鶏糞	○	○				
わら	○	○			○	
籾殻	○	○				
おが屑	○				○	○
動植物性残さ・厨芥・下水汚泥	○					○

表 3-4-3 処理系における物質収支推計式

	処理法	素材	湿重	窒素
IN		バイオマス	X	$X(1-W)N$
OUT	コンポスト化	コンポスト	$OUT_{cmp}(X) = X(1-W)(1-(1-A)D)/(1-W_{cmp})$	$OUT_{cmp}[n](X) = X(1-W)N(1-Rne)$
	焼却	灰	$OUT_{ash}(X) = X(1-W)(1-(1-A)Rf)$ (eq. 2)	$OUT_{ash}[n](X) = X(1-W)N(1-Rf)$
	貯留	液肥	$OUT_{lqf}(X) = X(1-W)(1-(1-A)Rn)$ (eq. 3)	$OUT_{lqf}[n](X) = X(1-W)N(1-Rn)$
	汚水処理	汚泥	$OUT_{st}(X) = X(1-W)Dres(1+Wres)/(1-Wres)$	$OUT_{st}[n](X) = X(1-W)NRmvm(1-Dgn)$

X: 処理量 (ton), W: 水分 (-), A: 灰分 (-), N: 窒素濃度 (-), W<sub>cmp</sub>: 堆肥水分 (-), D: 有機物分解率 (-), Rne: 窒素揮散率(-), Rf: 有機物の燃焼率(-), Rn: 窒素揮散率(-), Dres: 汚泥生成率(-), 1-Dgn: 汚泥への残存率(-), and Rmvm: 窒素除去率 (-)

素固定由来の窒素を計上し、OUTPUT としては脱窒・農産物・副産物を計上し、その差分を環境負荷ポテンシャルとする窒素余剰として出力可能とした。これら因子のうち、コンポスト・液肥・灰肥・副産物の農地還元(鋤き込み)については最適化計算から算定される。

表 3-4-4 は、当モデルを用いて既存の主な処理体系におけるコスト最適化を行った場合の窒素マスフローの試算結果の一例を整理したものである。図 3-4-8 における計算は平成 19 年の高知県を対象に行ったもので、バイオマス発生量推計および処理の最適化は市町村単位で行っており、県合計として集計して整理したものである。行は上から排出、処理産物、産業、自然の 4 区分して示してある。排出は農地由来及び処理後農地に投入される可能性がある主なバイオマス・廃棄物種類が項目として示されている。各々について、発生/生産の欄には、その発生量、市町村間輸送についてはその輸送量、処理については各処理への投入量が最適化の結果として示されている。最適化はこの輸送量、処理について行ったものである。行の処理産物には、投入結果の処理産物が示されている。ガス等の発生量は省いた。これらの処理産物が肥料等として農地投入される。堆肥窒素分のうち一部は余剰堆肥として、農地由来の窒素余剰とともに環境負荷要因として推定される。主な窒素投入因子は、化学肥料と堆肥と推計された。

#### 4) 国立環境研究所グループ

高知県におけるバイオマス投入産出表を表 3-4-5 に示す。湿重量ベースでの県内投入量として 3 億 7600 万トン、県外からの移入量として 78 万トンのバイオマスが年間で投入されていることが示された。バイオマス投入量のうち自然由来のものが大半を占めており、自然水が 3 億 7500 万トン、バイオマス増加分が 88 万トンと計上された。中間需要としては、廃棄物の発生・活用セクターにおいて 10 万トン、廃棄物処理セクターにおいて 20 万トンの投入量が計上された。最終需要としては、55 万トンが県内にストックされ、3 億 7500 万トンが水圏、36 万トンが気圏への排出として計上された。うち、炭素分の産出量については、廃棄物の発生・活用セクターにおいて 24 万トン、廃棄物処理セクターにおいて 6 万 3000 トン、最終需要としては、12 万トンが県内にストックされ、1 万 3000 トンが水圏、5 万トンが気圏(主に二酸化炭素として)への排出として計上された。また、窒素分の産出量については、廃棄物の発生・活用セクターにおいて 8600 トン、廃棄物処理セクターにおいて 3300 トン、最終需要としては、3000 トンが県内にストックされ、5500 トンが水圏、3400 トンが気圏(主に焼却由来の窒素酸化物として)への排出として計上された。

投入産出表で統合された結果から、高知県内のバイオマスの物質フローにおいて、農業分野が占める割合(最終需要量ベース)は、物量で 65%、炭素で 44%、窒素で 58%にのぼることが示された。農業分野の物量フローのうち 99%以上が最終需要としての排水であったが、炭素フローは、すきこみによる農地還元が 67%、農作物製品としての家庭消費と県外移出をあわせて 22%にのぼり、窒素フローは農作物としての家庭消費と県外移出をあわせて 48%、すきこみとしての農地還元が 32%と計上された。

これまで蓄積・堆積していた窒素について、クリーニングクロープー乳酸製造システムの導入により 2%、牛糞焼却後リン回収システムの導入では 12%が削減された。

本プロジェクトで提案される静脈系バイオマス利用技術のうち、ユズ果皮養殖利用事業についてリスク付き収益性分析を行った。ユズ果皮養殖利用事業については、飼料向け添加物としての需要が確保されれば事業性が期待できる手堅い事業であることが示された。

表 3-4-4 高知県におけるバイオマスの投入産出表(2007 年)

Wet Weight Table (1000tons/year)		Intermediate Demand										Final Demand						
		Generation and Utilization					Recycling and Treatment					Subtotal	Deposit and Stock	Emissions	Emigration	Subtotal	Ingression	Total
Category	Agriculture, Forestry and Fisheries	Manufacturing	Construction	Waterworks	Household and Commerce	Wastewater Treatment	Feed and Fertilizer	Cement and Construction Materials	Treatment	Landfill	Subtotal							
Intermediate Supply and Utilization	Generation and Utilization	(34307)	(287566)	(0)	(0)	(87147)	(0)	(136143)	(47900)	(6435)	(0)	0	401	246855	265	247521	104	247417
	Manufacturing	(52193)	(41000)	(39620)	(0)	(177148)	(0)	(39596)	(68020)	(0)	(6819)	7	1	24613	75	24689	168	24528
	Construction	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(19126)	(1942)	(2841)	3	41	0	0	44	3	44
	Waterworks	(826148)	(592290)	(0)	(0)	(92230331)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	0	0	0	0	0	0	0
	Household and Commerce	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(3331907)	(5800)	(594710)	(218148)	(0)	0	69	62876	0	62945	497	62448
	Wastewater Treatment	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(163860)	(0)	(0)	0	0	3701	0	3701	0	3701
	Feed and Fertilizer	(121677)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(2)	(0)	(0)	122	0	71	0	71	2	190
	Cement and Construction Materials	(24714)	(614)	(6384)	(0)	(0)	(208)	(8592)	(16752)	(12027)	(21752)	53	1	3093	21	3115	0	3168
	Treatment	(1400)	(0)	(15637)	(0)	(0)	(0)	(0)	(2435)	(0)	(7516)	25	0	212	0	212	0	236
	Landfill	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	0	33	198	0	231	0	231
Subtotal	148	1	22	0	0	0	0	0	0	0	99	209	546	375617	362	376525	775	375960
Natural Input	Natural Water	246907	24617	0	0	96314	4552	0	2293	0	192	0	0	0	0	0	0	374875
	Biomass Production	875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	875
	Subtotal	247782	24617	0	0	96314	4552	0	2293	0	192	0	0	0	0	0	0	375750
Total	247930	24617	22	0	96314	4552	0	2293	0	231	375960	0	0	0	0	0	0	375960

## §4. 成果発表等

### 1. 原著論文発表 (国内(和文)誌 13 件、国際(欧文)誌 30 件)

1. 深田陽久, 河相光太郎, 田所大二, 森岡克司, 益本俊郎, マルソウダ加工の際に廃棄される煮熱水のブリ幼魚飼料への添加効果, 日本水産学会誌, **76**(6), 1035-1042, 2010.
2. 井上賢大, 近藤圭介, 藤原 拓, 前田守弘, 高岡昌輝, 大年邦雄, 山根信三, 永禮英明, 赤尾聡史, クリーニングクロープ栽培と湛水の組み合わせによるハウス土壌集積塩類の除去特性, 環境工学研究論文集, **47**, 273-279, 2010.

3. 永禮英明, 井上司, 藤原拓, 赤尾聡史, 前田守弘, 山根信三, トウモロコシからのリン抽出方法の検討, *環境工学研究論文集*, **47**, 459-464, 2010.
4. 牛島健, 吉川宙希, A.P. HUELGAS, 伊藤竜生, 船水尚行, 生活雑排水のオンサイト処理を想定した間欠流入条件下における MBR の処理性能, *環境工学研究論文集*, **47**, 719-726, 2010.
5. Shuji Fukahori, Ta Fujiwara, Ryusei Ito, Naoyuki Funamizu, pH-Dependent adsorption of sulfa drugs on high silica zeolite: modeling and kinetic study, *Desalination*, **275**, 237-242, 2011.
6. Ichiura H., Nakatani T., and Ohtani H., Separation of pulp and inorganic materials from paper sludge using ionic liquid and centrifugation, *Chemical Engineering Journal*, **173**, 129-134, 2011.
7. 永禮英明, 藤原拓, 赤尾聡史, 前田守弘, 山根信三, 回収・再資源化を目的としたバイオマスからの元素抽出, *土木学会論文集 G(環境)*, **67(7)**, III\_461-III\_466, 2011.
8. 前田光太郎, 赤尾聡史, 細井由彦, 永禮英明, 前田守弘, 藤原拓, ソフトバイオマスを原料とした酵素糖化における各種前処理の糖化効率比較, *土木学会論文集 G(環境)*, **67(7)**, III\_433-III\_440, 2011.
9. 前田守弘, 浅野裕一, 兵藤不二夫, 中島泰弘, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史, 笠岡湾干拓地における水質汚濁現状と安定同位体自然存在比を用いた汚濁機構解析, *土木学会論文集 G(環境)*, **67(7)**, III\_213-III\_221, 2011.
10. Yasutake, D., Kimura, C., Kondo, K., Inoue, K., Mori, M., Yamane, S., Maeda, M., Nagare, H., Fujiwara, T., Analyzing evapotranspiration components and crop coefficients for catch crop field with small area at different plant densities in a greenhouse, *Environment Control in Biology*, **49**, 217-225, 2011.
11. 深田陽久, 古谷尚大, 益本俊郎, ユズ果皮ペースト添加飼料を給与したブリ幼魚における血合筋の褐変抑制, *水産増殖(短報)*, **60(1)**, 135-137, 2012.
12. 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.
13. Fujiwara, T., 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, 2012.
14. Fukahori, S., Fujiwara, T., Ito, R., Funamizu, N., Photocatalytic decomposition of crotamiton over aqueous TiO<sub>2</sub> suspensions, determination of intermediates and the reaction pathway, *Chemosphere*, **89(3)**, 213-220, 2012.
15. Oshita, K., Sun, X., Taniguchi, M., Takaoka, M., Matsukawa, K., Fujiwara, T., Emission of Greenhouse Gases from Controlled Incineration of Cattle Manure, *Environmental Technology*, **33(13)**, 1539-1544, 2012.
16. Akao, S., Maeda, K., Nakatani, S., Hosoi, Y., Nagare, H., Maeda, M., & Fujiwara, T., Comparison of Simultaneous and Separate Processes, Saccharification and Thermophilic L-Lactate Fermentation of Catch Crop and Aquatic Plant Biomass, *Environmental Technology*, **33(13)**, 1523-1529, 2012.
17. Nagare, H., Fujiwara, T., Inoue, T., Akao, S., Inoue, K., Maeda, M., Yamane, S., Takaoka, M., Oshita, K., Sun, X., Nutrient Recovery from Biomass Cultivated as Catch Crop for Removing Accumulated Fertilizer in Farm Soil, *Water Science and Technology*, **66(5)**, 1110-1116, 2012.
18. 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, クリーニングクローブ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, 2012.
19. 長谷隆仁, 渡辺洋一, 河村清史, 家畜排泄物堆肥化における副資材調達の需給構造とその最適化についてのモデル解析, *環境情報科学学術研究論文集*, **(26)**, 195-200, 2012.

20. 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.
21. Fukahori, S., Fujiwara, T., Funamizu, N., Matsukawa, K., Ito, R., Adsorptive removal of sulfonamide antibiotics in livestock urine using the high-silica zeolite HSZ-385, *Water Science and Technology*, **67(2)**, 319-325, 2013.
22. Ushijima, K., Ito, K., Ito, R., Funamizu, N., Greywater treatment by slanted soil system, *Ecological Engineering*, **50**, 62-68, 2013.
23. Ichiura H., and Kaneda Y., Direct preparation of gelatin microcapsules on paper surface using simple coacervation technique, *Journal of Applied Polymer Science*, **129(4)**, 2139-2144, 2013.
24. Fukada, H., Furutani, T., Shimizu, R., Masumoto, T., 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*, **23(5)**, 511-521, 2013.
25. Ito, R., Takahashi, E., Funamizu, N., Production of slow-released nitrogen fertilizer from urine, *Environmental Technology*, **34(20)**, 2809-2815, 2013.
26. Akao, S., Maeda, K., Hosoi, Y., Nagare, H., Maeda, M., Fujiwara, T., Cascade utilization of water chestnut: recovery of phenolics, phosphorus, and sugars, *Environmental Science and Pollution Research*, **20(8)**, 5373-5378, 2013.
27. Tsutsui, H., Fujiwara, T., Matsukawa, K., Funamizu, N., Nitrous oxide emission mechanisms during intermittently aerated composting of Cattle manure, *Bioresource Technology*, **141**, 205-211, 2013.
28. Kondo, K., Inoue, K., Fujiwara, T., Yamane, S., Yasutake, D., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., and Ohtoshi, K., Seasonal Changes in the Performance of a Catch Crop for Mitigating Diffuse Agricultural Pollution, *Water Science and Technology*, **68(4)**, 776-782, 2013.
29. Akao, S., Hosoi, Y., Fujiwara, T., Utilization of water chestnut for reclamation of water environment and control of cyanobacterial blooms, *Environmental Science and Pollution Research*, **21(3)**, 2249-2255, 2013.
30. 牛島 健, 田中絵梨奈, 土方野分, 伊藤竜生, 船水尚行, アフリカサヘル地域での使用を想定した傾斜土槽システムによる生活雑排水の処理, *土木学会論文集*, **69(7)**, pp.III\_83-III\_89, 2013.
31. 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*, **245**, 17-23, 2014.
32. Fukahori, S., Fujiwara, T., Modeling of Sulfonamide Antibiotic Removal by TiO<sub>2</sub>/High-Silica Zeolite HSZ-385 Composite, *Journal of Hazardous Materials*, **272**, 1-9, 2014.
33. Yasutake, D., Kiyokawa, C., Kondo, K., Nomiya, R., Kitano, M., Mori, M., Yamane, S., Maeda, M., Nagare, H., Fujiwara, T., Characteristics of Nutrient Salt Uptake Associated with Water Use of Corn as a Catch Crop at Different Plant Densities in a Greenhouse, *Pedosphere*, **24(3)**, 339-348, 2014.
34. 深田陽久, 松浦拓人, 高橋紀行, 益本俊郎, ユズ果皮ペーストを添加したブリ飼料による成長への影響と血合筋の褐変および脂質過酸化の抑制効果の確認, *日本水産学会誌*, **80**, 769-775, 2014.
35. 増田貴則, 松岡真如, 山田正人, 長谷隆仁, 赤尾聡史, 永禮英明, 藤原拓, クリーニングクロープー乳酸発酵システムの環境負荷量および収益性の評価, *土木学会論文集 G(環境)*, **70(7)**, III\_483-III\_491, 2014.
36. Yasutake, D., Awata, K., Kondo, K., Yamane, S., Matsuoka, M., Maeda, M.,

- Nagare, H., Nomiya, R., Sago Y., Kitano, M., & Fujiwara, T., Advantages of pre-harvest temporal flooding in a catch crop field in relation to soil moisture and nutrient salt removal by root uptake, *Biologia*, **69(11)**, 1577-1584, 2014.
37. Inoue, D., Sawada, K., Shikama, S., Sei, K., Fujiwara, T., RNA recovery method suitable for analysis of microbial communities in cattle manure composting samples, *Japanese Journal of Water Treatment Biology*, **51(1)**, 1-9, 2015.
38. Akao, S., Nagare, H., Maeda, M., Kondo, K. and Fujiwara, T., Combined use of sugars and nutrients derived from young maize plants for thermophilic L-lactic acid fermentation, *Industrial Crops and Products*, **69**, 440-446, 2015.
39. Tsutsui, H., Fujiwara, T., Inoue, D., Ito, R., Matsukawa, K., and Funamizu, N., Relationship between respiratory quotient, nitrification, and nitrous oxide emissions in a forced aerated composting process. *Waste Management*, (in press)
40. Matsuoka M., Nagare H., Fujiwara T., Simulation of the Collection of Catch Crops for the Recovery of Agricultural Resources using Geographic and Statistical Data, *Transactions in GIS*, (accepted)
41. Fukahori, S., Fujiwara, T., Photocatalytic decomposition behavior and reaction pathway of sulfamethazine antibiotic using TiO<sub>2</sub>, *Journal of Environmental Management*, (accepted)
42. Fukahori, S., Fujiwara, T., Ito, R., Funamizu, N., Sulfonamide antibiotic removal and nitrogen recovery from synthetic urine by the combination of rotating advanced oxidation contactor and methylene urea synthesis process, *Water Science and Technology*, (accepted)
43. Akao, S., Nagare, H., Maeda, M., Kondo, K., Fujiwara, T., Non-sterile simultaneous saccharification and fermentation of corn leaves and stalks to L-lactic acid without external nutrient addition, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, (accepted)

## 2. その他の著作物(総説、書籍など)

1. 市浦英明, 中谷拓弘, 製紙スラッジの有用資源化と今後の新展開, ケミカルエンジニアリング, **55**, 481-487, 2010.
2. 市浦英明, 界面重合反応を活用した新しい機能紙調製法, コンバーテック, **39(1)**, 112-115, 2010.
3. 市浦英明, イオン液体を活用した製紙スラッジ再資源化技術について, 四国紙パ研技術ニュース, **36**, 13-21, 2010.
4. 藤原拓, 永禮英明, 前田守弘, 赤尾聡史, クリーニングクローブによるハウス土壌の面的浄化と収穫物資源化, シーエムシー出版, 21-30, 2011.
5. 藤原拓, 深堀秀史, 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提案, 化学工学, **75(12)**, 795-797, 2011.
6. 深田陽久, ブリ飼料へのユズ果汁とユズ果皮の添加効果, 月刊養殖, 2011年10月号, **609**, 54-57, 2011.
7. AKAO, S., Non-sterile Thermophilic L-lactic Acid Fermentation of Food Waste, *journal of the Environment*, **9(1)**, 7-13, 2012.
8. 市浦英明, 農工業系廃棄物を活用した機能材料創出, 四国紙パ研技術ニュース, **38**, 11-19, 2012.
9. 深堀秀史, 藤原拓, 酸化チタン/高シリカ型ゼオライト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, エヌ・ティー・エス, 183-193, 2013.
10. 深堀秀史, 藤原拓, 伊藤美早紀, 抄紙技術による酸化チタン/高シリカ型ゼオライト複合シート調製の調製と水質浄化への適用, 四国紙パ研技術ニュース, **39(1-2)**, 23-31, 2014.
11. 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～, 再生と利用, **38(145)**, 6-11, 2014.



### 3. 国際学会発表及び主要な国内学会発表

#### (1) 招待講演 (国内会議 19 件、国際会議 8 件)

1. Funamizu N., International Research Collaboration Project on water and sanitation system based on the concept: “Don’t mix” and “Don’t collect” wastewater. Special lecture in 2iE at Burkina Faso, October 2009, Burkina Faso.
2. Funamizu N., Japan’s Role in International Development Cooperation for Water Management, Sustainability Weeks 2009 Opening Symposium International Symposium on Sustainable Development -Recommendations for Tackling the 5 Challenges of Global Sustainability-, November 2<sup>nd</sup>, 2009.
3. Funamizu N., Current Status of Wastewater Technologies for Small Communities in Japan, International Conference on Sustainable Water infrastructure for Cities and Villages of the Future (SWIF2009), November, 2009, Beijing, China (Keynote).
4. 船水尚行, 日本の水技術を活かす国際開発協力のあり方”, 北海道大学-JICA 共同シンポジウム, 安全な水を世界の人々に届けるための国際協力のあり方～日本の水技術を活用する方策～, 2009 年 12 月 11 日. (keynote).
5. Takaoka, T., Oshita, k., Sun, X., Matsukawa, K., Fujiwara, T., Phosphorus Material Flow and its Recovery from Wastewater and Solid Waste, UNEP-DTIE-IETC, Regional Workshop on Waste Agricultural Biomass, at Global Environment Centre Foundation in Osaka, 2010.3.2-5.
6. 前田守弘, 畑地における窒素環境負荷と有機物管理, クレスト「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, 北見工業大学, 2010 年 3 月 9 日.
7. Funamizu N., Composting Toilets and sanitation research in Hokkaido University, Invited Lecture at TAMK, Finland, March, 15<sup>th</sup>, 2010.
8. 前田守弘, 畑作と地下水, 第 19 回日本水環境学会市民セミナー「食糧と水—私たちが生きていくために—」, 大阪市, 2010 年 8 月 27 日.
9. 市浦英明, ヘルスケアに向けた紙・不織布・フィルムなどのシート状素材の機能化とその可能性, 第 2 回メディショナルナノテク研究会, 大阪市, 2010 年 9 月 2 日.
10. 深田陽久, 未利用農林水産物を利用した養殖魚用飼料の改善, 平成 22 年度第 3 回環境工学委員会研究ワークショップ「廃棄バイオマス再資源化の最前線」, (社)土木学会環境工学委員会, 高知市, 2010 年 10 月 5 日.
11. 市浦英明, イオン液体を活用した製紙スラッジ再資源化技術の開発, 平成 22 年度第 3 回環境工学委員会研究ワークショップ「廃棄バイオマス再資源化の最前線」, (社)土木学会環境工学委員会, 高知市, 2010 年 10 月 5 日.
12. 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提案, 第 47 回環境工学研究フォーラム企画セッション「地球温暖化を考慮した水環境管理の現状と展望」, 高知市, 2010 年 11 月 13 日.
13. 前田守弘, 畑地における有機物施用と窒素環境負荷, 第 28 回土・水研究会「温暖化緩和策と土・水圏の物質循環研究の接点」, つくば市, 2011 年 2 月 23 日.
14. 前田守弘, 有機物施用畑における窒素循環と硝酸性窒素の溶脱, 日本土壤肥料学会 2011 年度つくば大会シンポジウム—家畜排せつ物の利活用と水質問題から考える有機物管理の次世代パラダイム—, 日本土壤肥料学会, つくば市, 2011 年 8 月 10 日.
15. 市浦英明, 匂いをキーワードとするインテリジェント機能紙の開発, 第 50 回機能紙研究発表・講演会, 高知市, 2011 年 10 月 27 日.
16. 市浦英明, 農工業系廃棄物を活用した機能材料創出, 平成 22 年度四国紙パルプ研究協議会 第 2 回講演会, 高知市, 2012 年 3 月 8 日.
17. 藤原拓, 農地に由来する地下水汚染の抑制～クリーニング作物の活用～, 第 5 回水環境フォーラム in 岡山, 岡山市, 2012 年 7 月 14 日.



18. 永禮英明, クリーニング作物から肥料成分の回収・再利用, 第5回水環境フォーラム in 岡山, 岡山市, 2012年7月14日.
19. 赤尾聡史, クリーニング作物を資源に～糖化と発酵～, 第5回水環境フォーラム in 岡山, 岡山市, 2012年7月14日.
20. 深堀秀史, 藤原 拓, 伊藤美早紀, 抄紙技術による酸化チタン/高シリカ型ゼオライト複合シートの調製と水質浄化への適用, 四国紙パルプ研究協議会 平成 25 年度第 1 回講演会, 愛媛県四国中央市, 2013年6月11日
21. Fujiwara, T., 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
22. 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, 東京都渋谷区, 2014年1月30日.
23. 深田陽久, 食品加工残渣の養殖魚飼料への有効利用ーマイナスをプラスにする試みー, 第8回水環境フォーラム in 岡山, 岡山市, 2014年2月22日.
24. 深堀秀史, 伊藤美早紀, 藤原拓, 抄紙技術による酸化チタン/高シリカ型ゼオライト複合シートの調製と水中の微量化学物質除去への適用, 四国紙パルプ研究協議会平成 25 年度第 2 回講演会, 高知県吾川郡いの町, 2014年3月18日.
25. Fujiwara, T., Livestock Manure Management and Recycling for Non-Point Source Management in Japan, Internatinal Symposium on the World Water Day 2014, Seoul, Korea, 26 March, 2014
26. \*Fujiwara, T., Development of an Innovative Water Management System with Decentralized Water Reclamation and Cascading Material-cycle for Agricultural Areas, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
27. 藤原拓, 環境負荷削減と価値創出を同時に実現するカスケード型資源循環システムの構築, NPO法人広島循環型社会推進機構 平成 26 年度「エコビジネス振興のための人材育成講座」第 11 回講座, 広島市, 平成 27 年 2 月 6 日

(2) 口頭発表 (国内会議 74 件、国際会議 67 件)

1. Funamizu, N., Compositing toilet: its functions and design procedure, International Conference on Sustainable Water infrastructure for Cities and Villages of the Future (SWIF2009), Beijing, China, November, 2009.
2. Huelgas, A., Funamizu, N., Performance of Membrane Bioreactor for Onsite Treatment of Higher-load Graywater/ International Conference on Sustainable Water infrastructure for Cities and Villages of the Future (SWIF2009), Beijing, China, November, 2009.
3. 市浦英明, イオン液体を活用した製紙スラッジ再資源化技術について, 平成 21 年度四国紙パルプ研究協議会講演会, 高知, 2010年3月11日.
4. 藤原拓, 近藤圭介, 井上賢大, 大年邦雄, 山根信三, 前田守弘, 永禮英明, 赤尾聡史, ハウス土壌集積窒素の植物浄化におけるpF の影響, 第 44 回日本水環境学会年会, 福岡市, 2010年3月15日-17日.
5. 前田光太郎, 赤尾聡史, 増田貴則, 細井由彦, 藤原拓, 高温 L-乳酸発酵における粗タンパク質・粗脂肪の影響, 第 44 回日本水環境学会年会, 福岡市, 2010年3月15日-17日.
6. 永禮英明, 井上司, 藤原拓, 赤尾聡史, 山根信三, 前田守弘, 資源回収を目的とした植物中窒素・リン抽出方法の検討, 第 44 回日本水環境学会年会, 福岡市, 2010年3月15日-17日.
7. 深田陽久, 河相光太郎, 田所大二, 森岡克司, 益本俊郎, 飼料へのソウダガツオ煮熟水添加によるブリの成長改善効果, 平成 22 年度日本水産学会春季大会, 藤沢市, 2010年

- 3月27日.
8. 市浦英明, 製紙スラッジの有用資源化と今後の新展開, 四国地区新技術説明会, 東京都, 2010年4月2日.
  9. 井上賢大, 近藤圭介, 藤原拓, 大年邦雄, 山根信三, 前田守弘, 永禮英明, 赤尾聡史, クリーニングクロープ栽培時の pF が窒素溶脱および亜酸化窒素放出に及ぼす影響, 平成22年度農業農村工学会, 神戸市, 2010年8月31日-9月3日.
  10. 前田守弘, 浅野裕一, 兵藤不二夫, 中島泰弘, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史, 安定同位体比を用いた笠岡湾干拓地内窒素汚染の解析, 平成22年度農業農村工学会, 神戸市, 2010年8月31日-9月3日.
  11. 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, 笠岡湾干拓地内における水質汚染の現状と安定同位体比による汚染源の推定, 日本土壌肥料学会2010年度北海道大会, 札幌市, 2010年9月7日-9日.
  12. 深堀秀史, 藤原拓, 伊藤竜生, 船水尚行, 酸化チタン/UV処理による鎮痒剤クロタミトンの分解と影響因子, 第13回日本水環境学会シンポジウム, 京都市, 2010年9月8日-9月9日.
  13. 井上賢大, 近藤圭介, 藤原拓, 大年邦雄, 山根信三, 前田守弘, 永禮英明, 高岡昌輝, 赤尾聡史, クリーニング作物によるハウス土壌の面的浄化と収穫物資源化を目指した組成解析, 第13回日本水環境学会シンポジウム, 京都市, 2010年9月8日-9月9日.
  14. 中谷拓弘, 市浦英明, 大谷慶人, イオン液体を活用した製紙スラッジ完全再資源化技術の開発, 第22回日本木材学会中国・四国支部, 高知市, 2010年9月13日.
  15. Funamizu, N., New policy and technology for water and sanitation, 1st Ameli-Eaur International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System, Paris, September 21-23, 2010.
  16. Mokhtar, G., Fractionation and characterization of dissolved organic matter containing endotoxin in reclaimed waste water, 1st Ameli-Eaur International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System, Paris, September 21-23, 2010.
  17. Masoom, P. M., Application of water transport model to design the onsite volume reduction system for source-separated urine, 1st Ameli-Eaur International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System, Paris, September 21-23, 2010.
  18. 市浦英明, 高分子膜を紙表面で合成する手法による機能紙の創製, イノベーションJAPAN2010 大学見本市, 東京都, 2010年9月29日-10月1日.
  19. Sun, X., Takaoka, M., Oshita, K., Matsukawa K. and Fujiwara, T., Livestock manure as a resource for phosphorus and fuel, 18th Seminar of JSPS-MOE Core University Program on Urban Environment, Beijing, China, October 21-22, 2010.
  20. 西田典由, 大井辰夫, 森川敏行, 渡辺康夫, 神野勝志, 市浦英明, 宮ノ下 明, 柑橘精油の未利用部分を用いた防虫製品の開発研究, 第49回機能紙研究会, 京都市, 2010年10月28日.
  21. Akao, S., Sakae, Y., Hosoi, Y., Nagare, H., Maeda, M. and Fujiwara, T., Fermentation of lignocellulosic biomass derived sugars to L-lactate by thermophilic *Bacillus coagulans*, Proceedings of 12th World Congress on Anaerobic Digestion, Guadalajara, October 31- November 4, 2010.
  22. 松本智也, Bandunee Liyanage, 前田守弘, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史, 溶解性の異なる有機物を添加した砂カラムによる地下水の硝酸性窒素除去, 第47回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010年11月12日-11月14日.
  23. 孫秀翠, 高岡昌輝, 大下和徹, 松川和嗣, 藤原拓, リン供給源および燃料としての家畜糞尿の資源的価値に関する調査研究, 第47回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010年11月12日-11月14日.

24. 山田正人, 立尾浩一, 藤原拓, 地域バイオマスフローを表現する投入産出表の構築, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
25. 赤尾聡史, 前田光太郎, 細井由彦, 永禮英明, 前田守弘, 藤原 拓, クリーニング作物および水生植物からの L-乳酸生産に関する研究, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
26. 長谷隆仁, 渡辺洋一, 山田正人, 藤原拓, 河村清史, 家畜糞の堆肥利用における制約としての副資材の影響について, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
27. 深堀秀史, 藤原拓, 伊藤竜生, 船水尚行, 高シリカ型ゼオライトによる水中のサルファ系抗生物質の吸着除去とモデル化, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
28. 松岡真如, 増田貴則, 長谷隆仁, 山田正人, 前田守弘, 藤原 拓, 統計資料と地理情報を用いた高知県における農業系窒素動態の推計, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
29. 深田陽久, 古谷尚大, 益本俊郎, 廃棄ユズ皮を添加した飼料によるブリ血合筋の褐変抑制, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
30. 市浦英明, 中谷拓弘, 大谷慶人, イオン液体を用いた製紙スラッジ中に含まれるパルプ成分および無機成分の分離・回収, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
31. 前田守弘, 石堂里沙, コーヒーかす機能炭の畑施用による硝酸性窒素溶脱量の低減, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
32. Kakimoto, T., Hotta, S., Shibuya, H., Suzuki, H., Funamizu, N., 尿の貯留過程における尿成分と医薬品の挙動, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 高知市, 2010 年 11 月 12 日-11 月 14 日.
33. Maeda, M., Asano, Y., Hyodo, F., Nakajima, Y., Fujiwara, T., Nagare, H., and Akao, S., Analyzing nitrogen pollution in Kasaoka bay reclaimed fields by using stable isotope natural abundances, 5th International Nitrogen Conference 2010, New Delhi, December 3-7, 2010.
34. 藤原拓, 前田守弘, 永禮英明, 赤尾聡史, 山根信三, 松岡真如, 近藤圭介, 井上賢大, 大年邦雄, クリーニングクロープ栽培によるハウス土壌の面的浄化効果の評価, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌市, 2011 年 3 月 18 日-20 日.
35. 前田光太郎, 赤尾聡史, 細井由彦, 永禮英明, 前田守弘, 藤原拓, 水生植物ヒシのカスケード利用: ポリフェノール, 栄養塩, 糖の回収, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌市, 2011 年 3 月 18 日-20 日.
36. 近藤圭介, 井上賢大, 藤原拓, 山根信三, 大年邦雄, 前田守弘, 永禮英明, 赤尾聡史, ラインメーターでの短期栽培によるクリーニングクロープの土壌浄化効果の評価, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌市, 2011 年 3 月 18 日-20 日.
37. 深堀秀史, 福垣内暁, 藤原拓, 船水尚行, 伊藤竜生, 酸化チタン-ゼオライト複合触媒によるテトラサイクリン系抗生物質の除去特性, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌市, 2011 年 3 月 18 日-20 日.
38. 赤尾聡史, 小川陽介, 増田貴則, 細井由彦, 深堀秀史, 藤原拓, ヒシからのポリフェノール類抽出-生育時期の影響, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌市, 2011 年 3 月 18 日-20 日.
39. 深田陽久, 清水理恵, 森岡克司, 益本俊郎, ユズ果皮ペーストを添加した飼料によるブリ血合筋の褐変抑制効果, 日本水産学会, 東京都, 2011 年 3 月 27 日-31 日.
40. Ushijima, K., Ito, K., Ito, R., and Funamizu, N., Graywater treatment by slanted soil system, III international Congress Smallwat11, Sevilla, Spain, April 25-28, 2011.
41. 市浦英明, 松生朋子, 大谷慶人, 天然高分子を活用した体内成分応答性インテリジェント

- 機能紙の創製, 平成 23 年度繊維学会年次大会, 東京都, 2011 年 6 月 8 日-10 日.
42. Fujiwara, T., Concept of an Innovative Water Management System with Decentralized Water Reclamation and Cascading Material-cycle for Agricultural Areas, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  43. Kondo, K., Inoue, K., Fujiwara, T., Yamane, S., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., and Ohtoshi, K., Reduction of Nitrate Leaching from Greenhouse Soil by Catch Crop Cultivation: Effect of Soil Water Content, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  44. Ichiura, H., Nakatani, T., and Ohtani, Y., Separation of pulp fiber and inorganic materials from papersludge using ionic liquid, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  45. Fukahori, S., Fujiwara, T., Funamizu, N., Matsukawa, K., and Itoh, R., Adsorptive Removal of Sulfonamide Antibiotics in the Livestock Urine Using High-silica Zeolite, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  46. Hijikata, N., Yamauchi, M., Yabui, K., Ushijima, K., and Funamizu, N., Characterization of Several Agricultural wastes as a Matrix in Composting Toilet -From Fecal Degradation to Reuse as a Soil Conditioner-, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  47. Maeda, M., Ishido, R., Fujiwara, T., Nagare, H., and Akao, S., Reduction of Nitrate Leaching from Upland Soil by placing Coffee Waste Biochar below the Root Zone, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  48. Nagare, H., Fujiwara, T., Inoue, T., Akao, S., Inoue, K., Maeda, M., Yamane, S., Takaoka, M., Oshita, K., and Sun, X., Nutrient Recovery from Biomass Cultivated as Catch Crop for Removing Accumulated Fertilizer in Farm Soil, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  49. Sun, X., Oshita, K., Taniguchi, M., Takaoka, M., Matsukawa, K., and Fujiwara, T., Emission of Greenhouse Gases from Controlled Incineration of Cattle Manure, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  50. Akao, S., Maeda, K., Nakatani, S., Hosoi, Y., Nagare, H., Maeda, M. and Fujiwara, T., Comparison of Simultaneous and Separate Process, Saccharification and Thermophilic L-Lactate Fermentation of Catch Crop and Aquatic Plant Biomass, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
  51. Hijikata, N., Nakaoka, E., Sawadogo, B., Ushijima, K., and Funamizu, N., Phytotoxicity assay of several gray waters for reuse as agricultural irrigation, IWA-CoFXIAN2011 International Conference, Xi'an, China, 15-19 September, 2011.
  52. Fujiwara, T., Kondo, K., Inoue, K., Yamane, S., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., Takaoka, M., and Ohtoshi, K., Catch crop cultivation for diffuse agricultural pollution control and resource recovery, The 4<sup>th</sup> CESE Conference, Tainan City, Taiwan, 25-30 September 2011.
  53. Matsuoka, M., Fujiwara, T., Nagare, H., Maeda, M., Yamane, S., and Kondo, K., Regional Estimation of Nitrogen Resumption by Catch Crop Based on Geographical Information and Censuses, The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, Japan, 2-6 October, 2011.

54. Ushijima, K., Yabui, K., Hijikata, N., Ito, R., and Funamizu, N., Development of Self-buildable Simple Composting Toilet, The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, Japan, 2-6 October, 2011.
55. Yamada, M., Tachio, K., and Fujiwara, T., Design of Physical Input-Output Table for Describing Regional Waste Biomass Flow. ISWA2011, World Congress of International Solid Waste Association, Proceedings, 971-979, Daegu, Korea, 17-20 October, 2011.
56. Fujiwara, T., Funamizu, N., Matsukawa, K., Takaoka, M., Fukahori, S., Ushijima, K., Hijikata, N., Ohshita, K., Tsutsui, H., and Itoh, R., Concept of a decentralized differentiable treatment system for livestock and human excreta, 2nd Ameli - Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system & 8th International symposium on sustainable water and sanitation system, Sapporo, Japan, 28 October, 2011.
57. Hijikata, N., Yamauchi, N., Ushijima, K., and Funamizu, N., Pot-cultivation test with bio-charcoal manure made by composting toilet, 2nd Ameli - Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system & 8th International symposium on sustainable water and sanitation system, Sapporo, Japan, 28 October, 2011.
58. Akao, S., Hosoi, Y., Fukahori, S. and Fujiwara, T., Growth inhibition of *Microcystis aeruginosa* by water caltrop extracts, 14<sup>th</sup> World Lake Conference, Austin, USA, 31 October-4 November 2011.
59. Nagare, H., Fujiwara, T., Akao, S., Maeda, M., Yamane, S., Yasutake, D. Extraction of Nutrients in Macrophyte for Recycling, 14<sup>th</sup> World Lake Conference, Austin, USA, 31 October-4 November 2011.
60. Hijikata, N., Nakaoka, E., Ushijima, K., Funamizu, N., Short-term impact of washing detergent contained in irrigation water for Brassica rapa var. peruviridis on soil system the 8th International Symposium on Sustainable Sanitation Part II, November 1, 2011, Bandung, Indonesia.
61. 木村知代, 安武大輔, 近藤圭介, 井上賢大, 森 牧人, 山根信三, 前田守弘, 永禮英明, 赤尾聡史, 藤原拓, 温室内での異なる植栽密度のクリーニング作物の栽培における蒸散, 蒸発および作物係数の評価, 2011 年日本農業気象学会中国四国支部大会, 高松市, 2011 年 11 月 11 日-11 月 12 日.
62. 石川真純, 安武大輔, 木村知代, 近藤圭介, 井上賢大, 森 牧人, 山根信三, 藤原拓, 温室内におけるパン蒸発量と農地の蒸発散特性との関係解析, 2011 年日本農業気象学会中国四国支部大会, 高松市, 2011 年 11 月 11 日-12 日.
63. 永島めぐみ, 増田貴則, 田中春樹, 小林嗣季, 細井由彦, GIS を用いた廃棄物系バイオマスの小地域賦存量の推計と類型化の試み, 第 48 回環境工学研究フォーラム, 名古屋市, 2011 年 11 月 25 日-27 日.
64. 増田貴則, 永島めぐみ, 細井由彦, わが国の下水汚泥処理施設における未利用木質資源活用ポテンシャルの試算, 第 48 回環境工学研究フォーラム, 名古屋市, 2011 年 11 月 25 日-27 日.
65. 松岡真如, 藤原拓, 永禮英明, 前田守弘, 赤尾聡史, 山根信三, 近藤圭介, 高知県の施設園芸を対象とした資源回収作物による窒素回収量の推算, 第 5 回四国 GIS シンポジウム, 高松市, 2012 年 1 月 10 日.
66. 石垣智基, 横井加奈美, 前田光太郎, 山田正人, 立尾浩一, 有機性廃棄物の地域循環利用における品質および資源性の評価, 第 33 回全国都市清掃研究・事例発表会, 函館市, 2012 年 1 月 26 日~27 日.
67. 森 政基, 赤尾聡史, 増田貴則, 細井由彦, 藤原拓, 水生植物ヒシからのポリフェノール抽出条件の検討, 第 46 回日本水環境学会年会, 東京都, 2012 年 3 月 14 日-16 日.
68. 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, 東京都, 2012 年 6 月 6 日-8 日.

69. 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, 東京都, 2012 年 6 月 19 日-20 日.
70. Tezuka, R., Hijikata, N., Kazama, S., Seyram K. S., Funamizu, N., Inactivation mechanism of pathogenic bacteria using lime and ash in composting toilet. Dry toilet conference 2012, Tampere, Finland, August 23-24, 2012.
71. Seyram, K. S., Tezuka, R., Hijikata, N., Sou, M., Funamizu, N., Inactivation mechanisms of pathogenic bacteria in several matrixes during composting process in composting toilet, Dry toilet conference 2012, Tampere, Finland, August 23-24, 2012.
72. Yamauchi, N., Hijikata, N., Ushijima, K., Funamizu, N., Effect on compost maturity by type of matrix and lime treatment after removal from composting toilet: Dry toilet conference 2012, Tampere, Finland, August 23-24, 2012.
73. Ushijima, K., Funamizu, N., Yokota, M., Value network design approach for sanitation system in developing countries - Lessons from two Japanese models -, Dry toilet conference 2012, Tampere, Finland, August 23-24, 2012.
74. 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.
75. Tsutsui, H., Fujiwara, T., Matsukawa, K., and Funamizu, N., 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.
76. 森岡克司, 釘島宏幸, 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, 下関市, 2012 年 9 月 14 日-17 日.
77. Kondo, K., Inoue, K., Fujiwara, T., Yamane, S., Yasutake, D., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., and Ohtoshi, K., Seasonal change in diffuse agricultural pollution control performance of catch crop, 8th IWA World Water Congress & Exhibition, Busan, Korea, 16-21, September, 2012.
78. 山本健一, 大谷慶人, 市浦英明, 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 -, 日本木材学会中国・四国支部第 24 回(2012 年度)研究発表会, 徳島市, 2012 年 9 月 18 日-19 日.
79. 坂田志穂, 大谷慶人, 市浦英明, 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, 日本木材学会中国・四国支部第 24 回(2012 年度)研究発表会, 徳島市, 2012 年 9 月 18 日-19 日.
80. 安武大輔, 森 牧人, 王維真, 小林哲夫, 北野雅治, 近藤圭介, 藤原拓, 作物畑の蒸発散解析を目的とする放射温度計の利用 - 露地および温室を対象として -, 日本農業気象学会中四国支部会, 出雲市, 2012 年 11 月 8 日-9 日.
81. Matsuoka M., Extraction of agricultural greenhouse from high-resolution remote sensing imagery, The 33rd Asian Conference on Remote Sensing, Pataya, Thailand, November 26-30, 2012.
82. 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.
83. 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 N<sub>2</sub>O 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.
84. 長谷隆仁, 渡辺洋一, 河村清史, 家畜排泄物堆肥化における副資材調達の需給構造とその最適化についてのモデル解析, 第 26 回環境情報科学 学術研究論文発表会, 東京都, 2012 年 12 月 4 日.

85. 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.
86. 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.
87. 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, 野々市市 2013 年 3 月 27 日-29 日.
88. Ishigaki, T., Yokoi, K., Tachio, K., Fujiwara, T. and Yamada, M., 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.
89. Yasutake, D., Kiyokawa, C., Kondo, K., Nomiya, R., Kitano, M., Mori, M., Yamane, S., Maeda, M., Nagare, H. 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, 21-24, May, 2013.
90. 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, 東京都, 2013 年 6 月 12-14 日.
91. 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.
92. 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.
93. 高岡昌輝, 大下和徹, 孫秀翠, 松川和嗣, 藤原拓, 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.
94. 増田貴則, 山田正人, 石垣智基, 松岡真如, 藤原拓, 長谷隆仁, 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.
95. 坂口仁規, 筒井裕文, 大下和徹, 高岡昌輝, 深田陽久, 藤原拓, 松川和嗣, 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 9-10 日.
96. 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, 鳥取市, 2013 年 9 月 25 日.
97. Fujiwara, T., Ito, M. and Fukahori, S., 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), Daegu, Korea, 29 Oct.-2 Nov., 2013.
98. Fukahori, S. and Fujiwara, T., 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), Daegu, Korea, 29 Oct.-2 Nov., 2013.
99. Nagare, H., Tsuno, H., Fujiwara, T., Akao, S., Maeda, M., Yamane, S., Yasutake, D. and Matsuoka, M., Saktaywin, W., Soyama T., Janrungautai, J. and Watanabe, R., Phosphorus recovery from wastewater and its potential effect in japan, The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental

- Science and Engineering" (CESE-2013), Daegu, Korea, 29 Oct.-2 Nov., 2013.
100. 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.
  101. VU THI NGOC DIEP, 近藤圭介, 筒井裕文, 安武大輔, 山根信三, 永禮英明, 前田守弘, 赤尾聡史, 藤原拓, クリーニングクロープ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.
  102. 近藤圭介, クリーニングクロープによる施設園芸由来の面源汚染抑制技術の開発, 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.
  103. 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ズフィルムの特性, 第50回環境工学研究フォーラム, 札幌市, 2013年11月19-21日.
  104. 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ズ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, 札幌市, 2013年11月19-21日.
  105. 永禮英明, 岩田 匠, 衣斐理子, 藤原拓, 赤尾聡史, 前田守弘, 山根信三, 安武大輔, 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.
  106. 赤尾聡史, 永禮英明, 前田守弘, 近藤圭介, 藤原拓, 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.
  107. 前田守弘, 宮本一機, 白文波, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史, 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.
  108. 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.
  109. 長谷隆仁, 渡辺洋一, 地域的需要・農地窒素負荷を考慮した有機性廃棄物のコンポスト利用と輸送最適化モデルによる解析, 第35回全国都市清掃研究・事例発表会, 盛岡市, 2014年1月22日.
  110. 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.
  111. 兵藤将臣, 伊藤美早紀, 深堀秀史, 藤原拓, 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.
  112. 筒井裕文, 松川和嗣, 船水尚行, 藤原拓, 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.
  113. 岩田 匠, 永禮英明, 前田守弘, 衣斐理子, 藤原拓, 山根信三, 安武大輔, 赤尾聡史, 深堀秀史, リン酸マグネシウムカリウムの熱力学的物性値と生成条件の検討, 第48回日本水環境学会年会, 仙台市, 2014年3月17日-19日.
  114. 安武大輔, 栗田健吉, 近藤圭介, 山根信三, 松岡真如, 藤原拓, 前田守弘, 永禮英明, 温室内クリーニングクロープ栽培における立毛湛水とその効果, 一蒸発散と土壌に着目して一, 日本農業気象学会2014年全国大会, 札幌市, 2014年3月17日-21日.
  115. Fujiwara, T., Kondo, K., Nagare, H., Maeda, M., Akao, S., Yamane, S. and Yasutake, D., Catch crop cultivation for mitigating diffuse agricultural pollution and resource recovery, The 11th China-Japan Symposium on Water Environment, Xiamen, China, 22 March, 2014.
  116. Fujiwara, T., Ito, M., Fukahori, S., Rotating advanced oxidation contactor with composite TiO<sub>2</sub>-zeolite sheet: Removal mechanisms of sulfamethazine and its intermediates, 248th ACS National Meeting and Exposition, San Francisco,



- United States of America, August 10-14, 2014
117. Nomura, Y., Nagare, H., Minakata, D., Mizuno, T., Fujiwara, T., Nishimura, F., Ozonation of ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium chloride under basic condition, 248th ACS National Meeting and Exposition, San Francisco, United States of America, August 10-14, 2014
  118. Tsutsui, H., Sakaguchi, H., Matsukawa, K., Fujiwara, T., Oshita, K., Takaoka, M., Long term assessment of BOD and nitrogen emission from cattle fattening, The 2014 International Conference on the "Challenges in Environmental Science & Engineering" (CESE2014), Johor Bahru, Malaysia, 12th - 16th Oct., 2014.
  119. Ishizuka, S., Hijikata, N., Ushijima, K., Ito, R., and Funamizu, N., Degradation of veterinary medicines in composting process of livestock manure, Global Challenges: Sustainable Wastewater Treatment and Resource Recovery, Kathmandu, Nepal, 26 - 30 October, 2014.
  120. Ito, R., Takahashi, E., Ushijima, K., Hijikata, N., Funamizu, N., Production Of Slow Released Fertilizer From Urine - Effect Of Formaldehyde Concentration -, Global Challenges: Sustainable Wastewater Treatment and Resource Recovery, Kathmandu, Nepal, 26 - 30 October, 2014.
  121. Ushijima, K., Deguchi, Y., Hamidah, U., Sintawardani, N., Triastuti, J., Practical feasibility assessment of resource oriented sanitation system for urban area around Bandung City, Indonesia, Global Challenges: Sustainable Wastewater Treatment and Resource Recovery, Kathmandu, Nepal, 26 - 30 October, 2014.
  122. 松岡真如, 藤原拓, 永禮英明, 地理情報システムを用いた高知県におけるクリーニングクロップの潜在的収穫量の推定, 日本写真測量学会 平成 26 年度秋季学術講演会, 高松市, 2014 年 11 月 20 日-22 日.
  123. Abukmeil, R., Fujii, T., Funamizu, N., Transportation of Water and Inorganic Nitrogen Components in the Soil Column of Grain Sorghum, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November 2014, Kochi, Japan
  124. Ito, R., Funamizu, N., Production of calcium phosphate on the shell particles of *Mizuhopecten yessoensis* in urine, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November 2014, Kochi, Japan
  125. Kabore, S., Ito, R., Funamizu, N., Effect of urea/formaldehyde ratio on production rate of methylenurea, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November 2014, Kochi, Japan
  126. Kaneko, K., Ito, R., Funamizu, N., Effect of Burned Shell Dosage on Crystal Species in Synthetic Cow Urine, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November 2014, Kochi, Japan
  127. Fujii, T., Hijikata, N., Ushijima, K., Ito, R., Funamizu, N., Salt removal from urine fertilized agricultural fields by rainfall and plant uptake, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November 2014, Kochi, Japan
  128. Ushijima, K., Hijikata, N., Tanaka, E., Funamizu, N., Ito, R., Grey Water Treatment by Slanted Soil System in Terms of Phytotoxicity, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November 2014, Kochi, Japan
  129. Hase, T., Watanabe, Y., Yamada, M., Fujiwara, T., Development of a model for evaluation of total recycling and waste treatment system of organic waste -A case study in Kochi prefecture, Japan-, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November 2014, Kochi, Japan

130. Ichiura, H., Kamada, M., Ono, A., Ohtani, Y., Novel recycling technique of paper sludge using ionic liquid -Preparation of functional materials for water purification-, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Kochi, Japan, 24-26 November 2014.
131. Akao, S., Nagare, H., Maeda, M., Kondo, K., Fujiwara, T., Non-sterile simultaneous saccharification and fermentation of corn biomass to L-lactic acid without external nutrient addition, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
132. Fukada, H., Takahashi, N., Hosomi, N., Masumoto, T., Beneficial Utilization Methods for Fish Processing By-Products as Fish Feed Additives, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
133. Fukahori, S., Fujiwara, T., Ito, R., Funamizu, N., Sulfonamide antibiotic removal and nitrogen recovery from synthetic urine by the combination of rotating advanced oxidation contactor and methylene urea synthesis process, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
134. Kondo, K., Fujiwara, T., Yamane, S., Yasutake, D., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., and Matsuoka, M., Improvement of a Catch Crop System for Reducing Nitrate Leaching and Removing Salts in Greenhouses by Pre-harvest Flood Irrigation, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
135. Oshita, K., Kawaguchi, K., Takaoka, M., Matsukawa, M., Fujimori, T., and Fujiwara, T., Emission and control of nitrous oxide and composition of ash derived from cattle manure combustion using a pilot-scale fluidized bed incinerator, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
136. Inoue, D., Sawada, K., Shikama, S., Sei, K., Fujiwara, T., Establishment of RNA recovery method suitable for analyzing active microbial populations in cattle manure composting samples, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
137. Matsuoka, M., Fujiwara, T., Regression-based estimation of nitrogen concentration in groundwater using geographical and statistical information, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
138. Tsutsui, H., Sakaguchi, H., Sun, X., Toda, S., Matsukawa, K., Oshita, K., Takaoka, M., and Fujiwara, T., Long term assessment of phosphorus emission from cattle fattening, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
139. Yamada, M., Masuda, T., Matsuoka, M., Hase, T., Ishigaki, T., Fujiwara, T., Integrated Evaluation of the Innovative Water and Waste Management System for Agricultural Areas, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
140. Maeda M., E. Kayano, T. Fujiwara, H. Nagare, and S. Akao Nitrous oxide emissions during biological soil disinfestation with different organic matters and plastic mulch films in laboratory-scale tests, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
141. Ha T.K.T., M. Maeda, Q.T. Tran, T. Fujiwara, H. Nagare, S. Akao: Effects of Rice Husk Amendment and Moisture Content on N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> Productions in

Paddy Soil, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.

(3) ポスター発表 (国内会議 14 件、国際会議 17 件)

1. 高山将, 市浦英明, 大谷慶人, 界面重合反応を活用した柑橘精油含有高分子膜の紙表面上への直接合成, 第 60 回 日本木材学会, 宮崎市, 2010 年 3 月 17 日-19 日.
2. 中谷拓弘, 市浦英明, 大谷慶人, 中河三千代, 西田典由, 福垣内暁, 製紙スラッジの完全再資源化の開発イオン液体の活用によるパルプ成分と無機成分分離条件の確立, 第 77 回紙パルプ研究発表会, 東京都, 2010 年 6 月 17 日-18 日.
3. 金田吉継, 市浦英明, 大谷慶人, シングルコアセルベーション技術を利用した機能紙の創製, 第 22 回日本木材学会中国・四国支部, 高知市, 2010 年 9 月 13 日.
4. 山本健一, 市浦英明, 大谷慶人, 界面重合反応の活用による揮発性化合物含有高分子膜の紙表面上での直接合成, 平成 23 年度繊維学会年次大会, 東京都, 2011 年 6 月 8 日-10 日.
5. Oshita, K., Sun, X., Takaoka, M., Matsukawa, K., and Fujiwara, T., Investigation of Livestock Manure as a Resource for Phosphorus and Fuel in Japan, 8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Izmir, Turkey, 22-24 June 2011.
6. 松本智也, 前田守弘, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史, 原位置脱窒の電子供与体として用いるポリ乳酸の溶解特性に関する基礎実験, 日本土壌肥料学会 2011 年度つくば大会, つくば市, 2011 年 8 月 8 日-10 日.
7. 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, 農地排水を対象とした形態別窒素安定同位体比分析手法の検討, 日本土壌肥料学会 2011 年度つくば大会, つくば市, 2011 年 8 月 8 日-10 日.
8. 安武大輔, 木村知代, 近藤圭介, 井上賢大, 森 牧人, 山根信三, 藤原拓, 温室内の狭小面からの群落蒸散と土壌面蒸発の分別評価, 日本生物環境工学会 2011 年北海道大会, 札幌市, 2011 年 9 月 6 日-8 日.
9. 山本健一, 市浦英明, 大谷慶人, 界面重合反応を活用した機能紙への徐放性付与, 揮発性化合物含有高分子膜の直接合成-, 第 23 回日本木材学会中国・四国支部, 東広島市, 2011 年 9 月 26 日.
10. Fukada, H., Takahashi, N., Kondoh, K., Masumoto, and Fujiwara, T., Beneficial Utilization of Fish Processing Wastewater as a Fish Feed Additive, The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, Japan, 2-6 October, 2011.
11. Hase, T., Yamada, M., Fujiwara, T., and Kawamura, K., Optimization of Regional Compost Demand and Organic Waste Generation by Transportation, The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, Japan, 2-6 October, 2011.
12. Yasutake, D., Kimura, C., Kondo, K., Inoue K., Mori, M., Yamane, S., and Fujiwara, T., Measurement of surface temperature over crop canopy for estimating evapotranspiration in a greenhouse. ISAM 2012, Osaka, Japan, 13-17 March 2012.
13. 深田陽久, 高橋紀行, 藤井陽平, 蓮井一策, 益本俊郎, 食品加工残滓の養魚飼料添加剤としての利用, 平成 24 年度日本水産学会春季大会, 東京都, 2012 年 3 月 28 日.
14. 安武大輔, 近藤圭介, 井上賢大, 清川千明, 森 牧人, 山根信三, 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成長解析, 日本生物環境工学会 2012 年東京大会, 東京都, 2012 年 9 月 4 日-7 日
15. Nagare, H., Fujiwara, T., Akao, S., Maeda, M., Yamane, S., Yasutake, D., Nutrient extraction from biomass derived in water quality management countermeasures, 8th IWA World Water Congress & Exhibition, Busan, Korea, 16-21, September, 2012.
16. Fukahori, S., Fujiwara, T., Funamizu, N., Ito, R., Synthesis of TiO<sub>2</sub>-zeolite

- composites for sulfonamide antibiotic removal, 8th IWA World Water Congress & Exhibition, Busan, Korea, 16-21, September, 2012.
17. 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, 仙台市, 2012 年 10 月 22 日-24 日.
  18. 松浦拓人, 高橋紀行, 矢吹洋, 益本俊郎, 深田陽久, 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, 平成 25 年度日本水産学会春季大会, 東京都, 2013 年 3 月 26 日-30 日.
  19. Akao, S., Nagare, H., Maeda, M., Hosoi, Y. and Fujiwara, T., Utilization of nutrients extracted from plant biomass in thermophilic L-lactic acid fermentation, 13th World Congress on Anaerobic Digestion, Santiago de Compostela, Spain, 25-28 June, 2013.
  20. 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クropp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.
  21. Tsutsui, H., Matsukawa, K., Funamizu, N., and Fujiwara, T., 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), Daegu, Korea, 29 Oct.-2 Nov., 2013.
  22. Tsutsui, H., Matsukawa, K., Funamizu, N., and Fujiwara, T., 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), Daegu, Korea, 29 Oct.-2 Nov., 2013.
  23. Ha, T, K, T., Maeda, M., Fujiwara, T., Nagare, H., Akao, S., Tsutsui, H., Nitrous oxide production in Japanese flooded paddy soil as affected by different pH, 20th World Congress of Soil Science, P1-402, Jeju, Korea, 8-13 June, 2014.
  24. 市浦英明, 坂田志穂, 大谷慶人, 高知県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 17 回 ケナフ等植物資源利用研究会, 松山市, 2014 年 9 月 19 日.
  25. Morioka, K., Nakatsuji, N., Nakanomae, M., Kugishima, H., Adachi, K., Miyasaki, T., Miura, K., and Fukada, H., Beneficial Effects of Yuzu (Citrus junos) Peel Waste-supplemented Diet on the Meat Quality of Cultured Yellowtail (*Seriola quinqueradiata*), 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November, Kochi, Japan, 2014.
  26. Nagare, H., Iwata, T., Ebi, A., Fujiwara, T., Akao, S., Maeda, M., Yasutake, D., Yamane, S., Recovery of Phosphorus and Potassium from Corn Biomass as a Magnesium Salt, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November, Kochi, Japan, 2014.
  27. Yasutake, D., Awata, K., Kondo, K., Yamane, S., Matsuoka, M., Maeda, M., Nagare, H., Nomiyama, R., Sago, Y., Kitano, M., Fujiwara, T., Application of pre-harvest temporal flooding in a catch crop field and its effects on evapotranspiration and nutrient salt uptake by roots, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November, Kochi, Japan, 2014.
  28. Yamada, M., Ishigaki, T., Tachio, K., Fujiwara, T., Compilation of Physical Input-Output Table for Regional Biomass Flows in Kochi Prefecture, Japan, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24-26 November, Kochi, Japan, 2014.
  29. Ishigaki, T., Nakagawa, M., Ito, M., Tachio, K., Fujiwara, T., Yamada, M.,

- Chemical Analysis of Organic Waste as Potential Resource for Local Sustainable Management, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
30. Matsukawa, K., Kasamatsu, S., Nojiri, S., Ishioka, M., Nanba, S., Muramatsu, H., Nagata, S., Effects of Yuzu (Citrus junos) peel on differentiation of bovine mesenchymal stem cells derived from subcutaneous tissue, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.
31. Hyodo, M., Fukahori, S., Fujiwara, T., Adsorptive Removal and Photocatalytic Degradation of Sulfamonomethoxine in Porcine Urine Using Rotating Oxidation Advanced Contactor with Composite TiO<sub>2</sub>-Zeolite Sheet, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, 24–26 November, Kochi, Japan, 2014.

#### 4. 知財出願

##### (1) 国内出願 (2 件)

1. 発明の名称:尿中の窒素成分の固形状回収装置  
発明者:伊藤竜生, 高橋恵理, 船水尚行  
出願人:国立大学法人北海道大学  
出願日:平 22.11.17  
出願番号:特願 2010-256364
2. 発明の名称:湿潤強度を有する紙  
発明者:市浦英明, 谷口健二  
出願人:国立大学法人高知大学 河野製紙  
出願日:27.1.26  
出願番号:特願 2015-011968

##### (2) 海外出願 (0 件)

該当なし。

##### (3) プログラムの著作物

該当なし。

##### (4) データベースの著作物

該当なし。

#### 5. 受賞・報道等

##### (1) 受賞

1. 第 47 回環境工学研究フォーラム 環境技術・プロジェクト賞「イオン液体を用いた製紙スラッジ中に含まれるパルプ成分および無機成分の分離・回収」市浦英明, 中谷拓弘, 大谷慶人, 平成 22 年 11 月 14 日
2. The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition ベストポスター賞, 深田陽久, 平成 23 年 10 月 4 日
3. Best Poster Award of The 2013 International Conference on the "Challenges in Environmental Science and Engineering" (CESE-2013), 筒井裕文, 平成 25 年 10 月 31 日
4. 第 48 回日本水環境学会年会 年会優秀発表賞(クリタ賞), 伊藤美早紀, 平成 26 年 3 月 18 日
5. 公益社団法人日本水環境学会 水環境国際活動賞(いであ活動賞), 藤原拓, 平成 26 年 3 月 18 日

6. \*日本生物環境工学会 生物環境システム科学賞受賞,「植物生産における熱・物質輸送プロセスの動態評価と最適化」,安武大輔,平成26年9月10日
7. AGRO'2014 presentation award for young researchers,筒井裕文,平成26年11月26日
8. 平成26年度日本水産学会水産学技術賞,「柑橘類を用いた新しい養殖ブリ(香るブリ)の開発」,深田陽久,平成26年12月6日

(2)マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 日本水道新聞, JST CREST 革新的水利用の創出へ,平成23年9月5日
2. 水道産業新聞, 持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム,平成23年9月29日
3. 水道産業新聞, JST 研究プロジェクトで知見集積 農業地域の水問題解決へ,平成24年8月23日
4. 日本下水道新聞,「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“堆肥化・焼却技術を開発」,平成25年1月23日
5. 日本水道新聞,「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“堆肥化・焼却技術を開発」,平成25年1月24日
6. 高知新聞(夕刊),「さっぱり味 生臭さもなし 高知大「ユズブリ」研究」として掲載平成25年1月28日
7. 高知新聞, ユズ皮養殖ブランド化,平成25年7月25日
8. 高知新聞, ユズブリの付加価値強調,平成25年10月5日
9. 日本下水道新聞, マイナスからプラスを,平成26年8月27日

(3)その他

1. 【テレビ放映1】テレビ東京系ワールドビジネスサテライトにて「魚大国ニッポン復権へ」の一部として「ユズブリ」が紹介された。平成24年12月11日。
2. 【テレビ放映2】アジア向けの「チャンネルジャパン」にてユズブリが紹介された。平成25年1月28日よりユーストリームにて視聴可。

## 6. 成果展開事例

(1)実用化に向けての展開

(2)社会還元的な展開活動

1. 合計4回の公開シンポジウムを開催し、計228名の聴衆を集めた。
2. 合計4回の農業分野合同シンポジウムを澁澤チームと合同で開催した。

(3)他分野への波及効果

1. 「柚子果皮の給餌が肉用牛に与える影響の検討」の農林水産業の革新的技術緊急展開事業への展開  
高知大学【G2】の研究項目「柚子果皮の給餌が肉用牛に与える影響の検討」が発展し、平成26年度 農林水産試験研究費補助金 農林水産業の革新的技術緊急展開事業「課題名：柚子果皮による高知系褐毛和種の高付加価値化：実証試験と作用機序の解明」に採用された。本事業は、高知県で大量に廃棄される柚子果皮を利用して、高知県特産の地方特定和牛品種である高知系褐毛和種の品質を向上させることで、国産の「強み」のある生産拡大、生産者の所得増を実現し、科学的な根拠に基づく牛肉のブランド化、生産基盤による食の振興、中山間地域における新たな農業経営体の創出を目指すものである。

## §5. 研究期間中の活動

### 1. 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成 21 年 10 月 8 日～ 9 日	平成 21 年度キックオフミーティング(非公開)	高知大学 農学部	16 名 (学生 2 名を 含む)	1)プロジェクト運営方針の説明 2)高知大学内の施設紹介 3)異分野セミナー 4)サブグループ会議
平成 21 年 12 月 2 日	平成 21 年度拡大サブリーダー会議(非公開)	北海道大学工学研究科	8 名	1)各サブグループ進捗状況報告 2)H22 年度研究計画書作成に向けた意見交換 3)北海道大学内の施設紹介
平成 22 年 3 月 9 日	G1 会議(非公開)	北見工業大学	4 名	1)H22 年度研究計画に関する打ち合わせ
平成 22 年 3 月 9 日	「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 1 回公開シンポジウム	北見大学	41 名	1)招待講演 2)本研究グループのコンセプトおよび研究内容, 成果の発表
平成 22 年 4 月 14 日	平成 21 年度水利用領域研究成果報告会	JST イノベーション推進本部	10 名	1)平成 21 年度成果報告会にて研究進捗結果の発表及び討議 2)「水利用」研究者との意見交換
平成 22 年 4 月 23 日	G4 会議(非公開)	国立環境研究所	3 名	1)G4 モデルに関する打ち合わせ・意見交換
平成 22 年 4 月 26 日	G2 会議(非公開)	高知大学	3 名	1)高知大学 G2 平成 22 年度研究計画に関する討議
平成 22 年 5 月 10 日	G1 会議(非公開)	高知大学	3 名	1)ライシメーター設置に関する高知大学・岡山大学合同打ち合わせ
平成 22 年 5 月 28 日	G2 会議(非公開)	北海道大学大学院工学研究科	4 名	1)北海道大学 G2 研究進捗状況報告 2)高知大学 G2 研究進捗状況報告
平成 22 年 6 月 21 日	G4 会議(非公開)	国立環境研究所	4 名	1)G4 モデルに関する打ち合わせ・意見交換
平成 22 年 6 月 27 日～ 28 日	平成 22 年度第 1 回チーム全体会議(非公開)	国立環境研究所	13 名	1)G4 モデル集中討議 2)G1～G3 進捗報告 3)国立環境研究所 研究施設見学
平成 22 年 7 月 12 日～ 13 日	G2 会議(非公開)	岡山大学	2 名	1)G2 の重要課題である固形物中の医薬品等微量化学物質測定のための実験 2)研究打ち合わせ
平成 22 年 7 月 15 日～	G2 研究打ち合わせ(非公開)	高知大学	4 名	1)研究協力者(福垣内)を交えて医薬品の吸着・光触媒分解に関する

16日				る研究打ち合わせ
平成22年 7月28日～ 29日	サイトビジット (非公開)	高知大学	16名	1) 研究進捗状況報告と討議 2) 実験現場視察
平成22年 7月29日	平成22年度第2回 チーム全体会議 (非公開)	高知大学	16名	1) サイトビジットでの指摘事項への 対応に関する議論
平成22年 8月4日～ 5日	G2会議(非公開)	北海道大 学大学院 工学研究 科	3名	1) サイトビジットでの指摘事項への 対応に関する議論
平成22年 9月9日～ 10日	G2・G3合同会議 (新G2会議) (非公開)	京都大学	8名	1) 研究成果発表 2) 家畜排せつ物に関する資料・ 情報収集 3) 再編後の新G2の研究方針に 関する打ち合わせ 4) 大阪府猪名川流域下水道原田 みらいセンターにて汚泥処理施設 の見学
平成22年 9月15日～ 16日	G1会議(非公開)	鳥取大学 大山共同 研修所	35名 (学 生29 名を 含 む)	1) G1研究打ち合わせ 2) サントリー奥大山工場にて、水 高付加価値利用施設見学
平成22年 11月4日	G3会議(非公開)	高知大学 農学部	6名	1) 研究成果発表 2) 再編後の新G3の研究方針に 関する打ち合わせ
平成22年 11月6日	平成22年度 水利用領 域キックオフミーティング	JST ホール(JST 東京本 部)	7名	1) 平成22年度採択課題の研究 発表に対する意見交換 2) ポスターセッションで研究 発表・討議
平成22年 11月14日	平成22年度第3回チー ム全体会議(非公開)	高知大学 朝倉キャン パス	13名	1) G1集中発表 2) 新G2研究方針説明 3) G1/G2/G3との連携の議論
平成22年 12月17日	G1会議(非公開)	サムティ・ フェイム・ 新大阪	5名	1) 次年度の研究計画 2) 土壌浄化壁に関する研究計画 3) 今後の予定の確認
平成22年 12月22日	G4現地視察・打ち合 わせ(非公開)	高知県 高知市	5名 (学 生2 名を 含 む)	1) 高知市の施設園芸の現地視察 2) 衛星画像におけるハウス位置 情報の確認およびハウス分布情報 整理に関する意見交換
平成22年 12月27日	平成22年度第4回 チーム全体会議 (非公開)	岡山大学 環境理工 学部	16名	1) 新G2集中発表 2) G4準集中発表 3) 次年度研究計画発表および議



				論 4) 全体討議 5) G1-G4 各サブリーダーH23 研究計画書作成に向けて
平成 23 年 1 月 4 日	G2 会議(非公開)	高知大学 農学部	4 名 (技 術職 員 1 名を 含 む)	1) 堆肥化施設での温室効果ガス 計測に関する打ち合わせ
平成 23 年 3 月 10 日～ 11 日	平成22年度第 5 回 チーム全体会議 (非公開)	鳥取大学	18 名 (学 生 2 名を 含 む)	1) 本年度成果の発表 2) 全体報告会に向けての準備 3) 次年度チーム運営計画の議論
平成 23 年 3 月 24 日～ 25 日	G1 研究打ち合わせ(非 公開)	高知大学 農学部	6 名 (学 生 2 名を 含 む)	1) クリーニングクropp前処理試 料の電子顕微鏡写真撮影と関連 研究打ち合わせ
平成 23 年 4 月 14 日～ 15 日	G2 会議(非公開)	高知大学	7 名	1) クリーニングクroppおよび食用 カンナを利用した肉用牛の育成方 法, および肉用牛育成時の飼料効 率の算出方法および家畜糞尿採 取方法の協議 2) 牛糞焼却灰の分析とリン源とし ての利用に向けた議論 3) 堆肥からの GHG 測定と堆肥研 究の方向性の打ち合わせ
平成 23 年 4 月 20 日	G4 会議(非公開)	東京	5 名	1) H23 年度の研究計画の発表お よび確認
平成 23 年 5 月 11 日～ 12 日	G2 会議(非公開)	北海道 大学	6 名	1) 堆肥化研究へのモデル導入へ の協議 2) 家畜尿からの栄養塩回収方法 と医薬品除去方法の打ち合わせ 3) トータルプロセスとしての家畜 尿処理方法の議論 4) 医薬品の電解処理時の挙動と 中間生成物の分析の議論
平成 23 年 6 月 3 日～4 日	平成 23 年度第 1 回チー ム全体会議(非公開)	京都大学	20 名	1) H23 年度研究計画・成果発表 予定の発表 2) 研究成果の社会実装化に向け た特別講演および打ち合わせ 3) 新規開始研究に関する集中討 議

平成 23 年 7 月 13 日～ 14 日	堆肥会議(非公開)	高知大学	13 名 ( 学生 3 名 を含 む)	1) G2 内の堆肥に関する意見交換 および認識の共有 2) 高知大学内の堆肥作成施設の 見学
平成 23 年 8 月 11 日～ 12 日	平成 23 年度第 2 回 チ ーム全体会議 (非公開)	北海道 洞爺	20 名	1) 研究グループ内の研究進捗状 況報告 2) 論文化進捗状況報告
平成 23 年 10 月 13 日	G3 会議(非公開)	高知大学	5 名	1) 進捗状況の報告と研究打ち合 せ 2) G3 における研究コンセプトの打 ち合わせ
平成 23 年 10 月 13 日 ～14 日	G1 会議(非公開)	高知大学	17 名 ( 学生 5 名 を含 む)	1) G1 内の N <sub>2</sub> O に関するデータに ついての集中議論および今後の 取り組みの打ち合わせ 2) 植物生態に関する勉強会
平成 23 年 11 月 5 日	平成 23 年度領域報告 会キックオフミーティング	東京	8 名 (チー ムか らの 参加 人数)	1) 研究成果および今後の見通し の発表 2) 平成 22 年度および 23 年度採 択課題の研究発表に対する意見 交換
平成 23 年 12 月 5 日	G2 会議(非公開)	高知大学	5 名	1) G2 の全体像および研究のつな がりの明確化に向けた討議
平成 23 年 12 月 22 日	G2 会議(非公開)	東京	6 名	1) G2 の全体像コンセプトの共有と 研究間の連携に向けた討議 2) 家畜尿からの栄養塩回収と医 薬品除去のシステム構成に関する 協議
平成 23 年 12 月 22 日	G4 会議(非公開)	東京	4 名	1) H23 年度成果の発表と確認
平成 23 年 12 月 22 日	第 1 回農業分野合同勉 強会	東京	16 名	1) CREST 澁澤チームとチームの 取り組みの紹介と勉強会および情 報交換
平成 23 年 12 月 23 日	平成 23 年度第 3 回チー ム全体会議 (非公開)	東京	18 名	1) チーム運営方針および状況の 報告 2) チームコンセプト図の改善に向 けた協議 3) 研究成果および次年度研究計 画の発表 4) G4 による G1-G3 の成果の評価 に向けた討議
平成 24 年 1 月 31 日	埼玉県環境科学国際セ ンター講演会	埼玉会館 小ホール	1(チ ーム)	1) 埼玉県環境科学国際センター が主催する県民向け講演会

		(埼玉)	からの参加名数) + 170名	
平成 24 年 3 月 13 日	第 2 回公開シンポジウム	高知会館 (飛鳥)	62 名	1) 招待講演 2) 本研究グループのコンセプトおよび研究内容, 成果の発表
平成 24 年 4 月 13 日	G4 会議(非公開)	高知大学	5 名	1) H23 年度の成果報告 2) H24 年度の研究計画
平成 24 年 6 月 16 日	講演会 (アスエコカフェ)	岡山	18 名	一般市民向けに G1 での研究を紹介
平成 24 年 6 月 22 日	第 1 回チーム全体 会議(非公開)	東京	12 名 +学 生 1 名	1) H24 年度の運営方針 2) H24 年度研究計画・成果発表 予定の発表
平成 24 年 6 月 22 日	第 3 回公開 シンポジウム	東京	68 名	1) 招待講演 2) 本研究グループのコンセプトおよび研究内容, 成果の発表
平成 24 年 6 月 23 日	チーム会議 (非公開)	東京	14 名 +学 生 1 名	1) H24 年度研究計画・成果発 予定の発表 2) 新規開発技術の評価に向けた 情報共有
平成 24 年 8 月 20 日	G2 会議 (非公開)	高知大学	5 名+ 学生 1 名	肉用牛肥育試験の結果に関する 情報共有と議論
平成 24 年 8 月 23 日	G1 会議 (非公開)	岡山大学	4 名+ 学生 1 名	1) 研究成果の論文文化に向けた討 論 2) 得られた成果の研究機関間の 共有
平成 24 年 8 月 29 日～ 31 日	第 2 回チーム 全体会議(非公開)	北海道洞 爺	17 名 +学 生 3 名	1) H24 年度前期の成果発表 2) 新規開発技術の評価に向けた 議論
平成 24 年 12 月 14 日	第 3 回チーム全体会議 (非公開)	高知大学	16 名 +学 生 6 名	1) H24 年度研究進捗状況の報告 2) H25 年度研究計画の報告
平成 24 年 12 月 14 日	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」	高知大学	45 名	1) 招待講演 2) CREST 澁澤チームとチームの 取り組みの紹介 3) 若手研究者による研究成果報 告
平成 24 年 12 月 15 日	第 3 回チーム全体会議 (非公開)	高知大学	17 名 +学	1) H24 年度研究進捗状況の報告 2) H25 年度研究計画の報告

			生 6 名	
平成 25 年 3 月 6 日	第 4 回チーム全体会議 (非公開)	埼玉	14 名	1) チーム運営方針および状況の 報告 2) H24 年度研究成果の報告 3) 次年度研究計画の発表 4) 埼玉県環境科学国際センター 見学
平成 25 年 3 月 7 日	第 4 回チーム全体会議 (非公開)	東京	16 名	1) H24 年度研究成果の報告 2) 次年度研究計画の発表
平成 25 年 4 月 4 日	G1 会議(非公開)	高知大学	6 名	平成 24 年度研究成果報告と議論
平成 25 年 4 月 22 日	G4 会議(非公開)	東京会議 室	7 名	1) 全体評価の今後の計画に関する 認識の共有 2) 共同研究部分の認識の共有
平成 25 年 6 月 7 日	チーム会議(非公開)	東京会議 室	15 名	1) チームの研究進捗状況の共有 2) 新規研究協力者の紹介 3) 各研究者の研究進捗状況の報 告
平成 25 年 6 月 9 日	チーム会議(非公開)	北里大学	19 名	1) 研究成果の社会実装へ向けた 講演 2) 研究協力者からの特別講演 3) 各研究者の研究進捗状況の報 告
平成 25 年 7 月 10 日	G1 会議(非公開)	高知大学	6 名	立毛湛水試験の詳細に関する打 ち合わせ
平成 25 年 7 月 22 日	G1 会議(非公開)	高知大学	5 名	立毛湛水試験の実験修正に関す る打ち合わせ
平成 25 年 7 月 25 日	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 ” 循環型社会の構築を目 指した水の再利用と農 業システム”	京都大学 時計台 記念館	100 名	「持続可能な水利用を実現する革 新的な技術とシステム」研究領域 における 3 チームによる特別セッ ションが行われ、カスケード型資源循 環システムについて発表した。
平成 25 年 8 月 6 日	G1 会議(非公開)	高知大学	6 名	湛水試験のモデル化のパラメータ に関する打ち合わせ
平成 25 年 9 月 17 日	G4 会議(非公開)	高知大学	4 名	サイトビジットでの報告事項に関す る事前協議
平成 25 年 9 月 20 日～ 21 日	サイトビジット(非公開)	高知大学	27 名	1) チーム研究進捗概要の発表 2) 重要課題の進捗に関する発表 3) 現地視察、研究説明
平成 25 年 9 月 22 日	チーム会議(非公開)	高知大学	18 名	1) 各研究者からの研究進捗状況 の報告 2) 開発システムの社会実装に向 けた現地見学会
平成 25 年 12 月 11 日	G1 会議(非公開)	高知大学	4 名	平成 25 年の立毛湛水試験の経過 報告に関する打ち合わせ

平成 25 年 12 月 13 日	チーム全体会議(非公開)	東京会議室	18 名	1) チーム研究進捗概要の共有 2) 各研究者からの研究進捗状況の報告 3) 最終年度に向けた次年度計画の議論
平成 25 年 12 月 14 日	チーム全体会議(非公開)	東京会議室	18 名	1) 各研究者からの研究進捗状況の報告 2) 最終年度に向けた次年度計画の議論
平成 25 年 12 月 14 日	CREST 水利用領域・農学研究分野 藤原・澁澤チーム 第 3 回 合同ワークショップ「農学から発信する水問題最前線」	東京農工大学	17 名 (チームからの参加者)	CREST 澁澤チームとチームの取り組みの紹介と勉強会および情報交換
平成 25 年 12 月 14 日	京都大学—清華大学—JST CREST 日中環境技術共同研究・教育の促進に関するシンポジウム	清華大学	89 名	日本科学技術振興機構(JST)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」に参加する京都大学の研究チームによるシンポジウムとして実施。当チームの研究概要と担当する水・バイオマス資源のカスケード型循環システムの開発を発表。
平成 25 年 12 月 15 日	国際展開会議(非公開)	東京	6 名	AGRO'2014 を通じての CREST 国際展開についての議論
平成 26 年 1 月 30 日	G4 会議(非公開)	東京会議室	4 名	最終年度に向けた全体評価の進め方の打ち合わせ
平成 26 年 2 月 20 日	G1 会議(非公開)	高知大学	4 名	平成 25 年の立毛湛水試験の経過報告に関する打ち合わせ
平成 26 年 3 月 6 日～7 日	チーム全体会議(非公開)	鳥取大学	18 名	1) チーム研究進捗概要の共有 2) 各研究者からの平成 25 年度の研究結果報告と次年度計画の発表 3) 次年度論文投稿予定の議論
平成 26 年 6 月 4 日	G4 会議(非公開)	東京会議室	5 名	CREST 領域報告会に向けた、G4 取りまとめ方針に関する議論
平成 26 年 6 月 13 日	チーム全体会議(非公開)	東京	13 名	1) チーム研究進捗概要の共有 2) 各研究者からの研究進捗状況報告
平成 26 年 6 月 15 日	チーム全体会議(非公開)	東京	14 名	1) チーム研究進捗概要の共有 2) 各研究者からの研究進捗状況報告
平成 26 年 9 月 1 日～2 日	チーム全体会議(非公開)	北海道札幌北広島	14 名	1) チーム研究進捗概要の共有 2) G4 による評価の方向性の最終確認
平成 26 年 9 月 19 日	International Symposium	ルーヴェン・カトリック	10 名	新たな排水処理技術、および排水処理によって生じる汚泥や処理残

	Sustainable wastewater and sludge treatment and management	ク大学(ベルギー)		渣の有効利用に関するミニシンポジウムをルーヴェンカトリック大学主催、本チーム、京都大学地球環境学堂の共催により実施し、国際的な情報交換の場とした。本チームからは4名の講演を実施した。
平成 26 年 9 月 26 日	高知大学(サイエンスカフェ@物部 II)での講演(筒井裕文)	高知大学	30 名	「よりよい堆肥づくりを目指して-温室効果ガス排出削減に着目して-」と題して G2 の成果をわかりやすく説明した
平成 26 年 10 月 1 日	G4 会議(非公開)	東京会議室	3 名	G4 の研究取りまとめ方針に関する議論
平成 26 年 10 月 21 日	チーム全体会議(非公開)	愛媛大学	14 名	1) チーム研究進捗概要の共有 2) 各研究者からの研究進捗状況報告 3) ラボ・施設見学
平成 26 年 12 月 19 日	第 4 回農業分野合同シンポジウム「CREST 水利用領域から農業分野への発信」	キャンパス・イノベーションセンター東京	52 名	1)招待講演 2)特別講演 3)藤原チーム報告 4)澁澤チーム報告 5)パネルディスカッション
平成 27 年 3 月 2 日	平成 27 年「農業地域の資源循環についての交流会」での講演(藤原拓、伊藤竜生)	北海土地改良区(岩見沢市)	44 名	1)藤原拓の講演 2)伊藤竜生の講演 3)農業地域の資源循環についての意見交換
平成 27 年 3 月 11 日	チーム全体会議(非公開)	高知会館	14 名	1) CREST 研究総括 2) G4 最終取りまとめ方針についての議論
平成 27 年 3 月 11 日	第 4 回公開シンポジウム	高知会館(飛鳥)	57 名	本研究グループのコンセプトおよび研究内容、成果の発表

## §6. 最後に

- 農業地域の環境負荷削減と価値創出を同時に実現する、「面的水管理・カスケード型資源循環システム」の構築をめざし、5年半にわたる CREST 研究を行ってきました。研究推進にあたっては、研究総括の大垣眞一郎先生、副研究総括の依田幹雄先生、課題担当アドバイザーの宮崎毅先生をはじめとする領域アドバイザーの先生方に大変お世話になりました。サイトビジットや領域会議での温かく厳しいご指摘は、我々若いチームにとって大変勉強になり、その課題を乗り越えることで、成長することができました。心より感謝申し上げます。
- チームでは、様々な分野から 94 名の研究参加者の協力を得ることができました。異分野の研究者が集まるチーム会議は、自分の知らないことを学べる非常に楽しいミーティングでした。チーム全員が異分野の研究者の考え方を尊重し、また互いに教えあい学びあう、最高のチームでした。CREST は領域をバーチャルインスティテュートとして運営することとしていますが、我々のチームはバーチャルラボラトリーとして、研究計画から実施、そして論文執筆に至るまで、まさに同じ研究室の仲間として5年半を過ごすことができました。チームメート各位に、心より感謝申し上げます。
- このような異分野研究者が多数集まったチームにおいて、研究開始当初に研究コンセプトを共有し、それをコンセプト論文”Concept of an innovative water management system

with decentralized water reclamation and cascading material-cycle for agricultural areas”として公表できたことは、チームが同じ目標を目指して研究を推進するうえで大きな力となりました。そして、CREST 終了前に IWA 国際会議 AGRO’2014 を高知市で主催し、CREST 成果を世界に集中発信できることは、この5年半でコンセプトを形にできたことを意味しており、研究代表者として大きな喜びです。

- 今回の CREST を通じて、私自身が大きく成長させていただきました。研究成果はもちろんですが、もっとも貴重な成果はお世話になった様々な方とのつながりと考えています。お世話になったすべての皆様に感謝申し上げます。

研究代表者 藤原 拓