

藤原 拓

高知大学教育研究部自然科学系農学部門・教授

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

§1. 研究実施体制

本研究チームでは、汚濁物質の分散した排出源に対応した「面的な水再生技術の開発」、ならびに、空間的に分散しているさまざまな質をもつバイオマス資源に対応した「カスケード型資源循環システムの開発」という全体コンセプトのもとで、農業地域の水質汚染に関する諸課題を解決しうる革新的な技術とシステムの開発を目指して研究を行っている。この全体目標達成のため、研究課題別に機関横断型の4サブグループを設けている。各サブグループの内容および分担機関を以下に示す。

【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

(分担:高知大学, 岡山大学(前田), 岡山大学(永禮), 鳥取大学)

【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

(分担:高知大学, 北海道大学, 京都大学, 愛媛大学)

【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

(分担:高知大学, 岡山大学(永禮))

【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

(分担:高知大学, 国立環境研究所, 鳥取大学, 埼玉県環境科学国際センター)

また、研究機関別の詳細な研究実施項目および体制を以下にまとめる。

(1)「高知大学」グループ

① 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)

② 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

- ・ 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作物の栽培条件の検討
 - ・ 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**
- 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
 - ・ 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
 - ・ 回転円板型医薬品処理装置の開発
 - ・ 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
 - 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
 - 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
 - 開発システムの社会実装に向けた研究
- 【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**
- 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)
 - ・ クリーニングクropp(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
 - 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
 - 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**
- ・ 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) 北海道大学グループ

① 主たる共同研究者: 船水 尚行 (国立大学法人北海道大学大学院工学研究院, 教授)

② 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

- 糞便処理
 - ・ 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
- 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
- 雑排水処理
 - ・ 雑排水の傾斜土層処理装置の設計
- 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
 - ・ 雑排水処理水・コンポストの農業利用に関わる質の評価

(3) 国立環境研究所グループ

① 主たる共同研究者: 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, 室長)

② 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

- ・ 開発技術・システム評価

(4) 岡山大学(前田)グループ

① 主たる共同研究者: 前田 守弘 (国立大学法人岡山大学大学院環境学研究科, 准教授)

② 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

- 面的植物浄化・水再生システムの構築
 - ・ クリーニングクロープすき込み時の環境影響評価の検討
 - ・ 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(永禮)グループ

① 主たる共同研究者: 永禮 英明(国立大学法人岡山大学大学院環境学研究科, 准教授)

② 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

○ 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

【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

○ 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

(6) 京都大学グループ

① 主たる共同研究者: 高岡 昌輝(国立大学法人京都大学大学院工学研究科, 教授)

② 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

○ 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

(7) 鳥取大学グループ

① 主たる共同研究者: 赤尾 聡史(国立大学法人鳥取大学大学院工学研究科, 助教)

② 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

○ 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

【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

○ 「分散型水・資源再生システム」統合評価に関する研究

- ・ 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

(8) 埼玉県環境科学国際センターグループ

① 主たる共同研究者: 長谷 隆仁(埼玉県環境科学国際センター資源循環・廃棄物担当,

専門研究員)

② 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

- ・ 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) 愛媛大学グループ

① 主たる共同研究者: 深堀 秀史(国立大学法人愛媛大学農学部, 助教)

② 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
- ・ 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

§2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

【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

高知大学農学部のライシメーター設置圃場において、H24 年度は、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。40 日の栽培(9/29-11/7)の後に湛水試験(11/13-21)を行い、短期栽培時の浄化効果と栽植密度の影響を評価した。栽培・湛水期間の硝酸態窒素溶脱量は、50 日栽培時にはクリーニングクロープ(CC)を栽培しない対象区と比較して春季 86%以上、夏季 88%以上の削減であったのに対し、40 日間栽培ではこれよりやや低下するものの 66%-74%の削減が可能であった。栽植密度による溶脱量の有意差はなかった。亜酸化窒素(N₂O)排出量に関しては、対照区の放出量が過去の夏季・春季栽培等と比較して少なかったため、CC 栽培による排出抑制効果は見られなかった。

一部の実験区(実圃場栽培試験区)では CC を 40 日間で刈り取らず 50 日間まで栽培を継続し、短期栽培条件(40 日間)での窒素吸収量を、50 日間での値と比較した。密植区と標準区においては、40 日間栽培での吸収量は 50 日間栽培の 82-86%であったが、疎植区では 70%にとどまった。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、とくに疎植区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。

CC 収穫物の土壌還元が土壌特性および商品作物栽培に及ぼす影響について、実圃場にて長期評価試験を実施している。ニラなどの多施肥作物栽培後にその残渣を鋤き込んだ場合の CC による土壌中硝酸態窒素の除去効果は、CC 栽培 4 週間で湛水除塩と同等の効果を得ることが可能と示唆された。また、CC 土壌還元による土壌物理性の改善効果を土壌耐水性団粒の平均重量直径で比較した結果、CC 地上部全量、半量還元は、地上部を持ち出したものに比べて有意に大きくなったが、全量と半量の間には差はみられなかったことから、地上部半量還元でも土壌物理性改善効果を期待できると判断された。

岡山大学では、CC 収穫物の土壌還元による影響を室内実験により検討した。好気条件下で調べたところ、トウモロコシ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 日継続した。また、トウモロコシを混和した水田土壌において N₂O 発生速度が低下した。次いで、トウモロコシおよび堆肥を土壌混和して密閉培養を行ったところ、一時的に有機物無添加と同程度の N₂O が発生するものの、気相の N₂O はトウモロコシで 1 日以内、堆肥で 1 週間以内に N₂ に還元されることがわかった。このことから、土壌表面からの N₂O 発生をマルチ被覆によって低減する方法を考案し、マルチの N₂O 透過性を検討した。その結果、ポリオレフィン系マルチの N₂O 透過性はポリエチレン系マルチのそれよりも小さいことがわかった。さらに、水田および湿地土壌を硝酸態窒素を含む水溶液に添加し、湛水状態で 7 日間静置したところ、低 pH 条件下では硝酸態窒素除去能が低く、N₂O 発生量が多いことがわかった。

CC や水生植物等の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では、発酵におけ

る補助材料(通常、酵母エキスなど)を地域にある資源に求める検討として、糖源でもある CC から窒素やリンに代表される栄養素を得ることを検討した。H23 年度までに開発した CC からの栄養塩回収技術⁶⁾と CC 糖化実績を使うことで、CC として栽培されたトウモロコシから 30 mg-N/g-単糖、5 mg-P/g-単糖(単糖の炭素に対して C/N 比:13, C/P 比:80)を得た。また、酵母エキスを用い、高温 L-乳酸発酵に必要な窒素とリン量を求めた結果、C/N 比:27-35, C/P 比:234 を得た。CC であるトウモロコシにおいては、窒素とリンについてトウモロコシ自身で充分賄える計算となるが、実際にトウモロコシの窒素とリンを用いて発酵を行った結果、21 mg-N/g-単糖、3.4 mg-P/g-単糖(C/N 比:19, C/P 比:118)程度必要と求まり、自身で賄えることを確認した。以上の結果は、IWA 13th Anaerobic Digestion World Congress (2014 年 6 月)で報告予定である。また、水生植物バイオマスのカスケード利用として、ポリフェノール、栄養塩そして糖を回収するプロセスを論文として発表した¹³⁾。

バイオマスからの栄養塩回収技術開発では、H23 年度までの研究において、破碎した乾燥バイオマス試料を水に浸漬することで、バイオマス中のリンとカリウムが 80%程度以上の効率で抽出できること、リンについてはリン酸カルシウムの沈殿として回収できることを示していた⁶⁾。H24 年度は、リン酸カルシウム沈殿物の回収率把握、組成分析を行ったほか、リンとカリウムの同時回収方法について検討した。リン酸カルシウム沈殿物は 100 g の乾燥バイオマスから 3.3 g 得ることができ、沈殿には確かにリンが含有されていること、沈殿物をヒドロキシアパタイト(HAP)と仮定した場合の純度は 35%であった。カリウムの回収に関しては、pH とカリウム濃度を適正に維持すれば、リンとカリウムを含む沈殿物の生成が可能であることを確認した。

【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

低環境負荷型の肉用牛生産技術を提案するため、サイレージ化食用カンナを給餌した高知系褐毛和種の肥育試験を実施し、飼育における物質収支を調査した。これまでの飼養期間中の増体重、飼料摂取量、飲水量は、黒毛和種の飼養標準と同等であったが、家畜はいせつ物量推定プログラム(農研機構)による肉用牛の糞尿排出量と比較すると、排せつ物の新鮮重、乾重は約半分となった。カンナ給餌区は無給餌区と比べ、1 日当たりの飼料摂取量、糞尿排出量、および増体量に差は認められなかったものの、長期的な成分調査の結果、排せつ物中の有機物に差は見られないものの、リン濃度が 0.3~0.5%ds 程度増加する傾向がみられ、成長とともに、排せつ物からのリン回収に有利となることが推測された。

液化ジメチルエーテルによる牛糞の脱水・乾燥について、流通式実験装置で検討した結果、粒径 4.8 mm、流通速度 0.382 m/h の条件では、1 時間(液固比 40)で 88%、2 時間(液固比 80)で 98%の水分を脱水できることが明らかとなった。既存の熱による乾燥法と比較して所要面積は 1/6 以下にできると見込まれるが、エネルギー消費は依然と高く、省エネルギー化が必要である。大規模パイロット焼却実験装置を用いた牛糞の焼却実験により、通常燃焼時における牛糞からの N₂O 排出係数は、5.4 gN₂O-N/g-N(牛糞)程度であり、H22 年度に実施したベンチスケールの実験における排出係数(ICPP の Emission Factor Database に反映⁴⁾)と概ね整合した上、国内

の排出係数の設定値である $0.1 \text{ gN}_2\text{O-N/g-N}$ (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。

コンポストの熟成過程を有機物特性から評価することを試みた結果、糞便由来のフミン酸が蓄積するとともに高分子化しており、特に負電荷側鎖が相対的に増加することを見出した。また、堆肥化過程の間欠ばつ気運転時の温室効果ガス発生メカニズムに関して、好気条件では硝化由来の N_2O が、一方で嫌気/微好気条件では脱窒由来の N_2O が速やかに切り替わりつつ発生することを明らかにした¹⁴⁾。また、酸素濃度が堆肥化過程の窒素動態に及ぼす影響の調査を開始した。堆肥製造プロセスの把握および圃場中医薬品の挙動把握のため、北見に実証サイトを整え、堆肥製造過程の反応と温度分布の調査を行った。さらに、圃場内での医薬品の挙動の調査に向けた取り組みを開始するとともに、新規開発技術の実社会への適用に向けて聴き取り調査を行った。

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さ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。

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結果、窒素肥料への混入が疑われる医薬品が明らかとなった。また、コンポスト過程における医薬品の挙動についても検討し、医薬品が化学的反応により分解されることを明らかにした。

機能性材料を用いた医薬品処理について、疎水性ゼオライトをベースに酸化チタン-ゼオライト複合体を合成し、光触媒反応による抗菌剤の分解挙動の調査、複合材を用いた反応のモデル化を行った。また、酸化チタンと疎水性ゼオライトを搭載した回転円板型装置を作製し、医薬品の除去挙動と共存物質の影響を調査した。

イオン液体を用いて製紙スラッジ中から取り出した無機成分を活用して酸化チタン-ゼオライト複合体の合成を行い、アンモニウムイオンの吸着に適用したところ、すべての条件において吸着が観察された。また、同時に回収したセルロースの、水系での水質浄化剤固定材料としての可能性を検証した。

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。

【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

廃棄ユズ果皮残渣の高付加価値再資源化を目的として、ユズ果皮に含まれるペクチンおよびセルロース成分特有の性質を保った状態で、段階的に抽出するための効率的な抽出方法を検討

した。ペクチンを酸条件下 (2×10^{-5} mol, 2×10^{-3} mol および 2×10^{-1} mol 塩酸) で抽出した場合、酸濃度が高くなるにつれて、ペクチンの主成分であるガラクトuron酸量が増加する結果となった。アルカリ条件下 (0.1%, 0.5%, 1% 水酸化カリウム) では、各抽出時間 (30分, 60分, 120分) の粗ペクチン抽出量はアルカリ濃度が高くなるにつれて、増加した。しかし、ペクチンの主成分であるガラクトuron酸量は、30分および60分間抽出した場合、アルカリ濃度増加に伴い抽出量も増加したが、120分では濃度1%以上で抽出量が減少した。

酸条件下で処理を行った後、イオン液体で抽出処理したセルロースの抽出量は、その濃度が高くなるにつれて増加した (最大 0.04 g)。しかし、最も濃度の高い 2×10^{-1} mol 塩酸で処理した場合、繊維が破壊されていた。酸濃度が高い場合、分子量の高いセルロースを得ることができないと考えられる。一方、アルカリ条件下で処理を行った後、イオン液体で抽出処理したセルロースの抽出量は、加熱時間・濃度による違いは観察されず、0.06–0.09 g のセルロースが抽出された。ペクチンとセルロースを段階的に抽出するための最適条件は、1%濃度の水酸化カリウム、30-60分の加熱時間でユズ果皮を処理した後、イオン液体で処理する条件であることが示唆された。

農薬等の使用低減による水環境保全を目的としてパラフィンを用いて温度応答性インテリジェント機能紙の調製を試みた。この技術により、所定温度でのみ農薬が徐放出来る機能紙の創製が期待される。ポリメタクリル酸メチル (MMA) を用いて、防虫剤である N,N-ジエチル-3-メチルベンズアミド (DEET) およびパラフィンを予めマイクロカプセル化した後、紙表面上でナイロン膜を合成することにより、DEET-パラフィン複合体の紙への定着を行った。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。また熱分析によりパラフィンの定着が確認された。エチレンジアミン (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。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。

ユズ果皮ペーストをブリ用飼料添加剤として利用し、抗酸化効果や香りの付加を得るために必要な含量と給餌期間に関しては、H23 年度までに確認した⁸⁾。続いて、この成果を基に実際の海面生け簀で養殖されているブリ (高知県宿毛湾) で実証試験を行ったがユズ果皮添加による効果が明確でなかった。そこで、H24 年度はユズ果皮添加量の増加と給餌期間の延長を行った (添加量 100g/kg 飼料, 給餌回数 20 回)。その結果、ユズ香気成分のブリ肉質への移行と歯ごたえの向上が確認できた。本試験で生産されたブリは「土佐ゆずぶり」としてくら寿司にて販売された。マダライ幼魚においては、飼料にユズ果皮ペーストを添加することで、脂質酸化の抑制や血中ビタミン C 量の増加が確認できたが、50g/1,450g 飼料以上の添加では、成長阻害効果が見られた。今後は出荷サイズに近い大型の個体で成長への影響を再確認する必要がある。

マルソウダ煮熟水の養殖魚飼料添加剤への利用では、煮熟水が消化を促すホルモンであるコレシトキニン (CCK) の遺伝子発現量を通常の魚粉よりも強く誘導することを明らかにした。

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、H24 年度は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) を取り上げ、オゾン、フェントン反応による酸化分解処理を検討し、bmim の分解を確認した。

【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

システム全体の総合評価では、既存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、水環境保全、温室効果ガス排出量ならびに最終処分量等を制約条件とした線形計画法で最適化問題を解くことで、技術の選択ならびに技術の(地理的)配置を行う。選択された技術システムで変化するバイオマス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勘定する。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。

高知大学では、G1で構築する面的植物浄化・水再生システムの効果を広域で見積もるため、リモートセンシング画像からの園芸施設の自動抽出手法の開発を行なった。その結果、園芸施設は抽出されるものの誤抽出率が高く、手法の改良が必要であった。また、施設園芸の盛んな高知市春野地域で窒素動態を把握するため、水文モデルに入力するための気象・土地利用・水路網データの整備を行なった。これはH25年度も継続する予定である。

鳥取大学では、分散型水・資源再生システムを対象に技術選択手法と水環境保全を制約条件とした際のシステム最適化問題を担当した。評価に利用する情報(本チームで検討中の技術や流域資源の空間情報)の収集・整理を行い、各要素技術の生産関数や費用関数、環境負荷関数などの評価関数を作成した(一部は更新継続中)。また、水環境保全を制約条件とした際のシステム最適化問題を評価するプログラム開発を行い、これを仮想データに対して適用し、システム適用条件の評価が可能であることを示した。今後は高知県の農業地域をモデルケースとした複数の資源再生・水環境保全システムを対象に最適化計算、シナリオ計算を行い、費用や環境負荷が従来システムと比較して削減されるケースを分析し、システムの適用範囲(費用・環境負荷削減条件)の検討を行う見通しである。

埼玉県環境科学国際センターでは、バイオマス資源分布等のデータベース整備と要素技術の物質収支等の把握を継続した。後者の物質収支等の把握については、G2・G3グループにおける開発技術における材料等のインプット・アウトプットに関わる物質収支、電力等ユーティリティー等のデータの収集と整理を行った。データの収集・整理と並行して、最適化モデルの改良を行った。すなわち、温室効果ガス・窒素負荷・処分量など評価項目の最適化モデルへの追加を行うとともに、乳酸発酵・リン等回収技術のカスケード型の処理システム等のCREST開発技術のモデルへの追加を検討し、パラメータ仮設定下で試算を行い、解が得られることを確認した。

国立環境研究所では、高知県において食品流通等からのバイオマス残渣の重量と炭素・窒素フローを把握して、H23年度までに開発したバイオマス投入算出表に搭載し、これを用いて、新技術導入等によるマテリアルフローの変動に対応して炭素および窒素フローの変化を推計する手法を示すとともに、投入産出表上の各セクター・既存技術における炭素および窒素の収支の精査を進めた。今後は、欠損データや収支の精査を進めて、高知県における重量・炭素・窒素フローを表現するバイオマス投入産出表として完成させる予定である。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. Ichiura, H., Takayama, M., and Ohtani, H. (2012) Interfacial polymerization preparation of functional paper coated with polyamide film containing volatile essential oil, *Journal of Applied Polymer Science*, **124**, 242-247. (DOI: 10.1002/app.33900).
2. Fujiwara, T. (2012) Concept of an innovative water management system with decentralized water reclamation and cascading material-cycle for agricultural areas, *Water Science and Technology*, **66(6)**, 1171-1177. (DOI: 10.2166/wst.2012.246).
3. Fukahori, S., Fujiwara, T., Ito, R., Funamizu, N. (2012) Photocatalytic decomposition of crotamiton over aqueous TiO₂ suspensions, determination of intermediates and the reaction pathway, *Chemosphere*, **89(3)**, 213-220. (DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.04.018).
4. Oshita, K., Sun, X., Taniguchi, M., Takaoka, M., Matsukawa, K., Fujiwara, T., (2012) Emission of Greenhouse Gases from Controlled Incineration of Cattle Manure, *Environmental Technology*, **33(13)**, 1539-1544.
5. Akao, S., Maeda, K., Nakatani, S., Hosoi, Y., Nagare, H., Maeda, M., Fujiwara, T. (2012) 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.
6. Nagare, H., Fujiwara, T., Inoue, T., Akao, S., Inoue, K., Maeda, M., Yamane, S., Takaoka, M., Oshita, K., Sun, X. (2012) Nutrient Recovery from Biomass Cultivated as Catch Crop for Removing Accumulated Fertilizer in Farm Soil, *Water Science and Technology*, **66(5)**, 1110-1116. (DOI: 10.2166/wst.2012.291)
7. Ushijima, K., Ito, K., Ito, R., Funamizu, N. (2012) Greywater Treatment By Slanted Soil System, *Ecological Engineering*, **50**, 62-68. (DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.04.028).
8. Fukada, H., Furutani, T., Shimizu, R., Masumoto, T. (2012) 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*. (accepted).

9. 前田守弘, 仲宗根安弘, 岡本啓史, 浅野裕一, 藤原拓, 永禮英明, 赤尾聡史 (2012) クリーニングクロープ導入によるナス施設栽培休閑期における栄養塩溶脱負荷の削減, 土木学会論文集 G(環境), **68(7)**, III_103-III_111.
10. 長谷隆仁, 渡辺洋一, 河村清史 (2012) 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)**, pp.195-200.
11. Ichiura H., Matsuike T., and Ohtani Y. (2013) Low Methoxylated Pectin for Preparation of an Intelligent Functional Sheet with Responsiveness to Sodium Ions, *Journal of Applied Polymer Science*, **127**, 1725-1729. (DOI: 10.1002/app.37902).
12. Fukahori, S., Fujiwara, T., Funamizu, N., Matsukawa, K., Ito, R. (2013) Adsorptive removal of sulfonamide antibiotics in livestock urine using the high-silica zeolite HSZ-385, *Water Science and Technology*, **67(2)**, 319-325. (DOI: 10.2166/wst.2012.513).
13. Akao, S., Maeda, K., Hosoi, Y., Nagare, H., Maeda, M., Fujiwara, T. (2013) Cascade utilization of water chestnut: recovery of phenolics, phosphorus, and sugars, *Environmental Science and Pollution Research*. (in press).
14. Tsutsui, H., Fujiwara, T., Matsukawa, K., Funamizu, N. (2013) Nitrous oxide emission mechanisms during intermittently aerated composting of Cattle manure, *Bioresource Technology*. (in press). (DOI: 10.1016/j.biortech.2013.02.071).
15. Ichiura, H., and Kaneda, Y. (2013) Direct preparation of gelatin microcapsules on paper surface using simple coacervation technique, *Journal of Applied Polymer Science*. (in press). (DOI: 10.1002/app.38941).
16. Kondo, K., Inoue, K., Fujiwara, T., Yamane, S., Yasutake, D., Maeda, M., Nagare, H., Akao, S., Ohtoshi, K. (2013) Seasonal Changes in the Performance of a Catch Crop for Mitigating Diffuse Agricultural Pollution, *Water Science and Technology*. (accepted).

(3-2) 知財出願

- ① CREST 研究期間累積件数(国内 1 件)