

バイオマス・CO₂・熱有効利用拠点の構築

実施予定期間：平成 23 年度～平成 27 年度

総括責任者：大西 隆（豊橋技術科学大学 学長）

研究代表者：大門 裕之（豊橋技術科学大学 国際交流センター、環境・生命工学系兼務 教授）

I. 概要

自治体を跨ぐ広域を対象としている下水処理場を、実証実験のフィールドとして、下水汚泥に加え事業系および家庭系一般廃棄物・産業廃棄物やバイオマスから、高品位肥料およびバイオガスを生産する。バイオガスの精製の際に得られる二酸化炭素（CO₂）は海藻工場の炭素源として利用し、バイオガスから発電をした際に得られる熱は場内で利用、CO₂は植物工場の炭素源として利用する。このようにバイオマス・CO₂・熱を有効利用する低炭素型資源循環拠点を形成し、気候変動対策の方策の一つとしての実証実験を行う。経済性を含めた効果を検証することにより、それに付随する様々な規制等の制度的隘路の克服を目指し、社会システム改革の具体像を実証する。

1. 目的・内容・計画

a. 目的

下水汚泥等のバイオマスからエネルギーを生産し、化石燃料の使用を削減するとともに、工程上発生するCO₂や熱などを植物の効率的生産に活用するための実証試験を行う。この社会実証試験により、気候変動対策（CO₂排出量の削減）の精度・その事業性を検討する。これにより、規制等の制度的隘路（各省庁・自治体間を跨ぐ廃棄物行政など）の改革を提案する。また、バイオマスを有効的に活用する方向性を示すこともできる。

b. 内容

現在、焼却処理されている下水汚泥および地域のバイオマスを有効利用し、高品位肥料・液肥・バイオガスを製造する。さらに、その際に発生するバイオガス（CH₄とCO₂）や発電後の排熱を、システム全体および隣接する農作物栽培と海藻培養の効率的生産に利用する。このように、本プロジェクトでは、各要素技術を複合化し、持続性の高い自然エネルギーを効率的に利用する社会実証試験を行い、気候変動対策（CO₂排出量の削減）の精度・その事業性を検討する。

c. 計画

愛知県が管理する流域下水道の終末処理場である豊川浄化センターに実証試験装置を置く。

浄化センターへ下水を流している愛知県東三河地域の4市（豊橋市、豊川市、新城市、蒲郡市）との調整により下

水汚泥と共同して処理試験を行うバイオマスの抽出を行い、東三河地域において事業化を行う場合を想定した、実証試験を行う。

試験を通して、バイオマスのエネルギー利用の効率化、消化汚泥の高品位肥料化、CO₂および熱の植物生産への利用によるゼロエミッションの実現と各要素技術の進展を図ると共に、それらを統合するシステムの総合的な効率の向上に取り組む。

2. 実施計画

採択後一年目には、下水汚泥処理実証試験装置を設置する。二年目には、植物工場および海藻工場の実証試験装置を設置する。三年目からは、CO₂および熱を有効利用し、産業および事業系一般廃棄物やバイオマスを受け入れる社会実験を始める。四年目以降では、各要素技術の改善を進めると共に、家庭ごみの受け入れを試みるほか、事業後の継続性を確保するための取り組みを始める。実施期間中、積極的に訪問者を受け入れ、地域住民の理解を高める。

3. 技術開発内容

気候変動対策として、温室効果ガスの排出量の低減・積極的なCO₂有効活用・エネルギーの効率的利用・自主電源の確保が行える複合システムを構築し、社会的実証を行う。各要素技術は、それぞれの分野で既に検討がなされているが、本プロジェクトでは、その複合システムを構築し、総合的な効率の向上に取り組む。

4. 社会実証の内容

各市において既存の廃棄物処理計画がある中で、今後の地域バイオマスの有効利用を進めるのか、家庭ごみの受け入れも視野に入れながら、廃棄物の収集、選別、処理を行う上での課題を社会実験の実施により明らかにし、その解決策を提案する。

また、本プロジェクトには、下水処理場で農水産物の製造を行う提案をしているが、下水道の持つイメージ上の問題も含め、これらの生産物を実際にどのように流通させていくことができるか、具体的な社会実証を行う。

5. 社会システム改革の具体性

一般廃棄物用の焼却炉の更新時期に合わせ、環境部局と下水道部局が連携することで、循環型社会の構築に向けた新しい事業展開が可能となる。

愛知県においても環境部が、下水処理場を核とした再生可能エネルギーによる地域循環型モデルの構築を図るため、下水処理場を管理する建設部と連携し、豊川流域下水

道バイオマス利活用検討会議を設置して、広域的な検討を進めている。

関係機関は、試行やデモンストレーションの必要性を共通の認識としており、迅速な意思決定と効率的なマネジメントにより、制度的隘路を克服し社会システムの改革に向けたモデル事業の展開が可能と考えている。

6. 実施期間終了後の継続性

実施期間終了後には、気候変動対策の一環として、CO₂排出量の削減、小規模分散型電源の確保、廃棄物の広域処理およびバイオマス利活用の必要性、総合的な事業性のメリット、さらに、各省庁・自治体を跨ぐ取り組みの重要性をデモンストレーションすることにより、地域から賛同が得られる新しい社会システムを例示すると共に、政策へも反映させる活動を進める。愛知県、各市、各研究機関とも、それぞれの将来構想があり、総合的な取り組みとして本プロジェクトを全て網羅することがなくとも、各事業の継続性は、非常に高いものである。

7. 波及効果・普及展開

下水汚泥の処理、リン資源の回収、廃棄物処理およびバイオマスの有効利用、CO₂排出量低減対策、小規模分散型独自エネルギーの確保、自治体経営のあり方は、全ての地域で課題となっていることである。よって、これらの解決策を提案するこの取り組みは、他地域においても適用可能な有用な先行事例となるものである。

下水処理の活用が可能であり、一般廃棄物焼却炉の更新を検討しようとしている地域において普及展開が見込まれる。また、関係学会に積極的に情報を発信する

などし、全国規模での普及展開に取り組む。

8. 地域の特性と自治体の役割

愛知県では、平成 17 年に開催された愛地球博や平成 22 年に開催された COP10 の理念を継承し環境行政に取り組んできている。平成 21 年度からは、東三河地域において県と四市の環境および下水道部局の担当で構成する「検討会議」を実施しており、下水汚泥と地域のバイオマスの共同処理に関する検討を始めている。この体制は今後も継続の予定であり、下水および廃棄物に係る行政上の調整を図ることができる。

一方、生産物である肥料、農産物および海藻も地域内で利用ができる土壌を有しており、さらに、産官学で構成している協力機関がそれを支援する。

9. 実施体制

プロジェクトの実施体制は以下の通りである。

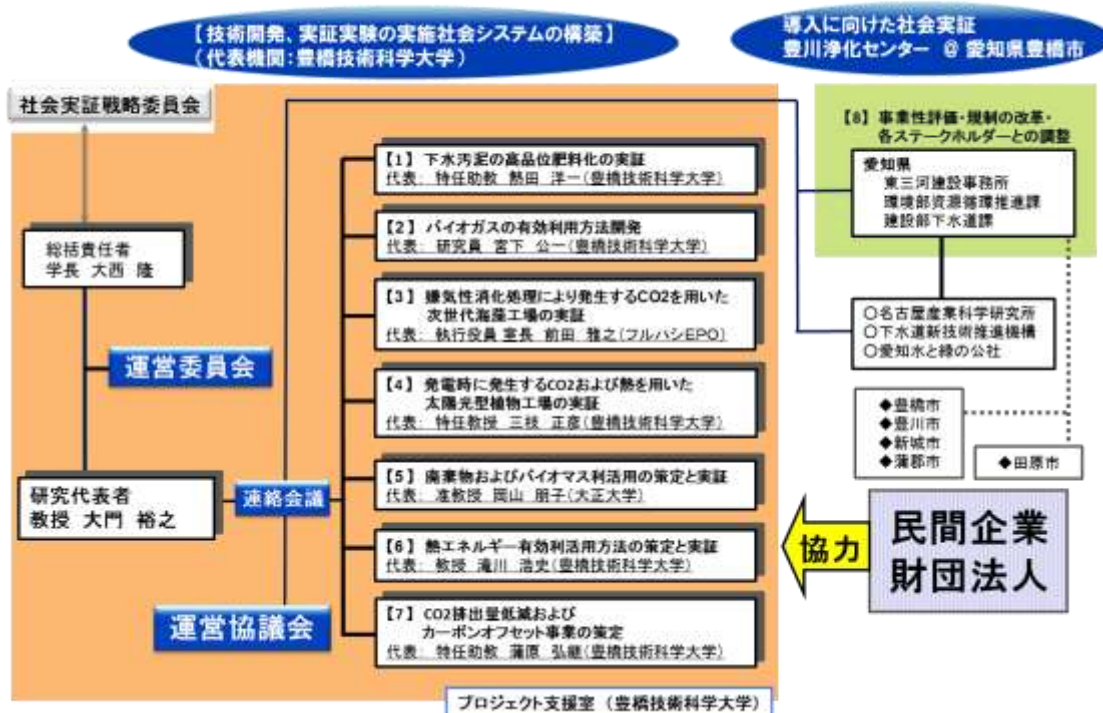
a. 代表機関および各参画機関の役割分担、責任体制

豊橋技術科学大学：下水汚泥の高品位肥料化の実証、バイオガスの有効利用方法開発、発電時に発生する CO₂ および熱を用いた太陽光型植物工場の実証、熱エネルギー有効利用方法の策定と実証、CO₂ 排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定

大正大学：廃棄物およびバイオマス利活用計画の策定
フルハシ EPO：嫌気性消化により発生する CO₂ を用いた次世代海藻工場の実証

愛知県：事業性評価・規制の改革・各ステークホルダーとの調整

バイオマス・CO₂・熱有効利用の構築 実施体制



氏名	所属機関名・職名	提案プロジェクトにおける役割
大西 隆	豊橋技術科学大学学長	総括責任者
大門 裕之	豊橋技術科学大学 国際交流センター 環境・生命工学系 兼務 教授	研究代表者
熱田 洋一	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 特任助教	下水汚泥の高品位肥料化の実証 代表者
山田 剛史	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 助教	下水汚泥の高品位肥料化の実証
松本 明彦	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 教授	バイオガスの有効利用方法開発 代表者
前田 雅之	フルハシEPO(株) 研究開発室 執行役員 室長	嫌気性消化処理により発生するCO ₂ を用いた次世代海藻工場の実証 代表者
三枝 正彦	豊橋技術科学大学 先端農業・バイオリサーチセンター 特任教授	発電時に発生するCO ₂ および熱を用いた太陽光型植物工場の実証 代表者
東海林 孝幸	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 講師	発電時に発生するCO ₂ および熱を用いた太陽光型植物工場の実証
岡山 朋子	大正大学 人間学部人間環境学科 准教授	廃棄物およびバイオマス利活用の策定と実証 代表者
滝川 浩史	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 教授	熱エネルギー有効利活用方法の策定と実証 代表者
蒲原 弘継	豊橋技術科学大学 国際交流センター 特任助教	CO ₂ 排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定 代表者
青山 知弘	愛知県 東三河建設事務所 都市施設整備課 課長補佐	事業性評価・規制の改革・各ステークホルダーとの調整 代表者
水谷 隆一	愛知県 建設部下水道課 課長補佐	事業性評価・規制の改革・各ステークホルダーとの調整
嶋田 達昌	愛知県 環境部資源循環推進課 主任主査	事業性評価・規制の改革・各ステークホルダーとの調整

b. 代表機関および各参画機関が有機的に連携して実施する方策

総括責任者である学長の下に「運営委員会」を置き、事業参画機関および外部有識者等とも連携して、実証試験の方向性を定め、試験の成果等についての評価を適宜行うことにより、実証試験全体の適切な進捗を図る。また、これとは別に、実際の研究の調整等を目的とする「連絡会議」を置く他、協力機関との確実な連携を図るための措置も講ずる。

10. 各年度の計画と実績

a. 平成23年度：実績

(1) 下水汚泥の高品位肥料化の実証

ラボスケールでの下水汚泥の水熱処理の実験により、各処理条件における水熱処理による下水汚泥の性状変化およびバイオガス生成率への効果などについて検討した。また、嫌気性消化処理の実証試験設備の設計を行い、豊川浄化センターに設置した。

(2) バイオガスの有効利用方法開発

CO₂溶解装置を用いたラボスケールでの実験を行い、模擬バイオガスの挙動について把握した。これにより、CO₂溶解装置により高濃度(最大98%)のメタンガスがバイオガスから分離できることが確認された。

平成27年1月28日現在

(3) 嫌気性消化により発生するCO₂を用いた次世代海藻工場の実証

海藻培養の条件(CO₂量、栄養塩量等)について文献調査などを行い、条件と生育速度の関係について整理した。また、試験プラントの設計に向けた調査および市場調査を行った。

(4) 発電時に発生するCO₂および熱を用いた太陽光型植物工場の実証

下水汚泥の嫌気性消化処理により発生する消化液の肥料としての適用性を確認するために、消化液の成分分析(各栄養素、重金属濃度等)を行った。さらに、植物工場の実証設備設計を行った。

(5) 廃棄物およびバイオマス利活用の策定と実証

国内外の前例および先行文献等の情報を収集し、一般廃棄物からの生ごみ分別および収集プログラムの構築のための基礎調査として国内外の先行事例における政策レビューを行った。

(6) 熱エネルギー有効利用法の策定と実証

先行事例調査の視察を行い、より効果的な熱エネルギーの有効利用法について検討した。また、実証施設の設置に必要な設計条件について検討し、発電時に排出する熱を、場内の水熱反応・発酵槽・植物工場に利用するプロセスを設計した。

(7) CO₂排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定
バイオマス利活用によるCO₂排出量低減に関する先行事

例調査を行った。また、先行事例と本事業を対比させることにより、カーボンオフセット事業に向けた基本的なフレームワークを行った。

b. 平成 24 年度：実績

(1) 下水汚泥の高品位肥料化の実証

下水汚泥（生汚泥）のみの嫌気性消化実証試験を行い、VS 分解率 60%程度が認められた。また、水熱設備を設置し、180℃、数十分の処理を脱水ケーキ（TS 濃度約 20%以上）に施し、3 月末時点で混合率 30%程度の嫌気性消化実証試験を行った。この試験により得られる嫌気性消化汚泥の肥料成分等の分析を行い、吸引式堆肥化技術により、リン肥料の製造が行える可能性が高いことを確認した。また、堆肥化設備の設計を行った。

(2) バイオガスの有効利用方法開発

①の嫌気性消化実証試験で発生した実際のバイオガスを用いて CO₂ 溶解装置によるガス精製の実証試験を行った。CO₂ 溶解後の処理水の水質や気体中のメタンガス濃度および物質収支について検討した。

(3) 嫌気性消化により発生する CO₂ を用いた次世代海藻工場の実証

実験室レベルでの培養実験を行い、スジアオノリとミナミアオノリの好適温度における成長率や無機塩類濃度等の諸条件の影響について確認した。また、海藻培養設備を設計施工した。

(4) 発電時に発生する CO₂ および熱を用いた太陽光型植物工場の実証

植物工場の設計および施設の施工を行い、栽培試験を開始した。栽培試験は、トマトの低段密植栽培であり、CO₂ 添加区および CO₂ 未添加区を設け、3 月 18 日に定植した。

(5) 廃棄物およびバイオマス利活用の策定と実証

東三河地域における市民の生ごみリサイクルと分別に関するアンケート調査を実施した。さらに、市、市民、廃棄物処理事業者などからなる生ごみ分別収集社会実験実行委員会を組織し、生ごみの収集方法などについて議論を始めた。

(6) 熱エネルギー有効利用法の策定と実証

他の再生可能エネルギー（風力や太陽光など）とバイオガスとのエネルギーの共役化について検討した。風力および太陽光発電の豊川浄化センターにおけるポテンシャルを推計するとともに、実施に当たっての制度的隘路の整理も行った。

(7) CO₂ 排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定

CO₂ 排出量削減効果を推計するため、現状の下水汚泥の焼却における温室効果ガス排出量を推計した。また、実際に取り扱う汚泥濃度により温室効果ガス削減効果が異なることを示した。下水汚泥の嫌気性消化に関してはカーボンオフセット事業としての適合性を確認し、今後、事業性を含めた検討が必要であることを示した。

c. 平成 25 年度：実績

(1) 下水汚泥の高品位肥料化の実証

下水汚泥に一般廃棄物を混合させた場合の嫌気性消化

実証実験を行った。また、この実証試験で発生する嫌気性消化汚泥の肥料化のための設備を設置し、リン濃度を高めた肥料の製造予備試験を実施し、リン酸濃度 20%以上の肥料が製造できることを確認した。

(2) バイオガスの有効利用方法開発

実際のバイオガスを用いたガス精製を行い、高濃度 CO₂ 溶解水の海藻培養設備への供給を開始した。

(3) 嫌気性消化により発生する CO₂ を用いた次世代海藻工場の実証

実際に精製した CO₂ 溶解液を混合したものをを用いた海藻工場の実証実験を開始した。

(4) 発電時に発生する CO₂ および熱を用いた太陽光型植物工場の実証

発電時に発生した CO₂ を植物工場に供給し、トマト栽培を開始した。

(5) 廃棄物およびバイオマス利活用の策定と実証

生ごみを中心とした可燃ごみ細組成調査を 8 月と 11 月に実施した。また、社会実験実行委員会を定期的に開催し、一般家庭の生ごみ分別モデル収集実施に向けて、社会実験の設計・計画の策定を行った。

(6) 熱エネルギー有効利用法の策定と実証

他の再生可能エネルギー（風力や太陽光など）とバイオガスとのエネルギーの共役化システムを検討した。

(7) CO₂ 排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定

実証する海藻工場や植物工場の物質・エネルギー収支および CO₂ 排出量削減効果を推計し、より CO₂ 排出量削減効果の高いシステム構築に貢献した。さらに、カーボンオフセット事業としての事業性を評価した。

d. 平成 26 年度：実績

(1) システム全体での実証実験

各要素技術の施工を完了し、全体を通じた実証試験を行った。さらにこの結果に基づき、本システムがもたらす効果を評価した。具体的には、下水汚泥処理および海藻工場や植物工場の総合事業性を評価した。物質およびエネルギーフローを明らかにして、設備規模（初期コスト）の削減効果や消費エネルギーおよび温室効果ガスの低減効果などについて明らかにした。また、システムの設備の補強および改良を実施した。

(2) 先導的モデルの提案

地域のスーパーやレストランおよび周辺の住民の協力を得て、事業系および家庭系生ごみ（一般廃棄物）を受け入れた実証試験の分別収集を実施した。特に、家庭系の生ごみの分別収集では、周辺 500 世帯以上に協力を依頼して実施した。これにより、バイオガス発生量の増加効果や廃棄物焼却量削減効果などを示すことができた。

本実証試験結果などを参考に、愛知県は、豊川浄化センターにおいて、下水汚泥のバイオガス発電を行う事業の実施を決定するに至った。また、豊橋市・愛知県・豊橋技科大の協力のもとで、同センター内において、地元企業らが中心となり、本格的な植物工場の設置について検討を開始した。

e. 平成 27 年度：計画

(1) システム全体での実証実験

実証試験の継続性、安定性について検証し、本システムがもたらす総合的な効果を評価する。具体的には、各要素技術の有効性、効果を明確にし、二酸化炭素排出量の削減効果およびその利用効率の高いシステムの実証を実施する。また、必要であれば要素技術の改善を行う。

(2) 先導的モデルの提案

継続的な事業系一般廃棄物の受け入れを可能にした上での実証試験を通じて、制度的隘路の克服に向けた課題を明確化する。最終的には、先導的モデルの提示を行う。

1 1. 年次計画

取組内容	1年度目	2年度目	3年度目	4年度目	5年度目	実施期間終了後
a. 嫌気性消化熱・エネルギー利用植物工場 (豊橋技術科学大学)		(1)嫌気性消化処理の実証実験・肥料の有効性評価 (2)排熱・CO ₂ 高効率利用の計画立案および実証実験 (3)植物工場の管理条件の確認および試験プラントの設計 (4)植物工場の実証実験・制御システムの開発		(5)植物工場における事業性評価		(6)植物工場単独での事業化
b. 経済性評価・規制・各ステークスホルダーとの調整 (愛知県)	(1)土地活用計画検討				(2)社会システム改革の具体化 (5)国への補助金申請準備	(6)段階的な社会への実装
(3)各市および各産廃業者と廃棄物行政に関する調整・規制等の制度的隘路の克服				(4)経済性評価		
c. 海藻工場 (フルハシEPO)	(1)培養条件の確認および試験プラントの設計			(2)海藻工場における事業性評価		(4)海藻工場単独での事業化
(3)海藻工場の実証実験・制御システムの開発						
d. 社会システム改革 バイオマス (大正大学)	(1)バイオマス利活用試験および計画の立案		(2)産業・事業系一般廃棄物受入れ社会実証		(3)家庭ごみ受入れ社会実証 (4)バイオマス利活用実用化計画立案	
e. 運営委員会	●	●	●	●	●	
f. 社会実証戦略委員会	○	○	○	○	○	
g. 成果発表会			◎		◎	