

# バイオマス・CO<sub>2</sub>・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：榎 佳之（豊橋技術科学大学 学長）

研究代表者：大門 裕之（豊橋技術科学大学環境・生命工学系 准教授）

## 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（CO<sub>2</sub>）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、CO<sub>2</sub>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・CO<sub>2</sub>・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 CO<sub>2</sub> や熱などを植物の効率的生産に活用するための実証実験を行う。この社会実証実験により、気候変動対策（CO<sub>2</sub> 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、食料生産の推進による国内食品自給率の改善となる基礎的知見の集積および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

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、バイオガスにより発電を行い、その際に発生する CO<sub>2</sub> と熱を、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実験を行い、気候変動対策（CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> 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食糧自給の安定化等、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、CO<sub>2</sub> 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。四年目には、各要素技術の改善を進めると共に、家庭ゴミ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 CO<sub>2</sub> 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。さらに、国内自給力を高めるため、食物生産および高品位肥料の製造を目指す。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、家庭ゴミの受け入れも視野に入れながら、廃棄物の選別、収集、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、下水処理場で食品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、下水処理場のフィールドを持つ建設部と連携し、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きている。

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. 実施機関終了後の継続性

実施期間終了後には、気候変動対策の一環として、CO<sub>2</sub>排出量の削減、小規模分散型電源の確保、食品自給率の向上、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文化を例示すると共に、政策へも反映させる活動を進める。愛知県、各市、各研究者とも、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、食品国内自給率の向上、CO<sub>2</sub>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、生産物として創出する肥料、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食農産業クラスター推進協議会がそれを支援する。

## 9. 実施体制

1. プロジェクトの実施体制（技術開発・社会改革推進チーム）

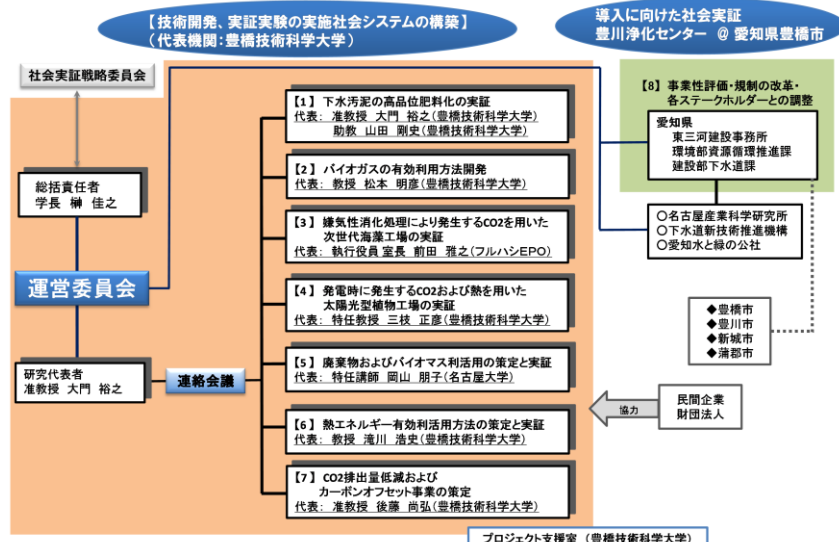
a. 代表機関及び各参画機関の役割分担、責任体制及び提案プロジェクトに関連する実績

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CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定

名古屋大学：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CO<sub>2</sub>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・CO<sub>2</sub>・熱有効利用拠点の構築 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
榊 佳之	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 環境・生命工学系 准教授	研究代表者
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	太陽光型植物工場における生産性向上システムの開発、および事業性評価
滝川 浩史	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 教授	太陽光型植物工場における新型日射計の実用化と開発、エネルギー制御システムの開発
松本 明彦	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 教授	バイオガス精製手法の開発
後藤 尚弘	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 准教授	LCA、CO <sub>2</sub> 排出権取引事業、気候変動対策の立案
山田 剛史	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 助教	嫌気性消化処理の高度化
岡山 朋子	名古屋大学大学院 エコトピア科学研究所 特任講師	廃棄物系バイオマス利活用計画の立案および施行
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	流域下水道の管理に関連する事項の調整、事業性評価
山本 純	愛知県 建設部下水道課 課長補佐	下水汚泥の処理計画策定、事業性評価
野田 峰憲	愛知県 環境部資源循環推進課 主任主査	循環型社会の策定、各市との調整
前田 雅之	フルハシEPO(株) 研究開発室 執行役員 室長	次世代海藻工場における培養手法の開発および事業性評価

#### b. 代表機関及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

##### (1) 実績

##### (a) 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。水熱反応の加水分解能等により、汚泥の低分子化が促進されることが確認された。また、従来は粘性が高く原料とすることが困難であった高濃度な下水汚泥(脱水ケーキ等)を水熱処理すれば、嫌気性消化槽で十分に効率的な攪拌等ができる程度にまで低粘度化を促進できることが明らかとなった。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。

##### (b) バイオガスの有効利用方法開発

CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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。また、養殖のため

に必要なCO<sub>2</sub>溶解水が生成可能であることを確認した。このとき、メタンガスも若干量(数mg/L)CO<sub>2</sub>溶解水に溶解するため、これの海藻への影響を確認する必要がある。また、溶解水中CO<sub>2</sub>は、高濃度(pH:5、溶解水中CO<sub>2</sub>濃度:300mg/L程度)に溶解させ、これを放置した場合、3時間程度で濃度が半減することが確認された。

(c) 嫌気性消化により発生するCO<sub>2</sub>を用いた次世代海藻工場の実証

海藻培養の条件(CO<sub>2</sub>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を行った。

(d) 発電時に発生するCO<sub>2</sub>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。これと肥料基準を比較したところ、カドミウムについて注意する必要があることが明らかとなった。また、アンモニウムイオン濃度が高く植物の生育阻害が心配されることから、消化液を植物栽培に利用するためには、硝化処理が必要であることが確認された。さらに、植物工場の実証設備設計を行った。

(e) 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、先攻研究をレビューした。

(f) 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。さらに、参画企業とも打ち合わせを行い、具体的な方策についての検討を進めた。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。この場合、少なくとも下水汚泥の濃度を6%-TS以上まで濃縮しなければ水熱反応の必要熱エネルギーをバイオガスの熱量で賄うことが出来ないことが推計された。

(g) CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。また、実証試験を行った場合の炭素フローを検討し、450kg-C/年以上の炭素をトマトなどの生産物として出荷できることを明らかにし、本実証試験におけるカーボンオフセット事業の有効性を確認した。

## b. 平成 24 年度

### (1) 計画

#### (a) 下水汚泥の高品位肥料化の実証

下水汚泥のみの嫌気性消化実証実験を行う。また、水熱設備を設置するとともに、水熱反応等の前処理方法を検討し、水熱処理試験を行う。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、および高品位化のための後処理設備を設計する。

#### (b) バイオガスの有効利用方法開発

初年度の実験開発に基づき、実際のバイオガスを用いてCO<sub>2</sub>溶解装置によるガス精製の実証試験を行う。

#### (c) 嫌気性消化により発生する CO<sub>2</sub> を用いた次世代海藻工場の実証

海藻培養設備を設計施工し、実証試験を開始する。

#### (d) 発電時に発生する CO<sub>2</sub> および熱を用いた太陽光型植物工場の実証

野菜生産実証試験に向けた植物工場の設計、施工を実施し、実証試験を開始する。

#### (e) 廃棄物およびバイオマス利活用の策定と実証

バイオマスや産業系廃棄物の分別方法の検討、および廃棄物焼却量削減効果を推定し、バイオマス利活用試験に向けた計画を立案し、各市および産業廃棄物処理業者と廃棄物処理法上の整理を行う。

#### (f) 熱エネルギー有効利用法の策定と実証

熱エネルギーフローを設計する。特に、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する。

#### (g) CO<sub>2</sub> 排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定

実証する各要素技術の物質・エネルギー収支及びCO<sub>2</sub>排出量削減効果を随時推計し、よりCO<sub>2</sub>排出量削減効果の高いシステム構築に貢献する。

## c. 平成 25 年度

### (1) 計画

#### (a) 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

実証実験を行う。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施工する。

#### (b) 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CO<sub>2</sub>溶解水を海藻培養設備に供給する。

#### (c) 嫌気性消化により発生する CO<sub>2</sub> を用いた次世代海藻工場の実証

実際に精製したCO<sub>2</sub>溶解液および消化液（嫌気性消化廃液）を混合したものをを用いた海藻（アオノリ）工場の実証実験を行う。

#### (d) 発電時に発生する CO<sub>2</sub> 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CO<sub>2</sub>を植物工場に供給し、トマト栽培を行う。

#### (e) 廃棄物およびバイオマス利活用の策定と実証

各市および各産廃業者と廃棄物行政に関する調整を進め、規制等の制度的隘路の克服に向けた検討を行う。

#### (f) 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する。

#### (g) CO<sub>2</sub> 排出量低減およびカーボンオフセット事業の策定

実証する各要素技術の物質・エネルギー収支及びCO<sub>2</sub>排出量削減効果を随時推計し、よりCO<sub>2</sub>排出量削減効果の高いシステム構築に貢献する。さらに、カーボンオフセット事業としての事業性を評価する。

## d. 平成 26 年度

### (1) 計画

#### (a) システム全体での実証実験

各要素技術の施工を完了し、実証試験を行う。さらに、本システムがもたらす効果を評価する。具体的には、カーボンオフセットを考慮した下水汚泥処理及び、海藻工場や植物工場の事業性を評価する。また、必要であれば要素技術の改善を行う。

#### (b) 先導的モデルの提案

試験的に事業系一般廃棄物を受け入れた実証試験を実施し、先導的モデルの提示を行う。

## e. 平成 27 年度

### (1) 計画

#### (a) 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の高いシステムの実証を実施する。

#### (b) 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 <sub>2</sub> 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)土地利用計画検討	(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	(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
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	(3)海藻工場の実証実験・制御システムの開発		(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
d. 社会システム改革バイオマス (名古屋大学)	(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			◎		◎	