

A市

バイオマスエネルギー回収施設 基本構想策定に関する受託業務

1. 目的

A市の一般廃棄物処理事業においては、様々なごみの減量化、資源化施策を実施してきた結果、大幅に焼却量を削減することに成功しているが、ごみ処理施設の老朽化に伴い、特に燃やすごみの更なる削減による処理施設整備の方針が定められている。ここで、燃やすごみに含まれる生ごみは、潜在的に利用可能なエネルギーを有しており、生ごみをメタン発酵に資することにより得られるバイオガスは、それをエネルギー利用することで地球温暖化対策の一役を担うものである。また、バイオガス生産のために生ごみを分別収集することにより、従来の焼却ごみ量を大きく削減することになり、それは補助燃料使用量の削減や将来の施設更新時における建設コストの削減に繋がる相乗効果が期待できるものである。

下水道事業に関しては、自然界の水循環システムに重大な支障が起きないように、人間社会から排出される汚水を浄化して自然界に戻すという下水道の基本的な目的の他、下水汚泥焼却灰の全量セメント原料化を図るなど、汚泥の減容化や安定化、処理水や汚泥の資源としての再利用を通じ、広く循環型都市システムの中核を担っていくことを基本認識、基本理念として整備を進めてきた。そのような中、下水汚泥のエネルギー利用、下水道資源のさらなる有効活用方法などについて模索していた。

このような背景のもと、A市は生ごみや下水汚泥を資源として位置付け、市が有する施設を活用して

共同処理し、循環型社会の一層の推進と地球温暖化対策に寄与するため、C浄化センター内に「バイオマスエネルギー回収施設」を整備することとした。本業務は、その整備に向け基本構想をとりまとめたものである。

2. 検討内容

本業務で検討した内容とその成果について以下に示す。

2.1 基礎調査

(1) 下水道の現状

A市の公共下水道は、昭和33年度より事業に着手し、処理区は南の海側を包括するA処理区と北の山側を包括するB処理区が位置づけられている。昭和47年3月にA処理区のD浄化センターが供用を開始し、平成5年6月にB処理区のC浄化センターが供用を開始し現在に至っている。CおよびD浄化センターでの汚泥処理は、初沈汚泥は重力濃縮槽で、余剰汚泥は機械濃縮機で減容している。濃縮汚泥は、混合してそれぞれの処理場で脱水され、脱水ケーキはC浄化センターにおいて一括焼却処理されている。

(図-1)

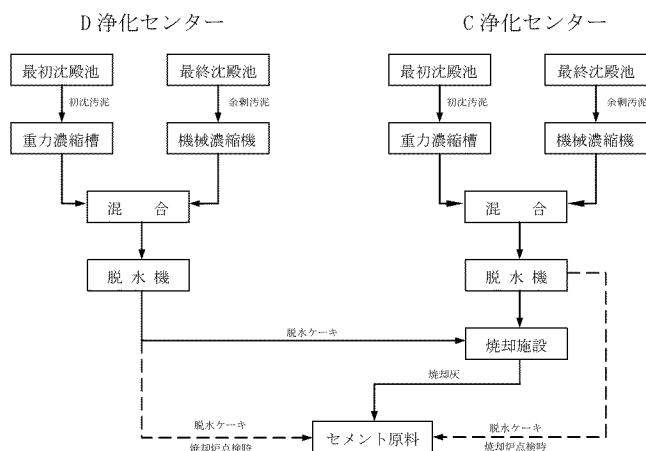


図-1 汚泥処理プロセス

(2) 一般廃棄物処理の現状

市で扱う市内で発生するごみは、家庭系一般廃棄物と事業系一般廃棄物に区分される。

家庭ごみの5分別収集は、資源物、燃やすごみ(生ごみを含む)、燃えないごみ、危険・有害ごみ、粗大ごみの5つであるが、資源物は飲食用カン、ビン、ペットボトル、植木剪定材、紙パック、ミックスペーパー、新聞、雑誌・ボール紙、段ボール、布類、容器包装プラスチック、使用済み食用油の12品目に拡充、分類され、さらに危険・有害ごみは、蛍光管や乾電池など5品目に分類され、市民が行う分別の種類はあわせて20分別となっている。生ごみの含まれる燃やすごみは、E およびF クリーンセンターへ運搬、焼却処理されている。

一方、市内の事業所から排出される燃やすごみ(生ごみを含む)は、E クリーンセンターへ運搬され焼却処理されるほか、資源物としては植木剪定材について再生利用が図られている。

2.2 計画諸元

(1) 目標年次

目標年次(下水道施設整備完了年次)、事業計画年次(施設稼動年次)および施設基準年次(施設能力設定年次)については、以下のように設定した。

- ・目標年次：平成42年度
- ・事業計画年次：平成28年度
- ・施設基準年次：平成33年度

(2) 下水汚泥量

近年の傾向から、計画人口、汚水量原単位や流入水質等を整理し、下水のみで消化のない現状プロセスでの計画汚泥量を算定した。(表-1、表-2)

表-1 C 浄化センター計画汚泥量

		平成33年度
計画汚水量	日最大 (m ³ /日)	47,870
	日平均 (m ³ /日)	(38,660)
混合濃縮汚泥 (初沈+余剰)	汚泥量 (m ³ /日)	220.6 (177.9)
	固形物量 (t-DS/日)	7.53 (6.08)
	汚泥濃度 (%)	3.4
脱水汚泥	汚泥量 (t-wet/日)	31.8 (25.7)
	固形物量 (t-DS/日)	7.00 (5.65)
	含水率 (%)	78

() 内数値は日平均値

表-2 D 浄化センター計画汚泥量

		平成33年度
計画汚水量	日最大 (m ³ /日)	40,210
	日平均 (m ³ /日)	(31,840)
混合濃縮汚泥 (初沈+余剰)	汚泥量 (m ³ /日)	184.0 (145.7)
	固形物量 (t-DS/日)	6.78 (5.37)
	汚泥濃度 (%)	3.7
脱水汚泥	汚泥量 (t-wet/日)	28.3 (22.4)
	固形物量 (t-DS/日)	6.50 (5.15)
	含水率 (%)	77

() 内数値は日平均値

(3) 生ごみ量

生ごみ発生量は、家庭系については平成18年度の「A 市生ごみ分別収集モニタリング調査」から得られた組成率から原単位を求め、これに各年度の人口を乗じて求めた。事業系については、平成20年度の「A 市事業系生ごみ等分別収集モニタリング調査」、およびクリーンセンターへのヒアリング結果を基に生ごみ比率を65%と設定し、これに事業系燃やすごみ量を乗じて求めた。施設基準年次における生ごみ発生量(市域の生ごみ潜在量)を表-3に示す。

表-3 生ごみ発生量(異物を含まない)

	施設基準年次 (H33年)
家庭系生ごみ	0.174kg/人・日 × 166,900人 ≒ 29 t-wet/日
事業系生ごみ	23 t-wet/日
合計	52 t-wet/日

収集体制に関しては、家庭系生ごみは週4日収集(市内を2ブロックに分けて、各ブロックを2回/週収集)と週6日収集(市内を3ブロックに分けて、各ブロックを2回/週収集)の2ケースで検討した。事業系生ごみについては、現状通り週6日収集(月～土曜日収集)とした。

施設に搬入される生ごみ量は、生ごみの収集体制により変動するため、これらの収集体制ごとの搬入

生ごみ量を算定した。施設基準年次の搬入生ごみ量を表-4に示す。なお、表-4は、分別率（発生する生ごみのうち分別生ごみとして排出される割合）を家庭系：75%，事業系：80%とし、かつ分別収集した生ごみに、異物が10%含まれるものとして算出した値である。

また、表-4に示す「日最大」値は、1週間における最大搬入生ごみ量を表している。年間を通じては、年末年始には数日間ごみ収集が行われないため、年始の最初の収集日に年間最大の搬入生ごみ量になる。このときの量は162 t-wet/日になると試算された。

(4) 生ごみ搬入車両台数の予測

家庭系生ごみは、戸別収集を行うものとし、戸別収集を行っている近隣市の実績にA市の地理的条件を加味して生ごみ搬入車両台数を求めた。

事業系生ごみは、現行どおりの車両台数で推移するものとした。

その結果を表-5に示す。

表-5 搬入車両台数の予測

	家庭系週4日収集	家庭系週6日収集
家庭系生ごみ	53 台/日	36 台/日
事業系生ごみ	42 台/日	42 台/日
合計	95 台/日	78 台/日

2.3 共同処理の概略検討

(1) 処理プロセス

C 浄化センターにおける共同処理のフローを図-2に示す。受入・前処理施設で受け入れられた生ごみは、破碎・分別機で発酵適合物（生ごみ）と異物に分けられ、異物は場外搬出され、破碎された生ごみは混合槽に送られる。混合槽では生ごみと下水濃縮汚泥とが混合され、消化槽に送られる。消化汚泥は脱水された後、D 浄化センターの脱水汚泥とともに焼却処理される。消化槽で発生する消化ガスは、精製され発電と焼却炉補助燃料（既設炉の改造が必要なため炉の更新時に再検討）に有効利用する計画である。

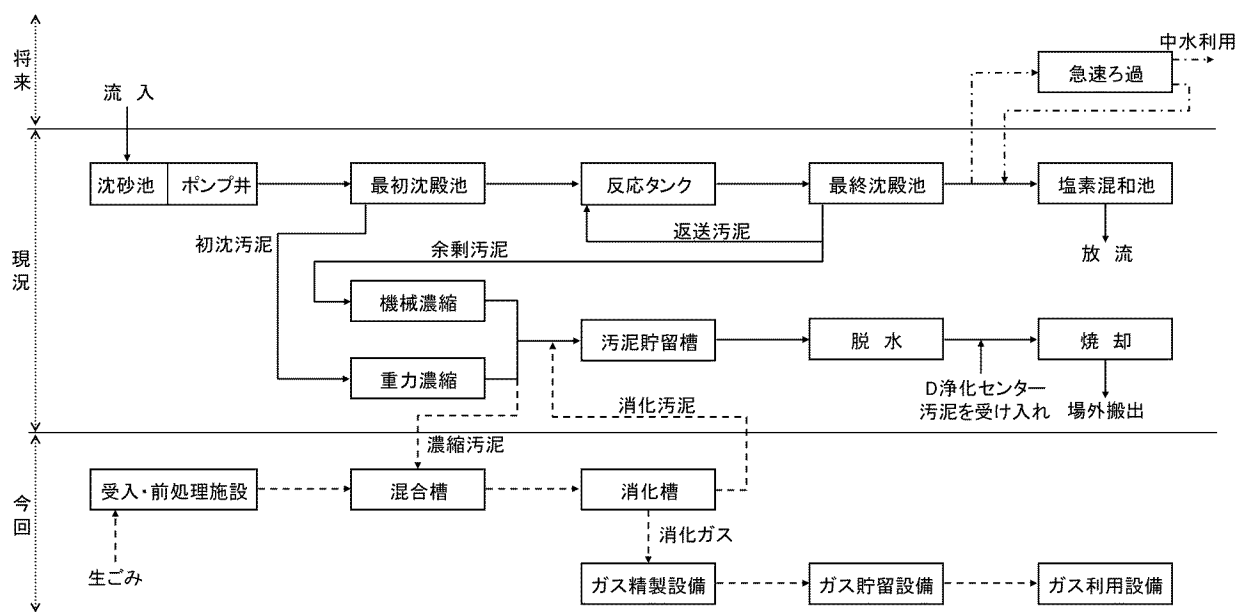


図-2 C 浄化センターバイオマスエネルギー回収施設 処理フロー

表-4 搬入生ごみ量（異物を含む）

		家庭系生ごみ搬入：週4日体制		家庭系生ごみ搬入：週6日体制	
		日平均	日最大	日平均	日最大
平成33年	家庭系生ごみ	43 t-wet/日	58 t-wet/日	29 t-wet/日	39 t-wet/日
	事業系生ごみ	23 t-wet/日	47 t-wet/日	23 t-wet/日	47 t-wet/日
	合計	66 t-wet/日	105 t-wet/日	52 t-wet/日	86 t-wet/日

※家庭系：週4日，週6日の収集体制，分別率75%

※事業系：週6日の収集体制，分別率80%

※異物率：10%

(2) 前処理施設

前処理施設のイメージを図-3に示す。

経済性、破袋・破砕分離機等の設備の処理能力、ホッパー容量等を考慮して検討した結果、系列数は4系列（うち1系列予備）、破袋・破砕分離機等の設備の処理能力を5 t-wet/時・台、ホッパー容量を30 m³以下にすることが望ましいと考えられる。なお、年始の年間最大搬入量に対しては、予備系列を含め運転時間を延長して対応することとした。

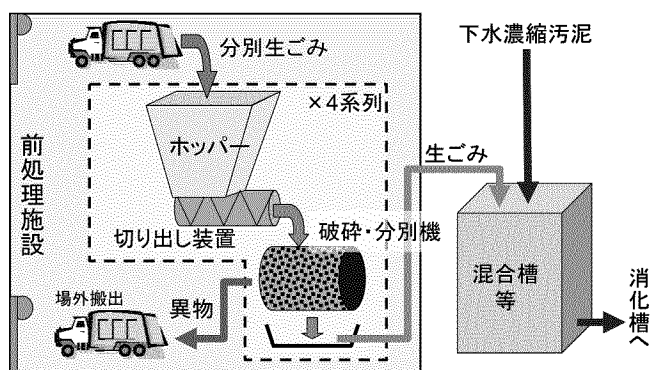


図-3 前処理施設のイメージ

(3) 消化対象汚泥の選定

消化対象とする汚泥について、次の5ケースで比較した。（特記なき汚泥はC浄化センターの汚泥）

- ①生ごみ+初沈汚泥+余剰汚泥, ②生ごみ+初沈汚泥,
- ③生ごみ+余剰汚泥, ④-1 生ごみ+初沈汚泥+余剰汚泥+D 浄化センター脱水ケーキをトラック輸送し希釈投入,
- ④-2 生ごみ+初沈汚泥+余剰汚泥+D 浄化センター汚泥を圧送

上記の5ケースで比較した結果を表-6に示す。消化槽に投入する生ごみと対象汚泥の組合せとしては、④-1案が安価であるが消化槽等が大きくなり敷地内に配置できないため、①案が最適と判断した。

(4) 混合槽

混合槽等は、前処理施設で異物を除去した受入れ生ごみと下水濃縮汚泥を混合するために設置するものである。混合槽等の滞留時間を2日程度確保することで、生ごみ搬入量の日間変動を吸収し、混合液を均等に消化槽に投入することで消化ガスの発生量を平準化する。

(5) 消化槽

消化方式については、下水濃縮汚泥と生ごみの混合物のTS濃度が約5.2%であることから湿式消化とし、消化の安定性から中温消化を選定した。

消化槽容量は、下水濃縮汚泥と生ごみを混合したときの消化槽滞留日数、および有機物負荷から算出し、6,000 m³ (2,000 m³×3基)とした。

(6) 消化ガス貯留設備

消化ガス発生量（日最大）は、9,730 Nm³/日となる。精製後の消化ガス貯留設備の容量は、発生量の半日の貯留時間を持たせて5,000 m³とした。また、景観を考慮し、できるだけ容量の小さくなる方式を採用する必要があることなど総合的に判断し、中圧ガスホルダーを選定した。

(7) 消化ガスの有効利用

消化ガス発生量（日平均）は、8,970 Nm³/日となる。消化ガスの有効利用としては、ガス発電や焼却炉の補助燃料等が考えられる。消化ガスをガス発電と、焼却炉の補助燃料に利用した場合、年間発電量は4,400 MWhと推定される。平成20年度のC浄化センターの使用電力量は9,472 MWhであることから、現在の電力量に対する比率は46%となる。

なお、消化ガスを現状の焼却炉で補助燃料として使用するには、設備の改造が必要になるため、消化ガスの補助燃料としての利用は焼却炉の更新時に検

表-6 消化槽に投入する生ごみと下水汚泥の組み合わせ比較

	①生ごみ+初沈汚泥+余剰汚泥	②生ごみ+初沈汚泥	③生ごみ+余剰汚泥	④-1 生ごみ+初沈汚泥+余剰汚泥+D 汚泥(脱水汚泥希釈)	④-2 生ごみ+初沈汚泥+余剰汚泥+D 汚泥(汚泥圧送)
建設年価 (百万円/年)	363	434	436	324	410
総コスト (百万円/年) (建設年価+維持管理費)	438	579	584	380	497
脱水処理量 (t-DS/日)	6.6	7.8	8.7	10.2	10.2
焼却汚泥量 (t-wet/日)	59.0	66.4	67.6	47.4	47.4

※②では余剰汚泥, ③では初沈汚泥の処理費が含まれている。

※①～③では, D 浄化センターの脱水汚泥の処分費が含まれている。

※総コストには, エネルギー回収による削減費用が含まれている。

討するものとし、当面はすべて消化ガス発電に使用する。

また、消化ガス発電により得られる排熱は、消化槽の加温に使用する。コージェネ総効率を総発熱量の40%と仮定して排熱有効利用量を算出すると、43,270 MJ/日である。消化槽の加温に必要な熱量は41,260 MJ/日以上であるため、全量をまかなうことができる。

(8)配置案

臭気対策を必要とする前処理施設の位置、景観、生ごみ搬入車両の動線等を考慮し検討した結果、推奨する配置案は図-4のようになる。

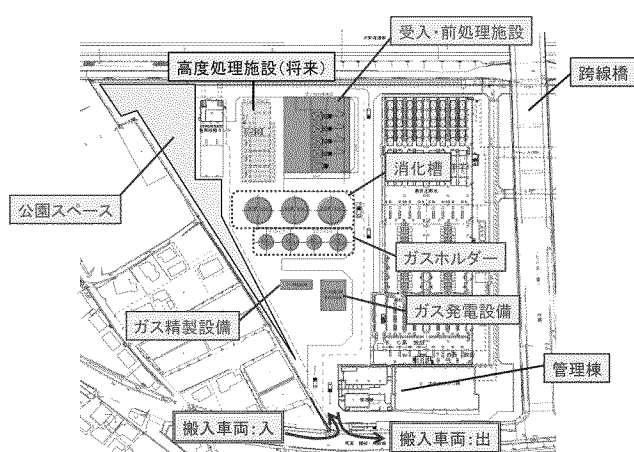


図-4 バイオマスエネルギー回収施設配置案

2.4 既存処理施設への影響検討

(1)水処理設備

本計画においては、C 浄化センターに新たに消化工程を設けること、および生ごみを受け入れることにより、汚泥処理工程からの返流水負荷が増加することが考えられる。そこで、増加する返流水負荷を試算し、現状の除去率で処理した場合の放流水質を計算した。その結果を表-7に示す。表-7に示すように、予想される放流水質は現状実績値と大差なく、返流水の水処理施設への影響は軽微である。

表-7 想定される放流水質

	SS	BOD	T-N	T-P
予測初沈流入水質 (mg/L)	184	203	40	4.7
総合除去率 (%)	96.6	96.2	66.7	44.4
予測放流水質 (mg/L)	6.3	7.7	13.3	2.6
実績値 (H20年) (mg/L)	5.5	6.5	11	2.0

(2)脱水設備

計画値における脱水機への投入汚泥量は、消化工程のない現在の処理フローでは7.53 t-DS/日である

が、生ごみと下水汚泥を消化すると固形物量は6.6 t-DS/日(生ごみ分:2.38 t-DS/日, 下水汚泥分:4.22 t-DS/日)に減少する。

しかし、消化汚泥となるため、既設であるベルトプレス脱水機のろ過速度は、現状の130 kg/m・時から70 kg/m・時に低下するとして、脱水機の増設の要否について確認した。

検討の結果、脱水機運転時間を、現状:4.8時間/日を7.9時間/日に延長することで、現有設備のまま処理できると試算された。

(3)焼却設備

バイオマスエネルギー回収施設の導入後、C 浄化センターとD 浄化センターの合計焼却汚泥量は59 t-wet/日となるため、計画値上は既設50 t 炉の増設、または60 t 炉への更新が必要となる。

しかし、下水道の整備がほぼ完了している状況で、平成20年度の汚泥量実績(36 t-wet/日)から、今後の汚泥量を推定すると増設は不要と考えられるため、バイオマス施設稼働後の状況により検討するものとした。

2.5 事業性検討

(1)経済性

本検討では、現状の処理体系を「個別処理」、バイオマスエネルギー回収施設稼働後の処理体系を「共同処理」と定義し、個別処理と共同処理の費用比較を行った。

経済性比較の試算条件を以下に示す。

【個別処理】:現状の処理体系を継続することとし、下水道終末処理場はC 浄化センターとD 浄化センターの2箇所、焼却処理はE クリーンセンターとF クリーンセンターの2箇所それぞれ個別に処理する。この場合、老朽化したクリーンセンターへの対応として、仮の設定であるが、E クリーンセンターは10年間の延命化工事を実施することとし、F クリーンセンターは解体後、新築することとする。

【共同処理】:C 浄化センターで生ごみと下水汚泥を混合消化処理して消化ガスの有効利用を図るとともに、消化汚泥は下水処理場の既存施設で処理する。生ごみ以外の可燃ごみはすべてE クリーンセンターで焼却するとともに、F クリーンセンターの焼却を停止する。

なお、バイオマスエネルギー回収施設の建設費については、国土交通省の補助、環境省の交付金によ

る助成のほか、耐用年数（土木建築：50年、機械・電機：15年）と利子率（2.3%）を考慮して償却期間による建設年価に換算した。

計画値における経済性比較の結果を、図-5に示す。

共同処理は、個別処理に比べごみ収集費用が若干増加するものの、その他の項目は削減される。特に維持管理費が大きく削減されるため、市全体では年間約369百万円のコスト削減になると試算された。

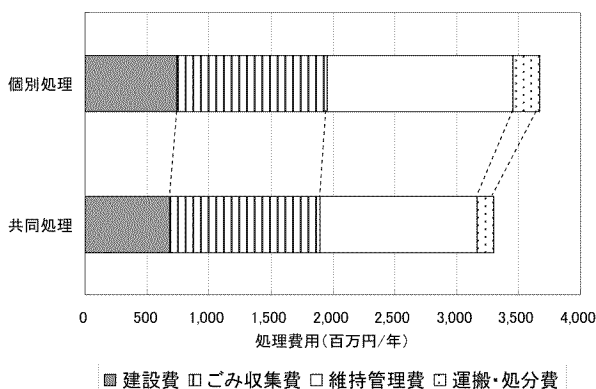


図-5 経済性比較

(2) 温室効果ガス排出量

LC-CO₂の解析では、施設運転に係わる排出量が大部分を占めることから、主として施設運転に伴い発生する温室効果ガス排出量の削減について検討した。

また、温室効果ガスには二酸化炭素(CO₂)の他に、メタン(CH₄)や一酸化二窒素(N₂O)が存在し、下水の水処理や、下水汚泥および燃やすごみの焼却によっても発生するが、これらの排出量については、地球温暖化係数を用いて二酸化炭素に換算し、二酸化炭素排出量として評価した。

計画値における試算結果を図-6に示す。共同処理は、個別処理に比べ2,136 t-CO₂/年の削減になると試算された。

平成20年度のA市全体の二酸化炭素排出量は615,698 t-CO₂/年、市役所の排出量は28,135 t-CO₂/年、公共下水道事業と一般廃棄物処理事業の合計排出量は23,610 t-CO₂/年であることから、各排出量

に対する削減割合は、以下のようになる。

- ・A市全体：-0.3%
- ・市役所：-7.6%
- ・公共下水道+一般廃棄物処理事業：-9.0%

以上のように、共同処理を行うことにより、温室効果ガス排出量を削減することができ、地球温暖化対策に寄与することができることが示された。

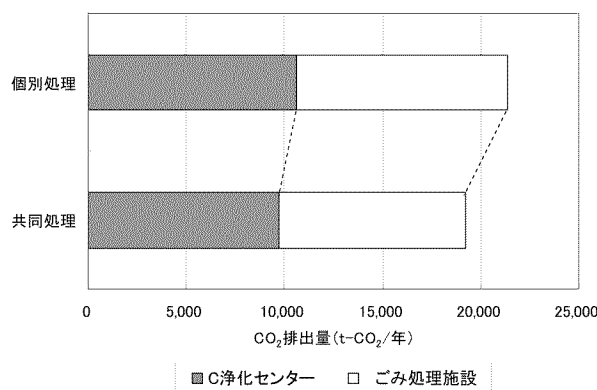


図-6 CO₂排出量比較

3. まとめ

石川県珠洲市での複合バイオマス処理施設の実例を受け、下水処理場において処理場で発生するバイオマスを受け入れて下水汚泥と共に共同処理する方式が注目されている。

今回の基本構想策定業務においても、下水処理場で生ごみを受け入れることは、個別処理した場合との経済性比較、および温室効果ガス排出量の比較において優位性があることが改めて示された。今後、このようなシステムを用いた設備が全国で整備され、未利用バイオマスの資源・エネルギー化が進むことを切に願う次第である。

また、A市においては、本基本構想を受けて、基本計画、詳細設計等、事業化に向けた作業が進められている。今後、より詳細な検討を行い、全国の自治体の手本となるような共同処理システムを確立されることを期待する。

●この研究を行ったのは

資源循環研究部長
資源循環研究部副部長
資源循環研究部総括主任研究員
資源循環研究部研究員

石田 貴
落 修一
内田 賢治
谷口 智彦

●この研究に関するお問い合わせは

資源循環研究部長
資源循環研究部副部長
資源循環研究部研究員

石田 貴
落 修一
谷口 智彦