

# 下水道資源のエネルギー利用に向けて

---

国土交通省水管理・国土保全局  
下水道部下水道企画課  
白崎 亮

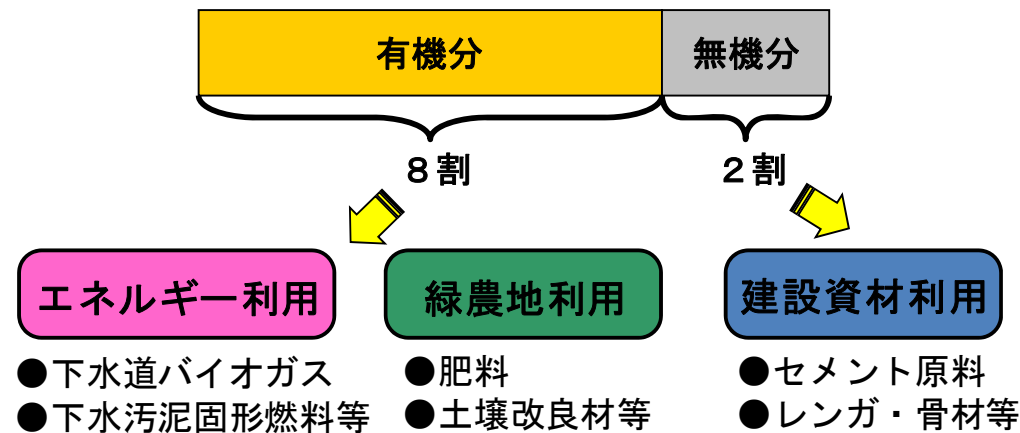
# 1. 下水道資源のエネルギー利用の現状

# 下水道が有する資源・エネルギー

## 下水汚泥

- 下水汚泥は以下の特性を有する再生可能エネルギー
  - ・人間生活に伴い必ず発生、**量・質ともに安定**
  - ・収集の必要がない**集約型バイオマス**
  - ・エネルギーの需要地である都市部において発生する**都市型バイオマス**
- 成分に応じて適切な利活用が可能
- 固形燃料化・ガス化等により、**エネルギー利用**が可能

### 下水汚泥中の固形物



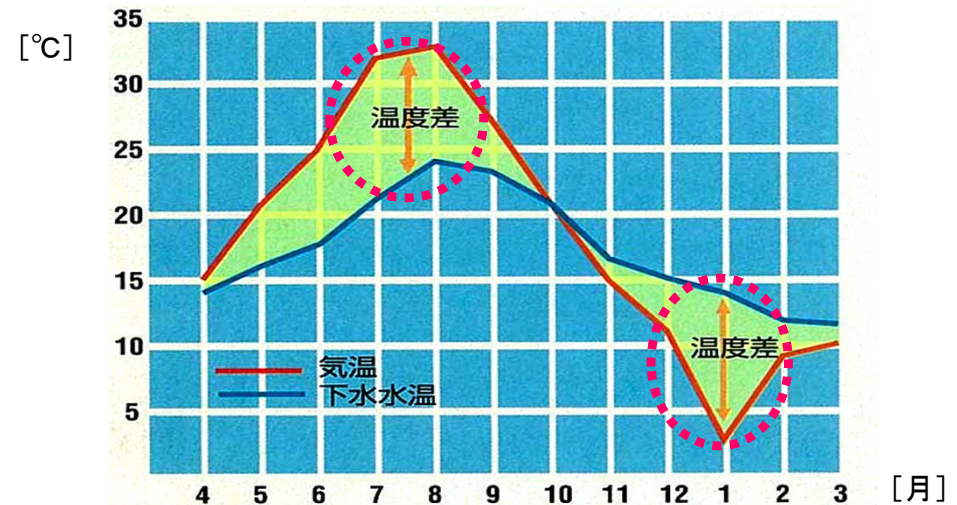
## 下水熱

- 下水は大気に比べ冬は暖かく、夏は冷たい特質（年間を通じて平均的に5℃程度の温度差）を有する
- 熱需要の多い都市部に安定的かつ豊富に存在

### <下水道が有するエネルギーポテンシャルと利用の現状>

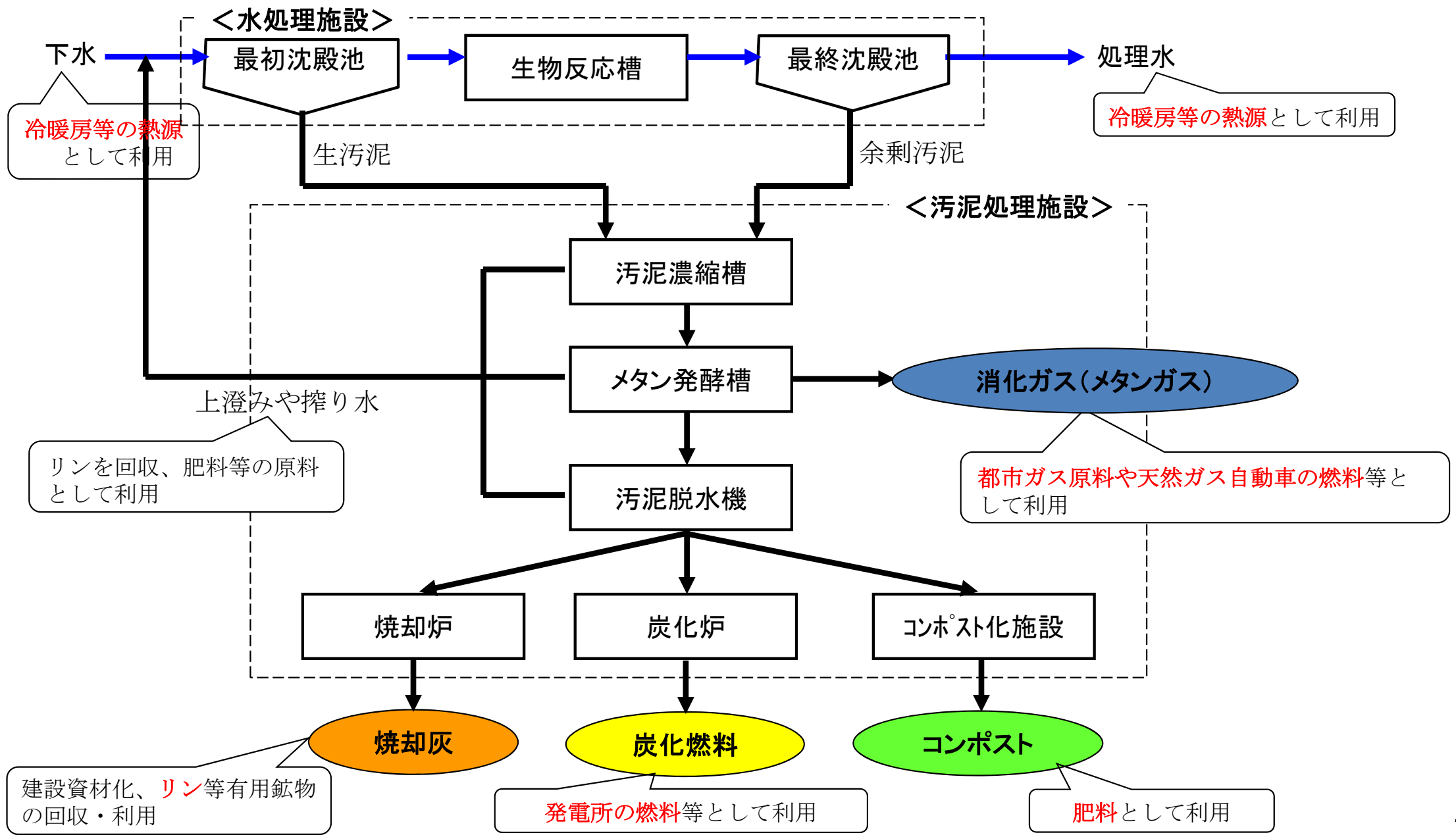
	賦存量		利用状況
下水汚泥	下水汚泥発生量 223万トン/年 (乾燥ベース)	発電可能量:36億kWh/年 →約100万世帯の年間電力消費量に相当	エネルギー利用割合 約1割
下水熱	下水処理量: 140億m <sup>3</sup> /年	7,800Gcal/h →約1,500万世帯の年間冷暖房熱源に相当	下水熱利用の地域熱供給 3箇所

### 下水水温と大気の年間温度変化イメージ



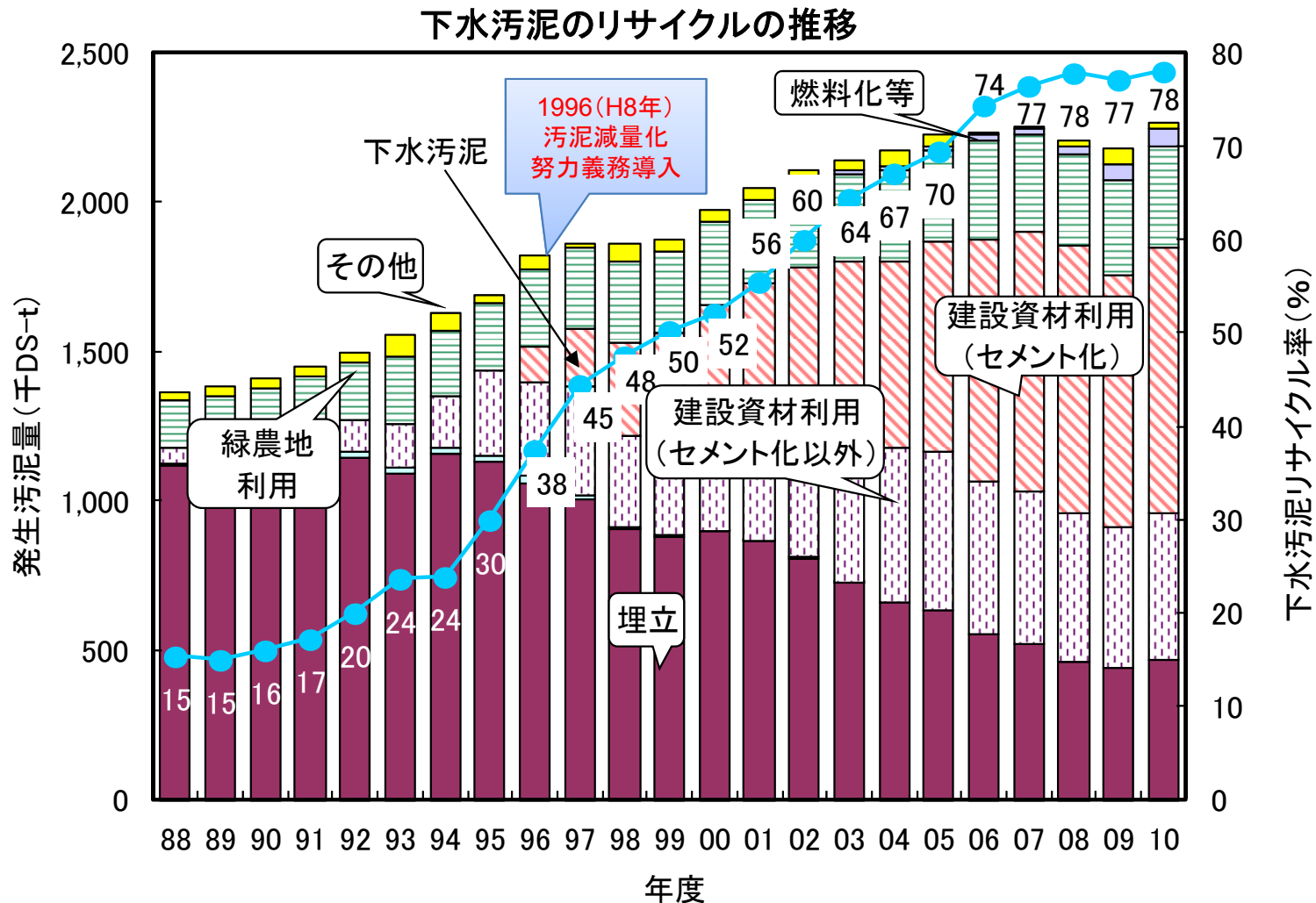
# 下水処理場における資源・エネルギーの回収・利用

○下水処理場では、下水や下水汚泥の処理の過程で様々な資源・エネルギーの回収が可能  
 ○特に得られたエネルギーの場内利用や外部供給により、低炭素まちづくりに貢献



# 下水汚泥のリサイクルの状況

- 平成8年の下水道法改正で発生汚泥等の減量化の努力義務規定が追加されて以後、順調に埋立量は減少し、**下水汚泥リサイクル率は約78%**に達している
- しかしながら、レンガなどの製品化は、コストが高いこと、需要の安定的確保に懸念があることから製造休止状態に追い込まれている事例がある



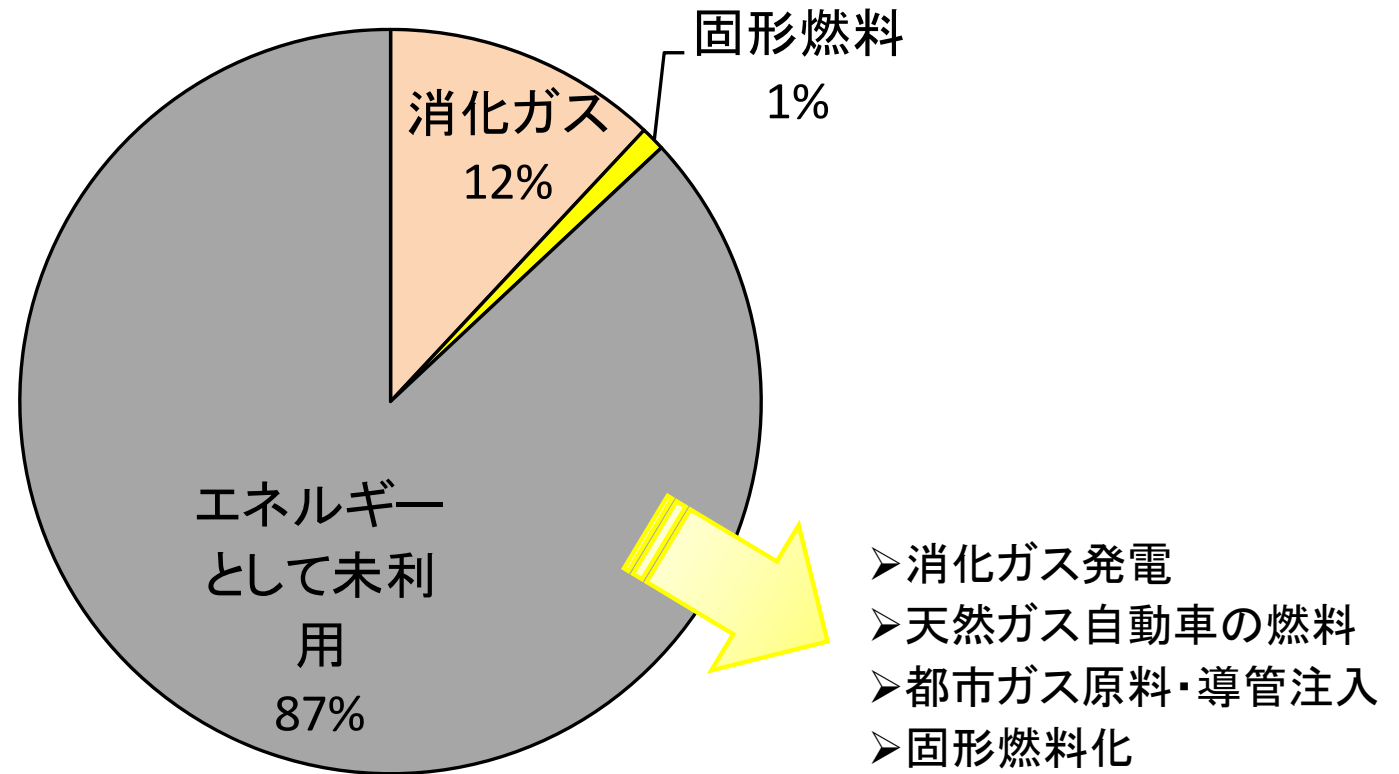
※汚泥処理の途中段階である消化ガス利用は含まれない。

(発生時DSベース)

# 下水汚泥のエネルギー利用の現状

- 下水汚泥は8割がバイオマス(有機物)であることから、バイオマスとしての特性を活かしたエネルギー利用を推進
- 2010年度時点では、下水汚泥エネルギー化率※は約24%(うち、エネルギー利用率は約13%)にとどまっている状況

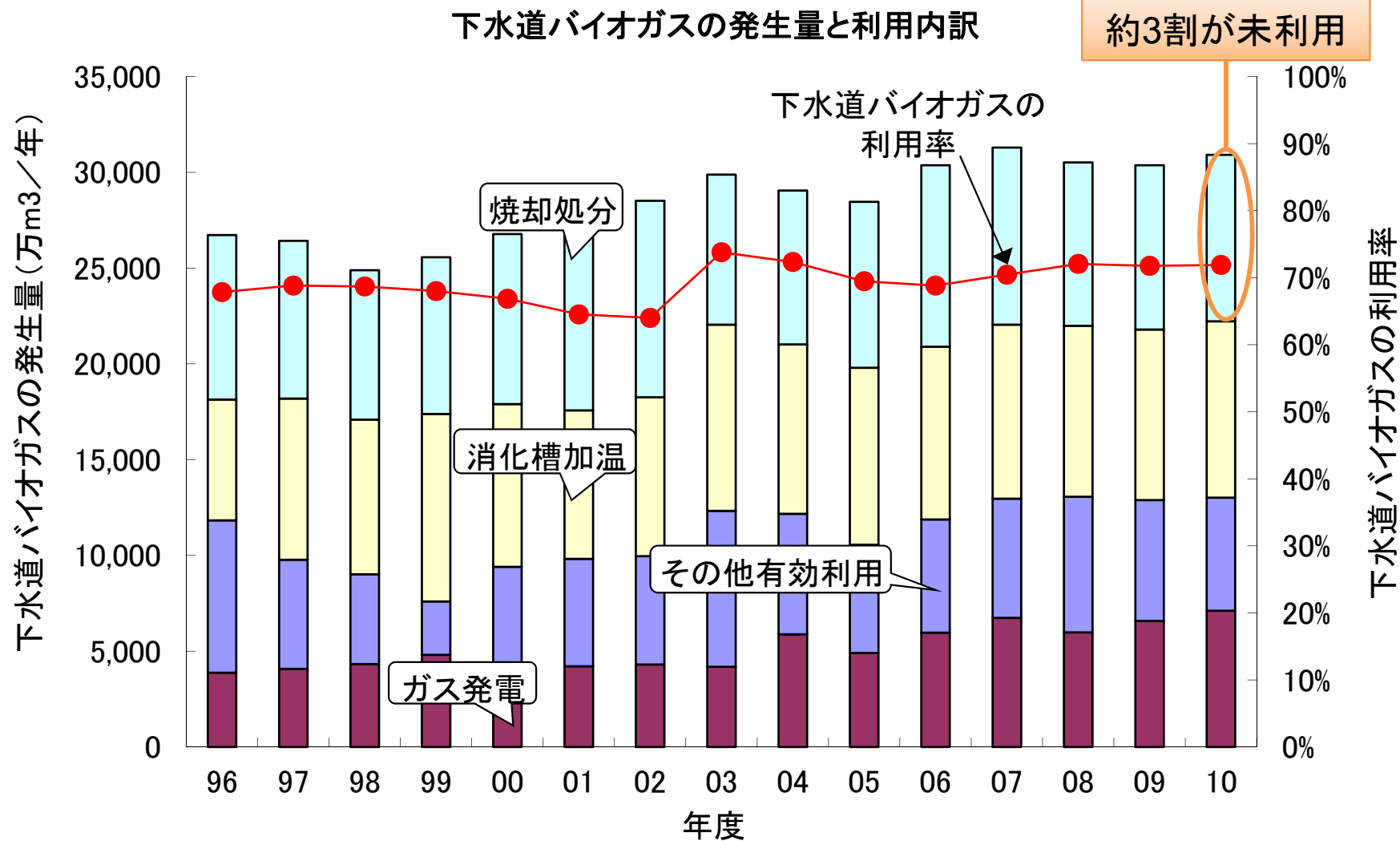
※下水汚泥エネルギー化率とは下水汚泥中の有機物のうち、ガス発電等エネルギー用途に有効利用された割合



(総バイオマス量:181万トン)

# 下水道バイオガスの利用

- 下水道バイオガスの約7割(218百万m<sup>3</sup>)が利用されており、残り約3割(86百万m<sup>3</sup>)は焼却処分
- 下水道バイオガスの約2割(66百万m<sup>3</sup>)はガス発電に使用されているが、約3割(86百万m<sup>3</sup>)は消化槽の加温用のみに使用されるなど、より効率的な利用が可能
- 2010年度はバイオガス発電施設の発電(全国約30箇所の処理場で実施)により、下水道施設の総電力消費量の約2%分を発電





# 下水汚泥の固形燃料化

- 現在、自治体により固形燃料化されている事例は、東京都、愛知県、福岡県、広島市等の6箇所にとどまっている状況
- 大阪市、横浜市等で事業化に向けて手続き・施設建設中であり、今後、普及拡大の見込み

## 炭化

- 脱水汚泥を乾燥後、低酸素もしくは無酸素状態で蒸焼くことにより炭化
- 発熱量：約3,000kcal/kg-DS  
(約13MJ/kg-DS)

## 油温減圧乾燥

- 脱水汚泥を廃食用油等に投入し、減圧・加熱の条件下で水分を蒸発させ乾燥
- 製造される汚泥燃料化物は油分を約30%含む
- 発熱量：約5,000kcal/kg-DS  
(約21MJ/kg-DS)

## 造粒乾燥

- 脱水汚泥を造粒装置で5mm程度の粒状に整形し、熱を加えて乾燥
- 発熱量：約3,800kcal/kg-DS  
(約16MJ/kg-DS)

### 【炭化】

#### 東京都東部スラッジプラント

(平成19年度より稼働)

汚泥炭化物を常磐共同火力発電所の石炭代替燃料として利用。  
(100t-wet/日 × 3基)



### 【油温減圧乾燥】

#### 福岡県御笠川浄化センター

(平成12年度より稼働)

油温減圧乾燥した汚泥燃料を電源開発株松浦火力発電所に供給。  
(30t-wet/日)



### 【造粒乾燥】

#### 宮城県南浄化センター

(平成21年度より稼働)

造粒乾燥物を製造し、隣接する日本製紙(株)製紙工場へ石炭代替燃料として供給。(50t-wet/日)





## 2. 下水道資源のエネルギー利用推進に向けた施策

# 再生可能エネルギーの固定価格買取制度①

- 平成23年8月26日、「**電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法**」が成立
- 再生可能エネルギー源を用いて発電された電気を、国が定める一定の期間・価格で電気事業者が買い取ることを義務付けるもの。電気事業者が買取りに要した費用は、原則として使用電力に比例した賦課金によって回収。
- 平成24年7月1日から施行。

## 買取対象

- 太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス(下水汚泥を含む)を用いて発電された電気

## 買取価格・買取期間

- 再生可能エネルギー源の種別、設置形態、規模等に応じて、関係大臣(農水大臣、国交大臣又は環境大臣、消費者担当大臣)に協議した上で、新しく設置される中立的な第三者委員会(調達価格等算定委員会:委員は国会の同意を得た上で任命)の意見に基づき経済産業大臣が告示
- 法の施行後3年間は、買取価格を定めるに当たり、再生可能エネルギー電気の供給者の利潤に特に配慮

## 買取義務

- 電気事業者には、買い取りに必要な接続や契約の締結に応じる義務

## 再生可能エネルギー発電設備を用いた発電の認定

- 再生可能エネルギー発電の設備や方法を経産大臣が認定。バイオマスに係る発電設備の認定は、農水大臣、国交大臣、環境大臣に協議。



経済産業省HPより

## 【平成24年度バイオマス発電に係る調達価格・調達期間】

バイオマス	メタン発酵 ガス化発電	未利用木材 燃焼発電 (※1)	一般木材等 燃焼発電 (※2)	廃棄物 (木質以外) 燃焼発電 (※3)	リサイクル 木材燃焼発電 (※4)
調達価格 (税込)	40.95円	33.6円	25.2円	17.85円	13.65円
調達期間	20年間	20年間	20年間	20年間	20年間

- ※1: 間伐材や主伐材であって、後述する設備認定において未利用であることが確認できたものに由来するバイオマスを燃焼させる発電
- ※2: 未利用木材及びリサイクル木材以外の木材(製材端材や輸入木材)並びにパーム椰子殻、稲わら・もみ殻に由来するバイオマスを燃焼させる発電
- ※3: 一般廃棄物、下水汚泥、食品廃棄物、RDF、RPF、黒液等の廃棄物由来のバイオマスを燃焼させる発電
- ※4: 建設廃材に由来するバイオマスを燃焼させる発電

### (留意点)

- ・本表は税込で表記しているが、告示上は「税抜き価格+税」という形で規定。
- ・制度開始時における既存設備については、本表によらず、個別の設備の状況に応じて、買取価格・買取期間が決定される。

# 民間事業者による下水熱利用に係る規制緩和

- 「都市再生特別措置法」の改正（平成23年4月）において、民間事業者による下水熱利用のための下水の取水に関する特例を創設。（特定都市再生緊急整備地域11地域で活用が可能）
- さらに、平成24年8月29日に成立した「都市の低炭素化の促進に関する法律」においても、同様の特例を創設。（市街化区域等を有する1,190市町村で活用が可能）

## 【都市の低炭素化の促進に関する法律（H24.8.29成立）】

### 都市機能の集約化

- 病院・福祉施設、共同住宅等の集約整備
- 民間等による集約駐車施設の整備
- 歩いて暮らせるまちづくり

### 公共交通機関の利用促進等

- バス路線やL R T等の整備、共同輸配送の実施
- 自動車に関するCO<sub>2</sub>の排出抑制

### 緑・エネルギーの面的管理・利用の促進

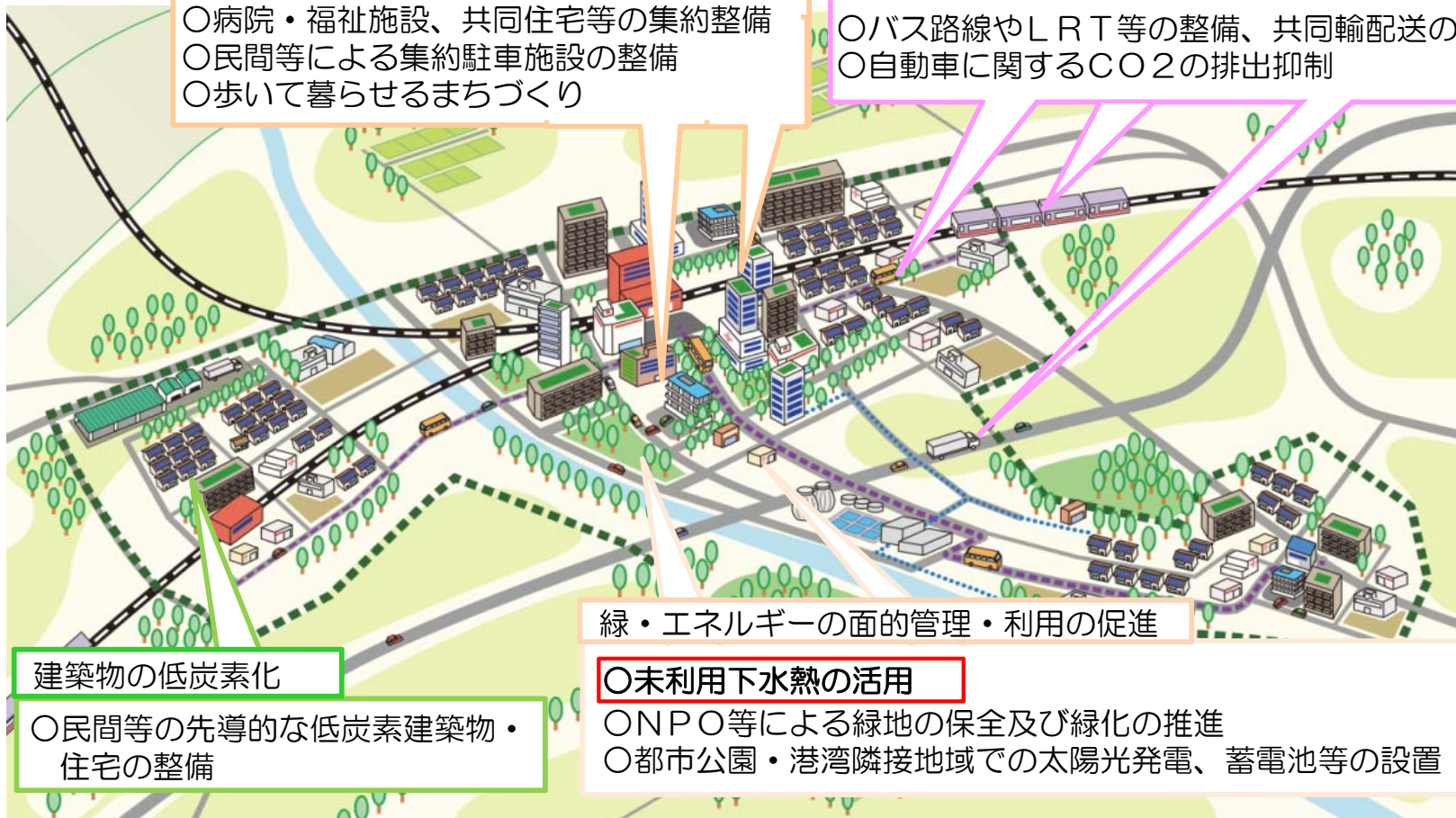
### ○未利用下水熱の活用

- NPO等による緑地の保全及び緑化の推進
- 都市公園・港湾隣接地域での太陽光発電、蓄電池等の設置

### 建築物の低炭素化

- 民間等の先導的な低炭素建築物・住宅の整備

（基本方針に基づき市町村が策定）  
低炭素まちづくり計画



未利用下水熱を民間が活用できるよう規制緩和（下水道法の特例）



# 社会資本整備総合交付金の概要

- H22より、地方の自由度を高めるため、個別補助金を社会資本整備総合交付金として原則一本化
  - 計画(分野毎)に位置づけられた事業の範囲内**で、自治体が国費を自由に充当可能
  - 単年度交付限度額＝基幹事業分＋関連社会資本整備事業分＋効果促進事業分
- ※国費率：現行事業の国費率を基本(対応する事業がない場合は1/2)

## 1. 交付対象等

- 交付対象：地方公共団体（都道府県又は市町村）等
- 交付金事業者：地方公共団体等及び地方公共団体等から補助金の交付を受ける団体等 **(民間等への間接補助も可能)**

## 2. 交付対象事業(基幹事業)

(政策分野)	＜基幹事業＞
① 活力創出基盤整備	道路、港湾
② 水の安全・安心基盤整備	治水、 <b>下水道</b> 、海岸
③ 市街地整備	都市公園、市街地整備、広域連携、従来のまちづくり交付金、 <b>都市水環境整備</b>
④ 地域住宅支援	従来の地域住宅交付金、住環境整備

## 3. 効果促進事業

- 整備計画の目標を実現するため基幹事業と一体となってその効果を一層高めるために必要な事業等（交付金事業者の運営に必要な人件費、賃借料その他の経常的な経費への充当、レクリエーションに関する施設の整備事業等を除く）
- 全体事業費の20/100を目途
- 国の負担又は補助について個別の法令に規定がある場合は、その割合。それ以外は1/2

# グリーン投資減税による税制上の特例措置の創設

○温室効果ガスの削減と環境関連新規市場拡大等のため、再生可能エネルギーである下水汚泥固形燃料の利用に必要な設備を取得した際の所得税・法人税に係る特例措置を創設

## 施策の背景・目的

### 施策の背景

○再生可能エネルギーの利用を通じた温室効果ガスの削減と環境関連新規市場拡大等が求められている(新成長戦略)

(注)長期エネルギー需給見通し(経済産業省:平成21年8月)において、2020年にまでにバイオマス利用により、約940万t-CO<sub>2</sub>(原油換算)の削減目標。

### 施策の達成目標

○平成25年3月31日までの間に、下水道バイオマスリサイクル率を39%とする(平成21年度末:24%)(社会資本整備重点計画)

### 現状と対応の方向

○現状:汚泥燃料化事例は未だ少ない状況(全国の下水処理場は、約2,000カ所)

○設備の導入に要する初期投資等の資金負担大

具体的施策

設備投資にかかる経済的負担を軽減する必要

## 対象設備の概要

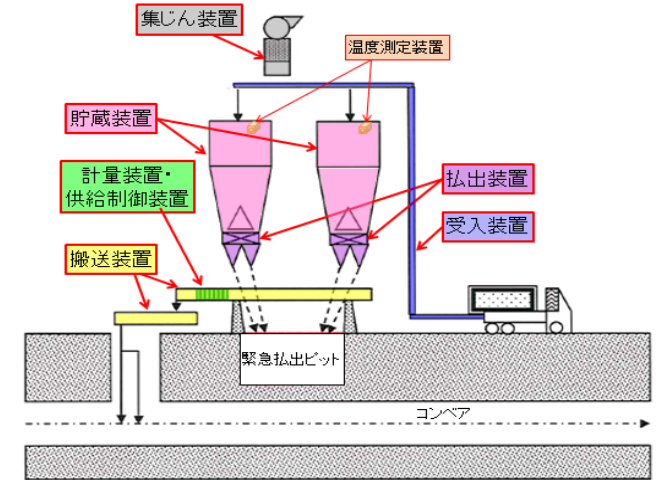
### 下水汚泥固形燃料利用設備

#### 対象設備の例

(設備写真)



(設備概要)



下水処理場内で製造した下水汚泥固形燃料を、民間企業の側で受け入れ、利用する際に必要な設備(貯蔵装置、払出装置、受入装置、集じん装置、搬送装置等)

## 税制改正の概要

○対象設備を取得し、事業の用に供した年度に、取得価額の30%特別償却

○中小企業者は、取得価額の7%の税額控除との選択が可能

○適用期間:平成23年6月30日から平成26年3月31日まで

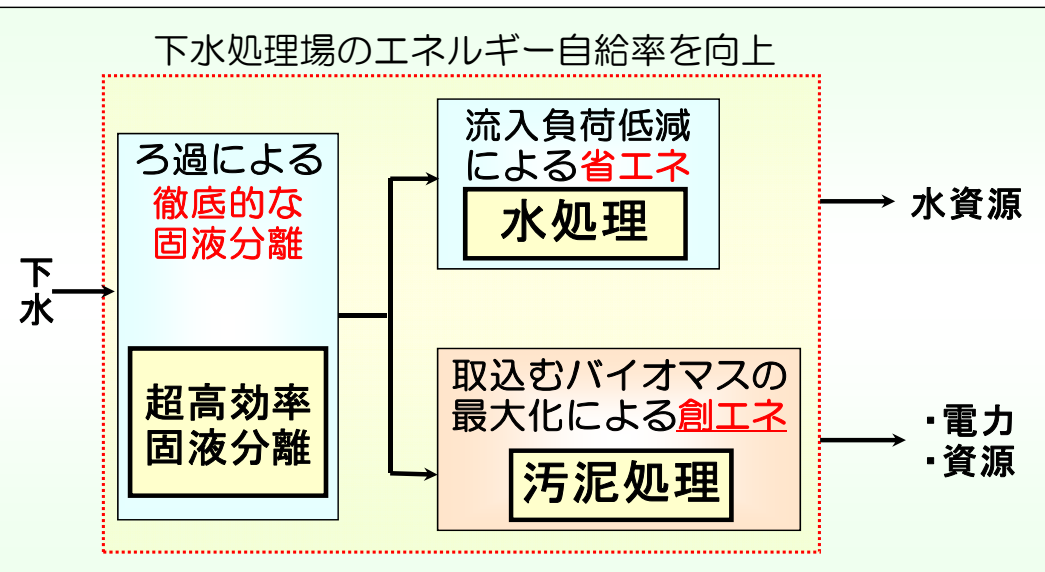




# 超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステムに関する実証事業

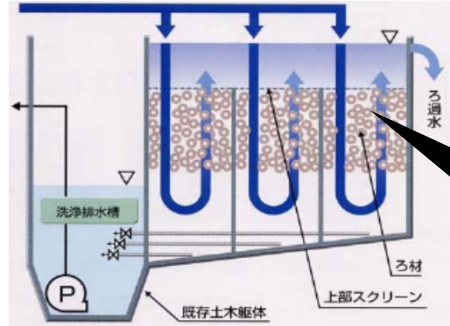
- 実施事業体：  
メタウォーター(株)・日本下水道事業団 共同研究体
- 実施場所：大阪市中浜下水処理場
- 研究概要：  
超高効率固液分離、高効率高温消化、ハイブリッド発電等を組み合わせたシステム技術の実証

## 処理の概念



## 超高効率固液分離

- 連続的な一次処理(固液分離)を目的とするものとしては国内初
- 「沈殿させる」方式から「こし取る」ろ過方式へ
- 革新的に水処理を省エネ化、汚泥処理を創エネ化



## 高効率高温消化

- 生汚泥と生ごみを混合消化
- 消化日数5日への短縮により、消化槽を小型化・鋼板製化
- アンモニア濃度監視により、反応阻害を制御

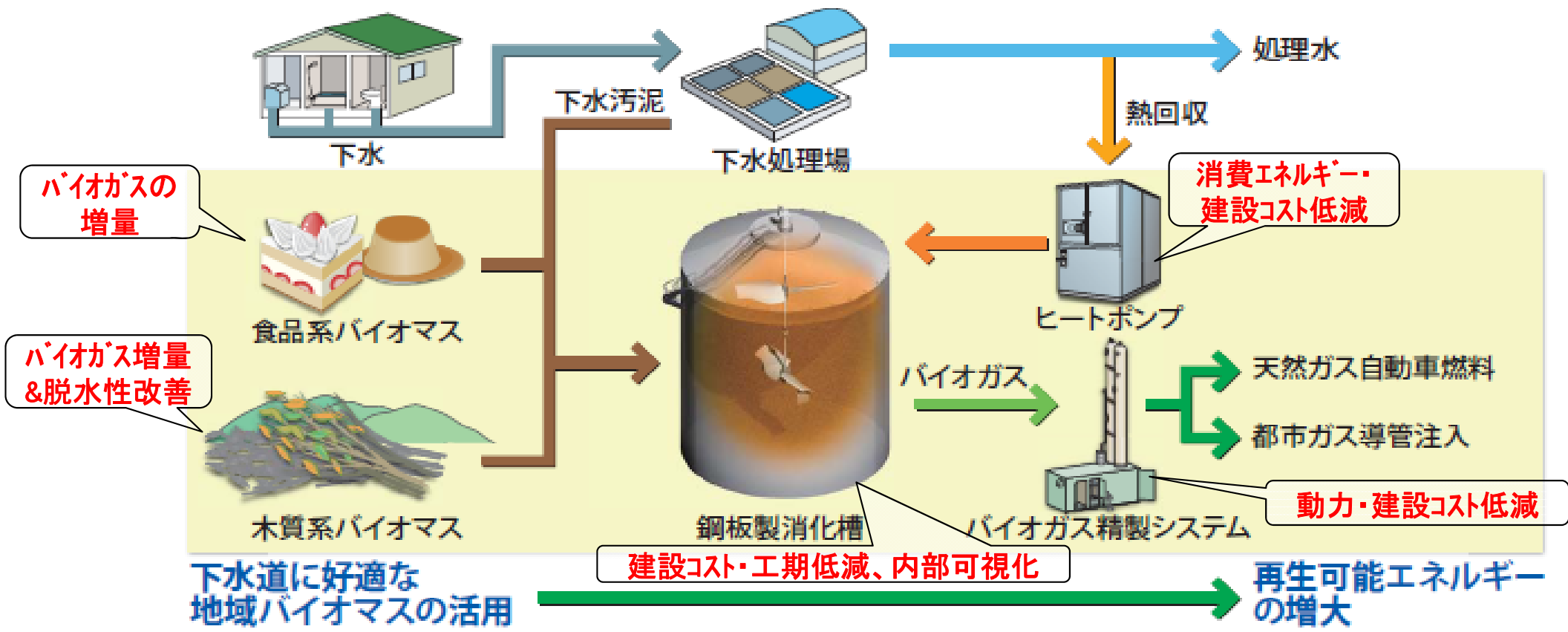
## ハイブリッド発電等

- 消化ガス100%有効利用を可能にする、都市ガスと消化ガスのハイブリッド発電を燃料電池にて実現
- デマンド制御により処理場消費電力量のピークを削減

## 効果

- 生物反応槽前段での高効率固液分離による「水処理省エネルギー化」と「汚泥処理創エネルギー化」を実現
- 生ごみ投入 & 高温高濃度 & 担体の効果による鋼板製消化槽のコンパクト化
- ハイブリッド発電とデマンド制御を組み合わせることによる、システム全体のエネルギー消費低減、エネルギー自給率向上

- 実施事業体 : (株)神鋼環境ソリューション・神戸市 共同研究体
- 実施場所 : 神戸市東灘処理場
- 研究概要 : 地域バイオマスの受け入れ、鋼板製消化槽、高効率ヒートポンプ、新型バイオガス精製装置を組み合わせたシステム技術の実証



効果

- 下水道に好適な食品製造系(スイーツ)・木質系(グリーン)の地域バイオマスと汚泥の混合処理(消化)による、消化ガス(バイオガス)発生量の増加
- 消化・精製のパッケージ化による建設・維持管理コストの縮減と温室効果ガス排出量の大幅な削減

## 実証事業実施者

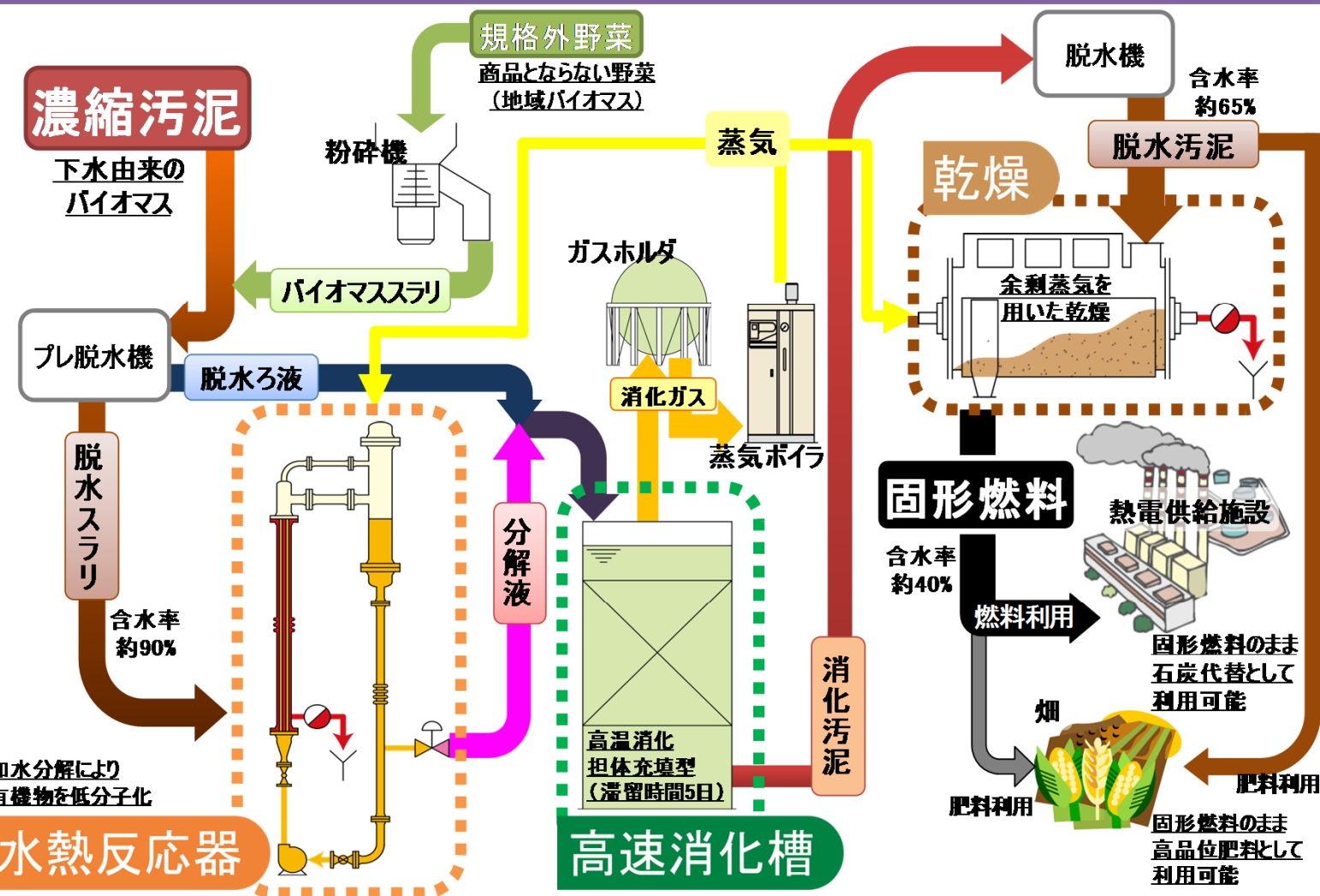
長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工株式会社 共同研究体

## 実証フィールド

長崎市東部下水処理場

## 実証の概要

プレ脱水（濃縮汚泥と地域バイオマスの混合調質）、水熱反応（有機物の加水分解）、高速消化（高温消化）、脱水・乾燥（燃料化）等を組み合わせたシステム技術の実証



高性能の連続式水熱反応器を用いて、下水汚泥中の易分解性有機物や余剰汚泥等を消化しやすいカルボン酸類に加水分解させた後、高速で消化ガスに転換させ、本来、燃料としてそのまま利用できる、紙類等の難分解性有機物のみを残存させて固形燃料化

- 固形燃料は石炭代替として燃料利用が可能。
- 加えて、固形燃料をそのまま有機肥料として田畑に施肥することを可能とし、リン資源確保へ貢献。
- これまで自治体が負担してきた汚泥処分費用を大幅に削減することが可能。



## 実証事業実施者

JFEエンジニアリング株式会社

## 実証フィールド

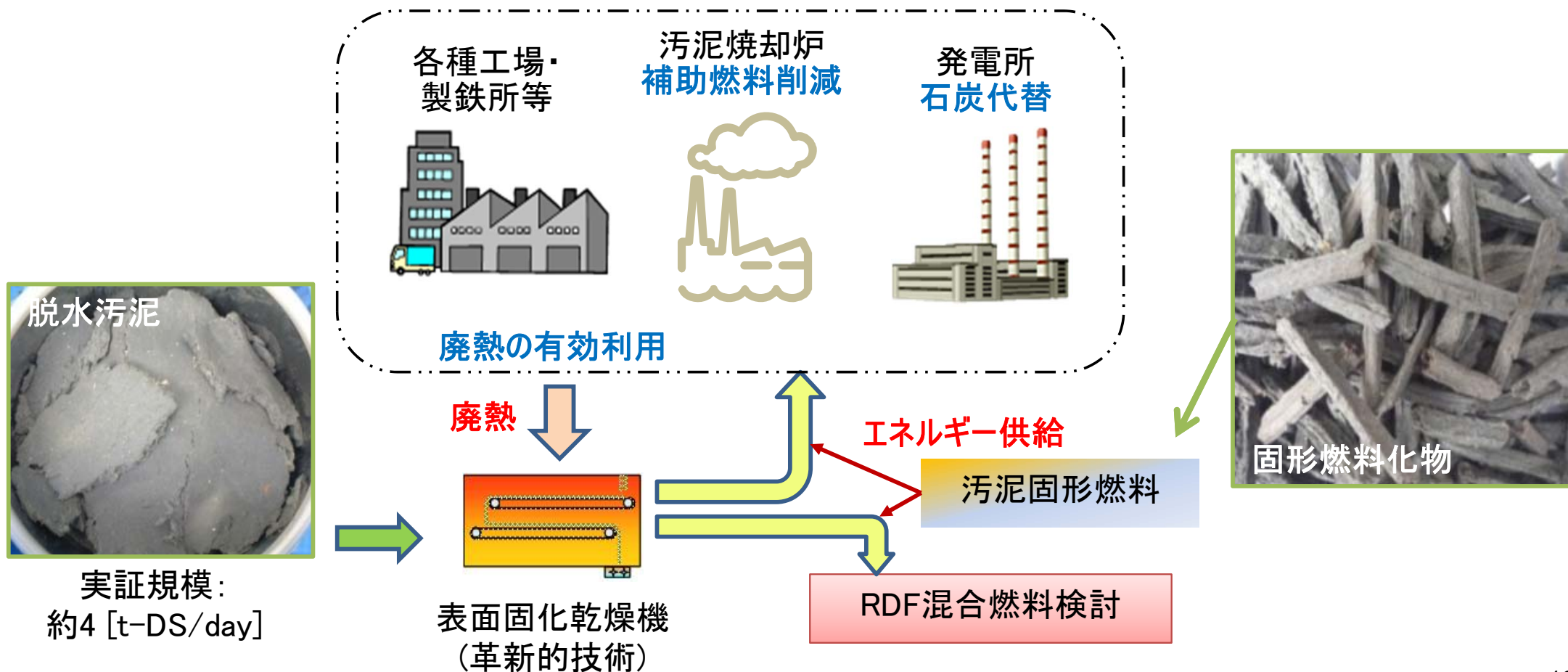
松山市西部浄化センター

## 実証の概要

- ① 廃熱利用による低コスト汚泥固形燃料の製造実証
- ② 汚泥固形燃料の焼却炉利用による補助燃料削減効果の検証
- ③ RDFと下水汚泥との混合燃料を製造し化石燃料代替性を検証

## 【表面固化乾燥の特徴】(JFE社資料より)

- ◆ 省エネ乾燥(低温廃熱(200~300°C)利用)
- ◆ 保有熱量大(従来炭化燃料と比較して)
- ◆ 粉塵を抑制(棒状成形+静的な乾燥)
- ◆ 悪臭を抑制(固化膜形成による表面固化)



## 実証事業実施者

大阪市・積水化学工業株式会社・東亜グラウト工業株式会社 共同研究体

## 実証フィールド

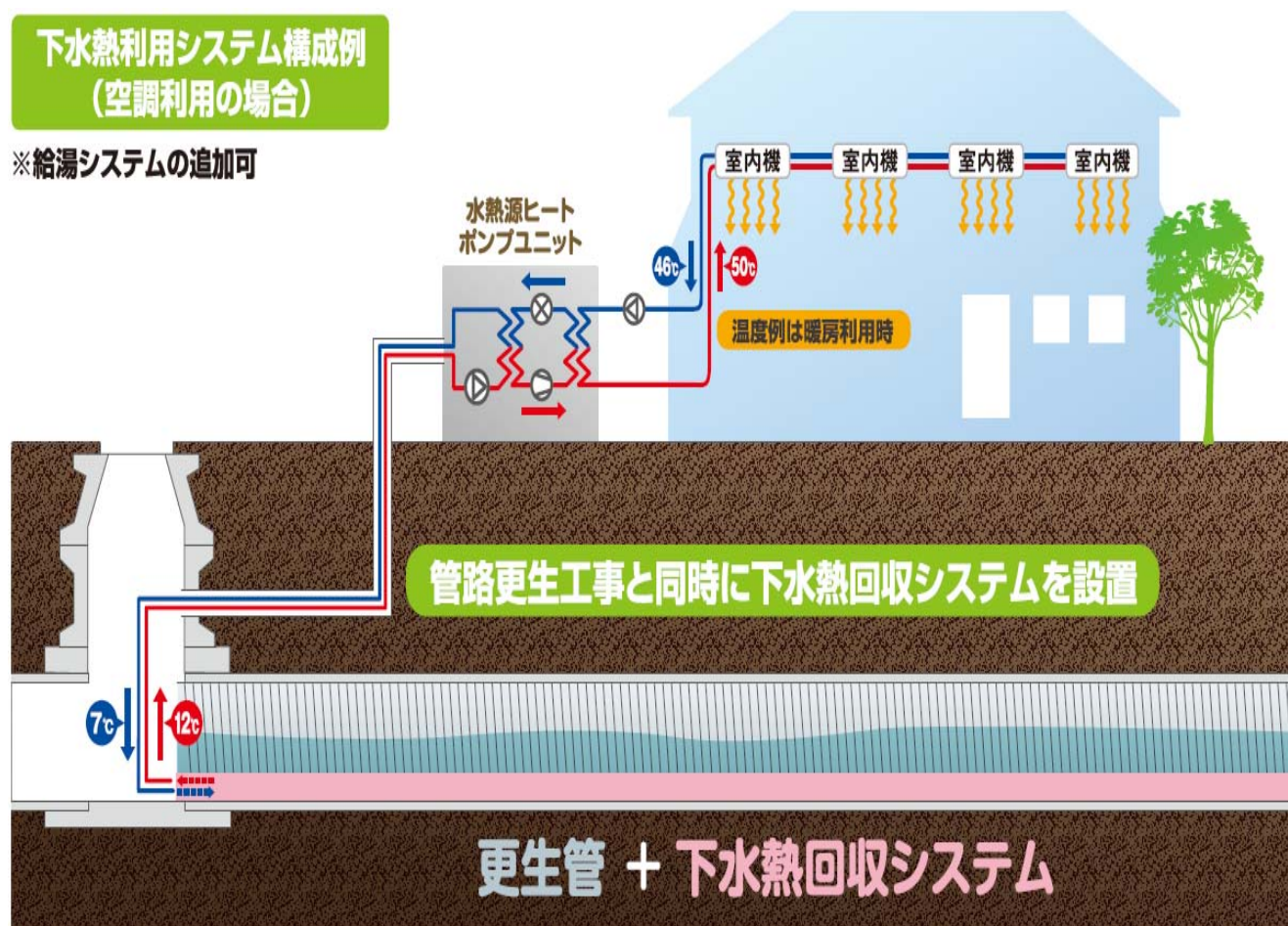
大阪市海老江下水処理場

## 実証の概要

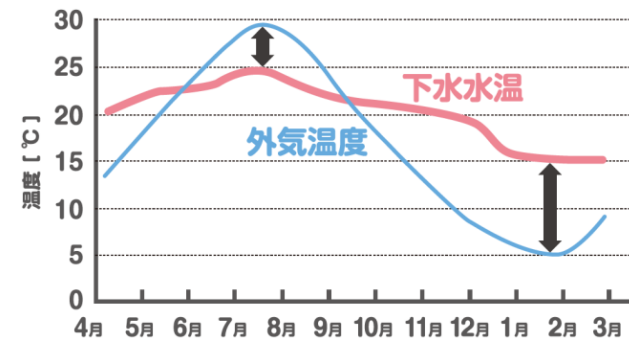
- ① 未処理下水が流れる下水管渠への管更生と熱交換器設置を同時施工して、下水熱回収システムを構築
- ② ①にて回収した熱を、ヒートポンプを介して建造物の空調(暖房・冷房)や給湯に利用するシステムを構築
- ③ ①②による熱回収・利用技術のコスト縮減効果、省エネルギー効果、温室効果ガス排出量削減効果等を実証

## 下水熱利用システム構成例 (空調利用の場合)

※給湯システムの追加可



○一般的に、下水の温度には、冬季は外気温度より高く、夏季は外気温度より低いという特徴があるため、外気利用よりも高効率にヒートポンプ運転が可能。



○下水管渠は、熱需要の多い都市部に面的に多く存在するため、広い範囲での導入・設置が可能。

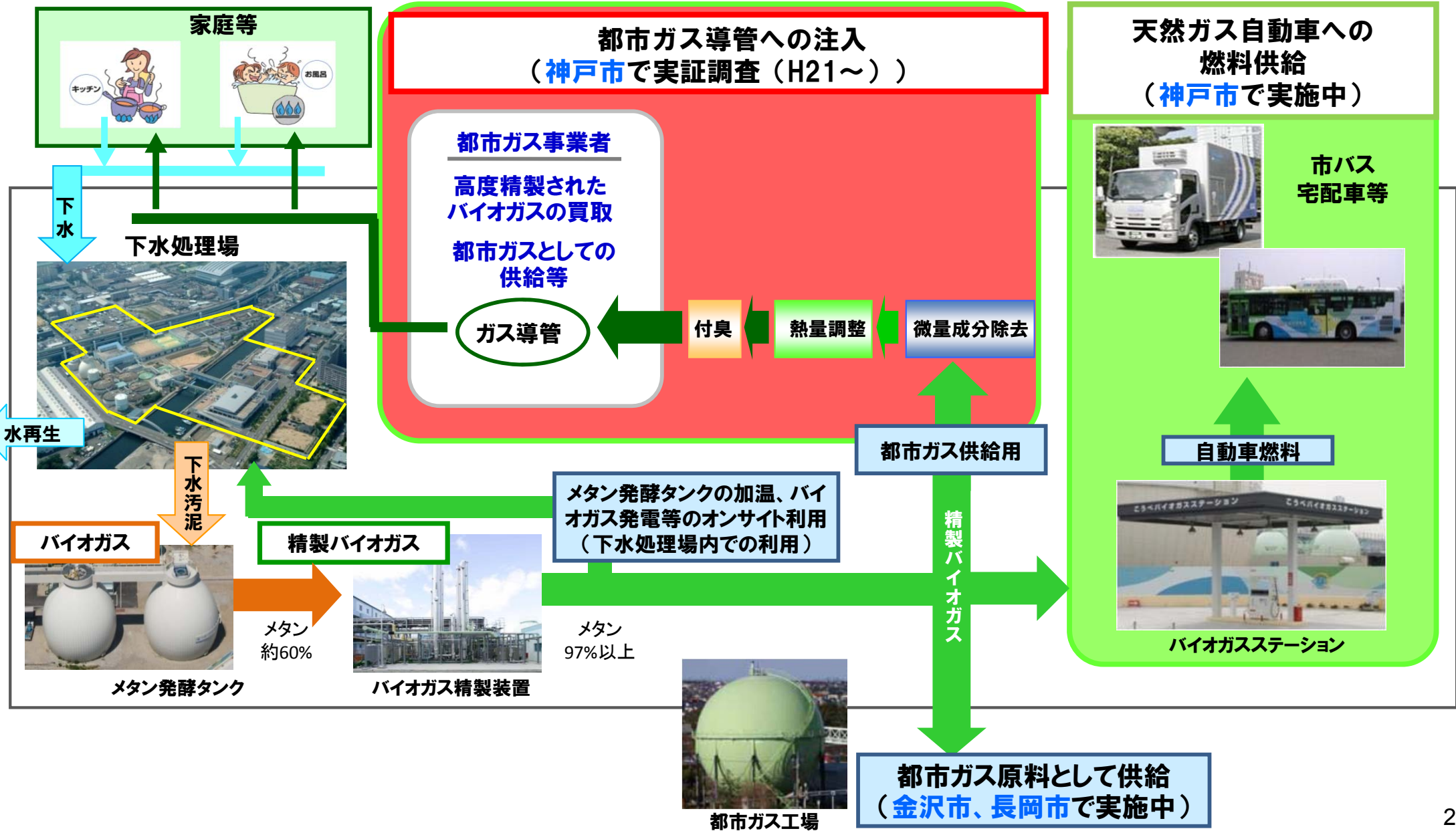




### 3. 取組事例の紹介

# 下水道バイオガスの利用

○オンサイトでの利用(発電・消化槽加温等)に加え、ガス会社や交通部局と連携し、精製したバイオガスを処理場外において有効利用



# PFI事業等による下水道施設整備事例について

## ●PFI事業又はDBO方式による下水道資源有効利用施設整備(主な事例)

自治体	事業方式	事業内容	概要
東京都	PFI	消化ガス発電	発電設備整備
横浜市	PFI	改良土製造	改良土プラント増設
大阪市	PFI	消化ガス発電	発電設備整備
横浜市	PFI	消化ガス発電	発電設備整備
黒部市	PFI	消化ガス発電 汚泥燃料化	バイオマス利活用施設整備
広島市	DBO	汚泥燃料化	汚泥燃料化施設整備(炭化)
宮城県	DBO	汚泥燃料化	汚泥燃料化施設整備(乾燥)
佐賀市	DBO	汚泥資源化	汚泥堆肥化施設整備

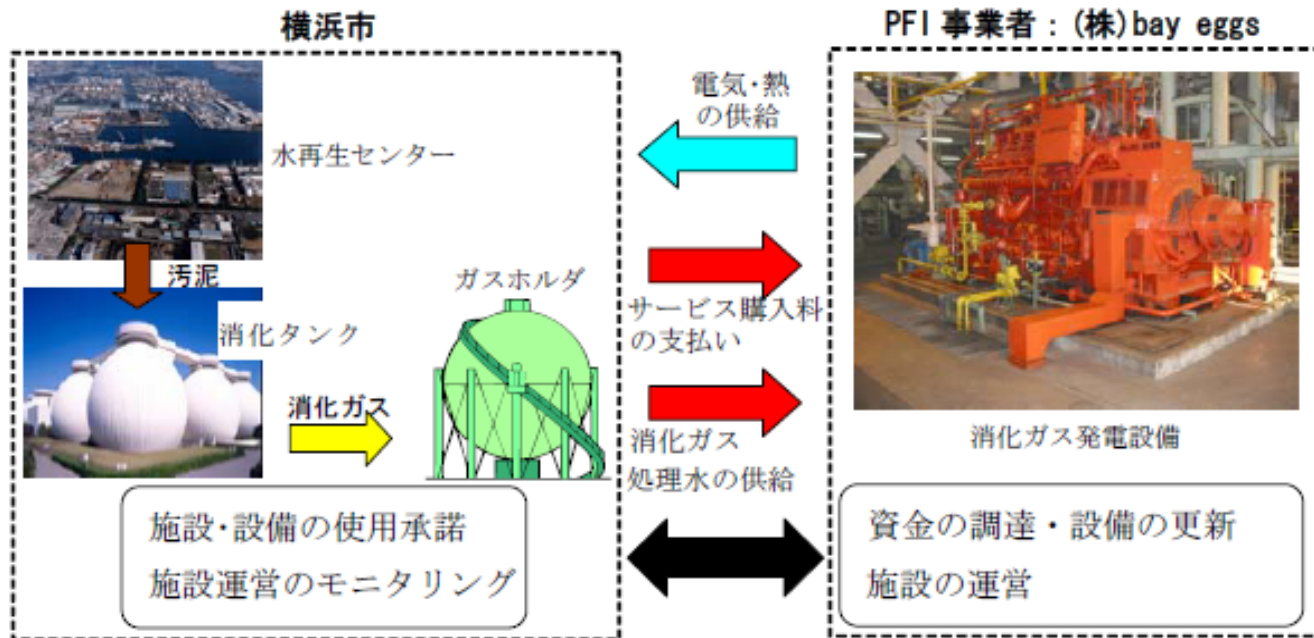
## ●行政として期待しているメリット

- ・民間企業の流通ノウハウを活用した収益性の向上
- ・民間企業の最先端技術の駆使

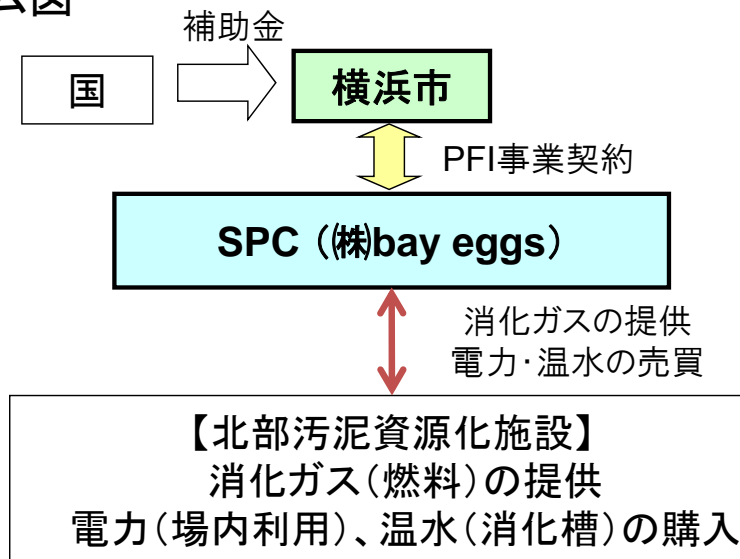
# 横浜市の事例・消化ガス発電設備整備事業(PFI)

○下水汚泥の処理過程で発生する消化ガスを燃料とした発電施設等をPFI方式で建設・運営。

## ■事業概要図



## ■PFIスキーム図

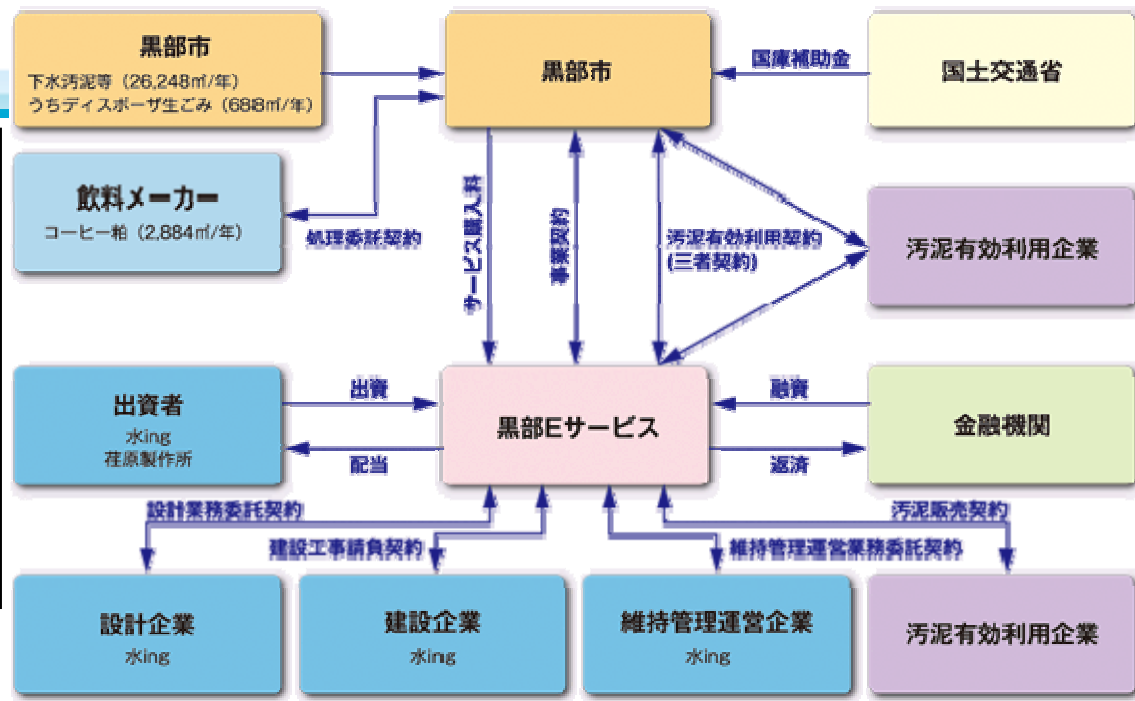


事業方式	BTO方式(サービス購入型)
契約期間	2008年8月～2030年3月
供用開始	2009年12月
事業箇所	神奈川県横浜市
受注者(SPC)	(株)bay eggs ----- JFEテクノス(株)、(株)東芝、東芝電気サービス(株)、JFEセキュリティ(株)
事業概要	既存消化発電施設の更新(設計・建設)、維持管理及び運営を行い、施設用電力、汚泥消化槽用の温水を供給。
施設概要	○消化ガス発電設備 900kW×5台 ○温水供給設備 14,470MJ/時(消化タンク加温、空調設備熱源用)

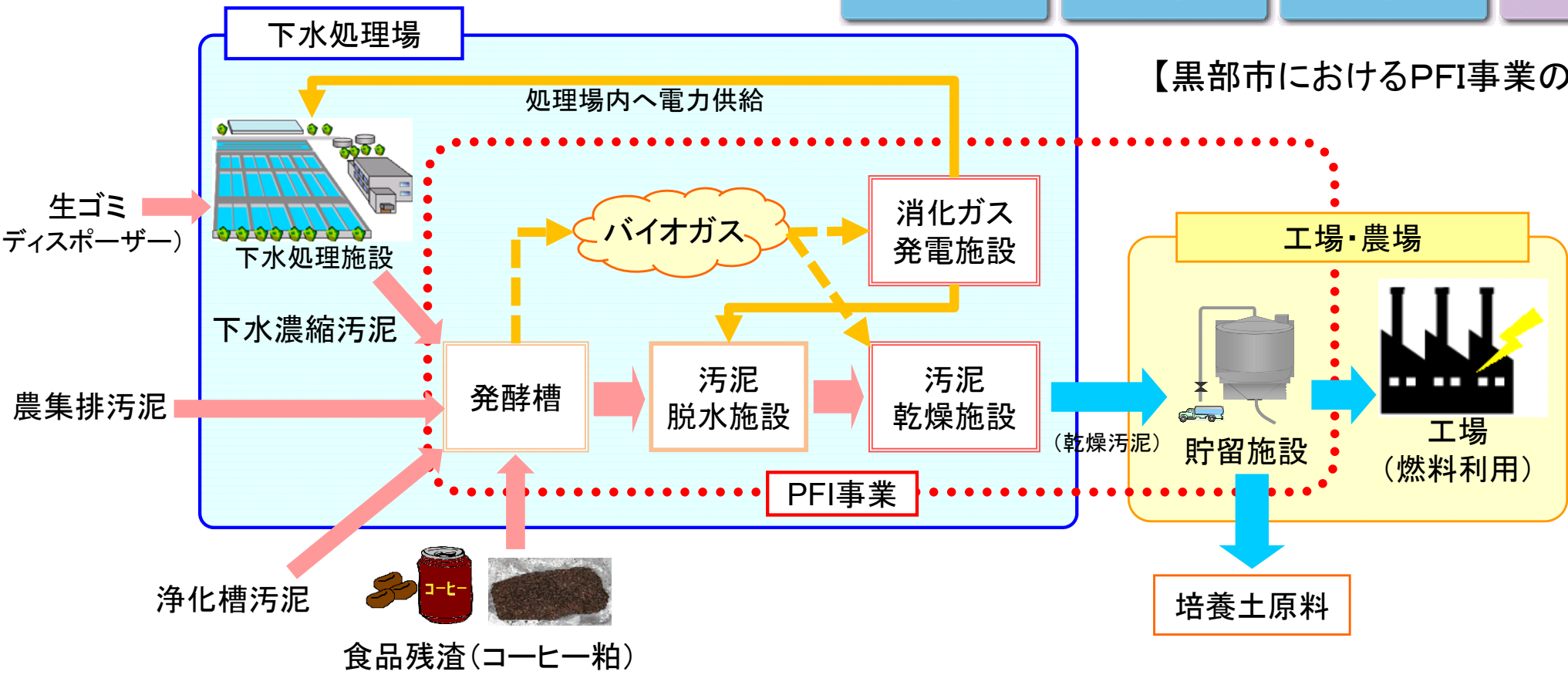
# 黒部市の事例

○富山県黒部市では、PFI事業により、下水汚泥とあわせて食品残渣(コーヒー粕)を処理・資源化し、緑農地等として利用。発生するメタンガスを活用して発電し、処理場内で利用するとともに、汚泥は乾燥して緑農地や燃料等に利用。

○このほか、石川県珠洲市や北海道北広島市等において、生ゴミ等の地域のバイオマスを受入れ、一体的に処理し、エネルギー等として活用する取組を推進。



【黒部市におけるPFI事業の概要】



### 3. まとめ



# 低炭素・循環型社会の実現に向けた資源・エネルギーの循環

- 下水道が有するエネルギーの活用によるエネルギー自給率の向上
- 地域で発生するバイオマスの集約処理によるエネルギーの供給拠点化
- 都市内の下水管ネットワークを活用した下水熱の利用

下水道事業の経営改善  
地域への還元  
地球温暖化対策への貢献

