



第5章 目標の達成に向けた取組と削減効果

5-1 温室効果ガス削減の考え方

(1) 温室効果ガス削減のプロセス

まず、省エネ設備の導入や汚泥の処理過程で発生するエネルギー等を活用（創エネ）して、購入する電力量や、化石燃料使用量を最大限削減します。

しかし、使用する電力をゼロにするのは困難であることから、次のステップとして、省エネ・創エネ等の取組を実施してもなお必要な電力については、再エネ電力に転換します。

最後に、排出量をゼロにすることが困難な、生物処理や汚泥焼却で発生するCH₄やN₂Oなどの温室効果ガスについては、クレジット等の活用を検討し、排出量の削減を図ります。

これらの考え方により、2050年に温室効果ガス排出量ゼロの目標達成を目指し、2050年以降も下水道事業における省エネ、創エネ等による温室効果ガス削減の取組を進めることにより、購入する電力やクレジット等を活用する量を減らします。

温室効果ガス削減のプロセス

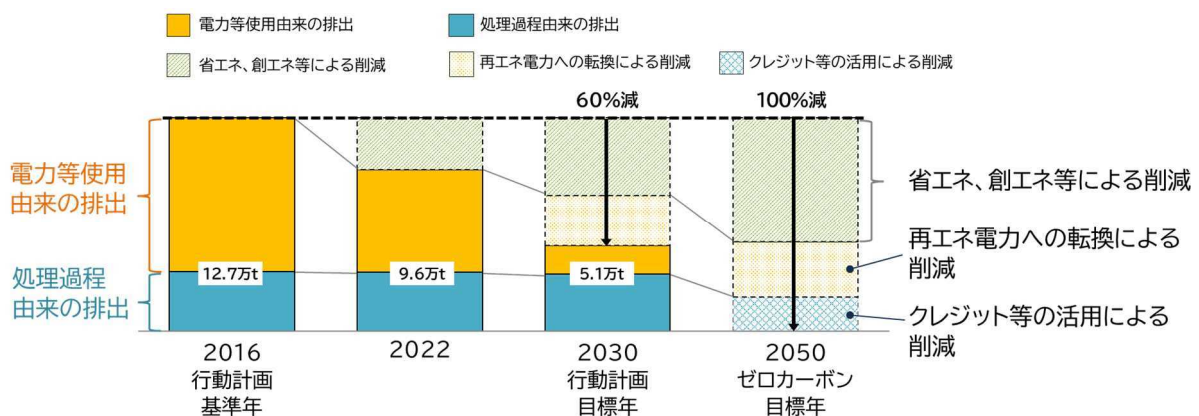
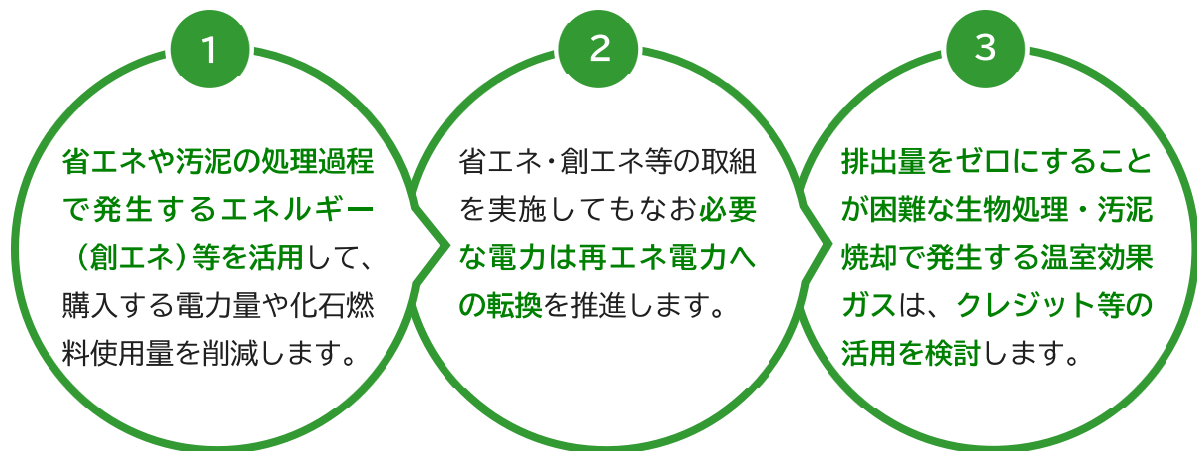


図 5-1 温室効果ガス削減のイメージ



(2) 電力使用に伴う温室効果ガス削減効果の算定

電気を作るためには大量の化石燃料が使われており、CO₂ 排出量の増加の要因となっています。一方、太陽光発電などの再生可能エネルギーは CO₂ を排出することなく電気を作る（排出係数 0）ことができるため、再生可能エネルギーの利用拡大により CO₂ 排出量を削減することができます。

電力を使用することは間接的に温室効果ガスの排出につながり、電力を使用したことによる温室効果ガス排出量の算定には、電力の排出係数が用いられます。この排出係数は、電力 1kWh あたりの CO₂ 排出量を示しており、電力の使用による年間の CO₂ 排出量は、年間の電力使用量にこの排出係数をかけて算定することができます。

電力の排出係数は、各小売電気事業者が調達する電力の電源構成により変動するため、再生可能エネルギーを利用して発電した電力を供給する小売電気事業者を選択することも重要です。

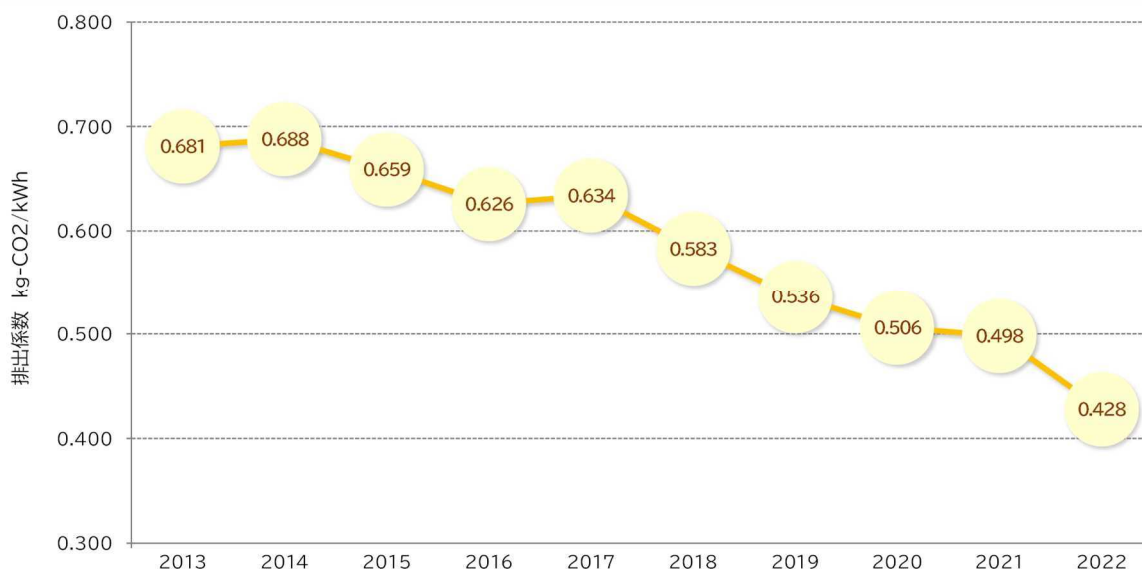


図 5-2 札幌市下水道事業の排出係数の経年変化のグラフ

なお、温室効果ガス削減量の算定については、下水道事業の取組による効果を分かりやすくするため、直近(2022年)の排出係数 0.428kg-CO₂/kWh で固定することとします。

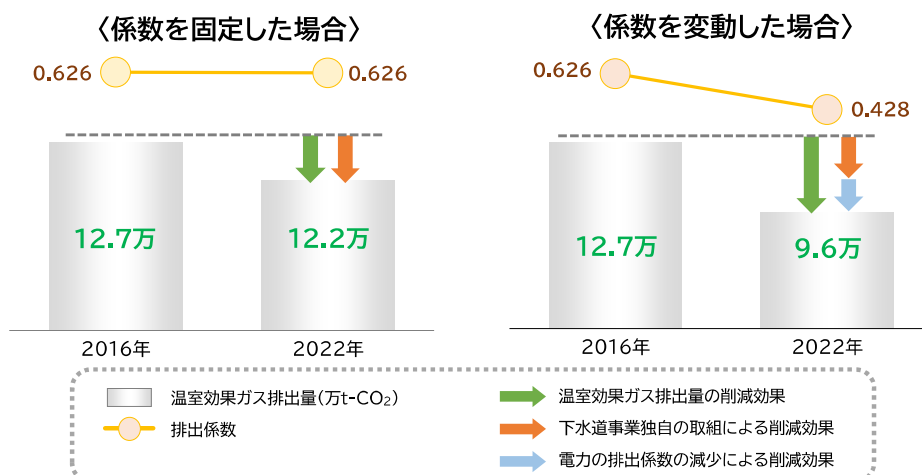


図 5-3 固定係数と変動係数で算定した場合の温室効果ガス排出量の変化



5-2 目標の達成に向けた取組と削減効果

温室効果ガス削減目標の達成に向けて、以下の取組を検討します。

取組の方向性	取組	削減対象ガス		
		CO ₂	CH ₄ 、N ₂ O	
I 温室効果ガスの削減 (省エネ)	(1) 改築にあわせた取組			
	① 省エネ設備の導入	●		
	② ICTを活用した運転制御	●		
	③ 照明設備のLED化	●		
	④ カーボンニュートラル燃料で稼働する設備の導入	●	●	
	⑤ 下水道河川局庁舎の省エネ化・再エネ導入	●		
	(2) 維持管理における取組			
	① ゼロエミッション自動車の導入	●		
	② 効率的な運転管理	●		
	③ 水量減に伴う削減	●	●	
	(3) 下水道施設の再構築にあわせた抜本的な取組			
	① 処理方式変更に伴うCO ₂ 削減	●		
	② 処理方式変更に伴うN ₂ O削減		●	
	II 下水道資源の活用 (創エネ・再エネ)	(1) 下水汚泥の処理過程で発生するエネルギーの活用		
		① 蒸気発電	●	
② バイオガス(消化ガス)発電		●		
(2) 下水熱の活用				
① ロードヒーティング		●		
② 空調		●		
(3) 未利用空間の活用				
① 太陽光発電		●		
② 森林づくり		●		
III 多様な分野・主体との連携	(1) 他分野への供給(※下水道事業の削減効果の対象外)			
	① 雪処理施設(融雪槽)	●		
	② 雪処理施設(地域密着型)	●		
	③ 下水熱(ロードヒーティング)	●		
	④ 下水熱(空調)	●		
	(2) 他分野からの供給			
	① し尿・浄化槽汚泥等の受入検討	●		
	② 市有施設との連携による再エネ電力の利用拡大	●		
	③ 再エネ電力への転換	●		
	④ クレジット等の活用		●	
	(3) 市民・企業・学術機関との協力			
	① 普及啓発	●	●	
	② 民間との協働による雨水流出抑制の推進	●		
③ 産官学連携による技術革新	●	●		
④ 建設工事における環境に配慮した取組の実施	●			

図 5-4 温室効果ガス削減の取組一覧

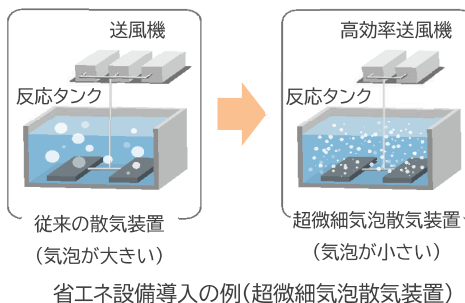


取組の方向性 I 温室効果ガスの削減（省エネ）

【削減効果】 2030年:0.7万t-CO₂ 2050年:3.3万t-CO₂

(1) 改築にあわせた取組

① 省エネ設備の導入



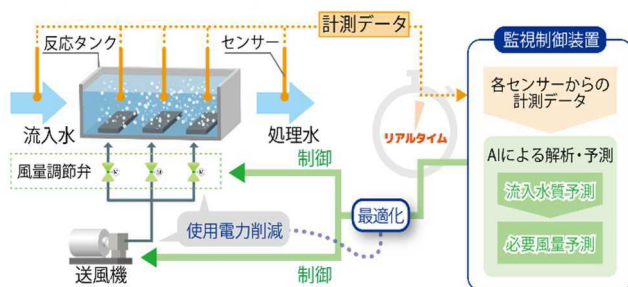
検討内容

設備の改築にあわせて効率の良い省エネ設備を導入することなどにより、電力使用量を削減します。

<超微細気泡散気装置の導入>

小さな気泡で空気を送り込み、下水をきれいにする微生物が必要とする酸素を水中に溶解しやすくすることで、送風機の送風量を抑え、電力使用量を削減します。

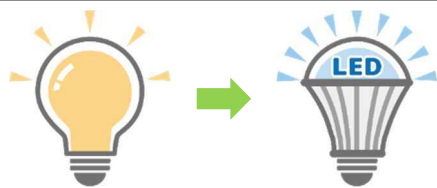
② ICTを活用した運転制御



検討内容

反応タンクに水質センサーを設置し、ICT※(情報通信技術)を活用することで、送風機の最適な風量を予測・制御し、処理水質の安定化と電力使用量の削減を図ります。

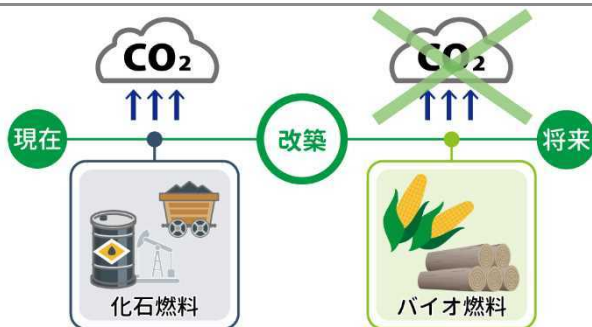
③ 照明設備のLED化



検討内容

水再生プラザやスラッジセンターなどの照明設備をLEDに替えることにより、電力使用量を削減します。

④ カーボンニュートラル燃料で稼働する設備の導入



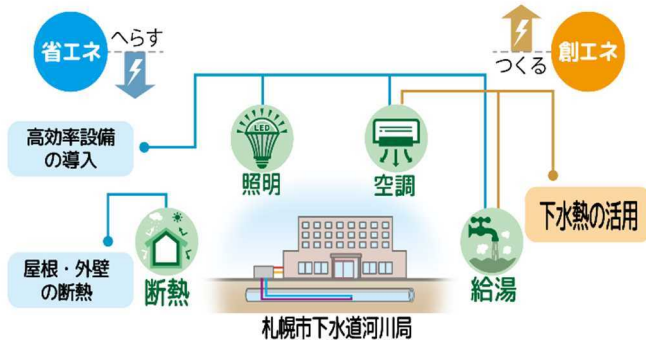
検討内容

設備の改築にあわせ、重油等化石燃料を使用するエンジンなどの設備について、バイオマス由来の燃料で稼働する設備に改築するなど、カーボンニュートラル燃料※を使用することで、燃料の使用に伴うCO₂等を削減します。

※新たな技術の活用が必要となります



⑤ 下水道河川局庁舎の省エネ化・再エネ導入

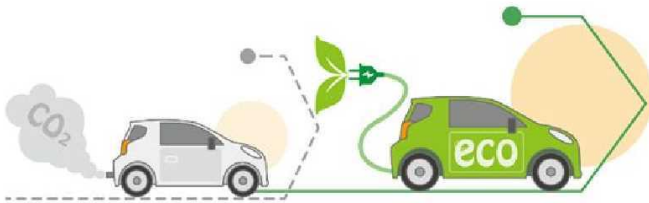


検討内容

下水道河川局庁舎における設備の更新に合わせ、屋根や外壁の高断熱化や、高効率設備の導入に加え、下水熱を活用した空調・給湯設備の導入により、電力使用量を削減し、温室効果ガス排出量を削減します。

(2) 維持管理における取組

① ゼロエミッション自動車の導入



検討内容

公用車に電気自動車※(EV)や燃料電池自動車※(FCV)といったゼロエミッション※自動車を導入することにより、ガソリン等の化石燃料使用量を削減し、温室効果ガス排出量の削減を図ります。

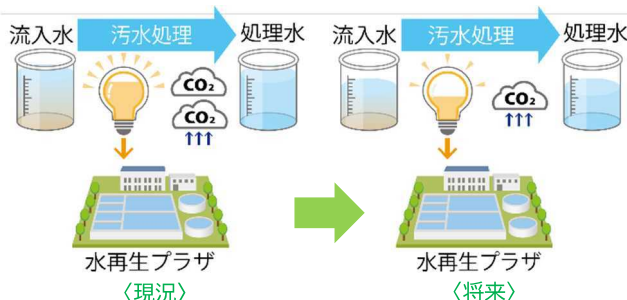
② 効率的な運転管理



検討内容

流入下水の水質や水量変動に応じて最適な送風量及び送風圧力に調整するなど、日常の運転管理方法の見直しや機器の運転時間の短縮などを継続して実施し、温室効果ガスの削減を図ります。

③ 水量減に伴う削減



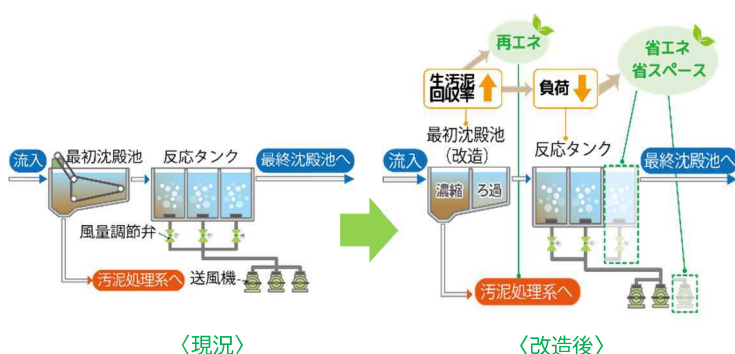
検討内容

水量減に伴い電力、燃料等の使用量が減少するため、温室効果ガスの排出量が減少します。また、生物処理や污泥焼却で発生するCH₄やN₂Oの排出量が減少します。



(3) 下水道施設の再構築にあわせた抜本的な取組

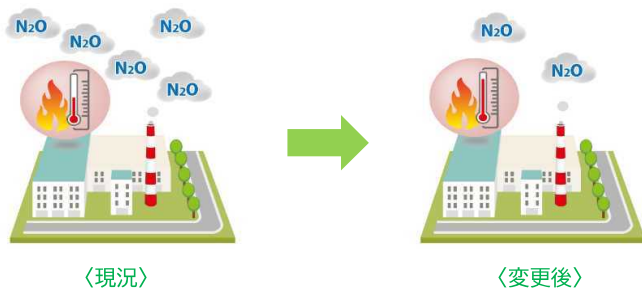
① 処理方式変更に伴う CO₂ 削減



検討内容

水再生プラザに流入する汚濁負荷を最初沈殿池で汚泥として高効率に回収することで、反応タンク以降の水処理過程に流入する汚濁負荷を低減し、水処理にかかるエネルギーを削減します。

② 焼却方式変更に伴う N₂O 削減



検討内容

焼却方式を変更し、従来より燃焼温度を高めることにより、汚泥焼却で発生する N₂O を削減します。

コラム⑧

市有施設における省エネ化・再エネ導入の事例

札幌市動物愛護管理センター
(あいまる さっぽろ)



【取組内容】

- ・断熱性能の向上、LED 照明、空調・給湯のヒートポンプ※化等による省エネ化
- ・地中熱の活用、太陽光発電設備・リチウムイオン蓄電池設置による再エネ導入

中央区複合庁舎



【取組内容】

- ・断熱性能の向上、空調制御等による省エネ化
- ・下水熱のロードヒーティング・空調等への活用
- ・太陽光発電設備、ガスコージェネレーション※設置による再エネ導入

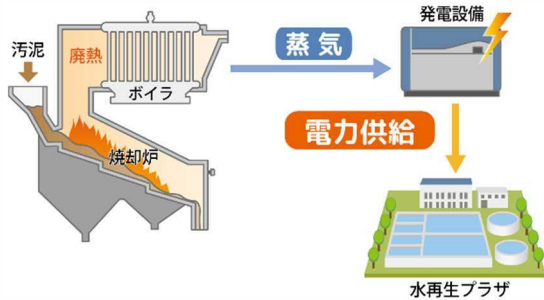


取組の方向性Ⅱ 下水道資源の活用（創エネ・再エネ）

【削減効果】 2030年:0.4万t-CO₂ 2050年:1.0万t-CO₂

(1) 下水汚泥の処理過程で発生するエネルギーの活用

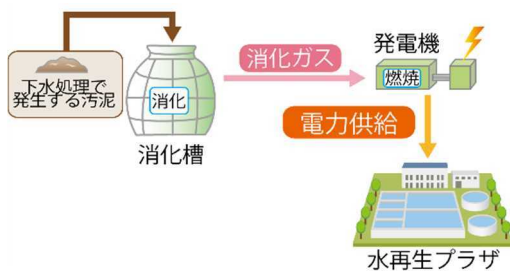
① 蒸気発電



検討内容

汚泥焼却時に発生する廃熱を活用して発電した電力は、カーボンニュートラルな電力であることから、電力会社から購入する電力の使用を低減し、温室効果ガス排出量を削減します。

② バイオガス（消化ガス）発電

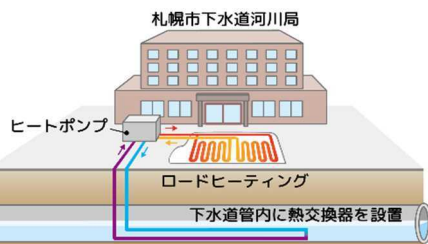


検討内容

下水汚泥を消化槽に投入し、そこで発生するバイオガス（消化ガス）※を活用して発電します。
バイオガス（消化ガス）発電による電力はカーボンニュートラルな電力であり、電力会社から購入する電力の使用を低減し、温室効果ガス排出量を削減します。

(2) 下水熱の活用

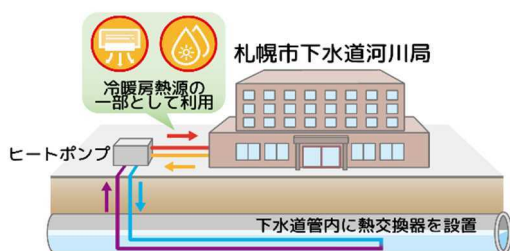
① ロードヒーティング



検討内容

下水道管内に熱交換器※を設置することで下水熱を回収し、下水道施設内のロードヒーティングの熱源にします。これにより、電力使用量や燃料使用量を削減します。

② 空調



検討内容

下水道管内に熱交換器を設置することで下水熱を回収し、下水道施設内の空調の熱源にします。これにより、電力使用量や燃料使用量を削減します。



(3) 未利用空間の活用

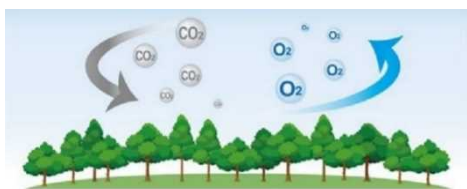
① 太陽光発電



検討内容

下水道施設の敷地内に太陽光発電設備を導入することによって、カーボンニュートラルな電力を発電します。太陽光発電の導入により、電力会社から購入する電力の使用を低減し、温室効果ガス排出量を削減します。

② 森林づくり



検討内容

下水道施設の敷地内に植樹することで、森林の活動による二酸化炭素の吸収源を増やします。これにより、温室効果ガスの削減に貢献します。

コラム⑨ 消化とは

消化とは、下水汚泥を減容化・性状安定化させる処理方法の1つです。

酸素が無い状態で微生物が下水汚泥の有機物を分解(嫌気性発酵)することでバイオガス(消化ガス)が発生し、焼却炉の燃料や発電等に有効利用することが可能です。

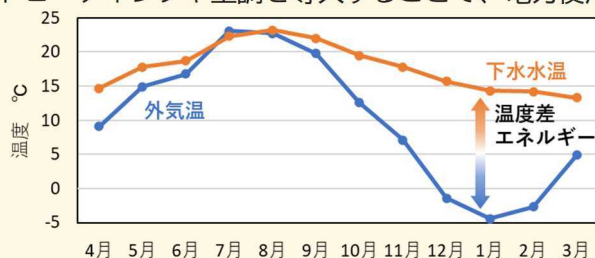


消化槽 (岩見沢市 南光園処理場)

コラム⑩ 下水熱とは

下水の水温は、一般的に「夏は外気温より冷たく、冬は外気温より温かい」という特徴があり、この下水水温と外気温の温度差エネルギーを「下水熱」といいます。

札幌市のような寒冷地では、特に冬の温度差が大きくなっており、この温度差を活用したロードヒーティングや空調を導入することで、電力使用量や燃料使用量を削減します。



外気温: 札幌の月平均気温 (2022年度 気象庁)
下水水温: 新川水再生プラザの月平均流入水温 (2022年度)



導入事例: 西区民・保健センター

流雪溝に送水している処理水を西区民・保健センターの暖房熱源として利用しています。

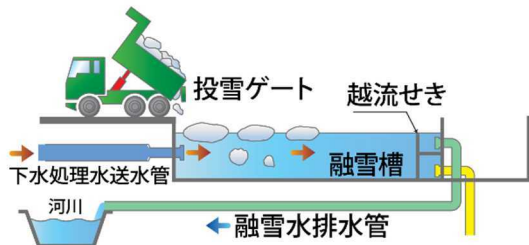


取組の方向性Ⅲ 多様な分野・主体との連携

【削減効果】 2030年:4.7万t-CO₂ 2050年:5.4万t-CO₂

(1) 他分野への供給

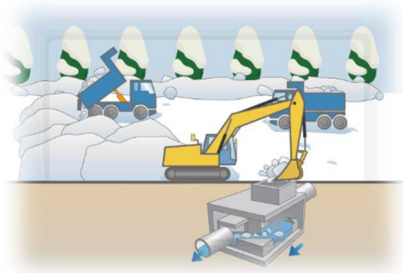
① 雪処理施設（融雪槽）



検討内容

都心部に比較的近い水再生プラザ内に処理水の下水熱で融雪する施設を建設し、郊外にある雪堆積場よりも運搬距離を縮減することで、トラックによる燃料使用量を削減します。

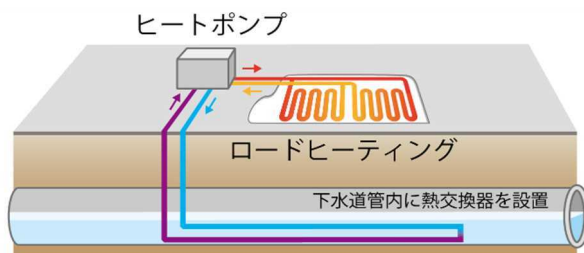
② 雪処理施設（地域密着型）



検討内容

都心部に比較的近い公園等に下水道管に流れる未処理下水※の下水熱で融雪する施設を建設し、郊外にある雪堆積場よりも運搬距離を縮減することで、トラックによる燃料使用量を削減します。

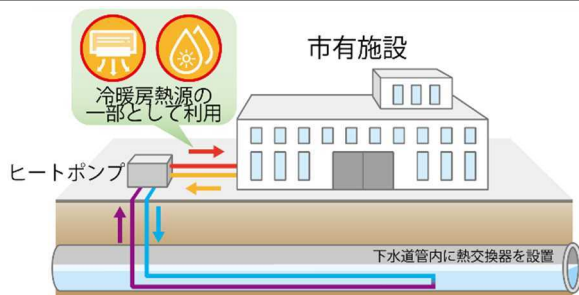
③ 下水熱（ロードヒーティング）



検討内容

下水道管内に熱交換器を設置することで下水熱を回収し、市有施設におけるロードヒーティングの熱源にします。これにより、電力使用量や燃料使用量を削減します。

④ 下水熱（空調）



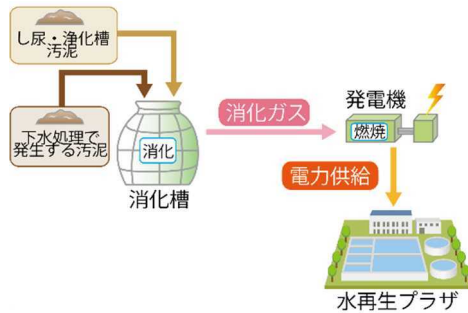
検討内容

下水道管内に熱交換器を設置することで下水熱を回収し、市有施設における空調の熱源として利用します。これにより、電力使用量や燃料使用量を削減します。



(2) 他分野からの供給

① し尿・浄化槽汚泥等の受入検討



検討内容

消化槽に、し尿・浄化槽汚泥等を投入し、バイオガス（消化ガス）発電を行うことで、高効率なエネルギーの活用可能性を検討します。

② 市有施設との連携による再生エネ電力の利用拡大



検討内容

白石清掃工場で発電する電力を東部水再生プラザで一部使用することにより、再生可能エネルギーの導入拡大を図ります。

コラム⑪ 雪処理施設の事例

下水道の雪処理施設は、都心部に比較的近いため、トラックの運搬距離を縮減させ、作業効率を向上させることができます。そのため、持続可能な除排雪体制構築のためにも重要なものです。



新川融雪槽



八軒下水道管投雪施設



地域密着型雪処理施設
(月寒公園)

コラム⑫ 白石清掃工場における発電

白石清掃工場では、ごみの焼却で生まれた熱を利用して蒸気をつくり、蒸気タービン発電機により発電された電力を市有施設や市内企業で利用するための仕組みづくりが検討されています。



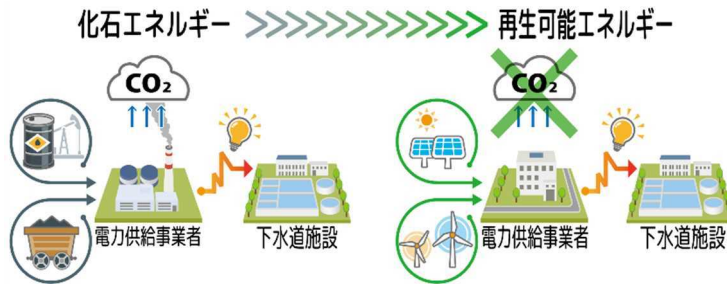
白石清掃工場



蒸気タービン発電機



③ 再エネ電力への転換



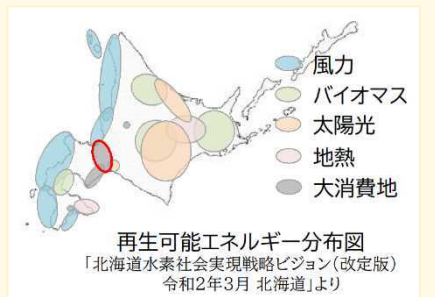
検討内容

電力供給事業者から再生可能エネルギー由来の電力を購入することにより、化石燃料由来の電力使用量を削減することで、温室効果ガス排出量を削減します。

コラム⑬ 道内連携による再エネ電力の利用拡大

都市規模が大きい札幌市では、電力需要の全てを市内の再生可能エネルギーで賄うことは困難であると考えられています。

一方、右の分布図のとおり、北海道は豊富な再生可能エネルギーを有しています。このエネルギーを有効に活用することで、札幌市などの大消費地での再エネ電力の利用拡大につながる検討が進められています。



④ クレジット等の活用



クレジットのイメージ

検討内容

クレジット等は、植樹によるCO₂の吸収量等を取引できる形として証書化したものであり、温室効果ガス排出者は、購入したクレジット等を排出削減量として計上できるため、水処理・汚泥処理過程から排出される温室効果ガスなど、削減が難しいものについて、クレジット等を活用し、温室効果ガスの削減を図ります。

コラム⑭ クレジット等の種類

クレジット等には、代表的なJ-クレジット、グリーン電力証書、非化石証書の3種類があります。

★ J-クレジット

省エネ設備の導入や再エネの活用によるCO₂等の排出削減量、適切な森林管理によるCO₂等の吸収量で、国に認証されたもの

★ グリーン電力証書

自然エネルギーにより発電された電力から「発電時のCO₂等排出量がゼロ」という価値を取り出し、証書にしたもの

★ 非化石証書

再生可能エネルギーや原子力発電等の非化石電源で発電された電力から「発電時のCO₂等排出量がゼロ」という価値を取り出し、証書にしたもの



(3) 市民・企業・学術機関との協力

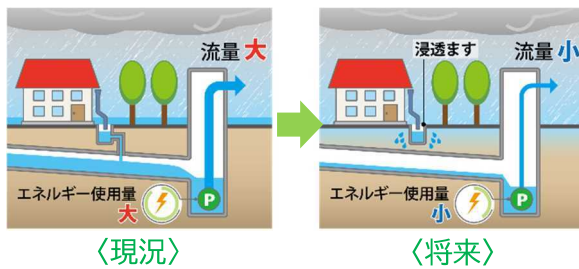
① 普及啓発



検討内容

市民や企業に対し、引き続き、下水道に流してはいけないもの(生ごみ、油、薬品等)を普及啓発することによって、水再生プラザに流入する汚濁負荷を軽減し、処理にかかるエネルギー使用量を削減します。

② 民間との協働による雨水流出抑制の推進



検討内容

雨水流出抑制[※]への協力のお願いを引き続き進めることにより、下水道施設への雨水流入量を削減し、揚水ポンプ等のエネルギー使用量や水再生プラザの処理にかかるエネルギー使用量を削減します。

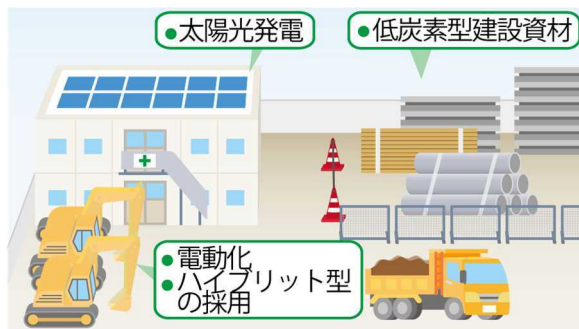
③ 産官学連携による技術革新



検討内容

産官学の連携により、新技術の導入可能性や研究開発等を加速することによって、将来にわたり、温室効果ガス排出量の削減に貢献します。

④ 建設工事における環境に配慮した取組の実施



検討内容

建設工事で使用する機材や建設機械等を省エネ化・再エネ化することにより、温室効果ガスの削減に貢献します。

また、低炭素型の建設資材の採用などにより、さらなる温室効果ガスの削減を図ります。



5-3 温室効果ガス削減効果のまとめ

札幌市気候変動対策行動計画の基準年 2016 年比

札幌市で示す 2030 年までの「温室効果ガス排出量 60%削減(2016 年比)」、「電力消費に伴う CO₂ 排出量実質ゼロ」、2050 年までの「温室効果ガス排出量実質ゼロ」の達成に向けた削減効果の試算値は表 5-1 のとおりです。そのうち、下水道事業独自の取組である「Ⅰ 温室効果ガスの削減(省エネ)」、「Ⅱ 下水道資源の活用(創エネ・再エネ)」による削減効果の試算値の推移は図 5-5 のとおりです。今後、取組内容を検討し、具体化することで削減効果を決めていきます。

表 5-1 各目標年(2030 年、2050 年)における温室効果ガス削減効果(試算値)

取組の方向性	取組	削減効果 [万t-CO ₂](※1)	
		2030年	2050年
Ⅰ 温室効果ガスの削減 (省エネ)	(1) 改築にあわせた取組	0.7	3.3
	(2) 維持管理における取組		
	(3) 下水道施設の再構築にあわせた抜本的な取組		
Ⅱ 下水道資源の活用 (創エネ・再エネ)	(1) 下水汚泥の処理過程で発生するエネルギーの活用	0.4	1.0
	(2) 下水熱の活用		
	(3) 未利用空間の活用		
Ⅲ 多様な分野・主体との連携	(1) 他分野への供給(※2)	4.7	5.4
	(2) 他分野からの供給		
	① し尿・浄化槽汚泥等の集約 ② 再エネ電力への転換 ③ クレジット等の活用		
	(3) 市民・企業・学術機関との協力		
下水道事業独自の取組による温室効果ガス削減量(2016年基準) 【2016年～2022年の削減量3.1万t + Ⅰ + Ⅱ】(※3)		4.2	7.4
全ての取組による温室効果ガス削減量(2016年基準) 【2016年～2022年の削減量3.1万t + Ⅰ + Ⅱ + Ⅲ】(※3)		8.9	12.7

※1：当該削減効果は一定の仮定の下で試算したものであるため、今後の事業規模を確定するものではない

※2：他分野での削減効果となるため、下水道事業の削減効果の対象外

※3：2016 年から 2022 年までの取組による温室効果ガス削減量の実績 3.1 万 t-CO₂ を含めた削減量の累計四捨五入の関係上、合計が一致しない場合がある

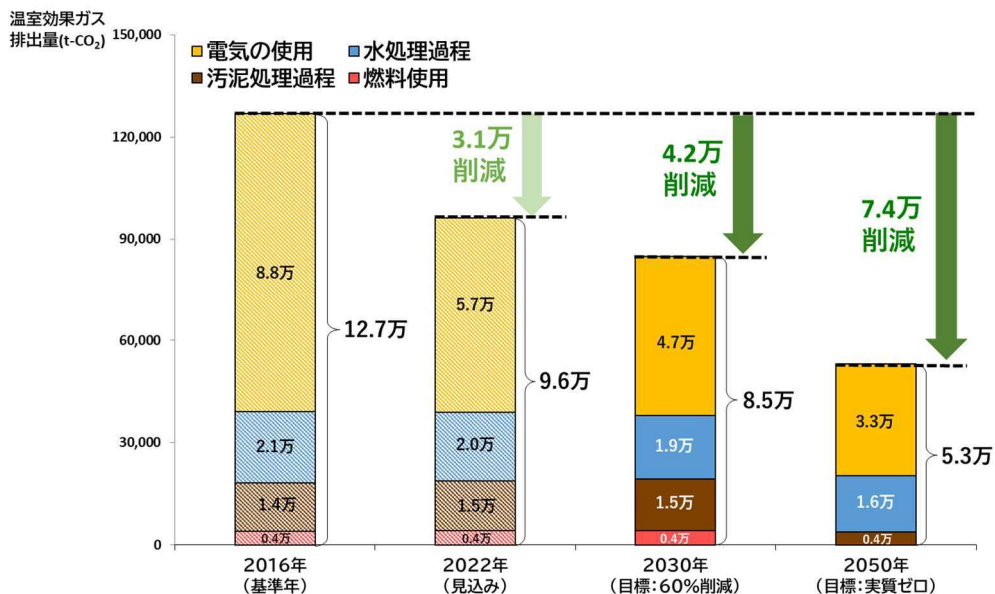


図 5-5 下水道事業独自の取組における削減効果の推移 (2016 年比)



下水道事業独自の取組である「Ⅰ 温室効果ガスの削減(省エネ)」、「Ⅱ 下水道資源の活用(創エネ・再エネ)」に加え、再エネ電力への転換やクレジット等の活用による削減効果も含めた推移は、図5-6のとおりです。今後、再エネ電力への転換やクレジット等の活用について、内容を検討し、具体化することで、削減効果を決めていきます。

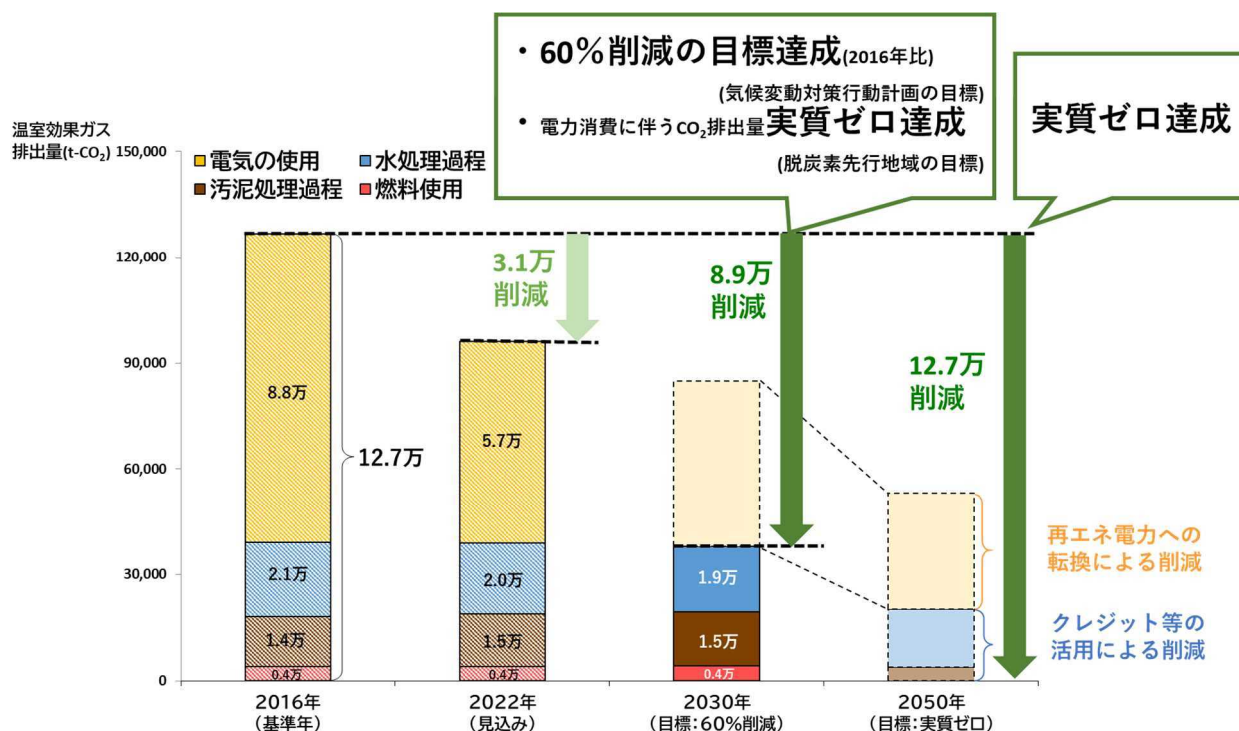


図5-6 目標達成に向けた削減効果の推移 (2016年比)

温室効果ガス削減目標 (P.9 再掲)

「札幌市気候変動対策行動計画」における市役所の事務・事業の目標

2030年目標

2016年比:温室効果ガス排出量**60%削減**

2022年11月、札幌市が「脱炭素先行地域」に選定されたことに伴う目標
市有施設での電力消費に伴うCO₂排出量の**実質ゼロ**

2050年目標

温室効果ガス排出量の**実質ゼロ**



(参考) 国の基準年 2013 年比

国の「地球温暖化対策計画」(P.4 参照)の基準年である 2013 年比の下水道事業独自の取組による削減効果の推移は、以下のとおりです。

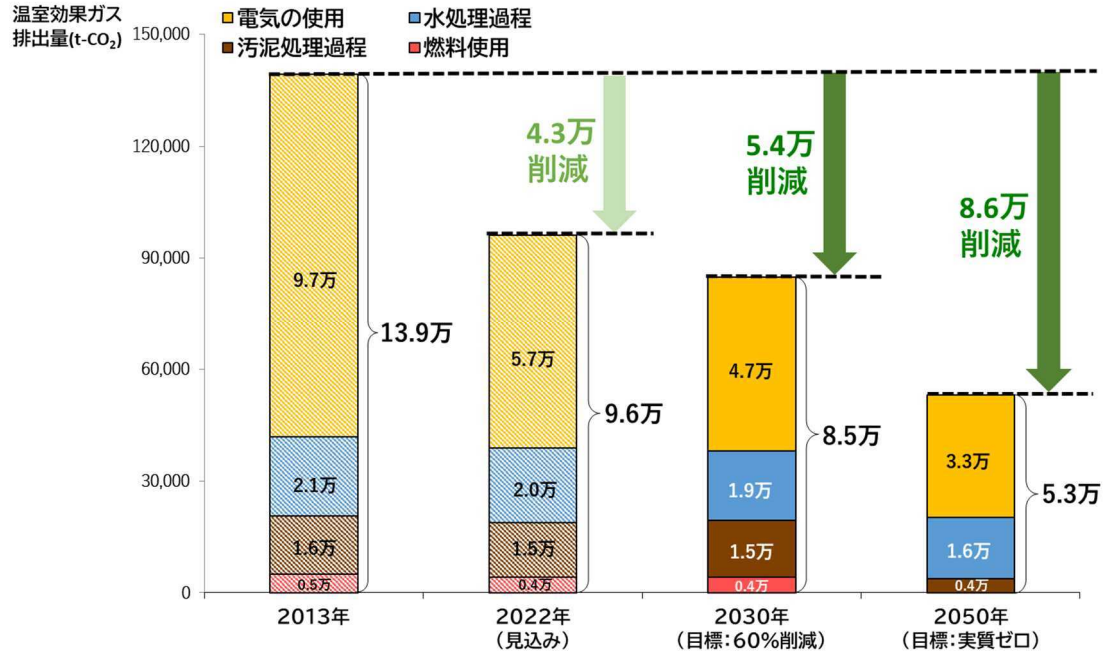


図 5-7 下水道事業独自の取組における削減効果の推移 (2013 年比)

また、目標達成に向けた削減効果の推移は、以下のとおりです。

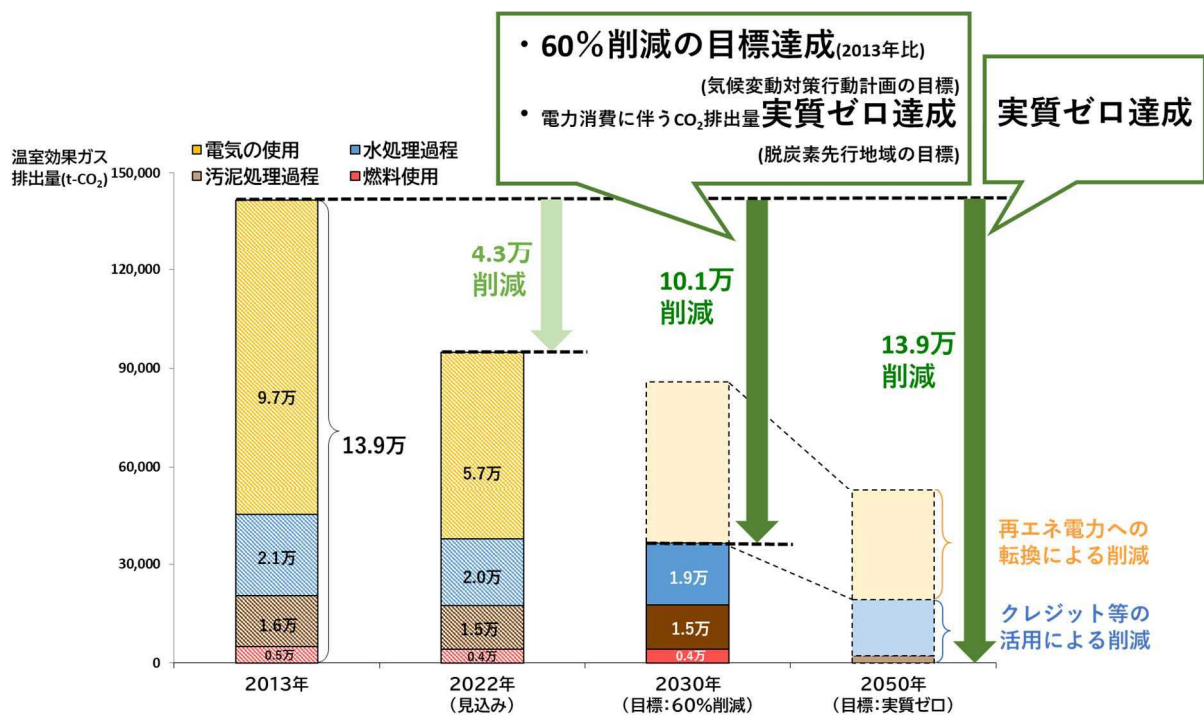


図 5-8 目標達成に向けた削減効果の推移 (2013 年比)



5-4 2050年以降の取組

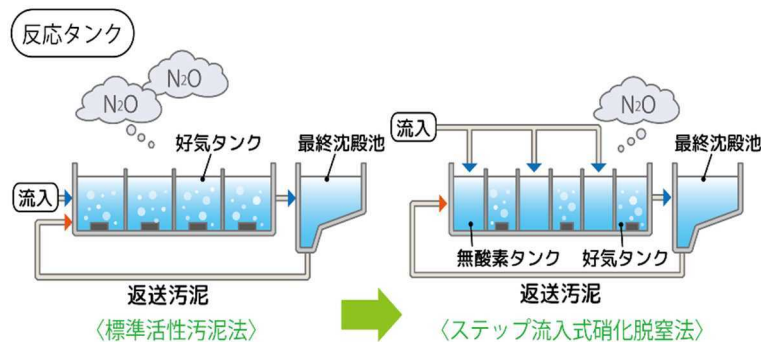
第3章で紹介した生物処理や污泥焼却で発生する一酸化二窒素(N_2O)といった温室効果ガスを安定的に削減し続けるためには、下水道事業独自の取組により、更なる発生源対策を行うことが重要となります。

処理施設の再構築が本格化する2050年以降は、躯体の新設等に合わせた処理方式の抜本的な変更が可能となることから、これまで削減が難しかった N_2O などの温室効果ガスを、大幅に減らすことが期待できます。

こういった機会を逃すことなく先進的な取組を進めるほか、将来の人口減少に応じた最適なシステムとなるよう施設のダウンサイジングや統廃合などを実施し、それらに合わせて、電力や化石燃料等の使用量を効率的に削減する取組も検討していきます。

2050年より先の検討の例

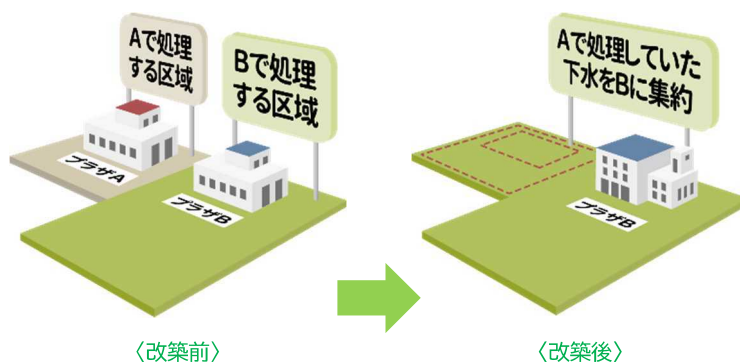
処理方式変更に伴う N_2O の削減



検討内容

汚水中の窒素を効率的に除去する処理方式（高度処理）を導入することにより、生物処理で発生する N_2O を削減することで、温室効果ガスを削減します。

処理施設の統廃合による効果



検討内容

水再生プラザの再構築に伴い、統廃合する施設については、管理棟^{*}を統一することで電力や化石燃料等の使用量を削減します。

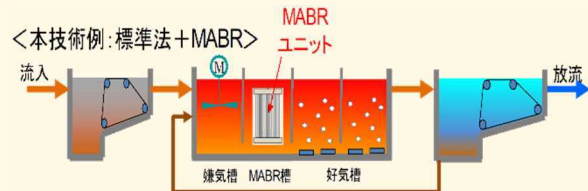


コラム⑮

海外における先進事例

①膜曝気型生物膜反応槽[MABR: Membrane Aerated Biofilm Reactor]

下水処理場の反応槽に浸漬させた膜に内側から酸素を供給し、膜表面に生物膜を形成させて下水処理を行う方法です。一般的な下水処理法である標準活性汚泥法と比べて、エネルギー消費量を最大 75%削減できるといわれています。パイロット規模のプラントがデンマークの Ejby Mølle 下水処理場で稼働しています。



資料：国土交通省ホームページより

MABR の標準活性汚泥法への適用例

②熱加水分解[TH: Thermal Hydrolysis]

水処理で発生した汚泥を嫌気性消化することで消化ガスが発生します。

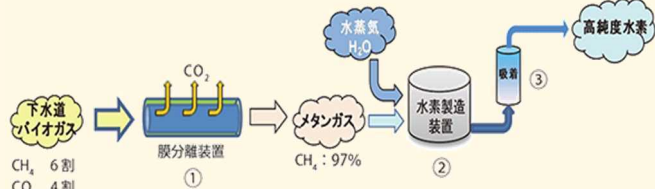
熱加水分解は汚泥を消化しやすくさせる技術の一つで、バイオガスの発生量を 30~60%増大させることができます。

この技術はイギリスの Esholt 下水処理場において採用されています。

参考文献：日本下水道事業団 HP 熱改質高効率嫌気性消化システム

③生物学的水素生成[BP: Biohydrogen production]

消化ガスを精製し、メタンガス濃度を高め、生物学的に水素を生成するものです。オーストラリアの Wood Point 下水処理場でこの「生物学的水素生成」のプロジェクトが現在進行中です。消化ガスを利用して水素を製造する方法は、CO₂の排出がカウントされないため、注目されています。

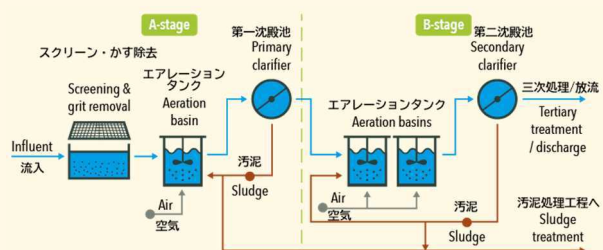


資料：国土交通省 HP コラム下水汚泥から水素作ってます、車も走ります！

下水汚泥からの水素製造の例

④二段式活性汚泥法[Two-stage activated sludge]

下水からより多くの化学エネルギーを回収しようとする方法で、有機物の吸着回収を目的としたAステージと窒素及び残存有機物の生物学的除去を目的としたBステージで構成されることから、ABプロセスとも呼ばれます。オーストラリアの Strass 下水処理場やデンマークの Egea 下水処理場で採用されています。



資料：Carbon efficiency diverts interest towards enhanced primary treatment, GWI MAGAZINE, SEPTEMBER 2021

二段式活性汚泥法のイメージ