

下水道における地球温暖化対策マニュアル

～ 下水道部門における温室効果ガス排出抑制等指針の解説 ～

平成 28 年 3 月

環境省・国土交通省

はじめに

近年の地球温暖化の進行により、世界中で極端な気象現象が観測され、我が国でも大雨や猛暑日の増加等により、甚大な被害が発生しています。今後、生態系の異変や感染症のリスク拡大等、更なる被害の拡大、深刻化が懸念されています。

地球温暖化防止は、国際社会全体の喫緊の課題であり、「気候変動枠組条約」（平成 4 年 5 月）の採択以降、温暖化防止に向けた取組が世界各国で進められ、昨年 12 月の第 21 回締約国会議（COP21）では、2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みである「パリ協定」が採択されました。我が国でも、「地球温暖化対策の推進に関する法律」（平成 10 年 10 月）（以下、「温対法」という。）に基づき、国全体で地球温暖化対策の取組を推進しています。また、2020 年以降の新たな温室効果ガス排出削減目標を定めた「日本の約束草案」（平成 27 年 7 月）及びその目標達成に向けた「地球温暖化対策推進計画」（平成 28 年 5 月上旬頃に策定予定）を着実に実施するため、今後、国全体が一丸となって取組をより一層推進していく必要があります。

下水道事業は、我が国の生活基盤を支えるインフラとして重要な役割を果たしている一方で、事業活動に伴う温室効果ガス排出量は、年間で約 630 万 t-CO₂（平成 24 年度）と、地方公共団体の事業活動に伴う温室効果ガス排出量の中でも大きな割合を占めています。また、下水汚泥や下水熱といったカーボンニュートラルなエネルギー資源を有しており、多様な主体と連携しつつ、こうした資源を有効利用することで低炭素社会の構築に向けて大きな役割を果たすことが期待されています。

このような背景のもと、地方公共団体の下水道事業における地球温暖化対策の取組を促進するため、「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」（平成 11 年 8 月初版、平成 21 年 3 月改訂）が策定され、現在に至っています。更に、平成 20 年 6 月の「温対法改正」により、温室効果ガスの排出抑制等に資する設備の選択やその使用方法等に関する事業者の努力義務が規定されました。その取組等の適切かつ有効な実施を図ることを目的とした「排出抑制等指針」を国が策定・公表することとしており、平成 28 年 4 月に、下水道部門について新たに公表する予定です。

本マニュアルは、下水道部門におけるこれまでの地球温暖化対策の施策や取組等を踏まえつつ、「排出抑制等指針」に掲げる取組内容等を分かり易く詳細に解説し、より効果的に取り組んでいただくため、環境省、国土交通省でとりまとめたものです。本マニュアルが地方公共団体の下水道における地球温暖化対策の計画的且つ効果的な取組の一助となれば幸いです。

最後に、本マニュアルの策定に当たり御尽力いただきました排出抑制等指針検討委員会下水道部門 WG の座長、委員をはじめ、本マニュアル作成のため御協力頂いた関係各位に謝意を表します。

平成 28 年 3 月

委員の構成

(順不同・敬称略)

(平成 28 年 3 月現在)

平成 27 年度温室効果ガス排出抑制等指針検討委員会 下水道部門WG

委員長 齋藤 利晃 日本大学 理工学部土木工学科 教授

委員 石田 貴 公益財団法人日本下水道新技術機構 資源循環研究部 部長

〃 石原 茂 神戸市建設局 下水道部計画課長

〃 山田 欣司 東京都下水道局 計画調整部エネルギー・温暖化対策推進担当課長

〃 重村 浩之 国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水処理研究室 主任研究官

〃 林 幹雄 公益社団法人日本下水道協会 技術研究部技術指針課 課長

〃 松尾 英介 一般社団法人日本下水道施設業協会 技術部長

〃 細川 恒 地方共同法人日本下水道事業団 技術戦略部 資源エネルギー技術課長

目次

第 1 章 総 論	1
1.1 本マニュアルの位置づけ	1
1.2 用語解説	2
1.3 下水道温暖化対策推進計画の策定目的と効果	6
1.4 下水道温暖化対策推進計画の策定主体	7
1.5 下水道温暖化対策推進計画の対象	8
1.6 達成すべき目標	13
1.7 下水道関連計画との調整	15
1.8 地方公共団体実行計画と（事務事業編）の関係	16
1.9 関連部局との連絡調整	18
第 2 章 下水道温暖化対策推進計画の構成	19
2.1 下水道温暖化対策推進計画の策定手順	19
2.2 下水道温暖化対策推進計画の構成	21
第 3 章 温室効果ガスの排出源と排出量の把握	22
3.1 温室効果ガスの排出源	22
3.2 温室効果ガス排出量の算定の基本的な考え方	24
3.3 電気、燃料等のエネルギーの消費に伴う温室効果ガス排出量の把握	26
3.4 施設運転に伴う処理プロセスからの温室効果ガス排出量の把握	34
3.5 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガス排出量の把握	38
3.6 下水道資源の有効利用に伴う温室効果ガス排出削減量の把握	39
第 4 章 温室効果ガス排出量の評価	43
4.1 現状の温室効果ガス排出量の評価	43
4.2 目標年度（自然体ケース）の温室効果ガス排出量の推計	47
4.3 温室効果ガス排出削減効果の算出	49
第 5 章 温室効果ガス排出抑制対策	60
5.1 温室効果ガス排出抑制対策の着眼点	60
5.2 温室効果ガス排出抑制対策メニュー	63
第 6 章 下水道温暖化対策推進計画の推進	69
6.1 下水道温暖化対策推進計画の策定と実施	69
6.2 下水道温暖化対策推進計画の点検と評価	69
6.3 下水道温暖化対策推進計画の見直し	71
第 7 章 下水道温暖化対策推進計画の策定イメージ	73
イメージ例 1（現況において普及率の高い都市）	73
イメージ例 2（今後の普及率の伸びが大きいケース）	78

資料編

- 参考資料 1 温室効果ガス排出抑制対策の解説資料
- 参考資料 2 温室効果ガス排出量計算シート
- 参考資料 3 全国平均値の回帰式の定式化の手順

第1章 総 論

1.1 本マニュアルの位置づけ

本マニュアルは、平成 21 年 3 月に策定された「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」の改訂版であり、その策定に当たっては「地球温暖化対策の推進に関する法律」に基づき策定する温室効果ガス排出抑制等指針（告示）（以下、排出抑制等指針）に示された対策等についても、内容を整理・統合した。

【解説】

本マニュアルの策定に当たっては、平成 21 年 3 月に策定された「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」（以下、旧手引き）が策定からすでに約 7 年が経過しており、対策等の内容の見直し・修正等が必要であったこと、排出抑制等指針については旧手引きにおける 3～5 章に示されていた内容と合致する部分が多かったこと、また複数のガイドダンス文書が存在すると下水道事業の温暖化対策の計画立案者にとって分かりづらいこと等を踏まえ、排出抑制等指針の策定に合わせて、旧手引きの構成をベースに、排出抑制等指針に係る詳細についても内容を整理・統合し「下水道における地球温暖化対策マニュアル」として示すこととした。

排出抑制等指針は、地球温暖化対策の推進に関する法律（平成 10 年 10 月 9 日法律第 117 号）第 20 条の 5 及び 6 において、事業者に対して「①事業活動に伴う温室効果ガスの排出抑制等」及び「②日常生活における排出抑制への寄与」という 2 つの努力義務を定めており、また同法第 21 条において、これら 2 つの努力義務について、「事業者が講ずべき措置に関して、その適切かつ有効な実施を図るため必要な指針を公表する」ものとされていることを受けて策定されてきた。これまで、業務部門、廃棄物処理部門、産業部門（製造業）、日常生活部門について策定済みであったが、今般、上水道・工業用水道部門、下水道部門が追加されたことから、本マニュアルにおいてその解説を行う。

下水道部門の指針は、体制整備、温室効果ガス排出量等の把握、PDCA の実施等の「ソフト対策」と、エネルギー消費効率の高い機器の導入等の設備選択や焼却設備の空気比の適正化等の設備の使用方法を「ハードに関する対策」として示している。また、廃棄物部門と同様に、下水処理場ごとに、指針に掲げられている措置を講ずることによる処理水量当たりの二酸化炭素排出量の対策目安値を提示している。下水道部門の指針において示されている取組の範囲は、旧手引きの対象範囲のうち、「①電気、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出」、「②施設の運転に伴う処理プロセスからの排出」、「④下水道資源の有効利用による排出量の削減に該当する取組」である。

1.2 用語解説

本マニュアルで用いる主な用語は、地球温暖化対策の推進に関する法律による定義を原則とする。

【解説】

本マニュアルにおいては、地球温暖化対策の推進に関する法律（平成 10 年 10 月 9 日法律第 117 号。以下「温対法」という。）、地球温暖化対策の推進に関する法律施行令（以下「政令」という。）等による用語の定義を基本とし、次のように定める。

1) 地球温暖化

地球温暖化とは、人の活動に伴って発生する温室効果ガスが大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより、地球全体として、地表及び大気の温度が追加的に上昇する現象をいう。

地球温暖化は 1990 年頃より国際的な重要課題といわれるようになり、2014 年に公表された気候変動に係る政府間パネル（IPCC）の第 5 次報告書（AR5）では、「気候システムに対する人為的影響は明らかであり、近年の人為起源の温室効果ガス排出量は史上最高となっている。近年の気候変動は、人間及び自然システムに対し広範囲にわたる影響を及ぼしてきた。」とされている。

2) 温室効果ガス

温室効果ガスとは、温対法で削減対象として定められた次に掲げる物質をいう。

- ① 二酸化炭素（以下「CO₂」という。）
- ② メタン（以下「CH₄」という。）
- ③ 一酸化二窒素（以下「N₂O」いう。）
- ④ ハイドロフルオロカーボン（以下「HFC」という。）のうち政令で定めるもの
- ⑤ パーフルオロカーボン（以下「PFC」という。）のうち政令で定めるもの
- ⑥ 六ふっ化硫黄（以下「SF₆」という。）
- ⑦ 三ふっ化窒素（以下「NF₃」いう。）

このうち、HFC 及び PFC は物質群であり、政令において、HFC：19 物質、PFC：9 物質が挙げられている。

3) 活動量

温室効果ガス排出量は、算定する物質ごとに「活動量×排出係数」を基本として算定される。活動量とは、温室効果ガスが排出される品目の使用量（電気使用量、重油使用量など）や活動の水準（処理下水量、焼却汚泥量など）をいう。

4) 排出係数

排出係数とは、活動の 1 単位当りから排出される各温室効果ガスの原単位をいう。

通常、排出係数としては、政令・省令で定めた値を用いるものとされている。ただし、

実測等により、適切と認められる独自の排出係数が求められる場合は、その値を使用することができる。

なお、排出係数は、その時点での技術的な状況（電気の場合、火力・水力・原子力等の発電割合など）などによって変化するため、政令で定める値も適宜改定される。

5) 地球温暖化係数

地球温暖化係数とは、温室効果ガスである物質ごとに地球の温暖化をもたらす程度を示す値で、その持続時間も加味した上で、CO₂の温室効果に対する相対的な指標として数値化されている。温対法においては、国際的に認められた知見に基づき政令で定める係数をいう。

すなわち、ガスの種類が異なれば、同じ量であっても温室効果の影響度が異なるため、合算できるように国際ルール化されている。数値は、温室効果を見積もる期間の長さによっても異なるが、100 年間の効果で比較した係数が採用されている。

CO₂を 1 として、同一重量の CH₄は 25 倍、N₂O は 298 倍、フロン類（HFC、PFC、SF₆、NF₃）は数百～数千倍となる。

表 1-1 温室効果ガスの種類

ガス種類		地球温暖化係数	人為的な発生源	主な対策
二酸化炭素 (CO ₂)	エネルギー起源	1	産業、民生、運輸部門などにおける燃料の燃焼に伴うものが全体の 9 割以上を占め、温暖化への影響が大きい。	エネルギー利用効率の向上やライフスタイルの見直しなど
	非エネルギー起源	1	セメント製造、生石灰製造などの工業プロセスから主に発生	エコセメントの普及など
メタン (CH ₄)		25	稲作、家畜の腸内発酵などの農業部門から出るものが半分を占め、廃棄物の埋立てからも 2～3 割を占める。	飼料の改良、糞尿の処理方法の改善、埋立量の削減など
一酸化二窒素 (N ₂ O)		298	燃料の燃焼に伴うものが半分以上を占めるが、工業プロセスや農業からの排出もある。	高温燃焼、触媒の改良など
ハイドロフルオロカーボン (HFC)		12～14,800	エアゾール製品の噴射剤、カーエアコンや冷蔵庫の冷媒、断熱発泡剤などに使用。	回収、再利用、破壊の推進 代替物質・技術への転換等
パーフルオロカーボン (PFC)		7,390～17,340	半導体等製造用や電子部品などの不活性液体などとして使用。	製造プロセスでの回収等 代替物質・技術への転換等
六ふっ化硫黄 (SF ₆)		22,800	変電設備に封入される電気絶縁ガスや半導体等製造用などとして使用。	(絶縁ガス) 機器点検時・廃棄時の回収・再利用・破壊等 (半導体) 製造プロセスでの回収等 代替物質・技術への転換等
三ふっ化窒素 (NF ₃)		17,200	半導体素子、半導体集積回路もしくは液晶デバイスの加工の工程におけるドライエッチング又はこれらの製造装置の洗浄	

主な対策は、将来的な技術開発の結果見込まれるものを含む。オゾン層を破壊するフロン類（CFC、HCFC 類）も温室効果作用を有するが、モントリオール議定書で国際的に生産や消費が規制されており、温対法における温室効果ガスには含まれていない。

（出典）『地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン』（平成 19 年）及び『温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン』（平成 27 年）より作成

6) 温室効果ガス総排出量

温室効果ガス総排出量とは、下水道温暖化対策推進計画の対象とする温室効果ガス（1.4 参照）ごとに政令で定める地球温暖化係数を乗じて得た量の合計量をいい、温室効果ガスの総排出量を CO₂ 換算としてあらわすものである。

7) 温室効果ガスの排出量原単位

温室効果ガス総排出量を、下水道事業における活動量で除し、活動量あたりの排出量とした値。たとえば、当該下水処理場における総排出量を年間処理下水量で除し、水量当りの排出量原単位を使用する。また、下水汚泥を集約処理する施設に関しては、必要に応じて年間処理汚泥量で除した値を排出量原単位として使用する。

8) 地球温暖化対策

地球温暖化対策とは、温対法において、温室効果ガスの排出の抑制並びに吸収作用の保全及び強化、その他の国際的に協力して地球温暖化の防止を図るための施策と定義されている。

下水道における地球温暖化対策には、温室効果ガス排出の抑制（＝緩和策）の他、地球温暖化に伴う集中豪雨や洪水被害の増加への対策（＝適応策）が含まれるが、本マニュアルでは緩和策を対象としている。下水道における緩和策としては、主として、省エネルギー対策、下水道の資源・エネルギーを活用した再生可能エネルギーの導入、汚泥の高温焼却による N₂O 削減対策が挙げられる。

9) 地方公共団体実行計画

温対法第 20 条の 3 に基づき地方公共団体が定める温室効果ガスの排出の量の削減並びに吸収作用の保全及び強化のための措置に関する計画をいう。実行計画は「事務事業編」と「区域施策編」に区分されるが、事務事業編の対象範囲は、原則として、地方自治法に定められた行政事務すべてであり、下水道事業も事務事業編に含まれる。

10) 下水道温暖化対策推進計画

下水道における地球温暖化対策推進計画（下水道温暖化対策推進計画）は、下水道管理者が下水道における温室効果ガスの排出量を削減するための取組に関して策定する計画をいう。なお、その一部は地方公共団体実行計画の構成要素となるものである。

下水道温暖化対策推進計画と地方公共団体実行計画（事務事業編）の関係については p.16～17 を参照のこと。

なお、本マニュアルで使用する略称は以下のとおりである。

略称	内容
温対法	地球温暖化対策の推進に関する法律（平成 10 年法律第 117 号、最終改正：平成 26 年 5 月 30 日法律第 42 号）
政令	地球温暖化対策の推進に関する法律施行令（平成 11 年政令第 143 号、最終改正：平成 27 年 3 月 31 日政令第 135 号）
算定省令	特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令（平成 18 年 3 月 29 日経済産業省・環境省令第 3 号、最終改正：平成 27 年 4 月 30 日経済産業省・環境省令第 5 号）

検討会報告書	温室効果ガス排出量算定に関する検討結果総括報告書、平成 18 年 8 月、環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会
算定・報告・公表制度	事業活動に伴う温室効果ガス排出量の算定・報告・公表制度
算定・報告マニュアル	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル、平成 27 年 5 月、環境省・経済産業省
排出抑制等指針	地球温暖化対策の推進に関する法律（平成 10 年法律第 117 号）第 21 条の規定に基づき、事業活動に伴う温室効果ガスの排出抑制等及び日常生活における温室効果ガスの排出抑制への寄与に係る事業者が講ずべき措置に関して、その適切かつ有効な実施を図るために必要な指針（平成 28 年 4 月内閣府・総務省・法務省・外務省・財務省・文部科学省・厚生労働省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省・防衛省告示第 1 号）

1.3 下水道温暖化対策推進計画の策定目的と効果

下水道温暖化対策推進計画は、下水道事業に係わる温室効果ガス排出量を把握し、適切な排出抑制対策等を講じることにより、地球温暖化対策の推進に寄与することを目的に策定する。あわせて、資源・エネルギー循環形成の推進を目指す。

なお、これらの策定目的は、公共用水域の水質保全、安全なまちづくり、生活環境の改善等の下水道が本質的に担う役割の上に成り立つものである。

【解説】

下水道事業は大量の温室効果ガスを排出している事業であり、普及の促進、高度処理化、合流改善対策の推進などにより、今後も温室効果ガス排出量の増加の可能性のある事業である。

このため、下水道事業においても積極的に地球温暖化対策に取り組むことが求められている。下水道における施設ごとの温室効果ガス排出量の把握・評価を行うとともに、排出量削減対策を立案し、今後の課題を考慮した上で、下水道温暖化対策推進計画策定を進めていかなければならない。

1) 下水道温暖化対策推進計画策定の目的

地方公共団体は、当該行政区域の中では職員数や事業量などからも、規模の大きい事業者と考えられる。その中でも、多くのエネルギーを使用し、水処理及び汚泥処理、最終処分（有効利用）の過程から多くの温室効果ガス排出が生じている下水道事業は、事業者としても温室効果ガス排出規模の大きい主体であると考えられる。また、今後も下水道の整備や合流改善対策・浸水対策といった下水道サービスの向上により、下水道事業によって排出される温室効果ガスの量は増加していくことが予測される。

そのため、地域の温室効果ガスの排出抑制等に寄与するために、下水道事業に伴って排出される温室効果ガスの排出量を抑制することは必要である。

そして、この取組は同時に、資源・エネルギー循環形成の推進を目指すものでもある。

今後の下水道事業の実施にあたっては、その効果を地球温暖化対策推進計画の観点からも評価する必要がある、下水道温暖化対策推進計画の策定を通じて低炭素社会の構築に貢献していく必要がある。

なお、下水道温暖化対策推進計画は、高度処理の実施や合流改善対策の実施に伴う公共用水域の水質保全、浸水対策等による安全なまちづくり、普及の促進による生活環境改善等の下水道の本来事業が担う役割を前提とするものである。

2) 下水道温暖化対策推進計画策定の効果

下水道温暖化対策推進計画の策定による効果として、以下のような事項が考えられる。

- ① 地方公共団体の事務事業の中で排出量の大きな事業である下水道の温室効果ガスの排出抑制
- ② 省エネルギー対策や再生可能エネルギーの創出による維持管理経費の削減

- ③ 温室効果ガス排出抑制対策に関する経験・知見の蓄積
- ④ 地域住民に対する下水道における排出抑制に関する理解の増進
- ⑤ グリーン調達の推進

地方公共団体の事業のなかで、排出量の大きな事業である下水道において温室効果ガスの排出量を抑制することは、地域の実質的な排出抑制に寄与するものである。また、温室効果ガス排出量の抑制のために省エネルギー対策を推進することは、維持管理費の削減にもつながり、地球温暖化対策推進計画上の効果と下水道事業の経営改善を同時に達成するWin-Winに基づく取組ともいえる。

率先して下水道温暖化対策推進計画の策定・取組の実施を行い、公表していくことにより、下水道事業が循環型社会の一翼を担うとともに、地域における排出抑制に向けた理解の醸成、理解の増進が期待される。また、下水道使用者に対しても、下水道における温室効果ガスの排出実態への理解やその削減に向けた取組が期待できる。

温室効果ガス排出の抑制を図るためには、まず、自らの事業活動により排出される量を算定・把握することが基本であり、これにより、抑制対策を立案（Plan）→実施（Do）→対策効果のチェック（Check）→新たな対策の策定と実行（Action）という周期（PDCA サイクル）を作り出すことが可能となる。

1.4 下水道温暖化対策推進計画の策定主体

下水道温暖化対策推進計画は、下水道管理者が策定する。

【解説】

下水道温暖化対策推進計画は、本マニュアルに基づいて下水道管理者が策定する。

1.5 下水道温暖化対策推進計画の対象

下水道における温室効果ガスの排出は、施設建設時、施設運転時及び廃棄時に大別されるが、本マニュアルでは、施設運転時を対象とする。ただし、その削減対策には、運転方法・管理の工夫だけではなく、設備等の設置・改築・更新も含む。

施設運転時の温室効果ガス排出源、対象とする温室効果ガス、対策の対象は次のとおりとする。

1) 温室効果ガス排出源

本マニュアルでは以下に示す排出源を対象とする。

下水道事業から排出される温室効果ガスの排出抑制対策に直接的に資する取組。

- ① 電気、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出
- ② 施設の運転に伴う各処理プロセスからの排出

下水道事業から排出される温室効果ガスの排出抑制対策に直接的に資する取組ではないが、社会全体で見て温室効果ガスの総排出量を減じる効果があるもの。

- ③ 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出
- ④ 下水道資源の有効利用による排出量の削減

2) 対象とする温室効果ガス

温対法では7種類の温室効果ガスが規定されているが、下水道温暖化対策推進計画では、下水処理場でほとんど発生しないものを除いた次の3種類の温室効果ガスを中心に記載する。

- ① 二酸化炭素（CO₂）
- ② メタン（CH₄）
- ③ 一酸化二窒素（N₂O）

ただし、①のうち、生物処理に伴う二酸化炭素、嫌気性消化過程で生成されるメタンの燃焼に伴う二酸化炭素、汚泥焼却に伴う二酸化炭素など、生物起源の二酸化炭素は、温室効果ガスの増加に該当しないため、対象に含めないものとする。

3) 対象とする施設

- ① 場外ポンプ場（中継ポンプ場、雨水ポンプ場等）
- ② 下水処理場（場内ポンプ場、水処理施設、汚泥処理施設等）
- ③ その他（汚泥再資源化施設、管理用施設等）

【解説】

下水道事業における温室効果ガスの排出は、施設建設時、施設運転時、廃棄時に大別され

る。下水処理場における LCCO₂（ライフサイクルでの CO₂ 排出量）の算定例を図 1-1 及び図 1-2 に示す。下水処理場における CO₂ 排出量は、その 8 割以上が施設運転時における排出となっている。

本マニュアルにおいては、処理場・ポンプ場施設では温室効果ガス排出の割合は施設運転時が主要な範囲であること、施設建設時・廃棄時は、温室効果ガス排出量の正確な把握などが困難であることから、下水道温暖化対策推進計画の範囲は施設運転時とし、建設時及び廃棄時は対象外とする。

ただし、建設時から廃棄時までを含めた LCCO₂ としての考え方は重要であり、管路施設までを含めたケースを含め、今後、施設の設置や改築更新において検討や取組が必要な分野である。

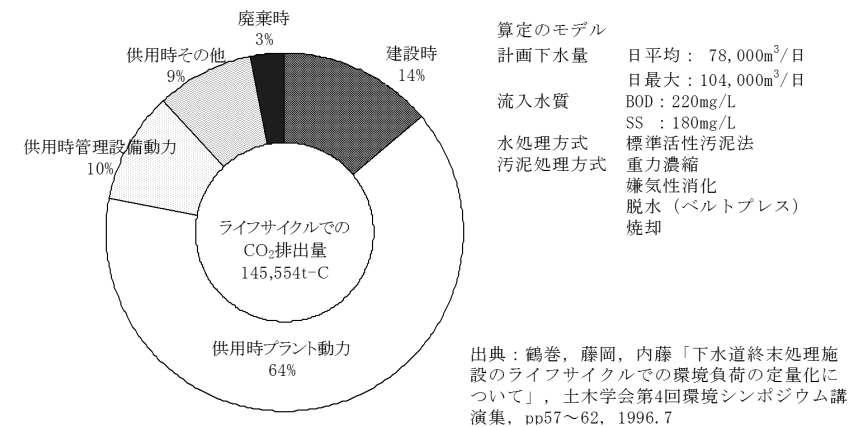


図 1-1 下水処理場における LCCO₂ の例

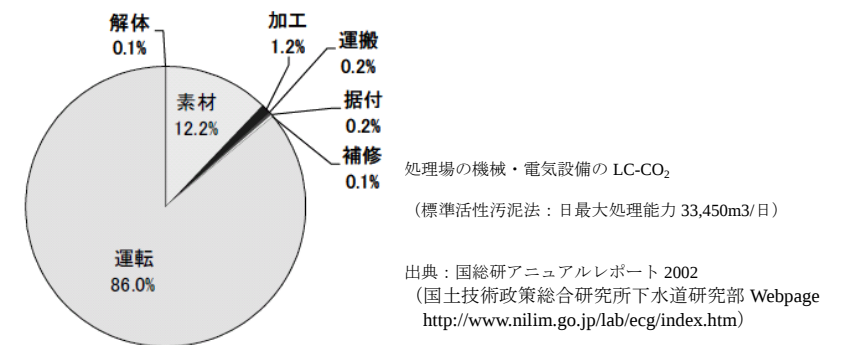


図 1-2 処理場設備の LCCO₂ 試算例

1) 対象とする温室効果ガスの種類と排出源

温対法では、以下に示す 7 種類の温室効果ガスが規定されているが、下水道温暖化対策推進計画においては、下水処理場ではほとんど発生しないものを除いた CO₂、CH₄、N₂O の 3 種類を対象とする。ただし、これは各地方公共団体の実行計画等と整合を図るものを妨げるものではない。

二酸化炭素 (CO ₂) メタン (CH ₄) 一酸化二窒素 (N ₂ O) ハイドロフルオロカーボン (HFC) パーフルオロカーボン (PFC) 六ふっ化硫黄 (SF ₆) 三ふっ化窒素 (NF ₃)	下水道温暖化対策推進計画の対象 地方公共団体実行計画に従う ¹
---	---

下水道事業から排出される温室効果ガスの排出抑制対策に直接的に資するものは、①電気、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出と、②施設の運転に伴う処理プロセスからの排出、が挙げられる。

下水道事業から排出される温室効果ガスの排出抑制対策に直接的に資する取組ではないが、社会全体で見たとき温室効果ガスの総排出量を減じる効果のある、③上水・工業用水、薬品類の消費に伴う排出、④下水道資源の有効利用による排出量の削減についても評価の対象とする。

なお、上記④のうち下水道資源やその有効利用により得られるエネルギー等の外部への供給については、供給先、供給方法等によっては、地方公共団体実行計画（事務事業編）において、削減量としてカウントすべきか慎重な判断を要する取組であるが、下水道事業による「地域単位でみた温室効果ガス総排出量削減への貢献」という位置づけで推進していくべき取組である。（詳細は、3.1 の解説（P.23）を参照。）

下水道温暖化対策推進計画の対象とする温室効果ガスの種類及び排出源と、下水道事業における主な排出・削減の内容を表 1 - 2 に示す。

表 1-2 下水道温暖化対策推進計画の対象範囲

温室効果ガスの種類・排出源		下水道事業における主な排出・削減の内容
①電気、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出	二酸化炭素 (CO ₂)	燃料の使用に伴う排出（重油、灯油、ガソリン等） 他人から供給された電気の使用に伴う排出 ^{※1} 他人から供給された熱に伴う排出（蒸気、温水、冷水） ^{※2}
	メタン (CH ₄)	ガス・ガソリン機関等における燃料の使用に伴う排出 自動車の走行に伴う排出
	一酸化二窒素 (N ₂ O)	ガス・ガソリン機関等における燃料の使用に伴う排出 自動車の走行に伴う排出
②施設の運転に伴う各処理プロセスからの排出	メタン (CH ₄)	下水汚泥の埋立処分に伴う排出 下水の処理に伴う排出 産業廃棄物（汚泥）の焼却に伴う排出

¹ 下水道事業においてフロン系ガスの排出量は、他の項目に比べごく小さいと推測されるが、次の項目で排出の可能性があり、「地方公共団体実行計画」に従い対応する。
・HFC が冷媒として使用されている自動車用エアコンディショナー使用に伴う HFC 排出
・絶縁ガスとして SF₆ が封入された変圧器、開閉器、遮断器等の電気機械器具を使用している場合、当該電気機械器具の使用時、点検時、廃棄時の SF₆ 排出

温室効果ガスの種類・排出源		下水道事業における主な排出・削減の内容
	一酸化二窒素 (N ₂ O)	下水の処理に伴う排出 産業廃棄物（汚泥）の焼却に伴う排出
③上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出	二酸化炭素 (CO ₂)	上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出 ^{※3}
④下水道資源の有効利用による排出量の削減	二酸化炭素 (CO ₂)	下水道資源（下水熱、下水汚泥、空間、等）の有効利用による削減

※1：いわゆる「買電」のこと。自家発、消化ガス発電等は含まない。ただし、自家発等に使用した燃料（重油等）は、「燃料の使用に伴う排出」としてカウントされる。
※2：燃料又は電気を熱源とするものに限られる。例えば、ごみ焼却炉の廃熱供給は含まれない。
※3：排出量の算定が可能なもののみ、算定対象と整理する。ただし、ファンベルト交換に伴う CO₂ 排出量などデータが得られそうにないものについては算定対象外としてよいこととする。

2) 対象とする施設

下水道温暖化対策推進計画は、以下の施設を対象範囲とする。

- ①場外ポンプ場（中継ポンプ場、雨水ポンプ場等）
- ②下水処理場（場内ポンプ場、水処理施設、汚泥処理施設等）
- ③その他（汚泥再資源化施設、管理用施設等）

下水処理場の施設には、予備的処理（1 次処理）を行う沈砂池と沈殿池、生物を用いた 2 次処理を行う反応槽、発生した汚泥の脱水等を行う汚泥処理設備等からなる。以下に下水処理場各施設の構造物・設備の概要について示す。このほか、通常の 2 次処理で除去できない窒素、リン等の除去のため、高度処理が行われる場合もある。

表 1-3 下水処理場の設備

種類	主な役割	設備（エネルギー消費設備）
沈砂池	下水の中にある大きなゴミを取り除く。砂を沈下させる。	かき寄せ機 揚水ポンプ
最初沈殿池	細かい汚れを時間をかけて沈殿させる。	かき寄せ機
反応タンク	微生物を含む泥(活性汚泥)が汚れを分解する。	散気装置（エアレーション装置）（最もエネルギーを消費する） ※処理過程で N ₂ O、CH ₄ が発生する。
最終沈殿池	反応槽から流れてきた活性汚泥を沈降させる。	かき寄せ機、返送汚泥ポンプ
汚泥処理施設	濃縮、脱水、乾燥、焼却する。	汚泥脱水設備、汚泥焼却設備 ※焼却により N ₂ O、CH ₄ が発生する。
消毒	塩素消毒し河川、海へ放流する。	—
その他	処理場内の空調等を整える。	脱臭設備、換気設備

3) その他

地方公共団体実行計画（事務事業編）の範囲は、各地方公共団体が直接実施するものであり、委託先が実施するものは原則として算定の対象外としている。しかし、我が国全体

の温室効果ガスの排出抑制を推進していく上では、委託先が行う下水汚泥の処理処分についても下水道温暖化対策推進計画に含めることが望ましい。

また、下水道温暖化対策推進計画の策定においては、計画の当初から関連するすべての事務・事業を対象とすることが困難な場合は、スケジュールを定めて段階的に対象とする事務・事業を拡大していく方法も考えられる。

表 1-4 下水道温暖化対策推進計画の対象事業の考え方（例）

排出源	事業の実施主体・形態	対象の考え方
下水処理場からの排出	・直接管理	対象
	・民間等へ委託	対象
	・下水道単独の庁舎	対象
下水道庁舎からの排出	・他部局と同一庁舎	下水道部局単独の数値が正確に得られない場合は、関連部局と調整し、下水道温暖化対策推進計画における扱いを決定する。
下水道資源の有効利用	・下水道事業として行う発電，ガス化，固形燃料化事業※1	対象
	・民設民営により行う発電，ガス化，固形燃料化事業（PFI 等を含む） ・その他 再生水利用事業（民間施設等） コンポスト会社へ委託 焼却汚泥のセメント工場持込 等	下水道温暖化対策推進計画に含めることが望ましい。 ※2
汚泥の埋立	・自ら処分	対象
	・廃棄物処理業者へ委託	下水道温暖化対策推進計画に含めることが望ましい。

※1：外部へ供給する場合，供給先，供給方法等によっては，CO₂ 排出削減量のカウントについて慎重な判断が必要となる場合がある。詳細は，3.1 及び 3.6 の解説（P.23，39）を参照。

※2：複数の実施主体に係る場合，各主体の CO₂ 排出削減量のカウントの考え方は事業形態等により様々である。詳細は，3.1 及び 3.6 の解説（P.23，39）を参照。

1.6 達成すべき目標

下水道温暖化対策推進計画の基準年，期間，目標については，次のように定める。

1) 下水道温暖化対策推進計画の基準年，期間

下水道温暖化対策推進計画の基準年は，現況もしくは地方公共団体実行計画（事務事業編）の基準年とする。

下水道温暖化対策推進計画の期間は，将来を見据えた上で 5 年間を基本とし，必要に応じて中長期的な取組の方向性（10～20 年程度）について示すものとする。

2) 目標の数量化

温室効果ガスの総排出量に関する数量的な目標を定めることを基本とし，必要に応じて排出量原単位や温室効果ガス排出抑制策を講じなかった場合との比較に関する数量的な目標を定める。

【解説】

1) 下水道温暖化対策推進計画の基準年，期間

温室効果ガスの排出量は，活動量に排出係数を乗じて算定されるものであり，活動量が適切に把握できる時点を下水道温暖化対策推進計画の基準年とすることが適当であり，基本的には直近の年度（現況）を基準年とするが，地方公共団体実行計画（事務事業編）と調整を図り設定する。日本の約束草案の基準年である 2013 年（又は 2005 年）年に遡って策定を行い，2013 年（又は 2005 年）を基準年とすることもできる。

下水道温暖化対策推進計画の計画期間は 5 年程度を基本とし，地方公共団体実行計画（事務事業編）との整合や施設改築の予定等を考慮し設定する。ただし，長期的な視点に立った運用を行うことも重要であり，下水道関連計画との整合を図り中長期的な取組の方向性（10～20 年程度）についても検討することが望ましい。

2) 目標の数量化

下水道温暖化対策推進計画に示す取組（措置）は温室効果ガスの排出抑制のために実行するものであり，個別の取組に対応した具体的な目標が示されれば，取組を促進するための推進力としても機能すると期待される。また，具体的な目標は，下水道温暖化対策推進計画の点検・評価や見直しを行う際の重要な手がかりとしても活用できる。

このため，下水道温暖化対策推進の対象とする温室効果ガスの総排出量に関する数量的な目標を定める。目標の設定にあたっては，次の 2 つの方法が考えられる。ただし，いずれの場合においても，設定された目標については達成するための具体的な対策の立案が求められることとなることから，第 4 章に示す温室効果ガス排出量の評価を踏まえて設定することが必要である。

表 1-5 数値目標を設定する場合の方法

目標の設定方法		設定手順
トップダウン方式	計画期間内で基準年からどの程度、温室効果ガスの総排出量を抑制するのかを政策的に判断し数値的な目標を設定する方法	a.温室効果ガスの総排出量に関する数値的な目標を定める。 b.総排出量に関する数値的な目標の達成に必要な措置の目標を検討する。 c.必要十分な措置の目標を設定する。
ボトムアップ方式	個別の措置の目標を積み上げて温室効果ガスの総排出量に関する数値的な目標を設定する方法	a.それぞれの措置の目標を検討する。 b.取組項目を踏まえて、それぞれの措置の目標を設定する。 c.設定した措置の目標を積み上げ、総排出量に関する数値的な目標を定める。

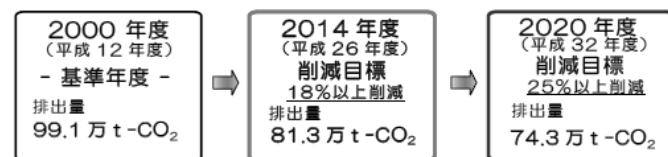


図 1-3 温室効果ガスの総排出量に関する数値的な目標設定の事例（トップダウン方式）

（出典）東京都下水道局，下水道事業における地球温暖化防止計画「アースプラン 2010」

下水道事業においては、下水道整備の進捗に伴い、必然的に温室効果ガス排出量が増大する。また、水質保全を行うための高度処理の導入は、エネルギー消費の観点からは温室効果ガス排出量を増大させる活動となる等、下水道整備と地球温暖化対策がトレードオフの関係となることも考えられる。しかし、下水道の普及を積極的に促進しない、必要な高度処理を導入しない、という選択は、社会全体の環境保全の観点からは適切でない。

したがって、「下水道事業からの温室効果ガス総排出量」としての評価だけでなく、必要に応じて処理水量当りとしての評価、高度処理導入を含め、自然体ケースとの比較による目標設定を行うものとする。

なお、高度処理の導入等を行う場合においても、省エネや温室効果ガス抑制を講じながら実行していくことが重要である。

1.7 下水道関連計画との調整

下水道温暖化対策推進計画の策定にあたっては、他の下水道関連計画を踏まえ、効率的な対策が講じられるようにする。

【解説】

下水道温暖化対策推進計画策定においては、下水道事業に関連する各計画等を踏まえ、それぞれの計画内容との整合性を図りながら、省エネルギー型施設への変更の推進、温室効果ガス排出量の少ないプロセスや機器への変更など、効率的な対策が講じられるよう配慮する必要がある。

主な下水道関連計画は、次に示すとおりである。

- 下水道法事業計画
- 下水道資源循環利用計画
- 下水道浸水被害軽減総合計画
- 下水道総合地震対策計画
- ストックマネジメント計画（下水道長寿命化計画※²）
- 合流式下水道緊急改善計画
- バイオソリッド活用基本計画（下水汚泥処理総合計画）
- その他

下水道における対策の具体的な項目は、第5章に示す。

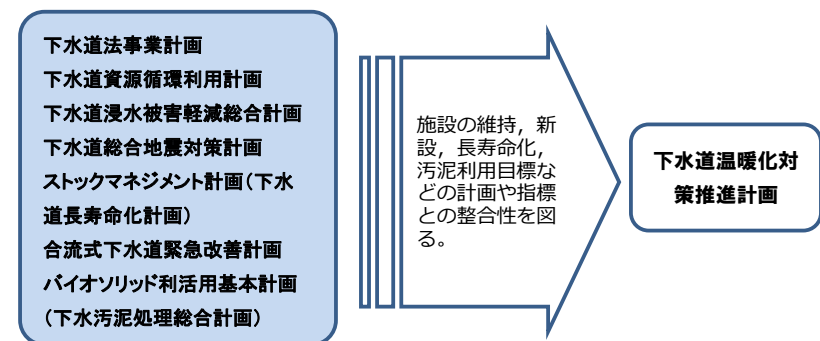


図 1-4 下水道温暖化対策推進計画とその他下水道関連計画との関係

² 下水道長寿命化計画は、平成28年度よりストックマネジメント計画に含まれる。

1.8 地方公共団体実行計画と(事務事業編)の関係

下水道温暖化対策推進計画の策定に当たっては、地方公共団体実行計画（事務事業編）の構成要素の一部となるため、当該実行計画で掲げられている削減目標、基準年・期間、部門別の対策等の内容について十分留意の上、計画を策定する必要がある。

【解説】

地方公共団体実行計画（事務事業編）は、地方公共団体自らの事務・事業に伴い発生する温室効果ガスの排出削減等の計画を策定し、計画期間に達成すべき目標を設定し、その目標を達成するために実施する措置の内容を定めるよう求めたもので、すべての地方公共団体において策定義務がある。（温対法第20条の3第1項）

下水道事業は、地方公共団体の事務事業の中でも、大きなエネルギーを消費している事業の一つであり、下水や下水汚泥の処理の過程で温室効果の大きいCH₄やN₂Oを大量に排出する。一方で、下水汚泥や下水熱といったカーボンニュートラルなエネルギー資源を有しており、多様な主体と連携しつつこうした資源を有効利用することで、低炭素社会の構築に向けて大きな役割を果たすことが期待されている。

したがって、各下水道管理者は地球温暖化対策推進に関する具体的な目標とその達成のための具体的な取組を下水道温暖化対策推進計画として定め、これに基づいて着実に対策を進めていくことが重要である。

地方公共団体実行計画（事務事業編）には、下水道分野の取組も位置付けられるべきものであるが、以下の観点から、下水道温暖化対策推進計画の対象とする期間や取組は、地方公共団体実行計画（事務事業編）の範囲を超えて検討、策定すべきものであることに留意する。

- ① 下水道事業は中長期的な視点に立って運営されるものであり、下水道における地球温暖化対策推進の取組も中長期的に実施するものである。地方公共団体実行計画（事務事業編）の計画期間は5年程度を基本としているが、下水道事業では、耐用年数を鑑み、施設の改築時に省エネ機器を導入するため、温室効果ガス排出削減は、5年程度ではその効果が現れてこない場合も多い。したがって、本マニュアルでは下水道温暖化対策推進計画の計画期間は5年程度を基本とつつ、必要に応じて10～20年程度の中長期的な取組の方向性についても検討し、記載することとしている。
- ② 下水汚泥や下水熱等の下水道資源から得られるエネルギーを、下水処理場内で有効利用することで温室効果ガス削減を行う。また、下水処理場で利用する他、火力発電所等の他の事業者へ化石燃料代替エネルギーとして供給することで、社会全体での温室効果ガス削減に貢献できる。しかし、地方公共団体実行計画（事務事業編）は、地方公共団体の事務事業に関し定めることが基本であり、当該地方公共団体の区域外の民間事業者等の排出削減は対象とならない。しかし、下水道事業の枠を越えて、民間事業者を含む多様な主体と連携しながら温室効果ガス削減に取り組むことは、低炭素社会の構築に向けて必要不可欠であることから、下水道温暖化対策推進計画はこうした取組も対象とする。

- ③ 下図は、下水道温暖化対策推進計画で対象とすべき排出源の範囲である。

電気、燃料等のエネルギー消費に伴う温室効果ガスの削減 (3.3)	施設運転に伴う処理プロセスからの温室効果ガスの削減 (3.4)	上水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガスの削減 (3.5)	下水道資源の有効利用による温室効果ガスの削減 (3.6)
・電気、燃料の使用に伴うCO₂の排出	・下水の処理に伴うCH₄、N₂Oの排出 ・汚泥の焼却に伴うN₂O、CH₄の排出 ・汚泥の埋立に伴うCH₄の排出 ※汚泥の焼却・埋立をする産廃業者に委託する場合を除く。	(例) ・消毒剤の消費量の削減	【下水道内部での利用】 (例) ・消化ガスの場内利用 ・太陽光発電の場内利用 【下水道外部での利用】 (当該地方公共団体による利用) (例) ・消化ガスの市バス燃料としての利用 (当該地方公共団体以外のものによる利用) <区域内> (例) ・消化ガスの区域内ガス会社への供給 (当該地方公共団体以外のものによる利用) <区域外> (例) ・汚泥燃料の区域外電力会社への供給
	(例) ・汚泥のコンポスト化に伴うCH₄の排出		
	・汚泥の廃棄物処理業者等への委託 <区域内> ・汚泥の廃棄物処理業者等への委託 <区域外>		

 地方公共団体実行計画において想定される対象範囲
(地方公共団体の事務事業や、当該事務事業におけるエネルギーなどの消費により想定される温室効果ガスの排出)

 算定・報告・公表制度の^{※2}対象

- ※1 上表のうち、白抜きで示された排出源／排出削減の活動は、地方公共団体自らの事務及び事業から直接的に排出される温室効果ガスの抑制に資する取組ではないが、社会全体で見て温室効果ガスの総排出量の削減につながる取組であることから、下水道温暖化対策推進計画に位置付けるもの。この考え方のもと、地方公共団体実行計画（事務事業編）においても、地方公共団体の判断にて計画に位置付けている例はある。
- ※2 算定・報告・公表制度
- ・温対法において、一定量以上の温室効果ガスを排出する者は、排出する温室効果ガス排出量を自ら算定し、事業所管大臣へ報告することが義務付け。
- ・エネルギー起源のCO₂→全ての事業所のエネルギー使用量合計が1,500kl/年以上となる事業者（特定事業所排出者）
- 省エネ法で特定荷主及び特定輸送事業者に指定されている事業者（特定輸送排出者）
- ・エネルギー起源のCO₂以外の温室効果ガス→次の①および②の要件をみたす事業者（特定事業所排出者）
- ① 温室効果ガスの種類ごとに全ての事業所の排出量合計がCO₂換算で3,000t以上
 - ② 事業者全体で常時使用する従業員の数が21人以上

【参考図】下水道温暖化対策推進計画と地方公共団体実行計画の関係

1.9 関連部局との連絡調整

下水道温暖化対策推進計画の策定に当たっては、地方公共団体実行計画（事務事業編）を所轄する部局との整合をはじめ、下水道事業の役割を明確にするとともに、適切な評価を行い、施策を持続させるためにも庁内の検討組織に積極的に参画し、関連部局との調整を図らなければならない。

【解説】

下水道温暖化対策推進計画は、その一部は地方公共団体実行計画（事務事業編）の構成要素となるものであり、計画策定にあたっては、十分に関連部局との調整を図っておく必要がある。

第2章 下水道温暖化対策推進計画の構成

2.1 下水道温暖化対策推進計画の策定手順

下水道温暖化対策推進計画は、次の手順にて策定する。

- 1) 基準年度（基本的に現状）の温室効果ガス排出量の算定・評価、目標年度の温室効果ガス排出量の推定
- 2) 目標の設定
- 3) 温室効果ガス排出抑制等対策の選定
- 4) 対策による削減量の予測
- 5) 下水道温暖化対策進捗状況の点検

【解説】

下水道温暖化対策推進計画は、下水道事業全体としての取組を目指したものであり、検討を進めるにあたっては、計画策定に至る個別の検討項目を整理するとともに、適切な段階で調整を行い、円滑に検討が進められるようにすることが重要である。計画策定は、下水道事業の整備・進捗状況、関連計画を踏まえ、整合性の検討についても十分に配慮する。

- 1) 基準年度（基本的に現状）の温室効果ガス排出量の算定・評価、目標年度の温室効果ガス排出量の推定

温室効果ガス排出量の現状について、総排出量、排出量原単位、主な排出源などを把握する（3章参照）とともに、自然体ケースの目標年度における温室効果ガス排出量を推定する（4.2参照）。

- 2) 目標の設定

温室効果ガス排出量の対象とする温室効果ガスの排出量に関する数量的な目標を定める。目標の設定手法は、トップダウン、ボトムアップの2つの方法が考えられる（1.6参照）。

- 3) 温室効果ガス排出抑制等対策の選定

基準年度（基本的に現状）の温室効果ガス排出状況を把握し、設定した目標に対して実効性の高いと考えられる温室効果ガス排出抑制対策を選定する（5.2参照）。

- 4) 対策による削減量の予測

現状の温室効果ガス排出量を排出抑制等指針の全国平均値（4.1参照）や対策目安値（4.3参照）との比較により評価し、自然体ケースの目標年度における温室効果ガス排出量（4.2参照）を推定するとともに、対策を講じた場合の温室効果ガスの排出削減量を適切に予測する。対策を講じた場合の温室効果ガス排出量が設定した目標値に達しない場合には、温室効果ガス排出抑制対策メニュー（5.2参照）に立ち返り、導入メニューを再考する。

5) 下水道温暖化対策推進計画進捗状況の点検

下水道温暖化対策推進計画対策後、定期的に進捗状況を点検し、対策後の温室効果ガス総排出量や排出量原単位を指標として、地球温暖化対策を評価し、必要に応じて下水道温暖化対策推進計画を見直す（第6章参照）。

下図は、計画策定基本フローである。まず、現状の温室効果ガス排出量を算定するとともに、現状の排出量の評価を行う。これを踏まえた上で、計画期間内で基準年からどの程度、温室効果ガスの総排出量を抑制するのかを政策的に判断し数値的な目標を設定する。目標達成に向けた排出抑制対策を選定し、それら対策を講じた場合の排出量を推計する。目標達成の可否を確認し、目標達成が可能と見込まれる場合には、それら対策を位置付けた計画を実施し、進捗状況の管理、計画の見直しを行い、次期計画の目標設定に繋げる。

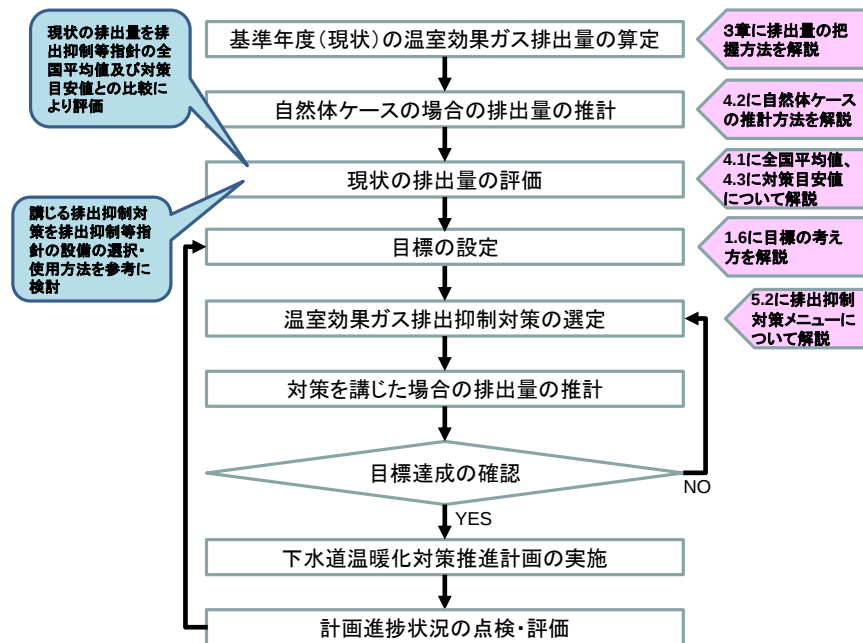


図 2-1 下水道温暖化対策推進計画策定の基本フロー

なお、下水道温暖化対策推進計画は策定することが目的ではなく、適切に運用され、温室効果ガス削減の効果を上げていくことが重要である。

下水道に従事する全ての関係者が、温対法の趣旨を十分に理解した上で、下水道温暖化対策推進計画の策定、対策の実施及び実施状況の把握を行いながら、設備・機器の更新や処理

プロセスの見直しも含め、PDCA サイクルを確立することが重要である。

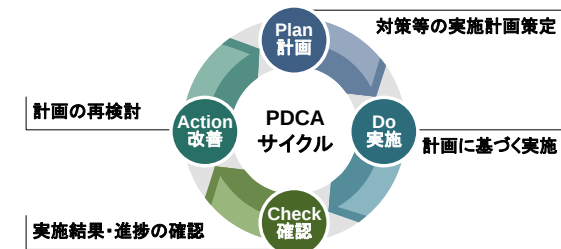


図 2-2 PDCA サイクルの概念

2.2 下水道温暖化対策推進計画の構成

下水道温暖化対策推進計画は、次に示す構成を基本とする。

- 1) 下水道温暖化対策推進計画の期間
- 2) 自然体ケースの基準年度及び目標年度の温室効果ガス排出量
- 3) 下水道温暖化対策推進計画の目標
- 4) 具体的取組
- 5) 下水道温暖化対策推進計画の推進に関する事項

【解説】

下水道温暖化対策推進計画は次に示す構成を基本に策定し、温暖化対策推進計画の推進を着実に実施するものとする。

- 1) 下水道温暖化対策推進計画の期間（第1章を参照）
下水道温暖化対策推進計画の範囲と位置づけを明確化し、基準年度、計画の期間、目標年度を記載する。
- 2) 基準年度及び目標年度（自然体ケースの場合）の温室効果ガス排出量（第3章及び第4章を参照）
- 3) 下水道温暖化対策推進計画の目標（第1章を参照）
下水道温暖化対策推進計画の目標年度における数値的な目標を記載する。
- 4) 具体的取組（第5章を参照）
具体的な対策を記載する。
- 5) 下水道温暖化対策推進計画の推進に関する事項（第6章を参照）
下水道温暖化対策推進計画の着実な推進を図るため、温室効果ガス削減の効果、計画の推進体制、実施状況の点検方法、担当者の研修、公表等について記載する。

第3章 温室効果ガスの排出源と排出量の把握

3.1 温室効果ガスの排出源

本章では、基準年度の温室効果ガス排出量を把握するための算定方法について述べる。

下水道温暖化対策推進計画において対象とする排出活動は、次の4区分を基本とする。

- 1) 電気、燃料等のエネルギー消費に伴う排出
- 2) 施設の運転に伴う処理プロセスからの排出
- 3) 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出
- 4) 下水道資源の有効利用による排出量の削減

【解説】

下水道温暖化対策推進計画において対象とする排出活動の主な区分を示す。

表 3-1 下水道温暖化対策推進計画における排出活動の主な排出の区分

温室効果ガスの種類 対象とする活動	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	備考
①電気、燃料等のエネルギー消費に伴う排出				
a)他人から供給された電気の使用	○	—	—	可能な限り処理施設別に算定
b)他人から供給された熱の使用	(—)	—	—	電気、燃料起因の熱
c)燃料の燃焼、燃料の使用				
重油、灯油、軽油、等	○	△	△	
LPG、LNG、都市ガス等	○	△	△	
一般炭、コークス等	○	△	△	
木炭、木材等	—	△	△	
d)自動車の走行	—	○	○	CO ₂ 排出は、c)の項で算定
②施設の運転に伴う処理プロセスからの排出				
下水の処理	—	○	○	
下水汚泥の処理処分				
焼却	—	○	○	
埋立処分	—	○	—	
その他(コンポスト、燃料化等)	—	※	※	実測等により把握
③上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出	※	—	—	
④下水道資源の有効利用に伴う排出量の削減	※	—	—	効果分を差し引く

○ 対象
 — 該当なし
 (—) 通常の下水道事業においては、該当なし
 △ 燃料を燃焼する機関の形式により対象の有無、排出係数が異なる
 ※ 対象(ただし、算定・報告・公表制度では対象外)

1) 電気、燃料等のエネルギー消費に伴う排出

算定・報告・公表制度においては、下水道施設の供用における電気、燃料(石油、ガス)等のエネルギー消費によるCO₂の排出のほか、ボイラー、ディーゼル機関、ガス機関、ガソリン機関(いずれも自動車以外の定置式の機関)における燃料使用に伴うCH₄、N₂Oの排出も対象となる。このとき、CH₄及びN₂Oの排出係数は、機関により異なる。

ただし、自家発電など、燃料を使用して発電した際の温室効果ガスは燃料の使用に伴う排出に含まれるが、再生可能エネルギーによって発電した電気や、生成した熱は対象とならない。

下水道温暖化対策推進計画においては、上記に加え、管理用自動車の燃料消費についても、CO₂のほか、CH₄、N₂Oの排出も対象となる。

2) 施設の運転に伴う処理プロセスからの排出

水処理プロセスによって発生するCH₄、N₂Oや、汚泥焼却によって発生するCH₄、N₂O、埋立地への脱水汚泥等の埋立処分によって発生するCH₄等、下水道施設の運転によってその処理プロセス(処理施設)から排出される温室効果ガスが対象となる。

これらの温室効果ガスの生成のうち、CH₄についてはメタン細菌の生息できる環境の形成との関連が深い。有機物があり、嫌気性という条件がそろえばCH₄が発生する可能性が高い。N₂Oは硝化過程及び脱窒過程反応における中間生成物であり、一部が大気中に排出される。

汚泥焼却においては、汚泥の中の窒素化合物が熱分解され、さらに気相反応することによって、N₂Oが生成すると考えられている。また、下水汚泥のコンポスト化や、汚泥の燃料化等のプロセスにおいても、CH₄やN₂Oが発生していると推測される。コンポスト化や燃料化等は、算定・報告・公表制度では対象外であるが、下水道温暖化対策推進計画においては、必要に応じて対象に含めることが望ましい。

3) 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出³

下水道温暖化対策推進計画においては、下水道施設の供用時に上水、工業用水、薬品類を消費することによる排出で、CO₂の排出量として扱う。これは、社会システム全般としての温室効果ガス排出として、下水道施設で消費される電気、燃料等のエネルギーの消費に伴う排出と区別して算定するものである。

4) 下水道資源の有効利用による排出量の削減³

下水熱や消化ガス、下水汚泥固形燃料等の利用、空間利用としての再生可能エネルギー(太陽光発電、風力発電等)の導入など、下水道資源を有効利用することで、下水道施設における電気、化石燃料の使用量や他事業者の温室効果ガス排出量を削減できる。

現状において下水道施設内で内部利用しているものについては、1)の電気、燃料等のエネルギー消費に伴う排出の削減として反映されているため、改めて算定する必要はない。一方で、内部利用ではなく下水処理場の外部にエネルギーや再生水等を供給し、他事業者が利用する場合は、下水道資源を活用した「地域単位でみた温室効果ガス総排出量削減への貢献」という位置づけで推進していくべき取組である。ただし、地方公共団体実行計画など地域全体で評価する場合、下水道管理者と他事業者がそれぞれ削減量としてカウントすることで二重計上の恐れが生じることから、削減量について必要に応じて分けて記載することが望ましい。

³ 「上水、工業用水、薬品等の消費に伴う排出」「下水道資源の有効利用による排出量の削減」は、「算定・報告・公表制度」の対象外(p12～13参照)であり、国への報告が重複計上されることはない。

3.2 温室効果ガス排出量の算定の基本的な考え方

温室効果ガスの排出量は、次の計算式により算定する。

$$\begin{aligned} \text{(各温室効果ガスの排出量)} &= \Sigma \{ \text{(活動の種類ごとの排出量)} \} \\ &= \Sigma \{ \text{(活動量)} \times \text{(排出係数)} \} \end{aligned}$$

【解説】

各温室効果ガスの排出量の算定方法は、政令により定められており、温室効果ガスの種類ごと、温室効果ガスを排出する活動の種類ごとに排出量を算定し、合算することにより求められる。

活動の種類ごとの算定方法は、原則として、算定期間（排出量を算定しようとする期間であり、通常は1年間）における当該活動の量（活動量）に、排出係数を乗じることにより得られる。以下に一例を示す。

		活動量		排出係数	
電気の使用に伴う 二酸化炭素の排出量 (kg-CO ₂ /年)	=	電気年間使用量 (kWh/年)	×	電気 1kWh あたりの 二酸化炭素排出量	
A 重油の使用に伴う 二酸化炭素の排出量 (kg-CO ₂ /年)	=	A 重油の年間使用量 (MJ/年)	×	A 重油 1MJ あたりの 炭素排出量	×
					C→CO ₂ 換算 (44/12)
Σ：二酸化炭素の排出量 (kg-CO ₂ /年)					
下水の処理に伴う メタンの排出量 (kg-CH ₄ /年)	=	年間処理水量 (m ³ /年)	×	下水 1m ³ あたりの メタン排出量	
Σ：メタンの排出量 (kg-CH ₄ /年)					

図 3-1 各温室効果ガスの排出量の算定方法の一例

活動量は、自らの実測、関係事業者からのデータの提供等により把握するものとする。

排出係数（及び単位発熱量）は、政令又は算定省令に定められる値を用いることを基本としている。

政令及び算定省令で定められる排出係数、単位発熱量は、同一の検討結果を参照しており、基本的に同一である。ただし、算定省令で扱う活動の範囲の方が、多岐にわたることから、より細分化された排出係数が示されている。例えば、下水処理に伴う N₂O の排出係数は、政令では単一の係数となっているが、算定省令では汚泥の種類及び炉形式で区分されている。したがって、算定する項目により、政令のみならず、算定省令で定める排出係数を参照する

必要がある。

一方、実測等に基づき、適切と認められるものを求めることができるときは、政令又は算定省令に示される係数にかえて、各自治体の条例などで定める係数など、独自の数値を使用することができる（政令第3条第2項、算定省令第10条）。

温室効果ガス排出量の総量は、ガスの種類に応じて定められている地球温暖化係数（CH₄：25、N₂O：298）を乗じて CO₂ 換算値とし、その合計値として求める。

【温室効果ガス総排出量の算定】	
総排出量 (t-CO ₂) = Σ { 各温室効果ガスの排出量 (t) × 各温室効果ガスの地球温暖化係数 }	
温室効果ガス種類	温暖化係数
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

3.3 電気、燃料等のエネルギーの消費に伴う温室効果ガス排出量の把握

下水道施設の運転に伴う電気、燃料等のエネルギー消費に伴う温室効果ガスの排出量を算定する。

【解説】

1) 電気、燃料使用に伴う CO₂、CH₄、N₂O の排出係数

下水道事業に関連して CO₂、CH₄、N₂O を排出する活動区分として、主に次の項目が想定される。

表 3-2 下水道事業に関連する温室効果ガスの主な活動の種類

ガスの種類	活動の種類	下水道で対象となる主な内容	施行令
二酸化炭素 CO ₂	燃料の使用に伴う排出	重油、軽油、ガソリン等	1号イ
	電気の使用に伴う排出	他人から供給された電気(自家発電を除く)	1号ロ
	熱の使用に伴う排出	熱供給事業者等から供給された熱(廃熱利用等は除く)	1号ハ
メタン CH ₄	燃料の燃焼	ガス機関またはガソリン機関	2号ロ
	自動車の走行	管理用自動車	2号ニ
一酸化二窒素 N ₂ O	燃料の燃焼	ボイラー	3号イ
		ディーゼル機関	3号ロ
		ガス機関またはガソリン機関	3号ハ
		自動車の走行	3号ホ

※ 施行令:施行令第3条第1項に示される排出量を算定すべき活動の区分

下水道事業に関係すると考えられるエネルギー起源 CO₂ の主な排出係数を表 3-3 に示す。
電気に関しては、算定・報告・公表制度において、小売電気事業者の排出係数について、環境大臣及び経済産業大臣が個別事業者別の係数等の情報を収集するとともに、その内容を確認し、公表している【公表ホームページ】<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>。また、上記以外の者から供給された電気を使用している場合は、上記の係数に相当する係数で、実測等に基づく適切な排出係数を使用する。

どちらの方法でも算定できない場合は、代替するものとして環境大臣・経済産業大臣が公表する係数（代替値）を使用する。

燃料の使用に関しては、単位発熱量及び炭素排出係数から、全国平均値として燃料の使用量に対する CO₂ 排出係数を算出し、記載している。実際に使用した燃料、熱の排出係数や、各自治体での条例などで定める排出係数が得られる場合には、それらを用いることができる。

燃料のうち、特に固体燃料の単位発熱量は、同じ種類でもばらつきが大きいいため、実際に使用した燃料の単位発熱量（購入先より把握）を使用したほうが、より正確となる。

また、下水道事業におけるエンジン等における燃料の消費や自動車の走行については、CH₄、N₂O の排出となる活動区分として想定される。ここで、エンジンの機関の種類、自動車の種類により、排出係数も異なってくるため、活動量の把握において、集計の区分に留意する。

エンジン等における燃料の消費に伴う CH₄、N₂O 排出係数を表 3-4 に、自動車の走行に伴う CH₄、N₂O 排出係数を表 3-5 に示す。

表 3-3 エネルギー起源 CO₂ の主な排出係数

区分	単位	係数	備考
A 重油	t-CO ₂ /KL	2.71	特 A 重油含む
B・C 重油	t-CO ₂ /KL	3.00	
灯油	t-CO ₂ /KL	2.49	
軽油	t-CO ₂ /KL	2.58	
ガソリン	t-CO ₂ /KL	2.32	
LPG(液化石油ガス)	t-CO ₂ /KL	3.00	
LNG(液化天然ガス)	t-CO ₂ /t	2.70	
天然ガス(NLGを除く)	t-CO ₂ /千 N m ³	2.22	
都市ガス	t-CO ₂ /千 N m ³	2.23	
一般炭	t-CO ₂ /t	2.33	
コークス	t-CO ₂ /t	3.17	

LPG：使用量が体積（m³）で表示されている場合は、これを重量に換算する。LPG は、ブタンとプロパンの混合であり、供給元から提供を受けて算定することを原則とする。なお、一般家庭用の LPG は、2.07kg/m³である（日本 LP ガス協会の Website：<http://www.j-lpgas.gr.jp/>）。

LNG：使用量が体積（m³）で表示されている場合は、これを重量に換算する。LNG の主成分はメタンであり、比容積は供給元に確認することが望ましいが、把握が困難な場合には、約 1.40m³/kg（気体状態）⇒0.71 kg/m³を参考にすることができる。

都市ガス：使用量の表示は、常温常圧下での値として表示されていることが多いが、次式によって標準状態の値に換算する。

$$V' = 273 / (273 + T) \times P \times V$$

V'：標準状態の体積（Nm³）、V：請求書等の体積（m³）

T：請求書等の想定温度（℃）、P：請求書等の想定気圧（気圧）

なお、表中には、政令に定められた標準状態（0℃、1 気圧）の体積（Nm³）当たりの値と、参考として全国の平均的な条件での常温常圧下（15℃、1.02 気圧）に換算した値の両方を示している。

天然ガス自動車（CNG 車）の燃料：燃料充填ステーションにおいては、原料の天然ガスは、一般家庭でも使われている都市ガスパイプラインから供給を受けるのが一般的とされ、排出係数については都市ガスの排出係数で代用できる。一方、LNG をローリーから受け入れ圧縮・気化して充填する L-CNG 方式の設備については、燃料充填ステーションに燃料の種類や発熱量を確認することが望ましい。

（出典）環境省「温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度」H27 年及び「温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン」H27

表 3-4 エンジン等における燃料の消費に伴う CH₄、N₂O 排出係数

機関	燃料種	単位	単位発熱量 GJ/単位	CH ₄ 排出係数		N ₂ O排出係数		備考
				t-CH ₄ /GJ	(t-CH ₄ /単位)	t-N ₂ O/GJ	(t-N ₂ O/単位)	
ボイラー	木材	t	14.4	0.074	(1.1)	0.00000058	(0.0000084)	
	木炭	t	30.5	0.074	(2.3)	0.00000058	(0.000018)	
	B・O重油	kL	41.9	—	—	0.000000017	(0.00000071)	A重油・発生なし
ガスタービン	A重油	kL	39.1	—	—	0.000000078	(0.0000030)	
	B・O重油	kL	41.9	—	—	0.000000078	(0.0000033)	
	LPG	t	50.8	—	—	0.000000078	(0.0000039)	
	都市ガス	千Nm ³	44.8	—	—	0.000000078	(0.0000032)	
	天然ガス	千Nm ³	43.5	—	—	0.000000078	(0.0000032)	
	その他			—	—	0.000000078		液体・気体燃料
ディーゼル機関 (定置式)	A重油	kL	39.1	—	—	0.00000017	(0.000036)	
	B・O重油	kL	41.9	—	—	0.00000017	(0.000071)	
	灯油	kL	36.7	—	—	0.00000017	(0.000062)	
	軽油	kL	37.7	—	—	0.00000017	(0.000065)	
	LPG	t	50.8	—	—	0.00000017	(0.000085)	
	都市ガス	千Nm ³	44.8	—	—	0.00000017	(0.000070)	
	天然ガス	千Nm ³	43.5	—	—	0.00000017	(0.000070)	
	その他			—	—	0.00000017		液体・気体燃料
ガス機関 ・ガソリン機関 (定置式)	A重油	kL	39.1	0.000054	(0.0021)	0.00000062	(0.000024)	
	B・O重油	kL	41.9	0.000054	(0.0023)	0.00000062	(0.000026)	
	灯油	kL	36.7	0.000054	(0.0020)	0.00000062	(0.000023)	
	軽油	kL	37.7	0.000054	(0.0021)	0.00000062	(0.000024)	
	ガソリン	kL		0.000054	(0.0019)	0.00000062	(0.000021)	
	LPG	t	50.8	0.000054	(0.0027)	0.00000062	(0.000031)	
	都市ガス	千Nm ³	44.8	0.000054	(0.0022)	0.00000062	(0.000025)	
	天然ガス	千Nm ³	43.5	0.000054	(0.0022)	0.00000062	(0.000025)	
	その他			0.000054		0.00000062		液体・気体燃料
	灯油	kL	36.7	0.0000095	(0.00035)	0.00000057	(0.000021)	
こんろ ・湯沸し ・ストーブ等	LPG	t	50.8	0.0000045	(0.00023)	0.00000009	(0.0000045)	
	都市ガス	千Nm ³	44.8	0.0000045	(0.00018)	0.00000009	(0.0000037)	
	一般炭	t	25.7	0.00029	(0.0077)	0.0000013	(0.000035)	
	コークス	t	29.4	0.00029	(0.0087)	0.0000013	(0.000039)	

※排出係数は、政令又は算定省令による

※排出係数の右欄(t-CH₄/単位、t-N₂O/単位)は、単位発熱量にGJ当りの排出係数を乗じた参考値※その他、セメント原料乾燥炉、レンガ焼成炉等における燃料使用に関するCH₄、N₂O排出あり(算定省令参照)

※各エンジンには、航空機、自動車、船舶に用いられるもの(移動式機関)を除く

表 3-5 自動車の走行に伴う CH₄、N₂O 排出係数

自動車の区分		排出係数	
使用燃料	区分	t-CH ₄ /km	t-N ₂ O/km
ガソリン	軽乗用車	0.004	0.004
	乗用車(LPG含む)	0.007	0.005
	バス	0.014	0.025
	軽貨物車	0.006	0.006
	小型貨物車	0.008	0.006
	普通貨物車	0.014	0.025
	特殊用途車	0.014	0.025
軽油	乗用車	0.014	0.007
	バス	0.017	0.003
	小型貨物車	0.008	0.012
	普通貨物車	0.010	0.037
	特殊用途車	0.013	0.003
天然ガス	乗用車	0.013	0.0002
	バス	0.050	0.038
	貨物車	0.093	0.013
	特殊用途車	0.015	0.015

GIO・環境省

「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」(2015年4月)より作成

2) 活動量(電気、燃料等のエネルギー消費量)の把握と排出量の算定

2)ー1 CO₂ 排出量の算定①燃料の使用に伴う CO₂ の排出

事務・事業において燃料を使用した際に排出された CO₂ の量を算定する。「燃料の使用」は、処理場・ポンプ場における自家発電用のエンジンや焼却施設への補助燃料としての使用の他、灯油などを暖房用に使用することや、ガソリン、軽油等を自動車用の燃料として使用することが想定される。

なお、バイオマス(生物体)系の燃料の使用に伴う CO₂ の排出については、植物により大気中から吸収され除去されていた CO₂ が再び大気中に排出されるものであるため、IPCC ガイドラインに基づき排出量には含めないこととされている。

算定方法は、燃料の種類ごとの使用量に CO₂ 排出係数を乗じて CO₂ 排出量を算出する。もしくは、燃料の種類ごとの使用量に炭素排出係数を乗じて炭素(C)の排出量を算定し、これに 44/12 を乗じて CO₂ 排出量に変換する。この場合、燃料の種類ごとの使用量(活動量)は、熱量の単位である「J(ジュール)」⁵を用いる。通常、燃料使用量の把握は、t, kL, m³ といった計量単位で行われているため、単位発熱量を乗じてエネルギー量(J)当りへの換算を行う。

【燃料の使用に伴う CO₂ 排出量の算定】排出量(t-CO₂)=燃料使用量(GJ)×炭素排出係数(t-C/GJ)×44/12(t-CO₂/t-C)

計算例

<燃料の使用量>

A 重油

ボイラー：170GJ/年

ディーゼル機関(ポンプ、自家発)：90GJ/年

ガソリン

自動車(普通乗用車)：20GJ/年

<CO₂ 排出量>A 重油：(170+90) GJ/年×0.0189 t-C/GJ×44/12=18.01 t-CO₂/年ガソリン：20 GJ/年×0.0183 t-C/GJ×44/12=1.34 t-CO₂/年②他人から供給された電気の使用に伴う CO₂ の排出

事務・事業において「他人から供給された電気」の使用に伴い排出された CO₂ の量を算定する。概念的には、その電気が発電された際に、発電所で排出された CO₂ 量を算定するものである。

「電気の使用」は、処理場・ポンプ場における各設備で使用されている他、庁舎等における消費も含まれる。

⁴ 燃料の使用に伴い、CH₄やN₂Oも排出されるが、同一の燃料であっても燃焼条件等によって排出の程度が異なるため、燃焼施設の種類等でも区分して算定方法を定めている。CO₂の場合は、燃焼により燃料中に含まれる炭素が概ね全てCO₂として排出されることから、燃料の種類のみで区分を設定している。

⁵ 熱量の単位として kcal(キロカロリー)が用いられていることもあるが、1kcal=0.00419MJとして換算する。

算定方法は、期間内（通常 1 年間）に使用した電力量（買電量）に、排出係数を乗じて算定する。排出係数は、電気事業者ごとに異なることから、事業者ごとに区分して対応する排出係数をそれぞれ乗じて算定する。各社別の排出係数については、環境大臣・経済産業大臣において公表されており、その値を用いることができる。なお、各社別の排出係数の公表については、算定・報告・公表制度のホームページ(<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>)で確認できる。

kWh で表した電気の使用量は、電気を供給する事業者からの請求書等により把握することができる。処理場における温室効果ガス排出量のうち、電気の使用に伴う排出量が占める割合は大きく、現況評価ならびに対策の検討に際して、電力量の内訳の把握は重要な情報となる。できるだけ、プロセス単位で細分化して把握することが望ましい。電力量の内訳の把握は、電力量計によるか、設備の出力数や稼働時間等から想定する。

【他人から供給された電気の使用に伴う CO₂ 排出量の算定】	
排出量 (t-CO ₂) = 電力量 (千 kWh) × 排出係数 (t-CO ₂ /千 kWh) …（電気事業者の種類ごとに算定して合算）	
自らが消費している電気の排出係数がわからない場合などは、政令又は算出省令にもとづき環境大臣・経済産業大臣により告示された値を一般的に使用できる排出係数として用いる。(告示される排出係数は毎年度変化するので留意する)	
計算例	(排出係数が 0.555t-CO ₂ /千 kWh の場合)
場内ポンプ	: 520 千 kWh/年 × 0.555 t-CO ₂ /千 kWh = 289 t-CO ₂ /年
水処理	: 1,770 千 kWh/年 × 0.555 t-CO ₂ /千 kWh = 982 t-CO ₂ /年
汚泥処理	: 970 千 kWh/年 × 0.555 t-CO ₂ /千 kWh = 538 t-CO ₂ /年

③ 自ら発電した電気の使用に伴う CO₂ の排出

下水道事業においては、消化ガス発電、非常用自家発電、太陽光発電等、自ら発電を行っている場合もある。太陽光発電等の再生可能エネルギーで自らが発電した電気⁶の使用に関しては、算定の対象にはならないが、消化ガス発電、非常用自家発電に燃料等を用いている場合は、その当該区分での排出量算定の対象となる。

自ら発電した電気の使用による CO₂ 削減効果について評価を行う場合は、当該発電に関する排出係数の把握や、全体の電力量に対する割合の把握などを行うことにより評価が可能となる。詳細は、3.6 の解説（39 頁）を参照。

排出係数の算定は次式で求められる。

$$\text{排出係数} = \frac{\text{発電する際に排出した二酸化炭素量 (t-CO}_2\text{)}}{\text{需要端における電力量 (千 kWh)}}$$

二酸化炭素排出量 (t-CO₂) は、太陽光発電、水力、風力等の再生可能エネルギーを用い

て発電している場合は実質ゼロとなる。また、エンジン等による発電機の場合は、使用した燃料の量に応じた排出量として算定する。

④ 他人から供給された熱（燃料又は電気を熱源とするものに限る）の使用に伴う CO₂ の排出(参考)

他人から供給された熱（燃料又は電気を熱源とするものに限る）を使用することによる CO₂ 量を算定する。概念的には、その熱が生産された際に、生産施設で排出された CO₂ 量を算定するものである。自らボイラー等を用いて発生させ使用した熱はここでの算定の対象にはならない。

算定方法は、供給を受け使用した熱量 (J) に排出係数を乗じることにより行う。

活動量（熱を供給する事業者から供給を受けて使用した熱の量）は、その請求書等により把握することができる。

下水道事業において、一般的には「他人から供給された熱（燃料又は電気を熱源とするものに限る）」の使用は少ないと考えられる。廃棄物の焼却施設で発生した熱を利用している場合は、“燃料又は電気を熱源とする”に該当しないため、温室効果ガス排出量の算定対象には含まれない。ただし、廃熱利用の効果を検討するために、CO₂ 削減効果として評価するなどの活用は有効である。

【他人から供給された熱の使用に伴う CO₂ 排出量の算定】	
排出量 (t-CO ₂) = 熱使用量 (GJ) × 排出係数 (t-CO ₂ /GJ)	
排出係数：全国の平均的な値（政令又は算定省令）として、0.057 t-CO ₂ /GJ が提示。 熱の生産形態や供給形態等が異なることで、排出係数も異なるため、より適切な値を求めることができる場合には、その値を使用する。 $k = X / Q$ k：排出係数 (kg-CO ₂ /MJ) X：熱を供給する事業者が熱を生産した際に排出した二酸化炭素の量 (kg-CO ₂) Q：当該事業者が供給した熱の量 (MJ) ※廃棄物の焼却施設で発生した熱を利用している場合は、当該施設から廃棄物の焼却に伴い排出される二酸化炭素の量は、X には含まれない	
計算例	
熱供給量：2,000 GJ/年 × 0.057 t-CO ₂ /GJ = 114 t-CO ₂ /年 ※通常、下水道事業では、他人から供給された熱（燃料又は電気を熱源とするもの）の利用は無い。	

2)-2 CH₄, N₂O 排出量の算定

① エンジン等における燃料の消費に伴う CH₄, N₂O の排出

エンジン等における燃料の消費に伴う CH₄, N₂O は、次のような排出機構が考えられる。

イ. ボイラーにおける燃料の消費

CH₄: 木材や木炭を燃料として使用した際に燃料中の炭素の一部が不完全燃焼して CH₄ が排出される。石油、ガスなどの化石燃料は算定の対象外である。

N₂O：一般炭や木材、木炭、B・C 重油を燃料として使用した際に N₂O が排出される。

なお、A 重油や気体燃料を使用する場合には、N₂O は排出されないものとする。

下水道事業において、木材、木炭が使われている事例は多くはないが、暖房用に使われている場合、ボイラーで B 重油を使用している場合などが考えられる。

⁶ 地方公共団体の別の部局で発電を行い、その電気を事務事業を行う施設等で使用する場合は「地方公共団体実行計画」（事務事業編）の排出量算定の対象とはならない。「下水道温暖化防止計画」においての取り扱いについては、関係部局との調整のうえ、算定方法のなかで取り扱いについて明記する。なお、「排出量」として含めない場合においても、電力量がどの程度であるかの把握は、事業全体として実行計画を検討する上で重要な知見となる。

ロ. ディーゼル機関、ガスタービン

自動車、鉄道車両及び船舶以外で用いられる定置式のディーゼル機関で燃料を使用した際に排出される N_2O を算定する。 CH_4 は排出されていないものとする。なお、消化ガスも気体燃料に該当するため、ガスタービンで消化ガスを燃料として使用した際に排出される N_2O も算定の対象になる（表 3-4 のガスタービン（その他）の係数を参照）。

ハ. ガス機関・ガソリン機関における燃料の消費

航空機、自動車及び船舶以外で用いられる定置式の高機関又はガソリン機関を使用した際に排出される CH_4 、 N_2O を算定する。

ニ. 家庭用機器における燃料の消費

こんろ、湯沸器、ストーブ等の家庭用機器で燃料を使用した際に排出される CH_4 、 N_2O の量を算定する。ボイラー等による給湯、空調システムは当該項目ではなく、ボイラーでの燃焼として算定する。また、熱源に電気を使用するものは対象としない。

②自動車の走行に伴う CH_4 、 N_2O の排出

自動車の走行に伴い排出される CH_4 、 N_2O を算定する。

使用している自動車の種類ごとの総走行距離に、種類ごとに定められる排出係数をそれぞれ乗じ、それらを合算することにより算定する。

なお、当該項目は実行計画制度における排出量の算定対象には含まれるものの、算定・総走行距離の把握方法としては、次のような方法が考えられ、精度の高い把握を行うよう努める。なお、下水道事業において、自動車の走行に伴う温室効果ガス排出量の割合は、通常、ごく小さい割合である。

a) 自動車管理規則などにより走行距離を把握、集計する

b) 燃料の使用量を集計し、平均的な燃費から推定する

$$\text{走行距離 (km)} = \text{燃料の使用量 (L)} \times \text{平均的な燃費 (km/L)}$$

c) 代表的な一定期間をサンプルとして走行距離を把握し、年間の走行距離に換算する一般的な排出係数ではない自動車の場合、次のように考えることができる。

イ. ハイブリッド自動車

ハイブリッド自動車は、道路運送車両法上、普通・小型自動車の規定を準用しており、当面は、当該ハイブリッド自動車の燃料（ガソリン、軽油）に応じた区分による排出係数を適用して算定する。なお、政令（第 3 条第 2 項）に基づき、独自に排出係数を設定することも可能である。

ロ. 電気自動車

電気自動車については、走行形態上、 CH_4 、 N_2O を排出しないため、本区分の算定対象外である。なお、電気の使用に伴う二酸化炭素の排出については算定対象となるため、施設において使用した量と重複計上とならないように留意した上で、電気の使用量を把握する必要がある。

ハ. 天然ガス自動車（CNG 車）及びその他の燃料の自動車

CNG 車については、現在、政令には定めがないが、国家インベントリの算定対象となっている。政令（第 3 条第 2 項）の規定を適用して独自に排出係数を設定する場合、インベントリで使用されている排出係数（「日本国温室効果ガスインベントリ報告書（NIR）」参照 <http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>）を用いることもできる。

ニ. その他

メタノール自動車、エタノール自動車、燃料電池車からの排出については、政令には定めはなく、インベントリの算定にも含まれていない。なお、政令（第 3 条第 2 項）に基づき、独自に排出係数を設定することも可能である。

自動車の走行に伴う CH_4 、 N_2O 排出量について、算定・報告・公表制度においては算定対象外であることに留意する。

【エンジン等における燃料の消費に伴う CH_4 、 N_2O 排出量の算定】

$$\text{排出量 (t-CH}_4\text{)} = \text{燃料消費量 (GJ)} \times \text{排出係数 (t-CH}_4\text{/GJ)}$$

$$\text{排出量 (t-N}_2\text{O)} = \text{燃料消費量 (GJ)} \times \text{排出係数 (t-N}_2\text{O/GJ)}$$

【自動車の走行に伴う CH_4 、 N_2O 排出量の算定】

$$\text{排出量 (t-CH}_4\text{)} = \text{総走行距離 (km)} \times \text{排出係数 (t-CH}_4\text{/km)}$$

$$\text{排出量 (t-N}_2\text{O)} = \text{総走行距離 (km)} \times \text{排出係数 (t-N}_2\text{O/km)}$$

計算例

<燃料の使用量>

A 重油

ボイラー：4,500 L/年

ディーゼル機関（ポンプ、自家発）2,200 L/年

ガソリン

自動車（普通乗用車）：500 L/年

<自動車の走行距離>

$$\text{平均的な燃費} \approx 10 \text{ km/L} \Rightarrow 500 \text{ L/年} \times 10 \text{ km/L} = 5,000 \text{ km/年}$$

< CH_4 排出量>

ボイラー、ディーゼル：排出なし

$$\text{自動車の走行：} 5,000 \text{ km/年} \times 0.000000010 \text{ t-CH}_4\text{/km} = 0.0000500 \text{ t-CH}_4\text{/年}$$

< N_2O 排出量>

ボイラー：排出なし

$$\text{ディーゼル：} 2.2 \text{ kL/年} \times 0.0000017 \text{ t-N}_2\text{O/GJ} = 0.00000374 \text{ t-N}_2\text{O/年}$$

$$\text{自動車の走行：} 5,000 \text{ km/年} \times 0.000000029 \text{ t-N}_2\text{O/km} = 0.000145 \text{ t-N}_2\text{O/年}$$

3.4 施設運転に伴う処理プロセスからの温室効果ガス排出量の把握

下水処理場の処理プロセスから排出される温室効果ガスは、水処理及び汚泥処理・処分のプロセスから排出されるものがある。それぞれの活動ごとに算定を行う。

【解説】

下水道事業に関連して CH₄ 及び N₂O の排出となる活動区分として、次の項目が想定される。

- 下水の処理に伴う排出
- 汚泥の焼却に伴う排出
- 脱水汚泥の埋立に伴う排出
- その他（コンポスト化など）

下水道施設は、流入下水中の有機物を分解し CO₂ へと変換している施設であるが、カーボンニュートラルの考え方に従い、発生する CO₂ については算定に含まないものとされている。ただし、CH₄、N₂O については、活動区分に応じて排出量に含める必要がある。

1) 処理プロセスからの排出係数

主な排出係数を以下に示す。なお、後述する全国平均値、対策目安値は平成 26 年度時点の係数を用いているが、排出係数は適宜更新されるものであるため、最新情報を用いて算定することを妨げるものではない。

表 3-6 下水処理や下水汚泥の焼却に伴う CH₄、N₂O の排出係数

<CH ₄ >			
区分		単位	係数
下水の処理	下水処理場	t・CH ₄ /千m ³	0.00088
	し尿処理施設(嫌気性消化処理)	t・CH ₄ /千m ³	0.54
	同(好気性消化処理)	t・CH ₄ /千m ³	0.0055
	同(高負荷生物学的脱窒素処理)	t・CH ₄ /千m ³	0.0050
	同(生物学的脱窒素処理(標準脱窒素処理))	t・CH ₄ /千m ³	0.0059
	同(膜分離処理)	t・CH ₄ /千m ³	0.0055
	同(その他の処理)	t・CH ₄ /千m ³	0.0055
	浄化槽(既存単独処理浄化槽を除く)	t・CH ₄ /人	0.0011
	単独浄化槽	t・CH ₄ /人	0.00020
	コミュニティ・プラント	t・CH ₄ /人	0.00020
汲み取り	t・CH ₄ /人	0.00020	
汚泥の焼却 ※1	高分子・流動炉(通常)約 800℃	t・CH ₄ /wet-t	0.000097
	高分子・流動炉(高温)約 850℃	t・CH ₄ /wet-t	
	高分子・多段炉	t・CH ₄ /wet-t	
	石灰系	t・CH ₄ /wet-t	
	その他下水汚泥	t・CH ₄ /wet-t	

区分		単位	係数
汚泥の埋立	嫌気性	t-CH ₄ /ds-t	0.133
	準好気性 ※2	t-CH ₄ /ds-t	0.0667
コンポスト化 ※2		t-CH ₄ /wet-t	0.0040

＜N₂O＞

区分		単位	係数
下水の処理	標準活性汚泥法	t-N ₂ O/千m ³	0.000142
	嫌気好気活性汚泥法	t-N ₂ O/千m ³	0.0000292
	嫌気無酸素好気法及び循環式硝化脱窒法(当該方法と同程度以上に窒素を処理することができる方法を含む。循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法を除く。)	t-N ₂ O/千m ³	0.0000117
	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法	t-N ₂ O/千m ³	0.0000005
	処理水量に一律加算(汚泥処理プロセス)	t-N ₂ O/千m ³	0.0000006
	し尿処理施設(嫌気性消化処理)	t-N ₂ O/tN	0.0000045
	(好気性消化処理)	t-N ₂ O/tN	0.0000045
	(高負荷生物学的脱窒素処理)	t-N ₂ O/tN	0.0029
	(生物学的脱窒素処理(標準脱窒素処理))	t-N ₂ O/tN	0.0000045
	(膜分離処理)	t-N ₂ O/tN	0.0024
	(その他の処理)	t-N ₂ O/tN	0.0000045
	浄化槽(既存単独処理浄化槽を除く)	t-N ₂ O/人	0.000022
	単独浄化槽	t-N ₂ O/人	0.000020
	コミュニティ・プラント	t-N ₂ O/人	0.000039
汚泥の焼却 ※1	汲み取り	t-N ₂ O/人	0.00020
	高分子・流動炉(通常)約 800℃	t-N ₂ O/wet-t	0.00151
	高分子・流動炉(高温)約 850℃	t-N ₂ O/wet-t	0.000645
	高分子・多段炉	t-N ₂ O/wet-t	0.000882
	石灰系	t-N ₂ O/wet-t	0.000294
	その他下水汚泥(多段吹込燃焼式流動床炉・二段燃焼式循環流動床炉・ストーカー炉)	t-N ₂ O/wet-t	0.000263
炭化固形燃料化炉		t-N ₂ O/wet-t	0.0000312
コンポスト化 ※2		t-N ₂ O/wet-t	0.00030

※1 国内でみると焼却する汚泥の含水率に大きなばらつきがないため、含水率の違いによる重量換算は必要ないと整理されている

※2 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果総括報告書、平成 18 年 8 月、環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会

(出所) 環境省「H27 算定方法及び排出係数一覧表」より作成

下水の処理に伴う CH₄、N₂O の排出量は、処理状況（特に、硝化抑制運転、硝化促進運転、硝化・脱窒運転など）により異なることが、既往の調査研究により示されている。政令で定める排出係数では、処理状況による区分がなされていないが、実測等により当該処理施設における排出量を適切に算定することが出来る場合には、その値を用いることができる。

2) 処理プロセスからの排出の活動量の把握と排出量の算定

①下水の処理に伴う CH₄、N₂O の排出

下水処理場で下水を処理する際に排出される CH₄、N₂O の量を算定する。

【下水の処理に伴う CH₄、N₂O 排出量の算定】

排出量 (t-CH₄) = 下水処理量 (千 m³) × 排出係数 (t-CH₄/千 m³)

排出量 (t-N₂O) = 下水処理量 (千 m³) × 排出係数 (t-N₂O/千 m³)

CH₄、N₂O は、主として生物反応槽からの排出であり、下水処理量からは簡易放流量を除く。排出係数は表 3-6 に示す。

計算例

下水処理量 8,000 千 m³/年 × 0.00088 t-CH₄/千 m³ = 7.04 t-CH₄/年

下水処理量 8,000 千 m³/年 × 0.000142 t-N₂O/千 m³ = 1.136 t-N₂O/年

②下水汚泥の焼却に伴う CH₄、N₂O の排出

下水汚泥を焼却する際に排出される CH₄、N₂O の量を算定する。

焼却する汚泥の種類、燃焼の条件等により、CH₄、N₂O の排出量も大きく異なる。政令で定める排出係数では、下水汚泥の種類や燃焼条件による区別を行っていないが、算定省令では汚泥の種類（凝集剤の区分）や炉形式、燃焼温度帯による N₂O 排出係数の区分を行っており、下水道温暖化対策推進計画においても、この排出係数を用いることができる。実測等により当該処理施設の排出係数を定めることが出来る場合には、その値を用いることもできる。

なお、政令における CH₄ 排出係数は、燃焼に用いる空气中に既に CH₄ が存在することを考慮した吸気補正を行った値が設定されている。このため、実測等による場合には、この点に留意する必要がある。なお、算定省令で定める排出係数は吸気補正を行った数値であるため、下水道温暖化対策推進計画における排出量の算定にそのまま用いることができる。

【下水汚泥の焼却に伴う CH₄、N₂O 排出量の算定】

排出量 (t-CH₄) = 下水汚泥の焼却量 (wet-t) × 排出係数 (t-CH₄/wet-t)

排出量 (t-N₂O) = 下水汚泥の焼却量 (wet-t) × 排出係数 (t-N₂O/wet-t)

排出係数は表 3-6 に示す。

計算例

焼却汚泥量 9,500 wet-t/年 × 0.0000097 t-CH₄/wet-t = 0.0922 t-CH₄/年

9,500 wet-t/年 × 0.000645 t-N₂O/ wet-t = 6.13 t-N₂O/年

※高分子系汚泥、流動炉、炉内温度 850℃以上

※焼却前に乾燥を行っている場合、乾燥後の実投入量を活動量とする。

③下水汚泥の埋立に伴う CH₄ の排出

焼却されずに埋立処分された下水汚泥が分解する際に排出される CH₄ の量を算定する。

【下水汚泥の埋立処分に伴う CH₄ 排出量の算定】

排出量 (t-CH₄/年) = 下水汚泥量 (ds-t/年) × 排出係数 (t-CH₄/ds-t)

活動量は、焼却を行わずに埋立処分（土壌改良材等の有効利用を含む）を行った汚泥量を乾重量ベースで把握する。排出係数は表 3-6 に示す。

計算例

埋立汚泥量 255 ds-t/年

255 ds-t/年 × 0.133 t-CH₄/ds-t = 33.9 t-CH₄/年

※埋立地状況は嫌気性として排出係数を使用

CH₄ 排出量の算定は、算定期間内の有機物分解量に排出係数を乗じるのが算定の基本形であるが、埋立の場合、この分解量を直接実測することができない。埋立の場合は、その年度に廃棄物を含むすべての CH₄ が分解され、排出されるものとして算定することとする（算定・報告マニュアル参照）。

④下水汚泥のコンポスト化

下水汚泥をコンポスト化した場合に排出される CH₄、N₂O を算定する。

【下水汚泥のコンポスト化処理に伴う CH₄、N₂O 排出量の算定】

排出量 (t-CH₄) = 下水汚泥量 (wet-t) × 排出係数 (t-CH₄/wet-t)

排出量 (t-N₂O) = 下水汚泥量 (wet-t) × 排出係数 (t-N₂O/wet-t)

コンポスト化施設への投入汚泥量に対して排出係数（表 3-6）を乗じる。

計算例

コンポスト化量 1,500 wet-t/年 × 0.0040 t-CH₄/wet-t = 6.0 t-CH₄/年

コンポスト化量 1,500 wet-t/年 × 0.0030 t-N₂O/wet-t = 4.5 t-N₂O/年

⑤その他

下水汚泥の処理として、前述の焼却、埋立処分、コンポスト化以外にも、汚泥溶融、燃料化（造粒、炭化）などの処理が行われる場合がある。焼却灰の加工（灰溶融、レンガ焼成など）については、処理対象となる焼却灰中に有機物、窒素化合物が存在しない（あるいはごく微量）ことから、CH₄、N₂O の発生はないと考えられるが、脱水汚泥を溶融、炭化等の処理を行う場合には、CH₄、N₂O は発生する可能性がある。

現段階では排出係数に関する知見が明らかにされていないことから、下水道温暖化対策推進計画においては、必要に応じて実測等により当該処理過程からの排出量を算定する。

3.5 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガス排出量の把握

下水処理場及びポンプ場での上水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガス排出量の算定を行う。

【解説】

1) 上水、工業用水、薬品類の消費に伴うCO₂の排出係数

上水、工業用水、薬品類に関しての温室効果ガス排出量原単位は、個々の製品を製造する過程によって大きく異なる。例えば、同じ種類の薬品であっても、事業者や年度によって異なるものであり、当該上水、工業用水、薬品類を製造する事業者から情報を入手することが望ましい。情報が得られない場合は、参考として表に示す数値を使用する。

表 3-7 上水、薬品等の排出量原単位の例

種類		環境負荷(CO ₂ 相当量)の例
上水道		0.0020 t-CO ₂ /m ³
工業用水		0.00011 t-CO ₂ /m ³
薬品	次亜塩素酸ナトリウム	0.32 t-CO ₂ /t
	液体塩素	0.90 t-CO ₂ /t
	さらし粉(高度さらし粉)	3.5 t-CO ₂ /t
	高分子凝集剤(ポリマー)	6.5 t-CO ₂ /t
	界面活性剤	0.11 t-CO ₂ /万円
	塩化第二鉄	0.32 t-CO ₂ /t
	消石灰	0.45 t-CO ₂ /t
	ポリ塩化アルミニウム	0.41 t-CO ₂ /t
	過酸化水素	3.9 t-CO ₂ /t
	硫酸アルミニウム	0.36 t-CO ₂ /t
水酸化ナトリウム(NaOH50%)		1.2 t-CO ₂ /t
活性炭		0.26 t-CO ₂ /t

※ 環境負荷は、LCA実務入門(産業環境管理協会,1998)より引用
(CO₂排出量原単位を、有効数字2桁として丸めた値を記載)

2) 上水、工業用水、薬品類の消費量の把握と排出量の算定

上水、工業用水、薬品類の消費に伴い排出されるCO₂を算定する。

【上水、工業用水、薬品類の消費に伴うCO₂排出量の算定】

排出量 (t-CO₂) = 上水、工業用水の消費量 (m³) × 排出係数 (t-CO₂/m³)

排出量 (t-CO₂) = 薬品類の消費量 (t) × 排出係数 (t-CO₂/t)

上水、工業用水、薬品類の排出係数の例を表3-6に示す。

計算例

上水使用 3,900 m³/年 × 0.0020 t-CO₂/m³ = 7.8 t-CO₂/年
次亜塩素酸ナトリウム 2.0 t/年 × 0.32 t-CO₂/t = 0.64 t-CO₂/年
高分子凝集剤 40 t/年 × 6.5 t-CO₂/t = 260 t-CO₂/年

3.6 下水道資源の有効利用に伴う温室効果ガス排出削減量の把握

下水道資源（下水熱、消化ガス、再生水、敷地空間、等）の有効利用による、温室効果ガス排出削減量を算定する。

【解説】

再生水・消化ガス等の有効利用や太陽光発電の導入など、下水道事業として資源の有効利用を進め、循環型社会の一翼を担っていくためには、これらの有効利用による効果を定量化して把握することは大きな意義がある。具体的に外部への供給が想定される下水道資源の例としては、電力（消化ガス、太陽光、風力、小水力等）、固形燃料、消化ガス、再生水、焼却排熱、下水熱、敷地空間（太陽光発電設備など）等が考えられる。

例えば、消化ガスを外部に供給し、供給先にて蒸気ボイラー等の燃料として利用している場合には、重油等の化石燃料を代替しているものとして、供給した消化ガス発熱量に相当する重油等化石燃料消費量にその排出係数を乗じた量を削減分として評価することが考えられる。

また、再生水利用については、ビル内のトイレ用水として供給している場合には、水道水を代替しているものとして、当該地域の水道事業の排出係数を再生水利用量に乘じた量を削減分として評価することが考えられる。

下水道資源の有効利用の形態としては、資源の供給先、すなわち有効利用の便益の受け手の種類によりいくつかのパターンに分類でき、パターン別に削減量のカウントの考え方等が異なる点に留意が必要である。

表 3-8 有効利用の便益受け手によるパターン

有効利用便益の受け手の種類	効果の把握における留意点
同一処理場内での利用	下水道資源の有効利用の効果が、電気、燃料等のエネルギー消費に伴う温室効果ガス排出量の削減分として反映される。
下水道事業ではあるが、異なる処理場・施設での利用	
下水道事業以外であるが、当該地方公共団体の他の事業での利用	下水道資源の有効利用の効果が、基準年度における温室効果ガス排出量としては現れていないため、その効果を温室効果ガスの削減量として定量化して基準年度の温室効果ガス排出量から減じるものとする。
当該地方公共団体の事業以外（民間等）での利用	その際、他事業における排出量算定とダブルカウントにならないかを確認することが必要。

また、上記のような下水道資源の有効利用事業について、民間事業者が実施主体となる場合や、固形燃料や再生水等の利用者が民間事業者である場合等、複数の主体が関わる場合のCO₂排出削減量のカウントについては、実施主体や下水道資源利用者と下水道管理者との間の協定等に基づき按分する等、その考え方は事業形態等により様々である。

さらに、太陽光発電や消化ガス発電等の事業による発電量について、固定価格買取制度（以下、FITという）を活用して売電する場合、当該事業主体がCO₂排出削減量を計上すると、地域全体で見たときにその効果を二重計上する恐れがあるため、「CO₂削減効果」の計上に当たっては慎重な判断が必要である。

その他、抑制効果（排出量の削減量）の検討は、有効利用が行われている状況（下水道事業として行われているか、PFI事業等で行われているかなど）、有効利用の形態、検討に要する情報の精度や入手の困難さなどで異なってくるため、得られる情報の内容等を勘案し、それぞれ算定方法を検討する必要がある。

排出削減量を算定するための計算例を以下に示す。

計算例

○消化ガスの化石燃料代替としての利用

余剰消化ガス量：1,000m³/日＝365千m³/年の利用

消化ガス発熱量：365千m³/年×22GJ/千m³＝8,030GJ/年

消化ガス発熱量：20～25MJ/m³N → ここでは22MJ/m³（GJ/千m³）と仮定

温室効果ガス排出削減量（【重油換算】 2.71t-CO₂/kL）

消化ガス熱量のA重油換算：8,030GJ/年÷39.1GJ/kL＝205kL/年

温室効果ガス換算：205kL/年×2.71t-CO₂/kL＝557t-CO₂/年

注：ガス会社への販売、自動車燃料としての利用などの場合、消化ガスの精製、貯留等に要するエネルギー（温室効果ガス排出量）を勘案しなければならない。

○自然エネルギー（太陽光発電）の導入

太陽光パネル設置面積：1,000m²の場合

太陽電池出力(kW)＝1/15×パネル設置面積(m²)÷5＝1/15×1,000m²÷5＝72kW

年間発電電力量(kWh/年)＝

太陽電池出力(kW)×最適角平均日射量(kWh/m²・日)÷標準状態における日射強度(kWh/m²)×総合設計係数（≒0.7）×日数(日/年)

（平均日射量は、NEDO資料を参考に仮定した年間平均値）

＝72kW×4.1kWh/m²・日÷1kWh/m²×0.7×365日/年≒75,400kWh/年

温室効果ガス排出削減量（【電気換算】 0.555t-CO₂/千kWh）

75.4千kWh/年×0.555t-CO₂/千kWh＝41.8t-CO₂/年

なお、算定式、係数は下記資料を参照した

1)下水道における新エネルギー技術の導入・評価に関する技術資料、2007.3、下水道新技術推進機構

2)NEDO新エネルギーガイドブックの最的確年平均全天日射量マップ

【参考】排出係数について

政令又は算定省令において定められている排出係数及び単位発熱量は、我が国全体における対策の状況等を勘案した、いわば全国の平均的な数値であり、必ずしも各地方公共団体における排出の実態を適切に表したものとはならない場合がある。

このため、実測等を行い、より適切な係数等を確認することができる場合には、政令や算定省令に示された全国の平均的な排出係数等に代えて、当該実測等による係数等を用いることができるとされている。

なお、排出係数はIPCCガイドラインの考え方に準じ、実測例等からわが国における数

値を定めている。政令や算定省令の排出係数は、固定されているものではなく、新たな知見や技術動向によっても変更されるものであるため、下水道温暖化対策推進計画を策定する時点における最新の値を十分に踏まえる必要がある。

①新たな知見を参照

温対法第7条により、政府は、温室効果ガスの排出及び吸収に関し、インベントリ（気候変動枠組条約及び京都議定書で規定する温室効果ガス排出量の年次目録）を作成するため、算定・公表を行っている。

その算定に用いられる排出係数あるいは算定方法の検討結果において整理された知見が「日本国温室効果ガスインベントリ報告書（NIR）」（<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>）において公表されているものであり、これを参照することができる。

例1：下水処理方式を区分してN₂Oの排出量を算定する場合（標準活性汚泥法、嫌気好気活性汚泥法等）

例2：汚泥焼却方式を区分してN₂Oの排出量を算定する場合（高分子・流動炉（通常）約800℃、高分子・流動炉（高温）約850℃等）

②他人が実測し推定したものなどを利用

購入した電気や燃料の排出係数について、製造会社等がデータを実測して公表している場合など、下水道温暖化対策推進計画の策定に当たり、当該係数を検討した上で用いる場合が考えられる。

例1：都市ガスの単位発熱量は都市ガスの供給事業者等によって異なっており、都市ガス事業者との契約に基づき、実際に供給を受けている都市ガスの単位発熱量⁷（MJ/Nm³）を用いることでより正確な算定が可能となる。炭素排出係数（発熱量当りの炭素含有量）については、政令、算定省令に定められた値を用いることができる。なお、都市ガスの発熱量は、同一の供給事業者であっても供給地域により異なる場合があるほか、原料の変更等により変更される場合があるため留意する必要がある。

例2：一般電気事業者及び特定規模電気事業者（PPS）から供給を受けている電気の使用に伴う排出係数について、当該事業者の供給する電気の排出係数を用いる。排出係数は、個々の電気事業者ごとに電源が異なることから、その排出係数も電気事業者ごとに大きく異なることが想定される。このため、当該電気事業者から当該電気の排出係数の算定に必要な情報の提供を受け、検討した上で用いることが望ましい。なお、一般電気事業者及びPPSの排出係数については、環境大臣及び経済産業大臣において、年度ごとに公表しており、この数値を用いる。

③温室効果ガス削減対策として講じた措置の反映

特に、温室効果ガス排出削減対策等が排出係数を増減させるものである場合、当該効果を総排出量の算定に反映するために、自らの実測や、その他効果が推計できる知見を検討し、対策の前後での排出係数を変化させることが望ましい。

例1：下水汚泥の焼却に伴うN₂Oの発生については、政令より算定省令において、詳細な

⁷ ここでの発熱量は、「高位発熱量」（総発熱量）を示す。

区分がなされ、検討会報告書においてさまざまな知見が参照されている。下水道温暖化対策推進計画の期間中に、プロセスや処理方法を変更する場合には、各区分の排出係数を適用することで、対策の効果を総排出量の算定に反映させることができる。ただし、当該措置を講じる前の排出量の算定においても、同様の区分による排出係数を適用しなければ、講じた措置の適切な評価が行えない場合があることに留意する。

例 2：埋立処分場からの CH_4 の発生について、埋立工法の改善や発生する CH_4 の回収等の対策や、下水の処理過程において CH_4 、 N_2O の発生が減少するような運転管理等の対策を講じ、かつその効果（排出係数の低下）が実測等により確認できる場合には、その値を用いることで、対策の効果を反映させることができる。

第4章 温室効果ガス排出量の評価

4.1 現状の温室効果ガス排出量の評価

温室効果ガスの排出量を発生源別に整理し、当該施設の排出量を評価する。

評価は、現状及び対策を実施後の排出量について行う。下水道部門における排出抑制等指針では、各処理場の処理水量等の特性に応じて“全国平均値”及び“対策目安値”の算定方法を示しており、評価の際の目安として活用できる。

【解説】

下水道温暖化対策推進計画策定においては、基準年度（基本的に現状）における温室効果ガス排出の状況の評価し、当該施設の状況を勘案した上で検討することが重要である。

下水道部門における排出抑制等指針では、各処理場の処理水量等の特性に応じた既存施設の平均的な値である“全国平均値”，及び全国平均値を踏まえて代表的な対策を講じた場合の排出量である“対策目安値”（詳細は 5.3 を参照）を算定している。この全国平均値及び対策目安値と、基準年度の排出量を比較することができる。なお、全国平均値、対策目安値は、汚泥や下水の処理方法別に設定しているため、複数の水処理方法を併用している処理場では、それぞれの全国平均値と対策目安値と比較することが考えられる。

温室効果ガスの排出抑制は、上記の比較を踏まえるとともに、下水道事業の他の計画等とも整合的に行うこととなる。全国平均値は、現時点（平成 22 年度）での既存の処理場の施設の平均値であり、設備更新を終えたばかりの施設から老朽化した施設等様々な処理場を含む値となっており、今後施設更新に伴い徐々に改善していくことが予想される。処理場設備の寿命は長いことから長期的な施設更新の計画等と併せて目標設定を行うことが必要である。

達成すべき目標が設定された場合には、第 3 章の排出源別の排出量に立ち返り、排出量の多い処理工程を明らかにし、第 5 章に示した温室効果ガス排出抑制対策の導入可能性について検討することが重要である。

4.1.1 既存施設の平均的な値である「全国平均値」の考え方

全国平均値は、以下の考え方に基づいて設定されたものである。

- ① 処理水量当たりの温室効果ガス排出量で全国平均値を設定。
- ② 処理方法により排出量が大きく異なると想定されるため、i .汚泥焼却有、ii .標準法、iii .高度処理、iv .OD法、の 4 つに分類し、分類ごとに全国平均値を設定。
- ④ 全国平均値は下水処理場における温室効果ガス排出量を算定する。
- ⑤ 排出源は、エネルギー起源の CO_2 及び、非エネルギー起源の N_2O 、 CH_4 を対象に設定。
- ⑥ 全国平均値の算定に当たっての排出量の計算方法は、温対法に基づく算定・報告・公表制度に基づく方法を基本としている。

「処理水量当たりの温室効果ガス排出量」の処理水量については、汚水処理水量当たりとする。

処理方法による分類（i.汚泥焼却有、ii.標準法、iii.高度処理、iv.OD法）のうち、「i.汚泥焼却有」は、水処理方法に関わらず、汚泥焼却施設を有する処理場が該当する。「iii.高度処理」は、ベースの水処理方法に依らず、高度処理を実施している処理場が該当する。「ii.標準法」は、i、iiiに該当せず、標準活性汚泥法を主たる処理方法とする処理場が該当する。「iv.OD法」は、i、iiiに該当せず、OD法を主たる処理方法とする処理場が該当する。

また、全国平均値は下水処理場における温室効果ガス排出量を算定したものであり、場外ポンプ場（中継ポンプ場、雨水ポンプ場等）、その他（汚泥再資源化施設、管路施設等）は対象としていない。

CO₂については、下水処理場の施設で発生するエネルギー起源のものを対象としている。C H₄、N₂Oについては、水処理工程、汚泥焼却工程において発生するものを対象としている。

下水道統計「処理場施設（使用エネルギー）」（H22 年度実績）のデータを用いて、現状の各処理場のエネルギー起源二酸化炭素排出量を算定し、回帰分析により近似曲線を求めた。その際、「温室効果ガス排出量に影響が大きい要因」および「下水道管理者にとって制御しがたい外部要因」については考慮されるよう、多重回帰分析により分類ごとに影響度を評価し、以下の式を算出した。

[i .汚泥焼却有、iii.高度処理について] log（処理水量当たりのエネルギー起源二酸化炭素排出量）
=a × log（処理水量）+ b

[ii .標準法について]
log（処理水量当たりのエネルギー起源二酸化炭素排出量）
=a×log（処理水量）+ b × log（流入 BOD）
- c × log（流入量比率）+ d

[iv .OD法について]
log（処理水量当たりのエネルギー起源二酸化炭素排出量）
=a × log（処理水量）+ b × log（流入 BOD）
+ c × log（流入量比率）+ d

N₂O、CH₄については、別途、以下に示す処理方法・技術等を想定し、水処理量から算定して上乘せした。

表 4-1 N₂O、CH₄の上乗せの考え方

施設の種類	水処理N ₂ O	汚泥焼却N ₂ O	CH ₄
分類 1（汚泥焼却炉有）	標準法	高温焼却	一律
分類 2（標準法）	標準法	-	一律
分類 3（高度処理）	A20法	-	一律
分類 4（OD法）	OD法	-	一律

4.1.2 施設種類別の全国平均値

全国平均値（処理水量当たりの排出量）の算出関数は以下のとおりである。現状を表す近似線は、先行研究を踏まえ、処理水量当たり CO₂ 排出量（t -CO₂）の常用対数を被説明変数とし、日平均処理水量（m³/日）、流入 BOD（mg/L）、流入量比率（日平均処理水量/現有施設能力）の常用対数を説明変数候補として重回帰分析を行っている。

t 値の絶対値が 2 以上である変数を有意とし、有意とした変数間の相関分析により相関係数の絶対値が 0.7 以上の説明変数候補の組合せがあれば、t 値が低い方を除くこととして定式化した（回帰式の定式化の手順は参考資料 3 を参照）。

表 4-2① 全国平均値（被説明変数を処理水量当たりの排出量の常用対数とした場合）

施設の種類	全国平均値の算出関数
分類 1 （汚泥焼却炉有） ※1	①エネルギー起源二酸化炭素分 log（処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =-0.282×log（日平均処理水量[m ³ /日]）+0.846 ②N ₂ O・CH ₄ 分 （処理水量当たりの温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =0.222※3
分類 2 （標準法）	①エネルギー起源二酸化炭素分 log（処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =-0.208×log（日平均処理水量[m ³ /日]） +0.059×log（流入 BOD） -0.368×log（流入量比率）+0.092 ②N ₂ O・CH ₄ 分 log（処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =0.0645
分類 3 （高度処理）※2	①エネルギー起源二酸化炭素分 log（処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =-0.293×log（日平均処理水量[m ³ /日]）+0.811 ②N ₂ O・CH ₄ 分 （処理水量当たりの温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =0.0255
分類 4 （OD法）	①エネルギー起源二酸化炭素分 log（処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =-0.234×log（日平均処理水量[m ³ /日]） -0.302×log（流入比率）+0.258 ②N ₂ O・CH ₄ 分 （処理水量当たりの温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） =0.0645

表 4-2② 全国平均値（被説明変数を処理水量当たりの排出量とした場合）

施設の種類	全国平均値の算出関数
分類 1 (汚泥焼却炉有) ※1	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³] =10 ^{-0.282} × log10 (日平均処理水量[m ³ /日]) +0.846) ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.222 ^{※3}
分類 2 (標準法)	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³] =10 ^{-0.208} × log (日平均処理水量[m ³ /日]) +0.059 × log (流入 BOD) -0.368 × log (流入比率) +0.092) ②N ₂ O・CH ₄ 分 log (処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千 m ³]) =0.0645
分類 3 (高度処理) ※2	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³] =10 ^{-0.293} × log (日平均処理水量[m ³ /日]) +0.811) ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.0255
分類 4 (OD法)	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³] =10 ^{-0.234} × log (日平均処理水量[m ³ /日]) -0.302 × log (流入比率) +0.258) ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.0645

※1：汚泥焼却炉を有する下水処理場は分類1とするが、全国平均値の設定に当たっては高度処理施設を除いている

※2：すべての高度処理を対象とするが、全国平均値の設定に当たってはA₂O法を想定

※3：モデル設計における物質収支から処理水量当たりの標準的な発生汚泥量を(約0.082%)と設定し、N₂O・CH₄分を算出した。

4.2 目標年度(自然体ケース)の温室効果ガス排出量の推計

下水道事業の推進により、目標年度の温室効果ガス排出量がどのように変化するかを把握するため、目標年度の温室効果ガス総排出量を推計する。

推計の手順は次のとおりである。

1) 基準年度における温室効果ガス排出量原単位の算定

温室効果ガス排出量原単位＝基準年度の温室効果ガス総排出量／日平均処理水量

2) 目標年度における処理水量の把握

3) 目標年度における温室効果ガス総排出量の推計

目標年度における総排出量＝温室効果ガス排出量原単位×目標年度における処理水量
ただし、目標年度までに消化ガス発電設備の導入等設備やプロセスの変更や追加等がある場合は、それに関わる温室効果ガス排出量を、第3章を参考に推計し、上記の目標年度における総排出量に加算・削減するものとする。また、処理水量の増加に伴う温室効果ガス排出量原単位の減少等が予想される場合には、必要に応じて4.2を参考に原単位の補正を行う。

【解説】

既存の下水道計画（事業計画、全体計画等）に基づいて推計する。

推計の方法は、原単位方式を基本とするが、将来のエネルギー使用量等の設定は困難であるので、基準年度の流入水量、温室効果ガス総排出量より、温室効果ガス排出量原単位を算出して目標年度における日平均処理水量に乗じて求めるものとする。

推計値は「自然体ケース」の排出量であり、これに対する削減目標を設定することも、下水道温暖化対策推進計画策定のねらいのひとつとなる。

目標年度の温室効果ガス排出量の推定については、過年度における活動量データの内容により、実情に応じた推計方法を用いることが基本である。基本的な推計手順を示す。

1) 目標年度における温室効果ガス排出量原単位の算定

温室効果ガス排出量原単位 (t-CO₂/m³)
＝基準年度の温室効果ガス総排出量 (t-CO₂/年) ÷ 処理水量 (m³/年)

目標年度の温室効果ガス総排出量における下水道資源の有効利用による削減効果については、実情に応じて適切に評価する。

2) 目標年度における処理水量の把握

目標年度における年間の処理水量を、実績処理水量や事業計画等を踏まえ設定する。

なお、必要に応じて、合流改善策等によるしゃ集量の増加、雨天時処理水量の増加、区域内の人口減少や節水対策の推進による流入水量の減少等についても考慮する。

3) 目標年度における温室効果ガス総排出量の推計

基準年度の温室効果ガス総排出量と流入水量から求めた温室効果ガス排出量原単位に、目標年度における処理水量を乗じて、目標年度における温室効果ガス総排出量を算定する。

$$E_1 = Q_1 \text{ (m}^3/\text{日)} \times A \text{ (t-CO}_2\text{/m}^3) \times 365 \text{ 日/年}$$

ここに、 E_1 : 目標年度における総排出量 (t-CO₂/年)

Q_1 : 計画日平均処理水量 (m³/日)

A : 温室効果ガス排出量原単位 (t-CO₂/m³)

また、目標年度までに、消化ガス発電の導入など設備やプロセスの変更や追加等がある場合は、それに関わる温室効果ガス排出量を、第3章を参考に推計し、上記の目標年度における総排出量に加算・削減するものとする。また、処理水量の増加に伴う温室効果ガス排出量原単位の減少等が予想される場合には、必要に応じて5.2を参考に原単位の補正を行う。

以上の計算方法により、目標年度の温室効果ガス総排出量を推計し、図4-1に示すように総排出量の推計結果を図化して、基準年度に対する目標年度の温室効果ガス総排出量を把握する。

推計値は自然体ケースの総排出量であり、これに対する削減目標を設定することも、下水道温暖化対策推進計画策定のねらいのひとつである。

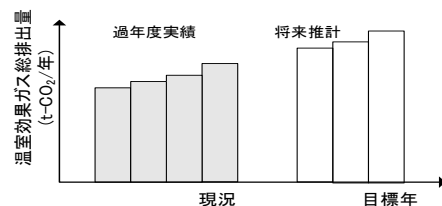


図 4-1 温室効果ガス総排出量の将来推計の結果の表示例

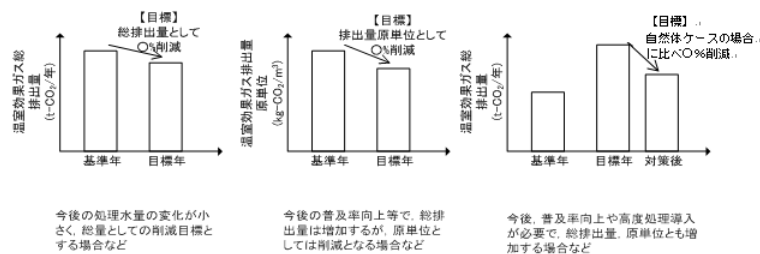


図 4-2 温室効果ガス排出量の目標設定のイメージの例

4.3 温室効果ガス排出削減効果の算出

排出抑制等指針に示されている「代表的な対策を講じた際の目安値（対策目安値）」の根拠となっている対策ごとの効果や、技術個票に記載した効果データなどを基に、温室効果ガス排出削減効果を試算し、地方公共団体実行計画などの上位計画における削減目標との整合を確認した上で、対策ケース（措置の組合せ）を導出する。

【解説】

4.3.1 代表的な対策を講じた際の対策目安値の考え方.

排出抑制等指針に示されている、代表的な対策を講じた際の対策目安値は、全国平均値と同様、以下の考え方に基づいて設定している。

- ① 処理水量当たりの温室効果ガス排出量で対策目安値を設定。
- ② 対策目安値の算定に当たっての排出量の計算方法は、温対法に基づく算定・報告・公表制度に基づく方法を基本とする。
- ③ 対策目安値は下水処理場における温室効果ガス排出量に加え、場外で有効利用される電気、ガス等の削減効果を算定する。
- ④ 代表的な対策は、「旧型多段ターボブロワと旧型散気板から、新型ターボブロワ（磁気浮上単段ターボなど）と微細気泡散気装置（メンブレンなど）への入れ替え」、「水中攪拌機から高効率攪拌機への更新」、「汚泥機械濃縮の遠心型から低動力型への更新」、「過給炉など低 N₂O 型焼却炉の導入」、「消化ガス発電の導入」を採用。
- ⑤ 処理方法により排出量が異なると想定されるため、i.汚泥焼却有、ii.標準法、iii.高度処理、iv.OD法、の4つに分類し、分類ごとに対策目安値を設定。
- ⑥ また、上記の体系的な対策の効果は、特定の規模での設定値を基に算出しているため、対策目安値が適用可能な規模は、その特定の規模の下限と上限の範囲内となる。

「旧型多段ターボブロワと旧型散気板から、新型ターボブロワ（磁気浮上単段ターボなど）と微細気泡散気装置（メンブレンなど）への入れ替え」は、省エネ型装置への入れ替えであるが、それぞれ単独で導入するよりも高い省エネ効果が期待できる。

高効率攪拌機は、攪拌機動力密度を低減することで、省エネ効果が期待できる装置である。低動力型の汚泥機械濃縮機とは、差速回転型スクリー濃縮機やベルト濃縮機を指しており、電力などのエネルギー使用量の削減効果が期待できる。過給炉など低 N₂O 型焼却炉は、従来よりも高温又は高压で燃烧することにより N₂O 排出量の削減が期待できる。消化ガス発電は、未利用ガスを発電に有効利用する技術であり、温室効果ガスの排出削減が期待できる。なお、以上の代表的な対策については、参考資料の事例集に詳細を示した。

代表的な対策については、設備更新などを含め、中期的に講じる対策を見込んだ。具体的には、現状実用化されている技術のうち、一般的に導入可能と見込まれるものを選定した（すべての処理場で導入可能とは限らない）。

その際、各技術のカatalog値（理論値）に対し、実導入した際の省エネ効果の低減を見込

んだ。また、設備の消費エネルギー量と省エネ率から、対策により処理場全体の温室効果ガス排出量に対し抑制効果が大きいものを抽出した。さらに、モデル評価の結果と実際のエネルギー起源二酸化炭素排出量の状況を比較しながら検討した。

代表的な対策を講じた際の対策目安値の設定手順は以下のとおりである。

- ① 処理場における設備毎のエネルギー消費モデルを規模別に作成し、主な設備の消費エネルギーを設定した（大規模・中規模・小規模を設定）。
- ② 設備ごとに下表のように、代表的な対策による効果のモデル値を整理した（送風機－●%など）。
- ③ ①のモデルの設備それぞれに②の省エネ効果をかけて、処理場全体での省エネ効果を算出した。
- ④ 省エネ・創エネ効果、N₂O 対策を加味し、“全国平均値”を移動して設定した。

対策目安値を設定する分類それぞれについて、大規模・中規模・小規模の処理場として以下を設定した。したがって、焼却有の対策目安値の適用範囲は、日平均処理量が4万t/日～10万t/日の処理場であり、標準法と高度処理の対策目安値の適用範囲は、1万t/日～10万t/日の処理場となる。なお、OD法は代表的な対策の適用が想定されないため、「全国平均値」と同じとした。

表 4-3 対象処理場の設定

	焼却有	標準法	高度処理	OD 法
大規模	10 万 t/日	10 万 t/日	10 万 t/日	—
中規模	4 万 t/日	4 万 t/日	4 万 t/日	—
小規模	—	1 万 t/日	1 万 t/日	—

※現有処理能力の規模

表 4-4 想定する代表的な対策

対策箇所	汚泥焼却炉有	標準法	高度処理	OD 法
送風機 + 散気板	旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ（磁気浮上単段ターボなど） +微細気泡散気装置（メンブレンなど）	—	—	—
反応槽攪拌機	—	—	水中攪拌機 →高効率攪拌機	—
汚泥機械濃縮	遠心→低動力型	—	—	—
焼却炉	低N ₂ O型焼却炉（過給炉など）	—	—	—
創エネ	消化ガス発電	—	—	—
N ₂ O 対策	低N ₂ O型焼却炉（過給炉など）	—	—	—

※これらの対策は排出抑制等指針の対策目安値を設定するための代表的な対策例であり、実際の対策は、各自治体の実績に合わせて行うこととし、また対策の効果の保

証を行う趣旨ではない。

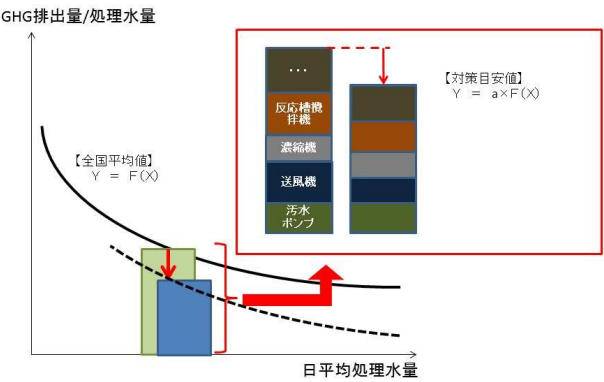


図 4-3 全国平均値と対策目安値の関係

4.3.2 施設種類別の対策目安値

施設種類別の対策目安値（処理水量当たりの排出量）の算定関数は以下のとおり。

表 4-5① 対策目安値（被説明変数を処理水量当たりの排出量の常用対数とした場合）

施設の種類	対策目安値の算定関数
分類1 （汚泥焼却炉有）※ ¹	① エネルギー起源二酸化炭素分 $\log$ （処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） = -0.466 × $\log$ （日平均処理水量[m ³ /日]） + 1.585 ② N ₂ O・CH ₄ 分 （処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） = 0.117※ ³
分類2 （標準法）	① エネルギー起源二酸化炭素分 $\log$ （処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） = -0.472 × $\log$ （日平均処理水量[m ³ /日]） + 0.134 × $\log$ （流入 BOD） - 0.835 × $\log$ （流入量比率） + 0.565 ② N ₂ O・CH ₄ 分 （処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） = 0.0645
分類3 （高度処理）※ ²	① エネルギー起源二酸化炭素分 $\log_{10}$ （処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千 m ³]） = -0.519 × $\log$ （日平均処理水量[m ³ /日]） + 1.659 ② N ₂ O・CH ₄ 分 （処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千 m ³]）

	=0.0255
分類4 (OD法)	① エネルギー起源二酸化炭素分 $\log_{10}$ (処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³]) $= -0.234 \times \log$ (日平均処理水量[m ³ /日]) $-0.302 \times \log$ (流入比率) +0.258 ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.0645

表 4-5② 対策目安値（被説明変数を処理水量当たりの排出量とした場合）

施設の種類	対策目安値の算定関数
分類1 (汚泥焼却炉有) ※ ¹	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³] $= 10^{\{-0.466 \times \log$ (日平均処理水量[m ³ /日]) +1.585} ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.117※ ³
分類2 (標準法)	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³] $= 10^{\{-0.472 \times \log$ (日平均処理水量[m ³ /日]) $+0.134 \times \log$ (流入BOD) $-0.835 \times \log$ (流入量比率) +0.565} ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.0645
分類3 (高度処理) ※ ²	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³] $= 10^{\{-0.519 \times \log$ (日平均処理水量[m ³ /日]) +1.659} ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.0255
分類4 (OD法)	①エネルギー起源二酸化炭素分 処理水量当たり温室効果ガス排出量[t-CO ₂ /千m ³] $= 10^{\{-0.234 \times \log$ (日平均処理水量[m ³ /日]) $-0.302 \times \log$ (流入比率) +0.258} ②N ₂ O・CH ₄ 分 (処理水量当たりの排出量[t-CO ₂ /千m ³]) =0.0645

※1：汚泥焼却炉を有する下水処理場は分類1とし、対策目安値の設定に当たっては高度処理施設を除いている

※2：すべての高度処理を対象とし、対策目安値の設定に当たってはA₂O法を想定

※3：モデル設計における物質収支から処理水量当たりの標準的な発生汚泥量を(約0.082%)と設定し、N₂O・CH₄分を算出した。

4.3.3 対策目安値の根拠

対策目安値は、その対策を講じる前の温室効果ガス排出量からの削減量で設定した。以下にその根拠を示す。

1)対象処理場の設定

対策目安値を設定する分類それぞれについて、大規模・中規模・小規模の処理場として以下を設定した。ただし、OD法は代表的な対策の適用が想定されないため、「全国平均値」と同じとした。

表 4-6 対象処理場の設定

	焼却有	標準法	高度処理	OD法
大規模	10万t/日	10万t/日	10万t/日	—
中規模	4万t/日	4万t/日	4万t/日	—
小規模	—	1万t/日	1万t/日	—

※現有処理能力の規模

2)対策を講じる前の温室効果ガス排出量の設定

対策を講じる前の温室効果ガス排出量は、「全国平均値」(4.1.2参照)から処理場全体のCO₂排出量を算出した。算出時の設定パラメータは以下の通りである。

表 4-7 対策を講じる前の温室効果ガス排出量算出時のパラメータ

流入BOD	190 mg/L
現有能力に対する実処理水量比	0.85

(注)「現有能力に対する実処理水量比」とは、計画日平均汚水量に対する日平均汚水処理処理量実績の比率である。

また、既往の先行研究におけるモデル設計を参考に、個々の機器のCO₂排出量(エネルギー消費量)を設定した(焼却炉については下水道統計から分析)。「全国平均値」に基づいて算出した処理場全体のCO₂排出量と、個々の機器のCO₂排出量の積み上げの差は、「その他の設備」として整理した。

3)代表的な対策の効果の設定

実導入した際の省エネ効果の低減を見込み、代表的な対策の効果(省エネ率等)を設定した。これにより、代表的な対策を講じた後の処理場全体の温室効果ガス排出量を算出した。下表に、代表的な対策ごとの効果(省エネ率等)の考え方を示す。

表 4-8 代表的な対策ごとの効果（省エネ率等）の考え方

対策	効果（省エネ率等）の考え方
①旧型多段ターボブロワ +旧型散気板→新型ターボブロワ（磁気浮上単段ターボなど）+微細気泡散気装置（メンブレンなど）	・導入事例調査結果を参考に、実導入した際の省エネ効果の低減を見込む
②水中攪拌機→高効率攪拌機	・導入事例調査結果を参考に効果を見込む
③汚泥機械濃縮 遠心→低動力型	・「下水道における地球温暖化対策推進計画策定の手引き」に記載された効果を参考に、実導入した際の省エネ効果の低減を見込む
④低 N ₂ O 型焼却炉（過給炉など）	・導入事例調査結果を参考に、中負荷程度での運転時の効果を見込む
⑤消化ガス発電の導入	・汚泥中の有機分を 85%、消化率 50%、消化ガス発生量の 85% 程度を発電に用いるとして算出 ・消化槽攪拌機の導入によるエネルギー消費の増加については、省エネ型攪拌機を想定し、カタログ値を参考に、実導入した際の省エネ効果の低減を見込む ・消化方式導入による送風機の負荷増加は、モデル設計による物質収支から算出 ・消化方式導入による脱水機のエネルギー消費の削減については、モデル設計による物質収支を参考に、実導入した際の省エネ効果の低減を見込む ・消化槽導入による焼却炉の補助燃料増加については、下水道統計から分析

（注）各技術の導入事例調査結果は、参考資料の「温室効果ガス排出抑制対策の解説資料」を参照。

次頁以降に、3つの分類ごとに、代表的な対策を講ずることによる削減量・削減効果の算定結果を示す。

表 4-9 代表的な対策を講ずることによる削減量の算定【汚泥焼却炉有】

処理能力	対策箇所	消費電力量 (千kWh/年)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	代表的な対策	対策の 効果 (%)	対策後の 消費電力量 (千kWh/年)	対策後の CO ₂ 量 (t-CO ₂ /年)
中規模 (40,000m ³ /日)	送風設備	1,724	948	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	25	1,293	711
				⑤消化導入による風量増加		39	21
	機械濃縮設備	494	272	③遠心→低動力型	27	361	199
	汚泥脱水設備	87	48	⑤消化導入による汚泥削減	16	73	40
	消化ガス発電	0	0	⑤消化ガス発電の導入(発電分)		-1,413	-777
		0	0	⑤消化槽攪拌機等の新設		150	83
	汚泥焼却炉	※	※	⑤消化導入による補助燃料増加		187	103
	その他設備	6,042	3,323			6,042	3,323
大規模 (100,000m ³ /日)	合計	8,347	4,591			6,732	3,703
	合計削減率						19
	送風設備	4,423	2,433	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	25	3,317	1,824
				⑤消化導入による風量増加		100	55
	機械濃縮設備	1,226	674	③遠心→低動力型	35	801	441
	汚泥脱水設備	212	117	⑤消化導入による汚泥削減	16	178	98
	消化ガス発電	0	0	⑤消化ガス発電の導入(発電分)		-3,469	-1,908
		0	0	⑤消化槽攪拌機等の新設		365	201
大規模 (100,000m ³ /日)	汚泥焼却炉	5,251	2,888	④低N ₂ O型焼却炉の導入	29	3,728	2,051
				⑤消化導入による補助燃料増加		961	529
	その他設備	5,004	2,752			5,004	2,752
	合計	16,116	8,864			10,985	6,042
	合計削減率						32

※対策を講ずる前の中規模処理場における「汚泥焼却炉」は「その他設備」の包含

表 4-10 代表的な対策を講ずることによる削減量の算定【標準法】

処理能力	対策箇所	消費電力量 (千kWh/年)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	代表的な対策	対策の 効果 (%)	対策後の 消費電力量 (千kWh/年)	対策後の CO ₂ 量 (t-CO ₂ /年)
小規模 (10,000m ³ /日)	送風設備	468	257	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	15	398	219
	機械濃縮設備	120	66	③遠心→低動力型	12	105	58
	その他設備	948	522			948	522
	合計	1,536	845			1,451	798
	合計削減率						6
中規模 (40,000m ³ /日)	送風設備	1,724	948	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	25	1,293	711
				⑤消化導入による風量増加		39	21
	機械濃縮設備	494	272	③遠心→低動力型	27	361	199
	汚泥脱水設備	87	48	⑤消化導入による汚泥削減	16	73	40
	消化ガス発電	0	0	⑤消化ガス発電の導入(発電分)		-1,413	-777
		0	0	⑤消化槽攪拌機等の新設		150	83
	その他設備	2,301	1,265			2,301	1,265
	合計	4,606	2,533			2,804	1,542
大規模 (100,000m ³ /日)	合計削減率						39
	送風設備	4,423	2,433	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	25	3,317	1,824
				⑤消化導入による風量増加		100	55
	機械濃縮設備	1,226	674	③遠心→低動力型	35	801	441
	汚泥脱水設備	212	117	⑤消化導入による汚泥削減	16	178	98
	消化ガス発電	0	0	⑤消化ガス発電の導入(発電分)		-3,469	-1,908
		0	0	⑤消化槽攪拌機等の新設		365	201
	その他設備	3,655	2,010			3,655	2,010
大規模 (100,000m ³ /日)	合計	9,516	5,234			4,947	2,721
	合計削減率						48

表 4-11 代表的な対策を講ずることによる削減量の算定【高度処理法】

処理能力	対策箇所	消費電力量 (千kWh/年)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	代表的な対策	対策の 効果 (%)	対策後の 消費電力量 (千kWh/年)	対策後の CO ₂ 量 (t-CO ₂ /年)
小規模 (10,000m ³ /日)	送風設備	562	309	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	13	489	269
	反応槽攪拌機	174	96	②水中攪拌機→高効率攪拌機	82	32	18
	機械濃縮設備	120	66	③遠心→低動力型	12	105	58
	その他設備	1,721	946			1,721	946
	合計	2,576	1,417			2,347	1,291
	合計削減率						9
中規模 (40,000m ³ /日)	送風設備	2,069	1,138	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	25	1,552	853
				⑤消化導入による風量増加		93	51
	反応槽攪拌機	656	361	②水中攪拌機→高効率攪拌機	81	122	67
	機械濃縮設備	494	272	③遠心→低動力型	27	361	199
	汚泥脱水設備	87	48	⑤消化導入による汚泥削減	16	73	40
	消化ガス発電	0	0	⑤消化ガス発電の導入(発電分)		-1,413	-777
		0	0	⑤消化槽攪拌機等の新設		150	83
	その他設備	3,560	1,958			3,560	1,958
	合計	6,866	3,776			4,498	2,474
	合計削減率						34
大規模 (100,000m ³ /日)	送風設備	5,308	2,919	①旧型多段ターボブロワ+旧型散気板 →新型ターボブロワ+微細気泡散気装置	25	3,981	2,189
				⑤消化導入による風量増加		239	131
	反応槽攪拌機	1,669	918	②水中攪拌機→高効率攪拌機	81	309	170
	機械濃縮設備	1,226	674	③遠心→低動力型	35	801	441
	汚泥脱水設備	212	117	⑤消化導入による汚泥削減	16	178	98
	消化ガス発電	0	0	⑤消化ガス発電の導入(発電分)		-3,469	-1,908
		0	0	⑤消化槽攪拌機等の新設		365	201
	その他設備	4,708	2,590			4,708	2,590
	合計	13,123	7,218			7,112	3,912
	合計削減率						46

表 4-12 モデル評価による代表的対策を実施した際の効果

区分		CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	対策後のCO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	削減効果 (t-CO ₂ /年)	削減率 (%)
(i) 焼却有り	中規模(40,000m ³ /日)	4,591	3,703	888	19
	大規模(100,000m ³ /日)	8,864	6,042	2,822	32
(ii) 標準法	小規模(10,000m ³ /日)	845	798	47	6
	中規模(40,000m ³ /日)	2,533	1,542	991	39
	大規模(100,000m ³ /日)	5,234	2,721	2,513	48
(iii) 高度処理	小規模(10,000m ³ /日)	1,417	1,291	126	9
	中規模(40,000m ³ /日)	3,776	2,474	1,302	34
	大規模(100,000m ³ /日)	7,218	3,912	3,306	46

※標準法：標準活性汚泥法

4)対策目安値の設定

以上で算出した、代表的な対策を講じる前と後の温室効果ガス排出量のモデル分析から、近似式を算出した。

$$\log(\text{CO}_2') = \alpha \times \log(\text{CO}_2) + \beta$$

CO₂' : 代表的な対策を講じた後の処理水量当たり CO₂ 排出量
CO₂ : 代表的な対策を講じる前の処理水量当たり CO₂ 排出量

全国平均値を

$$\log(\text{CO}_2) = a \times \log(Q) + b$$

Q : 日平均処理水量

で表していることから、

$$\begin{aligned} \log(\text{CO}_2') &= \alpha \times (a \times \log(Q) + b) + \beta \\ &= \alpha \times a \times \log(Q) + \alpha \times b + \beta \end{aligned}$$

として、対策目安値を設定した。

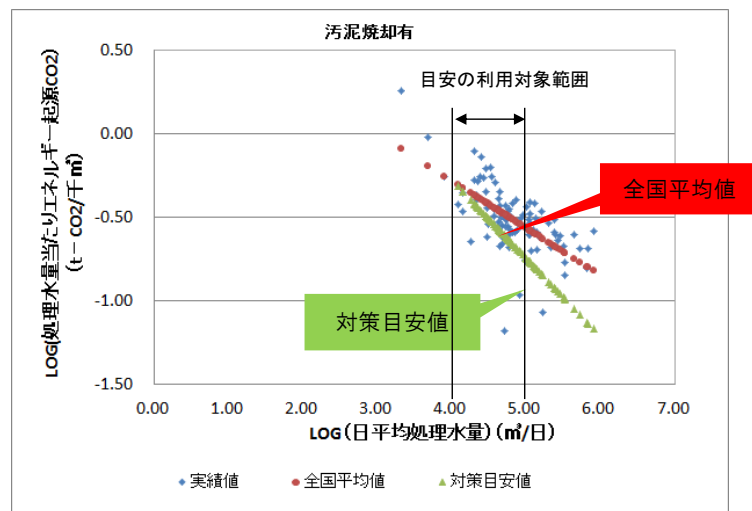
ただし、モデル分析が小規模でも1万t/日であることと、上記のように、全国平均値の関数に係数を乗じる近似を行っていることから、一定規模以下では全国平均値との大小の逆転が生じる。そのため、全国平均値との逆転が生じない一定規模以上での目安と位置づける。

また、下水処理や下水汚泥の焼却に伴うN₂O、CH₄の排出係数は、基本的に全国平均値の算出時に用いた係数を用いるが、汚泥処理工程（汚泥焼却炉有）からのN₂O・CH₄排出係数は、導入事例調査結果を基に、以下の値を採用した。

表 4-13 代表的な対策を講じた場合の汚泥処理工程（汚泥焼却炉有）からのN₂O排出係数

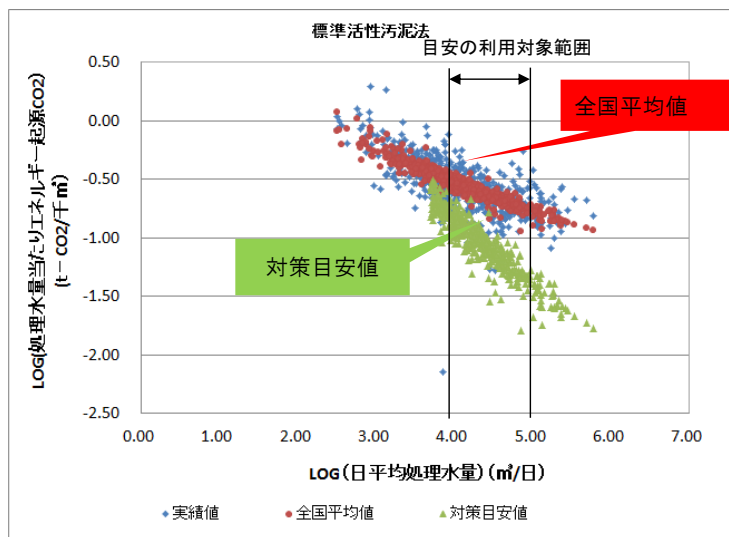
目安	排出係数
全国平均値	645[gN ₂ O/t-wet] 高温燃焼（約850℃）
対策目安値	214[gN ₂ O/t-wet] 過給炉

以下に、施設の分類ごとに、実績値と全国平均値および対策目安値の分布を示す。



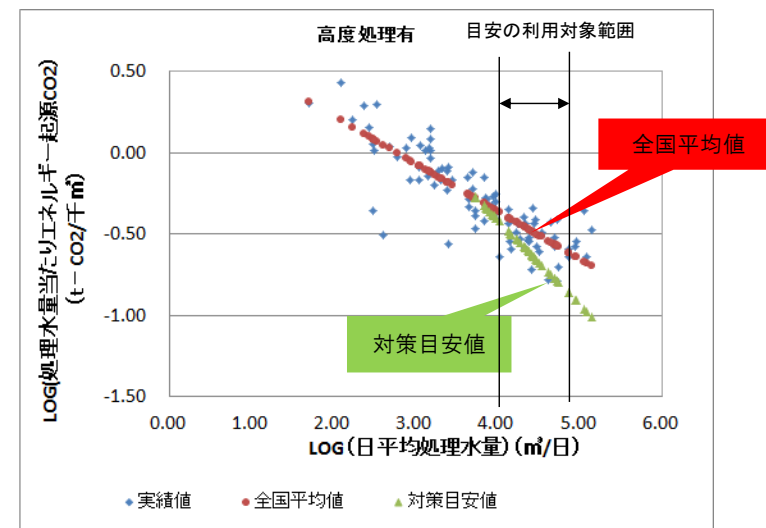
注) 対策目安値が利用できる下水処理場の対象規模は、1 万 m³/日以上～10 万 m³/日以下とする。

図 4-4 実績値と全国平均値、対策目安値の分布 ((i) 汚泥焼却有)



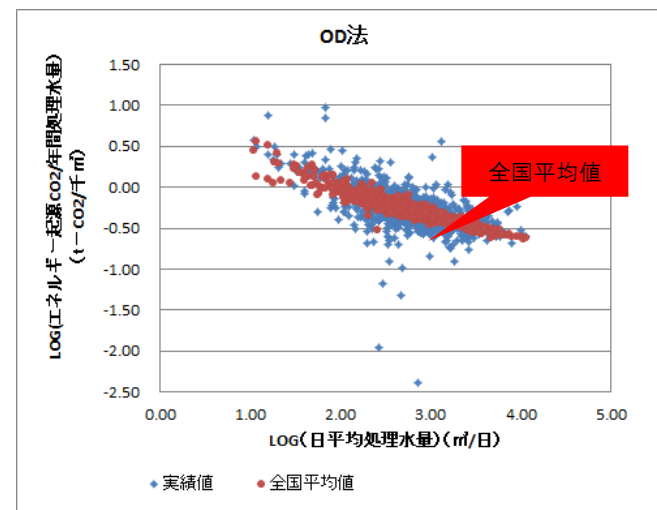
注) 対策目安値が利用できる下水処理場の対象規模は、1 万 m³/日以上～10 万 m³/日以下とする。

図 4-5 実績値と全国平均値、対策目安値の分布 ((ii) 標準活性汚泥法)



注) 対策目安値が利用できる下水処理場の対象規模は、1 万 m³/日以上～10 万 m³/日以下とする。

図 4-6 実績値と全国平均値、対策目安値の分布 ((iii) 高度処理有)



注) 画一的な対策の適用が想定されないため、対策目安値は設定していないが、適用可能な温暖化対策がないという趣旨ではない。

図 4-7 実績値と全国平均値 ((iv) オキシデーションディッチ (OD) 法)

第5章 温室効果ガス排出抑制対策

5.1 温室効果ガス排出抑制対策の着眼点

排出抑制対策の立案に当たっては、機器の高効率化に加え、下水処理プロセス全体の計画やより高効率な技術システムの導入等も検討し、設備の更新等を踏まえ中長期的な視点に立ち検討するとともに、各処理工程からの排出量等の情報を踏まえた上で効率的な排出抑制施策の立案を行うことが重要である。

【解説】

下水道からの温室効果ガスの排出は、下水処理のプロセスそのものの選択（高度処理を導入するか、汚泥の消化や固形燃料化を導入するか、など）や、各工程で採用される技術の選択（省エネ型焼却炉の導入など）、各機器の選択（高効率モーターの導入など）、さらにそれらの運用上の工夫等により影響を受ける。各施設・設備の寿命は長期にわたることから、処理場のストックマネジメントの計画等も踏まえた中長期的な視点から対策を立案することが必要であるとともに、一方で更新時期のきた設備の高効率化や使用方法の改善など、できることから行動に移していくことも重要である。また、その取組については、実施状況及びその効果を把握・検証し、効果的な取組の継続と改善を図ることが望ましい。

平成 24 年度における下水道部門の温室効果ガス排出量は 627 万 t-CO₂ であり、我が国全体の温室効果ガス排出量の約 0.5% を占めている。下水道の普及に伴い活動量（処理水量）は平成 17 年度から平成 24 年度の間に約 5% 増加している一方、下水道からの温室効果ガス排出量は、約 7% 減少している。温室効果ガス排出量（CO₂ 換算）の内訳は、処理場における電力消費に伴う CO₂ 排出量が 56%、汚泥焼却に伴う N₂O 排出量が 20% である。

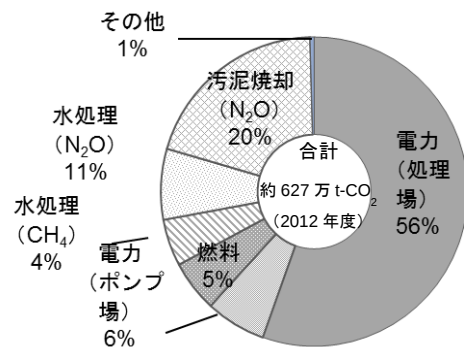


図 5-1 下水道部門の温室効果ガス排出実態（CO₂ 換算）

（出所）国土交通省資料

下図は、下水処理場におけるエネルギー消費量の状況を示したものである。機器別では、送風機が約 60% を占めている。

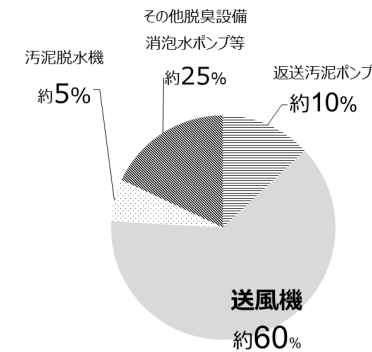


図 5-2 下水処理場のエネルギー消費状況【機器別】

（出所）平成 21 年度下水道統計の全国の処理場のエネルギー消費量を原油換算した値から計算

（公財）日本下水道新技術機構、活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料（2014）

処理場内でのエネルギー消費量を原油換算して比較した場合、図 5-3 に示すように、重油、灯油などの化石燃料やガスは少なく、そのほとんどが電力であり、約 93% を占めている。また、処理場内でのエネルギー消費量を、下水道統計に示されている 4 つの施設（管理、ポンプ、水処理、汚泥処理）で分類した場合、図 5-4 に示すように、汚泥処理施設で使用されているエネルギーは約 28% を占める。

●全国の下処理場を対象とした場合

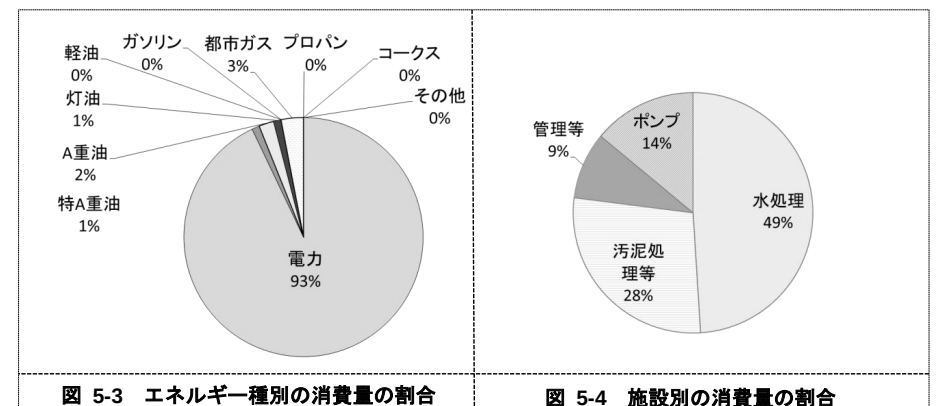


図 5-3 エネルギー種別の消費量の割合

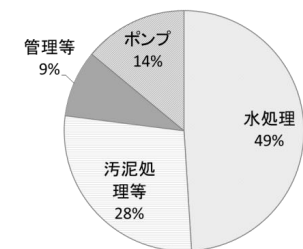
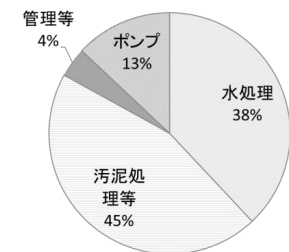
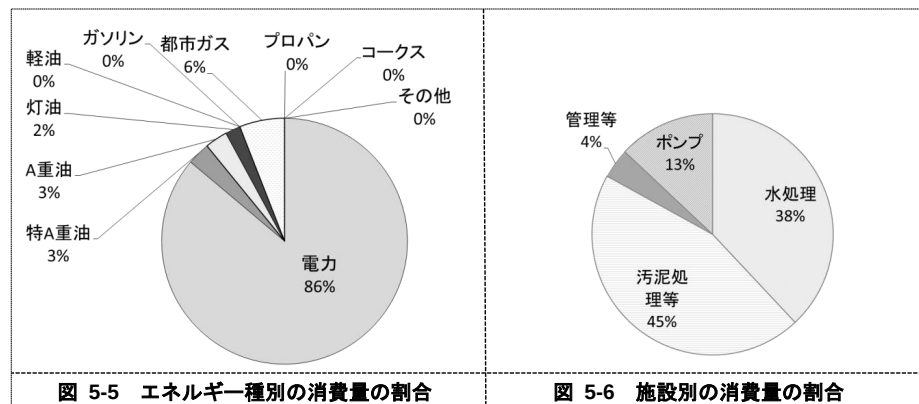


図 5-4 施設別の消費量の割合

「焼却」を有する処理場数は、全下水処理場のうち6%程度を占める（「平成24年度版 下水道統計」より）。「焼却」を有する処理場のみを対象とした場合、以下の傾向が見られる。

- ・エネルギー種別の消費割合は、重油、灯油などの化石燃料やガスの割合が増加し、電力の割合は、全下水処理場を対象とした場合の93%に対して若干減少している。
- ・施設別のエネルギー消費割合は、汚泥処理が水処理を超えて概ね1/2を占めている。

●「焼却」を有する下水処理場のみを対象とした場合



5.2 温室効果ガス排出抑制対策メニュー

排出抑制等指針では、温室効果ガス排出抑制対策メニューとして、体制整備、温室効果ガス排出量等の把握、PDCAの実施等の「ソフト対策」や、エネルギー消費効率の高いボイラーの導入等の設備選択、燃焼設備の空気比の適正化等の設備の使用方法的「ハードに関する対策」を示している。

【解説】

以下に、温室効果ガス排出抑制対策メニューとして、ソフト対策やハードに関する対策を示す。

5.2.1 温室効果ガスの排出の抑制等の適切かつ有効な実施に係る取組

排出抑制等指針に掲げられた温室効果ガス排出抑制のための横断的事項を以下に示す。

- ① 温室効果ガスの排出の削減等に関する体制を整備するとともに、職員に対し、温室効果ガスの排出の削減等を推進することの重要性について周知徹底する
- ② 温室効果ガスの排出の量並びに事業の用に供する設備の設置、運転等の状況を適切に把握する
- ③ 文献、データベースを活用する等、情報を収集し、整理を行う
- ④ 設備の選択及び使用方法について、将来的な見通し、計画性を持って適切に行う、実施状況及びその効果を把握する、設備の選択及び使用方法について再検討し、効果的な取組を継続的に実施する（PDCAサイクルの実施）
- ⑤ 下水・汚泥処理が複数機器の複合システムであることを勘案して最適な取組の組み合わせを検討する
- ⑥ 地方公共団体の事務事業全体を対象とする地方公共団体実行計画（事務事業編）と整合する取組を実施するとともに、関係部局との調整を図る。

特に⑤については、下水道事業特有のものであり、例えば、水処理施設における省エネ型送風機である磁気浮上単段ブロアと省エネ型散気装置であるメンブレン式散気装置は、組み合わせることにより、各技術を単独で導入するよりも高い省エネ効果が期待できる（参考資料参照）。

5.2.2 温室効果ガスの排出の削減等に資する設備の選択

温室効果ガス排出抑制等指針第四（2）①においては、以下の通り規定されている。

下水道管理者は、下水道部門活動における事業の用に供する設備について、温室効果ガスの排出の抑制等に資するものを選択するよう努めること

表 5-1 に処理工程・設備の区分ごとに排出抑制等に資する技術等を示した（温室効果ガス排出抑制等指針第四（2）②参照）。これらの設備の選択については、下記視点を踏まえ検討・措置を講ずることが望ましい。

- －設備の耐用年数を考慮し、設置、改築又は修繕等の状況に適した技術・設備の選択
- －下水処理場の統合による設備の効率化
- －ESCO 事業者等の積極的活用によるエネルギー消費効率の改善
- －地域における複数の事業者によるエネルギーの面的な利用

設備の選択の際に、検討される設備・事項について、参考資料 1 にその設備・事項及び、解説を示す。

なお、表 5-1 は、省エネ法に基づく「特定事業者のうち上水道業、下水道業及び廃棄物処理業に属する事業の用に供する工場等を設置しているものによる中長期的な計画の作成のための指針」に掲げられた対策に加え、技術動向を踏まえ、近年公的機関による評価を受けた技術（赤字の対策）を加えたものである。公的機関による評価を受けた技術とは、具体的には、地方共同法人 日本下水道事業団、公益財団法人日本下水道新技術機構において平成 18 年度以降の共同研究、技術認定が行われたものを対象としている。

5.2.3 温室効果ガスの排出の削減に資する設備の使用法

下水道事業者は、下水道部門における設備について、できる限り温室効果ガスの排出の量を少なくする方法で使用するよう努める。

特に温室効果ガス排出抑制等指針第四（２）①に示す設備ごとに、その使用方法については、早期に、当該設備の区分に応じ、措置を講ずることが望ましい。また、地域における複数の事業者によるエネルギーの面的な利用、ESCO 事業者等を活用したエネルギー消費効率の改善についても検討することが望ましい。

表 5-1 下水道部門における温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択・使用方法

（省エネ法における「特定事業者のうち上水道業、下水道業及び廃棄物処理業に属する事業の用に供する工場等を設置しているものによる中長期的な計画の作成のための指針」に公的機関による評価を受けた技術（赤字）を追加）

対策技術		実施率	解説
実施率：★★★：80%以上 ★★：40 パーセント以上 80%未満 ★：30 パーセント以上 50 パーセント未満			
(1) 温室効果ガスの排出の削減等の適切かつ有効な実施に係る取組			
① 温室効果ガスの排出の削減等に関する体制を整備するとともに、職員に対し、温室効果ガスの排出の削減等を推進することの重要性について周知徹底すること。	② 下水道部門活動における事業の用に供する設備の選択及び使用方法に係る温室効果ガスの排出の量並びに事業の用に供する設備の設置、運転等の状況を適切に把握すること。		
	③ 下水道部門活動における事業の用に供する設備の選択及び使用方法に関し、例えば、文献・データベースを活用する等、情報収集し、整理を行うこと。		
	④ 下水道部門活動における事業の用に供する設備の選択及び使用方法について、将来的な見通し、計画性を持って適切に行うこと。		
	⑤ ④の実施状況及びその効果を把握すること。		
	⑥ ⑤を踏まえ、下水道部門活動における事業の用に供する設備の選択及び使用方法について再検討し、効果的な取組を継続的に実施すること。		
	⑦ ⑥において、下水の排除及び処理が複数機器・設備の複合システムであることを勘案して最適な取組の組み合わせを検討すること。		
(2) 温室効果ガスの排出の削減等に係る措置			
①温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択			
ア 前処理・揚水工程における設備	・沈砂池設備、主ポンプ設備における高効率揚砂装置の導入		①・②
	・主ポンプ設備における台数制御システム・高水位運転制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
	・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入		
	・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★	
イ 水処理工程における設備	a 最初沈殿池設備		
	・樹脂製等軽量チェーンの導入その他の必要な措置	★	③
	b 反応タンク設備		
	・流入水量比例制御システム・MLSS(ばっ気槽混合液中の活性汚泥浮遊物)制御システム・DO(溶存酸素量)制御システム・ORP(酸化還元電位)制御システムの導入	★★	
	・微細気泡散気装置等の導入による酸素移動効率の向上、微細気泡散気装置と送風機の組合せによる送風量の適正化	★	④⑥
	・ターボブロワにおける台数制御システム・インレットペーンによる風量制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
	・ルーツブロワの台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★	
	・高効率反応タンク攪拌機の導入、高効率ばっ気機の導入、水中攪拌機・ばっ気機のインバーター等による回転数制御システムの導入	★	⑦
	・高効率ブロワの導入、エネルギー消費効率の高い電動機の導入		⑧
	・ブロワの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置		

対策技術				実施率	解説
実施率:★★★:80%以上 ★★:40パーセント以上 80%未満 ★:30パーセント以上 50パーセント未満					
	c 最終沈殿池設備	・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★		
		・樹脂製等軽量チェーンの導入	★		
		・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入			
		・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★		
		d 高度処理設備			
		・水中攪拌機のインバーター等による回転数制御システムの導入	★		
		・ 高効率反応タンク攪拌機の導入		⑦	
		・硝化液循環ポンプにおける流量制御システム・台数制御システム・回転数制御システムの導入、エアリフトポンプの導入	★★	⑨	
		・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★		
		・ アナモックス反応による高効率窒素除去技術の導入		⑩	
		・ 高度センサー制御システムの導入その他の必要な措置		⑤	
	ウ 汚泥処理工程における設備				
	a 汚泥輸送設備	・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★		
		・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入			
		・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★		
	b 汚泥濃縮設備	・固形物回収率の向上のための機械濃縮の導入	★	⑫	
		・汚泥性状を踏まえたエネルギー消費効率の高い機械濃縮機の導入による濃縮動力の低減その他の必要な措置		⑪	
	c 汚泥消化設備				
		・汚泥消化タンクの断熱強化			
		・機械攪拌式の導入による汚泥消化タンク攪拌機の動力低減		⑬	
		・蒸気・温水配管等の加温設備の断熱強化			
	d 汚泥脱水設備	・加温ボイラー・温水ヒーターにおける自動制御システムの導入その他の必要な措置	★		
		・後続プロセスを踏まえた低含水率脱水設備の導入	★★	⑭	
		・処理工程における機種特性を勘案した機械脱水装置の導入による動力低減	★★	⑮	
	エ 汚泥焼却工程における設備	・固形物回収率の高い汚泥脱水設備の導入による返流水中の固形物分の低減その他の必要な措置			
		・汚泥焼却設備における脱水汚泥発生量に応じた汚泥焼却炉の規模の適正化	★★		
		・燃焼用空予熱・汚泥予備乾燥等のための熱回収設備の導入			
		・汚泥廃熱を白煙防止空気を加熱に活用するための設備の導入又は周辺環境を考慮した白煙防止装置の廃止			
		・汚泥焼却炉の断熱強化	★		
		・流動焼却炉の熱媒体の漏えいの防止	★		
		・汚泥の発熱量・含水率に合わせた燃焼用空気量の調整・温度管理のための自動制御システムの導入	★★	⑯	
		・流動ブロワ・誘引ファンにおける回転数制御システムの導入	★★		
		・汚泥サイロへの汚泥搬送の動力低減	★★		
		・低動力型流動ブロワ等導入による動力低減	★★		
		・電動機のインバーター等による回転数制御システムの導入			
		・燃焼温度の高温化			
		・ 一酸化二窒素の排出量が少ない焼却炉への更新その他の必要な措置		⑰	
	オ 総合管理のための設備				
		・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入			
		・省エネ型の監視制御設備の導入その他の必要な措置			

対策技術				実施率	解説
実施率:★★★:80%以上 ★★:40パーセント以上 80%未満 ★:30パーセント以上 50パーセント未満					
	カ 未利用エネルギーの活用(資源化設備)				
		a 下水熱利用設備			
		・下水の温度差エネルギーの利用とその他の必要な措置		⑮	
		b 消化ガス有効利用設備			
		・消化ガス発電システムの導入	★	⑮	
		・下水汚泥及び生ごみ等地域のバイオマスの混合消化による消化ガスの増量		⑳	
		・消化ガスの焼却炉補助燃料への利用			
		・消化ガスの空調設備熱源への利用			
		・燃料電池用燃料製造・都市ガス精製等その他の消化ガス有効利用設備の導入その他の必要な措置			
		c 下水汚泥固形燃料化設備			
		・ 下水汚泥固形燃料化設備の導入その他の必要な措置		㉔	
	d 焼却炉廃熱有効利用設備				
		・焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機		㉗	
		・バイナリー発電機の導入		㉘	
		・焼却炉廃熱の利用による消化タンク加温・温水供給			
	e 水圧の有効利用設備	・焼却炉廃熱の空調設備熱源への利用その他の必要な措置			
		・水落差エネルギー活用設備の導入その他の必要な措置		㉙	
	キ アからカまでに掲げる設備以外のもの				
		アからカまでに掲げる措置のうち適用可能な措置			
	② 温室効果ガスの排出の抑制等に資する使用方法				
	ア 前処理・揚水工程における設備				
		・沈砂池設備・主ポンプ設備における計時装置(タイマー)の使用・水位差検出・主ポンプ連動等によるスクリーン設備の間欠運転	★★★		
		・揚砂設備の間欠運転	★★		
		・流入水量に応じた池数制御	★		
	イ 水処理工程における設備	・管渠・調整池を利用した主ポンプ揚水量の平準化その他の必要な措置	★		
		a 最初沈殿池設備			
		・流入水量に応じた池数制御	★		
	b 反応タンク設備	・計時装置(タイマー)の使用・汚泥界面の計測等による掻寄せ機の間欠運転			
		・計時装置(タイマー)の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による汚泥引き抜きポンプの間欠運転	★★		
		・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★		
	c 最終沈殿池設備	・散気装置の目詰まり防止対策による圧力損失の低減及び酸素溶解効率の回復	★		
		・水中攪拌機・ばっ気機の間欠運転	★		
		・間欠散水等による消泡水量の適正化その他の必要な措置			
	d 高度処理設備	・計時装置(タイマー)の使用・汚泥界面の計測等による掻寄せ機の間欠運転			
		・計時装置(タイマー)の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による余剰汚泥ポンプの間欠運転	★★★		
		・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★		
	ウ 汚泥処理工程における設備				

対策技術				実施率	解説
実施率：★★★：80%以上 ★★：40 パーセント以上 80%未満 ★：30 パーセント以上 50 パーセント未満					
			a 汚泥消化設備		
			・汚泥消化タンクに投入する汚泥濃度の適切な管理	★★	
			・汚泥の温度の適切な管理	★★	
			・利用価値のある蒸気・温水の有効利用その他の必要な措置	★	
			b 汚泥脱水設備		
			・汚泥脱水機に供給する汚泥濃度の適切な管理	★★	
			・搬送装置を含む脱水機系列の制御	★	
			・洗浄水量の低減その他の必要な措置	★	
			エ 汚泥焼却工程における設備		
			・汚泥焼却設備における焼却炉の適正負荷率での運転	★★	
			・焼却炉に投入する汚泥性状の調整による補助燃料の低減・自然時間の拡大	★★	
			・白煙防止装置の腐熱利用等による効率的運用又は停止	★	
			・排ガス処理水量の低減その他の必要な措置		
			オ 総合管理のための設備		
			a 水処理運転システム		
			・処理水質とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な水処理施設の運転その他の必要な措置	★	
			b 汚泥処理運転システム		
			・排出汚泥性状とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な汚泥処理施設の運転その他の必要な措置		
			カ その他の主要エネルギー消費設備（その他設備）		
			・脱臭設備における脱臭空気量の低減のための臭気発生源の拡散防止・発生臭気の漏えい防止・発生臭気と一般換気との分離	★	
			・季節・時間帯等に応じたファンの間欠運転その他の必要な措置	★	
			キ アからカまでに掲げる設備以外のもの		
			アからカまでに掲げる装置のうち適用可能な措置		

第6章 下水道温暖化対策推進計画の推進

6.1 下水道温暖化対策推進計画の策定と実施

下水道温暖化対策推進計画の内容について検討した結果を計画書としてとりまとめ、PDCA サイクルによる適切な実施・運用を行うことで、温暖化防止に寄与する。

【解説】

策定された下水道温暖化対策推進計画は全職員に確実に実施・運用してもらう必要があり、誰が・どのような役割を担って・どのように計画を実施・運用していくのかを検討するとともに、下水道温暖化対策推進計画を推進するための体制を整備する必要がある。

下水道事業においては、施設の規模により、省エネ法の一種あるいは二種指定工場と指定されている場合もあり、その場合の管理者との連携体制あるいは同一体制での取組など行うことが望ましい。いずれにしても、全体の推進責任者や個別の推進員の役割を明らかにしておくことが必要である。

また、効果的に運用が図られるよう、必要に応じて、運用にあたっての手引き等を整備することも有効である。特に、下水道事業の場合、庁舎と複数の処理場が存在するなど、所在地がそれぞれ離れていることも多く、その連携体制・推進体制については、十分に検討を行う必要がある。

なお、温室効果ガス削減（下水道事業におけるエネルギー消費量の削減、有効利用等による社会全体としての効果）の促進のためには、民間企業における技術開発や有効利用需要者との協力体制が必要である。協力体制を構築・維持し、様々な情報公開により、さらなる技術開発も期待される。

6.2 下水道温暖化対策推進計画の点検と評価

取組が適切に行われ、目標が達成されているかどうか点検・評価する。点検・評価にあたっては、個別の取組の状況を把握するとともに、排出量がどのように推移しているかを把握できるように行う。

【解説】

①点検の方法

点検の実施には、以下の2つの手法が考えられる。

取組の状況などを定性的に把握する

下水道温暖化対策推進計画に挙げた全ての取組項目について、その実施の有無を把握する。また、それぞれの効果について、定性的な評価を行う。

目標の達成状況などを定量的に把握する

下水道における温室効果ガス排出量を定期的に算定し、施設・プロセス単位での

排出量及び排出量原単位の経年変化を把握し、個別あるいは全体としての温室効果ガス削減実施状況の評価を行う。

②点検後の評価

点検結果のみでは、評価を行うための情報が十分ではない場合がある。すなわち、水処理の高度化や汚泥焼却の導入など、従来のフローと異なる場合や施設の状況等が異なれば、点検結果の解釈も一律には行うことができない。また、流入水量の増大や、施設の増改築等により、前年度の実績と大きく異なる結果となる場合も想定される。実情に即した評価が行えるよう、関連情報を整理し、併記することが重要である。

実施状況は、毎年点検し、その結果を公表するとともに、必要に応じて下水道温暖化対策推進計画の見直しを行うことが必要である。点検・評価においては、総排出量に加え、施設別や活動の区分別などの内訳ごとに評価を行うことにより、見直しに向けたより有効な情報が得られる可能性が高くなる。

③総排出量の評価における留意点

政令又は算定省令に定められた「排出係数」は、その制定時点における温室効果ガス排出の実態を反映して定められるものであるが、我が国全体での対策の進展等に伴い変化（低減又は増大）していくことが考えられる。また、電気など、供給元（電力会社）における運転状況により、排出係数が毎年異なる数値となる項目も存在する。

しかし、我が国全体での対策の進展等に伴い変化した排出係数や、エネルギーの供給元の事情で変化した排出係数を、下水道温暖化対策推進計画に係る排出量の算定の際にそのまま用いた場合には、仮に、流入量等の変化がない場合、対策を実施しない場合であっても、排出量が減少（又は増加）していくことになり、下水道事業自らの計画の実施の状況が正当に評価されないことになる。

このため、計画の目標の設定や計画の実施の状況の評価等を行うため、算定時点の政令又は算定省令で定められている排出係数を用いて算定する排出量のほか、自らが講じた対策の効果を把握できるような排出量（下水道温暖化対策推進計画の評価のための排出量）もあわせて算定する必要がある。その方法としては、下水道温暖化対策推進計画の期間中、排出係数を固定して同じものを用いることにより行うことができる。ただし、排出係数が減少する対策を講じた場合（焼却炉温度の上昇など）は、対策実施の評価を行うことが目的であるので、当該排出係数は変化させるものとする。

④点検結果の公表

温対法第20条の3第10項において、毎年一回、地方公共団体実行計画に基づく措置の実施の状況（温室効果ガス総排出量を含む。）を公表することが義務付けられている。

下水道温暖化対策推進計画についても、毎年、実施の状況を公表することを基本とする。

点検結果の公表は、計画の内容を改めて関連職員に周知、今後の取組の実施につながるのと同時に、各職員の所属する組織や施設等の点検・評価結果を知ることによって、より積極的な取組につながることが期待される。

また、下水道事業としての取組を公表することで、下水道事業における取組を住民に認識してもらう一助となることも期待される。

さらに、下水道事業の特性を加味し、事業の推進による効果（水質保全、循環型社会の構築）についても、あわせて公表することが有効であると考えられる。

排出量については、総排出量にあわせ、以下のような内訳等を示すことが望ましいと考えられる。

温室効果ガスの種類ごと、各活動の区分ごとの排出量

施設単位の排出量

総排出量の目標値及び前年（あるいは基準年）と比較した増減の程度

主な増減理由として考えられる事項

公表方法については、広く配布する広報等においては総排出量と主な内訳等に限定してわかりやすく情報を提供するとともに、あわせてインターネット等において詳細な内訳や進捗状況を含めて報告することが考えられる。

6.3 下水道温暖化対策推進計画の見直し

下水道温暖化対策推進計画は、温室効果ガス総排出量の算定、温暖化防止対策の実施状況及びその効果を毎年確認し、必要に応じて見直しを行う。

【解説】

下水道温暖化対策推進計画の見直しを行うにあたっては、次の2つ視点で考察を行う。

①目標や取組の見直し（計画の内容そのものをより良いものに改善）

取組の実施状況や目標の達成度を踏まえ、実施状況が低いものについては理由の確認と実施率が高まるような工夫や変更等を、実施状況が高いものについては実施結果の確認と新たな取組項目や目標を検討する。

また、取組の実施率が高いにも拘らず、その数値目標が達成されていないなど、両者（取組項目と目標）の関係が必ずしも連動していない場合には、目標設定の方法を見直すことも考えられる。

②運用の仕組みの見直し（計画の実施にあたって整備したさまざまな仕組みの見直し）

運用にあたっての仕組みの見直しには、推進・点検体制、推進・点検のために整備した手引きや、温室効果ガス排出量把握等のための各種調査票、さらには研修の仕組みや公表の仕組みなども考えられる。

また、運用にあたっての仕組みを整備した時点のねらいに立ち戻り、十分に機能していない仕組みがあった場合は、仕組みそのものの見直しを行うことが重要である。必要に応じて、推進責任者や推進員、他の職員等からヒアリングするなどして、運用の仕組みの見直しを図るための意見等を聴取することも重要となる。

なお、運用の仕組みに関する課題の抽出や見直しは、一律に行うのではなく、組織や

施設ごとに柔軟な対応をすることも必要となる。また、負担が特定の組織や人に集中している場合は、それらの改善についても留意する。

第7章 下水道温暖化対策推進計画の策定イメージ

イメージ例1(現況において普及率の高い都市)

〇〇市下水道における地球温暖化対策推進計画

1 基本的事項

1.1. 計画の位置づけ

本計画は、〇〇市下水道における温室効果ガス排出量の削減のための措置に関する計画である。〇〇市下水道事業の実施にあたっては、本計画に基づき温室効果ガス排出量の削減目標の達成に向けてさまざまな取組を行い、地球温暖化対策の推進を図ることとする。

なお、本計画の一部は、地球温暖化対策の推進に関する法律第20条の3第1項に基づき都道府県及び市町村に策定が義務付けられている温室効果ガスの排出量の削減のための措置に関する計画（以下、「〇〇市実行計画」という。）の構成要素となるものである。

1.2. 基準年度・計画期間・目標年度

基準年度は、〇〇市実行計画と同様平成26年度とし、計画期間を平成28年度～平成32年度までの5年間とする。目標年度については、平成32年度とする。

また、下水道事業は中長期的に運営されるものであるため、本計画では20年後の平成47年度までの取組の方向性についても検討するものとする。

基準年度：平成26年度

目標年度：平成32年度（計画期間：平成28年度～平成32年度までの5年間）

なお、計画の実施状況や技術の進歩、社会情勢の変化により、必要に応じて見直しを行うものとする。

1.3. 対象範囲

本計画の対象範囲は、下水道事業に関連する全ての組織・施設を対象とする。

（対象施設一覧）

A 浄化センター

B 浄化センター

C 浄化センター

D 浄化センター

E 汚泥処理センター

F 汚泥処理センター

中継ポンプ場・雨水ポンプ場

管理事務所・下水道庁舎

下水汚泥埋立処分地

1.4. 対象とする温室効果ガス

本計画で対象とする温室効果ガスは、次の3種類とする。

- 二酸化炭素（CO₂）
- メタン（CH₄）
- 一酸化二窒素（N₂O）

なお、温対法では、ハイドロフルオロカーボン（HFC）、パーフルオロカーボン（PFC）、六ふつ化硫黄（SF₆）を加えた6種類の温室効果ガスが規定されており、下水道事業に関連するHFC、PFC、SF₆の削減については、〇〇市実行計画に従い対応するものとする。

1.5. 対象とする活動の区分

本計画において、対象とする活動の区分は、以下の通りである。

対象とする活動	計画対象	〇〇市 実行計画
①電気・燃料等のエネルギー消費に伴う排出		
a)他人から供給された電気の使用	○	○
b)燃料の燃焼、燃料の使用	○	○
c)自動車の走行・自動車の燃料	○	○
②施設の運転に伴う処理プロセスからの排出		
a)下水の処理	○	○
b)下水汚泥の 処理処分	○	○
焼却	○	○
埋立処分(民間委託)	○	-
コンポスト(民間委託)	○	-
③上水・工業用水・薬品類の消費に伴う排出	○	-
④下水道資源の有効利用に伴う排出量の削減	○	-

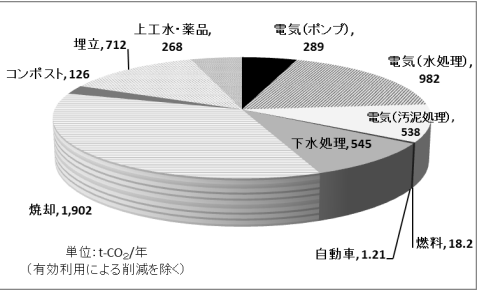
・消化ガス発電による有効利用に伴う排出量の削減は、①a)に内包されているものとして取り扱う

2 二酸化炭素の排出状況及び削減目標

2.1. 基準年度の二酸化炭素排出量及び要因別排出状況

〇〇市下水道事業における基準年度（平成26年度）の温室効果ガス総排出量は、5,382 t-CO₂/年である。

基準年度である平成26年度の二酸化炭素排出量を排出要因別に見ると、図の通りである。温室効果ガス排出量の割合が大きいものは、汚泥の焼却に伴うもの（35%）、他人から供給される電気の使用に伴うもの（34%）、であり、次いで汚泥の埋立に伴うもの（13%）、下水処理に伴うもの（10%）となっている。



2.2. 削減目標

平成26年度を基準年として、削減目標を次のように設定する。
基準年度：平成28年度
目標年度：平成32年度（5年後）5%削減（〇〇市実行計画による）
平成47年度において、基準年度と比較して約4割の温室効果ガス削減を図る。

下記に示すように、温室効果ガス総排出量は、5,382 t-CO₂/年から5,110 t-CO₂/年と5%の削減となり、処理水量あたりの排出量原単位で見ると、0.74 kg-CO₂/m³から0.67 kg-CO₂/m³と約10%の削減となる。

なお、E 汚泥処理センターにおける汚泥燃料化により、供給先での化石燃料代替エネルギーとしての利用で1,400 t-CO₂/年の削減を見込んでおり、この削減効果を含めると、温室効果ガス総排出量は3,710 t-CO₂/年（目標年度）となる。

	排出量(t-CO ₂ /年)		(割合)	水量あたり(kg-CO ₂ /m ³)	
	基準年度	目標年度		基準年度	目標年度
①エネルギー消費	1,828	1,800			
②処理プロセス	3,285	3,050			
③上水・薬品	268	260			
④〇〇市下水道事業以外の有効利用 (汚泥燃料の外部への供給)		-1,400			
温室効果ガス総排出量 (Σ①～④)	5,382	⇒ 5,110	5%削減	0.74	⇒ 0.67
有効利用先での削減効果見込む (Σ①～④)		⇒ 3,710			

処理水量 (基準年度実績値) 20,000 m³/日 = 7,300 千m³/年
(目標年度計画値) 21,000 m³/日 = 7,665 千m³/年

3 具体的な取組

3.1. 目標年度までの具体的な取組(平成 28 年度～平成 32 年度)

プロセス	削減対策	具体的内容
前処理 揚水工程	運転制御の改善	台数制御、回転数制御
	省エネルギー型のポンプの選定	高効率ポンプの採用(更新時に順次変更)
	電気設備の電力損失の削減	トランスの台数制御による電力損失の削減 力率改善による損失の低減
水処理工程	運転方法の改善	汚泥の引き抜きと連動した間欠運転の実施
	エアレーション機器の省エネ対策	エネルギー効率の高い散気装置の採用(更新時に順次変更)
	送風機の運転制御	送風機の台数制御/弁開度制御/回転数制御の採用
汚泥処理工程	運転管理による濃縮性の改善	汚泥界面一定制御法採用による濃縮性の改善
	汚泥消化の管理の効率化	消化ガス発生量を増加させる運転の検討・実施
	省エネ型脱水設備の導入	
	脱水汚泥埋立の中止	埋立による発生量の削減
利用エネルギーの 活用(資源化設備)	燃料化	汚泥燃料化(E 浄化センター)
その他の設備	照明/空調などの省エネ対策	こまめな消灯や照明機器の間引き
	管理用車両の効率的運用	
	新エネの導入	太陽光発電の推進 放流落差を利用して小水力発電の導入

3.2. 目標年度以降の取組の方向性(平成 47 年度までの 20 年間)

より一層の省エネ運転及び機器更新の推進

D 浄化センターの汚泥処理の中止、F 汚泥処理センターでの集約処理

B 浄化センター廃止、A 浄化センターへの統合

F 汚泥処理センターにおける消化ガス外部供給

E 汚泥処理センターにおける焼却炉の燃料化施設への順次更新

4 推進・点検体制及び進捗状況の公表

4.1. 推進体制

「推進本部」「推進担当者」「事務局」を設け、計画の着実な推進と進行管理を行う。なお、これらの体制は、〇〇市実行計画における体制と連動させる。

(1)推進本部

下水道部長を本部長、下水道部次長を副本部長とし、その他、管理職等の構成員をもって組織する。

計画の策定、見直し及び計画の推進点検を行う。

(2)推進担当者

各課及び各浄化センター・汚泥処理センターに 1 名以上の「推進担当者」を置く。「推進担当者」は計画の推進及び進捗状況を把握しつつ、事務局と点検し、計画の総合的な推進を図る。

本計画の推進担当者は、原則として、〇〇市実行計画における推進担当者が兼務する。

(3)事務局

事務局を△△課に置き、計画全体の推進及び進捗状況を把握し、総合的な進行管理を行う。

事務局は、〇〇市実行計画推進本部との連絡調整を十分に執り行なう。

4.2. 点検体制

「事務局」は、「推進担当者」とおし、定期的に進捗状況の把握を行い、「推進本部」において年 1 回の点検評価を行う。

4.3. 進捗状況の公表

計画の進捗状況、点検評価結果及び、直近年度の温室効果ガス排出量については、年 1 回、下水道広報誌、下水道部 HP 等により公表する。

イメージ例 2(今後の普及率の伸びが大きいケース)

△△町下水道における地球温暖化対策推進計画

1 基本的事項

1.1. 計画の位置づけ

本計画は、△△町下水道における温室効果ガス排出量の削減のための措置に関する計画である。△△町下水道事業の実施にあたっては、本計画に基づき温室効果ガス排出量の削減目標の達成に向けてさまざまな取組を行い、地球温暖化対策の推進を図ることとする。

なお、本計画の一部は、地球温暖化対策の推進に関する法律第 20 条の 3 第 1 項に基づき都道府県及び市町村に策定が義務付けられている温室効果ガスの排出量の削減のための措置に関する計画（以下、「△△町実行計画」という。）の構成要素となるものである。

1.2. 基準年度・計画期間・目標年度

基準年度は、△△町実行計画と同様平成 26 年度とし、計画期間を平成 28 年度～平成 32 年度までの 5 年間とする。目標年度については、平成 32 年度とする。

また、下水道事業は中長期的に運営されるものであるため、本計画では 20 年後の平成 47 年度までの取組の方向性についても検討するものとする。

基準年度：平成 26 年度

目標年度：平成 32 年度（計画期間：平成 28 年度～平成 32 年度までの 5 年間）

なお、計画の実施状況や技術の進歩、社会情勢の変化により、必要に応じて見直しを行うものとする。

1.3. 対象範囲

本計画の対象範囲は、下水道事業に関連する全ての組織・施設を対象とする。

（対象施設一覧）

A 水処理センター（管理事務所含む）

中継ポンプ場

1.4. 対象とする温室効果ガス

本計画で対象とする温室効果ガスは、次の 3 種類とする。

二酸化炭素（CO₂）

メタン（CH₄）

一酸化二窒素（N₂O）

なお、温対法では、ハイドロフルオロカーボン（HFC）、パーフルオロカーボン（PFC）、六ふつ化硫黄（SF₆）を加えた 6 種類の温室効果ガスが規定されており、下水道事業に関連する HFC、PFC、SF₆ の削減については、△△町実行計画に従い対応するものとする。

1.5. 対象とする活動の区分

本計画において、対象とする活動の区分は、以下の通りである。

対象とする活動	計画対象	△△町 実行計画
①電気・燃料等のエネルギー消費に伴う排出		
a)他人から供給された電気の使用	○	○
b)燃料の燃焼、燃料の使用	○	○
c)自動車の走行・自動車の燃料	○	○
②施設の運転に伴う処理プロセスからの排出		
a)下水の処理	○	○
b)下水汚泥の 処理処分	埋立処分(民間委託)	○
	コンポスト(民間委託)	○
③上水・工業用水・薬品類の消費に伴う排出	○	-
④下水道資源の有効利用に伴う排出量の削減	○	-

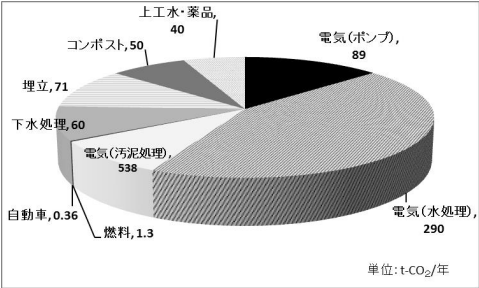
2 二酸化炭素の排出状況及び削減目標

2.1. 基準年度の二酸化炭素排出量及び要因別排出状況

△△町下水道事業は、A 水処理センター（処理能力 3,000m³/日、現況 1,300m³/日）において、水処理及び汚泥処理を行っている。

基準年度（平成 26 年度）の温室効果ガス総排出量は、664 t-CO₂/年であり、処理水量あたりとすると 1.41kg-CO₂/m³となる。

基準年度である平成 26 年度の二酸化炭素排出量を排出要因別に見ると、図の通りである。温室効果ガス排出量の割合が大きいものは、他人から供給される電気の使用に伴うもの（66%）、であり、汚泥の埋立に伴うもの（11%）、下水処理に伴うもの（9.0%）となっている。



2.2. 削減目標

平成 26 年度を基準年として、削減目標を次のように設定する。

- 基準年度：平成 28 年度
- 目標年度：平成 32 年度（5 年後） 水量あたり排出量を 1.0kg-CO₂/m³以下とする
- 平成 47 年度における水量あたりの温室効果ガス排出量を、0.50 kg-CO₂/m³（現状 1.41 kg-CO₂/m³）まで削減を図る。

下記に示すように、基準年度から目標年度までの処理水量が 2.1 倍と増加予定であるのに対し、温室効果ガス総排出量は、664 t-CO₂/年から 961 t-CO₂/年と 45%増となるが、水量あたりの排出量としては、1.41 kg-CO₂/m³から 0.97 kg-CO₂/m³へ削減する。

	排出量(t-CO ₂ /年)			水量あたり(kg-CO ₂ /m ³)	
	基準年度	目標年度	(増減)	基準年度	目標年度
①エネルギー消費	443	553			
②処理プロセス	182	327			
③上工水・薬品	40	81			
④有効利用(太陽光発電の導入)		-17			
温室効果ガス総排出量 (Σ①～④)	664	⇒ 944	42%増加	1.41	⇒ 0.95
処理水量	(基準年度実績値) 1,300 m ³ /日 =	470 千m ³ /年			
	(目標年度計画値) 2,700 m ³ /日 =	990 千m ³ /年			

3 具体的な取組

3.1. 目標年度までの具体的な取組(平成 28 年度～平成 32 年度)

プロセス	削減対策	具体的内容
前処理 揚水工程	運転制御の改善	台数制御、回転数制御
	省エネルギー型のポンプの選定	トランスの台数制御による電力損失の削減
	電気設備の電力損失の削減	力率改善による損失の低減
水処理工程	運転方法の改善	汚泥の引き抜きと連動した間欠運転の実施
	送風機の運転制御	送風機の台数制御/弁開度制御/回転数制御の採用
汚泥処理工程	運転管理による濃縮性の改善	汚泥界面一定制御法採用による濃縮性の改善
	脱水汚泥埋立の中止	埋立による発生量の削減
その他の設備	照明/空調などの省エネ対策	こまめな消灯や照明機器の間引き
	管理用車両の効率的運用	
	新エネの導入	太陽光発電の推進

3.2. 目標年度以降の取組の方向性(平成 47 年度までの 20 年間)

- より一層の省エネ運転及び機器更新の推進
- MICS 事業による汚泥処理、維持管理の効率化の促進
- 農業集落排水事業及び廃棄物処理事業と連携したバイオマス利用の導入

4 推進・点検体制及び進捗状況の公表

4.1. 推進体制

「推進本部」「推進担当者」を設け、計画の着実な推進と進行管理を行う。なお、これらの体制は、△△町実行計画における体制と連動させる。

(1)推進本部

下水道課長を本部長、課長補佐を副本部長とし、その他、管理職等の構成員をもって組織する。

計画の策定、見直し及び計画の推進点検を行う。

(2)推進担当者

1名以上の「推進担当者」を置き、計画の推進及び進捗状況を把握しつつ、計画の総合的な推進管理を図る。また、水処理センターの維持管理の受託業者に対し、計画の趣旨及び実施を徹底する。

本計画の推進担当者は、原則として、△△町実行計画における推進担当者が兼務し、△△町実行計画推進本部との連絡調整を十分に執り行なう。

4.2. 点検体制

「推進担当者」は、定期的に進捗状況の把握を行い、「推進本部」において年1回の点検評価を行う。

4.3. 進捗状況の公表

計画の進捗状況、点検評価結果及び、直近年度の温室効果ガス排出量については、年1回、下水道広報誌、下水道部HP等により公表する。

参考資料

参考資料1・・・温室効果ガス排出抑制対策の解説資料

参考資料2・・・温室効果ガス排出量計算シート

参考資料3・・・全国平均値の回帰式の定式化の手順

①設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

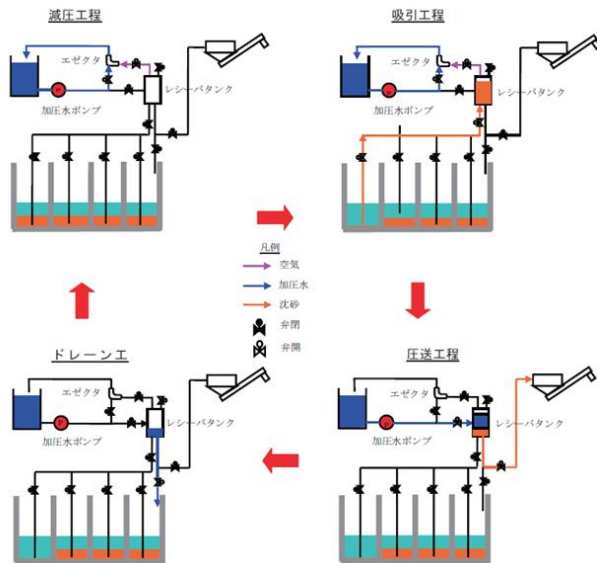
① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

ア 前処理・揚水工程における設備

【対策名】沈砂池設備、主ポンプ設備における高効率型揚砂設備の採用
(エゼクタ式2段階揚砂装置)

【概要】

本技術は、エゼクタによる真空吸引で沈砂を一旦レシーバタンク内に貯め、次に加圧水ポンプの圧力でホッパーまで圧送する2段階移送を行う装置である。本装置は、加圧水ポンプ、エゼクタ、レシーバタンク、バルブおよび配管にて構成する。本装置ではエゼクタを吸引装置として使用し、レシーバタンクを所定の圧力まで減圧後(減圧工程)、吸引弁を開いて沈砂池からレシーバタンクへ沈砂を吸引する(吸引工程)。次に吸引弁、エゼクタ用加圧水弁、吸気弁を閉め、タンク用加圧水弁を開けてタンクに溜まった沈砂を沈砂分離機へ加圧水とともに圧送する(圧送工程)。沈砂を全て圧送後、レシーバタンク内の水を排水し(ドレーン工程)、以上の4工程で揚砂を行う。



【導入効果等の例】

吸引工程と圧送工程を分離することでエネルギー効率を高めることができ、使用電力量は従来のジェットポンプ式揚砂機の約60%となる。(本技術:12.5[kWh/m³-沈砂], 従来技術:20.8[kWh/m³-沈砂])

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構, 建設技術審査証明(下水道技術)報告書(第1306号), エゼクタ式2段階揚砂装置(2014/3)

②設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

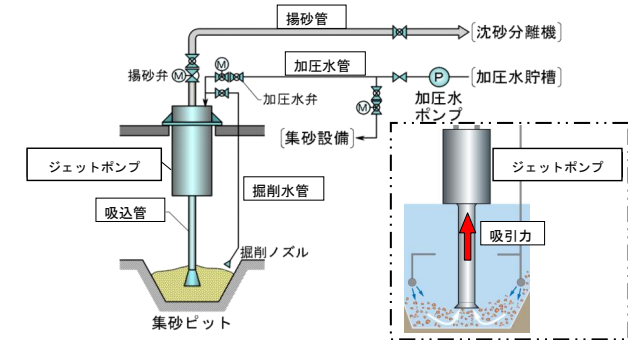
① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

ア 前処理・揚水工程における設備

【対策名】沈砂池設備、主ポンプ設備における高効率型揚砂設備の採用
(低動力型ジェットポンプ式揚砂装置)

【概要】

本技術は、下水沈砂池設備において沈砂池で沈降し集められた砂を、加圧水を利用したジェットポンプ式揚砂機により沈砂分離機まで配管移送する装置である。ジェットポンプ式揚砂機の原理は、加圧水ポンプからの加圧水を揚砂機内部の噴射部から吸込管に噴射することで管内に負圧を発生させ、その負圧吸引力を利用して沈砂を含んだ水を所定の揚程まで配管移送するものである。本技術では、負圧吸引力を向上させるため、ジェットポンプ式揚砂機内部のジェット噴射機器の改良をした。この結果、従来技術に比べて軸動力の低減が図られ、加圧水量は同等で加圧水圧の低い、低動力の加圧水ポンプを採用することができる。さらに、従来に比べ高揚程の揚砂にも対応したものである。



【導入効果等の例】

右表に示すとおり、低動力型ジェットポンプ式揚砂機は従来型ジェットポンプ式揚砂機と比較して吸込口径φ80mmの場合に最大2ランク程度、吸込口径φ100mmの場合に最大3ランク程度の加圧水ポンプの電動機出力低下となる。

吸込口径	吸込水量	揚程	加圧水ポンプ定格出力	
			従来型	低動力型
φ80mm	0.6m ³ /min	10m	30kW	18.5kW
		15m	45kW	30kW
		20m	55kW	37kW
		25m	75kW	55kW
φ100mm	1.0m ³ /min	10m	45kW	22kW
		15m	75kW	37kW
		20m	90kW	55kW
		25m	132kW	75kW

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構, 建設技術審査証明(下水道技術)報告書(第1139号), 低動力型ジェットポンプ式揚砂機(2012/3)
公益財団法人日本下水道新技術機構, 活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料(2014/3)

③設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

イ 水処理工程における設備

a 最初沈殿池設備, c 最終沈殿池設備

【対策名】樹脂製等軽量チェーンの導入	
【概要】 チェーンフライント式汚泥かき寄せ機は、矩形の最初沈殿池および最終沈殿池で用いられ、部材の樹脂化・軽量化により消費電力が低減された機種がある。下図は、全プラスチック製汚泥かき寄せ機の構造の一例である。	
【導入効果等の例】 池寸法が幅 5.0×長 35.0×深 3.5m で、2 池 1 駆動の場合の設計計算例によると、金属製の場合の必要電動機出力が 0.19～0.38kW に対し、軽量型チェーンを導入した場合は 0.06～0.12kW に低減されることが試算された。	
【出典・参考文献】 公益財団法人日本下水道新技術機構、チェーンフライント式汚泥かき寄せ機技術資料 (2016/3)	

④設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

イ 水処理工程における設備

b 反応タンク設備

【対策名】微細気泡散気装置及び送風機の組合せによる送風量の適正化

【概要】

水処理施設における省エネ型送風機である磁気浮上単段ブロアと省エネ型散気装置であるメンブレン式散気装置を組み合わせることにより、各技術を単独で導入するよりも高い省エネ効果を期待する技術である。

【導入効果等の例】

本技術を実際に導入した 2 ケ所の処理場において調査した結果を以下に示す。

1) A 処理場（全体処理能力 30 万 m³/日）

・処理場の状況

	水処理方式	送風機制御方式	散気装置型式 / 水深	送風機型式
更新前	嫌気好気活性汚泥法	D0 一定 + 送風機台数	旧型散気板(旋回流) / 5.0 m	旧型多段ターボ
更新後	嫌気好気活性汚泥法	D0 一定 + 送風機台数 + VVVF + インレットバーン	メンブレン(全面曝気) / 5.5m	磁気浮上単段

・導入効果

送風量削減率	送風機電力量削減率	必要酸素量あたりの送風機電力量削減率
▲42%	▲40%	▲27%

2) B 処理場（全体処理能力 23.8 万 m³/日）

・処理場の状況

	水処理方式	送風機制御方式	散気装置型式 / 水深	送風機型式
更新前	二段ステップ硝化脱窒法	風量一定タイマー	旧型散気板(旋回流) / 4.3 m	旧型片吸込単段増速ターボ
更新後	高返送式硝化脱窒法	混合比率 (D0 一定と流入比率の混合)	メンブレン(全面曝気) / 4.7m	磁気浮上単段

・導入効果

送風量削減率	送風機電力量削減率	必要酸素量あたりの送風機電力量削減率
▲56%	▲32%	▲30%

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料 (2014/3)

⑤設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

イ 水処理工程における設備

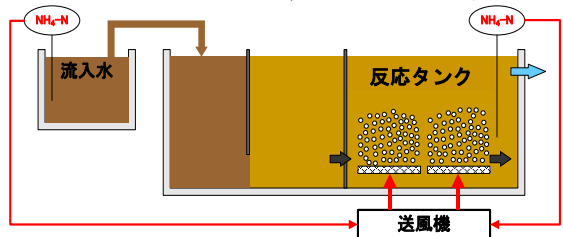
d 高度処理設備

【対策名】高度センサー制御システムの導入
(アンモニアセンサを利用した送風量の適正化)

【概要】

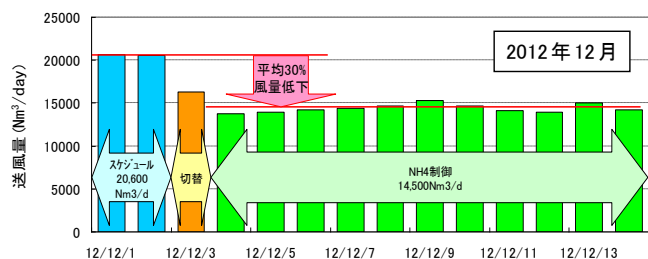
本技術は、アンモニア性窒素濃度をセンサで連続計測し、その計測値を指標として送風量の制御を効率的に行い、送風機の消費電力量を低減するものである。最初沈殿池流出水と反応タンクのアンモニア性窒素濃度を計測し、それぞれをフィードフォワード信号およびフィードバック信号として利用する。

反応タンクのアンモニア性窒素濃度を指標として送風量の過不足を判断するフィードバック制御に加え、最初沈殿池流出水のアンモニア性窒素濃度に基づくフィードフォワード信号により風量の補正を行うため、負荷変動への追従性が高められており、負荷変動の高い合流式下水処理場にも対応できる。また、処理水のアンモニア性窒素濃度をある程度自由に設定可能なため、用途に応じた水質の設定が可能である。



【導入効果等の例】

某処理場にて、全体処理能力 4.06 万 m³/日の 6 池のうち 1 池に本技術を導入し、導入前後における 1 日当たりの積算送風量を下図に示す。スケジュール制御では 1 日当たり平均 20,600Nm³の送風量であったのに対し、アンモニア制御の導入後は約 30%の送風量が低減した。



【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料 (2014/3)

⑥設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

イ 水処理工程における設備

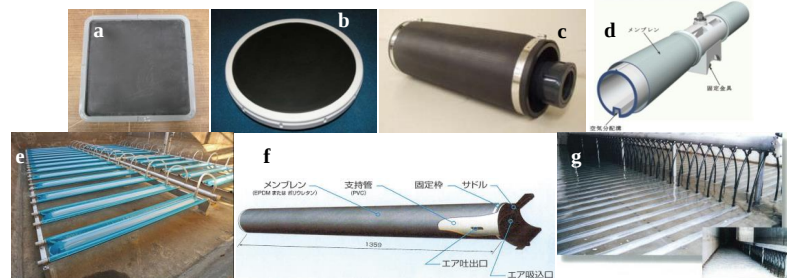
b 反応タンク設備

【対策名】微細気泡散気装置等の導入による酸素移動効率の向上

【概要】

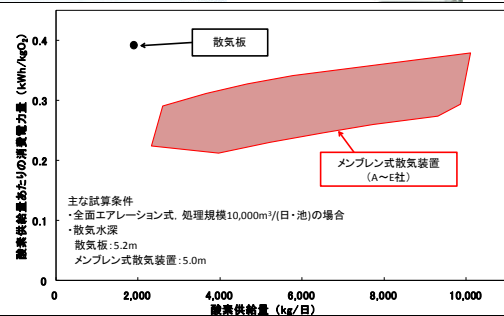
散気装置は従来、セラミック製または合成樹脂性の散気板および散気筒類が使用されてきたが、最近では従来を上回る微細気泡を生じさせることのできる膜ブレン式の省エネ化を図った機器が主流である。微細気泡の直径は 1 mm 程度で酸素移動効率 は従来よりも向上した散気装置である。下水処理場では消費電力量の約 60%を送風設備による消費電力が占めるといわれており、その低減化は大きな省エネ効果がある。膜ブレン式散気装置は送風機の消費電力を大幅に低減させ、省エネが達成できるだけでなく、既存設備の更新の場合には送風機を増設すること無く硝化対応や高度処理への対応が可能である。

膜ブレン式散気装置の例を下図に示す。a～c はゴム製でそれぞれパネル型、ディスク型およびチューブ型のものである。d はシリコンゴム製でパイプ式のものである。e はポリウレタン製でシート状のものである。f はゴムとポリウレタンのものがあり、パイプ型のものである。g はポリウレタン製でシート状のものである。



【導入効果等の例】

酸素供給量と酸素供給量あたりの消費電力量の関係について算出した結果を右図に示す。通気量や散気装置の設置面積の条件で酸素供給量が変わってくるが、膜ブレン式散気装置の酸素供給量あたりの消費電力量は、従来型の散気板と比較して、最大で約 1/2 まで削減可能である。



【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料 (2014/3)

⑦設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

イ 水処理工程における設備

b 反応タンク設備、d 高度処理設備

【対策名】高効率反応タンク攪拌機の導入

【概要】

反応タンクの活性汚泥混合液を均一に攪拌するための装置で、従来技術である水中攪拌機と比較して攪拌動力密度が大幅に小さい攪拌機である。

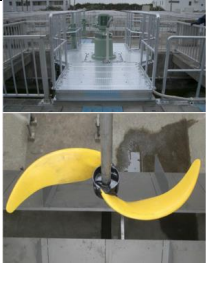
プロペラ（インペラ）式



双曲面型攪拌翼式



ドラフトチューブ式



直結式



旋回機構付プロペラ式



【導入効果等の例】

〔ケーススタディ〕従来技術である水中攪拌機を設置している4ヶ所の実際の反応タンクに省エネ型反応タンク攪拌機を導入した場合の効果をケーススタディで明らかにした結果、攪拌機の消費電力量削減率は▲69～95%（平均79%）で、攪拌動力密度削減率は▲66～96%（平均79%）と試算された。

〔建設技術審査証明〕建設技術審査証明において評価されている省エネ型反応タンク攪拌機の攪拌動力密度は0.8～3.5[W/m³]の範囲であり、水中攪拌機のメーカー値6～10[W/m³]と比較すると▲42～92%の削減効果となっている。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、省エネ型反応タンク攪拌機の導入促進に関する技術マニュアル（2016/3）

⑧設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

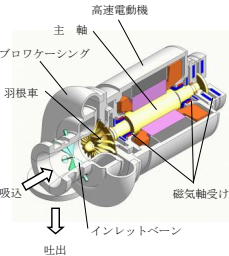
イ 水処理工程における設備

b 反応タンク設備

【対策名】高効率ブロウの導入（磁気浮上式ターボブロウ）

【概要】

送風機は主に鋳鉄製多段ターボ型や歯車増速式単段ターボ型が使用されてきたが、近年では右図に示すような磁気浮上式単段ターボ型の導入が増加している。特徴は、軸を浮上させることで軸受での物理的な接触を無くして摩擦による損失をなくしたことや、インバータによる高速回転に対応できる電動機を用いることにより増速歯車をなくし、歯車における機械損失をなくしたことである。



【導入効果等の例】

省エネ型である磁気浮上式単段ターボブロウを歯車増速式単段ターボブロウおよび多段ターボブロウと比較し効果を評価する。評価のための試算条件を以下①～③とし、機種別の動力比較を下表に示す。消費電力量は、歯車増速ターボ型に対し11%、従来型多段ターボに対し14%の低減効果が見込まれる。

	磁気浮上単段ターボ (省エネ技術)	歯車増速単段ターボ (従来技術)	従来型多段ターボ (従来技術)
総合効率	66.0 %	58.6 %	58.6 %
仕様点 (100%) 入力動力	60 kW	67 kW	67 kW
80%部分負荷 入力動力	49 kW	56 kW	58 kW
60%部分負荷 入力動力	41 kW	46 kW	50 kW
消費電力量 *	1,200 kWh/日 (歯車増速に対し ▲11%) (従来型多段に対し ▲14%)	1,352 kWh/日	1,400 kWh/日

試算条件

- 送風機の仕様は、吸込風量を 44 m³/min、吸込圧力を-2 kPa (-204 mmAq)、吐出圧力を 60.76 kPa (6,203mmAq) とした。
- 送風機は、24 時間 365 日仕様点風量で運転していることはなく、季節や時間帯によって調整を行っている。ここでは仕様点に対し 100%, 80%, 60%での運転をそれぞれ 8 時間ずつ合計し、24 時間運転したと仮定し、消費電力量を算定した。
- 多段ターボブロウについては、より効率的な改良型が近年開発されているが、実績が少ない為、現在多く使用されている 10 年以上前の従来型を比較対象とした。また、磁気浮上ターボはインバータロスを含み、冷却用電力（冷却ファン、クーリングタワー、冷却水ポンプ等）は含まない条件で試算した。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料（2014/3）

⑨設備の選択に係る解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

イ 水処理工程における設備

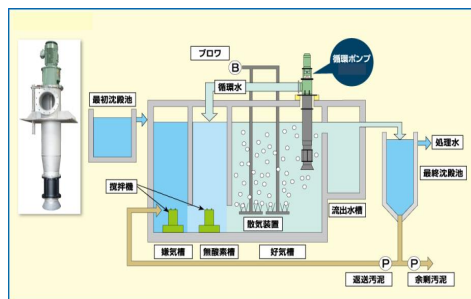
d 高度処理設備

【対策名】低揚程型硝化液循環ポンプの導入

【概要】

高度処理における硝化液の循環は、実揚程がほとんどない「低揚程」であるが、揚程がある場合に効率が良い運転ができる水中ポンプや吸込スクリー付渦巻ポンプで循環すると消費電力が大きくなる場合がある。最近では、低揚程向けに設計された水処理用循環ポンプが開発され、導入が進んでいる。

硝化液循環ポンプの適用フローを下図に示す。水処理用循環ポンプは超低揚程(1~5m程度)専用設計のため、省エネ運転が可能である。また、インバータによる回転数制御を標準としていることで、循環水量の制御が可能であり、効率的な運転が可能である。



【導入効果等の例】

従来技術を水中ポンプおよび吸込スクリー付渦巻ポンプとして、省エネ技術である立軸軸流ポンプの省エネ効果の一例を表に示す。2m程度の低揚程の使用時に、水処理用循環ポンプを導入することで、消費電力量を約50%削減できると試算される。

	立軸軸流ポンプ (省エネ技術)	着脱式水中渦巻ポンプ (従来技術)	吸込スクリー付渦巻ポンプ (従来技術)
ポンプ仕様	口径φ250 吐出量 6.3m ³ /min 揚程 2.6m	口径φ250 吐出量 6.3m ³ /min 揚程 4.0m	口径φ250 吐出量 6.3m ³ /min 揚程 4.0m
電動機仕様	定格出力 5.5kW 電圧 400V 周波数 60Hz	定格出力 11kW 電圧 400V 周波数 60Hz	定格出力 11kW 電圧 400V 周波数 60Hz
消費電力量*	211.2 kWh/日 (従来技術に対し ▲50%)	422.4 kWh/日	422.4 kWh/日

* 消費電力量は、負荷率80%、24時間運転を想定した計算値である。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料(2014/3)

⑩設備の選択に係る解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

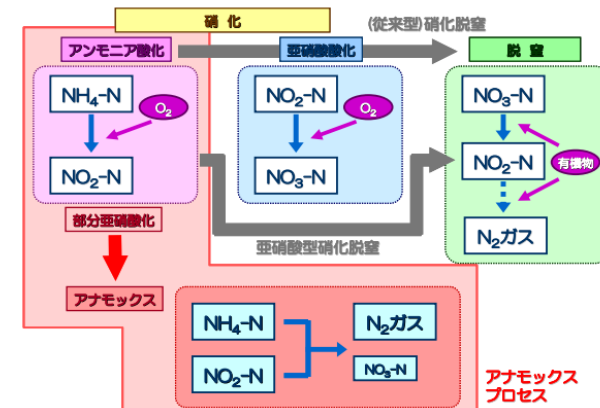
イ 水処理工程における設備

d 高度処理設備

【対策名】アナモックス反応による高効率窒素除去技術の導入

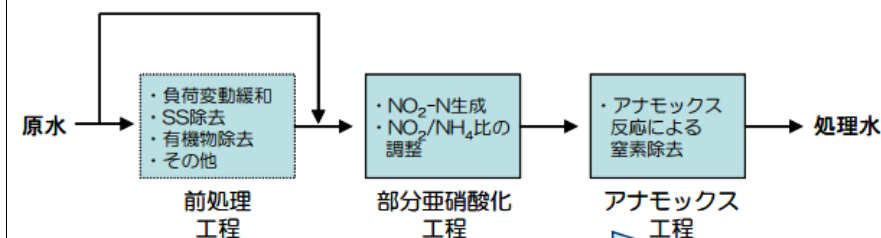
【概要】

アンモニアと亜硝酸を利用し脱窒を行う新しい生物反応(アナモックス反応)により、エネルギー消費量およびユーティリティ費用を削減した新しい窒素除去プロセスである。



以下の特徴がある。

- ・有機物が不要(アナモックス細菌が独立栄養細菌のため)
- ・必要酸素量が小さい(全量の硝化が不要なため)
- ・汚泥発生量が小さい(アナモックス細菌の増殖収率が小さいため)



【導入効果等の例】

部分亜硝酸化工程ではアンモニア性窒素の約半量を亜硝酸性窒素まで変換すればよいので、従来の硝化・脱窒法に比べて必要酸素量が小さい。最適な亜硝酸化率を想定した場合の理論的な必要酸素量は、完全硝化を行なう場合の約43%である。

【出典・参考文献】

日本下水道事業団、アナモックスプロセスリーフレット

<https://www.jswa.go.jp/g/g4/g4g/pdf/mg02.pdf>

日本下水道事業団、アナモックス反応を利用した窒素除去技術の評価に関する報告書(2010/3)

⑪設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

ウ 汚泥処理工程における設備

b 汚泥濃縮設備

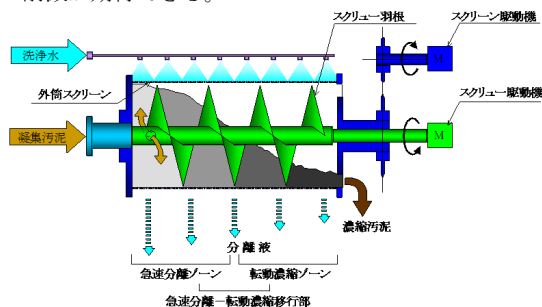
【対策名】汚泥性状を踏まえたベルト濃縮機等の導入による機械濃縮動力の低減（差速回転型スクリー濃縮機，ベルト濃縮機）

【概要】

省エネルギー型汚泥濃縮設備は，安定した濃縮性能を発揮でき，維持管理性に優れているとともに，現状において広く普及が進んでいる遠心濃縮機などのいわゆる“従来型汚泥濃縮設備”と比較して，電力，上水および薬品などのエネルギー使用量の削減，そして温室効果ガス排出量の削減が期待できる。

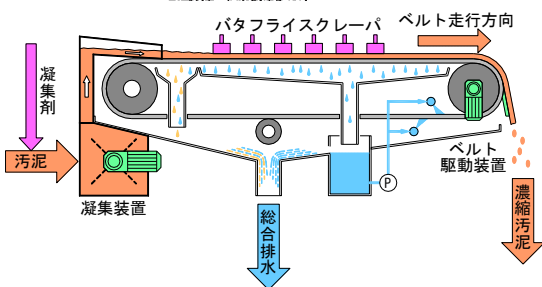
・差速回転型スクリー濃縮機

差速回転型スクリー濃縮機は，ろ材であるスクリーンを連続的に再生するために外筒スクリーンが回転するとともに，外筒スクリーンと逆方向に回転するスクリー羽根により，濃縮が進行する凝集汚泥を掻き取りながら出口方向に搬送する。



・ベルト濃縮機

ベルト型ろ過濃縮機は，濾過機本体，凝集装置，整流装置等から構成され，省エネルギーでありながら余剰汚泥はもとより初沈汚泥・混合生汚泥等に対しても高い濃縮性能を発揮できる濃縮機である。



【導入効果等の例】

〔差速回転型スクリー濃縮機〕濃縮機本体に補機を含めた遠心濃縮設備全体の消費電力量は従来設備である遠心濃縮設備の 20～30%程度で，15 年間の運転時における CO₂ 排出量 40%程度である。

〔ベルト濃縮機〕濃縮機本体に補機を含めた遠心濃縮設備全体の消費電力量は従来設備である遠心濃縮設備の 30%程度で，15 年間の運転時における CO₂ 排出量 54%程度である。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構，省エネ型汚泥処理システムの構築に関する技術マニュアル（2016/3）

⑫設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

ウ 汚泥処理工程における設備

b 汚泥濃縮設備

【対策名】機械濃縮の導入による固形物回収率の向上（差速回転型スクリー濃縮機，ベルト濃縮機）

【概要】

①差速回転型スクリー濃縮機

本技術は，ろ材であるスクリーンを連続的に再生するために外筒スクリーンが回転するとともに，外筒スクリーンと逆方向に回転するスクリー羽根により，濃縮が進行する凝集汚泥を掻き取りながら出口方向に搬送する。また，低濃度の凝集汚泥をすばやく固液分離する急速分離ゾーンと，ある程度濃縮が進行した凝集汚泥に転がり作用を加えてさらに効率良く濃縮させる転動濃縮ゾーンからなる。

②ベルト型ろ過濃縮機

ベルト型ろ過濃縮機は，濾過機本体，凝集装置，整流装置等から構成され，省エネルギーでありながら余剰汚泥はもとより初沈汚泥・混合生汚泥等に対しても高い濃縮性能を発揮できる濃縮機である。汚泥は，凝集装置にて高分子凝集剤と攪拌混合されて凝集汚泥に生成される。凝集汚泥は，走行するステンレスベルトに投入され，汚泥を搬送しながら重力ろ過して濃縮が行われる。走行するステンレスベルトの上部の濃縮促進装置（バタフライスクレーパ）を通過することにより，さらに濃縮が促進される。濃縮された汚泥は，排出部でスクレーパにより剥離して排出される。濃縮工程を終えたベルトは，リターン部において付属する洗浄水ポンプから供給されるスプレー水によって洗浄される。濃縮に伴い発生するろ過液は，ベルト下部にて集水されて洗浄排水と共に排水される。

【導入効果等の例】

①差速回転型スクリー濃縮機

従来技術である遠心濃縮機の SS 回収率が 90%以上であるのに対し，本技術は，余剰汚泥，初沈汚泥，混合生汚泥に対して，高分子凝集剤注入率 0.3%程度（固形物当り）の運転条件において，SS 回収率 95%以上を標準性能としている。

本技術の SS 回収率は 95%以上である。

②ベルト型ろ過濃縮機

従来技術である遠心濃縮機の SS 回収率が 90%以上であるのに対し，本技術は，余剰汚泥，初沈汚泥，混合生汚泥に対して，高分子凝集剤注入率 0.3%程度（固形物当り）の運転条件において，SS 回収率 95%以上を標準性能としている。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構，省エネ型汚泥処理システムの構築に関する技術マニュアル（2016/3）

⑬設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

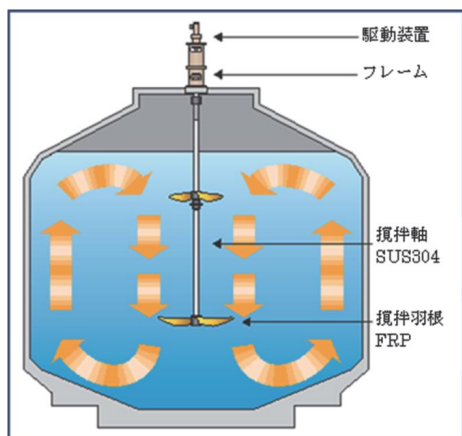
ウ 汚泥処理工程における設備

c 汚泥消化設備

【対策名】機械攪拌式の導入による汚泥消化タンク攪拌機の動力低減

【概要】

本技術は、消化タンク上部に設置された駆動装置、フレームおよび攪拌軸に上下二段に配置された攪拌羽根で構成された攪拌機である。攪拌羽根は、FRP製の後退翼型である。この攪拌羽根を低速で回転することにより、低動力で効率よく消化タンク内を攪拌できる。さらに、上部攪拌羽根の下向流によりスカム層の形成を防止可能である。また、駆動装置が消化タンク外の上部に設置されていることにより、維持管理が容易である。



【導入効果等の例】

次の条件下で、消化タンク内で所定の攪拌能力（安定した消化運転で、適正な消化率40～60%）が得られる。

① 消化タンク内汚泥濃度：2.5 % 以下

② 消化タンク容量と消費動力

- ・消化タンク容量2,200m³以下において、消費動力1.5 kW以下（従来技術であるスクレーパー式攪拌機の場合、7.5kW以下）
- ・消化タンク容量3,300m³以下において、消費動力2.2 kW以下（従来技術であるスクレーパー式攪拌機の場合、18.5kW以下）
- ・消化タンク容量6,000m³以下において、消費動力3.7 kW以下（従来技術であるスクレーパー式攪拌機の場合、30kW以下）

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、建設技術審査証明（下水道技術）報告書（第1404号）、インペラ式消化タンク攪拌機（2015/3）

⑭設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

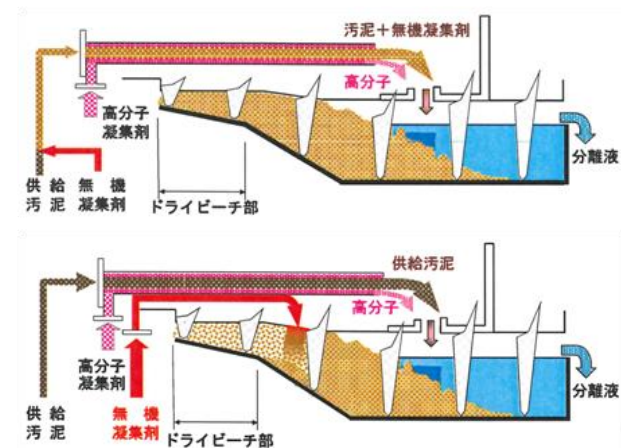
ウ 汚泥処理工程における設備

d 汚泥脱水設備

【対策名】低含水率脱水設備の導入（機内二液調質型遠心脱水機）

【概要】

本技術は、これまでの標準型、高効率型等の遠心脱水機と同様に、高速回転による遠心力（遠心効果1,500～2,500G程度）を利用して、脱水機内部に投入された汚泥中の固形物を短時間に固液分離するものである。無機凝集剤（ポリ硫酸第二鉄）を汚泥の改質を目的として汚泥供給ラインに添加していた従来の二液調質に対し、本技術では、遠心脱水機ボウル内部のドライビーチ部に無機凝集剤を添加する機構とした。ボウル内で固液分離の進んだ一次脱水汚泥に無機凝集剤を添加し、遠心力で分散・浸透・混合させることで脱水に効率よく利用でき、ドライビーチ部で更に二次脱水される。



【導入効果等の例】

脱水汚泥含水率を従来の一液調質脱水よりも約7～10ポイント低減でき、含水率70%程度の粒状の脱水汚泥が得られ、脱水汚泥の発熱量は約2倍となる。その結果、焼却処理において補助燃料なしで炉出口排ガス温度800℃以上の燃焼が達成できる汚泥燃料となり、焼却システム内でのエネルギーが増加する。

従来型汚泥 (含水率80%) 低位発熱量: 1,700kJ/kg	20	対	80
	固形物		水分
低含水率汚泥 (含水率70%) 低位発熱量: 3,600kJ/kg	20	対	47
	固形物		水分

【出典・参考文献】

国土交通省国土技術政策総合研究所、B-DASH プロジェクト No.10 下水道バイオマスからの電力創造システム導入ガイドライン（案）、（2015/9）

⑮設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

ウ 汚泥処理工程における設備

d 汚泥脱水設備

【対策名】処理工程における機種特性を勘案した機械脱水装置の導入による動力低減

【概要】

〔ハイブリッド型圧入式スクリーンプレス脱水機〕本技術は濃縮部と脱水部が独立した構造となっており、濃縮部では単独での調整が可能となることで凝集汚泥の高濃度化が図られ、脱水部での汚泥の充填率が高まるとともに、脱水部を長くすることで脱水時間が延長され、それらの相乗効果により従来の高効率型圧入式スクリーンプレス脱水機より脱水性能の向上を図っている

〔高効率二軸スクリーンプレス脱水機〕高効率型二軸スクリーンプレス脱水機は、金属ろ材（パンチングメタル等）からなる外胴スクリーン、水平方向に上下平行に配列した2本のスクリーン、背圧プレスサ、駆動装置、洗浄装置、およびフロキュレータ（凝集混和槽）等から構成され、省エネルギーでありながら混合生汚泥はもとより消化汚泥等の難脱水性汚泥に対しても高い脱水性能を発揮できる脱水機である。

〔直胴型遠心脱水機〕本技術は、回転部がデカンタ型と異なる構造を持ち、直胴型のボウル部、およびケーキ排出部に設けた隙間構造部により特徴づけられる。そして、ボウルとスクリーンコンベヤの回転部が高速で回転することにより生じた遠心力で脱水を行うものである。

〔省エネ型遠心脱水機〕本技術は、従来型に比べコンベアの口径を小さくすることで、分離液排出半径を小さくすることによる省電力化が図った。また、分離液をボウル・コンベアの回転方向と逆方向に噴出させ、分離液の持つ運動エネルギーを回転エネルギーとしてリサイクルすることで、省電力化を実現した。加えて、軸受をグリス潤滑とすることで、オイル循環ユニットが不要となり、省電力化を実現した。

【導入効果等の例】

〔ハイブリッド型圧入式スクリーンプレス脱水機〕高効率型遠心脱水機と比較して、本技術のエネルギー消費量は20%程度であり焼却設備を含めた場合においても50～60%程度となり、CO2排出量は高効率型遠心脱水機の40～50%程度である。

〔高効率二軸スクリーンプレス脱水機〕高効率型遠心脱水機と比較して、本技術のエネルギー消費量は18～25%程度であり、CO2排出量は高効率型遠心脱水機の77～84%程度である。

〔直胴型遠心脱水機〕高効率型遠心脱水機と比較して、本技術のエネルギー消費量は53～59%程度であり、CO2排出量は高効率型遠心脱水機の79～87%程度である。

〔省エネ型遠心脱水機〕高効率型遠心脱水機と比較して、本技術のエネルギー消費量は47～73%程度であり、CO2排出量は高効率型遠心脱水機の65～89%程度である。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、省エネ型汚泥処理システムの構築に関する技術マニュアル（2016/3）

⑯設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

エ 汚泥焼却工程における設備

【対策名】汚泥の発熱量・含水率に合わせた燃焼用空気量の調整・温度管理のための自動制御システムの導入

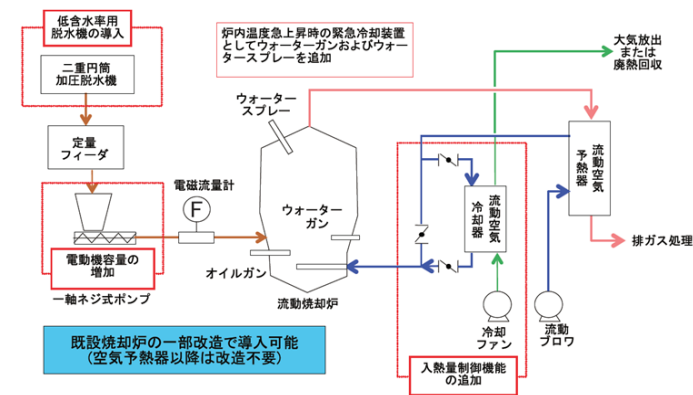
【概要】

脱水汚泥の処理方法として、汚泥減容化、安定化に有効な焼却処理が多くもちいられている。近年、地球温暖化ガスの一つである一酸化二窒素（N₂O）削減のため、燃焼温度の高温化が進められている。しかし、高温化のためには補助燃料が余分に必要となり、維持管理費が増大してしまう。また、脱水汚泥の含水率を下げることで補助燃料削減が可能となるが、含水率や汚泥性状の変動により、従来は安定燃焼が困難であった。このために、脱水～搬送～焼却を一体システムとして捉え、設備の再構築を図ることで、安定して汚泥の自然焼却ができるシステムが開発され、それぞれ次のプロセスが選定された。

①脱水設備：焼却炉で自然できる含水率まで汚泥を脱水し、含水率を一定範囲内にするため、圧入圧および薬注率を一定に制御する。

②搬送・流量測定設備：低含水率の汚泥を一軸ねじ式ポンプで定量圧送する。電磁流量計により脱水汚泥搬送量を監視し、焼却炉への供給量の制御にもちいる。

③焼却設備：自然燃焼を維持するために流動空気冷却器をもちいて流動空気温度を制御する。炉内が突発的に高温となった場合には、砂層へのウォーターガンおよびフリーボードへのウォータースプレーをもちいて水を供給し、炉内温度を低下させる。



【導入効果等の例】

某処理場（50t/日）におけるケーススタディの結果、年間維持管理費低減額▲約3千万円、年間地球温暖化ガス排出量▲約2,250t-CO₂の効果が見込まれた。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、下水汚泥自然焼却システム技術資料（2014/3）

⑰設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

エ 汚泥焼却工程における設備

【対策名】一酸化二窒素の排出量が少ない焼却炉への更新

【概要】

①ガス化炉：乾燥炉で乾燥させた下水汚泥（脱水汚泥）をガス化炉にて、還元雰囲気下（低酸素状態）で熱分解し、 N_2O 生成要因物質である NO の生成を抑制しながら熱分解ガス（水素・メタン・一酸化炭素）を抽出し、温室効果ガスの発生を抑制する技術である。また、高温の熱分解ガスをガス化炉内の汚泥乾燥機の熱源として再使用するとともに、ガス精製設備によって熱分解ガスを調質し、ガスエンジン発電機の燃料として活用する。ガスエンジン発電によって発電された電力は施設内の電力として使用する。

②過給式流動燃焼システム：過給式汚泥焼却炉で脱水汚泥を燃焼し、その燃焼排ガスで過給機（ターボチャージャー）のタービン側の羽根を回転させ、その回転力をコンプレッサー側の羽根に伝達することで圧縮空気を生成し、それを焼却炉へ送り込み、焼却炉内の圧力を高めることで、高効率の燃焼を可能にしたシステムである。汚泥中の水分が蒸発するときのボリュウム増加エネルギーを含んだ排ガスが過給機の駆動源となっている。

③階段式ストーカ炉：乾燥汚泥を焼却することにより炉内温度を $900^{\circ}C$ 以上の高温にし、 N_2O を熱分解する技術である。脱水汚泥を乾燥する熱源は、炉と一体化している廃熱ボイラで廃ガスより熱回収しており、炉本体だけでなく乾燥機を含めた焼却システムで N_2O を削減している。炉の内面は水管構造で熱吸収を行なうため耐熱性が高く、主灰は炉の端部より排出され排ガス中のダスト濃度は流動炉に比べて大幅に低い。ため、 $900^{\circ}C$ 以上の高温燃焼が可能である。

【導入効果等の例】

①ガス化炉

某処理場での性能評価の結果、含水率 76%，可燃分 86%，高位発熱量 20,300 KJ/kg の汚泥が投入された場合、100t/日、330 日運転の 2,075t- CO_2 /年の性能目標値に対して、1,896t- CO_2 /年の性能であった。

②過給式

従来の流動焼却炉と比べると、電力、補助燃料、汚泥由来の CO_2 排出量を大幅に抑制でき、温室効果ガス排出量を約 40%削減することができる。

③階段式ストーカ炉

$900^{\circ}C$ 以上の通常運転時であれば、おおむね従来の気泡式流動炉に比べて 10 分の 1 程度まで N_2O 排出係数の低減が可能である。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、2011 年度下水道新技術研究所年報
第 6 回（平成 25 年度）国土交通大臣賞＜循環のみち下水道賞＞パンフレット
一般社団法人日本産業機械工業会、第 41 回優秀環境装置表彰事業（結果報告）
公益財団法人日本下水道新技術機構、汚泥焼却炉からの N_2O 削減に関する技術資料（2012/3）

⑱設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

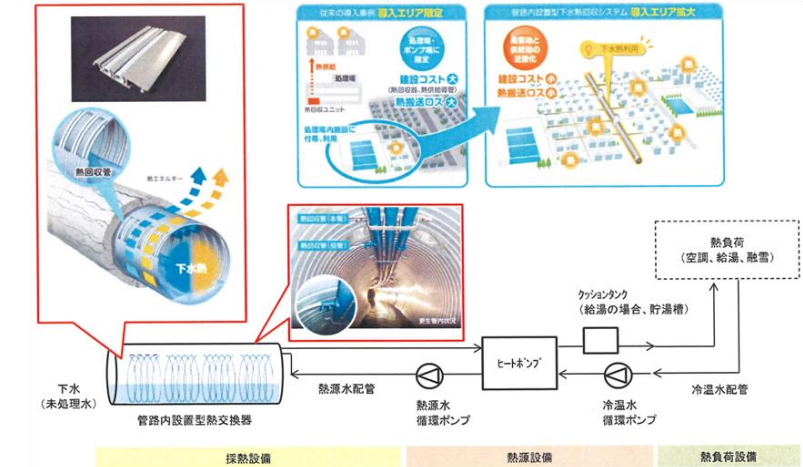
カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）

a 下水熱利用設備

【対策名】下水の温度差エネルギーの利用

【概要】

本技術は、再熱設備、熱源設備および熱負荷設備で構成されるシステム（下水熱利用システム）である。下水温度は、年間を通じて安定しており、夏場は外気温度より低く、冬場は高いという特性がある。そのため下水と外気の温度差を活用し、ヒートポンプを組み合わせてることにより、回収された下水熱は、冷暖房等の熱源として高効率で利用することができる。本システムの利用用途としては、空調、給湯および融雪がある。



【導入効果等の例】

東京における 100kW 規模、500kW 規模の 2 ケースを想定し、空調モデルおよび給湯モデルにて本技術の評価した結果、利用規模 1kW あたりのエネルギー消費量および温室効果ガス排出量は下表のとおりとなった。

	空調		給湯	
	100kW	500kW	100kW	500kW
エネルギー消費量 [kWh/kW・年]	787.4	730.5	2,333	2,198
温室効果ガス排出量 [t- CO_2 /kW・年]	0.54	0.50	1.60	1.51

【出典・参考文献】

国土交通省国土技術政策総合研究所、B-DASH プロジェクト No.5 管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用導入ガイドライン（案），（2014/8）

⑭設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）

b 消化ガス有効利用設備

【対策名】 消化ガス発電システムの導入 【概要】 一般に、消化ガス発電技術には、大きく分けて3つの方式（ガスエンジン、ガスタービン、燃料電池）がある。ガスタービンは大容量であるが発電効率が低く、燃料電池は発電効率が高く、ガスエンジンは小容量から大容量まで様々な機種があり、発電効率も容量に応じて変化する。 一般に、ガスエンジンの発電効率は 28～33%、熱利用を含めた総合効率は約 75～85%、マイクロガスタービンでは、発電効率は 25%程度、総合効率は 75%程度、燃料電池では、発電効率は 38%程度、総合効率は 78%程度とされる。 【導入効果等の例】 消化槽が既設の処理場に消化ガス発電を導入する場合のケーススタディによると、購入電力量の削減に伴う温室効果ガス削減効果は、処理場規模が 20,000m³/日の場合 545t-CO₂/年、50,000m³/日の場合 1,576t-CO₂/年、100,000m³/日の場合 2,568～3,204t-CO₂/年と試算された。 【出典・参考文献】 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版- (H27.3) 公益財団法人日本下水道新技術機構、下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアル (2011/3)	
---	--

⑯設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）

b 消化ガス有効利用設備

【対策名】 下水汚泥及び生ごみ等地域のバイオマスとの混合消化による消化ガスの増量 【概要】 バイオマスは、受入・前処理設備で異物を除去されたのち、下水処理工程から発生した濃縮汚泥と一緒に消化タンクへ投入する。得られた消化ガスの利用は、要求されるガス精製レベルが低く設備投資も安価な焼却炉補助燃料や燃料化設備等での使用を優先し、残りのガスは発電設備（熱回収有り）に利用する。発電によって得られた電気は処理場内等で使用し、熱は消化タンクの加温に使用することが想定される。なお、最適な有効利用方法は自治体の状況（周辺施設等）によって異なると考えられるため、個別に検討する必要がある。 【導入効果等の例】 人口が約 9.5 万人の C 市を対象に地域バイオマス受入の検討を行なった結果、温室効果ガスの削減効果は、約 1,540t-CO₂ と試算された。 【出典・参考文献】 公益財団法人日本下水道新技術機構、下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアル (2011/3)	
--	--

②設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

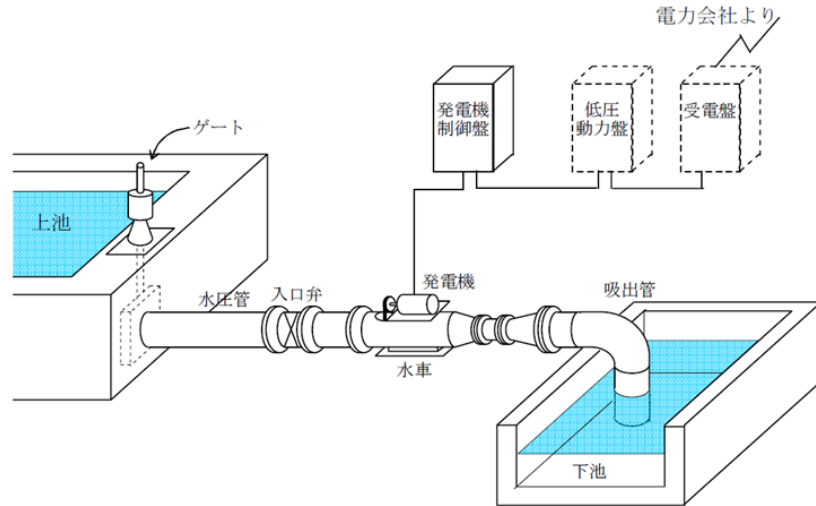
カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）

e 水圧の有効利用設備

【対策名】水落差エネルギー活用設備の導入（小水力発電）

【概要】

小水力発電は一般の水力発電と同様に流水の持つ位置エネルギー、運動エネルギー、圧力エネルギーを水車によって回転の運動エネルギーに変換し、発電機を回転させて電力を得るものである。一般の水力発電と異なり、大規模な土木施設を必要としないことを特徴としている。その運用に際しては、温室効果ガスの排出はない。特に、水量の安定した下水処理施設を対象とした場合は、昼夜を問わず安定した電力を得ることができる



【導入効果等の例】

放流部に有効落差 4m の落差が存在し、年平均 65,200 m³/日 (0.75 m³/s) の流量を利用できる処理場を想定したケーススタディによると、年間発電電力量は 180.5MWh/年と試算された。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、下水道における新エネルギー技術の導入・評価に関する技術資料（2007/3）

②設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）

d 焼却炉廃熱有効利用設備

【対策名】焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機

【概要】

上記発電機は従来比較的多量の蒸気が必要とする蒸気タービン方式のみであったが、近年低圧・少量の蒸気により発電が可能なスクリュ式小型蒸気発電機や蒸気バイナリー発電機が商品化されたことから、タービン発電方式に必要な蒸気量が得られない規模においても蒸気発電機による発電が可能となった。また、下水処理場は潤沢な処理水を冷却水として使用し、上記発電機の排気蒸気を水冷にて復水化することができるため、消費電力が多い空冷式と比較して、利用可能な電力量が多くなるといった特徴を有しており、蒸気発電機を導入する上で適した条件であるといえる。



スクリュ式小型発電機は、少量の低圧蒸気で発電が可能であることから、低圧・少量の蒸気が得られる焼却炉の規模（概ね 10t-DS/日以上の中規模処理場）の蒸気発電に適する。本発電機は減圧機能を持たせつつ発電を行なうものであり、ボイラーで発生させて蒸気を減圧弁で減圧してからプロセスに利用しているようなケースに適している。また、他の熱利用設備（乾燥機、予熱器等）との組み合わせも可能である。

バイナリー発電とは、加熱源より沸点の低い作動媒体を加熱・蒸発させて、蒸発した作動媒体でタービンを回し発電する方式である。加熱源系統と媒体系統の 2 つの熱サイクルを利用して発電することから、バイナリー発電と呼ばれている。

【導入効果等の例】

低含水率化技術である機内二液調質型遠心脱水機、エネルギー回収技術である革新型階段炉＋廃熱ボイラーおよびエネルギー変換技術である蒸気発電機の組み合わせによる下水道バイオマスからの電力創造システムによるエネルギー消費量・創出量は右表のとおり。

費目		使用量	消費量 (GJ/年)
電 気	消費電力（脱水）	491MWh/年	4,657
	消費電力（焼却・発電）	1,184MWh/年	11,227
	小計	1,675MWh/年	15,883
補助燃料（A 重油）		2.4kL/年	92
合計（エネルギー消費量）			15,975
発電電力（エネルギー創出量）		-2,402MWh/年	-22,782
合計：正味のエネルギー創出量（創エネルギー量）			-6,806

【出典・参考文献】

国土交通省国土技術政策総合研究所、B-DASH プロジェクト No.10 下水道バイオマスからの電力創造システム導入ガイドライン（案）、（2015/9）

②設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）

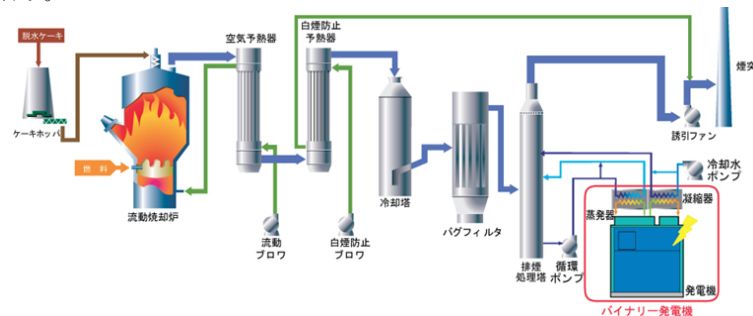
d 焼却炉廃熱有効利用設備

【対策名】 焼却炉廃熱を活用したバイナリー発電機

【概要】

バイナリー発電は、従来有効利用が困難であった未利用の低位排熱エネルギーから発電を行うことができる技術である。バイナリー発電機は、数 kW 級の出力の小型機から数 MW 級の出力の大型機まで開発されており、その中でも、一定の条件を満足する小型機は、電気事業法の「小型バイナリー発電設備への規制緩和」により、下水処理場等への導入が容易となっている。

下水污泥焼却施設には一般的に排ガス処理設備として、湿式の排煙処理塔が設置されている。そこで、焼却排ガスの排熱により通常 70℃以上で運転されている排煙処理塔循環水を加熱源として、排煙処理塔冷却水を冷却源として利用してバイナリー発電を行う。



【導入効果等の例】

(1) 消費電力の削減効果

未利用エネルギーを利用し、かつ、プロセス上必須となる排煙処理塔循環水ポンプおよび排煙処理塔冷却水ポンプをバイナリー発電設備への送水に利用するため、発電で得られた電力がそのまま施設の消費電力の節減に寄与する。バイナリー発電システムを適用した場合についての設備の消費電力節減の試算を行った結果、消費電力の削減率は、おおむね 10%前後となった。

(2) 温室効果ガスの削減効果

バイナリー発電システムは、従来、排煙処理塔から排温水として未利用のまま排出されていた低位のエネルギーを利用するため、バイナリー発電システムを付加しても、焼却炉で使用する補助燃料使用量は増加しない。よって、電力由来の温室効果ガス排出量の削減が、設備全体の温室効果ガスの削減となる。50t/日で 106t-CO₂/年、100t/日で 134t-CO₂/年、200t/日で 269t-CO₂/年削減できる試算結果となっている。

【出典・参考文献】

公益財団法人日本下水道新技術機構、下水処理場における小型バイナリー発電の導入マニュアル（2014/3）

④設備の選択に係わる解説

(2) 温室効果ガスの排出の抑制等に係る措置

① 温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択

カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）

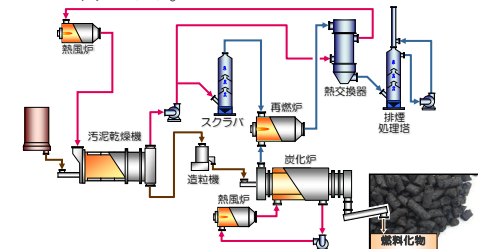
c 下水污泥固形燃料化設備

【対策名】 下水污泥固形燃料化設備の導入

【概要】

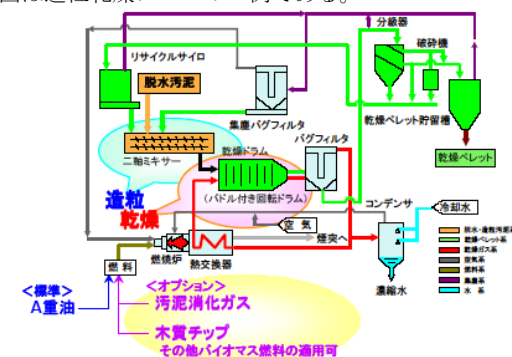
①汚泥炭化技術

無酸素状態で下水污泥を加熱することにより、污泥中に含まれる分解ガス（乾溜ガス：生成ガスやタール、水分等）を放出させ、污泥を熱分解させて燃料化污泥を製造する。一般に炭化温度によって低温炭化、中温炭化および高温炭化に分類される。下図は低温炭化フローの一例である。



②汚泥乾燥技術

乾燥プロセスによって造粒乾燥、油温減圧式乾燥、改質乾燥および表面固化乾燥に分類される。下図は造粒乾燥フローの一例である。



【導入効果等の例】

導入事例では、低温炭化施設の導入により、N₂O 発生量が少ないため、従来の燃焼方式と比較して年間約 2,900t-CO₂、火力発電所において年間 3,400t-CO₂、合計 6,300t-CO₂の温室効果ガス発生量を削減。

【出典・参考文献】

国土交通省水管理・国土保全局下水道部、下水污泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版-（2015/3）

温室効果ガス排出量計算シート（実績値、全国平均値、対策目安値）
（エネルギー起源二酸化炭素分）

基本情報

処理水量	千m ³ /年
処理方式	（処理方式を選択）
電力の排出係数	

※ご使用の電力排出係数をご入力下さい。

1. 実績値の算出

各処理場の有するデータを基に、以下の活動量（電力消費量、処理水量等）を整理（黄塗部を入力）し、温室効果ガス排出係数を乗じて合計する。

活動量(年間)			排出係数		排出量	
電力	千kWh	×	0	t-CO ₂ /千kWh	=	0.000 t-CO ₂
特A重油	kL	×	2.71	t-CO ₂ /kl	=	0.000 t-CO ₂
A重油	kL	×	2.71	t-CO ₂ /kl	=	0.000 t-CO ₂
灯油	kL	×	2.49	t-CO ₂ /kl	=	0.000 t-CO ₂
軽油	kL	×	2.58	t-CO ₂ /kl	=	0.000 t-CO ₂
ガソリン	kL	×	2.32	t-CO ₂ /kl	=	0.000 t-CO ₂
都市ガス	千Nm ³	×	2.23	t-CO ₂ /千Nm ³	=	0.000 t-CO ₂
プロパンガス	t	×	3.00	t-CO ₂ /t	=	0.000 t-CO ₂
コークス	t	×	3.17	t-CO ₂ /t	=	0.000 t-CO ₂
その他燃料	kL	×	3.00	t-CO ₂ /kl	=	0.000 t-CO ₂
合計					=	0.000 t-CO ₂

処理水量当たり温室効果ガス排出量

	t-CO ₂	÷	千m ³	=	t-CO ₂ /千m ³
--	-------------------	---	-----------------	---	------------------------------------

2. 全国平均値の算出

各処理場に相当する参考値を算出。

○日平均処理水量

処理水量	千m ³	÷	365	日	=	m ³ /日
------	-----------------	---	-----	---	---	-------------------

○流入BOD

流入BOD	mg/L
-------	------

○流入量比率

現有処理能力	m ³ /日
--------	-------------------

	m ³ /日	÷		m ³ /日	=	
--	-------------------	---	--	-------------------	---	--

○全国平均算出（処理方式を選択）

	目安値の係数	係数2			
処理水量		×	m ³ /日(対数)	=	
流入BOD		×	mg/L(対数)	=	
流入量比率		×	(対数)	=	
N ₂ O・CH ₄				=	
Ln(処理水量当たりの温室効果ガス排出量)					

処理水量当たりの温室効果ガス排出量目安(参考値)	t-CO ₂ /千m ³
--------------------------	------------------------------------

3. 代表的な対策を講じることによる対策目安値の算出

各処理場に相当する代表的な対策を講じることによる目安を算出する。

	係数	係数2			
処理水量		×	m ³ /日(対数)	=	
流入BOD		×	mg/L(対数)	=	
流入量比率		×	(対数)	=	
N ₂ O・CH ₄				=	
Ln(処理水量当たりの温室効果ガス排出量)					

処理水量当たりの温室効果ガス排出量目安(代表的な対策)	t-CO ₂ /千m ³
-----------------------------	------------------------------------

4. その他の対策を講じることによる排出量削減見込み量の算出
(個別の対策の内容に応じた計算値を入力)

対策メニュー(大項目)を選択						
対策メニュー(中項目)を選択						
既存設備名	既存設備名を入力					
新規設備名	新規設備名を入力					
燃料種	活動量(年間)		排出係数			排出量
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
既存設備排出量計						t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
新規設備排出量計						t-CO ₂
削減量						0.000 t-CO ₂

対策メニュー(大項目)を選択						
対策メニュー(中項目)を選択						
既存設備名	既存設備名を入力					
新規設備名	新規設備名を入力					
燃料種	活動量(年間)		排出係数			排出量
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
既存設備排出量計						t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
新規設備排出量計						t-CO ₂
削減量						0.000 t-CO ₂

対策メニュー(大項目)を選択						
対策メニュー(中項目)を選択						
既存設備名	既存設備名を入力					
新規設備名	新規設備名を入力					
燃料種	活動量(年間)		排出係数			排出量
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
既存設備排出量計						t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
新規設備排出量計						t-CO ₂
削減量						0.000 t-CO ₂

対策メニュー(大項目)を選択						
対策メニュー(中項目)を選択						
既存設備名	既存設備名を入力					
新規設備名	新規設備名を入力					
燃料種	活動量(年間)		排出係数			排出量
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
既存設備排出量計						t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
新規設備排出量計						t-CO ₂
削減量						0.000 t-CO ₂

対策メニュー(大項目)を選択						
対策メニュー(中項目)を選択						
既存設備名	既存設備名を入力					
新規設備名	新規設備名を入力					
燃料種	活動量(年間)		排出係数			排出量
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(既存設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
既存設備排出量計						t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
(新規設備: 燃料種を選択)		×	t-CO ₂ /千m ³	=		t-CO ₂
新規設備排出量計						t-CO ₂
削減量						0.000 t-CO ₂

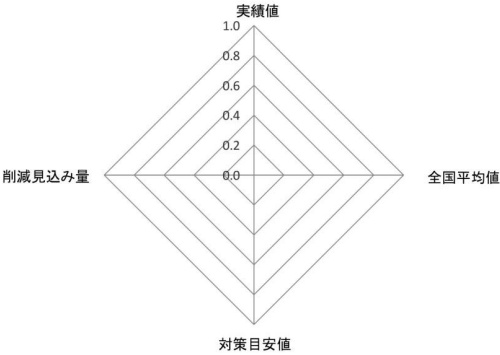
処理水量当たり温室効果ガス排出量削減見込み量

	t-CO ₂ ÷		千m ³	=		t-CO ₂ /千m ³
--	---------------------	--	-----------------	---	--	------------------------------------

全国平均値の回帰式の定式化の手順

5. 実績値と目安値の比較
1～3の算出より、この処理場における値は

実績値	t-CO ₂ /千m ³
全国平均値	t-CO ₂ /千m ³
対策目安値	t-CO ₂ /千m ³
削減見込み量	t-CO ₂ /千m ³



次頁以降に、全国平均値の算定式の各係数の算出過程を示す。

現状を表す近似線は、先行研究を踏まえ、処理水量当たり CO₂ 排出量（t-CO₂）の常用対数を被説明変数とし、日平均処理水量（m³/日）、流入 BOD（mg/L）、流入量比率（日平均処理水量/現有施設能力）の常用対数を説明変数候補として重回帰分析を行っている。

t 値の絶対値が 2 以上である変数を有意とし、有意とした変数間の相関分析により相関係数の絶対値が 0.7 以上の説明変数候補の組合せがあれば、t 値が低い方を除くこととして定式化した。

①汚泥焼却有

多重回帰分析の結果、流入 BOD と流入量比率は t 値の絶対値が 2 に満たなかったため、除いた。

日平均処理水量を回帰分析した結果、t 値が 2 以上になったため、日平均処理水量を説明変数とする関数を定式化した。

②標準法

多重回帰分析の結果、流入 BOD は t 値の絶対値が 1.959 と、ほぼ 2 に近いため、除かなかった。

相関分析の結果、相関係数の絶対値が 0.7 に満たなかったため、日平均処理量、流入 BOD、流入比率を説明変数とする関数を定式化した。

③高度処理

多重回帰分析の結果、流入 BOD は t 値の絶対値が 2 に満たなかったため、除いた。
また、相関分析した結果、流入量比率と日平均処理水量の相関係数がほぼ 0.7 となったため、t 値の低い流入量比率を除いた。

日平均処理水量を回帰分析した結果、t 値が 2 以上になったため、日平均処理水量を説明変数とする関数を定式化した。

④OD 法

多重回帰分析の結果、流入 BOD は t 値の絶対値が 2 に満たなかったため、除いた。
日平均処理水量と流入量比率を重回帰分析した結果、t 値が 2 以上になったため、日平均処理水量と流入比率を説明変数とする関数を定式化した。

重回帰分析結果【汚泥焼却有】

(処理水量当たりの排出量)【汚泥焼却有】

処理場数 92

<多重重回帰分析結果>

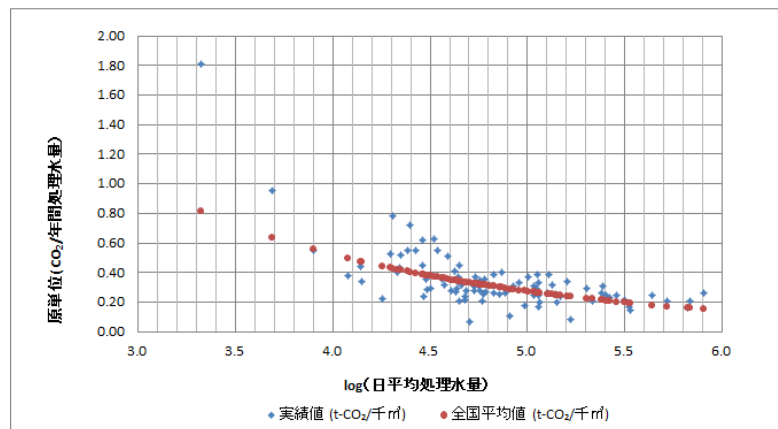
	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.868	0.278	3.125	0.002
日平均処理水量	-0.283	0.043	-6.627	0.000
流入 BOD	-0.010	0.055	-0.188	0.852
流入量比率	-0.026	0.177	-0.148	0.883

<相関分析結果>

	日平均処理水量	流入 BOD	流入量比率
日平均処理水量	1		
流入 BOD	-0.440	1	
流入量比率	0.408	-0.278	1

<t 値が有意な係数のみで実施した回帰分析結果>

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.846	0.173	4.877	0.000
日平均処理水量	-0.282	0.036	-7.881	0.000



重回帰分析結果【標準法】

(処理水量当たりの排出量)【標準法】

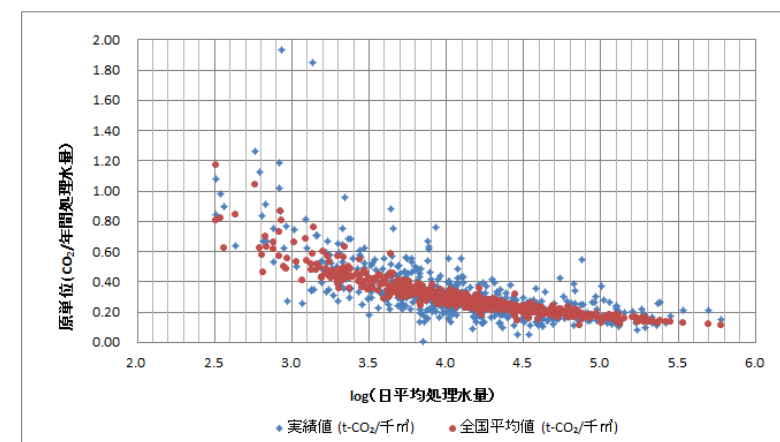
処理場数 562

<多重重回帰分析結果>

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.092	0.100	0.915	0.361
日平均処理水量	-0.208	0.014	-15.309	0.000
流入 BOD	0.059	0.030	1.959	0.051
流入量比率	-0.368	0.050	-7.328	0.000

<相関分析結果>

	日平均処理水量	流入 BOD	流入量比率
日平均処理水量	1		
流入 BOD	-0.298	1	
流入量比率	0.533	-0.179	1



重回帰分析結果【高度処理】

(処理水量当たりの排出量)【高度処理】

処理場数 89

<多重重回帰分析結果>

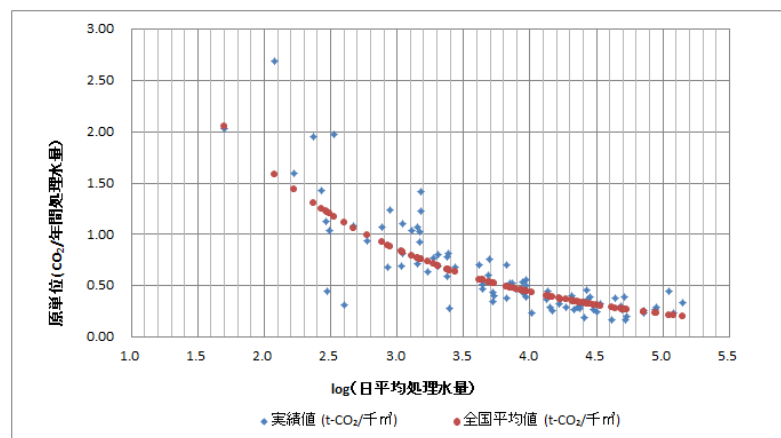
	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.263	0.207	1.274	0.206
日平均処理水量	-0.220	0.028	-7.940	0.000
流入 BOD	0.080	0.058	1.393	0.167
流入量比率	-0.321	0.092	-3.471	0.001

<相関分析結果>

	日平均処理水量	流入 BOD	流入量比率
日平均処理水量	1		
流入 BOD	-0.354	1	
流入量比率	0.697	-0.116	1

< t 値が有意な係数のみで実施した回帰分析結果>

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.811	0.075	10.866	0.000
日平均処理水量	-0.293	0.019	-15.072	0.000



重回帰分析結果【OD法】

(処理水量当たりの排出量)【OD法】

処理場数 902

<多重重回帰分析結果>

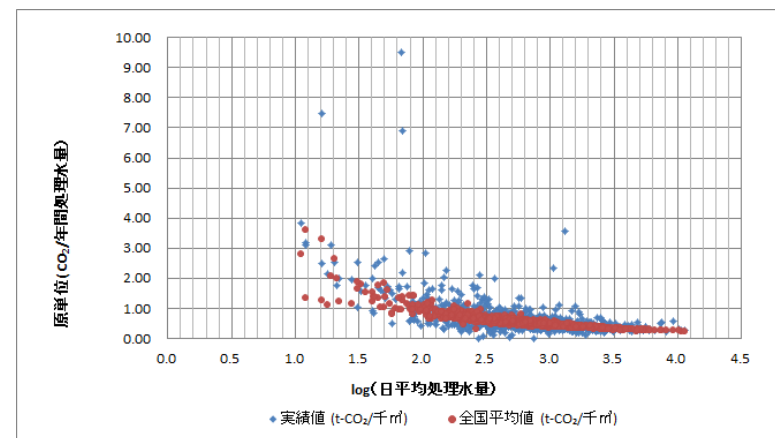
	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.210	0.087	2.423	0.016
日平均処理水量	-0.235	0.017	-14.140	0.000
流入 BOD	0.022	0.031	0.716	0.474
流入量比率	-0.302	0.035	-8.607	0.000

<相関分析結果>

	日平均処理水量	流入 BOD	流入量比率
日平均処理水量	1		
流入 BOD	0.140	1	
流入量比率	0.577	0.106	1

< t 値が有意な係数のみで実施した重回帰分析結果>

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	0.258	0.055	4.663	0.000
日平均処理水量	-0.234	0.017	-14.141	0.000
流入量比率	-0.302	0.035	-8.590	0.000



下水道における地球温暖化対策マニュアル

～ 下水道部門における温室効果ガス排出抑制等指針の解説 ～

平成 28 年 3 月（初版）

東京都千代田区霞が関 1－2－2

環境省地球環境局

地球温暖化対策課

TEL：03-3581-3351（代表）

03-5521-8355（直通）



東京都千代田区霞が関 2－1－3

国土交通省水管理・国土保全局

下水道部下水企画課

TEL：03-5253-8111（代表）

03-5253-8427（直通）



温室効果ガス排出抑制等指針ウェブサイト

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/>