

下水道における地球温暖化防止実行計画 策定の手引き（改訂案）

資料 4

下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き（改訂案）のポイント

1. 手引きの目的について

下水道事業における現状及び将来の温室効果ガス排出量の把握・推計を行うとともに、適切に目標を設定し、温室効果ガス排出量削減対策の選定・効果の評価を行い、今後の課題を考慮したうえで、下水道における地球温暖化防止実行計画を策定するための手引きである。

2. 改訂に当たっての基本的な考え方

現行手引きの普及、利用が進んでおり、既定の下水道実行計画への影響があることや、現行手引きの内容の充実度を考慮し、今回の改訂に当たっては現行手引きの枠組みを基本的に踏襲しつつ、温対法の改正や環境省マニュアルの改訂等を踏まえて、これを充実させていくこととする。

3. 本手引きの概要

第1章 総論

1.1 用語解説 【旧：用語の定義】

1.2 下水道実行計画の策定目的と効果 【旧：実行計画の策定目的と効果】

1.3 下水道実行計画の策定主体 【旧：実行計画の策定主体】

1.4 下水道実行計画の対象 【旧：実行計画の対象】

1.5 達成すべき目標

1.6 下水道関連計画との調整

1.7 関連部局との連絡調整

【旧 1.8 実行計画の見直しは6章に記載】

○下水道実行計画の対象範囲と地方公共団体実行計画との関係を明確にした。

○下水道実行計画の策定期間を示し、計画期間は5年程度を基本とするが、必要に応じて中長期的な目標の設定を行うものとした。

○数値目標については、温室効果ガスの総排出量の他、必要に応じて排出量原単位や、対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ものとした。

第2章 下水道実行計画の構成 【旧：下水道における地球温暖化防止実行計画の構成】

2.1 下水道実行計画の策定手順 【旧：地球温暖化防止実行計画の策定手順】

2.2 下水道実行計画の構成 【旧：下水道における地球温暖化防止実行計画構成】

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

3.2 温室効果ガス排出量の算定の基本的な考え方

3.3 電力、燃料等のエネルギー消費に伴う温室効果ガス排出量の把握

3.4 施設の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

【旧：下水処理場の処理プロセスからの温室効果ガス排出量の把握】

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

3.6 下水道資源の有効利用による温室効果ガス排出削減量の把握

○算定方法について、排出源別、温室効果ガスの種類別に具体的な計算例を記載した。

第4章 温室効果ガス総排出量の算定

4.1 温室効果ガス排出量の集計

4.2 現状の温室効果ガス総排出量の評価

【旧：温室効果ガスの総排出量と現状の温室効果ガス総排出量の評価をまとめた】

4.3 将来（対策なしの場合）の温室効果ガス排出量の推計

【旧：将来の温室効果ガス総排出量の推計】

○温室効果ガス総排出量の集計について、具体的な計算例を記載した。

○排出源別の排出割合による評価に加え、排出量原単位の経年変化による評価の方法等を追加した。

第5章 地球温暖化防止対策

5.1 地球温暖化防止対策の着眼点

【旧：5.2 地球温暖化対策の事前評価 他項と統合】

5.2 電力、燃料等のエネルギー消費に伴って排出される温室効果ガスの削減対策

【旧：エネルギー消費に伴って排出される温室効果ガスの削減対策】

5.3 施設の運転に伴う処理プロセスから排出される温室効果ガスの削減対策

【旧：処理プロセスから排出される温室効果ガスの削減対策】

5.4 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガスの削減

5.5 下水道資源の有効利用による温室効果ガスの抑制効果等の促進

【旧：下水道資源の有効利用による温室効果ガスの削減】

参考：温室効果ガス排出量削減対策の例 **【事例を追加】**

○先進的な取り組み事例を紹介し排出源別の削減対策の具体事例を充実させた。

第6章 下水道実行計画の推進

6.1 下水道実行計画の策定と実施 【旧：下水道における地球温暖化防止実行計画の推進】

6.2 下水道実行計画の点検と評価 【追加 記載を充実】

6.3 下水道実行計画の見直し 【追加 記載を充実】

○PDCAの観点から、下水道実行計画の実施、点検・評価、見直しに関する記載を充実させた。

4. 手引き改訂に関する委員会意見への反映内容

| | 委員会における意見等 | 今回案への反映 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 下水汚泥の燃料化，再生水利用，リン回収（海外からの運搬に伴うCO ₂ 排出量の削減）などは，下水道施設に範囲を限定してしまうと温室効果ガス削減効果を説明しにくい，視野を広く取り，下水道分野における温室効果ガス削減の取り組みとして評価できるよう検討すべきである。 | 下水道資源の有効利用による排出量の削減については、本手引きの対象としている（P6 など）。ただし、リン回収や再生水利用については、その効果の定量化が現状では難しいことから、p44で例2，例3として定性的な効果を記載している。 |
| 2 | 再生水の路面などへの散水利用についても，数値的な評価は難しいが温暖化対策としての効果を有することを示すべき。 | 上記ただし書きと同様。 |
| 3 | 再生水利用，雨水浸透対策などについても温暖化防止対策としての効果を有するものであることを明示すべきではないか。 | |
| 4 | 建設も含んだライフサイクル全般にわたる評価と対策も検討すべきではないか。 | |
| 5 | 中小都市における普及整備の進展，大都市における改築更新需要の高まりを考慮すると LCCO ₂ の面から目標設定と対策について記載することも必要ではないか。 | 現行手引きに引き続き、改訂案でも建設段階は対象外とするが、P7でその重要性や今後の検討課題である旨を記載。 |
| 6 | 処理水量の伸びや高度処理の導入，逆に節水意識の高まりに伴う流入水量の減少などにも配慮した目標設定の手法を検討する必要がある。 | P9で、排出量原単位その他、対策を講じなかった場合との比較による数値的な目標設定について記載。 |

| | 委員会における意見等 | 今回案への反映 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | 現状の5年間の計画では現有の設備の中での対策が中心となり、下水汚泥の固形燃料化やその他バイオマスの受け入れによる消化ガス発電のような施策が盛り込みにくい。 | 地方公共団体実行計画が5年を基本(環境省マニュアル)としていることから、計画期間は「5年」程度を基本とするが、必要に応じて中長期的な目標の設定(20年程度)を行うものとした(p9)。 |
| 8 | 下水道事業では設備の改築更新を含めて長期的な視点から取り組みがなされており、温暖化対策の面からも20年あるいは30年といった長期的な見通しを踏まえて立案することも検討すべきではないか。 | |
| 9 | 手引きの改訂に当たっては、個々の温暖化防止対策について、メリットだけでなくデメリットも記載すべきである。 | 「環境負荷削減とCO ₂ 削減がトレードオフとなる場合がある(普及率促進や処理の高度化で汚濁負荷は削減されるが、処理に要するエネルギー量は増加)ことを十分考慮する」との内容を記載。(p10, 42) |
| 10 | 閉鎖性水域の水質改善は遅れていることから、合流式下水道改善や高度処理の導入は不可欠であり、書きぶりに配慮が必要。 | p10~11にかけて記載。 |
| 11 | 温室効果ガスの総排出量に関する目標の設定を基本とするが、それ以外の方法(例:単位処理水量あたりの温室効果ガス排出量についての目標設定など)についても示すべきではないか。 | p9~11で原単位での目標設定, p41で対策を講じなかった場合と比べての目標設定の考え方を記載。 |
| 12 | 下水道実行計画と地方公共団体実行計画における対策の範囲の違いをより分かりやすくすることが必要ではないか。 | p11にて「地方公共団体の実行計画の一部を構成する要素」として明記し, p12にて位置づけの違いを図示している。 |

| | 委員会における意見等 | 今回案への反映 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | 環境省マニュアルも踏まえ、P・D・C・Aの観点から計画策定後の運用、点検・評価、見直しに関する内容の充実が必要ではないか。 | p14でPDCAサイクルの確立が重要と記載。6章にPDCAの観点から、実施、点検・評価、見直しに関して記載。 |
| 14 | 各都市における計画の例を示すなど、具体的に参考となる例を示すべきではないか。 | p22～30で計算例の提示、p53～61で対策例の提示を行っている。 |
| 15 | 高度処理（硝化過程、脱窒過程）におけるN ₂ Oの排出については、現行手引きでは記載していないが、改訂に当たっては検討対象とすべきである。 | P27で下水の処理に伴うN ₂ Oの排出係数や排出量の計算例を追加（現行手引きでは記載なし）。ただし、現行の政令、算定省令では高度処理の有無によらず排出係数は同じであることから、実測等による排出係数の使用ができることを記載。 なお、水処理施設の運転状況により、排出量が異なることの調査事例について紹介（p50～51）。 |
| 16 | 直投式ディスポーザーの導入等により下水汚泥以外のその他バイオマスを受け入れた場合、下水道だけで見ると温室効果ガスは増えるが、自治体全体では減少する場合もある。これをどのように取り扱うか検討が必要。 | P42で考慮する観点の例として記載。 |
| 17 | 逆に、燃焼の高度化は、温室効果ガス削減だけでなく、ダイオキシンの排出抑制効果もあるのだから、このような参考情報についても記載すべきである。 | P43で、例1として記載。 |
| 18 | 水処理プロセスからのN ₂ O排出を抑制しても、放流先で放出される場合もある。高度処理により処理場で放出させる方が、トータルでは排出量が減る場合もあることに留意する必要がある。 | P51で今後の研究課題としている。 |

| | 委員会における意見等 | 今回案への反映 |
|----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 19 | 下水道施設におけるエネルギー消費に関するデータをより積極的に公開することにより、民間企業の技術開発を促進させることも検討すべきである。 | P63 の 6. 1 の解説で、協力体制を構築・維持し、様々な情報公開により、さらなる技術開発が期待される旨を記載。 |
| 20 | 下水汚泥の固形燃料化の推進には下水道事業者だけでなく民間をはじめとした需要者側の協力が不可欠である。 | |
| 21 | 放流先の状況に応じた処理水質の設定や道路側溝を活用した管きよ整備等の効果について記載できないか。 | 温室効果ガス削減の観点のみから下水処理のレベルを下げることは適切ではない。 建設段階におけるCO ₂ 削減については、今後の検討課題。 |

下水道における地球温暖化防止実行計画
策定の手引き（改訂案）

平成 20 年 10 月

目次

| | |
|----------------------------------------|----|
| 第1章 総論 | 1 |
| 1.1 用語解説 | 1 |
| 1.2 下水道実行計画の策定目的と効果 | 4 |
| 1.3 下水道実行計画の策定主体 | 5 |
| 1.4 下水道実行計画の対象 | 6 |
| 1.5 達成すべき目標 | 9 |
| 1.6 下水道関連計画との調整 | 11 |
| 1.7 関連部局との連絡調整 | 11 |
| 第2章 下水道実行計画の構成 | 13 |
| 2.1 下水道実行計画の策定手順 | 13 |
| 2.2 下水道実行計画の構成 | 15 |
| 第3章 温室効果ガスの排出源と排出量の把握 | 16 |
| 3.1 温室効果ガスの排出源 | 16 |
| 3.2 温室効果ガス排出量の算定の基本的な考え方 | 18 |
| 3.3 電力、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 | 19 |
| 3.4 下水処理場の処理プロセスからの温室効果ガス排出量の把握 | 26 |
| 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 | 29 |
| 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 | 30 |
| 第4章 温室効果ガス総排出量の算定 | 34 |
| 4.1 温室効果ガス排出量の集計 | 34 |
| 4.2 現状の温室効果ガス総排出量の評価 | 35 |
| 4.2.1 温室効果ガス排出量の排出割合の検討 | 35 |
| 4.2.2 温室効果ガス排出量原単位による評価 | 36 |
| 4.2.3 エネルギー消費原単位による評価 | 38 |
| 4.3 将来（未施策）の温室効果ガス排出量の推計 | 40 |
| 第5章 地球温暖化防止対策 | 42 |
| 5.1 地球温暖化防止対策の着眼点 | 42 |
| 5.2 電力、燃料等のエネルギー消費に伴って排出される温室効果ガスの削減対策 | 44 |
| 5.3 処理プロセスから排出される温室効果ガスの削減対策 | 49 |
| 5.4 上・工水、薬品類の消費に伴う温室効果ガスの削減 | 51 |
| 5.5 下水道資源の有効利用による温室効果ガスの抑制効果等の促進 | 52 |
| 参考：温室効果ガス排出量削減対策の例 | 53 |

| | |
|------------------------|----|
| 第 6 章 下水道実行計画の推進..... | 63 |
| 6.1 下水道実行計画の推進..... | 63 |
| 6.2 下水道実行計画の点検と評価..... | 63 |
| 6.3 下水道実行計画の見直し..... | 65 |

第1章 総論

1.1 用語解説

本手引きで用いる主な用語は、温対法による定義を原則とする。

【解説】

本手引きにおいては、地球温暖化対策の推進に関する法律（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。

日射エネルギーの約7割は、大気や地表面に吸収されて熱に変化し、地表面から放射される赤外線の一部は、大気中の温室効果ガスに適度に吸収されるため、地表を適度で安定した温度に保っている。しかし、人間活動により、大気中の温室効果ガスの濃度が急激に上昇し、温室効果ガスに吸収される赤外線が増加するため地表の温度が上昇する現象が生じ、1990年ごろから地球温暖化問題が国際的な重要課題といわれるようになった。

2) 温室効果ガス

温室効果ガスとは、京都議定書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」という。）
- 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。）

このうち、HFC及びPFCは物質群であり、政令において、HFC：13物質、PFC：7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（電力の場合、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21倍、N₂Oは310倍、フロン類（HFC、PFC、SF₆）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) | | 21 | 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以上を占め、廃棄物の埋立からも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) | | 310 | 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) | | 140～11,700 | 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) | | 6,500～9,200 | 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や、代替物質、技術への転換等 |
| 六ふっ化硫黄 (SF ₆) | | 23,900 | 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や代替物質、技術への転換等 |

※ 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。

6) 温室効果ガス総排出量

温室効果ガス総排出量とは、下水道実行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渇水被害の増加への対策（＝適応策）を含めるが、本手引きでは緩和策を対象とする。下水道における緩和策は、主として、省エネ対策、下水道の資源・エネルギーを活用した新エネ対策、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。

10) 下水道実行計画

下水道実行計画は、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り組み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。

なお、本手引きで使用する略称は以下の通りである。

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 107 号）

政令：地球温暖化対策の推進に関する法律政令（平成 11 年政令第 143 号）

算定省令：温室効果ガス算定排出量の報告等に関する命令（平成 18 年 3 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・環境省令第 1 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

1.2 下水道実行計画の策定目的と効果

下水道実行計画は、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うえ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要因が見込まれる事業である。

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を行うとともに、排出量削減対策の効果の評価を行い、今後の課題を考慮した上で、下水道実行計画策定を進めていかなければならない。

1) 下水道実行計画策定の目的

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、規模の大きい経済主体と考えられる。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。

すなわち、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によって、地域の温室効果ガスの実質的な排出抑制に寄与することが可能であり、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。

2) 下水道実行計画策定の効果

下水道実行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、事務経費の削減にもつながり、地球温暖化防止上の効果と経済効果を同時に達成する Win-Win に基づく取組ともいえる。

率先して下水道実行計画の策定・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。

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→実施→対策効果のチェック→新たな対策の策定と実行という周期（PDCA サイクル）を作り出すことが可能となる。

1.3 下水道実行計画の策定主体

下水道実行計画は、下水道管理者が策定する。

【解説】

下水道実行計画は、本手引きに基づいて下水道管理者が策定する。

1.4 下水道実行計画の対象

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、本手引きにおける地球温暖化対策は、施設運転時の温室効果ガス排出量の削減を図るものである。

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

本手引き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り組み。

- ① 電力、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り組みではないが、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6種類の温室効果ガスが規定されているが、このうちフロン系ガスについては、地方公共団体実行計画によるものとし、下水道実行計画では次の3種類の温室効果ガスを対象とする。

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

ただし、生物処理に伴う二酸化炭素、嫌気性消化工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対象に含まないものとする。

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 下水道処理場（場内ポンプ場、水処理施設、汚泥処理施設）
- 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。終末処理場におけるLCCO₂の算定例を図1-1及び図1-2に示す。終末処理場における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。

本手引きにおいては、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およびコントロールが現時点では困難であることから、下水道実行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、今後の検討が必要な分野である。

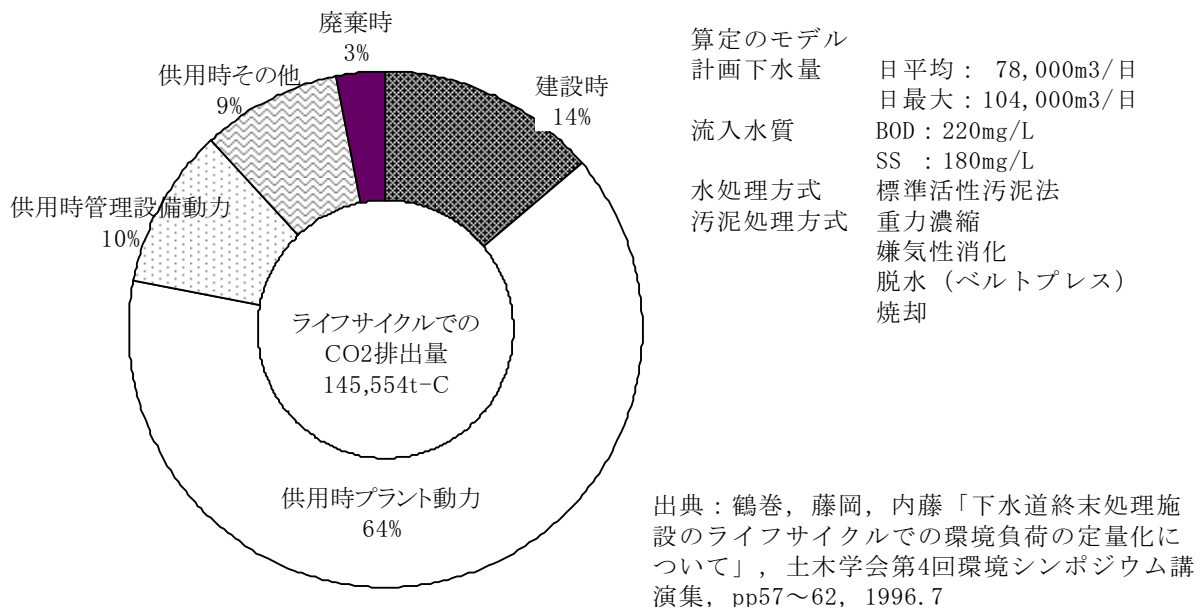


図 1-1 終末処理場における LCCO₂ の例

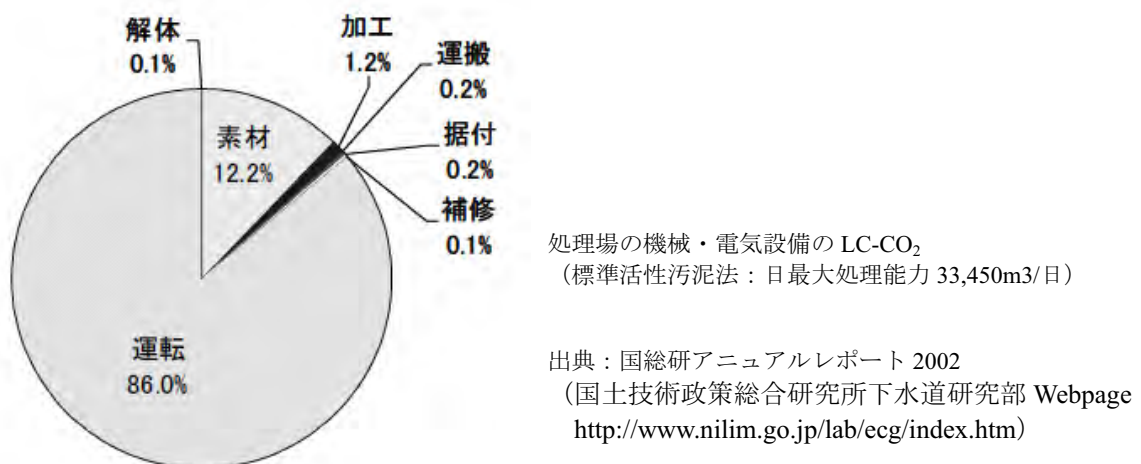


図 1-2 処理場設備の LCCO₂ 試算例

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6種類の温室効果ガスが規定されており、地方公共団体実行計画においては、6種類全てを対象とするものとしている。下水道実行計画においては、CO₂、CH₄、N₂O の3種類を対象とする。

- ・ 二酸化炭素 (CO₂)
 - ・ メタン (CH₄)
 - ・ 一酸化二窒素 (N₂O)
 - ・ ハイドロフルオロカーボン (HFC)
 - ・ パーフルオロカーボン (PFC)
 - ・ 六ふっか硫黄 (SF₆)
- } 下水道実行計画の対象
- } 地方公共団体実行計画に従う

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電力、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り組みではないが、社会全体でみて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。

下水道実行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 下水道実行計画の対象範囲

| 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電力、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出 | エネルギー起源の二酸化炭素 (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力の使用に伴う排出 ^{※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 |
| | 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 | | ・ 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 | | ・ 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：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。

2) 対象とする施設

下水道実行計画は、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）

3) その他

地方公共団体実行計画の範囲は、各地方公共団体が直接実施するものに限っており、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、下水処理や下水汚泥の処理処分の方法は下水道管理者が決定する権限を有していることから、委託先が実施するものであっても、下水道実行計画の対象範囲に含めることが望ましい。

また、下水道実行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どうしても困難な場合は、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 1-3 下水道実行計画の対象事業の考え方（例）

| 排出源 | 事業の実施主体 | 対象の考え方 |
|------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 終末処理場からの排出 | 直接管理 | 対象 |
| | 公社等へ委託 | 対象 |
| 下水道庁舎からの排出 | 下水道単独の庁舎 | 対象 |
| | 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、下水道実行計画における扱いを決定する。 |
| 脱水汚泥の埋め立て | 自ら処分 | 対象 |
| | 廃棄物処理業者へ委託 | 下水道実行計画に含めることが望ましい。 |
| 有効利用施設 | コンポスト会社へ委託 セメント工場持込 汚泥燃料を利用先へ搬入 PFI 事業として実施 など | |

1.5 達成すべき目標

下水道実行計画の基準年、期間、目標については、次のように定める。

1) 実行計画の基準年、期間

下水道実行計画の期間は、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目標の設定（20年程度）を行う。

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) 下水道実行計画の基準年、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実行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と調整を図り設定する。京都議定書の基準年である 1990 年に遡って策定を行い、1990 年を基準年とすることも可能である。

下水道実行計画の計画期間は 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、中長期的な目標の設定（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

下水道実行計画に示す取組（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、下水道実行計画の点検・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、下水道実行計画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。

表 1-4 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量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量的な目標を定める。 b.総排出量に関する数量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量的な目標を設定（逆算）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量的な目標を定める。 |

- 目標年度：2009 年度（平成 21 年度）
- 削減量：1990 年度（平成 2 年度）比で 6%以上削減



（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 2004」）

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

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，対策を講じなかった場合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。

1.6 下水道関連計画との調整

下水道実行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】

下水道実行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，各施設の更新計画にあわせ，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。

- ・ 流域別下水道整備総合計画
- ・ 都道府県構想
- ・ 雨水対策に関する構想
- ・ バイオソリッド利用基本計画
- ・ 事業計画
- ・ 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。

1.7 関連部局との連絡調整


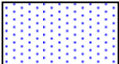
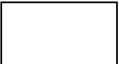
下水道実行計画の策定にあたっては，地方公共団体実行計画との整合や下水道事業の役割を明確にするとともに，適切な評価を行い，施策を持続させるためにも庁内の検討組織に積極的に参画し，関連部局との調整を図らなければならない。


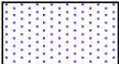
【解説】


下水道実行計画は，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。


【参考】下水道分野における対策としての下水道実行計画と地方公共団体
実行計画上の位置付け


| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>エネルギー消費に伴って排出される温室効果ガスの削減 (3. 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気、燃料の使用に伴うCO₂の排出 | <p>処理プロセスから排出される温室効果ガスの削減 (3. 4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>※汚泥の焼却・埋立を産廃業者に委託する場合を除く。</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・汚泥のコンポスト化に伴うCH₄の排出 <p>・汚泥処理の産廃業者等への委託 <区域内></p> <p>・汚泥処理の産廃業者等への委託 <区域外></p> | <p>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)</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・消毒剤の消費量の削減 | <p>下水道資源の有効利用による温室効果ガスの削減 (3. 6)</p> <p>【下水道内部での利用】</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・消化ガスの場内利用 ・太陽光発電の場内利用 <p>【下水道外部での利用】(当該地方公共団体による利用)</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・消化ガスの市バス燃料としての利用 <p>(当該地方公共団体以外の者による利用)</p> <p><区域内></p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・消化ガスの区域内ガス会社への供給 <p>(当該地方公共団体以外の者による利用)</p> <p><区域外></p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・汚泥燃料の区域外電力会社への供給 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

 +  +  下水道実行計画において位置付けるべき範囲

 +  地方公共団体実行計画において位置付けるべき範囲
(都道府県、政令市、中核市、特例市)

 地方公共団体実行計画において位置付けるべき範囲(上記以外)

 算定・報告・公表制度※2の対象

※1  は地方公共団体自らの事務及び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り組みではないが、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取り組みであることから、下水道実行計画に位置付けるもの。ただし、必要に応じて地方公共団体実行計画に位置付けることは妨げられていない。

※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を自ら算定し、所管大臣へ報告することが義務付け。
- ・現行法では、エネルギーを年間原油換算で1,500kl以上消費している事業所等に対して義務付け(平成20年6月の法改正により、平成21年4月より報告対象者が拡大予定)。

第2章 下水道実行計画の構成

2.1 下水道実行計画の策定手順

下水道実行計画は、次の手順にて策定する。

- 1) 目標の設定
- 2) 現状の温室効果ガス排出量の算定・評価、将来（対策なしの場合）の温室効果ガス排出量の推定
- 3) 今後の温暖化対策の選定
- 4) 対策による削減量の予測
- 5) 下水道実行計画進捗状況の点検

【解説】

下水道実行計画は、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) 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（1.5 参照）。

- #### 2) 現状の温室効果ガス排出量の算定・評価、将来（対策なしの場合）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（第3章参照）とともに、対策を講じなかった場合の目標年度における温室効果ガス排出量を推定する（第4章参照）。

3) 今後の温暖化対策の選定

現状の温室効果ガス排出量の算定・評価結果から排出状況を把握し、実効性の高いと考えられる地球温暖化対策を選定する（第5章参照）。

4) 対策による削減量の予測

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（算定方法は第3章参照）。

5) 下水道実行計画進捗状況の点検

下水道実行計画対策後、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実行計画を見直す（第6章参照）。

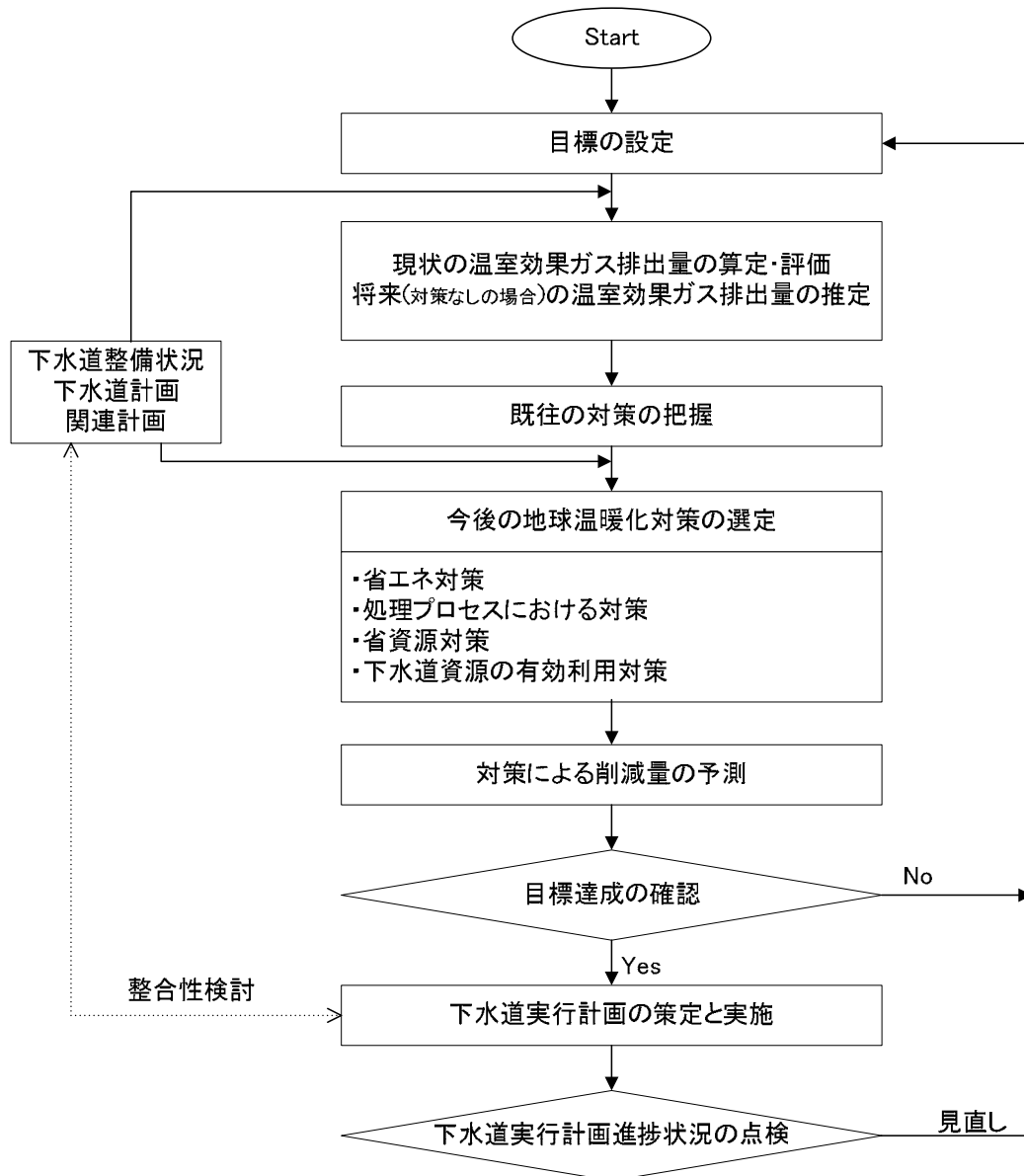


図 2-1 下水道実行計画策定の基本フロー

なお，下水道実行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挙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，下水道実行計画の策定及び実施，実施状況の把握を行い，実施状況を鑑みながら，PDCA サイクルを確立することが重要である。

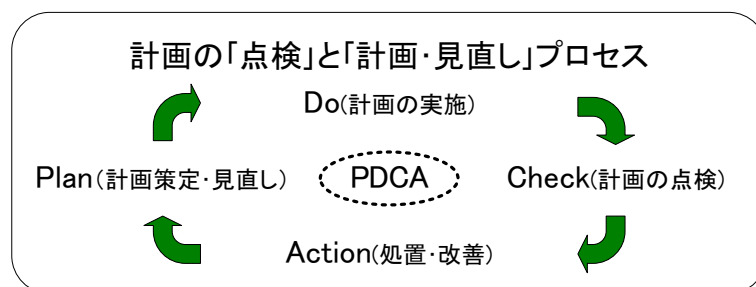


図 2-2 PDCA サイクルの概念

2.2 下水道実行計画の構成

下水道実行計画は、次に示す構成を基本とする。

- 1) 下水道実行計画の期間
- 2) 現状及び将来（対策なしの場合）の温室効果ガス排出量
- 3) 下水道実行計画の目標
- 4) 具体的取り組み
- 5) 下水道実行計画の推進に関する事項

【解説】

下水道実行計画は次に示す構成を基本に策定し、実行計画の推進を着実に実施するものとする。

1) 下水道実行計画の期間（第1章を参照）

下水道実行計画の範囲と位置づけを明確化し、計画の期間、目標年度を記載する。

2) 現状及び将来(対策なしの場合)の温室効果ガス排出量(第3章及び第4章を参照)

3) 下水道実行計画の目標(第1章を参照)

下水道実行計画の目標年度における数量的な目標を記載する。

4) 具体的取り組み(第5章を参照)

1.4 1) ①～④の区分ごとに具体的な対策を記載する。

5) 下水道実行計画の推進に関する事項(第6章を参照)

下水道実行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、現状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。

下水道実行計画において対象とする温室効果ガスは、次の4区分を基本とする。

- 1) 電力、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】

下水道実行計画において対象とする温室効果ガスの主な区分を示す。

表 3-1 下水道実行計画における温室効果ガスの主な排出の区分

| 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電力、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) | — | ※ | ※ | 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) 電力、燃料等のエネルギー消費に伴う排出

下水道施設の供用における電力、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。

さらに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。

ただし、自ら発電して使用した電力や、電気・燃料起因以外の熱（焼却炉廃熱など）は対象とならない。ここで、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。

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 CH_4 、 N_2O や、汚泥焼却によって発生する CH_4 、 N_2O 、埋立地への脱水汚泥等の埋め立て処分によって発生する CH_4 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。

下水処理における温室効果ガスの生成のうち、 CH_4 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 CH_4 が発生する可能性が高い。

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、 N_2O 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¹や、汚泥の乾燥等のプロセスにおいても、 CH_4 や N_2O が発生していると推測されるが、政令において排出係数の設定は行われていない。下水道実行計画においては、必要に応じて実測等により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

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、 CO_2 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、処理場で消費される電力、燃料等のエネルギー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

下水熱や消化ガス、汚泥燃料の利用、空間利用としての新エネルギー（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、他事業者の温室効果ガス排出量や、下水道施設における電力や燃料等を削減できる。

ただし、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)の電力、燃料等のエネルギー消費に伴う排出として反映されているため、改めて算定する必要はないが、他事業者が利用しているものについては削減量として算定する。

¹ 日本国が作成している温室効果ガスインベントリにおいては、汚泥のコンポスト化も対象に含まれており、検討会報告書にその排出係数も示されている。

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。

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| | = | <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; display: inline-block;">活動量</div> | × | <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; display: inline-block;">排出係数</div> | |
| 電気の使用に伴う 二酸化炭素の排出量 (kg-CO ₂ /年) | | 電気の年間使用量 (kWh/年) | | 電気1kWhあたりの 二酸化炭素排出量 (0.555kg-CO ₂ /kWh) | |
| 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 (0.0189kg-C/MJ) | × C→CO ₂ 換算 (44/12) |
| <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> 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 (0.00088kg-CH ₄ /m ³) | |
| <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> Σ : メタンの排出量(kg-CH ₄ /年) | | | | | |

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、汚泥の焼却に伴う 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・算出省令に示される係数にかえて、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）。

3.3 電力、燃料等のエネルギー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力、燃料等のエネルギー消費による温室効果ガスの排出量の算定を行う。

【解説】

1) 電力、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、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 | 政令※ |
|----------------------------|------------|---------------|---------------------------|-----|
| 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 |
| | 電氣の使用に伴う排出 | | 他人から供給された電氣(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 | ボイラー | 木材、木炭を燃料とするボイラー | 2号イ |
| | | ガス機関またはガソリン機関 | 定置式のガス、ガソリン機関 | 2号ロ |
| | | 家庭用機器(コンロ等) | コンロ等の家庭用機器 | 2号ハ |
| | 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 | 木材、木炭、B重油、C重油を燃料とするボイラー | 3号イ |
| | | ディーゼル機関 | 定置式のディーゼル機関 | 3号ロ |
| | | ガス機関またはガソリン機関 | 定置式のガス、ガソリン機関 | 3号ハ |
| | | 家庭用機器(コンロ等) | コンロ等の家庭用機器 | 3号ニ |
| | 自動車の走行 | 管理用自動車 | 3号ホ | |
| その他 | | | その他、人の活動に伴い発生するもの | |

※ 政令：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の排出係数を表 3-3 に示す。

電氣に関しては、算定・報告・公表制度において、一般電氣事業者と特定規模電氣事業者² (PPS) 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、省令で定める数値より小さい係数については公表することとしている。この公表された係数を使用することが望ましいが、聴取等により個別事業者別の係数が自ら把握できる場合には、その値を用いることもできる。

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、参考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。

表に示された数値は、いずれも全国の平均的な数値であり、実際に使用した燃料、電氣、熱の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

² 平成 11 年度の改正電氣事業法（平成 12 年 3 月 21 日施行）により新たに認められた事業として、電氣の小売自由化の対象需要家に電力会社の電線路を使って又は自営線を敷設して電氣を供給している事業者。

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 | 単位発熱量 (GJ/単位) | 炭素排出係数 (t-C/GJ) | CO ₂ 排出係数 (t-CO ₂ /単位) | 備考 | |
|-------------|-------------|------------------|--------------------|-------------------------------------------------|-------|---------------------------|
| 燃 料 | A重油 | kL | 39.1 | 0.0189 | 2.71 | 特A重油含む |
| | B・C重油 | kL | 41.7 | 0.0195 | 2.98 | 特B重油含む |
| | 灯油 | kL | 36.7 | 0.0185 | 2.49 | |
| | 軽油 | kL | 38.2 | 0.0187 | 2.62 | |
| | ガソリン | kL | 34.6 | 0.0183 | 2.32 | |
| | LPG(液化石油ガス) | t | 50.2 | 0.0163 | 3.00 | プロパンガス |
| | LNG(液化天然ガス) | t | 54.5 | 0.0135 | 2.70 | |
| | 都市ガス | 千Nm ³ | 41.1 | 0.0138 | 2.08 | |
| | 天然ガス(国産) | 千Nm ³ | 40.9 | 0.0139 | 2.08 | |
| | 一般炭 | t | 26.6 | 0.0247 | 2.41 | |
| | コークス | t | 30.1 | 0.0294 | 3.24 | |
| | (参考)LPG | 千Nm ³ | 103.9 | 0.0163 | 6.21 | 2.07m ³ /kgと仮定 |
| | (参考)都市ガス | 千m ³ | 39.7 | 0.0138 | 2.01 | 15℃,1.02気圧 |
| 他人から供給された電気 | 千kWh | | | 0.555 | (平均値) | |
| (昼間) | 千kWh | | | | | |
| (夜間) | 千kWh | | | | | |
| 他人から供給された熱 | GJ | | | 0.057 | (平均値) | |

・燃料のCO₂排出係数は、参考値(単位発熱量×炭素排出係数×44/12)

・エネルギー使用量の原油換算は、発熱量(GJ)×0.0258(kl/GJ)で算出できる

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 (°C)、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°C、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°C、1.02 気圧) に換算した値の両方を示している。

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/faq/faq1.html)。

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。

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の場合は、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。

電気：単位発熱量は、省エネ法改定パンフレット (財団法人 省エネルギーセンター) より引用。

排出係数は、全国的な平均値 (政令) であり、事業者ごとの値を把握し、使用することが望ましい。

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・C重油 | kL | 41.7 | — | — | 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・C重油 | kL | 41.7 | — | — | 0.000000078 | 0.0000033 | |
| | LPG | t | 50.2 | — | — | 0.000000078 | 0.0000039 | |
| | 都市ガス | 千Nm ³ | 41.1 | — | — | 0.000000078 | 0.0000032 | |
| | 天然ガス | 千Nm ³ | 40.9 | — | — | 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 | — | — | 0.0000017 | 0.000066 | |
| | B・C重油 | kL | 41.7 | — | — | 0.0000017 | 0.000071 | |
| | 灯油 | kL | 36.7 | — | — | 0.0000017 | 0.000062 | |
| | 軽油 | kL | 38.2 | — | — | 0.0000017 | 0.000065 | |
| | LPG | t | 50.2 | — | — | 0.0000017 | 0.000085 | |
| | 都市ガス | 千Nm ³ | 41.1 | — | — | 0.0000017 | 0.000070 | |
| | 天然ガス | 千Nm ³ | 40.9 | — | — | 0.0000017 | 0.000070 | |
| | その他 | | | — | — | 0.0000017 | | 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・C重油 | kL | 41.7 | 0.000054 | 0.0023 | 0.00000062 | 0.000026 | |
| | 灯油 | kL | 36.7 | 0.000054 | 0.0020 | 0.00000062 | 0.000023 | |
| | 軽油 | kL | 38.2 | 0.000054 | 0.0021 | 0.00000062 | 0.000024 | |
| | ガソリン | kL | 34.6 | 0.000054 | 0.0019 | 0.00000062 | 0.000021 | |
| | LPG | t | 50.2 | 0.000054 | 0.0027 | 0.00000062 | 0.000031 | |
| | 都市ガス | 千Nm ³ | 41.1 | 0.000054 | 0.0022 | 0.00000062 | 0.000025 | |
| | 天然ガス | 千Nm ³ | 40.9 | 0.000054 | 0.0022 | 0.00000062 | 0.000025 | |
| | その他 | | | 0.000054 | | 0.00000062 | | 液体・気体燃料 |
| こんろ ・湯沸し ・ストーブ等 | 灯油 | kL | 36.7 | 0.0000095 | 0.00035 | 0.00000057 | 0.000021 | |
| | LPG | t | 50.2 | 0.0000045 | 0.00023 | 0.00000009 | 0.0000045 | |
| | 都市ガス | 千Nm ³ | 41.1 | 0.0000045 | 0.00018 | 0.00000009 | 0.0000037 | |
| | 一般炭 | t | 26.6 | 0.00029 | 0.0077 | 0.0000013 | 0.000035 | |
| | コークス | t | 30.1 | 0.00029 | 0.0087 | 0.0000013 | 0.000039 | |

※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・LPG | 普通・小型乗用車(定員10名以下) | 0.00000010 | 0.00000029 |
| | 乗用車(定員11名以上) | 0.00000035 | 0.00000041 |
| ガソリン | 軽乗用車 | 0.00000010 | 0.00000022 |
| | 普通貨物車 | 0.00000035 | 0.00000039 |
| | 小型貨物車 | 0.00000015 | 0.00000026 |
| | 軽貨物車 | 0.00000011 | 0.00000022 |
| | 特種用途車 | 0.00000035 | 0.00000035 |
| 軽油 | 普通・小型乗用車(定員10名以下) | 0.000000020 | 0.00000007 |
| | 乗用車(定員11名以上) | 0.00000017 | 0.00000025 |
| | 普通貨物車 | 0.00000015 | 0.00000014 |
| | 小型貨物車 | 0.000000076 | 0.00000009 |
| | 特種用途車 | 0.00000013 | 0.00000025 |
| CNG | 小型貨物車(及び乗用・軽乗用・軽貨物) | 0.000000084 | 0.00000002 |
| | 普通貨物車 | 0.00000037 | 0.00000013 |
| | 特種用途車 | 0.00000041 | 0.00000015 |

※CNG車は, 「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果」より引用

2) 活動量(電力, 燃料等のエネルギー消費量)の把握と排出量の算定

<他人から供給された電気の使用>

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。

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。通常は、一般電気事業者(いわゆる9電力会社及び沖縄電力)からの電気の供給を受けていると思われるが、一部、特定規模電気事業者(PPS)等からの電力供給が含まれていることも考えられる。各社別の排出係数については、算定省令に定める値を下回るものを環境大臣・経済産業大臣において公表することとされており、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://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/>)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、電力使用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。電力使用量の内訳の把握は、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-CO₂) = 電気使用量 (千 kWh) × 排出係数 (t-CO₂/千 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・算出省令で定められた値である 0.555 t-CO₂/千 kWh (H18 改定政令の値) を一般的に使用できる排出係数として用いることができる。(政令の改正に伴い、排出係数も変化するので留意する)

計算例

場内ポンプ : 520 千 kWh × 0.555 t-CO₂/千 kWh = 289 t-CO₂

水処理 : 1,770 千 kWh × 0.555 t-CO₂/千 kWh = 982 t-CO₂

汚泥処理 : 970 千 kWh × 0.555 t-CO₂/千 kWh = 538 t-CO₂

【自ら発電した電力の使用】

下水道事業においては、消化ガス発電、非常用自家発電、風力発電等、自ら発電を行っている場合もある。自らが発電した電力³の使用に関しては、算定の対象にはならないが、発電に燃料等を用いている場合、その当該区分での排出量算定の対象となる。

³ 地方公共団体の別の部局で発電を行っている場合、その電力の使用は「地方公共団体実行計画」では排出量算定の対象とはならない。「下水道実行計画」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、電力使用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。

また、その発電による効果等について評価を行うためには、当該発電に関する排出係数の把握や、全体の電力使用量に対する割合の把握などを行うことが望ましい。排出係数の算定は次式で求められる。

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

二酸化炭素排出量 (t-CO₂) は、水力、風力等自然エネルギーを用いて発電している場合はゼロとみなすことができる。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ことができる。

<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⁴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。

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。

<エンジン等における燃料の消費>

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。

①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。

②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

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。

た際に排出される N₂O を算定する。CH₄は排出されていないものとする。

③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ガス機関またはガソリン機関で燃料を使用した際に排出される CH₄，N₂O を算定する。

④家庭用（業務用）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 CH₄，N₂O 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。

<自動車の走行>

自動車の走行に伴い排出される CH₄，N₂O 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・報告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（全体の 0.01%以下）と考えられる。

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。

①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。

②電気自動車

電気自動車については，走行形態上，CH₄，N₂O 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。

③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（検討会報告書参照）を用いることもできる。

④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。
 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。

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>【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)</p> <p>ここで，燃料使用量 (GJ) = 燃料使用量 (t,kL,千 Nm³,千 m³) × 単位発熱量 (GJ/ t,kL,千 Nm³,千 m³) 排出係数，単位発熱量は，表 3-3 に示すとおり</p> |
| <p>【エンジン等における燃料の消費に伴う CH₄, N₂O 排出量の算定】 排出量 (t-CH₄) = 燃料消費量 (GJ) × 排出係数 (t-CH₄/GJ) 排出量 (t-N₂O) = 燃料消費量 (GJ) × 排出係数 (t-N₂O/GJ)</p> |
| <p>【自動車の走行に伴う CH₄, N₂O 排出量の算定】 排出量 (t-CH₄) = 総走行距離 (km) × 排出係数 (t-CH₄/km) 排出量 (t-N₂O) = 総走行距離 (km) × 排出係数 (t-N₂O/km)</p> |
| <p>計算例 <燃料の使用量> A 重油 ボイラー：4,500 L ディーゼル機関（ポンプ，自家発）2,200 L ガソリン 自動車（普通乗用車）：500 L <燃料使用料（J 換算）> A 重油（ボイラー）：4.5kL × 39.1GJ/kL = 175.95GJ A 重油（ディーゼル）：2.2 kL × 39.1GJ/kL = 86.02GJ ガソリン（自動車）：0.5kL × 34.6 GJ/kL = 17.3GJ <自動車の走行距離> 平均的な燃費 ⇒ 10km/L ⇒ 500L × 10km/L = 5,000km <CO₂ 排出量> A 重油：(175.95 + 86.02) GJ × 0.0189t-C/GJ × 44/12 = 18.2 t-CO₂ ガソリン：17.3 GJ × 0.0187t-C/GJ × 44/12 = 1.19 t-CO₂ ※熱量 (J) 換算を行わず，表 3-3 で算定した CO₂ 排出係数を利用しても良い <CH₄ 排出量> ボイラー，ディーゼル：排出なし 自動車の走行：5,000km × 0.00000010 t-CH₄/km = 0.0000500 t-CH₄ <N₂O 排出量> ボイラー：排出なし ディーゼル：2.2kL × 0.0000017 t-N₂O/GJ = 0.00000374 t-N₂O 自動車の走行：5,000km × 0.00000029 t-N₂O/km = 0.000145 t-N₂O</p> |

<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>

他人から供給された熱（燃料また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（燃料また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、“燃料また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-CO₂）＝熱使用量（GJ）×排出係数（t-CO₂/GJ）

排出係数：全国の平均的な値（政令・算定省令）として、0.057t-CO₂/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-CO₂/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-CO₂）

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：2,000GJ×0.057t-CO₂/GJ=114 t-CO₂

※通常、下水道事業では、他人から供給された熱（燃料または電気を熱源とするもの）の利用は無い。

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。

表 3-6 下水及び汚泥処理過程からの CH₄, N₂O 排出係数

| 活動の種類 | | CH ₄ 排出係数 | N ₂ O排出係数 | 備考 |
|--------|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|
| 下水の処理 | 終末処理場 | 0.00088 t-CH ₄ /千m ³ | 0.00016 t-N ₂ O/千m ³ | |
| | 浄化槽 | 0.00055 t-CH ₄ /人 | 0.000022 t-N ₂ O/人 | 注1) |
| | 単独浄化槽 | 0.00020 t-CH ₄ /人 | 0.000020 t-N ₂ O/人 | 注2) |
| | 合併浄化槽 | 0.0011 t-CH ₄ /人 | 0.000026 t-N ₂ O/人 | 〃 |
| | コミュプラ | 0.00020 t-CH ₄ /人 | 0.000039 t-N ₂ O/人 | 〃 |
| | 汲み取り | 0.00020 t-CH ₄ /人 | 0.000020 t-N ₂ O/人 | 〃 |
| 汚泥の焼却 | 高分子・流動炉(通常) | 0.0000097 t-CH ₄ /wet-t 注3) | 0.00151 t-N ₂ O/wet-t | 燃焼温度約800℃ |
| | 高分子・流動炉(高温) | | 0.000645 t-N ₂ O/wet-t | 燃焼温度約850℃ |
| | 高分子・多段炉 | | 0.000882 t-N ₂ O/wet-t | |
| | 石灰系 | | 0.000294 t-N ₂ O/wet-t | |
| | その他下水汚泥 | | 0.000882 t-N ₂ O/wet-t | |
| 汚泥の埋立 | (嫌気性) | 0.133 t-CH ₄ /ds-t | — | 注4) |
| | (準好気性) | 0.0667 t-CH ₄ /ds-t | — | 注5) |
| コンポスト化 | | 0.0040 t-CH ₄ /wet-t | 0.00030 t-N ₂ O/wet-t | 施設投入汚泥量,注6) |

注1政令では、浄化槽の種類を区別せず、一括した排出係数として提示している

注2:算定省令では、浄化槽の種類に応じた排出係数を提示している

注3:排出係数について、IPCCガイドラインでは吸気補正を行わないものとしている

0.0000097 t-CH₄/wet-t : 施行令, 算定省令 ←吸気補正排出係数

0.000014 t-CH₄/wet-t : 検討会報告書 ←インベントリで使用

吸気補正:実測調査結果より、大気中のCH₄濃度を補正して算定した係数

理論上は吸気補正を行うことが合理的であるが、インベントリでは国際的な取り決めに準じている

注4:埋立処分:11年間に埋立られた量に1/11を乗じた量

「算定・報告・公表制度」においてはH18.4.1以降に限る(実行計画制度では年次の制約はない)

「焼却されずに埋め立てされた量」をいい、乾燥汚泥、緑農地還元等を含む

注5:(準好気性)の排出係数は、検討会報告書より引用(政令・算定省令では区分なし)

注6:政令, 算定省令では排出係数設定なし, 表記数値は検討会報告書より引用

※その他, 木くず, 廃油等の焼却, ごみ固形燃料の使用に伴うCH₄, N₂O排出あり(算定省令参照)

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）によりその排出量も異なることが、既往の調査研究により示されている。政令、算定省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

終末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/m³)

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

下水処理量 8,000 千 m³/年 × 0.00016 t-N₂O/千 m³ = 1.28 t-N₂O

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、下水道実行計画においても、この排出係数を用いることができるほか、政令（第3条第2項）の規定に基づき、実測等により当該処理施設の排出係数を定めることができる場合には、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、燃焼に用いる空気中に既に 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、下水道実行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/t)

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

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

※高分子系汚泥、流動炉、炉内温度 850℃以上

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) = 下水汚泥量 (Ds-t) × 排出係数 (t-CH₄/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。過去 11 年間に埋立を行った総量に、1/11 を乗じた値とする。

排出係数は表 3-6 に示す。

計算例

埋立汚泥量 過去 11 年間で 14,000wet-t → 1,270 wet-t/年

1,270wet-t/年 (含水率 80%) ⇒ 254ds-t/年

254ds-t/年 × 0.133 t-CH₄/ds-t = 33.8 t-CH₄

※埋立地状況は嫌気性

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、この分解量を直接実測することができない。このため、排出量の算定においては、下水汚泥中の有機物は 11 年間で完全に分解されるものとして、直線近似として 11 年間で均等に分解されるものとし、過去 11 年間に埋め立てた汚泥総量に 1/11 を乗じた値を活動量とする。

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 を算定する。

【下水汚泥のコンポスト化処理に伴う CH₄ 排出量の算定】

排出量 (t-CH₄) = 下水汚泥量 (Wet-t) × 排出係数 (t-CH₄/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 1,500wet-t/年 × 0.0040 t-CH₄/wet = 6.0 t-CH₄

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、下水道実行計画においては、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

下水処理場およ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 | 0.320 t-CO ₂ /t |
| | 液体塩素 | 0.900 t-CO ₂ /t |
| | さらし粉(高度さらし粉) | 3.500 t-CO ₂ /t |
| | 高分子凝集剤(ポリマー) | 6.500 t-CO ₂ /t |
| | 界面活性剤 | 0.110 t-CO ₂ /万円 |
| | 塩化第二鉄 | 0.320 t-CO ₂ /t |
| | 消石灰 | 0.450 t-CO ₂ /t |
| | ポリ塩化アルミニウム | 0.410 t-CO ₂ /t |
| | 過酸化水素 | 3.900 t-CO ₂ /t |
| | 硫酸アルミニウム | 0.360 t-CO ₂ /t |
| 活性炭 | t-CO ₂ /t | |

※ 環境負荷は、LCA実務入門(産業環境管理協会)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)
 薬品種の()内は、LCA実務入門記載の品目名

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 3-7に示す。

計算例

上水使用 $1,400 \text{ m}^3/\text{年} \times 0.002 \text{ t-CO}_2/\text{m}^3 = 2.8 \text{ t-CO}_2$

次亜塩素酸ナトリウム $0.2 \text{ t/年} \times 0.32 \text{ t-CO}_2/\text{t} = 0.65 \text{ t-CO}_2$

高分子凝集剤 $0.8 \text{ t/年} \times 6.52 \text{ t-CO}_2/\text{t} = 5.22 \text{ t-CO}_2$

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, 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, 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。

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: $4,000 \text{ m}^3/\text{日} = 1,640 \text{ 千 m}^3/\text{年}$ の利用

消化ガス発熱量: $1,640 \text{ 千 m}^3 \times 22 \text{ GJ/千 m}^3 = 36,080 \text{ GJ}$

消化ガス発熱量: $20 \sim 25 \text{ MJ/m}^3 \text{N}$ → ここでは 22 MJ/m^3 (GJ/千 m³) と仮定

温室効果ガス排出削減量 (【重油換算】 $2.71 \text{ t-CO}_2/\text{kL}$)

消化ガス熱量の A 重油換算: $36,080 \text{ GJ} \div 39.1 \text{ GJ/kL} = 922.8 \text{ kL}$

温室効果ガス換算: $922.8 \text{ kL} \times 2.71 \text{ t-CO}_2/\text{kL} = 2,500 \text{ t-CO}_2$

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: $10,000 \text{ m}^2$ の場合

太陽電池出力(kW) = $1/15 \times \text{パネル設置面積}(\text{m}^2) + 5 = 1/15 \times 10,000 \text{ m}^2 + 5 = 672 \text{ kW}$

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)

= $672 \text{ kW} \times 63.6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{日} \div 1 \text{ kWh/m}^2 \times 0.7 \times 365 \text{ 日/年} \div 618,000 \text{ kWh/年}$

温室効果ガス排出削減量 (【電力換算】 $0.555 \text{ t-CO}_2/\text{千 kWh}$)

$618 \text{ 千 kWh} \times 0.555 \text{ t-CO}_2/\text{千 kWh} = 343 \text{ t-CO}_2$

なお, 出力算定, 係数は, 下記資料を参照した

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 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

下水道資源の有効利用の形態としては、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、電力、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、現状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現状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 | |

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。

【参考】排出係数について

政令・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。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可能性があるため、下水道実行計画を策定する時点における最新の知見を十分に踏まえる必要がある。なお、政令、算定省令における排出係数は、検討会報告書が基本となっている。

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検討会報告書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：都市ガスを、13A、12A、P-13Aと区別して算定する場合

例2：埋立処分場の種類を区別して算定する場合（嫌気性と準好気性）

例3：有機性廃棄物のコンポスト化に関する算定を行う場合

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、下水道実行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⁶（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ことができる。排出係数は、個々の電力事業者ごとに電源が異なることから、その排出係

⁶ ここでの発熱量は、「高位発熱量」（総発熱量）を示す。

数も全国平均的な値とは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、省令で定める数値より小さい係数については年度ごとに公表することとしており、この数値を用いることが望ましい。

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 N_2O の発生については、政令より算定省令において、詳細な区分がなされ、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。下水道実行計画の期間中に、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 温室効果ガス総排出量の算定

4.1 温室効果ガス排出量の集計

下水道における温室効果ガス量を，対象物質（CO₂，CH₄，N₂O）ごとに地球温暖化係数を乗じて，その合計値である「総排出量」を求める。

【解説】

第3章で算出した現状の温室効果ガス排出量を活動・排出源の区分ごと，温室効果ガスの種類ごとに整理し，ガスの種類に応じて定められている地球温暖化係数（CH₄：21，N₂O：310）を乗じてCO₂換算値とし，その合計値としての総排出量を求める。

【温室効果ガス総排出量の算定】

総排出量（t-CO₂）＝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}

| | | | | |
|--------|------------------------|-----------|-----|------------------------|
| | | (地球温暖化係数) | | |
| 二酸化炭素 | (t-CO ₂ /年) | × 1 | = | (t-CO ₂ /年) |
| メタン | (t-CH ₄ /年) | × 21 | = | (t-CO ₂ /年) |
| 一酸化二窒素 | (t-N ₂ O/年) | × 310 | = | (t-CO ₂ /年) |
| | | | Σ : | 総排出量 |

表 4-1 下水道事業における総排出量の集計のイメージ

| 温室効果ガスの種類 地球温暖化係数 | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | 集計 (CO ₂ 換算) | 備考 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 対象とする活動 | 1 | 21 | 310 | | |
| ①電力、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 |
| 下水道実行計画における総排出量 | | | | ◎ | Σ①～④ |

- 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)
- ◎ CO₂換算として集計

表 4-2 下水道事業における総排出量の集計の例

| 温室効果ガスの種類 対象とする活動 | 温室効果ガス排出量 | | | CO ₂ 換算(数値は地球温暖化係数) | | | 排出量 (CO ₂ 換算値) (t-CO ₂ /年) | 参照ページ |
|------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|
| | CO ₂ (t-CO ₂ /年) | CH ₄ (t-CH ₄ /年) | N ₂ O (t-N ₂ O/年) | CO ₂ 1 (t-CO ₂ /年) | CH ₄ 21 (t-CO ₂ /年) | N ₂ O 310 (t-CO ₂ /年) | | |
| ①電力、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 | | | | | | | | |
| 場内ポンプ | 289 | - | - | 289 | | | 289 | p22 |
| 水処理 | 982 | - | - | 982 | | | 982 | |
| 汚泥処理 | 538 | - | - | 538 | | | 538 | |
| b)他人から供給された熱の使用 | - | - | - | | | | | |
| c)燃料の燃焼, 燃料の使用 | | | | | | | | |
| A重油(ボイラー) | 18.2 | - | - | 18.2 | | | 18.0 | p25 |
| A重油(ディーゼル) | | - | 0.0000374 | | | 0.00116 | | |
| ガソリン(自動車) | 1.19 | - | - | 1.19 | | | 1.00 | |
| d)自動車の走行 | | 0.0000500 | 0.000145 | | 0.00105 | 0.0450 | 0.00 | |
| 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 | - | 7.04 | 1.28 | | 148 | 397 | 545 | p27 |
| 下水汚泥の処理処分 | | | | | | | | |
| 焼却 | - | 0.0922 | 6.13 | | 1.94 | 1,900 | 1,902 | p28 |
| 埋立処分 | - | 33.8 | - | | 710 | | 710 | p28 |
| コンポスト | - | 6.00 | - | | 126 | | 126 | p29 |
| ③上水, 工業用水, 薬品類の消費に伴う排出 | | | | | | | | |
| 上水 | 2.80 | - | - | 2.80 | | | 3.00 | p30 |
| 次亜塩素酸ナトリウム | 0.650 | - | - | 0.650 | | | 1.00 | |
| 高分子凝集剤 | 5.22 | - | - | 5.22 | | | 5.00 | |
| ④下水道資源の有効利用に伴う排出量の削減 | | | | | | | | |
| 消化ガス利用 | -2,500 | - | - | -2,500 | | | -2,500 | p30 |
| 太陽光発電 | -343 | - | - | -343 | | | -343 | |
| 総排出量 | | | | | | | 2,280 | |

※数値は、有効数値3桁で集計

4.2 現状の温室効果ガス総排出量の評価

現状における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とともに、排出量が多い処理プロセスを抽出し主な対策実施箇所を選定する。

【解説】

下水道実行計画策定においては、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。

温室効果ガス削減対策は、下水道事業として総合的に行う必要があるが、全国平均等と比較し排出量の多い箇所、対策の効果が効率的に得られると期待される箇所の選定を行い、重点的に実施する箇所とすることも有効である。

4.2.1 温室効果ガス排出量の排出割合の検討

現況における温室効果ガス排出量の集計結果に基づき、排出源別の排出割合の検討を行う。温室効果ガス排出量の削減は、排出割合の大きい排出源の抑制策を講じることが、全体の排出量削減に効果的であると考えられることができる。すなわち、温室効果ガス排出量の算定結果

を、排出抑制対策の順位付けを行う基礎資料とし、下水道実行計画はこれに基づいて策定する。

下水道事業における温室効果ガスの排出割合の例として、我が国の下水道事業全体における割合（下水道統計、平成18年度版より算出）を図4-1に示した。温室効果ガス排出量の割合は、処理フローによっても異なるが、一般的な処理フローにおける排出量割合の参考とみなすことができる。ただし、特に汚泥処理工程（汚泥の集約、汚泥焼却の有無や形式、汚泥埋め立ての有無等）により、排出量割合は大きく変化することに留意する。

一般的に、電力の使用に伴う排出量が大きく、その内水処理に起因する割合が概ね半分を占めている。また、焼却による N_2O 排出、埋立による CH_4 排出の割合も大きく、次いで、下水処理に伴う N_2O 、 CH_4 の排出となっている。

これらのことから、下水道事業における温室効果ガス排出量抑制対策は、処理場における省エネルギー化を主な対策とするとともに、汚泥埋立や焼却に伴う排出量抑制の推進が必要であることが示されている。

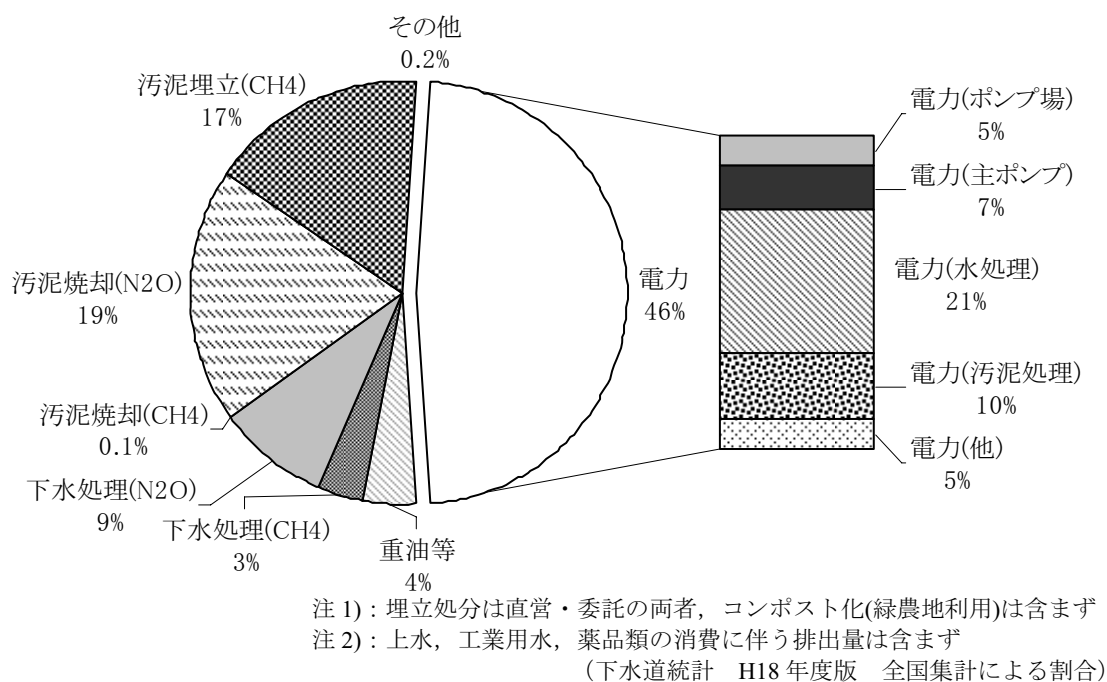


図 4-1 下水道事業における温室効果ガス（ CO_2 換算）排出割合の例

4.2.2 温室効果ガス排出量原単位による評価

下水道事業における温室効果ガス排出量は、処理方式の変更（高度処理の導入、集約処理の導入、汚泥処理フローや処分形態の変更）の他、普及率の向上によっても大きく変化する。そこで、温室効果ガス排出量原単位として把握することで、原単位の増減としての検討を行うことができる。

下水道施設における温室効果ガス排出量を、当該処理場の年間処理水量で除したものを温室効果ガス排出量原単位とする。原単位の算定は、温室効果ガス総排出量に対してのみなら

ず、水処理工程、汚泥処理工程、焼却工程、処分・有効利用工程など、できるだけ工程別に区分して算定できるようにすることが望ましい。

なお、汚泥の集約処理等を行っている場合には、汚泥処理工程については処理汚泥量（脱水ケーキ相当量あるいは固形物負荷量など）当りの原単位とすること等も考えられる。

【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)
 = 総排出量 (t-CO₂) / 年間処理水量 (m³)
 年間処理水量：高級処理水量

※ 工程別（水処理工程、濃縮～脱水処理工程、焼却工程等）に算定できる場合は、それぞれ区分する
 ※ 汚泥の集約処理の場合、汚泥処理工程については、汚泥集約処理の対象となる処理場の処理水量合計（相当処理水量）あるいは、処理する汚泥量（ds-t など）当りの値を用いることができる。

(例) 汚泥の温室効果ガス排出量原単位 (t-CO₂/m³)
 = 汚泥処理工程における排出量 (t-CO₂) / 相当処理水量 (m³)
 汚泥の温室効果ガス排出量原単位 (t-CO₂/ds-t)
 = 汚泥処理工程における排出量 (t-CO₂) / 処理汚泥量 (ds-t)

過年度の実績を経年的に算定した場合、温室効果ガスの排出量原単位の変化とともに、活動の区分別の排出量も経年的にみることで、過年度における下水道事業の推移を考察することができる。

経年変化のイメージを図 4-2に例示するが、以下のような事象を読み取ることができる。

- ・ 前半期間は、普及率の向上（処理水量の増大）に伴い温室効果ガス排出量は増加しているが、原単位については、稼働率の小さい初期に比べ減少している
- ・ 焼却工程の導入時期以降、焼却に起因する温室効果ガス排出量が加算され、全体としての量も増加している
- ・ 脱水汚泥の埋立からの排出は、過去 11 ヶ年の埋立量から算定するため、埋立停止後も漸減しながら排出が継続している
- ・ 後半期は、処理水量は横ばい状態であり、各種の省エネ対策の実施により、主として電力に起因する温室効果ガス排出量が削減されたため、原単位としても漸減傾向にある

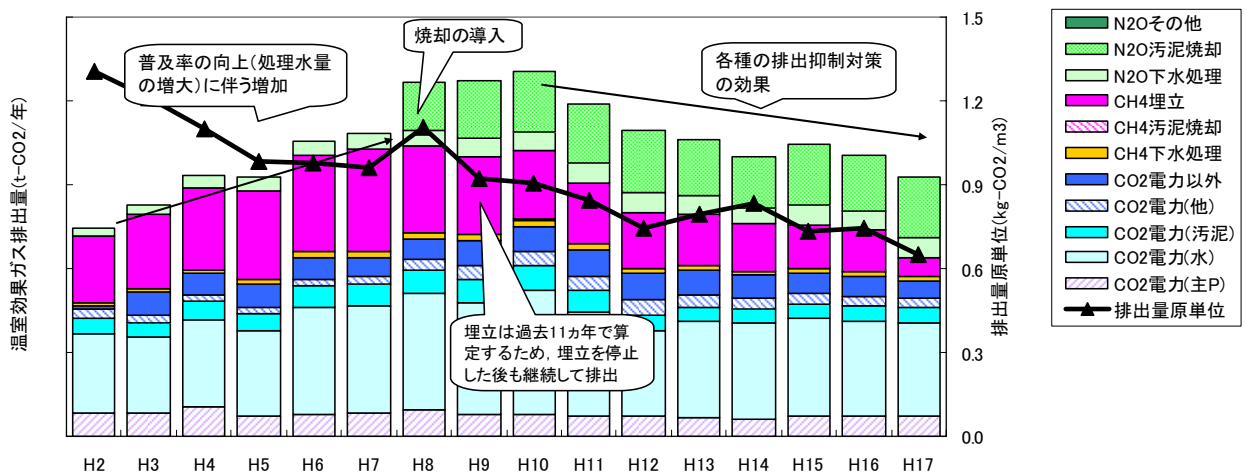


図 4-2 温室効果ガス排出量及び水量当り原単位の経年変化のイメージ

このように、過年度を含め経年的に、下水道事業の進捗状況、処理フローや運転管理状況と温室効果ガス排出量の関係について整理を行うことで、より詳細に現況における温室効果ガス排出量の状況を考察することができる。

過年度における温室効果ガス排出量の算定は、基本的に現状における算定と同様の方法とする。政令及び算定省令で規定する排出係数は、基本的に「現状」年次におけるものであるため、過年度の排出係数については、活動の状況を勘案しそれぞれ設定する。

設定方法1：現状と同じ排出係数を用いる

設定方法2：過年度において状況が異なると判断でき、過去の実測データ等により排出係数の設定ができる場合は、現状と異なる排出係数を用いる

- ・ 電力、燃料の使用に伴う排出量について、供給元の公表資料等により、年度ごとの排出係数が入手できる場合
- ・ 水処理、汚泥処理の方法、管理指標等の変更（汚泥の焼却温度の変更等）に伴う排出係数の区分に応じた排出係数が使用できる場合

なお、過年度の算定において、活動量のデータ把握が困難である場合、供用開始直後で過年度データが存在しない場合などは、類似の処理規模及び処理フローである他処理場の例を勘案し、考察することができる。

4.2.3 エネルギー消費原単位による評価

下水道事業における温室効果ガス排出量の内、「エネルギーの使用に伴う二酸化炭素」が最大の割合を示しており、エネルギー使用状況に関する検討は重要な項目となる。そこで、検討を行う下水道施設のエネルギー消費原単位について、同程度の処理規模における全国的な平均値との比較を行う。

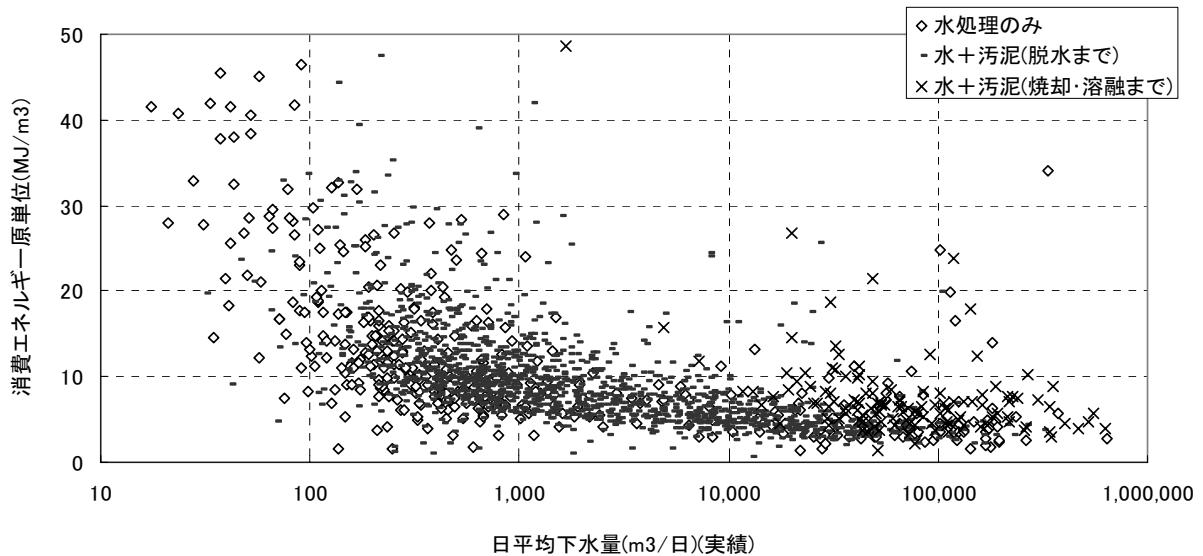
当該下水道施設について、年間の使用エネルギー（電力・燃料の原油換算値）を年間処理水量で除したエネルギー消費原単位を算定する。算定は、消費した電力及び燃料の種類ごとに、原油換算の係数を乗じて算定することができる。

全国の終末処理場における処理規模と消費エネルギーの関係を図 4-3に示す。処理規模が小さいほど原単位の値は大きく、かつ、ばらつきも大きい。また、汚泥処理のうち、焼却・溶融を行っている場合は、原単位がその分大きくなるが、他の汚泥処理工程（濃縮・脱水等）が原単位に与える影響は軽微である。

表 4-3 使用エネルギーの原油換算係数

| 区分 | 単位 | 単位発熱量 (GJ/単位) | 原油換算 (kl/単位) | 備考 | |
|------------|-------------|------------------|-----------------|-------|---------------------------|
| 燃料 | A重油 | kL | 39.1 | 1.009 | 特A重油含む |
| | B・C重油 | kL | 41.7 | 1.076 | 特B重油含む |
| | 灯油 | kL | 36.7 | 0.947 | |
| | 軽油 | kL | 38.2 | 0.986 | |
| | ガソリン | kL | 34.6 | 0.893 | |
| | LPG(液化石油ガス) | t | 50.2 | 1.295 | プロパンガス |
| | LNG(液化天然ガス) | t | 54.5 | 1.406 | |
| | 都市ガス | 千Nm ³ | 41.1 | 1.060 | |
| | 天然ガス(国産) | 千Nm ³ | 40.9 | 1.055 | |
| | 一般炭 | t | 26.6 | 0.686 | |
| | コークス | t | 30.1 | 0.777 | |
| | (参考)LPG | 千Nm ³ | 103.9 | 2.681 | 2.07m ³ /kgと仮定 |
| | (参考)都市ガス | 千m ³ | 39.7 | 1.024 | 15℃,1.02気圧 |
| | 他人から供給された電気 | 千kWh | 9.76 | 0.252 | (平均値) |
| (昼間) | 千kWh | 9.97 | 0.257 | | |
| (夜間) | 千kWh | 9.28 | 0.239 | | |
| 他人から供給された熱 | GJ | | | | |

- ・単位発熱量は、施行令、算定省令に記された値
(電気については、省エネ法改定パンフレットより引用)
- ・エネルギー使用量の原油換算は、発熱量(GJ)×0.0258(Kl/GJ)としたもの



(出典：平成18年度「下水道統計」より作成)

図 4-3 終末処理場における処理規模と消費エネルギー（電力・燃料）の関係

検討対象となる終末処理場における処理規模ならびにエネルギー消費原単位の実績を、図に示す全国の平均的な分布との比較を行う。

全国平均値と比べ、当該処理場の消費エネルギー原単位が大きくなる場合、その原因について考察を行い、対策を講じる必要がある。エネルギー消費が大きくなる高度処理（オゾン酸化、紫外線処理）や、汚泥の集約等に起因して原単位が大きくなっている場合には、次のように当該要因の影響を除いた原単位で検討を行うことができる。

- ・ 高度処理相当分を除いた消費エネルギーとして原単位を算定
- ・ 水処理工程のみとして原単位を算定
- ・ 汚泥処理にかかる消費エネルギー原単位を汚泥処理量で除して算定

4.3 将来（対策なしの場合）の温室効果ガス排出量の推計

下水道事業の推進により、将来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、将来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) 現状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＝現状の温室効果ガス総排出量／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、現状の流入水量、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処理水量に乗じて求めるものとする。

推計値は「対策を行わない場合」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、下水道実行計画策定のねらいのひとつとなる。

将来の温室効果ガス排出量の推定については、現状及び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) 現状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)

＝現状の温室効果ガス総排出量 (t-CO₂/年) ÷ 処理水量 (m³/年)

※ 現状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、現状の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ゅ集量の増加や等雨天時処理水量の増加や、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など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

現状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、目標年次における温室効果ガス総排出量を算定する。

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

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。

以上の計算方法により、将来の温室効果ガス総排出量を推計し、図4-4に示すように総排出量の推計結果を図化して、現状に対する将来の温室効果ガス総排出量を把握する。

推計値は対策を行わない場合の総排出量であり、これに対する削減目標を設定することも、下水道実行計画策定のねらいのひとつである。

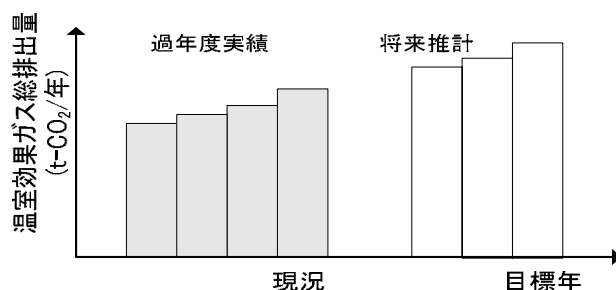


図 4-4 温室効果ガス総排出量の将来推計の結果の表示例

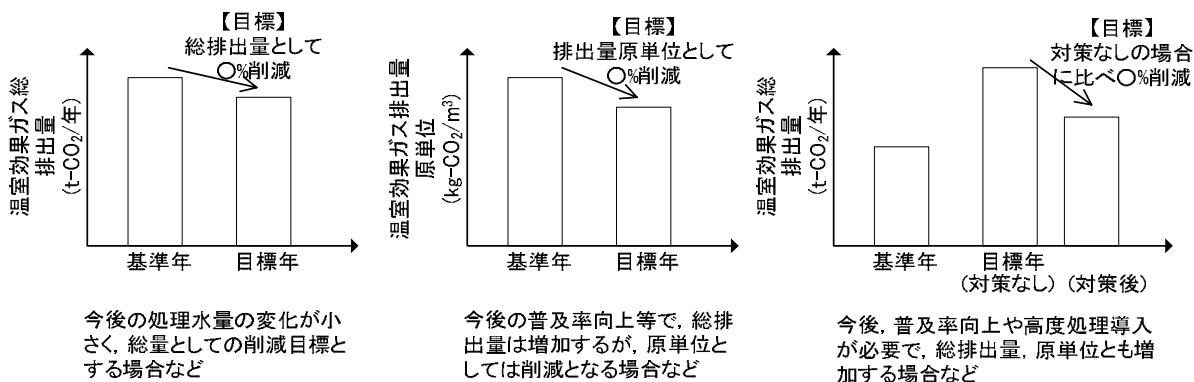


図 4-5 温室効果ガス排出量の目標設定のイメージの例

第5章 地球温暖化防止対策

5.1 地球温暖化防止対策の着眼点

下水道における地球温暖化防止対策は、次の排出源ごとに行うものとするが、総排出量の構成比から実効性の高い排出量削減対策を講じることとする。また、一方の面からの削減対策が他方の面の排出増大につながらないように、対策選定にあたっては総合的に判断しなければならない。

- 1) 電力、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、工場用水、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】

下水道における地球温暖化対策の検討においては、現状評価（第4章 4.2.2）を十分に勘案する。

検討にあたっては、現状における温室効果ガス排出量の評価結果や、将来における推計を元に、排出量の構成比や従来の省エネ対策等を踏まえ、具体的な対策検討においては、温室効果ガスの算定を行った項目ごとに、実施可能な対策、期待される効果を検討することが基本である。したがって、温室効果ガスの種類ごとに、算定対象とした活動の区分を基本に、それぞれの検討を行い、下水道実行計画の目標年度までに実施する対策の設定を行う。また、必要に応じて、長期的に実施することが望ましい項目や実施に向けての課題を抽出することも重要である。

なお、一方の面からの削減対策が他方の面の排出増大につながらないように留意することや、下水道事業の促進（高度処理の導入等）が温室効果ガス排出量の増大となるトレードオフの関係についても十分に勘案し、総合的に判断しなければならない。

また、対策検討にあたっては、下水道事業内における温室効果ガス排出量のみならず、関連する多方面への影響を加味し、定量化が困難である場合（情報や知見の面で困難あるいは定量化を行う手順は煩雑で困難など）でも可能な限り具体的な内容や推測できる効果を記載するように留意し、将来的な検討への資料とする。

例 1：バイオマス利活用施設や生ごみの受入れ（ディスポーザー導入、消化タンクへの投入）

など、社会全体として削減（下水道では増大）となる行政システムの構築

例 2：汚泥の燃料化、緑農地利用など、受入れ先施設との協働システムの構築

1) 電力、燃料等のエネルギー消費に伴う排出

エネルギー消費に伴う温室効果ガス排出量の削減対策は、省エネルギー化の促進、場内でのエネルギー利用の効率化が主な対策である。

2) 施設の運転に伴う処理プロセスからの排出

処理プロセスからの温室効果ガス排出の削減は、処理方式の改善や運転方法の改良等温室効果ガス排出量が少ない方式に切り替えることで対応する。

3) 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出

水道、薬品類の削減等、省資源化を図ることにより温室効果ガス排出量の削減を行う。

4) 下水道資源の有効利用による排出量の削減

下水道資源の有効利用は温室効果ガス排出の削減対策として評価できるが、新たな施設および設備の建設を伴う場合には、新たな設備の運転に伴う温室効果ガス排出量の増大等、総合的に判断する必要がある。

下水道事業における温室効果ガスの削減について、主な対策を表 5-1に示す。

表 5-1 下水道事業における主な対策

| 対策の区分 | 下水道事業における主な対策 |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1)電力，燃料等のエネルギー消費に伴う排出 | (下水道施設の省エネルギー対策) ・省電力機器（超微細気泡，風量制御装置など）への改築更新 ・運転管理の工夫（送風量の最適化，掻き寄せ機の間欠運転など） ・適正規模の機器の選定 |
| 2)処理プロセスからの排出 | (下水汚泥の高温焼却による N ₂ O 削減対策) |
| 3)上水，工業用水，薬品類の消費に伴う排出 | ・処理水の場内再利用 ・凝集剤添加量の適正化 |
| 4)下水道資源の有効利用による排出量の削減 | (新エネルギー対策) ・発電や加温への消化ガスの有効利用 ・下水汚泥の固形燃料化による石炭代替による CO ₂ 削減 ・下水道施設の敷地を利用した太陽光発電の導入 ・下水熱利用の推進によるエネルギー使用量の削減 |

下水道事業における対策を検討するにあたっては、単に、温室効果ガス排出削減量の多寡のみならず、対策の目的、効果、社会的意義、コストなど、多方面に関連していることを忘れてはならない。

また、下水道事業における有効利用を検討する場合、有効利用による温室効果ガス削減が見込まれると同時に、多くの場合は、有効利用のための施設でエネルギーを消費し、温室効果ガスを排出していることを忘れてはならない。有効利用の勘案については、プラスマイナスを十分に勘案しなければならない。

例 1：汚泥の高温焼却による対策の場合、N₂O 排出量の削減という効果のみならず、ダイオキシン抑制の効果も期待できる。ただし、エネルギー消費量（補助燃料）の増加や高温運転による施設の老朽化の助長といったデメリットを有する。

例 2：下水中のりん資源化については、現状においては温室効果ガス排出量の削減効果の定量化は難しいが、今後、枯渇化し、日本へのりん鉱石輸入が困難となることへの対応策の意味も有している。

例 3：下水処理水の再利用の効果は、上工水の代替による温室効果ガス削減効果だけではなく、散水利用によるクールダウン効果が期待できる場合もある。

このように、温室効果ガス削減以外の効果が少なくないもの、温室効果ガス量としての定量化が困難あるいは効果そのものについての研究調査段階であるものなども多く、現段階では評価が難しいケースもあるが、可能な範囲で状況を把握・整理しておくことが重要である。

5.2 電力、燃料等のエネルギー消費に伴って排出される温室効果ガスの削減対策

エネルギー消費に伴って排出される温室効果ガスの削減対策は、基本的に、設備および機器の省エネルギー化対策、エネルギー利用の効率化対策を講じる。

【解説】

下水道事業における省エネルギー、エネルギーの効率化対策は、省エネ法の規定に基づき、「第一種指定事業者のうち上水道業、下水道業及び廃棄物処理業を営む者による中長期的な計画の作成のための指針（平成 16 年 2 月 26 日、厚生労働省、経済産業省、国土交通省、環境省告示第一号）」が、中長期的な計画の適確な作成に資するための指針として示されている。

下水道事業については、主要な工程である前処理工程、水処理工程、汚泥処理工程、汚泥焼却工程及びその他の主要エネルギー消費設備等に関し、具体例が示されており、地球温暖化対策においても同様の考え方をとることが出来る。

対策検討にあたっては、表に示す対策のうち、実施済みの施策、運転管理の工夫等で実施可能な施策、将来的に設備の更新等を行う際に取り組むべき施策などを抽出する。

表 5-2 中長期計画策定のための指針（下水道事業関連を抜粋）

| 工 程 | 設備区分 | | 設備、システム、技術の具体的な内容 |
|-------|--------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 前処理工程 | 電気使用設備 | 沈砂池設備、主ポンプ設備 | 1.スクリーン設備間欠運転(タイマー、水位差検出、主ポンプと連動) 2.揚砂設備間欠運転、池順次・交互運転 3.流入水量に応じた池数制御 4.主ポンプ運転の効率化 ①台数制御 ②回転数制御 ③高水位運転(揚程の低減) 5.主ポンプ揚水量の平準化(管きよ、調整池を利用) |
| 水処理工程 | 電気使用設備 | 最初沈殿池設備 | 1.流入水量に応じた池数制御 2.掻き寄せ機間欠運転(タイマー、汚泥界面) 3.汚泥引き抜きポンプ間欠運転(タイマー、濃度、プリセット量) 4.スカム除去設備スカム捕捉効率の向上(返流水量の低減) |

| | | | |
|-----------------|----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水処理工程 (続き) | 電気使用設備 (続き) | 反応タンク設備 | <ol style="list-style-type: none"> 送風量適正化 <ol style="list-style-type: none"> ①流入水量比例制御, ②MLSS 制御, ③DO 制御 散気装置酸素移動効率の向上 散気装置目詰まり防止対策(圧力損失の低減) 電力使用量の低減 <ol style="list-style-type: none"> ①ターボブロワ(台数制御, インレットベーン制御) ②ルーツブロワ(台数制御, 回転数制御) ③水中攪拌機, 曝気機(回転数制御, 間欠運転) 消泡水量の適正化, 間欠散水 |
| | | 最終沈殿池設備 | <ol style="list-style-type: none"> 掻き寄せ機間欠運転(タイマー, 汚泥界面) 返送汚泥ポンプ (台数制御, 回転数制御) 余剰汚泥ポンプ間欠運転 (タイマー, 濃度, プリセット量) スカム除去設備スカム捕捉効率の向上(返流水量の低減) |
| | | 高度処理設備 | <ol style="list-style-type: none"> 水中攪拌機 (回転数制御, 間欠運転) 硝化液循環ポンプ (流量制御, 台数制御, 回転数制御) 返送汚泥ポンプ (台数制御, 回転数制御) 砂ろ過装置, 生物膜ろ過装置洗浄工程最適スケジュール運転 |
| 汚泥処理工程 | 電気使用設備 | 汚泥濃縮設備 | <ol style="list-style-type: none"> 濃縮性能の向上 (濃縮汚泥量の削減) 固形物回収率の向上 機械濃縮動力の低減 |
| | | 汚泥消化タンク設備 | <ol style="list-style-type: none"> 消化タンク投入汚泥濃度管理 消化タンク温度管理 消化タンク保温の強化 消化タンク攪拌機の低動力化 蒸気配管加温設備の断熱強化 加温ボイラ, 温水ヒータ自動制御 蒸気, 温水有効利用 |
| | | 汚泥脱水設備 | <ol style="list-style-type: none"> 供給汚泥濃度管理 脱水汚泥の低含水率化 搬送設備も含めた脱水機系列の制御 機械脱水動力の低減 |
| 汚泥焼却工程 | 電気使用設備 | 汚泥焼却設備 | <ol style="list-style-type: none"> 汚泥焼却炉稼働計画と脱水汚泥発生量との適合 適正負荷率運転 脱水汚泥低含水率化 補助燃料の低減, 自燃時間の拡大 熱回収設備(燃焼空気予熱, 白煙防止空気予熱, 汚泥予備乾燥等) 断熱強化 排ガス処理水の低減 熱媒体の漏洩防止 焼却炉自動制御システム <ol style="list-style-type: none"> ①発熱量に合わせた燃焼空気量の調整 ②温度管理 ③流動ブロワ, 誘引ファン回転数制御 |
| その他の主要エネルギー消費設備 | 電気使用設備 | 脱臭設備 | <ol style="list-style-type: none"> 脱臭空気量の低減 <ol style="list-style-type: none"> ①臭気発生源の拡散防止 ②発生臭気の漏洩防止 ③一般換気との分離 ファン間欠運転 (季節, 時間帯等) |

| | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| その他の 主要エネルギー消費設備 (続き) | 電気使用設備 (続き) | 受変電・配電設備 | 低損失変圧器 | 低損失磁性体材料を使用した変圧器及び低損失構造の変圧器(モールド変圧器, アモルファス変圧器, 高効率変圧器等) |
| | | | 負荷電圧安定化供給装置 | 高い電圧による負荷中心点への配電, インピーダンスの低減によっても, なお, 電圧降下が大きいか許容電圧変動範囲に収まらない場合に負荷時タップ切換変圧器, 負荷時電圧調整器, 誘導電圧調整器等の電圧調整装置により安定した電圧で供給する装置 |
| | | | 変圧器の台数制御装置 | 変圧器の負荷率を監視し, 系統の並列, 解列により無負荷損の削減と負荷率が向上するように変圧器の台数を制御する装置 |
| | | | 変圧器容量の適正化 | 電力使用量, 負荷率等に見合った容量に変更すること |
| | | | 高効率無停電電源装置 | 電源周波数及び電圧が安定している状態では商用電源を直接使用し, 停電時及び周波数変動時には瞬時にバッテリー電源等のインバータ運転をする無停電電源装置。常時インバータ運転を行わず変換ロスが低減できる |
| | | | 電力貯蔵用電池設備 | 昼間の電力ピークを抑え, 負荷率を向上させるために使用する高効率で大容量な蓄電設備(NaS電池, レドックスフロー電池等) |
| | 力率改善 | 進相コンデンサ | 進相コンデンサ | 事業場受電端又は遅れ無効電力を多量に発生する設備近傍に, 油入り, 乾式等の電力コンデンサ(進相コンデンサ)を設置することにより力率を改善させる |
| | | | 自動力率改善装置 | 系統の力率を測定し, 系統力率が1.0となるよう, 進相コンデンサの投入・開放を自動的に行う装置 |
| | | | モーター一体型進相コンデンサ | モーター単体毎にコンデンサを設置することにより個別設備ごとに力率改善に資するもの |
| | 高効率モーター | 高効率モーター | 高効率モーター | ハイグレードの鉄心の採用と巻線の改善や冷却扇の改善により汎用型に比べ損失を改善した誘導モーター |
| | | | 永久磁石モーター | 回転子に永久磁石(PM)を使用した同期モーターであり, 2次巻線に電力を投入しなくても良いため高効率である |
| | 制御装置 | 回転数 | インバータ制御装置 | ポンプ, ファン等の流量を可変にするため, モーターに供給する周波数及び電圧を制御する装置 |
| | | | 極数変換モーター | 固定子巻線の極数を切り替えることにより回転数を段階的に切り替えることができるもの。速度変換要求が固定の場合有効 |
| | 理装置 | 計測管 | デマンドコントロール装置 | 最大電力を常時監視し, 設定値を超過すると予測されたときに警報や負荷の遮断を行う装置 |
| | | | 空調熱源設備・システム | 高効率ターボ冷凍機 |
| | 空気調和設備, 給湯設備, 換気設備, 昇降機設備等 | 空調熱源設備・システム | ガスエンジンヒートポンプシステム | ガスエンジン駆動のヒートポンプで冷暖房を行うとともに, 暖房時エンジン排熱を蒸発器で吸収し利用するもの |

| | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| その他の主要エネルギー消費設備 (続き) | 空気調和設備, 給湯設備, 換気設備, 昇降機設備等 (続き) | 空調熱源設備・システム (続き) | 高効率マルチエアコン | 圧縮機やファンに DC モータを採用したり、圧縮機の性能向上、室外機・室内機の熱交換性能等を向上させたマルチエアコン。個別空調システムとして使用される | |
| | | | 氷蓄熱型マルチエアコン | 氷蓄熱タンクとマルチエアコンを一体型としたもので、夜間電力を使用して氷を製造し昼間に冷房として使う。個別空調システムとして使用される | |
| | | | 改良型二重効用吸収冷温水機 | 吸収液の再生もしくは凝縮工程における排熱により燃焼用空気もしくは吸収液の予熱又は温水の製造を行う機構を有するもの | |
| | | | 外気冷房空調システム | 中間期や冬期の冷房を外気により行うことにより熱源機のエネルギー消費を低減させるシステム。全熱交換器がある場合はバイパスさせる | |
| | | | | 遠赤外線利用暖房装置 | 遠赤外線照射により直接人体に伝えることにより暖房するもの。空気を暖めないため効率的である |
| | | | | 全熱交換器 | 排気熱の顕熱と潜熱を給気に回収し、外気負荷を削減する |
| | 空気調和・熱源設備の最適制御 | | | 予冷予熱時外気取入制御 | 予冷予熱時に外気取り入れを停止すること |
| | | | | 外気導入量の適正化制御 | 室内 CO ₂ センサにより外気導入量を適切に制御すること |
| | | | | 冷温水送水設定温度の最適設定制御 | 冷凍機及び温水機からの冷温水送水温度を負荷及び搬送動力に合わせて最適に設定変更すること。成績係数(COP)向上に有効 |
| | | | | 冷却水設定温度の最適設定制御 | 冷却水温度が低いほど熱源機器の効率が向上するため、冷凍機の保護回路等とバランスを取り、最適な温度とすること |
| | | | | 熱源台数制御 | 複数台の冷凍機等が設置されている場合に、事業場の負荷に合わせて最適な台数を選択し制御すること |
| | 空気調和用搬送動力の低減 | | | 水・空気搬送ロスの低減 | 圧力の適正化、自動制御装置の最適化 |
| | | | | 羽根車吸入間隔の変更 | ポンプの羽根車の吸入間隔の調整により、ポンプ性能を設備の必要水量圧力に合わせる |
| | | | | 配管内流動抵抗低減剤 | 密閉系の配管システムにおいて界面活性剤等を混入し、配管内流動抵抗を低減させ、搬送動力を低減させるもの |
| | | | | 水和物スラリー空調システム(VCS) | 水和物と水溶液の混相媒体を熱搬送材として使用し、高密度で冷潜熱搬送を行い、搬送動力を低減させるシステム |
| | | | | 内壁・窓・床の断熱 | 非空調空間と居室との境界壁を断熱すること |
| | 空気調和関係その他 | | | 外壁・屋根・窓・床の断熱 | 外壁・屋根・窓・床の断熱を強化し貫流熱及び放散熱を低減すること |
| | | | | 建物の気密化 | 気密サッシ、風除室、二重ドア、回転ドア等を使用し気密化すること |
| | | | | 屋上緑化、壁面緑化 | 蒸散冷却させるために屋上、壁面に植栽を施すこと |
| | | | | 日射遮蔽 | ブラインド、熱線反射ガラス、選択透過フィルム、断熱塗布剤等による日射遮蔽 |
| 空調ゾーニング最適化 | | | | 使用時間帯、負荷形態等により空調ゾーンを細分化すること | |

| | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| その他の主要エネルギー消費設備 (続き) | 空気調和設備, 給湯設備, 換気設備, 昇降機設備等 (続き) | 給湯設備 | 自然冷媒 (CO ₂) ヒートポンプ 給湯機 | 自然冷媒 (CO ₂) を採用しヒートポンプ運転で最高 90℃までの高温沸上げが可能なもの。フロンの代わりに CO ₂ を冷媒とすることにより、環境負荷が少なく、給湯に必要な高温を得ることが可能となった。 ヒートポンプユニットと給湯ユニットで構成 |
| | | | 高効率 ヒートポンプ 給湯機 | 新冷媒(R410A)を採用しヒートポンプ運転で最高 80℃までの高温沸上げが可能なもの。成績係数 (COP)が高い。ヒートポンプユニットと給湯ユニットで構成 |
| | | | 潜熱回収型給湯器 | 従来のガス給湯器では、約 200℃の排気ガスを大気中に放出していたが、本給湯器は、捨てられていた排気ガスから水蒸気と熱を凝縮して熱の回収を行うことで約 80℃まで排気の温度を下げ、その回収した熱を給水の予熱として活用する給湯器 |
| | | | ガスエンジン 給湯器 | ガスエンジンで発電するとともに、エンジン排熱を給湯ユニットに貯め利用するもの。ガスエンジンユニットと給湯ユニットで構成 |
| | 高換効気率 設備 | 可変風量換気装置 | 給排気風量をインバータにより制御する換気装置 | |
| | | 局所排気システム | 喫煙場所や燃焼器具、複写機等の空気汚染源に対し、局所排気を行い空調負荷の低減を図るシステム | |
| | 換気量最適化 | CO ₂ 又は CO 濃度 による換気制御システム | 駐車場等の換気に使用。CO ₂ 又は CO 濃度を計測し換気ファンの台数や回転数を制御し、設定された CO ₂ 又は CO 濃度になるよう制御するシステム | |
| | | 温度センサによる 換気制御システム | 電気室や機械室等の換気に使用。上限・下限の温度を設定しておき、超過した時に換気ファンの運転/停止を行うシステム | |
| | | タイムスケジュールによる換気 制御システム | 倉庫や機械室等の使用時間、季節等に合わせ、タイムスケジュールを組んでおき運転/停止を行うシステム。また、間欠運転と組み合わせることも検討すること | |
| | エレベータ | インバータ 制御方式 | ロープ式エレベータの回転数制御をインバータで制御する方式 | |
| | | 回生電力回収 システム | エレベータのかごの乗員数や方向により、運転時、モータに負荷がかかると発電する (回生電力) 機能を活用し、回生電力を回収するシステム | |
| | | PM ギヤレス 巻上機 | 永久磁石 (PM) 式同期モータを組み込んだギヤレス巻上機。加速・減速がなめらかで騒音も少なく、エネルギー効率に優れている | |
| | エスカレ ータ | 自動運転装置 | エスカレータ乗り場の手前に光電ポストを設置し利用者を感知し自動運転する | |
| | | 台数制御 | 時間帯別に利用エスカレータを台数制御すること | |

| | | | | |
|---------------------------------|----------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| その他の 主要エネルギー 消費設備 (続き) | 照明設備 | 高効率照明設備 | LED 照明器具 | 白色の発光ダイオード(LED)を光源に使用した照明器具。発熱が少なく、小型、長寿命である |
| | | | 窓際照明の回路分離 | 昼間の消灯が可能ないように、窓際照明回路を分離すること |
| | | | 光ダクトシステム | ダクト内面を鏡面にし、日射を照明の必要な部屋に伝送するシステム。通常照明を補完し使用する |
| | | | 高反射率板 | 蛍光灯の灯具に装着する反射板を高反射のものとする |
| | | | 高輝度誘導灯 | 冷陰極蛍光灯を使用した誘導灯 |
| | | 照明制御装置 | ブラインド制御 | 季節、時間帯に応じて昼光利用を図りつつ、空気調和の負荷を遮蔽する制御をすること |
| | | | 照明自動点滅装置 | タイムスケジュール、昼光センサ、人感センサ等により自動的に照明を点滅する装置 |
| | | | 段調光システム | 必要照度に応じて段階的に照度を設定するシステム。過剰照度を避けることができる |
| | | | 昼光利用システム | 昼光センサにより室内照度を適正に保つように照明光量を自動的に制御するシステム。外界の明るさを有効利用できるため、照明電力を低減できる |
| | 未利用エネルギー | 下水熱有効利用設備 | 1.空調設備熱源 2.温水供給 | |
| | | 消化ガス有効利用設備 | 1.消化ガス発電システム 2.焼却炉補助燃料 3.空調設備熱源 4.他事業場へのガス供給 | |
| | | 水圧の有効利用設備 | 開放型蓄熱システムで揚水した水の位置エネルギーを使用し、落水時に水車を回し、ポンプ動力の一部として回収したり、発電機を回し電力として回収する設備。動力回収水車ポンプ装置、小水力発電設備等がある | |
| | | 焼却炉廃熱有効利用設備 | 1.蒸気タービン発電 2.空調設備熱源 3.消化タンク加温 4.温水供給 | |

5.3 施設の運転に伴い処理プロセスから排出される温室効果ガスの削減対策

下水道の処理プロセスから発生する温室効果ガスの削減対策として、主として次のような事項について対策を講じる。

- 1) 下水汚泥の高温焼却
- 2) 水処理方式および運転方法による対策
- 3) 温室効果ガス排出の少ない処理処分方法の選定

【解説】

1) 下水汚泥の高温焼却

下水中に含まれている窒素成分は、焼却工程や微生物の働き等により N_2O として排出さ

れる。特に焼却工程からの排出量（被燃焼物中の窒素に由来）が大きく、また、 N_2O の地球温暖化係数が 310 と大きいことから、温室効果ガス総排出量に占める割合が大きい。

近年は流動焼却炉の採用が多い（焼却効率がが高く未燃焼分が少ない、排ガスの臭気対策不要、維持管理が容易）が、他の方法に比べ N_2O 排出係数が大きくなるという課題がある。流動焼却炉の排出係数は、政令、算定省令では次のように示されている。

（通常） $1.51\text{kgN}_2\text{O}/\text{wet-t}$

（高温） $0.645\text{kgN}_2\text{O}/\text{wet-t}$

ただし、高温焼却とする場合、使用燃料の増大に伴うエネルギー起因 CO_2 排出量相当分が増加することに留意する。

文献：平出ら「下水道施設から排出される地球温暖化物質（ CH_4 、 N_2O ）排出インベントリーの算定と排出抑制技術」、下水道協会誌、Vol.42、No.508、2005/02、pp97-110

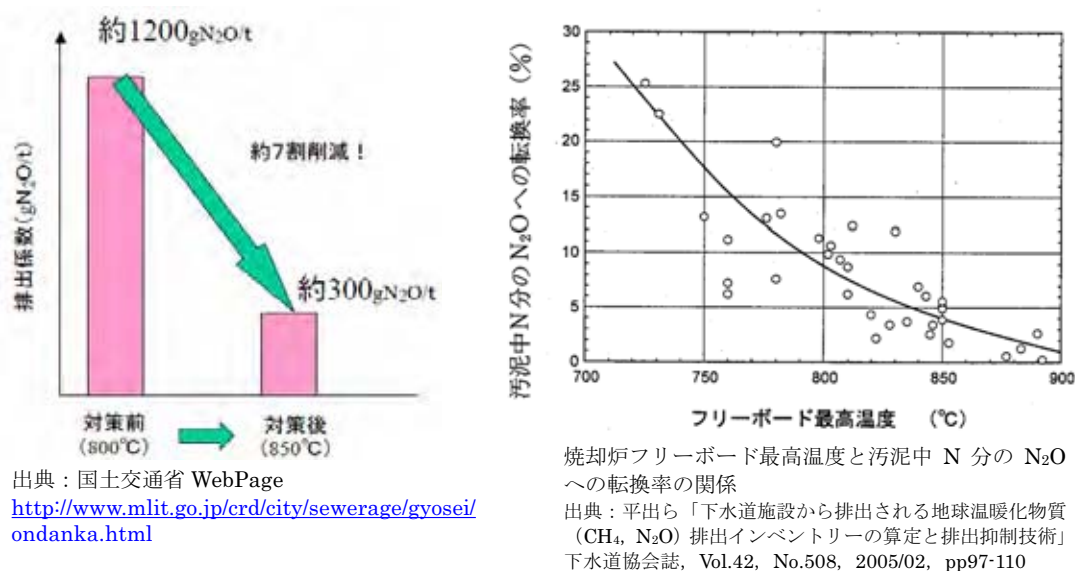


図 5-1 汚泥焼却温度による排出係数の変化の例

焼却施設からの CH_4 、 N_2O の排出係数、燃焼温度の他、投入汚泥性状や排ガス処理方式等によっても異なっており、実測等により当該施設の排出係数を別途設定できる場合には、政令、算定省令において示される値ではなく、個別に設定した数値を用いることができる。

なお、熔融、乾燥などについては、政令、算定省令に示される排出係数は無いため、実測調査等により排出係数を設定することが望ましい。

2) 水処理方式および運転方法による対策

水処理工程（主として反応タンク）より、 CH_4 、 N_2O の発生が生じているが、排出量は生物処理（主として、硝化・脱窒）の状況によっても異なっている。

政令においては、 CH_4 、 N_2O の排出係数は「下水処理」として 1 種類のみが示されているが、実測等により、当該施設の排出係数を別途設定できる場合には、その数値を用いることができる。運転方法を適切に管理することで、水処理工程からの排出量の削減が見込まれることも考えられる。

水処理施設の運転状況と排出係数についての調査を行った事例は、下記文献に示されている。下記文献 3)によると、水処理施設からの CH₄、N₂O については次のような傾向が確認されている。

- ・ CH₄：循環法で少なく、嫌気好気法・標準法ではほぼ同程度
- ・ N₂O：反応槽内の硝化が中途半端なときに N₂O が生成され、処理が安定している場合には、高温期に比べ低水温期に、硝化抑制に比べ促進時に高い排出量を示した。N₂O の生成を抑制するには、安定した処理状態を維持することが重要。

下水処理の過程だけではなく公共用水域で CH₄、N₂O として発生する可能性もあり、処理場内における挙動のみならず、環境中の挙動についての研究も今後必要と考えられる。

<参考文献>

- 1)下水道の長期的技術開発に関する基礎調査完了報告書，下水道技術開発連絡会議，平成9年3月
- 2)温室効果ガス排出抑制のための下水処理システム対策技術，建設省土木研究所，平成9年度 下水道関係調査研究年次報告書集，平成10年10月
- 3)平出ら「下水道施設から排出される地球温暖化物質（CH₄、N₂O）排出インベントリーの算定と排出抑制技術」，下水道協会誌，Vol.42，No.508，2005/02，pp97-110

3) 温室効果ガス排出の少ない処理処分方法の選定

処理プロセスからの排出に関しては、運転管理面での変更や工夫のほか、排出量の少ないプロセスや方式への変更といった対応策も考えられる。

例えば、汚泥の埋立による CH₄ 排出係数は、検討報告書においては、好气的条件の場合は排出係数を 50%とすることが示されている。好气的条件とするためのエネルギーは必要となるが、トータルとしての温室効果ガス排出が削減できる可能性がある。

5.4 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガスの削減

上水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガスの削減については、処理水の場内有効利用による削減、薬品類の適切な制御方法の導入により、削減対策を講じる。

【解説】

処理水の再利用を行うことで、上工水の消費量が削減できる可能性がある。

また、消毒施設や汚泥処理（濃縮・脱水等）等に関して、使用状況を勘案のうえ、薬剤の種類、薬注制御方法を検討し、薬品類の過剰注入を防止できるよう、薬剤注入の適正化を図る。

5.5 下水道資源の有効利用による温室効果ガスの抑制効果等の促進

下水道におけるエネルギーおよび資源を有効利用することによって、社会全体としての温室効果ガスの削減に寄与することによる対策を講じる。

【解説】

下水道におけるエネルギーおよび資源の有効利用等，新エネルギーの導入を行うことで，下水道におけるエネルギー使用の削減，下水道事業以外の事業者への電力やガス等のエネルギーの供給等により，社会全体としての温室効果ガスの削減に寄与することができる

なお，有効利用による温室効果ガス排出量抑制効果は，有効利用工程から排出する温室効果ガスと，有効利用による削減量を勘案し，「 $A < B$ 」となる場合に，削減効果を有することとなるため，有効利用計画にあたっては，十分に検討を行う。

A (t-CO₂/年)：有効利用工程から排出される温室効果ガス

B (t-CO₂/年)：有効利用により削減可能な温室効果ガス

下水道資源の有効利用の例として，次のような事項が考えられる。

①消化ガスの積極的利用

発生した消化ガスは，通常，汚泥消化タンクの加熱用熱源として利用されていることが多いが，加温に必要なガス量が発生ガス量で十分に賄われる場合は，余剰ガスの利用を促進する必要がある。

発生ガスを直接，熱エネルギーとして利用するのではなく，ガス内燃機関により発電し，電気エネルギーに変換して利用されるケースも出てきている。

②汚泥燃料の利用

下水汚泥を固形燃料化して火力発電所や製紙工場等へバイオマス起源の燃料として供給することにより，他の産業からの温室効果ガス排出を抑制することが可能である。

③自然エネルギーの利用

下水道資源の一つである「空間資源」を活用し，太陽光発電，風力発電を導入することにより，その発電したエネルギーの利用が可能である。

④下水処理水の熱利用

下水や処理水が有する熱（下水熱）を熱源として，ヒートポンプなどにより，熱エネルギーを回収し，冷暖房に利用するものである。また，直接的に下水熱を利用する方法として，寒冷地における融雪熱として利用している例もある。

<導入例>

- ・ヒートポンプ冷暖房…東京都落合処理場，東京都湯島ポンプ所
- ・地域冷暖房…千葉県幕張新都心，東京都後楽地区

参考:温室効果ガス排出量削減対策の例

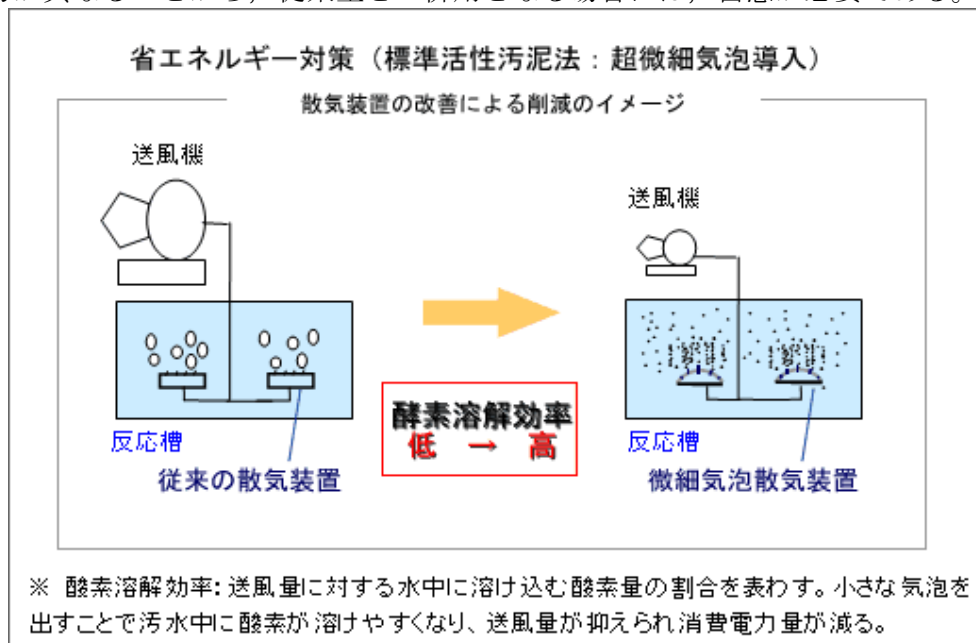
- ・ヒートポンプ冷暖房…東京都落合処理場，東京都湯島ポンプ所
- ・地域冷暖房…千葉県幕張新都心，東京都後楽地区

参考:温室効果ガス排出量削減対策の例

【 高効率機器の導入 】

反応タンク設備において「超微細散気装置」を導入した場合，従来型よりも酸素移動効率が高いために，必要空気量が減り，ブロワの所要動力が下がる。

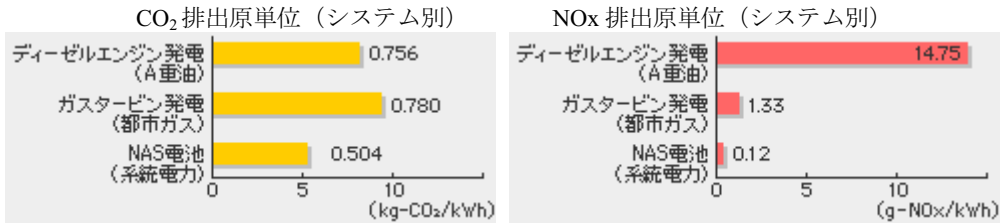
最も酸素移動効率のよい超微細気泡方式は，近年欧米から技術導入され，実績が増えつつある技術であり，従来型に比べ，ブロワ電力が2～3割の低減が見込まれる。ただし，空気の供給圧力が異なることから，従来型との併用となる場合には，留意が必要である。



出典：国土交通省 Webpage<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewage/gyosei/ondanka.html>

【 排出係数の小さなエネルギーへの転換 】

- ・ NaS 電池（電力貯蔵型電池）は、従来型発電設備に比べ、発電時の環境負荷が小さく、自家発電装置として、NAS 電池を採用することで、CO₂ 排出の抑制が期待できる。

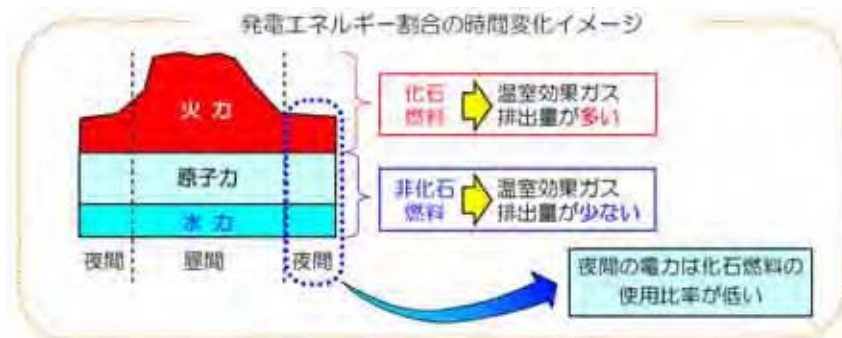
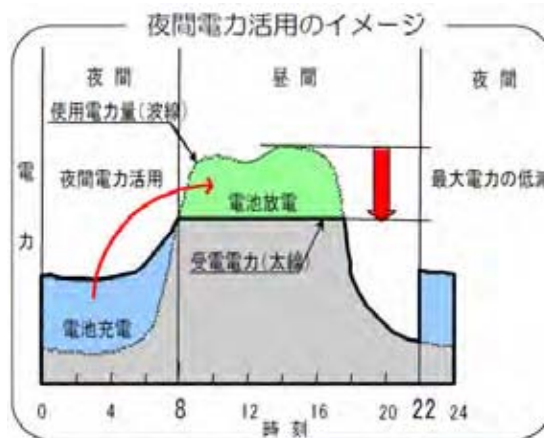


※ディーゼルエンジンおよびガスタービンについては、メーカーカタログ値の排出濃度、発電効率により算出。ただし、ガスタービンのNO_x 排出原単位については、東京都区部規制値により算出。

※NAS 電池は、系統電力の排出原単位を蓄電効率で除して算出。

出典：東京電力 Webpage<http://www.tepco.co.jp/solution/energy/battery/bat03-j.html>

- ・ NAS 電池の活用などにより、昼間に比べ化石燃料率の低い（CO₂ 排出係数が少ない）夜間電力を積極的に活用することで、最大電力の低減に契約電力コストの削減及び CO₂ 排出量の抑制が期待できる。

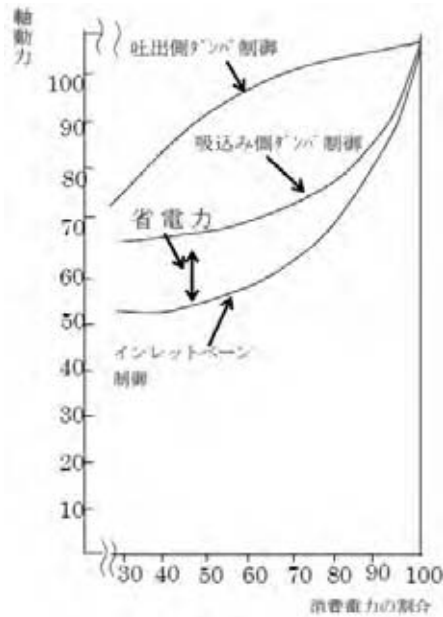


出典：東京都下水道局アースプラン <http://www.gesui.metro.tokyo.jp/oshi/inf0186.htm>

【 運転方法の工夫 】

機器の運転方法の改善による省エネ効果を期待する。

- ・送風機の風量制御について、吸込弁調整制御を、インレットベーン制御を導入することで、消費電力を抑制する。
- ・反応タンクへの酸素供給を常時定量供給するのではなく、処理に必要な酸素量を適宜供給する（MLSS 制御，流量制御，DO 制御など）。
- ・曝気量，返送汚泥量などについて，処理機能に悪影響を与えない範囲で低減させ，使用電力量を抑制する。
- ・ブロウ，ポンプ等について複数台を使用している場合，極力，運転台数が少なくなるような稼働スケジュールで運用する



風量制御・方式毎の所要電力の比較

出典：下水道分野の省エネ対策に関する技術情報データベース（案）

【 運転方法の工夫 】

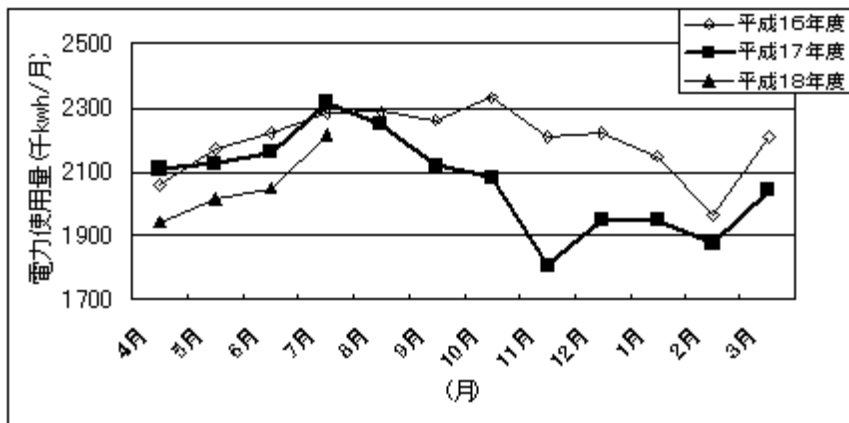
- ・ 機器を高い効率点で運転する工夫

< 大阪市（海老江下水処理場）における送風設備の電力量削減の取り組み事例

- ・ 汚濁物質を一定化して水処理施設へ送水することで、酸素消費量の時刻変動を小さくし、ターボブロワ 2 台を最高効率点で運転出来している。
- ・ 従来 3 台稼動していたブロワを 1 台停止させ省エネルギー化。

対策前後の電力使用量内訳

| | ポンプ設備 | 送風設備 | 汚泥処理設備 | 水処理設備等 | 合計 |
|------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| ①H16.10～H17.7 (対策前) | 16,784 kWh日 | 34,632 kWh日 | 8,702 kWh日 | 11,559 kWh日 | 71,677 kWh日 |
| ②H17.10～H18.7 (対策後) | 16,923 kWh日 | 30,310 kWh日 | 7,733 kWh日 | 10,410 kWh日 | 65,375 kWh日 |
| ②-① | + 139kWh日 | - 4,322kWh日 | - 969kWh日 | - 1,149kWh日 | - 6,302kWh日 |



月別電力使用量の推移(平成 16・17 年度)

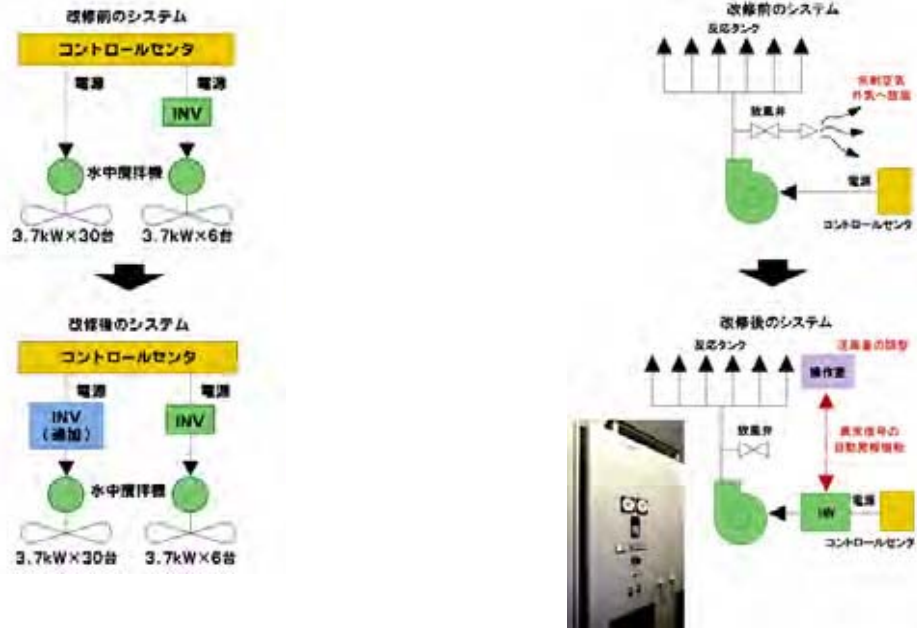
出展：省エネルギーセンターHP より

【 省エネルギー機器の積極導入 】

・省エネルギー機器の導入，省エネ運転の徹底

＜東京都三鷹市 東部下水処理場での取り組み＞

エネルギー費用の効果的な削減を図るとともに，省エネルギーを推進することによる環境負荷の低減を図るため，下水処理用送風機・水中攪拌機，空調用および照明に省エネルギー機器を導入し，使用電力量と CO₂ 排出量の削減を行っている。



送風機をインバータ制御することにより回転数を調節し、エネルギー効率のよい運転を行うことで電力量を削減する。

水中攪拌機をインバータ制御することにより回転数を調節し、エネルギー効率のよい運転を行うことで電力量を削減する。

省エネルギー効果

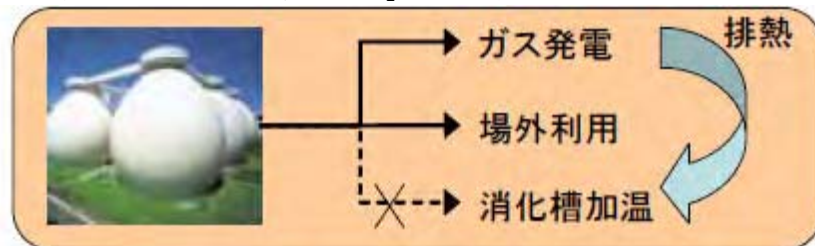
| 事業内容 | 従来 | 省エネ対策後 |
|-------------------|-----------|-----------|
| | 使用量 (kwh) | 使用量 (kwh) |
| 下水道送風機のインバータ制御化 | 745,300 | 568,000 |
| 下水道水中攪拌機のインバータ制御化 | 1,198,400 | 521,000 |
| 照明用安定器の省エネルギー化 | 21,300 | 16,300 |
| 換気ファンの省エネルギーベルト化 | 98,500 | 93,700 |
| 換気ファンの間欠運転化 | 95,200 | 66,200 |
| 合計 | 2,158,700 | 1,265,200 |
| 処理場全体 | 5,009,200 | 4,115,200 |

出典：三鷹市 HP

【 消化ガス有効利用の効率化(カスケード利用) 】

消化ガス発電技術に関しては、近年、小～中規模にも適したエンジンの開発や、適切な前処理（シロキサン除去）により故障を少なくできるなど、消化ガス発電の適用範囲が広がってきている。

従来、発生する消化ガスを消化槽加温のみに使用し、余剰ガスを燃焼廃棄している場合、ガス発電を行い、その廃熱を消化槽加温に利用するといったカスケード利用により、発電による電力購入量の抑制（電力使用に伴う CO₂削減）効果が期待できる。



出典：下水道分野の省エネ対策に関する技術情報データベース（案）

＝検討の手順の例＝

- ・ 消化ガス発生量，発電可能量の推定 (A kWh/年)
- ・ ガス発電設備の維持管理に必要な電力の推定 (B kWh/年)
- ・ 消化ガス加温等で，従来以上の燃料等使用に伴う温室効果ガス (C-CO₂/年)
- ・ 消化ガス発電による効果

$$\{(A - B) \text{ kWh/年} \times \text{電力排出係数}\} - C = \text{低減効果 (CO}_2\text{/年)}$$

【 処理水の熱利用(冷暖房・温水供給) 】

＜東京都砂町処理場における下水熱を用いた熱供給の例＞

○夏季に処理水を活用して冷房用の冷水を高齢者福祉・医療施設に供給

○年間を通して、焼却排熱を活用して暖房・給湯用の温水を供給

＜水の流れ＞

- ・ 砂ろ過・塩素処理後の処理水を熱交換器に通した後沈砂池（処理水全体の内1割未満）
- ・ スクラバ排水を熱交換器に通した後、沈砂池にて処理

＜建設＞

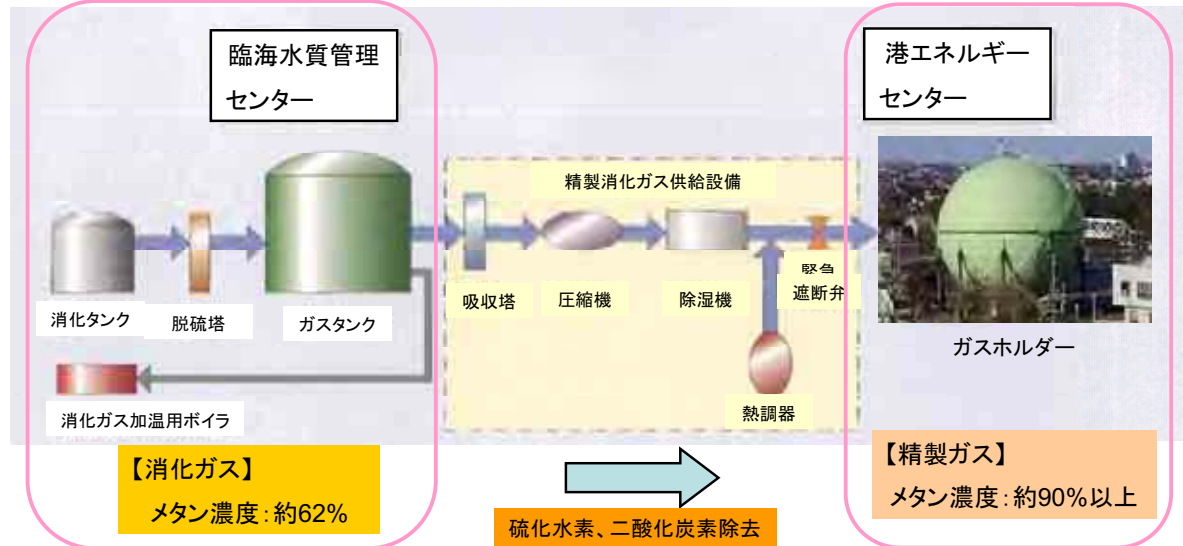
- ・ 冷水・温水ともに、熱交換器を処理場内に設置。処理工程からの配管と熱交換器は新世代下水道事業として建設
- ・ 熱交換器から福祉・医療施設までの配管は、熱供給会社が建設（新世代の補助なし）。処理場敷地内の配管については、東京都に無償譲渡しており、維持管理を同会社が実施



【 消化ガスの利用 】

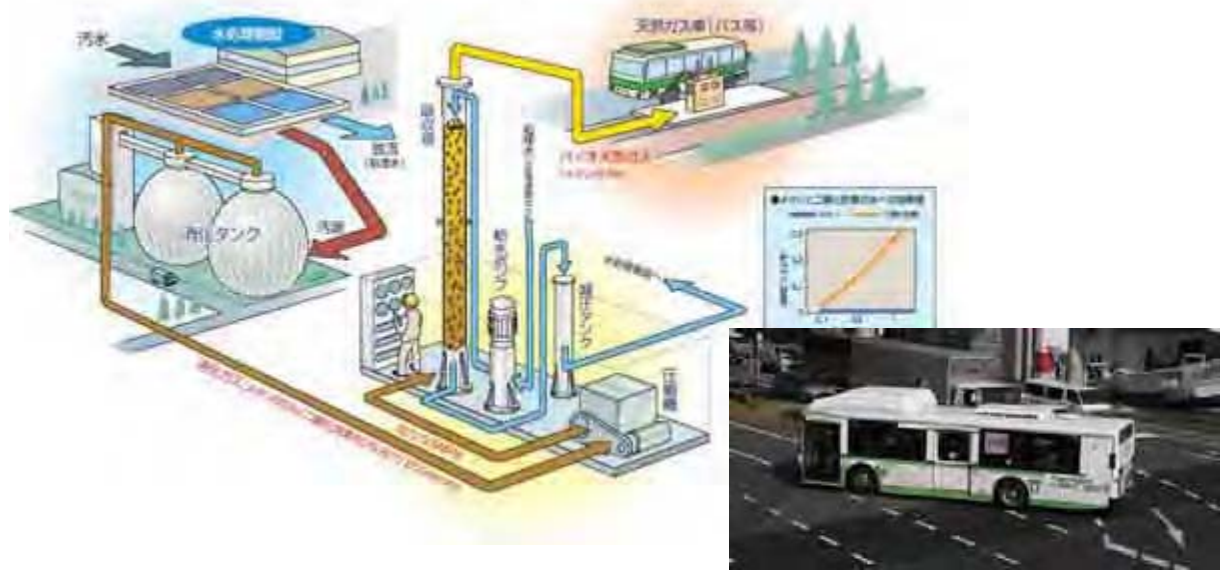
事例1 <下水道バイオガスを都市ガス工場へ供給(金沢市)>

- ・ 下水道バイオガスを精製し (CH₄ : 90%) 隣接する都市ガス工場へ供給
- ・ 金沢市臨海水質管理センターにおいて、年間約 36 万 m³ (約 1,400 世帯に供給するガスに相当。2006 年度実績) のガスを供給 (約 600t-CO₂ の削減効果)
- ・ 都市ガスへの混入率は約 1%



事例2 <下水道バイオガスを天然ガス自動車の燃料に利用(神戸市)>

- ・ 下水道バイオガスを精製することにより (CH₄ : 98%)、天然ガス自動車の燃料としてそのまま使用することが可能
- ・ 東灘処理場において、精製後で年間約 70 万 m³ (1日 50km の距離を走る市バス 40 台分のガスを 1 日に供給できる量) の燃料を供給する計画 (約 1,200t-CO₂ の削減効果)
- ・ 2004 年 11 月より研究・実証実験を実施
- ・ 高圧水吸収法により、下水道バイオガス中のメタン濃度を約 60%から 98%以上に濃縮
- ・ 国内で初めて高圧水吸収法によるシロキサンの除去を達成



【 汚泥の燃料化 】

< 下水汚泥の炭化物を火力発電所の燃料として供給（東京都） >

- ・ 下水汚泥を炭化し、炭化物を石炭代替の燃料として火力発電所に供給。
- ・ 東京都東部スラッジプラントにおいて、年間 99,000 t の下水汚泥から 8,700 t の炭化物を製造し、いわき市にある常磐共同火力発電所に供給。従来の汚泥焼却と比較し、年間 37,000 t -CO₂ の削減効果

東京都東部スラッジプラント汚泥炭化施設

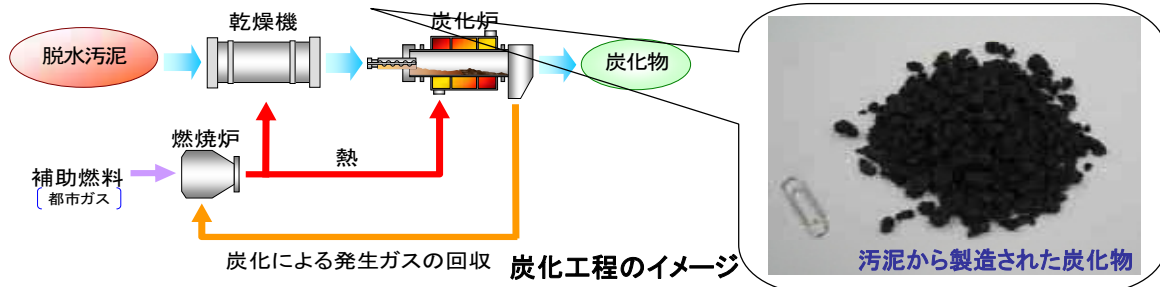
常磐共同火力発電所発電施設



固形燃料

電力

一般家庭に供給



【 下水熱の利用(融雪エネルギーとしての活用) 】

下水熱を用いて融雪を行っている場合、利用を行うためのエネルギー（下水の輸送、管理設備など）が新たに発生しているものの、化石燃料に起因する熱を用いて融雪を行う場合よりも、社会全体での温室効果ガスの抑制が期待できる。

＝検討の手順の例＝

①有効利用で使用するエネルギー等及びそれに伴う温室効果ガス排出量の算定

- ・ 処理水の融雪槽送付に要するエネルギー（ポンプ電力等）
- ・ 融雪施設における管理用のエネルギー（管理施設の照明等）
- ・ エネルギー使用に伴う温室効果ガス排出量 $A\text{-CO}_2/\text{年}$
- ・ 雪の運搬（燃料使用＋走行距離）に伴う温室効果ガス排出量 $B\text{-CO}_2/\text{年}$

②融雪に必要な熱量の温室効果ガス相当量の算定

- ・ 融雪に必要な熱量（算定例）
$$\Sigma \text{融雪量}[\text{m}^3] \times \text{雪密度}[\text{t}/\text{m}^3] \times \{ \text{ABS}(\text{雪温}[\text{°C}]) \times \text{雪の比熱}[\text{MJ}/(\text{t} \cdot \text{°C})] + \text{雪の融解潜熱}[\text{MJ}/\text{t}] \}$$
$$= \Sigma \text{融雪量}[\text{m}^3] \times 0.5(\text{t}/\text{m}^3) \times \{ \text{ABS}(-4\text{°C}) \times 2.1(\text{MJ}/\text{t} \cdot \text{°C}) + 334.9(\text{MJ}/\text{t}) \}$$
$$= \Sigma \text{融雪量}[\text{m}^3] \times 0.5(\text{t}/\text{m}^3) \times \{ \text{ABS}(-4\text{°C}) \times 2.1(\text{MJ}/\text{t} \cdot \text{°C}) + 334.9(\text{MJ}/\text{t}) \}$$
$$= \Sigma \text{融雪量}[\text{m}^3] \times 171.65\text{MJ}/\text{m}^3 \Rightarrow \text{融雪量}[\text{m}^3] \times 0.172\text{GJ}/\text{m}^3 \quad C\text{-GJ}/\text{年}$$
- ・ 融雪熱量の原油換算： $C(\text{GJ}) \times 0.00258(\text{kl}/\text{GJ})$
- ・ 融雪熱量の CO_2 換算： $C(\text{GJ}) \times 0.00258(\text{kl}/\text{GJ}) \times 2.71(\text{t}\text{-CO}_2/\text{kl}) \quad D\text{-CO}_2/\text{年}$
(A 重油で換算した場合、熱量換算・ CO_2 排出係数は表 3.3 参照)

③処理水の融雪利用の効果 ($\text{CO}_2/\text{年}$)： $D - (A + B)$

その他の効果算定方法として、次のような考え方も可能である。

- ・ 下水熱を利用せずに、電力・燃料を用いた場合のエネルギー使用に伴う CO_2
- ・ 下水熱以外の利用可能熱源（焼却炉廃熱等）を利用する場合に必要な活動に伴う CO_2
- ・ 下水熱を利用しない場合の融雪場所等への雪の輸送にかかる活動に伴う CO_2

有効利用の効果については、利用方法、利用先の状況、代替手段の有無及びその方法などから、効果を把握するのに適していると考えられる方法を用いるものとする。

第6章 下水道実行計画の推進

6.1 下水道実行計画の策定と実施

下水道実行計画の内容について検討した結果を実行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】

策定された下水道実行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、下水道実行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、省エネ法的一种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り組み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、運用に当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 下水道実行計画の点検と評価

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

点検を実施としては、以下の2つの手法が考えられる。

a) 取組の状況などを定性的に把握する

下水道実行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。

b) 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実行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・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、電力など、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、下水道実行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・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（下水道実行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、下水道実行計画の期間中、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。

下水道事行計画についても、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知らせ、今後の取組の実施につながるるとともに、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を期待される。

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り組みを住民に認識してもらい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る。

6.3 下水道実行計画の見直し

下水道実行計画は、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、必要に応じての見直しを行う。

【解説】

下水道実行計画の見直しを行うに当たっては、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（計画の実施に当たって整備したさまざまな仕組みの見直し）

運用に当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、運用に当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。