

下水処理場における温室効果ガス排出削減目標設定支援ツール

～下水道の削減目標208万t-CO₂編～

1. 本ツールの目的

2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」が宣言されたこと等を踏まえ、「地球温暖化対策推進法」の一部が改正（令和3年5月成立）され、我が国の温暖化対策の取組が一層強化されることとなりました。その取組の1つに、都道府県等が策定する実行計画における、「施策の実施に関する目標の追加」があります。現状、下水道分野における目標設定は、各下水道事業管理者の判断に委ねられおり、必要十分な目標設定をすることが難しく、技術的な支援の必要性がありました。

また、地球温暖化対策計画において下水道事業で2030年までに下記のような削減が目標とされています。

(1) 省エネ化によるCO₂削減

年率2%の消費エネルギー削減を行うことにより約60万t-CO₂削減

(2) 下水汚泥のエネルギー化

下水汚泥のエネルギー化率を37%まで向上することで約70万t-CO₂削減

(3) 下水汚泥の高温焼却によるN₂O削減

下水汚泥の高温焼却化を100%行うことにより約78万t-CO₂削減

(4) 再生可能エネルギーの導入

太陽光、小水力、風力、下水熱などの再生可能エネルギーの導入を推進することで約1万t-CO₂削減

このため、国土技術政策総合研究所では、各下水道施設の実情に応じた温室効果ガス排出量削減目標設定ができるよう検討を進め、各下水道事業管理者が容易に温室効果ガス排出量削減目標設定の参考として活用できる、ツールを作成しました。作成したツールは2種類あり、それぞれの内容としては下記のようになっています。

①～下水道の省エネによる削減目標60万t-CO₂編～

省エネ、創エネ、汚泥焼却の高度化、再エネのうち、全処理場に関連する「省エネ」に特化したツール

②～下水道の削減目標208万t-CO₂編～

下水道分野における2030年の削減目標208万t-CO₂に対応したツール

本ツール・説明書は「②～下水道の削減目標208万t-CO₂編～」のものになります。

2. 本支援ツールの活用方法

本支援ツールの活用方法は以下の通りである。

①2018年におけるエネルギー消費にかかる温室効果ガス排出量及び年間処理水量当たりの温室効果ガス排出量の実績値を算出する。

ただし、電力消費にかかる温室効果ガス排出量は、2030年度の全電源平均の電力排出係数：0.25kg-CO₂/kWh（出典：2030年度におけるエネルギー需給の見通し）を用いて算出。

②2030年削減目標値(目安)を算出し、削減目標値(目安)と対象下水処理施設における現状の排出量の比較を行う。

③同処理方式、同流量規模の処理場における標準値を算出し、標準値と該当下水処理場における現状の排出量との比較を行う。

④2030年削減目標(目安)や全国標準以下までの削減を実現するために必要な省エネ・創エネ手法を選択・設定し、削減量と目標値(目安)・標準値への達成割合を算出する。

なお、導入検討の本支援ツールの目標値や削減効果等は目安値であり、実際の削減手法の決定や、省エネ・創エネ技術の導入に当たっては詳細な検討を必要とする。

また、各処理場の実態に合わせて本ツールの変更・追記等を行うことは可能である。

本ツールはMicrosoft Excel2019で作成されており、使用もそれ以降のバージョンで行うことが望ましい。Excel 97-2003においても互換性のチェックを行っているが、正しく数値やグラフ等が表示されない可能性があることに留意が必要である。

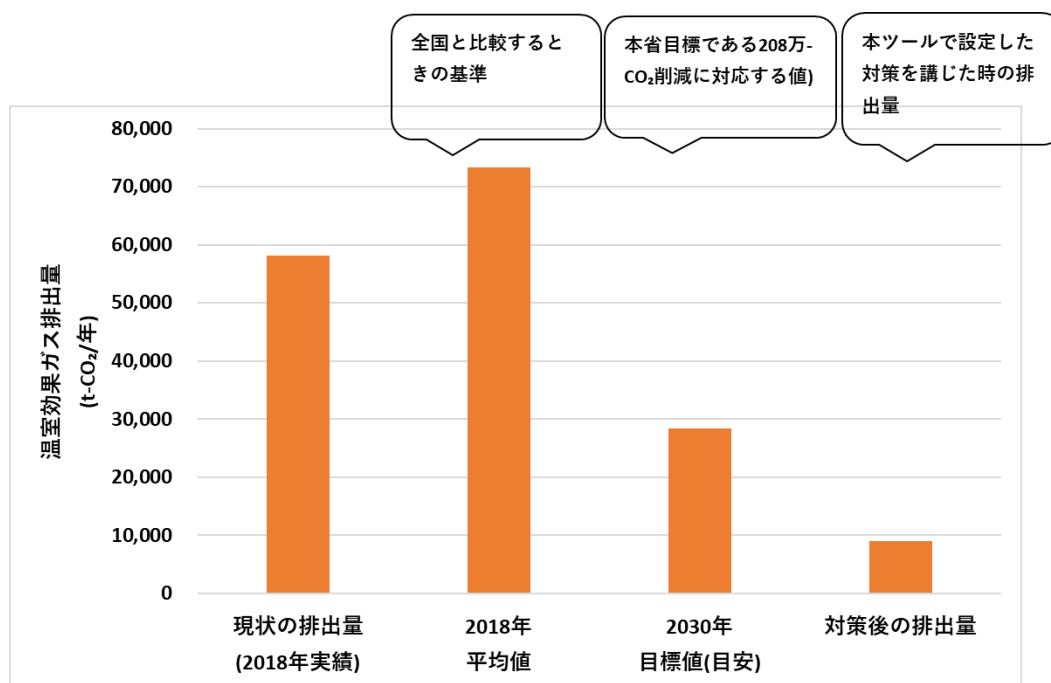


図-1 ツールにより作成される結果のイメージ

3. 本ツールにおける温室効果ガス排出量の算定範囲について

本ツールにおける温室効果ガス排出区分を表-1に示す。

下水道統計等の一般的な文献・調査からの把握が困難である燃料の燃焼、燃料の使用に伴うCH₄、N₂O排出や自動車走行に伴うCH₄、N₂O排出や上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出については本ツールにおいては対象外としたが、下水道温暖化対策推進計画においては対象となることに留意が必要である。

本ツールにおける温室効果ガス排出量・削減量算出対象範囲を表-2に示す。排出については下水処理場内での排出を対象とし、場外ポンプ場における排出や場外での汚泥処理等については対象外とする。一方、下水道資源の有効利用については場内、場外の両方を対象とする。（「ツール入力シート③」については場内利用分は対象外とする。）

表-1 本ツールにおける温室効果ガス排出区分と
下水道温暖化対策推進計画における排出区分の比較

対象とする活動	温室効果ガスの種類	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区分			本ツールにおける算出対象		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
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) 他人から供給された熱の使用		(—)	—	—	—	—	—
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		—	○	○	—	—	—
②施設の運転に伴う処理プロセスからの排出							
下水処理		—	○	○	—	○	○
下水汚泥の処分							
焼却		—	○	○	—	○	○
埋立処分		—	○	—	—	○	○
その他(コンポスト、燃料化等)		—	※	※	—	○	○
③上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出		※	—	—	—	—	—
④下水道資源有効利用に伴う排出量の削減		※	—	—	○	—	—
		○: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)			○:対象 —:算出対象外		

表-2 本ツールにおける温室効果ガス排出量・削減量算出対象範囲(朱色着色部)

電気、燃料等のエネルギー消費に伴う温室効果ガス	施設運転に伴う処理プロセスからの温室効果ガス	浄水、工業用水、薬品類の消費に伴う温室効果ガス	下水道資源の有効利用による温室効果ガス
・電気、燃料の使用に伴うCO ₂ の排出 (処理場内のみ、場外ポンプ上等からの排出を除く)	・下水の処理に伴うN ₂ O、CH ₄ の排出 ・汚泥の焼却に伴うN ₂ O、CH ₄ の排出 ・汚泥の埋立に伴うCH ₄ 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。	浄水、工業用水、薬品類の消費に伴うCO ₂ の排出	【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 ※「ツール入力シート③」においては記入しない。
	・汚泥のコンポスト化・燃料化に伴うN ₂ O、CH ₄ の排出		【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
	・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>		

算定・報告・公表制度の対象

4. 2030年温室効果ガス排出量削減目標値(目安)について

①省エネの促進により60万t削減については各処理場において電力・燃料消費を2013年度実績値より年率2%削減するように目標値(目安)を設定。

②下水汚泥のエネルギー化(創エネ)により70万t削減については下水道事業全体で2013年から2018年にかけて削減した29万tを70万tから差し引き、残りの41万tをOD法以外の処理場において流量比に応じて配分することで目標値(目安)を設定。(2018年度を基準に目標値(目安)を設定)

③汚泥焼却の高度化により78万t削減については下水道事業全体で2013年から2018年にかけて削減した7万tを78万tから差し引き、残りの71万tを按分することで2018年度を基準に目標値(目安)を設定する。

更に本ツールにおいてはスラッジセンター等の汚泥再資源化施設を対象としていないため、2018年におけるスラッジセンター等の汚泥再資源化施設からの排出分である38万tを差し引き、残りの33万t(=71-38)を焼却設備を有する処理場において流量比に応じて配分することで目標値(目安)を設定。(2018年度を基準に目標値(目安)を設定)

④再生可能エネルギーの導入により1万t削減については他の削減量と比較して小さいため本ツールにおいては削減目標値(目安)の算出には含めない。ただし、「再エネ対策シート」や「追加対策シート」で対策検討することで、削減量としてカウントすることは可能である。

5. 2018年温室効果ガス排出量の標準値について

本ツールにおける標準値は「下水道における地球温暖化対策マニュアル」(H28年3月環境省・国土交通省)における「全国平均値」の考え方を参考に以下のように算出されたものである。

- ①処理水量当たりの温室効果ガス排出量で全国標準値を設定。
- 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、分類ごとに標準値を設定。
- ③全国標準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。
- ④排出源は、表-1、表-2に基づき設定。(下水道資源の有効利用については場内利用分は算出の対象外とした。)
- ⑤標準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」は嫌気無酸素好気法、循環式硝化脱窒法、硝化内生脱窒法、ステップ流入式多段硝化脱窒法、嫌気好気活性汚泥法とした。

「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とした。(高度処理オキシデーションディッチ法を含む。)

「ii.標準法」は、i、iii、ivに該当しない処理場とした。(標準活性汚泥法以外のその他の処理法も含む。)

・下水道統計「処理場施設(使用エネルギー)」(H30年度実績)等のデータを用いて、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。また、標準値は全国の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。

6.操作方法

本ツールにおいては図-3 に示す通り。

「緑色着色部」は入力又はリストからの選択が必要となる。この箇所が入力されていないと正しく結果が表示されない可能性がある。

「青色着色部」は自動計算部分、「灰色着色部」固定部分はとなり、入力を要する項目ではない。

「黄色着色部」は排出係数となり、実態に応じて変更可能である。

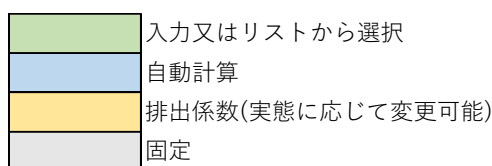


図-2 本ツールにおける基本的な色分け

1) ツール入力シートについて

ツール入力シートは①～③まであり、本シートにおいて、下記の事項の算出を行う。

- ①対象下水処理施設における2013年及び2018年におけるエネルギー消費にかかる温室効果ガス排出量及び年間処理水量当たりの温室効果ガス排出量の実績値を算出する。
- ②2030年削減目標値(目安)を算出し、削減目標値(目安)と対象下水処理施設における現状の排出量の比較を行う。
- ③同処理方式、同流量規模の処理場における標準値を算出し、標準値と該当下水処理場における現状の排出量との比較を行う。

上記算出に当たり、まず、「ツール入力シート①～③」の緑色着色部に必要な情報の入力を行う。(図-3、4)

入力が必要な箇所としては「基本情報」「実績値の算出」の項目となり、

「基本情報」は全て必須の記入項目となる。

「実績値の算出」は使用実態がなければ記入は不要である。

処理施設全体の処理水量(2013年)	241415	千m ³ /年
処理施設全体の処理水量(2018年)	239726	千m ³ /年
水処理方法	1.標準活性汚泥法	標準法
焼却炉設備の有無	焼却あり	焼却あり
電力の排出係数	0.25	t-CO ₂ /千kWh
処理方式	焼却あり	

図-3 基本情報の入力項目

2. 実績値の算出(エネルギー消費にかかる温室効果ガス排出量)

当該処理場のエネルギー消費にかかる温室効果ガス排出量を算出する。

下記に2013年及び2018年の実績値の記入をお願いします。

2013年実績値(2030年目標値(目安)決定)

項目	消費量等(年間)	単位		排出係数	単位		排出量	単位	
処理施設全体の消費電力量	61911	千kWh	×	0.25	t-CO ₂ /千kWh	=	15,478	t-CO ₂	
燃料 (処理施設全体)	特A重油		×	2.71	t-CO ₂ /kL	=		t-CO ₂	
	A重油	346	×	2.71	t-CO ₂ /kL	=	938	t-CO ₂	
	灯油		×	2.49	t-CO ₂ /kL	=		t-CO ₂	
	軽油	0.8	×	2.58	t-CO ₂ /kL	=	2	t-CO ₂	
	ガソリン	2.2	×	2.32	t-CO ₂ /kL	=	5	t-CO ₂	
	都市ガス	1769	千Nm ³	×	2.23	t-CO ₂ /千Nm ³	=	3,945	t-CO ₂
	プロパンガス		千Nm ³	×	3	t-CO ₂ /千Nm ³	=		t-CO ₂
	コークス		t	×	3.17	t-CO ₂ /t	=		t-CO ₂
	混合油(草刈り用燃料)		kl	×	2.32	t-CO ₂ /kl	=		t-CO ₂
	その他 (必要に応じて記入)			×			=		t-CO ₂
	その他 (必要に応じて記入)			×			=		t-CO ₂
その他 (必要に応じて記入)			×			=		t-CO ₂	
2013年エネルギー消費にかかる温室効果ガス排出量							20,367	t-CO₂	

2018年実績値(2018年標準値との比較用)

項目	消費量等(年間)	単位		排出係数	単位		排出量	単位	
処理施設全体の消費電力量	61491	千kWh	×	0.25	t-CO ₂ /千kWh	=	15,373	t-CO ₂	
燃料 (処理施設全体)	特A重油		×	2.71	t-CO ₂ /kL	=		t-CO ₂	
	A重油	319	×	2.71	t-CO ₂ /kL	=	864	t-CO ₂	
	灯油		×	2.49	t-CO ₂ /kL	=		t-CO ₂	
	軽油	0.6	×	2.58	t-CO ₂ /kL	=	2	t-CO ₂	
	ガソリン	2	×	2.32	t-CO ₂ /kL	=	5	t-CO ₂	
	都市ガス	1052	千Nm ³	×	2.23	t-CO ₂ /千Nm ³	=	2,346	t-CO ₂
	プロパンガス		千Nm ³	×	3	t-CO ₂ /千Nm ³	=		t-CO ₂
	コークス		t	×	3.17	t-CO ₂ /t	=		t-CO ₂
	混合油(草刈り用燃料)		kl	×	2.32	t-CO ₂ /kl	=		t-CO ₂
	その他 (必要に応じて記入)			×	0.5		=		t-CO ₂
	その他 (必要に応じて記入)			×	0.5		=		t-CO ₂
その他 (必要に応じて記入)			×	0.5		=		t-CO ₂	
2018年エネルギー消費にかかる温室効果ガス排出量							18,589	t-CO₂	

図-4 実績値の算出の入力項目

上記の通りに、「基本情報」「実績値の算出」に必要な情報を入力すると、自動計算で、以下の項目が算出される。

- ①2030 年度における目標値(目安)
- ②同処理方式、同流量規模の処理場における標準的な値
- ③現状と目標値(目安)、標準値との比較

目標値(目安)は「2030 年目標設定」シートに表示され、標準値は「2018 年標準値」シートに表示される。

本結果を元に、「水処理対策シート」「汚泥処理対策シート」「再エネ対策シート」より、各種省エネ・創エネ対策の検討を行うことができる。

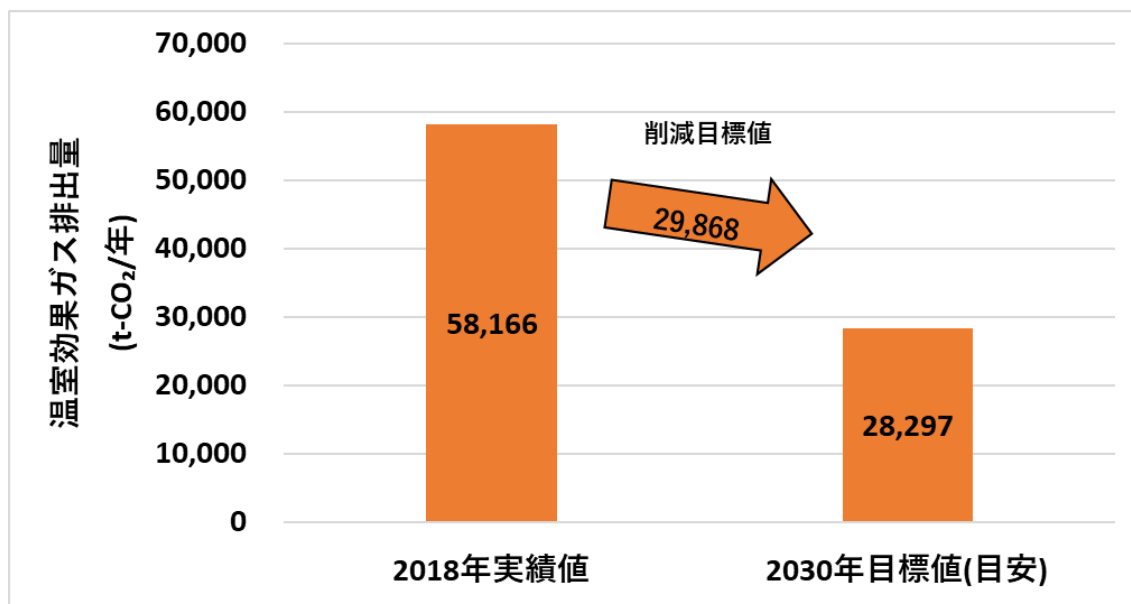


図-5 現状と目標値(目安)との比較の画面

2)各対策シートについて

各対策シートにて、温室効果ガス排出対策の検討を行うことができる。(図-6)

- ①対策の検討する場合は必ず一番左の欄に”○”の入力をする。
- ②「対策番号」のリンク先より各対策の具体的な内容や導入効果の算出を行うことができる。(図-7)

①にて“○”を入力した場合、必ず「対策番号」リンク先へ飛び必要な情報を入力すること。

③「対策番号」のリンク先より必要な情報を入力すると、「対策による温室効果ガス削減量」が表示され、現状の総排出量に対しての寄与率が表示される。

各記入項目は実際の処理場に合った数値の記入をすること。

④対策シートに記載のない技術を検討する場合は「追加対策シート」に CO₂ 削減量等を記入する。参考として p11 に脱炭素に資する HP や文献を示す。特に対策メニューの少ない OD における省エネ対策や対運転管理改善手法については下記のマニュアルを参考にされたい。

・OD 法における省エネ対策に関する参考文献：

オキシデーションディッチ法の省エネ技術に関する技術資料
(公益財団法人 日本下水道新技術機構 2017 年 3 月)

・運転管理改善手法に関する参考文献：

下水処理場の省エネ診断に関する技術マニュアル
(公益財団法人 日本下水道新技術機構 2022 年 9 月)

水処理対策リスト						
各対策の導入効果については必ず着色部のセルのリンクから各対策入力シートにアクセスをして必要情報を記入してください。各対策の導入効果は目安であり、実際の導入に当たっては詳細な検討を必要とします。						
対策を検討する場合は下記に“○”を入力	対策番号	対象	対策内容	対策導入設備	組み合わせることができる可能性のある対策※1	対策による温室効果ガス削減量 t-CO ₂
○	対策No.1	水処理設備	流入比率に応じた機械攪拌式曝気装置の間欠運転	反応タンク設備	No.2	859
○	対策No.2	OD法	自動制御をもちいた運転管理の導入	反応タンク設備、最終沈殿池設備等水処理設備	No.1	692
○	対策No.3	標準法、高度処理、その他水処理	高効率アブロワの導入(磁気浮上式ターボブロー)	送風機設備	No.4、No.5	74
	対策No.4	標準法、高度処理、その他水処理	細気泡散気装置等の導入による酸素移動効率の上昇	反応タンク設備	No.3、No.5	FALSE
	対策No.5	標準法、高度処理、その他水処理	無酸素槽・嫌気槽攪拌機を省エネ型攪拌機へ変更	反応タンク設備	No.3、No.4	FALSE
	対策No.6	標準法、高度処理、その他水処理	[B-DASH] ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術の導入	反応タンク設備、送風機設備等水処理設備	※2	FALSE
	対策No.7	標準法	[B-DASH] DHSシステムを用いた水量変動追従型水処理技術	曝気設備、反応タンク設備、最終沈殿池設備	※2	FALSE
	対策No.8	標準法	[B-DASH] 無曝気循環式水処理技術	曝気設備、反応タンク設備、最終沈殿池設備	※2	FALSE
	対策No.9	標準法、高度処理、その他水処理	[B-DASH] 超高効率固液分離技術	曝気設備	※2	FALSE
各対策による合計値						1,625

図-6 対策シートの例 (水処理対策シート)

・水処理対策No.1 流入比率に応じた機械攪拌式曝気装置の間欠運転

下記、緑色のセルに実態に合わせて数値を入力してください。
黄色のセルが温室効果ガス削減量になります。

緑色	入力又はリストから選択
青色	自動計算
黄色	排出係数(実態に応じて変更可能)
灰色	固定

[クリックで対策シートに戻る](#)

OD法の処理場で流入比率が低い処理場において曝気装置の間欠運転ができる可能性があります。

適応条件	OD法の処理場
処理場消費電力量	61911 kWh/年
削減率	16%
導入割合	100%
消費電力量削減量	9905.76 kWh/年
電力の排出係数	0.25 t-CO ₂ /kWh
温室効果ガス削減量	2476.44 t-CO ₂

※本業務におけるアンケート調査結果より
※一部系列、一部機器のみ対策を行う場合はその対策導入割合を入力してください。
全て行う場合は100%です。

図-7 各対策の具体的な内容や導入効果の算出シート例(水処理 No.1)

3) 対策後の結果の出力シートについて

2)にて選択・設定した温室効果ガス排出対策による削減量の合計値が「対策後の結果の出力」シートに表示される。(図-8)

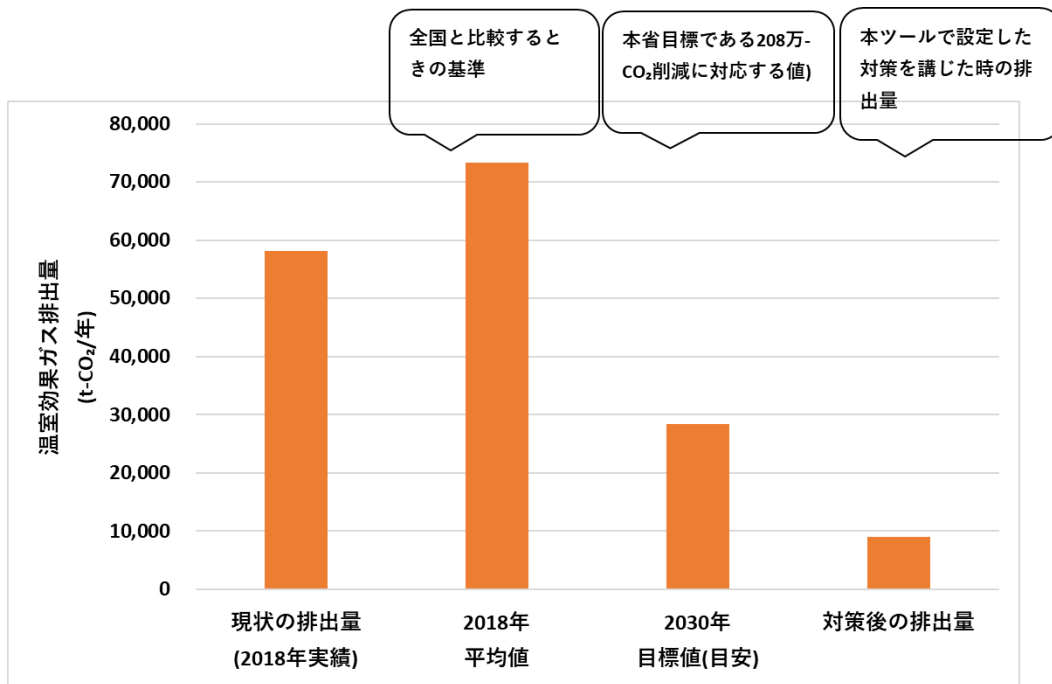


図-8 対策後の結果の出力シート

7.参考文献

課題解決技術支援ツール（試行版） <https://sewage-tech.net/>

こちらのURLにて省エネや創エネ等を検索いただくと様々な脱炭素に資する技術のマニュアルが確認できます。

下記に一例を示します。

①下水道における地球温暖化対策マニュアル（環境省・国土交通省 2016年3月）

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gel/ghg-guideline/sewer/manuals.html>

②下水処理場のエネルギー最適化に向けた省エネ技術導入マニュアル（案）（国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 2019年6月）

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/mizukokudo_sewage_tk_000379.html

③OD法における省エネ対策に関する参考文献：

オキシデーションディッチ法の省エネ技術に関する技術資料(公益財団法人 日本下水道新技術機構 2017年3月)

<https://www.jiwet.or.jp/publicity/publication/manuals>

④運転管理改善手法に関する参考文献：

下水処理場の省エネ診断に関する技術マニュアル(公益財団法人 日本下水道新技術機構 2022年9月)

<https://www.jiwet.or.jp/publicity/publication/manuals>