



温室効果ガス排出削減等指針に沿った取組のすすめ

～ばい煙発生施設版～

脱炭素化に向けた取組実践ガイドブック（入門編）

2023年3月

環境省 地球環境局 地球温暖化対策課 地球温暖化対策事業室



0. はじめに

0. はじめに

本ガイドブックの作成の目的



- 我が国では、2020年10月に政府が2050年カーボンニュートラル（以下、「CN」）を宣言し、2021年5月には「地球温暖化対策の推進に関する法律（以下、「温対法」）」を一部改正する法律が成立し、2050年までのCNの実現が基本理念として法律上も位置づけられました。
- この改正に伴い、温対法に基づく告示として、**事業者に対して、「①事業活動に伴う排出の削減」、「②日常生活における排出の削減への寄与」という2つの努力義務を課す「温室効果ガス排出抑制等指針」も、「温室効果ガス排出削減等指針」（以下、「指針」）へと改称され、2023年には内容も改正**されました。
- このうち「①事業活動に伴う排出の削減」については、事業活動を行う全ての事業者を対象としたもので、**事業活動に伴う排出の削減等を適切かつ有効に実施する上で求められる基本的な姿勢や、具体的に実施すべき取組内容（設備の選択・使用方法等）**を定めています。
- 我が国全体でCNを目指す上では、**化石燃料を使用する燃焼設備における脱炭素化の取組も必要不可欠**であり、こうした設備の例として**大気汚染防止法等により規定されている「ばい煙発生施設」**も一部含まれます。ばい煙発生施設では、既に大気汚染防止の観点からの対策は多くの事業者で実施されているものの、今後は脱炭素化の観点も含めて双方に資する対策を実施していくことが求められています。中央環境審議会 大気・騒音振動部会における今後の大気環境行政のあり方に関する議論でも、進めるべき方策の一つとして「**2050年カーボンニュートラル実現と大気環境改善の両立及び相乗効果の発揮**」が掲げられています。

本ガイドブックは、こうした背景を踏まえて、ばい煙発生施設を設置している事業者が、具体的な取組を進めるにあたり、参考となる情報やガイダンス等を整理し、紹介するものです。

該当事業者及び指導・監督する地方公共団体の皆様におかれましては、本ガイドブックを参照いただき、今後の対応の参考にさせていただければ幸いです。

0. はじめに

本ガイドブックの構成・使い方

- 本ガイドブックの構成・内容は下表のとおりです。
- ばい煙発生施設を保有する事業者の皆様が、**大気汚染防止、脱炭素化の双方に資する具体的な取組を進めるにあたり、参考となる情報やガイダンス等を整理**しておりますので、各章の内容を参照いただき、関心のある箇所から読んで下さい。
- また、**ばい煙発生施設を指導・監督する立場にある地方公共団体の皆様におかれましても、立入検査・指導等の際に、事業者とのコミュニケーションツール**として是非ご活用ください。

本ガイドブックの構成・概要

章構成	概要
1. 取組の意義・メリット	<ul style="list-style-type: none"> ● 国内外でカーボンニュートラルの実現に向けた取組が加速する中、ばい煙発生施設の多くは化石燃料の燃焼を伴い、ばい煙だけでなくエネルギー起源のCO₂も多く排出するため、大気汚染防止だけでなく脱炭素化の取組も必要。 ● 上記の背景を踏まえた上で、ばい煙発生施設において大気汚染防止だけでなく、脱炭素化を推進する意義・メリットについて、ばい煙発生施設を設置する事業者及び同事業者を指導・監督する立場にある地方公共団体の双方の視点から解説。
2. 取組の進め方・ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ● 事業者における（ばい煙発生施設に限定されない）一般的な脱炭素化の進め方、参考となる情報等について紹介するとともに、特にばい煙発生施設において脱炭素化を進める上でのポイントについて解説。
3. 対策事例	<ul style="list-style-type: none"> ● ばい煙発生施設に該当する設備における、大気汚染防止、脱炭素化の双方に資する具体的な対策事例について紹介。
4. 関連制度・参考情報	<ul style="list-style-type: none"> ● ばい煙発生施設を設置している事業者が排出削減に向けた取組を進める上で参考となる情報について、その概要や活用場面・方法とともに紹介。

0. はじめに

【参考】ばい煙発生施設とは

- ばい煙発生施設とは、大気汚染防止法※や地方公共団体の条例等で、「工場や事業場に設置され、大気の汚染の原因となるばい煙（硫黄酸化物、ばいじん、窒素酸化物等）を排出する一定規模以上の施設」として定められている施設です。具体的には、左下表に示すとおり、ボイラーや加熱炉、廃棄物焼却炉やディーゼル機関等が該当します。
- ばい煙発生施設を設置している事業者、又は設置しようとする事業者に対しては、右下表に示す義務が課されています。ばい煙発生施設を監督する立場になる地方公共団体は、ばい煙発生施設における排出基準を守っているか確認するため、工場・事業場に立ち入ることができます。また、排出基準違反のばい煙を継続して排出する恐れのある事業者に改善命令や一時使用停止命令を発令することもできるとされています。

※大気汚染防止法：大気汚染に関して国民の健康を保護すること、生活環境を保全することを目的に、1968年に制定されました。工場・事業場から排出される大気汚染物質について、物質の種類ごと、施設の種類・規模ごとに排出基準等が定められ、大気汚染物質の排出者はこの基準を守らなければならないとされています。

大気汚染防止法に基づく「ばい煙発生施設」の主な例

施設名	規模要件
ボイラー	● 燃焼能力 50L/h 以上
ディーゼル機関	● 燃焼能力 50L/h 以上
ガスタービン	● 燃焼能力 50L/h 以上
金属鍛造・圧延加熱・熱処理炉	● 火格子面積 1m ² 以上 ● 羽口面断面積 0.5m ² 以上 ● 燃焼能力 50L/h 以上 ● 変圧器定格容量 200kVA以上
乾燥炉	● 火格子面積 1m ² 以上 ● 燃焼能力 50L/h 以上 ● 変圧器定格容量 200kVA以上

「ばい煙発生施設」を設置している/設置しようとしている事業者の義務

義務の種類	概要
施設等の届出義務	● 新たに設置する、もしくは構造等を変更する場合は、60日前までに都道府県知事等に届ける必要がある。
ばい煙量等の測定義務	● 当該施設から排出されるばい煙の濃度を測定し、結果を記録する必要がある。
排出基準等を守る義務	● 国が定めた一般排出基準や都道府県が条例で定めた上乘せ排出基準、さらに環境基準確保が難しい地域に向けた総量規制基準を満たさないばい煙等は排出してはならない。
事故時の措置に係る義務	● 事故等によりばい煙・特定物質が多量に排出された際は、応急措置に加え、都道府県知事等に通報する必要がある。
行政命令等に従う義務	● 排出基準に適合しないばい煙等を排出する恐れがあると判断され、使用方法の改善や一時停止といった改善命令に従うほか、地方公共団体の職員による立入検査が求められた場合、受け入れる必要がある。

1. 取組の意義・メリット

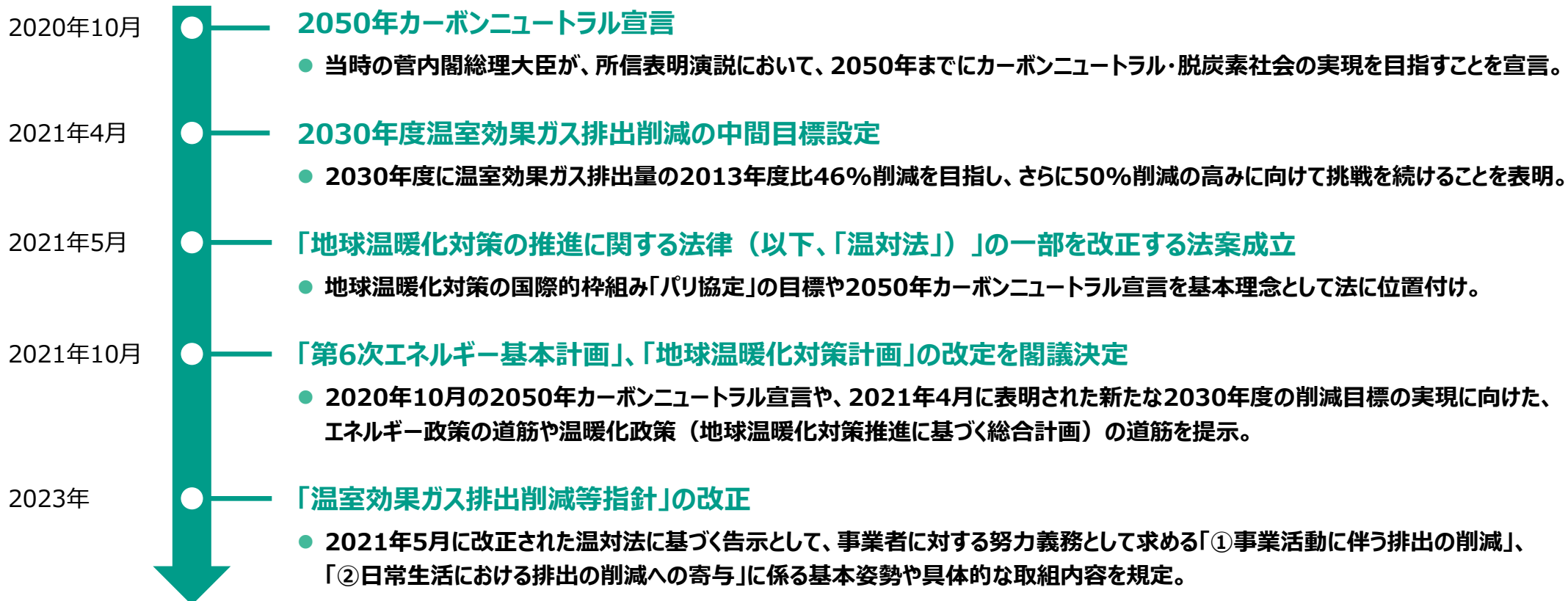
1. 取組の意義・メリット

カーボンニュートラルを巡る動向



- 2020年から国際枠組みであるパリ協定の運用が開始し、世界的に脱炭素に向けた取組みが加速する中、我が国では、2020年10月に**政府が2050年カーボンニュートラルを宣言**し、翌年5月には地球温暖化対策推進法の一部を改正する法律が成立し、**2050年までのカーボンニュートラルの実現が基本理念として規定**されました。
- この改正に伴い、温対法に基づく告示として、事業者に対して、「①事業活動に伴う排出の削減」、「②日常生活における排出の削減への寄与」という2つの努力義務を課す「**温室効果ガス排出抑制等指針**」も、「**温室効果ガス排出削減等指針**」（以下、「指針」）へと改称され、2023年には内容も改正されました。

カーボンニュートラルを巡る国内外の動向



1. 取組の意義・メリット

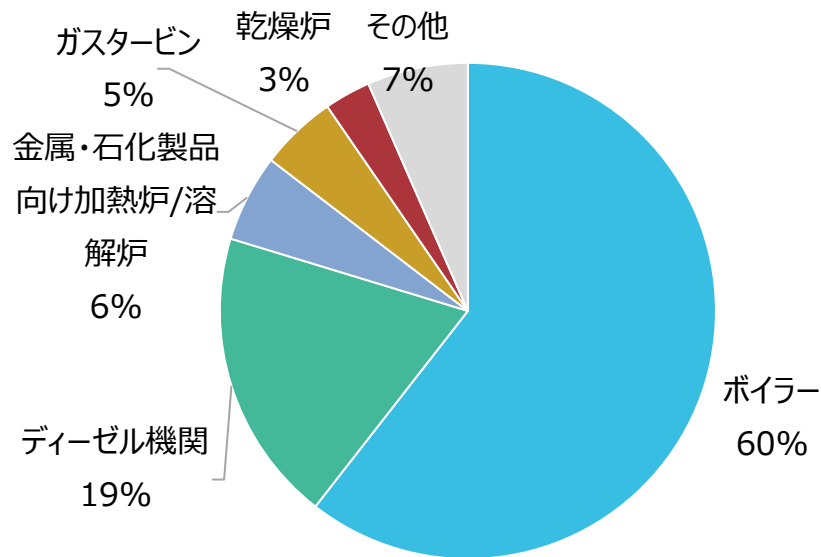
ばい煙発生施設におけるカーボンニュートラル対応の重要性

- ばい煙発生施設数は全国に約21万7,000※存在しており、その大多数は一定規模以上のボイラーやディーゼル機関、ガスタービン等の化石燃料の燃焼設備で、**ばい煙の排出だけでなく、エネルギー起源CO₂の排出も多くなっています**。このため、**我が国全体でカーボンニュートラルの実現を目指すには、ばい煙発生施設を設置している事業者における温室効果ガス（以下、GHG）の排出削減の取組も必要不可欠**です。

※環境省「大気汚染防止法施行状況調査（令和2年度実績）」（2022年3月）

- 大気環境行政上も、**大気環境改善の観点だけでなく、カーボンニュートラル実現の観点も含めて、双方の削減に資する取組を総合的に推進していくことが求められています**。

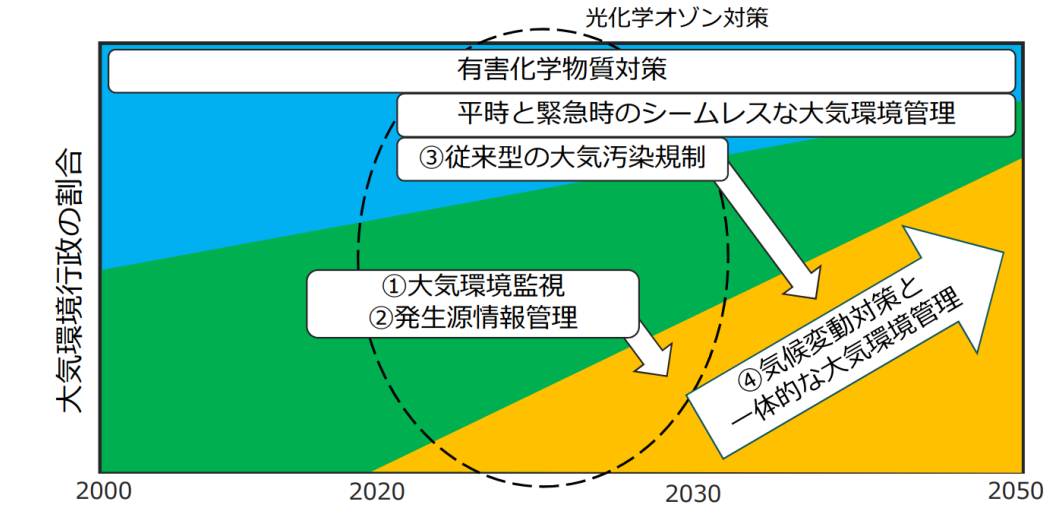
施設種類別のばい煙発生施設数（2021年度）^[1]



(N=216,753)

出所) [1]環境省 大気汚染防止法施行状況調査（令和2年度実績）
<https://www.env.go.jp/air/osen/law/sekou.html>（閲覧日：2023年2月15日）より作成

今後の大気環境行政の方向性（イメージ）^[2]



例えば、

- ① 気候変動要因物質との一体的測定、簡易測定・衛星観測を含めた監視システムの再構築
- ② GHGも含めた排出管理（大気汚染物質排出量総合調査の拡充等）、排出インベントリ整備
- ③ 従来型の大気環境管理と気候変動対策の関係に関する政策アセス、施策の戦略的推進
- ④ 気候変動影響やその緩和策とのコベネフィット・コンフリクトを考慮した光化学Ox・粒子状物質対策等の大気汚染対策の総合的推進

出所) [2]環境省水・大気環境局 中央環境審議会 大気・騒音振動部会（第15回）資料2-1
 今後の大気環境行政のあり方について（2021年9月）
<https://www.env.go.jp/council/07air-noise/y070-15b/900426513.pdf>
 （閲覧日：2023年2月15日）

1. 取組の意義・メリット

ばい煙発生施設におけるカーボンニュートラルを推進するメリット

- ばい煙発生施設において大気汚染防止だけでなく、脱炭素化にも資する対策を進めるメリットとして、当該施設を設置する事業者にとっては、**それぞれの観点から個別に対策を実施するよりも、費用対効果が高まる**ことが挙げられます。また、前述のとおり、社会全体でのカーボンニュートラルに対する要請が高まる中で、**資金調達手段の獲得や、製品や企業の競争力向上等の効果も期待できる**ため、こうしたメリットを意識して取組を進めることが重要です。
- また、当該施設を監督・指導する立場にある地方公共団体においても、**大気汚染防止と脱炭素化という2つの地域課題の解決の両立、相乗効果の発揮**につなげることができると考えられます。

ばい煙発生施設における脱炭素化に向けた取組の意義・メリット

事業者にとっての メリット	対策実施に係る イニシャルコスト・ ランニングコストの 削減、負担削減	<ul style="list-style-type: none"> ● 大気汚染防止と脱炭素化（温暖化防止）それぞれの観点から、個別に対策を実施するよりも、両方に資する対策を同時に実施した方が費用対効果が高まると見込まれる。 ● 両方に資する対策として、エネルギー消費量の削減にもつながる対策を実施した場合、エネルギーコストを削減できる。特に、昨今のようにエネルギー価格が高騰している状況下では、外部からの購入エネルギーの削減につながる対策は、エネルギーコスト削減効果が大きく、価格の不確実性の影響を受けにくいメリットもある。 ● 両方に資する対策として、ボイラーから電気式ヒートポンプへの更新等、ばい煙が発生しない設備への熱源転換を実施した場合には、ばい煙発生施設に該当しないこととなり、設置事業者に課される各種義務（p.4参照）に係る負担も軽減できる。
	資金調達手段の 獲得	<ul style="list-style-type: none"> ● 金融機関がESG投資を推進しているため、大気汚染防止だけでなく、脱炭素化にもつながる対策を実施することで、融資条件の優遇等を受けられる機会が拡大する。
	製品・企業の 競争力向上	<ul style="list-style-type: none"> ● 大気汚染防止だけでなく、脱炭素化にも資する対策を実施していることをアピールすることで、取引先企業から選ばれやすくなり、既存の取引先との強固な関係性の構築のみならず、新規の取引先開拓にもつながり得る。
地方公共団体 にとってのメリット	行政負担軽減・ 業務効率化	<ul style="list-style-type: none"> ● 大気汚染防止と脱炭素化（温暖化防止）それぞれの観点から、関連行政部局が個別に事業者に対して対策を推進するよりも、両方に資する対策を総合的に推進することで行政の効率化が見込まれる。 ● また、域内の多くの事業者において、両方に資する対策の一環として、ばい煙発生施設に該当しない設備への更新（ボイラーから電気式ヒートポンプへの更新等）が実施されると、域内のばい煙発生施設数自体が減少し、監督・指導する立場にある行政側の負担軽減にもつながり得る。
	地域課題の解決 （大気汚染防止、 脱炭素化）	<ul style="list-style-type: none"> ● 事業者に対してばい煙発生量、GHG排出量の双方の削減に資する対策を推進することで、地域の大気汚染防止につながるだけでなく、昨今、地方公共団体が果たすべき役割として要請が高まっている地域の脱炭素化の推進にもつながる。

2. 取組の進め方・ポイント

2. 取組の進め方・ポイント

脱炭素化の取組の進め方・ポイント

- 温室効果ガス排出削減等指針における「事業活動に伴う排出削減」では、事業者が脱炭素化に向けて実施すべき取組について以下の2つに分けて規定しています。
 - ① 一般的な取組：排出削減に向けた取組を適切かつ有効に実施する上で求められる基本的な取組・姿勢
 - ② 具体的な取組：排出削減に向けて具体的に講ずべき設備の選択・使用方法等に係る個別の取組
- このうち、「①一般的な取組」では、以下に示す6つのステップで脱炭素化を進めるべきとされています。
- 各ステップの具体的な進め方の解説については、本ガイドブックのシリーズとして、別途中小事業者を対象に作成されている[「温室効果ガス排出削減等指針に沿った取組のすすめ ～中小事業者版～」](#)に記載されていますので、こちらも適宜、参考情報として活用ください。

脱炭素化を進める上で事業者が取るべき行動のステップと各ステップにおけるチェックポイント

Step0	Step1	Step2	Step3	Step4	Step5
脱炭素化に向けた意識醸成・体制整備	事業に影響を与える気候変動関連リスク・機会の把握	排出実態の把握	削減目標の設定/ 削減対策の検討/ 削減計画の策定	削減対策の実行	Step1～4にかかる情報開示
<ul style="list-style-type: none"> ● 「カーボンニュートラル」に係る日本政府の方針・取組を知っていますか？ ● 検討・対策を行うための社内体制は整っていますか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動が自社の事業に与える影響（リスク・機会）について理解、分析していますか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 事業所全体のエネルギー消費量を把握していますか？ ● 事業所全体のGHG排出量を算定していますか？ ● 用途・設備別のエネルギー消費量、GHGを把握・算定していますか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 削減目標を設定していますか？ ● 削減対策について検討していますか？ ● 削減計画を策定していますか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 設備導入対策の場合、具体的に導入する設備を選定できていますか？ ● 対策の実行にあたり、どのような資金調達手法（補助事業等）が活用できるか把握していますか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 情報開示の必要性・意義を把握していますか？ ● 情報開示の効果的な訴求方法を把握していますか？

2. 取組の進め方・ポイント

ばい煙発生施設における脱炭素化の取組のポイント

- ばい煙発生施設において、従前より大気汚染防止の観点から実施されてきた対策としては、下表に示すようにばい煙発生量を抑制する設備や発生するばい煙を処理する装置等の導入が中心であり、既にばい煙発生施設を設置する事業者の多くで実施されています。
- 一方、こうした対策（特に発生するばい煙を処理する装置等）だけでは必ずしもエネルギー消費量・GHG排出量の削減にはつながらないケースもあります。今後は脱炭素化の観点も含めて、ばい煙発生量のみならず、エネルギー消費量・GHG排出量の削減にも資する対策を実行していくことが求められています。

ばい煙発生施設において大気汚染防止の観点からこれまで実施されてきた主な対策例

対策分類	対策例	概要
ばい煙発生量の抑制	低NOxバーナー	● 酸素濃度の低減、火炎温度の低下、高温域でのガスの滞留時間の短縮等を図ることで、窒素酸化物（NOx）の生成を抑制するバーナーで、混合促進型、分割火炎型、自己再循環型等の種類がある。設備費が比較的安く、NOx低減効果が大きいことから、広く採用されている。
	排ガス再循環方式装置	● ボイラー等における燃焼排ガスの一部を燃焼用空気に混入して燃焼させ、火炎の最高温度を低下させることにより、窒素酸化物（NOx）の生成を抑制する方式を採用した装置。
	二段燃焼法	● ボイラー等における燃焼用空気を二段に分けて供給し、第1段階では理論空気量の80～90%程度に、供給する空気量を制限し、第2段階で不測の空気を補って供給し、完全燃焼させる方式。第1段階の還元域の形成により、火炎温度と酸素濃度が低下し、窒素酸化物（NOx）の生成が抑制される。大型ボイラーのほぼ全てで採用されている。
発生したばい煙の処理	排煙脱硫装置	● 排ガス中の硫黄酸化物（SOx）を除去する装置。アルカリ等の水溶液を吸収剤としてSOxを吸収させる方式（湿式）が主流となっている。
	排煙脱硝装置	● 排ガス中の窒素酸化物（NOx）を除去する装置。アンモニアや尿素を反応剤として使用する方式（乾式）が主流となっている。
	集じん装置	● 気体中に浮遊する粒子（ばいじん等）を分離・除去する技術。重力、慣性力、拡散力、熱力、電気力等を利用しており、これらの捕集機構によって装置が分類される。

出所) 環境省 大気環境保全技術研修マニュアル 総論 7.8 燃焼改善によるNOx対策 (1998年3月) <https://www.env.go.jp/earth/coop/coop/materials/02-apctmj1/02-apctmj1-0708.pdf> (閲覧日: 2023年2月15日)、
 独立行政法人環境再生保全機構 ホームページ 大気環境の情報館 https://www.erca.go.jp/yobou/taiki/taisaku/03_01.html (閲覧日: 2023年2月15日) 等より作成

2. 取組の進め方・ポイント

ばい煙発生施設における脱炭素化の取組のポイント（つづき）

- ばい煙発生量だけでなく、エネルギー消費量・GHG排出量の削減にも資する対策としては、下表に示すものが挙げられます。
- 中でも、**ばい煙発生施設に該当する設備自体を転換していくことは大気汚染防止、脱炭素化の双方に有効**です。特に**電化（ボイラーから電気式ヒートポンプへの転換、吸収式冷温水機からチリングユニットへの転換等）**の場合、**法制度上のばい煙発生施設に該当しなくなるため、設置事業者**に課される**各種義務に係る負担も軽減**できる可能性があります。
- これらの対策は、温室効果ガス排出削減等指針における「②事業活動に伴う排出削減」の「具体的な取組」においても位置づけられており、関連する情報（性能水準・コスト水準の情報）等がウェブサイト等で公開されていますので、ご参照ください。本ガイドブックでも、次の「3. 具体的な対策事例」にて、下表のうち赤字で示した対策について詳細に紹介をします。

ばい煙発生施設において大気汚染防止、脱炭素化の双方に資する対策例（※赤字の対策は「3. 対策事例」で詳細に紹介）

対策分類		対策 (主にボイラー等を想定した場合の例)	効果	
			大気汚染防止 (ばい煙発生量削減)	脱炭素化 (GHG排出量削減)
設備導入	設備自体の 転換 (設備種類の変更)	<ul style="list-style-type: none"> ● ボイラーから高効率ヒートポンプ（高効率高温水ヒートポンプ、高効率熱風ヒートポンプ、高効率蒸気発生ヒートポンプ等）への転換 ● 吸収式冷温水機からチリングユニットへの転換 	◎ ※燃料を燃焼しないため、ばい煙発生を抑制でき、法制度上のばい煙発生施設にも該当しなくなる。	○～◎※ ※再生可能エネルギー由来電力を利用した場合、特に脱炭素化効果が大きい。
		<ul style="list-style-type: none"> ● 重油ボイラーから都市ガスボイラー・水素ボイラーへの転換等 	○～◎※ ※SOx、Fuel NOx*が発生しなくなる。Thermal NOx*は発生するものの、その発生を抑制するタイプの開発も進展。	○～◎※ ※水素であれば利用時の排出は0。特に、再生可能エネルギー由来電力で製造された水素の場合、利用時のみならず、製造時の排出も0となるため、脱炭素化効果が大きい。
	高効率型への更新	<ul style="list-style-type: none"> ● 高効率ボイラーの導入（蒸気ボイラー、熱媒ボイラー、温水ボイラー等） 	○ ※燃料使用量が減少することで燃料由来のばい煙が低減。	○
付加的設備の導入、運用改善		<ul style="list-style-type: none"> ● 熱輸送配管の断熱強化 ● ボイラーの空気比の適正化 ● ボイラーの運転圧力の適正化 等 	○ ※燃料使用量が減少することで燃料由来のばい煙が低減。	○

*Fuel NOx：燃料中に含まれる窒素分から生成されるNOx, Thermal NOx：燃料の燃焼に伴って空気中の窒素分が酸化されて生成されるNOx

3. 対策事例

3. 対策事例

対策事例一覧

- 下記対策について、対策概要や原理・仕組み、効率水準※1、コスト水準※2、導入効果の試算結果※3を整理していますので、自社の取組を検討する際にも参考にしてください。なお、効率水準、コスト水準については、環境省が公表している**温室効果ガス排出削減等指針の拡充に向けた基礎的な技術情報（以下、「指針のファクトリスト」）**も参照ください。

- ※1 当該設備の**現在利用可能な最高性能の効率水準**として、環境省が、主にエネルギー起源CO₂排出削減に効果のある先導的技術をとりまとめたLD-Tech(Leading Decarbonization Technology)水準表（2022年度）における水準値を記載しています。本水準値は、指定された試験条件に基づき測定された結果を、指定の計算方法によって算出した値であり、2022年12月までに収集した情報に基づく値であり、かつ収集できた情報のうち最高性能の値を採用しています。
- ※2 当該設備の**平均的なコスト水準**として、環境省補助事業（先進対策の効率的実施によるCO₂排出量大幅削減事業設備補助事業）の採択案件（2017年度～2020年度）の申請情報を元にした**1台あたりの設備費（付帯機器を含む）**を記載しています。なお、**当該設備の導入にあたっては設備費の他に工事費も要することに留意**が必要です（工事費は導入先の環境・条件等によって大きく異なります）。
- ※3 本試算結果はあくまで一定の試算条件の元での一例であり、**条件によって結果が変わり得る点に留意**が必要です。試算条件については本章の末尾をご参照ください。

対策種類	対策例	対策概要
設備導入	<ul style="list-style-type: none"> ● ボイラーから高効率ヒートポンプ（高温水ヒートポンプ/熱風ヒートポンプ/蒸気発生ヒートポンプ等）への転換 	<ul style="list-style-type: none"> ● ボイラーを、工場等で捨てられていた排熱等を有効活用し、高効率に熱を製造・供給できるヒートポンプに代替することでエネルギー消費量及びCO₂排出量を削減できる。特に、電力に再生可能エネルギー由来の電力を用いる場合、GHG排出量はゼロとなる。 ● 化石燃料を燃焼しないため、SO_x、NO_x等のばい煙の発生を抑制でき、法制度上のばい煙発生施設にも該当しなくなる。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 重油ボイラーから都市ガスボイラー・水素ボイラーへの転換等 	<ul style="list-style-type: none"> ● A重油等の液体燃料ボイラーから都市ガス・水素等の気体燃料ボイラーへの更新により、熱効率を向上させ、燃料使用量及びGHG排出量を削減できる。 ● 都市ガス・水素等への燃料転換により、SO_x、Fuel NO_xについても発生しなくなるため、大気汚染物質の排出量も抑制できる。 ● なお、都市ガス・水素等への燃料転換してもThermal NO_xについては発生し、特に水素については燃焼時の火炎温度が高いため、Thermal NO_xの発生量が多いことが課題であったが、近年は低NO_xバーナを搭載した水素ボイラーも開発されている。

3. 対策事例

ボイラーから高効率ヒートポンプへの転換

設備導入



対策概要

■ ボイラーを、工場等で捨てられていた排熱等を有効活用し、高効率に熱を製造・供給できるヒートポンプに代替することでエネルギー消費量及びCO₂排出量を削減。

原理・仕組み

■ ヒートポンプは化石燃料の代わりに空気や水の熱の他に、排熱・未利用熱等を有効活用するため、エネルギー消費量とCO₂排出量の削減が可能。100℃未満の温水需要を代替できるとともに、100℃を超える蒸気を製造できる機種も出てきている。

ヒートポンプの種類例^[1]

高温水ヒートポンプ

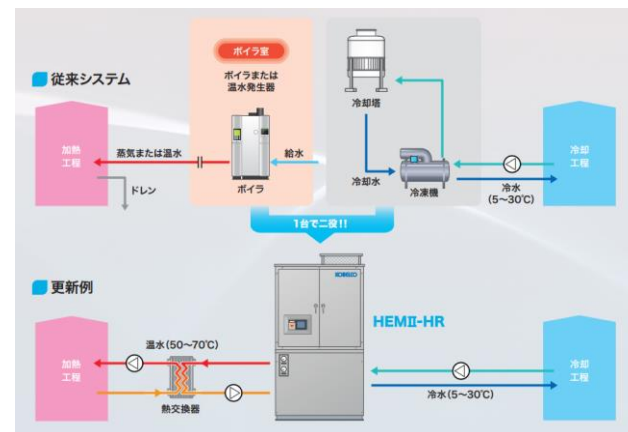
- 空気熱源と水熱源、さらに両者対応可能なものが存在する。
- 水等の2次媒体を加熱する熱源・空調機である。
- 媒体については循環式と一過式が存在する。
- 貯湯ユニットは含まない。



出所) [1]環境省 2022年度 LD-Tech リスト https://www.env.go.jp/press/press_01002.html
(閲覧日: 2023年2月15日)

システム構成例^[2]

- ボイラーと冷凍機の機能を掛け持ちさせることが可能であり、加熱工程と冷却工程を同時に対応できる。



出所) [2]KOBELCO コンプレッサー 超高効率水冷インバータスクルーチャー HEMII-HR
<https://kobelco-compressors.com/jp/ja-jp/products/heat-pump-chiller/hr>
(閲覧日: 2023年2月15日)

効率・導入コストの水準

- 効率水準 (最高水準) : COP (成績係数) 5.8
(加熱能力540kW超、温水出口温度65℃・熱源水入口温度40℃・熱源水出口温度30℃・温水出入口温度差10℃の場合)
- 導入コスト水準 (平均水準) : -
 - その他の条件 (設備容量・能力等) の場合の効率水準・導入コスト水準については、[指針のファクトリスト](#)もご参照ください。

3. 対策事例

ボイラーから高効率ヒートポンプへの転換

設備導入

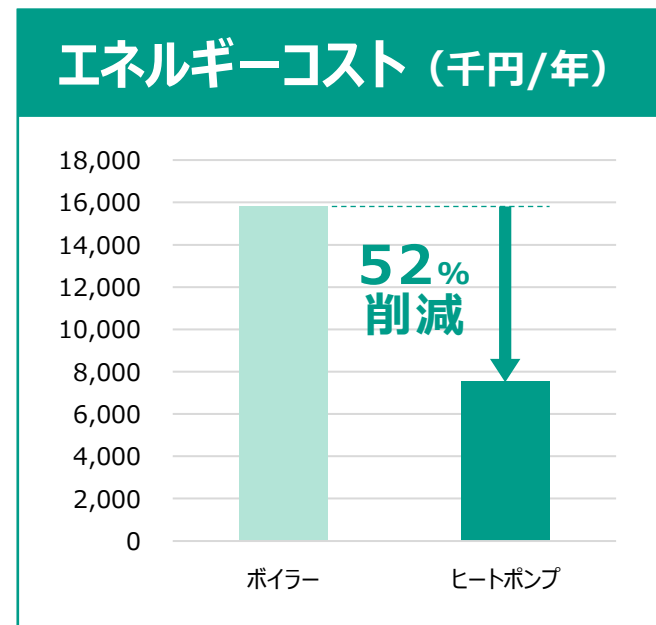
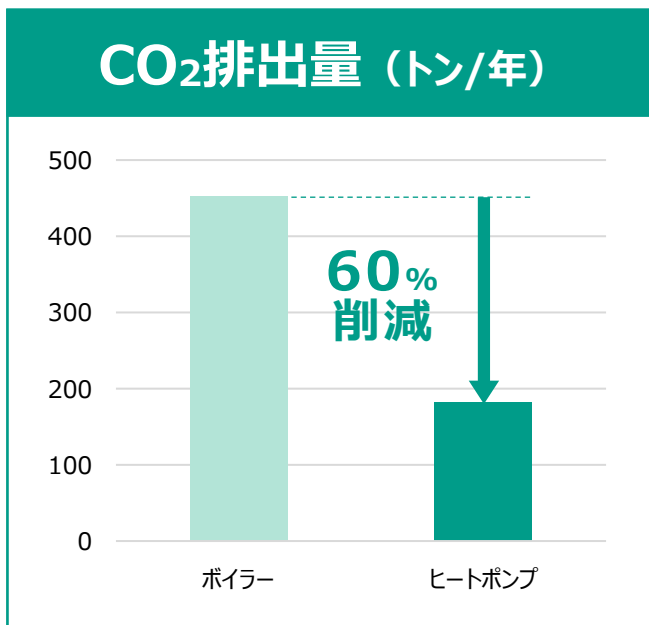
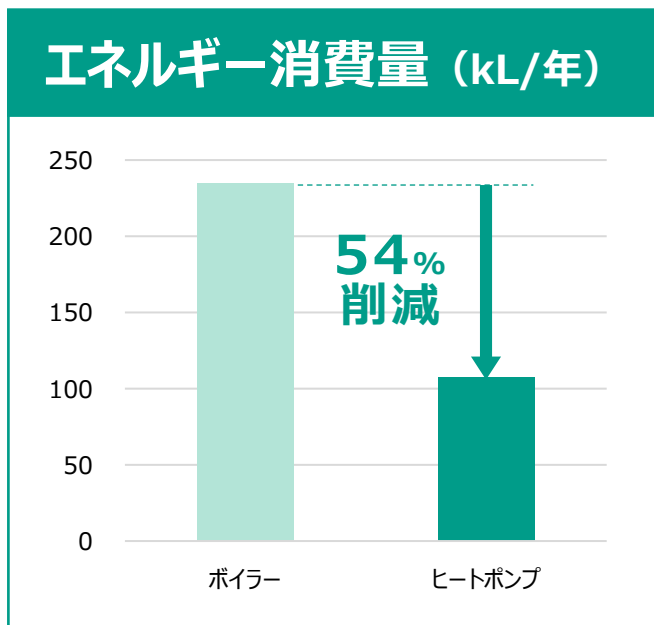


導入効果

- 熱効率96%の都市ガスボイラーから、同程度の能力（加熱能力679kW）の加熱COP5.8の高温水ヒートポンプに置き換えた場合における効果の試算例は以下のとおり。
- 対策前の年間都市ガス消費量は203千Nm³/年（234kL/年）（年間加熱需要は約8,700GJ/年）と想定。

高温水ヒートポンプ等の導入により得られる効果の算出例

- ・ エネルギー消費量は54%削減、CO₂排出量は62%削減、エネルギーコストは55%削減との試算結果。
- ・ また、化石燃料を燃焼しないため、NOxをはじめとするばい煙の発生を防ぐことができる。



3. 対策事例

重油ボイラーから都市ガスボイラー・水素ボイラーへの転換

設備導入



対策概要

- A重油等の液体燃料ボイラーから都市ガス・水素等の気体燃料ボイラーへの更新により、熱効率を向上させ、燃料使用量及びCO₂排出量を削減。

原理・仕組み

- 都市ガス・水素等の気体燃料は、A重油のような液体燃料と違い硫黄腐食等の心配がなく、排ガス熱を十分に回収できることに加え、排出係数が小さいため、エネルギー消費量とCO₂排出量を削減できる。

ボイラーの燃料転換のメリット^[1]

燃焼効率が高い

液体燃料に比べ、気体燃料では空気と混じりやすく、すべての燃料を燃焼させるために必要な過剰空気率を減らすことができる。

低温度でも排熱を回収できる

LNG・水素等の気体燃料は、低温腐食の原因となる硫黄分が重油に比べ少なく、エコマイザで低温度まで含め排熱を回収できる。これによりボイラー給水の温度を高めることができ、燃料代を削減できる。

すすによる効率低下を防げる

重油にくらべ、気体燃料は燃焼時に発生するすすが少なく（水素であれば排出しない）、ボイラーの伝熱面を汚しにくいため、ボイラー効率の低下を防止できる。

出所) [1]エネ管ドットコム ホームページ

<https://energy-kanrishi.com/boilar-gas/> (閲覧日: 2023年2月15日)、

長野都市ガス ガスボイラーのメリット

<https://www.nagano-toshi-gas.co.jp/gyoumu/merit/boiler.html> (閲覧日: 2023年2月15日) より作成

水素燃料ボイラーの特徴^[2]

- 水素は燃料時の生成物が水のみであるため、燃焼時のCO₂排出はゼロである。ただし、燃焼速度の速い気体であり、燃焼させる場合は万が一の逆火を防ぐために逆火防止装置を取り付ける必要がある。



出所) [2]三浦工業 水素燃料ボイラ

https://www.miuraz.co.jp/product/thermoelectric/si_ai_su.html

(閲覧日: 2023年2月15日)

効率・導入コストの水準

- 効率水準 (最高水準) : ボイラー効率98%※ (水素貫流ボイラー、蒸発量1,500kg/h以上3,000kg/h未満の場合)
- 導入コスト水準 (平均水準) : 約4,530万円 (水素貫流ボイラー、蒸発量1,500kg/h以上3,000kg/h未満の場合)
 - その他の条件 (設備容量・能力等) の場合の効率水準・導入コスト水準については、[指針のファクトリスト](#)もご参照ください。 ※LHV基準

3. 対策事例

重油ボイラーから都市ガスボイラー・水素ボイラーへの転換

設備導入



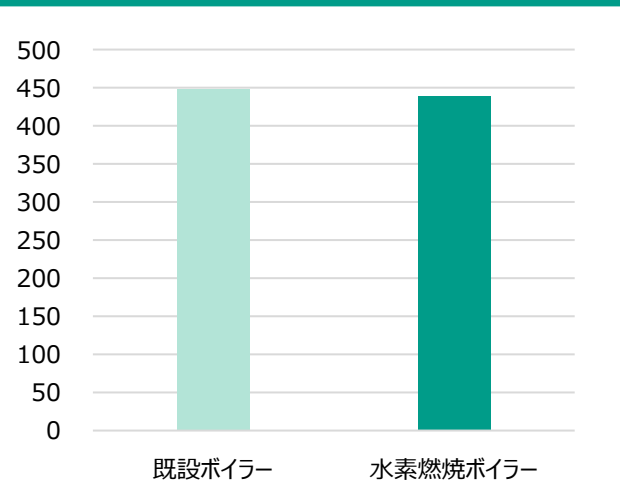
導入効果

- 蒸発量2,500kg/h、熱効率86%、年間稼働時間2,080時間のA重油ボイラーを、熱効率98%の水素ボイラーに置き換えたケースにおける効果の試算例は以下のとおり。

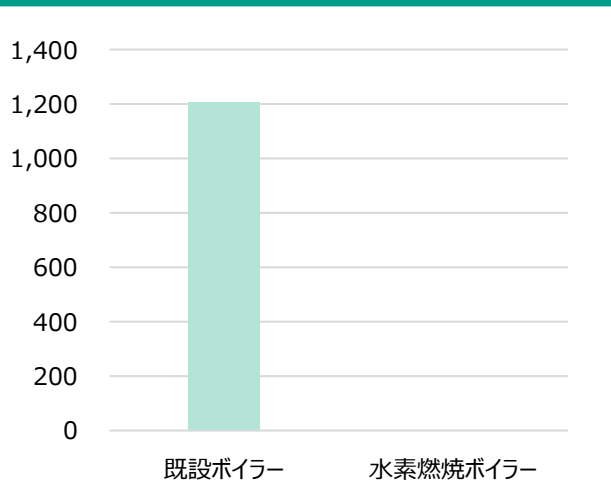
排出係数が低い燃料等を使用したボイラーへの転換により得られる効果の算出例

- エネルギー消費量は微減（2.3%減）であり、現時点の単価（100円/Nm³）を適用した際のエネルギーコストは約3倍に増加する試算結果。
- 水素価格は将来価格低下が想定されており、2030年目標値30円/Nm³注1であればエネルギーコストは12.2%削減できる見込み。
- 需要家側での水素活用時のCO₂排出量はゼロ（ただし、水素の製造方法によって製造時の排出量は異なる点に留意が必要）。
- 水素は、天然ガスやA重油と比べて燃料時の火炎温度が高く、Thermal NO_xの発生量が多くなるという課題があったが、近年は都市ガス燃料ボイラーと同程度までNo_x排出量を抑えられる低NO_xタイプも開発されており、ばい煙の発生抑制効果もある。

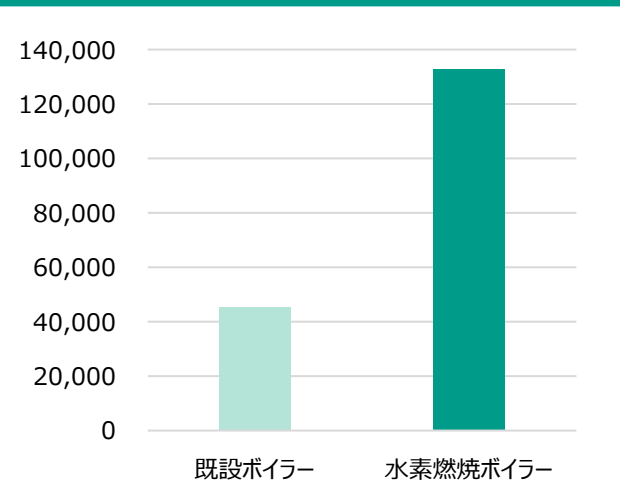
エネルギー消費量 (kL/年)



CO₂排出量 (トン/年)



エネルギーコスト (千円/年)



注1 出所) 資源エネルギー庁 第2回水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WG 資料3 (2020年6月)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_03_00.pdf (閲覧日: 2023年2月15日) における2030年目標値

3. 対策事例

【参考】導入効果の試算方法・条件

- 導入効果のうち、エネルギー消費量の試算方法及び試算に用いたパラメーターの想定値は下表のとおりです。CO₂排出量、エネルギーコストはエネルギー消費量に各エネルギー種のCO₂排出係数、エネルギー単価を乗じて試算しています。

対策名	対策実施前後のエネルギー消費量の試算方法		各パラメーターの想定値 ※下線付パラメーターについては下表参照
ボイラーから高効率ヒートポンプへの転換	前	エネルギー消費量（原油換算）[kL/年] = 対策前都市ガス消費量[千Nm ³ /年] × 都市ガス高位発熱量[MJ/Nm ³] × 原油換算係数[kL/GJ]	<ul style="list-style-type: none"> 対策前都市ガス消費量: 216千Nm³/年 ボイラー熱効率: 96% 高温水ヒートポンプCOP: 5.8
	後	エネルギー消費量（原油換算）[kL/年] = 対策前都市ガス消費量[千Nm ³ /年] × 都市ガス高位発熱量[MJ/Nm ³] × ボイラー熱効率[-] ÷ 高温水ヒートポンプCOP[-] ÷ 単位換算係数[MJ/kWh] × 電力の一次エネルギー換算係数[MJ/kWh] × 原油換算係数[kL/GJ]	
重油ボイラーから都市ガスボイラー・水素ボイラーへの転換	前	エネルギー消費量（原油換算）[kL/年] = {(飽和蒸気エンタルピー[kJ/kg] - 給水エンタルピー[kJ/kg]) × 蒸気発生量[kg/h] + (飽和水エンタルピー[kJ/kg] - 給水エンタルピー[kJ/kg]) × 給水量[kg/h] × 連続フロー率[%]} ÷ (A重油低位発熱量[MJ/L] × 1000 × A重油ボイラー効率[%]) × A重油高位発熱量[MJ/L] × 年間稼働時間[h/年] ÷ 1000	<ul style="list-style-type: none"> 飽和蒸気エンタルピー: 2,773.04kJ/kg 飽和水エンタルピー: 742.72kJ/kg 給水エンタルピー: 104.91kJ/kg 蒸気発生量: 2,500kg/h 給水量: 2,632kg/h 連続フロー率: 5% A重油ボイラー効率: 86% 水素ボイラー効率: 98% 年間稼働時間: 2,080h/年
	後	エネルギー消費量（原油換算）[kL/年] = {(飽和蒸気エンタルピー[kJ/kg] - 給水エンタルピー[kJ/kg]) × 蒸気発生量[kg/h] + (飽和水エンタルピー[kJ/kg] - 給水エンタルピー[kJ/kg]) × 給水量[kg/h] × 連続フロー率[%]} ÷ (水素低位発熱量[MJ/Nm ³] × 1000 × 水素ボイラー効率[%]) × 水素高位発熱量[MJ/Nm ³] × 年間稼働時間[h/年] ÷ 1000	

単位換算係数・ エネルギー種別の発熱量

項目	想定値
単位換算係数	3.6MJ/kWh
電力一次エネルギー換算係数 ^[1]	9.97MJ/kWh
原油換算係数 ^[2]	0.0258kL/GJ
A重油低位発熱量 ^[3]	36.7MJ/L
A重油高位発熱量 ^[4]	39.1MJ/L
都市ガス低位発熱量 ^[3]	40.6MJ/m ³
都市ガス高位発熱量 ^[4]	44.8MJ/m ³
水素低位発熱量 ^[5]	10.8MJ/m ³
水素高位発熱量 ^[5]	12.8MJ/m ³

エネルギー種別のCO₂排出係数、 料金単価等

項目	想定値
電力CO ₂ 排出係数 ^[6]	0.435kg-CO ₂ /kWh
A重油CO ₂ 排出係数 ^[4]	2.71kg-CO ₂ /L
都市ガスCO ₂ 排出係数 ^[4]	2.23kg-CO ₂ /m ³
水素CO ₂ 排出係数 ^[7]	0kg-CO ₂ /m ³
電力単価（基本料金含む） ^[8]	18.0円/kWh
A重油単価 ^[8]	102.1円/L
都市ガス単価（工場） ^[8]	78円/Nm ³
水素単価 ^[9]	100円/Nm ³

出所)

- 省エネ法施行規則 別表第3（2021年5月）
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/ninushi/pdf/shourei.pdf
（閲覧日：2023年2月15日）
※2023年4月～改正省エネ法施行により、全電源平均値（2023年度は2018年～2020年の過去3か年の平均値）の数値へと変更となる点に留意
- 省エネ法施行規則 第4条（2021年5月）
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/ninushi/pdf/shourei.pdf
（閲覧日：2023年2月15日）
- 一般社団法人日本産業機械工業会 ボイラ・原動機部会 貫流ボイラ性能表示ガイドライン（2017年3月）
<https://www.jsim.or.jp/pdf/publication/a-1-55-00-00-00-p06.pdf>（閲覧日：2023年2月15日）
- 環境省 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧（2020年改訂）
https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2020_rev.pdf（閲覧日：2023年2月15日）
- WE-NET 水素の物性
https://www.ena.or.jp/WE-NET/contents_j.html（閲覧日：2023年2月15日）
- 環境省 算定・報告・公表制度における電気事業者別排出係数一覧（2023年1月）
https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/r05_coefficient.pdf（閲覧日：2023年2月15日）
※算定・報告・公表制度における電気事業者別排出係数のうち、全国平均係数
- 利用時の排出係数は水素の製造方法によらず0
※製造段階の排出は製造方法により異なる点に留意
- 一般社団法人 エネルギー情報センター 新電力ネット
<https://pps-net.org/>（閲覧日：2023年2月15日）
※直近（2021.10～2022.9）の平均販売単価の全国平均値
- 資源エネルギー庁 第2回水素・燃料電池戦略ロードマップ評価WG 資料3（2020年6月）
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_03_00.pdf（閲覧日：2023年2月15日）
※当該価格は現時点の価格であり、価格低下（2030年目標値30円/Nm³）が見込まれる

4. 関連制度・参考情報

4. 関連制度・参考情報

脱炭素化の取組を進める上で参考になる情報



- 脱炭素化の取組を進める上では以下のような文献・サイトが参考になります。

参考情報	概要
環境省「温室効果ガス排出削減等指針の拡充に向けた基礎的な技術情報（指針のファクトリスト）」	事業活動（横断・業種個別）及び日常生活の領域について、先進的な対策リスト、各対策の性能水準・コスト等の情報を網羅的に整理したもの。
環境省「LD-Techリスト」	エネルギー起源CO ₂ の排出削減に最大の効果をもたらす先導的な技術が整理されたものであり、設備・機器等を導入する際の参考となるもの。
日本エレクトロヒートセンター事例集「これからの時代 ものづくりに電気」電子版	ヒートポンプをはじめ各種エレクトロヒートシステムの導入事例を整理し、実際のエネルギー消費量やCO ₂ 排出量、ランニングコストの削減率について示されている。
環境省「脱炭素化事業支援情報サイト（エネ特ポータル）」	オンサイトPPA等、脱炭素化に向けた取組を支援するための補助・委託事業について、事業一覧、申請フロー、活用事例等が掲載されたもの。

