

電気のチカラで産業のGXに貢献

一般社団法人日本エレクトロヒートセンター代表理事・会長

筑波大学 名誉教授

内山 洋司

発表内容

- 気候変動とGX政策
- GXに貢献する産業電化
- エレクトロヒートの特徴 （その1）ヒートポンプ
- エレクトロヒートの特徴 （その2）電気加熱技術
- おわりに

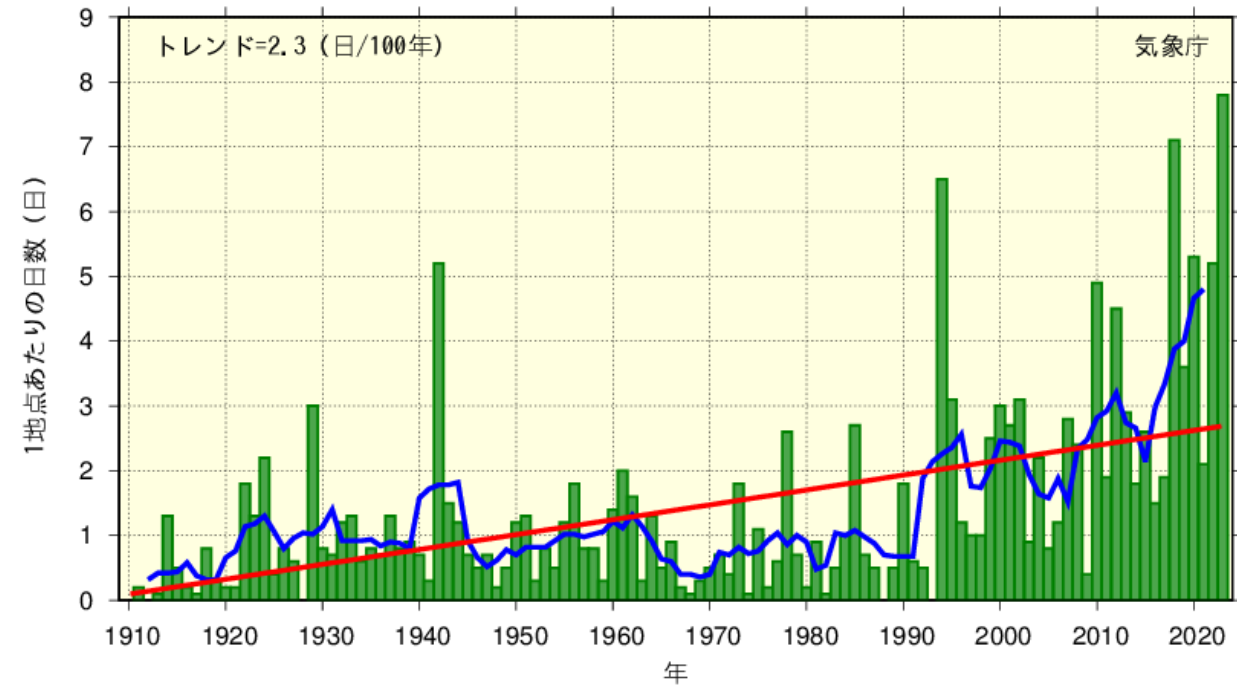
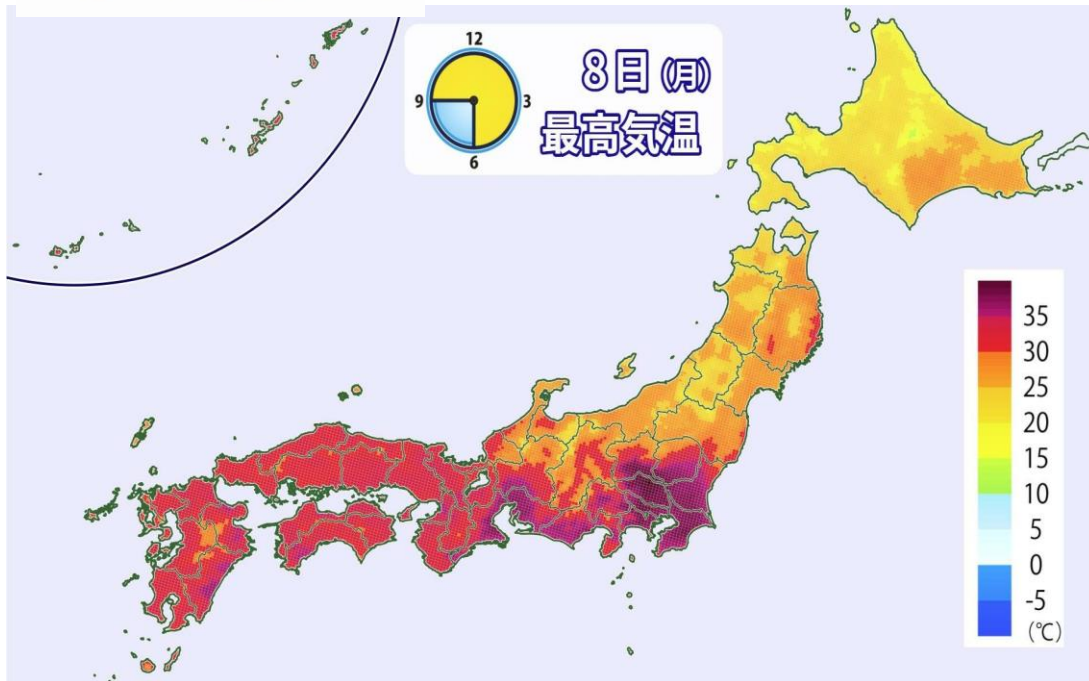
気候変動とGX政策

猛暑が日本列島を襲う

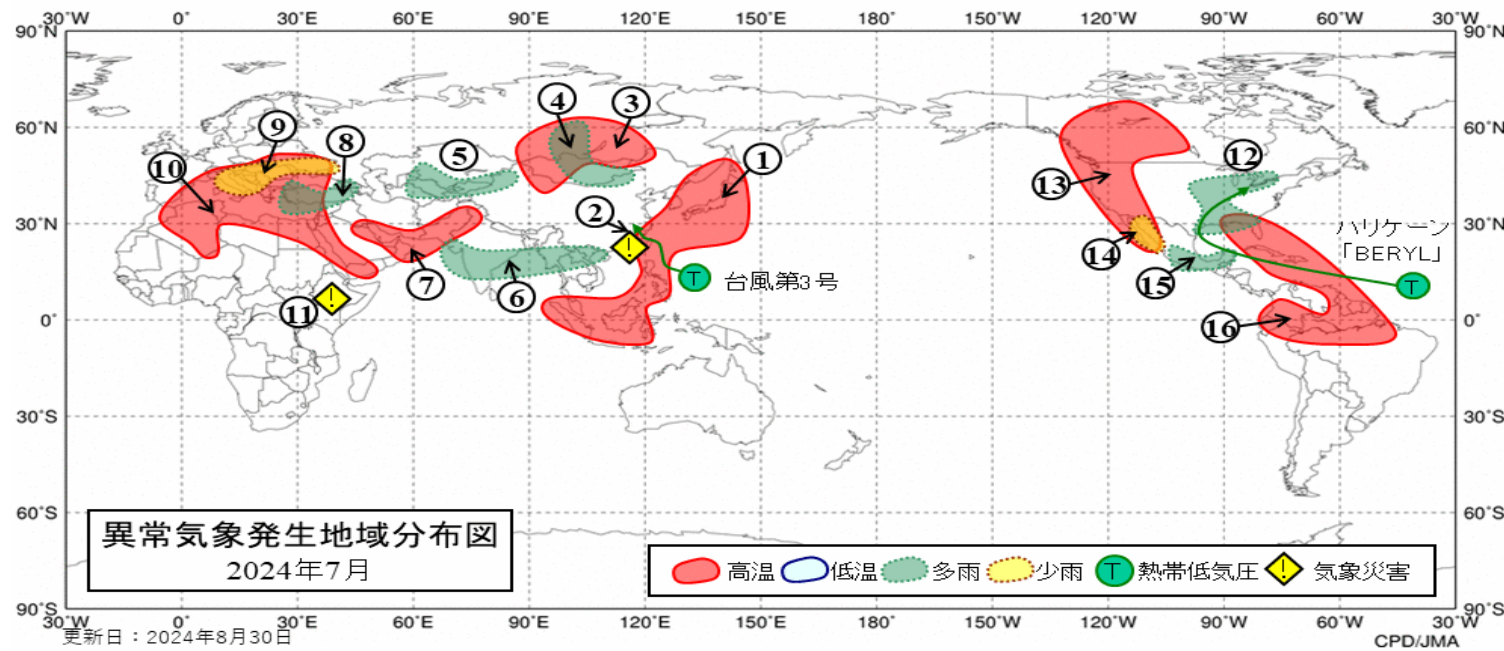


- 2024年夏の平均気温が、例年よりも1.76℃上昇し、これまでの最高気温
- 福岡県太宰府市では、35℃以上の猛暑日が60日以上にもなり国内最長記録
- 猛暑日の年間日数は、過去100年間の統計データによると2.3日増加

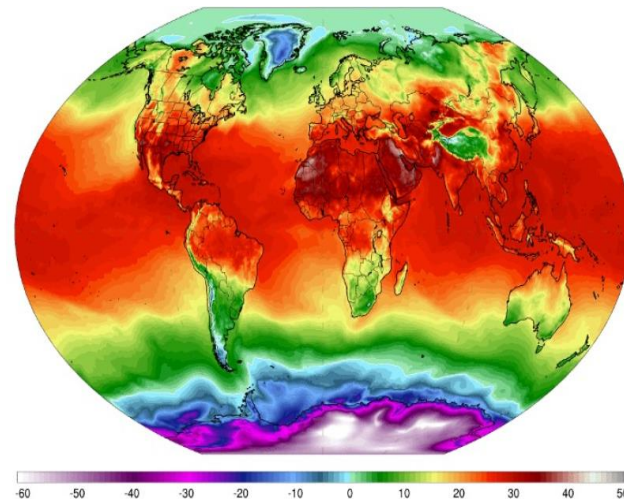
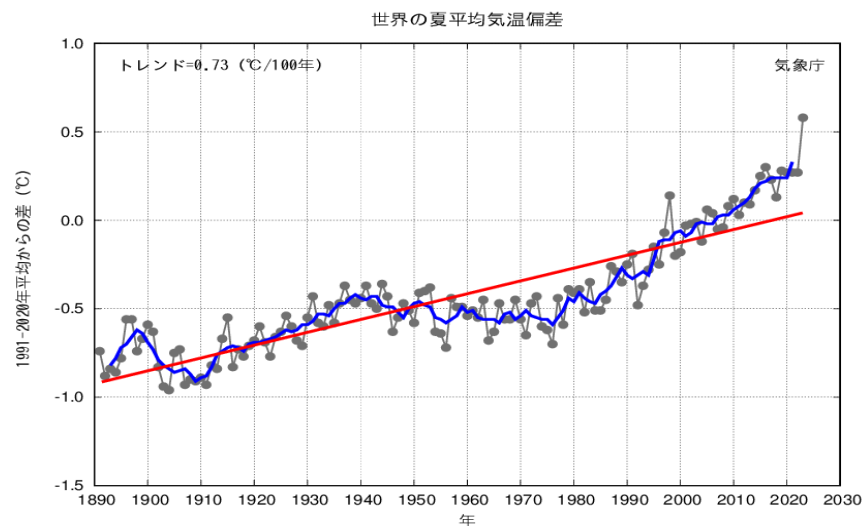
【全国13地点平均】日最高気温35℃以上の年間日数（猛暑日）



世界を襲う異常気象（熱波、水害）



出所: 気象庁https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/sum_wld.html



気温上昇

2023年7月の平均気温は、 1.18°C 上昇し、1880年以降最高（北米、南米、アフリカの一部では 4°C ）、今世紀末には平均気温が 2.5°C 前後にまで上昇

豪雨

9月6日にスーパー台風が中国、ベトナム、フィリピンを襲い甚大な被害を与えた。130mm以上になる3時間雨量が45年間で約4倍に増加

経済損失

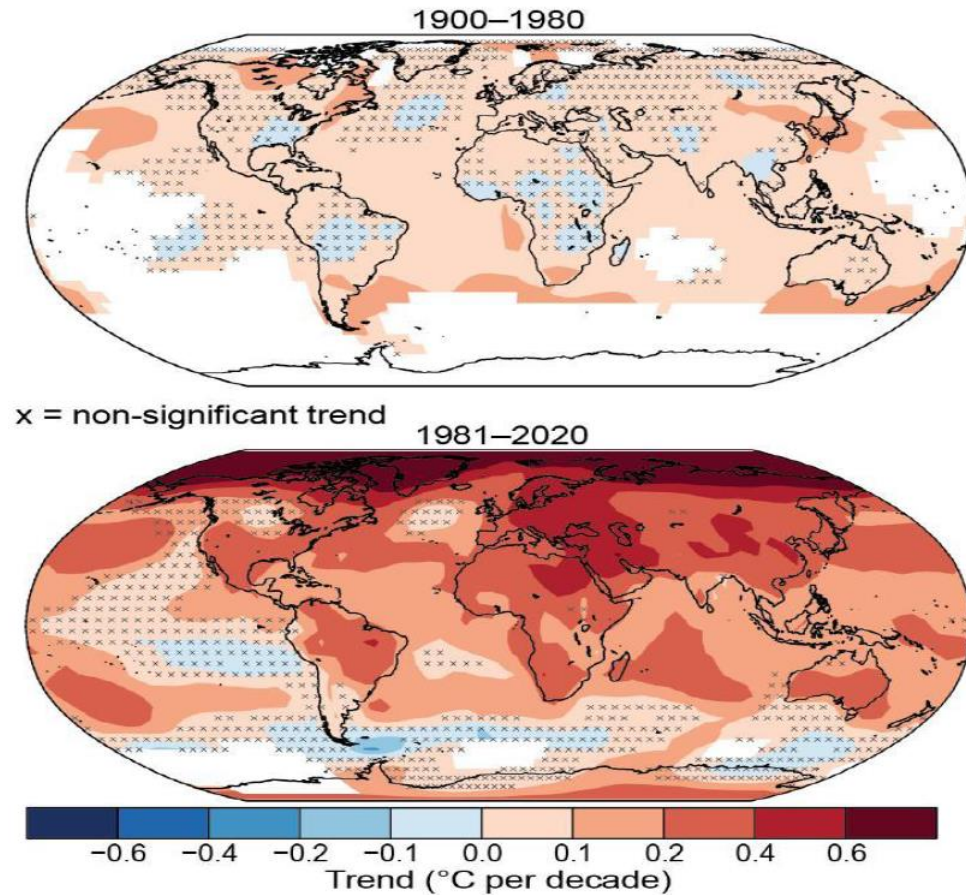
熱波によって2030年には、8,000万人の労働力が失われ350兆円規模の損失となる（国際労働機関）

【アテネ近郊の山火事（8月）】



気候変動による影響

(b) Warming accelerated after the 1970s, but not all regions are warming equally



気候システムの多くの事象に人為的な影響が顕在化

事象	A R 5 (2013)	A R 6 (2021)
地表温度	極端に高い	不確かさがない
大規模な降水量	確信度が中程度	可能性が高い
異常高温	極端に高い	確かな現象
異常降雨	確信度が中程度	可能性が高い
干ばつ	低い	確信度が中程度
複合事象の発生	—	可能性が高い
北極海の春季降雪減少	可能性が高い	可能性が非常に高い
氷河の後退	可能性が高い	可能性が非常に高い
グリーンランドの氷床損失	可能性が高い	可能性が非常に高い
海面上層部の酸性化	可能性が非常に高い	確かな現象
海面の温度上昇	可能性が高い	極端に高い

カーボンニュートラルを表明した国・地域

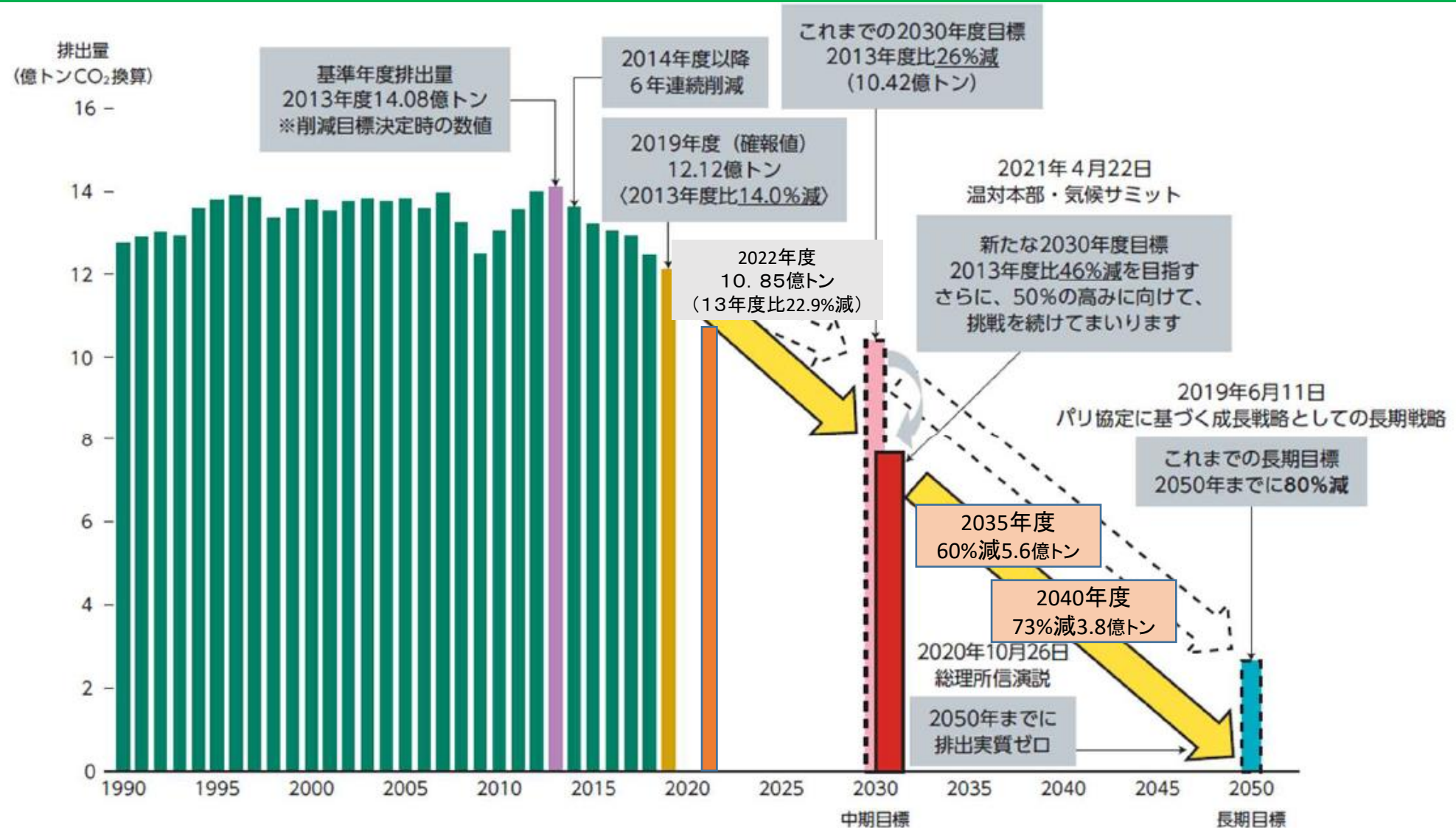
NDC(national determined contribution)の国・地域



出典：エネルギー白書2022

2021年11月時点で、154カ国・1地域が2050年等の年限を区切ったCN実現を表明

日本の温室効果ガス排出量の推移と中長期の削減目標



資料：「2019年度の温室効果ガス排出量(確報値)」及び「地球温暖化対策計画」より環境省作成

2030年度における温室効果ガスの削減目標

- 2020年10月26日、菅義偉元総理の所信表明演説で「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。
- 2021年4月には、CO₂排出量を2030年度に従来の26%から46%にまで削減率を高める目標が掲げられた。

部門別に見た温室効果ガス排出量の2030年度削減目標（単位：億トン）

各部門		2013年度：基準年	従来の目標（削減率）※1	新しい目標（削減率）※2
二酸化炭素	産業	4.29※1 (4.63)※2	4.01 （▲6.5%）	2.89 （▲38%）
	業務	2.79 (2.38)	1.68 （▲39.8%）	1.16 （▲51%）
	家庭	2.01 (2.08)	1.22 （▲39.3%）	0.70 （▲66%）
	運輸	2.25 (2.24)	1.63 （▲27.6%）	1.46 （▲35%）
	エネルギー転換部門	1.01 (1.06)	0.73 （▲27.7%）	0.56 （▲47%）
その他のガス※3		0.97 (0.905)	0.81 （▲16.5%）	0.66 （▲27%）
合計		14.08 (14.08)	10.42 （▲26%）	7.60 （▲46%）

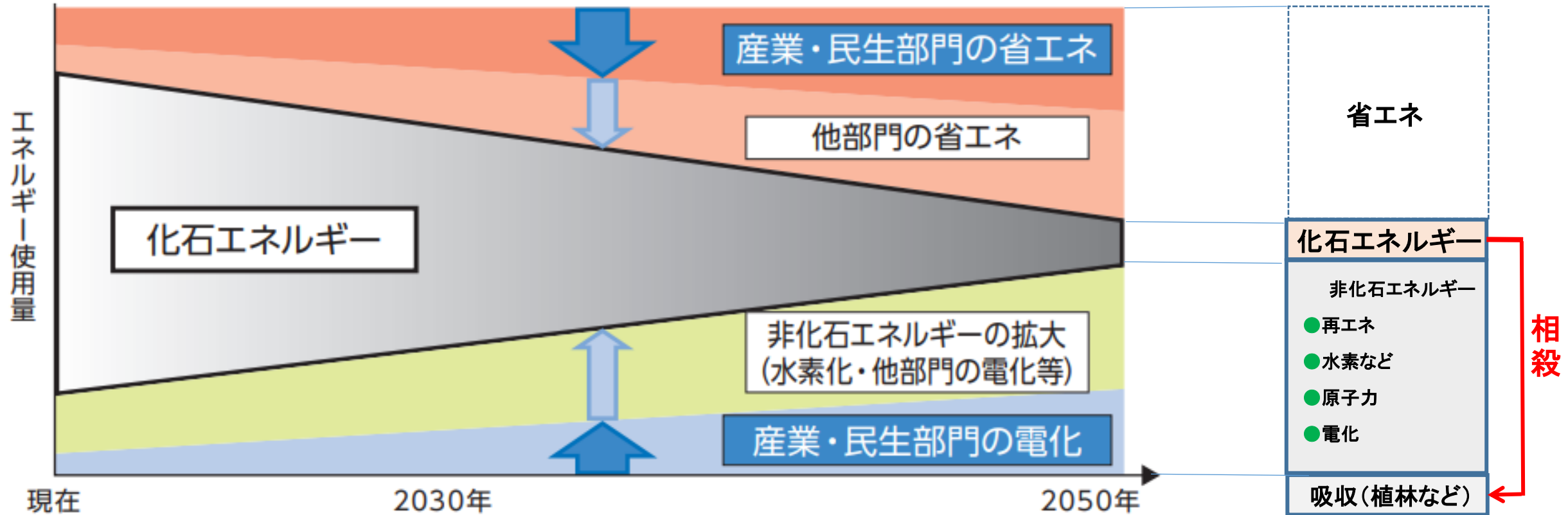
※1 平成28年5月13日閣議決定の地球温暖化対策計画の表1～3より抜粋

※2 令和3年10月22日閣議決定の地球温暖化対策計画の表1より抜粋

※3 メタン、一酸化二窒素、代替フロン等4ガス

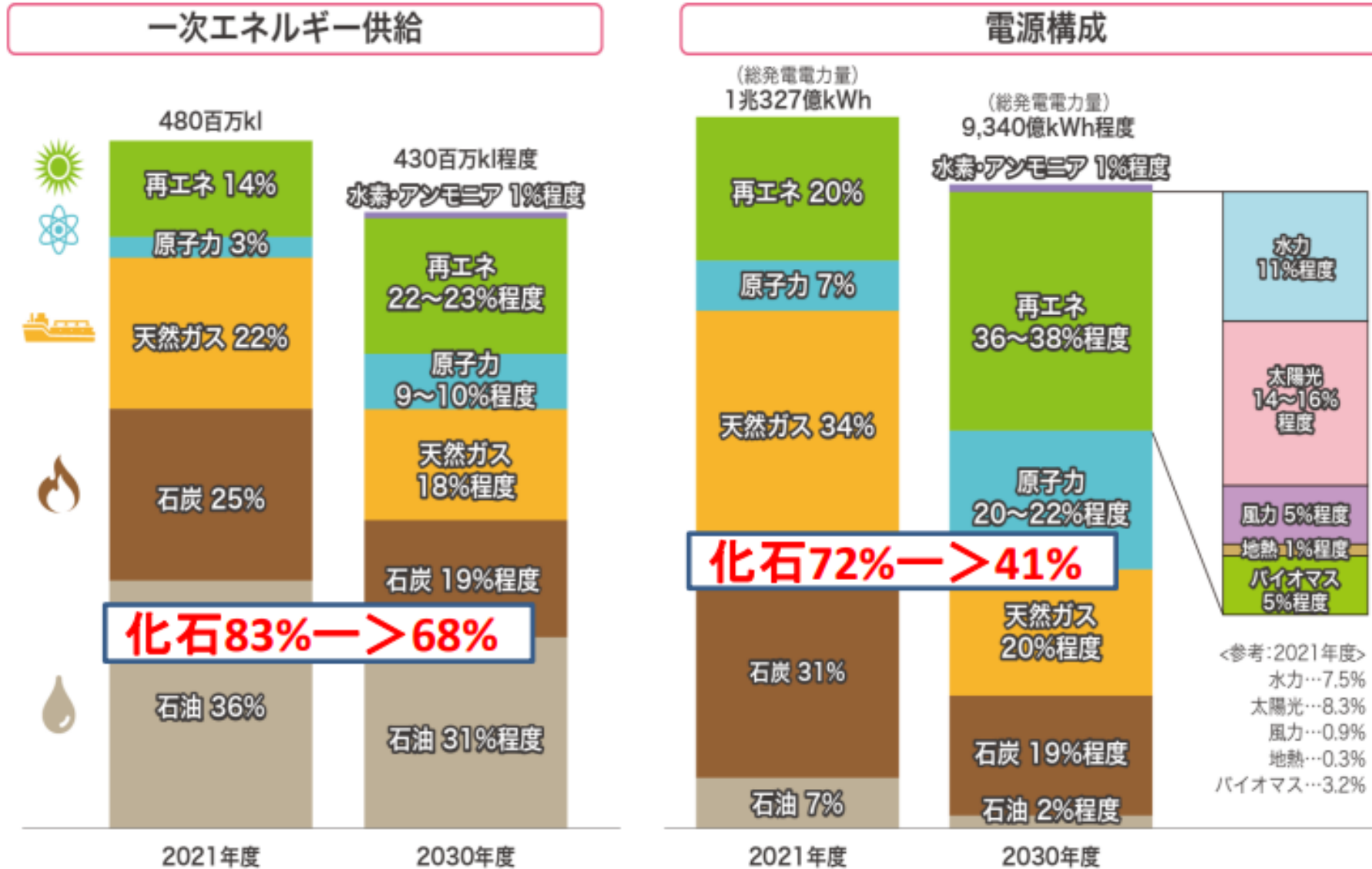
出所：経産省及び環境省資料から作成

カーボンニュートラルには省エネと電化が不可欠



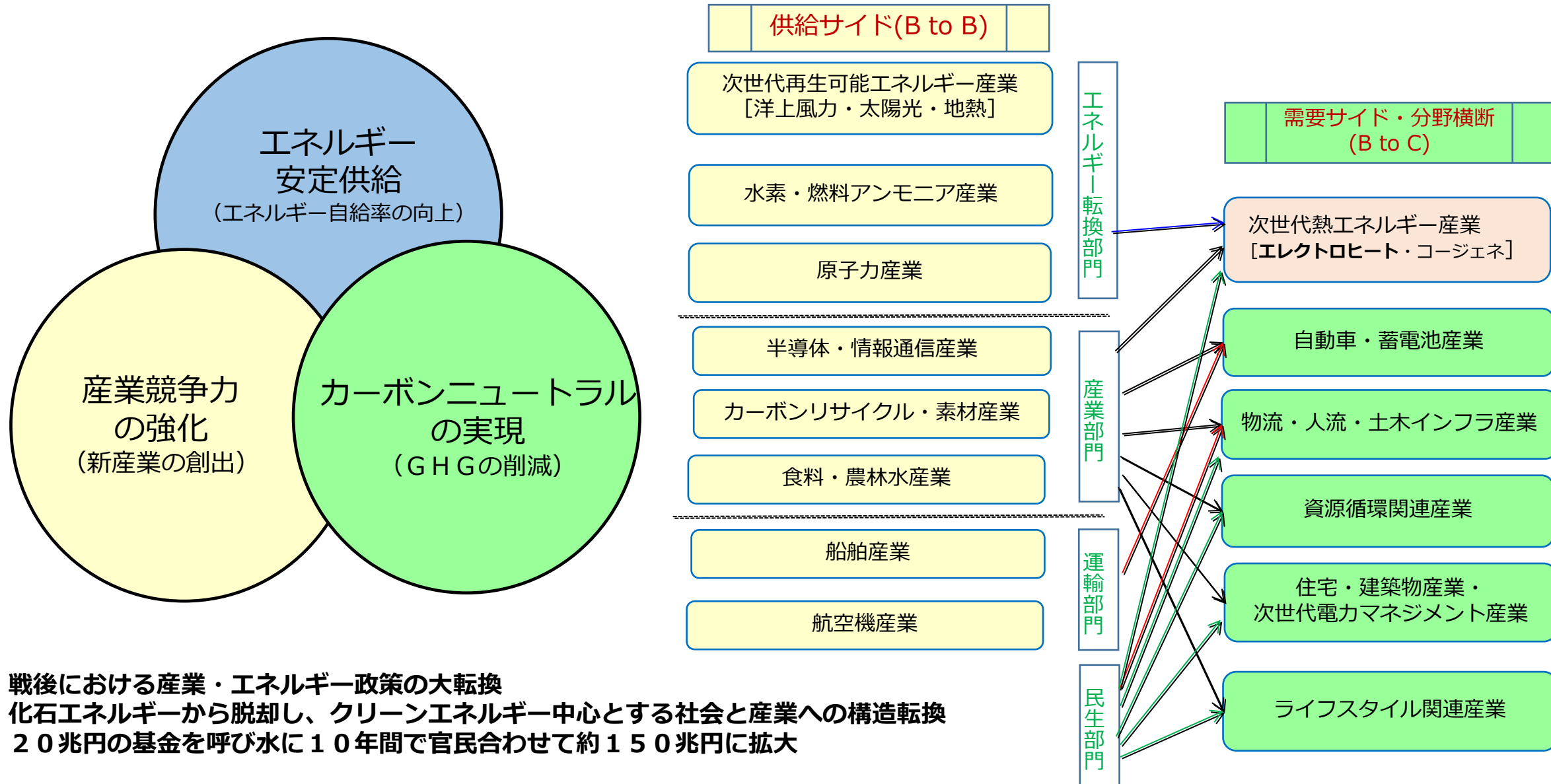
参考) 資源エネルギー庁の作成資料

2030年度における一次エネルギー供給と電源構成



出典: 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2021年度速報値、2030年度におけるエネルギー需給の見通し (関連資料)

3Eとグリーントランスフォーメーション(GX)



GXに貢献する産業電化

実効性ある電化の留意点

● C Nには電化が不可欠

- ・電化率は日本全体で29%、製造業だけで見ると21%と低い。

● マイナス成長でのエネルギー・電力産業の自由化

- ・一次エネルギーはリーマンショックから、電力需要は福島第一事故からマイナス成長に転じている。
- ・マイナス成長下でのエネルギー・電力産業の自由化は、競争により企業を疲弊させる恐れがある。

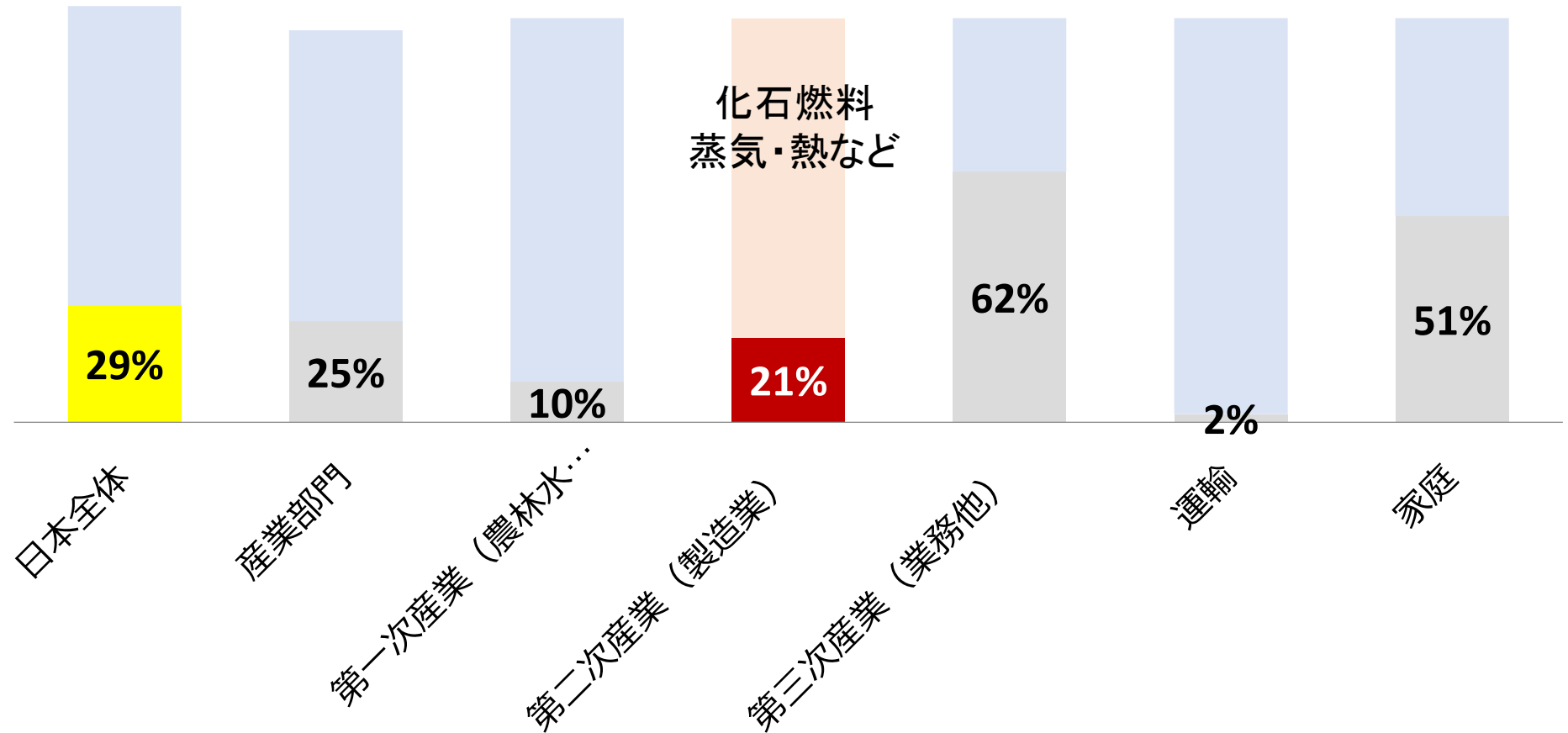
● 信頼性を低下させない電力サービス

- ・少子高齢が進む日本では誰もが安心して生活できる電力の「ユニバーサルサービス」が不可欠。
- ・電力自由化によって供給予備力の確保が難しくなっている。
- ・情報化やライフサイエンスなど産業の発展には、停電や電圧・周波数の変動が無い電力の「アンシラリーサービス」が必要。

● エネルギーの電化を積極的に促進

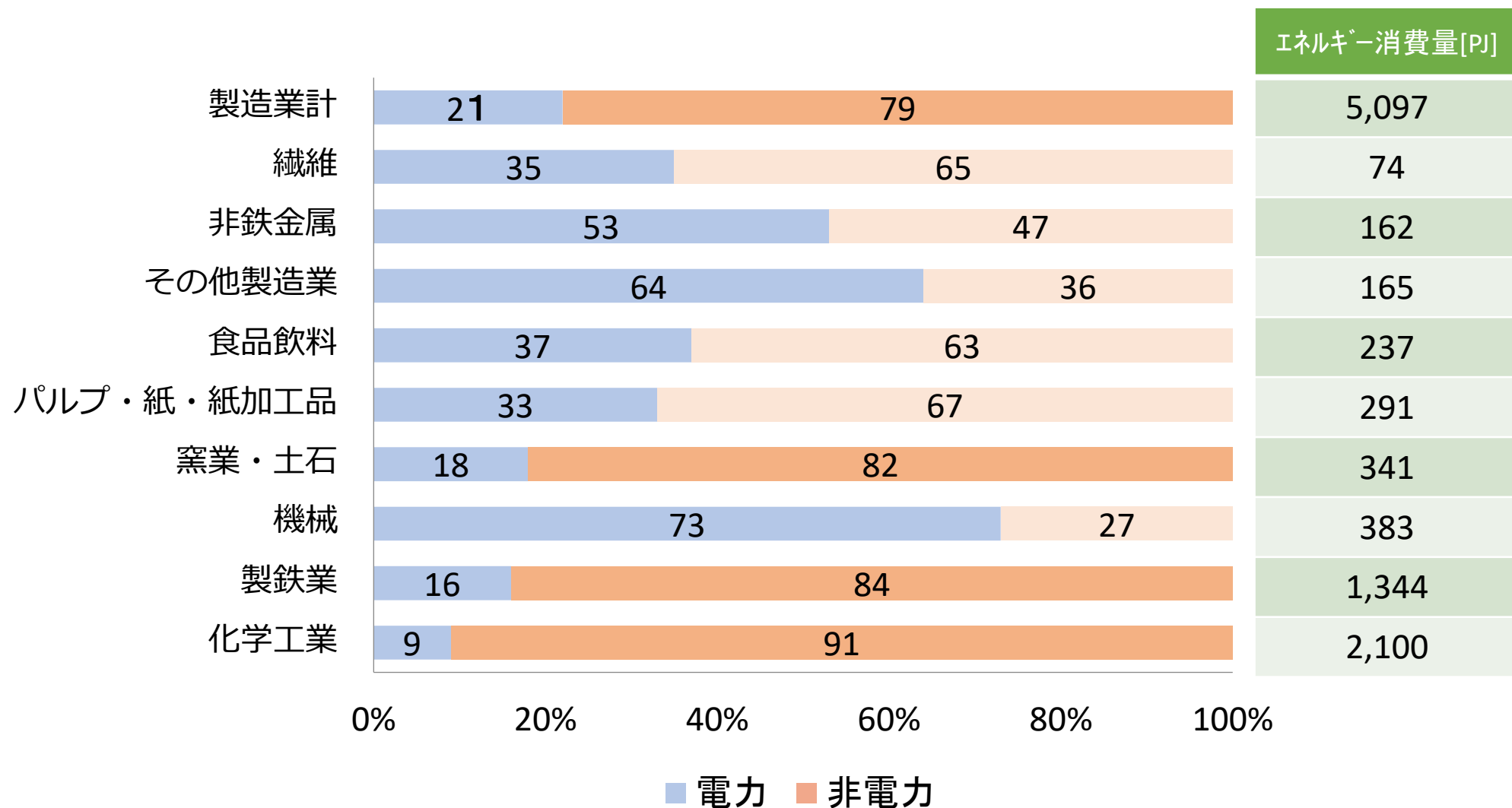
- ・日本経済は、GDPの8割以上を占めるサービス業で成り立っており電力需要の伸びは期待できない。
(データセンターによる電力需要の伸びも期待されているが、不確実性がある)
- ・GXによって産業・運輸・民生部門の電化を推進する技術・サービスへの投資が求められる。

部門別に見た電化率(2020年度)

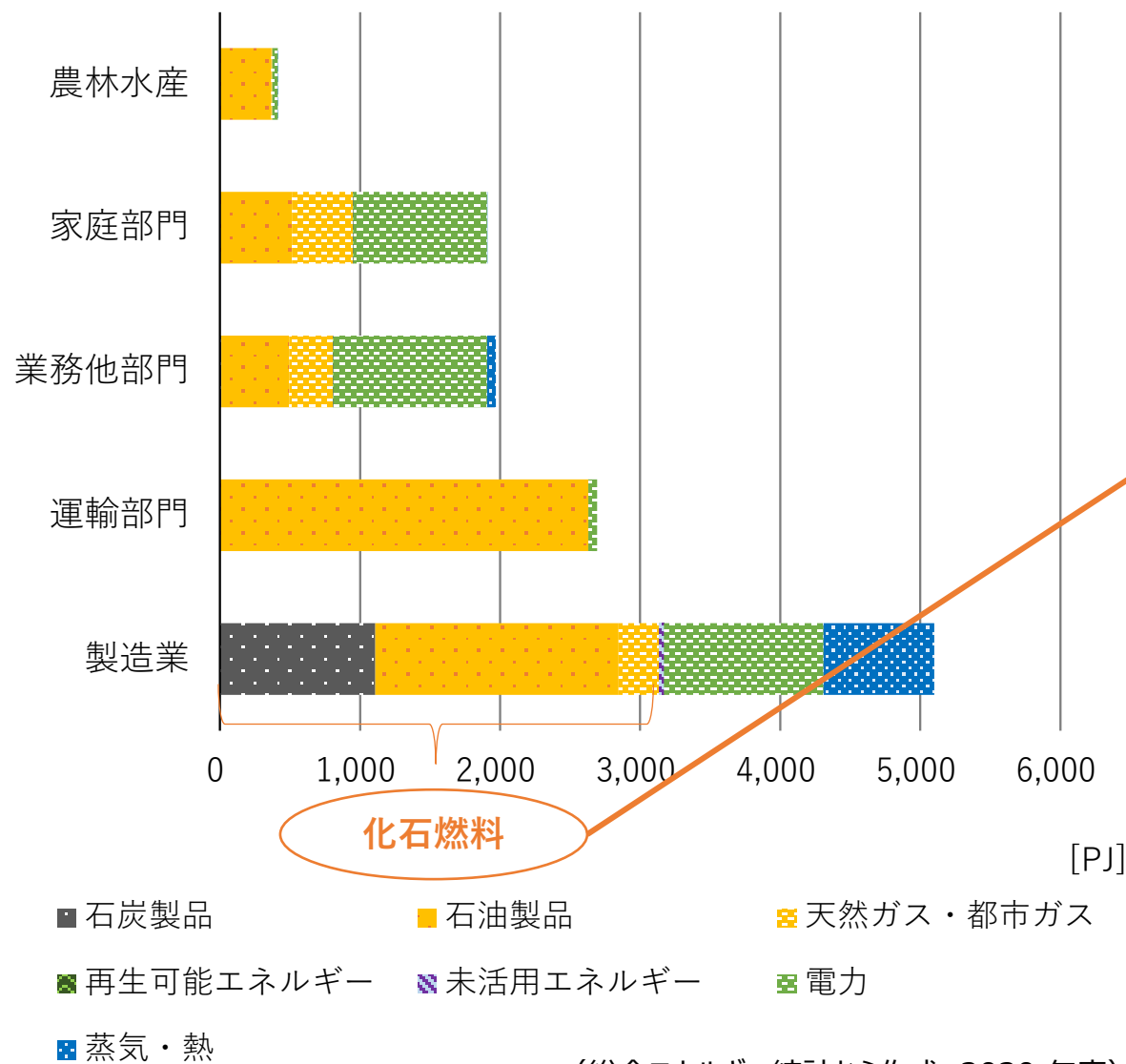


出典: EDMC(2022)から作成

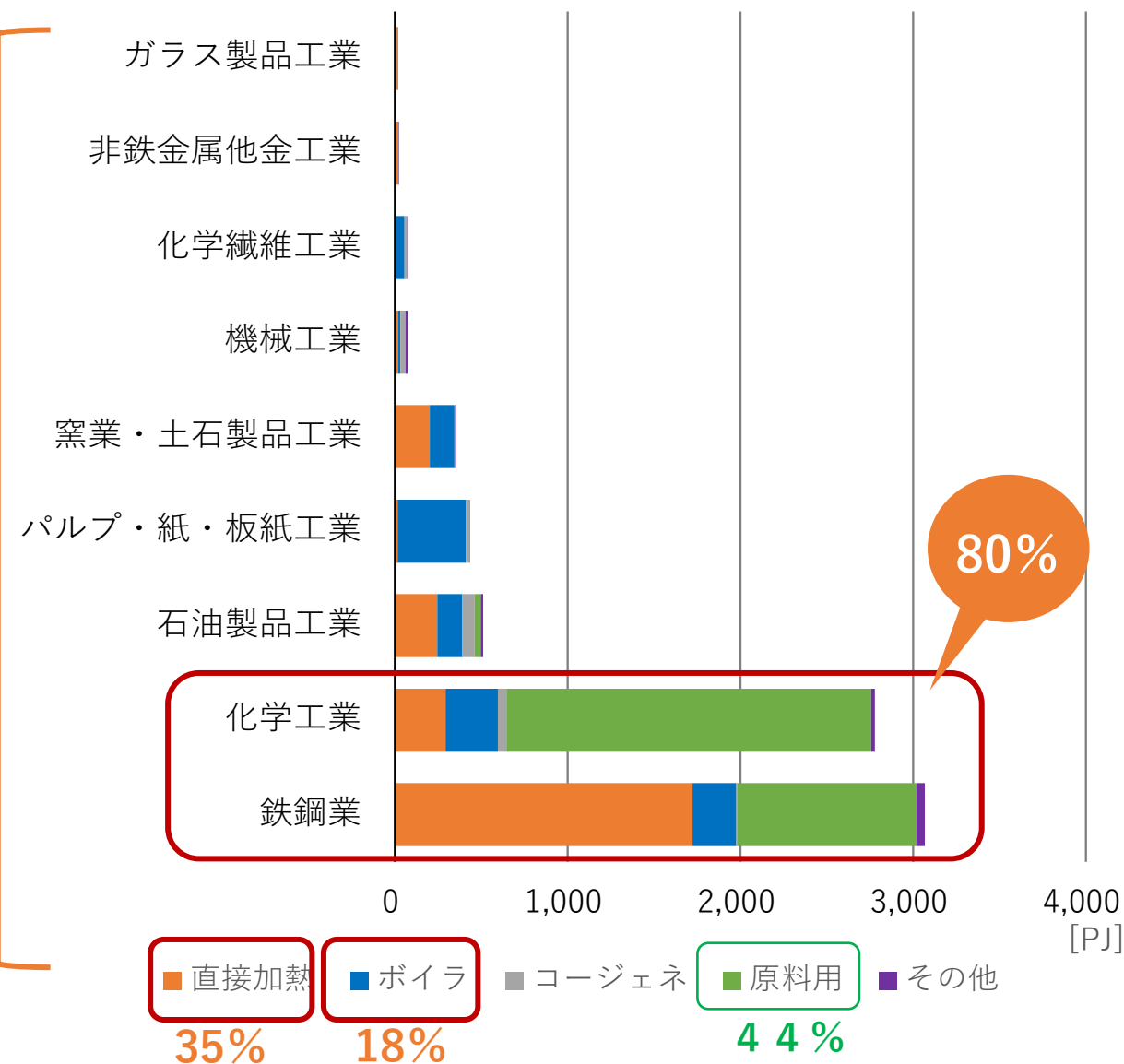
製造業の業種別に見た電化率



部門別・業種別の最終エネルギー消費



(総合エネルギー統計から作成、2020 年度)



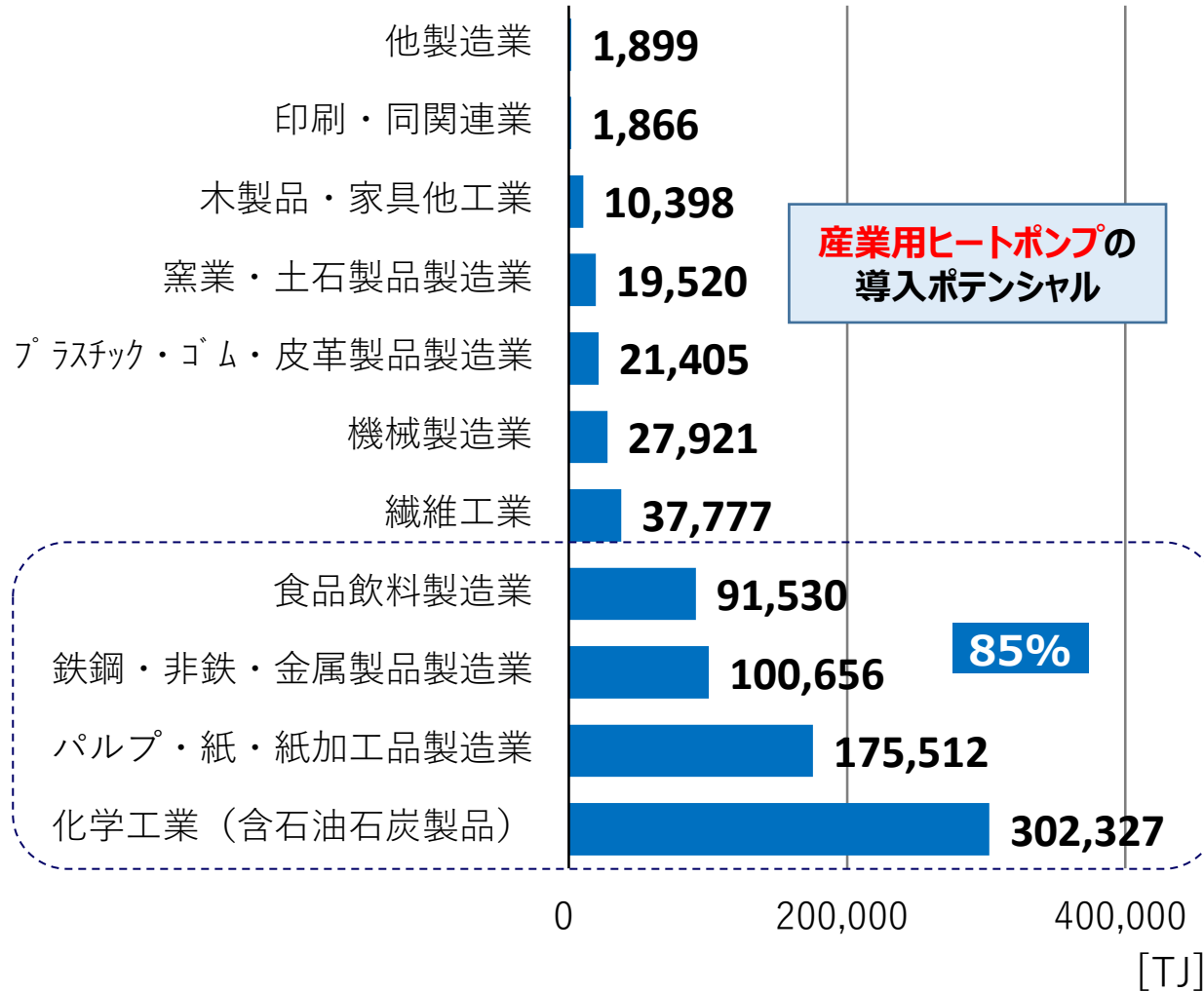
出典：産業別石油等燃料統計から作成 (2021年度)

エレクトロヒートの特徴

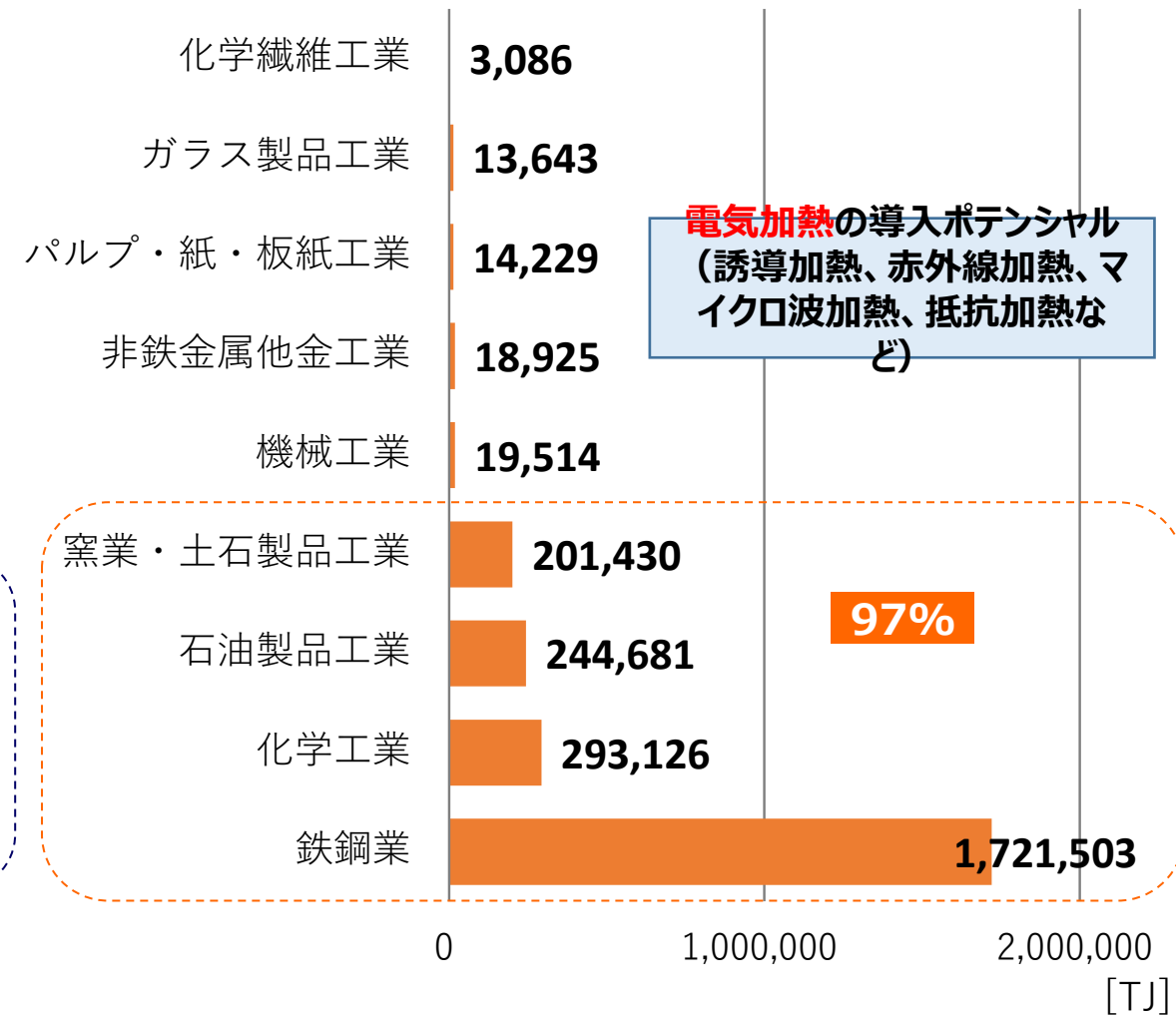
その1：ヒートポンプ

直接加熱と自家用蒸気の業種別燃料消費量

ボイラ【自家用蒸気】（2,040万kl）



直接加熱（6,530万kl）

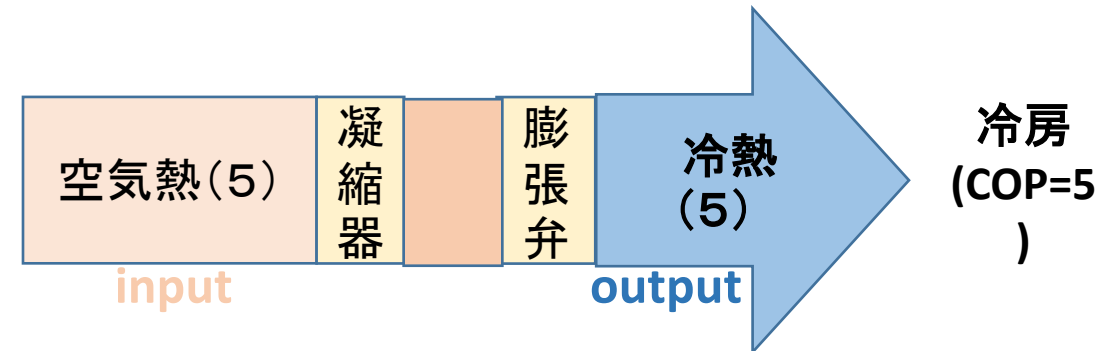
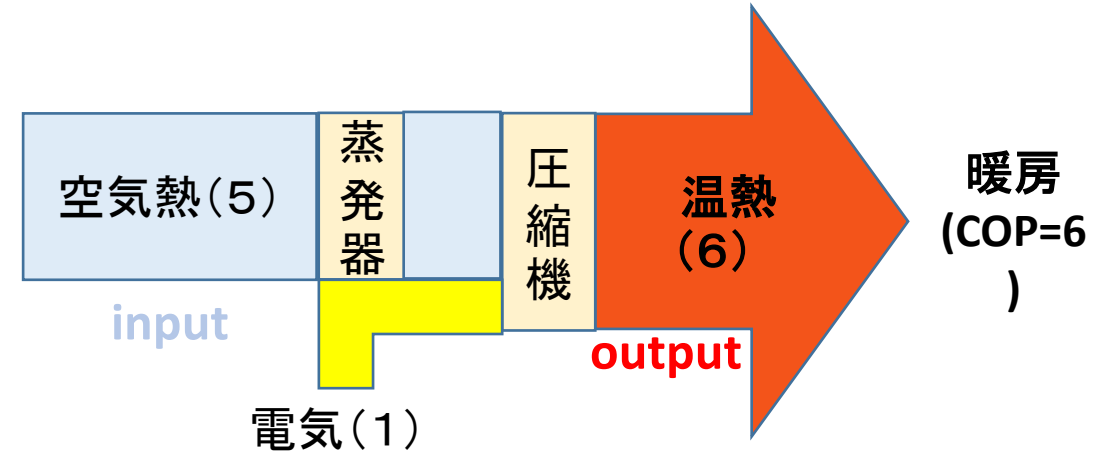
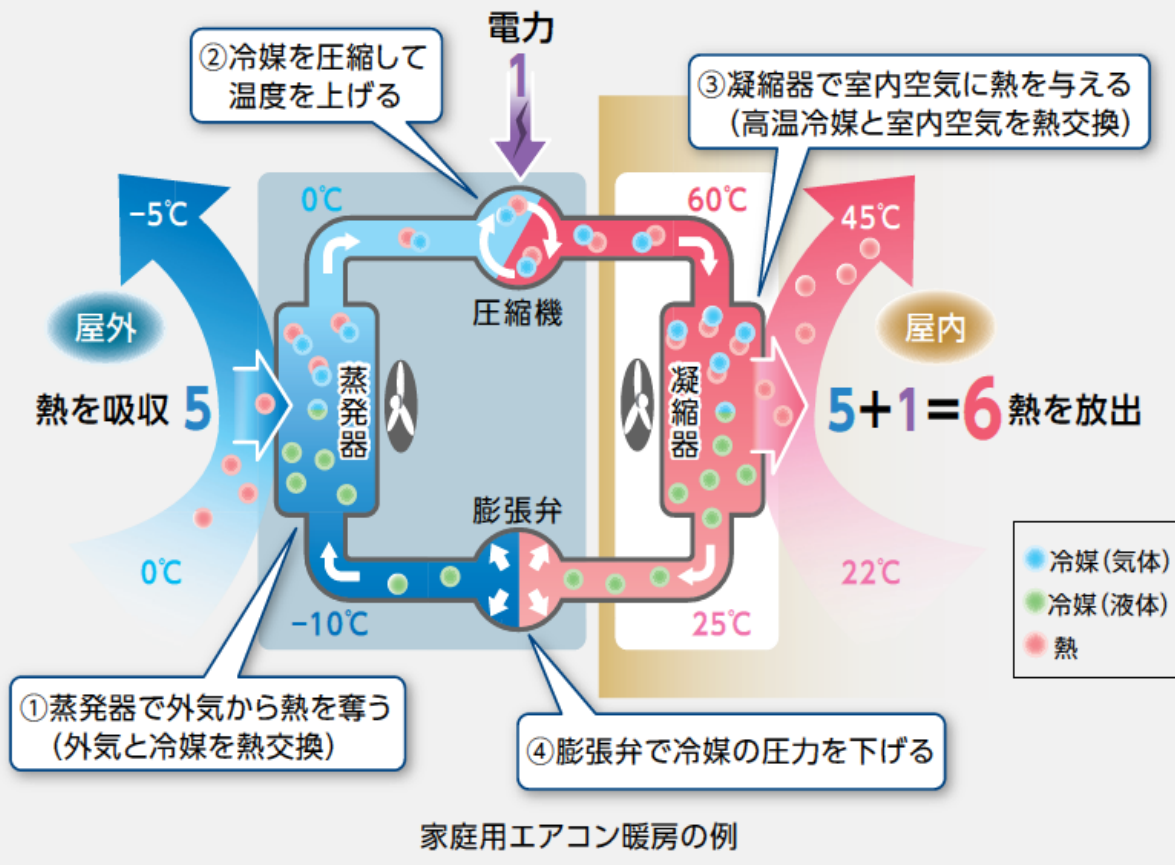


（産業別石油等燃料統計（2021）、総合エネルギー統計（2020）から作成）

ヒートポンプの仕組み

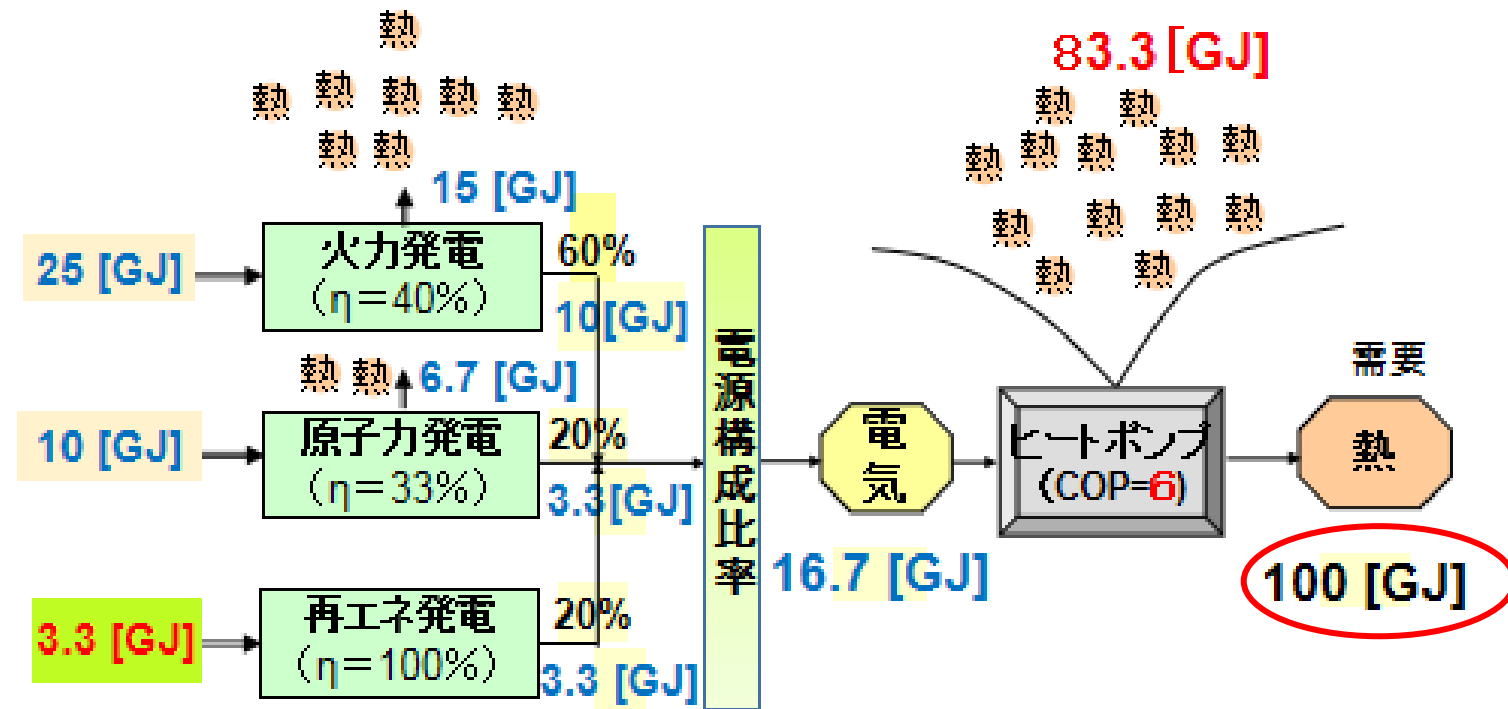
成績係数COP=6(暖房)の場合

【エネルギー効率が6の場合】5の大気の熱+1の電力⇒6の熱エネルギー



家庭では エアコン(暖冷房)、冷蔵庫(冷熱)、エコキュート(給湯)などで大活躍

ヒートポンプの再生エネ利用率とCO₂排出原単位改善率



(再生エネ以外の一次エネルギー供給量)
火力+原子力=25[GJ]+10[GJ]=35[GJ]

【再生エネの活用量】

$$100 - (25 + 10) = 65 \text{ [GJ]}$$

又は

$$(3.3 + 83.3) - (15 + 6.7) = 65 \text{ [GJ]}$$

【再生エネの利用率】

$$65/100 = 65\%$$

【CO₂排出原単位】

(前提)火力発電構成比 石炭火力:LNG複合発電=1:1

● 火力発電:0.01475 [tCO₂/GJ] ● ガス燃焼ボイラ:0.09167 [tCO₂/GJ]

【CO₂排出原単位の改善率】

$$(0.09167 - 0.01475) / 0.09167 = 83.9\%$$

蒸気熱供給の熱損失

● 大量の低温排熱の放出

工場の生産プロセスには様々なエネルギーが使用されている。それらは最終的には様々な温度レベルで熱として捨てられている。

● 蒸気供給ロスの発生

ボイラによる熱供給は、ボイラ、配管、ドレインなどで熱損失が発生し、発生蒸気のおよそ50%近くが無駄になっている。

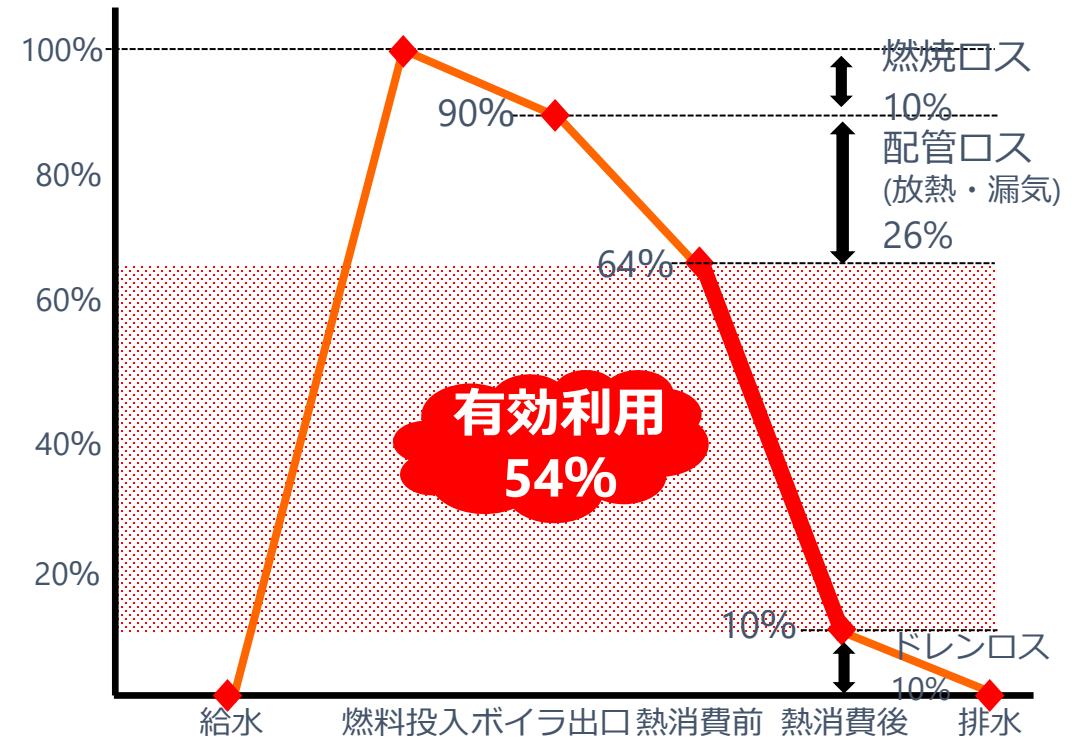
● 一定温度での供給

生産プロセスは、乾燥、殺菌、洗浄など、様々な用途に異なる温度レベルの熱を使用している。しかし、現状の蒸気供給では、高い一定温度の熱をすべてに供給しており、エクセルギーロスが発生している。

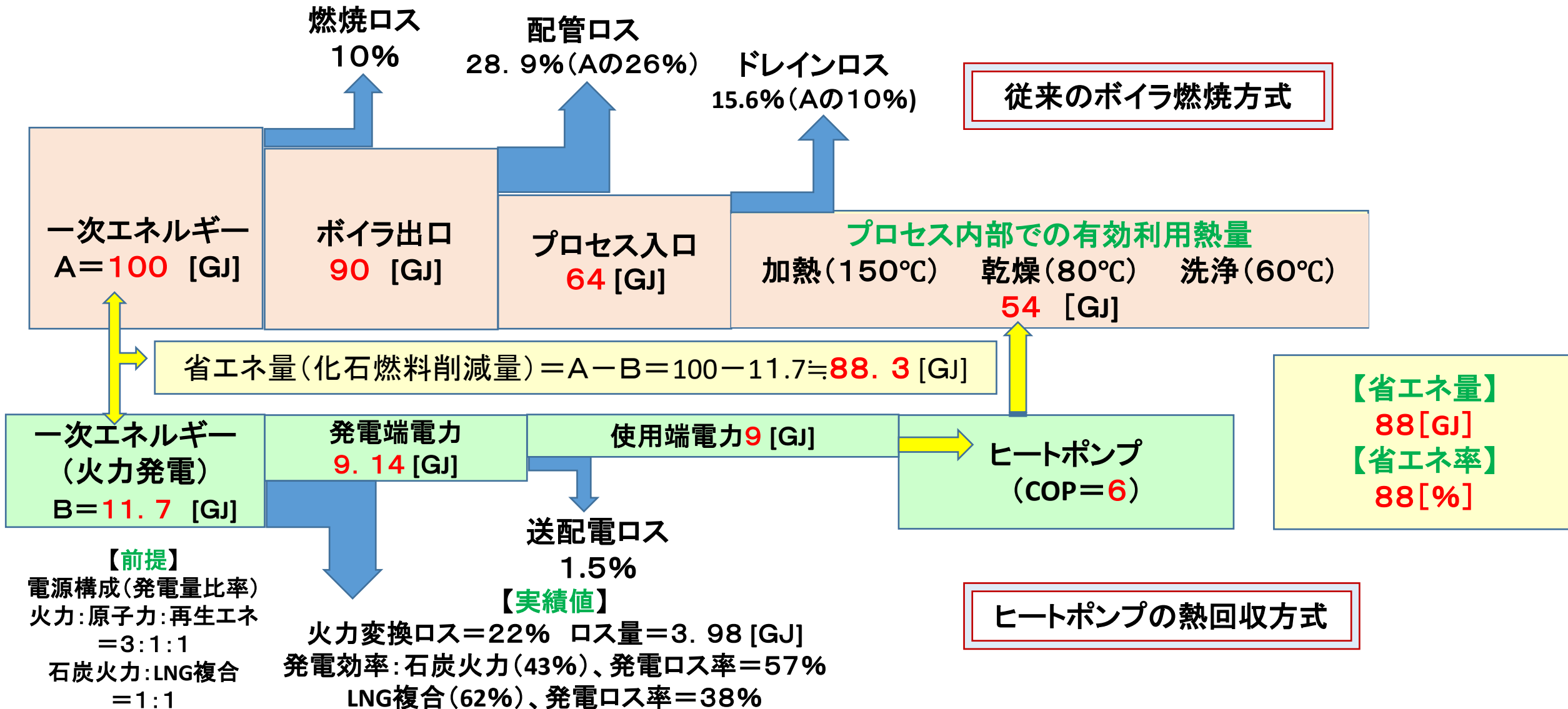
● 加熱と冷却を別々に供給

生産プロセスには「加熱」と「冷却」が両方存在する工程が多くある。しかし、加熱と冷却は異なるプロセスを使って別々に供給されている。

- 実測データ（29工場）によると、蒸気の有効利用率は**平均54%**
（工場によっては3割程度の所もある。）

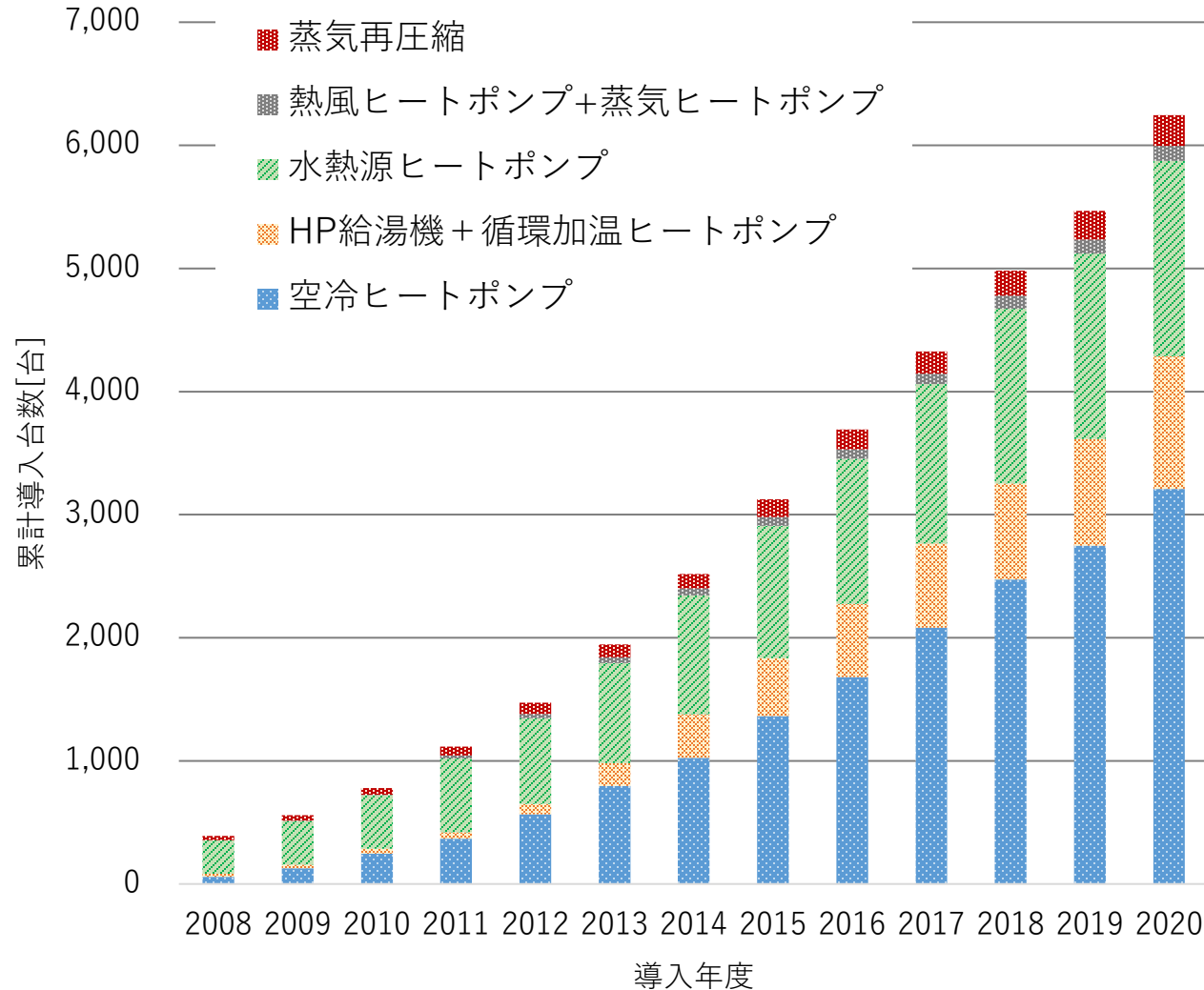


ヒートポンプの省エネ性能(化石燃料の削減)

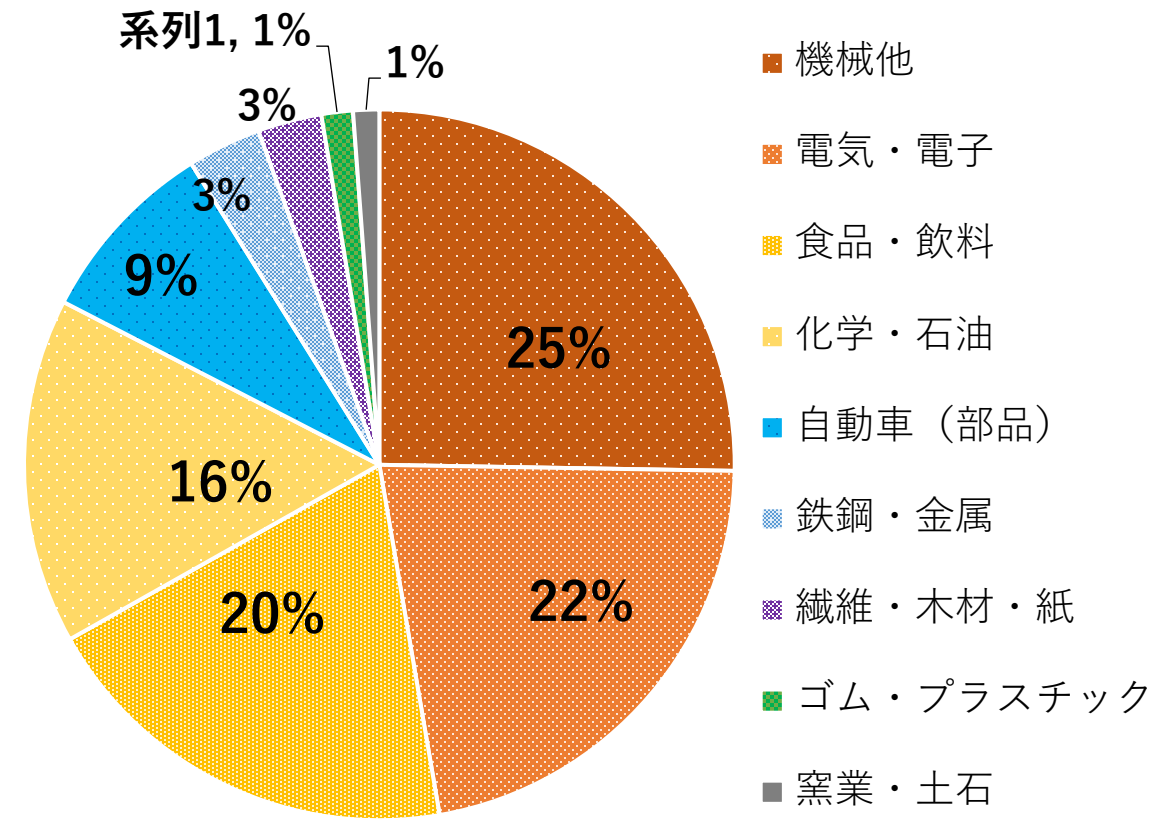


日本における産業用ヒートポンプの導入量

各種HPシステムの累積導入量の推移



業種別の導入比率 (2020年度 業種判明の2026サンプル分)



出典：（一社）日本エレクトロヒートセンター調べ

中小企業における産業用ヒートポンプ導入事例

東京都／大田区 クリーニング工場における 暑熱&省エネ対策



導入効果

- ・ヒートポンプは小型軽量のため誰でも設置可能、基礎工事不要
- ・クリーニング工場の作業環境は 酷暑40～45℃／高湿度50～60%と厳しい作業環境を改善
- ・自然エネルギーをフル活用し超高効率省エネシステム 回収した熱をボイラ給水へ活用
- ・二酸化炭素排出量の削減 (-25.1 t-CO2/年)
- ・メンテナンス費用の軽減 (スケール汚れ、油汚れ、腐食対策対応)
- ・投資回収年数は **3.2年**

MDI株式会社商品

BLACKBOX



超小型
水熱源ヒートポンプ

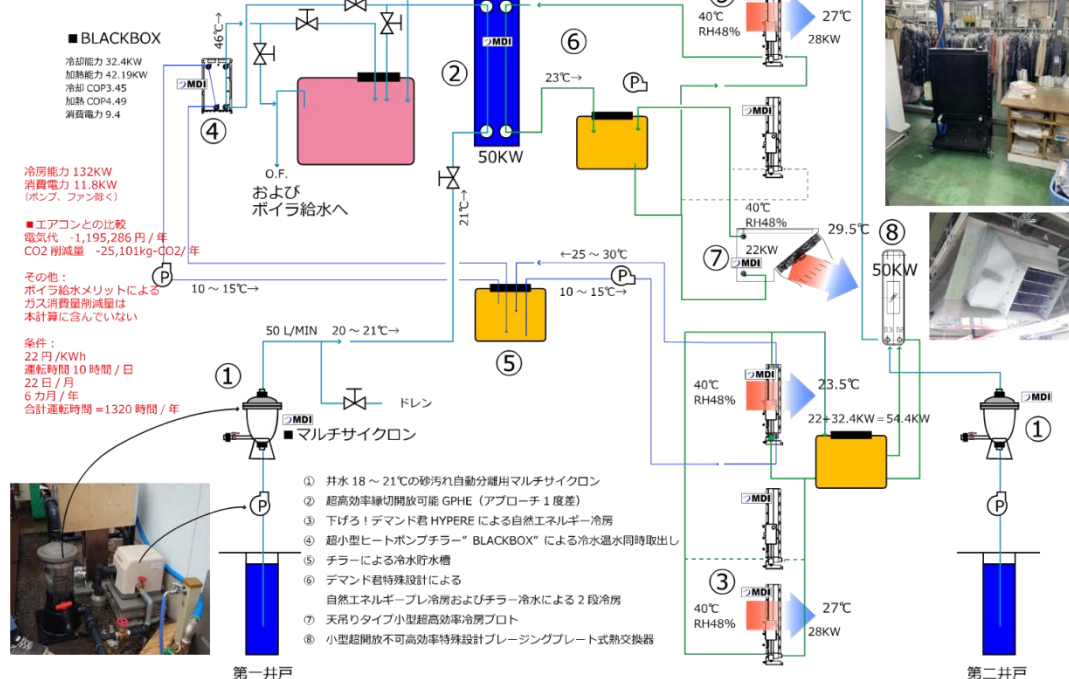
下げる！デマンド君 HYPERE



暑熱対策用
除湿冷房熱交換器

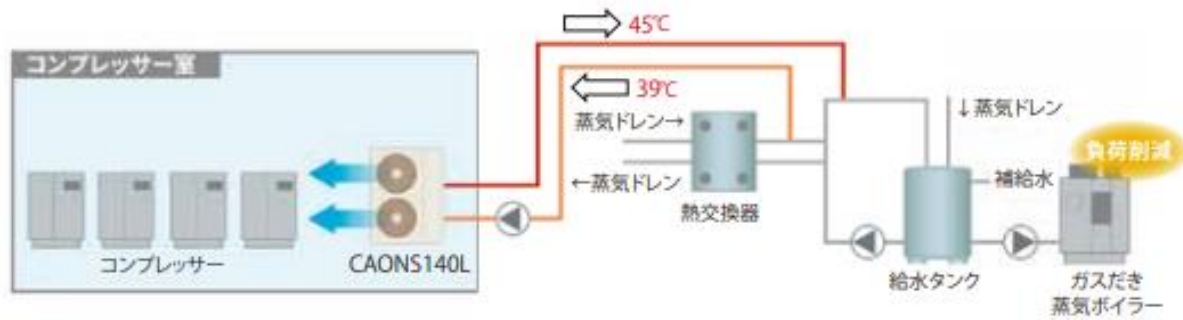
フルール殿 クリーニング工場自然エネルギー除湿冷房システムフロー

2020/09/30 現在



廃熱を活用した産業用ヒートポンプ導入事例

■ 空気熱源式循環加温ヒートポンプ (CAONS140L) を中心とした新システムのフロー



コンプレッサー室



空気熱源式循環加温ヒートポンプ



給水タンク

【導入したユーザーの声】

- 生産量増加による増設により、コンプレッサー室の温度が高くなることによる**設備の停止が心配**
- 部屋の冷却と廃熱活用を両立できる**方法として導入を決定した
- ボイラ**化石燃料（ガス）の削減**を大きく達成した

コンプレッサー室内の冷却

気温がピークとなる14時(7月17～18日)では、コンプレッサー室の温度が前年に比べ40.0℃から37.0℃に3.0℃下がり、1日の平均値でも34.2℃から31.2℃と、3.0℃下がった。

- 測定条件コンプレッサー室内の4点の温度を計測し、その平均値を比較。前後の計測日で外気温が異なるため、外気温の温度差を考慮することで同一の比較条件とした。

エネルギー使用量削減

循環加温ヒートポンプを導入することで20%削減(▲2.7kL/年)を見込んでいる。

- 一次エネルギー使用量算出条件
○電力...9.68MJ/kWh(*1) ○都市ガス...45MJ/Nm³
*1:エネルギーの使用の合理化等に関する法律

CO₂削減

同上により34%削減(▲8.9t-CO₂/年)を見込んでいる。

- CO₂排出量算出条件
○電力...0.334kg-CO₂/kWh(*2) ○都市ガス...0.0509t-CO₂/GJ
*2:関西電力㈱2018年度実績値(調整後)

ランニングコスト削減

同上により30%削減(▲234千円/年)を見込んでいる。

■一次エネルギー使用量



■CO₂排出量

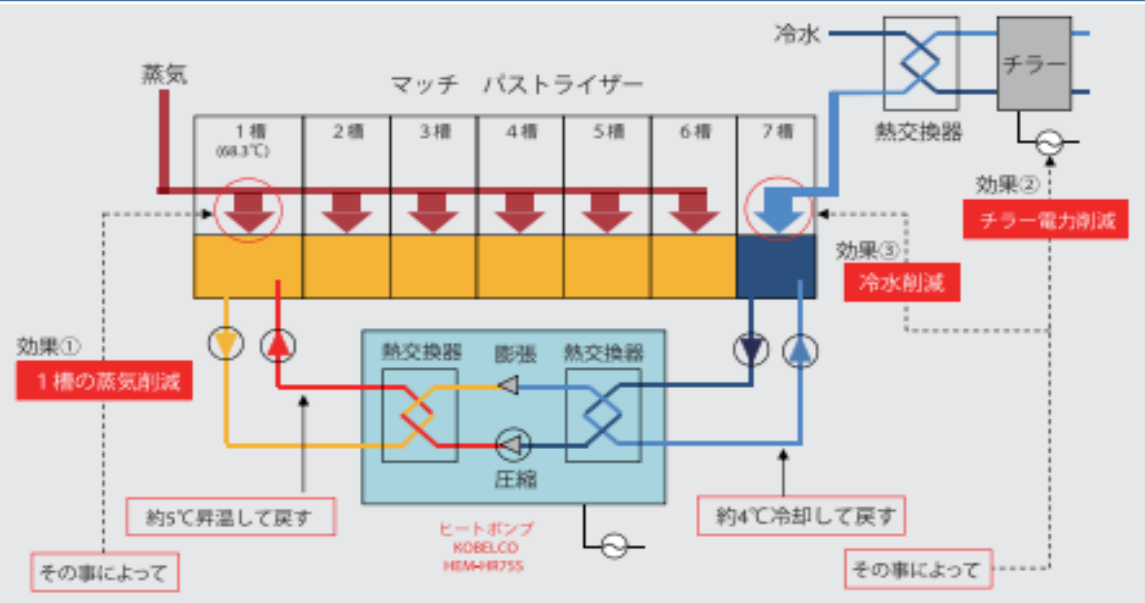


■ランニングコスト



※グラフ数値は関西電力提供資料より

冷温同時により熱を有効利用した産業用ヒートポンプ導入事例



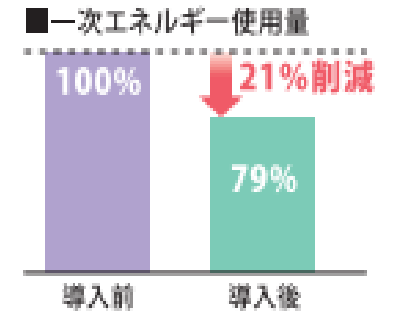
生産されている炭酸飲料「マッチ」

【導入したユーザーの声】

- ・導入の決め手は、現状の生産設備を生かしながら**大幅な効果が見込めること**
- ・**1台で冷温両方に使用**でき、条件が揃った導入になった
- ・導入後は蒸気の使用量が目に見えて減る
- ・**他工場でもヒートポンプを積極的に活用していく**

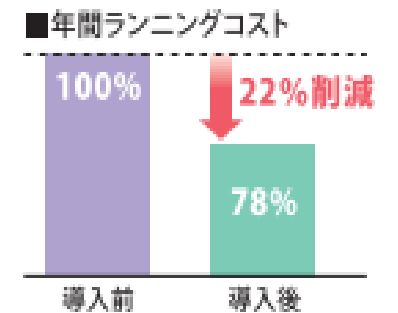
エネルギー使用量削減

ヒートポンプの導入により、従来のボイラとチラーのみの冷温水製造と比較し、一次エネルギー消費量を年間で21%削減できた。



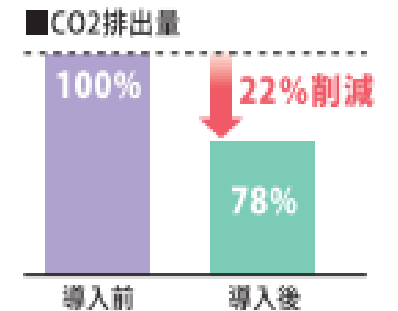
ランニングコスト削減

導入前と比較し、冷温水製造における年間ランニングコストを22%削減できた。



CO2削減

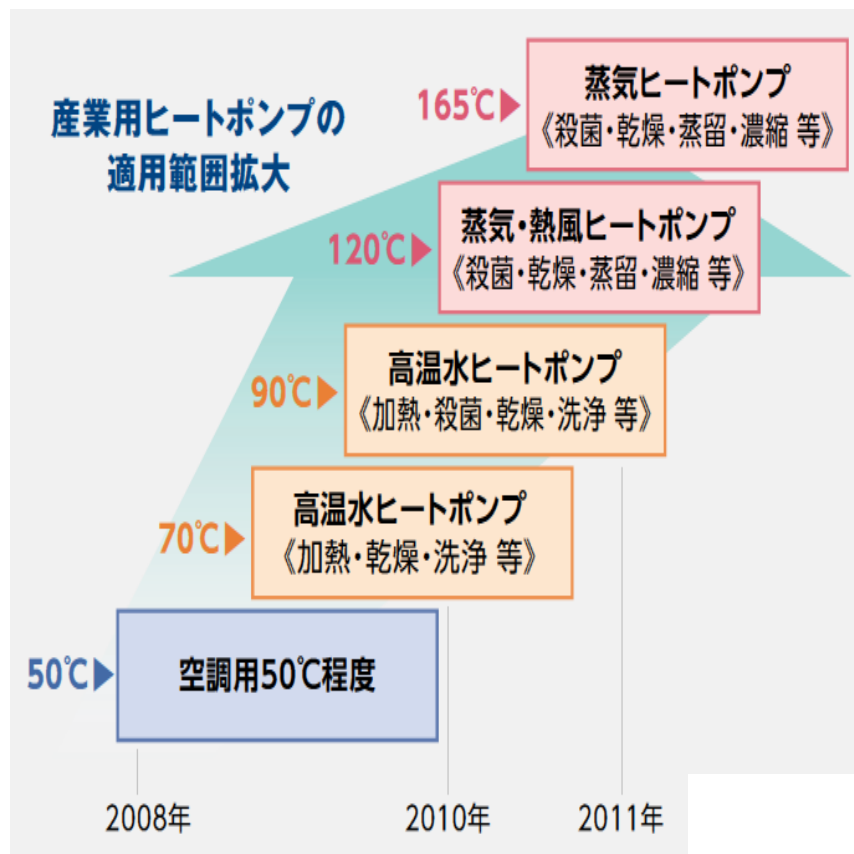
導入前と比較し、冷温水製造における年間CO2排出量を22%削減できた。



※電力の換算熱量: 9.76MJ/kWh
蒸気の換算熱量: 1.02MJ/MJ
電力のCO2排出係数: 0.362kg-CO2/kWh
産業用蒸気のCO2排出係数: 0.06kg-CO2/MJ

※グラフ数値は大塚食品㈱提供資料より

産業用ヒートポンプの製品ラインナップ



熱源 となるもの input	作られる 熱（種類） output	ラインナップ（掲載は一部）
空気	温水 25°C～80°C程度	   
	熱風 90°C程度	
	温水 25°C～90°C程度	  
水	熱風 120°C程度	
	蒸気 100°C～165°C	  

エレクトロヒートの特徴

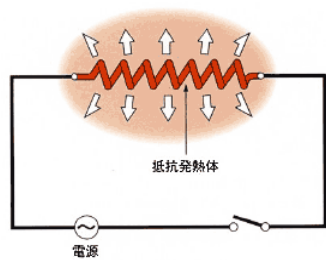
その2：電気加熱技術

電気加熱の優れた特性

さまざまな原理による熱変換

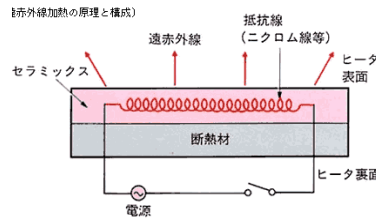
抵抗加熱

(原理)



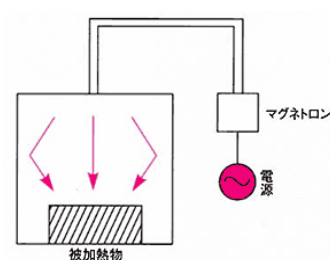
遠赤外線加熱

(原理)



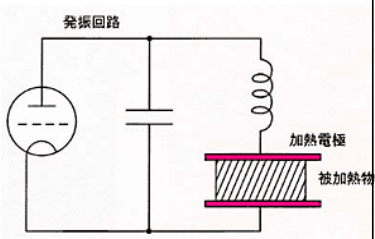
マイクロ波加熱

(原理)



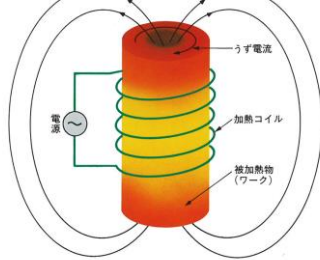
高周波誘電加熱

(原理)



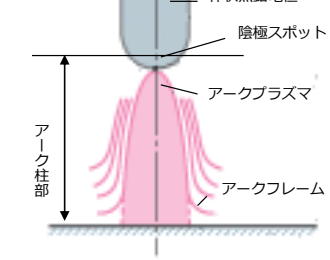
誘導加熱

(原理)



アーク加熱

(原理)



特徴：酸素を使わない加熱

高効率加熱

被加熱部分を直接加熱

急速加熱

短時間／急速加熱、生産性向上

雰囲気加熱

不活性ガス／真空での加熱

局所加熱

必要な箇所／温度での選択加熱

高温加熱

金属溶解・焼結、炭素の黒鉛化

制御性

高精度の温度制御、素早い立上げ

コンパクト性

コンパクトな炉体と蓄熱量

作業環境性

少ない廃熱とクリーンな作業環境

用途

溶解

黒鉛化

溶着

焼成

熱処理

射出成型

鍛造

接着

乾燥

加硫

合成

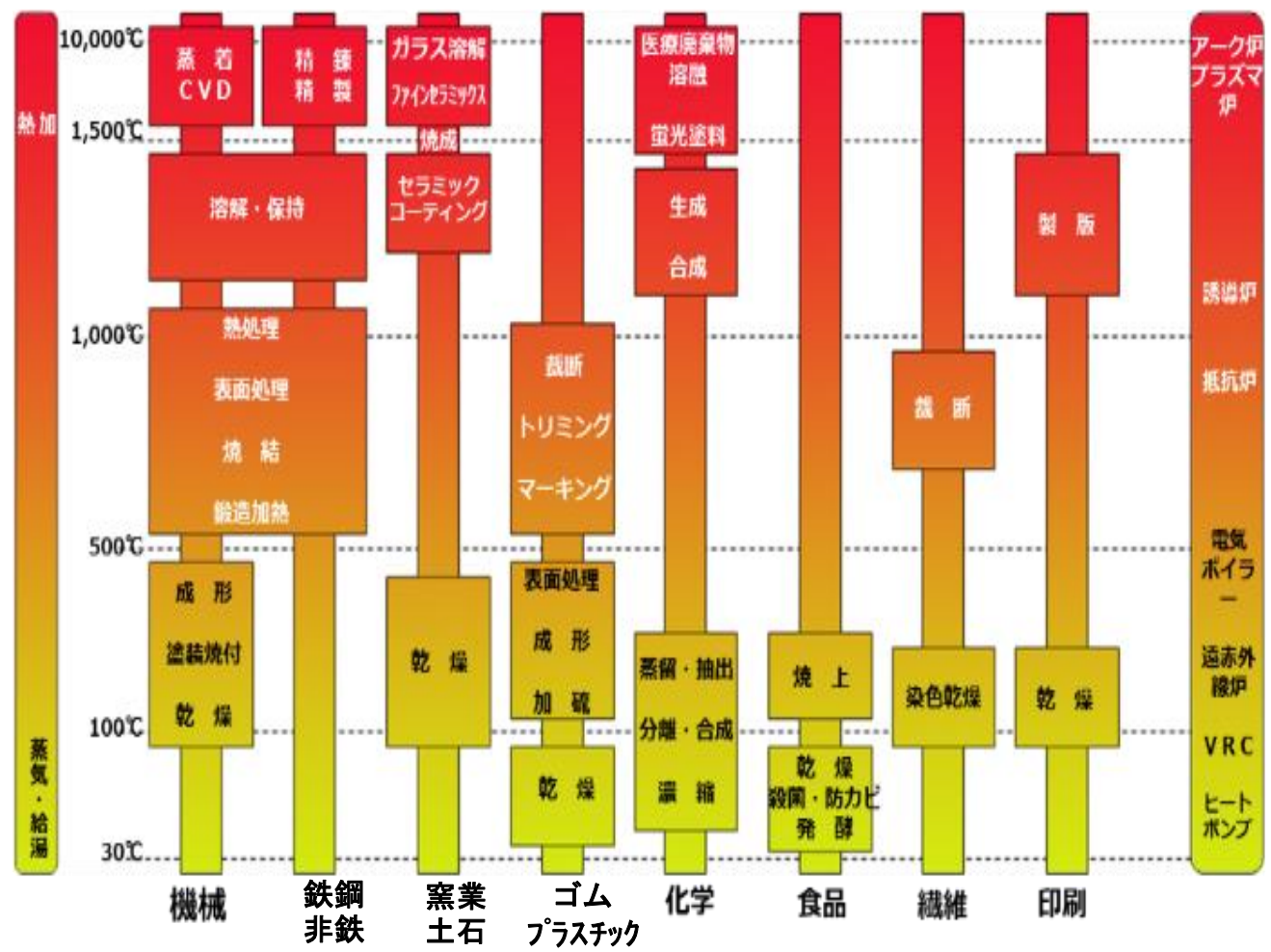
殺菌

予熱

解凍

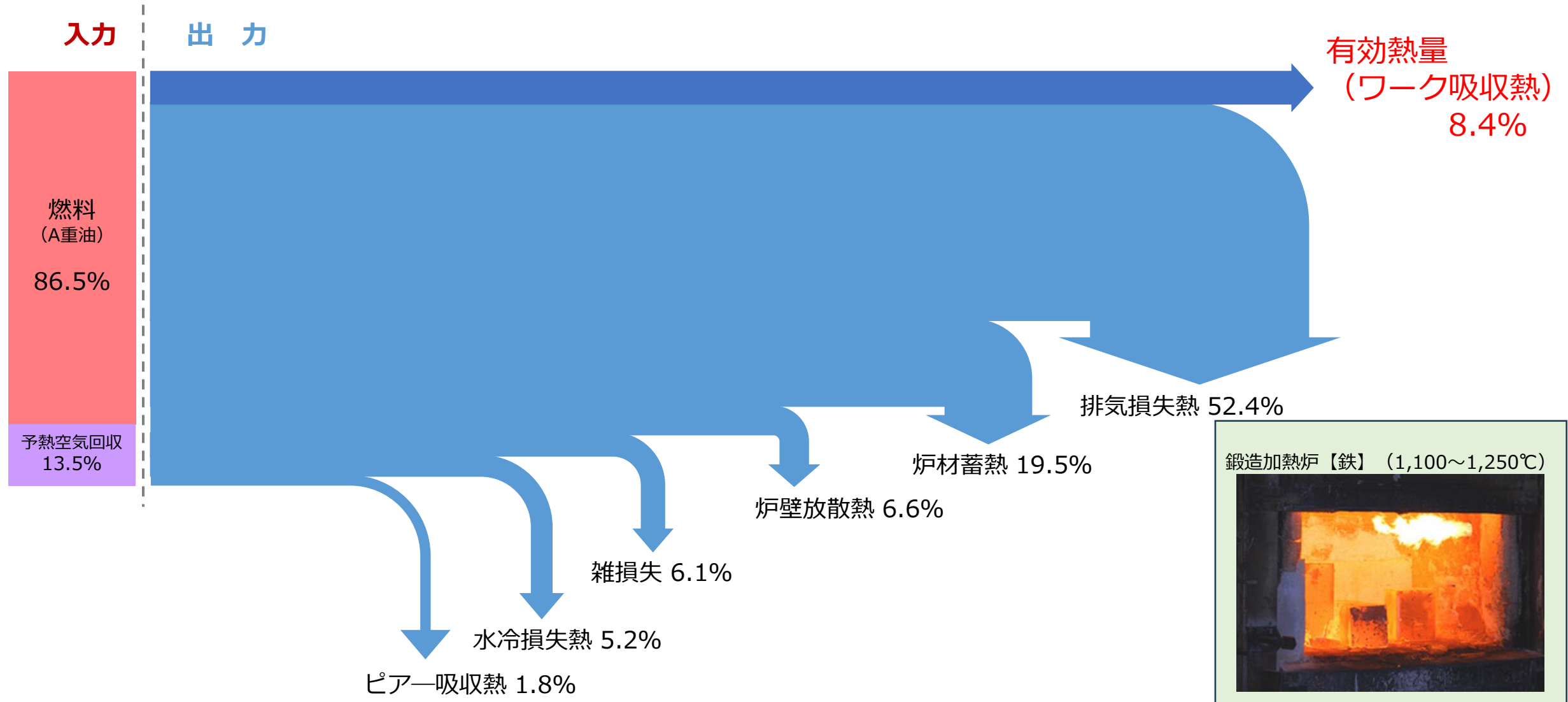
【高い省エネ性・環境性】 【生産性・品質の向上】 【革新的な生産工程】

業種・用途別に見たエレクトロヒートの温度領域



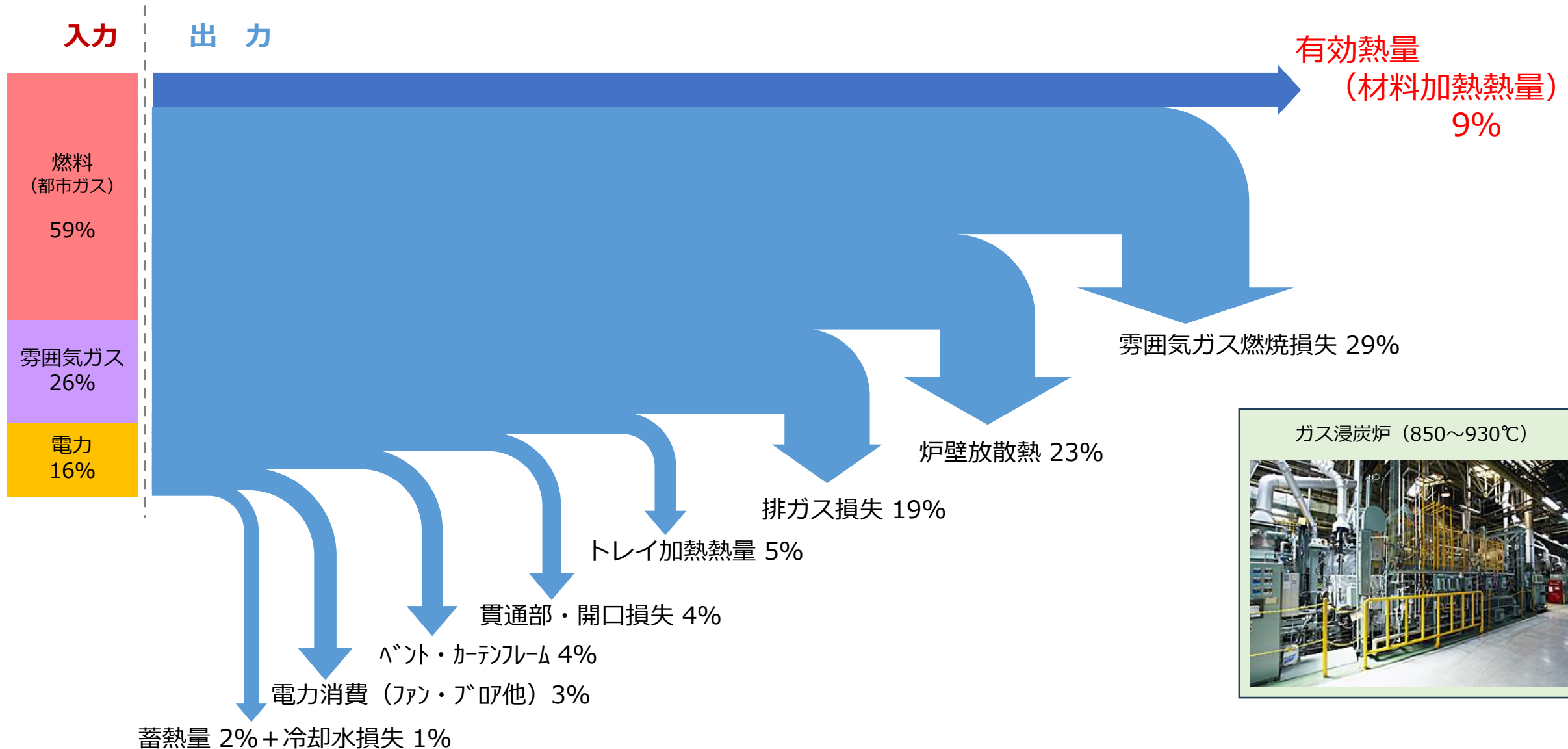
温度帯	C Nに向けた対策例
2 0 0 0 °C前後	電炉、水素還元製鉄等の技術革新
1 0 0 ~ 1 5 0 0 °C	電気加熱の導入と電源の脱炭素化
	非化石エネルギー（水素、アンモニア、バイオマス燃料等）の導入
	天然ガスシフト （メタネーションへの転換）
2 0 0 °C以下 （蒸気）	ヒートポンプの普及
温度域全体	熱利用の効率化、未利用熱の活用、省エネの推進、中小企業支援の強化

鉄鋼加熱炉（鍛造加熱）の熱損失：一般的な鍛造加熱炉のモデルケース



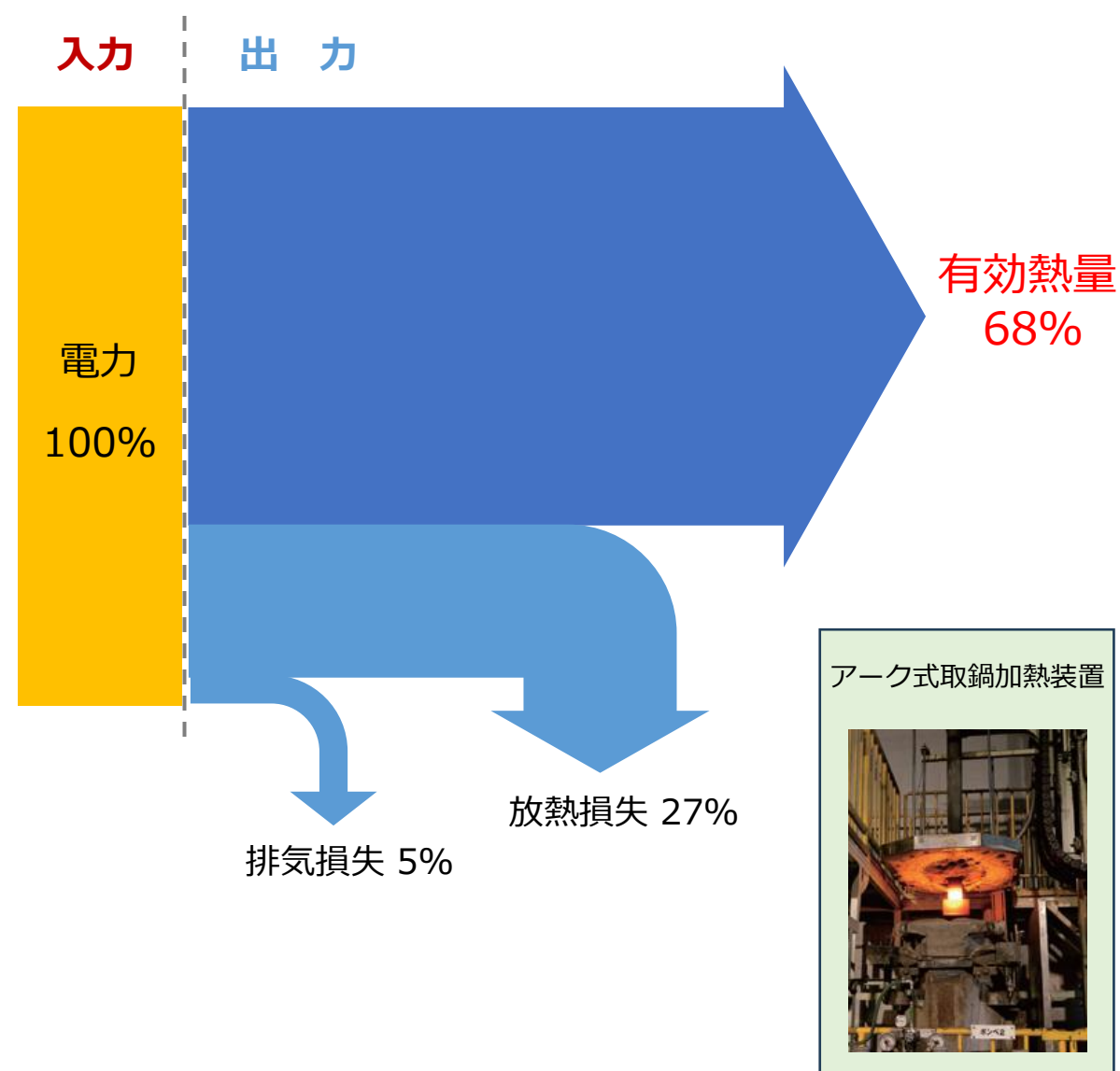
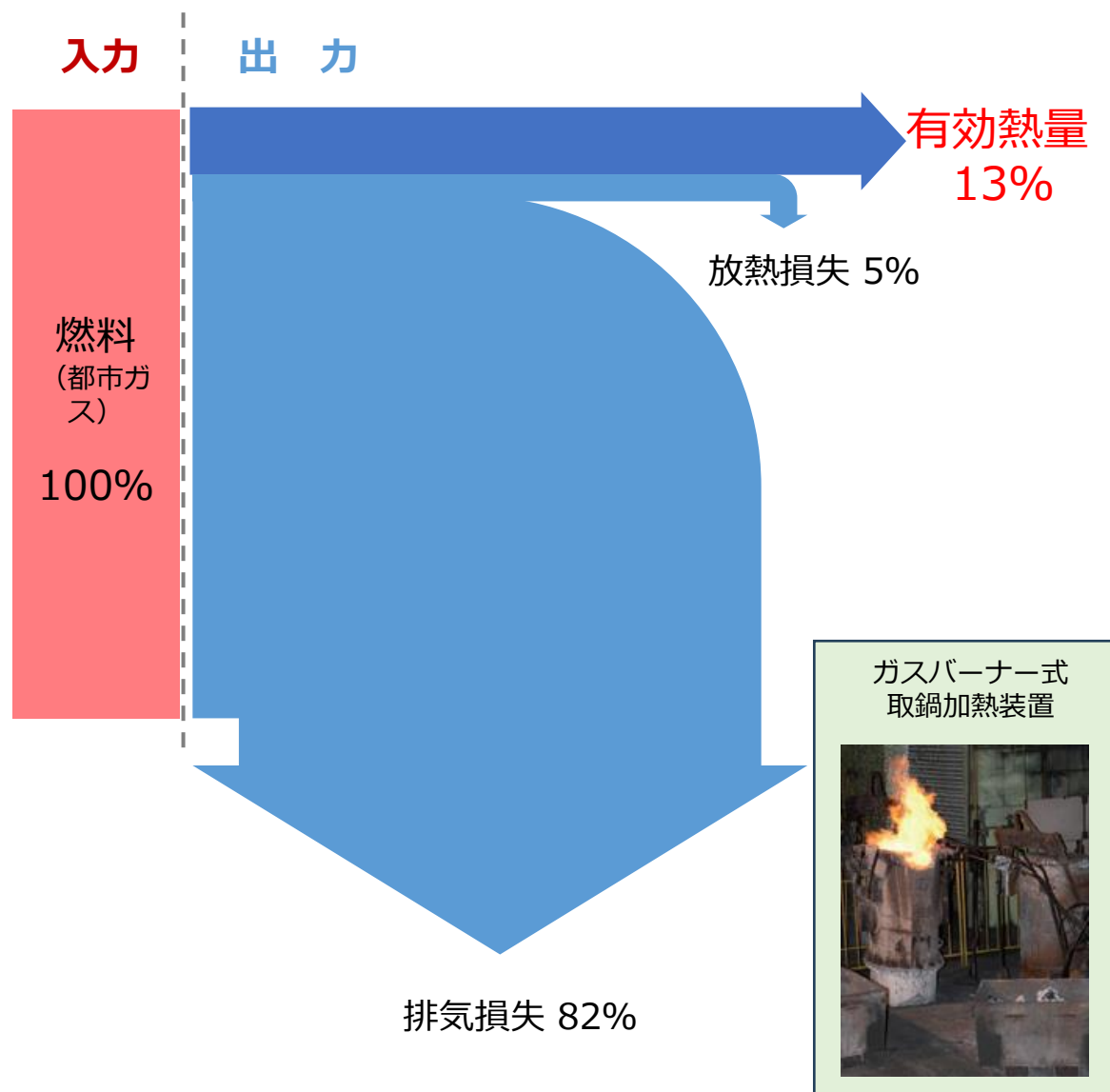
「工業炉ハンドブック（省エネルギーセンター、1997年）」を参考に JEHCにて作成

表面熱処理炉（浸炭）の熱損失： 燃焼バッチ式 小型浸炭炉のモデルケース



「産業分野における革新的エネルギー使用合理化技術に関する調査（NEDO、2009年）」を参考に JEHCにて作成

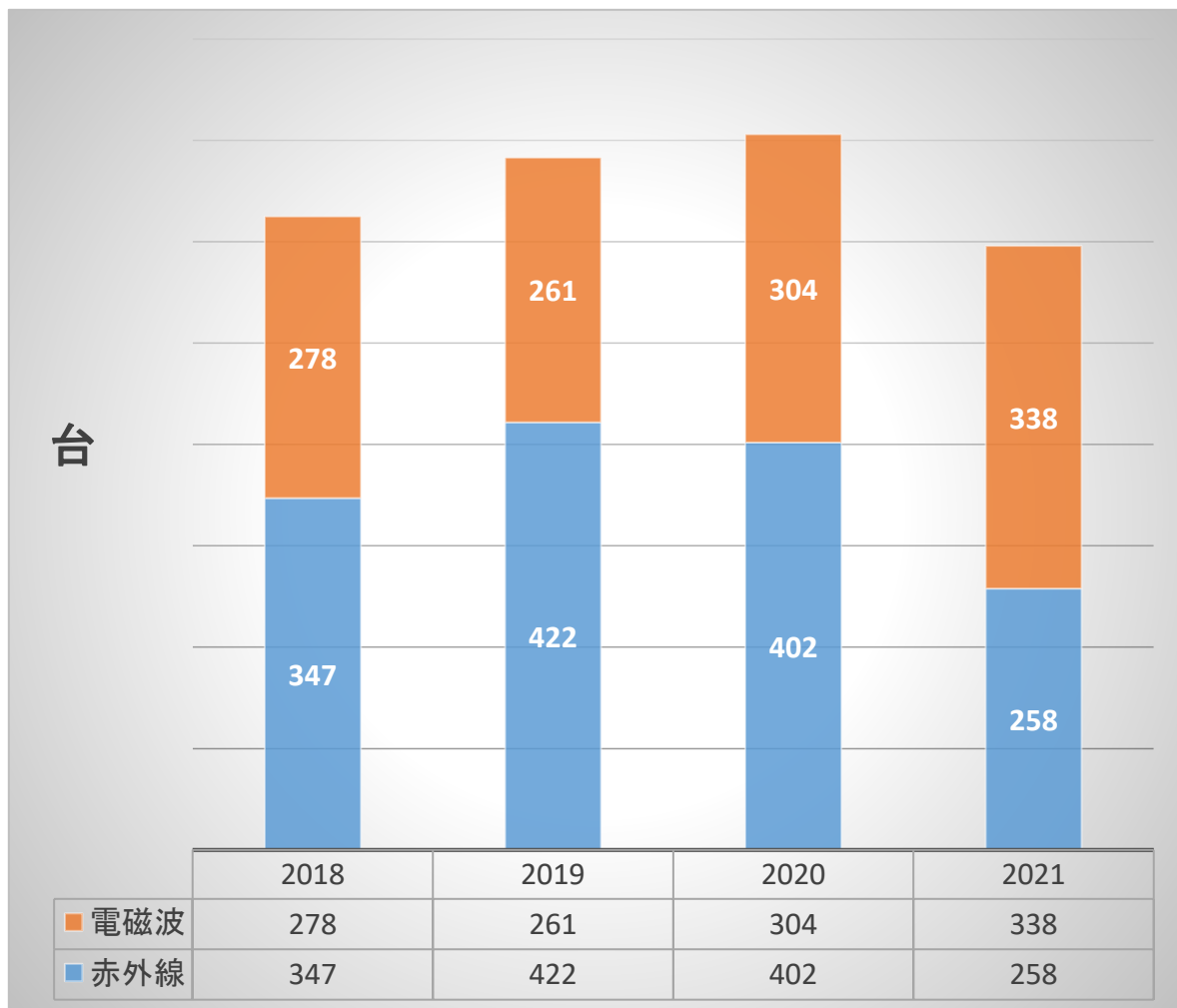
鉄鋼溶解炉（鑄造における取鍋加熱）の熱損失：トヨタ自動車明知工場の事例



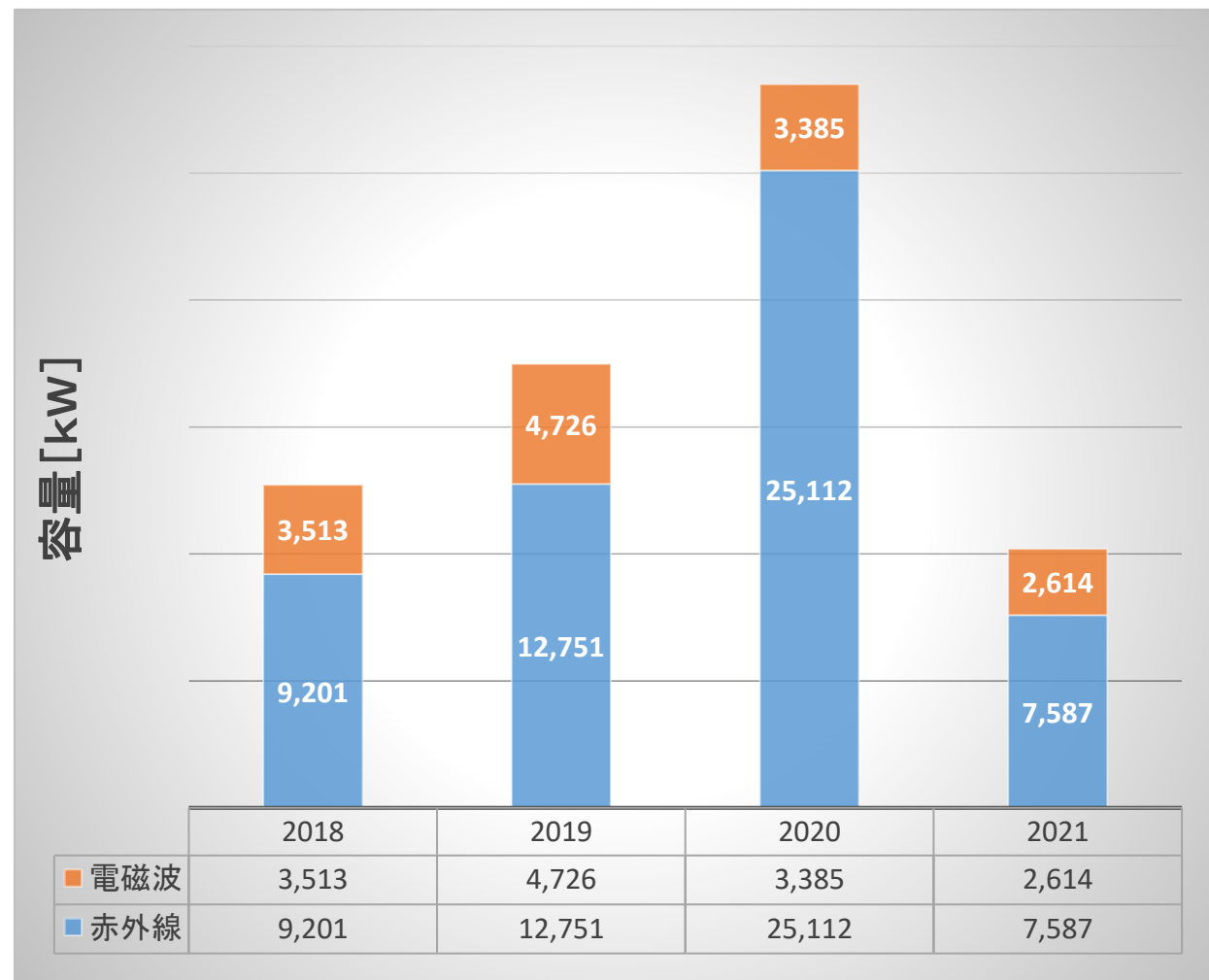
「鑄造工場におけるアーク式取鍋加熱装置の導入による省エネ対策（中部電力ら、2014年）」を参考に JEHCにて作成

電磁波加熱と赤外線加熱の導入量

台 数

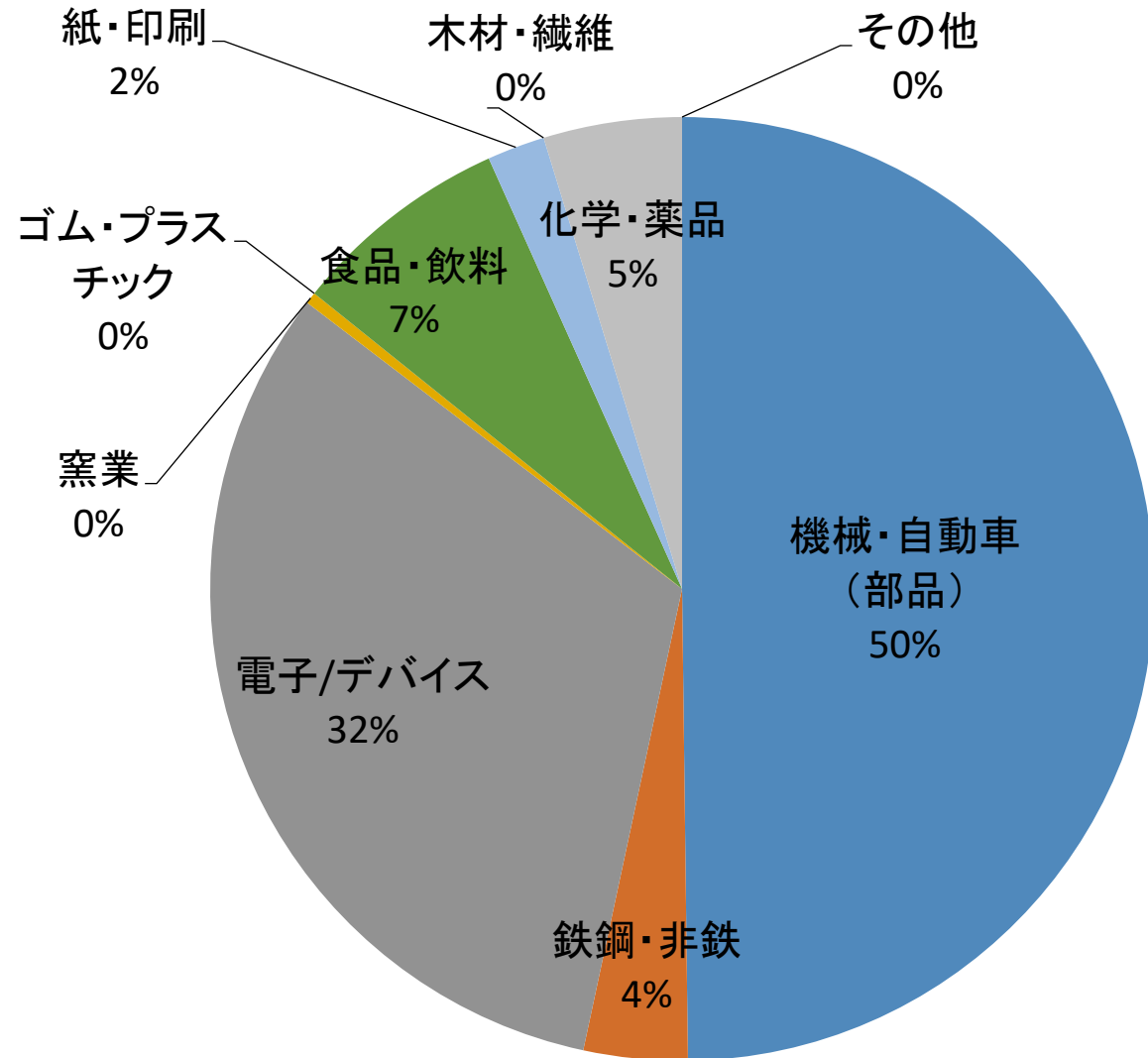


容量(kW)

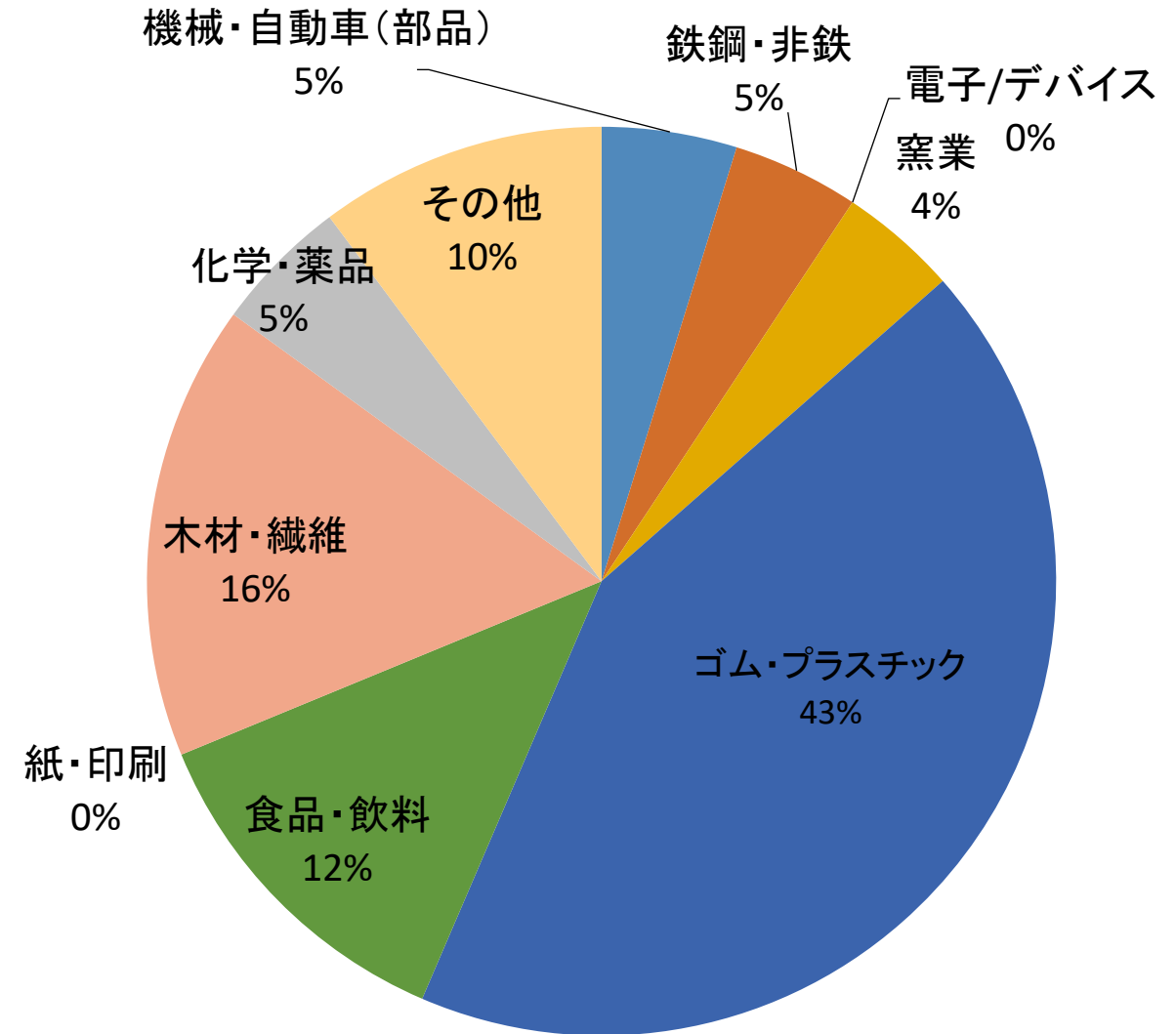


電磁波加熱と赤外線加熱の業種別導入量比率(2021年)

赤外線加熱



電磁波加熱



赤外線加熱の特長と導入事例（自動車部品乾燥）

✓ 高効率

熱へのエネルギー変換効率が高い！

✓ 急速加熱

短時間加熱が可能！

✓ クリーン

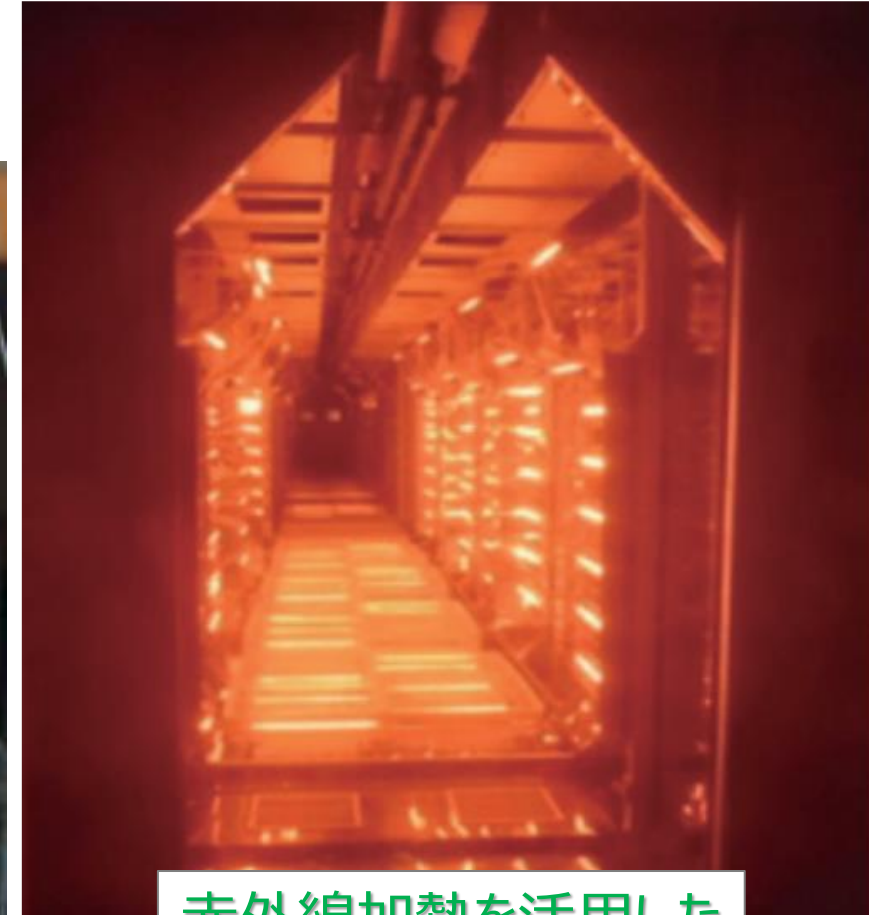
非接触で加熱を実施！

✓ 省電力

無駄な通電一切なし！

✓ 制御性

電力制御だけで簡単！

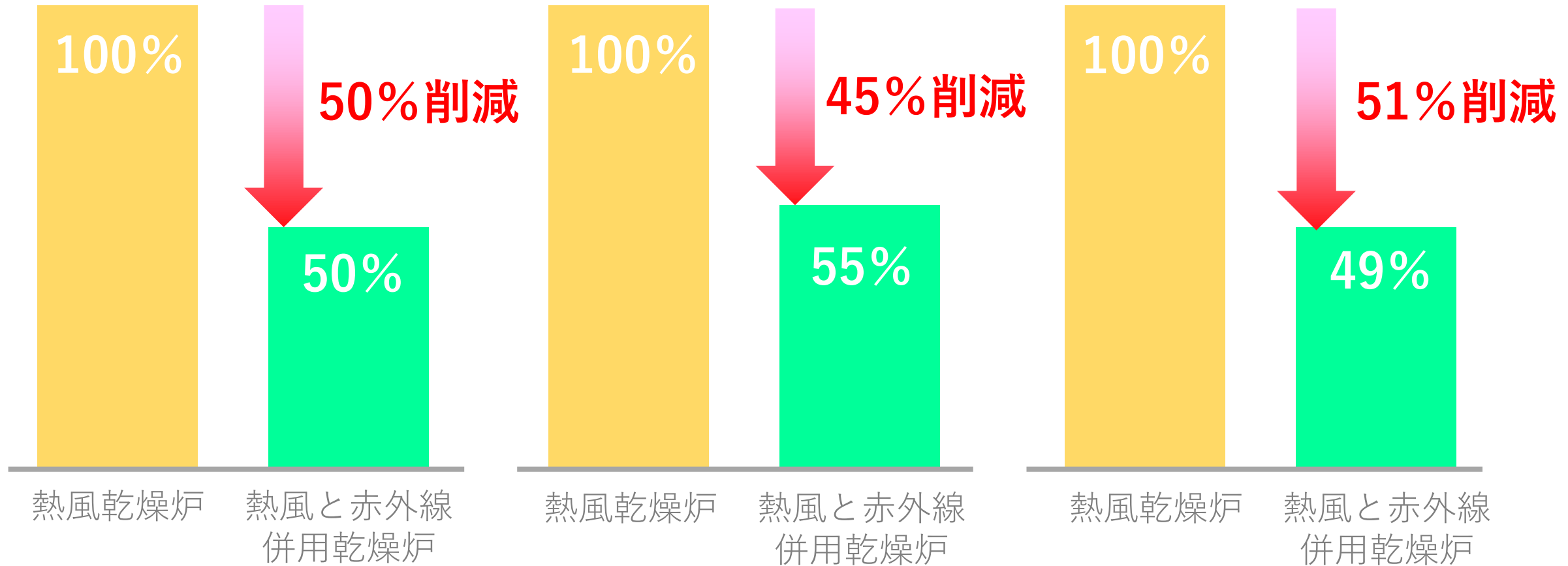


赤外線加熱の導入効果（自動車部品乾燥）

一次エネルギー使用量

CO2排出量

ランニングコスト



(▲139kL/年)

(▲250t-CO2/年)

(▲1,160万円/年)

誘導加熱の特長と導入事例（電線の塗装乾燥）

✓ 高効率

加熱対象物そのものを加熱！

✓ 急速加熱

短時間加熱が可能！

✓ 品質向上

スケール生成なし！

✓ 自動制御

制御が容易！

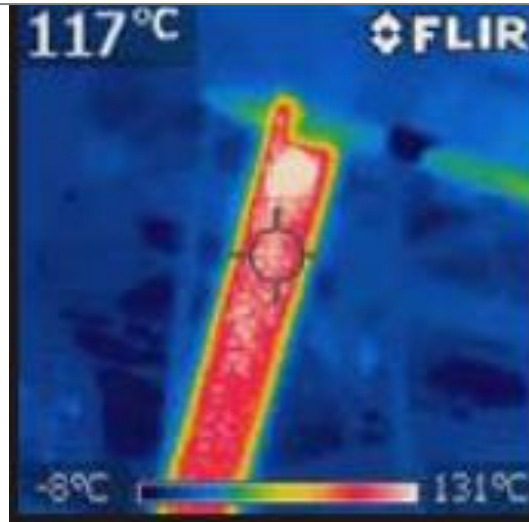
✓ 環境改善

作業場の暑さを軽減！

誘導加熱コイル



加熱対象物の温度



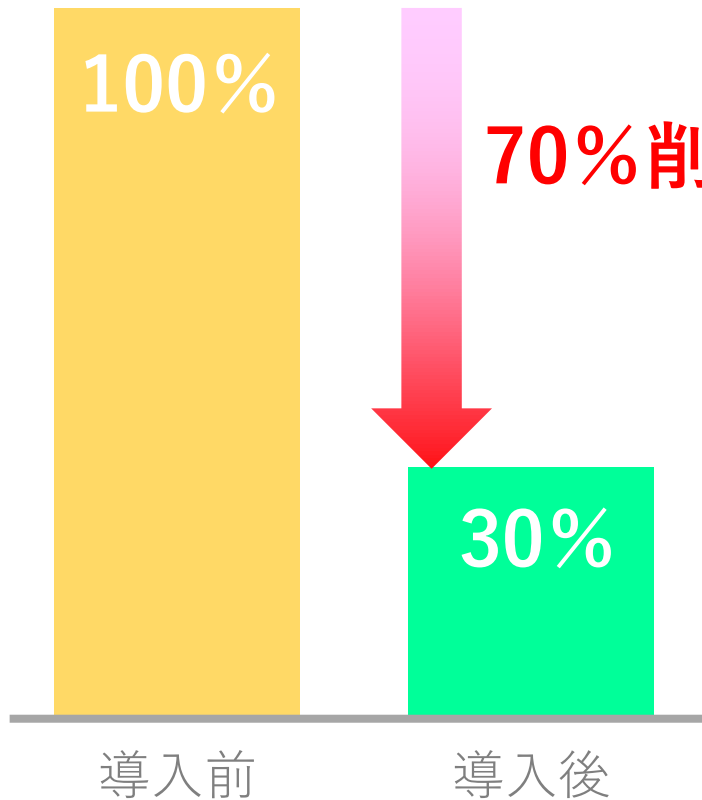
誘導加熱を活用した
塗装工程



誘導加熱コイル

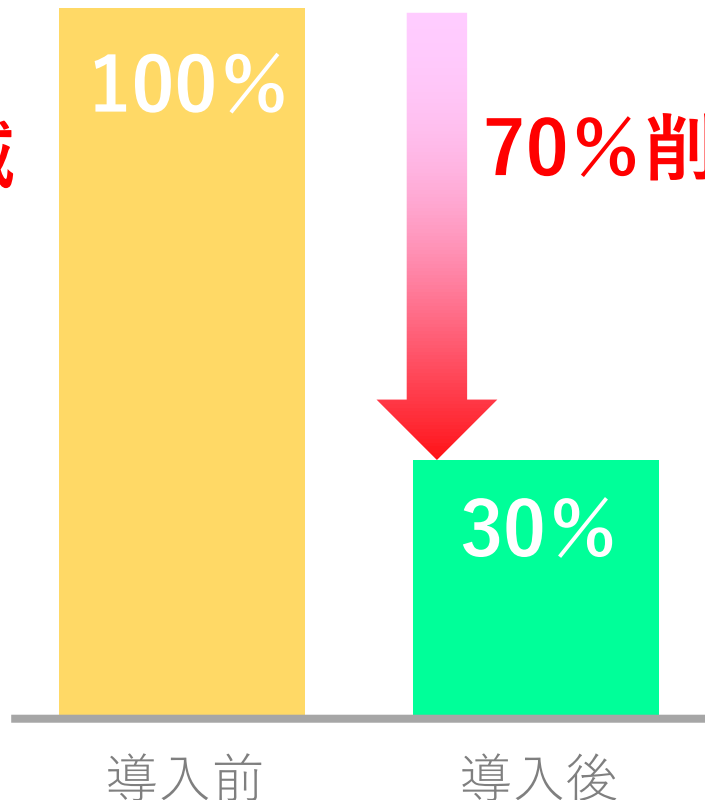
誘導加熱の導入効果（電線の塗装乾燥）

一次エネルギー使用量



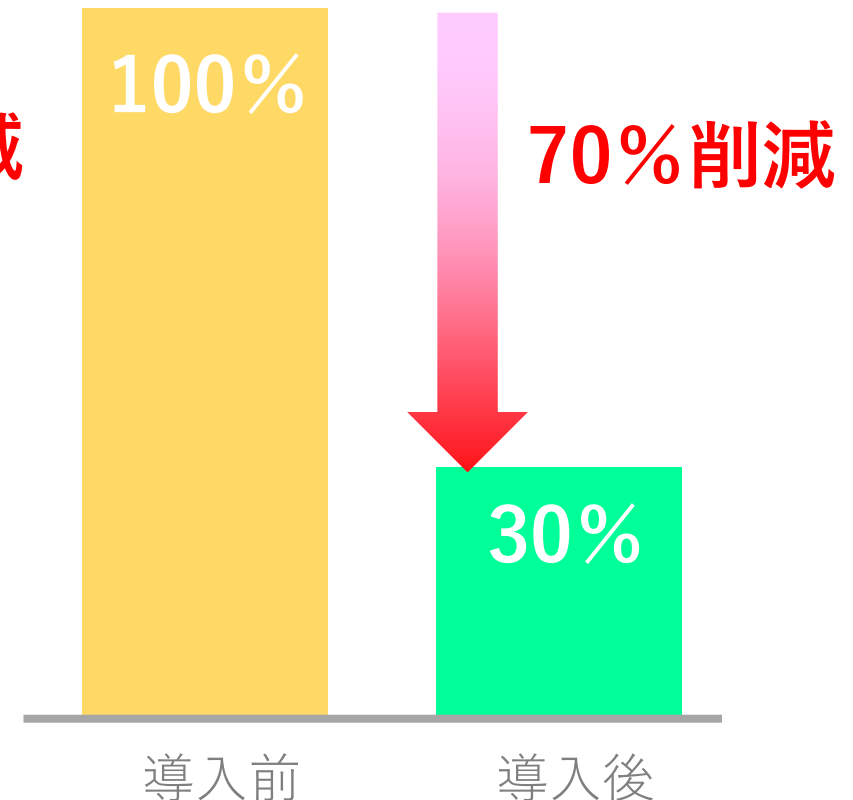
（1ラインあたり▲4.2kL/年）

CO2排出量



（1ラインあたり▲5.5t-CO2/年）

ランニングコスト



（1ラインあたり▲32.2万円/年）

おわりに
エレクトロヒートのチカラでGXに貢献

エレクトロヒートのチカラでGXに貢献

● 産業用ヒートポンプによる” 熱の有効利用”

- ・ 排熱を適正な温度に高温化し熱を有効利用（熱リサイクル）
- ・ 自家用蒸気に使われている化石燃料の大幅削減
- ・ 需要側での再生可能エネルギーの利用拡大



産業用ヒートポンプによる熱リサイクルは、省エネ・再エネの利用拡大と低炭素化をもたらします。

● 電気加熱（誘導加熱、赤外線加熱、マイクロ波加熱、抵抗加熱など）による” 工場の生産性向上”

- ・ 効率的な加熱方法による製品の生産性向上（局所加熱、加熱制御、急速加熱、雰囲気加熱、高温加熱）
- ・ 直接加熱に使われている化石燃料の大幅削減
- ・ クリーンで安全な作業環境（雰囲気加熱、コンパクト性、安全性）



電気加熱による高度な高温熱利用によって省エネ・低炭素化と工場の生産性を高めることができます。

エレクトロヒート普及へのバリア: 渡れるか「ダーウィンの海」

供給側(サプライヤー)のバリア

- 需要家のニーズにマッチした技術とサービスの提供
- 高温域の用途に適応する技術開発
- 技術の性能と信頼性を向上
- 設備コストの更なる低減
- 人材の確保と育成
- 開発資金の支援情報



経済的なバリア

- エネルギーコストの変動
- 長期的な市場経済の変動
- グローバルサウス、欧米との市場競争
- 高温域の用途ではエネルギーコストが高く利益率が低くなる業種がある
- 燃料や電気代への規制
- 投資回収年数の短縮



需要側(ユーザー)のバリア

- 多様な需要家と用途
- エレクトロヒート (EH) への知識が不足
- 経営者がCNとEHへの関心が低い
- 現場生産管理者に不安がある
(生産工程に重要な安全、品質、生産効率への影響を無くす)
- 熱収支など生産工場の情報の多くが機密事項
- 工場内の設置スペースが限られる
- 既存の熱供給システムを活かしたハイブリッド
- 生産量が変わった時のEHシステムの対応
- アフターサービスへの不安
- CNとEH導入を考慮した生産プロセスの創出
- 資金支援(補助金)の情報提供
- 手続きの簡素化



供給側と需要側のバリアを解決し「経済の荒波」を乗り越える**羅針盤機能を備えた機関とコンサルティング会社**が必要

羅針盤機能となる（一社）エレクトロヒートセンター

メーカー情報

◎エレクトロヒート技術

- ヒートポンプ
- 抵抗加熱
- 赤外・遠赤外線加熱
- 誘導加熱
- アーク・プラズマ加熱
- マイクロ波・誘電加熱

◎ボイラ燃焼技術

◎先端技術の開発情報

コンサルタント・ エネルギー会社情報

新商品の開発・生産、新役務の
開発・提供、及び新たな経営管
理方法に関するノウハウ

【課題】

- 脱炭素の必要性を企業経営層に高めていく
- 工場の熱需要と排熱の実態を明らかにする
- ヒートポンプと電気加熱技術の情報を
企業ニーズに合わせて正確に伝える
- 工場ごとに熱の需給バランスを明らかにし
経済的な導入のガイドラインを作成する

JEHCの役割

情報のマッチング

情報提供サービス
豊富な情報データベース
(IoTによる深化)

ユーザー情報

背品素材

- ◆金属 ◆機械 ◆ゴム
- ◆食品・飲料 ◆ガラス
- ◆セラミック ◆紙
- ◆化学品、医薬品 など

製品加工

- ◆平常、サイズ
- ◆生産条件

工場の熱バランス

- ◆プロセス設備
- ◆温度、熱流量
- ◆熱需要の時間変化

ユーザのニーズ

- エネルギー効率を高めたい
- 生産時間を短縮したい
- ライン長を短くしたい
- 装置を小型化したい
- 生産性を上げたい
- 歩留まりを改善したい
- 品質を向上したい
- 作業環境を良くしたい
- コストを削減したい



ご清聴ありがとうございました。

