

石油業界の カーボンニュートラル行動計画

2023年度フォローアップ結果(2022年度実績)

2024年1月

石油連盟

Fuel+

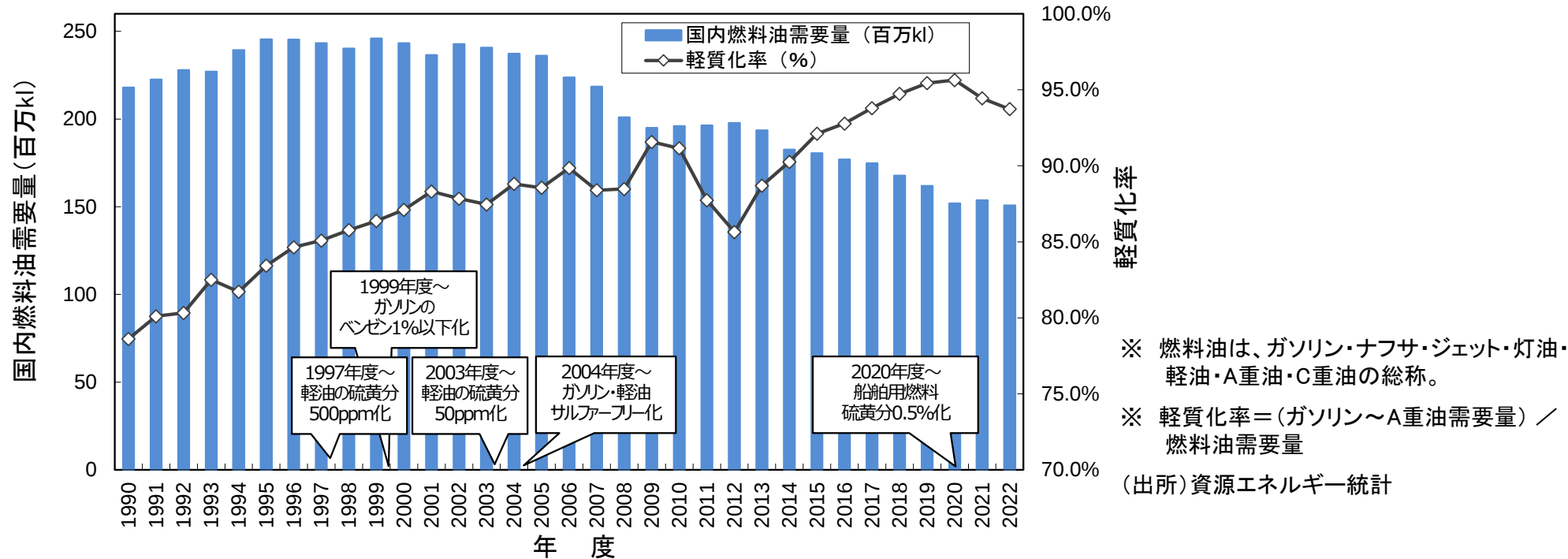
- ・ 昨年度フォローアップWGにおける事前質問、指摘への対応
 - － 指摘事項
2030年の目標値を政府目標に合わせて「2013年度比〇%減」にはできないか？
 - － 検討結果
 - ✓ 2030年度に向けた石油製品の製造段階（製油所）における数値目標を、従来の「省エネ対策によるBAUからのエネルギー削減量」から、政府の目標指標と整合する「2030年度CO2排出総量目標」に変更しました。
（→新目標の詳細は4ページ目、5ページ目参照）

1. 2030年に向けた取り組み

(1) 業界情報

主な事業 : 石油精製業（石油製品の製造及び販売）
 カバー率 : 100%（国内製油所に対する本計画のカバー率）

(2) 国内の燃料油需要量・品質規制の動向 → 製油所のCO2排出量に大きく影響



- エネルギー転換部門として、気候・気象条件、景気動向、生活様式など様々な要因により変化する石油需要に対し、石油製品を安定的に供給する責務があります。
- 国内の燃料油需要量は、気候変動対策の強化などにより、1999年度をピークに構造的な減少傾向にあります。
- 製油所のCO2排出量は、燃料油需要量に加え、需要構造の変化(例: 重油の減少とガソリンの相対的な増加)、製品の品質改善(例: 大気環境改善や燃費向上にも寄与する硫黄分の低減)などにも大きく影響を受けます。

1. 目標

【新】石油製品の製造段階（製油所）において、2030年度に約2,910万トン（2013年度比▲28%）のCO2排出総量を目指す※1～3。

※1 政府の石油需要見通しをベースに、2030年の燃料油需要とCO2排出量を推定。

※2 寒波・景気動向等で需要が想定を上回る場合、需要構成が大きく変化した場合、あるいは精製能力の減少など業界の現況が大きく変化した場合、目標水準の再検討を行う。また、Scope3対策としてCN燃料（SAF、合成燃料等）を供給するため、製油所CO2が増加する場合は、目標達成と別枠で整理する。

※3 目標達成には省エネ対策等への支援が不可欠。

【旧】2010年度以降の省エネ対策により、2030年度において追加的対策がない場合、すなわちBAUから原油換算100万KL分のエネルギー削減量を達成する。

2. 目標見直しの背景

- ① 石油業界では、2050年CN実現に貢献するため、2050年に向けて、事業活動に伴うCO2排出（Scope1+2）の実質ゼロ（CN）を目指す「カーボンニュートラルに向けたビジョン」を策定しました（2021年3月）。
- ② 2022年12月には、供給する製品に伴うCO2排出（Scope3）の実質ゼロ（CN）にもチャレンジすることとしました。
- ③ この新たなビジョンをふまえ、本行動計画の2030年度目標（製油所におけるCO2対策目標）も、従前の省エネ対策によるエネルギー削減量から、政府の目標指標と統合的なCO2排出総量目標に変更しました。

3. 目標水準設定の考え方

- ① 政府の石油製品需要見通しをベースに、2035年乗用車電動化目標等に整合するよう、2030年度の国内石油製品需要量を推計し、製油所CO2排出量（対策前）を計算しました（約3,180万トン）。
- ② 新たな目標においても、従前の目標（原油換算100万KLのエネルギー削減量）に相当する約270万トンCO2を業界努力分として考慮し、目標を設定しています。

1-3. 石油業界のカーボンニュートラル行動計画（2030年度に向けた取り組み）

Fuel+

～カーボンニュートラル実現に向けたチャレンジと石油の高度・有効利用によるエネルギー安定供給の両立～

基本方針

社会全体のカーボンニュートラルの実現に向け、革新的技術の開発や社会実装などに積極的にチャレンジするとともに、2030年に向け、①わが国の1次エネルギー供給の大宗を占める「石油」の高度かつ有効利用や、②持続可能な再生可能エネルギーの導入等に取り組む、今後も、エネルギー政策の「S+3E」の同時達成に貢献していく。

石油製品の製造段階（製油所）

✓ 2030年度に約2,910万トン（2013年度比▲28%）のCO2排出総量を目指す ※1～3

（単位：万トンCO2）	2013年度実績	新目標 2030年度目標※1～3	2013年度実績比（2013年度実績差）
製油所CO2排出量①-②	4,033万トン	2,910万トン	▲28%（▲1,123）
①対策前（BAU）排出量	—	3,180	▲21%（▲853）
②業界努力分	—	約▲270	▲7% 原油換算100万KL相当
石油需要量	約1.94億KL	約1.32億KL	▲32%

【2030年度に向けたCO2削減対策（省エネ対策）の見通し】

①熱の有効利用	高効率熱交換器の導入	124万トン
②高度制御・高効率機器の導入	デジタル技術活用	86万トン
③動力系の効率改善	高効率モーターへの置き換え	19万トン
④プロセスの大規模な改良・高度化	ダイレクトチャージ化	40万トン

※1 政府の石油需要見通しをベースに、2030年の燃料油需要とCO2排出量を推定。
※2 寒波・景気動向等で需要が想定を上回る場合、需要構成が大きく変化した場合、あるいは精製能力の減少など業界の現況が大きく変化した場合、目標水準の再検討を行う。また、Scope3対策としてCN燃料（SAF、合成燃料等）を供給するため、製油所CO2が増加する場合は、目標達成と別枠で整理する。
※3 目標達成には省エネ対策等への支援が不可欠。

石油製品の輸送・供給段階

✓ 物流の更なる効率化（油槽所の共同利用、タンクローリー運行管理システム等IoT技術の活用等）
✓ SSの照明LED化、太陽光発電設置等

国際貢献

わが国が蓄積した知識や経験を、途上国への人的支援や技術交流で活用

石油製品の消費段階

(1)カーボンニュートラル燃料の導入・普及
バイオ燃料、SAF（持続可能な航空燃料）、合成燃料（e-fuel）、水素、アンモニアの市場導入・普及を通じ、石油製品の消費に伴う排出を削減

(2)燃費性能に優れた潤滑油の普及
自動車向けや建設・工作機械向け等の燃費性能に優れた潤滑油の普及拡大により、自動車等の燃料・電力等の消費量を削減

(3)高効率石油機器（エコフィール）の普及拡大

革新的技術開発（2050年に向けて）

カーボンニュートラルの実現に向け、これまで培ったアセット・人材・産業界のネットワークを生かして、革新的技術の開発と社会実装に取り組む

①SAF（次世代バイオ含む）、②CO2フリー水素（アンモニア含む）、③合成燃料（e-fuel）、④CCS・CCU、⑤廃プラリサイクル 等

合成燃料（e-fuel）の商用化に向けたロードマップ（抜粋）

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 ～2034	2035 ～2039
高効率・大規模FTプロセス		ベンチプラント実証		パイロットプラント実証		商用化プラント検討、設備投資			
次世代FTプロセス		要素技術の開発			有望な要素技術の選定、技術実証				
既存技術等を用いた早期実装			国産プロジェクトの組成						
				海外プロジェクトへの参画					

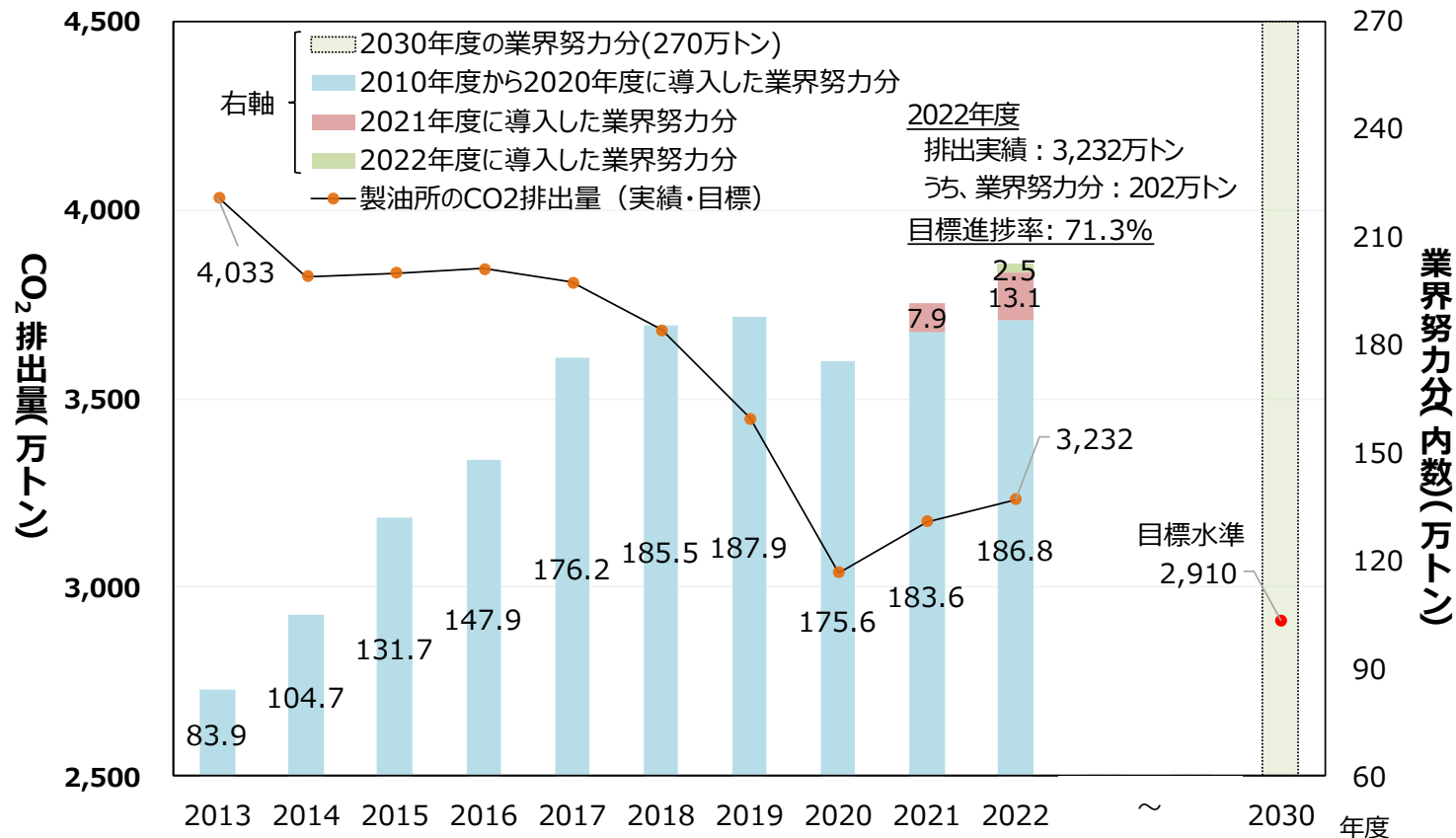
商用化

生産量の拡大

➡ 2030年代前半までの商用化を目指す

5

1-4. 2022年度 製油所CO2排出量の実績について

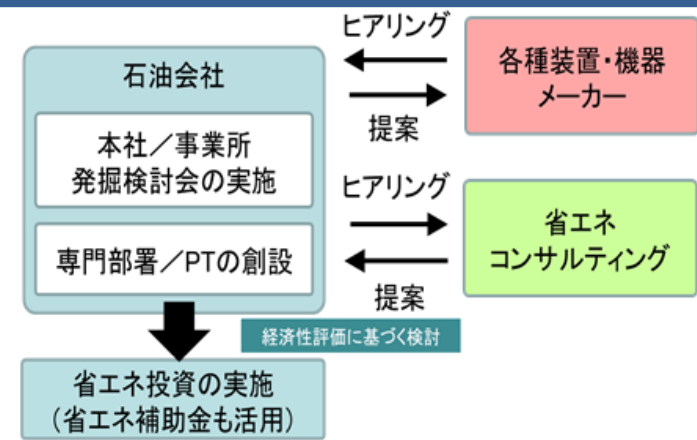


【2022年度実績について】

- 2022年度は、コロナ禍からの社会経済活動の回復傾向により、前年度より外需を含む石油製品需要が増加したため、製油所では原油処理を増やし、燃料油生産量を増加させました。
- 追加的な省エネ対策の実施等によりCO2削減効果の上乗せ(2021年度比+10.9万トン)を行いましたが、生産活動量の増加によるCO2排出量の増加が上回り、CO2排出量は3,232万トン(2021年度比+1.8%、2013年度比▲19.9%)で目標2,910万トンに対する進捗率は71.3%となりました。

1-5. 省エネ対策の探索とBATの導入

- ・ 製油所における現在の主なCO2対策は「省エネ」の推進です。
- ・ 石油各社は、製油所の更なる省エネ対策を発掘するため、各種装置・機器メーカーやコンサルティングなど、外部の最新知見も活用しながら、省エネ案件の発掘に取り組んでいます。
- ・ 近年では、従来の設備投資を中心にした対策に加え、デジタル技術を活用した効率化対策が出現しており、これら対策も含めて、引き続き省エネ対策の深掘りを進めます。



①熱の有効利用

●プレート型熱交換器の導入
表面積が広く、熱交換率が向上し、高効率化。

●廃熱回収ボイラーの設置
精製プロセスに廃熱回収ボイラーを設置し、スチーム(熱エネルギー)を回収。

②高度制御・高効率機器の導入

●コンピュータによる高度制御推進
原料油性状のリアルタイム把握、多変数モデル予測制御等により運転条件の更なる最適化。

③動力系の効率改善

●蒸気タービンからモーターへの置換
・圧縮機(ポンプ)の動力源を蒸気タービンから高効率モーターへ置換。
・既存モーターに高性能インバータ設置。
・圧縮機への無段階アンローダ※導入。
※圧縮機の容量を負荷に応じて変化させる技術

④プロセスの大規模な改良・高度化に関する改善

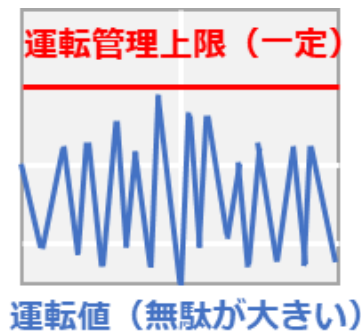
●水素利用の高度化
低濃度の水素を含むガスから、膜分離技術等を利用し高純度水素を回収、再利用し、新規の水素製造量を抑制。

1-6. 製油所省エネ対策におけるデジタル技術の活用

- 近年、デジタル技術を活用した各種運転条件の最適制御や設備機器の性能向上を目的にしたモニタリング・シミュレーションなどのソフトウェアによる対策活動が活発になってきています。
- 製油所のDX化が推進していく中、今後こうした省エネアイテムがさらに発掘されていく方向性です。

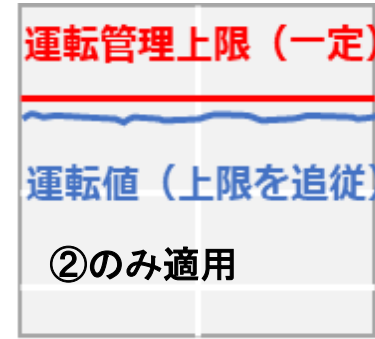
デジタル技術を活用した運転条件の最適制御のイメージ

①DCS(分散制御システム)(従来)
●オペレーターが手動で設備を制御するため、ばらつき(無駄)大。



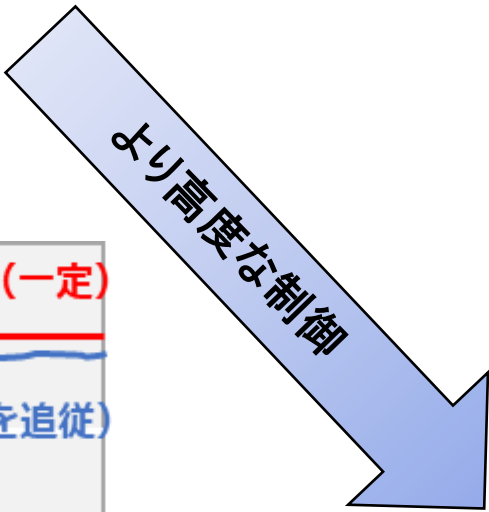
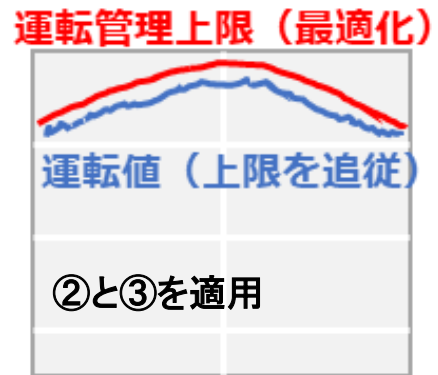
最適制御化

②APC(高度プロセス制御)
●製油所の各種運転情報から、一定の運転管理値を超えない範囲で最適な運転条件を予測。



更なる最適制御化

③RTO(リアルタイム最適化)
●製油所の各種運転情報に加え、原油価格や製品需給等の外部情報も取り入れることが可能。
●より広範な情報から運転限界値自体を予測し、更なる最適運転の実現。



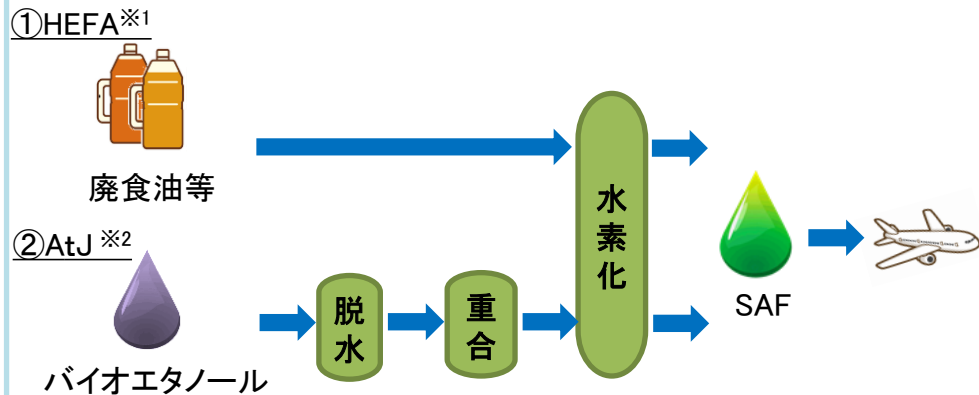
1-7. 低炭素製品・サービスを通じた貢献

- 2050年カーボンニュートラルの実現に向け、持続可能な航空燃料(SAF)、合成燃料(e-fuel)、水素・アンモニアなどの「カーボンニュートラル燃料」の技術開発や社会実装に向けた取り組みを進めていきます。

持続可能な航空燃料(SAF)の技術開発・供給

- CORSIA※規制や2030年目標(SAF混合率10%)達成に向けて、国内で安定的に生産できる体制の構築に取り組む。
※国際民間航空のためのカーボン・オフセット及び削減スキーム

今後取り組みを計画しているSAFの主な製造方法

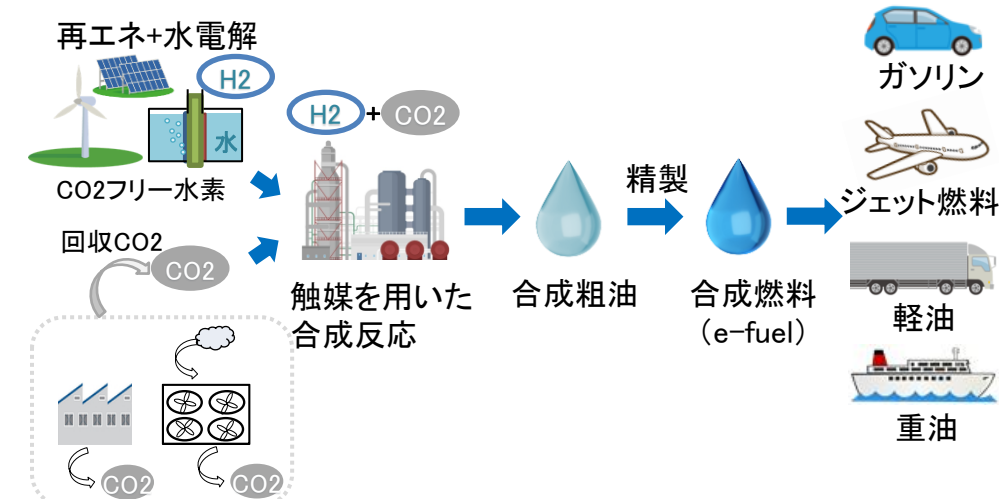


※1Hydroprocessed Esters and Fatty Acids: 水素化処理されたエステル又は脂肪酸

※2Alcohol To Jet: アルコール(エタノール)を原料に触媒反応を通じてSAFを製造する技術

合成燃料(e-fuel)の技術開発

- 水素とCO2から、ガソリン・ジェット燃料・軽油等幅広い液体燃料が得られる合成燃料の効率な製造技術開発に取り組む。



工場等の排ガスやDAC※による大気中のCO2を回収

※DAC: Direct Air Capture

■特徴 SAFや合成燃料e-fuelは、既存の石油サプライチェーン・機器を継続的に利用可能です(CNに向けたトランジション期のエネルギー安定供給確保などにも貢献可能)。

■課題 カーボンニュートラル燃料の供給はScope3の排出削減に貢献するものの、製造工程での排出が、石油会社のScope1+2を増加させ、Scope1+2の削減・CN化に向けた取り組みに影響することが懸念されます(本計画では、CN燃料に伴いCO2が増加する場合、目標達成と別枠で整理)。

石油各社は、(一財)JCCP国際石油・ガス・持続可能エネルギー協力機関等の関係機関を通じた取り組みに参画・協力しています。

(一財)JCCP国際石油・ガス・持続可能エネルギー協力機関における取り組み事例

※ 取り組み詳細は報告書参照

①高度人材育成支援事業

産油国からの要望に基づき、製油所の運転、経営管理、人材育成、教育訓練等に関する指導を行うため日本に研修生を受け入れています。

→2022年度は、リアルまたはオンライン形式で5件の受入研修事業を実施

②基盤整備事業

産油国石油産業の技術的な課題解決への寄与を目的として、我が国の技術やノウハウの移転、およびその応用や技術開発を通して、安全操業、近代化、合理化、経済性向上、環境保全等に貢献しています。

→2022年度は、14件の技術協力事業を実施



製油所等の視察訪問風景



専門家派遣による現場指導風景

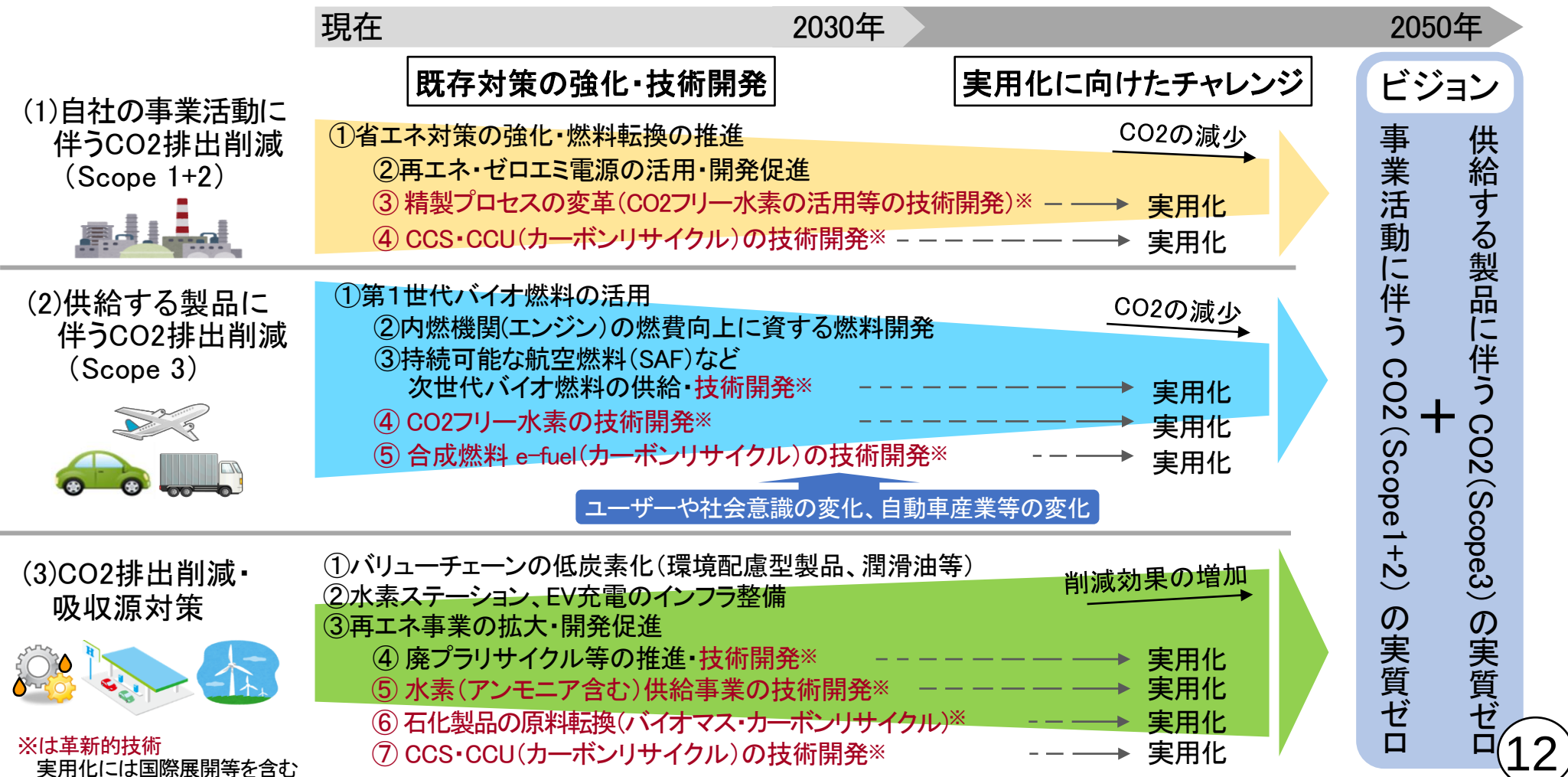


国際ワークショップ

2. 2050年に向けた取り組み

2-1. 石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン(目指す姿)

石油業界は、サプライチェーンや製品の脱炭素化の取り組みを加速化し、さらに既存インフラが活用できる革新的な脱炭素技術(①CO₂フリー水素、②合成燃料、③CCS・CCU(カーボンリサイクル)など)の研究開発と社会実装にも積極的に取り組むことで、事業活動に伴うCO₂排出(Scope1+2)の実質ゼロ(CN)を目指すとともに、供給する製品に伴うCO₂排出(Scope3)の実質ゼロ(CN)にもチャレンジすることにより、社会全体のカーボンニュートラルの実現に貢献します。



2-2. 革新的技術開発のアクションプラン

石油業界は、カーボンニュートラルの実現に向け、これまで培ったアセット・人材・産業界のネットワークを生かして、SAF、CO2フリー水素・アンモニア、合成燃料(e-fuel)、CCS・CCUなどの「革新的技術開発」に取り組めます。

対策 No.	技術開発分野	年度												これまでの主な進捗 (石油各社・業界の取組)	
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2050		
(2)②	内燃機関(エンジン)の燃費向上に資する燃料開発	研究開発		実証事業										石連一自工会の業界共同研究(AOIプロジェクト)を推進中	
(2)③	持続可能な航空燃料(SAF)など次世代バイオ燃料の供給・技術開発													GI基金で1つのプロジェクト(PJ)が進展中 NEDO事業にて、廃食用油を原料とした国産SAF大規模製造実証設備を建設中	
(1)③ (2)④ (3)⑤	CO2フリー水素の技術開発(アンモニア含む)													社会実装を含む 実用化に向けた チャレンジ	GI基金で5つのPJが進展中 (大規模水素サプライチェーン構築、常温・常圧下アンモニア製造技術の開発、等)
(2)⑤	合成燃料e-fuel(カーボンリサイクル)の技術開発														GI基金で高効率かつ大規模な合成燃料製造技術開発に取り組み、計画通りに検討が進行中。
(3)④	廃プラリサイクル等の推進・技術開発													廃プラ油化設備の建設や、廃ゴム※1、廃プラ※2からの化学品製造プロセス技術開発等を推進(※1 GI基金、※2 NEDO)	
(3)⑥	石化製品の原料転換(バイオマス・カーボンリサイクル)													未利用バイオマスの石化原料化など	
(1)④ (3)⑦	CCS・CCU(カーボンリサイクル)の技術開発 ※CCU(炭酸塩プロセス)等													2つのPJが「先進的CCS事業の実施に係る調査」に選定	

※GI基金: グリーン・イノベーション基金

(注) 1. 対策No.は、ビジョンの3つの分野(1)~(3)で取り上げている技術に割り振られた番号に相当します。

2. 研究開発・実証事業の期間は、複数のPJが存在する場合、代表的な事例(例: 最も早期に実証事業が終了すると見込まれるもの)を提示しています。

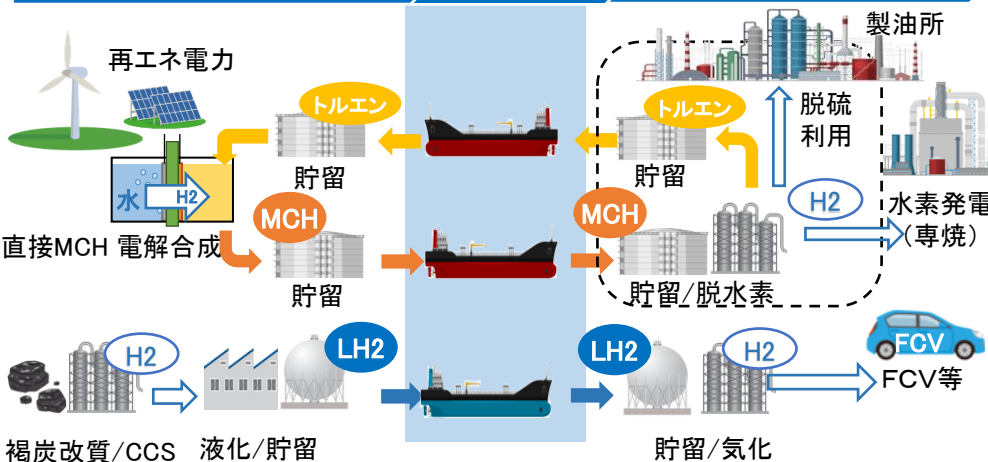
【参考1】カーボンニュートラルに向けた技術開発

- カーボンニュートラルに貢献する多様なエネルギー、原料の技術開発事業に着手しています。

① CO2フリー水素の技術開発

- メチルシクロヘキサン(MCH)及び液化水素の国際的な大規模水素サプライチェーンモデルを確立。
- 海外製造～海上輸送～国内製造・利用までの一連のプロセスを整備。

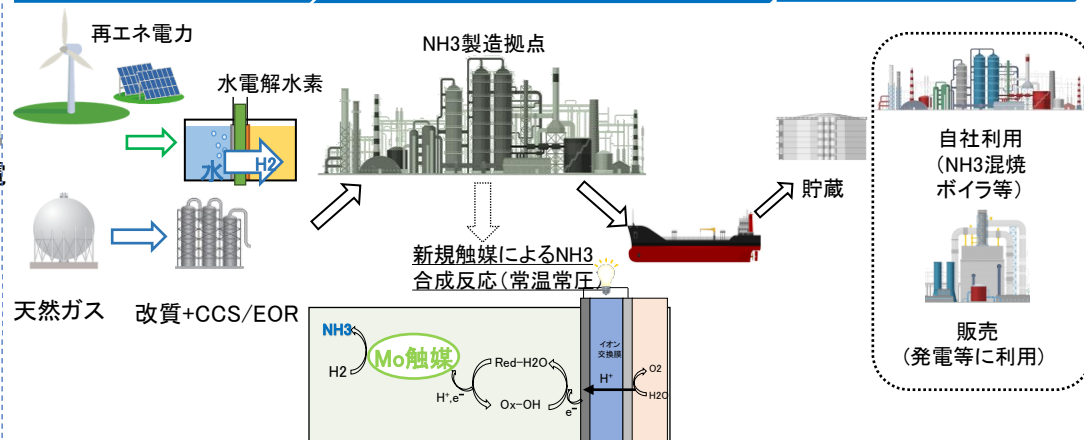
水素・キャリア製造(海外) → 海上輸送 → 水素製造・利用(国内)



② 燃料アンモニアサプライチェーン構築

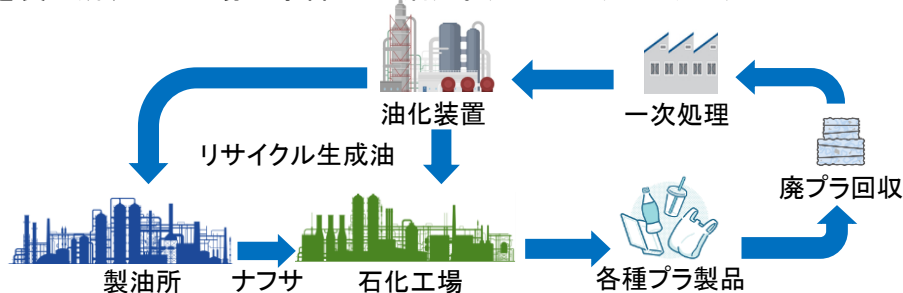
- アンモニア製造時のCO2排出量の低減に向けて、水・窒素を原料として電解反応により常温・常圧でグリーンアンモニア(NH3)を合成する技術の確立を目指す。
- 多層のカートリッジを組み合わせた実証試験でスケールアップデータを取得し、実用化検証を実施。

水素等原料調達 → 製造・輸送 → アンモニア利用



③ 廃プラリサイクル等の推進・技術開発

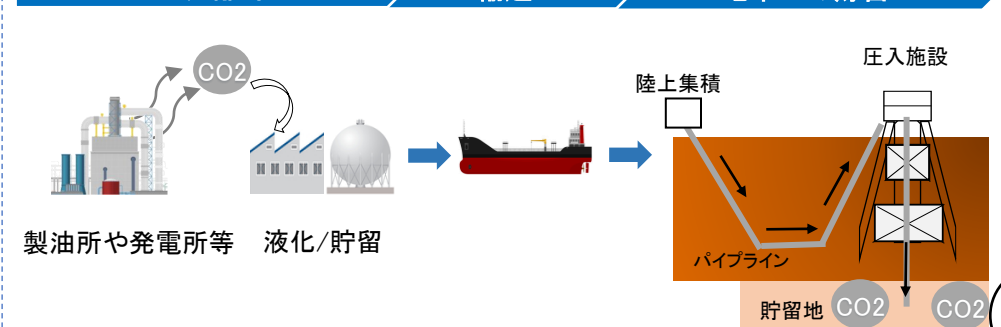
- プラスチック製造のサプライチェーンに関わる石油会社、石化会社が連携して、廃プラスチック油化装置を設置。
- 外部調達した廃プラスチックを油化处理し、製造された油(リサイクル生成油)を製油所、石化工場の原料として活用。(ケミカルリサイクル)



④ CCSの技術開発

- CO2の分離・回収から輸送、貯留までの一体的なバリューチェーンの確立に向けて、CCS事業の実現可能性の検討等を実施。

CO2の分離・回収 → 輸送 → 地中への貯留



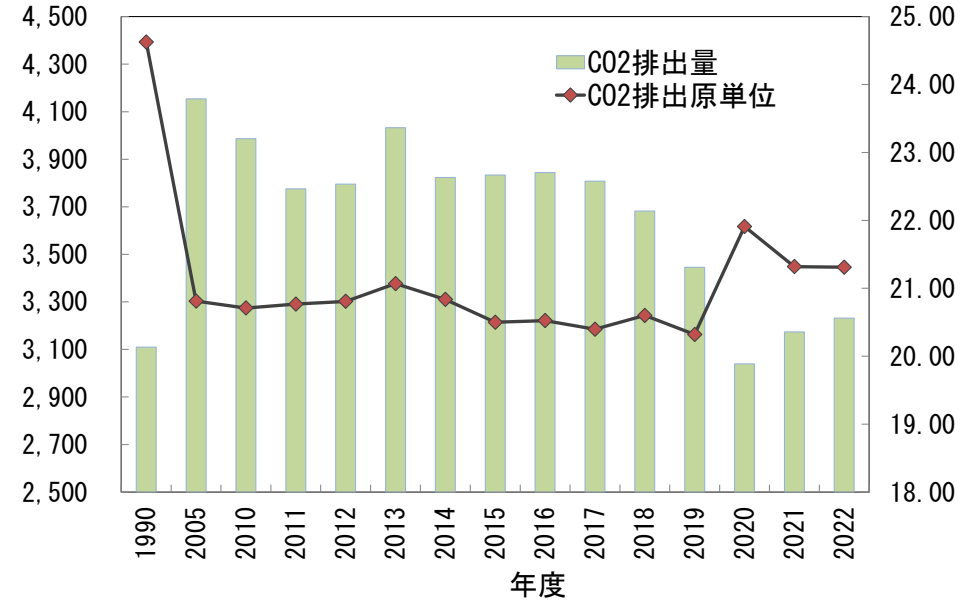
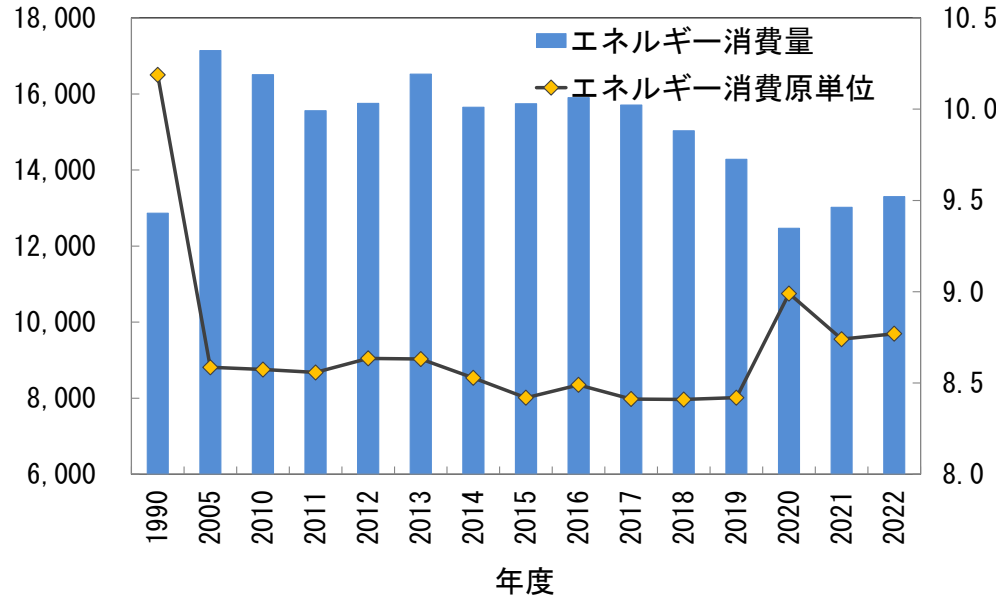
【参考2】エネルギー消費・CO2排出の推移

エネルギー消費量
(千kl-coe)

エネルギー原単位
(kl-coe/千kl)

CO2排出量(万t)

CO2排出原単位
(kg/kl)



【エネルギー消費量】

2021年度 13,020 原油換算千KL
2022年度 13,298 原油換算千KL(+278千KL)

【CO2排出量】

2021年度 3,174 万t-CO2
2022年度 3,232 万t-CO2(+58万t-CO2)

【エネルギー消費原単位】

2021年度 8.74 原油換算KL/千kl
2022年度 8.77 原油換算KL/千kl(0.03ポイント悪化)

【CO2排出原単位】

2021年度 21.32 kg-CO2/KL
2022年度 21.31 kg-CO2/KL(0.01ポイント改善)

※2022年度の()は、2021年度実績との比較

(1) 基準年度(2013年度)からの増減要因

石油需要の減少に伴う生産活動量(換算通油量)の減少や、省エネ対策の効果により、800万t-CO2([2013年度比19.9%](#))減少しています。

(2) 2021年度からの増減要因

コロナ禍からの外需回復等により生産活動量(換算通油量)が増加したことによって、CO2排出量は2021年度から約58万t-CO2(2021年度比+1.8%)増加しました。

		基準年度(2013年度)→ 2022年度変化分		2021年度→ 2022年度変化分	
		万t-CO2	%	万t-CO2	%
事業者 省エネ 努力分	エネルギー原単位の変化による寄与 ・生産時のエネルギー効率の変化 ・省エネ対策の効果	60	1.5%	9.1	0.3%
	省エネ対策の効果(内数)	▲120	▲3.7%	▲11	▲0.3%
燃料転換の変化		33	0.8%	2.8	0.1%
購入電力の変化		▲52	▲1.3%	▲12	▲0.4%
生産活動量の変化		▲841	▲20.9%	58	1.8%
CO2排出量		▲800	▲19.9%	58	1.8%

(注1) 上表はFU調査票で指定されている要因分析表に「省エネ対策の効果(内数)」を追加したものです。

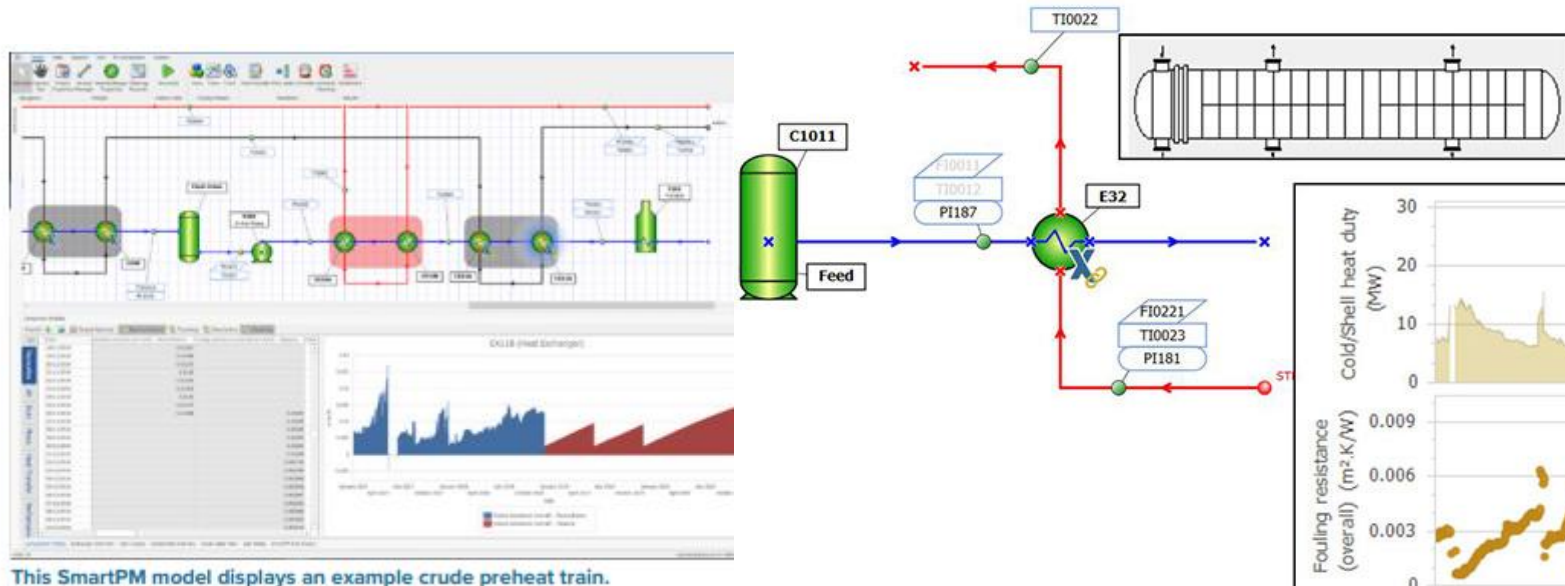
「事業者省エネ努力分」は、エネルギー原単位の変化による寄与を示し、生産時のエネルギー効率の変化や省エネ対策の効果が含まれます。

(注2) 四捨五入の関係で数値が一致しない場合があります。

【参考4】BATの具体的な導入事例(デジタル技術)①

□ 熱交換器管理のDX化※（※Heat Transfer Research, Inc社『HTRI SmartPM™』）

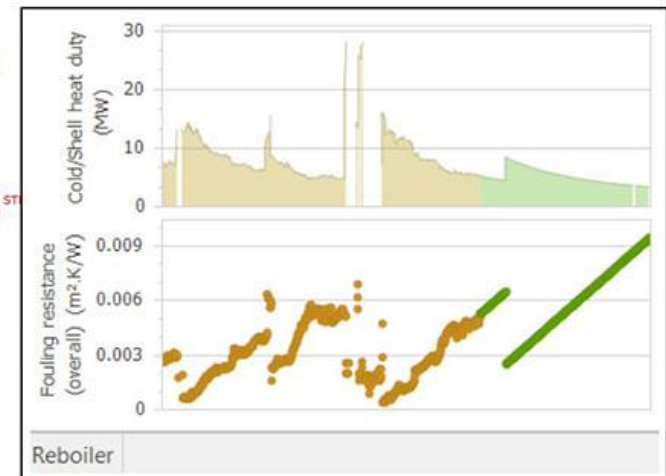
- 製油所では、石油精製工程で発生する廃熱を回収し省エネを図るため熱交換器を多数配置し、熱の有効利用を行っている。
- 熱交換器の維持管理に際し、従前は経験則等を基にメンテナンス(廃熱回収能力低下等に繋がる汚れの洗浄等)をしていたが、近年では、汚れの挙動分析や熱交換器間及び周辺設備への影響評価等にDX技術の活用が進められている。
- SmartPM™では、プロセスフロー図、プラントの運転データ等をもとに熱交換器ネットワークをモデル化することにより、経時変化を伴う運転条件での熱交換器ネットワークの評価(洗浄周期の最適化、熱交換器の運転最適化、汚れ防止剤の評価等)を行うことが可能。



原油余熱交換器ネットワークのフロー(イメージ)

SmartPM™の模式図

© Heat Transfer Research, Inc. Used with permission.



Fouling(汚れ)予測モデルと運転データの推移 (イメージ)

【参考5】BATの具体的な導入事例(熱交換器)②

- ツイストチューブ式熱交換器※の導入（※ヨーク・ヒートトランスファー社『TWISTED TUBE™ 熱交換器』）
 - プレート型熱交換器に加えて近年導入実績が増えてきた製品。チューブ断面が楕円状であるため、チューブ間のピッチを狭くする（三角形状で密に配置する）ことが可能。これにより、従来のシェル&チューブ式熱交換器と比べて設置可能なチューブ本数が45%増となり、伝熱面積も45%増となる。 ※シェル&チューブ式熱交換器はチューブ断面が円であるため、チューブ間のピッチはツイストチューブ式に比べて広い。
 - また、チューブがらせん状であるため、シェルにバッフル（仕切り板）を設置せずとも、チューブごとに、チューブの内外面で旋回流を発生させる（向流状態にする）ことが可能であるため、伝熱効率が向上する。
 - 更に、バッフルフリー構造であるため、シェル側流速が安定。すなわち圧力損失を減少させることが可能。



写真『TWISTED TUBE™ 熱交換器』 ヨーク・ヒートトランスファー社提供

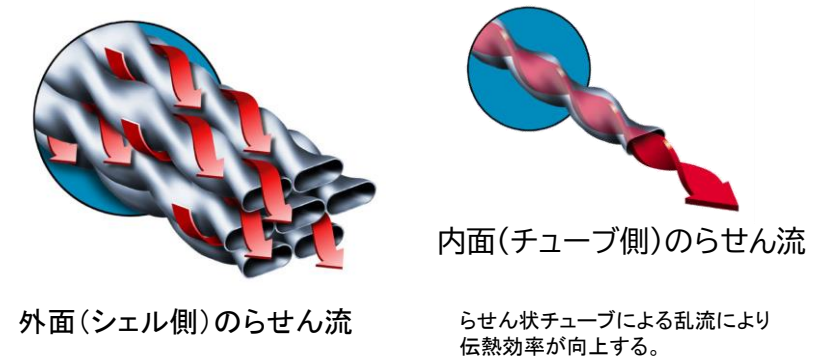


図2 ツイストチューブ内外面のらせん流

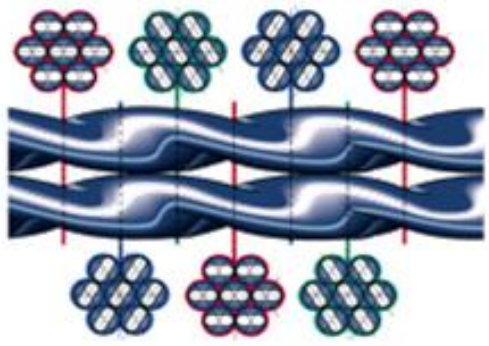


図1 ツイストチューブ式の断面図

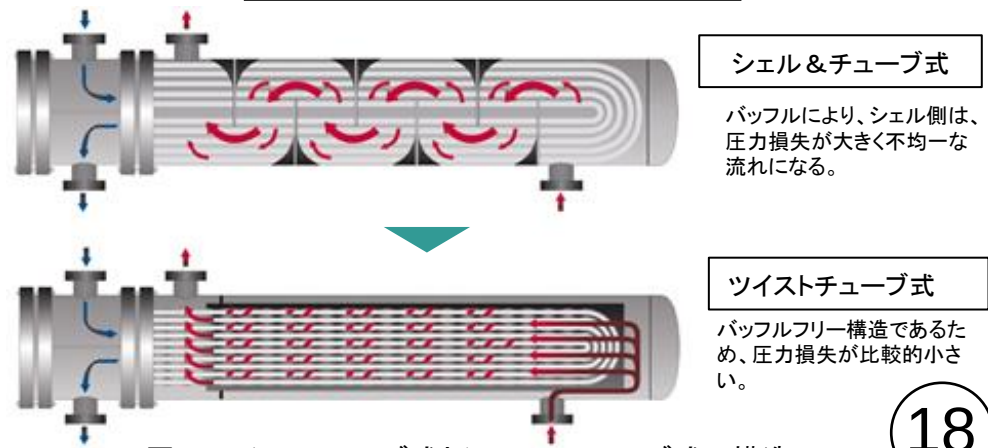
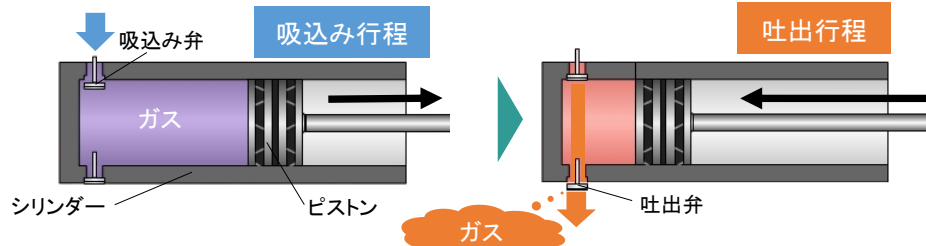


図3 ツイストチューブ式とシェル&チューブ式の構造

【参考6】BATの具体的な導入事例(往復圧縮機)③

□ 往復動圧縮機への無段階容量調整装置※の導入（※ホルビガー社『HydroCOM』（ハイドロコム））

- ピストンの往復運動によるシリンダー内の容積変化によってガスを圧縮する往復動圧縮機は、一般に段階的にしか吐出量の調整を行うことができない。このため、プロセス要求量が刻々と変化する場合においては予め幾ばくかの余剰量も加味して圧縮し、バイパスラインを介して余剰ガスを元のラインに戻す等の措置が必要。
- アクチュエータとアンローダ式吸込み弁で構成される無段階容量調整装置は、一度吸込んだシリンダー内のガスを、ピストンが押し始めても任意のピストン位置に到達するまでアンローダを介して吸込み側に戻す（シリンダー内の容積変化の範囲で無段階に吐出量を調整する）ことが可能。これにより、過剰圧縮とバイパスラインによる余剰ガスの措置が不要となり、その分のエネルギー消費を削減可能。
- ハイドロコムを導入した製油所の省エネ効果量の一例：原油換算約860kL/年（※対策箇所の状況や規模に応じて省エネ効果量は変化する。）



図②-1 往復動圧縮機の原理



図2 無段階容量調整装置の構造

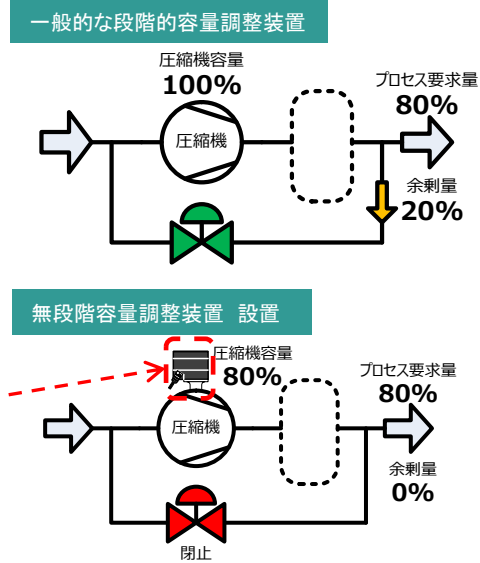


図3 バイパスラインによる余剰ガス調整の例

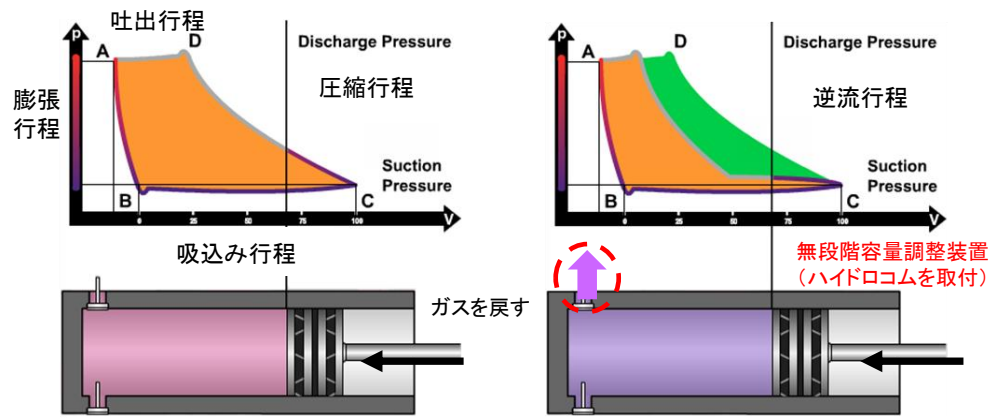


図4 PV線図とピストン位置

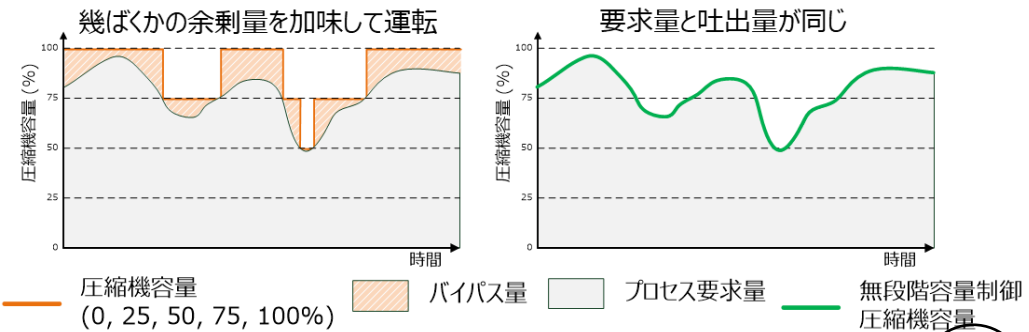


図5 プロセス要求量の変化による圧縮機の吐出容量
（左：一般的な段階的容量調整装置、右：無段階容量調整装置有）