

2021年8月3日
CCUS早期社会実装会議

資料 1 - 1 - 1

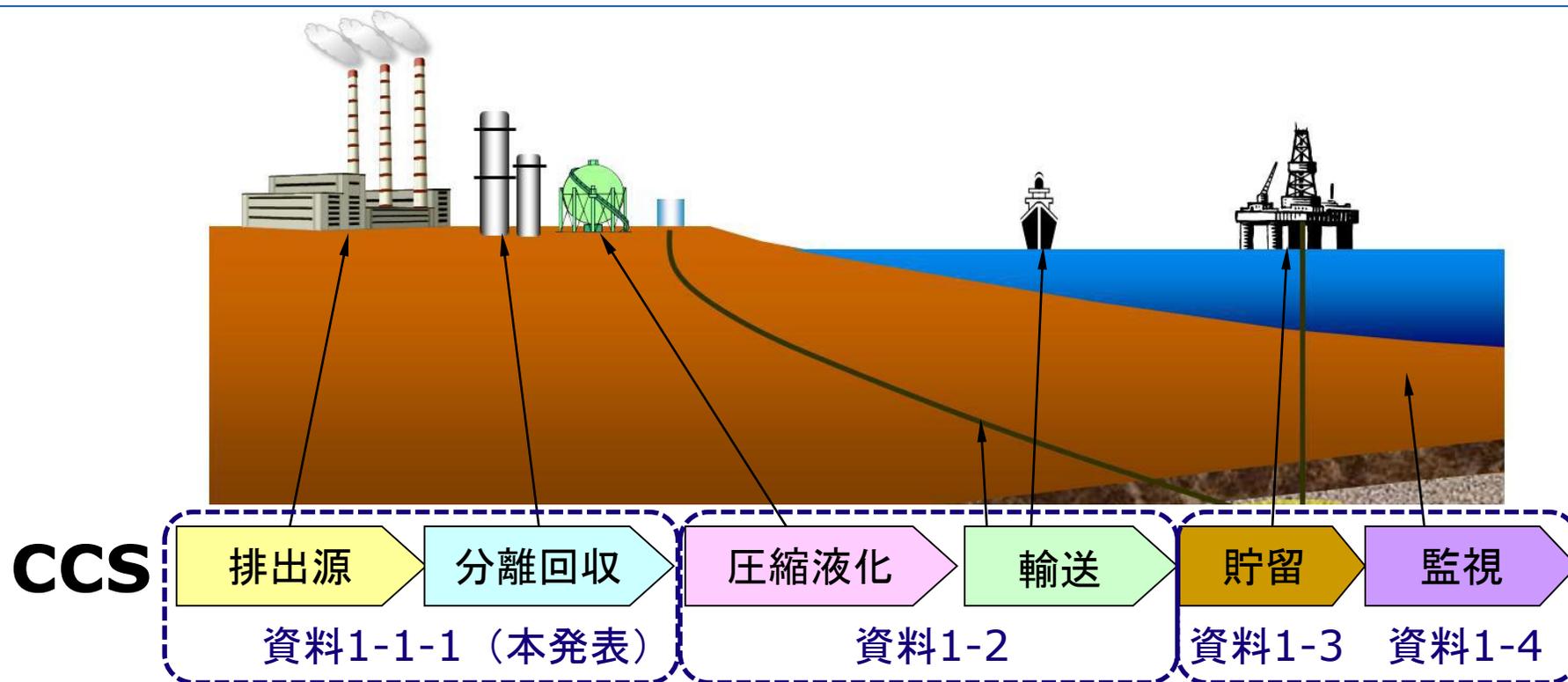


環境配慮型CCS実証事業 — 分離回収技術について —

東芝エネルギーシステムズ株式会社、みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

全体概要

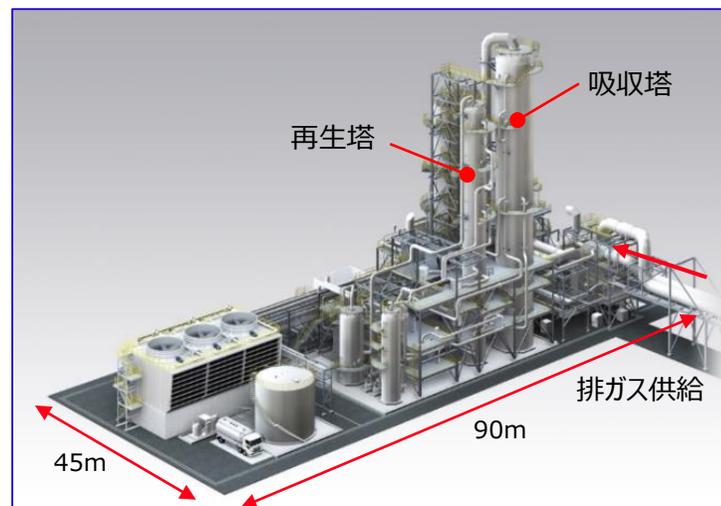
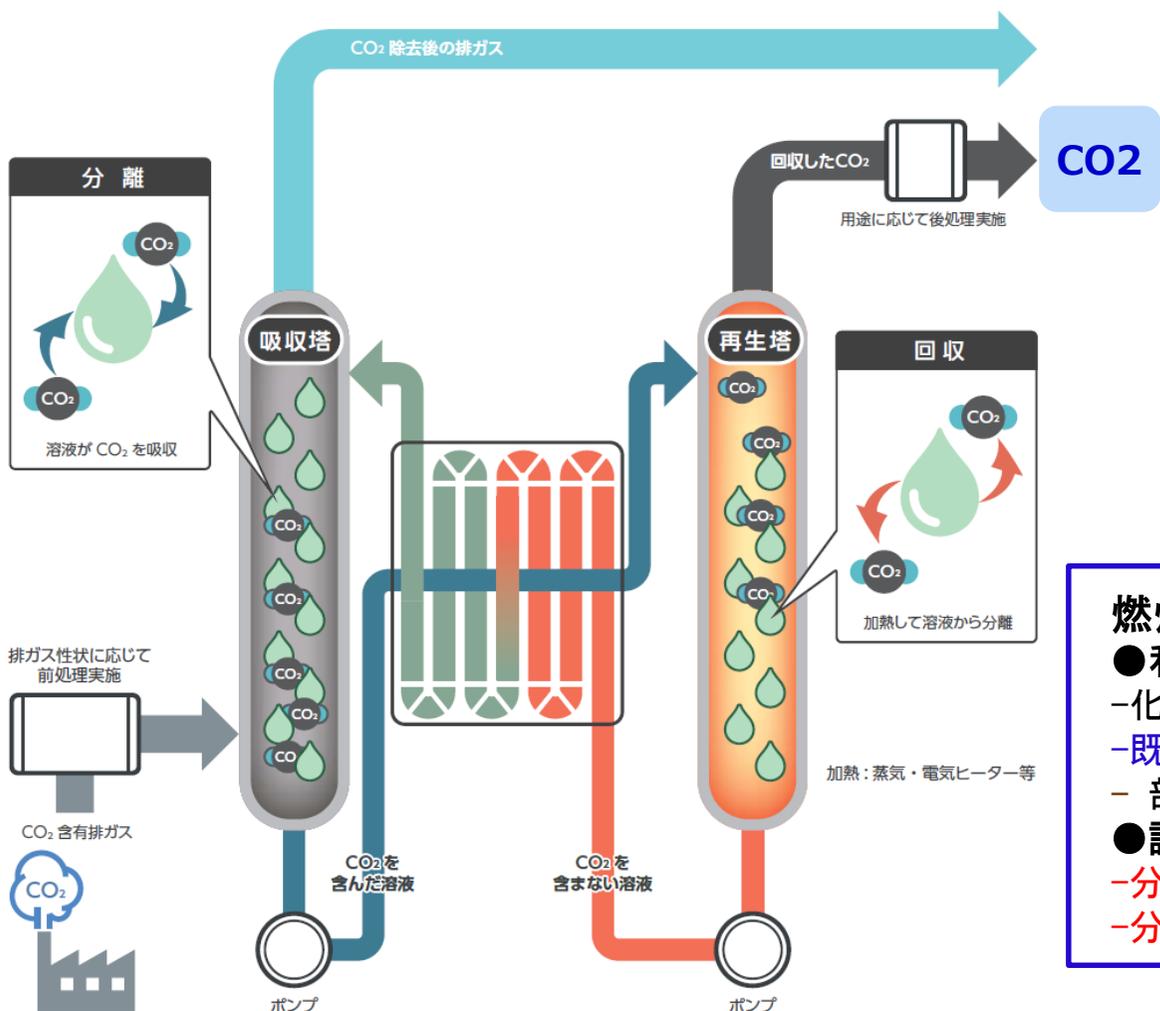
- 環境省事業（本事業）では、将来のCCS一貫実証を想定している。
- 分離回収・輸送・貯留に分けて検討をしており、分離回収については技術実証を行う。



- 火力発電所との運転連携、系統変動への対応等について、情報が広く公開されていない。
- 火力発電所とのインテグレーションがされていない。
- 福岡県大牟田市の三川火力発電所で火力発電所+CO2分離回収の実証を行う。

実証設備概要・仕様（1）

- 大牟田市の三川火力発電所に、燃焼後回収方式のCO₂分離回収実証設備を建設。
- CO₂分離回収技術には化学吸収法（アミン吸収法）を採用。



燃焼後回収方式

●利点

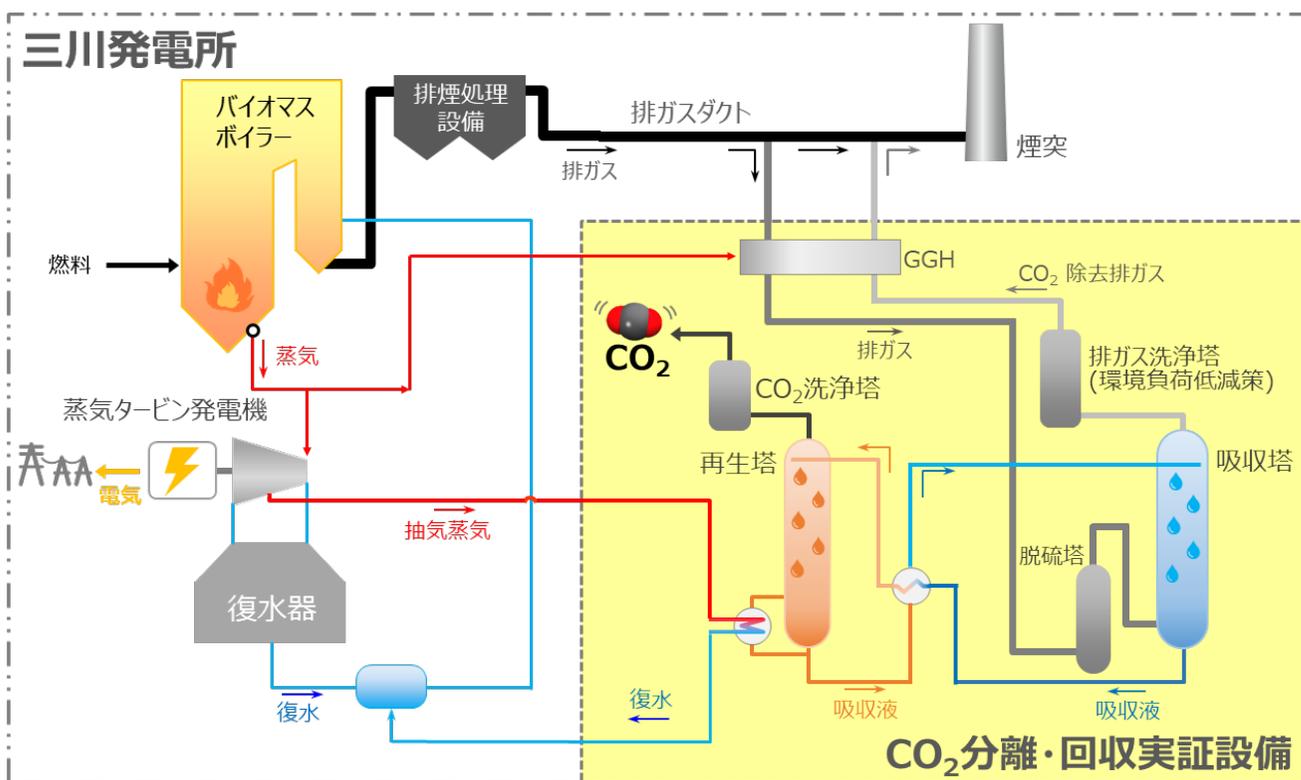
- 化学吸収法のプロセスそのものは化学業界で**確立**
- **既設火力、産業分野の排出等**にも応用可能
- 部分回収が可能

●課題

- **分離回収エネルギー**
- **分離回収設備コスト**（大型化）

実証設備概要・仕様（2）

- 実証設備は、定格運転時に発生する **日量約1,000トンのCO₂の50%以上を分離回収**する設備。
- アミン吸収液からCO₂を分離するのに必要となるエネルギー源には、蒸気タービンからの抽気蒸気を用いており、火力発電所と統合した設備。幅広い排ガスのCO₂濃度に対応可能。
- 回収されたCO₂が貯留されれば、**世界初のBECCS（Bio-Energy with CCS）**となる見込み。
- 実証運転期間は、2020年11月から2021年3月。途中、発電所の停止に併せて回収を停止。

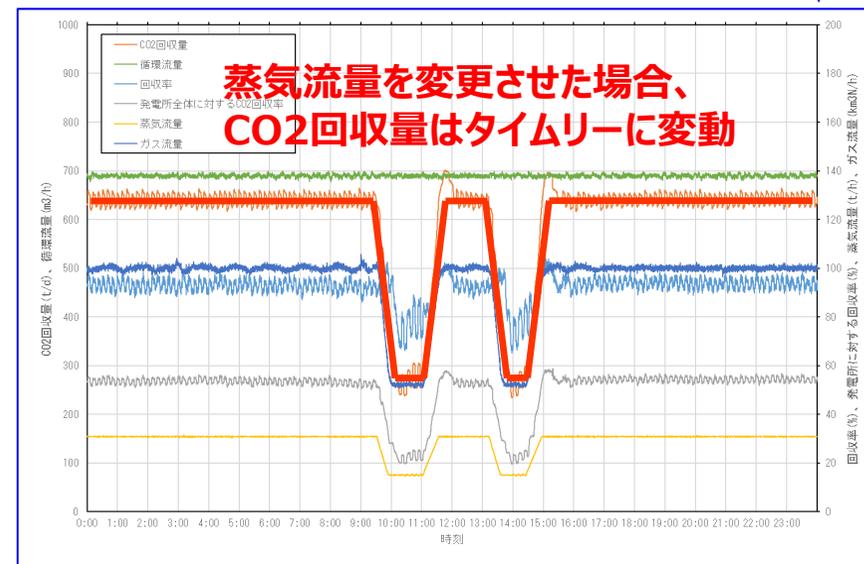
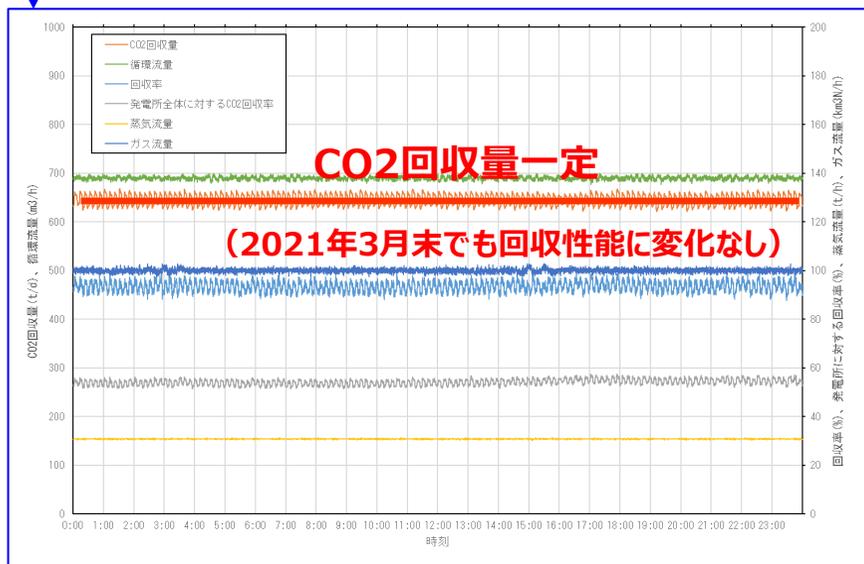


実証運転の結果（１）

実施項目	成果
インターロック確認試験	正しくインターロックが作動し安全なプラント運転が可能であることを確認した。
回収性能確認試験	回収量：600トン/日以上かつ回収率：90%以上の性能を満足していることを確認した。（実績：645トン/日、93.4%）
最小流量試験	設計最小点である蒸気・排ガス・吸収液流量50%における回収量、回収率を確認した。（実績：320トン/日、90.4%）
最大回収量試験	設計最大点である蒸気流量130%における実証設備の性能を確認した。（実績：696トン/日、99.7%）
連動性確認試験	蒸気・排ガス流量の増減運転により実証設備が問題なく運転出来ること、上記流量変動後の保持時間を短くしても実証設備および発電所が問題なく運転を継続したことを確認した。
CO2回収性能確認試験	蒸気流量のみを減少、吸収塔または再生塔への吸収液供給段を変更させ、各運転状況における回収量、回収率を把握した。
緊急停止試験	発電所に大きな影響を与えることなく、実証設備が安全に停止する手法を確立した。
アミン放散抑制試験 （環境負荷低減策）	排ガス中に同伴して大気へ放出されるアミンの量を測定した。洗浄塔稼働によりアミン種の放散量が減少することがわかった。

実証運転の結果（2）

条件	排ガス供給流量 (%)	吸収液循環量 (%)	供給蒸気量 (%)	発電端出力 (%)	CO2回収量 (t/日)	CO2回収率 (%)
①プラント変動試験	50→70→50	50→70→50	50→70→50	100	319→451→319	93.1→92.0→92.9
②連動性確認試験	100→50→100 0→50→100	100	100→50→100 →50→100	100	461 (1日の平均値)	87.6 (1日の平均値)
③定格運転	100	100	100	100	645	93.4
④循環流量変動試験	100	90→80→70	100	100	624→587→567	91.0→85.7→82.9
⑤最大流量試験	100	110	130	100	696	99.7
⑥-1蒸気流量変化試験	100	100	90→80→70	100	607→563→486	87.9→81.8→70.7
⑥-2蒸気流量変化試験	90→80→70	90→80→70	90→80→70	100	587→525→463	93.2→94.4→93.5



回収したCO2の分析結果（1）

食品添加用項目	実測値	単位	判定基準	判定
遊離酸※	標準より赤みが薄い	-	標準の呈色液より赤みが薄いこと	○
リン化水素、硫化水素および還元性有機物※	呈色せず	-	褐色を呈さないこと	○
二酸化硫黄	0.5未満	Vol-ppm	4.48以下	○
三酸化二砒素	0.5未満	μg/m ³	2以下	○
鉛	1未満	μg/m ³	200以下	○
水銀	1未満	μg/m ³	200以下	○
ベンゾ[a]ピレン濃度	0.1未満	μg/m ³	0.1以下	○

ダイオキシン類	実測値	単位	判定基準	判定
(PCDDs、PCDFs、DL-PCBsなどで約40項目)	Totalで0.1以下	ng/m ³	-	-

回収したCO2の分析結果（2） & コスト評価結果

重金属	実測値	単位
マグネシウム濃度	1.6	μg/m ³
カルシウム濃度	15	μg/m ³
鉄濃度	5.7	μg/m ³
ニッケル濃度	0.8	μg/m ³
亜鉛濃度	4.2	μg/m ³
クロム濃度	0.5	μg/m ³
マンガン濃度	0.9未満	μg/m ³
ナトリウム濃度	12	μg/m ³
硫黄濃度	6.5	μg/m ³
ストロンチウム濃度	0.1未満	μg/m ³

重金属	実測値	単位
銅濃度	9.9	μg/m ³
バリウム濃度	0.1未満	μg/m ³
鉛濃度	0.2	μg/m ³
カドミウム濃度	0.1未満	μg/m ³
セレン濃度	0.1未満	μg/m ³
珪素濃度	23	μg/m ³
ホウ素濃度	1未満	μg/m ³
砒素濃度	0.3未満	μg/m ³
アンチモン濃度	0.3未満	μg/m ³
ガス状水銀濃度	0.1未満	μg/m ³

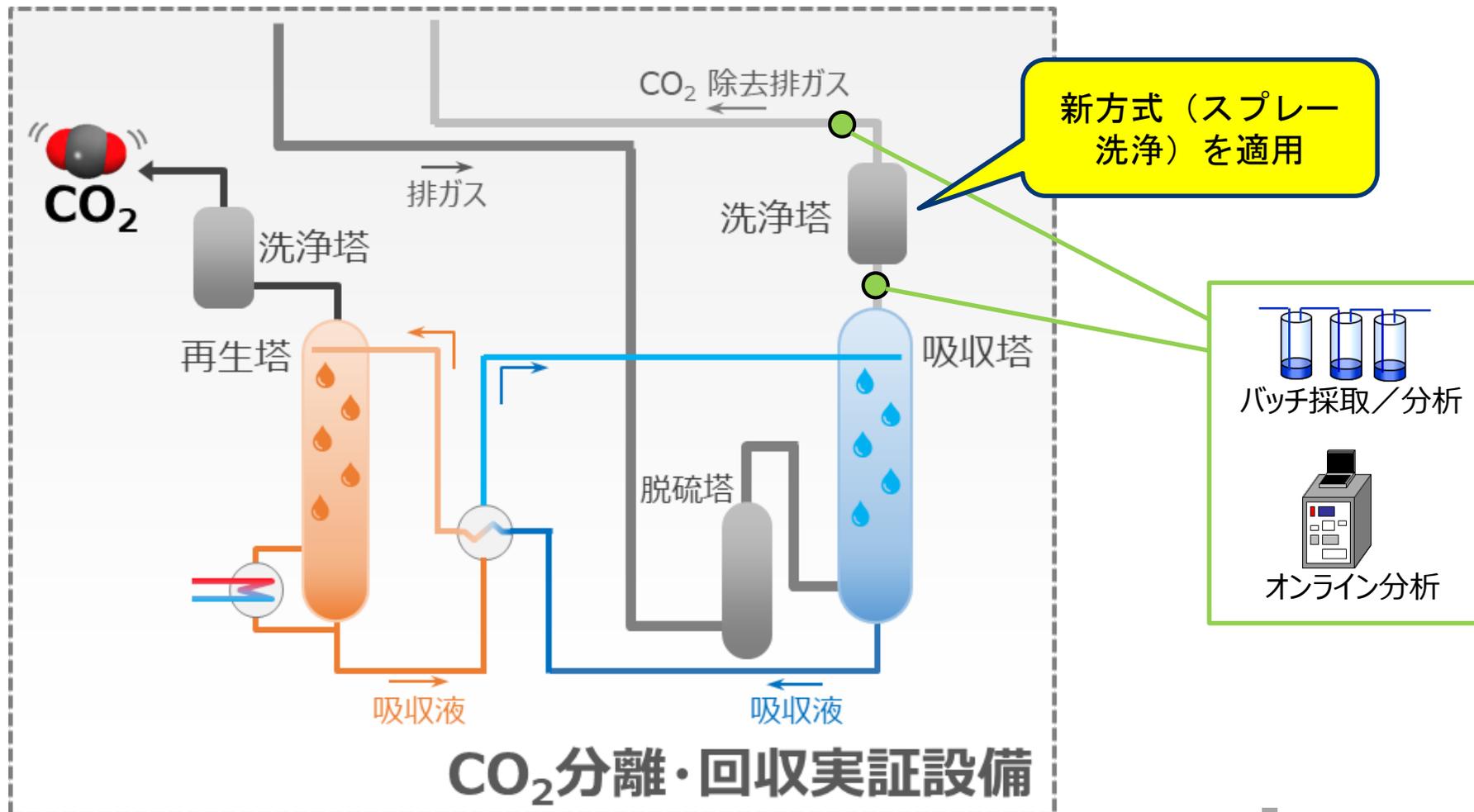
■ コスト評価の前提

- ・ 土地代および整地コストを除く
- ・ 燃料は原価として計算する
- ・ 発電所運転員による運転を前提とする
- ・ 償却年数25年、年間稼働日数は320日とする

CO2回収コスト（円/トン） : 5200円/トン

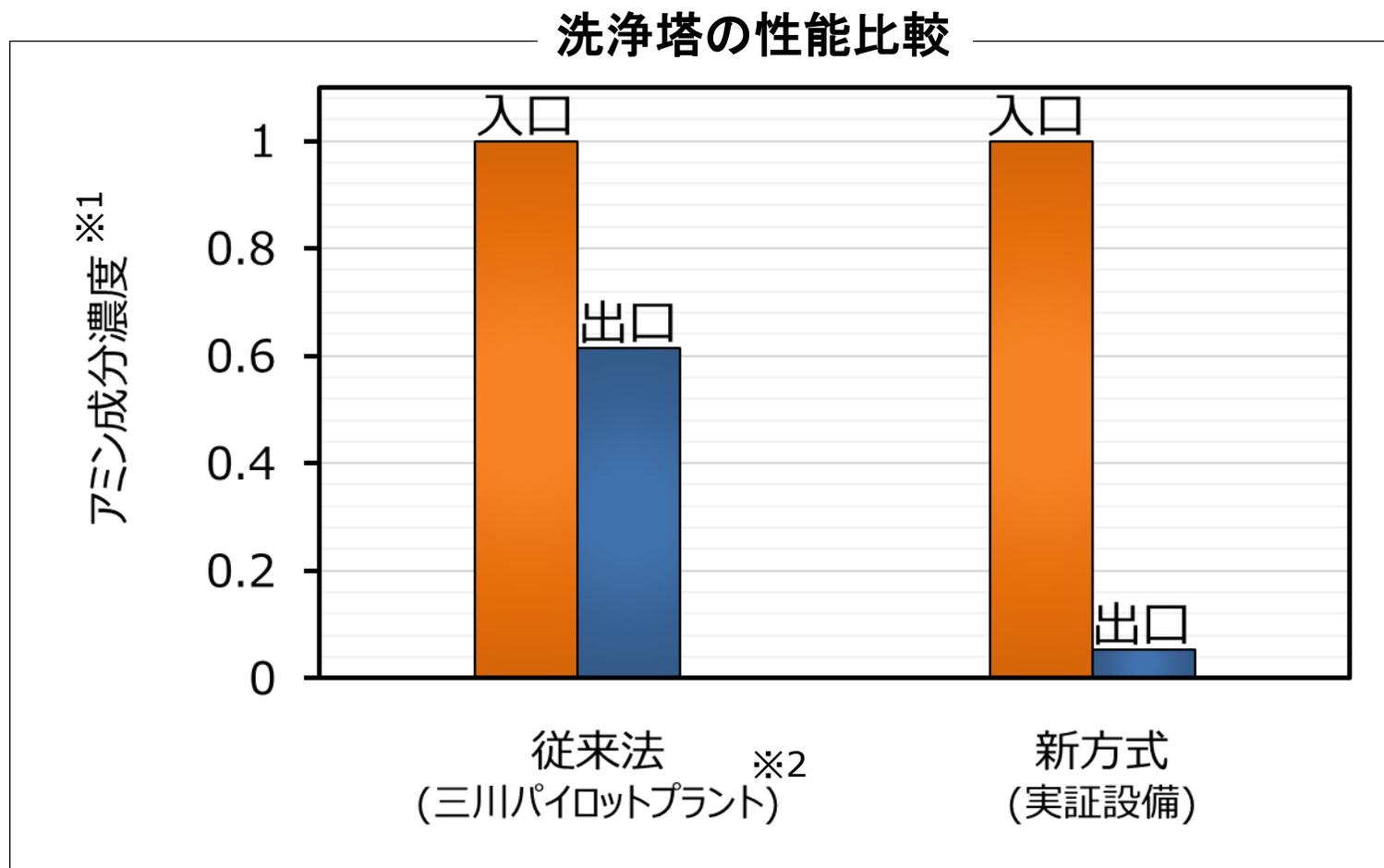
環境負荷低減策（1）

- CO₂分離回収実証設備から排ガス中に同伴して大気へ放出されるアミン成分濃度を測定した。
- 測定は洗浄塔前後において実施。



環境負荷低減策（2）

- 新方式の採用により、大気へ放出されるアミン成分濃度が従来法に比べて大幅に低減することが確認できた。



※1 洗浄塔入口のアミン成分濃度を1として規格化

※2 東芝エネルギーシステムズ保有

環境リスク評価（1）

- CO2分離回収設備から排出される排ガス中の化学物質を対象に環境リスク評価を実施。
- 令和2年度事業では、パイロットプラントを対象とした環境リスク評価方法及び結果を踏まえて実証プラントを対象とした環境リスク評価方法を実施。
- ヒト健康及び水生生物に対して「影響が懸念されないことを確認」

平成28年度
～平成29年度

【パイロットプラント】:「MEA※¹溶液」を用いた環境リスク評価の実施

「MEA及び副生成物質(計13物質)」について
ヒト健康及び水生生物に対して「影響が懸念されないことを確認」

平成30年度
～平成31年度

- ✓ 実証プラント(パイロットプラントの約50倍規模)の環境リスク評価方法の検討
- ✓ 環境中濃度予測モデルの開発／精度検証、環境モニタリング計画策定
- ✓ ニトロソアミン類に着目した環境リスク評価方法の構築

令和2年度

【実証プラント】:「TS-1※²」を用いた環境リスク評価の実施

「TS-1及び副生成物質」について
ヒト健康及び水生生物に対して「影響が懸念されないことを確認」

※1 : MEA(2-aminoethanol)

※2 : Toshiba solvent-1

環境リスク評価（2）

- 環境リスク評価は、1) CO2吸収液の成分及び副生成物質の同定・定量、2) 有害性評価、3) 曝露評価、4) 影響が懸念されないことを確認、の手順で実施。
- 環境中濃度予測モデルの推計結果だけでなく、プラント周辺で実施した環境モニタリングで得た実測値を用いて「影響が懸念されないこと」を確認。

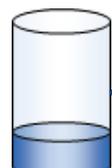
排出物質の同定・定量

排ガス（排ガス溶液）を用いて、

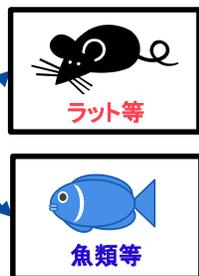
- ・ CO2吸収液の成分 : 成分全てについて定量
- ・ 副生成物質 : 「過去の試験データ」などを基に同定・定量

有害性評価

個別物質ごとの毒性値を用いた評価



排ガス溶液



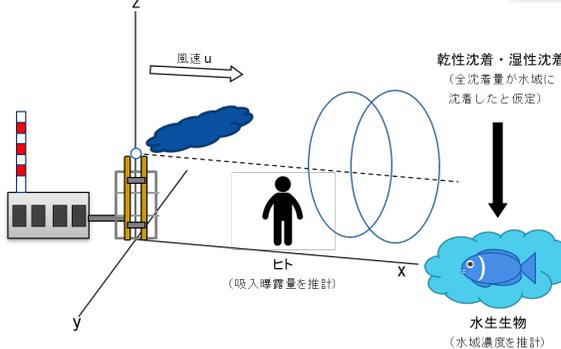
ラット等

魚类等

排ガス中の化学物質についてヒト及び水生生物に対する毒性情報を取得

曝露評価

- ・ 排出源近傍に係るプルームモデル／沈着量推計式を用いた推計（大気／水域）
- ・ 環境モニタリングを用いた評価



環境モニタリング（大気／水域）の実施により実測値を用いて「影響が懸念されないこと」を確認



影響が懸念されないことを確認

回収したCO2の利用調査

【目的】

- 三川発電所の**バイオマス由来の排ガス**から回収したCO2の有効利用を目的として、CO2利用・分離回収・供給に係る現状や技術、事例などを整理し、九州地域でのCO2利用モデルケースの検討を行った。

【結果概要】

- 飲料、農業、化学産業での利用の3ケースを選定して、文献調査や関連するステークホルダーへのヒアリングを通じ、意義や特徴、課題を以下のとおり整理した。

モデルケース	意義・特徴	課題
飲料利用	<ul style="list-style-type: none">• 飲料メーカーのCO2排出（特にScope1,3）削減に貢献• CO2需要量は1工場当たり年間1千t程度	<ul style="list-style-type: none">• 臭気・コストの確認・検証 （許容可能なコストでの国の規格基準および社内基準の適合性の確認）
農業利用	<ul style="list-style-type: none">• 佐賀市の取組みで、植物工場でパイプラインによるCO2施用等による増産効果。 温室へのボンベ輸送によるCO2施用の取組みも進展	<ul style="list-style-type: none">• CO2施用量・コストと増産効果の最適なバランスの探求
化学産業での利用 （メタノール製造）	<ul style="list-style-type: none">• グリーンメタノールの製造• 回収CO2を原料としたメタノール製造技術の確立	<ul style="list-style-type: none">• 触媒技術の検証・確立• 水電解による水素製造コストの低減

今後の展望

■今後の展望

- 更なる長期運転実証を行うことによって、火力発電所へ与える影響や負荷追従性の検証、運転及びメンテナンスのコスト評価の信頼性を高めることができる。また、既存設備を用いて、CO2回収量のみを最大限向上させた場合の経済性評価を行う。
- アミン放散の季節変動把握、大気中濃度及び水域濃度の推計精度の検証においても、長期運転実証を行うことが早期社会実装に向けて有益である。

■課題

- 分離回収設備の活用
- 回収したCO2の有効利用