

目次

第2章 年間約10万トン規模でのCO ₂ 分離・回収設備	2-1
2.1 D1-1基地(供給設備)の保全点検	2-2
2.1.1 D1-1基地設備の点検保全業務	2-2
2.1.2 DCS更新業務	2-4
2.2 D1-2/D0基地(分離、回収、圧入設備)の日常保全および定期保全	2-5
2.2.1 保全業務内容	2-6
2.2.2 保全業務体制	2-6
2.2.3 日常保全業務結果	2-7
2.2.4 定期保全業務(SDM)結果	2-7
2.2.5 点検対応補修業務結果	2-11
2.2.6 設備休止対応	2-12
2.2.7 設備機能改善工事	2-13
2.2.8 係員による停止設備管理と保全	2-17
2.2.9 総合的な点検補修	2-17
2.3 安全・環境管理	2-17
2.3.1 保安管理・労働安全衛生管理体制	2-18
2.3.2 環境管理	2-22
2.4 CCSコストの推算	2-23
2.5 設備の信頼性検討	2-24
2.5.1 アミン腐食対策の検証	2-24
2.6 まとめ	2-30
2.6.1 成果	2-30
2.6.2 今後の課題	2-31

第2章 年間約10万トン規模でのCO₂分離・回収設備

苫小牧 CCS 実証試験センター（以下、「当センター」と称する。）の設備は、CO₂含有ガスの供給を行う D1-1 基地、および CO₂含有ガスから CO₂を分離・回収し、その CO₂を圧入する D1-2/D0 基地の 2 つから構成されている（図 2-1）。

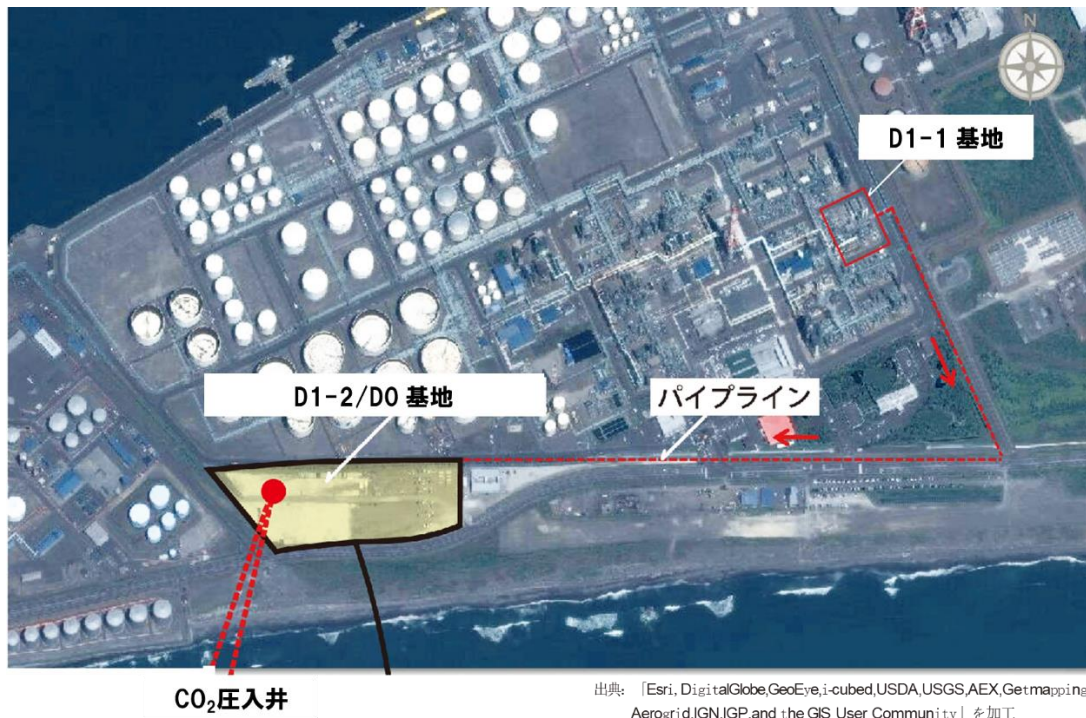


図 2-1 D1-1 基地および D1-2/D0 基地位置図

2019 年 11 月 22 日の CO₂ ガス圧入量の目標達成以来、当センターの設備は休止中である。休止中も将来的な利活用に向けた各種保全業務、および耐久性、安全性、操作性等高めるための機能改善工事を行った。以下に 2023 年度に実施した業務の概要を記す。

1) 設備運転および性能検証（供給設備の運転検証）；D1-1 基地

今後の利活用に向け、CO₂ 含有ガス供給設備とその関連設備の点検保全業務を遂行した。また、ベンダー（プラント建設における工事業者、メーカーの総称）の保守期間終了を迎える D1-1 基地の DCS（Distributed Control System）機器の更新作業を行った。

2) 日常保全および定期保全；D1-2/D0 基地

休止中の設備の維持管理として日常保全および定期保全、点検対応補修、設備機能改善工事等を計画的に実施した。設備機能改善工事では、塩害による外面腐食対応として、特別高圧受電設備の変圧器更新工事を行った。さらに、2022 年度に実施した計装機器の機能点検や塩害劣化点検の結果を基に、計装機器の補修を実施し

た。

3) 安全・環境管理

設備の保安管理、労働災害の未然防止、健康の保持増進、快適な職場環境の醸成、関係法令等コンプライアンスの励行、および安全衛生水準の向上への努力を目標に、さまざまな管理活動（保安・安全管理活動および環境管理活動）を実施した。

4) CCSコストの推算

2021年度および2022年度に検討した実績データに基づき、部分負荷運転時、起動移行・停止移行運転時、および低CO₂回収率運転時におけるエネルギー効率改善についての検討結果を総合し、将来の実機運転再開時の対応を検討するとともに、エネルギー効率改善の目標値について考察した。

5) 設備の信頼性検討

苫小牧実証設備のテスト稼働および再稼働運転を想定し、実機腐食試験スケジュールを検討した。

2.1 D1-1 基地（供給設備）の保全点検

2.1.1 D1-1 基地設備の点検保全業務

D1-1基地のCO₂含有ガス供給設備とその関連設備については、CO₂含有ガス供給終了後も、今後の利活用に向けて設備機能の維持管理に必要な点検保全を行っている。2023年度も年間を通じて点検作業を行ったが、大きな不具合箇所は発見されず、設備が健全に維持されていることを確認した。よって、今後設備の再稼働を決定した際には、問題なく再起動・再運転が可能であると考えられる。

また、適宜、除雪等の保全業務を行った。除雪作業の様子を図2.1-1から図2.1-4に示す。



図 2.1-1 除雪作業状況 その1



図 2.1-2 除雪作業状況 その2



図 2.1-3 除雪作業状況 その3



図 2.1-4 除雪作業状況 その4

2.1.2 DCS 更新業務

D1-1 基地関係の現行 DCS 機器のベンダー保守期間が終了したため、機器の更新を進めている。2023 年度は現場への DCS 装置の設置と、ベンダーの作成した各種書類（分電盤改造図、DCS I/O アサインメント、ループ図、施工要領書等）の点検確認を行った。作動確認は 2024 年度に行い、全工事を完了する予定である（図 2.1-5）。

	2022年度				2023年度				2024年度		
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q
工事発注	★										
ハード	設計		製作								
ソフト	設計		製作								
納入					★						
事前工事					事前工事	システム立上げ	検査・システム修正				
更新工事									切替工事		
検収							工事に向けた 検討・準備			装置立上げ	★

図 2.1-5 DCS 更新工事工程

更新した DCS 装置の外観を図 2.1-6 および図 2.1-7 に示す。



図 2.1-6 現場に設置された更新 DCS 装置外観



図 2.1-7 現場に設置された更新 DCS 装置内部の様子

2.2 D1-2/D0 基地（分離、回収、圧入設備）の日常保全および定期保全

D1-2/D0 基地においても、D1-1 基地と同様、CO₂ 圧入終了後も今後の利活用に向けて、設備機能の維持管理に必要な点検保全を行っている。下記に 2023 年度の日常保全業務およ

び定期保全業務（Shut Down Maintenance。以下、「SDM」と称する。）、ならびに点検対応補修業務について記述する。

2.2.1 保全業務内容

当センターで実施している4種の保全業務の定義を以下に記す。

(1) 日常保全業

計画に基づく日常的な点検・保全作業、および現場巡回において当社社員が確認した設備等の不具合や故障・作動不良に対する保全作業。

(2) 定期保全業務（SDM）

毎年設備を停止して実施する点検検査および保全作業。法定点検検査項目の実施は必須で、加えてベンダーと協議のうえ設定した点検検査項目も実施される。

(3) 突発補修業務

現場巡回で当社社員が確認した設備等の不具合や故障・作動不良の保全作業を行う上で、通常必要な作業要員や資機材等を超える動員が必要となる補修業務。またはSDMにおいて当初予定を超える要員や資機材等の動員が必要で、事前に当社の検討の上で実施する補修業務。

(4) 機能改善工事

長期停止中の設備維持管理工事や再稼働に向けた設備機能の改善工事。

2.2.2 保全業務体制

当センターでは設備管理グループが保全業務を担当しており、グループ長を含めて11名体制となっている。D1-1基地においては、保全業務請負者が、所長1名および技術員2名の計3名常駐体制で日常保全業務を実施している。

SDMは、工事量が膨大で、業種が多岐にわたることから保全事務所の一部を業者作業員詰所として活用し、請負者を統括管理者とした体制で実施した。点検対応補修工事に対しては、発生の都度対応できる体制を編成した。

なお、日常保全業務では、JCCSが工事指図書（小補修作業を含む点検対応工事用）を請負者に発行して保全業務を行い、SDMでは、あらかじめJCCSが工事仕様書を作成し、請負者に提示して作業内容を確定して実施した。

2.2.3 日常保全業務結果

(1) 工事指図書

2023年度の工事指図書発行数は合計25件で、その内訳は計装設備の劣化損傷対応工事が8件（蒸気配管減温器調節弁不具合補修、圧力伝送器他計装機器交換、調節弁付帯空気配管部品漏れ交換補修等）、機器の腐食損傷対応工事が6件（循環冷却塔ファンバイブレーションスイッチ端子箱交換、窒素設備温度制御盤箱雨水侵入対策補修等）、電気設備の劣化損傷対応工事が4件（電気トレース補修工事、入退出管理設備点検補修工事等）、静機器関係工事が2件（アミン原液受け入れ・払い出し配管ドレン弁整備等）、その他の工事は5件（各スピルウォール排水溝にストレーナー製作設置等）であった。

(2) 日常保全作業員による工事

D1-1 基地では、請負者により日常保全作業員2名で下記の作業を実施した。

消火器格納箱の架台製作および交換、放流口点検通路および圧入井エリアの草刈り作業、倉庫保管中の高圧電動機ターニング作業、圧縮機ローター保圧管理作業、発錆の激しい架構や配管等のケレン・塗装、不具合バルブ等の整備、構内縁石除雪目印ポールの設置・撤去作業等。

2.2.4 定期保全業務（SDM）結果

(1) 定期保全業務（SDM）工程

当センターのSDMは、通常、CO₂含有ガスを供給している出光興産(株)北海道製油所（以下、「製油所」と称する。）の停電工事の時期に合わせて実施される。しかしながら、2023年度は製油所の停電作業が実施されなかったため、当センターのSDMは、2023年6月20日から11月30日までの期間にわたって工事を平準化して実施した。

SDM着工前の6月15日に安全事前評価委員会を開催し、工事体制・工程等における作業安全性の確保、新型コロナウイルス感染防止対策、熱中症予防対策等の的確な遂行等を確認・評価した。

(2) 法定点検検査業務結果

2023年度のSDMにおける法定点検検査対象施設は窒素製造設備だけであり、その関連法である高圧ガス保安法に基づいて業務を実施した。不活性ガスである窒素製造設備の保安検査は1回/3年のため、2023年度は自主検査を実施した。自主検査記録は次期保安検査受審時に提出する予定である。なお、その他の高圧ガス保安法対象設備の保安検査、労働安全衛生法に基づく第1種圧力容器検査、および低圧ボイラー設備検査、ならびに電気事業

法に基づく高圧ボイラー検査は、対象施設が休止中であるため実施を要しなかった。

① 高圧ガス保安法に基づく法定自主検査

窒素製造設備検査の実施状況を図 2.2-1 に示す。



ホルダー清掃&塗装

フレキホース耐圧試験

不同沈下測定

図 2.2-1 窒素製造設備自主検査

② 労働安全衛生法に基づく法定点検検査

第1種圧力容器検査および低圧ボイラー設備検査については設備休止届を提出しており、保安点検が免除中のため対象外であった。

③ 高圧ボイラー法定点検検査

高圧ボイラー設備は設備休止中のため、法定点検検査は対象外であった。

④ 改正フロン排出抑制法定期点検検査

専門業者により、管理表を作成して管理棟空調室外機の法定点検（1回/年）を実施した。実施状況を図 2.2-2 に示す。



室外機点検準備

点検カバー開放

ガス圧測定

室内機漏洩検査

図 2.2-2 管理棟空調室外機の法定点検

(3) 定期点検およびペンダー推奨点検整備検査業務

（実施期間：2024年6月27日～11月30日）

2023年度の定期点検およびベンダー推奨点検整備検査は、地震計、計装空気設備、DCS設備、高圧電気設備、直流電源装置設備、監視カメラ、放送設備およびガス検知器の点検検査、防火設備点検、計装設備定期点検等であった。点検の結果、各設備に異常は認められなかったが、無停電電源装置および直流電源装置用蓄電池が期待寿命年数に到達しており、ベンダーから更新の検討を推奨されたので、2024年度以降の更新を計画している。

実施状況の一部を図 2.2-3 (1)～(9)に示す。



点検前表示データ 地震計設置位置表示 3基取外し点検検査 1基ごとに性能検査

図 2.2-3 (1) 地震計定期点検



湿器点検中

三方弁分解整備

点検交換用資材

吸着材試料採取



計装空気圧縮機点検

潤滑油更油

吸込みフィルター交換

試運転用消音機取付け

図 2.2-3 (2) 計装空気圧縮機点検整備



インターフェース点検 機器取外し清掃整備 制御機器点検

図 2.2-3 (3) DCS 設備点検整備



分電盤点検 電気設備点検作業 盤内端子点検

図 2.2-3 (4) 高圧電気設備点検検査



直流電源装置の点検 同左 無停電電源装置の点検 バッテリー点検

図 2.2-3 (5) 無停電設備点検検査



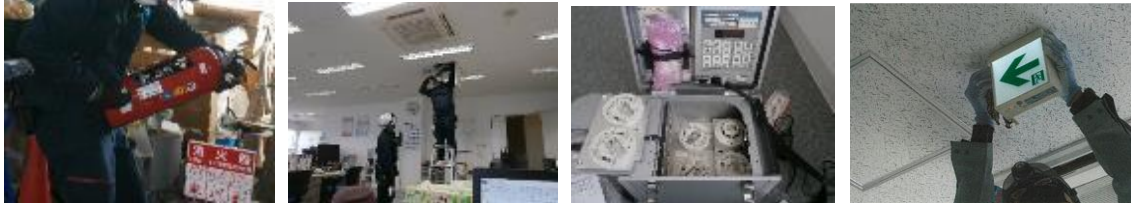
高所作業車で点検整備 同左 スピーカー点検作業

図 2.2-3 (6) 監視カメラ／放送設備点検検査



標準ガスを検知器センサーに吹きかけ、所定濃度で警報が出ることを確認

図 2.2-3 (7) ガス検知器点検整備



消火器点検

煙検知器点検

センサー点検用機器

誘導灯点検

図 2.2-3 (8) 防消火設備点検



差圧・圧力伝送器点検

自力式弁分解点検

圧力スイッチ点検

液面スイッチ点検

図 2.2-3 (9) 計装設備定期点検

2.2.5 点検対応補修業務結果

2023年度の主な点検対応補修は、蒸気配管減温器調節弁不具合補修、循環冷却塔ファンバイブレーションスイッチ端子箱交換、電気トレース補修工事であった。上述のとおり、点検対応補修に対しても、工事指図書を発行して対応した（2.2.3項（1）参照）。その実施状況の一部を図 2.2-4 (1)～(3)に示す。



計装空気レギュレーター取付け金具腐食折損

取付け金具製作取付

図 2.2-4 (1) 蒸気配管減温器調節弁不具合補修



腐食開口した端子箱

健全性確認

端子箱交換（後）

図 2.2-4 (2) 循環冷却塔ファンバイブレーションスイッチ端子箱交換



保温解体

絶縁不良部確認

電気トレース交換

保温板金復旧

図 2.2-4 (3) 電気トレース補修

2.2.6 設備休止対応

将来の利活用に備えて、地上設備は休止状態のままで維持管理している。

(1) 窒素封入管理

プロセス系統および水・蒸気系統について、0.02 MPaG まで窒素昇圧を行い、封入管理を実施した。なお、封入圧力は 0.02 MPaG になるように日常点検により確認し、圧力の低

下が確認された場合は窒素を充填した。

(2) ポンプ、タービン等の動機械の管理

ポンプ、モーター、タービン類の回転摺動部は潤滑油の被膜で覆い、防錆機能と潤滑性能を維持しているものの、長期休止中に潤滑油被膜が破損すると発錆や固着の要因となる。その防止策として、下記の要領で手動ターニングや短時間の無負荷運転を行うことにより潤滑油皮膜の形成を促し、防錆機能を維持している。

- 1) 自家発タービンは月1回の頻度でターニングを実施
- 2) ポンプ類は手動ターニングを行い、ブロアーやファンは短時間運転をそれぞれ3箇月に1回の頻度で実施

また、潤滑油システムおよび増速機には防錆油を添加し、定期的に防錆運転を行った。

コンプレッサー（PSAコンプレッサーおよびCO₂コンプレッサー）のローターは長期保管中に自重により軸の撓みが懸念されるため、本体から取り外してメタルコンテナに格納し、窒素封入による防錆対策を行い、軸を縦置きとした（図2.2-5）。窒素封入圧力は定期的に確認し、既定圧を下回った場合は窒素を補充することとした。



ロータ格納容器

ドライガスシール格納保圧容器

保圧管理圧力計

図 2.2-5 圧縮機ローターメタルコンテナ等の窒素封入管理

2.2.7 設備機能改善工事

長期停止対策として、設備機能を維持および改善する工事を実施した。主な作業内容を以下に記す（図2.2-6(1)～(4)）。

(1) 分離回収設備塔槽ラダー・プラットフォームの塗装補修工事

当センターの設備は大気中の海塩粒子濃度が高い塩害腐食環境下にあるため、計画的に設備の塗装補修を行い、外面腐食の低減を図っている。



図 2.2-6 (1) 分離回収設備塔槽ラダー・プラットフォーム補修

(2) 管理棟外壁塗装補修工事

管理棟外壁の塗装劣化およびコーキングシールの劣化によるひび割れから雨水が侵入したため、コーキングシールの打替え補修および塗装補修を実施した。



周囲足場架設(東面)



防護ネット設置



玄関回り塗装



屋上部外壁塗装



屋上階段室外壁および扉塗装



塗装完了仮設足場解体撤去

図 2.2-6 (2) 管理棟外壁塗装補修工事

(3) 高低圧ボイラー点検補修工事

高低圧ボイラーを覆う外部ケーシング内へ侵入した雨水によるボイラーチューブ外面の腐食が懸念されたので、ケーシングを取り外して点検した。高圧ボイラーチューブに対する目視検査の結果、減肉箇所は点在していたが、必要最小肉厚以上であることが確認された。一方、低圧ボイラーでは、高圧ボイラーチューブと同様、減肉箇所は点在していたが、火炉上部側壁管に必要最小肉厚以下の箇所が 1 箇所確認された。今回検査した範囲のボイラーチューブは、ブラスト処理実施後に耐熱防食塗装を行い、長期停止期間中の腐食劣化を予防した。

今回の検査では必要最小肉厚以下であった箇所は 1 点であったが、再稼働前には検査範囲を拡大し詳細な検査を実施し、補修対応が必要であることが判明した。

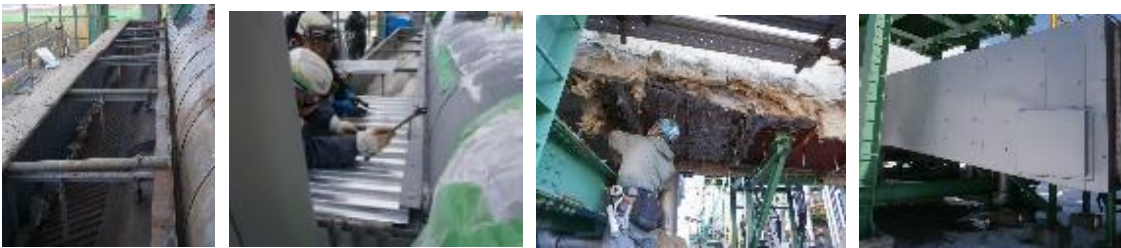
また、この検査にあわせて、高圧ボイラーの 3 基のエキスパンションジョイントの交換を実施した。



工事前の外観 外側ケーシング取外し ボイラーチューブ ブラスト処理中（右側）



高圧ボイラーケーシングの外板更新工事 新エキスパンション 既設取外し工事



低圧ボイラー天板取外し・点検検査・交換 低圧ボイラー煙道保温点検補修

図 2.2-6 (3) 高圧ボイラー点検補修工事

(4) 特別高圧受電設備変圧器更新工事

当センターの特別高圧受電設備は設置後 7 年が経過しているうえ、当センター自体が海岸近傍に位置しているため塩害が顕著である。変圧器の外表面は腐食し、変圧器のラジエーターは薄肉フィンの腐食により絶縁油の滲み・漏洩が 2020 年度から継続して発生しており、そのたびに応急措置を施している。根本的な修理は困難で、今後も漏洩が増加することが懸念されたため、特別高圧受電変圧器および周辺機器を更新した。今回の更新にあたって、変圧器の容量を稼働時の運転実績に基づき 14 MW から 16 MW に増強した。



仮設電源設備設置 既設変圧器撤去準備（フェンス撤去） 既設変圧器撤去後の基礎



新変圧器据付け作業

設置工事

フェンス等復旧

図 2.2-6 (4) 特別高圧受電設備変圧器更新工事

2.2.8 係員による停止設備管理と保全

長期間停止中の調節弁は固着により作動不良が発生する懸念があるため、定期的に DCS 装置等から開・閉信号を発信し、正常動作することを点検検査した。また、手動バルブについても固着による不具合を防止するため、対象バルブの開閉確認とバルブステム（ねじ部）へのグリース塗布、発錆箇所の塗装補修等を実施した。

2.2.9 総合的な点検補修

停止状態の設備は運転時のように設備異常が顕在化しにくいため、潜在的な設備不具合を想定した点検補修が必要である。2022 年度に実施した計装設備ごとの機能低下や損傷状況等に関する事前点検の結果に基づいて、2023 年度は、設備維持管理上重要な計装機器である差圧・圧力伝送器（8 台）、自力式弁（10 台）、圧力スイッチ（5 台）、液面スイッチ（3 台）および温度計器（4 台）の点検補修を実施した。

2.3 安全・環境管理

当センターでは、設備の保安管理および労働災害の未然防止、健康の保持増進ならびに快適な職場環境の醸成、関係法令等コンプライアンスの励行、安全衛生水準の向上への努力を目標に、多種多様な管理活動を実施している。その結果、2023 年度も無事故・無災害で全作業を終了することができ、運転開始（2016 年 2 月 10 日）以来連続している無事故・無

災害記録を更新し続けている。

当センターでの保安全管理・安全衛生管理活動・環境管理活動は以下のとおりである。

2.3.1 保安全管理・労働安全衛生管理体制

2019年のCO₂圧入量30万tの目標達成以降、実証試験設備は休止状態となり、これに伴い現在の当センター従業員20名で「保安全管理規程」に基づく休止設備の法定点検、検査、保全等の維持管理業務、広報渉外業務、「安全管理規程」に基づく労働安全衛生等の管理業務を行う体制となっている。

(1) 保安全管理体制

当センターの保安全管理体制を図2.3-1に示す。

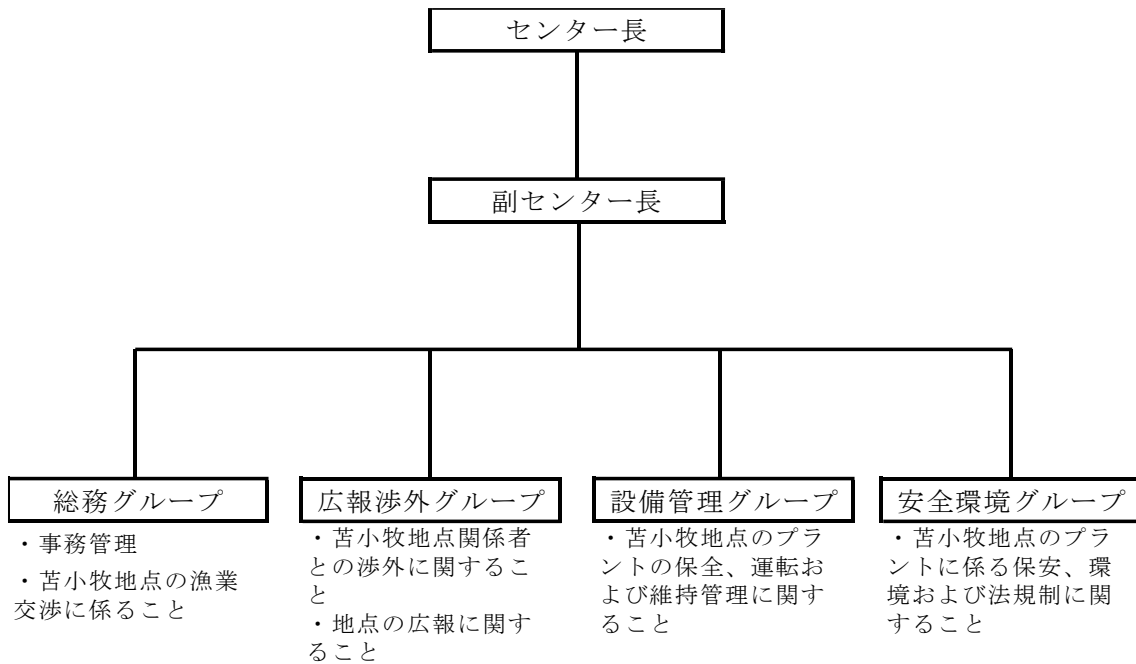


図 2.3-1 苫小牧 CCS 実証試験センター保安全管理体制図

① 保安教育および訓練

当センターの保安および公共の安全を確保することを目的に、以下の関係法令・社内規程等に基づく保安教育ならびに訓練等を実施した。

a. 保安教育

2023年度に実施した保安教育は表2.3-1のとおりである。

表 2.3-1 保安教育実績

実施日	実施教育名（対象者等）
2023.4.1	雇い入れ教育（労働安全衛生法：新規採用者）
2023.7.4	電気保安教育（電気事業法：保安規程関係者）
2023.7.25	酸欠防止教育（全国安全週間：保安管理関係者）
2023.8.9	高圧ガス保安教育（高圧ガス保安法：高圧ガス対応関係者）
2023.9.12	防災教育（消防法防火管理：全センター員）
2023.10.3	危険物保安教育（消防法：危険物予防規程関係者）
2023.10.16	新規入構者教育（構内管理要領：新規工事会社）
2024.2.1	雇い入れ教育（労働安全衛生法：新規採用者）

b. 訓練

2023年度に実施した防災訓練等は表 2.3-2 のとおりである。

表 2.3-2 訓練実績

実施日	訓練項目（概要）
2023.5.13	緊急連絡（緊急時連絡要領：休日夜間連絡網による通報訓練）
2023.5.23	消火栓放水（危険物等：防災資機材取扱訓練）
2023.6.13	ライフゼム装着（高圧ガス：保安係員等）
2023.10.24	総合防災訓練（防災訓練要領等：大規模地震・津波発生想定）
2023.9.12	防災教育（消防法防火管理：全センター員）
2023.12.12	AED（Automated External Defibrillator）操作訓練（年末年始無災害運動行事：センター員）
2023.12.16	緊急連絡（緊急時連絡要領：休日夜間連絡網による通報訓練）

② 官庁手続き

2023年度に実施した関係法令に基づく官庁手続きは表 2.3-3 のとおりである。

表 2.3-3 官庁手続き実績

実施日	手続き名称	法令名称	備考
2023.4.10	防火管理者選解任届出	消防法	防火管理者の変更
2023.7.18	ボイラー及び圧力容器休止報告	労働安全衛生法	休止報告書
2023.7.18	高圧ガス製造設備休止届出	高圧ガス保安法	同上
2023.7.18	危険物施設休止届出	消防法	同上
2023.8.1	防火管理者選解任届出	消防法	防火管理者の変更
2023.8.1	消防計画変更届出	消防法	消防計画一部変更
2023.8.2	変圧器更新工届出	電気事業法	主変圧器更新
2023.10.5	危険物仮取扱承認申請 ※1	消防法	旧変圧器抜油
2023.10.25	定期事業者検査時期承認申請 (タービン) ※2	電気事業法	休止に伴う検査時期変更申請
2023.11.13	保安規程変更届出	電気事業法	保安規程一部変更
2023.11.17	変電設備変更届出	苫小牧市条例	変圧器更新
2023.12.22	変電設備安全管理審査申請※3	電気事業法	変圧器更新に伴う 安全審査

※1 危険物仮取扱承認申請は、2023年10月6日付で承認された。

※2 定期事業者検査時期承認申請（タービン）は、2023年11月13日（20231025 北産保 第11号）にて承認された。

※3 変圧器更新に伴う変電設備安全管理審査は、2024年1月24日に審査を受審した結果、2月21日（20240205 北産保第10号）にて審査結果の良判定と、センター組織が使用前自主検査を実施する体制がとられている旨の評定を受けた。

(2) 安全管理体制

当センターの安全管理体制を図 2.3-2 に示す。

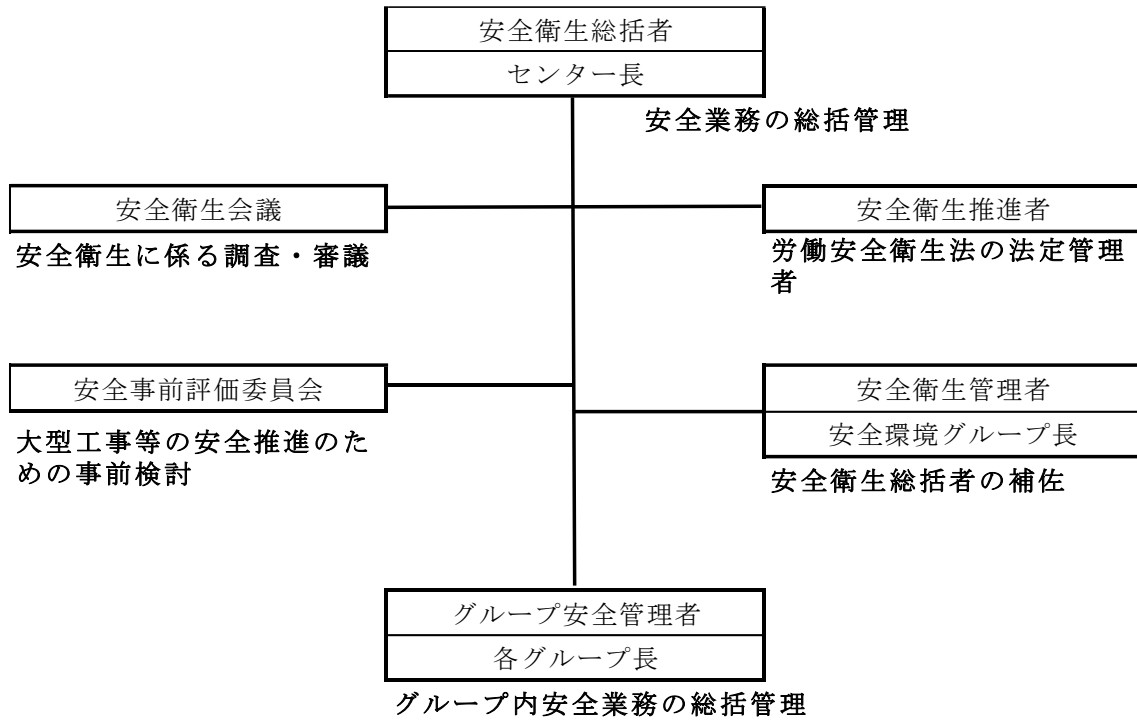


図 2.3-2 苫小牧 CCS 実証試験センター安全管理体制図

① 安全衛生会議

当センターでの安全衛生活動を円滑に推進し、安全衛生に関する事項（危険防止、労働災害の要因、再発防止対策、安全衛生教育等）について調査・審議するために、センター長を議長とする「安全衛生会議」を設置している。2023年度は、第14次労働災害防止計画における重点対策で当センターが該当する対策4項目の実施内容および全国安全週間、衛生週間、年末年始無災害運動等の行事計画についての会議を毎月1回実施した。

② 安全事前評価委員会

当センターで実施される工事の安全推進のため、センター長を委員長とする「安全事前評価委員会」（以下、「本委員会」と称する。）を設置した。

本委員会では工事受注者により提示された、工事施工要領書（安全管理体制、工事の特殊性、施工要領、安全衛生対策、リスク評価等が記載されている）について工事施工前に審議・評価を実施し、それぞれの工事の安全対策が万全であることを確認した。

2023年度に開催された委員会は表 2.3-4 のとおりである。

表 2.3-4 安全事前評価委員会開催実績

開催日	対象工事
2023. 7.19	塗装補修工事
2023. 8.29	主変圧器更新工事の内仮設電源設置工事
2023. 10.10	主変圧器据付工事
2023. 11.7	高低圧ボイラー補修工事

③ 安全パトロール

2023年度の安全事前評価委員会開催工事を対象に、安全対策の確実な遂行等の確認を目的とした工事現場の安全パトロールを実施した。

安全パトロールは、工事受注者とその協力会社および当センター（センター長、設備管理グループおよび安全環境グループ）の三者合同で、主に工事の安全リスクが高まると想定された時期に実施した。パトロールで確認された危険行為や気づき事項については、その場で指摘し是正を促した他、作業者に積極的に声掛けを行うなどして作業員の緊張緩和を図った。

また、全国安全週間行事の一環として、センター長・副センター長・設備管理グループ・安全環境グループで、NEDO「CO₂船舶輸送に関する技術開発および実証試験」事業のCO₂貯蔵建設現場を訪問して巡視を行い、安全作業の参考とした。

2.3.2 環境管理

当センターでは、公害の発生のおそれがある工事に対し、必要な環境対策を講じて作業を行っている。2023年度は、変圧器更新工事における旧変圧器絶縁油の抜油および新変圧器絶縁油の注入時の漏油防止、高低圧ボイラー補修工事における保温材の飛散防止等に十分配慮して作業を行った結果、公害の発生はなかった。

また、当センターで発生する産業廃棄物については、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に基づき適正に保管管理を行い、収集運搬、最終処分を外部委託した。

2023年度に処理された産業廃棄物は表 2.3-5 のとおりである。

表 2.3-5 2023年度産業廃棄物処理量

産業廃棄物の種類	処理量 (t)	収集運搬受託者	最終処分受託者
可燃混合物	0.61	請負者	請負者
金属屑	0.12	請負者	請負者

2.4 CCSコストの推算

2019年度には、3年半にわたるCO₂圧入試験中に収集された運転データおよび運転コストを基に、CO₂圧入量100万t/年のモデルケースを構築し、分離・回収コスト、圧縮コスト、圧入コスト等を算出した。2021年度以降は、2019年度の結果を基に、当センターの既存設備での運転を想定したコストを算出し、異なった運転状況下におけるエネルギー効率改善およびCO₂の大気放出損失量について検討してきた。2023年度は、これらの検討結果を総合し、今後の実機運転における対策を講じるとともに、エネルギー効率改善効果の目標値について考察した。

1) 部分負荷運転時（最低40%負荷）におけるエネルギー効率改善

2021年度に実施した本考察では、当センターの運転実績を基に効率的な運転法を追求した。運転要領書には、リーンアミン溶液およびセミリーンアミン溶液ともに循環量を設計値の60%程度に設定して運転することが規定されているが、リーンアミン溶液の循環量のみを60%以下（例えば、40~45%）に低下させると、吸収塔出口でのCO₂濃度が0.1%以下に保持されていることが判明した。CO₂濃度0.1%以下の保持が可能であれば、リボイラーの熱量が低下するので分離・回収エネルギーは低下し、コスト低減に寄与すると考えられる。苫小牧実証設備の再稼働運転時に本運転案を試みる必要がある。

2) 起動移行・停止移行運転時におけるエネルギー効率改善

2021年度に実施した本考察では、起動移行・停止移行運転時におけるエネルギー効率改善について検討した。起動移行・停止移行運転時には、定常運転時よりも4~5%多くの分離・回収エネルギーを要するため、トラブル等に起因する運転中断による設備の停止・起動の回避が分離・回収エネルギーの低減、ひいてはCO₂の分離・回収コストの低減に資することを確認した。また、運転実績から起動移行時と比較して停止移行時の方が多量のエネルギーを要することも示された。このことは溶液循環運転の継続よりセミリーンアミン溶液もリーンアミン溶液レベルまで再生されるために多量の（リボイラー）熱量が必要であるためと考えられる。よって、停止移行時のエネルギーを起動移行時のエネルギーと同等にしてコスト削減をめざすことは、實際上困難と考えられる。

3) 低CO₂回収率運転におけるエネルギー効率改善

2022年度に実施した本考察では、CO₂回収率の変化がエネルギー効率に与える影響に

について検討した。運転実績データおよび文献からCO₂回収率を100%から徐々に低下させていくと、回収率94~95%で分離・回収エネルギーの極小値を有すると推測され、その低下量は最大で10%程度と見積もられた。そのエネルギーの低下量分だけコストも低減すると考えられる。この効果についても、苫小牧実証設備の再稼働運転時に検証を試みることにする。

上記の検討をまとめると、プロセスの分離・回収エネルギーは、低負荷運転等の運転条件最適化により10%程度のコスト低減が期待できると考えられる。

2.5 設備の信頼性検討

本検討は、2019年9月に発生した苫小牧実証設備でのセミリーンアミン溶液漏洩を受け、操業トラブルを減らし、信頼性の向上を得ることを目的としている。2020年度の調査でセミリーンアミン溶液漏洩に至る腐食メカニズムを解明してその対応策を検討し、その結果を受け2021年度には、耐腐食性を維持するため、腐食発生の条件に該当する箇所を炭素鋼からステンレス鋼へ変更したことを含む対策工事を実施した。あわせて、将来の実機運転時に腐食が著しいと想定される箇所での複数の材質のテストピースによる実機腐食試験を実施するため、2022年度には、腐食発生箇所にデータを取得するためのテストピース取付け治具を準備し、実機腐食試験で使用する腐食センサー（国内初の防爆認定品）の作動確認および実機試験位置からのデータ通信テストを実施した。

2023年度は、これまでの検討結果から再稼働を想定した実機腐食試験のスケジュールを検討した。

2.5.1 アミン腐食対策の検証

(1) 実機試験計画

実機での腐食試験は、腐食発生箇所（図2.5-1の※1箇所）において材質の異なるテストピースを4箇所に設置してその変化を調査する。

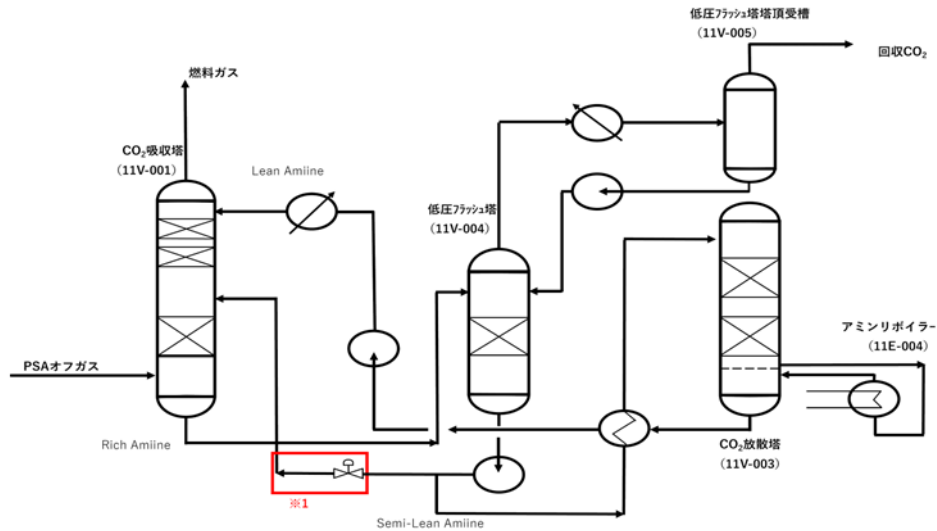


図 2.5-1 分離・回収設備フロー図／実機試験箇所

(2) 実機腐食試験の概要

当該腐食試験は、セミリーンアミン溶液用配管（2019年に腐食漏洩した同位置）にテストピース（腐食センサー）を4箇所（図 2.5-2、図 2.5-3 参照）設置し、当設備での運転で想定される配管内流速および温度条件の変化に対する腐食状況を調査する。なお、取得される腐食データは、テストピースの断面の変化を腐食センサーからの電気抵抗値の変化として検知し、防爆規制区域よりトランスミッタを経由して無線通信により非規制区域（操作室）へ伝送される（図 2.5-4 参照）。



図 2.5-2 腐食センサー取付け治具の状況

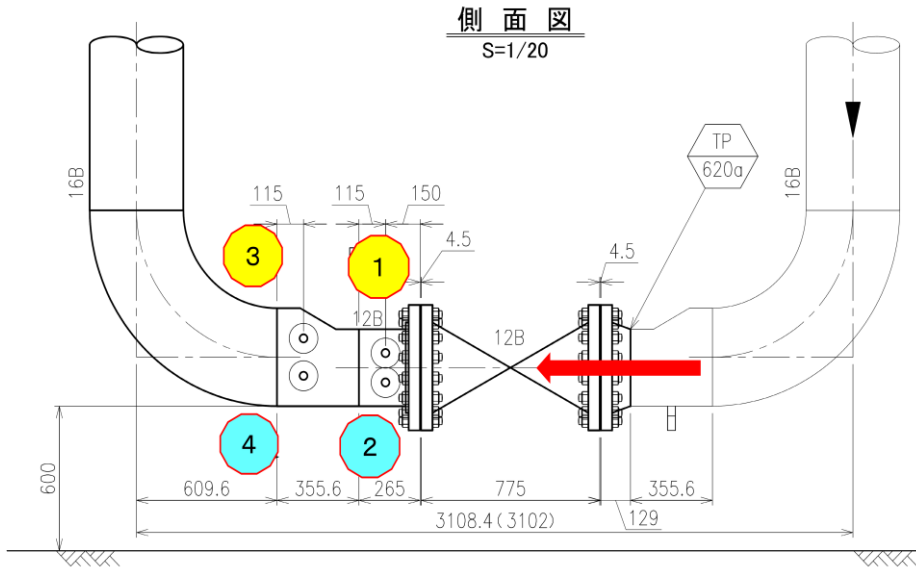


図 2.5-3 腐食センサー取付け位置

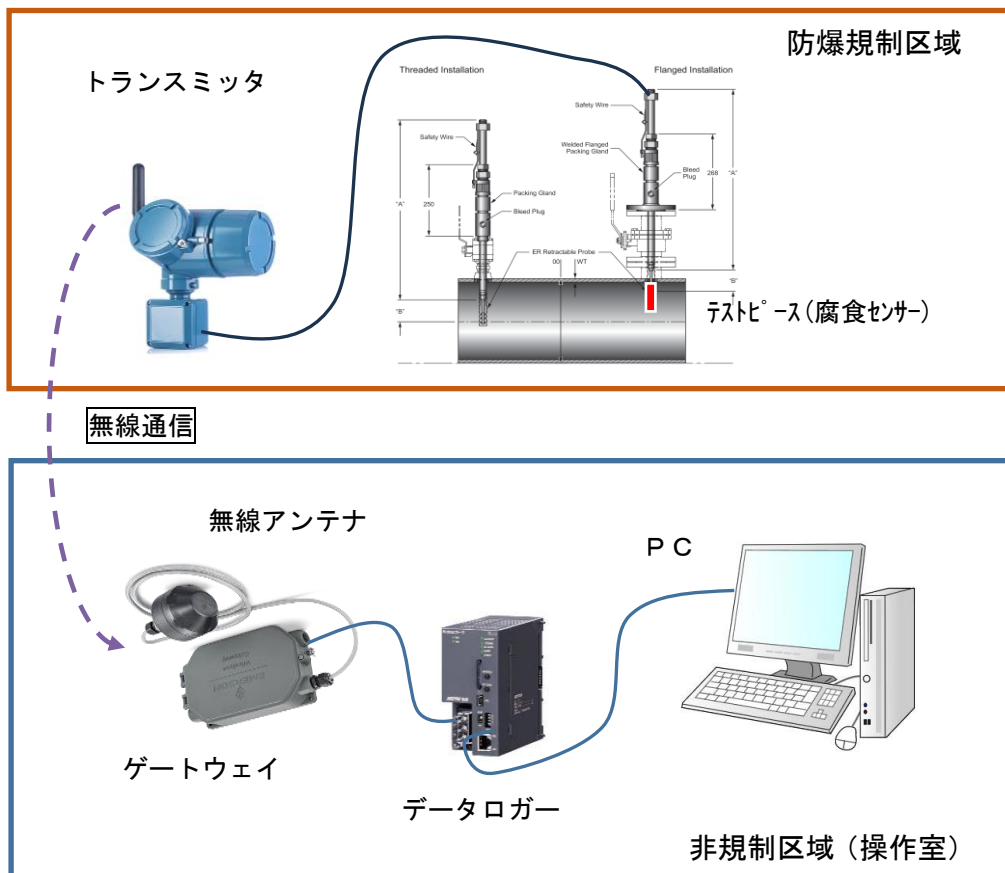


図 2.5-4 腐食モニタリングデータの取得方法

(3) 実機腐食試験のスケジュール検討

当該腐食試験において適用可能なテストピースとして減量クーポン（材質は炭素鋼。図 2.5-5）と ER（Electrical Resistance）プローブ（材質はステンレス鋼。図 2.5-6）を使用し、試験のスケジュールを検討した。

① 条件

- 1) アミン溶液／配管内の流速=1.5 m/s～3.0 m/s
- 2) アミン溶液／配管内の温度=100℃未満～150℃
- 3) テストピース 1：減量クーポン=炭素鋼 STPG 実機からの加工（入熱部を含む）
- 4) テストピース 2：減量クーポン=ステンレス鋼 SUS304L
- 5) テストピース 3：ER プローブ=炭素鋼
- 6) テストピース 4：ER プローブ=ステンレス鋼 SUS304L



図 2.5-5 減量クーポン（炭素鋼およびステンレス鋼）



図 2.5-6 ER プローブ（炭素鋼およびステンレス鋼）

② 試験スケジュールおよび腐食テストでの確認事項

a. 試験スケジュール

実機腐食試験スケジュールは、実機腐食試験を目的としたテスト稼働運転、および当センター施設の再稼働運転を想定し、以下のケースにて腐食速度を検証する。

1) ケース 1

テスト稼働運転での実機テスト（期間：4箇月間。図 2.5-7 参照）

炭素鋼およびステンレス鋼を用いたテストピースを設置し、おのこののピースに対して材質、設置位置および管内流速条件の変化に対する1箇月間の調査を実施する。

①テスト期間 4箇月

②テストピース ERプローブ、減量クーポン

炭素鋼(CS)材,ステンレス鋼(SUS304L)材

③条件 流速および温度

流速=1.5m/s~3m/s, 温度=100℃未満

テストピース	材質	テスト位置	流速	温度	工程				備考
					1箇月	2箇月	3箇月	4箇月	
ERプローブ	CS	①	2m/s以下	100℃未満					※炭酸鉄被膜の確認
ERプローブ	CS	③	2m/s以下	"					"
ERプローブ	CS	①	1.5~3.0m/s	"					
ERプローブ	CS	③	1.5~3.0m/s	"					
減量クーポン	CS入熱	①	2m/s以下	"					
減量クーポン	CS入熱	③	2m/s以下	"					
減量クーポン	CS入熱	①	1.5~3.0m/s	"					
減量クーポン	CS入熱	③	1.5~3.0m/s	"					
ERプローブ	SUS304L	②	2m/s以下	"					※炭酸鉄被膜の確認
ERプローブ	SUS304L	④	2m/s以下	"					"
ERプローブ	SUS304L	②	1.5~3.0m/s	"					
ERプローブ	SUS304L	④	1.5~3.0m/s	"					

図 2.5-7 試験スケジュール（ケース 1）

2) ケース 2

テスト稼働運転での実機テスト（期間：4箇月間。図 2.5-8 上図参照）

炭素鋼を用いたテストピースを設置し、設置位置および管内流速条件の変化に対する1箇月間の調査をおのこののピースに対して実施する。

再稼働運転での実機テスト（期間：1箇年。図 2.5-8 下図参照）。

ステンレス鋼を用いたテストピースを設置し、設置位置、管内流速および温度条件の変化に対する3箇月間の調査をおのこののピースに対して実施する。

テスト稼働運転での実機テスト

①テスト期間 4箇月

②テストピース ERプローブ、減量クーポン 炭素鋼(CS)材

③条件 流速および温度 流速=1.5m/s~3m/s, 温度=100℃未満

テストピース	材質	テスト位置	流速	温度	工程				備考
					1箇月	2箇月	3箇月	4箇月	
減量クーポン	CS	①	2m/s以下	100℃未満					※炭酸鉄被膜の確認
減量クーポン	CS	③	2m/s以下	〃					〃
減量クーポン	CS	①	1.5~3.0m/s	〃					
減量クーポン	CS	③	1.5~3.0m/s	〃					
減量クーポン	CS入熱	①	2m/s以下	〃					※炭酸鉄被膜の確認
減量クーポン	CS入熱	③	2m/s以下	〃					〃
減量クーポン	CS入熱	①	1.5~3.0m/s	〃					
減量クーポン	CS入熱	③	1.5~3.0m/s	〃					
ERプローブ	CS	②	2m/s以下	〃					※炭酸鉄被膜の確認
ERプローブ	CS	④	2m/s以下	〃					〃
ERプローブ	CS	②	1.5~3.0m/s	〃					
ERプローブ	CS	④	1.5~3.0m/s	〃					

再稼働運転での実機テスト

④テスト期間 1箇年

⑤テストピース ERプローブ、減量クーポン ステンレス鋼(SUS304L)材

⑥条件 流速および温度 流速=1.5m/s~3m/s, 温度=100℃未満~150℃

テストピース	材質	テスト位置	流速	温度	工程												備考
					1箇月	2箇月	3箇月	4箇月	5箇月	6箇月	7箇月	8箇月	9箇月	10箇月	11箇月	12箇月	
減量クーポン	SUS304L	①	2m/s以下	〃													※炭酸鉄被膜の確認
減量クーポン	SUS304L	③	2m/s以下	〃													〃
ERプローブ	SUS304L	②	2m/s以下	100℃未満													〃
ERプローブ	SUS304L	④	2m/s以下	〃													〃
減量クーポン	SUS304L	①	1.5~3.0m/s	〃													顕微鏡による表面状況の確認
減量クーポン	SUS304L	③	1.5~3.0m/s	〃													顕微鏡による表面状況の確認
ERプローブ	SUS304L	②	1.5~3.0m/s	100℃未満													
ERプローブ	SUS304L	④	1.5~3.0m/s	〃													
減量クーポン	SUS304L	①	2m/s以下	〃													顕微鏡による表面状況の確認
減量クーポン	SUS304L	③	2m/s以下	〃													顕微鏡による表面状況の確認
ERプローブ	SUS304L	②	2m/s以下	150℃													
ERプローブ	SUS304L	④	2m/s以下	〃													
減量クーポン	SUS304L	①	1.5~3.0m/s	〃													顕微鏡による表面状況の確認
減量クーポン	SUS304L	③	1.5~3.0m/s	〃													顕微鏡による表面状況の確認
ERプローブ	SUS304L	②	1.5~3.0m/s	150℃													
ERプローブ	SUS304L	④	1.5~3.0m/s	〃													

図 2.5-8 試験スケジュール（ケース 2）

b. 実機腐食試験での確認事項

- 1) テスト運転および再稼働運転時の不動態化処理（Passivation）において、顕微鏡による表面状況の観察により減量クーポンによる炭酸鉄被膜の生成を確認する。
- 2) 不動態化処理において、ERプローブによる炭酸鉄被膜の重量変化を確認する。
- 3) 管内流速 2.0 m/s 以上で発生するエロージョン・コロージョンを防止するため管

内流速をそれ以下に設定し、管内の健全性を確認する。

- 4) 管内流速の変化に対するエロージョン・コロージョン状況を調査するために、アミン溶液の流速を 1.5 m/s から 3.0 m/s まで変化させ、その間の管内状態を確認する。
- 5) 管内温度の変化に対するエロージョン・コロージョン状況を調査するために、アミン溶液の温度を 100℃未満～150℃間で変化させ、管内状態を確認する。

2.6 まとめ

2.6.1 成果

(1) 設備運転および性能検証（供給設備の運転検証）；D1-1 基地

2022 年度に引き続き休止中の D1-1 基地設備の点検保全業務を行った。また、DCS 機器の更新工事として、現場への DCS 装置の設置と、ベンダーの作成した各種書類の点検確認等を行った。

(2) 日常保全および定期保全（SDM）；D1-2/D0 基地

休止中の設備の維持管理として日常保全および定期保全、点検対応補修、設備機能改善工事等を計画的に実施した。設備機能改善工事では、特別高圧受電設備の変圧器更新工事を行い、変圧器の容量を稼働時の運転実績から 14MW から 16MW に増強した。

さらに、2022 年度に実施した計装機器の機能点検や塩害劣化による不具合状況の点検結果を基に、差圧・圧力伝送器他、合計 30 台の計装機器の点検補修を実施した。

(3) 安全・環境管理

保安・安全管理活動を確実に実施した結果、運転開始（2016 年 2 月 10 日）以来の無事故・無災害を継続した。また、環境管理についても環境汚染につながる公害の発生はなく、産業廃棄物についても適正な処理を実施した。

(4) CCS コストの推算

2021 年度および 2022 年度に検討した実績データに基づき部分負荷運転時、起動移行・停止移行運転時、および低 CO₂ 回収率運転時におけるエネルギー効率改善について検討した結果、対象としたプロセスの分離・回収エネルギーは、低負荷運転等の条件最適化ができれば 10%程度の低減が期待できると考えられる。

(5) 設備の信頼性検討

2019 年の CO₂ 圧入終了に伴い当センターの設備は稼働停止中なので、D1-2/D0 基地にあ

る塔槽類の内部劣化状況の評価、および設備に接続する機器や配管の開放点検検査により、セミアミン溶液漏洩箇所以外では腐食が起きていないことを確認した。また、付着物生成のメカニズムを特定し、発生原因の推定と低減対策を検討した。

その結果を基に2021年度には、耐腐食性を維持するための対策として、アミン溶液腐食に対する改善が必要な箇所の鋼管材質を炭素鋼からステンレス鋼に変更する工事を実施し、著しい腐食が発生した箇所には運転再開時に実機腐食試験が行えるようにテストピース取付け治具の準備を実施した。2022年度には、実機腐食試験で使用する腐食センサー（国内初の防爆認定品）の作動確認および実機試験位置からのデータ通信テストを実施し、機器の健全性を確認した。

2023年度は、苫小牧実証設備のテスト稼働および再稼働スケジュールを想定し、試験スケジュールを検討した。

2.6.2 今後の課題

(1) 設備運転および性能検証（供給設備の運転検証）；D1-1 基地

今後も引き続き休止中のD1-1基地設備の点検保全業務を行うことで、確実に設備の機能維持と安全性を確保していく。また、DCS機器の更新について、2024年度に予定通り作動確認等を行い、更新作業を完遂する。

(2) 日常保全および定期保全（SDM）；D1-2/D0 基地

設置機器の寿命や部品製造終了に伴い補修対応ができない機器が顕在化してきており、設備維持管理のため計画的に機器更新を実施していく必要がある。

(3) 安全・環境管理

今後も「関係法令および社内規程類を遵守」して保安点検・検査および工事等を行い、災害リスクの高い工事についてはリスク評価を確実に行って「協力会社と共に無事故・無災害を継続」していく。安全衛生面では「フィジカルとメンタル両面の健康維持」を目標に事業展開していく計画としている。また、環境管理においては環境汚染につながる作業の防止と廃棄物の適正管理と適正処分に努める計画である。

(4) CCSコストの推算

苫小牧実証設備の再稼働運転時にこれまで議論してきた運転案を実施して分離・回収エネルギーを実測し、その結果について考察する。

(5) 設備の信頼性検討

2023年度の作業で実機腐食試験の準備は完了した。今後の苫小牧実証設備の再稼働は未定であるため、設備の信頼性検討の業務については、再稼働を検討する状況となった場合は実施計画書の修正を含めた対応を行う。