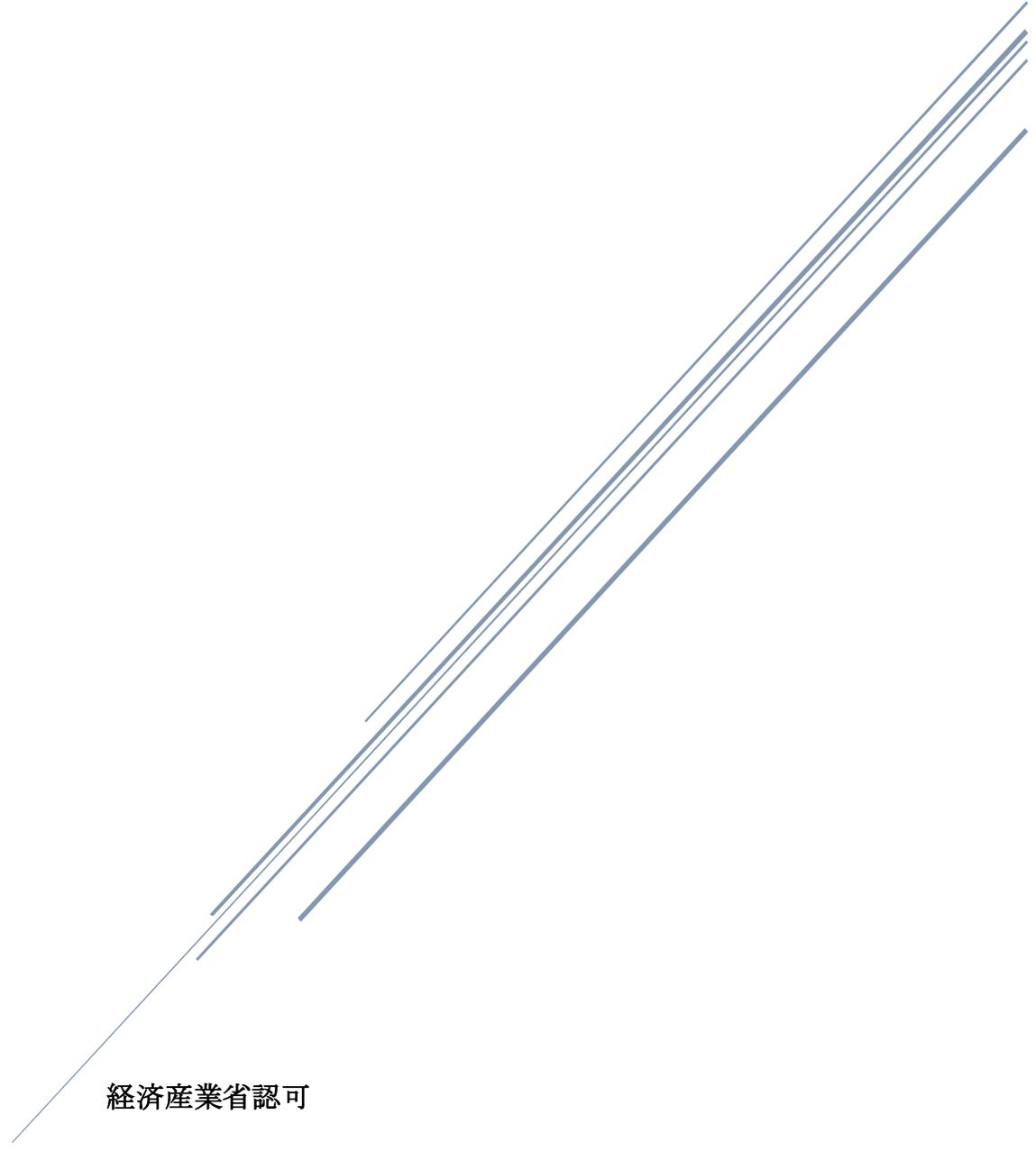


# 令和3年度 石狩「回線1」再稼働報告書



経済産業省認可

石狩超電導・直流送電システム技術研究組合

# 目 次

1. 目的	P. 1
2. S C D C 社会実装にむけた技組事業	P. 1
(1) これまでの技組事業	
(2) 今後の戦略	
3. 「回線 1」再稼働	P. 4
3. 1 石狩施設「回線 1」	P. 4
3. 2 試験研究の内容	P. 5
3. 3 再稼働の実験結果	P. 6
(1) 全体試験	
(2) 冷却試験「循環関係試験」	
(3) ペルチェ電流リード(PCL)の試験結果	
(4) 残留ガス分析結果	
(5) 電気試験	
4. 今後の計画（安全性試験：事故を模擬した過酷試験）	P. 17
4. 1. タスク計画	P. 17
(1) 断熱二重管の冷却(内管)・真空(外管)の破壊モード	
(2) 高電圧・落雷対策	
(3) 事故に対応できる設計（ユニット化）	
5. まとめ	P. 20

(別冊) 2021年度「回線 1」運転試験日報

## 1. 目的

### ●新体制での戦略

超電導直流送電システム（以下、SCDC）の開発研究は、石狩プロジェクトでの実証実験の成功が国際的にも評価されているが、実用化には更なる基礎的な試験研究並びに新たなビジネスモデルの開発のための基礎基盤研究が必要である。石狩超電導・直流送電システム技術研究組合（以下、技組）では、今年度より中部大学を中心とした新体制により SCDC 社会実装に向けた新たな戦略に基づいて試験研究を展開することとした。

具体的には、安全性試験（事故を模擬した過酷試験を含む）、機器の効率化などに関わる試験研究等を行い、信頼性・安全性の定量的評価とコスト等について学術的な視点からの課題アプローチを行うとともに、新たなビジネスモデルの開発に取り組み、関連企業との SCDC 実用化に向けた計画等を検討していく戦略である。

### ●今年度の目的

石狩施設での試験研究を実施するためには、6年間、冷却・通電試験が行われていなかった装置を再稼働する必要がある。今年度は回線1の再稼働を唯一の事業の柱として、装置の健全性を確認するとともに、運転に必要なデータを取得することを目的とした。

## 2. SCDC 社会実装に向けた技組事業

石狩プロジェクトを活用した SCDC 社会実装に向けた戦略について、これまでの技組事業（第1期・第2期）と、今後の戦略（第3期）について以下に述べる。

### (1) これまでの技組事業

#### ●第1期（2013～2016年度）

石狩プロジェクトは、経済産業省・NEDOのご支援により約40億円の予算で技組を組織して実施した。組合員は、住友電工、千代田化工、さくらインターネット、中部大学（幹事法人は、千代田化工）である。北海道石狩市に2つのSCDC（回線1・回線2）を建設し、それぞれの実証試験に成功した。回線1（500m）では、太陽光発電所とインターネットデータセンター間のSCDC送電実証試験に世界で初めて成功した。回線2（1000m）は世界最長のSCDCとなり、輻射シールドを設けた新タイプの断熱二重管の採用により、ケーブル管への熱侵入量を従来より大幅に低減させた。これらの成果は、石狩超電導国際フォーラムにおいて世界の研究者・技術者・企業人を集めて報告している（主催：中部大学・石狩市、2017年6月24日-26日開催）。（石狩超電導国際フォーラム報告書：

<http://www.city.ishikari.hokkaido.jp/uploaded/attachment/26844.pdf>)

## ●第2期（2017～2020年度）

第2期の技組は経済産業省・NEDOの予算終了後、石狩施設を存続しながら後継プロジェクトの予算獲得に努力した。組合員は日揮、JFEスチール、さくらインターネット、中部大学である（幹事法人は日揮）。

残念ながら、後継プロジェクトは結果がでず、石狩試験設備の回線1、回線2は運転できない状態が続いた。基礎基盤研究（実証実験）の成果は、研究会（新金属協会：S4L）での100kmのSCDC送電の設計検討（低温工学・超電導学会で発表）や、高速道路利用によるSCDC網の検討などに活用されている。また、SCDCがNature INDEXで紹介され世界的にも注目された。この間、回線2の敷地を保有している石狩開発株式会社より、民間への土地売却に伴う一部借地（南側半分）の返還要請があった。この緊急事態を受けて技組成果の象徴である試験設備を可能な限り維持して今後の発展に資するため、中部大学を中心に可能な限りのアクションプランを検討し、経済産業省の許可を得て、冷凍機などの機器を含む北半分に貴重な資源を集約する作業を完了した。

## （2）今後の戦略

### ●第3期（2021年度～）

SCDC実用化には、更なる基礎的な試験研究並びに新たなビジネスモデルの開発のための基礎基盤研究が必要であり、第3期の技組では中部大学を中心とした新体制により試験研究を推進することとなった。なお、技組の目的の範囲内で、事業内容及び体制を変更した。組合員は日揮、JFEスチール、さくらインターネット、中部大学である。幹事法人は中部大学である。

新体制では、「i-Spot・SCDC基礎基盤研究タスクフォース」（以下、ISCタスクフォース）を月2回のペースで開催し、関係する研究者・技術者が参加して、計画の検討、関連情報の紹介、意見交換を活発に行い、組合員の協働により試験研究・事業を推進した。

SCDC社会実装に向けた課題として、電力インフラとしてのフィジビリティスタディと大型化（1千万kW送電）、パワーエレクトロニクス機器の開発（交直変換器・限流機・遮断機等）、超電導送電線の低コスト化などの要素技術開発が必要で、さらに超電導発電機と超電導ポンプによる高効率化等のための戦略的な要素技術開発研究などが考えられる。

### ●「回線1」再稼働

技組では石狩施設（回線1・回線2）を活用して、基礎的な試験研究並びに新たなビジネスモデルの開発のための基礎基盤研究を行うこととした。具体的には、安全性試験（事故を模擬した過酷試験を含む）、機器の効率化などに関わる試験研究を行い、信頼性・安全性の定量的評価とコスト等について学術的な視点からの課題アプローチを行い、関連企業とのSCDC実用化に向けた計画等を検討していく。石狩施設での試験研究を展開するために、回線1を再稼働して、装置の健全性を確認するとともに、運転に必要なデータを取得することを、今年度の事業の唯一の柱とした。

# Ishikari Project: Superconducting DC power transmission system (SCDC)

	Line #1	Line #2
Length, type	Underground 500 m cable	Overland 1000 m cable
Rated parameters	5 kA, 20 kV, 100 MW	2.5 kA, 20 kV, 50 MW
HTS tapes	BSCCO (Type HT-CA) from Sumitomo Electric Industries Ltd.	
Cable structure	Diameter	42 mm
	Inner conductor	37 HTS tapes ( $I_c > 190A$ )
	Outer conductor	24 HTS tapes ( $I_c > 190A$ )
	Insulation	PPLP
Cooling system	1 Turbo-Brayton (2kW@77K)	2 Turbo-Brayton (2kW@77K)
	1 Stirling (1kW@77K)	2 Stirling (1kW@77K)
	2 Cryopump (40 l/min)	3 Cryopump (40 l/min)



### 3. 「回線1」再稼働

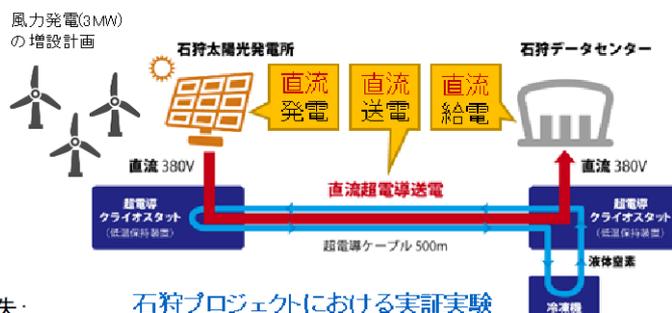
#### 3.1. 石狩施設「回線1」

図に、石狩施設（回線1・回線2）のスペックと写真を示す。回線1（500 m）は、太陽光発電所（直流発電）をSCDC（直流送電）によりインターネットデータセンター（直流給電）する「SCDC送電実証試験」に世界で初めて成功した。「回線1」は、第1期（2015年）に全体試験（冷却と通電運転）を2回の実施しており、今年度の再稼働が第3回の全体試験となる。第2期には、冷却・通電運転は実施しておらず、断熱二重管は真空状態で維持している。この間に、北海道胆振東部地震後（2018年9月6日）を経験しており、今回の再稼働が震災後の設備の健全性確認となる。SCDCの運転に必要なデータを取得することを目標とし、ペルチェ電流リード抵抗測定、真空試験、冷却循環試験、電気試験等の各種試験を行うこととした。

再稼働後の計画として、徹底的な雷害対策による安定運転、HBDCによる高効率化、DCシステムによる低損失、などの試験研究の検討があり、将来的には風力発電所（3MW）増設による新たなビジネスモデルの開発のための基礎基盤研究も検討している。

## 回線1 2021年 再稼働(中部大学による運転)

### SCDC特有の雷害対策で、再生可能エネルギーの安定供給を実証



回線1 500 m 5 kA, 20kV, 100MW  
2021年に中部大学による再稼働(8-9月)。

- ・徹底的な雷害対策の開発による安定運転。
- ・HVDCによる高効率。DCシステムによる低損失：  
DC発電、DC電源、超伝導DC送電、  
インターネットデータセンターのHTS配線。
- ・風力発電所(3 MW)増設も計画。

回線1は、直流(DC)システムの実証実験に成功。  
太陽光発電(直流発電)を、超伝導直流送電(直流送電)により、  
インターネットデータセンターに(直流給電)。  
→DCシステムによる低損失を実現。さらなる安全運転へ。

## 3.2. 試験研究の内容

### ●試験項目

SCDCに通電するための大まかな手順は、①断熱二重間（外管）を断熱真空にして熱侵入を防ぐ状態にして、②液体窒素により超電導ケーブルを冷却して超電導状態にして、③通電を行う。今回の再稼働では、太陽光発電所およびデータセンターとの接続は範囲外とした。

主な実験項目は、真空、冷却・液体窒素循環、ペルチェ電流リード、通電試験である。装置の健全性を確認し、運転に必要なデータを取得する。また、液体窒素（ローリー）の受け入れ、デイリーミーティング実施・日報作成、安全管理など、運転のノウハウ獲得と記録・共有のシステム構築も重視した。

### ●現地状況確認 (6/5-8)

再稼働の前に、石狩施設を訪問して現地の状態確認を行った。事前に機器チェックリストを作成し、ISCタスクフォースでも確認している。主なチェック結果は、インバーターチラー点検（冷媒追加し、試運転完了）、ターボブレイトン部冷凍機（ネオン補充が必要で試運転できず）、スターリング冷凍機（ヘリウム充填が必要で起動せず）、液体窒素ポンプ（試運転完了）、完了）、ペルチェ電流リード（外観問題なし）、計測監視盤（計測問題なし、プログラム改修が必要）、など。その他、バルブボックス・リザーバタンク・冷却系の断熱配管、シンクポンプ、各種センサー等の26項目を点検した。

### ●再稼働の準備 (7/27-31)

現地状況試験の結果を踏まえて、必要な備品等を手配して、現地で再稼働の準備を行った（7/27-31）。運転手順書、調達手配、試験工程表・人員配置計画、届出確認・予算管理表などを整備し、内容は事前にISCタスクフォースで確認した。

### ●再稼働の実施 (8/30-9/22)

再稼働の実施は、8/30に開始した。現地実施体制は、実施責任者・運転責任者（中部大学2名）、電気主任技術者（さくらインターネット1名）、装置担当（中部大学5名）である。毎朝、「デイリーミーティング」を実施し日報を作成してISCメンバー全員に配信した。なお、期間中のISCタスクフォースは遠隔会議により開催し、現地から中継した。

### 3.3. 再稼働の実験結果

今回の再稼働では、断熱真空の管理、液体窒素（ローリー）の受入れ、冷凍機による予冷・液体窒素循環の運転、ペルチェ電流リードの測定、通電試験が無事に実施でき、再稼働に成功した。以下に、詳細を述べる。

#### (1) 全体試験

右図に「回線1」再稼働の全体試験の概要を示す。試験工程表・人員配置に基づき、全体試験を実施した。下図は、主な作業状況の写真で紹介する。

#### ●主な作業状況(写真)

#### 液体窒素（ローリー）



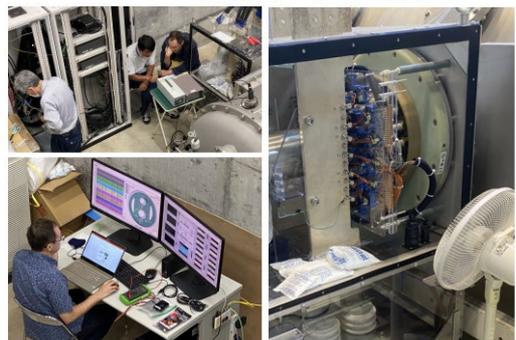
#### 冷却・液体窒素循環



#### 中間接続部

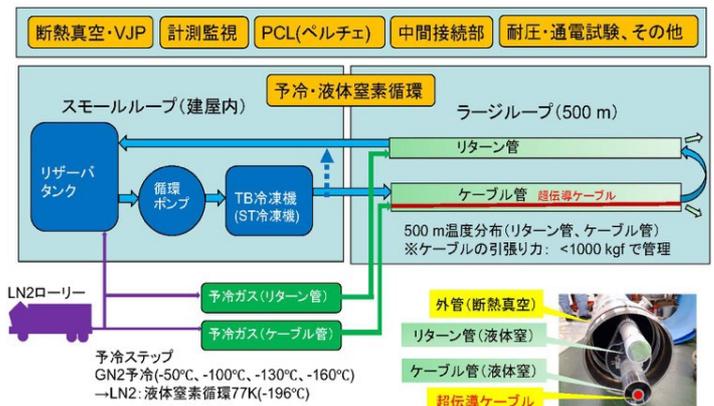


#### ペルチェ電流リード（PCL）



#### 回線1 再稼働 全体試験(第3回)

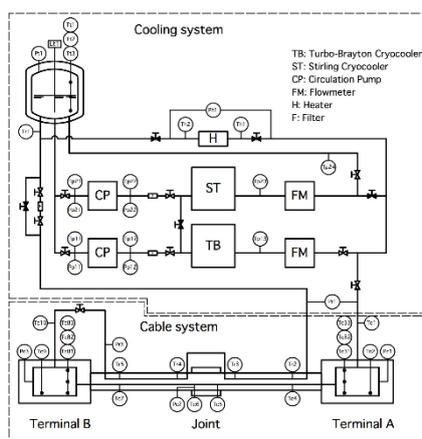
再稼働 500 m冷却(8/30~9/8)、計測監視、PCL、通電試験(9/12~17)



## (2) 冷却試験「循環関係試験」

### (2-1) 熱侵入量測定

- A. 試験方法・条件： 回線 1 の配管計装図を図 1 に示す。ポンプの回転速度を変化させることにより循環流量を 20.4 L/min から 40.5 L/min の間で概ね 5 L/min 間隔で変化させた。温度（白金測温抵抗体）と液体窒素流量を測定した。



- B. 熱侵入量評価： データ解析の際には液体窒素の循環時間を考慮した。例えば、測定点 1 から 2 への循環時間を 10 分とするならば、比較する測定点 2 の温度は測定点 1 で測定された 10 分後の値とした。比熱は測定区間の入口出口間の平均温度の比熱を用いた。比熱の不確かさとして比熱の区間最大値と最小値を求め、それらと平均温度の比熱との差の大きい側の値を比熱の不確かさとして見なした。流量計はコリオリ型の質量流量計であり、液体窒素密度として 853.2 g/L（定数）を用い質量流量から体積流量に変換し、記録されている。この点を体積流量から質量流量への変換の際は考慮した。

表 1 に熱侵入量の結果を示す。表中カッコ内の値は熱侵入量の簡易表記法による不確かさで、測定値の最終桁からカッコ内の数値分に対応する値の不確かさを含むことを意味する。即ち、0.285(31) kW ならば  $0.285 \pm 0.031$  kW である。

表 1 熱侵入測定のみとめ

場所	端末A Tc4-Tc1	ケーブル管 Tc7-Tc4	端末B Tc10-Tc7	リターン管 Tr2-Tr5	全体 Tr1-Tc1
熱侵入[kW]	0.285(31)	0.479(28)	0.244(27)	0.221(23)	1.443(33)
熱侵入[W/m]		1.005(59)		0.653(61)	

## (2-2) 熱圧力損失測定

- A. 試験方法・条件： 循環流量を 3.8 L/min、及び 20.4 L/min から 40.5 L/min の間で概ね 5 L/min 間隔で変化させ、差圧計 Pr1 により液体窒素差圧、圧力計 Pc1, Pc3, Pr3 により液体窒素圧力、及び流量計により液体窒素流量を測定した。システム全体の圧力損失は Pr1 で測定された差圧から求めた。
- B. 圧力損失試験結果： 表 2 に各流量における圧力損失の値を示す。流量と圧力損失のカッコ内の値は不確かさで、測定データの散らばりによる不確かさ、測定システムによる丸めによる不確かさ、測定機器の不確かさを含む。

## (2-3) 熱冷凍機冷凍能力測定

- A. 試験方法・条件： 液体窒素温度 72.1 K と 80.1 K においてターボブレイトン冷凍機の冷凍能力、消費電力を測定し、冷凍機の成績係数 (COP) を求めた。
- B. 冷凍能力評価： 温度差は異なる温度センサーによる測定のため、測定により求めた温度差は温度センサー間のゼロ点誤差により補正した。比熱は冷凍機の入口出口間の平均温度における比熱を用いた。

表 3 ターボブレイトン冷凍機冷凍能力のまとめ

温度 [K]	冷凍能力 [kW]	消費電力 [kW]	COP
72.114(18)	2.289(76)	51.6480(25)	0.0443(15)
80.075(19)	2.659(93)	49.9480(82)	0.0532(19)

## (2-4) 冷凍機部分負荷試験

- A. 試験方法・条件： ターボブレイトン冷凍機の部分負荷時の冷凍能力、消費電力を測定し、冷凍機の COP を求めた。される。同時に、冷凍機の入力に電力計を取り付け消費電力を測定した。
- B. 部分負荷時の効率評価： 温度センサー間のゼロ点誤差が測定区間での温度変化に比べ十分に小さくなるように循環流量を下げ、13-14 L/min で測定を行った。

表 4 ターボブレイトン冷凍機の部分負荷時の効率のまとめ

冷凍能力 [kW]	消費電力 [kW]	COP
1.061(14)	29.958(20)	0.03541(44)
1.535(15)	37.166(24)	0.04130(39)
2.014(18)	45.275(44)	0.04448(40)

### (3) ペルチェ電流リード (PCL) の試験結果

低温の超電導ケーブルを室温の送電線の接続には「端末クライオスタット」を用いる。この装置により、室温と低温をまたいで電力・冷媒・信号が接続される。は、超電導ケーブルの初期冷却時には、熱収縮による著しい応力からケーブルを守る機能もある。電流導入では、超電導ケーブルから室温の端子までを「ペルチェ電流リード」(PCL) で繋いでいる。PCL の設計は、超電導ケーブルの定格値と外部電気回路との接続方法により最適値がある。図 1 に PCL を備えた SCDC のシステム概略図、図 2 に n 型 PCL の略図を示す。ビスマステルル半導体ペレットが真空側に配置され、電流がペルチェ素子を通ると、熱電効果により温度勾配による熱流束を打ち消す。アイドルモードでも、ペルチェ素子の比較的高い熱抵抗のために熱損失が減少する。図 3 には実際の PCL の写真を示す。実験結果より、定格電流における比熱侵入量が、約 45W/kA (非冷却電流リードの最適値) から約 33W/kA に減少した。

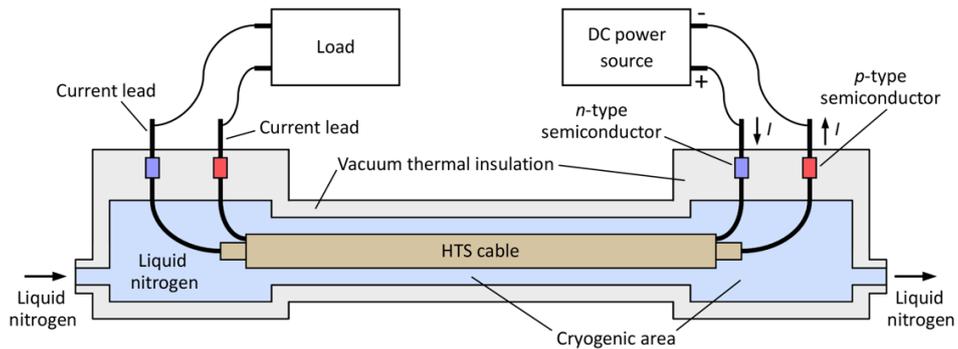


図 1 ペルチェ電流リードを備えた超電導送電システムの概念設計。

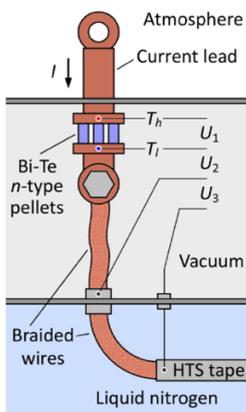


図 2 n 型 PCL および測定点の概略

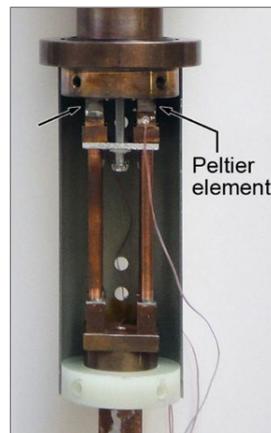


図 3 実際の PCL (石狩プロジェクトで使用)。

#### (4) 残留ガス分析結果

SCDCは超電導ケーブルを設置する「非常に長い」クライオスタットを用い、断熱のための真空管理が重要となる。真空排気における到達真空度には、真空ポンプの配置・排気速度、クライオスタットのコンダクタンス、内面からのガス放出速度が影響する。図1に示す断熱二重管はコンダクタンスを大きくとり、スーパーインシュレーション (MLI) の層数を減らしてガス放出表面を減らす設計としている。これらの真空管理が重要となる。

回線1の再稼働にあたり、事前に残留ガス分析を実施した。分析結果はガス発生源の特定や、必要に応じたポンピング方法の最適化 (例えば、適切な吸着材の追加など) に有用である。測定時の真空度は数十 Pa で、オリフィスを用いてサンプリングした (図2)、四重極質量分析計を接続し、真空排気して約20時間の140度でベーキングした (図3)。ヘリウムリークテストで気密性を確認した。残留ガス分析は、建屋1と建屋2で実施した。

図4に分析結果を示す。長期間にわたり実験がない状態だったが、漏れがないことが確認できた。炭素化合物の検出があったが、二酸化炭素パージの影響でリークなしと結論した。残留ガス分析の実施後に真空排気したところ、真空度は排気開始時の55Paから、1時間後には  $6.1 \times 10^{-2}$  Pa に達した (約1000倍向上)。

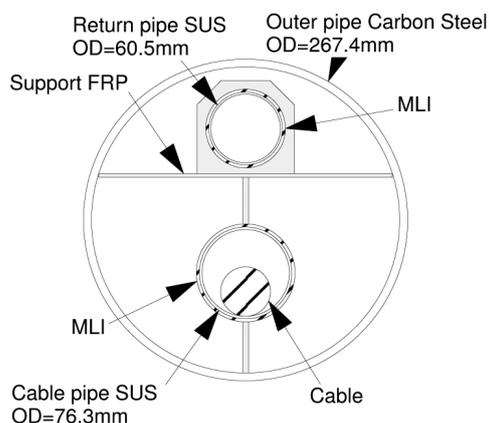


図1 断熱二重管の構造。



図2 残留ガス分析用のオリフィス設置。

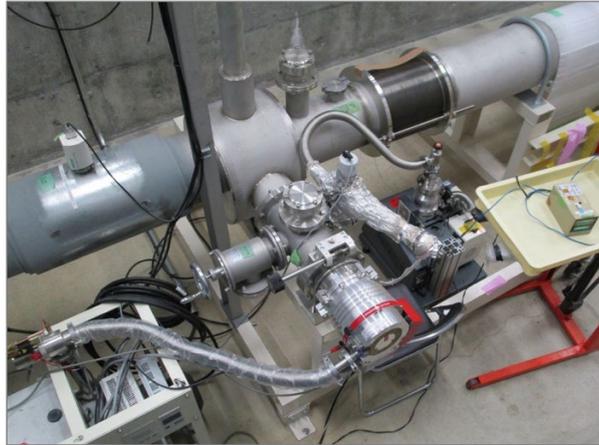


図3 ベーキング中の検出器（建屋1）。検出器をホイルで包んでいる。

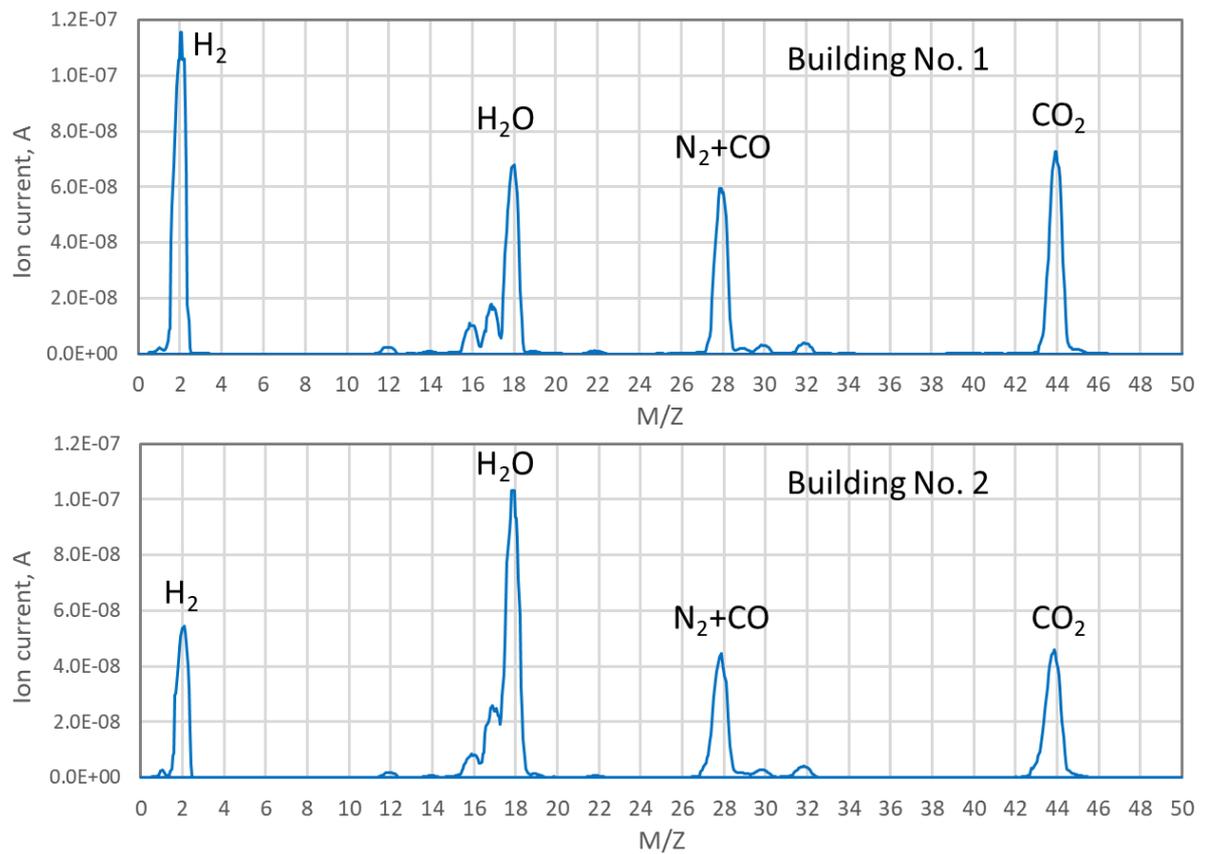


図4 回線1のクライオスタット内の残留ガスの組成。

## (5) 電気試験

第3回冷却試験において、電気関係の試験については、

- ① ケーブルの健全性の確認
- ② 通電安定性の確認とケーブル端末での熱侵入量低減に向けての基礎データの取得の二つを主目的として、表3-4-1に示す各種試験を実施した。

表 3-4-1 第3回冷却試験における電気関係試験の概略

試験項目	目的	内容
静電容量・誘電正接温度特性測定	冷却時のケーブル損傷の有無の監視	初期冷却時の内導体—外導体間（内絶縁）および外導体—シールド間（外絶縁）の温度依存性の測定。設計値と同等であることを確認する。
絶縁抵抗測定	絶縁部が正常に維持されているかの確認	ケーブル内導体—外導体間、外導体—シールド間にDC500Vを1分間印加して絶縁抵抗を測定し、それぞれ0.4MΩ以上であることを確認する。
直流耐電圧試験	ケーブルの絶縁性能の経年変化の確認	ケーブル内導体—外導体間、外導体—シールド間に、それぞれDC600V*、10分間を印加し、絶縁破壊が生じないこと（漏れ電流値 1mA以下）を確認する。
定格電流通電試験	定格5kAが安定に通電できることの確認	70K、40L/minにおいてDC5kAの連続通電（1時間）を実施する。通電中超電導導体電圧、ペルチェ温度を監視し、導体電圧については1μV/cm以下、ペルチェ温度については異常温度上昇がないことを確認する。
分流通電試験	接続部での分流の状況の確認及び熱侵入量低減のための電流リード本数削減の可能性検討のための基礎データの取得	70K、40L/minの定格条件において、外導体電流リード35本のうち5本、内導体電流リード37本のうち7本から電流を導入して分流の状況を貫通型電流センサーにより測定する。
低流量時電流通電試験	液体窒素循環流量を定格の1/10以下にした状況で、通電安定性の確認	冷凍機設定温度70K、流量4L/min以下において3kA-1時間の通電を行い、導体電圧については1μV/cm以下、ペルチェ温度については異常温度上昇がないことを確認する。

### (5-1) 静電容量・誘電正接温度特性測定

ケーブルコアの初期冷却時のケーブルコア損傷の有無の監視のため、内導体－外導体間（内絶縁）および外導体－シールド間（外絶縁）に LCR メーターを取り付け、静電容量  $C_s$  および誘電正接  $\tan \delta$  の計測を行った。

図 3-4-1 に静電容量の温度依存性を示す。ここで、温度はケーブル管両端の温度  $T_{c4}$  と  $T_{c7}$  の平均値とした。第一回及び第二回冷却試験時同様にケーブル管温度が低下するにつれ静電容量が低下し、液体窒素の充填と共に静電容量が上昇し安定していく傾向が確認された。また 70K での値について、3 回の冷却試験での測定値及び設計値を表 3-4-1 に示す。設計値に対してほぼ同等であり、3 回の冷却試験での変化はほとんど見られなかったことから、ケーブルコアが良好であることを確認した。

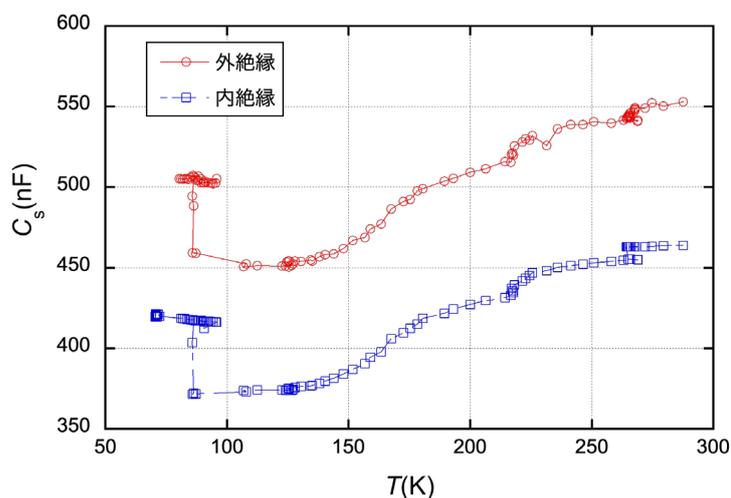


図 3-4-1 初期冷却時の静電容量の温度変化

表 3-4-1 77K における静電容量、 $\tan \delta$  の計測値と設計値の比較

C-tan $\delta$	設計値	第一回 冷却試験	第二回 冷却試験	第三回 冷却試験
内絶縁	399 ~ 417 nF 0.1%程度	422 nF 0.0 ~ 0.2%	425 nF 0.1%以下	420 nF 0.1%程度
外絶縁	513 ~ 537 nF 0.1%程度	510 nF 0.0 ~ 0.2%	510 nF 0.1%以下	505 nF 0.2%程度

## (5-2) 絶縁抵抗試験・直流耐電圧試験

内絶縁（内導体、外導体間の絶縁）、外絶縁（外導体とシールド遮蔽層間の絶縁）にDC電圧を印加し、各電圧での絶縁抵抗試験（DC電圧500V—1分間）および直流耐電圧試験（DC電圧600V—10分間）を実施した。絶縁抵抗試験については、内絶縁（内導体／外導体）は27M $\Omega$ 、外絶縁（シールド／外）は39M $\Omega$ であり、「電気設備に関する技術基準を定める省令第58条」に定める「0.4M $\Omega$ 以上であること」を満たしている。また直流耐電圧試験においては、内絶縁（内導体／外導体）は31 $\mu$ A、外絶縁（シールド／外）は52 $\mu$ Aであり技術基準に定める「1mA以下であること」を満たしている。以上より、ケーブルの絶縁性能について経年劣化及び冷却によるダメージがないことが確認できた。

## (5-3) 定格電流通電試験

超電導ケーブルコアの通電性能を確認するため、標準となる冷凍機設定温度（70K）、窒素流量（40L/min）の下、定格電流（5kA）通電試験を実施した。図3-4-2に示す様に、試験電源（最大電流6kA）を建屋2側に設置し、ペルチェ電流リード（P、N）に接続し、建屋1側ではペルチェ電流リード（P、N）を短絡させることにより、建屋2端末（電源）→外導体→建屋1端末→内導体→建屋2端末（電源）の回路にて通電試験を実施した。

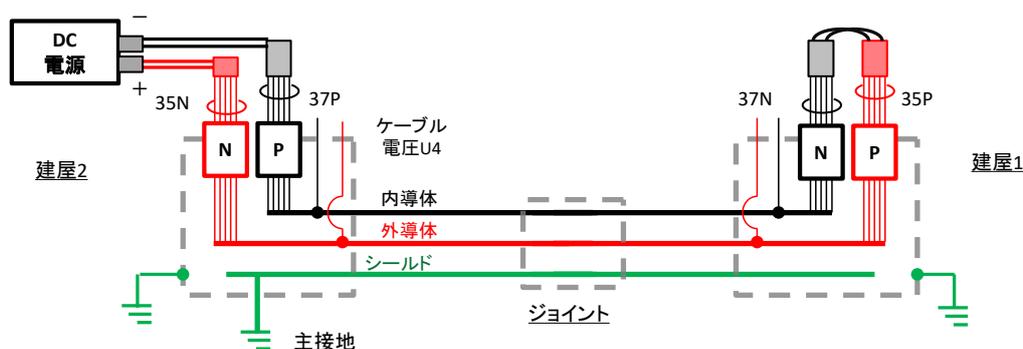


図3-4-2 定格通電試験回路

試験条件は5kA×60分間の通電とした。外導体、内導体ともに5kA通電中において、ケーブル超電導体の両端電圧は1 $\mu$ V/cm以下で超電導状態は維持され、安定に通電できていることを確認した。またペルチェ電流リードの室温部の温度上昇は想定された温度範囲内であり異常はみられなかった。

#### (5-4) 分流通電試験

70K、40L/min の定格条件において、図 3-4-2 の回路で外導体電流リード(N) について 35 本のうち 5 本、内導体電流リード(N)37 本のうち 5 本のみを接続した状態で 500A 通電し、電流リード(N) (正極側)、電流リード(P) (負極側) のそれぞれに取り付けた貫通型電流センサーにより電流分布の測定を行った。図 3-4-3 に結果を示す。上図は内導体電流リード(N) (正極側) の電流値、下図は内導体電流リード (P) (負極側) の電流値である。7N01～37 及び 7P01～37 はそれぞれ PCL 電流リードの番号を示す。5 本の電流リード(7N11、7N13、7N18、7N29、7N34) からケーブルに流れ込んだ電流は中間接続部において、37 本の内導体に分流し、7P01～37 から外部電源に戻る。下の図より、7P09 のみ小さな値を示した他はほぼ等しく、均一に分流されていることが確認された。

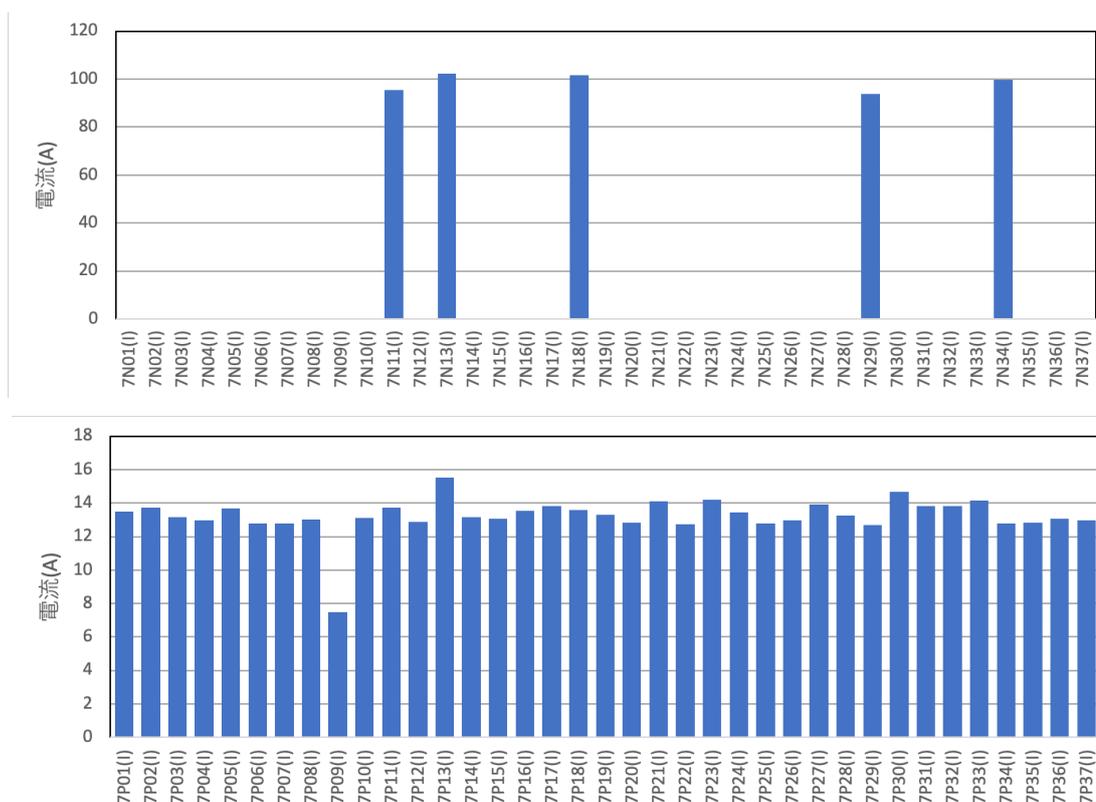


図 3-4-3 分流試験 (500A 通電時) における内導体の各 PCL における電流測定結果  
 上図：内導体電流リード(N) (正極側) の電流値  
 下図：内導体電流リード (P) (負極側) の電流値

#### (5-5) 低流量時電流通電試験

液体窒素循環流量を定格の 1/10 以下の 3.6L/min に落とした状態での通電安定性の確認のため、図 3-4-2 の回路にて 3kA×60 分間の通電試験を行った。3.6L/min は回線 1 で安定に液体窒素循環ができる下限値である。上記流量にお

いては、端末 A（液体窒素入口側）の温度は約 70K、 端末 B（液体窒素出口側）の温度は約 77K となり、ケーブル両端の温度差は約 7 K となる。 通電中は、ケーブル超電導導体の両端電圧は  $1\mu\text{V}/\text{cm}$  以下で超電導状態は維持され、安定に通電できていることを確認した。またペルチェ電流リードの室温部の温度上昇は想定された温度範囲内であり異常はみられなかった。

#### 4. 今後の計画（安全性試験：事故を模擬した過酷試験）

SCDC の実用化には、更なる基礎的な試験研究並びに新たなビジネスモデルの開発のための基礎基盤研究が必要である。今年度の「回線1」再稼働の成功を受けて、来年度以降に石狩施設を利用した安全性試験（事故を模擬した過酷試験を含む）について検討を進める。

過酷試験は METI への事前相談が重要で、試験項目・意義、スケジュール・予算、等を具体化してご了解いただけるようにする。「過酷試験計画 WG」による検討について、(1) 冷却・真空の事故、(2) 高電圧・落雷に関する事故を想定しており、さらに (3) 事故に対応した設計の可能性について検討状況を以下に記す。

##### 4.1. タスク計画

新年度（2022 年度）に準備・改造や予備実験、2023 年度に本格試験となる予定で安全性試験・過酷試験（破壊試験を含む）について計画を具体化する。PCL（ペルチェ電流リード）撤去を新年度の実施項目とすることで合意した。過酷試験は、「回線2」を利用する計画とし、昨年度に全長 1000 m から「250 m」が 2 本に改造されている。過酷試験終了後に、回線2の装置撤去（更地にして返却）する場合のシミュレーションも行う計画とする。

##### (1) 断熱二重管の冷却（内管）・真空（外管）の破壊モード

断熱二重管は、外管が真空状態であり、内管に設置された超電導ケーブルを液体窒素で冷却している。事故の想定では、①外管破壊による真空破壊、②内管の液体窒素漏洩の2つのモードがあり、いずれも一気に起きると考えられる。事故シナリオ、破壊試験の内容、その結果に基づく対応策等についての「体系化」が重要となる。技組の第1期においても事故を想定した検討を行っており、これを踏まえて計画の具体化を図る。

##### ① 外管破壊による真空破壊

真空破壊については、中部大学のテストベンチ（12m）での実験結果があり、これをもとに追加実験を含めた検討を行い、回線2の装置改造を計画する。国内外の企業が自分達の立場に基づいてより興味を持たれると考えられる。

海底ケーブルを想定すると、水が入ったケースを考えておくことが重要である。

## ② 内管の液体窒素漏洩

液体窒素漏洩についてのテストベンチでの実験や回線 2 での実験結果から、シミュレーション手法を確立し一般化して、液体ヘリウムにも応用できれば理想的である。

## (2) 高電圧・落雷対策

SCDC と RE (太陽光発電所や風車) との間の落雷が、施設に伝播する可能性を検討する。2022-2023 年に実施する計画を具体化する予定で、サージを印加する場所と予想のグラウンドデザインを行う。オープン端を開けた試験が重要となる。新年度は、5-6 月に石狩での実験を計画する予定で、学生の教育にも位置づけて実施する。回線 2 での実施を計画しているが、液体窒素冷却や真空の状態でなくても実施できるので、冷凍機のない方がよい。回線 1 については、「地中管路」の特徴を調べておきたいと考えている。

サージは、数 kV・数  $\mu$  sec で、1 kV で伝搬要素がわかる。ステップ波を入れて応答をみる。実施するのはインパルス試験である。超電導ケーブルにインパルスを入れるとわかりやすい。反射波を検出してフーリエ分解をすることで特性がかなりよくわかってくると思われる。まず、どこで絶縁破壊しそうかを調べ、困るところには S P D (耐雷トランス保護) を提案する。配管に落雷したときは、グラウンドとパイプに流れ、中に入る場合もある。

回線 2 の切断端末は「SC ケーブルが切断した状態」であるが問題ないと思われる。30 kV では、1 cm くらいでスパークが起こる。高電圧 (落雷) に弱い部分を想定すると、①フィードスルー、②超電導接続部、③計測部が考えられる。回線 2 の超電導接続部を保管してあり、これを試験に使用することも検討できる。

## (3) 事故に対応できる設計 (ユニット化)

100 km ケーブルで 1 箇所の事故が発生した場合、100 km すべてが使えなくなるのでは社会実装ができない。異常事象の発生時に局所的にダメージを抑える必要がある。例えば、1000km でのトラブル箇所を限定するファイヤーウォールなどが、安全スタンダードになるだろう。「壊れても SCDC を守れるか」、事故に対応できる設計を大切に検討する。

## ●海底ケーブルを想定（海水が入る事故の検討）

海底ケーブルを想定すると、社会実装には「海水が入っても大丈夫」という設計が必要となる。潜れる深さ（約 50 m）から約 5 気圧の水が入る想定となる。水が入った部分はダメになるが、全体をどう守るか。中を区切り遮断するなど、イノベティブな安全装置を考え出すことが重要となる。2 つの考え方を検討する。

① 一定間隔（例えば 500 m）に風車を設け、冷凍機を回す想定的设计を検討しており、ここにフィードスルーを設ける方法でユニット化する。冷却装置の間隔を変化させた場合についても検討を進める（例えば、10 km から 500 m（50 W）に変更して比較する）。フィードスルー処理は、大気に出さずに風車と繋ぐ方法もある（外管の真空層だけを切り、内管の液体窒素は切らない）。壊れるモードを検討した上で、対処方法を考える。

② 既存の送電線を一気に SCDC に置き換えることは困難なので、一定間隔（例えば 500m）ずつ SCDC に置き換えていく設置方法を以前に検討した。延長後に接続部が残り、この部分がユニットの境となる。このような考え方とのマッチングは良い。

500 m ユニットにすることで、事故部分の応急部品での対応が標準化できる。電力会社も、メンテナンスと故障対策ができていると評価であろう。冷凍機が小型化するので、故障時にも車での運搬が可能となる（10km（20kW）の冷凍機では故障時対応が容易でない）。一方、冷凍機は大型化した方が性能が良いので、分散化で冷凍機の台数が増えるとメンテナンスのコストは上がる。距離を最適化する整理が必要となる（トレード・オフ）。石狩「回線 2」（250 m）での過酷試験で十分か検討するため、中部大学のテストスタンド装置で要素試験を活用する。上述の議論を石狩の試験で払拭するような試験研究を目指す。

このように回線 2 での過酷試験は、回線 1 の安全性・信頼性の向上と、新たなビジネスモデル開発に必要なというシナリオで、重要なアウトプットと言える。回線 1 を利用した新たなビジネスモデル開発については、さくらインターネットとの調整検討（実施シナリオ）を進める。

## 5. まとめ

再生可能エネルギー拡大では、発電量を増やしても送電線の空き容量不足に直面し、出力抑制も生じている。台風や地震による送電鉄塔倒壊や広域停電があり、「鉄塔レス」送電による電力レジリエンスも求められる。これらの社会問題を解決するためにも、再生可能エネルギーを送電し、地域カーボンニュートラルのシステム構築を可能とする SCDC 社会実装の意義は大きい。

石狩超電導・直流送電システム技術研究組合は、今年度より中部大学が主体となり（第3期）SCDC 社会実装のための戦略に基づいて試験研究を推進することとなった。「回線1」再稼働を今年度事業のただ一つの柱として、6年間稼働していなかった回線1を再稼働し、装置の健全性を確認するとともに運転に必要なデータを取得した。本報告書に再稼働の実施結果について、冷却試験結果、PCL 試験結果、ガス分析結果、通電試験結果をまとめた。

また、コロナ禍において緊急事態宣言などの状況に留意しながら、これまでより少人数・低コストでの運転を実現することができた。北海道胆振東部地震を体験した装置としても、健全性（真空漏れがなく、再稼働において当初の性能を示せた）が確認できたことで、震災に強いことも示された。

この成果をもとに、来年度より安全性試験（事故を想定した過酷試験を含む）を推進し、SCDC 社会実装に寄与する基礎的な試験研究並びに新たなビジネスモデルの開発のための基礎基盤研究を推進していく計画である。

以上

*S*-SPOT

別冊

# 2021年度「回線1」運転試験日報

石狩超電導・直流送電システム技術研究組合

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報 (速報:ISC タスク配信)

		記入者	イワノフ
日時	2021 年 8 月 30 日(月) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2、中間接続部		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○DM(デイリーミーティング)、建屋 1 にて: 全員(9 時より)</p> <p>① 液体窒素ローリーの受入準備(導入配管): 渡邊、筑本</p> <p>② 冷凍機等の運転準備(バルブ状態チェック等): 渡邊、筑本、(井上)</p> <p>③ チラー準備(循環水(不凍液)追加): 日野、井上</p> <p>④ PCL データ収集システム、ロードセル(接続と信号伝送)のチェック: イワノフ、(日野)</p> <p>⑤ 中間接続部の真空層排気準備: 筑本、朝日、(井上)</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>・液体窒素の導入配管接続を完了。リザーバータンク圧力 0.3~0.45MPa の範囲で調整。①</p> <p>・バルブの開閉状態チェックを完了。一旦、全閉にして確認しながら開作業。②</p> <p>・TB(ターボブレイトンポンプ)を始動(17 時 20 分)。②</p> <p>・チラーは、循環冷却水の液面が低く、水と不凍液(3 対 1 の割合)を追加し、正常レベル。③</p> <p>・PCL データ収集システムの正常動作を確認。建屋 2 との通信確立。④</p> <p>・ロードセルのマルチメーター接続を行い、正しいデータ送信を確認。④</p> <p>・中間接続部に真空排気装置を移設。排気ライン(配管の手前)の排気開始。⑤</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>・計測監視盤は建屋 2 の UPS が故障。建屋 3(回線 2)の UPS を移設して使用した。</p> <p>・明日(3/31)の液体窒素ローリー到着時間が、業者都合で 7:00 に変更(当初、9:00)。 →中部大学メンバー(4 名)が、7:00 前に集合して対応することとした。</p>

以上

## 2021 年度 回線 1(第 3 回)運転試験日報 (速報:ISC タスク配信)

		記入者	イワノフ
日時	2021 年 8 月 31 日(火) [第2日] <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2、中間接続部		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>[AM]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ DM(デイリーミーティング)、建屋 1 にて: 全員(7 時前に事前打合せ)</li> <li>① 液体窒素受入れ(ローリー)7 時~: 渡邊、筑本、井上、朝日</li> <li>② PCL 抵抗測定(7N フランジ): イワノフ、日野→PM 継続作業</li> </ul> <p>[PM]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ISC タスク(13:30~14:00: zoom): 全員(作業継続での現場中継を含む)</li> <li>③ セットアップ(熱負荷測定用ヒーター等): 渡邊</li> <li>④ スターリング冷凍機の起動準備: 渡邊</li> <li>⑤ VJP 排気(各機器の断熱真空確認): 井上、日野、筑本</li> <li>⑥ 端末計測線の配線(はんだ付け): 筑本、朝日</li> <li>⑦ 中間接続部排気作業(ピット立入): 筑本(朝日、井上) ※酸素センサー確認</li> </ul>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・液体窒素の導入完了(ミニループ)。LN2 ローリー7時到着。導入フランジ交換作業後。①</li> <li>・PCL 抵抗測定は、建屋1側の完了。建屋 2 側は明日実施。②</li> <li>・VJP 排気を開始(継続)。明日の作業完了を目指す。⑤</li> <li>・建屋1側端末計測線のコネクタのはんだ付けが完了。明日は建屋 2 側。⑥</li> <li>・中間接続部は、配管手前まで排気(準備作業完了)。明日、配管排気を実施予定。⑦</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スモールループ循環を始動(18:00)。流量 14.6L/min、設定温度 70K、設定回転数 2000rpm。</li> <li>・計測監視盤: データ収集システムの通信ルーチンプログラム更新完了(インストール)。調整中。</li> <li>・終業時ミーティング(18 時頃)、回線 1 建屋 1 にて作業報告、予定確認。</li> </ul>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>セットアップ(ヒーター等)→明日(9/1)</p> <p>スターリング冷凍機: 起動時にエラーメッセージ →メーカーに相談中。</p>

以上

## 2021年度「回線1」(第3回)運転試験日報(速報:ISCタスク配信)

		記入者	イワノフ
日時	2021年9月1日(水) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋1、建屋2、中間接続部		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 全員(8時半より、建屋1にて)</p> <p>① TB試験(冷凍能力測定): 渡邊 ※循環停止に注意。流量計を常時確認(全員)</p> <p>② 中間接続部の真空排気: 筑本、朝日、(井上)</p> <p>③ 端末計測ラック(はんだ付け): 筑本、朝日 ※建屋2側</p> <p>④ VJP真空排気: 日野、井上、(説明:渡邊)</p> <p>⑤ PCL抵抗測定(建屋2): イワノフ、日野</p> <p>⑥ ST起動準備: 渡邊</p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認: 重点地区は、中間接続部(マンホール)②、およびピット内③⑤ ※感電注意(ヒーター電源)①</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>・TBの冷凍能力測定が完了。データ整理は後日。①</p> <p>・中間接続部の真空排気を開始(進行中)。真空度: <math>1.8 \times 10^{-2}</math> Pa(16時)。②</p> <p>・建屋2側の計測ラック(はんだ付け)は進行中。明日(9/2)も継続実施。③</p> <p>・VJP真空排気: 冷却対象(スモールループ)で基準値以下(テレダインで0 Torr)を確認。④</p> <p>・PCL抵抗測定は、建屋2側の半分(7Pフランジ)が完了。残り(5Nフランジ)を明日実施。⑤</p> <p>※レンタル品の返却準備(墨、井上)。9月末までに全品返却予定でリスト確認(筑本・朝日)。 ※回線2の防犯検討。セコムに見積り依頼し、午前中に現場確認に立会い(井上)。</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>・スターリング冷凍機: 起動時にエラーメッセージ → メーカーに相談中。⑥</p> <p>・VJP真空排気: スモールループ以外の箇所は全長冷却後に確認(必要があれば真空排気)。④</p> <p>※本島技組理事長の石狩出張は9/7(火)~9(木)。</p>

[補足説明](略語)

1)TB(ターボブレイトン冷凍機)、ST(スターリング冷凍機)

2)VJP(真空断熱配管)→機器・配管ごとの断熱真空(真空度)を確認し、必要があれば真空排気。

3)PCL(ペルチェ電流リード): 端末(建屋1・建屋2)ごとに、n型(35端子)・p型(35端子)。

以上

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報 (速報:ISC タスク配信)

		記入者	イワノフ、筑本
日時	2021 年 9 月 2 日(水) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2、中間接続部		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 全員(8時半より、建屋 1 にて)</p> <p>① スモールループ試験; 渡邊: TB 部分負荷試験</p> <p>② 予冷準備: 渡邊: 予冷機、窒素導入配管廻りの確認 朝日: 予冷機の配線 筑本: 中間接続部圧力計(Pc2)交換</p> <p>③ 中間接続部排気: 筑本 (井上、朝日): 排気ポンプ取外し</p> <p>④ 端末の計測線: 朝日、筑本: コネクターへの端子取り付け(完了)</p> <p>⑤ PCL 抵抗測定: イワノフ: 建屋 2 側 5N フランジの抵抗測定完了 日野、井上: PCL のバスバーへの接続復旧(AM に建屋 1、PM に建屋 2)</p> <p>⑥ 計測監視盤: データ収集システムの更新完了(インストール)。作動確認済。</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>・スモールループ試験(TB 部分負荷試験)完了。データ整理中①</p> <p>・中間接続部の真空排気: 真空度: <math>1.7 \times 10^{-2}</math> Pa で完了。③</p> <p>・PCL 抵抗測定完了。5N フランジの PCL の抵抗値異常なし ⑤</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>ST: 過負荷エラー発生 → 対応をメーカーに相談中。 レンタル品の返却担当の確認 → 筑本が返却対応。</p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認: 重点地区は、中間接続部(マンホール)②、およびピット内③④ ※感電注意(ヒーターの電源)</p>

[補足説明](略語)

- 1) TB(ターボブレイトン冷凍機)、ST(スターリング冷凍機)
- 2) VJP(真空断熱配管) → 機器・配管ごとの断熱真空(真空度)を確認し、必要があれば真空排気。
- 3) PCL(ペルチェ電流リード): 端末(建屋 1・建屋 2)ごとに、n/p 型(35端子)・p/n 型(37端子)。

以上

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 3 日(水) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2、中間接続部		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容																																	
1	<b>実施概要</b> ○ DM(デイリーミーティング): 10 時 ① スモールループ試験; ST 試運転、過負荷エラー解消しないため ST 性能測定は中止。 ② 初期冷却・循環起動 (ア) 予冷準備: バルブの開閉状況確認(建屋2側) (イ) GN2 導入(予冷):GN2 導入 16:00 開始 予冷機出口温度設定 ケーブル管: -50°C、リターン管: -50°C 予冷機 LN2 流量設定 ケーブル管: 4L/min、リターン管: 3L/min ③ 静電容量測定・誘電正接温度特性測定 準備(LCR メータ接続、データ自動収集セットアップ)、測定開始																																	
2	<b>試験結果、計測データ</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">測定時刻</th> <th>17:00</th> <th>20:00(引継時)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ケーブル管温度</td> <td>Tc1(端末 A)</td> <td>283.3 K</td> <td>224.5 K</td> </tr> <tr> <td>Tc4(ケーブル管 A 側)</td> <td>296.7 K</td> <td>259.8 K</td> </tr> <tr> <td>Tc7(ケーブル管 B 側)</td> <td>293.5 K</td> <td>289.7 K</td> </tr> <tr> <td>Tc10(端末 B)</td> <td>296.0 K</td> <td>292.9 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">リターン管温度</td> <td>Tr2(リターン管 A 側)</td> <td>252.2 K</td> <td>226.8 K</td> </tr> <tr> <td>Tr5(リターン管 B 側)</td> <td>291.5 K</td> <td>288.5 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">端末張力</td> <td>端末 A</td> <td>-48.8 kgf</td> <td>+41.3 kgf</td> </tr> <tr> <td>端末 B</td> <td>-86.5 kgf</td> <td>-75.3 kgf</td> </tr> </tbody> </table>			測定時刻		17:00	20:00(引継時)	ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	283.3 K	224.5 K	Tc4(ケーブル管 A 側)	296.7 K	259.8 K	Tc7(ケーブル管 B 側)	293.5 K	289.7 K	Tc10(端末 B)	296.0 K	292.9 K	リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	252.2 K	226.8 K	Tr5(リターン管 B 側)	291.5 K	288.5 K	端末張力	端末 A	-48.8 kgf	+41.3 kgf	端末 B	-86.5 kgf	-75.3 kgf
測定時刻		17:00	20:00(引継時)																															
ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	283.3 K	224.5 K																															
	Tc4(ケーブル管 A 側)	296.7 K	259.8 K																															
	Tc7(ケーブル管 B 側)	293.5 K	289.7 K																															
	Tc10(端末 B)	296.0 K	292.9 K																															
リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	252.2 K	226.8 K																															
	Tr5(リターン管 B 側)	291.5 K	288.5 K																															
端末張力	端末 A	-48.8 kgf	+41.3 kgf																															
	端末 B	-86.5 kgf	-75.3 kgf																															
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b> レンタル品の返却担当の確認→筑本が返却対応。  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">安全</div> ※酸素濃度確認: 重点地区は、中間接続部(マンホール)②、およびピット内③④ ※感電注意(ヒーターの電源)																																	

[補足説明](略語)

1)TB(ターボブレイトン冷凍機)、ST(スターリング冷凍機)

以上

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報 (速報:ISC タスク配信)

		記入者	イワノフ
日時	2021 年 9 月 3 日(水) <input type="checkbox"/> 日勤 <input checked="" type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input type="checkbox"/> 日野 <input type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容																																	
1	<b>実施概要</b> ○ 引継ぎデイリーミーティング: 井上、筑本、渡邊、イワノフ(20 時) ① 初期冷却・循環起動 GN2 導入(予冷)中 予冷機出口温度設定 ケーブル管: -50°C、リターン管: -50°C 予冷機 LN2 流量設定 ケーブル管: 4L/min、リターン管: 3L/min 予冷中監視項目(温度、予冷機流量、端末張力等)の記録 予冷昇温装置の凍結防止(放熱フィンの霜取りなど、随時) ② 静電容量・誘電正接温度特性測定																																	
2	<b>試験結果、計測データ</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">測定時刻</th> <th>20:00</th> <th>翌 8:00(引継時)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ケーブル管温度</td> <td>Tc1(端末 A)</td> <td>224.5 K</td> <td>239.5 K</td> </tr> <tr> <td>Tc4(ケーブル管 A 側)</td> <td>259.8 K</td> <td>242.6 K</td> </tr> <tr> <td>Tc7(ケーブル管 B 側)</td> <td>289.7 K</td> <td>286.5 K</td> </tr> <tr> <td>Tc10(端末 B)</td> <td>292.9 K</td> <td>288.3 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">リターン管温度</td> <td>Tr2(リターン管 A 側)</td> <td>226.8 K</td> <td>236.3 K</td> </tr> <tr> <td>Tr5(リターン管 B 側)</td> <td>288.5 K</td> <td>244.8 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">端末張力</td> <td>端末 A</td> <td>+41.3 kgf</td> <td>+71.8 kgf</td> </tr> <tr> <td>端末 B</td> <td>-75.3 kgf</td> <td>-54.2 kgf</td> </tr> </tbody> </table>			測定時刻		20:00	翌 8:00(引継時)	ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	224.5 K	239.5 K	Tc4(ケーブル管 A 側)	259.8 K	242.6 K	Tc7(ケーブル管 B 側)	289.7 K	286.5 K	Tc10(端末 B)	292.9 K	288.3 K	リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	226.8 K	236.3 K	Tr5(リターン管 B 側)	288.5 K	244.8 K	端末張力	端末 A	+41.3 kgf	+71.8 kgf	端末 B	-75.3 kgf	-54.2 kgf
測定時刻		20:00	翌 8:00(引継時)																															
ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	224.5 K	239.5 K																															
	Tc4(ケーブル管 A 側)	259.8 K	242.6 K																															
	Tc7(ケーブル管 B 側)	289.7 K	286.5 K																															
	Tc10(端末 B)	292.9 K	288.3 K																															
リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	226.8 K	236.3 K																															
	Tr5(リターン管 B 側)	288.5 K	244.8 K																															
端末張力	端末 A	+41.3 kgf	+71.8 kgf																															
	端末 B	-75.3 kgf	-54.2 kgf																															
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b> <input type="checkbox"/> 安全 ※酸素濃度確認: 重点地区は、中間接続部(マンホール)、およびピット内 ※熱交換器のファン(羽根)に接触注意																																	

[補足説明](略語)

1) TB(ターボプレートン冷凍機)、ST(スターリング冷凍機)

以上

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 4 日(水) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2、中間接続部		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容																																
1	<b>実施概要</b> ○ DM(デイリーミーティング): 8 時(引継) ① スモールループ試験 ② 初期冷却・循環起動 GN2 導入(予冷)中 ・LN2 ローリー供給圧力 当初 0.35MPa→0.5MPa に変更 ・予冷機出口温度設定 ケーブル管: -50°C→-80°C(13:34 変更)→-100°C(18:15 変更) リターン管: -50°C→-80°C(16:36 変更)→-100°C(18:15 変更) ・予冷機 LN2 流量設定 ケーブル管: 4L/min、リターン管: 3L/min ・端末張力の監視 管理値 1000kgf ※午前中の LN2 ローリー交替時に継手の接続に手間取り一時予冷を中断。12:55 に再開。 その後順調に予冷が進行。 ③ 静電容量測定・誘電正接温度特性測定(自動測定中)																																
2	<b>試験結果、計測データ</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>測定時刻</th> <th>8:00</th> <th>20:00(引継時)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ケーブル管温度</td> <td>Tc1(端末 A)</td> <td>239.5 K</td> <td>181.2 K</td> </tr> <tr> <td>Tc4(ケーブル管 A 側)</td> <td>242.6 K</td> <td>208.5 K</td> </tr> <tr> <td>Tc7(ケーブル管 B 側)</td> <td>286.5 K</td> <td>274.1 K</td> </tr> <tr> <td>Tc10(端末 B)</td> <td>288.3 K</td> <td>281.9 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">リターン管温度</td> <td>Tr2(リターン管 A 側)</td> <td>236.3 K</td> <td>186.5 K</td> </tr> <tr> <td>Tr5(リターン管 B 側)</td> <td>244.8 K</td> <td>250.8 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">端末張力</td> <td>端末 A</td> <td>+71.8 kgf</td> <td>+68.5 kgf</td> </tr> <tr> <td>端末 B</td> <td>-54.2 kgf</td> <td>-40.2 kgf</td> </tr> </tbody> </table>			測定時刻	8:00	20:00(引継時)	ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	239.5 K	181.2 K	Tc4(ケーブル管 A 側)	242.6 K	208.5 K	Tc7(ケーブル管 B 側)	286.5 K	274.1 K	Tc10(端末 B)	288.3 K	281.9 K	リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	236.3 K	186.5 K	Tr5(リターン管 B 側)	244.8 K	250.8 K	端末張力	端末 A	+71.8 kgf	+68.5 kgf	端末 B	-54.2 kgf	-40.2 kgf
測定時刻	8:00	20:00(引継時)																															
ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	239.5 K	181.2 K																														
	Tc4(ケーブル管 A 側)	242.6 K	208.5 K																														
	Tc7(ケーブル管 B 側)	286.5 K	274.1 K																														
	Tc10(端末 B)	288.3 K	281.9 K																														
リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	236.3 K	186.5 K																														
	Tr5(リターン管 B 側)	244.8 K	250.8 K																														
端末張力	端末 A	+71.8 kgf	+68.5 kgf																														
	端末 B	-54.2 kgf	-40.2 kgf																														
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b> 使用済み機器等の返送(担当の確認) <input type="checkbox"/> 安全 ※酸素濃度確認:ピット内作業、予冷昇温機周辺の頭上・足元配管注意																																

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報 (速報:ISC タスク配信)

		記入者	イワノフ
日時	2021 年 9 月 4 日(土) <input type="checkbox"/> 日勤 <input checked="" type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input type="checkbox"/> 日野 <input type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容																																	
1	<b>実施概要</b> ○ 引継ぎデイリーミーティング: 井上、渡邊、筑本、イワノフ(20 時) ① スモールループ試験 ② 初期冷却・循環起動 GN2 導入(予冷)中 予冷機出口温度設定 ケーブル管:−100°C、リターン管:−100°C 予冷機 LN2 流量設定 ケーブル管:4L/min、リターン管:3L/min 予冷中監視項目(温度、予冷機流量、端末張力等)の記録 予冷昇温装置の凍結防止(熱交換器フィンの霜取りなど、随時) 端末張力の監視 管理値 1000kgf ③ 静電容量・誘電正接温度特性測定(自動測定中) ※4:30 ローリー到着。5:10 まで交換作業。																																	
2	<b>試験結果、計測データ</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">測定時刻</th> <th>20:00</th> <th>翌 8:00(引継時)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ケーブル管温度</td> <td>Tc1(端末 A)</td> <td>181.2 K</td> <td>183.0 K</td> </tr> <tr> <td>Tc4(ケーブル管 A 側)</td> <td>208.5 K</td> <td>187.1 K</td> </tr> <tr> <td>Tc7(ケーブル管 B 側)</td> <td>274.1 K</td> <td>241.7 K</td> </tr> <tr> <td>Tc10(端末 B)</td> <td>281.9 K</td> <td>251.8 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">リターン管温度</td> <td>Tr2(リターン管 A 側)</td> <td>186.5 K</td> <td>183.2 K</td> </tr> <tr> <td>Tr5(リターン管 B 側)</td> <td>250.8 K</td> <td>181.0 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">端末張力</td> <td>端末 A</td> <td>+68.5 kgf</td> <td>+101 kgf</td> </tr> <tr> <td>端末 B</td> <td>−40.2 kgf</td> <td>−30.2 kgf</td> </tr> </tbody> </table>			測定時刻		20:00	翌 8:00(引継時)	ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	181.2 K	183.0 K	Tc4(ケーブル管 A 側)	208.5 K	187.1 K	Tc7(ケーブル管 B 側)	274.1 K	241.7 K	Tc10(端末 B)	281.9 K	251.8 K	リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	186.5 K	183.2 K	Tr5(リターン管 B 側)	250.8 K	181.0 K	端末張力	端末 A	+68.5 kgf	+101 kgf	端末 B	−40.2 kgf	−30.2 kgf
測定時刻		20:00	翌 8:00(引継時)																															
ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	181.2 K	183.0 K																															
	Tc4(ケーブル管 A 側)	208.5 K	187.1 K																															
	Tc7(ケーブル管 B 側)	274.1 K	241.7 K																															
	Tc10(端末 B)	281.9 K	251.8 K																															
リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	186.5 K	183.2 K																															
	Tr5(リターン管 B 側)	250.8 K	181.0 K																															
端末張力	端末 A	+68.5 kgf	+101 kgf																															
	端末 B	−40.2 kgf	−30.2 kgf																															
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b> <input type="checkbox"/> 安全 ※酸素濃度確認:ピット内作業、予冷昇温機周辺の頭上・足元配管注意																																	

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	渡邊
日時	2021 年 9 月 5 日(日) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> イワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容																																	
1	<b>実施概要</b> ○ DM(デイリーミーティング): 8 時(引継) ① 初期冷却・循環起動 GN2 導入(予冷)中 ・LN2 ローリー供給圧力 0.5 MPa→0.52 MPa に変更 ・予冷機出口温度設定 ケーブル管: -100 °C→-130 °C(8:11 変更)→-160 °C(11:45 変更) リターン管: -100 °C→-130 °C(8:11 変更)→-160 °C(11:45 変更) ・予冷機 LN2 流量設定 ケーブル管: 4 L/min、リターン管: 3 L/min ・端末張力の監視 管理値 1000 kgf (800 kgf でストッパーを外す)																																	
2	<b>試験結果、計測データ</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">測定時刻</th> <th>9:00</th> <th>20:00(引継時)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ケーブル管温度</td> <td>Tc1(端末 A)</td> <td>154.8 K</td> <td>118.9 K</td> </tr> <tr> <td>Tc4(ケーブル管 A 側)</td> <td>177.1 K</td> <td>130.0 K</td> </tr> <tr> <td>Tc7(ケーブル管 B 側)</td> <td>235.6 K</td> <td>187.9 K</td> </tr> <tr> <td>Tc10(端末 B)</td> <td>247.9 K</td> <td>198.8 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">リターン管温度</td> <td>Tr2(リターン管 A 側)</td> <td>156.8 K</td> <td>125.0 K</td> </tr> <tr> <td>Tr5(リターン管 B 側)</td> <td>184.8 K</td> <td>139.6 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">端末張力</td> <td>端末 A</td> <td>+106.8 kgf</td> <td>+392 kgf</td> </tr> <tr> <td>端末 B</td> <td>-34.9 kgf</td> <td>+15.0 kgf</td> </tr> </tbody> </table>			測定時刻		9:00	20:00(引継時)	ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	154.8 K	118.9 K	Tc4(ケーブル管 A 側)	177.1 K	130.0 K	Tc7(ケーブル管 B 側)	235.6 K	187.9 K	Tc10(端末 B)	247.9 K	198.8 K	リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	156.8 K	125.0 K	Tr5(リターン管 B 側)	184.8 K	139.6 K	端末張力	端末 A	+106.8 kgf	+392 kgf	端末 B	-34.9 kgf	+15.0 kgf
測定時刻		9:00	20:00(引継時)																															
ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	154.8 K	118.9 K																															
	Tc4(ケーブル管 A 側)	177.1 K	130.0 K																															
	Tc7(ケーブル管 B 側)	235.6 K	187.9 K																															
	Tc10(端末 B)	247.9 K	198.8 K																															
リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	156.8 K	125.0 K																															
	Tr5(リターン管 B 側)	184.8 K	139.6 K																															
端末張力	端末 A	+106.8 kgf	+392 kgf																															
	端末 B	-34.9 kgf	+15.0 kgf																															
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b>  <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">安全</div> ※酸素濃度確認:ピット内作業、予冷昇温機周辺の頭上・足元配管注意																																	

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報 (速報:ISC タスク配信)

		記入者	イワノフ
日時	2021 年 9 月 5 日(日) <input type="checkbox"/> 日勤 <input checked="" type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input type="checkbox"/> 日野 <input type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容																																	
1	<b>実施概要</b> ○ 引継ぎデイリーミーティング: 井上、渡邊、イワノフ(20 時) ① スモールループ試験 ② 初期冷却・循環起動 GN2 導入(予冷)中 予冷機出口温度設定 ケーブル管:−160°C、リターン管:−160°C 予冷機 LN2 流量設定 ケーブル管:4L/min、リターン管:3L/min 予冷中監視項目(温度、予冷機流量、端末張力等)の記録 予冷昇温装置の凍結防止(熱交換器フィンの霜取りなど、随時) 端末張力の監視 管理値 1000kgf ③ 静電容量・誘電正接温度特性測定(自動測定中) ※3:40 ローリー到着。4:05 まで交換作業。																																	
2	<b>試験結果、計測データ</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">測定時刻</th> <th>20:00</th> <th>翌 8:00(引継時)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ケーブル管温度</td> <td>Tc1(端末 A)</td> <td>118.9 K</td> <td>107.8 K</td> </tr> <tr> <td>Tc4(ケーブル管 A 側)</td> <td>130.0 K</td> <td>116.3 K</td> </tr> <tr> <td>Tc7(ケーブル管 B 側)</td> <td>187.9 K</td> <td>134.9 K</td> </tr> <tr> <td>Tc10(端末 B)</td> <td>198.8 K</td> <td>143.5 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">リターン管温度</td> <td>Tr2(リターン管 A 側)</td> <td>125.0 K</td> <td>98.6 K</td> </tr> <tr> <td>Tr5(リターン管 B 側)</td> <td>139.6 K</td> <td>98.2 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">端末張力</td> <td>端末 A</td> <td>+392 kgf</td> <td>+557 kgf</td> </tr> <tr> <td>端末 B</td> <td>+15.0 kgf</td> <td>+503 kgf</td> </tr> </tbody> </table>			測定時刻		20:00	翌 8:00(引継時)	ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	118.9 K	107.8 K	Tc4(ケーブル管 A 側)	130.0 K	116.3 K	Tc7(ケーブル管 B 側)	187.9 K	134.9 K	Tc10(端末 B)	198.8 K	143.5 K	リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	125.0 K	98.6 K	Tr5(リターン管 B 側)	139.6 K	98.2 K	端末張力	端末 A	+392 kgf	+557 kgf	端末 B	+15.0 kgf	+503 kgf
測定時刻		20:00	翌 8:00(引継時)																															
ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	118.9 K	107.8 K																															
	Tc4(ケーブル管 A 側)	130.0 K	116.3 K																															
	Tc7(ケーブル管 B 側)	187.9 K	134.9 K																															
	Tc10(端末 B)	198.8 K	143.5 K																															
リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	125.0 K	98.6 K																															
	Tr5(リターン管 B 側)	139.6 K	98.2 K																															
端末張力	端末 A	+392 kgf	+557 kgf																															
	端末 B	+15.0 kgf	+503 kgf																															
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b> <input type="checkbox"/> 安全 ※酸素濃度確認:ピット内作業、予冷昇温機周辺の頭上・足元配管注意																																	

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	渡邊
日時	2021 年 9 月 6 日(月) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input type="checkbox"/> 日野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容																																
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 8 時(引継)</p> <p>① 初期冷却・循環起動</p> <p>LN2 導入(建屋 1→ケーブル管→建屋 2→リターン管→建屋 1の経路で冷却)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 13:29 V101A より本体に LN2 導入開始</li> <li>➢ 18:00 LN2 建屋 2 到達</li> <li>➢ 20:43 LN2 建屋 1 到達</li> <li>➢ ケーブル管理値 1000 kgf を超えそうだったため、建屋 1、2 の端末を動かした。</li> </ul> <p>循環起動</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 循環起動失敗、翌日に繰越</li> <li>➢ 原因: 既に起動していたスモールループ(冷凍機システム)にケーブル側を接続しようとしたため、両者間の LN2 圧力差により、スモールループの LN2 のほぼ全てがケーブル側に流出し、循環ポンプの効果がなくなり、循環停止に至った。ローリーからの LN2 供給を受ける決断が遅れた。</li> <li>➢ 対策: ①予冷をスモールループとケーブル側一体として行い、両者を均圧できる予冷方法を採用する。②循環起動をする際には、最初にスモールループとケーブル側を接続し、両者を接続し均圧する。③常に LN2 供給を受けられる体制を準備する。</li> </ul>																																
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>測定時刻</th> <th>8:00(引継時)</th> <th>13:00(導入前)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ケーブル管温度</td> <td>Tc1(端末 A)</td> <td>107.8 K</td> <td>122.3 K</td> </tr> <tr> <td>Tc4(ケーブル管 A 側)</td> <td>116.3 K</td> <td>124.7 K</td> </tr> <tr> <td>Tc7(ケーブル管 B 側)</td> <td>134.9 K</td> <td>128.5 K</td> </tr> <tr> <td>Tc10(端末 B)</td> <td>143.5 K</td> <td>136.7 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">リターン管温度</td> <td>Tr2(リターン管 A 側)</td> <td>98.6 K</td> <td>122.9 K</td> </tr> <tr> <td>Tr5(リターン管 B 側)</td> <td>98.2 K</td> <td>124.6 K</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">端末張力</td> <td>端末 A</td> <td>+557 kgf</td> <td>+462 kgf</td> </tr> <tr> <td>端末 B</td> <td>+503 kgf</td> <td>+616 kgf</td> </tr> </tbody> </table>			測定時刻	8:00(引継時)	13:00(導入前)	ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	107.8 K	122.3 K	Tc4(ケーブル管 A 側)	116.3 K	124.7 K	Tc7(ケーブル管 B 側)	134.9 K	128.5 K	Tc10(端末 B)	143.5 K	136.7 K	リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	98.6 K	122.9 K	Tr5(リターン管 B 側)	98.2 K	124.6 K	端末張力	端末 A	+557 kgf	+462 kgf	端末 B	+503 kgf	+616 kgf
測定時刻	8:00(引継時)	13:00(導入前)																															
ケーブル管温度	Tc1(端末 A)	107.8 K	122.3 K																														
	Tc4(ケーブル管 A 側)	116.3 K	124.7 K																														
	Tc7(ケーブル管 B 側)	134.9 K	128.5 K																														
	Tc10(端末 B)	143.5 K	136.7 K																														
リターン管温度	Tr2(リターン管 A 側)	98.6 K	122.9 K																														
	Tr5(リターン管 B 側)	98.2 K	124.6 K																														
端末張力	端末 A	+557 kgf	+462 kgf																														
	端末 B	+503 kgf	+616 kgf																														

3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>循環起動できなかったので明日再度試みる。</p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意</p>
---	---

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	渡邊
日時	2021 年 9 月 7 日(火) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> 伊ワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<b>実施概要</b> ○ DM(デイリーミーティング): 8 時 30 分 ① 循環起動 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 循環開始</li> <li>➢ 循環停止中にスモールループとケーブル側を接続し均圧後、ローリーから LN2 供給を受けながら循環起動。TB はスタンバイモード。</li> </ul>
2	<b>試験結果、計測データ</b>
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b> 液体窒素温度が高いので、早く冷やすために ST を起動して ST 側も利用。TB 側 33.6 L/min ST 側 25.3 L/min。液体窒素が冷えたら TB をスタンバイモードからサブクールモードに切り替える。 TB がサブクールモードに入ったら ST は切り離す。 <b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意

## 2021年度「回線1」(第3回)運転試験日報

		記入者	イワノフ
日時	2021年9月8日(水) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋1、建屋2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 本島 <input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input checked="" type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野	
	さくらインターネット	<input type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9時</p> <p>① サブクール ON 渡邊 40 l/min, 5700 rpm</p> <p>② 冷却後 PCL 抵抗測定 建屋2の5N 完了 イワノフ、日野</p> <p>③ 静電容量・誘電正接温度特性測定 (17時～ 自動測定) イワノフ</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>5N のペルチェ素子抵抗は <math>0.37 \pm 0.10 \text{m}\Omega</math></p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>・渡邊教授が通勤時に怪我。「転んで救急搬送される」と救急車到着前の電話(8:13 井上受)。総務に連絡。病院不明(治療中か、意識不明か)。救急センター等へ搬送先を問合せも不明。事務(武藤さん)に本人が「顔を切って縫う怪我。入院は不要」と連絡。病院不明で連絡つかず。事務局長より病院に同伴者をつける指示。本人連絡で病院判明、井上が車で迎えに行く。転倒時に顎をうち、顔を縫う怪我。骨折・脳内の出血なし。病院で労災に必要な手続きを行う。本人の状態と意思を確認し、石狩施設へ移動。作業(サブクール ON)を行い、名古屋に帰宅。石狩施設から新千歳空港まで本島理事が同行。中部国際空港から自宅に墨次長が車で送る。</p> <p>・PCL 抵抗測定 建屋2の7P→明日</p> <p><span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">安全</span> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意</p>

## 2021年度「回線1」(第3回)運転試験日報

		記入者	イワノフ
日時	2021年9月9日(木) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋1、建屋2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 本島 <input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 奥野 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容									
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9時</p> <p>① 熱侵入量測定・圧力損失測定 8:40~ 35 l/min, 5000 rpm 18:00~ 30 l/min, 4200 rpm</p> <p>② 予冷昇温機片付け</p> <p>③ 冷却後 PCL 抵抗測定 建屋2の7P 完了、建屋1の5P 約半分</p> <p>④ 静電容量・誘電正接温度特性測定 (周波数依存性)</p>									
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>・7Pのペルチェ素子抵抗は <math>0.38 \pm 0.11 \text{m}\Omega</math></p> <p>・静電容量測定結果(速報値)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>設計値(77K)</th> <th>計測値(70K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>内絶縁</td> <td>399-417nF</td> <td>420nF 程度</td> </tr> <tr> <td>外絶縁</td> <td>513-537nF</td> <td>480nF~670nF 程度</td> </tr> </tbody> </table> <p>外絶縁については、ノイズの影響が大きく値のばらつきが大きい、設計値をほぼ満たしていると判断(詳細については、データ整理中)</p>		設計値(77K)	計測値(70K)	内絶縁	399-417nF	420nF 程度	外絶縁	513-537nF	480nF~670nF 程度
	設計値(77K)	計測値(70K)								
内絶縁	399-417nF	420nF 程度								
外絶縁	513-537nF	480nF~670nF 程度								
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>PCL 抵抗測定 マルチメータの故障による→明日</p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意</p>									

## 2021年度「回線1」(第3回)運転試験日報

		記入者	イワノフ
日時	2021年9月10日(金) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋1		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 奥野 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input checked="" type="checkbox"/> イワノフ	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<b>実施概要</b> ○ DM(デイリーミーティング): 9時 ① 熱侵入量測定・圧力損失測定 8:30~ 25 l/min, 3500 rpm (24h) ② 冷却後 PCL 抵抗測定 建屋1の5P, 7N 完了 ③ DC 電源準備作業、絶縁抵抗測定・直流耐電圧測定準備(手順確認) ④ 中部大学に返送機材の梱包等片付け作業
2	<b>試験結果、計測データ</b> 5P のペルチェ素子抵抗は $0.36 \pm 0.08 \text{m}\Omega$ 7N のは $0.35 \pm 0.04 \text{m}\Omega$
3	<b>懸案事項(残件・異常等)</b> マルチメータの故障により、データ収集システムから取り込んだファイルを手動で整理する <b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 11 日(土) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ	
	さくらインターネット	<input type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 奥野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9 時</p> <p>① 熱侵入量試験・圧力損失試験 9/10 18 時~9/11 18 時 20L/min(3000rpm)、18 時すぎに 40L/min に切替(終了)</p> <p>② 絶縁抵抗測定(500V-1 分間)</p> <p>③ 直流耐電圧試験(600V-10 分間)</p> <p>④ 通電試験準備(DC 直流電源試運転、端末計測系の確認)</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>②絶縁抵抗測定 内絶縁評価(内導体/外導体) 27MΩ、外絶縁評価(シールド/外) 39MΩ →技術基準 0.4MΩ 以上であること(合格)</p> <p>③直流耐電圧試験 内絶縁評価(内導体/外導体) 31μA、外絶縁評価(シールド/外) 52μA → 規格 1mA 以下であること(合格)</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>⑤ DC 直流電源のセーフティーロックの解除法の確認 端末計測について、いくつか計測値がおかしなものがある→翌日の午前中にコネクタ等確認</p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意 ※感電注意(電気試験後、ケーブルにアース設置すること)</p>

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 12 日(日) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 奥野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9 時</p> <p>定格通電試験(定格電流容量 5kA)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試験準備(電流ケーブルの接続、計測系の確認)</li> <li>・直流電源の使用法確認(インターロック解除の確認、試験通電)</li> <li>・通電試験 500A、1kA、2kA、3kA</li> </ul>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>条件: 70K、40L/min</p> <p>試験電流: 500A、1kA、2kA、3kA (電流掃引速度 50A/sec、保持時間 10 分)</p> <p>いずれも成功裏に終了</p> <p>明日、4kA、5kA を実施。</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意</p> <p>※感電注意(電気試験後、ケーブルにアース設置すること)</p>

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 13 日(月) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ノフ <input type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 奥野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9 時</p> <p>(1) 定格通電試験(定格電流容量 5kA)</p> <p>①4kA—10 分(試通電)、②5kA—1 時間(定格通電試験)、 ③1kA—1 時間(→分流試験、低流量時通電試験との比較のため)</p> <p>※PCL の排熱を良くして温度上昇を抑えるため、扇風機で風を送って空冷を実施</p> <p>(2) 分流試験</p> <p>N 型 PCL(上流側)を 1 部取りはずしての通電試験</p> <p><u>パターン 1</u> 外導体 14/35 本(外導体 1 層目 7/17、2 層目 7/18 内導体 14/37 本(内導体 1 層目 4/12、2 層目 4/12、3 層目 6/13)</p> <p><u>パターン 1</u>にて通電試験: 500A—5 分、1kA—5 分、1.5kA—10 分</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>条件: 70K、40L/min</p> <p>(1) 定格通電試験</p> <p>定格通電試験は成功裏に終了。データは解析中。</p> <p>※回線 1 の第一回目の時はペルチェ温度上昇のため 30 分で打ち切ったが、今回はその対策空冷により温度上昇をある程度抑えることができ、1 時間の定格通電試験に成功した。</p> <p>(2) 分流試験</p> <p><u>パターン 1</u> での通電試験: 500A—5 分、1kA—5 分、1.5kA—10 分を行い、各条件で均一に分流されていることを確認。14 日は 1kA—1 時間の通電試験を行い、PCL 減数による熱侵入への影響を確認する。また PCL の本数を 8 本、3 本に減らしての分流試験を行う。</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意 ※感電注意(電気試験後、ケーブルにアース設置すること)</p>

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 14 日(火) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ <input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 奥野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9 時</p> <p>(1)分流試験 T=70K、40L/min</p> <p>N 型 PCL(上流側)を 1 部取りはずしての通電試験</p> <p><u>パターン 1</u> 外導体 14/35 本(外導体 1 層目 7/17、2 層目 7/18) 内導体 14/37 本 (内導体 1 層目 4/12、2 層目 4/12、3 層目 6/13) 通電試験: 1kA-60 分</p> <p><u>パターン 2</u> 外導体 7/35 本(外導体 1 層目 0/17、2 層目 7/18) 内導体 7/37 本 (内導体 1 層目 3/12、2 層目 0/12、3 層目 4/13) 通電試験: 500A-5 分、800A-5 分</p> <p><u>パターン 3</u> 外導体 5/35 本(外導体 1 層目 0/17、2 層目 5/18) 内導体 5/37 本 (内導体 1 層目 5/12、2 層目 0/12、3 層目 0/13) 通電試験: 500A-30 分</p> <p>(2)低流量循環試験 3L/min を下限とし、安定循環が得られる最低流量とする 液体窒素ポンプ回転数 2000rpm に設定、VJ2A バルブにて流量調整</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>(1)分流試験 条件: 70K、40L/min 全てのパターンにて、均一に分流されていることが確認された。</p> <p>(2)低流量循環試験 (13:00 より切替開始) 液体窒素ポンプ回転数 1979rpm(設定値 2000rpm)にて 12.69L/min VJ2A バルブで流量調整し、3.6L/min 程度で安定循環</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意 ※感電注意(電気試験後、ケーブルにアース設置すること)</p>

## 2021年度「回線1」(第3回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021年9月15日(水) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋1、建屋2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 奥野 <input type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9時</p> <p>※井上先生は午後から参加</p> <p>(1)低流量循環試験 3L/minを下限とし、安定循環が得られる最低流量とする 液体窒素ポンプ回転数 2000rpmに設定、VJ2Aバルブにて流量調整 低流量循環時通電試験 1kA-1hrs、3kA-1hrs</p> <p>(2)試験終了後、40L/minに戻す</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>(1)低流量循環試験</p> <p>3.65L/min程度で安定循環、時々サーマルスパイクが観測</p> <p>Pr1(ケーブル管入口とリターン管出口の差圧): -0.4~-1.3kPa(サーモサイフォンによる循環を示唆)</p> <p>端末A:約70K 端末B:約77K</p> <p>1kA-1hrs, 3kA-1hrs OK</p> <p>(2)40L/minに戻して作業終了</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意 ※感電注意(電気試験後、ケーブルにアース設置すること)</p>

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 16 日(木) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> イワノフ <input type="checkbox"/> 日野 <input type="checkbox"/> 奥野 <input type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9 時</p> <p>(1)通電試験 40L/min、70K、3kA—1hrs  ※低流量循環時通電試験の 3kA-1hrs、3.65L/min、70K との比較のため追加実施。</p> <p>(2)過酷試験:循環停止試験(冷凍機・ポンプ停止)</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>(1)通電試験 40L/min、70K、3kA—1hrs →OK</p> <p>(2)過酷試験:循環停止試験(冷凍機・ポンプ停止)</p> <p>11:10 ポンプ停止</p> <p>11:15 冷凍機停止工程→11:22 完全停止</p> <p>24 時間以上データ取得</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意</p> <p>※感電注意(電気試験後、ケーブルにアース設置すること)</p> <p>※通電試験中は電源装置のある建屋 2 は 2 人作業を原則とする。建屋 1 のデータ監視については、1 人が行き来して温度の異常上昇有無を確認。その間は Face time で安全確認とした。</p>

## 2021 年度「回線 1」(第 3 回)運転試験日報

		記入者	筑本
日時	2021 年 9 月 17 日(金) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋 1、建屋 2		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input checked="" type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ <input type="checkbox"/> 日野 <input type="checkbox"/> 奥野	
	さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング): 9 時</p> <p>(1) 過酷試験: 循環停止試験(冷凍機・ポンプ停止)</p> <p>(2) 液抜き</p> <p>(3) 中間接続部の防食施工(真空排気のため排気口付近の防食を外したので、その復旧)</p> <p>(4) 片付け、レンタル品の返却、中部大学から持ち込み品の返送</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>(1) 過酷試験: 循環停止試験(冷凍機・ポンプ停止)</p> <p>停止から 28 時間経過後の午後 3 時ごろ圧力が 0.45MPa を超えたため、VT8 より圧抜き。</p> <p>(2) 液抜き</p> <p>午後 5 時より液抜き開始。リザーバー内、冷却システム(冷凍機—ポンプ)内の液体窒素は全て放出。</p> <p>(V104B、V101B、VT11 開にて放出)</p> <p>保圧弁の上限圧力を 0.37MPa→0.25MPa に変更</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p><b>安全</b> ※酸素濃度確認、頭上・足元配管注意</p> <p>※中間接続部マンホール作業は手順に従い酸素濃度確認、監視員の設置、換気注意</p>

## 2021年度「回線1」(第3回)運転試験日報

		記入者	井上
日時	2021年9月18日(土) <input checked="" type="checkbox"/> 日勤 <input type="checkbox"/> 夜勤		
場所	建屋1		
人員 (敬称略)	所属	氏名	
	中部大  さくらインターネット	<input checked="" type="checkbox"/> 井上 <input type="checkbox"/> 筑本 <input type="checkbox"/> 渡邊 <input type="checkbox"/> 伊ワノフ <input type="checkbox"/> 日野 <input checked="" type="checkbox"/> 朝日	

項目	内容
1	<p><b>実施概要</b></p> <p>○ DM(デイリーミーティング):  昨日より循環停止による昇温。温度上昇、リザーバタンクの圧力、残量等を監視。</p> <p>① 昨日の残作業:閉止フランジ取付(V104B、リザーバのガス抜き用の屋外フランジ)、他。  ② 朝の状態確認: LN2 温度、リザーバタンク圧力・残留量、ロードセル、(基準値内確認)。  ③ 追加作業1(8:15 メール指示):ガス抜きの実施(0.25MPa 程度まで下げる)。  ④ 追加作業2(10:30SMS 指示):リザーバタンクの LN2 放出の実施(ほぼ0まで放出する)</p> <p>※この後、循環停止状態でのデータ取得を続ける(温度、圧力、残量、ロードセル等を監視)。  ※再稼働試験としての、作業員の張り付きは本日(9/18)で終了となる。</p>
2	<p><b>試験結果、計測データ</b></p> <p>9:00 リザーバ(21.3%, 0.321MPa, 21.3%)、ロードセル(LC1:355, LC2:602)、→基準値以下を確認。  温度(Tc9: 91.932 K, Tc2: 92.040 K)、</p> <p>9:50 リザーバ(0.32→0.25 MPa に変更開始)。0.2MPa まで下げる(VT8 を開)。  タンク残量は 45%まで上昇。筑本先生に連絡。</p> <p>10:35 リザーバタンクの LN2放出開始(45%)。作業安全確認。(井上、朝日)。  11:27 リザーバタンクの LN2 放出終了(1.3%)。Pt1: 0.257。(朝日)</p> <p>※閉止フランジは低温状態なので取付作業を後日とし、アルミホイールでの養生とする。</p>
3	<p><b>懸案事項(残件・異常等)</b></p> <p>再稼働試験の人員の張り付きを本日で終了。データのリモート監視を続ける。  今後、朝日さんが回線パトロールをする際に必要な現場確認・作業を依頼する。</p> <p><b>安全</b> ※リザーバガス放出時は十分に換気する(シャッターを開ける)。酸素濃度確認。  頭上・足元の配管に注意。終了後の掃除・整理整頓。</p>

*S*-SPOT