平成 25 年度～令和 4 年度成果報告書

風力発電のための送電網整備等の実証事業

令和 5 年 3 月

北海道北部風力送電株式会社

目次

I　実証事業の成果と達成状況 1
1 実証事業全体の目標と達成状況 1
2 個別実証事業の目標と達成状況 2
2.1 送電網整備実証事業 2
2.2 技術実証事業 2
II　和文要約 4
III　用語集 5
IV　事業概要 7
1 事業目的 7
2 事業概要 8
2.1 実証事業項目（I）送電網整備実証事業 8
2.1.1 実証内容 8
2.1.2 実証テーマ 9
2.2 実証事業項目（II）技術実証事業 12
2.2.1 実証内容 12
2.2.2 実証テーマ 13
3 実施体制 17
3.1 実証事業の実施体制 17
3.2 実証事業の運営管理 17
4 実施期間 18
V　実証事業成果（I）送電網整備実証事業 22
1 送電線建設工事 22
1.1 送電線建設工事の目的・目標 22
1.2 送電線建設工事のプロセス 22
1.3 送電線建設工事の成果 93
2 変電所建設工事 95
2.1 変電所建設工事の目的・目標 95
2.2 変電所建設工事のプロセス 95
2.3 変電所建設工事の成果 97
2.4 まとめ 105
3 蓄電池システム建設工事 108
3.1 蓄電池システム建設工事の目的・目標 108
3.2 蓄電池システム建設工事のプロセス 108
3.3 蓄電池システム建設工事の成果 135
4 用地関連業務 137
4.1 用地関連業務の目的・目標 137
4.2 用地関連業務のプロセス 137
4.3 用地関連業務の成果 138
4.4 まとめ 143
5 環境調査 144
5.1 環境調査の目的・目標 144
5.2 環境調査のプロセス 144
5.3 環境調査の成果 150
6 サイバーセキュリティ対策 151
6.1 サイバーセキュリティ対策の目的・目標 151
6.2 サイバーセキュリティ対策のプロセス 151

6.3 サイバーセキュリティ対策の成果.....151
6.4 まとめ.....151
7 オーナーズエンジニアリング.....153
7.1 オーナーズエンジニアリングの目的・目標.....153
7.2 オーナーズエンジニアリングのプロセス.....153
7.3 オーナーズエンジニアリングの成果.....153
7.4 まとめ.....155
8 事業性評価及びリスク評価.....156
8.1 事業性評価.....156
8.1.1 事業性評価（工事単価比較）.....156
8.1.2 事業性評価（託送料金単価比較）.....156
8.1.3 事業性評価（北部送電事業性）.....157
8.2 リスク評価.....159
8.2.1 リスク評価（蓄電池運転リスク）.....159
8.2.2 リスク評価（WF 未実現リスク）.....160
VI 実証事業成果（II）技術実証事業.....161
1 最適制御システム開発.....161
1.1 最適制御システム開発の目的・目標.....161
1.2 最適制御システム開発のプロセス.....161
1.3 最適制御システム開発の成果.....187
1.4 まとめ.....188
2 ダイナミックレーティング実証.....189
2.1 ダイナミックレーティング実証の目的・目標.....189
2.2 ダイナミックレーティング実証のプロセス.....190
2.3 ダイナミックレーティング実証の成果.....194
2.4 まとめ.....203
3 蓄電池技術実証.....204
3.1 蓄電池技術実証の目的・目標.....204
3.1.1 蓄電池容量の更なる低減検討の目的・目標.....204
3.1.2 出力一定運転検討の目的・目標.....205
3.1.3 供給力低下時の系統安定化検討の目的・目標.....205
3.1.4 負荷追従運転検討の目的・目標.....205
3.2 蓄電池技術実証のプロセス.....205
3.2.1 蓄電池容量の更なる低減検討のプロセス.....205
3.2.2 出力一定運転検討のプロセス.....207
3.2.3 供給力低下時の系統安定化検討のプロセス.....209
3.2.4 負荷追従運転検討のプロセス.....211
3.3 蓄電池技術実証の成果.....215
3.3.1 蓄電池容量の更なる低減検討の成果.....215
3.3.2 出力一定運転検討の成果.....216
3.3.3 供給力低下時の系統安定化検討の成果.....216
3.3.4 負荷追従運転検討の成果.....216
3.4 まとめ.....217
VII 総括.....218

I　実証事業の成果と達成状況

1 実証事業全体の目標と達成状況

本実証事業では、風力発電の適地ではあるが送電網が脆弱である北海道北部地域における風力発電導入拡大を目指し、送電網整備実証事業及び技術実証事業を実施した。

送電網整備実証事業においては、当該地域における風力発電事業による電力を送電するための送電網整備に向け、設計業務、用地関連業務及び環境調査を実施し、送電網を建設・整備した。

その結果、北海道電力ネットワーク株式会社（以下、北電 NW）との連系点において潮流上限 300 MW という制約及びその他連系上の制約を満たしたうえでの風力発電の導入拡大を実現した。

技術実証事業においては、北電 NW により発電事業者向けに制定された「風力発電設備の出力変動対策に関する技術要件」（以下、出力変動緩和要件）を満たしたうえでの風力発電の導入拡大実現、送電設備を用いたダイナミックレーティング実証及び蓄電池システムを用いた各種技術実証の推進を目標として事業を実施した。

その結果、最適制御システムにより出力変動緩和要件及びその他連系上の制約を満たしたうえでの風力発電の導入拡大を実現した。また、許容電流計算に使用するパラメータの条件設定を変えた 3 方式のダイナミックレーティング実証を実施し、各方式について費用便益評価を実施した。さらに、蓄電池システムを用いた各種技術実証を通じ、系統に接続する蓄電池についての有用な技術的知見を得た。

2 個別実証事業の目標と達成状況

本実証事業の個別項目に基づく実証事業の成果は以下のとおり。

2.1 送電網整備実証事業

(1) 送電線建設工事

以下 3 ルートの送電線新設工事を完遂。

a.187 kV 北部送電豊富中川幹線新設工事
b.66 kV 稚内恵北線（187 kV 設計）新設工事
c.66 kV 開源線新設工事

(2) 変電所建設工事

以下 3 電気所新設工事及び通信設備新設工事を完遂。

a.187 kV 北豊富変電所新設工事
b.66 kV 稚内恵北開閉所新設工事
c.66 kV 開源開閉所新設工事
d.無線局及び反射板の設置

(3) 蓄電池システム建設工事

出力変動緩和要件及びその他連系上の制約を満たす蓄電池システム建設工事を完遂。

(4) 用地関連業務

工事及びファイナンス組成に際し必要な土地権利確保を遅滞なく実施した。北海道北部送電網用地共同企業体及び工事元請各社の協力を得て許認可取得及び更新手続きを遂行する一方、当社は国有林貸付手続き及び相続困難地等の送電線ルート迂回検討等に注力することで、工程及び実証スケジュールどおりに土地権利を確保できた。

(5) 環境調査

国有林のあり方調査並びに猛禽類の営巣地調査及び送電線建設工事実施期間のモニタリング調査により、ルート選定、工事計画段階、工事実施期間及び工事完了後のいずれの段階においても環境への影響を配慮し、影響の低減策を講じながら工事を完了することができた。

(6) サイバーセキュリティ対策

令和 2 年度に策定したサイバーセキュリティ対策のロードマップに従い、サイバーセキュリティ対策専門家による協力も得つつ、各種サイバーセキュリティ対策に着手、適切に推進された。

(7) オーナーズエンジニアリング

年度ごとの各技術的課題に対し内容確認、検証、審査代行等の必要な技術的助勢を行い、事業が適切に推進された。

2.2 技術実証事業

(1) 最適制御システム開発

出力変動緩和要件を遵守しつつ北電 NW 系統に送電することが可能となる制御シス

テムを開発した。予定の期間内において単体試験、組み合わせ試験を実施し、結果良好であった。

(2) ダイナミックレーティング実証

許容電流計算に使用するパラメータの条件設定が異なる 3 方式のダイナミックレーティング実証を行い、3 方式について費用便益評価を実施した。

(3) 蓄電池技術実証

1) 蓄電池容量の更なる低減検討

○均し効果の検証

本実証事業を行う中で総合システムとして 720 MWh の蓄電池システムを構築した。設備運開（令和 5 年 3 月）後に、充放電パターン及び SOC の推移を実機から読み取り、検証を行い、均し効果が実際にどの程度なのかを確認することとしている。

○出力予測

出力予測については従来から行われている気象予測に対し、AI システムによる気象予測結果の確率分布評価を加えることにより、予測外れのリスクを抑えつつ WF 発電量を増加させることが可能なシステムの構築に成功した。完成したシステムについては装置を北豊富変電所に設置しデータ取得を開始した。データ取得については設備運開以降も継続実施していき、AI の学習データが十分溜まったところで実機適用に入っていく。

○PCS の台数制御

PCS の台数制御については、蓄電池制御システムの中に機能として加え、現地試験にて機能を確認した。本制御により時々刻々と変化する充放電量に対して適切に PCS 運転台数が管理され、効率的に蓄電池システムとして運転されていることを確認した。

2) 出力一定運転検討

北電 NW との協議の結果、実用化までは至らなかったものの、過去に発生した北電 NW 管内のブラックスタート発生時の復旧手順を精査し、その中で、当社設備の能力としては早期の段階で復旧に貢献できることを確認した。

3) 供給力低下時の系統安定化検討

北電 NW と以下の項目について合意した。

・系統異常時に自端制御にて当社蓄電池から緊急放電を行い、周波数低下の抑制をサポートすること

・上記機能を実機に取り入れることを給電協定書にて相互に確認すること

4) 負荷追従運転検討

自立系統を模擬した系統解析及びその評価を行い、自立系統構築に必要となる設備構成の把握及び自立系統立ち上げ手法の確立を行った。

また、検討した結果を用いて実機による確認試験を実施し、一定の条件下において出力が不安定である風車と変動負荷に対し、同期電源を入れることなく蓄電池設備のみで自立単独系統の立ち上げ及び系統維持が可能であることを確認した。

II　和文要約

風力発電は他の再生可能エネルギーと比較して安価な発電方法であるが、好風況地の大規模な確保が必要である。そのため、風力発電の適地は限定されているうえ、そうした地域では送電網が脆弱であるため、風力発電の導入拡大には地域内送電網の強化が喫緊の課題となっている。

本実証事業では、そうした風力発電の適地である北海道北部地域において、風力発電のための送電網整備のため、送電網整備実証事業及び技術実証事業を実施した。具体的な実証事業項目は以下のとおりである。

○送電網整備実証事業

北海道北部の稚内市から中川町にかけ、総延長約 78.0 km の送電線、1 か所の蓄電池併設変電所及び 2 か所の開閉所を整備した。また、各設備の整備に必要となる用地関連業務、各設備の整備に伴う環境調査等業務を実施するとともに、電気設備技術基準に対応するためのサイバーセキュリティ対策を実施した。加えて、各設備の設計業務及び建設工事の精査を確実に実行するため、送変電事業全般について豊富な知見を持つ専門家より技術的側面からの助言を受けるオーナーズエンジニアリング業務を実施した。

○技術実証業務

北電 NW による出力変動緩和要件及びその他系統連系上の制約に対応するため、風力発電所出力の最適制御システムを開発した。また、送電線の外部環境を測定することで送電容量を動的に算出・管理するダイナミックレーティング実証を行うとともに、大規模な蓄電池システムを用いた各種技術実証を実施した。

上記の各実証事業成果を集約し、以下に示す 2 つの実証目標を達成した。

・北海道北部地域において、風力発電のさらなる導入拡大に貢献

北電 NW との連系点において出力上限 300 MW となるよう、また最適制御システムにより変動緩和要件及びその他連系上の制約を満たしたうえでの風力発電の導入拡大を実現した。

・整備する送電網及び蓄電池を用いた新たな技術実証の実現

送電設備を用いたダイナミックレーティング実証及び蓄電池システムを用いた各種技術実証を推進することにより、整備する送電網を用いた新たな技術実証を実現した。

III　用語集

用語	説明
DAC 盤	直接操作における機器制御及び状態監視を行う盤 Data Acquisition and Control Unit
EMS	蓄電池制御システム。Energy Management System
GIS	SF_6 ガスを用いたガス絶縁開閉装置（GIS） Gas Insulated Switchgear
NGR	中性点接地用抵抗器。事故時の地絡電流の抑制・検出を担う。
OPGW	架空地線の内部に光ファイバーを実装したもの。光ファイバー複合架空地線。OPtical Ground Wire
PCS	パワーコンディショナ。直流の電力を交流の電力に変換する機能を備えた装置。Power Conditioning System
SOC	蓄電池の充電率。State Of Charge
TC 盤	HDLC,CDT 通信方式による遠方監視制御装置。TC 盤を介して給電所等から監視及び機器制御をおこなう。
UFR	周波数低下リレー。系統周波数が一定時間、一定値以下となった場合に、自動的に電源又は負荷を系統から切り離す装置。Under Frequency Relay
WF	ウインドファーム。複数の風力発電機を集中的に設置した風力発電所。Wind Farm
遠隔監視装置	インターネット、無線などを使用して、遠隔地の機器・設備や異常の有無を監視・通報する装置。
開閉所	WF 連系を目的として、WF 毎に回線を入切できるようにした設備
慣性力	広義では火力発電所、水力発電所等の同期機の回転子が持つ運動（回転）を維持しようとする作用のこと。
出力変動緩和要件	北海道電力ネットワークにより、太陽光発電設備及び風力発電設備向けに制定された「出力変動緩和対策に関する技術要件」のこと。風力発電設備向けとしては、短周期及び長周期の出力変動緩和対策の要件が設定されている。
静止型無効電力補償装置(SVG)	自励式半導体素子を用いて自律的かつ即応的に無効電力を補償する装置。 Static Var Generator
送電線保護継電器盤	送電線事故を検出し、事故区間を最小限に止めるように事故箇所を切り離す設置。
ダイナミックレーティング	実際の送電線設置場所の外部環境に応じた送電容量を算出・管理する手法。送電線におけるダイナミックレーティングは DLR（Dynamic Line Rating）と呼ぶ。
電圧調整盤	電源電圧や負荷変動に応じ、変圧器のタップ制御を行うことにより 66 kV 母線電圧を一定に保つための装置。
同期機	水力発電所、火力発電所、原子力発電所等に用いられ

	ている発電機の方式。
均し効果	広範囲に分布する再生可能エネルギーの出力が合計されることで、個々の再生可能エネルギーの出力変動が平準化される効果。
負荷	電力を消費するもの。需要。
ブラックアウト	大手電力会社の管轄する地域のすべてで停電が起こる現象（全域停電）のこと。
ブラックスタート	外部からの電力供給無しに、電源等が自己起動できる機能。
変電所	開閉所機能に加え、変圧器により昇圧/降圧する機能を備えた設備。
変圧器	交流電力の電圧を変える(＝変圧する)ための機器。

IV　事業概要

1 事業目的

風力発電は他の再生可能エネルギーと比較して安価な発電方法であるが、好風況地の大規模な確保が必要である。そのため、風力発電の適地は限定されているうえ、そうした地域では送電網が脆弱であるため、風力発電の導入拡大には地域内送電網の強化が喫緊の課題となっている。

本実証事業では、そうした風力発電の適地であり「特定風力集中整備地区」として指定された北海道北部地域における風力発電導入拡大を目指し、送電網整備実証事業及び技術実証事業を実施する。

送電網整備実証事業においては、当該地域における風力発電事業による電力を送電するための送電網整備に向け、設計業務、用地関連業務及び環境調査を実施し、送電網を建設・整備する。

また、技術実証事業として、出力変動緩和要件に対応した風力発電所（以下、WF）出力の最適制御システム及びダイナミックレーティングのシステムを構築し、実証を行う。最適制御システムの実証には、変動緩和要件充足に加えて、既存設備を増強することなく送電可能電力量を引き上げ、風力発電の受入可能容量の増加を目指した効率的な蓄電池システム等の構築（最適化）及び実証も含む。加えて、蓄電池システムを用いた、電力系統の安定化への寄与及び再生可能エネルギーによる自立系統の構築等を目指した蓄電池技術実証業務の検討を進める。

2 事業概要

送電網整備実証事業のためには、送電線、変電所及び蓄電池システムの設計業務及び建設工事が必要となる。また、事業用地の確保及び各種許認可の取得、事業が周辺環境に及ぼす影響の調査、電気設備技術基準及び同解釈に定められたサイバーセキュリティの確保並びに設計業務及び建設工事に対するオーナーズエンジニアリングが必要となる。

また、合わせて実施する技術実証事業には、北電 NW との連系地点で求められる連系要件を満たすための最適制御システムの開発、送電線の周囲環境に合わせて送電容量を動的に算出・管理するダイナミックレーティングの実証及び蓄電池システムを用いた各種技術実証が含まれる。

本実証事業では、送電網整備実証事業及び技術実証事業に求められる各実証項目を設定し、一体的に事業を実施した。

2.1 実証事業項目（I）送電網整備実証事業

2.1.1 実証内容

(1) 送電線建設工事

北海道北部地域に送電網を整備して北電 NW 系統に接続することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、送電線の設計業務、用地取得業務、環境調査、建設工事（工事準備含む）及び資機材調達を実施する。

(2) 変電所建設工事

北海道北部地域に送電網を整備して北電 NW 系統に接続することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、1 箇所の変電所及び 2 箇所の開閉所並びに 3 箇所の無線中継局及び 2 箇所の反射板の設計及び建設工事を実施する。

(3) 蓄電池システム建設工事

出力変動緩和要件を遵守しつつ北電 NW 系統に送電することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、蓄電池システムの設計及び建設工事を実施する。なお、蓄電池システム含む最適制御システムの設計並びに風力制御所システム及び転送遮断システム建設工事については、VI-1 最適制御システム開発にて記述する。

(4) 用地関連業務

本事業のために必要とされた用地について、用途（変電所、鉄塔底地、送電線下、工事用地等）に応じた権利及び許認可を確保する。

(5) 環境調査

環境影響を低減した送電線ルートの設定及び工事を実施するため、国有林のあり方調査並びに猛禽類の営巣地調査及び建設工事実施期間のモニタリング調査を行う。

(6) サイバーセキュリティ対策

当社が送電事業者として備えるべきサイバーセキュリティ対策について、NIST フレームワークを活用し、令和 5 年度までに整備する。

(7) **オーナーズエンジニアリング**

本事業の実施に際して技術的な助言及び必要な資料作成を行い、成果への評価支援を行う。

2.1.2 実証テーマ

(1) **送電線建設工事**

平成 25 年度から平成 29 年度にかけては送電線の候補ルート選定、送電設備仕様検討、送電線基本設計及び詳細設計を実施した。送電線建設工事入札の結果、北海道北部送電網共同企業体を EPC として選定し、平成 30 年度から令和 4 年度にかけて送電線建設工事を実施した。

＜具体的な実施内容＞

以下 3 ルートの送電線建設工事を実施した。

187 kV 北部送電豊富中川幹線新設工事
区間：自）北豊富変電所～至）西中川変電所
亘長：51.338 km
回線数：2 回線
支持物：鉄塔 174 基
がいし：クレ 250 ㎜懸垂がいし，ポリマージャンパー支持がいし
電線：TACSR / AC 610 ㎟
地線：OPGW 170 ㎟

66 kV 稚内恵北線（187 kV 設計）新設工事
区間：自）稚内恵北開閉所～至）北豊富変電所
亘長：18.778 km
回線数：2 回線
支持物：鉄塔 65 基
がいし：クレ 250 ㎜懸垂がいし，ポリマージャンパー支持がいし
電線：TACSR / AC 610 ㎟
地線：OPGW 170 ㎟

66 kV 開源線新設工事
区間：自）開源開閉所～至）北豊富変電所
亘長：7.923 km
回線数：2 回線
支持物：鉄塔 30 基
がいし：クレ 250 ㎜懸垂がいし，長幹支持がいし SL-8017
電線：TACSR / AC 610 ㎟
地線：OPGW 170 ㎟

(2) **変電所建設工事**

平成 25 年度から平成 29 年度にかけては変電所及び開閉所の候補地点選定、変電設備仕様検討、変電所基本設計及び詳細設計を実施した。変電所建設工事入札の結果、四電エンジニアリング株式会社を EPC として選定し、平成 30 年度から令和 4 年度にかけて

変電所建設工事を実施した。

＜具体的な実施内容＞
①変電所設計
現地調査及び想定する変電設備仕様を基に、変電所候補地点を選定した。コスト最適な構成を求めた結果、変電所 1 箇所及び開閉所 2 箇所の構成にするとともに、北豊富変電所は 187 kV、開源開閉所及び稚内恵北開閉所は 66 kV とする計画とした（ただし稚内恵北開閉所は 187 kV 設計）。
地形条件や設備容量等を基に変電機器選定及び機器配置計画等の基本設計を実施した。基本設計を基にした許認可協議や技術測量、地質調査等の結果を踏まえ、変電所、各開閉所及びマイクロ無線中継局の土木設計及び電気設計を実施した。

②変電所建設工事
変電所建設工事入札の結果、四電エンジニアリング株式会社を EPC として選定し、土木工事、電気工事及び通信工事といった変電所建設工事を実施した。工事最終年度である令和 4 年度には使用前自主検査、使用前社内自主検査及び使用前簡易自主検査に合格し、安全管理審査受審を経て令和 5 年 3 月に工事を完了した。

(3) 蓄電池システム建設工事
蓄電池システム建設工事入札の結果、千代田化工建設株式会社を EPC として選定し、基本設計及び蓄電池容量の検討を行った。平成 30 年度から令和 4 年度にかけて蓄電池システム建設工事を実施した。

＜具体的な実施内容＞
①蓄電池システム設計及び蓄電池容量検討
出力変動緩和要件を充足できるよう、制御システム設計、蓄電池システムの機器仕様、機器配置及び蓄電池容量検討シミュレーション等の基本設計を実施した。

②蓄電池システム建設工事
蓄電池システム建設工事入札の結果、千代田化工建設株式会社を EPC として選定し、造成工事・建築工事、建築設備工事、電気設備工事、連系用及び昇圧用変圧器工事並びに EMS 及び PCS 工事といった蓄電池システム建設工事を実施した。また、商業運転開始後も見据え、蓄電池システム保守準備業務も実施した。工事最終年度である令和 4 年度には使用前自主検査、使用前社内自主検査及び使用前簡易自主検査に合格し、安全管理審査受審を経て令和 5 年 3 月に工事を完了した。

(4) 用地関連業務
平成 27 年度から平成 29 年度においては現地調査のための立入り交渉、許認可取得のための事前協議及び民間地権者への契約意向確認を実施し、平成 30 年度においては民間地権者及び立地市町（1 市 4 町）から権利を確保し、令和元年度から令和 4 年度においては、主に官公庁の所管する権利及び許認可を当該箇所の着工までに確保することで、工事工程を遅延させないことを目標とした。

＜具体的な実施内容＞
①現地調査のための立入り交渉
候補ルートの中心から片側 50 m、両幅 100 m の範囲の地権者を洗い出し、不明地権

者等を除外したうえで、現地調査のための立ち入り交渉を実施した。交渉の結果、工事着工までに契約締結の基本合意を各地権者から取得した。また、立入り交渉に並行して測量作業を実施し、図面を作成した。

②官公庁からの許認可取得
送電事業ライセンスを平成 28 年 7 月に取得した。また、農地転用及び農振除外、国有林及び保安林の使用、河川及び道路の占用許可並びに財務省所管用地の払い下げといった各種許認可について、工事進捗に合わせて滞りなく取得した。

③民間地権者、立地市町及び官公庁からの権利確保
契約締結の基本合意を所得した各地権者と、用地の用途に応じた権利を確保すべく工事進捗に合わせて契約を締結した。抵当権等の担保物権が先順位の権利が登記されている土地については、当社の権利が先順位になるように関係者と交渉し、担保物権登記の抹消や順位の変更を実施した。

(5) 環境調査
送電線基本ルートを対象とした希少猛禽類の調査を行うとともに、送電線ルートが通過する国有林のあり方調査、立木伐採に伴う毎木調査及び工事進捗に合わせた希少猛禽類の定点観察を実施した。

＜具体的な実施内容＞
①ルート選定
想定する基本ルートを対象として、希少猛禽類の文献調査、営巣木調査及び定点観察を実施した。希少猛禽類の調査結果を踏まえ、送電線ルートの見直しを行った。

②国有林のあり方調査
送電線が通過する国有林を対象に、哺乳類調査、鳥類調査、植物調査及び水質調査を実施した。調査結果を基に「開発行為に伴う森林施業等のあり方調査報告書」を作成し、北海道森林管理局に提出した。

③立木伐採
送電線工事に伴う立木伐採による材積量の算出のため、毎木調査を実施した。毎木調査においては、送電線敷設地域の各森林管理署に問い合わせのうえ、審査基準に適合した調査を実施した。

④工事調整
送電線工事進捗にあわせ、オジロワシ及びチュウヒを対象としたモニタリング調査を実施した。調査の結果、いずれも工事により営巣に直接的な影響を及ぼしたとは考えにくいとの見解に至った。

(6) サイバーセキュリティ対策
NIST フレームワーク　コア機能の内容を基に自己評価を実施して要改善箇所を抽出し、ロードマップとして 3 年間に渡る改善計画としてまとめた。そのロードマップを基にサイバーセキュリティ対策を実施した。

＜具体的な実施内容＞
令和 2 年度にサイバーセキュリティの専門家であるマカフィー社（現、Trellix 社）

と協働して NIST フレームワーク　コア機能の内容を基に自己評価を実施、要改善箇所を抽出し、3 年間に渡る改善計画としてまとめた。

令和 4 年度は、その改善計画の 2 年目を実施した。サイバーセキュリティ対策専門家視点による的確な進捗状況に対する評価や、実施内容に関連するサイバーセキュリティ脅威状況の確認等を行った。

(7) オーナーズエンジニアリング

送電網整備実証事業における見積もり、選定ルート、地質調査、構造物の検討結果の内容を精査し評価すると共に、調達資機材の適否や現地踏査、用地情報の整理、社会的制約の有無並びに環境影響・施工の観点から当社に対する技術的な助言、必要となる資料作成を実施し、成果への評価支援を行った。

また、事業の実施に際しては、設計図書、調達資材の精査並びに施工現場の視察、技術協議に参加し立地点の敷地条件、地盤条件等を勘案した設計や施工に対する助言、資料の提供を行い、適切に事業が推進するよう助勢した。

＜具体的な実施内容＞

平成 26 年度の FS 調査に関する資料の精査、成果品の内容確認・評価を、平成 27 年度から平成 29 年度は事業実施に向けた見積もりの精査、調査・基本設計並びに施工計画の内容の評価・検証を行うと共に技術実証に関する検討・課題抽出、請負業者との協議に参加し、技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。

平成 30 年度からは工事着手に伴い施工現場の確認、ルート変更区間の地点踏査を行うと共に調査の成果品、設計書の確認・検討・評価並びに品質管理における審査代行を行うと共に通信設備、系統解析、技術検証に関する検討・評価・課題の抽出、蓄電池システムの安全性検討の内容確認を行い、妥当性の検証、技術的な助言を行った。

令和 3 年度からは送電線網設備の使用前自主検査を含む各種品質管理に関する業務を中心に施工現場の確認、報告書類の確認、審査代行を行うと共に技術的助言を行った。

2.2 実証事業項目（II）技術実証事業

2.2.1 実証内容

(1) 最適制御システム開発

出力変動緩和要件を遵守しつつ北電 NW 系統に送電することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、最適制御システムの設計及び建設工事を実施する。なお、蓄電池システムの建設工事についてはⅤ-3 蓄電池システム建設工事にて記述する。

(2) ダイナミックレーティング実証

一般的な送電線においては、外部環境を保守的に想定した上で送電容量が設定されている。本実証事業では、外気温度、日射、風向及び風速といった送電線外部環境を測定することにより、送電容量を動的に管理・算出するダイナミックレーティングの実証を行う。

(3) 蓄電池技術実証

最適制御システムにおける蓄電池システム活用に加え、蓄電池システムを用いた技術実証を行う。本実証においては、出力変動を緩和する蓄電池容量の適正化の知見を得る

ことに加え、以下の 3 つの項目の検証を通じ、系統安定化及び再生可能エネルギーによる自立系統の構築に資することを目的とする。

1. 系統復旧早期化
2. ブラックアウト回避
3. 災害時の周辺地域への電力供給の実現可能性

具体的な実証項目については以下のとおり。

1) 蓄電池容量の更なる低減検討

各種方法を用いて、約 542.5 MW の風力発電所総連系定格容量に対し、現状の 720 MWh から更に低減した蓄電池容量で出力変動緩和要件を満たせることを実証する。なお、実証として低減の可能性を示すが、720 MWh の蓄電池は発注済みであり、実際に蓄電池容量を低減して設置することはない。

2) 出力一定運転検討

北電 NW 管内でのブラックアウト発生後に蓄電池システムを早期に系統へ連系させ、蓄電池に充電している電力を一定期間、一定出力で北電 NW 系統に供給することが可能かどうか検証する。北電 NW 系統が復旧していく際に確度 100%で一定出力を供給することができれば、ブラックスタートに貢献することが可能となる。

3) 供給力低下時の系統安定化検討

北電 NW 系統において地震による電源脱落等で供給力が低下し、周波数に影響を与えた場合に、瞬時に蓄電池システムから放電し周波数を支えることで、ブラックアウトを回避できることを実証する。

4) 負荷追従運転検討

蓄電池の一部を変動負荷として模擬する形で充電する。残りの蓄電池で負荷の変動に追従し、WF からの出なりの出力と合わせ需給一致させることができることを実証する。ブラックアウト発生後、北電 NW 系統が復旧する前に蓄電池システムと風車にて自立系統が構築できれば、今後の自立系統構築に向けて新たな知見を獲得することが期待できる。

2.2.2 実証テーマ

(1) 最適制御システム開発

平成 25 年度から平成 28 年度にかけて、出力変動緩和要件を遵守しつつ限られた送電容量を最大限活用するための最適制御システムの検討及び設計を実施した。風力制御所システム及び転送遮断システム建設工事入札の結果、三菱電機株式会社を EPC として選定し、風力制御所システム及び転送遮断システムの設計及び建設工事を実施した。

＜具体的な実施内容＞

①最適制御システムのシステム検討及び設計

出力変動緩和要件を遵守しつつ、限られた送電容量を最大限活用するため、最適制御システムのシステム構成検討及び要件定義の検証を行った。

②風力制御所システム及び転送遮断システムの設計及び建設工事

最適制御システムのうち風力制御所システム及び転送遮断システム建設工事入札の結果、三菱電機株式会社を EPC として選定した。仕様書の作成、システム間の通信確認試験といった風力制御所システム及び転送遮断システムの設計業務を実施するとともに、北豊富変電所への両システムの現地搬入及び据付を実施した。工事最終年度である令和 4 年度にはシステム単体試験及び他システムとの組み合わせ試験を実施し、令和 5 年 3 月に工事を完了した。

(2) ダイナミックレーティング実証

本実証事業では、OPGW 内の光ファイバー温度から外気温度を推定する OPGW 方式の実証とともに、風向及び風速が許容電流計算に与える影響も考慮した Ampacimon 方式や OPGW+実風速方式の実証も行った。

＜具体的な実施内容＞

①OPGW 方式の実証

OPGW 内の光ファイバー温度を計測する光ファイバー温度計測装置の開発を実施した。開発した装置により計測した光ファイバー温度から外気温度を推定し、許容電流計算を行う OPGW 方式を確立した。

②Ampacimon 方式の実証

ベルギーの企業である Ampacimon 社製のセンサを送電線に設置し、送電線の弛度及び風速を計測して許容電流計算を行う Ampacimon 方式の実証を行った。Ampacimon 方式における計算ロジックの検証を行い、OPGW 方式との組合せ手法についても検討を行った。

③OPGW+実風速方式の実証

OPGW 方式において、送電鉄塔に設置した風向風速計で計測した風向及び風速の影響も考慮した OPGW+実風速方式の実証を行った。

(3) 蓄電池技術実証

1) 蓄電池容量の更なる低減検討

蓄電池容量の低減方法として、均し効果の検証、出力予測及び PCS の台数制御を設定し、それぞれの方法について検証を行った。

＜具体的な実施内容＞

○均し効果の検証

風速実測データ（10 分値）を検証することにより、均し効果の一定のポテンシャルがあることを確認した。短周期も含めた実際の均し効果については、北海道北部風力送電（以下、北部送電）系統の運開後に実機にて確認することとし、実証期間中におけるアクションは不要とした。

○出力予測

風況予測システムの構築を行うとともに、風況予測システム実機適用において課題となる予測の不確実性について、AI を活用した予測最適化手法の評価を行った。評価の結果、出力変動緩和要件を逸脱することなく売電率の向上が見込めるため、出力予測システムの実機適用を行った。

○PCS の台数制御
　その時々の充放電量に合わせて必要なグループのみ充放電に使用（台数制御）することで、効率の良い負荷帯で PCS を運転可能となり、充放電ロスを低減できる。蓄電池の充放電パターンが変わることによる蓄電池寿命への影響発生が懸念されたが、蓄電池メーカーによる確認の結果、影響はほぼ生じないことが確認できた。そのため、PCS 台数制御運転を運転方法の一つとして実機に適用することを決定した。

2) 出力一定運転検討
　北電 NW との協議の結果、確度 100%の出力一定運転検討、蓄電池システム連系可能タイミングの検討及び慣性力模擬機能を持った PCS の事例調査を実施した。

＜具体的な実施内容＞
○確度 100%の出力一定運転検討
　本方式においては風況データに基づく蓄電池の充放電シミュレーションを実施し、確度 100%の出力一定運転を実施することが可能であり、ブラックスタートに貢献しうることを確認した。

○蓄電池システム連系可能タイミングの検討
　平成 30 年の北電 NW 管内ブラックアウト発生時の系統復旧手順を精査し、ブラックアウトから北豊富変電所受電までに要する時間や系統制約といった情報を基に、蓄電池システムの連系可能タイミングについて整理・検討を実施した。

○慣性力模擬機能を持った PCS の事例調査
　ブラックアウト発生時により早期に系統を支援できる可能性模索のため、慣性力模擬機能を持った PCS の事例調査を行った。その結果、海外において、PCS の慣性力模擬機能を活用した実証事例やそれを前提としたグリッドコード策定が検討されていることを確認できた。しかし、北部送電の PCS に適用するためには期間的・技術的ハードルが高いことから、実機適用は見送ることとした。

　上記調査結果を北電 NW に報告したところ、一定の評価を得たものの実系統への適用は困難とのコメントを得たため、本実証案の実機適用は見送ることとした。

3) 供給力低下時の系統安定化検討
　北電 NW との協議の結果、北電 NW の系統情報は入手できなかったため、千代田化工建設及び三菱電機と協力してシミュレーションを実施した。

＜具体的な実施内容＞
　公開されている系統情報、UFR（周波数低下リレー）設定等を基に、系統負荷と脱落電源量等をパラメータとしたシミュレーションを実施した。その結果、本実証案により一定程度系統安定化に貢献できることが確認できた。
　シミュレーション結果を北電 NW に報告したところ、一定の評価は得たものの現時点で実用化してほしい要望はないとのコメントを得たため、実機適用は見送ることとした。
　一方で、大規模電源脱落等緊急時の蓄電池有効活用の在り方について、資源エネルギー庁及び北電 NW 等と課題の整理を行い、有効活用に向けた検討を行った。

4) 負荷追従運転検討

負荷追従運転のシミュレーションを実施し、その結果を踏まえて実機試験を行った。

＜具体的な実施内容＞

風車、蓄電池 PCS、送電線等を含むシミュレーションモデルを構築し、自立系統の立ち上げ、風車連系及び自立系統の規模拡張並びに EMS による蓄電池 PCS 連携を実施した。シミュレーションの結果、いくつかの課題はあるものの本実証案は実機適用可能であることが確認できたため、実機試験にて検証を行った。

3 実施体制

3.1 実証事業の実施体制

本実証事業の遂行においては、専門的で深い知識と経験を持つ企業及び団体（送電線、変電所、蓄電池システム等など）の参画が必要となる。そのため、北海道北部風力送電株式会社は複数の企業及び団体から委託事業者を選定し、平成 25（2013）年度より補助事業として実施した。

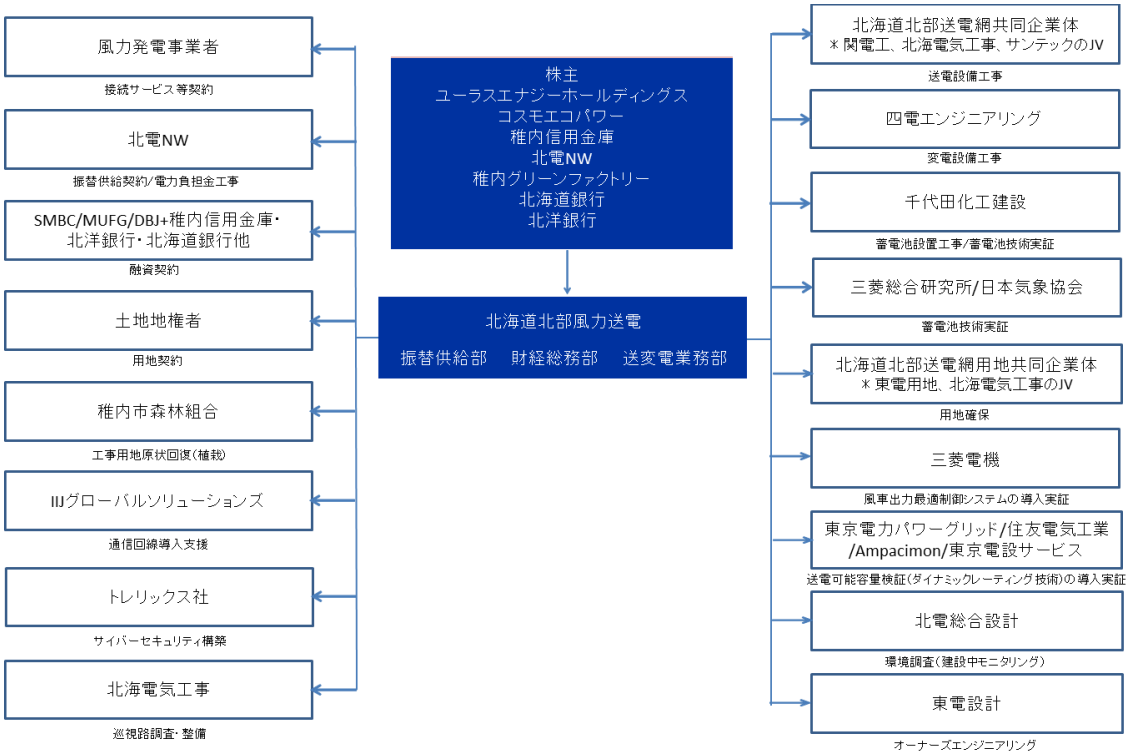


図 3.1-1：本事業の実施体制

3.2 実証事業の運営管理

本実証事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施すべく、毎年度末に外部有識者で構成される第三者委員会を開催いただき、実施内容の審査、事業の継続につきご審議いただいた。

第三者委員会では、毎年度北海道北部風力送電株式会社が実施した実証事業について外部有識者からご指導いただく場として活用するとともに、今後の事業の方向性について周知及びご相談する場とした。

委員長には、日本における風力発電研究の第一人者である足利大学の牛山理事長を選任し、技術的な視点で成果に対する今後の開発の方向性や課題解決に向けた今後の取り組みなどについて包括的にご指導いただいた。

さらに、外部有識者として、エネルギーシステムインテグレーションを専門とする東京大学生産技術研究所の荻本特任教授、系統工学やパワエレ技術などを専門とする東京大学の馬場教授、エネルギー環境分野を専門とする東京大学先端科学技術研究センターの瀬川教授及び経営学を専門とする大阪大学の伊藤教授を選任し、それぞれの視点でご指導いただいた。

また、補助事業の計画変更や事故があった際には速やかに経済産業省資源エネルギー

庁にご報告し、今後の対応についてご指導いただくことで、きめ細やかな運営管理を実施した。

4 実施期間

本事業の実施期間は以下のとおり。

風力発電のための送電網整備等の
実証事業_各年度実施内容

	年度		平成25(2013)年度				平成26(2014)年度				平成27(2015)年度			
			4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3
送電網整備実証事業	設計業務				基本ルート検討		基本ルート選定				基本ルート現地踏査・地質調査			
	用地業務				土地利用・環境情報図作成		地権者情報・用地情報調査				地権者情報・用地情報調査			
	環境調査						希少猛禽類調査				希少猛禽類調査・固有林あり方調査			
	建設工事	主要目標												
		送電												
		変電												
		蓄電												
	サイバーセキュリティ													
技術実証事業	最適制御システム				基本方針検討		システム基本方針決定				システム設計			
	ダイナミックレーティング(DLR)				基本方針検討		システム適用検討				システム構築・装置検証			
	蓄電池技術実証	出力予測												
		出力一定運転												
		供給力低下時の系統安定化												
		負荷追従運転												

風力発電のための送電網整備等の
実証事業_各年度実施内容

	年度		平成28(2016)年度				平成29(2017)年度				平成30(2018)年度			
			4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3
送電網整備実証事業	設計業務		地質調査・施工計画調査				詳細設計・立入調査・地質調査				詳細設計・立入調査・地質調査			
	用地業務		ルート測量・用地交渉				実地調査・用地契約・許認可等手続き				実地調査・用地契約・許認可等手続き			
	環境調査		国有林あり方調査・現地調査				国有林あり方調査・現地調査				国有林関連業務			
	建設工事	主要目標												
		送電									工事準備			着工
		変電									工事準備			着工
		蓄電									工事準備			着工
	サイバーセキュリティ													
技術実証事業	最適制御システム		要件定義及びシステム設計				要件定義及び蓄電池容量検討				要件定義及び蓄電池システム設計			
	ダイナミックレーティング(DLR)		適用試験・システム仕様策定				システム構成検討				装置製作・フィールド試験実施箇所選定			
	蓄電池技術実証	出力予測												
		出力一定運転												
		供給力低下時の系統安定化												
		負荷追従運転												

風力発電のための送電網整備等の
実証事業_各年度実施内容

	年度		平成31・令和元(2019)年度				令和2(2020)年度				令和3(2021)年度			
			4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3
送電網整備実証事業	設計業務		詳細設計・立入調査・地質調査				＊設計業務は必要に応じて実施				＊設計業務は必要に応じて実施			
	用地業務		実地調査・用地契約・許認可等手続き				土地・許認可の取得継続 /工事完了後の土地対応				土地・許認可の取得継続 /工事完了後の土地対応			
	環境調査		国有林関連業務				工事中モニタリング				工事中モニタリング			
	建設工事	主要目標												
		送電	鉄塔工事及び調査等				基礎工事・組立工事・架線工事				基礎工事・組立工事・架線工事の継続			
		変電	建築工事、変圧器製作及び調査等				建築工事、資機材調達及び 変電機器の据付				変電機器の据付の継続/各種試験実施			
		蓄電	土木、建築工事及び調査等				建築工事、資機材調達及び 蓄電池の据付				蓄電池・電気設備の据付の継続/ 各種現地試験実施			
	サイバーセキュリティ						サイバーセキュリティ対策開始				サイバーセキュリティ対策の推進			
技術実証事業	最適制御システム		風力制御所・転送遮断システム設計業務 蓄電池システム詳細仕様の検討推進				詳細設計・製作・工場試験				設備設計・製作・設置			
	ダイナミック レーティング(DLR)		OPGWを用いたフィールド計測・評価				OPGWを用いたフィールド計測・評価				OPGWシステムとAmpacimonシステムと の組合せ試験・評価			
	蓄電池 技術実証	出力予測	実証案の検討				シミュレーション等による検討				シミュレーション等による検討、 実機適用の検討			
		出力一定運転	実証案の検討				シミュレーション等による検討				シミュレーション等による検討、 実機適用の検討			
		供給力低下時 の系統安定化	実証案の検討				シミュレーション等による検討				シミュレーション等による検討、 実機適用の検討			
		負荷追従運転	実証案の検討				シミュレーション等による検討				シミュレーション等による検討、 実機適用の検討			

風力発電のための送電網整備等の
実証事業_各年度実施内容

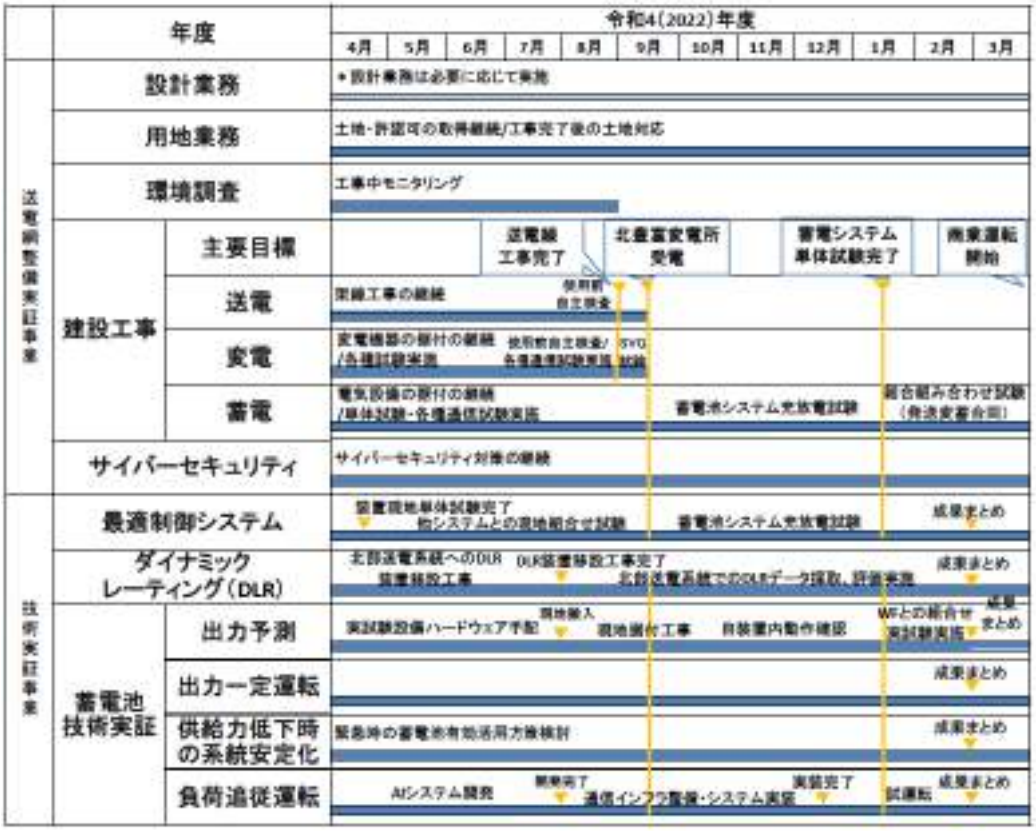


図 4-1：各年度の実証事業実施内容

V　実証事業成果（I）送電網整備実証事業

1 送電線建設工事

1.1 送電線建設工事の目的・目標

北海道北部地域に送電網を整備して北電 NW 系統に接続することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、送電線の設計業務、用地取得業務、環境調査、建設工事（工事準備含む）及び資機材調達を実施する。

1.2 送電線建設工事のプロセス

・平成25年度予算（2013年度下半期及び2014年度上半期）

○送電網整備事業に向けた事業精査

- ①道北地区で当社株主である株式会社ユーラスエナジーホールディングス（以下、EEH）が運転している風力発電所（宗谷岬、浜頓別、遠別、苫前）の運転実績、②整備する送電網に連系する各風力発電所の効率的な保守運営が可能となること、③大規模な風力発電事業開発が可能な立地条件を備えていること、④候補風力発電事業用地の地権者や地元関係者と具体的な事業開発の検討や協議を開始していることの 4 点を考慮し、稚内・宗谷エリアを起点として、最終的には北海道電力㈱（現：北海道電力ネットワーク株式会社、以下、北電 NW）が保有する旭川嵐山開閉所に系統連系することを想定した事業精査を行い、基本ルートの抽出を開始。
- 事業精査の過程で、北電 NW から旭川嵐山開閉所、西名寄変電所、中川変電所を結ぶ基幹系統の系統制限が明らかになったことから、送電網整備事業を 2 期工事に分けることとし、第 1 次計画を稚内から中川変電所（既設増強若しくは新設）、第 2 次計画を中川変電所から旭川嵐山開閉所の区間で実証事業を推進する方針とした。
- 送電網の基本ルートの検討に際しては、冒頭の①から④の観点に加え、当該送電網に連系する候補風力発電事業の開発状況、風況等を考慮。
- 第 1 次計画では、事業会社で運営する変電所を稚内、開源、豊富の 3 か所に設置し、陸上風力で 8 案件（54 万 kW を予定）、洋上風力で 1 案件（4 万 4 千 kW を予定）の 9 案件（58 万 4 千 kW を予定）を連系する計画とした。
- なお、北電 NW の中川変電所での連系可能容量（30 万 kW と想定）に対して、敷設する送電網に連系する風力発電の容量が 58 万 4 千 kW となり、連系可能容量の制限を超えることになるため、中川変電所での連系に際しては、風力発電所を必要に応じて最大連系可能容量を超過しないよう適切に抑制できる技術を導入する計画としている（詳細後述）。
- 想定している送電網整備検討ゾーン及び風力発電事業開発エリアは以下の図のとおり。

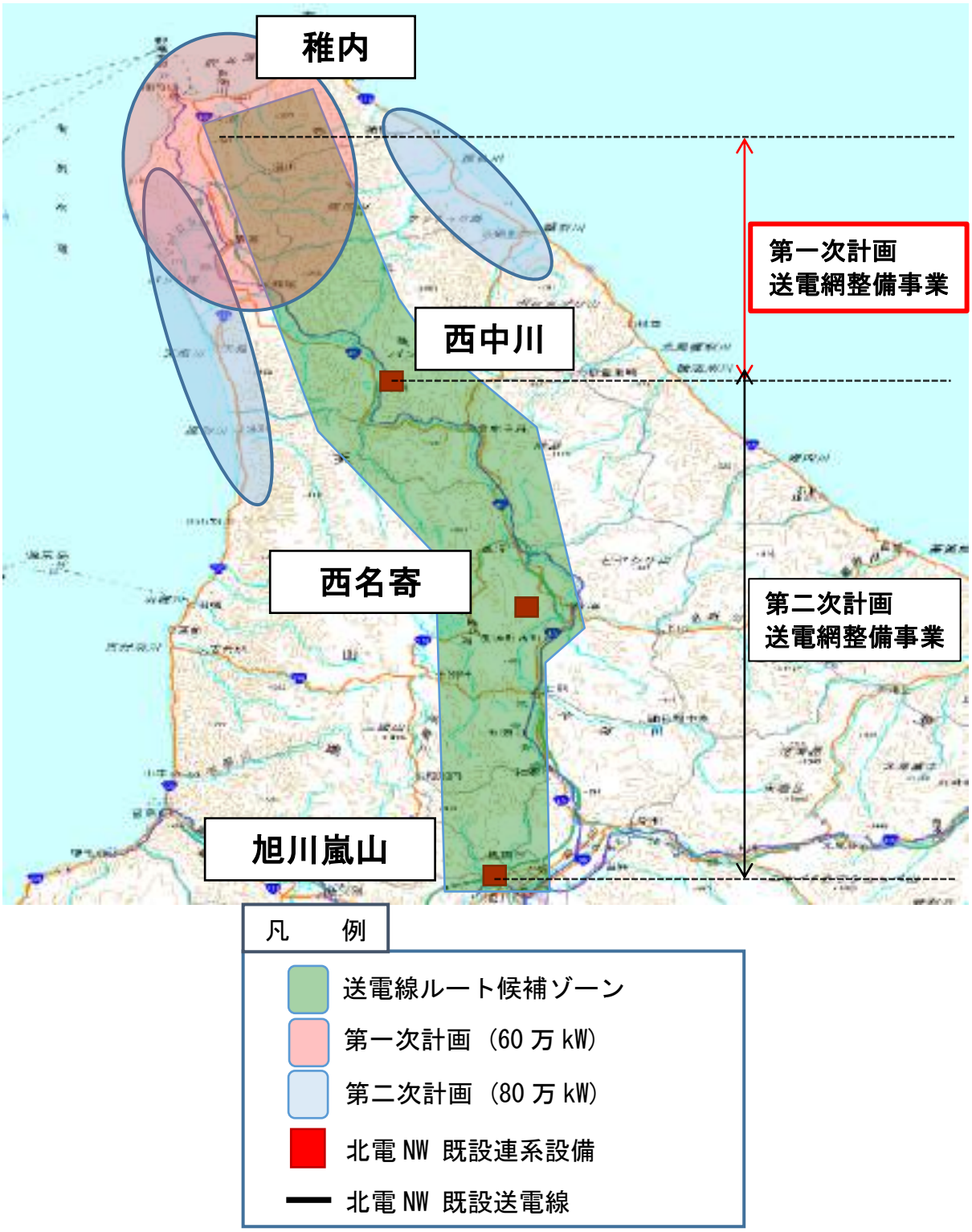


図 1.2-1：送電網整備検討ゾーン及び風力発電事業開発エリア

➢ 基本ルートゾーンを抽出する段階では、以下の業務を実施した。

(1) 検討条件整備

基本ルート策定のための条件として、各エリアにおける連系候補の風力発電事業容量を基に北電 NW と連系可能容量等を協議・調整し、送電網の起点及び終点位置、電圧・回線数、電線・ケーブルサイズ、変電所位置を選

定した。なお、送電方式については、架空送電方式を採用することで計画を策定。

(2) 土地利用、環境情報図作成

① 基盤地図の作成

電子地図（国土地理院数値地図 20 万分の 1、5 万分の 1、2 万 5 千分の 1）の 1 枚ごとに汎用ソフト（SIS）を用いて彩色変更、座標の正規化を実施し調査範囲をすべて張り合わせた。また、国土地理院のメッシュデータ（10 m）の規則化を行い、汎用ソフト（SIS）により電子地図と整合させ、基盤地図の作成を行った。

② 環境情報図の作成

基本ルート調査に必要な項目に対応する情報について、インターネット情報により省庁、行政、関係機関などのホームページ、総務省縦覧システムにより区域図、参考文献から自然環境・社会環境に関する関係情報を収集し、基盤地図への落とし込みを行った。

③ 基本ルートゾーン抽出・縦断検討

環境情報図をもとに、回避すべき範囲を設定し、通過可能な帯（ルートゾーン）を抽出し、2～3 の帯（ルートゾーン）に絞り込みを行った。

それぞれのルートゾーンの中から代表ルートを抽出して、仮の鉄塔位置を選定し概略縦断検討を行った。

(3) 建替併架等の検討

既設送電線の老朽化等による改良計画について、北電 NW へ情報収集を行い、部分的に建替、併架について検討を実施し、効率的な送電線ルート選定についての検討を行った。

(4) 地域動向調査

地方自治体、開発事業者等に対して直接ヒヤリングを行うとともに、想定される基本ルートゾーンの関連情報を収集し、最終的な基本ルートゾーン選定のための制約情報を選出した基本ルートゾーンに反映させた。

(5) 重要横断箇所検討

河川横断、既設送電線横断等重要横断箇所に関して、鉄塔高さ・電線張力等が過大となるような場合は、地中送電線の採用についての経済性や設備規模について評価を行い、効率的な設備形成となるよう検討した。

(6) 概略建設コスト評価

複数の基本ルートゾーン検討で作成した概略線路台帳による鉄塔高さ・基数・線路亘長を基に、鉄塔・がいし・電線・地線材の数量及び材料費を算出するとともに、これらの工事費用について、過去の実績を基に概略建設コストを算定した。

(7) 基本ルート評価・抽出

複数の基本ルートゾーンに対して、(1)～(6)で検討・調査・コスト評価した結果を基に立地適合に関するリスク評価を行い、基本設計にむけた基本ルートを評価・抽出した。

・平成25年度予算（2014年度下半期）
○送電網整備事業における基本設計

- 基本ルートを設定する段階では、以下の業務を実施した。

(1)コントロールポイントの整理

自然環境・社会環境に関する情報及び地域動向に関する情報を収集し、所与の課題に応えるために通過すべき地点（ポジティブ・コントロール・ポイント）と回避すべき地点（ネガティブ・コントロール・ポイント）の整理を行った。

(2)最適ルートの設定

整理したコントロールポイントを制約条件として、主要な尺度を最適化することにより、複数の有力ルートの抽出を行った。その上で周辺の地籍、土地利用状況、制限情報を入手・反映し、通過の可能性が高い最適ルートを設定した。

(3)地形情報の取得

机上で設定した最適ルートを対象に現地踏査を行い、土地利用の現況及び鉄塔立地の技術的可否を確認した。その結果を基に定めた調査ルートの航空測量を実施し、詳細な地形情報を取得した。

(4)基本ルートの設定

航空測量により得られた地形情報と写真情報を用いた縦断設計を基に、想定される鉄塔位置・高さを設定し、基本ルートとした。

- また本補助事業期間においては基本ルートの設定と合せて以下の業務を実施した。

(1)北電NW系統への連系の検討

北海道北部地域で発生した風力発電による電力を効率的に既存送電系統へ連系するための設備構成について検討を実施した。なお、検討にあたっては送電網を、①風力発電電力の集電設備系統、②風力発電電力の連系設備系統に分類し、それぞれにつき効率的な送電方式の検討を行った。

(2)送電線の基本設計

鉄塔、電力線、がいし等の基本設計諸元の検討を行った。なお、検討にあたっては当該地域における設計標準を適用し、更に気象や運用実績等も加味して設定を行った。

(3)総工事費の算定

総工事費を、①用地費、②資材代、③施工費、④委託費、⑤総経費に区分し、概算コストの積算を行った。このうち最も大きなウェイトを占める資材代・施工費については、基本ルート線路台帳に基づく数量及び基別の輸送手段、想定される地質等を踏まえ算定した。

・平成26年度予算（2015年度上半期）
○送電網整備実証事業における設計業務

1.送電網の仕様設計（基本計画）

これまで検討してきた基本計画について以下の各項目において見直しを行った。

表1.2-1：送電線基本計画の見直し結果

①設計電圧、送電容量、架線設計等

<table>
<tr><th colspan="2">項目</th><th>設 計</th></tr>
<tr><td rowspan="3">電 線</td><td>設計電圧、送電容量、
架線設計</td><td><u>本事業の系統連系容量は300MWとなる見込み。連系する風力発電の設備容量については
継続検討するが、約600MWとすることを想定し、1回線事故時に残存1回線で送電可能と
することも踏まえ、従来案通りの下記とする。</u>
・送電容量
550 MW （連続）/回線　　620 MW （短時間）/回線
・設計電圧
<table><tr><th>送電区間</th><th>設計電圧kV</th><th>運転電圧kV</th></tr><tr><td>豊富～西中川</td><td>187</td><td>187</td></tr><tr><td>稚内～豊富</td><td>187</td><td>66</td></tr><tr><td>開源～豊富</td><td>66</td><td>66</td></tr></table>・架線設計（線種）
TACSR/AC 610mm^2</td></tr>
<tr><td>最大使用張力</td><td>6,300kgf　→　5,800kgf
<u>従来案では、北海道電力における実績を参考に、6300kgfの張力とすることを想定した。しかしながら、上期にてルート上に地盤が弱い土地が確認され、基礎が高価になる可能性があることが判明。従い、コストダウンを図る為、最大使用張力を従来案の6,300kgfから下げることを検討すべき。</u></td></tr>
<tr><td>径間長</td><td>最大径間　550m
平均径間　300m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地 線</td><td>線種</td><td>OPGW 80mm^2　→　OPGW 170mm^2　（河川横断箇所）</td></tr>
<tr><td>最大使用張力</td><td>2,500kgf　→　3,000kgf
<u>従来案では、北海道電力で優良な実績を示すOPGW80mm^{2}の採用を想定した。しかしながら河川横断箇所については河川用地に鉄塔が建設可能でない場合、径間が500mを超えるケースも想定される。その場合、OPGWが80mm^{2}では耐久できない為、河川横断箇所を170mm^{2}へ変更。</u></td></tr>
</table>

②絶縁・クリアランス・がいし設計

項目		設 計 内 容
がいし	絶縁間隔	単位：mm 回 線 名 / 1号線 / 2号線 ホーン間隔 / 1870 / 差絶縁の採用要検討 標準絶縁間隔 / 1,760 / 差絶縁の採用要検討 最小絶縁間隔 / 1,150 / 差絶縁の採用要検討 異常時絶縁間隔 / 460 / 差絶縁の採用要検討 **絶縁間隔については、上記の従来案通りで変更なしだが、差絶縁（2つの回線の絶縁に差を設けることで、落雷による両回線同時の事故発生率を下げる）の採用については別途検討が必要。**
	がいし種類	250mm懸垂がいし ~~250mm~~耐塩用懸垂~~がいし~~ 長幹支持がいし **現在のルート案であれば、海岸からも距離がある為、コストを抑える観点からも、耐塩用のがいしを使用しないことを基本方針とできる。**
	汚損設計	従来案通り、近接する北海道電力送電線の設計に依拠し、下記汚損区分を考慮した設計とする。 汚損区分 / C地区 塩分付着密度 (mg/cm2) / 0.25

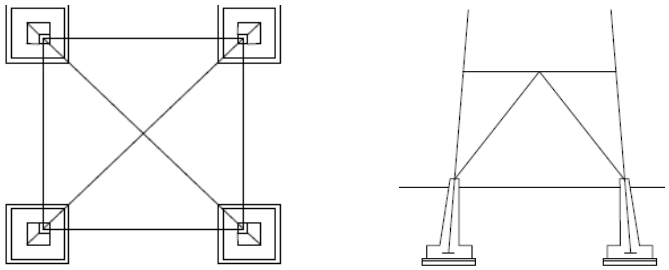
③耐雷設計

項目	設 計 内 容
耐雷設計	**北海道内の275kV送電線の事故率を考慮し耐雷設計基準を下記の通り設定した。** しゃへい角：　30 ° 以下 接地抵抗目標値：　15 Ω 耐雷設計目標値（kA） / 接地抵抗（Ω） / 想定雷事故率（件/100km・年） 80 / 5 / 0.6107 80 / **15** / **0.6957** 80 / 25 / 0.8135 275kVの平均事故率は、 0.728 件/100km・年（北海道内）

④鉄塔基本設計、荷重条件（着氷雪荷重等）

項目		設 計 内 容
鉄 塔	最大塔高	**河川横断箇所については、航空障害灯・昼間障害標識が必要だが、それ以外の箇所については、塔高60m未満であれば不要。従い、最大塔高はそれを下回る59.8mを目安とする。**
	着氷雪設計荷重	従来案通り、北海道電力既設送電線の基準に依拠し、下記とする。 5.0 kg/m着雪、風速 15m/s、温度 0℃、比重　0.7
	積雪深さ	**春季における雪の沈降圧を考慮し、鉄塔の足元2.5mについては耐雪を考慮した強度の設計とする方針。**

⑤基礎支持力の検討

項目	設 計 内 容
基 礎	従来案では、近接する北海道電力既設送電線の地質条件を参考とし、杭基礎（平地軟弱地盤）、乃至、逆T字基礎（その他の地域）の採用を検討した。**上期は本送電網ルート近辺3箇所でのボーリングデータを参照に、基礎を検討した。（検討結果については下記「4.地質調査・基礎設計」参照。）** 逆T字基礎 （参考図） 

⑥送電線離隔検討

項目	設 計 内 容
電線地上高	**電気設備技術基準等を参考に、目安を設定。今後電線地上高の決定に際し考慮する。** 技術基準 静電誘導 ※(+3.0m)は、相間スペーサ取付時の電線垂下量であり、その垂下分を含めた地上高を確保する。

技術基準

項 目	必要距離	備 考
道 路	16.00 m (+3.0m)	横断物高さ12m考慮
草 地	14.00 m (+3.0m)	横断物高さ 7m考慮
耕作地	14.00 m (+3.0m)	横断物高さ 7m考慮
一般地	6.36 m (+3.0m)	
山 地	5.36 m (+3.0m)	

静電誘導

地 域	地域特性	電界(V/m)	必要距離
Ⅰ	将来住宅化が想定される地域	30	7.0m (+3.0m)
Ⅱ	人が容易に立ち入るが、構築物が想定されない地域	40	6.0m (+3.0m)
Ⅲ	将来とも人の出入りが稀な地域	50	5.0m (+3.0m)

2.調査・設計

平成27年3月までに選定した基本ルートをより実現可能性の高いものとするため、以下の調査設計業務を開始し、ルートの検証を行った。なお、ルートの見直しについては、今後の調査や地権者交渉等の内容をルートに反映するため、複数年度にわたり継続して行う。

（1）許認可詳細調査

基本ルートの大部分を占める農地・林地に関する補助金の対象地を確認し、送電線敷設が非現実的と見込まれる地域の選別を開始した。

(2) 基本ルートの検証

今回踏査した基本ルート上の土地について、現地踏査により得られた情報及び地権者情報を基に、送電線敷設の実現可能性を精査した。主に精査検討を行った点は以下のとおり。

✓抵当権等の権利設定された土地、地権者不明の土地、未相続地、その他リスクが見込まれる土地ではないか。

✓土地の区画（筆）が極端に細かく分かれている等、過度に地権者が多い土地ではないか。

✓地権者交渉が難航した場合に、代替ルートの策定が困難な土地ではないか。

✓軟弱地盤等の技術的に建設工事の妨げとなる要因を持つ土地ではないか

✓新たに取得した情報を基に、より合理的なルートが検討できないか。

上記の検討の結果、今回調査した基本ルート上に不在地主や未相続と思われる土地、軟弱地盤の土地が想定以上に多いことが判明。これらを極力回避するための複数の箇所で代替ルートの検討を行った。主な検討箇所は以下のとおり。

① 天塩川横断箇所

	基本ルート	変更案①	変更案②
亘長	2,266 m	2,402 m	2,799 m
鉄塔基数	6基	8基	10基
概要	雄信内大橋の東で天塩川を直角に横断。	天塩川横断箇所を基本ルートより東側へ移動。	天塩川横断箇所を基本ルートより西側へ移動。
用地	用地交渉が困難とみられる地権者を多数確認。	天塩川北岸､南岸ともに公有地(借地できない場合にもロングスパン化による設計で対応可能）。	天塩川北岸、南岸ともに公有地（借地できない場合、代替案の選定が困難）。
地形/地盤	氾濫原に位置し、軟弱地盤の堆積が想定される。	同左	同左
建設工事	鉄塔基礎は杭基礎。建設地点は既設道路に近接しており、機械搬入のための仮設道路設置が容易。	・迂回ルートのため亘長の増加。 ・河川内のため特殊な鉄塔基礎が必要。	コストアップ要因は変更案①と同様。

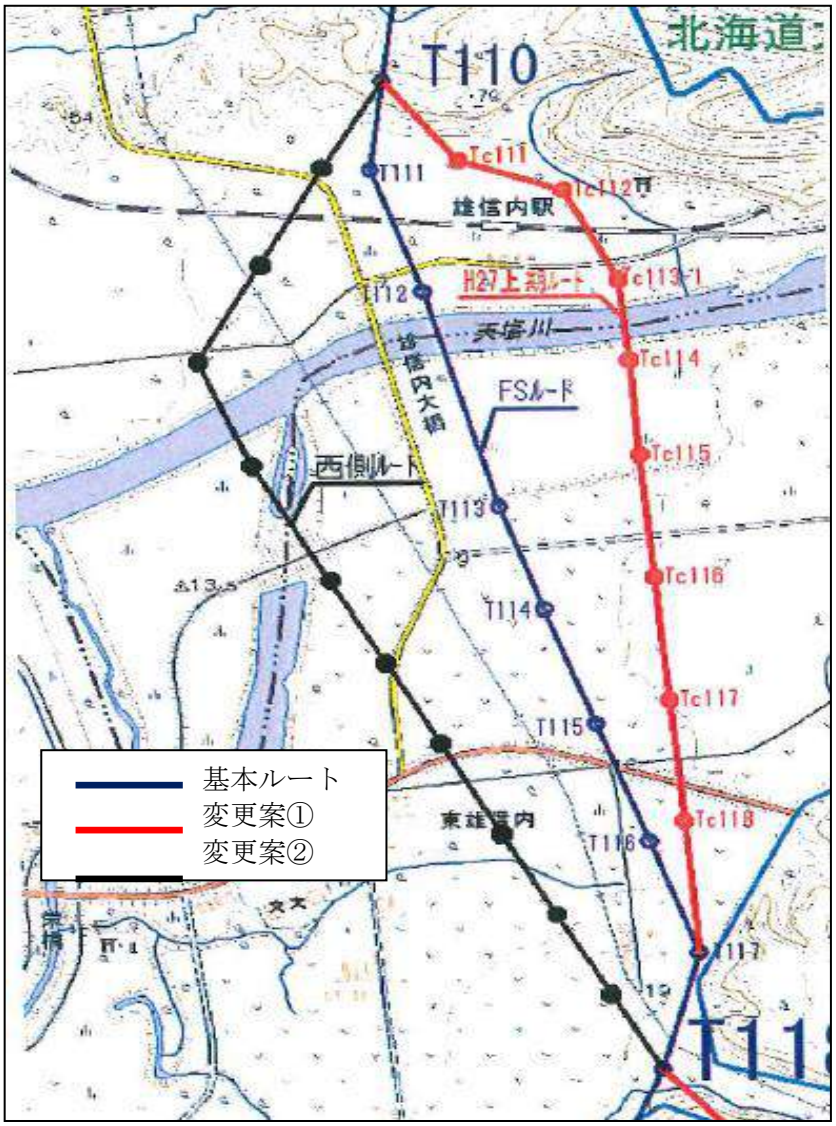


図1.2-2：天塩川横断箇所の検討

② 西中川変電所付近

	基本ルート	変更案①	変更案②
亘長	13,820 m	10,644 m	12,442 m
鉄塔基数	45基	36基	42基
概要	丘陵地を避け、平坦地を主に通過するルート選定。	国有林を主に通過し西中川変電所に連系。基本ルートに比べ、亘長が短くなる。地すべり地帯は回避。	変更案①よりも南側の国有林を通過。地形的制約から地すべり地帯の近傍を通過。
用地	採草地、放牧地、国有林を通過。	国有林内の管轄区分は以下のとおり。 ・天塩町内：留萌北部森林管理署	変更案①と同様。

		・中川町内：上川北部森林管理署	
地形/地盤	平坦地は天塩川の氾濫原に位置し、軟弱地盤層の堆積が予想される。丘陵部の地盤は比較的良好。	丘陵地部分は砂岩、頁岩が予想される。	変更案①より急峻な地形。地盤の概要は変更案①と同様。
建設工事	大部分の鉄塔は直接運搬可能。平坦部は既存道路とのアクセスに優れる。	国有林地帯では部分的にヘリコプター等の運搬手段を用いた施工。工事用地、ヘリコプター輸送用の伐採が必要。	施工方法の概要は変更案①と同様。変更案①より亘長が長くなるため建設コストアップとなる。

図1.2-3：西中川変電所付近の検討

3.測量調査

基本ルート及び代替ルート候補地について、現地踏査を開始。また航空測量データも参考にし、送電線敷設工事に伴い発生する改変（切土・盛土）の概算面積を算出した（表1.2-2参照）。

表1.2-2：概算改変面積の算出結果

	想定造成長(km,箇所)	造成幅(m)
新規造成路	1.159	6.0
仮設道路A1(鋼板)	12.720	6.0
仮設道路A2(切盛鋼板)	11.427	6.0
仮設道路B(鋼板+火山灰)	14.028	6.0
仮設道路C(農道拡幅)	28.110	地形改変なし
仮設橋	32	地形改変なし
搬入口拡幅	139	地形改変なし

・運搬路

新規造成路: R＊B＝	1.159 km	＊	6.0 m	＝	6,954 ㎡
仮設道路A1(鋼板): R＊B＝	12.720 km	＊	6.0 m	＝	76,320 ㎡
仮設道路A2(切盛鋼板): R＊B＝	11.427 km	＊	6.0 m	＝	68,562 ㎡
仮設道路B(鋼板+火山灰): R＊B＝	14.028 km	＊	6.0 m	＝	84,168 ㎡
仮設道路C(農道拡幅): R＊B＝	28.110 km	＊	0.0 m	＝	0 ㎡
仮設橋: n＊改変規模:	32 か所	＊	0.0 ㎡	＝	0 ㎡
搬入口拡幅: n＊改変規模:	139 か所	＊	0.0 ㎡	＝	0 ㎡
			小計	＝	236,004 ㎡

・鉄塔敷

直搬, 直接基礎: n＊改変規模:	65 基	＊	400.0 ㎡	＝	26,000 ㎡
直搬, 杭基礎: n＊改変規模:	119 基	＊	400.0 ㎡	＝	47,600 ㎡
ヘリ, 直接基礎: n＊改変規模:	70 基	＊	1600.0 ㎡	＝	112,000 ㎡
			小計	＝	185,600 ㎡

・防護設備

鉄柱型防護設備: n＊改変規模:	2 か所	＊	432.0 ㎡	＝	864 ㎡
鉄塔型防護設備: n＊改変規模:	2 基	＊	400.0 ㎡	＝	800 ㎡
			小計	＝	1,664 ㎡

・変電設備

			=200m*180m		
豊富変電所(気中): n＊改変規模:	1 か所	＊	36000.0 ㎡	＝	36,000 ㎡
稚内変電所: n＊改変規模:	1 か所	＊	2700.0 ㎡	＝	2,700 ㎡
開源変電所: n＊改変規模:	1 か所	＊	2700.0 ㎡	＝	2,700 ㎡
			=60m*45m 小計	＝	41,400 ㎡

・架線基地

D場, E場: n＊改変規模:	23 か所	＊	750.0 ㎡	＝	17,250 ㎡
			小計	＝	17,250 ㎡

合計＝		481,918 ㎡
	(＝	48.192 ha)

4. 地質調査・基礎設計

送電網ルート近傍の地質調査結果を参照し、標準的な基礎型の適用について、3地点で簡易検討を実施し、想定される基礎型の検討を行った。結果は以下のとおり（図1.2-4～図1.2-9参照）。

なお、平成27年下期以降、送電網ルートにおける地質調査を開始し、今回検討した結果も用いながら最終的な鉄塔基礎の設計に順次反映した。

① ボーリング地点No.1

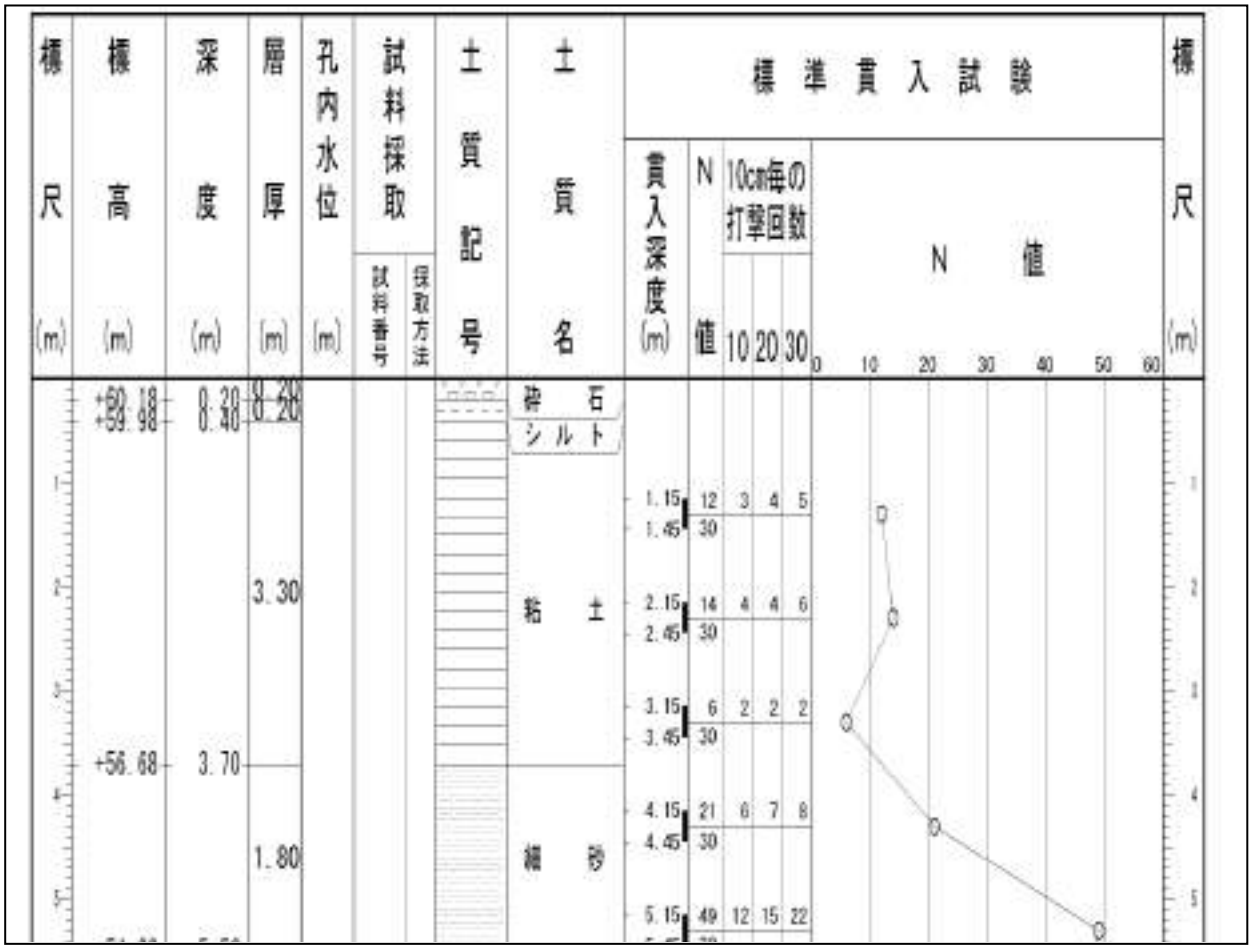


図1.2-4：地点No.1の地質柱状図

基礎選定根拠：

地下水位が低く、N 値 5 以上の良質な粘性土及び N 値 20 以上の砂質土が GL-1.0 m 付近から確認されている。

⇒上記より、逆 T 字型直接基礎とする。基礎床付け深さは、66 kV 以上の鉄塔基礎最低床付け深さである GL-1.8 m とする。

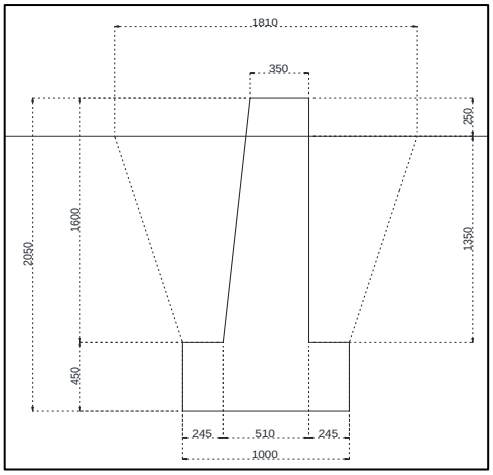


図1.2-5：地点No.1にて適用検討した逆T字型直接基礎

② ボーリング地点No.2

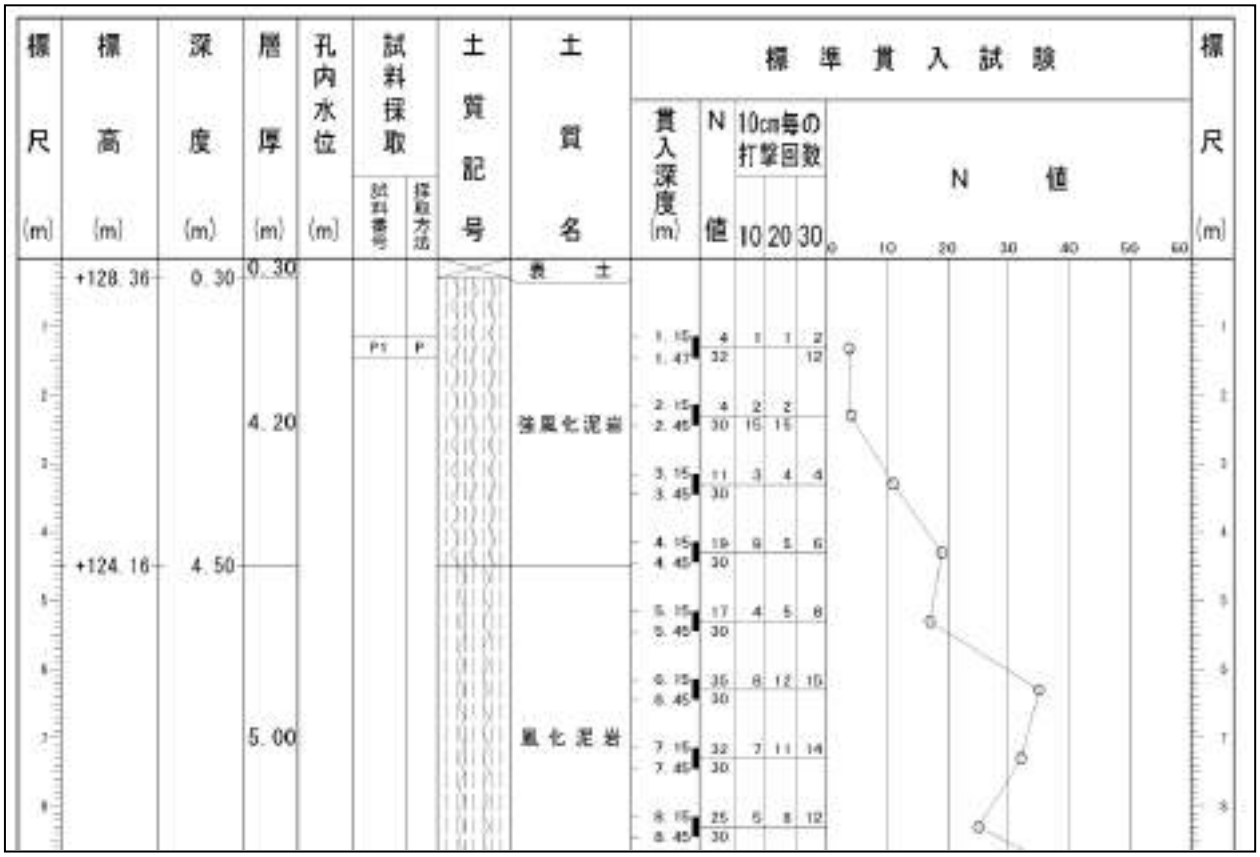


図1.2-6：地点No.2の地質柱状図

基礎選定根拠：

地下水位が低く、N 値 20 以上の地質が GL-4.2 m 付近より確認されており、直接基礎を選定できるものと考えられるが、強風化泥岩が GL-4.5 m 付近まで続いている。それ以深は N 値 20 以上の風化泥岩となっている。

⇒上記より、基礎床付けは強風化泥岩を避けた GL-4.5 m 以深と考える。しかし、GL-4.4 m 以深が床付けとなる基礎は詳細設計を行う必要があるうえに、コストアップが想定される。そこで、GL-4.4 m 地点を基礎床付けとし、GL-4.5 m までの 0.1 m 程度は砕石による置き換えとすることにより、逆 T 字型直接基礎で対応可能と判断する。

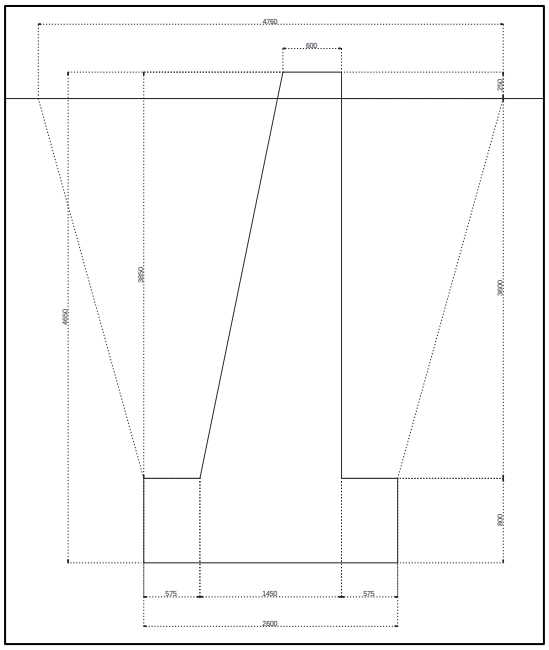


図1.2-7：地点No.2にて適用検討した逆T字型直接基礎

③　ボーリング地点No.3

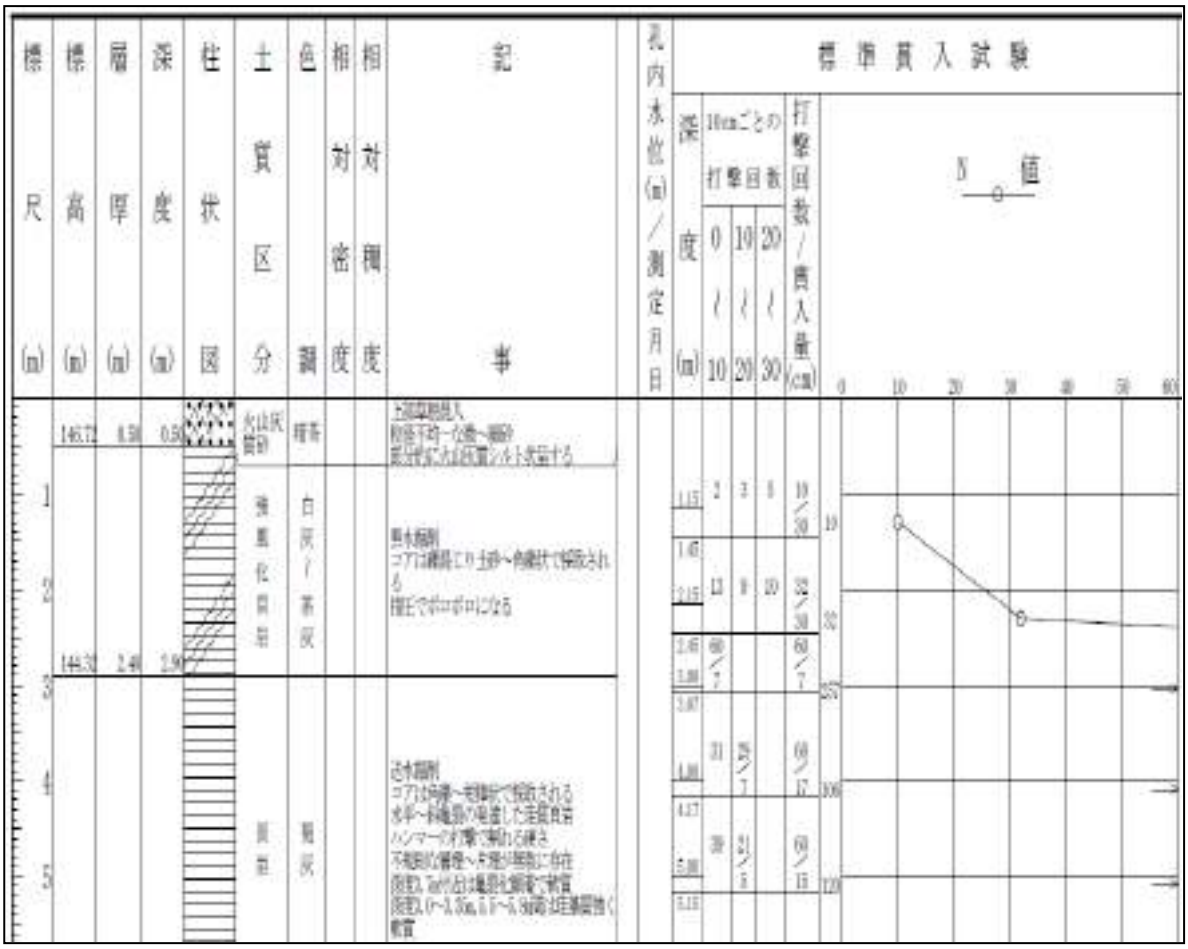


図1.2-8：地点No.3の地質柱状図

基礎選定根拠：

地下水位が低く、N 値 20 以上の地質が GL-1.8 m 付近より確認されており、これ以深であれば基礎床付け可能と考えられる。しかし、記事に記載のとおり、N 値の低い強風化貢岩は指圧でボロボロになるほど圧力に弱い。

⇒N 値の低い強風化貢岩への基礎床付けは避けることとする。しかし、N 値 50 以上の貢岩掘削はコストアップとなるため、N 値 50 を掘削の上限と設定することとし、基礎床付け GL-2.3 m の逆 T 字型直接基礎とする。

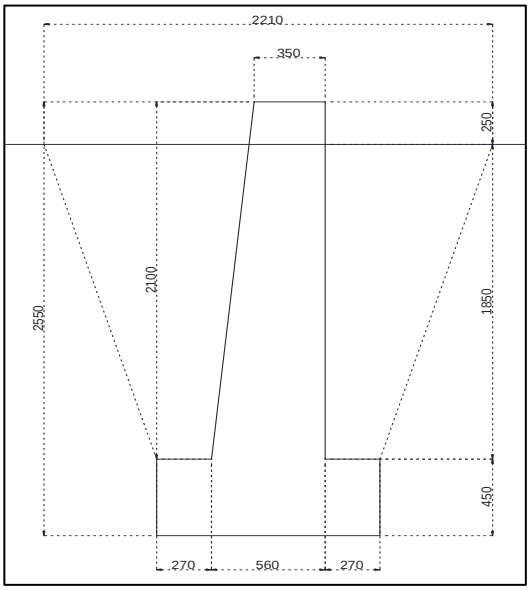


図1.2-9：地点No.3にて適用検討した逆T字型直接基礎

・平成27年度予算（2015年度下半期）

○送電網整備実証事業における設計業務

今期の設計業務の目的は、平成28年度から地権者交渉を本格化していくことを念頭に、平成27年9月までに検討した基本ルートをより実現可能性の高いものとすることであり、平成27年度上期に引続き、ルートの見直しを行うとともに、一部地権者から立入許可を得た上で、基本ルート候補地の立入調査・地質調査等を開始した。なお、今期の実施項目については、今後の調査や地権者交渉結果等をルートに反映させていく必要があるため、複数年度にわたり継続して実施した。

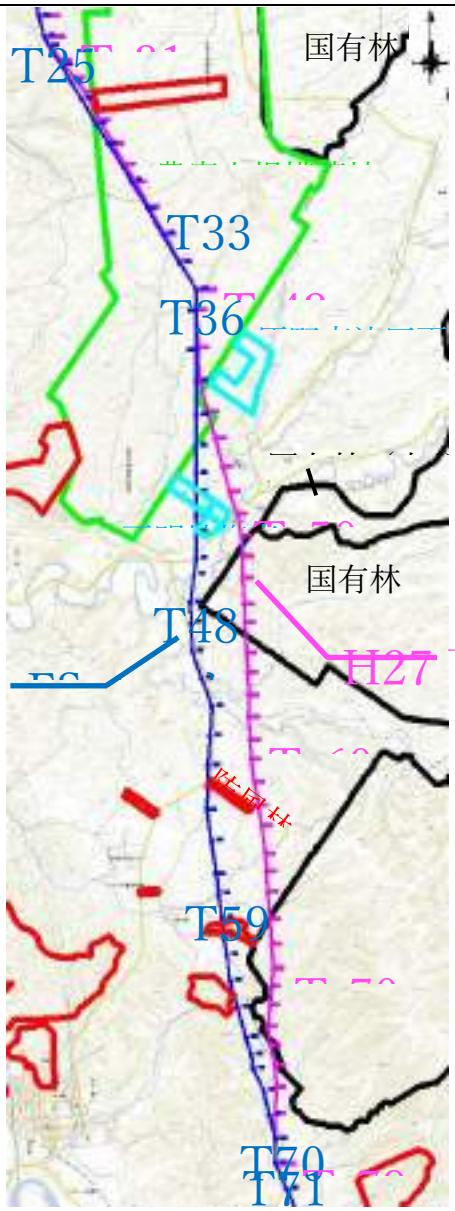
①ルート検証

事前調査や自治体との協議の中で確認した用地上の条件等を勘案し、特に検証を要する地点について、後述の現地踏査や地質調査の結果も踏まえ代替ルートの検証を行った。主な箇所として豊富町～幌延町区間の検証結果を表 1.2-3 に示す。

これまでの用地調査結果や自治体との協議の中で、基本ルート上に河川用地や景観地があることが判明した。これらを極力回避し、かつ建設工事の観点からも合理的な代替ルートを検証した。

表 1.2-3：ルート検証結果

		基本ルート	変更案①
	亘長	14,005 m	13,963 m
	鉄塔基数	45基	47基
	概要	国有林を避け、比較的平坦な牧草地や牧場を通過するルートを選定。	現地踏査実施の上、修正したルート。一部国有林を通過する。
	用地	不明地権者や防風保安林を横断する。また、河川用地内に鉄塔設置が必要となる。また、幌延町の景観地（一本松）に影響する恐れがある。	国有林を通過するがその他の用地的に難しい土地を避けている。
	地形/地盤	比較的緩やかな丘陵地を通過するルートであるため、直接基礎が成立する比較的良質な地盤が想定された。しかし、本年の地質調査の結果（T59、T70）、支持層はGL－12 m程度であり、以浅の土層のN値が低いため、杭基礎となる可能性がある。	丘陵地は直接基礎による鉄塔建設が可能な比較的良質な地盤が想定される。

 豊富町～幌延町区間の検討	建設工事	既設道路が近傍にあり、仮説道路の取付が容易であるため施工性に優れる。	鉄塔建設地点が山の頂上や尾根となる地点が増加するため、ヘリ施工が必要となったり、仮設道路が長くなったり、切盛土量の増加が生じる恐れがある。
評価	今期の検証において、大幅な迂回をしない範囲で河川用地や景観地を極力回避した上で技術的に成り立つルートを確認した。		

②地質調査

最終ルートの選出に際して、稚内市、豊富町、幌延町、天塩町、中川町のそれぞれの代表的な地点（15箇所）について地権者より立入許可を得た上で地質調査（ボーリング）を実施した。また、合わせてルート検証のための現地踏査も行った。実施箇所は図1.2-10のとおり（※今期の調査は、豊富SS（変電所候補地）以外の個人地権者の土地については許可を得た上での詳細調査は未実施であるため、今後実施していく予定）。

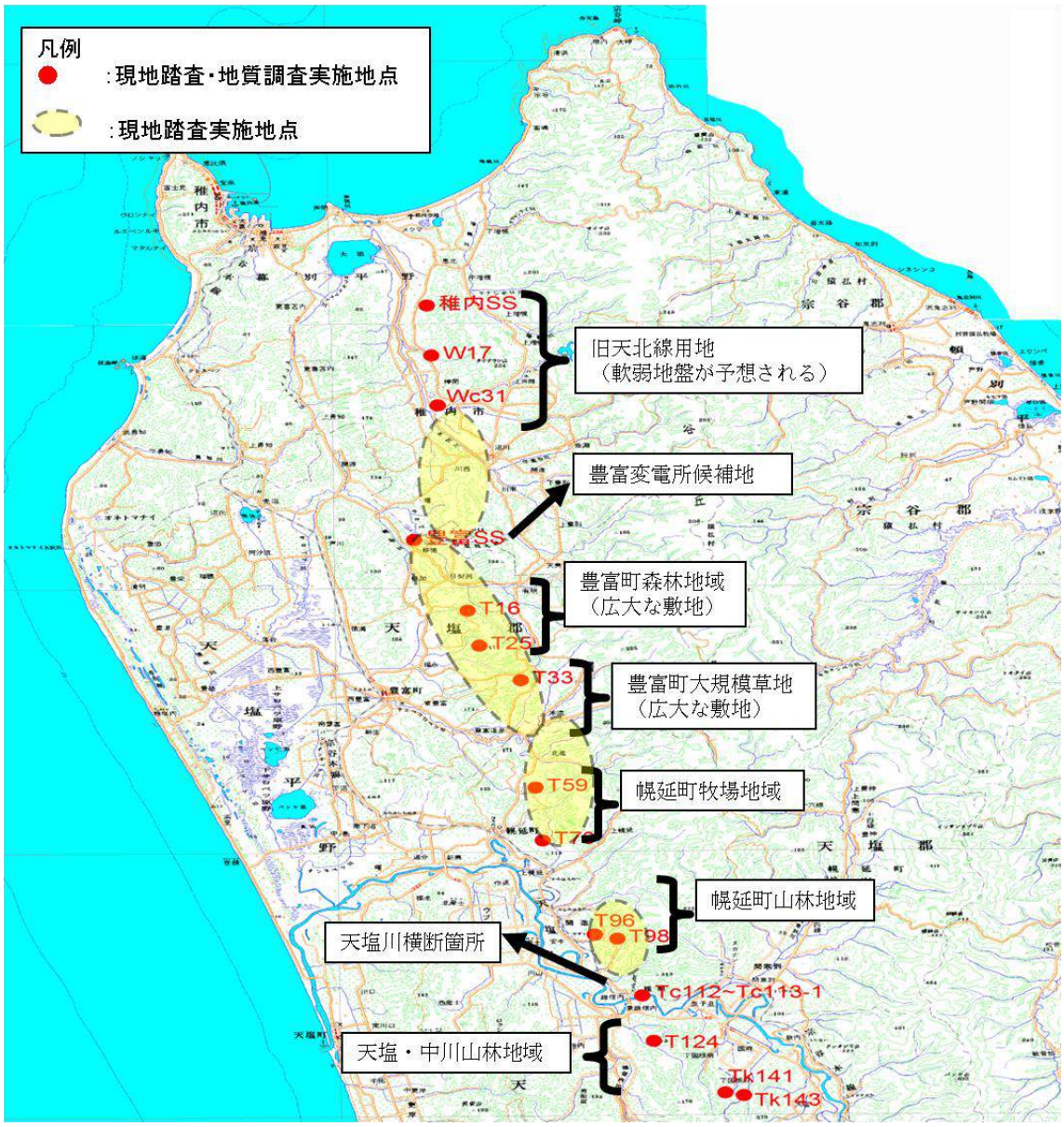


図1.2-10：現地調査実施地点

今期の検討の中で地質調査を実施することにより地盤の特徴を把握するとともに、鉄塔基礎型を推定した。その結果については、下記及び③基本設計（鉄塔、基礎）に示す。

【主な地質調査データ】

標準貫入試験を実施し、地盤データ（N値）を測定し、そのN値の分布から想定される支持層の深さ及び土層について確認した。図1.2-11に一例として鉄塔番号＝W17の地点のデータを示す。W17は、地上面の標高が6.6 mであり約25 m掘削した。その結果、約20 m掘削した地点から連続してN値が40以上※となることを確認した。すなわち、想定支持層ライン（支持層の分布深度）は地表より-20 mということが確認できた。※今回は支持層ライン目安をN値40以上と設定した。これは安全側な設定でありN値を大きく設定しているため、今後調査・検討を継続実施していく中で最適な支持層へ見直していく。

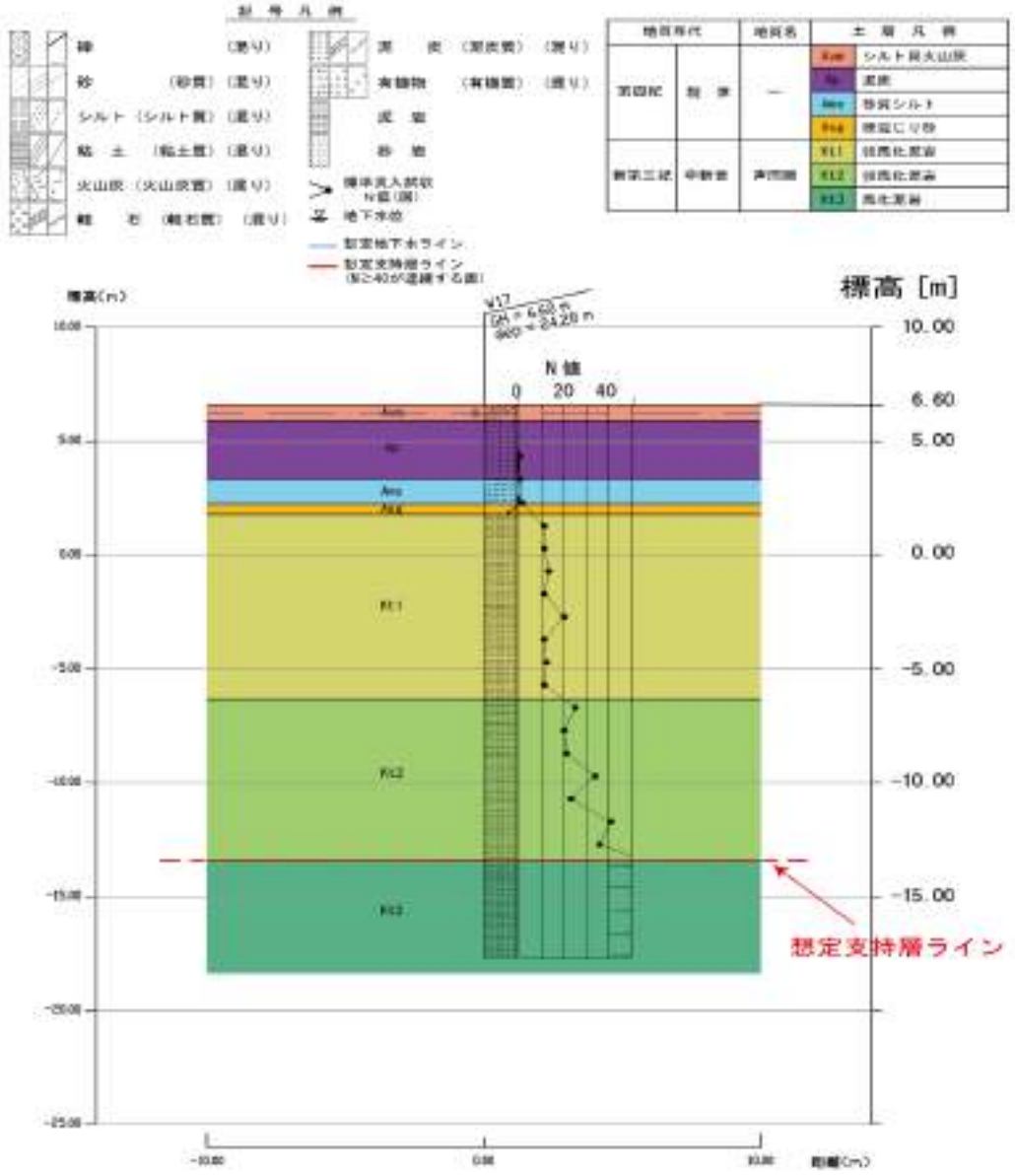


図1.2-11：土層断面図（W17）

【実施結果】

地質調査の実施結果をまとめたものを表1.2-4に示す。当初の想定以上に支持層が深い事が判明したため、直接基礎と比較して工事費が高い杭基礎となる鉄塔が多くなることが想定される。また、今期の実施結果から近傍地でも深度3 m～4 m付近のN値や支持層の分布にバラつきがあり、今回選定した代表地点から地盤の連続性を推定し、別の地点の支持層深さ及び土層を想定することが困難であると考えられため、今後の検討においては鉄塔位置ごとに地質調査を実施することが必要となる。

表1.2-4：地質調査結果まとめ

No	調査区域	孔番号（鉄塔番号）	深度3m,4m付近のN値	支持層	
				分布深度（N≧40が連続する面）(m)	土層
1	稚内市	稚内SS	11,12	24.00	強風化泥岩(Kt3)
2		W17	0/50,1	20.00	風化泥岩(Kt3)
3		Wc31	0/50,2/35	21.00	強風化泥岩(Kt2)
4	豊富町	豊富SS	34,22	14.00	強風化泥岩(Kt2)
5		T16	22,38	4.50	強風化泥岩(Kt2)
6		T25	12,11	9.00	強風化泥岩(Wk2)
7		T33	24,17	21.00	強風化泥岩(Kt3)
8	幌延町	T59	11,15	16.00	風化泥岩(Kt2)
9		T70	3,7	10.00	風化砂質泥岩(Kt2)
10		T96	24,34	4.90	強風化泥質砂岩(Yt2)
11		T98	5/32,3	25.00	風化泥質砂岩(Yt2)
12		Tc112～Tc113-1	1/35,2/32	36.00	砂礫(Dg2)
13	天塩町	T124	20,22	17.00	風化泥岩(Kt2)
14		Tk141	18,16	15.40	風化泥岩(Kt)
15	中川町	Tk143	10,15	28.00	風化砂質泥岩(Kt3)

③基本設計（鉄塔、基礎）

地質調査に基づき、鉄塔基礎型の検討を開始した。今期は地質パターンごとに、標準的な鉄塔基礎型を検討した。鉄塔の上部構造については、河川横断箇所や径間の広い箇所に適用する鉄塔型等、設置場所の条件ごとに標準的な上部構造の検討を開始した。

【基礎設計】

鉄塔基礎の検討を行うにあたり、地質調査結果を基に代表的な地盤分類として3モデル（軟弱地盤、良質地盤、山地中位地盤）を設定した。その3モデルそれぞれに対し、隣接する鉄塔が直線状に並んでいる箇所に適用することを想定した型（SA21型）と送電線が大きく折れ曲がっている地点に適用することを想定した型（SC21型）の2パターンを検討することとし、それぞれの荷重に応じた6 Case（Case 1～Case 6）について、経済的な標準基礎型の検討を実施した（地盤分類毎の標準基礎型は表1.2-5のとおり）。なお、前述のとおり、今回の検討では想定支持層ラインを安全側に設定しており、基礎設計もそれに準じて実施したため、基礎自体も安全側な設計となっている。

表1.2-5：地盤分類毎の標準基礎型

地盤分類（代表モデル）	鉄塔型	検討基礎型	Case
軟弱地盤	SA21型	鋼管杭単抗型（床板なし）、鋼管杭群杭型、べた基礎鋼管杭群杭型	Case1
	SC21型	鋼管杭群杭型、ベタ基礎鋼管杭群杭型	Case2
良質地盤	SA21型	逆T型基礎（円形）	Case3
	SC21型	逆T型基礎（円形）	Case4
山地中位地盤	SA21型	逆T型基礎（円形）、深礎基礎型	Case5
	SC21型	逆T型基礎（円形）、深礎基礎型	Case6

今回検討した検討基礎型の案を下記に示す。

表1.2-6：軟弱地盤におけるSA21型の検討基礎型案

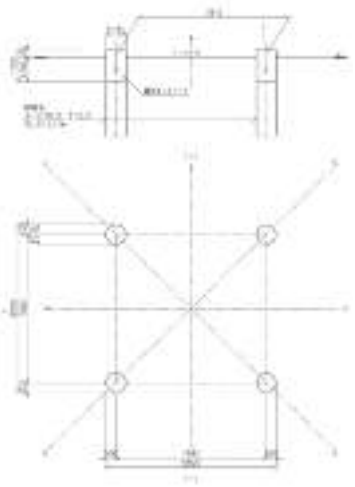
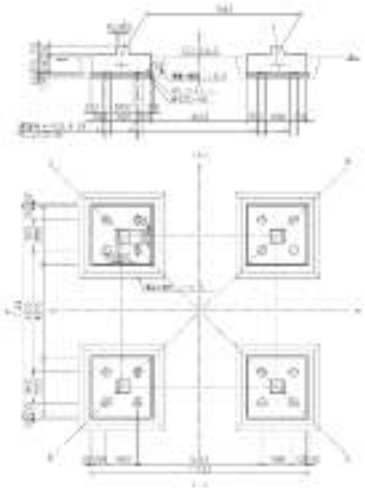
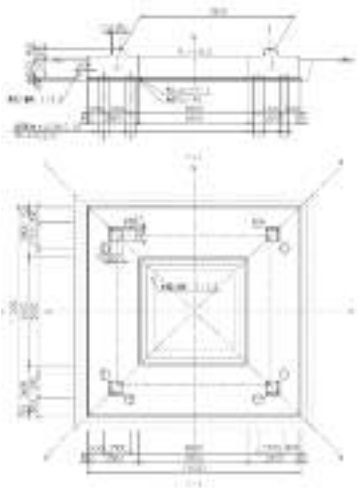
<table>
<tr><td colspan="3">Case 1</td></tr>
<tr><td>鋼管杭単杭型(床板なし)案</td><td>鋼管杭群杭型案</td><td>べた基礎鋼管杭群杭型案</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="3">軟弱地盤であることから杭基礎を候補として検討。
・鋼管杭単杭型（床板なし）は、コンクリート量及び杭本数が最小であり経済性に優れるが、杭径φ900 mm以上の鋼管杭の施工は特殊であり、使用機材の汎用性に難があるため他の基礎型候補に比べ施工性が劣る。
・鋼管杭群杭型は、一般的な杭径の鋼管杭の使用や、経済的な床板形状の採用が可能であると想定されることから、他の基礎型候補と比べ施工性、経済性ともに優れている。
・べた基礎鋼管杭群杭型は、鋼管杭群杭型に比べて杭本数は半分にできるが、コンクリート量が大幅に増加するため経済性で劣る。</td></tr>
</table>

表1.2-7：軟弱地盤におけるSC21型の検討基礎型案

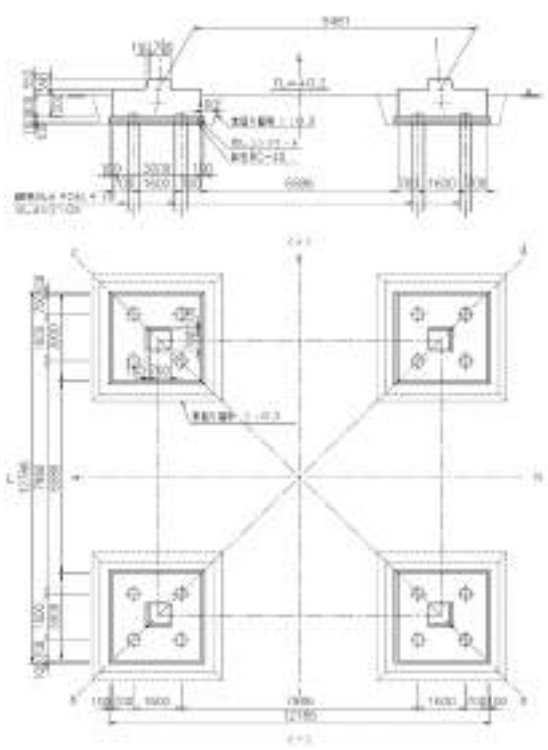
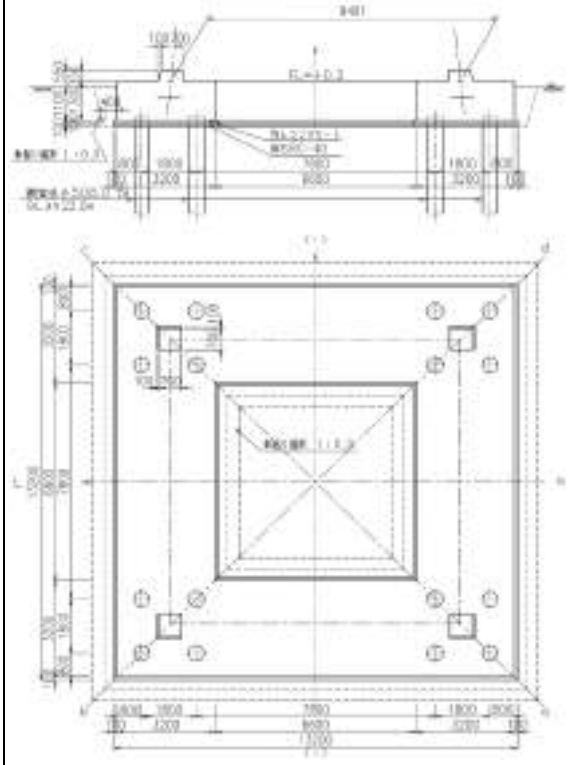
<table>
<tr><th colspan="2">Case 2</th></tr>
<tr><th>鋼管杭群杭型案</th><th>べた基礎鋼管杭群杭型案</th></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">軟弱地盤であることから杭基礎を候補として検討。
・鋼管杭群杭型は、一般的な杭径の鋼管杭の使用や、経済的な床板形状の採用が可能であると想定されることから、べた基礎鋼管杭群杭型より施工性、経済性ともに優れる。
・べた基礎鋼管杭群杭型は、鋼管杭群杭型に比べて杭径が大きくなる（φ406 mm→φ508 mm）うえに、コンクリート量も多いことから施工性、経済性に劣る。</td></tr>
</table>

表1.2-8：良質地盤におけるSA21型、SC21型の検討基礎型案

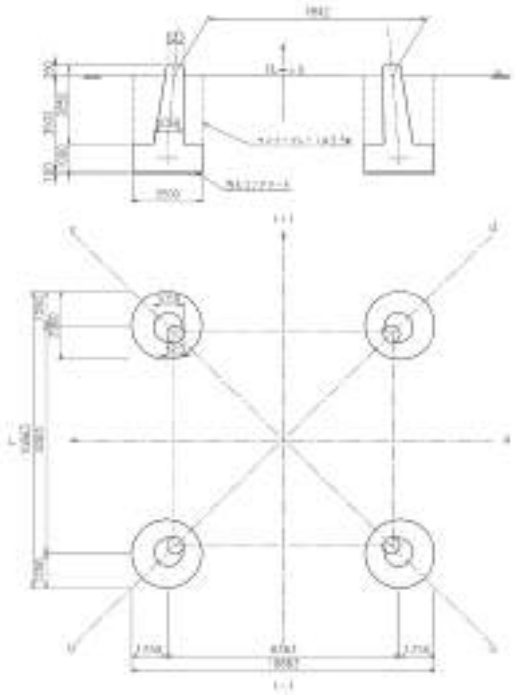
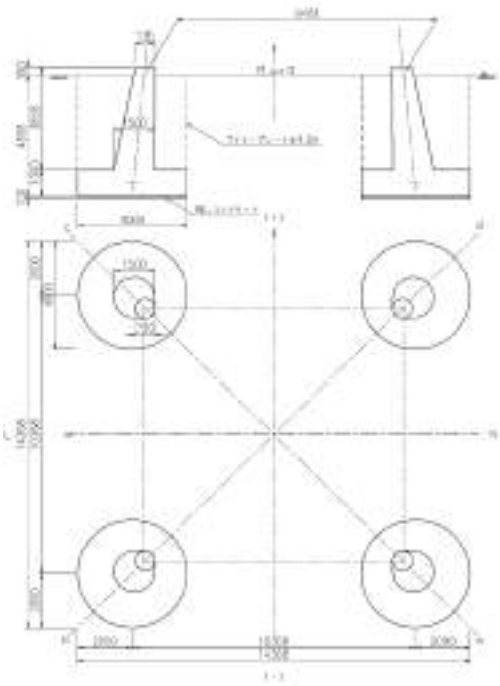
Case 3	Case 4
逆T字型基礎（円形）案	逆T字型基礎（円形）案
	
良質地盤であることから直接基礎を候補として形状を検討。 ・逆T字型基礎は、標準的な鉄塔基礎型の中で最も施工性、経済性に優れる基礎型である。良質な地盤（支持層）が浅い深度で確認できる場合に採用される。直接基礎の一種であり、最も一般的かつ経済的な基礎形状である。	

表1.2-9：山地中位地盤におけるSA21型の検討基礎型案

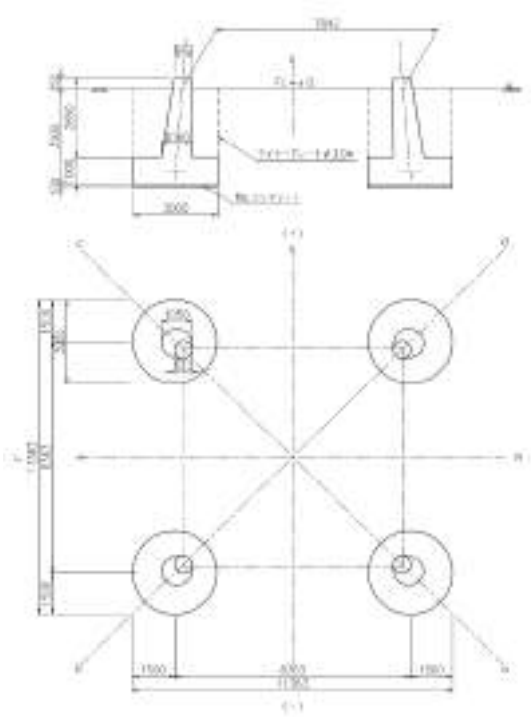
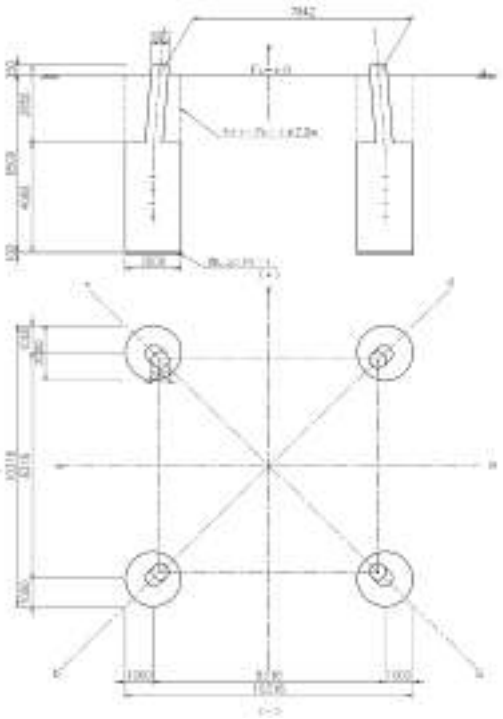
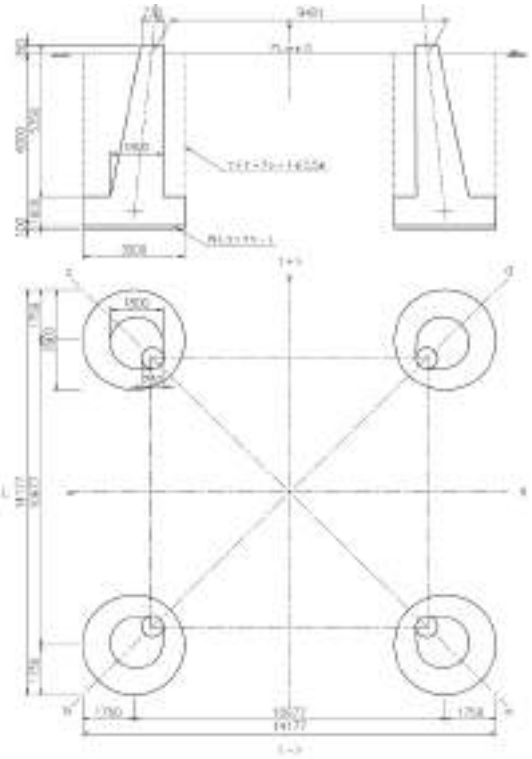
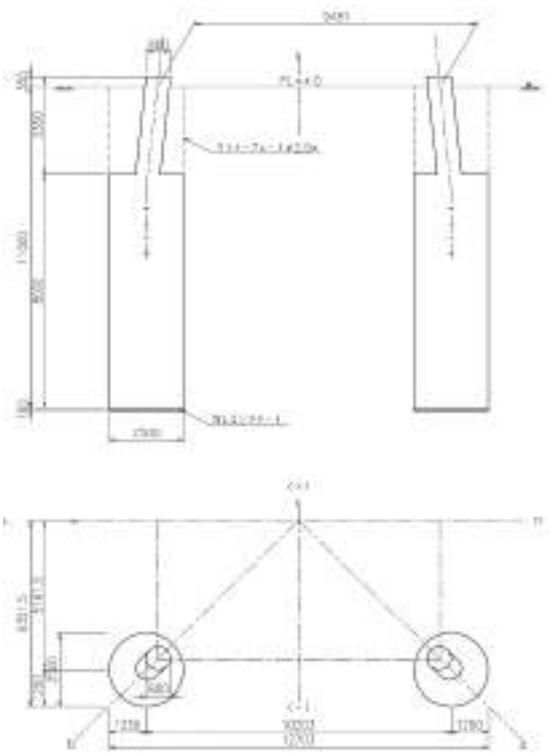
<table>
<tr><th colspan="2">Case 5</th></tr>
<tr><th>逆T字型基礎（円形）案</th><th>深礎基礎案</th></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">山地であることから地表面傾斜を考慮した基礎型を候補として検討。
・逆T字型基礎は、標準的な鉄塔基礎型の中で最も施工性、経済性に優れる基礎型である。山地においては、地表面傾斜を考慮し適用可否を判断したうえで、基礎形状を決定する必要があるが、本Caseでは適用可能となり、経済的な形状を想定することができた。
・深礎基礎は、山地の比較的良質な地盤で用いられる基礎型である（軟弱層には不適）。逆T字型基礎に比べてコンクリート量が多くなることや、掘削等の施工性に劣ることからコストアップにもなる。</td></tr>
</table>

表1.2-10：山地中位地盤におけるSC21型の検討基礎型案

<table>
<tr><td colspan="2">Case 6</td></tr>
<tr><td>逆T字型基礎（円形）案</td><td>深礎基礎案</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">山地であることから地表面傾斜を考慮した基礎型を候補として検討。
・逆T字型基礎は、標準的な鉄塔基礎型の中で最も施工性、経済性に優れる基礎型であるが、山地においては、地表面傾斜を考慮し適用可否を判断したうえで、基礎形状を決定する必要があるが本Caseでは適用可能となり、経済的な形状を想定することができた。
・深礎基礎は、山地の比較的良質な地盤で用いられる基礎型である（軟弱層には不適）。逆T字型基礎に比べてコンクリート量が多くなることや、掘削等の施工性に劣ることからコストアップにもなる。</td></tr>
</table>

【鉄塔設計】

河川横断箇所や径間の広い箇所を想定した鉄塔構造について検討を開始した。下記にはそのうち河川横断箇所について検討した結果を示す。

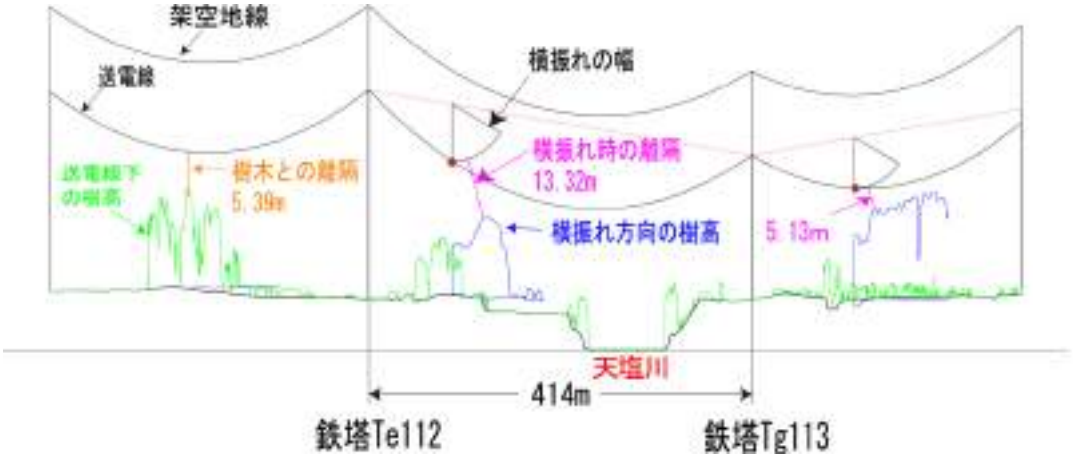


図1.2-12：天塩川横断箇所縦断図

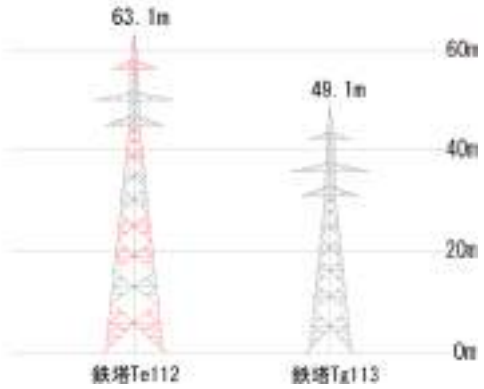


図 1.2-13：鉄塔構造イメージ図

図 1.2-12 は天塩川横断箇所の送電線候補ルートを横方向から表した図（縦断図）である。図 1.2-12 には各径間における送電線と樹木等が最も近接する箇所の離隔距離について数字を記載している。送電線と樹木等との離隔距離を送電線が風等で横振れした場合（ワーストケース）も含めて4 m以上保つ（北電NWの基準）ことを前提に鉄塔構造を検討した結果、図1.2-13のような鉄塔が必要となることが分かった。

上記検討箇所においては径間が414 mと比較的広く、前後に支障木が存在するため、鉄塔高が63 m程度必要となることが判明した。鉄塔高が60 m以上となる場合には、航空法の規制を受けることとなるため、今後は個別に航空障害灯や昼間障害標識の設置等の対応や、支障木の伐採、若しくは特殊鉄塔の設計により鉄塔高を60m未満にする等の対応を検討する。

・平成28年度予算（2016年度）

○送電網整備実証事業

1）北海道北部地域における送電網整備設計業務

今期の設計業務の目的は、最終ルートの確定に必要となる設計及び変電設備、鉄塔等の敷設に必要となる設計を進めることであり、計画ルート上の地権者より立入許可を得た上で現地調査及び鉄塔の設計を進めた。

①技術測量

計画ルートにおいて中心測量、縦断測量、敷地測量、樹高調査等の技術測量を開始した。

送電線の中心や鉄塔角度等を個別に測量し、平面図や縦断図を作成した。下記に代表的な平面図（図 1.2-14）及び縦断図（図 1.2-15）を示す。

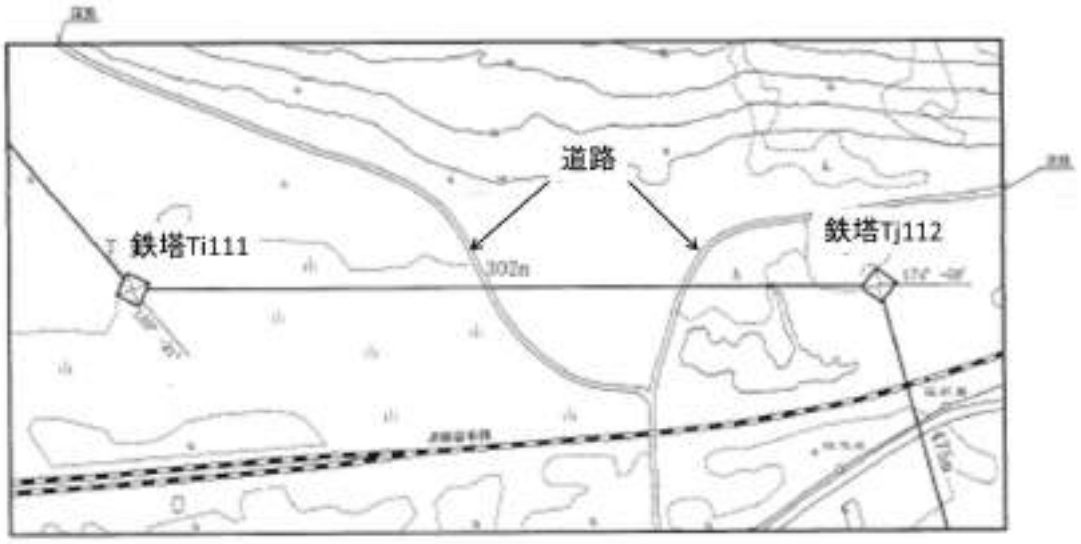


図 1.2-14：平面図（道路横断箇所）

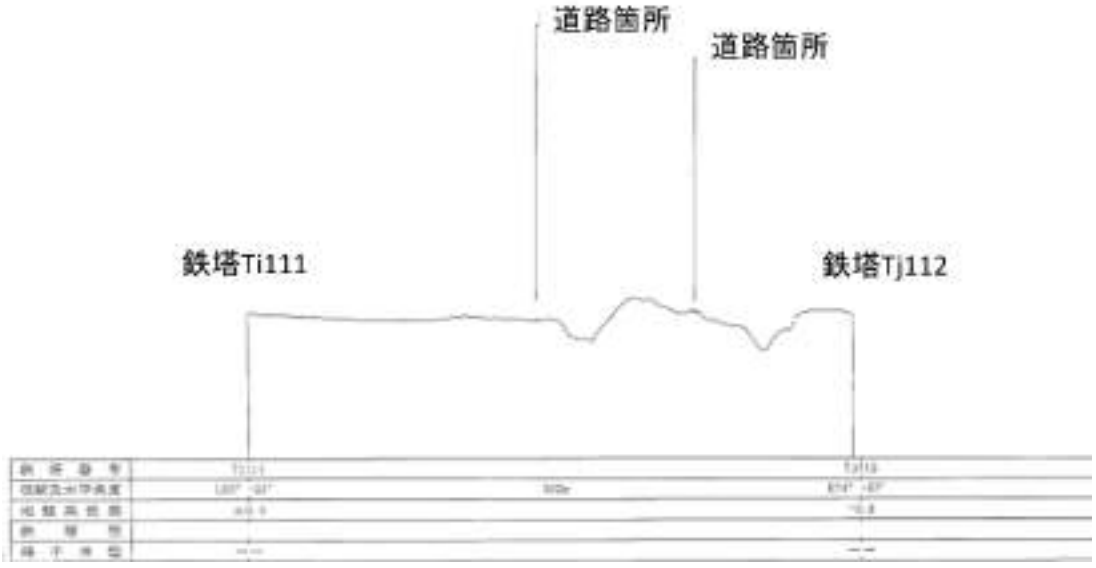


図 1.2-15：縦断図（道路横断箇所）

・航空測量ルート調整の結果、既存の航空測量データ範囲外となる箇所が生じたため、航空測量を実施した。実施位置及び実施結果は下図（図 1.2-16～図 1.2-18）のとおり。

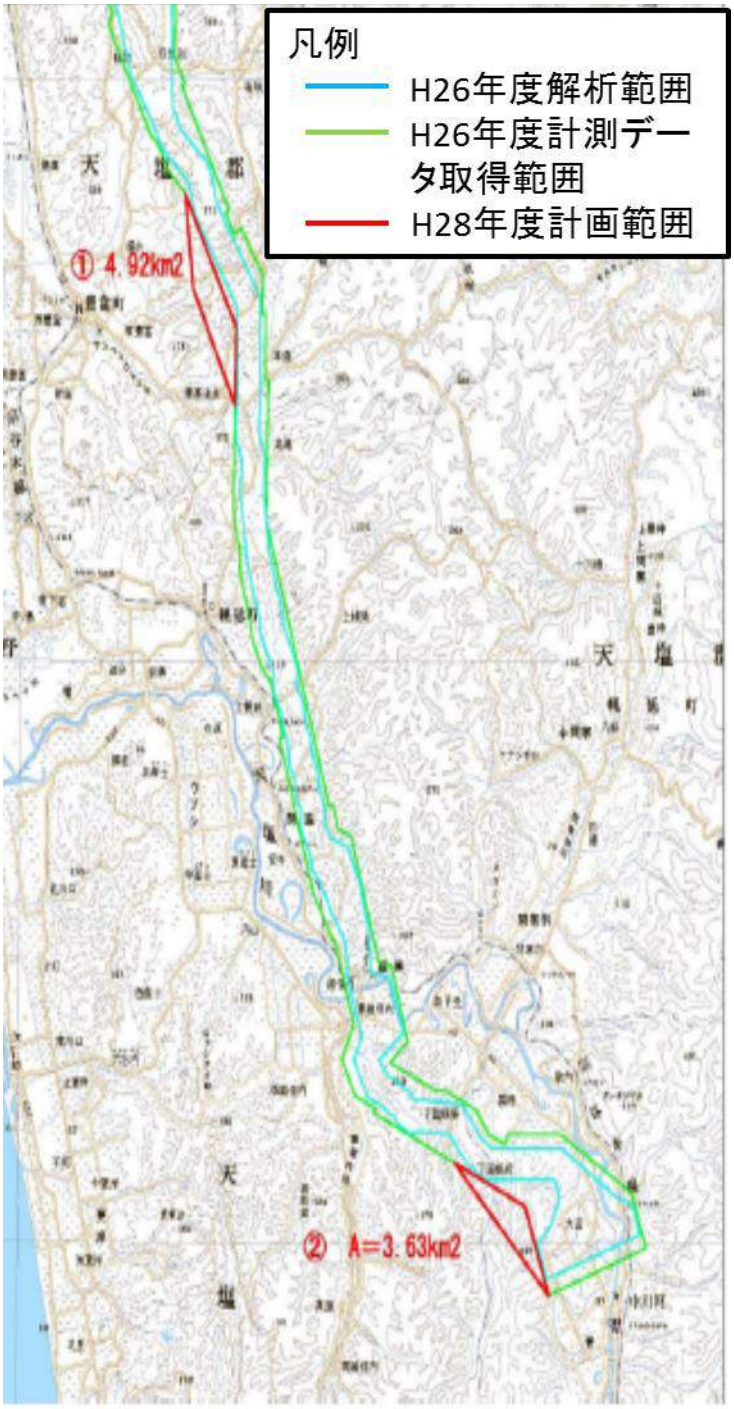


図 1.2-16：航空測量位置図

図 1.2-17：航空測量結果　陰陽図

図 1.2-18：航空測量結果　平面図

②地質調査

計画ルート上の鉄塔設置候補地点の地質を把握するため、平成27年度下期に引続き地質調査（ボーリング及び室内試験）を実施した。本年度は土地の地権者と用地交渉の上、調査可能となった箇所のうち、代表的な地点（102箇所）について実施した。実施箇所は図1.2-19のとおり。

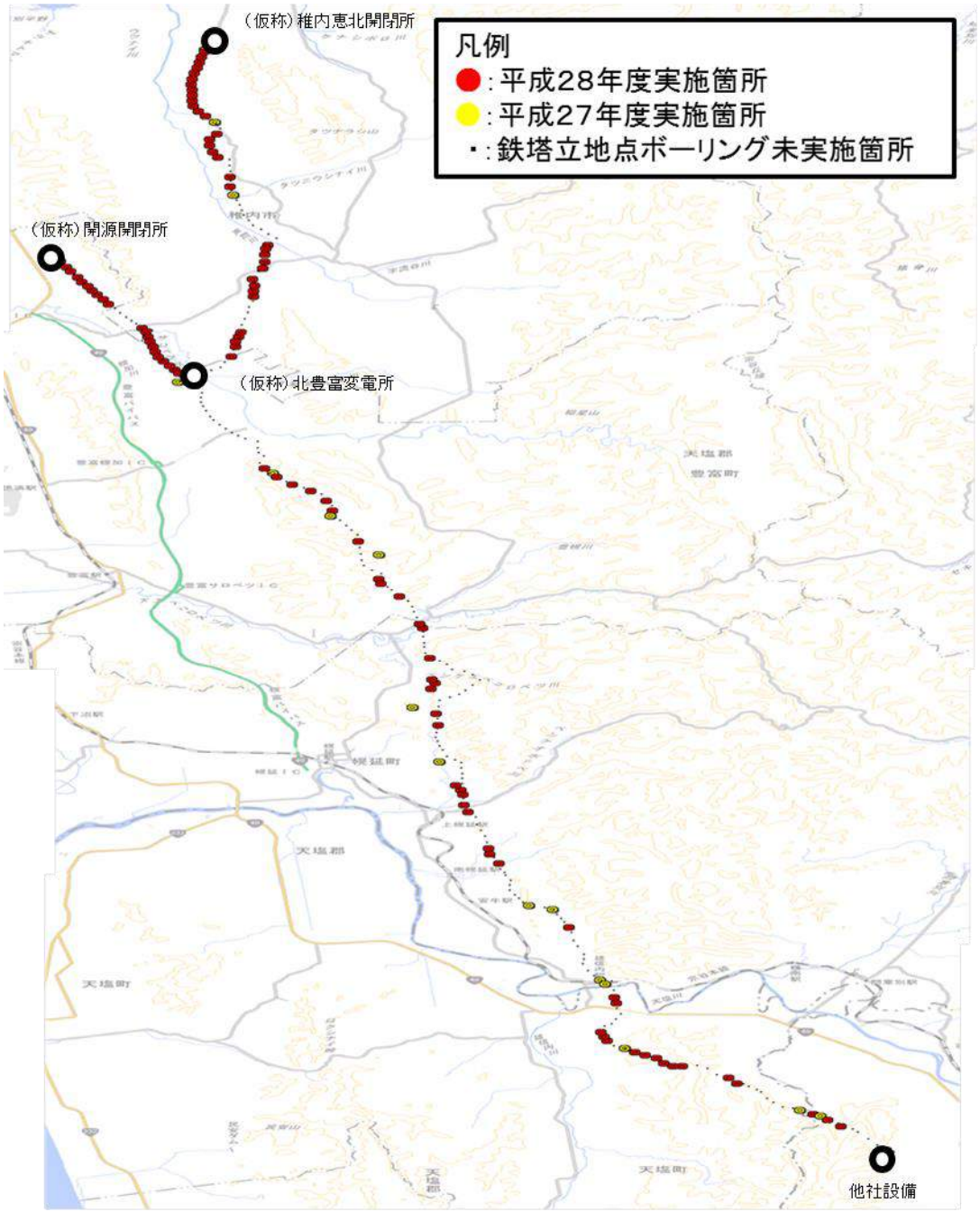


図 1.2-19：地質調査実施位置図

地質調査の代表的な結果につき、下記（表 1.2-11～表 1.2-13）に記す。

表 1 .2-11：孔内水平載荷試験結果（Wg10）

試験区間 (m)	試験中間深度 (m)	土層名	土質区分	N 値 (回)	静止土圧 P_0 (kN/m²)	降伏圧 Py (kN/m²)	破壊圧 Pl (kN/m²)	地盤係数 K (MN/m³)	変形係数 E_0 (MN/m²)	中間半径 r (cm)
4.00 ～ 5.00	4.50	シルト(As)	砂質シルト	0/50	6.33	17.65	27.14	14.903	0.702	4.00

表 1.2-12：接地抵抗測定試験結果

孔番号 (鉄塔番号)	接地抵抗試験	
	測定値 (Ω)	測定コードの向き(方位)
Wg10	6.0	N

表 1.2-13：室内試験結果まとめ

孔番号 (鉄塔番号)				Wg10		
試料番号				Wg10-1	Wg10-2	Wg10-3
深　度				2.00 ～ 2.50	4.00 ～ 5.00	8.00 ～ 8.50
土層名				泥炭 (Ap)	シルト (As)	シルト (As)
土質区分				泥炭	砂質シルト	シルト
土粒子の密度試験	土粒子の密度	ρ_s	(g/cm³)		2.565	
土の含水比試験	含水比	w_n	(%)	981.9	109.2	101.0
土の粒度試験	礫　分	2mm以上	(%)		0.0	
	砂　分	0.075～2mm	(%)		5.0	
	シルト分	0.005～0.075mm	(%)		76.5	
	粘土分	0.005mm以下	(%)		18.5	
	細粒分含有率	Fc	(%)		95.0	
	最大粒径		(mm)		0.85	
	平均粒径	D_{50}	(mm)		0.0156	
	20%粒径	D_{20}	(mm)		0.0061	
土の細粒分含有率試験	細粒分含有率	Fc	(%)			98.6
土の液性限界・塑性限界試験	液性限界	w_L	(%)		78.2	
	塑性限界	w_p	(%)		24.6	
	塑性指数	I_p	(%)		53.6	
土の一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ	q_u	(kN/m²)		20.6	
	破壊ひずみ	ε_f	(%)		6.3	
	変形係数	E_{50}	(MN/m²)		1.05	
	湿潤密度	ρt (供試体平均)	(g/cm³)		1.451	
			(kN/m³)*		14.2	
土の圧密試験	試験方法				段階載荷	
	初期間隙比	$e0$			2.982	
	圧縮指数	Cc			0.983	
	圧密降伏応力	Pc	(kN/m²)		82.1	
土の統一土質分類					砂まじり粘土(高液性限界)	
地盤材料の分類名					(CH-S)	

③鉄塔位置修正検討

現地調査や地権者交渉の結果を踏まえ鉄塔位置の修正を検討し、随時反映する作業を行った。下記（表1.2-14、図1.2-20）に代表的な地点の鉄塔位置修正検討内容と位置修正結果を示す。

表 1.2-14：鉄塔位置修正検討

	H27検討ルート	変更ルート1（亘長km）	変更ルート2（亘長km）	変更亘長累計（km）	変更理由	位置図
送電ルート	Te2～T5	Th2～Th5（0.8）	—	0.8	・5/25　特定地権者の用地を除外したルート変更	T-①
	T5～T14	Th5～Tw14（2.5）	—	2.5	・5/25　特定地権者の用地を除外したルート変更	T-①～T-②
	Th12～Th13	Ti12～Ti13（0.3）	—	0.3	・7/20　地権者からのルート変更要請	T-②
	T14～T15	Tw14～Tw15（0.3）	Tx14～Tx15（0.3）	0.6	・5/25　地権者からの用地端へのルート変更要請 ・9/4　地権者からの用地端へのルート変更要請（微調整）	T-②
	T15～Te30	Tw16～Tx26（3.0）	—	3.0	・4/28　港エステート㈱補助金対象範囲からルート変更要請	T-②～T-③
	Te31～Ts35	Tx27～To35（1.2）	—	1.2	・4/28　民有林補助金対象範囲からルート変更要請	T-③
	Ts36～Ts45	To36～Tn47（3.3）	—	3.3	・11/30 豊富町からの事業の支障にならないようなルート変更要請	T-④
	Tu58～Ts67	Tw58-1～Tw69（3.4）	—	3.4	・12/2　幌延町からの景観に配慮したルート変更要請	T-⑥
	Ts60～Ts62	Tt60～Tu62（0.5）	—	0.5	・7/6　地権者からの用地端へのルート変更要請	T-⑥
	Ts74～Tt75	Ta74～Tt75（2.8）	—	2.8	・12/2　幌延町からの事業の支障にならないようなルート変更要請	T-⑦
	T80～T84	T80～Tu84（1.4）	—	1.4	・10/31 現地調査の結果、植林地、急傾斜地からのルート変更	T-⑧

図 1.2-20：位置修正結果（造林補助金対象地の除外）

④鉄塔詳細検討

技術測量や地質調査の結果等を基に鉄塔上部及び鉄塔基礎について基本設計内容の修正と想定される荷重による構造検討を実施した。

【上部設計】

技術測量の結果（鉄塔の荷重径間や水平角度等）や、設計荷重の設定、絶縁設計を実施した。それらの結果を基に、鉄塔の基本型を設定し、各鉄塔の分類を行った。下記（表1.2-15～表1.2-18、図1.2-21）に代表的な設計結果を示す。

また、長径間箇所（河川横断箇所等）への相間スペーサー取付を考慮した張力も算出し、適切な設計諸元を設定した。算出結果は表1.2-19に示す。

表 1.2-15：送電線の基本設計諸元

検討区分		187 kV 北部送電豊富中川幹線・66 kV 稚内恵北線（187 kV 設計）
設計荷重	電技荷重	高温季　風速 40 m/s（100 kg/m²）　5℃
		低温季　風速 28.3 m/s（50 kg/m²）　-35℃　被氷厚さ 6 mm　比重 0.9
		低温季　風速 40 m/s（100 kg/m²）　-35℃　無氷雪
	JEC	高温季　150 kg/m²
		低温季　175 kg/m²
	氷雪荷重	乾型着雪　40 mm　比重　0.1
		湿型着雪　30 mm　比重　0.6
	着雪設計	着雪地区　0℃　5 kg/m（比重　0.6）　20 m/s
		風速区分　特殊強風地域
		難着雪リング＋捻じれ防止ダンパー
電力線	線　　種	TASCR/AC 610 mm²
	最大使用張力	Tmax = 5,800 kgf
	弛度・張力	S = 450 m　T = 6,200 kgf　s.f = 2.9 ＞ 2.5
	着雪設計	S = 450 m　T = 10,600 kgf　58% ＜ 80% UTS　※1
	[JEC 平常時]（5℃ 17.8 m/s）	S = 450 m　T = 3,900 kgf　22% ＜ 25% UTS
架空地線	線　　種	OPGW 80 mm²
	最大使用張力	Tmax = 2,500 kgf（無風,0℃、PW 80%）
	弛度・張力	S = 450 m　T = 2,500 kgf　s.f = 3.9 ＞ 2.5
	着雪設計	S = 450 m　T = 6,850 kgf　71% ＜ 80% UTS　※1
	[JEC 平常時]（5℃ 17.8 m/s）	S = 450 m　T = 1,170 kgf　12% ＜ 25% UTS

※1　一般に着氷雪荷重は高温季や低温季荷重より過酷となるので、異常時荷重と考え降伏値対応とする。

表 1.2-16：絶縁設計概要

項目	設計内容
汚損区分	C 地区
がいし名称	クレビス 250mm 懸垂がいし
区間	北豊富変電所 ～西中川変電所 稚内恵北開閉所～北豊富変電所
がいし連結個数	16 個/連
吊型	1 連懸垂・2 連耐張
絶縁方式	アークホーン間隔による不平衡絶縁とする

表 1.2-17：型の分類

がいし	鉄塔型	荷重径間	水平角度	備考
懸垂がいし装置	A1	350 m	3°	地線懸垂設計(片側最大 400 m 考慮)
	A2	450 m	3°	地線懸垂設計(片側最大 450 m 考慮)
	A4	450 m	3°	地線耐張設計（詳細設計）
耐張がいし装置	B1	350 m	10°	(片側最大 450 m 考慮)
	B2	350 m	20°	(片側最大 450 m 考慮)
	C1	350 m	30°	(片側最大 450 m 考慮)
	C2	350 m	40°	(片側最大 450 m 考慮)
	D	個別設定		河川横断、重角度鉄塔、変電所引留鉄塔等
	DR			

表 1.2-18：計画ルート上における型の適用

	径間長(m)						
	200以下	200～250	250～300	300～350	350～400	400～450	450以上
北部送電 豊富中川幹線	1	7	45	74	27	9	3
稚内恵北線	0	4	25	24	8	2	0
合計(基)	1	11	70	98	35	11	3
型別分類	A1型・B1型・B2型・C1型・ C2型				A2型・A3型		

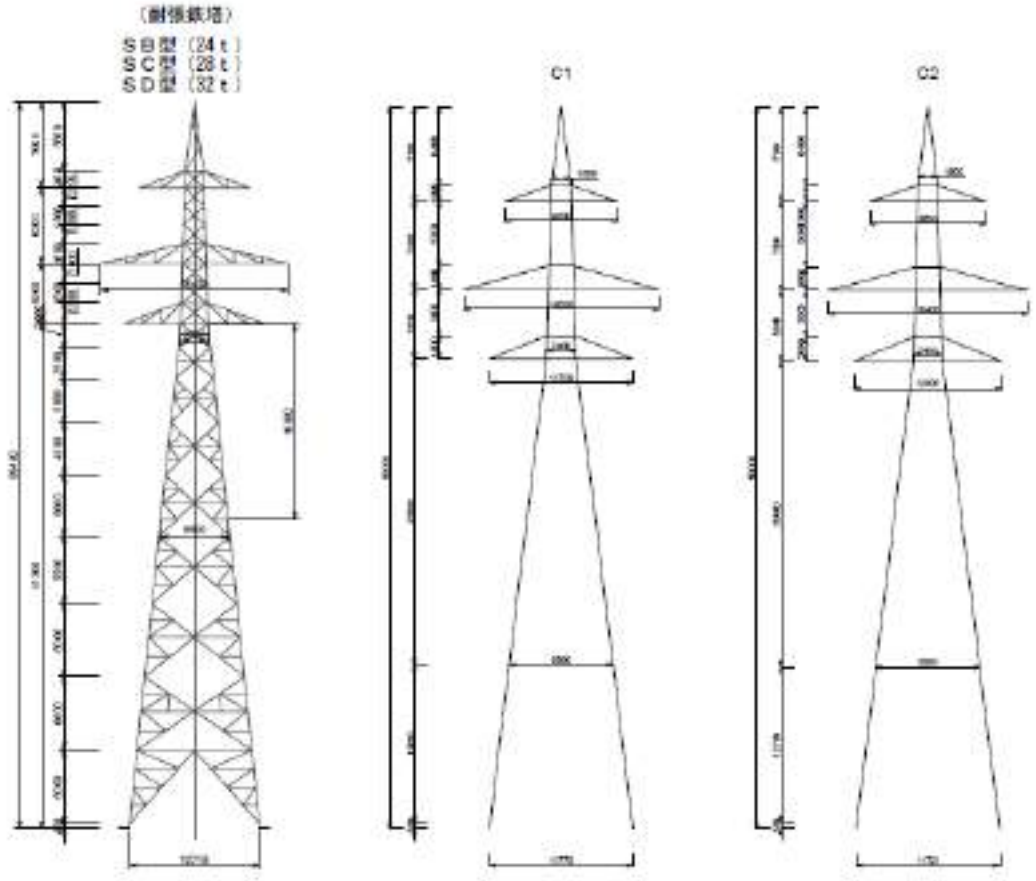


図 1.2-21：鉄塔構造図

表1.2-19：長径間箇所への相間スペーサー取付を考慮した張力

検討条件	相間スペーサ									TACSR/AC610				張　力					相間離隔に考慮する強度（15℃）		
	質量	質量補正	受風面積		取付個数	配列				質量	等価質量	外径	等価外径								
						（段）															
径間差230m～400m連 2個取付																					
径間差430m～600m連 4個取付																					

【基礎設計】

基礎形式の分類は、SI 型（逆T字型円形床板直接基礎）、III型（逆T字型杭基礎）、IV型（マット杭基礎）、深礎基礎、マット基礎、ケーソン基礎とし、その中でも採用可能性が高いSI型、III型、IV型について検討を実施した。

また、特殊箇所（軟弱地盤等）での採用可能性が高い杭基礎の施工にあたり、必要となる可能性のある地盤改良についての検討も実施した。

それぞれの検討結果は下記のとおり。

＜地質調査結果と鉄塔基礎の検討＞

地質調査で実施した標準貫入試験や室内試験等の結果より想定される基礎型の詳細検討を実施

した。地質調査結果で得られた代表的な土層断面図を図1.2-22に示す。
　また、基礎試設計の代表的な結果を下記（図1.2-23、表1.2-20）に示す。

＜地盤改良＞
　軟弱地盤箇所において杭打機の安定を確保するために行う地盤改良について検討を実施した。浅層混合、中層混合、深層混合の中で、最も安価な浅層混合について検討を実施した。その結果を下図（図1.2-24、図1.2-25）に示す。

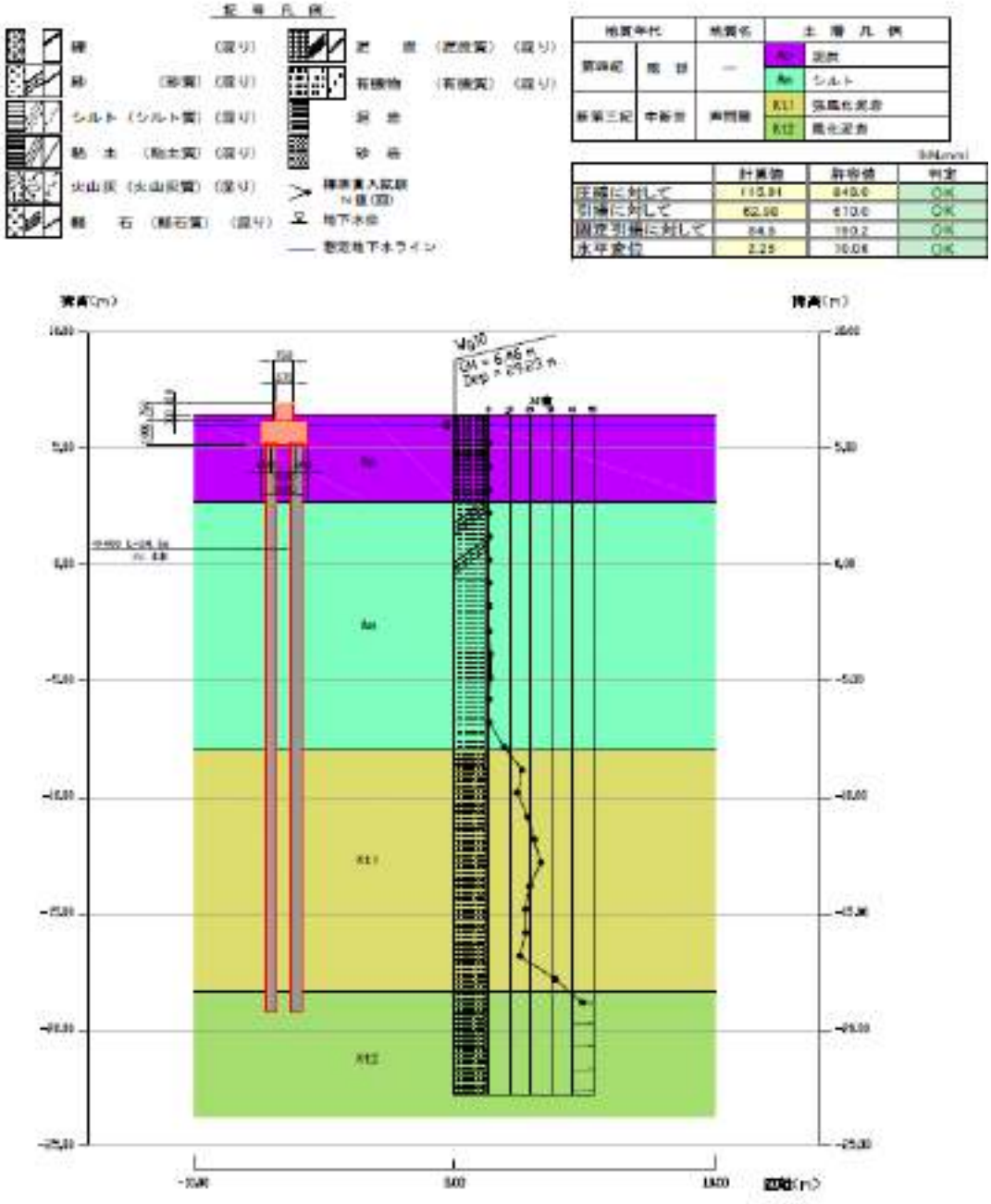


図 1.2-22：土層断面図（Wg10）

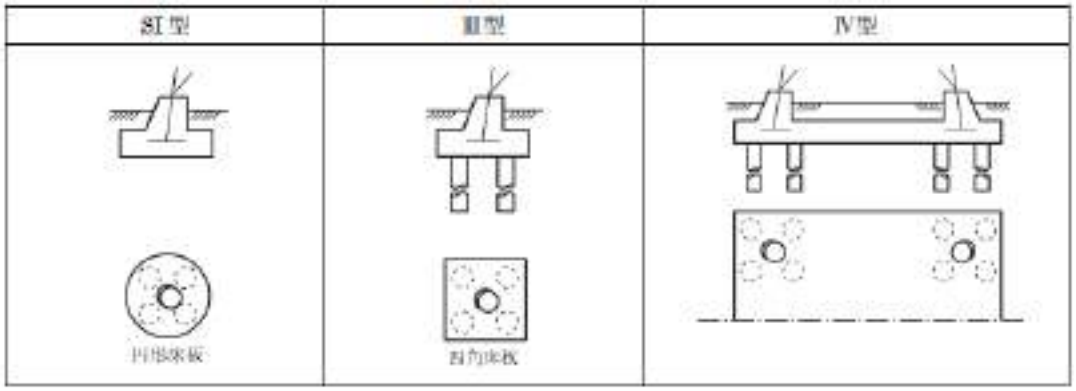


図 1.2-23：基礎概略図（ＳＩ型、III型、IV型)

表 1.2-20：IV型適用形状

ルート名	鉄塔番号	鉄塔タイプ	床版幅 (m)	中抜き幅 (m)	基礎体深さ (m)	杭径 (m)	杭長 (m)	杭本数
稚内恵北線ルート	Wg2	D	13.0	9.4	1.3	0.4	9.0	12
	Wg8	A	11.0	7.4	1.3	0.4	2.5	16
	Wg12	D	13.0	9.4	1.3	0.4	3.0	32
開源線ルート	K5	D	11.0	7.4	1.3	0.4	10.0	8
	Kf21	D	13.0	9.4	1.3	0.4	14.0	16
北部送電豊富中川幹線ルート	Ts50	D	13.0	9.4	1.3	0.4	4.5	32
	Tw121	D	13.0	9.4	1.3	0.4	15.5	12
	Tk132	D	11.0	7.4	1.3	0.4	3.0	24

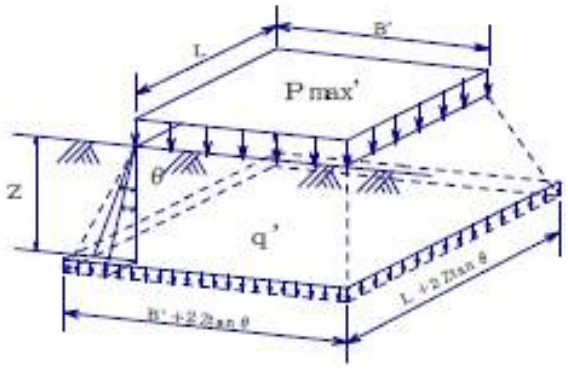


図1.2-24：地盤改良対象箇所の地中応力イメージ

<<計算条件>>

施工機械重量 P	93 t		
衝撃係数 i	1		
クローラ 短辺 B	0.76 m	形状係数	
敷鉄板の有効幅 B'＝2･B	1.52 m	α	1.100
ｸﾛｰﾗｰ 長辺 L	4.26 m	β	0.400
（連続形状は、L＝0を入力）		分散角	45 ° B側
接地圧力(敷鉄板を考慮) P'	108.0 kN/m^2	分散角	45 ° L側

<<計算結果>>

土質性状	深さ Z (m)	水位	最大鉛直応力 σz (kN/m^2)	土質条件 γ$_1$ (kN/m^3)	C (kN/m^2)	φ (°)	平均単位体積重量 γ$_2$(kN/m^3)	支持力係数 Nc	Nr	Nq	分散後の換算幅 B'	短期許容支持力 qa (kN/m^2)	判定
Ap	0.00		108.0	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	1.52	10.1	×
〃	0.10		91.2	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	1.72	10.2	×
〃	0.20		78.2	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	1.92	10.2	×
〃	0.30		67.9	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	2.12	10.3	×
〃	0.40		59.6	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	2.32	10.4	×
〃	0.50		52.8	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	2.52	10.4	×
〃	0.60		47.1	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	2.72	10.5	×
〃	0.70		42.3	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	2.92	10.6	×
〃	0.80		38.3	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	3.12	10.6	×
〃	0.90		34.8	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	3.32	10.7	×
〃	1.00		31.7	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	3.52	10.8	×
〃	1.10		29.1	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	3.72	10.8	×
〃	1.20		26.8	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	3.92	10.9	×
〃	1.30		24.7	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	4.12	11.0	×
〃	1.40		22.9	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	4.32	11.0	×
〃	1.50		21.3	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	4.52	11.1	×
〃	1.60		19.9	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	4.72	11.2	×
〃	1.70		18.6	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	4.92	11.2	×
〃	1.80		17.4	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	5.12	11.3	×
〃	1.90		16.3	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	5.32	11.4	×
〃	2.00		15.3	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	5.52	11.4	×
〃	2.10		14.5	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	5.72	11.5	×
〃	2.20		13.6	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	5.92	11.6	×
〃	2.30		12.9	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	6.12	11.6	×
〃	2.40		12.2	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	6.32	11.7	×
〃	2.50		11.6	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	6.52	11.8	○
〃	2.60		11.0	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	6.72	11.8	○
〃	2.70		10.5	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	6.92	11.9	○
〃	2.80		10.0	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	7.12	12.0	○
〃	2.90		9.5	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	7.32	12.0	○
〃	3.00		9.1	1.0	2.7	0	1.00	5.1	0.0	1.0	7.52	12.1	○

図1.2-25：地盤改良厚さ検討結果

⑤施工計画調査

計画ルートにおいて、上部工・基礎工事及び架線工事にあたり施工上必要となる搬入路及び工事敷地等の仮設設備の計画や、ドラム場やエンジン場等の設置場所及び重要物横断箇所の防護及び施工上支障となる樹木の伐採等の計画について策定した。

下図（図1.2-26、図1.2-27）に代表的な仮設計画を示す。

支持物番号	運搬方法	想定基礎支持形式	架線区間	仮設工事																鉄塔工事		架線工事				
				仮設道路A1・直（鋼板）	仮設道路A1・杭（鋼板）	仮設道路A2・直（切盛り鋼板）	仮設道路A2・杭（切盛り鋼板）	仮設道路B・直（鋼板＋火山灰）	仮設道路B・杭（鋼板＋火山灰）	仮設道路C・直（道路拡幅＋鋼板）	仮設道路C・杭（道路拡幅＋鋼板）	仮設入口B・杭（水路盛土＋鋼板）	仮設入口B・直（水路盛土＋鋼板）	水路盛土（フューム管Φ1000）	水路盛土（フューム管Φ600）	待避所B（仮設道路）	コーナー拡幅	電線注意ゲート	敷砂利	塔内仮設（平坦地・杭基礎）	塔内仮設（平坦地・直接基礎）	ドラム場仮設	エンジン場仮設	足場工事		径間延線
																							びょうぶ足場	鉄柱足場（高さ15m）	
				m	m	m	m	m	m	m	m	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	m	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所
（仮称）開源SWS																										1
Ka4	直搬	直接	E場			20				90			1				2				1		1			
K5	直搬	直接				10				170							1				1					
K6	直搬	直接				390							1			1	1				1					
K7	直搬	直接	1,675	80		430							1			1	1				1					
K8	直搬	直接		75		75				445			2					1			1					
K9	直搬	直接								215											1			1		
Ke10	直搬	直接	D場 E場			240															1		1	1		
Ke11	直搬	直接		65		670										1	1	1			1					
Ke12	直搬	直接				475							1		1	1		1	300		1					
Kc13	直搬	直接				330							1					1	275		1					
Kc14	直搬	直接				330							1					1	285		1					
Kc20	直搬	杭			40			90	55								1			1						
Kf21	直搬	杭	D場 D場						335	30	705	2		1	1		1	1		1		2			1	
Kf22	直搬	杭										1								1				1		
Kf23	直搬	杭					190		30			1		1			1	1		1						
Kf24	直搬	杭					305		35					1			1			1						
Kf25	直搬	杭					315		35					1			1			1						
Ke26	直搬	直接				350				30			1					1			1					
Kh27	直搬	直接				355							1					1			1					
Kh28	直搬	直接				220									1		1				1					
Kh29	直搬	直接				605							1		1	1	1	1			1					
Kh30	直搬	直接				520							1			1	1	1			1					
			小　計	220	40	5020	810	90	490	980	705	4	12	4	4	6	14	11	860	6	16	3	2	2	1	1

図 1.2-26：仮設計画表（K ルート）

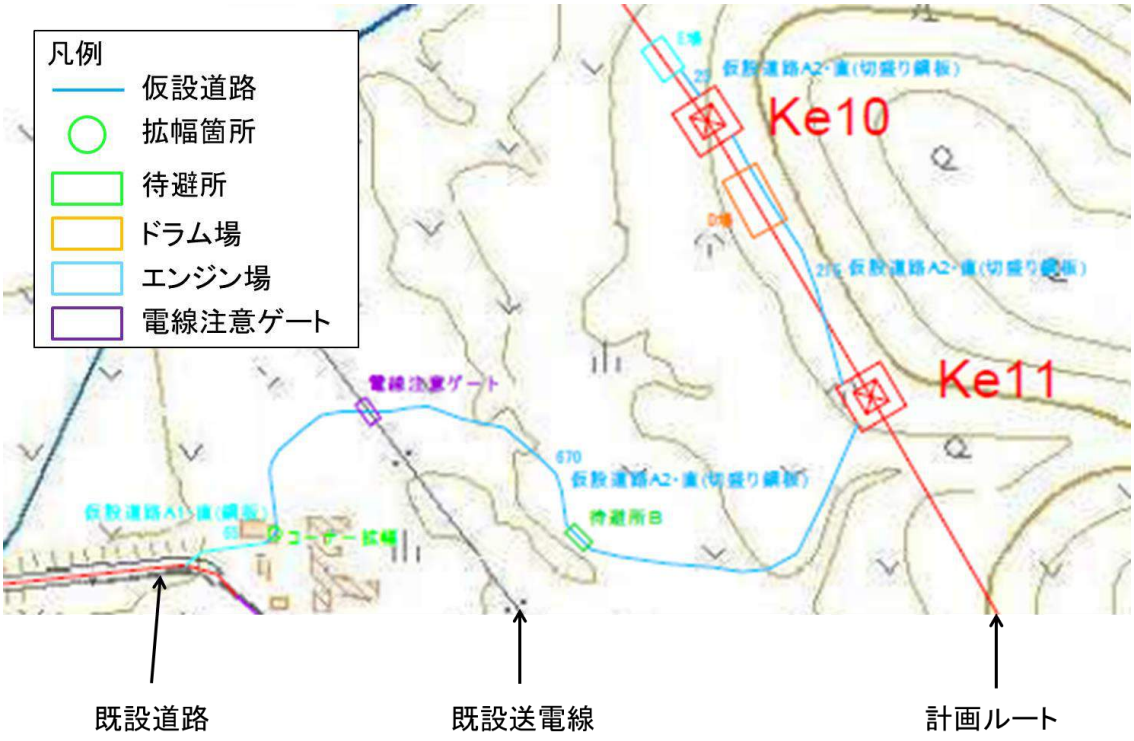


図 1.2-27：仮設計画図（K ルート抜粋）

・平成29年度予算（2017年度及び2018年度）

○詳細設計業務

① 技術測量

計画ルートにおいて、平成 28 年度に引き続き、中心測量・縦断測量・敷地測量・樹高調査及び航空測量等の技術測量を実施する。平成 29 年度は、平成 28 年度未実施箇所及び位置修正・リルート箇所について実施し、各種図面を作成した。代表例として、表 1.2-21 に樹高調査表と、図 1.2-28 に横過箇所図を示す。

表 1.2-21：樹高調査表（一部抜粋）

鉄塔番号	TP番号	樹種	胸高直径cm	樹高測定m	備考
132					
	93m	ヤチダモ	38	24	
133					
	67m	ヤナギ	16	11	
134					

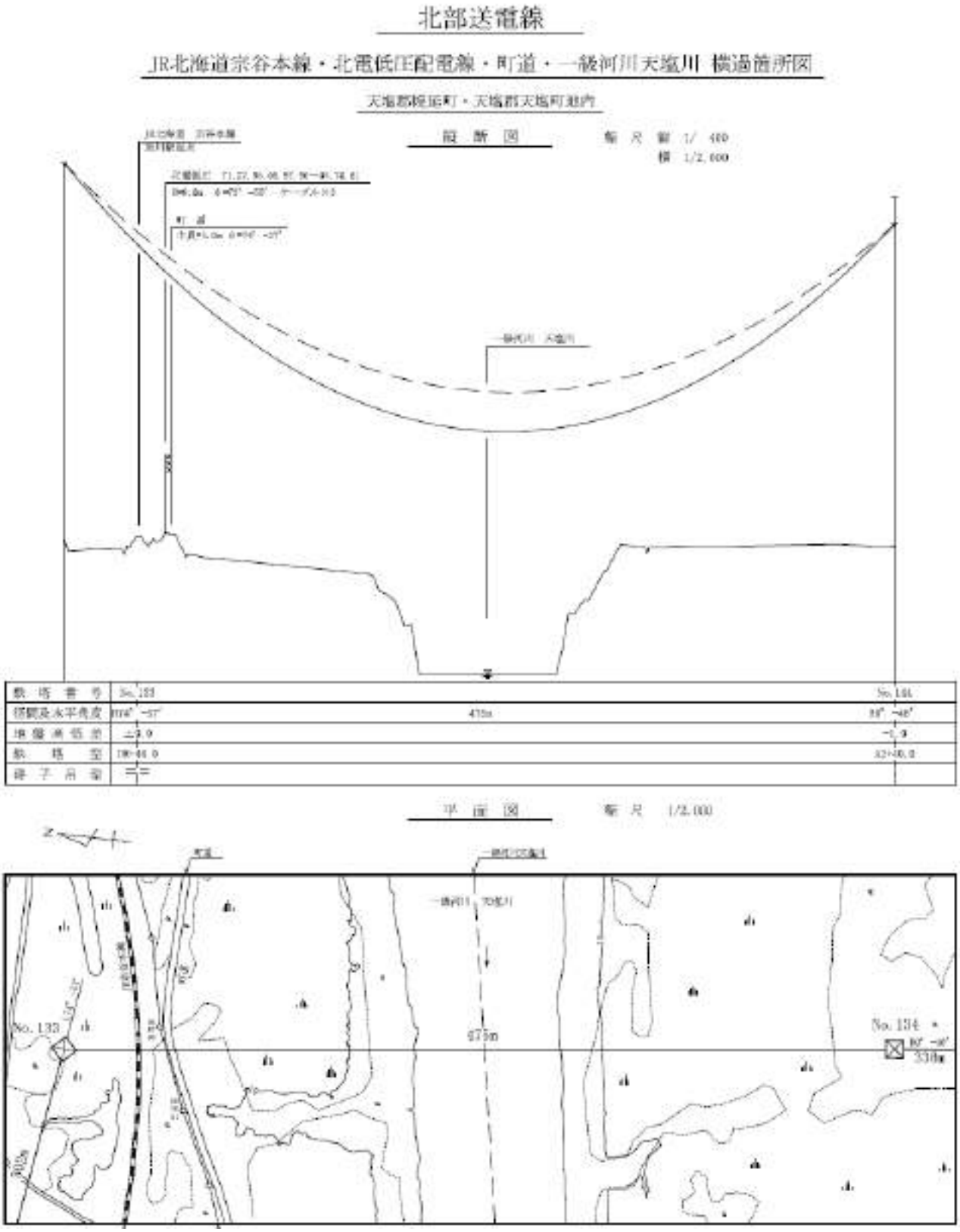


図 1.2-28：横過箇所図

② 地質調査

計画ルートにおいて、鉄塔及び変電所、開閉所等の建設予定地の地質を把握するため、平成 28 年度に引き続き、地質調査（ボーリング及び室内試験等）を実施する。平成 29

年度は、平成 28 年度未実施箇所及び位置修正・リルート箇所のうち地質調査が必要となる箇所（108 箇所）について実施した。実施箇所及び地質調査の代表的な結果につき、図 1.2-29 に地質調査位置平面図と図 1.2-30 に土層断面図及び表 1.2-22 に設計土質定数まとめを示す。

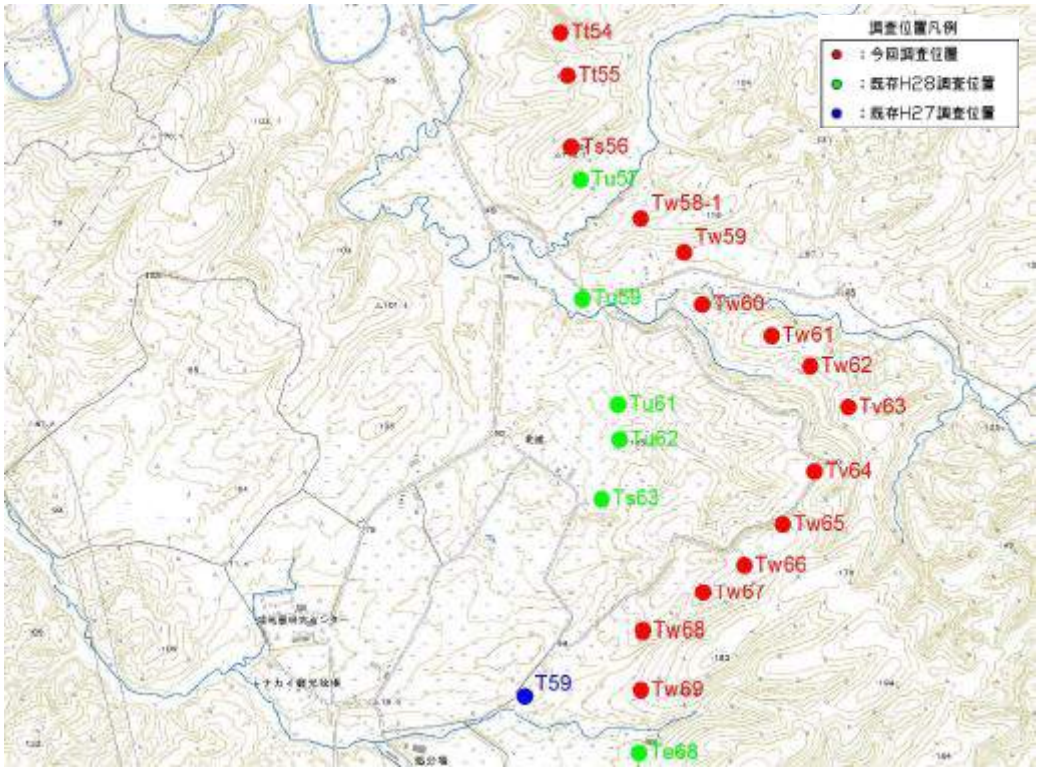


図 1.2-29：地質調査位置平面図

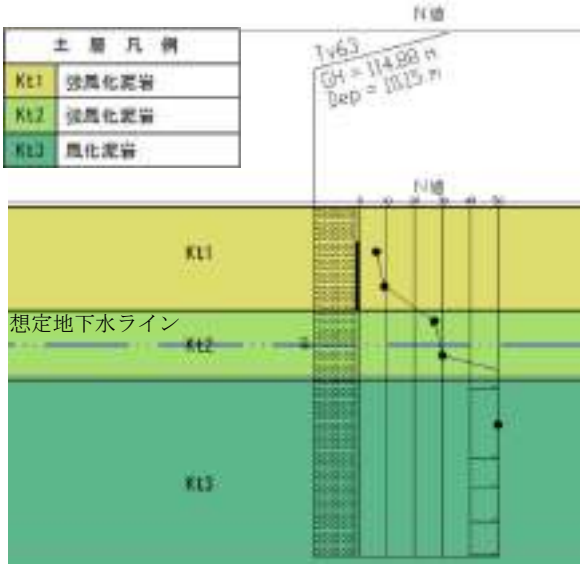


図 1.2-30：土層断面図

表 1.2-22：設計土質定数まとめ

土層名	深度 (m)	孔内水位 深度 〔 〕内は標高 (m)	単位体積重量 γt (kN/m3)	粘着力 c (kN/m²)	内部摩擦角 φ (°)	変形係数 E (kN/m²)	N値	
							N値の分布 (回)	平均N値 (回)
強風化泥岩(Kt1)	0.00 ～ 2.50	4.00 (110.88)	15.5	125.4	0	22400	6～9	8
強風化泥岩(Kt2)	2.50 ～ 5.00		17.0	362.5	0	81200	27～30	29
風化泥岩(Kt3)	5.00 ～ 10.15		19.0	912.5	0	204400	50以上	75

③ 位置修正検討

計画ルートにおいて、平成 28 年度に引き続き、現地調査結果や用地交渉結果等により鉄塔及び変電所、開閉所等の位置の移動・変更が必要となった地点の適当な位置への修正（リルート検討含む）を実施した。代表例として、表 1.2-23 に北部送電豊富中川幹線ルート変更箇所一覧表と、図 1.2-31 に鉄塔位置修正位置図を示す。

表 1.2-23：北部送電豊富中川幹線ルート変更箇所一覧表（一部抜粋）

	H28検討ルート	変更ルート1 (亘長km)	変更ルート2 (亘長km)	変更亘長累計 (km)	変更理由
ルート変更	Ta01～Ta02	Tb01～Ti02	－	0.8	・9/21 北豊富変電所の位置変更のため
	Th6～Th7	Tk6～Ti7	－	0.8	・5/13 Th5～Ta1間を直線上に調整
	Ti11～Ji12	Tj11～Tj12	－	1.8	・10/27 地権者要望により
	Ta30～Ta51	TA30～TA56	－	7.7	・11/18 豊富町要望により立地点移動
	Tt73～Ta75	Tt73～Tb75	－	0.7	・3/28 現地立会結果により立地点移動
	Tw121～Tw122	Ty121～Ty122	－	0.8	・9/15 沢、河川用地より外したため
	Tw124～Tw125	Ty124～Ty125	－	1.0	・3/28 近傍に沢があり立地点移動
	Tk141～Tk147	Tx141～Ti147	－	2.2	・8/15 現地立会結果により立地点移動
	合計			14.9 km	

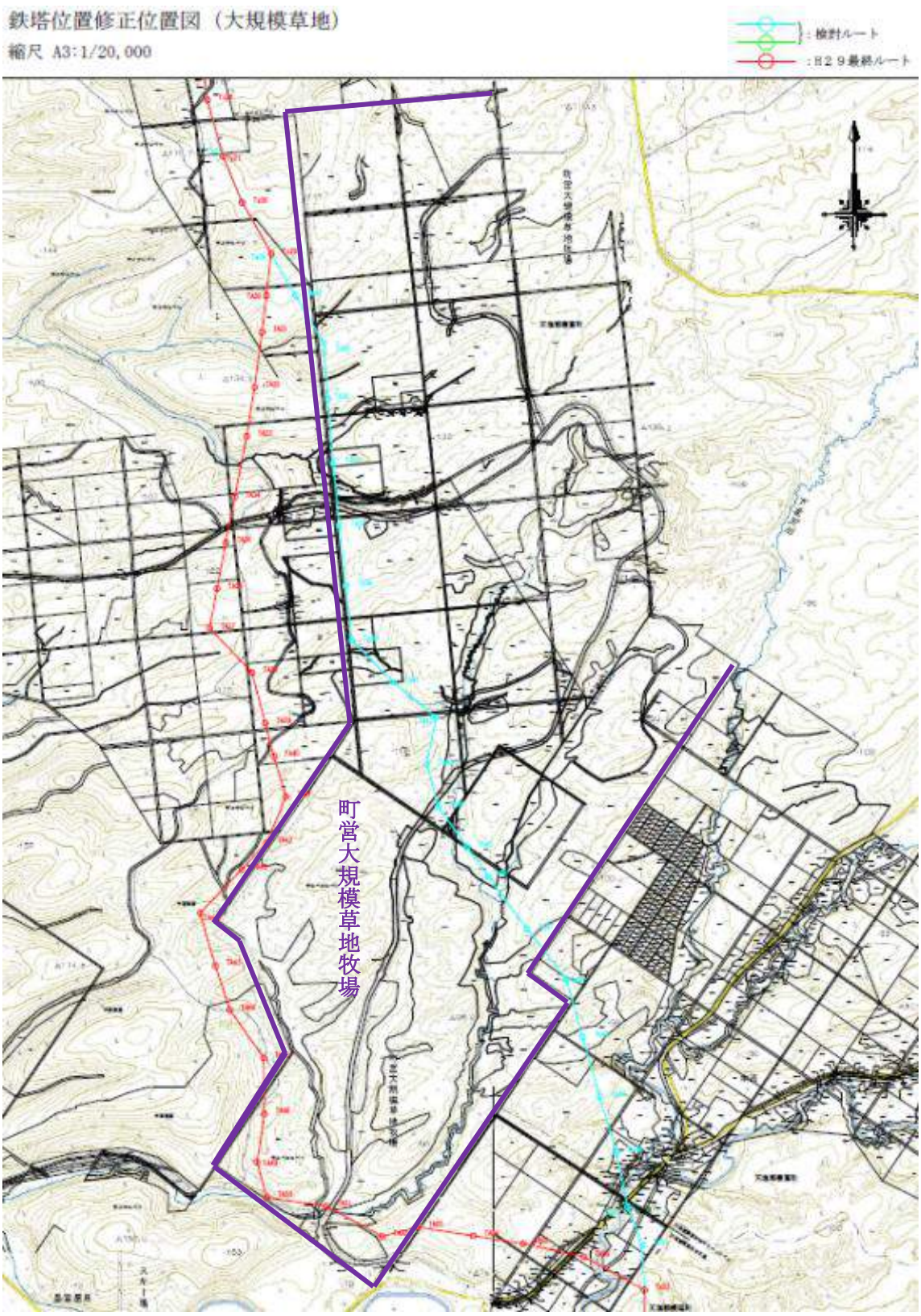


図 1.2-31：鉄塔位置修正位置図（大規模草地迂回）

④　施工計画調査

下記の 2 項目について実施すると共に、工事期間の検討（工程表作成）も実施した。

④－1．仮設計画調査

計画ルートにおいて、平成 28 年度に引き続き、工事にあたり施工上必要となる搬入路及び工事敷地等の仮設設備の調査及び計画策定を実施した。平成 29 年度は、平成 28 年度未実施箇所及び位置修正・リルート箇所について実施した。

④－2. 架線計画調査

計画ルートにおいて、平成 28 年度に引き続き、架線工事にあたり施工上必要となるドラム場やエンジン場等の設置場所及び重要物横断箇所の防護、並びに施工上支障となる樹木の伐採について、調査及び計画策定を実施した。平成 29 年度は、平成 28 年度未実施箇所及び位置修正・リルート箇所について実施した。

施工計画調査における、代表例として表 1.2-24 に仮設数量表と、図 1.2-32 に仮設計画図を示す。

表 1.2-24：仮設数量表(一部抜粋)

鉄塔番号	摘要	仮設道路A（鋼板）	仮設道路B（[illegible]鋼板）	仮設道路C（盛土＋鋼板）	仮設道路D（サンドマット＋鋼板）	仮設道路E（鋼板＋砕石又は砂）	仮設道路F（[illegible]）	仮設道路G（地盤改良工）	既設道路改修A（コンクリート舗装）	既設道路改修B（砕石舗装）	待避所A（既設道路）	待避所B（仮設道路）	地盤改良
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	箇所	箇所	㎡
№7	場内				785								
	搬入路	44											
	E 地				112								
№3	場内				744								1681
	搬入路	43											
№4	場内				264								
	搬入路	118									1		

鉄塔番号	摘要	仮設柵	水路埋土（ヒューム管φ600）	仮設横断溝（シスイエース Aタイプ）	仮設横断溝（シスイエース Bタイプ）	仮設ステージ（㎡）	仮設ステージ（㎡）	仮設ステージ（㎡）	仮設橋A（橋長[illegible]m×幅[illegible]m）	仮設橋B（橋長[illegible]m×幅[illegible]m）	仮設橋C（橋長[illegible]m×幅[illegible]m）	仮設橋D（橋長[illegible]m×幅[illegible]m）	仮設橋E（橋長[illegible]m×幅[illegible]m）	仮設橋F（橋長[illegible]m×幅[illegible]m）	仮設橋G（橋長[illegible]m×幅[illegible]m）
		m	m	箇所	箇所	㎡	㎡	㎡	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所
№7	場内														
	搬入路		8												
	E 地														
№3	場内														
	搬入路		18												
№4	場内														
	搬入路		21												

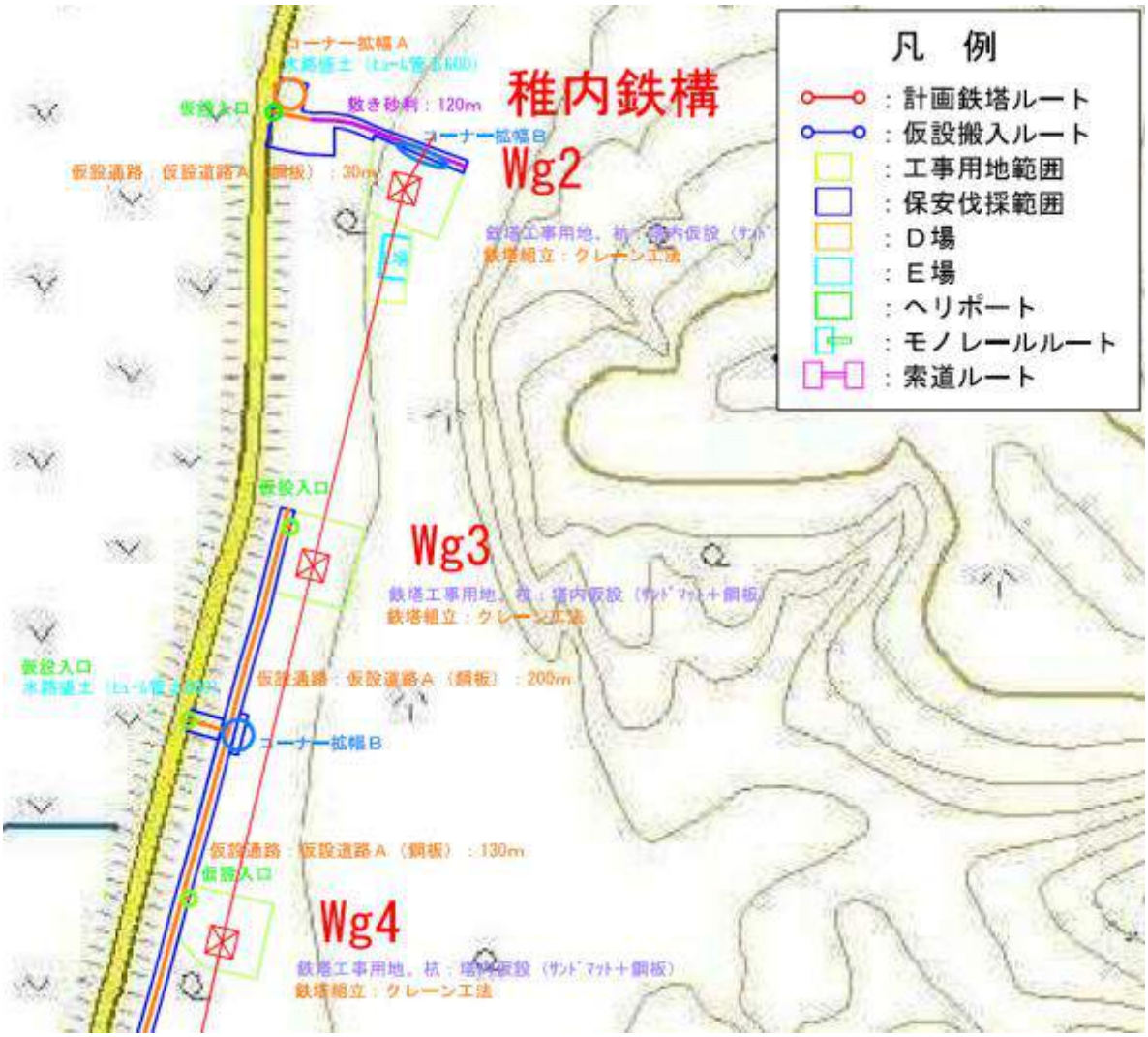


図 1.2-32：仮設計画図

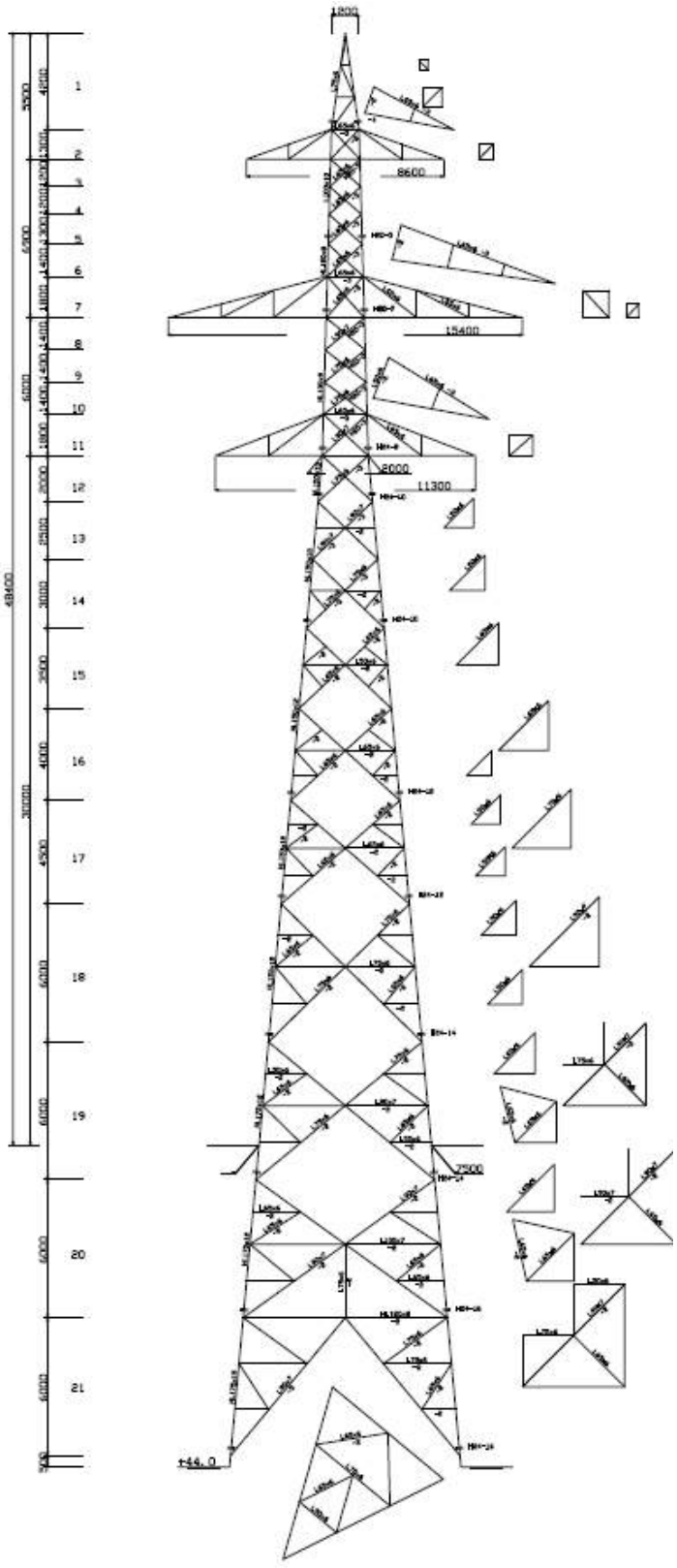
⑤　鉄塔詳細設計（上部、基礎）

技術測量や地質調査等の現地調査が完了した箇所において、それらの結果をふまえ、鉄塔の詳細設計を実施した。また、工事計画届出書に必要な各種調査・設計を実施するとともに届出書の各種資料の作成も実施した。

上部設計の代表例として、図 1.2-33 に鉄塔スケルトン構造図、図 1.2-34 に鉄塔荷重計算・荷重状態図及び表 1.2-25 に鉄塔腕金応力表を示す。

基礎設計の代表例として、表 1.2-26 に基礎型選定用設計台帳、図 1.2-35 に安定計算結果及び図 1.2-36 に鉄塔基礎構造・配筋図を示す。

【上部設計】



設計条件				
公称電圧			187	kV
回線数			2	cct
荷重径間			300	m
水平角度			3	度
垂直角度			0.20	
架空地線	線種		□PGW 170	mm²
	断面積		188.40	mm²
	外径		17.50	mm
	質量		0.8569	kg/m
	想定最大張力	高温季	32000	N/条
		低温季(甲)	35000	N/条
		低温季(乙)	34000	N/条
		強風時(低)	48000	N/条
		着雪時	80000	N/条
		平常時	24000	N/条
	条数		1	条
電力線	線種		TACSR/AC 610	mm²
	断面積		691.80	mm²
	外径		34.20(36.10)	mm
	質量		2.198(2.498)	kg/m
	想定最大張力	高温季	57000(60000)	N/条
		低温季(甲)	62000(66000)	N/条
		低温季(乙)	57000(62000)	N/条
		強風時(低)	78000(81000)	N/条
		着雪時	101000(105000)	N/条
		平常時	37000(40000)	N/条
	条数		1	条/相
がいし	種類		ｸﾚﾋﾞｽ250懸垂がいし	mm
	個数		16	個/連/支持点
	質量		150	kg/支持点
	風圧		680	N/支持点

風圧	鉄塔風圧	架渉線風圧	
高温季	3630	980	Pa
低温季(甲)	3630	980	Pa
低温季(乙)	1815	490	Pa
強風時(低)	7650	1620	Pa
着雪時	910	250	Pa
平常時	880	300	Pa

被氷雪		
JEC-127	厚さ 6 mm 比重 0.9	
着雪時	重量:5kg/m比重:0.6風速:20m/s	

備考
- CASE1～4の不平均張力率3％を考慮する。
- 碍子質量にカウンタウエイトの質量60kgを考慮する。
- (　) 内はSP取付値。
- 垂直エスコートレール(a脚、b脚)
  質量： 7kg/m/脚、受風面積：0.04m²/m/脚
- □PGW用ジョイントボックス
  質量：90kg、受風面積：0.8m² (取付部材を含む)
  15パネル、24パネルに考慮。
- 監視装置(鉄塔頂部取付)
  質量：50kg/個、受風面積：0.1m²/脚
- 最下節は最下節構造図による。

図 1.2-33：鉄塔スケルトン構造

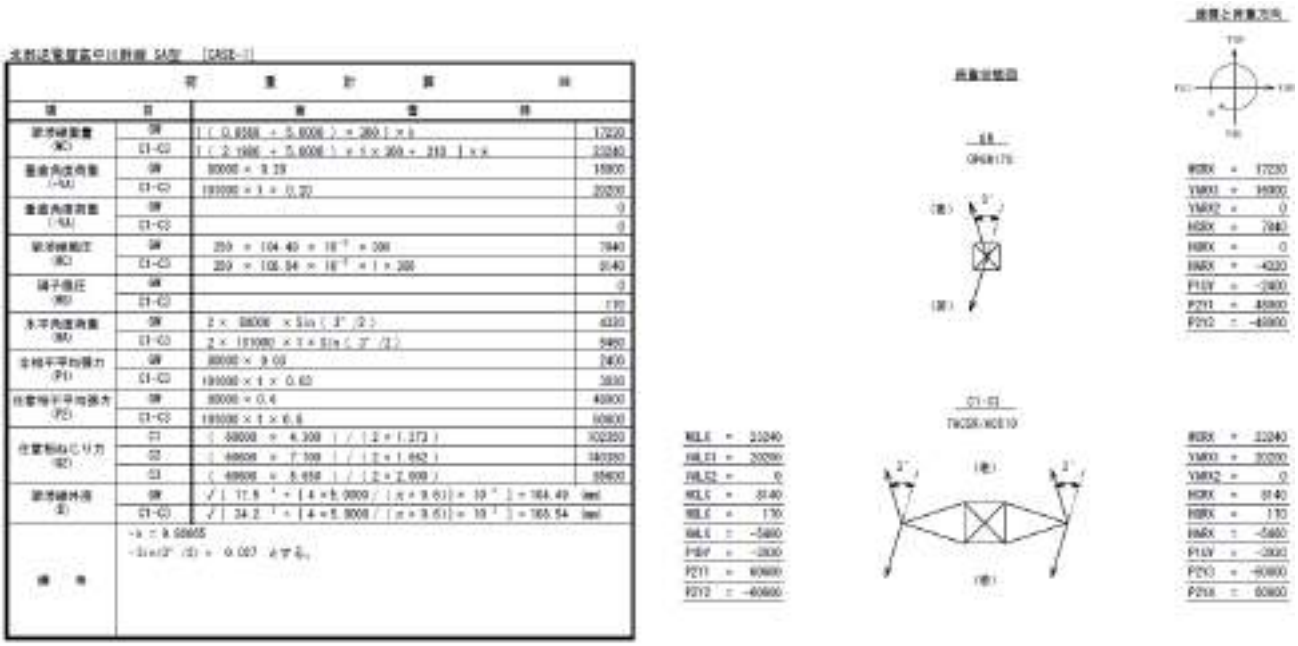
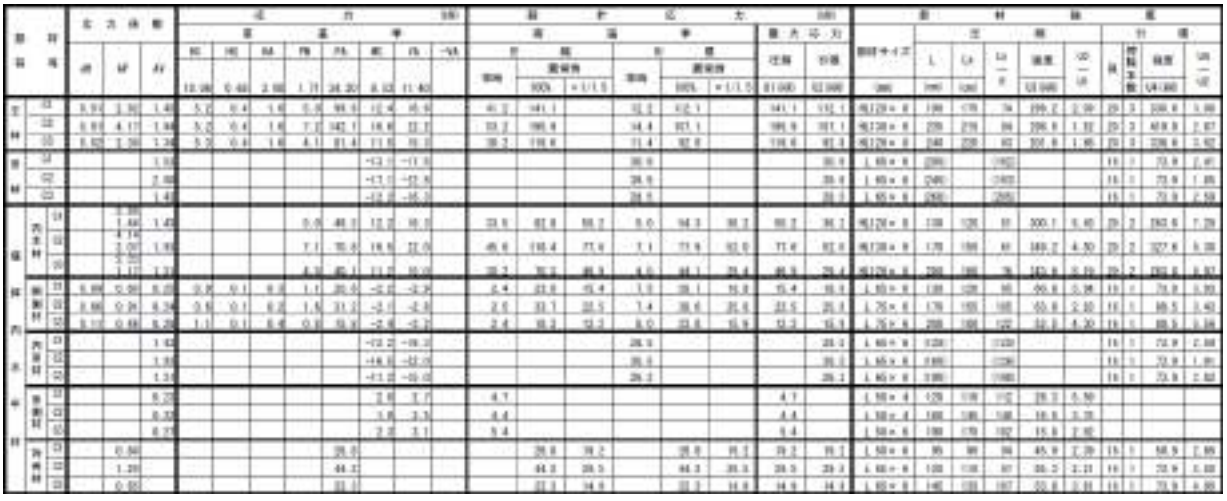


図 1.2-34：鉄塔荷重計算・荷重状態図

表 1.2-25：鉄塔腕金応力表



【基礎設計】

表 1.2-26：基礎型選定用設計台帳（一部抜粋）

鉄塔番号		土質調査個所	基礎応力(kN) 圧縮 C	引揚 T	水平力の和 ベクトル和	水平力の和 スカラー和	水平分力の和 ベクトル和	水平分力の和 スカラー和	固定引揚	最大傾斜 (°)	引揚算定用傾斜角 (°)	型識別番号	鉄塔型	塔高 (m)	基礎形式 直接基礎	基礎形式 いかり材(改)
71	Tw61	Tw61	1138	1034	129	172	31	43	408	10.0	0.0	13129	C1+26	47.0	SI-6	⑤
72	Tw62	Tw62	1235	1140	117	159	36	51	415	5.0	0.0	12229	B2+29	50.1	SI-7	⑥
73	Tw63	Tw63	1614	1475	184	228	38	53	706	5.0	0.0	14326	D3+26	46.8	SI-9	⑦
74	Tw64	Tw64	807	723	78	108	28	39	190	5.0	0.0	11129	A1+29	47.4	SI-4	③
75	Tw65	Tw65	1101	1007	107	148	35	49	316	15.0	15.0	12132	B1+29	49.8	SI-6	⑤
76	Tw66	Tw66	1315	1205	127	174	39	55	421	5.0	0.0	12235	B2+35	56.1	SI-7	⑥
77	Tw67	Tw67	949	842	97	134	38	54	198	10.0	0.0	11141	A1+38	56.4	SI-5	④
78	Tw68	Tw68	1639	1482	191	235	38	53	707	10.0	0.0	14332	D3+29	49.8	SI-9	⑦
79	Tw69	Tw69	876	782	87	121	33	46	195	10.0	0.0	11135	A1+32	50.4	SI-5	④
80	Te68	Te68	1379	1257	135	185	44	61	431	10.0	0.0	12241	B2+38	59.1	SI-7	⑤

図 1.2-35：安定計算結果（一部抜粋）

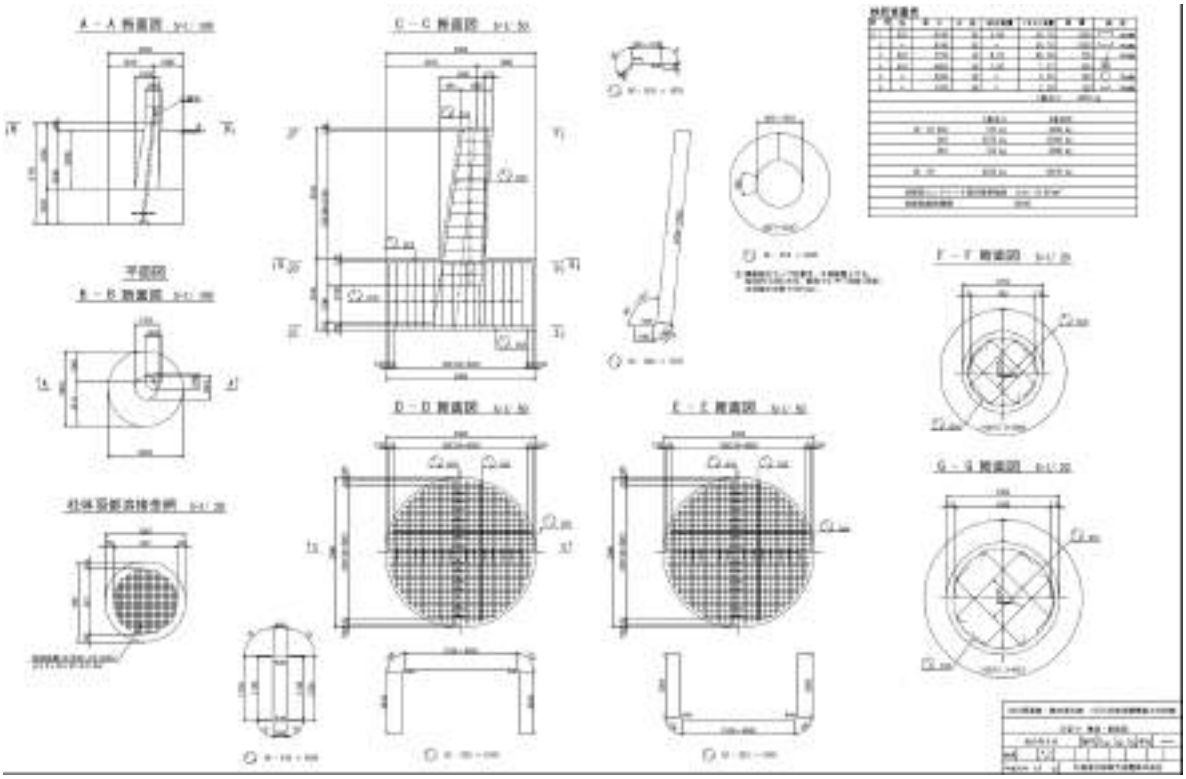


図 1.2-36：鉄塔基礎構造・配筋図

・平成30年度予算（2017年度及び2018年度）

○送電線（北部送電豊富中川幹線・稚内恵北線・開源線）建設工事

下記の 3 項目を実施し、それぞれ本年度想定業務分を達成した。

①送電設備用資器材について本年度想定調達分の達成

②準備工（設計含む）のうちの仮設工について本年度想定業務分の達成

③基礎工（杭打含む）について本年度想定業務分の達成

以下にて各業務について記載する。

① 送電設備用資器材について本年度想定調達

工事を進めるにあたり今年度必要となる送電設備用資器材の調達を実施した。代表例として、図 1.2-37 に電線納入明細書を、写真 1.2-1 に電線納入状況写真を示す。

北海道北部送電網共同企業体　御中

住友[illegible]
エネルギーソリ[illegible]
新エ[illegible]

北海道北部風力送電網　納入明細

以下の通り納入いたしました。
品　目：TACSR/AC 610SQ　166236m（全96ドラム）
場　所：北海道石狩市新港南２－３７１８　－６

＜明細＞

No	品名	数量	単位	ドラム数	線路名	使用区間	納入日	製番
1	TACSR/AC 610SQ	1,547	m	3個	開源線	No.1 ～ No.6	2019/2/18	T910776
2	TACSR/AC 610SQ	1,492	m	6個	開源線	No.12 ～ No.18	2019/2/18	T910776
3	TACSR/AC 610SQ	1,471	m	6個	開源線	No.23 ～ No.28	2019/2/18	T910776
4	TACSR/AC 610SQ	1,547	m	3個	開源線	No.1 ～ No.6	2019/2/21	T910776
5	TACSR/AC 610SQ	1,489	m	6個	稚内恵北線	No.6 ～ No.11	2019/2/21	T910777
6	TACSR/AC 610SQ	1,488	m	6個	稚内恵北線	No.11 ～ No.16	2019/2/21	T910777
7	TACSR/AC 610SQ	1,701	m	5個	開源線	No.18 ～ No.23	2019/2/25	T910776
8	TACSR/AC 610SQ	1,478	m	6個	稚内恵北線	No.1 ～ No.6	2019/2/25	T910777
9	TACSR/AC 610SQ	1,328	m	4個	稚内恵北線	No.61 ～ No.65	2019/2/25	T910777
10	TACSR/AC 610SQ	1,701	m	1個	開源線	No.18 ～ No.23	2019/2/26	T910776
11	TACSR/AC 610SQ	1,683	m	6個	稚内恵北線	No.44 ～ No.49	2019/2/26	T910777
12	TACSR/AC 610SQ	1,367	m	6個	稚内恵北線	No.49 ～ No.53	2019/2/26	T910777
13	TACSR/AC 610SQ	1,328	m	2個	稚内恵北線	No.61 ～ No.65	2019/2/26	T910777
14	TACSR/AC 610SQ	1,798	m	6個	開源線	No.6 ～ No.12	2019/2/28	T910776
15	TACSR/AC 610SQ	1,897	m	6個	稚内恵北線	No.38 ～ No.44	2019/2/28	T910777
16	TACSR/AC 610SQ	1,975	m	6個	稚内恵北線	No.16 ～ No.22	2019/3/4	T910777
17	TACSR/AC 610SQ	1,965	m	6個	稚内恵北線	No.22 ～ No.29	2019/3/4	T910777
18	TACSR/AC 610SQ	2,473	m	6個	稚内恵北線	No.53 ～ No.61	2019/3/6	T910777
19	TACSR/AC 610SQ	2,654	m	6個	稚内恵北線	No.29 ～ No.38	2019/3/8	T910777

図 1.2-37：電線納入明細書

写真 1.2-1：電線納入状況写真

②準備工（設計含む）のうちの仮設工

工事を進めるにあたり今年度必要となる準備工（設計含む）のうちの仮設工を実施した。代表例として、図 1.2-38 に仮設工施工範囲図を、写真 1.2-2 に仮設道路施工後状況写真を示す。

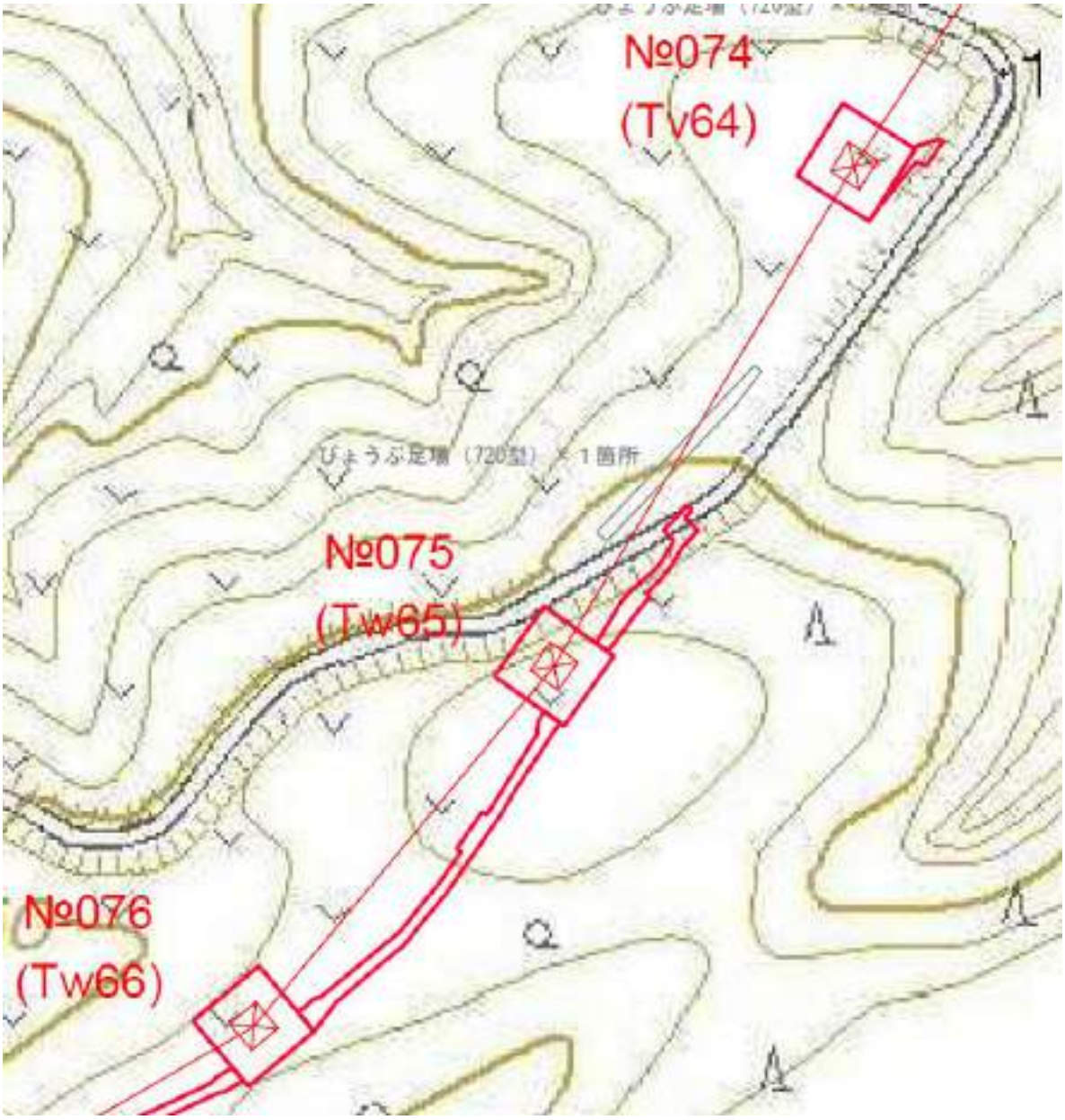


図 1.2-38：仮設工施工範囲図

写真 1.2-2：仮設道路施工後状況写真

③基礎工（杭打含む）

工事を進めるにあたり今年度必要となる基礎工（杭打含む）を実施した。代表例として、写真 1.2-3 に直接基礎施工状況写真と写真 1.2-4 に杭基礎施工状況写真を示す。

写真 1.2-3：直接基礎施工状況写真

写真 1.2-4：杭基礎施工状況写真

・平成31年度予算（2019年度）

○送電線（北部送電豊富中川幹線・稚内恵北線・開源線）建設工事

下記の 4 項目を実施し、それぞれ本年度想定業務分を達成した。

① 準備工のうちの追加設計・調査業務について本年度想定業務分の達成

② 送電設備用資器材について本年度想定調達分の達成

③ 送電線設備のうち土木工事（仮設工事含む）の本年度想定業務分の達成

④ 送電設備のうち鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）について本年度想定業務分の達成

以下にて各業務について記載する。

① 準備工のうちの追加設計・調査業務について本年度想定業務分の達成

詳細設計を実施した。代表例として、地質調査、鉄塔詳細設計（上部、基礎）について以下に示す。

【地質調査】

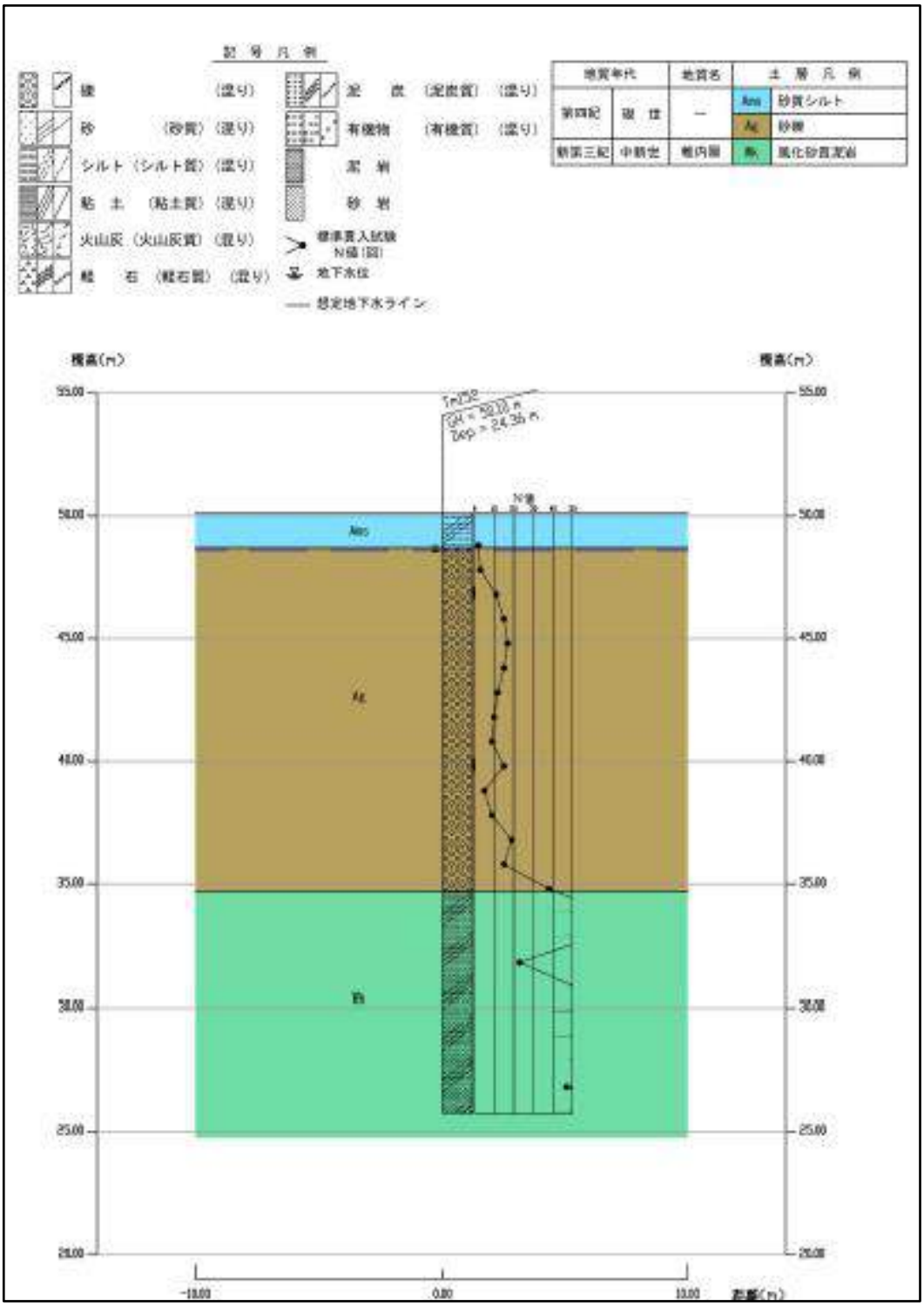


図 1.2-39：土層断面図

表 1.2-27：土層の特徴

Tml52

深度 (m)	土層名	土層の特徴
0.00 ～ 1.40	砂質シルト(Ams)	～0.2m、基礎混入。不均質な砂質シルト。シルトは強風化泥岩起源 1.3m以深、腐植土混入
1.40 ～ 15.40	砂礫(Ag)	礫はφ5～30mmの円～亜角礫を40％程度含有 マトリックスはシルト状に強風化した泥岩、砂、シルト等、雑多なもので構成されている。全体的に粘性強い
15.40 ～ 24.36	風化砂質泥岩(Wk)	棒状、塊状で採取される。コアはナイフで容易に切削できる程度の硬さ 所々、硬い角礫状に破砕、18～19m間で所々、亜炭の薄層を挟む

表 1.2-28：室内土質試験結果一覧

表－ 4.120　室内土質試験結果一覧表(Tml52)

孔番号				Tml52	
試料番号				Tml52-1	Tml52-2
深　度				3.00 ～ 3.50	10.00 ～ 10.50
土層名				砂礫 (Ag)	砂礫 (Ag)
土質区分				砂礫	砂礫
土粒子の密度試験	土粒子の密度	ρ_s	(g/cm^3)	2.554	2.561
土の粒度試験	礫　分	2mm以上	(%)	51.2	50.4
	砂　分	0.075～2mm	(%)	28.9	23.7
	シルト分	0.005～0.075mm	(%)	13.5	15.0
	粘土分	0.005mm以下	(%)	6.4	10.9
	細粒分含有率	F_C	(%)	19.9	25.9
	最大粒径		(mm)	26.5	37.5
	平均粒径	D_{50}	(mm)	2.1733	2.0487
	20%粒径	D_{20}	(mm)	0.0760	0.0298
土の統一土質分類				粘性土質 砂質礫	粘性土質 砂質礫
地盤材料の分類名				(GCsS)	(GCsS)

＊　1 gf/cm^3 ≒ 9.81 kN/m^3

表 1.2-29：設計土質定数

Tml52

土層名	深度 (m)	孔内水位 深度 〔 〕内は標高 (m)	単位体積重量 γt (kN/m^3)	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 φ (°)	変形係数 E (kN/m^2)	N値	
							N値の分布 (回)	平均N値 (回)
砂質シルト(Ams)	0.00 ～ 1.40	1.51 (48.59)	16.0	25.0	0	5600	2	2
砂礫(Ag)	1.40 ～ 15.40		18.0	0.0	33	33600	3～19 (最大値38)	12
風化砂質泥岩(Wk)	15.40 ～ 24.36		19.0	925.0	0	207200	47～50以上 (最小値23)	74

【鉄塔詳細設計（上部、基礎)】

（上部）

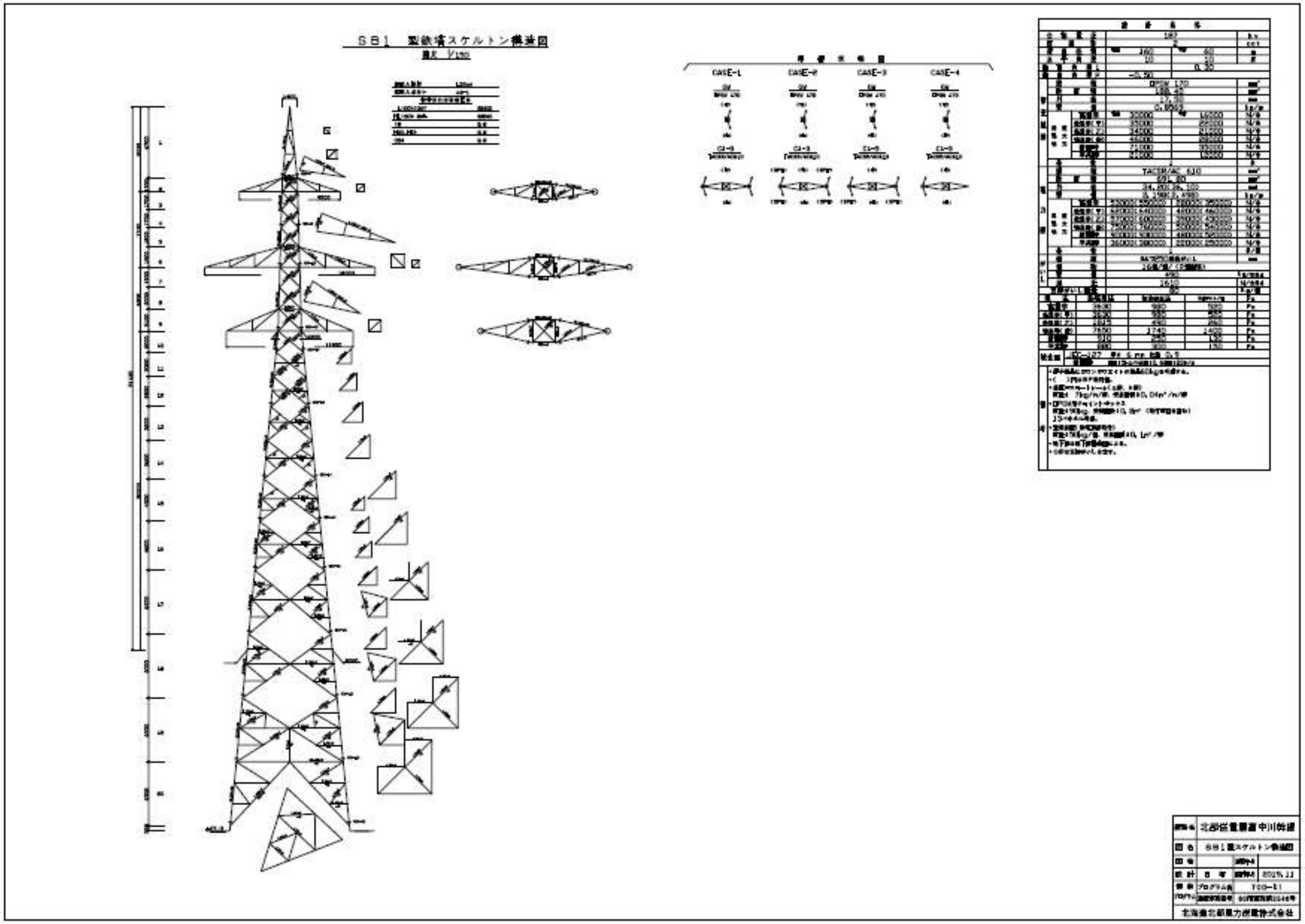


図 1.2-40：鉄塔スケルトン構造図

表 1.2-30：最大基礎応力表

SB1型別最大基礎応力表
強風時及び着雪時(耐雪強化)は1／1．5倍の応力で表示
(単位:kN)

型名	応力項目			継脚高さ
				47.0
SB1	高温季	圧縮力		1421.1
		引揚力		1229.9
		全水平力	正面	100.6
			側面	111.8
			ベクトル和	126.0
			スカラー和	177.5
		水平分力	正面	43.8
			側面	42.0
			ベクトル和	52.9
			スカラー和	73.3
	低温季(甲種)	圧縮力		1417.6
		引揚力		1227.0
		全水平力	正面	106.3
			側面	104.2
			ベクトル和	126.5
			スカラー和	176.4
		水平分力	正面	42.3
			側面	39.6
			ベクトル和	50.3
			スカラー和	69.4
	着雪時(湿型)	圧縮力		1132.0
		引揚力		1007.4
		全水平力	正面	57.3
			側面	81.2
			ベクトル和	90.1
			スカラー和	126.2
		水平分力	正面	18.5
			側面	18.0
			ベクトル和	22.5
			スカラー和	31.2
	強風時(低温季)	圧縮力		1555.2
		引揚力		1432.4
		全水平力	正面	128.8
			側面	129.0
			ベクトル和	151.1
			スカラー和	212.9
		水平分力	正面	44.7
			側面	44.7
			ベクトル和	51.2
			スカラー和	72.0
	平常時	圧縮力		746.6
		引揚力		544.6
		全水平力	正面	37.3
			側面	46.3
			ベクトル和	53.2
			スカラー和	74.9
		水平分力	正面	8.9
			側面	9.5
			ベクトル和	11.0
			スカラー和	15.5

型別最大基礎応力表
(単位:kN)

型名	応力項目			継脚高さ
				47.0
SB1T	低温季(乙種)	圧縮力		1084.3
		引揚力		889.5
		全水平力	正面	69.3
			側面	68.7
			ベクトル和	85.4
			スカラー和	120.0
		水平分力	正面	26.1
			側面	23.5
			ベクトル和	31.3
			スカラー和	43.3

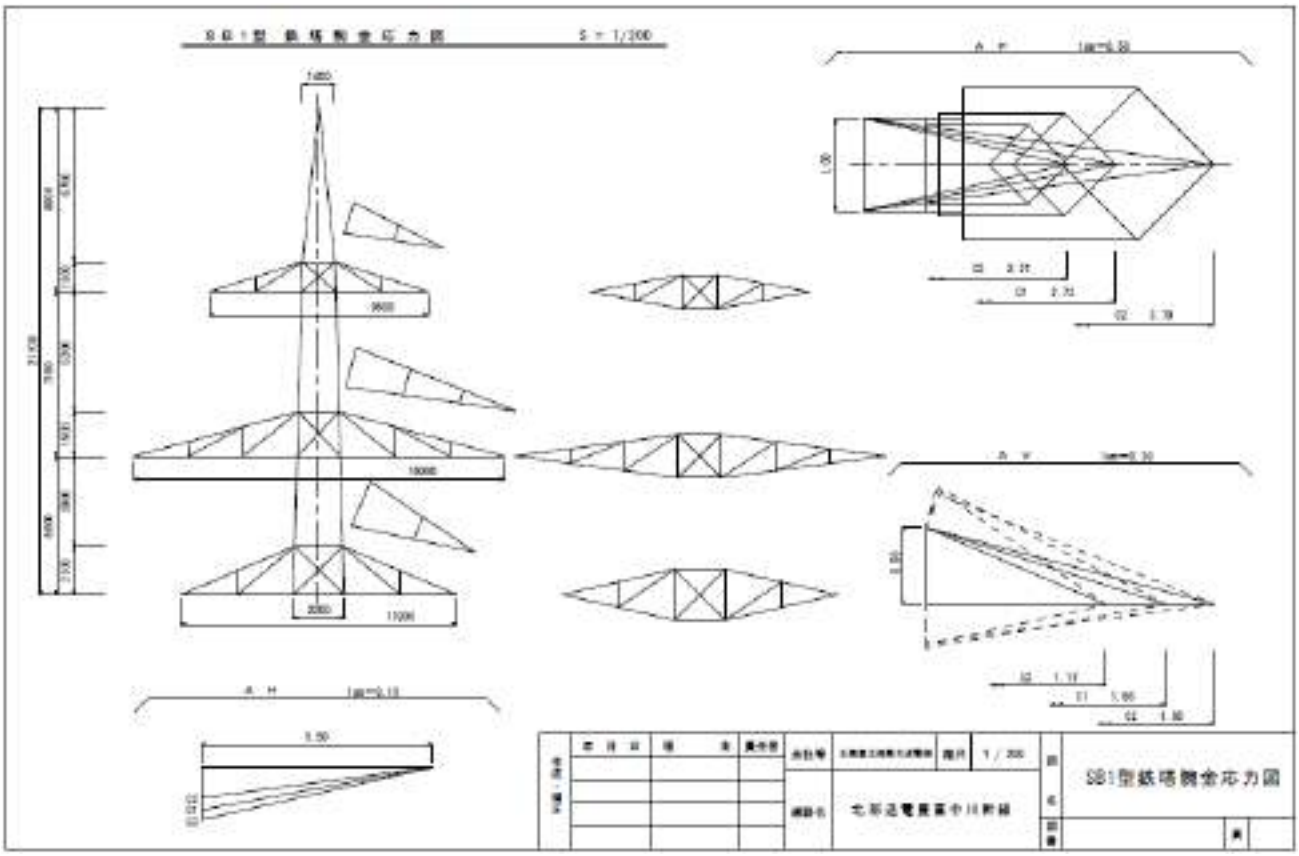
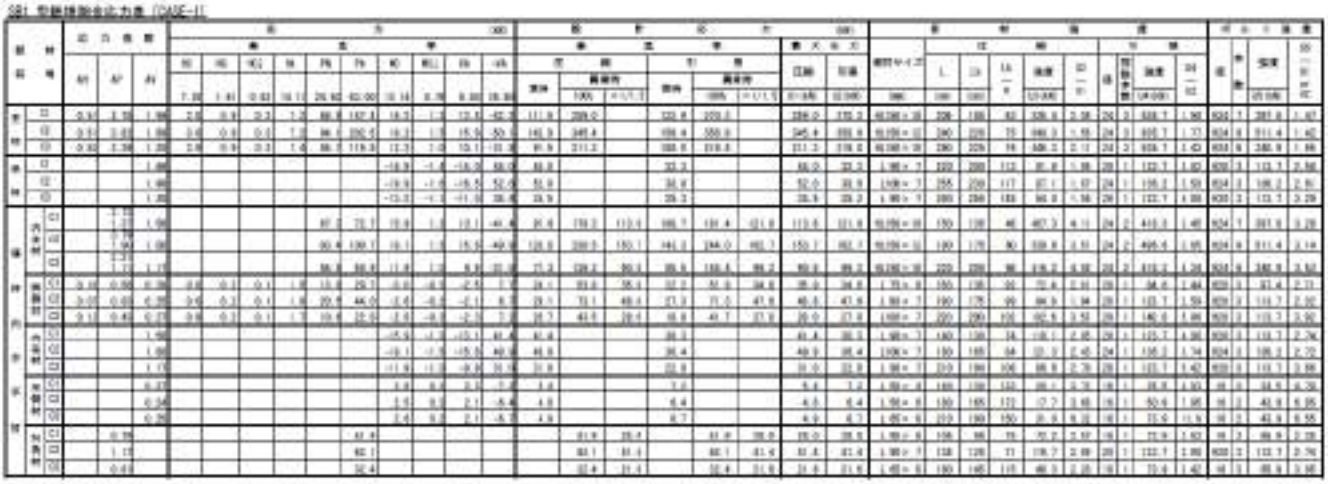


図 1.2-41：鉄塔腕金応力図

表 1.2-31：鉄塔腕金応力表



（基礎）

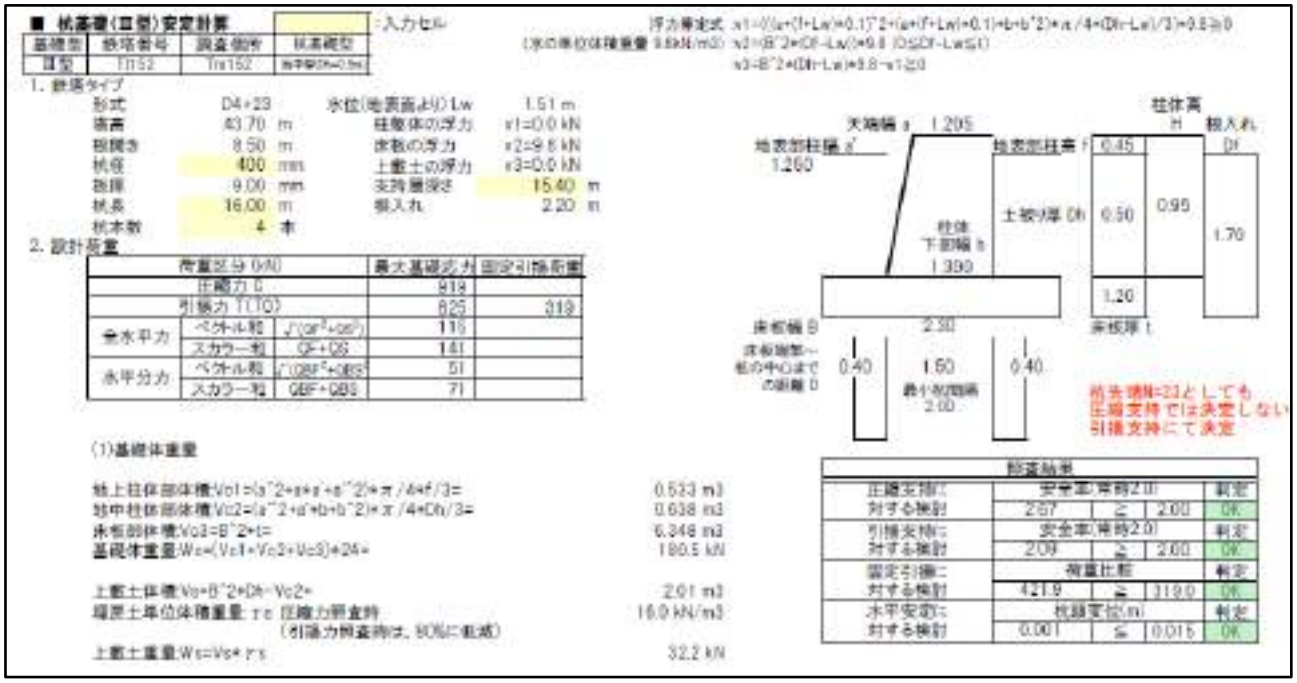


図 1.2-42：鉄塔基礎構造・配筋図

① 送電設備用資器材について本年度想定調達分の達成

今年度必要となる送電設備用資器材の調達を実施した。代表例として、鉄塔材及びポリマー相間スペーサーの納入状況を写真で示す。

写真 1.2-5：鉄塔材納入状況

写真 1.2-6：ポリマー相間スペーサー納入状況写真

③送電線設備のうち土木工事（仮設工事含む）の本年度想定業務分の達成

工事を進めるにあたり今年度必要となる土木工事（仮設工事含む）を実施した。仮設工事状況を写真 1.2-7 で、基礎・杭打ち工事状況をそれぞれ写真 1.2-8、写真 1.2-9 で示す。

（仮設工事）

写真 1.2-7：仮設道路施工後状況写真

（基礎工事）

写真 1.2-8：基礎工施工状況

写真 1.2-9：杭打ち工施工状況

④送電設備のうち鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）について本年度想定業務分の達成

今年度必要となる鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）を実施した。鉄塔組立状況と電線架線状況をそれぞれ、写真 1.2-10 と写真 1.2-11 で示す。

写真 1.2-10：鉄塔組立状況

写真 1.2-11：電線架線状況

・令和2年度予算（2020年度）

○送電線建設工事

下記の 5 項目を実施し、それぞれ本年度想定業務分を達成した。

① 準備工のうちの追加設計・調査業務について本年度想定業務分の達成
② 送電設備用資器材について本年度想定調達分の達成
③ 送電設備のうち土木工事（仮設工事含む）の本年度想定業務分の達成
④ 送電設備のうち鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）の本年度想定業務分の達成
⑤ 送電設備のうち電線工事の本年度想定業務分の達成

各業務内容は以下のとおり。

① 準備工のうちの追加設計・調査業務について本年度想定業務分の達成

電気設備の技術基準の解釈の改正（第 58 条【架空電線路の強度検討に用いる荷重】の変更）を鑑み、建設中の鉄塔が電技解釈第 58 条第 4 項の「特殊地形箇所 五」に該当するかどうかを調査し、全鉄塔が「特殊地形箇所 五」に該当しないことを確認した。

② 送電設備用資器材について本年度想定調達分の達成

今年度必要となる送電設備用資器材の調達を実施した。代表例として鉄塔材、鋼管杭の納入状況を写真 1.2-12 及び写真 1.2-13 に示す

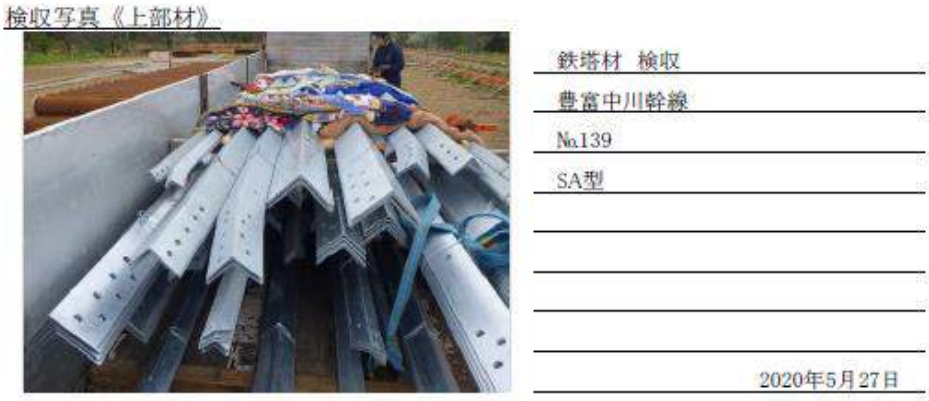


写真 1.2-12：鉄塔材納入状況

写真 1.2-13：鋼管杭納入状況写真

③　送電設備のうち土木工事（仮設工事含む）の本年度想定業務分の達成

工事を進めるにあたり今年度必要となる土木工事（仮設工事含む）を実施した。土木工事状況を写真 1.2-14 で示す。

写真 1.2-14：土木工事状況

④　送電設備のうち鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）の本年度想定業務分の達成

今年度必要となる鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）を実施した。鉄塔工事状況を写真 1.2-15 に示す。

写真 1.2-15：鉄塔工事状況

⑤ 送電設備のうち電線工事の本年度想定業務分の達成

今年度必要となる電線工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）を実施した。電線工事状況を写真 1.2-16 に示す。

写真 1.2-16：電線工事状況

・令和3年度予算（2021年度）

○送電線建設工事

下記の 4 項目を実施し、それぞれ今年度想定業務分を達成した。

① 準備工のうちの追加設計・調査業務について今年度想定業務分の達成

② 送電設備のうち土木工事（仮設工事含む）の今年度想定業務分の達成

③ 送電設備のうち鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）の今年度想定業務分の達成

④ 送電設備のうち電線工事の今年度想定業務分の達成

各業務内容は以下のとおり。

① 準備工のうちの追加設計・調査業務について今年度想定業務分の達成

設計・品質管理確認のために、必要に応じて中間検査に立ち会い検査方法の確認を実施した。また、設計書と施工の整合性に関する現場確認業務として、傾斜地におけ

る基礎安定性バックチェック、基礎周辺の斜面保全状況及び土砂流出状況の確認並びに防護足場鉄塔基礎設計審査を実施した。

② 送電設備のうち土木工事（仮設工事含む）の今年度想定業務分の達成
工事を進めるにあたり今年度必要となる土木工事（仮設工事含む）を実施した。土木工事状況を写真 1.2-17 で示す。今年度で土木工事のうち鉄塔基礎工事は全基完了した。

写真 1.2-17：土木工事状況

③ 送電設備のうち鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）の今年度想定業務分の達成
今年度必要となる鉄塔工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）を実施した。今年度で鉄塔工事は全基組立完了した。鉄塔工事状況を写真 1.2-18 に示す。

写真 1.2-18：鉄塔工事状況

④　送電設備のうち電線工事の今年度想定業務分の達成

今年度必要となる電線工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）を実施した。電線工事状況を写真 1.2-19 に示す。

写真 1.2-19：電線工事状況

・令和4年度予算（2022年度）

下記の5項目を実施し、それぞれ今年度想定業務分を達成した。

①準備工のうちの追加設計・調査業務、仮設工事撤去、植生・植林について今年度想定業務分の達成

②送電設備のうち土木工事の今年度想定業務分の達成

③送電設備のうち諸装置の今年度想定業務分の達成

④送電設備のうち電線工事の今年度想定業務分の達成

⑤送電設備のうち使用前自主検査、安全管理審査の今年度想定業務分の達成

各業務内容は以下の通り。

①準備工のうちの追加設計・調査業務について今年度想定業務分の達成

設計・品質管理確認のために、必要に応じて中間検査に立ち会い検査方法の確認を実施した。また、設計書と施工の整合性に関する現場確認業務として、傾斜地における基礎安定性バックチェック、基礎周辺の斜面保全状況及び土砂流出状況の確認並びに防護足場鉄塔基礎設計審査を実施した。

送電工事詳細設計業務（2017～2019）で実施した鉄塔設計のうち、電線引き上げ箇所（逆吊がいし）において支持がいしの追加に伴う鉄塔設計見直しを実施した。

準備工のうちの仮設工事撤去及び植生、植林について今年度想定分の達成

本体工事完了にあたり今年度必要となる仮設工事撤去、伐採・植栽工事、宿舎撤去を実施した。準備工状況を写真1.2-20で示す。

写真 1.2-20：仮設撤去、植栽、宿舎撤去　工事状況

②送電設備のうち土木工事の今年度想定業務分の達成

本体工事完了にあたり今年度必要となる基礎補修を実施した。土木工事状況を写真 1.2-21 で示す。

写真 1.2-21：基礎補修工事状況

③送電設備のうち諸装置の今年度想定業務分の達成

今年度必要となる航空障害灯工事及び気象観測装置設置工事を実施した。気象観測装置設置工事状況を写真 1.2-22 に示す。

写真 1.2-22：気象観測装置設置工事状況

④送電設備のうち電線工事の今年度想定業務分の達成

今年度必要となる電線工事（基礎以外鉄塔上部工事全般）を実施した。電線工事状況を写真 1.2-23 に示す。

写真 1.2-23：ヘリ延線・電線緊線　工事状況

⑤送電設備のうち使用前自主検査、安全管理審査の今年度想定業務分の達成

今年度必要となる使用前自主検査及び安全管理審査を実施した。使用前自主検状況を写真 1.2-24 に示す。

写真 1.2-24：使用前自主検査状況

1.3 送電線建設工事の成果

風力発電事業開発想定エリアから送電網整備検討ゾーンの区分けを行うことから開始し、基本ルートゾーンの抽出に着手した。

つづいて基本ルート設定等基本設計、送電網の仕様設計を行い、複数個所で代替ルートの検討を行った。基本ルート及び代替ルートの測量調査・地質調査を実施し送電鉄塔基礎の設計に順次反映した。

航空測量や地権者の方々から同意をいただき改めて地質調査の上、鉄塔詳細検討等詳

細設計を実施した。

平成 30(2018)年度着工から本年度に至るまで、送電線建設工事を計画通りに遂行した。

令和 4（2022）年使用前自主検査及び使用前社内検査を実施し合格後より順次送電を開始。以後、使用前安全管理審査の受審により結果「良」を得たもの。

2 変電所建設工事

2.1 変電所建設工事の目的・目標

北海道北部地域に送電網を整備して北電 NW 系統に接続することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、1 箇所の変電所及び 2 箇所の開閉所並びに 3 箇所の無線中継局及び 2 箇所の反射板の設計及び建設工事を実施する。

2.2 変電所建設工事のプロセス

構想当初3変電所（豊富、稚内、開源）の各候補地点周辺を現地調査し、想定される変電設備仕様を基に、設計請負業者が検討した複数の変電所候補地点ごとに設備配置案（図2.2-1参照）を検討し、複数の観点から総合的に候補地点を評価した（表2.2-1参照）。以下に検討時点において最大の変電所と想定する豊富変電所候補地点の評価内容について一部抜粋し掲載する。評価結果として、豊富変電所については候補地1が最有力候補であるという助言を受けた。

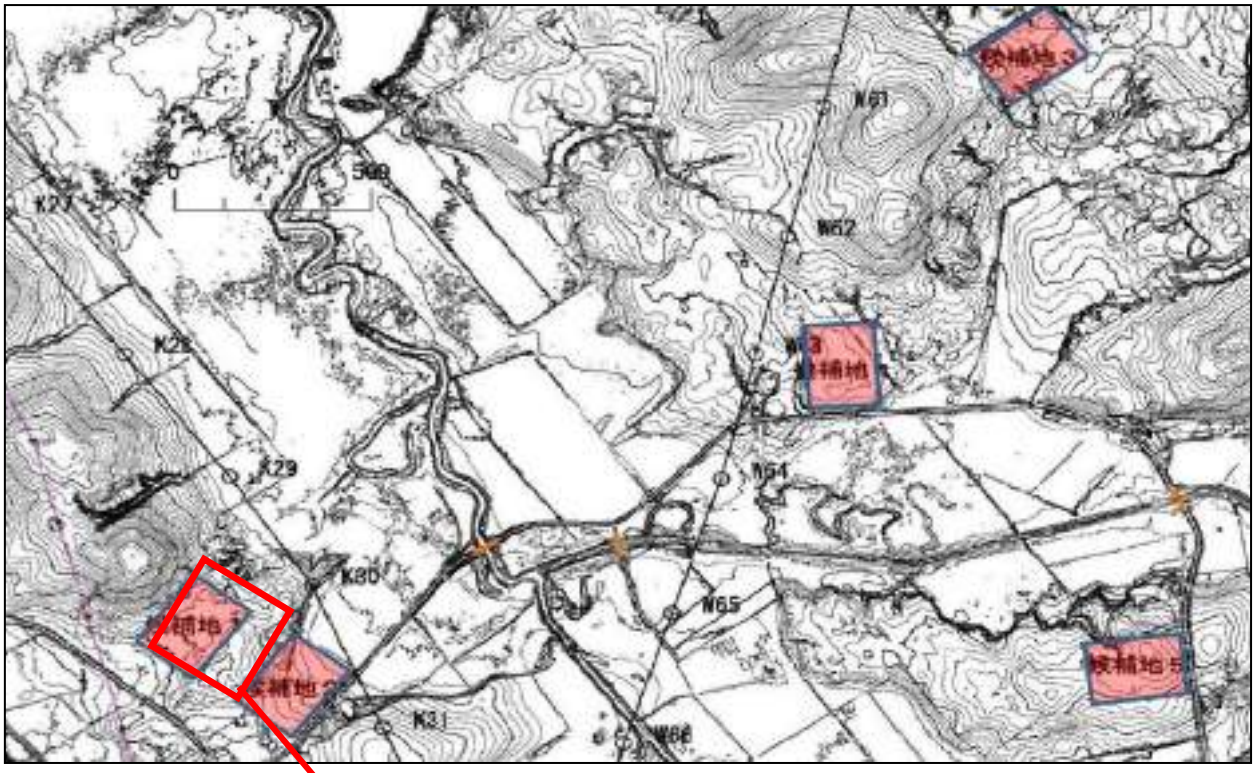


図2.2-1：豊富変電所代替候補地点位置図

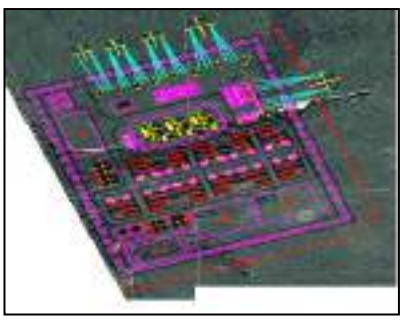


表2.2-1：代替候補地点の比較（豊富変電所）

候補地点	**候補地 1**	候補地 2	候補地 3	候補地 4	候補地 5
敷地の広さ	利用可能な敷地面積は十分である。	敷地の奥行きに制限があり、若干狭隘である。	利用可能な敷地面積は十分である。	敷地の幅に制限があり、若干狭隘である。	敷地は比較的狭隘であるが、変電所の用地としては足りる。
敷地の用途	現況未利用で問題ない。	同左	現況未利用で問題ない。	現況農地と思われ用途の変更手続きが必要と考えられる。	現況未利用で問題ない。
造成の容易性 地質など	比較的平坦であるが、全体の切盛造成は必要となる。	同左	比較的平坦である。	比較的平坦である。	比較的平坦であるが、全体の切盛造成は必要となる。
送電線の位置関係	開源線近傍となり、引込みは容易である。 豊富線はその分延長が長くなる。 稚内線は若干西側にルートが変更となる。 北電 NW 送電線に近接する。	同左	稚内線近傍となり、引込みは容易である。 豊富線はその分延長が長くなる。 開源線は若干東側にルートが変更となる。	同左	現状の送電ルートから、東側にルート変更が必要となる。
環境対策	住宅からの距離が比較的近く、変圧器等の騒音に十分配慮が必要である。 公道に面し、除雪も実施されている。 水道引き込みが容易である。	同左	近傍に民家等なく、環境影響の恐れがほとんどない。 取付道路が必要となるため、除雪の対応が必要となる。 水道引込みにコストがかかる。	周囲が農地であり、家畜等に対する騒音の配慮が必要となる可能性がある。 水道引き込みが容易である。	近傍に民家等なく、環境影響の恐れがほとんどない。 水道引き込みが容易である。
変電所へのアクセス	道路からの引込み部の搬入路を付ける必要がある。	公道に面している。	公道から 800 m 程度の取付道路を作成する必要がある。	公道に面している。	同左
機器搬入	特に問題はない。	同左	機器搬入は変電所北側から行う。このルートは現況砂利道であり、改修が必要となる。1 箇所河川横断のため、橋梁の補強対策が必要となる。	1 箇所河川横断のため、橋梁の補強対策が必要となる。	同左
その他			川南サイトに近く、変電所の共用が可能となる。	同左	同左
評価	敷地に余裕があり、輸送上の制限も少ない。 近隣への騒音等の配慮が必要。	候補地 1 よりも狭隘であるが、比較的制限は少ない。	取付道路の新設、整備に手間が掛かり、建設後の取付道路の除雪も課題となる。	農地転用の課題と重量物運搬の制限が想定され、優先順位は低い。	重量物運搬の制限が想定され、優先順位は低い。

2.3 変電所建設工事の成果

・平成 26 年度予算及び平成 27 年度予算（2015 年度）

前年度計画までは 3 変電所はすべて 187 kV で想定していたが、連系予定の風力案件熟度が高まっていったことに伴い、コスト最適な構成を求めていった結果、開源変電所と稚内恵北変電所は開閉所とし、66 kV で北豊富変電所に連系する計画を変更した。

その中でも稚内恵北開閉所は将来的に大規模案件の接続を見込める可能性があるため、昇圧を容易にできるように送電網は 187 kV 設計とし、変電設備は 66 kV 運用とすることとした。

・平成 28 年度予算（2016 年度）

変電所基本設計

計画ルートにおいて、建設予定である稚内恵北開閉所、開源開閉所、北豊富変電所について、地形条件や設備容量等を基に、変電機器選定及び機器配置計画等の基本設計を実施した。表2.2-2に北豊富変電所の機器選定の概要と、図2.2-2に機器配置平面図を示す。

表2.2-2：北豊富変電所概要

項目	諸元等
場所	北海道天塩郡豊富町字メナシベツ
連系電圧（送電）	187 kV×2回線、66 kV×4回線
187 kV 開閉設備	204 kV GIS装置 2重母線1ブスタイ方式 ・2回線
変圧器	3 相 50 Hz、187/66/22 kV 155 MVA×3 台
66 kV 開閉設備	72 kV GIS装置 2重母線1ブスタイ方式 ・変圧器3回線 ・フィーダー9 回線 （各ウインドファーム及び開閉所向け） ・蓄電池 1 回線
遠隔監視装置	1 組
所内変圧器	2 バンク
通信設備	北電 NW との通信(マイクロ波回線及び OPGW)

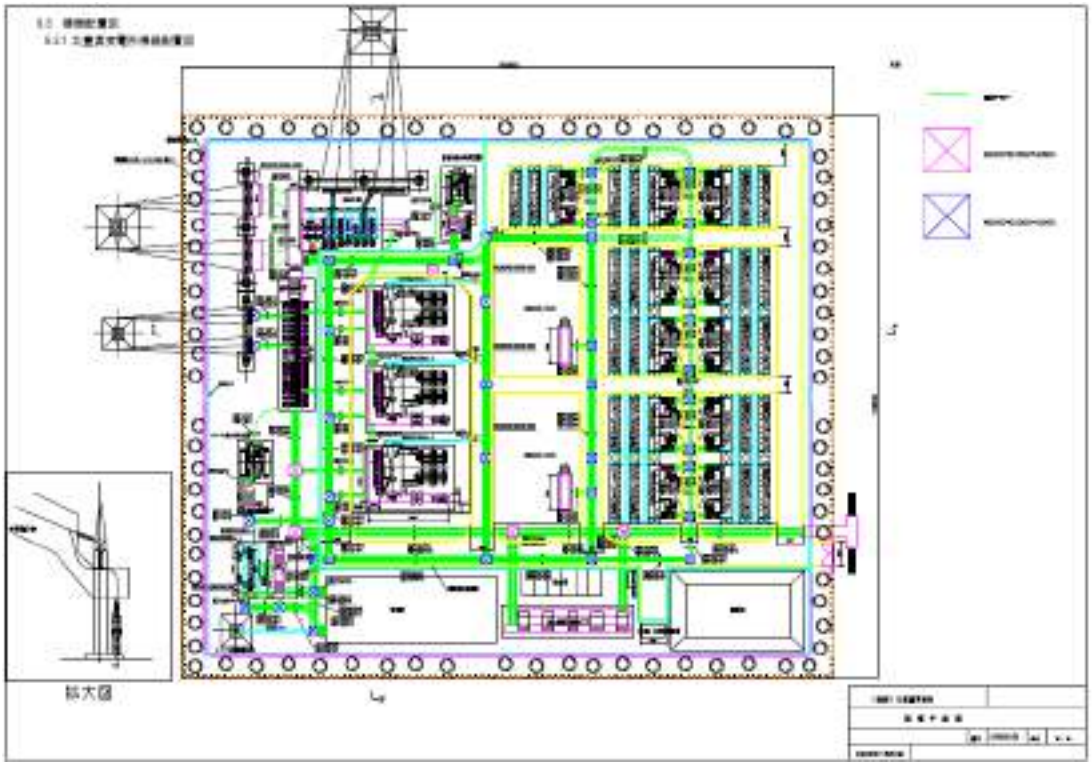


図 2.2-2：北豊富変電所の機器配置平面図

・平成 29 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

⑥　変電所詳細設計

許認可協議や技術測量、地質調査等の結果を踏まえ、稚内恵北開閉所、開源開閉所、北豊富変電所、マイクロ無線中継局について、土木設計、電気設計等の詳細設計を実施した。図 2.3-1 に変電所/開閉所の構成図と、図 2.3-2 に北豊富変電所機器配置平面図を示す。

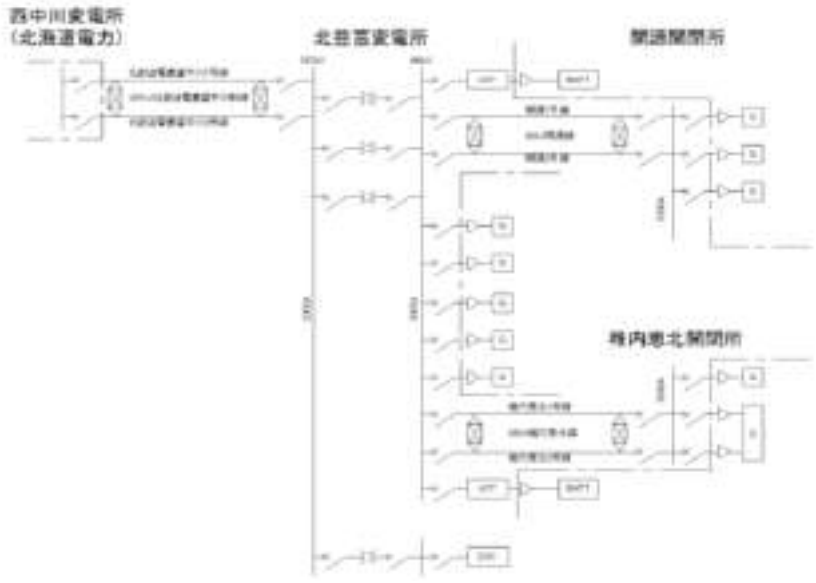


図2.3-1：変電所/開閉所の構成図

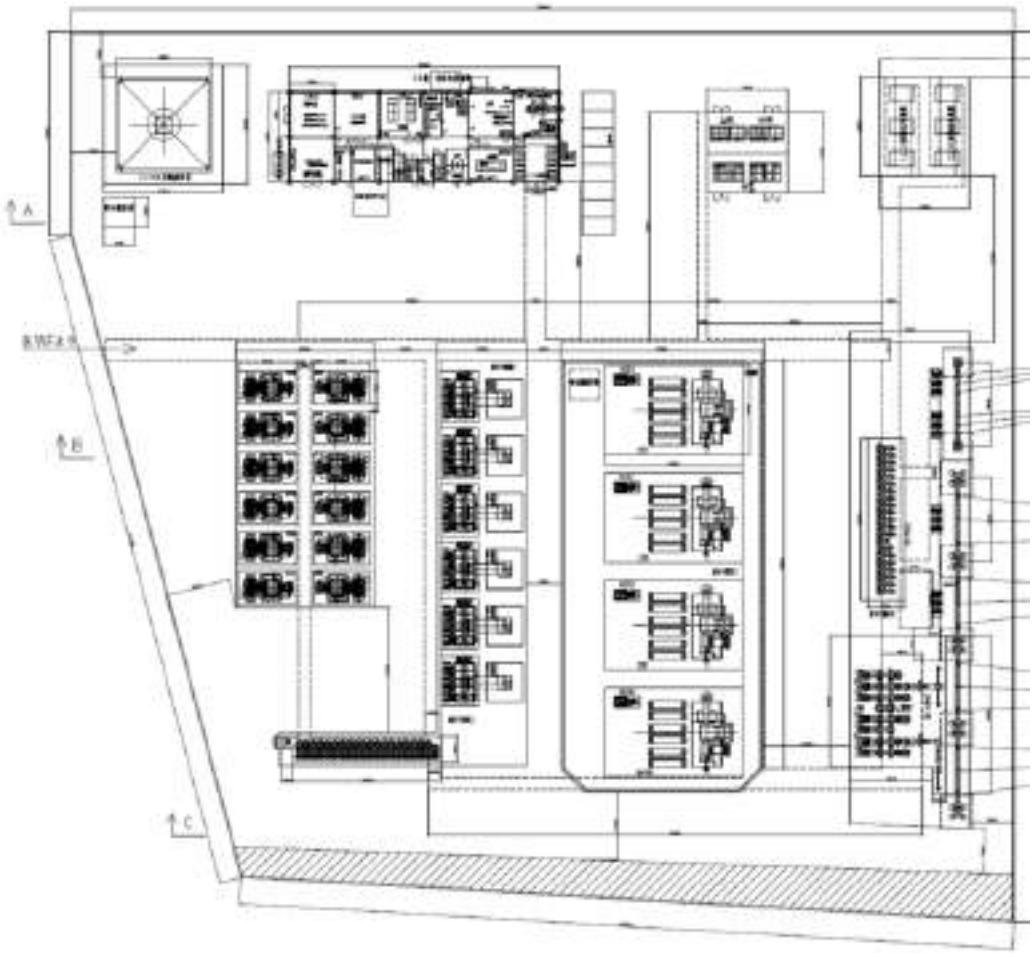


図 2.3-2：北豊富変電所の機器配置平面図

⑦　仕様確定・数量集計

変電所建設工事に関しての入札を実施した。社内での評価を行った結果、四電エンジニアリング株式会社を落札候補者として選定した。

四電エンジニアリング株式会社の他、変電所建設工事応札先は二社。

三社とも当社提示の見積仕様書に記載の仕様は満足しており発注可能。
そのうえで、送電・変電工事一括受注によるコスト削減を考慮してもなお最安値となる四電エンジニアリングを EPC に選定した。

2）変電所建設工事

下記の 3 項目を実施し、それぞれ当年度想定業務分を達成した。

a. 静止型無効電力補償装置　容量検討に伴う系統解析

北電 NW 及び当社系統電圧安定のために、系統解析を通じて静止型無効電力補償装置の必要容量を計算した。計算の結果必要容量は+98.0～-85.4 Mvar となった。系統改正の前提となっている北電 NW 及び当社の系統図を以下（図 2.3-3）に示す。

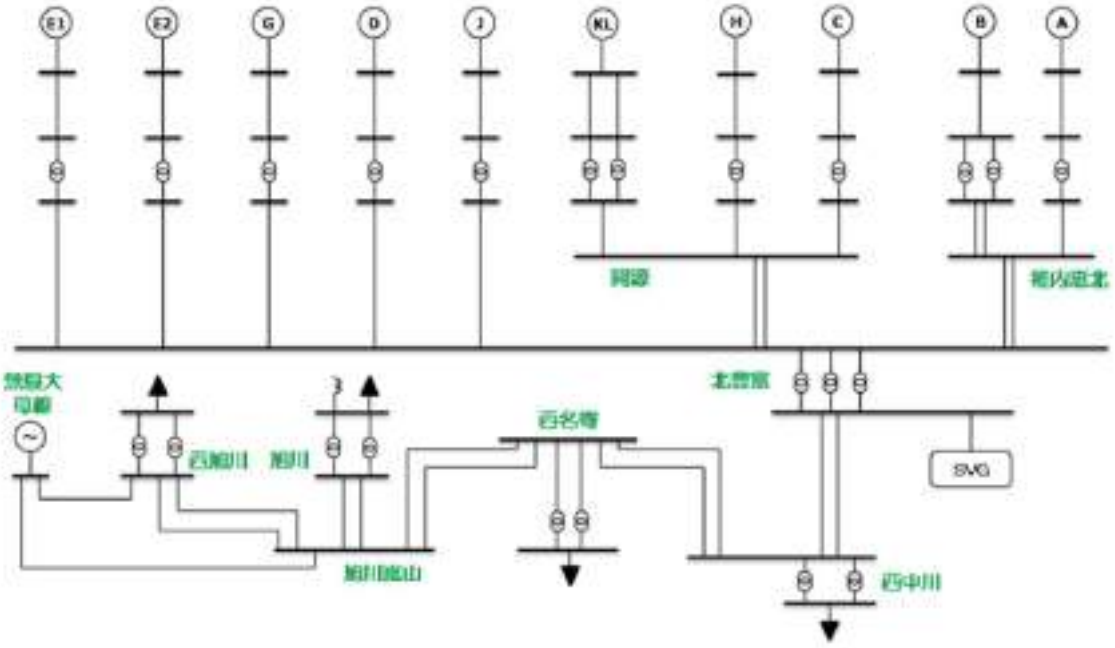


図 2.3-3：北電 NW 及び当社系統図

b. 187 kV GIS 関連部材調達

本工事の工程の確度を向上するために 187 kV GIS の部材の調達を実施した。187 kV GIS を製作するメーカーは三菱電機株式会社であり、部材の確保状況については現地

にて確認した。

c. 187 kV GIS 生産ライン確保

b. 187 kV GIS 関連部材調達と同目的にて 187 kV GIS 生産ラインの確保を実施した。本生産ラインは三菱電機株式会社が保有しており、生産ラインの確保状況については現地にて確認した。

・平成 30 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

① 静止型無効電力補償装置の生産ライン確保

本工事の工期を確保するために静止型無効電力補償装置の生産ライン確保を実施した。静止型無効電力補償装置を製作するメーカーは三菱電機株式会社であり、生産ライン着手及び確保状況については現地にて確認した。

② 165 MVA 187/66/22 kV 変圧器生産ライン確保・材料手配

本工事の工期を確保するために 165 MVA 187/66/22 kV 変圧器の生産ライン確保及び材料手配を実施した。165 MVA 187/66/22 kV 変圧器を製作するメーカーは株式会社ダイヘンであり、生産ライン着手及び確保状況については現地にて確認した。

③ 66 kV GIS、22 kV SWG 生産ライン確保・材料手配

本工事の工期を確保するために 66 kV GIS、22 kV SWG の生産ライン確保及び材料手配を実施した。66 kV GIS、22 kV SWG を製作するメーカーは富士電機株式会社であり、生産ライン着手及び確保状況については現地にて確認した。

④ 66 kV NGR 生産ライン確保・材料手配

本工事の工期を確保するために 66 kV NGR の生産ライン確保及び材料手配を実施した。66 kV NGR を製作するメーカーは日新電機株式会社であり、生産ライン着手及び確保状況については現地にて確認した。

⑤ 送電線 DAC 盤、送電線保護継電器盤、TC 盤、電圧調整盤他 詳細設計・材料手配

本工事の工期を確保するために送電線 DAC 盤、送電線保護継電器盤、TC 盤、電圧調整盤他の詳細設計及び材料手配を実施した。送電線 DAC 盤、送電線保護継電器盤、TC 盤、電圧調整盤他を製作するメーカーは株式会社電制であり、生産ライン着手及び確保状況については現地にて確認した。

⑥ 特別高圧電力ケーブル 生産ライン確保・材料手配

本工事の工期を確保するために特別高圧電力ケーブルの生産ライン確保及び材料手

配を実施した。特別高圧電力ケーブルを製作するメーカーは住友電気工業株式会社であり、生産ライン着手及び確保状況については現地にて確認した。

⑦　ボックスカルバート・鉄筋等　2 次製品手配

本工事の工期を確保するためにボックスカルバート・鉄筋等の 2 次製品手配を実施した。手配会社は戸田建設株式会社であり、保管状況については現地にて確認した。

⑧　仮設電源箱製作・仮設材料手配

本工事の工期を確保するために仮設電源箱製作・仮設材料手配を実施した。手配会社は電気興業株式会社であり、製作手配状況については現地にて確認した。

⑨　マイクロ鉄塔　詳細設計・材料手配

本工事の工期を確保するためにマイクロ鉄塔の詳細設計及び材料手配を実施した。手配会社は電気興業株式会社であり、手配状況については現地にて確認した。

・平成 31 年度予算（2019 年度）

①　土木関連工事の当年度対象工事分の達成

土木関連工事の今年度対象工事分（ボックスカルバート設置、洞道埋戻し他）を達成した。施工業者は戸田建設株式会社である。

②　電気関連工事の当年度対象工事分の達成

電気関連工事の今年度対象工事分（接地線布設、埋込ベース設置等）を達成した。施工業者は北海道タツヲ電気株式会社である。

③　通信関連工事の当年度対象工事分の達成

通信関連工事の今年度対象工事分（無線鉄塔基礎等）を達成した。施工業者は電気興業株式会社である。

④　187 kV GIS 製作当年度対象工事分の達成

187 kV GIS の材料手配及び製作を開始した。製作するメーカーは三菱電機株式会社であり、製作状況は工場にて確認した。

・令和 2 年度予算（2020 年度）

①　土木関連工事の当年度対象工事分の達成

土木関連工事の今年度対象工事分（ボックスカルバート設置、洞道埋戻し他）を達成した。施工業者は戸田建設株式会社である。

② 電気関連工事の当年度対象工事分の達成

電気関連工事の今年度対象工事分（66 kV GIS、187 kV GIS 据付工事等）を達成した。施工業者は北海道タツヲ電気株式会社である。

③ 通信関連工事の当年度対象工事分の達成

通信関連工事の今年度対象工事分（無線鉄塔基礎等）を達成した。施工業者は電気興業株式会社である。

④ 187 kV GIS 製作、工場立合試験、SVG の当年度対象工事分の達成

187 kV GIS の製作、工場立会試験、及び現地組み立てを開始した。製作するメーカーは三菱電機株式会社である。

また、SVG の製作状況の確認を実施した。

⑤ 187 kV SVG 用変圧器の製作、工場試験

187 kV SVG 用変圧器の製作及び工場試験を実施した。製作するメーカーは株式会社ダイヘンである。

⑥ 66 kV GIS、C-GIS 製作、工場立会検査

66 kV GIS の材料手配、部品製作、組立、工場立会検査、現地搬入及び GIS 組立を実施。製作するメーカーは富士電機株式会社であり、現地据付状況については確認した。

⑦ 66 kV NGR 製作、工場試験

66 kV NGR ユニット（NGR，NGX，中性点 GIS）の製作、工場試験を実施した。製作するメーカーは日新電機株式会社である。

⑧ 監視制御・保護継電器盤製作の当年度分の達成

送電線 DAC 盤、送電線保護継電器盤、電圧調整盤他の製作及び工場立会検査を実施した。製作するメーカーは株式会社電制である。

⑨ 屋外鉄構基礎材製作・運搬

屋外鉄構基礎材の製作及び運搬を実施した。製作メーカーは株式会社デンロコーポレーションであり、仮組立会検査を実施した。また、変電所・開閉所構内に運搬し仮置き状態を確認した。

・令和 3 年度予算（2021 年度）

①　土木関連工事の当年度対象工事分の達成

土木関連工事の当年度対象工事分（西中川変電所管理棟）を達成した。施工業者は戸田建設株式会社である。

②　電気関連工事の当年度対象工事分の達成

電気関連工事の当年度対象工事分（187 kV GIS 据付工事等）を達成した。施工業者は北海道タツヲ電気株式会社である。

③　通信関連工事の当年度対象工事分の達成

通信関連工事の当年度対象工事分（無線鉄塔等）を達成した。施工業者は電気興業株式会社である。

④　静止型無効電力補償装置及び保護盤の製作・工場試験

静止型無効電力補償装置及び保護盤の製作・工場試験を実施した。製作メーカーは三菱電機株式会社である。

⑤　静止型無効電力補償装置用変圧器の工場試験・搬入・据付

静止型無効電力補償装置用変圧器の工場試験・搬入・据付を実施した。製作メーカーは株式会社ダイヘンである。

⑥　所内関連機器及び遠方監視制御装置の製作・工場試験

所内関連機器及び遠方監視制御装置の製作・工場試験を実施した。製作メーカーは富士電機株式会社である。

⑦　監視制御・保護盤の輸送・調整試験

監視制御･保護盤の輸送･調整試験を実施した。製作メーカーは株式会社電制である。

⑧　特別高圧電力ケーブルの製作・終端接続

特別高圧電力ケーブルの製作・終端接続を実施した。施工業者は住友電気工業株式会社である。

⑨　送電線用特別高圧電力ケーブル・ダイレクトモールドブッシングの製作・布設・終端接続

送電線用特別高圧電力ケーブル・ダイレクトモールドブッシングの製作・布設・終端接続を実施した。製作メーカーは栗原工業株式会社である。

・令和 4 年度予算（2022 年度）

①　土木関連工事の今年度対象工事分の達成

土木関連工事の今年度対象工事分（電気所外構路盤整備・排水設備工）を達成した。施工業者は戸田建設株式会社である。

②　電気関連工事の今年度対象工事分の達成

電気関連工事の今年度対象工事分（仮設設備撤去・動力、制御、通信ケーブル布設、端末処理、ケーブルチェック）を達成した。施工業者は北海道タツヲ電気株式会社である。

③　通信関連工事の今年度対象工事分の達成

通信関連工事の今年度対象工事分（空中線、ITV、DLR 工事・通信機器、保安電話、OPGW 工事、試験調整）を達成した。施工業者は電気興業株式会社である。

④　187 kV GIS、静止型無効電力補償装置及び保護盤の調整試験・検査対応

187 kV GIS、静止型無効電力補償装置及び保護盤の調整試験・検査対応を実施した。製作メーカーは三菱電機株式会社である。

⑤　187 kV 変圧器、静止型無効電力補償装置用変圧器の検査対応

187 kV 変圧器、静止型無効電力補償装置用変圧器の検査対応を実施した。製作メーカーは株式会社ダイヘンである。

⑥　遠方監視制御装置の調整試験および C-GIS の計器用変成器組立

遠方監視制御装置および C-GIS の計器用変成器組立を実施した。製作メーカーは富士電機株式会社である。

⑦　監視制御盤・遠制装置の調整試験・検査対応

監視制御盤・遠制装置の調整試験・検査対応を実施した。製作メーカーは株式会社電制である。

2.4 まとめ

当初は連系発電所が流動的であり、電気所は 187 kV 変電所構想であったが、発電所案件の開発熟度が進んでいく中で、開源及び稚内恵北は 66 kV 開閉所とし設計構想を確定した。

平成 28 年度より基本設計を確定し本年度に至るまで、変電所建設工事を計画通りに遂行した。

令和 4 年使用前自主検査、使用前社内検査及び使用前簡易自主検査を実施、検査合格し安全管理審査受審まで至る。

写真 2.4-1：北豊富変電所全景

写真 2.4-2：開源開閉所全景

写真 2.4-3：稚内恵北開閉所全景

3 蓄電池システム建設工事

3.1 蓄電池システム建設工事の目的・目標

出力変動緩和要件を遵守しつつ北電 NW 系統に送電することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、蓄電池システムの設計及び建設工事を実施する。なお、蓄電池システム含む最適制御システムの設計並びに風力制御所システム及び転送遮断システム建設工事については、VI-1 最適制御システム開発にて記述する。

3.2 蓄電池システム建設工事のプロセス

・平成 29 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

○蓄電池システムの設置工事請負業者選定

蓄電池システム設置工事の見積依頼を実施した。社内での評価を行った結果、千代田化工建設株式会社を落札候補者として選定済み。

千代田化工建設株式会社の他、見積依頼送付先は 6 社。

見積条件；1. 蓄電池容量 240 MW×3 時間(720 MWh)
2. 20 年間上記性能を常に達成すること
3. 上記を達成するための蓄電池保守メンテナンスについても提案すること
4. 上記蓄電池容量を前提に、当社から提示する風力出力データを用いて北電 NW の出力変動緩和要件対応のシミュレーションを実施すること

上記見積条件にて見積を取得した。

6 社のうち、千代田化工建設及びもう 1 社から応札があり、両社とも見積仕様書に記載した仕様は満足しており、発注不可と判断し得る技術的な欠落は認められなかった。

技術評価も踏まえ、技術面, コスト面共に優れる千代田化工建設を EPC に選定した。

○基本設計及び蓄電池容量の検討

北電 NW 連系点にて出力変動緩和要件を充足できるよう、制御システム設計、蓄電池システムの機器仕様、機器配置、蓄電池容量検討シミュレーション等の基本設計を実施した。また工事着工に向けて、現地にてボーリング調査を実施し造成計画の作成を行った。併せて蓄電池を収納する建屋の基本設計についても行った。図 3.2-1 に蓄電池容量検討シミュレーション結果（一例）、図 3.2-2 に外構計画仕上区分図、図 3.2-3 に蓄電池建屋内の機器配置図を示す。

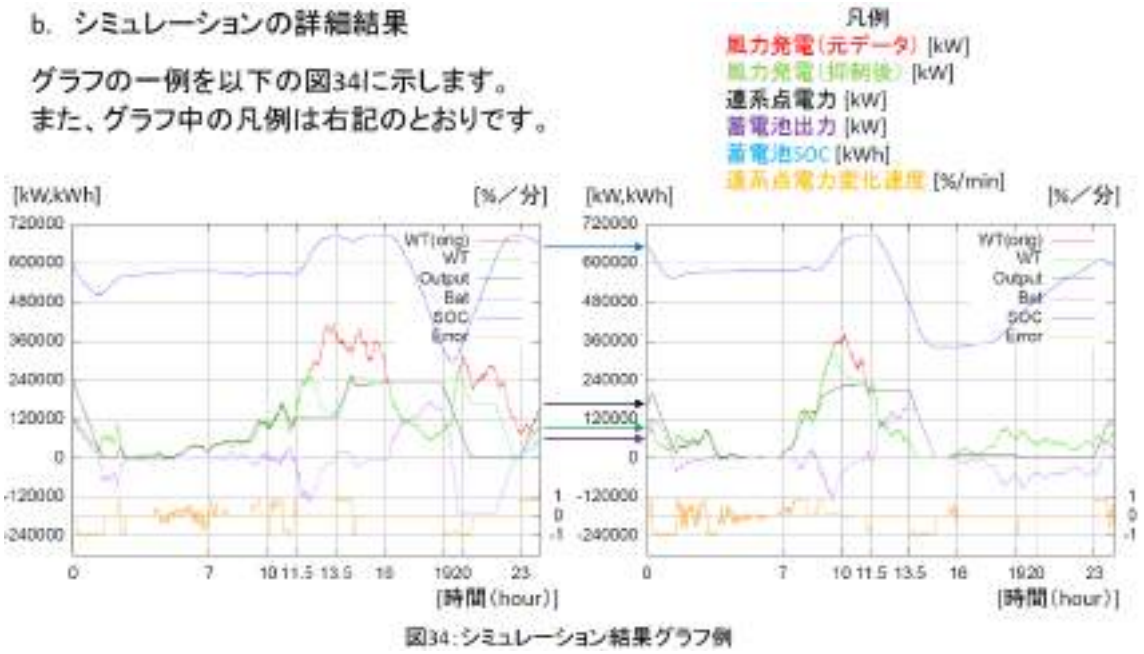


図34:シミュレーション結果グラフ例

図 3.2-1：蓄電池容量検討シミュレーション結果（一例）

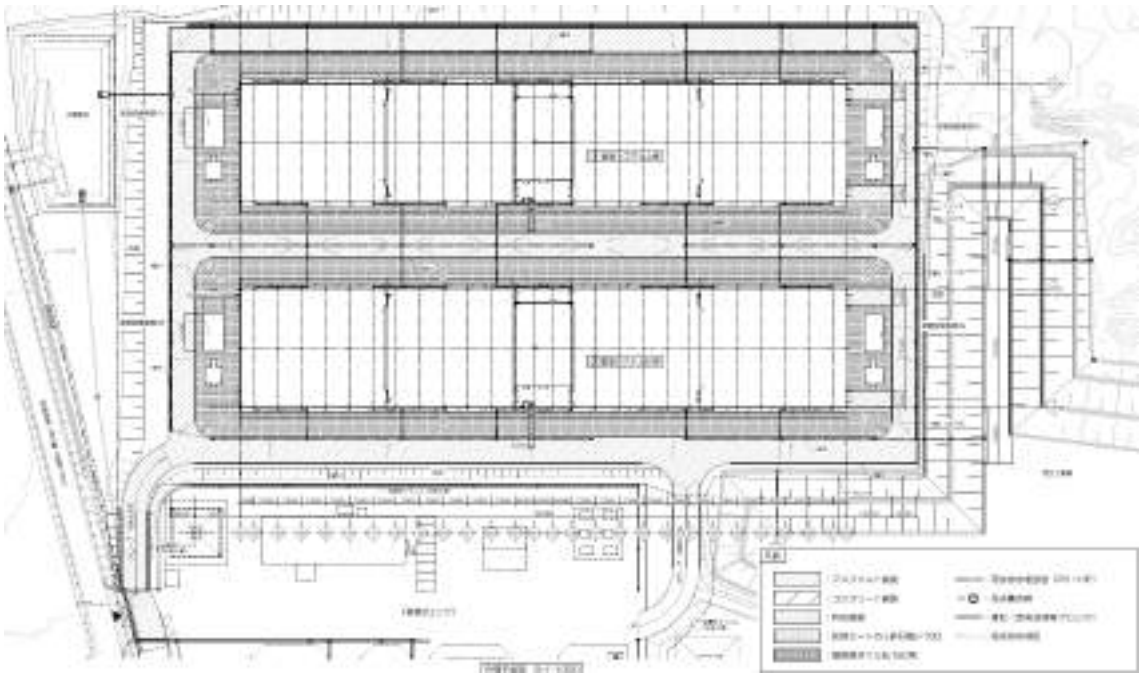


図 3.2-2：外構計画仕上区分図

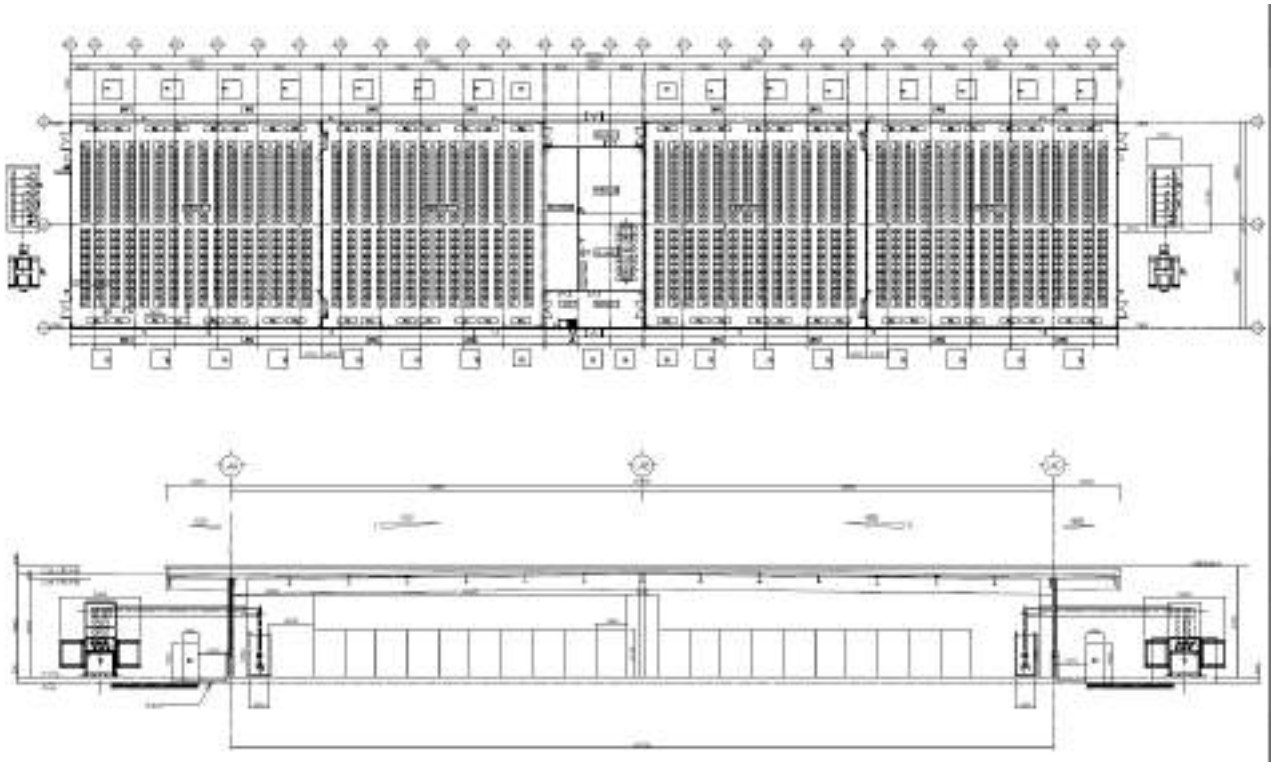


図 3.2-3：蓄電池建屋内機器配置図

○平成 30 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

北豊富変電所蓄電池システム建設工事について下記の 4 項目を実施し、平成 30 年度想定分を達成した。

①蓄電池関連部材について平成 30 年度必要分の調達

②蓄電池生産ラインの確保

③PCS 設計に関する平成 30 年度想定業務分の達成

④プロジェクト管理業務について平成 30 年度想定業務分の達成

以下にて各業務について記載する。

①蓄電池関連部材について平成 30 年度必要分の調達

本工事の工程の確度を確保するためにリチウムイオン蓄電池の構成部材を一部調達した。蓄電池を製造するメーカは株式会社 GS ユアサであり、部材の確保状況については現地にて確認済み。以下にて部材の確保状況の一部を示す。

写真 3.2-1：蓄電池部材の確保状況(蓄電池セル用 SUS 鋼板)

②蓄電池生産ラインの確保

①蓄電池関連部材について平成 30 年度必要分の調達と同目的にて蓄電池生産ラインの確保を実施した。蓄電池生産ラインは株式会社 GS ユアサの関連会社（株式会社リチウムエナジージャパン）が保有しており、生産ラインの確保状況については現地にて確認済み。本事業向けの蓄電池生産スケジュール（予定）を下図に示す。

図 3.2-4：蓄電池生産スケジュール（予定）

③PCS 設計に関する平成 30 年度想定業務分の達成

本事業に採用する PCS の仕様確定に向けて機器仕様書、外形図の作成や直流短絡電流の解析といった設計業務を実施した。一例として PCS の外形図を以下に示す。

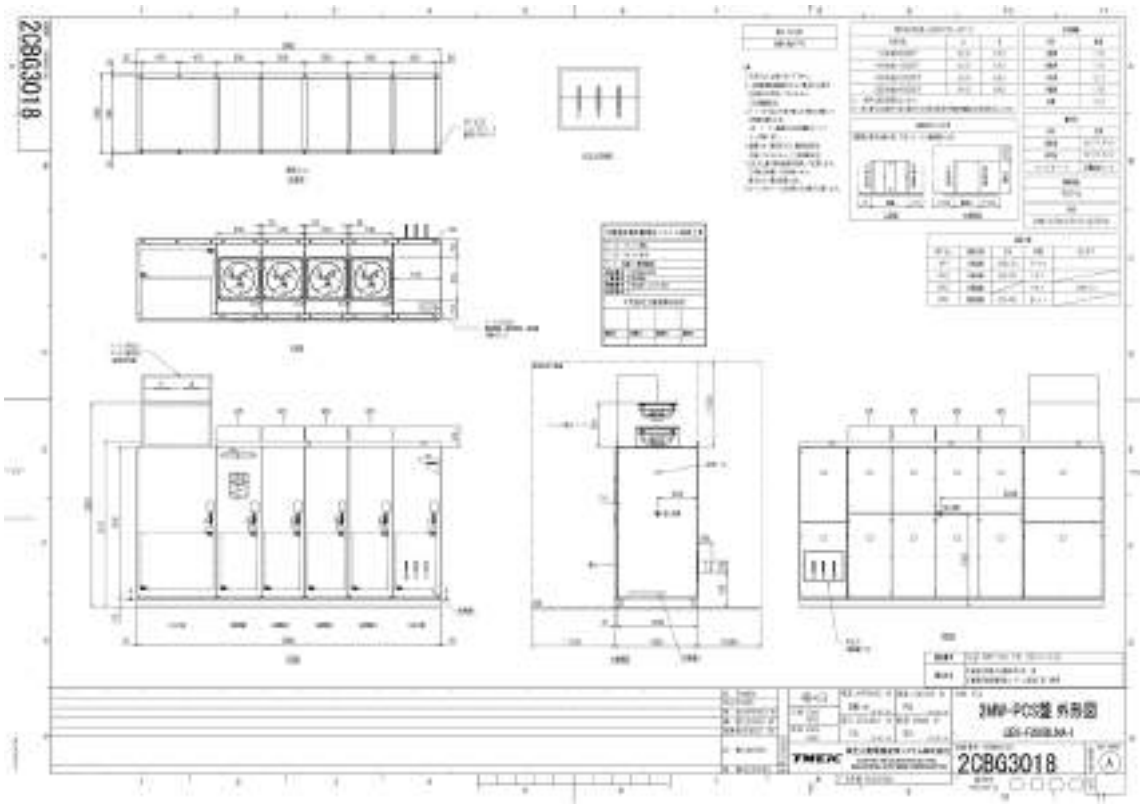


図 3.2-5：PCS 外形図

④プロジェクト管理業務

上記以外の本工事に関連する設計業務（蓄電池棟など）及び蓄電池システムにおける短絡電流の計算などを実施した。併せて蓄電池システム建設工事が円滑に進むよう、工事全体を俯瞰しての管理業務を実施した。下図に一例として蓄電池棟の断面図を示す。

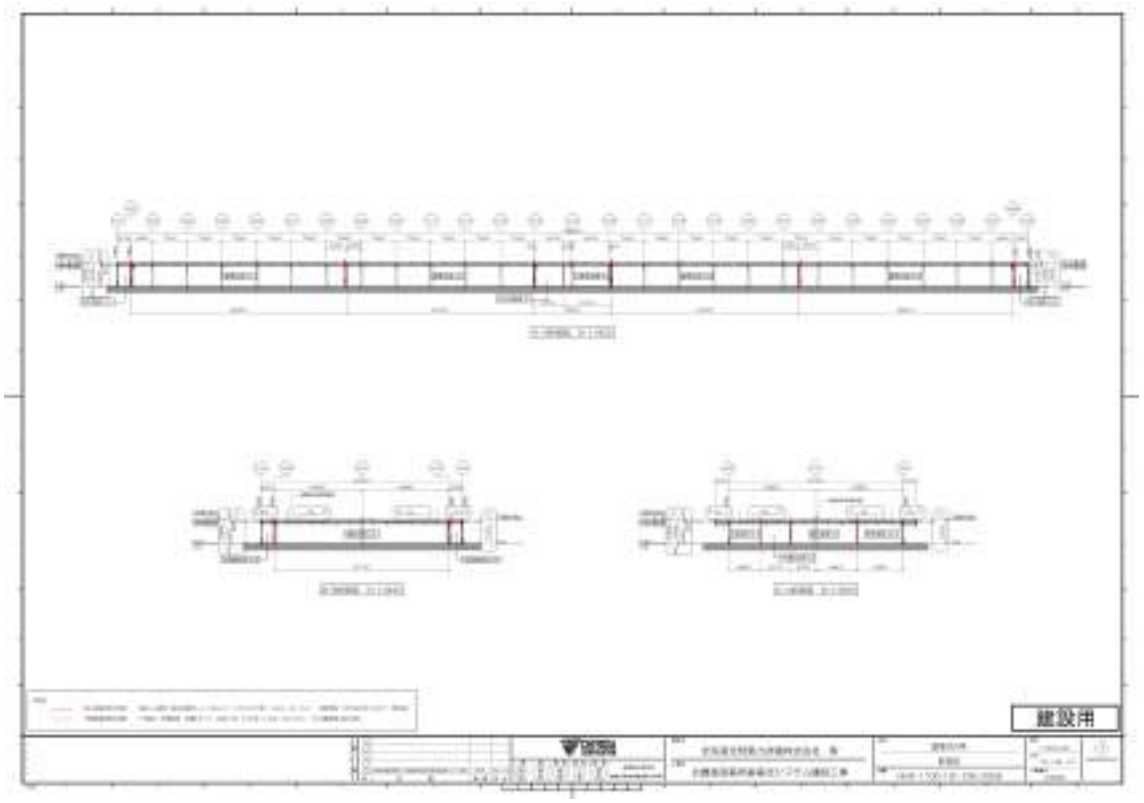


図 3.2-6：蓄電池棟断面図

・平成 31 年度予算（2019 年度）

北豊富変電所蓄電池システム建設工事について下記の 7 項目を実施し、平成 31 年度想定分を達成した。

①造成工事・建築工事
②建築設備工事
③電気設備工事
④連系用変圧器工事
⑤昇圧用変圧器
⑥EMS 及び PCS
⑦プロジェクト管理業務及び工事管理業務

以下にて各業務について記載する。

①造成工事・建築工事

敷地造成工事を完了し、建築工事として蓄電池 A 棟をおおむね完成、B 棟は鉄骨建方まで完了し、想定業務分を達成した。

写真 3.2-2：造成工事のうち土工事の出来形検査

写真 3.2-3：蓄電池棟

②建築設備工事

A 棟内の建屋内空調のドレン配管工事、ダクト工事、冷媒配管工事、パッケージエアコン据付、送風機据付等の想定業務分を達成した。

写真 3.2-4：空調関連設備工事

③電気設備工事

管路工事、接地工事、蓄電池建屋内ケーブルラック設置、ケーブル配線等の想定業務分を達成した。

写真 3.2-5：管路工事

写真 3.2-6：接地工事

写真 3.2-7：ケーブルラック敷設及び配線工事

④連系用変圧器工事

変電用変圧器工事として、埋設配管敷設、変圧器（66/22 kV 60 MVA×4）の製作を実施し、想定業務分を達成した。

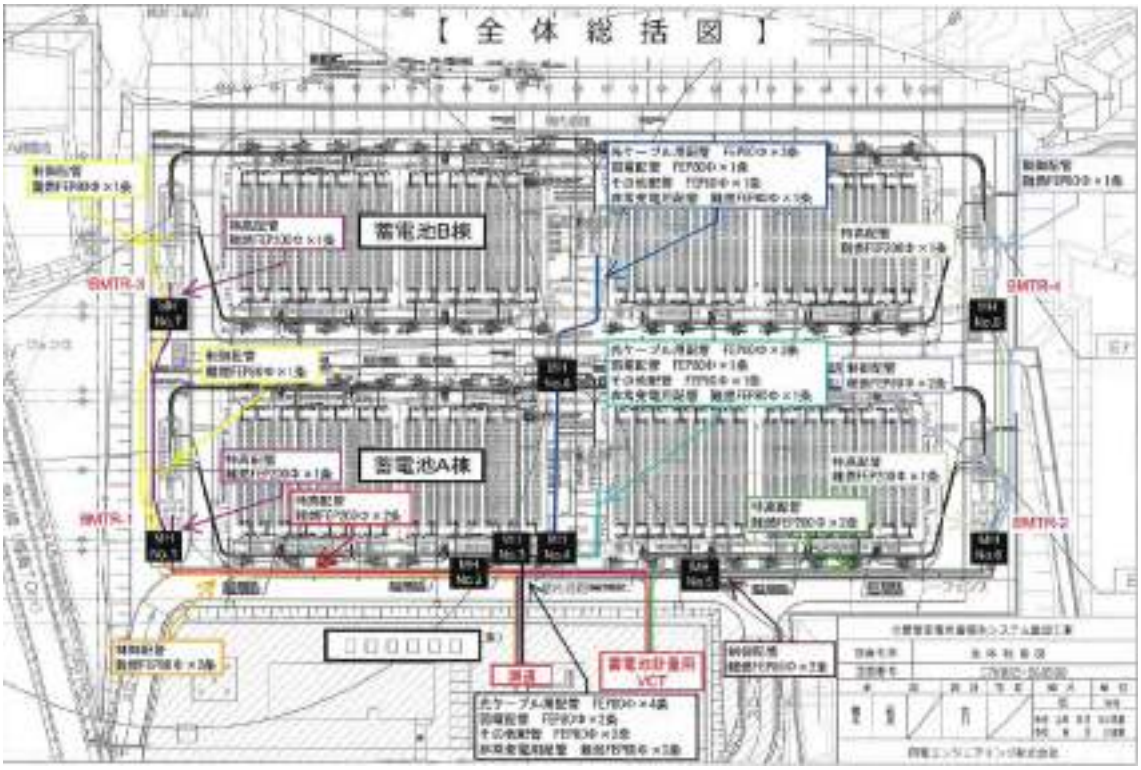


図 3.2-7：連系用変圧器工事全体図

写真 3.2-8：変圧器と工場試験の様子

⑤昇圧用変圧器

昇圧用変圧器（22/0.51/0.51 kV - 4/2/2 MVA×56、22/0.51 kV – 2/2 MVA×8）を設計、製作し、想定業務分を達成した。

写真 3.2-9：工場試験中及び完成した変圧器

⑥EMS 及び PCS

変動緩和制御装置（EMS）の機能仕様、画面仕様、入出力項目等を決定した。また、変動緩和制御装置、パワーコンディショナ（PCS）、蓄電池の組合せ試験を実施し、EMS の指令により充放電制御が正常に行われることを確認し、想定業務分を達成した。

EMS については、特に以下の機能について詳細仕様化又は追加仕様として策定した。

・蓄電池の過充電防止のための充電制御要件を満充電付近や蓄電池システム故障時など条件別に仕様を具体化
・蓄電池保全機能として、パターン運転機能、SOC リセット機能、システム充放電効率向上のための PCS 台数制御機能、蓄電池劣化把握のための容量測定仕様等を策定し

た。

・監視制御装置に関して、運転モードや相互の遷移条件、故障分類とロジック図、帳票機能、監視画面仕様（図 3.2-8）等を策定した。

・具体的な構成装置で全体構成図（図 3.2-9）及び展開接続図等を作成した。

PCS は機能仕様書を詳細設計の進捗に合わせて一部修正、追記を行った。

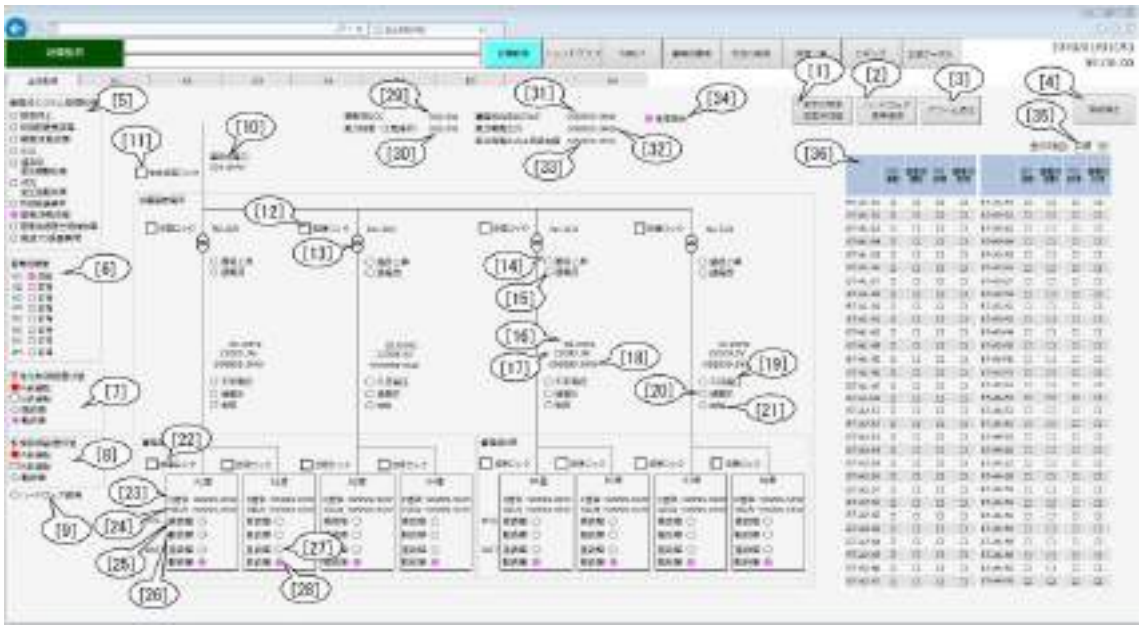


図 3.2-8：設備監視画面

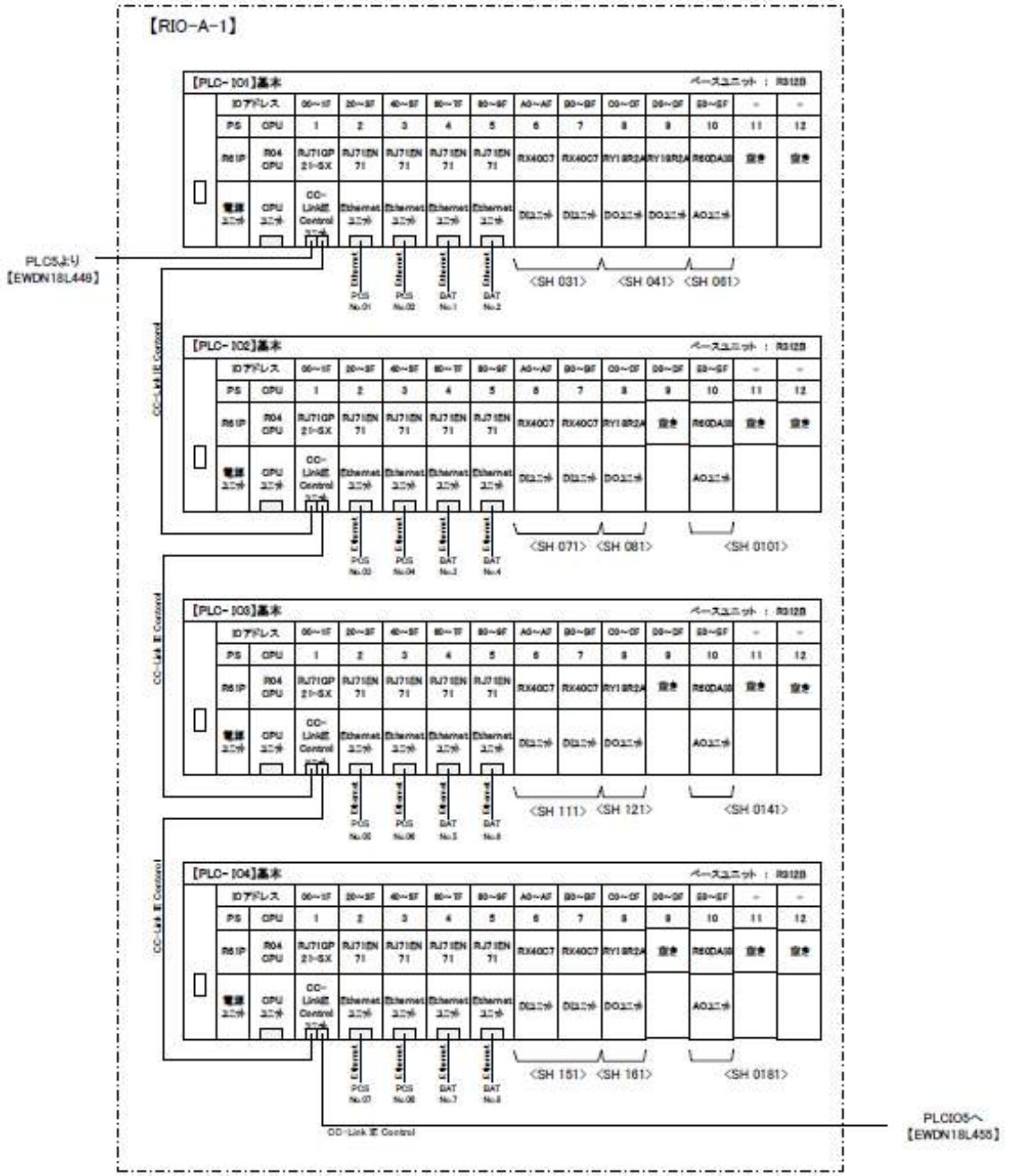


図 3.2-9：蓄電池棟 PLC 全体構成図

⑦プロジェクト管理業務及び工事管理業務

本工事に関連する設計業務(機器配置（図 3.2-10)、基礎構造計算、電線管路、ケーブルルート、空調、照明等)及び工事仮設計画の策定などを実施した。併せて蓄電池システム建設工事が円滑に進むよう、工事全体を俯瞰しての管理業務を実施した。下図に一例として蓄電池棟の断面図を示す。

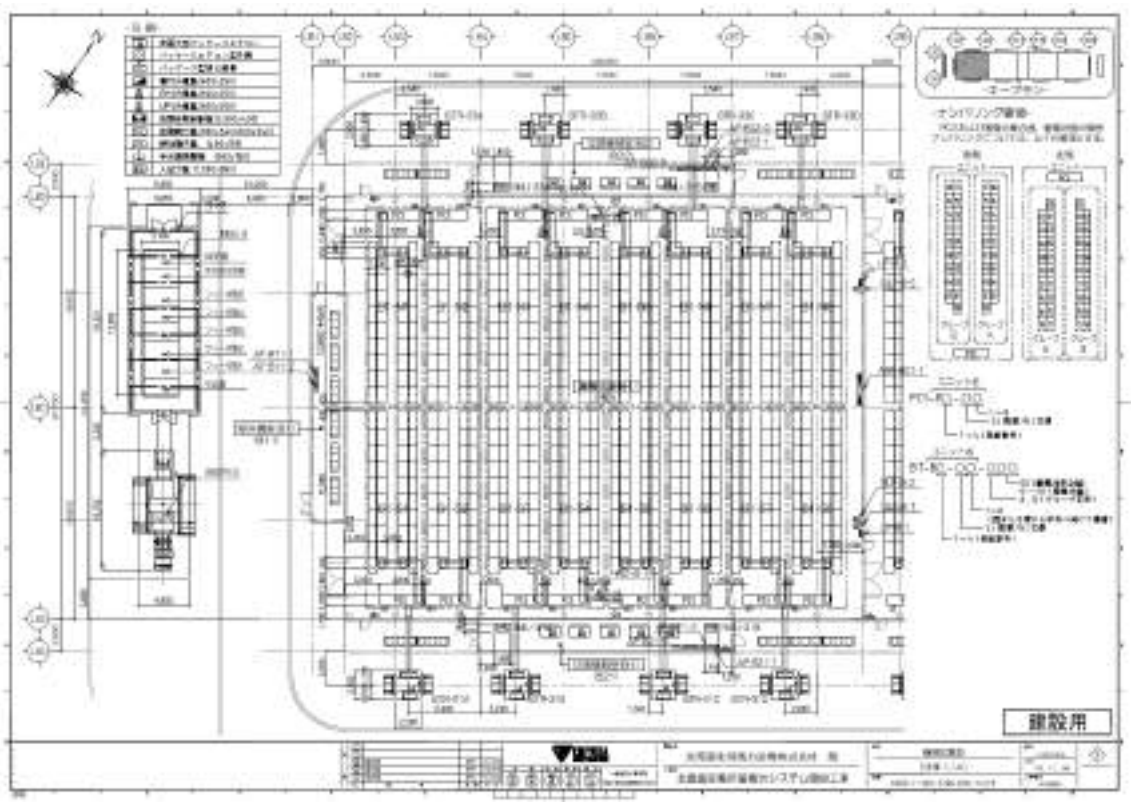


図 3.2-10：機器配置図の例

・令和 2 年度予算（2020 年度）

北豊富変電所蓄電池システム建設工事について下記の 7 項目を実施し、令和 2 年度想定分を達成した。

①造成工事・建築工事
②建築設備工事
③電気設備工事
④昇圧用変圧器据付工事
⑤EMS 及び PCS
⑥プロジェクト管理業務及び工事管理業務
⑦蓄電池システム保守準備

以下にて各業務について記載する。

①造成工事・建築工事

敷地造成工事を完了し、建築工事として蓄電池 A 棟については仮使用認定検査及び消防検査完了、B 棟は建屋工事をおおむね完了した。また、屋外設置機器の基礎工事及び外構工事をおおむね完了し、想定業務分を達成した。

写真 3.2-10：B 棟　棟内鉄筋工事

写真 3.2-11：B 棟　屋根・外壁工事

写真 3.2-12：22 kV 昇圧用変圧器　基礎工事

写真 3.2-13：E ハウス・66 kV 変圧器基礎工事

写真 3.2-14：蓄電池棟　外構工事

写真 3.2-15：蓄電池棟全体図

②建築設備工事

B 棟内の建屋内空調のドレン配管工事、ダクト工事、冷媒配管工事、パッケージエアコン据付、送風機、空調管理システム据付等の想定業務分を達成した。

写真 3.2-16：空調関連設備工事

③電気設備工事

A 棟については蓄電池盤の搬入・据付を開始した。

B 棟については接地・避雷設備工事、ケーブルラック設置、ケーブル配線等の想定業務分を達成した。

写真 3.2-17：A 棟　蓄電池据付工事

写真 3.2-18：接地・避雷設備工事

写真 3.2-19：B 棟ケーブルラック敷設及び配線工事

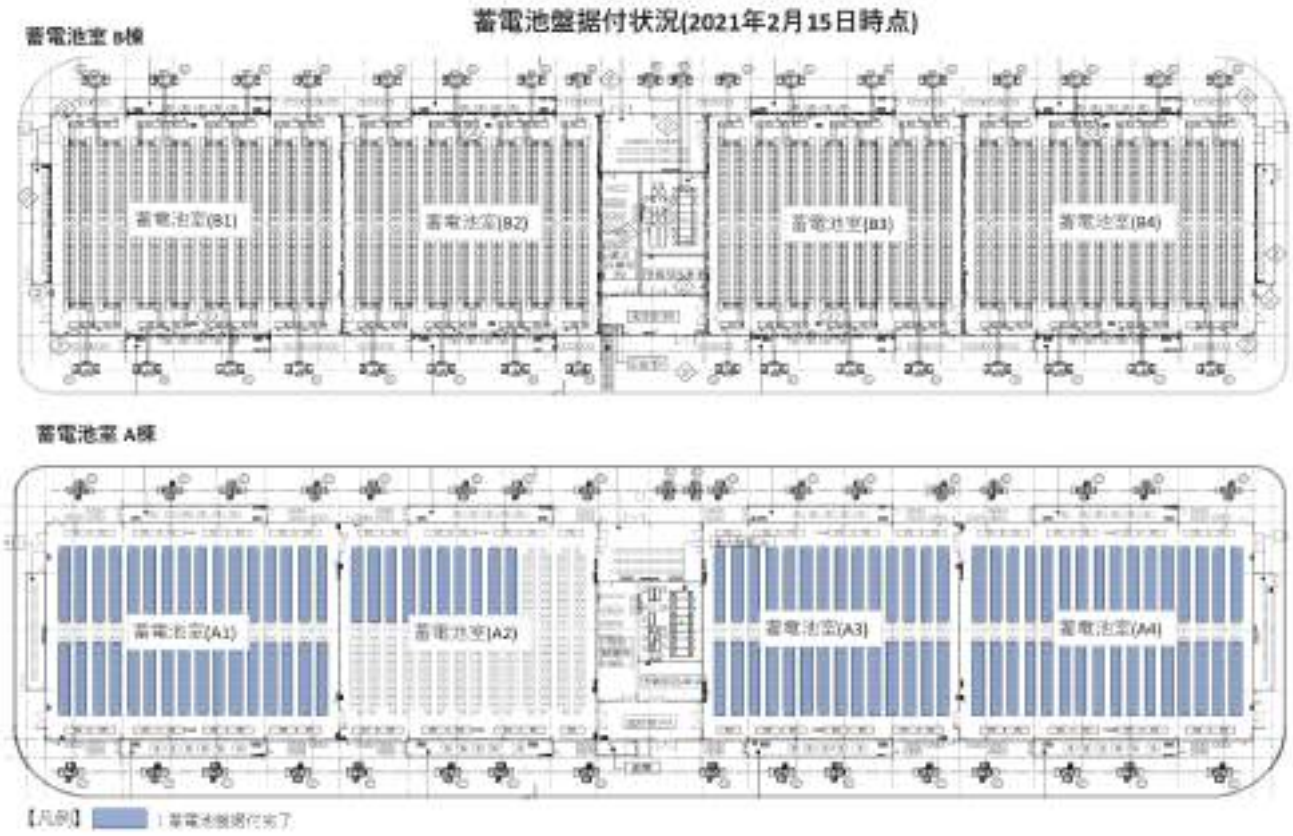


図 3.2-11：蓄電池盤据付状況

④昇圧用変圧器据付工事

昇圧用変圧器（22/0.51/0.51 kV、22/0.51 kV）の搬入・据付を実施し、想定業務分を達成した。

写真 3.2-20：昇圧用変圧器据付状況

⑤EMS 及び PCS

EMS 及び PCS について、以下の設計進捗をもって設計をおおむね完了（図 3.2-12：全体システム構成図）するとともに、工場立会試験を完了し想定業務分を達成した。

EMS

・他システムとのインターフェース設計を進め、入出力信号表を更新した。
・PCS の台数制御の方式を決定し、EMS のソフトウェア設計に反映した。

PCS

・他機器との配置調整の検討を進め、外形図（図 3.2-13）を改訂した。

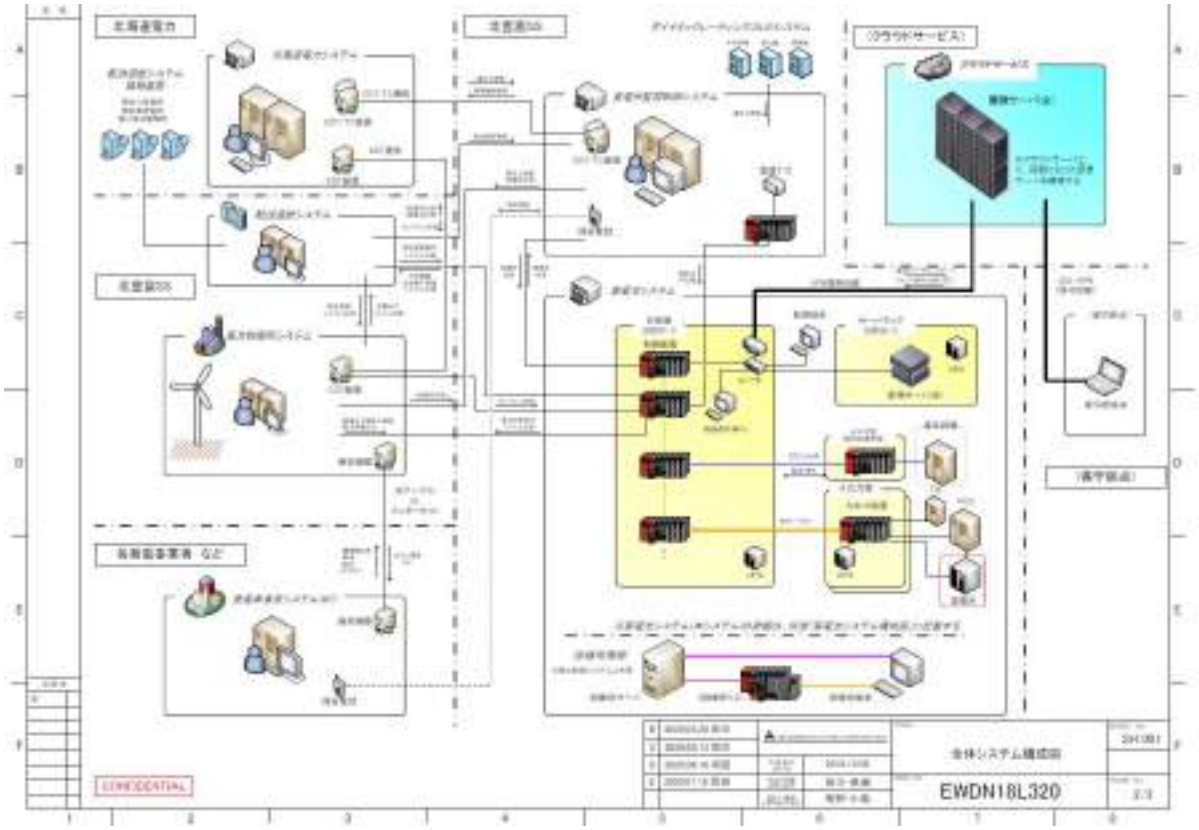


図 3.2-12：EMS 全体システム構成図

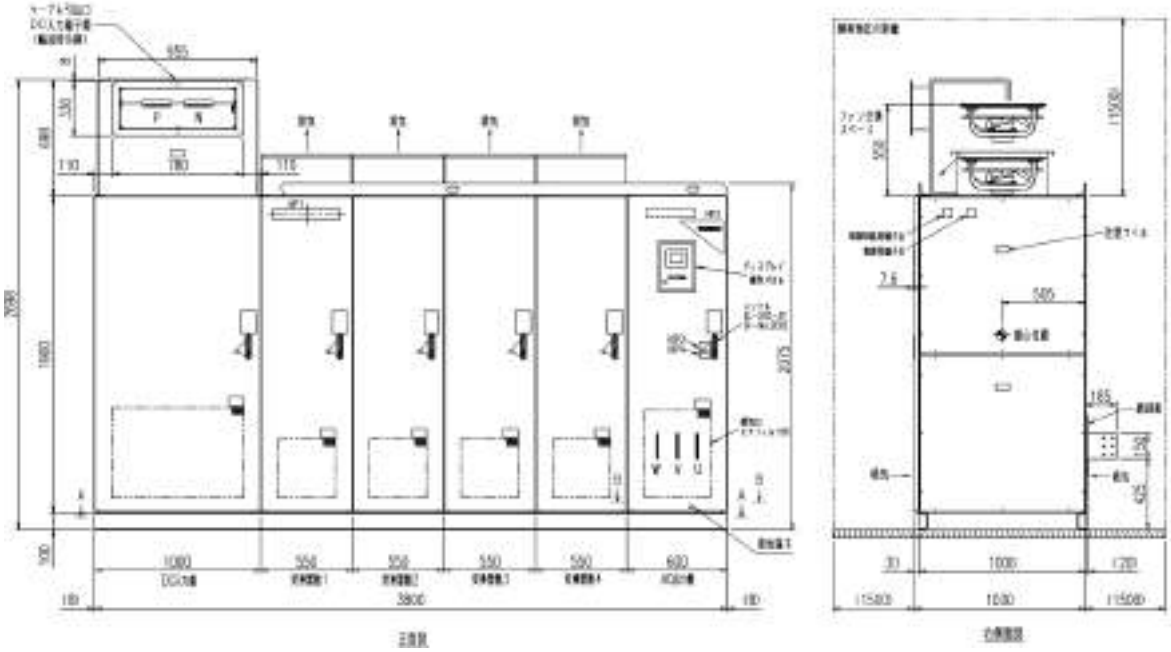


図 3.2-13：PCS 外形図

⑥プロジェクト管理業務及び工事管理業務

本工事に関連する設計業務(機器配置（図 3.2-14)、機器仕様の確認、工事設計の確認、空調、照明設計の確認等)などを実施した。併せて蓄電池システム建設工事が円滑に進むよう、工事全体を俯瞰しての管理業務を実施した。下図に一例として蓄電池棟の機器配置図を示す。

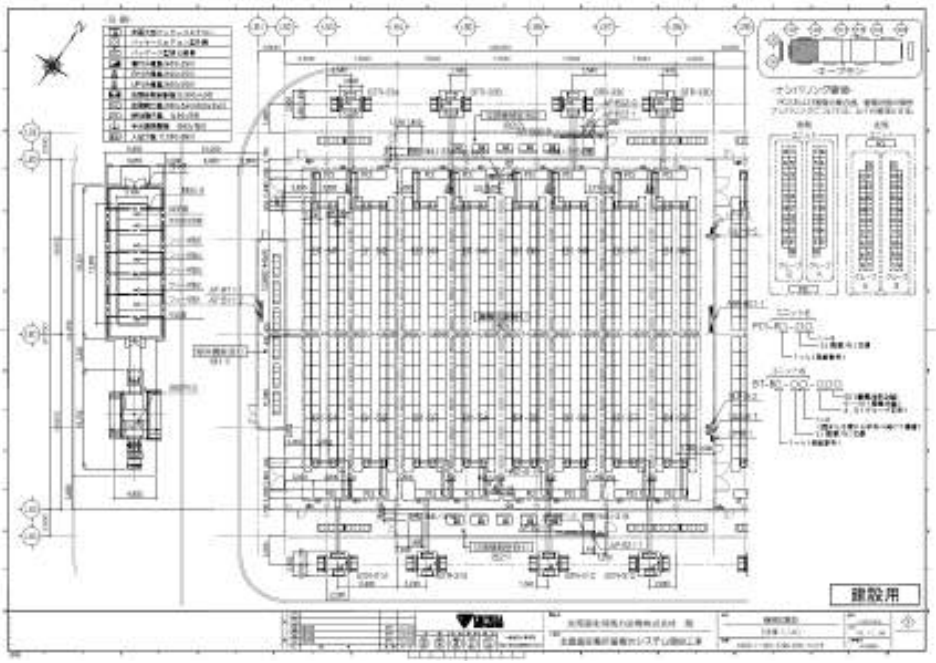


図 3.2-14：機器配置図の例

⑦蓄電池システム保守準備

設備の運転開始より経済的に合理的かつ技術的に効果的な保守業務を実施していくため、蓄電池システムに含まれる 1) 土木・建築設備、2) 空調・照明・防消火設備等の屋内設備、3) 電気設備、それぞれに対し保守の方針を検討し、保守仕様書、保守計画（年度ごとの保守項目星取り表)、予備品リスト、緊急時対応フロー等としてまとめた。

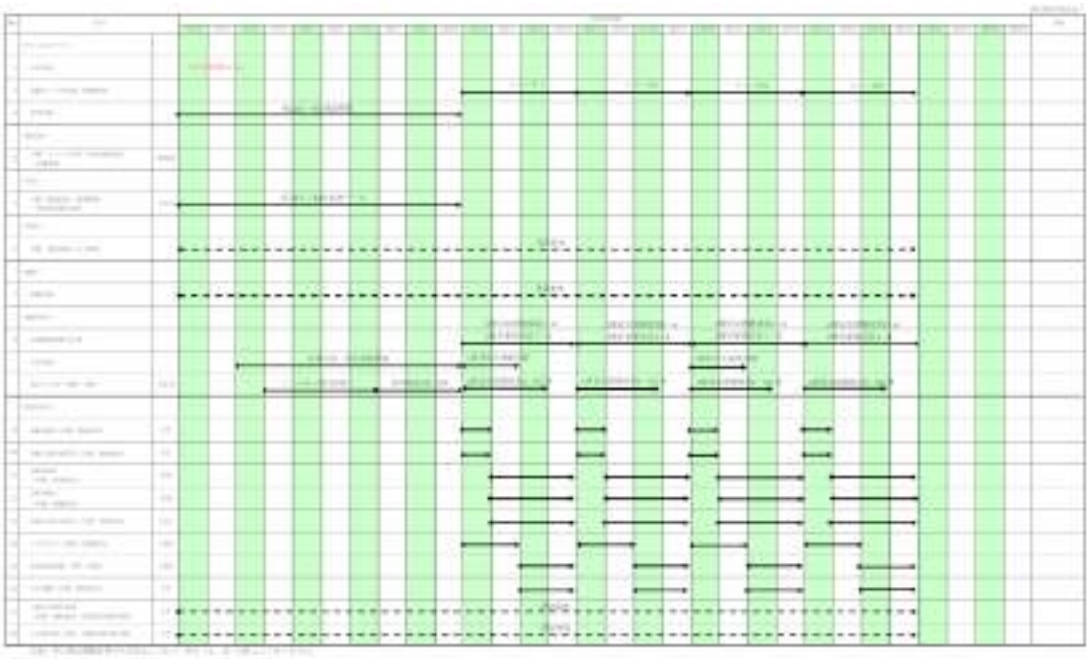


図 3.2-15：初年度年次点検工程案

図 3.2-16：緊急時対応フロー案

・令和 3 年度予算（2021 年度）

北豊富変電所蓄電池システム建設工事について下記の 4 項目を実施し、令和 3 年度想定分を達成した。

①造成工事・建築工事

②電気設備工事
③66 kV 変圧器据付工事
④プロジェクト管理業務及び工事管理業務
　以下にて各業務について記載する。

①造成工事・建築工事
　建築工事として蓄電池 B 棟については建築完了検査及び消防検査を完了し、想定業務分を達成した（A 棟については昨年度完了済み）。

写真 3.2-21：蓄電池棟全体図

②電気設備工事
　蓄電池棟 A 棟・B 棟内の全ての PCS、蓄電池盤の据付及び機器間の接続を完了した。また、変電側に接続される 66 kV 変圧器 4 台の据付を完了した。
　以上を実施し、令和 3 年度想定業務分を達成した。

写真 3.2-22：PCS　搬入・据付状況

写真 3.2-23：蓄電池盤　母線接続及び単体試験

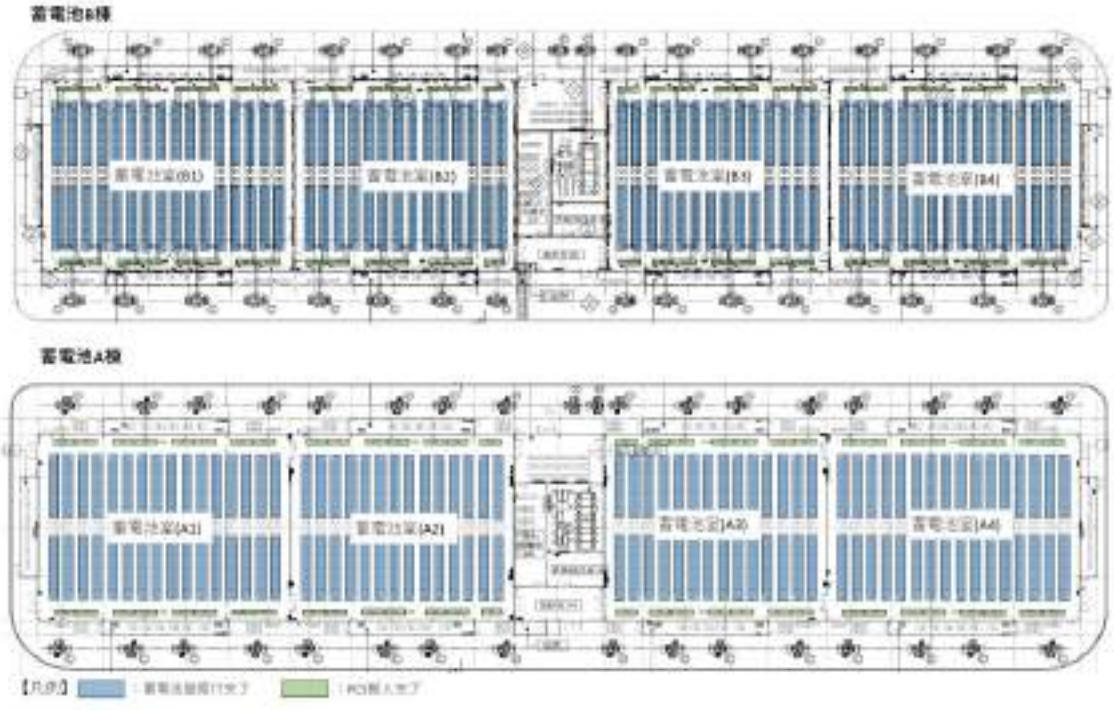


図 3.2-17：蓄電池盤、PCS 据付状況

③66 kV 変圧器据付工事

変電側に接続される 66 kV 変圧器（66/22 kV）の搬入・据付を実施し、想定業務分を達成した。

写真 3.2-24：66 kV 変圧器　輸送状況

写真 3.2-25：66 kV 変圧器　据付状況

④プロジェクト管理業務及び工事管理業務

本工事に関連する設計業務（機器仕様の確認、工事設計の確認、空調の確認、他装置とのインターフェースの調整等）などを実施した。併せて蓄電池システム建設工事が円滑に進むよう、工事全体を俯瞰しての管理業務を実施した。

・令和 4 年度予算（2022 年度）

北豊富変電所蓄電池システム建設工事について下記の 4 項目を実施し、令和 3 年度想定分を達成した。

① 電気設備工事
② 他システムとの対向試験
③ プロジェクト管理業務及び工事管理業務

以下にて各業務について記載する。

① 電気設備工事

屋外 E ハウスの建屋組立を実施し、その内部に 22 kV スイッチギアの据付を実施した。

また、E ハウス向け 22 kV 動力ケーブルの布設を実施した。以上を実施し、令和 4 年度想定業務分を達成した。

写真 3.2-26：22 kV スイッチギア据付

写真 3.2-27：E ハウス建屋組立

写真 3.2-28：22 kV 動力ケーブル布設

② 他システムとの対向試験

以下の各システムとの対向試験を実施し、結果良で試験完了した。

・北電 NW 及び変電監視システムとの連携試験（図 3.2-18、①、②）
・風力制御所システムとの連携試験（図 3.2-18、②）
・転送遮断システムとの連携試験（図 3.2-18、③）

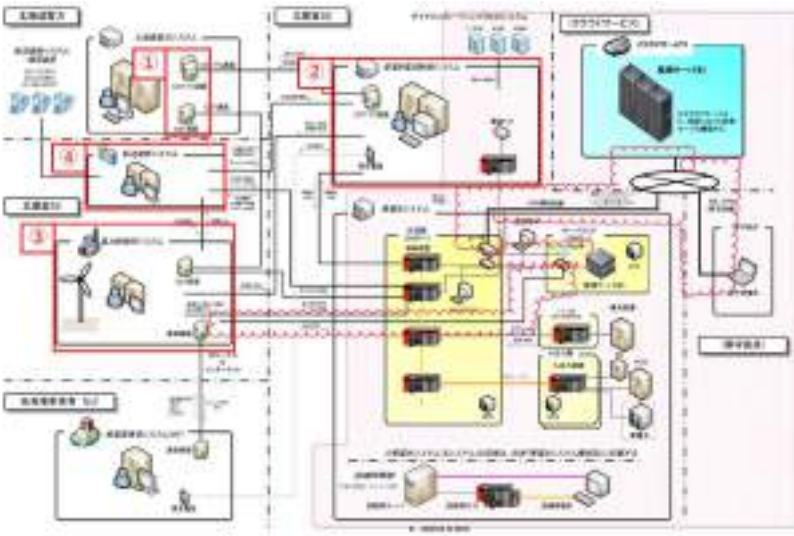


図 3.2-18：システム構成図

試験を実施する中で以下の項目を確認した。

・蓄電池システム単体の充放電試験を実施。その後 WF を含めた総合組合せ試験を実施し、変動　緩和要件を充足することを確認した。

（補足）蓄電池システムの制御目的は変動緩和要件への対応であるが、そのための補助機能として①蓄電池の状態監視機能②PCS の状態監視、起動停止機能③空調システム・防消火設備との連携④その他関連設備の状態監視機能を備えている。現場機器・関連システムとの一対一の対向　試験、制御試験、結果によっては改修を繰り返しながら適宜組合せ範囲を拡大し、充放電試験が実施できる状態にまで至った。WF と組み合わせてからの充放電試験においては、 1 日 4 回ある指定時間帯の個別確認だけでなく、24 時間連続運転させ挙動を確認することにより試験合格とした。

・風力制御所システム、転送遮断システム及び WF との組合せ試験を実施し、協調動作することを確認した。

（補足）それぞれのシステムについては同一メーカのシステムを採用しているが、工

場試験においても組合せ試験は実施不可能であったため、実機での組合せ試験としては現地で行うものが初めてであった。まずは一対一のシステムで通信対向試験を実施し、徐々に組合せ範囲を拡大させながら、最後全体組合せ試験を実施した。

③ プロジェクト管理業務及び工事管理業務

本工事に関連する設計業務（機器仕様の確認、工事設計の確認、空調の確認、他装置とのインターフェースの調整等）に加え、工事管理及び他システム/WF との組合せ試験の試験仕様・工程の調整を実施した。併せて蓄電池システム建設工事が円滑に進むよう、工事全体を俯瞰しての管理業務を実施した。

3.3 蓄電池システム建設工事の成果

当初は 300 MW 出力上限のみの適用を想定し風力制御所システム及び転送遮断システム開発・建設工事を念頭に進めていたが、平成 29 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）より出力変動緩和要件遵守を目的とし蓄電池システム設置工事の検討に着手。

基本設計及び蓄電池容量の検討を行った上で、平成 30(2018)年度より着工、本年度に至るまで、蓄電池システム建設工事を計画通りに遂行した。

令和 4(2022)年使用前自主検査、使用前社内検査及び使用前簡易自主検査を実施、検査合格し安全管理審査受審まで至る。

また、蓄電池システムを開発した際に得られた知見を以下記載する。

・720 MWh という大容量の蓄電池に対し、①変動緩和要件充足②連系点潮流制御③WF 出力最大化という全ての目的を両立した制御システムを確立した。

（補足）上記の蓄電池制御内容についてはそれぞれ通常運転時と異常発生時ともに設計通りの動作となるかどうか、工場試験では確認できないため、現地で組み合わせた状態で試験する必要があった。今回試験を実施して結果良であることを確認した。具体的には①の変動緩和要件については平常時に遵守されるが、系統/設備異常時や北電 NW からの抑制指令を受信した際には、変動緩和要件よりも他システムと協調して連系点潮流を抑制するよう運転される。②の連系点潮流は平常時、異常時ともに常に設定値の見直しを行いつつ実潮流を維持するよう運転される。③については平常時、異常時ともに考慮されるものの、その他制御に比べ優先度は下がる。

・外部の各種機器異常時に他の最適制御システムと協調を取り、発電量を最大限確保しつつ、北電 NW と合意した抑制値・抑制レートにて出力抑制を行う制御手法を確立した。

（補足）通常の制御であれば、異常発生時には一定の時間をかけて WF の出力抑制若しくは遮断を行うのが一般的である。発電量最大化のため、本システムにおいては異

常発生時には応答性の速い蓄電池を先行で充電増/放電減処理を行い、その後必要に応じて応答性の悪い WF 出力の調整を行うような仕様とし、現地試験においても設計通りに動作することを確認した。これにより従来の手法に比べ、応答性が良くかつ発電量減少を抑えることができる制御手法となった。

・今年度運転開始する WF は 3 サイト（合計 193.5 MW）であり、今年度 WF との組合せ試験を実施する中で、残りの 6 サイトに対しても適用可能な試験方法を確立した。

（補足）当社系統に対しては今年度から 3 年かけて合計 9WF が連系される。来年度以降は当社設備の運転を止めることなく、新規に連系される WF に対して必要十分な試験を実施していく必要がある。今年度実施した組合せ試験一式を精査し、来年度以降実施すべき試験のみを抽出した。

写真 3.3-1：蓄電池設備全景

4 用地関連業務

4.1 用地関連業務の目的・目標

本事業のために必要とされた用地について、用途（変電所、鉄塔底地、送電線下、工事用地等）に応じた権利及び許認可を確保することが目的である。

4.2 用地関連業務のプロセス

平成 27 年度から平成 29 年度においては現地調査のための立入り交渉、許認可取得のための事前協議及び民間地権者への契約意向確認を実施し、平成 30 年度においては民間地権者及び立地市町（1 市 4 町）から権利を確保し、令和元年度から令和 4 年度においては、主に官公庁の所管する権利及び許認可を当該箇所の着工までに確保することで、工事工程を遅延させないことを目標とした。

表 4.2-1：許認可取得のプロセス

○許認可取得の進捗　（年度）

	所管官庁	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4
送電事業許可	経済産業省	平成28年7月29日付けで取得						
農地転用・農振除外	各市町の農業委員会、農業担当部署	事前協議を実施。北豊富変電所用地のみ先行して農振除外すべく調整。	北豊富変電所用地の手続き完了。その他は継続協議を実施。	変電所以外の土地（１市２町）の農地転用、農振除外を実施。				
保安林	北海道庁	事前協議を実施。	保安林内作業許可取得に向けた継続協議を実施。		4件の保安林内作業許可、および4件の保安林内立木伐採の許可取得。	2件の保安林内立木伐採許可取得。	取得済み保安林内作業許可について、失効に伴い更新手続を実施。また一部については工事終了に伴い作業許可の終了届を提出。	一部箇所について線下伐採に伴い保安林内立木伐採の許可取得。全件の作業許可の終了届を提出。
森林法による伐採届	各市町の林務担当部署			工事工程に合わせて伐採届を提出	随時実施	随時実施	随時実施	随時実施
土壌汚染対策法	北海道庁	ー	事前協議を実施。	7件届出。				
補助金受領地	各市町の林務、農業担当部署	造林補助金の対象地を確認、各自治体との協議を実施。			随時実施	随時実施	随時実施	随時実施
河川占用許可	国、北海道庁その他各市町の河川管理担当部署（１市４町）	所管官公庁と協議し、占用許可申請を各工事箇所の着工の半年前に提出することで確認。	詳細設計による技術的な協議を実施。		11件の許可取得	16件の許可取得	8件の許可取得	
道路占用許可	国、北海道庁その他各市町の道路管理担当部署（１市４町）	所管官公庁と協議し、占用許可申請を各工事箇所の施工時期が確定した時点で提出することで確認。	詳細設計による技術的な協議を実施。		81件の許可取得	61件の許可取得	43件の許可取得	
租税特別措置法による特別控除申請	稚内税務署長			平成30年6月12日付けで申請。				
国有林の使用	宗谷、留萌北部、上川北部森林管理署	平成29年2月に国有林の使用に関する協定を北海道森林管理局と締結。	平成30年2月19日付けであり方調査の報告書を提出	貸付手続きについて継続協議を実施。	貸付面積と伐採本数を決定し、あり方調査報告書を提出。	2件の工事用地を取得	失効に伴い更新手続きを実施。	工事終了に伴い返地届を提出。
財務省所管の国有地	北海道財務局旭川財務事務所	公共随意契約により取得することが可能と確認。			一部の損失補償を実施。	一部の損失補償を実施。	全件の損失補償を完了し、一部払下げによる地役権設定を実施。	一部払下げによる地役権設定を実施。

4.3 用地関連業務の成果

・平成 27 年度予算（2015 年度下半期）

候補ルートの中心から片側 50 m、両幅 100 m の範囲の地権者を洗い出し、地権者台帳を作成した。

地権者台帳から不明地権者等を交渉対象から除外するなどの検討を行い、地権者計 105 名に交渉対象を限定し、地権者の情報を収集した。

表 4.3-1：平成 27 年度時点での対応予定地権者及び筆数

	地権者数	筆数
民有地	83	410
法人	11	67
官公有地	11	456
	105	933

・平成 28 年度予算（2016 年度）

現地調査のための立ち入り交渉を継続実施、加えて測量作業を実施するとともに、契約締結の基本合意を各地権者から取得した。（平成 29 年 3 月末時点で民間地権者全 83 名中 77 名から基本合意を取得）また、各契約締結に際しての売買、地役権設定等の各権利設定に応じた補償金額を設定した。

北海道森林管理局とは国有林の使用に関する協定を締結するなど、今後官公庁との許認可取得に向けた協議を開始した。

表 4.3-2：平成 28 年度許認可取得状況まとめ

項　目	対応状況
送電事業ライセンスの取得	平成28年7月29日付で取得済み。
農地転用/農振除外	自治体や、農業委員会と手続きやスケジュールについて事前協議を進行中。 北空富変電所用地については先行して農振除外の手続きを進めており、平成29年度上期中に完了の予定。
保安林	保安林使用に向けて、北海道庁ほか関係官庁との事前協議を進行中。鉄塔用地については、「保安林内作業許可」の手続きを進めることについて確認した。
国有林の使用	国有林使用に関する協定を締結済み。今後、あり方調査報告の協議を実施する。
各種補助金受領地の使用	造林補助金の対象地を確認の上、全線において対象地を回避したルートを選定。その他、農地関連の補助金については改変箇所を対象地から除外する方向で各自治体との協議を進行中。
河川占用許可	開発建設部（河川事務所）、振興局、各自治体と事前協議を実施中。天塩川の上空横断箇所については事前協議により、設計上の制約（横断角度、水面との離隔距離ほか）を確認した。占用許可の申請書類は当該箇所を施工する半年前を目安に提出予定。
道路占用許可	開発建設部（道路事務所）、振興局、各自治体と事前協議を実施中。国道40号線の上空横断箇所については事前協議により、技術的な支障（鉄塔・送電線との離隔距離等）が無いことを確認した。占用許可の申請書類は当該箇所の施工時期が確定した時点で提出予定。
財務省所管用地	財務事務所と事前協議を進行中。普通財産については電気事業者であれば公共随意契約による取得が可能であることを確認した。今後、該当箇所を整理し、用地確保に向けた具体的な協議を実施予定。

・平成 29 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

現地調査のための立入交渉を継続実施した。

また相続が必要な土地 6 か所について、司法書士を介して相続人関係説明図を作成。調査の結果、交渉することとした 3 か所の相続関係人 25 名と交渉し、相続登記を実施いただける了承を得た。

地権者調査を行うとともに、意向を確認し契約締結について合意がとれた民間地権者 83 名（全 84 名）と基本合意を締結。

並行して測量作業を実施し図面を作成するとともに、毎木調査を実施して立木伐採時の補償額を調査した。

さらに、官公庁との許認可取得交渉を継続実施した。

表 4.3-3：平成 29 年度許認可取得状況まとめ

項　目	対応状況
送電事業ライセンスの取得	平成28年7月29日付で取得済み。
農地転用/農振除外	自治体や、農業委員会と手続きやスケジュールについて事前協議を進行中。 北豊富変電所用地については先行して農振除外の手続きを進めており、平成29年度上期中に完了の予定。
保安林	保安林使用に向けて、北海道庁ほか関係官庁との事前協議を進行中。鉄塔用地については、「保安林内作業許可」の手続きを進めることについて確認した。
国有林の使用	国有林使用に関する協定を締結済み。今後、あり方調査報告の協議を実施する。
各種補助金受領地の使用	造林補助金の対象地を確認の上、全線において対象地を回避したルートを選定。その他、農地関連の補助金については改変箇所を対象地から除外する方向で各自治体との協議を進行中。
河川占用許可	開発建設部（河川事務所）、振興局、各自治体と事前協議を実施中。天塩川の上空横断箇所については事前協議により、設計上の制約（横断角度、水面との離隔距離ほか）を確認した。占用許可の申請書類は当該箇所を施工する半年前を目安に提出予定。
道路占用許可	開発建設部（道路事務所）、振興局、各自治体と事前協議を実施中。国道40号線の上空横断箇所については事前協議により、技術的な支障（鉄塔・送電線との離隔距離等）が無いことを確認した。占用許可の申請書類は当該箇所の施工時期が確定した時点で提出予定。
財務省所管用地	財務事務所と事前協議を進行中。普通財産については電気事業者であれば公共随意契約による取得が可能であることを確認した。今後、該当箇所を整理し、用地確保に向けた具体的な協議を実施予定。

・平成 30 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

昨年度に基本合意をとれた民間地権者 83 名、及び立地市町（1 市 4 町）と下記のとおり用途に応じた権利を確保すべく契約を締結。

表 4.3-4：用地種別・用途別の取得権利の種類

用地の種別	鉄塔底地・変電所・開閉所等	送電線下
民有地	所有権	地役権
官公庁所有の普通財産	所有権又は賃借権	地役権又は賃借権
行政財産（道路・河川）	—	占用
国有林	賃借権	賃借権

さらに、抵当権等の担保物権が先順位の権利が登記されている土地について、当社の

権利が先順位になるように関係者と交渉し、担保物権登記の抹消や順位の変更を実施した。

表 4.3-5：平成 30 年度許認可取得状況まとめ

項　目	対応状況
送電事業ライセンスの取得	平成28年7月29日付で取得済み。
農地転用/農振除外	自治体や、農業委員会と協議を進めつつ、工事や土地の取得に合わせて具体的な手続きを開始。各自治体に事業計画書を提出し、農地利用の計画との調整を実施している。
保安林	保安林使用に向けて、北海道庁ほか関係官庁との事前協議を進行中。使用箇所の面積等を説明の上「保安林内作業許可」の手続きにて進めることを確認。今後、工事工程に合わせて申請書を提出する。
国有林の使用	国有林使用に関する協定を締結し、あり方調査報告書を提出済み。貸付を受ける面積や、伐採木の調査まで完了。今後、工事工程に合わせて貸付申請を行う。
河川占用許可	各種事前協議は概ね実施済みであり、今後は工事工程に合わせて具体的な工事内容を説明の上、占用許可を取得していく。（※占用許可を受ける箇所は全て送電線が横断する箇所となるため、概ね架線工事開始前に申請していく予定。）
道路占用許可	各種事前協議は概ね実施済みであり、今後は工事工程に合わせて具体的な工事内容を説明の上、占用許可を取得していく。（※占用許可を受ける箇所は全て送電線が横断する箇所となるため、概ね架線工事開始前に申請していく予定。）
財務省所管用地	土地の確認並びにルート選定の結果、最終的に必要な箇所は全て送電線が横断する箇所となった。送電線架線工事に合わせて使用ができるように引き続き協議を進めていく。
森林法（伐採届）	各自治体と協議の上、工事工程に合わせて伐採届の提出を開始した。
土壌汚染対策法	道庁と協議の上、工事工程に合わせて土壌汚染対策法に関する届出提出を進行中。

・平成 31 年度予算（2019 年度）

国有林内における送電鉄塔敷、線下、マイクロ電波の中継局及び工事用地の権利を確保。また、施工業者から追加で取得するよう要請された工事用地 27 件について、賃貸借契約を締結。

表 4.3-6：令和元年度における国有林の権利取得まとめ

相手方	契約書名	契約/許可日
宗谷森林管理署	貸付申請兼契約書（鉄塔敷及び線下）	2019/7/10
	使用許可（工事用地）	2019/7/10
	有償貸付契約（知駒中継局）	2019/10/4
留萌北部森林管理署	貸付申請兼契約書（鉄塔敷及び線下）	2019/6/27
	使用許可（工事用地）	2019/6/27
上川北部森林管理署	貸付申請兼契約書（鉄塔敷及び線下）	2019/7/23
	使用許可（保安林内の工事用地）	2019/8/21
	有償貸付契約（保安林外の工事用地）	2019/6/27
	有償貸付契約（中川中継局）	2019/8/21

さらに、許認可取得を本格的に実施し、道路占用、河川占用等の手続きを工事進捗に合わせて完了させた。

並行して工事の現場管理、地元対応を行った。

表 4.3-7：令和元年度許認可取得状況まとめ

項　目	対応状況
送電事業ライセンスの取得	取得済（2016年7月）
農地転用/農振除外	用地の取得に必要となる手続きについて、各市町村に対して事業計画の提出という形で対応済み。
保安林	当面の工事に必要となる民有保安林に関する保安林内作業許可（3件）並びに保安林内立木伐採の許認可（3件）につき対応済み。
国有林の使用	当面の工事に必要となる国有保安林に関する保安林内作業許可（3件）並びに保安林内立木伐採の許認可（3件）につき対応済み。
河川占用許可	2019年度の工事に必要となった許認可（11件）について対応済み。
道路占用許可	2019年度の工事に必要となった許認可（81件）について対応済み。
財務省所管用地	2019年度の工事に必要となった土地（8箇所）について対応済み。

行政区分	道路占用	河川占用	施工承認	その他	合計
稚内建設管理部	0	4	9	0	13
稚内市	9	0	0	0	9
豊富町	32	2	0	0	34
幌延町	24	5	0	0	29
天塩町	16	0	0	0	16
中川町	0	0	0	0	0
合計	81	11	9	0	101

・令和 2 年度予算（2020 年度）

官公庁と交渉し、行政財産（道路・河川等）について占用許可を取得。あわせて工事の現場管理、地元対応を行った。

また、稚内市有林の伐採に伴い、代替地に同規模の植林を行うため、準備段階での地拵え作業を実施。

項　目	対応状況
送電事業ライセンスの取得	取得済（2016年7月）
農地転用/農振除外	用地の取得に必要となる手続きについて、各市町村に対して事業計画の提出という形で対応済み。
保安林	当面の工事に必要となる保安林内作業許可（3件）並びに保安林内立木伐採の許認可（3件）につき対応済み。
国有林の使用	当面の工事に必要となる保安林内作業許可（3件）並びに保安林内立木伐採の許認可（3件）につき対応済み。
河川占用許可	2020年度の工事に必要となった許認可（16件）について対応済み。
道路占用許可	2020年度の工事に必要となった許認可（61件）について対応済み。
財務省所管用地	2020年度の工事に必要となった土地（52箇所）について対応済み。

表 4.3-8：令和 2 年度許認可取得状況まとめ

行政区分	道路占用	河川占用	施工承認	その他	合計
稚内建設管理部	4	3	0	0	7
留萌開発建設部	1	0	0	0	1
稚内市	1	1	0	0	2
豊富町	16	11	0	2	29
幌延町	26	0	0	1	27
天塩町	8	0	0	0	8
中川町	5	1	0	0	6
合計	61	16	0	3	80

・令和 3 年度予算（2021 年度）

官公庁と交渉し、行政財産（道路・河川等）について権利確保を実施。あわせて工事の現場管理や地元対応を行った。

また、運転開始後の送電線保守の際に踏査する巡視路の設計と構築作業を実施した。

表 4.3-9：令和 3 年度許認可取得状況まとめ

項　目	対応状況
送電事業ライセンスの取得	・取得済（2016年7月） ・事業開始期限（当初予定2022年7月末）に関し、1か月半の延長手続き実施済み。
農地転用/農振除外	用地の取得に必要となる手続きについて、各市町村に対して事業計画の提出という形で対応済み。
保安林	当面の工事に必要となる保安林内作業許可（3件）及び保安林内立木伐採の許認可（3件）につき対応済み。
国有林の使用	当面の工事に必要となる保安林内作業許可（3件）及び保安林内立木伐採の許認可（3件）につき対応済み。
河川占用許可	2021年度の工事に必要となった許認可（8件）について対応済み。
道路占用許可	2021年度の工事に必要となった許認可（43件）について対応済み。

行政区分	道路占用	河川占用	施工承認	その他	合計
稚内建設管理部	10	7	0	0	17
留萌開発建設部	5	1	0	0	6
旭川建設管理部	1	0	0	0	1
稚内市	0	0	0	0	0
豊富町	18	0	0	0	18
幌延町	5	0	0	0	5
天塩町	4	0	0	0	4
中川町	0	0	0	0	0
合計	43	8	0	0	51

図 4.3-1：巡視路関連資料（左がルート図、右が巡視路の写真）

・令和 4 年度予算（2022 年度）

上期に工事の現場管理、地元対応を行うとともに、工事終了に伴い工事用地の返地及び占用の終了届を提出。また、国有林内における送電線下の用地について、変更契約を締結することで、国有林内の全亘長の権利確保が完了。

また、運転開始後の送電線保守の運用の際に踏査する巡視路の構築作業を実施した。

4.4 まとめ

工事を順調に進めるに際し土地権利確保は遅滞なく実施する必要があり、北海道北部送電網用地共同企業体及び工事元請各社の協力を得て許認可取得及び更新手続きを遂行する一方、当社は国有林貸付手続き及び相続困難地等の送電線ルート迂回検討等に注力することで、工程及び実証スケジュールどおりに土地権利を確保できた。

5 環境調査

5.1 環境調査の目的・目標

本調査は、環境影響を低減した送電線ルートの設定及び工事を実施するため、国有林のあり方調査並びに猛禽類の営巣地調査及び建設工事実施期間のモニタリング調査を行うものである。

5.2 環境調査のプロセス

本調査のプロセスは、下記のとおり。

表 5.2-1：環境調査の実績表（実施年度をハイライト表示）

（年度）

		H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4
ルート選定	文献調査									
	営巣木調査									
	希少猛禽類の定点観察（主にオジロワシ）									
あり方調査（国有林）	哺乳類調査									
	鳥類調査									
	植物調査									
	水質調査									
	報告書作成									
立木伐採	毎木調査									
工事調整	オジロワシの定点観察									
	チュウヒの定点観察									

・平成 25 年度予算（2014 年度下半期）

想定する基本ルートを対象として希少猛禽類の文献調査、現地での営巣木調査を実施。

・平成 27 年度予算（2015 年度下半期）

有識者からの意見も踏まえ、基本ルートの近くで営巣する希少猛禽類を限定するため、さらに希少猛禽類の調査及び見直しをしたルートの営巣木調査を実施。

調査対象箇所で繁殖する希少猛禽類は、ミサゴ、ハチクマ、オジロワシ、チュウヒ、ハイタカ、オオタカの 6 種であり、そのうち基本ルートから 500 m 範囲内で繁殖している可能性があるのはオジロワシのみと確認。基本ルートのうち山間部となる幌延町から西中川変電所までの約 20 km 区間に調査箇所を 4 か所設置し、定点観察により希少猛禽類の生態把握を実施。改めてオジロワシの個体数の多い地域であ

ると確認するとともに、同種を最も配慮すべき保全対象種と判断し、継続して繁殖に関する影響調査を実施すると確認した。

オジロワシの生活サイクルも考慮し、検討を進めていくこととした。

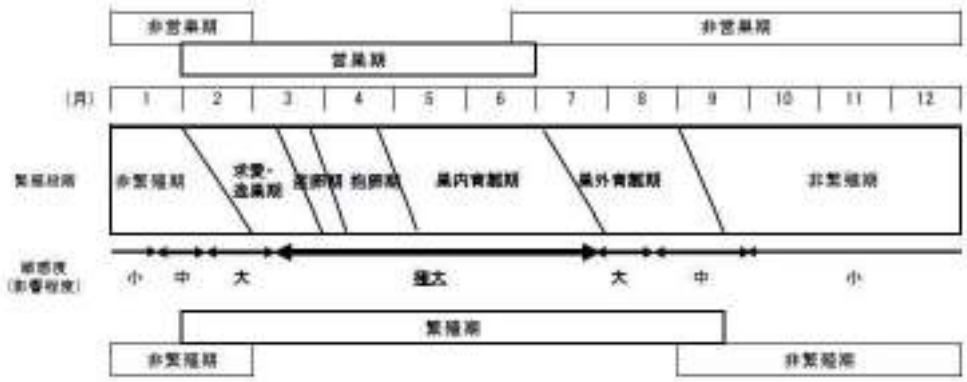


図 5.2-1：A 地区で繁殖を確認したオジロワシの生活サイクル

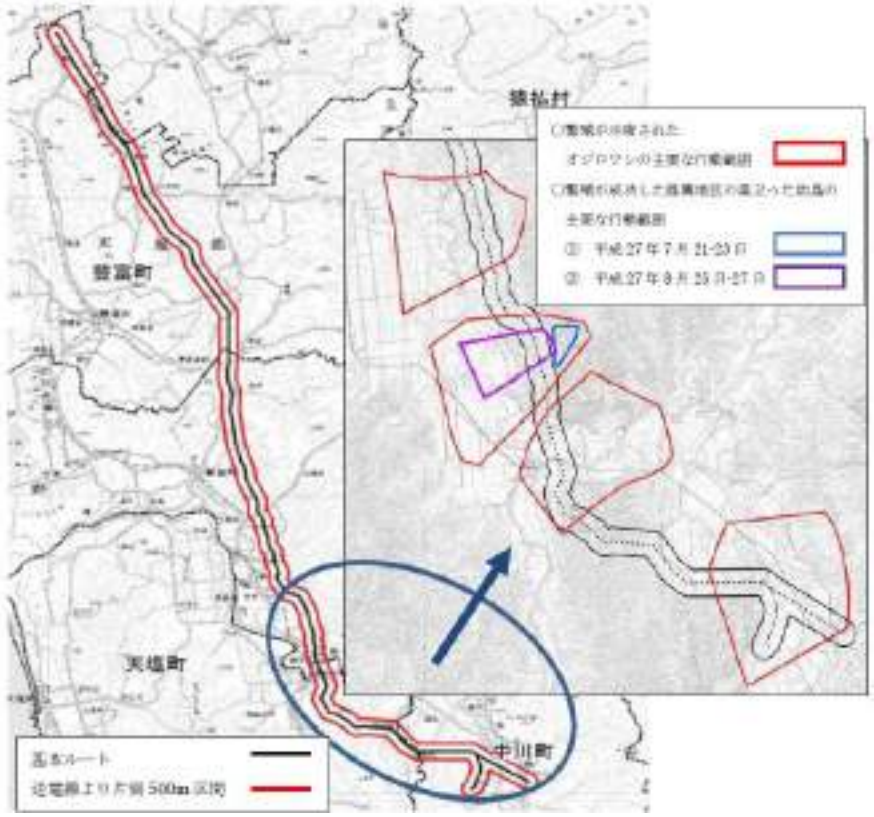


図 5.2-2：調査対象地域で確認されたオジロワシ営巣つがいと幼鳥の主要な行動範囲

並行して、国有林のあり方調査を実施。

文献調査により設定した調査対象地域の冬季の水質及び動物相の状況を確認した。

哺乳類調査では、4 目 5 科 8 種の哺乳類が確認された。うち、重要とされる種として、エゾクロテンを確認した。

鳥類調査では、3 目 7 科 13 種の鳥類が確認された。うち、重要な鳥類としては、ハイタカ（NT：準絶滅危惧）とクマゲラ（天然記念物）の 2 種を確認した。

水質調査については、天塩川下流が「生活環境の保全に関する環境基準」の B 類型に指定されていることから、生活環境項目の現況評価を B 類型に準じて実施。分析の結果、全ての調査項目で B 類型への適合が確認された。

図 5.2-3：国有林あり方調査の対象地域

表 5.2-2：平成 27 年度現地調査内容

項目		実施時期	調査方法
哺乳類調査	自動撮影カメラ調査 フィールドサイン調査	平成28年2月～3月	・哺乳類の移動ルートと考えられる箇所に自動撮影カメラを設置し、センサー撮影により生息する中・大型哺乳類を記録した。 ・踏査により目視で足跡、糞、食痕、体毛等のフィールドサイン（痕跡）を確認し、生息種、確認地点等を記録した。
鳥類調査	ラインセンサス	平成28年2月	・調査ルート上を時速1.0 km～2.0 km程度で歩きながら、片側25 m以内の範囲に出現する鳥の種類、個体数、行動等を定量的に記録した。

水質調査	採水	平成28年2月	外気温、水温、透明度を測定。 その他、水素イオン濃度、溶存酸素量、生物化学的酸素消費量、浮遊物質量、大腸菌群数の分析を行った。

・平成 28 年度予算（2016 年度）

猛禽類調査を継続実施。

昨年度同様に幌延町から中川町までの国有林経過区間（約 20 km）におけるオジロワシの既存営巣地を中心に定点観察を行い、調査地点 4 か所すべてのオジロワシの繁殖成功を確認。

4 か所の猛禽類は近接しているものの、各地点で異なる生活サイクルであったことから、保全対策が必要と判断された場合には、各営巣地の生態を考慮し検討を進める必要があると確認。

また、オジロワシのほかミサゴ等、3 科 9 種の重要な猛禽類を確認した。

並行して国有林のあり方調査を実施し、平成 29 年 2 月には北海道森林管理局との間で「架空送電線路の用に供するための国有林野等の使用に関する協定」を締結し、本格的な国有林野の利活用に関する協議を開始した。

哺乳類調査においては、エゾシマリス、ヒグマ、エゾクロテンの 3 種の生息を確認。

鳥類調査については、13 目 31 科 70 種を確認し、重要種としては、エゾライチョウ、ヒシクイ、オオジシキ、ハイタカ、クマゲラの５種を確認したものの、特段の措置は不要と考えられた。

植物調査については、主に踏査により目視確認を行い、80 科 329 種の植物種を確認。そのうち重要な種として、オオバタチツボスミレ、フタバラン、タマミクリの 3 種を確認した。これらの種の生息地が鉄塔建設地点と重なる場合には、移植等の保全対策を検討することとした。

水質調査については、継続して「生活環境の保全に関する環境基準」の B 類型による調査を実施。分析の結果、夏場（8 月～10 月）の大腸菌群数のみ B 類型に適合していなかったと確認。建設工事による水質への影響が疑われた場合のみ改めて分析することとした。

表 5.2-3：平成 28 年度現地調査内容

項目		実施時期	調査方法
哺乳類調査	自動カメラ調査 フィールドサイン調査	平成 28 年 6 月～11 月	自動撮影カメラを設置し、センサー撮影により生息する中・大型哺乳類を記録した。

	捕獲調査		踏査により目視で足跡、糞などのフィールドサインを確認し、生息種と確認地点を記録した。主にネズミ等を対象とし、生け捕り罠を用いて捕獲し、個体の状況を記録した
鳥類調査	ラインセンサス	平成 28 年 6 月～10 月	・調査ルート上を時速1.0 km～2.0 km程度で歩きながら、片側25 m以内の範囲に出現する鳥の種類、個体数、行動等を定量的に記録した。
植物調査	植物相調査、植物群落組成調	平成 28 年 6 月～9 月	調査ルート内を踏査し、目視確認したすべての高等植物を記録した。 環境・立地条件が均質な群落内に方形区を設定し、区内に出現する植物種の被度、群度を記録した。
水質調査	採水	平成 28 年 6 月～10 月	外気温、水温、透明度を測定。その他、水素イオン濃度、溶存酸素量、生物化学的酸素消費量、浮遊物質量、大腸菌群数の分析を行った。

・平成 29 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

過年度の調査結果を踏まえ、ヘリコプターではなくモノレールによる運搬計画へ見直すなど、環境影響を低減する検討を実施して事業用地の面積を算出し、「開発行為に伴う森林施業等のあり方調査報告書」を作成。

北海道森林管理局及び 3 森林管理署（宗谷、留萌北部、上川北部森林管理署）に報告及び指摘事項を修正し、平成 30 年 2 月 19 日に北海道森林管理局に正式に提出した。

・平成 30 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

昨年度提出したあり方調査報告書をもとに、関係各所と協議。指定範囲の見直しを行い、使用箇所を確定した。

また、伐採による材積量の算出のため、毎木調査を実施した。

毎木調査においては、伐採範囲が分かるように、確認杭を入れ、伐採樹木の樹種、本数、樹高、胸高直径等の情報を確認の上、材積量を算出した。各森林管理署に確認し、審査基準に適しているとの回答を得られた。

・平成 31 年度予算（2019 年度）

山間部での工事開始に伴い、過年度の環境調査で生育・繁殖が確認された箇所のオジロワシを対象としたモニタリング調査を実施した。

調査の結果、過年度の調査により確認した営巣地 4 か所のうち、B 地区 1 か所の営巣を確認するとともに、繁殖成功率は、工事前と大差ないことを確認した。調査中に工事への忌避行動は見られず、飛翔ルートにも大きな変化が見られなかったことから、今年度の工事実施により営巣するオジロワシに直接的な影響はないとの見解に至った。

・令和 2 年度予算（2020 年度）

継続してオジロワシ及び地元団体から要望のあったチュウヒのモニタリング調査を実施。

オジロワシは 4 か所すべてで営巣を確認できなかったものの、チュウヒについては、調査地点 6 か所中 2 か所で巣内育雛期への移行を確認。いずれも工事により営巣について直接的に阻害された箇所はないとの見解に至った。

・令和 3 年度予算（2021 年度）

継続してオジロワシ及び地元団体から要望のあったチュウヒのモニタリング調査を実施。

オジロワシは、4 か所中 1 か所で繁殖の成功を確認。

チュウヒについては、5 か所中 1 か所、及び補足調査を行った 1 か所での繁殖を確認。いずれも工事により営巣に直接的な影響を及ぼしたとは考えられないとの見解に至った。

・令和 4 年度予算（2022 年度）

継続してオジロワシ及び地元団体から要望のあったチュウヒのモニタリング調査を実施。

オジロワシは 4 か所すべてで営巣を確認できなかったものの、チュウヒについては、補足調査を行った 4 か所含む合計 6 カ所中 2 カ所での繁殖を確認。いずれの工事も営巣に直接的な影響を及ぼしたとは考えられないとの見解に至った。

5.3 環境調査の成果

国有林のあり方調査並びに猛禽類の営巣地調査及び送電線建設工事実施期間のモニタリング調査により、ルート選定、工事計画段階、工事実施期間及び工事完了後のいずれの段階においても環境への影響を配慮し、影響の低減策を講じながら工事を完了した。

6 サイバーセキュリティ対策

6.1 サイバーセキュリティ対策の目的・目標

当社が送電事業者として備えるべきサイバーセキュリティ対策について、NIST フレームワーク（※）を活用し、令和 5 年度までに整備する計画である。

6.2 サイバーセキュリティ対策のプロセス

令和 2 年度はサイバーセキュリティの専門家であるマカフィー社（現、Trellix 社）と協同で NIST フレームワーク コア機能（図 6-1）の内容を基に自己評価を実施、要改善箇所を抽出し、3 年間に渡る改善計画としてまとめた。

令和 4 年度は、その改善計画（ロードマップ、図 6-2）の 2 年目を実施した。サイバーセキュリティ対策専門家視点による的確な進捗状況に対する評価や、実施内容に関連するサイバーセキュリティ脅威状況の確認等を行った。

6.3 サイバーセキュリティ対策の成果

（定量評価）

・定量評価 108 件中、86 件のサイバーセキュリティ対策に着手した（年度末目標 79.6%、現在 79.6%）。
・108 件中、86 件のサイバーセキュリティ対策が完了した（年度末目標 79.6%、現在 79.6%）。
・セキュリティポリシーについて 347 項目を記載し、347 項目の確認が完了した（年度末目標 100%、現在 100%）。

（定性評価）

・2022 年度で中核となる識別・防御・検知が完了し、今後継続実施予定の「対応」「復旧」における、インシデント対応に関連する対策に必要となるインプットが得られた。
・サイバーセキュリティ文書体系について、大きく 3 分類され、物理設備や安全性に関するセーフティ、個人情報保護規程関連を含むプライバシーそして今回対象のサイバーセキュリティである。
・サイバーセキュリティ文書体系については、条文の整理を含めた確認を実施し、修正箇所が特定された。

6.4 まとめ

令和 2 年度に策定したサイバーセキュリティ対策のロードマップに従い、サイバーセキュリティ対策専門家による協力も得つつ、各種サイバーセキュリティ対策に着手し、適切に推進することができた。

※）NIST フレームワーク

2013 年に米国国立標準技術研究所（NIST）が発行したサイバーセキュリティに関するガイダンスであり、組織におけるサイバーセキュリティに関するリスクの管理と低減及び社内外の利害関係者とのリスクコミュニケーションを推進することを目的としている。

日本国内においては IPA（独立行政法人 情報処理推進機構）により翻訳版が公開されており、インフラ業界を含む多くの企業で利用されている。

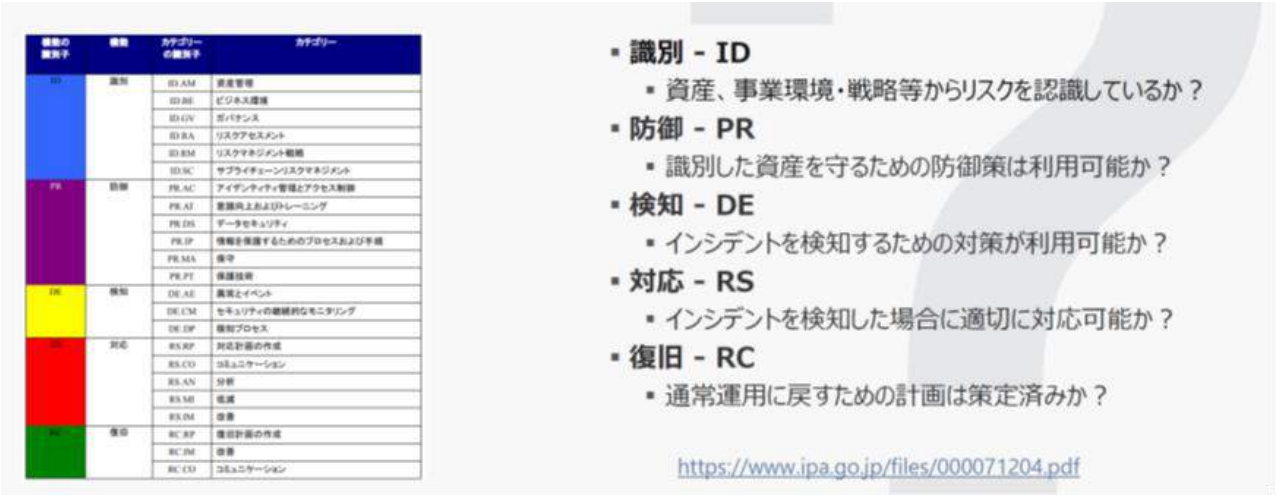


図 6-1：NIST フレームワーク コア機能

図 6-2：ロードマップ

7 オーナーズエンジニアリング

7.1 オーナーズエンジニアリングの目的・目標

送電網整備実証事業における見積もり、選定ルート、地質調査、構造物の検討結果の内容を精査し評価すると共に、調達資機材の適否や現地踏査、用地情報の整理、社会的制約の有無及び環境影響・施工の観点から当社に対する技術的な助言、必要となる資料作成を実施し、成果への評価支援を行った。

また、事業の実施に際しては、設計図書、調達資材の精査及び施工現場の視察、技術協議に参加し立地点の敷地条件、地盤条件等を勘案した設計や施工に対する助言、資料の提供を行い、適切に事業が推進するよう助勢することを目的・目標とした。

7.2 オーナーズエンジニアリングのプロセス

平成 26 年度の FS 調査に関する資料の精査、成果品の内容確認・評価を、平成 27 年度から平成 29 年度は事業実施に向けた見積もりの精査、調査・基本設計及び施工計画の内容の評価・検証を行うと共に技術実証に関する検討・課題抽出、請負業者との協議に参加し、技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。

平成 30 年度からは工事着手に伴い施工現場の確認、ルート変更区間の地点踏査を行うと共に調査の成果品、設計書の確認・検討・評価及び品質管理における審査代行を行うと共に通信設備、系統解析、技術検証に関する検討・評価・課題の抽出、蓄電池システムの安全性検討の内容確認を行い、妥当性の検証、技術的な助言を行った。

令和 3 年度からは送電線網設備の使用前自主検査を含む各種品質管理に関する業務を中心に施工現場の確認、報告書類の確認、審査代行、施工状況に合わせたバックチェック結果の審査、設計図面と現場との整合性確認を行うと共に、事業完了に向け各設計書、図面等の最終確認、取りまとめを実施した。

7.3 オーナーズエンジニアリングの成果

・平成 26 年度予算及び平成 27 年度予算（2015 年度）

上期は設計見積の精査、概略設計内容の確認・評価及び請負業者との協議へ参加すると共に、系統連系に関する情報収集、課題の整理、システム開発における設計内容の確認・評価を行い技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。

下期は上期同様の業務に加え、ダイナミックレーティングに関するシステム開発への技術的な助言、検討課題の抽出を行った。

・平成 28 年度予算（2016 年度）

請負業者（設計、建設工事）への見積仕様書の作成支援、見積もりの精査及び地質調査、測量における成果物、基本設計内容の確認・検討・評価を行うと共に請負業者との

協議に参加し、技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。
　また、系統連系システム開発への評価、系統アクセスマニュアルの検討、ダイナミックレーティングに関するシステム開発への技術的な助言、検討・課題の抽出を行った。

・平成 29 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）
　現地常駐体制による現地確認、各種構造物の設計条件協議への参加及び地質調査、測量における成果物、設計書、施工計画の内容を確認し、審査・検討・評価を行い技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。
　また、風力制御所システム、ダイナミックレーティングの技術実証に関する協議に参加し、技術的な助言、検討課題の抽出を行った。

・平成 30 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）
　鉄塔建設位置の現地確認、ルート変更区間の踏査及び請負業者による地質調査、測量における成果物、設計内容の確認・検討・評価を行うと共に施工現場確認、請負業者との協議に参加し、技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。
　また、変電所敷地造成設計、機器基礎設計、電気設計に関する設計内容の確認・評価を行い技術的な助言、必要となる資料作成及び蓄電池システムの安全性検討に関する内容確認、妥当性検証を行い技術的な助言を実施した。

・平成 31 年度予算（2019 年度）
　地質調査における成果物、設計内容の確認・検証・評価を行うと共に施工現場確認、施工における品質管理を含む各協議への参加、審査代行を行い技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。
　また、各制御所システムとのインターフェイス、通信設備の設計内容、系統解析に関する内容の確認、検証、妥当性の評価及び技術実証、蓄電池システムに関する各種協議に参加し、技術的な助言を実施した。

・令和 2 年度予算（2020 年度）
　地質調査における成果物、基礎の再設計を含む設計内容の確認・検証・評価を行うと共に施工現場確認、施工における品質管理を含む各協議への参加、審査代行を行い技術的な助言、必要となる資料作成を実施した。
　また、各制御所システムとのインターフェイス、通信回線仕様の要件定義、系統解析に関する内容の確認、検証、妥当性の評価及び技術実証、蓄電池システムに関する内容確認、検証を行うと共に各種協議へ参加し、技術的な助言を実施した。

・令和 3 年度予算（2021 年度）

送電線網設備の使用前自主検査を含む各種品質管理に関する協議への参加及び施工現場確認、各種報告書類の審査代行を行うと共に、電気所設備設計の確認・評価、品質管理に関する協議への参加及び工事打合せ簿の内容確認を行い、技術的な助言を実施した。

また、蓄電池システムの安全性検討に関する内容確認・検証を行い、技術的な助言を実施した。

・令和 4 年度予算（2022 年度）

前年度業務に加え、現場の最終仕上がり状況を加味したバックチェック結果の審査、設計図面と現場との整合性確認並びに系統解析、リレー整定表の内容確認等を実施した。

また、事業完了に向け各設計書、図面等の最終確認、整理、取りまとめを実施した。

7.4 まとめ

年度ごとの各技術的課題に対し内容確認、検証、審査代行並びにアドバイス等の必要な技術的助勢を行い、事業が適切に推進された。

また、設備の運用、保全等に供するよう設計書、図面等の最終版の整理、取りまとめを行うとともに維持管理に関するポイント等の提示、アドバイスを実施した。

8 事業性評価及びリスク評価

8.1 事業性評価

8.1.1 事業性評価（工事単価比較）

北部送電が建設した 187 kV 送電線及び同変圧器について、公開情報を用いて比較分析を実施した。

電力広域的運営推進機関（以下、広域機関）が公表している「送変電設備の標準的な単価の公表について」を用いて比較分析した結果、送電線及び変圧器ともに比較単価の範囲内となった。北海道において基幹系送変電設備の施工実績を有しない企業を含む送変電設備の競争入札を実施したことが奏功した。

項目ごとに分析すると、送電線については比較単価幅の高値側、変圧器については比較単価幅の安値側に位置した。送電線が比較単価幅の高値側に位置する理由は、北部送電の送電線諸元によるものと考えられる。

表 8.1-1：送電設備の標準的な単価

（広域機関「送変電設備の標準的な単価の公表について」より）

コスト	電圧(kV)	電線太さ	導体	回線数	ルート	風況	資材運搬	塩雪害
高	187	1160,810	複	2	山地	強風	ヘリ等	対策有
中	154	610,330	-	-	-	-	-	-
安	132,110	240,160	単	1	平地	弱風	車両	対策無

表 8.1-2：北部送電の送電線諸元

	電圧(kV)	電線太さ	導体	回線数	ルート	風況	資材運搬	塩雪害
諸元	187	610	単	2	山地	強風	ヘリ等	対策有

次に、北部送電が建設した蓄電池システムにつき、公開情報を用いて比較分析を実施した。比較分析の結果、北部送電が建設した蓄電池システムコストは、公開情報における比較単価と比べ大きく低減されていることが判明した。これは大規模な蓄電池導入によるスケールメリットが主要因と類推される。

なお、蓄電池システムの比較単価として、経済産業省第 4 回定置用蓄電システム普及拡大検討会資料 4「定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とりまとめ」より、電池部分・PCS・工事費含む業務・産業用蓄電システム価格の平均値を採用した。

8.1.2 事業性評価（託送料金単価比較）

北部送電設備に接続する WF は、その風車定格出力（kW）に応じて年間定額の接続

サービス等料金、いわゆる託送料金を北部送電に支払う。

WF の設備利用率が 40%の場合及び 30%の場合を仮定すると、kWh 当たりの接続サービス等料金は設備利用率 40%の場合 3.2 円、設備利用率 30%の場合 4.3 円となる。北電 NW 管内の託送料金平均単価（8.75 円/kWh※）と比較すると、いずれの WF 設備利用率においても、北部送電の接続サービス等料金は北電 NW 管内の託送料金単価と比して安価である。

そのため、北部送電は、WF を運営する発電事業者に対し十分な価格競争力を有した振替供給サービスを提供可能であると考える。

※出典
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/fee/stracture/pricing/pricelist.html（2023 年 2 月 1 日閲覧）

8.1.3 事業性評価（北部送電事業性）

様々な前提条件における 20 年間の北部送電事業性を評価した。総事業費 1,050 億円のうち補助金及び還付消費税を除いた 550 億円を投資し、年間投資回収額を 40 億円とした場合、Project IRR は約 4%となる。

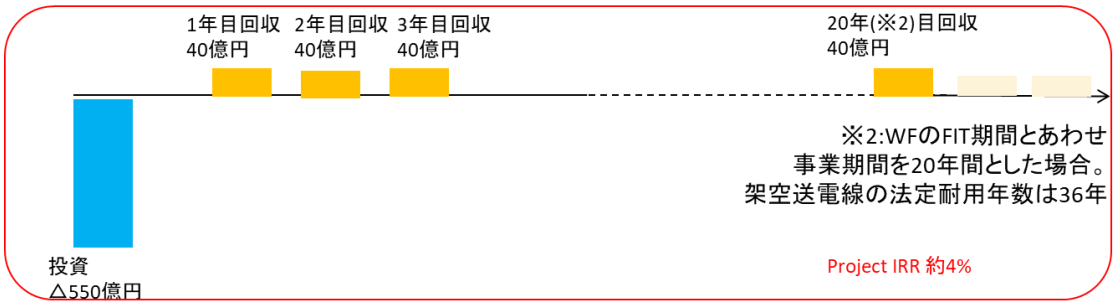


図 8.1-1：事業性評価（補助金有・現状想定）

次に、補助金を受領せず、総事業費から還付消費税のみを差し引いた額を北部送電が投資する条件にて、Project IRR 4%を維持するために必要な接続サービス等料金を算出した。その結果、WF の設備利用率を 40%とした場合、接続サービス等料金は 5.1 円/kWh、WF の設備利用率を 30%とした場合、接続サービス等料金は 6.8 円/kWh という結果となった。

いずれの WF 設備利用率の場合においても、北電 NW 管内の託送料金平均単価（8.75 円/kWh）と比較し、北部送電の接続サービス等料金は価格競争力を維持している。

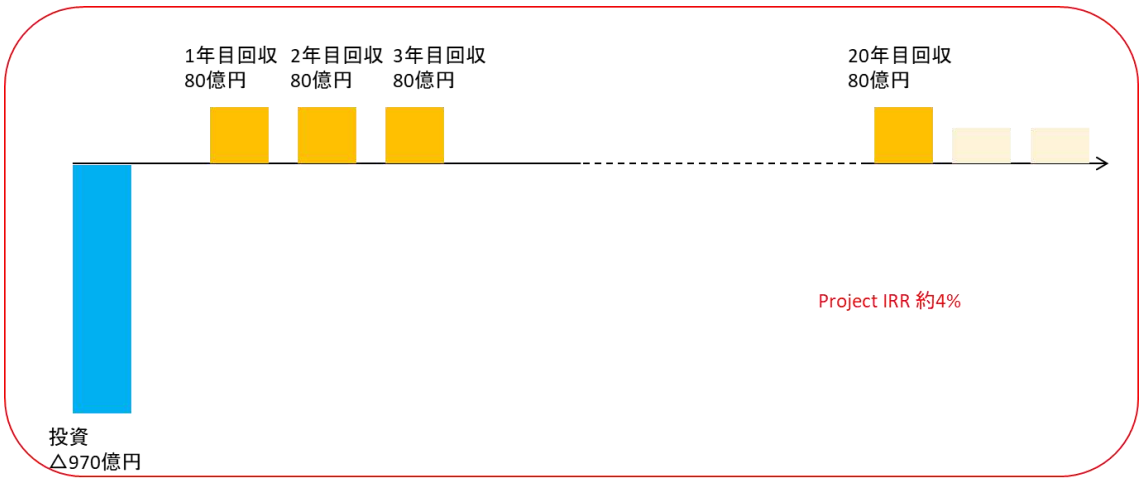


図 8.1-2：事業性評価（補助金無・接続サービス等料金値上げ）

さらに、補助金を受領せず、総事業費から還付消費税のみを差し引いた額を北部送電が投資する条件にて、接続サービス等料金を据え置いた際の Project IRR を算出した。算出の結果、Project IRR は約-2%となり、北部送電は 20 年間では投資回収できないことが判明した。

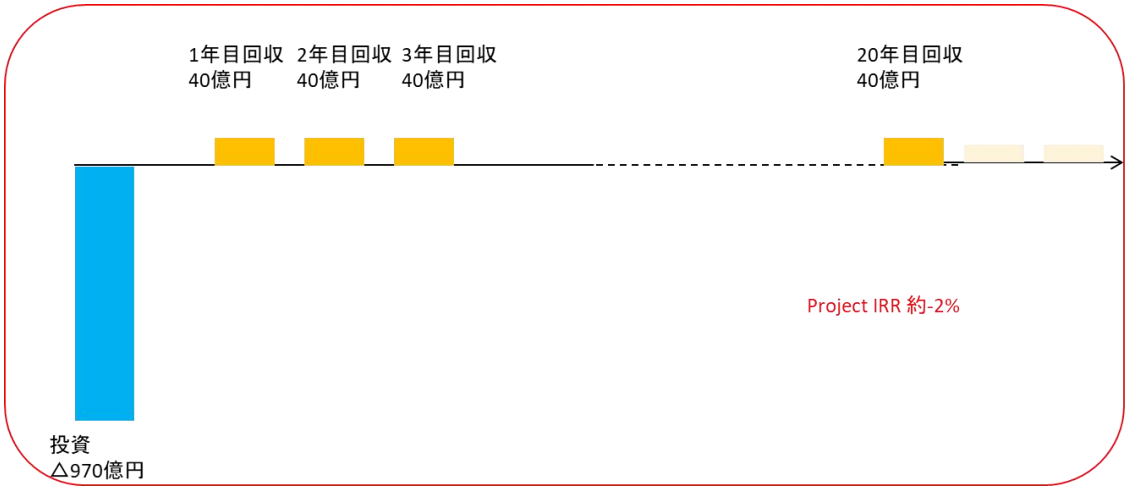


図 8.1-3：事業性評価（補助金無・接続サービス等料金据置）

最後に、総事業費から還付消費税及び蓄電システム金額を差し引いた 620 億円を北部送電が投資した際の Project IRR を算出した。Project IRR は約 2.5%という結果となった。

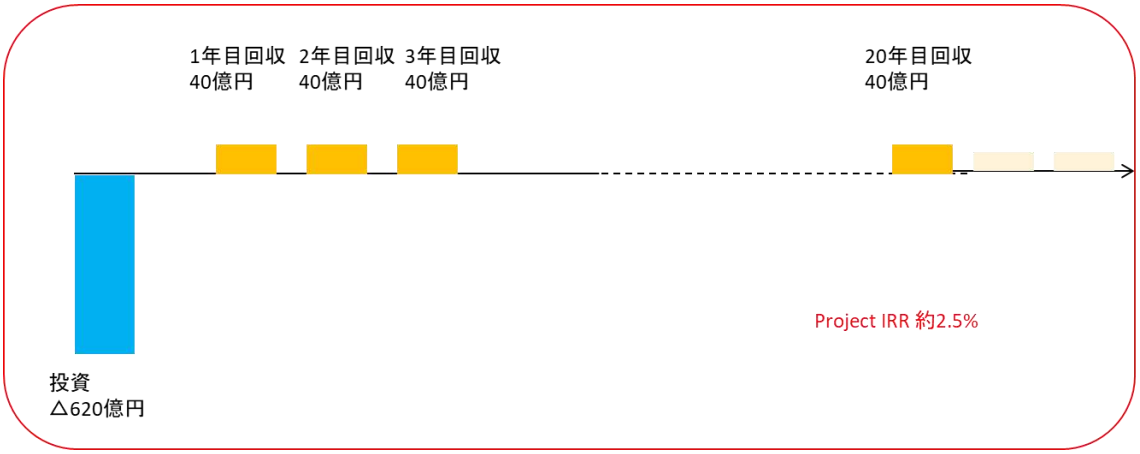


図 8.1-4：事業性評価（補助金及び蓄電池無・接続サービス等料金据置）

8.2 リスク評価

8.2.1 リスク評価（蓄電池運転リスク）

北部送電が建設した蓄電池システムは世界最大級のものであることから、蓄電池の運転に関して建設工事元請である千代田化工建設及び協力会社とリスク評価（HAZID/e-HAZOP スタディ）を実施した。

信頼性、運転・操作・制御、火災等のキーワードにより約 60 項目のリスク要素を抽出・分析した結果、下記 6 項目に対して対策を実施し、より安全で安定した運用を可能とした。

表 8.2-1：リスクと対策

No	リスク	対策
1	システムを構成する蓄電池、PCS、制御装置等の互換性に問題があり、制御システムが正常に作動しない	PCS と蓄電池を用い組合せ試験の実施
2	システム運用中、制御ロジックの欠陥が発覚し、運転停止してしまう	様々なケースを想定しての制御ロジック試験の実施
3	過充電などが原因で蓄電池から煙が出る、あるいは小火が発生	蓄電池盤を模擬したミニモデルを用意し、消火試験の実施
4	動力室内で何らかの原因による小規模火災	動力盤室に CO2 消火設備追加
5	ケーブル損傷、短絡 双方のケーブル故障により通信不良で蓄電設備の停止	システム冗長化の実施

6	凍結により蓄電池棟の鍵が固着し、蓄電池棟内へアクセス不可、又は中に人が閉じ込められる可能性	鍵穴へのシリンダーカバーの追加や凍結防止・解氷スプレーの配備

8.2.2 リスク評価（WF 未実現リスク）

北部送電が着工した 2018 年度における想定 WF 定格出力合計は約 600 MW であったが、事業終了年度である 2022 年度には WF 定格出力合計は約 540 MW となり、WF 定格出力合計は 1 割程度減少した。

WF 定格出力合計が 1 割減少したことに伴い、WF 定格出力（kW）に応じた接続サービス等料金単価を約 1 割上昇させる必要が生じた。しかし、WF 定格出力合計の減少により、北部送電と北電 NW 間の最大受電電力 300 MW 制限に起因する WF 出力抑制率も低減されたため、発電事業者及び北部送電が大幅な事業計画見直しを迫られる事態にはならなかった。

この現象は、WF 出力抑制率減少に起因する便益増が、接続サービス等料金単価値上げに起因する費用増を上回る限りにおいて同様である。そのため、WF 定格出力合計の減少は、発電事業者及び北部送電にとって大きなリスクとはなりえないと考えられる。

VI　実証事業成果（II）技術実証事業

1 最適制御システム開発

1.1 最適制御システム開発の目的・目標

出力変動緩和要件を遵守しつつ北電 NW 系統に送電することを目的とし、令和 4 年度の送電開始に向け、最適制御システムの設計及び建設工事を実施する。なお、蓄電池システムの建設工事についてはV-3 蓄電池システム建設工事にて記述する。

1.2 最適制御システム開発のプロセス

・平成 25 年度予算（2013 年度下半期及び 2014 年度上半期）

○風力発電の最適制御技術システムの検討

- 既設送電線の送電容量を超過する場合や北電 NW 系統の調整力を超過する場合に、連系している風力発電所の出力を抑制するが、連系している風力発電所間で発電の機会損失を最小化させるために、出力抑制量の配分ロジックの構築と、そのロジックを実現するためのシステムの検討を行う必要がある。
- 限られた送電線容量を最大限活用するため、一定の送電線容量の制約の下、リアルタイムでサイトごとの出力抑制量を最小化する抑制量の最適配分ロジック及び風力発電の最適制御技術について、以下の基礎的な検討を行った。

（1）風力送電網の増強に関する研究

本研究では、机上にて風力制御所システムのシステム構成や必要となる機能について調査・検討を実施することを目的とし、以下の検討を行った。

①風力制御所システム基本事項の検討

i.システム構成の検討

風力制御所システムのハード構成について、信頼性・セキュリティを考慮した検討を実施した。

ii.入出力情報の検討

風力制御所システムと連携するシステム(北電NW中給システム等)との入出力データ検討を実施した。

iii.通信回線(通信プロトコル)の検討

風力制御所システムと連携するシステム(北電 NW 中給システム等)との通信回線(通信プロトコル)の検討を実施した。

iv.ヒューマンインタフェースの検討

ヒューマンインタフェースの考え方及び風力制御所システムのヒューマンインタフェース例の検討を実施した。

②監視制御機能検討

風力制御所システムに必要となる監視制御機能について検討を実施した。

③風力発電量予測計算の検討

各種文献調査を実施し、風力発電量予測計算の概念検討を実施した。

④風力発電量配分機能の検討

各発電事業者への出力配分を目的とし、発電量配分方法の基本機能の検討を実施した。

⑤蓄電池導入の検討

連系上限値を遵守するため、手法の一つとして蓄電池技術の活用が有効であると考え、蓄電池導入の検討を実施した。

・平成 25 年度予算（2014 年度下半期）

○風力発電の最適制御技術に関するシステム検討

(1) 風力送電網の増強に関する研究

本研究では、風力制御所システムに必要となる設備と各種機能について検討することを目的として、以下の調査・検討を行った。

①ソフトウェア詳細検討

風力制御所システムのシステム構成及びソフトウェア構成について詳細検討を行った。

風力制御所システムでは北部送電系統内の風力発電機を運用する時には、系統連系の技術要件（連系要件）を遵守する必要がある。連系要件を逸脱したまま運用すれば、最悪の場合、系統崩壊が起こる危険性があるため、システムの冗長性を有するホットスタンバイ方式か電力会社向け監視制御方式が望ましいとの評価を行った。

②連系上限値配分検討

発電量の最大化と発電事業者間の公平性を両立する連系上限値配分方法について検討を行った。

③風力発電量予測計算検討

発電計画策定や発電量の最大化を目的とした風力発電量予測計算について検討を行

った。風力発電量予測に必要な要件を整理し、それぞれの要件を満たす予測計算方法について検討を行った。

④蓄電池導入評価

各種運用目的における最適な蓄電池種類・導入量の検討及びそれぞれの収益性について評価を行った。検討した運用目的は以下のとおりである。

i. ピークシフト運用
ii. 短周期変動対策
iii. 5 分窓変動幅対策

⑤北電 NW との系統連系要件整理

北電 NW 系統と北部送電系統の系統連系要件について整理を行った。

⑥調相機器導入の要件整理

（仮称）豊富変電所の 66 kV 母線電圧を維持するための調相機器の要件について整理を行った。

⑦事故時システム対応検討

北電 NW 系統における送電線事故発生時のシステム対応について検討を行った。

・平成 26 年度予算（2015 年度上半期）

○風力送電網の増強に関するシステム設計

本業務では、北電 NW 既設系統への連系上限値に対する風力発電の最適制御を目指し、必要となる設備と各種機能について検討することを目的として、以下を実施した。

（1）配分計算シミュレーション

連系する風力発電事業者の発電可能な出力合計値が連系上限値を上回る状況においては、連系上限値を超過しないよう各発電事業者に対して出力の配分値を指令する。本業務では配分計算のシミュレーションを行い、各発電事業者間での公平性の担保と総発電量の最大化の観点から、最適な配分手法の検討を行った。検討項目については以下のとおり。

①配分周期検討
②予測の必要性検討
③配分補正方法検討

④補正期間検討

（2）転送遮断システム基本検討

北電 NW による接続検討の結果、連系上限値を 300 MW とする場合には、名寄幹線 1 回線停止から数百 msec 以内に、連系点潮流値を 270 MW とするように風力発電の発電出力を抑制することを要求されている。事故発生から瞬時に抑制が必要となるため、転送遮断システムにて対応する。転送遮断システムについて、基本検討を実施した。

（3）系統解析評価における解析環境構築

北電 NW より提供していただいた系統データを系統解析ソフトのフォーマットに変換し、系統解析環境の構築を行った。

・平成 27 年度予算（2015 年度下半期）

○最適制御システム

北電 NW 系統への連系点で求められる連系要件（連系上限値要件※1、5 分窓変動幅要件※2、送電線故障発生時要件※3）を遵守することで電力品質水準を維持しつつ、北電 NW 系統への連系容量を最大限活用するため、本技術実証事業では、最適制御システムとして下記 2 つのシステムを構築し実証することを目的としている。

- 風力制御所システム

本送電網に連系する全発電事業からの発電電力による潮流が連系上限値を越えないよう、各発電事業者システムへ出力配分値を指令する。

- 転送遮断システム

北電 NW 系統 1 回線停止時に、事故検出から連系風力発電所の遮断までを瞬時に実施し、北電 NW 連系点での潮流値を抑制する。

※1） 北電 NW システムが指令した系統連系点での連系上限値を超えない様、制御すること。

※2） 「連系点潮流値が 270 MW～300 MW の場合、5 分間の変動幅（5 分窓変動幅）を 98 MW 以内とする」こと。

※3） 北電 NW の名寄幹線 1 回線停止時には、数百 msec 以内に 270 MW まで出力抑制すること。

今期においては、前述の 2 つのシステムを構築するため、以下の業務を実施した。

1. 最適制御システム要件定義

最適制御システムを構成する各システムについて、システムメーカーへ仕様書としても提示できる詳細仕様の要件を定義すべく、下記の検討を行った。

（1）風力制御所システムに関する要件定義検討
（2）転送遮断システムに関する設計内容の詳細化

2. 発電量予測手法の検討

風力制御所システムにおいて、発電事業者への出力配分計算時に現在時点から配分周期（5 分～10 分程度）までの短期間予測を用いるため、その予測手法（予測モデル）について、以下のとおり検討した。

（1）予測モデルの選定及び評価
（2）予測アルゴリズム検討

3. 電圧変動対策の検証

系統状況が過酷な状態においても、北電 NW 系統への連系点において電圧変動面から系統を安定的に維持することができるシステム構成を検証するため、以下の検討を実施した。

（1）系統解析環境の検証
（2）系統解析の要件整理
（3）系統解析結果の評価

・平成 28 年度予算（2016 年度）

○風力発電のための送電網増強に関する最適制御システム設計業務

平成 27 年度に引き続き、最適制御システムを構成する各システム（風力制御所システム、転送遮断システム）について、下記の検討を行った。

① 風力制御所システムに関する要件定義

今期の業務では、風力制御所システムに関して要件定義すべきシステム機能について検討した。その後、機能ごとに定義すべき要件項目について検討し、要件定義書案としてまとめた。

②転送遮断システムに関する要件定義

今期の業務では、転送遮断システムに関して、要件定義すべきシステム機能を検討した。その後、機能ごとに定義すべき要件項目について検討し、要件定義書案としてまとめた。

③電圧変動対策の検証

今期の業務では、平成 27 年度に引き続き電圧変動対策の検証を実施した。

・平成 29 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

○最適制御システム設計業務

①風力制御所システムに関する要件定義

平成 28 年度に引き続き、風力制御所システムのうち、配分計算機能、訓練機能、予測機能について検討した。

②転送遮断システムに関する要件定義

平成 29 年度の北電 NW との協議結果を踏まえて、転送遮断システムの要件の検討・修正を実施した。

③電圧変動対策の検証

今期の業務では、平成 28 年度に引き続き電圧変動対策の検証を実施した。

④パークコントローラと風力制御所システムとの動作検証

各機器の伝送インタフェースを検討し、連携実証環境のシステム構成を構築し、データ連携機能の動作検証を実施した。

・平成 30 年度予算（2017 年度及び 2018 年度）

○最適制御システム設計業務

（1）風力制御所及び転送遮断システム建設工事業者の選定

今年度、風力制御所システム及び転送遮断システムについて見積依頼を実施した。

（2）風力制御所システム

①機能仕様書案作成

②ハードウェア仕様書の検討実施

③システム画面仕様書案の作成

（3）転送遮断システム

①システム仕様書作成

・平成 31 年度予算（2019 年度）

○最適制御システム設計業務

（1）風力制御所システム

機能仕様書、入出力仕様書、画面仕様書、ハードウェア仕様書について本年度業務分として以下を達成した。

①機能仕様書

他システムとのインターフェース等一部未確定事項を除き、機能仕様書は一部機能を除いておおむね完成した。

配分計算に必要な入出力情報、配分計算処理フロー（図 1.2-1）、配分処理タイミング等機能実装に必要な詳細仕様を決定した。また、訓練機能の機能仕様（図 1.2-2）も具体化した。

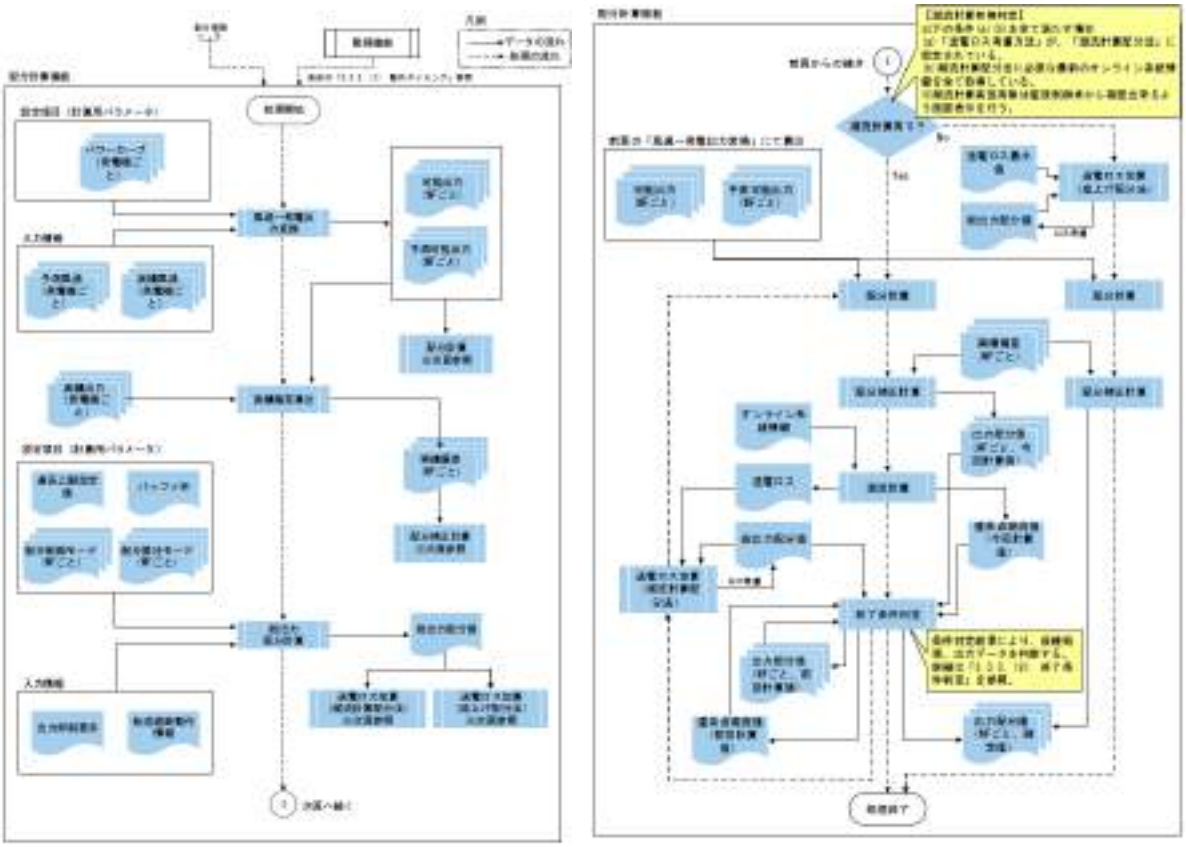


図 1.2-1：出力配分計算フロー

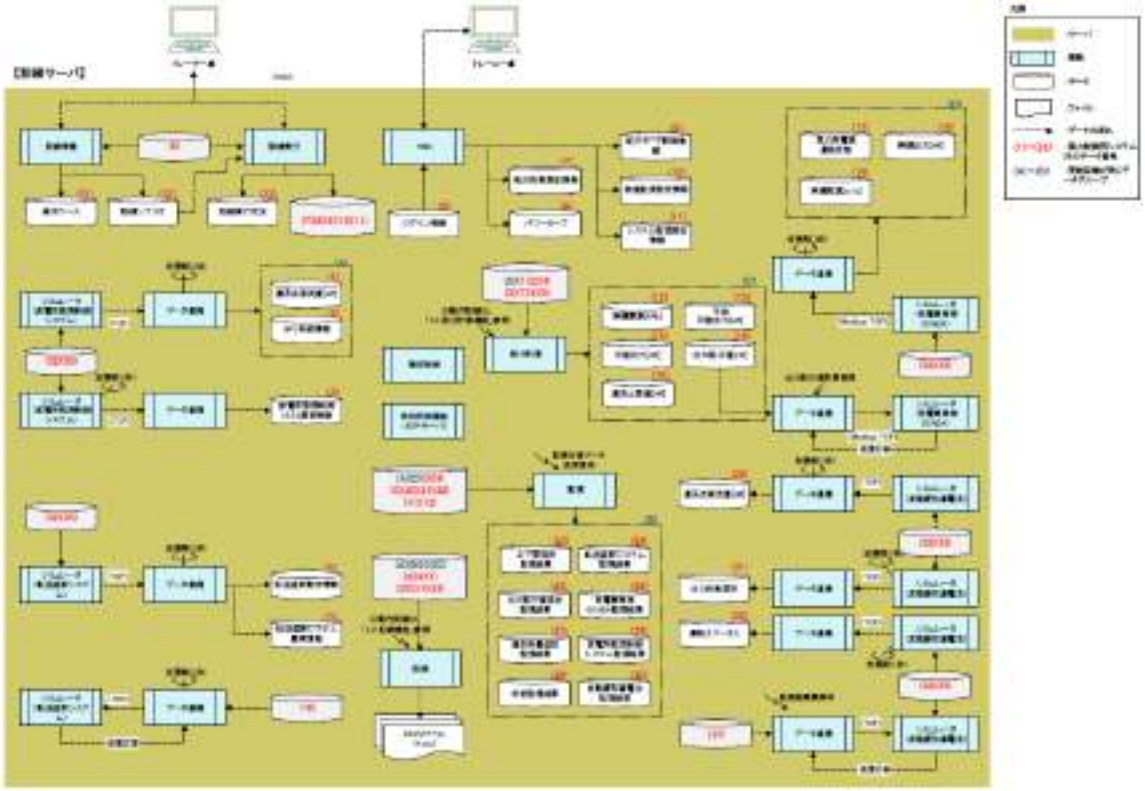


図 1.2-2：風力制御所システム　訓練装置　機能構成図

②入出力仕様書

発電事業者との情報伝送項目を整理、明確化した。

図 1.2-3：信号項目表の一部

③画面仕様書

画面構成（図 1.2-4）、画面デザイン等を決定し、画面仕様書を策定した。

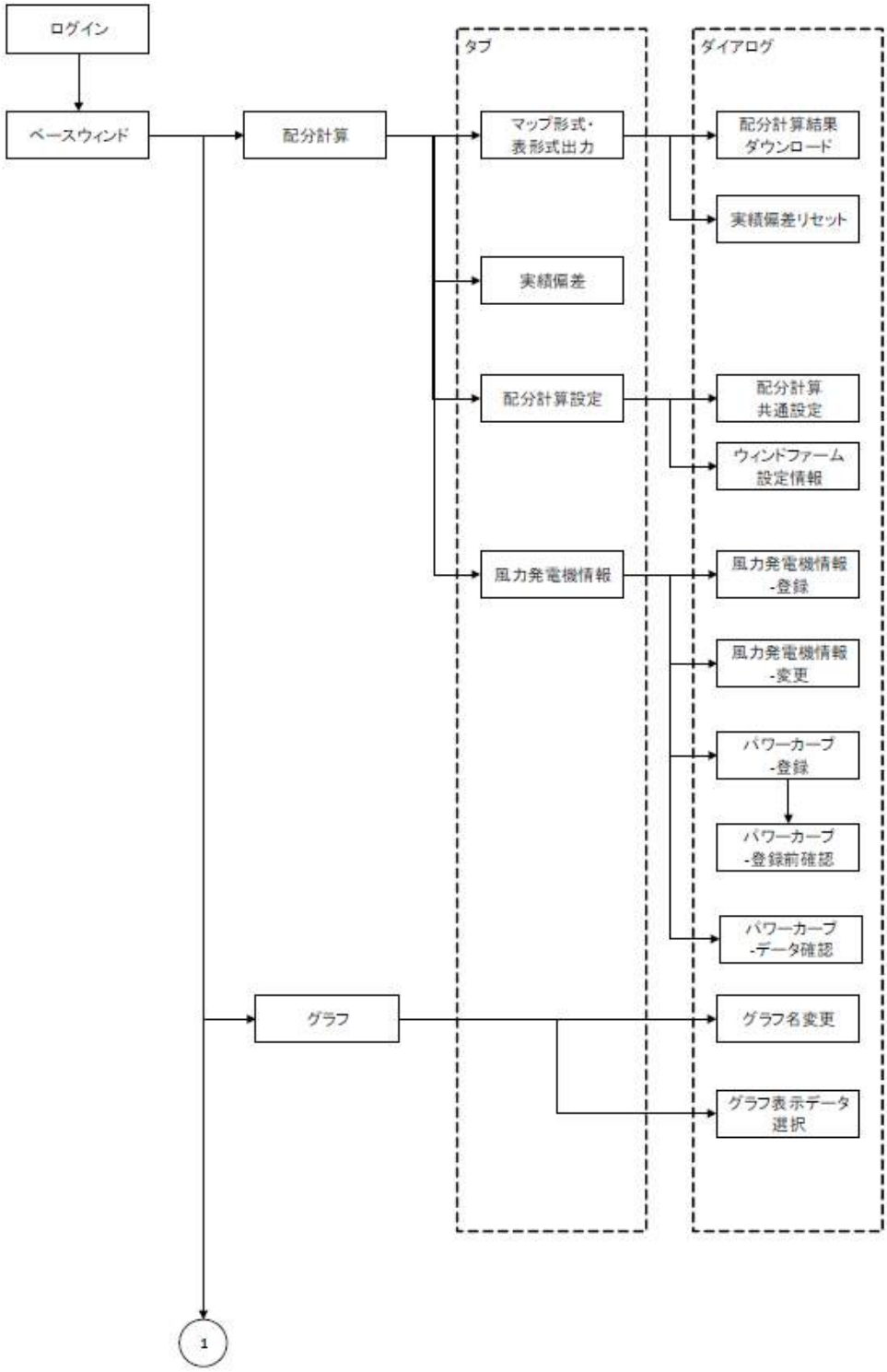


図 1.2-4：画面構成（一部抜粋）

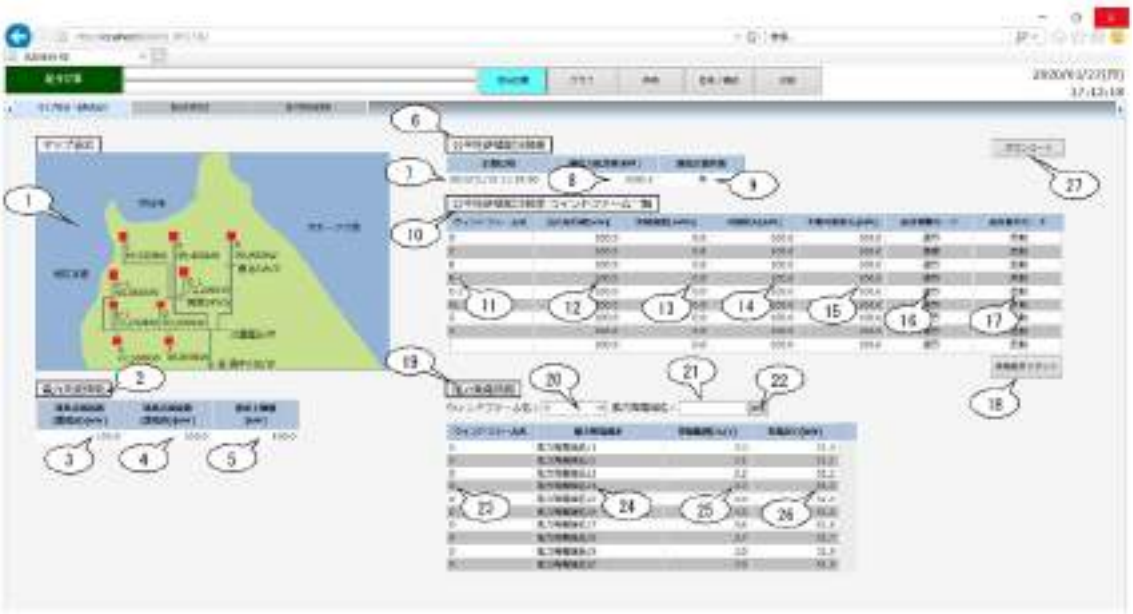


図 1.2-5：配分計算を確認する画面

④ハードウェア仕様書

システム構成（図 1.2-6）を確定し、現状購入可能な機器にて機種を選定（表 1.2-1）した。

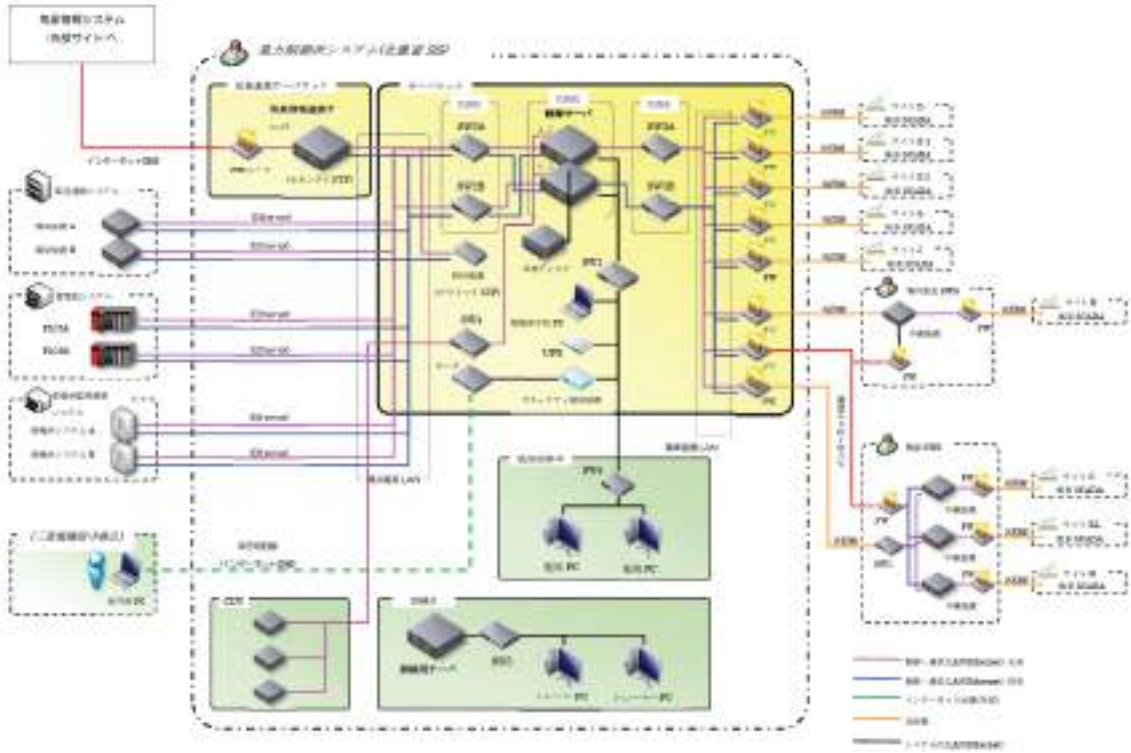


図 1.2-6：システム構成図

表 1.2-1：選定したハードウェアの例

機器名	ハードウェア型式
監視制御装置	HP Proliant DL360 Gen10
共有ディスク	HP MSA 2040 Strage SAS
SWHUB	Catalyst C9200-24T
ルータ	YAMAHA NVR510
ファイヤーウォール	Juniper Networks SRX300
時計装置	セイコーソリューションズ　TS-2560 GNSS タイプ
UPS	APC SMX3000RMJ2U
監視卓、訓練卓	HP Prodesk600G5 SF

（2）転送遮断システムに関する設計

蓄電池の充電量調整による出力抑制を転送遮断の機能の一部として新たに盛り込み、遮断時間要件（数百 ms）を十分に満足できることを確認し、本年度業務分として主に以下の内容をシステム仕様書として策定した。

①システム構成

蓄電池充電制御による出力抑制を行うため、蓄電池システムを構成に加え、システム構成を見直した（図 1.2-7)。

②システム機能概要

制御演算方式、事故検出・起動判定方式、起動条件、状態遷移、構成制御等を定めた。

③各装置仕様、伝送インターフェース等

親局、子局、端局装置の機能ブロック、ハードウェア構成、演算・制御機能等を定めた。また、各装置間の伝送インターフェースを定めた。例として子局～転送遮断端局伝送構成図を図 1.2-8 に示す。

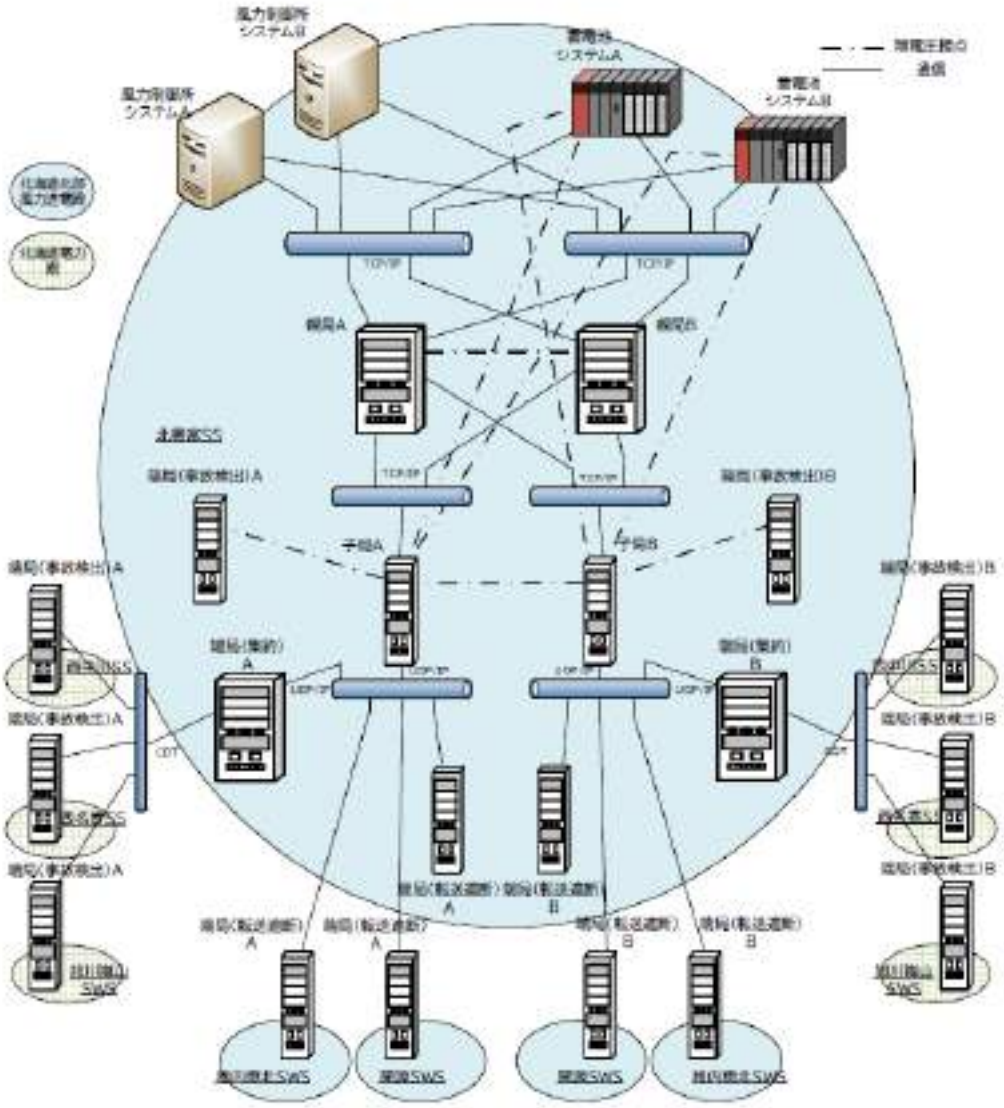


図 1.2-7：転送遮断システム全体構成図

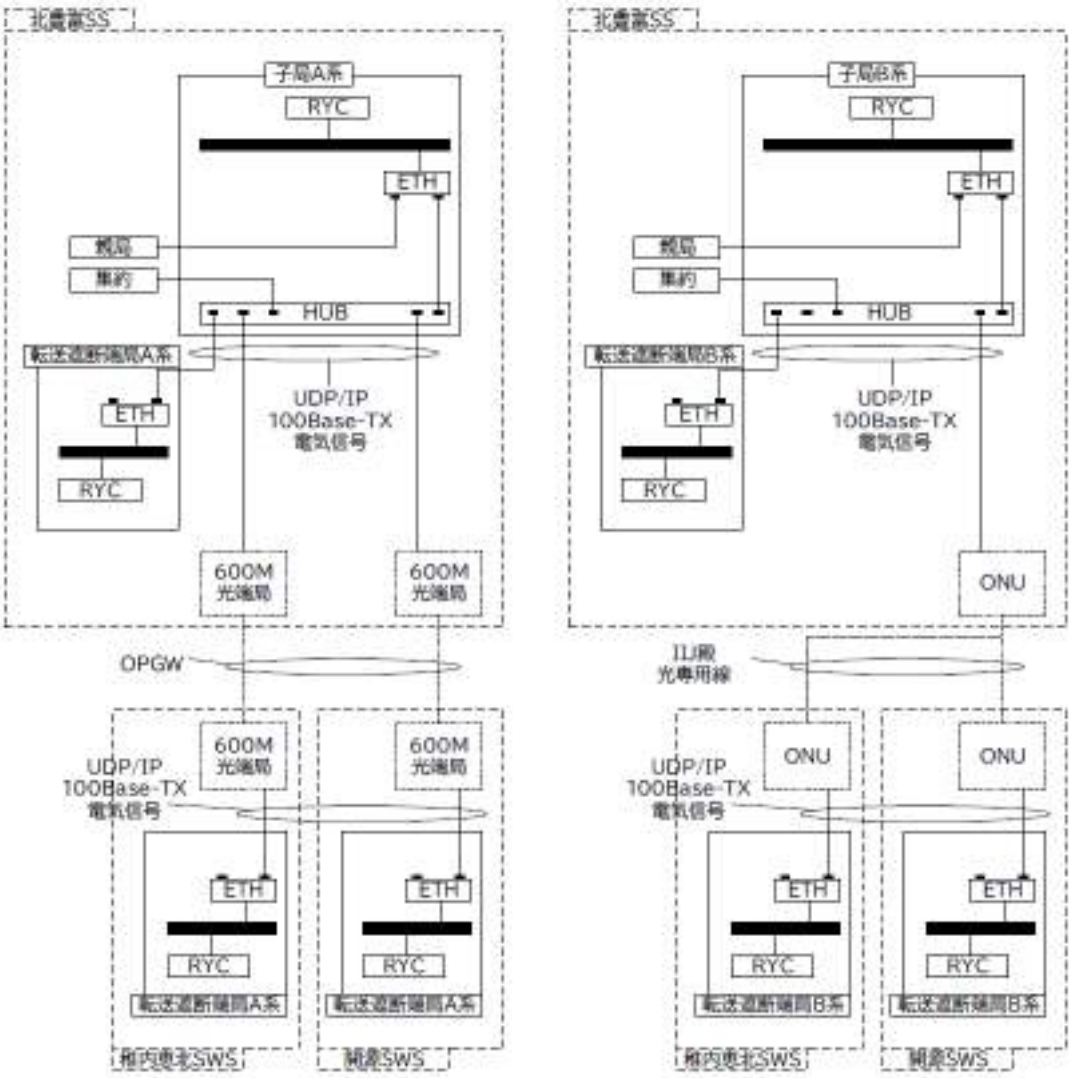


図 1.2-8：子局～転送遮断端局伝送構成図

・令和 2 年度予算（2020 年度）

○最適制御システム設計業務

（1）風力制御所システム

風力制御所システムとしては以下の設計進捗をもって設計を完了のうえ、制御機器の製造及び単体試験を実施し、想定業務分を達成した。

・WF 間の出力配分が公平となるような補正手法（実績偏差の補正）を検討し、ソフトウェアの設計に反映した（図 1.2-9）。

・WF 出力最大化のための潮流計算機能を検討し、ソフトウェアの設計に反映した（図 1.2-10）。

・開源開閉所及び稚内恵北開閉所に設置する中継装置について、ハードウェアの設計を進め、展開接続図、外形図等としてまとめた。

・運転員訓練装置について、全 18 シナリオの訓練モードの検討を実施した（図 1.2-11）。

No.	配分補正方法	概要
1	全事業者比率補正	全発電事業者の実績偏差の比率で出力配分値を補正します。
2	損失事業者優先補正	損失の大きい（実績偏差が負）発電事業者を優先して 出力配分値を補正します。
3	偏差平滑化補正	各発電事業者の実績偏差が平滑化される（一定となる）ように 出力配分値を補正します。

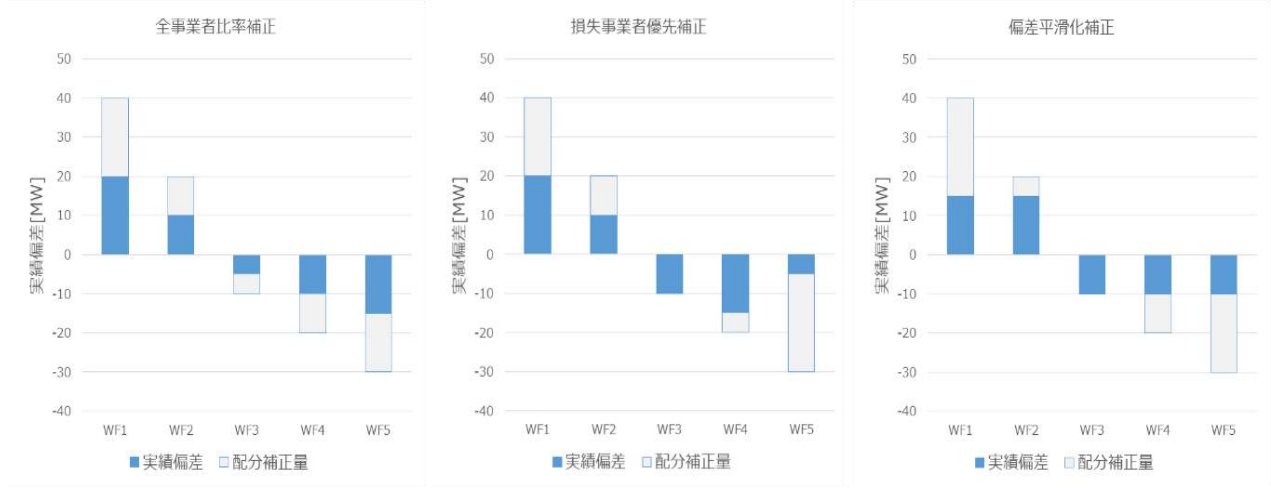


図 1.2-9：出力配分補正手法概要

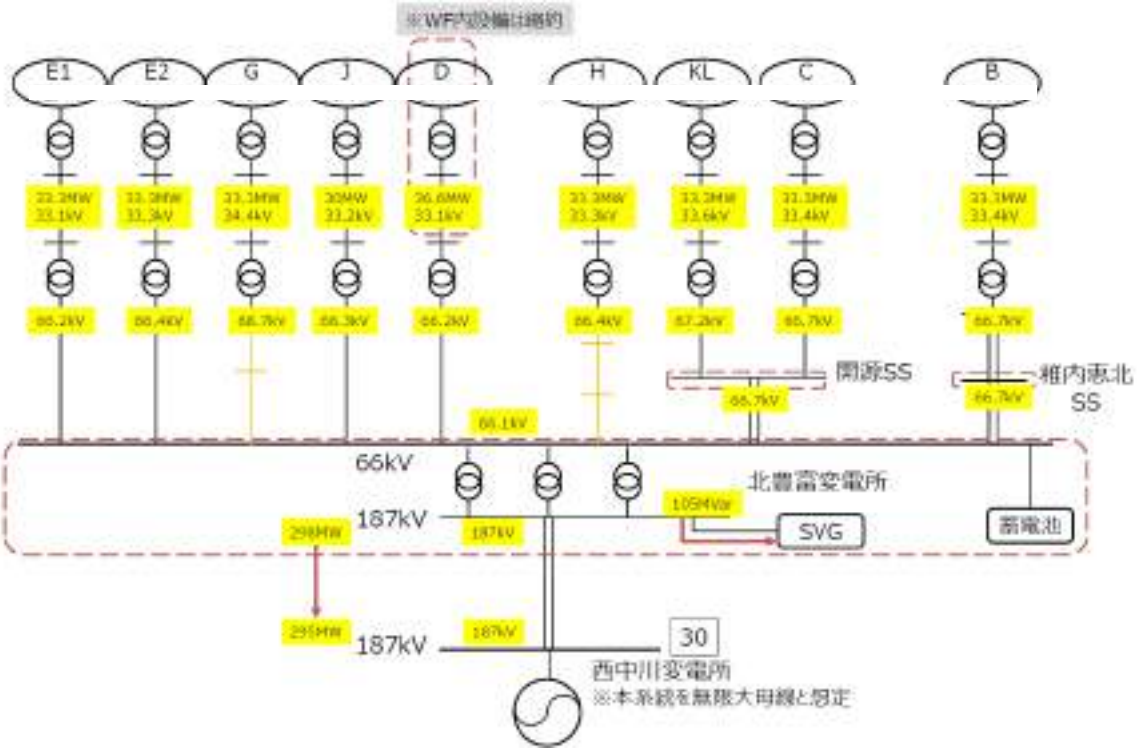


図 1.2-10：潮流計算機能概要

No	操作区分	操作ケース	訓練の概要
1	系統事故発生	転送遮断動作	北海道電力系統の事故発生により、転送遮断システムによる転送遮断が動作した場合の対応を訓練する。
2		SPC系統事故	SPC系統内の事故発生時における対応を訓練する。
2-1		SPC系統全停	SPC系統全停した場合の対応を訓練する。
3	系統事故復旧	転送遮断動作からの復旧	転送遮断動作後に、北海道電力系統とWF系統の復旧の連絡を受けた場合の対応を訓練する。
4		SPC系統事故復旧	SPC系統内の事故発生後に、SPC系統復旧を確認した場合の対応を訓練する。
4-1		SPC系統全停からの復旧	SPC系統全停した後の復旧時の対応を訓練する。
5	監視値異常	出力配分値違反	あるWFにおいて発電出力が出力配分値を超過し、「出力配分値違反」が発生した時の対応を訓練する。
6		連系容量違反	連系点潮流値が連系容量を超過し、「連系容量違反」が発生した時の対応を訓練する。
7	監視値異常復帰	出力配分値違反復帰	出力配分値違反後に、正常状態に復帰した場合の対応を訓練する。
8		連系容量違反復帰	連系容量違反後に、正常状態に復帰した場合の対応を訓練する。
9	システム異常	発電事業者SCADAシステム異常	発電事業者SCADAにて異常が発生した場合の対応を訓練する。
10		転送遮断システム異常	転送遮断システムにて異常が発生した場合の対応を訓練する。
11		変電所監視制御システム異常	変電所監視制御システムにて異常が発生した場合の対応を訓練する。
12		変動緩和蓄電池異常	変動緩和蓄電池にて異常が発生した場合の対応を訓練する。
13		風力制御所システム内監視制御サーバ異常	風力制御所システムの監視制御サーバの両系にて異常が発生した場合の対応を訓練する。
14	システム異常復帰	発電事業者SCADAシステム異常復帰	発電事業者SCADAのシステム異常が復帰した場合の対応を訓練する。
15		転送遮断システム異常復帰	転送遮断システムのシステム異常が復帰した場合の対応を訓練する。
16		変電所監視制御システム異常復帰	変電所監視制御システムの異常が復帰した場合の対応を訓練する。
17		変動緩和蓄電池異常復帰	変動緩和蓄電池の異常が復帰した場合の対応を訓練する。
18		風力制御所システム内監視制御サーバ異常復帰	風力制御所システムの監視制御サーバのいずれかの系の異常が復帰した場合の対応を訓練する。

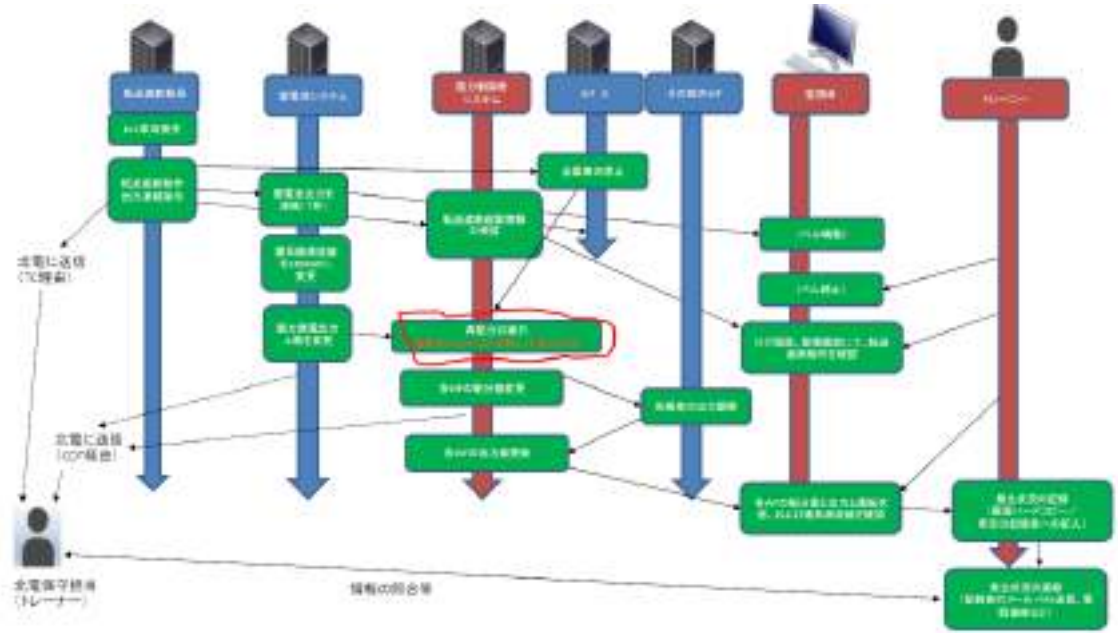


図 1.2-11：訓練シナリオ及び訓練の流れ（例）

(2) 転送遮断システムに関する設計

転送遮断システムとしては以下の設計進捗をもって設計を完了するとともに、工場での単体試験を完了し、想定業務分を達成した（図 1.2-12：システム全体構成図）。

・他システムとのインターフェース調整及びハードウェアの設計を進め、展開接続図及び装置外形図としてまとめた。
・親局 HI（ヒューマンインターフェース）仕様書を作成した。本機能は専用 PC を親局に接続することにより、画面上での各機器の状態や記録の確認、また設定値等を変更することが可能となる（図 1.2-13)。

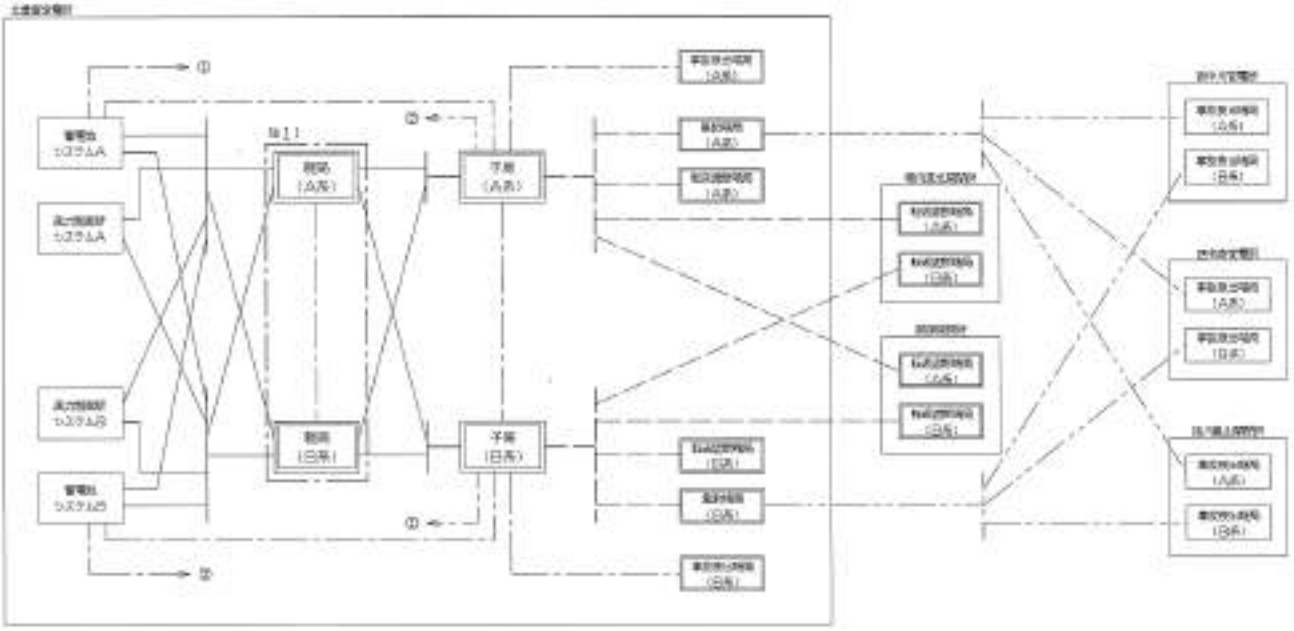
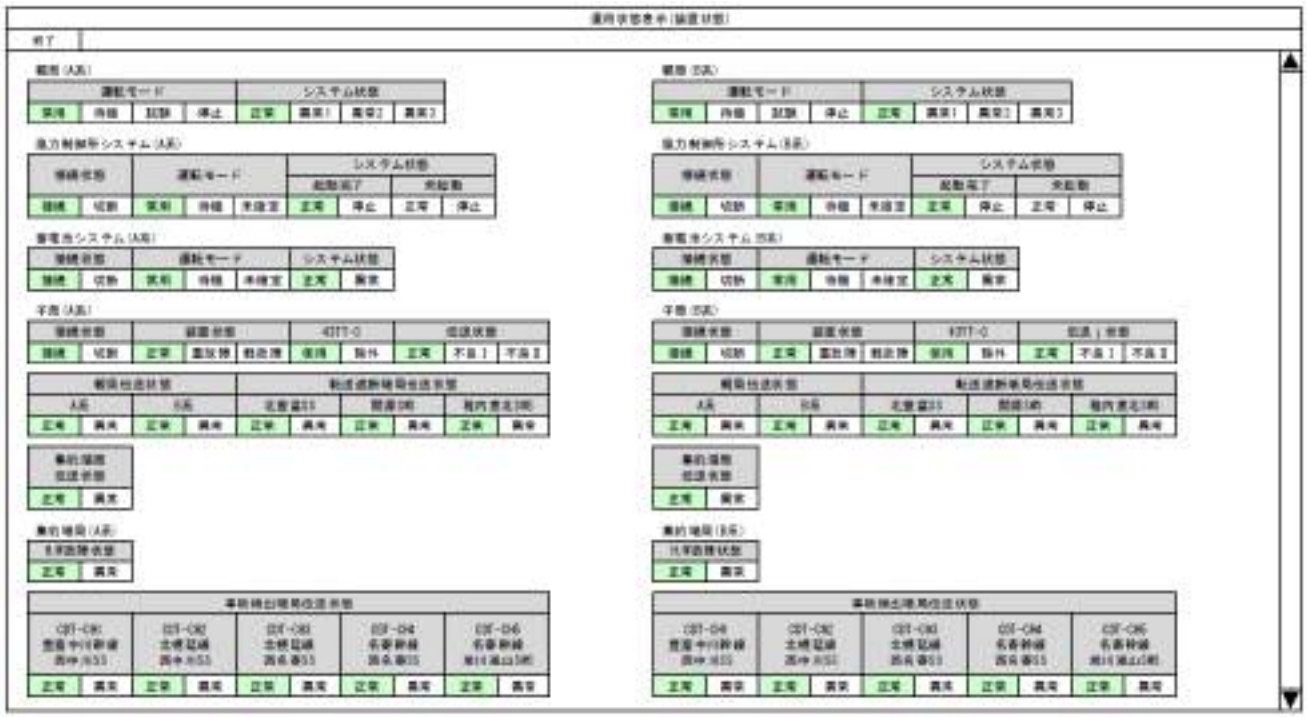


図 1.2-12：転送遮断システム全体構成図



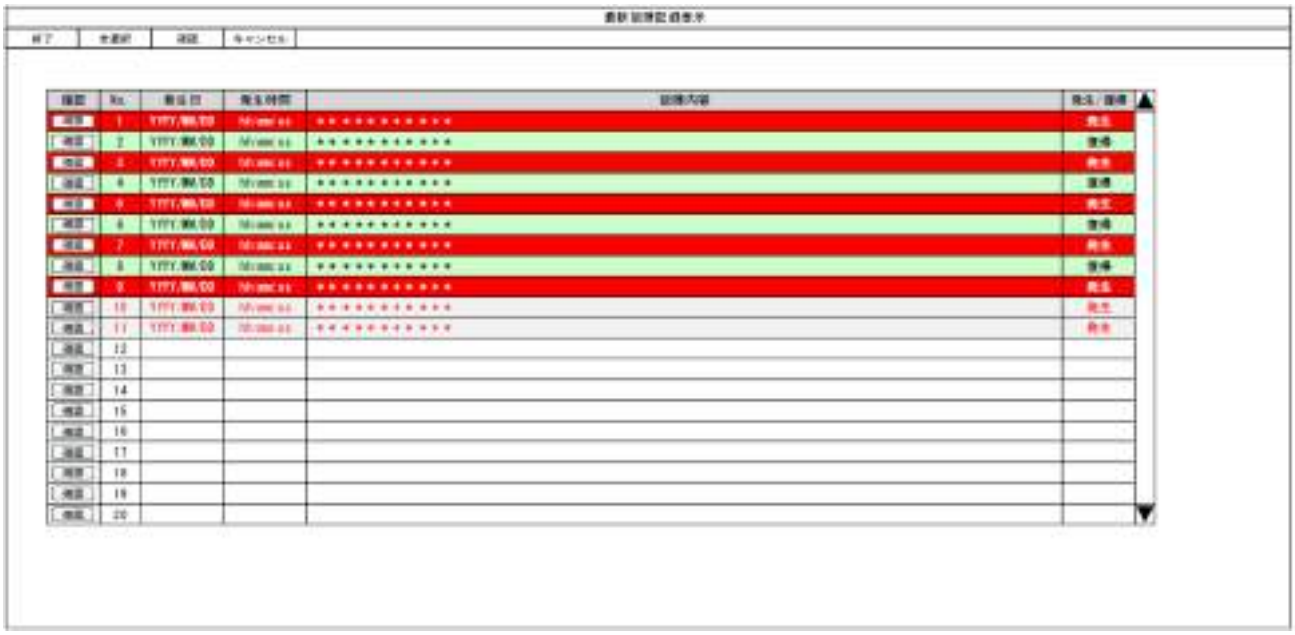


図 1.2-13：親局 HI　運用状態表示画面及び警報表示画面

・令和 3 年度予算（2021 年度）

○最適制御システム

（1）風力制御所システムに関する業務

　風力制御所システムとしては以下の試験実施をもって設計を完了のうえ、現地搬入・据付作業を実施し、今年度想定業務分を達成した。

・蓄電池システムとの通信確認試験を実施した（図 1.2-14）。

・転送遮断システムとの通信確認試験を実施した（図 1.2-15）。

・変電所システムとの通信確認試験を実施した（図 1.2-16）。

・CDT 装置との通信確認試験を実施した（図 1.2-17、写真 1.2-1）。

・工場での単体機能確認試験を実施した（図 1.2-18、写真 1.2-1）。

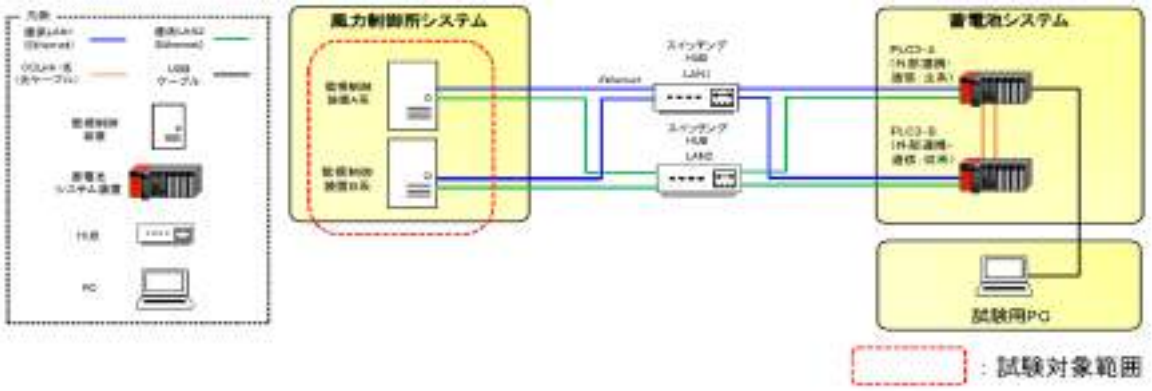


図 1.2-14：蓄電池システムとの通信確認試験　構成図

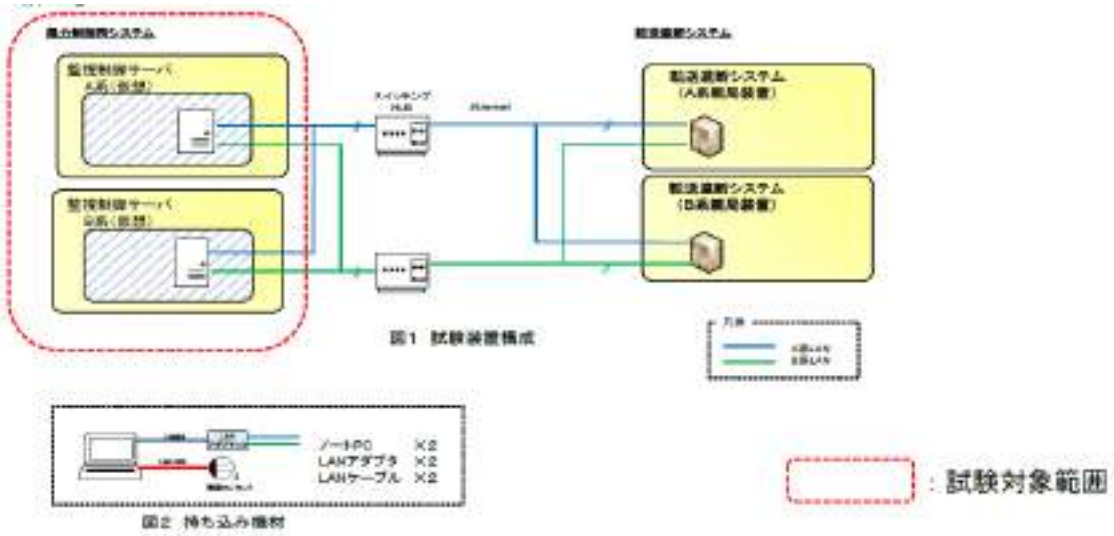


図 1.2-15：転送遮断システムとの通信確認試験　構成図

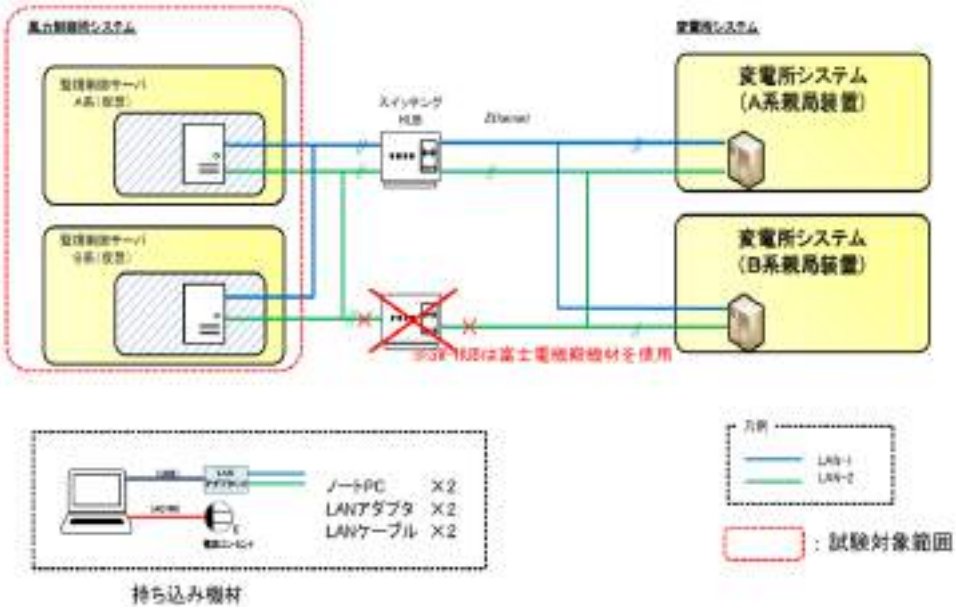


図 1.2-16：変電所システムとの通信確認試験　構成図

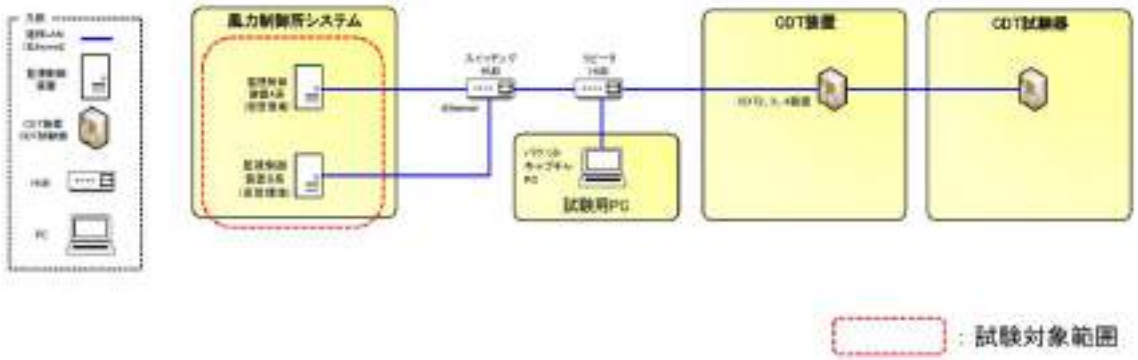


図 1.2-17：CDT 装置との通信確認試験　構成図

写真 1.2-1：風力制御システム　サーバー・CDT 装置据付

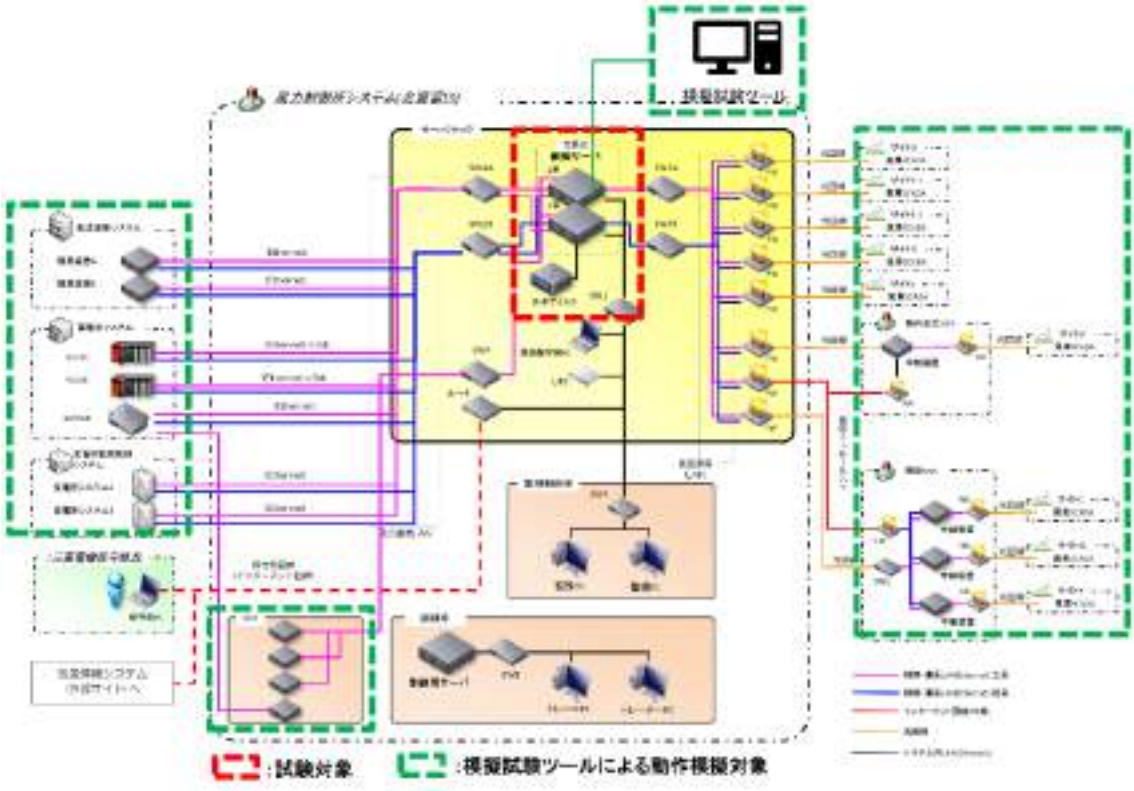


図 1.2-18：工場試験　構成図

写真 1.2-2：風力制御所システム工場試験　立会風景

(2) 転送遮断システムに関する業務

転送遮断システムとしては以下の試験実施をもって設計を完了のうえ、現地搬入・据付作業を実施し（写真 1.2-3，写真 1.2-4）、今年度想定業務分を達成した。

・蓄電池システムとの通信確認試験を実施した（図 1.2-19）。
・風力制御所システムとの通信確認試験を実施した（図 1.2-20）。
・転送遮断システム組合せ試験及び総合動作試験を実施した（写真 1.2-5）。

写真 1.2-3：転送遮断システム　盤搬入

写真 1.2-4：転送遮断システム　盤据付状況

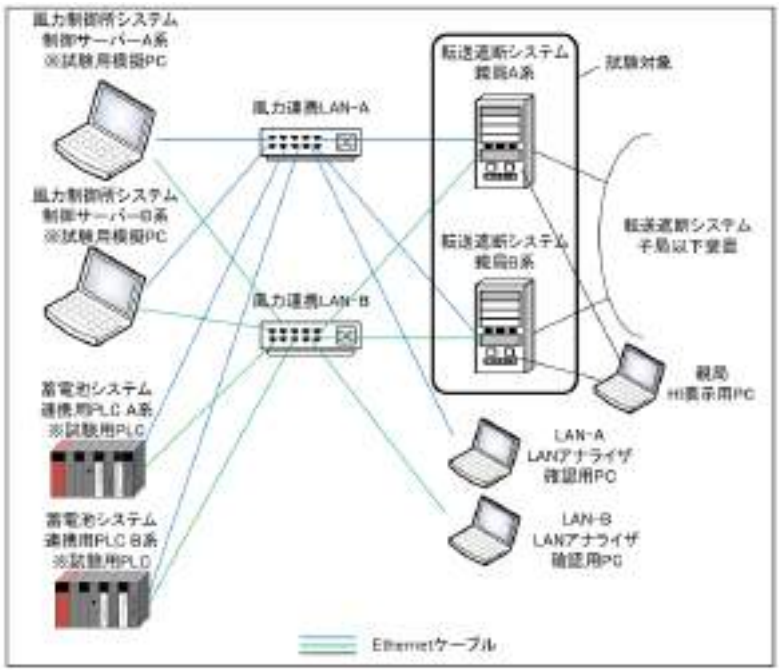


図 1.2-19：通信確認試験　構成図（風力制御所システム、蓄電池システム）

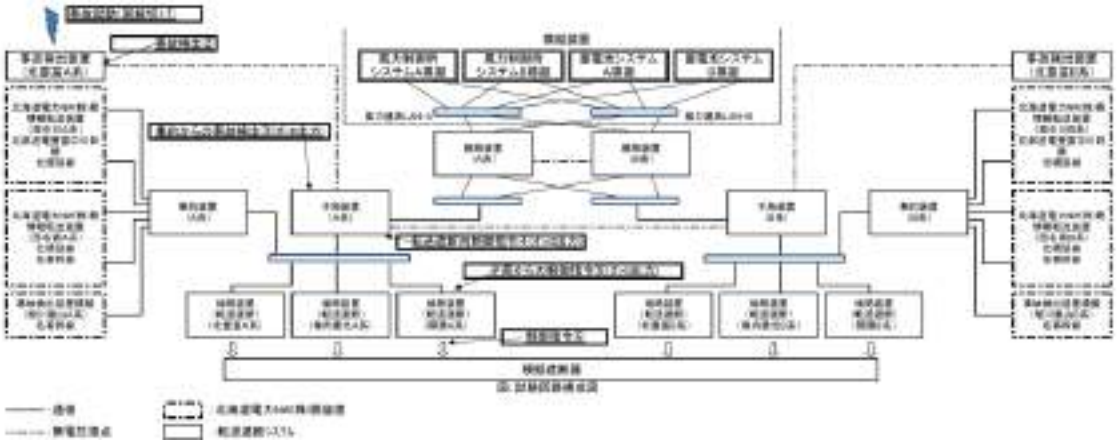


図 1.2-20：システム総合動作試験　試験回路構成図

写真 1.2-5：組合せ試験・システム総合動作試験　立会風景

・令和 4 年度予算（2022 年度）

○最適制御システム設計業務

（1）風力制御所システム

・以下の各システムとの対向試験を実施し、結果良で試験完了した。

- 変電所監視システム（図 1.2-21、①）
- 転送遮断装置（図 1.2-21、②）
- WF（図 1.2-21、③）
- 蓄電池システム（図 1.2-21、④）
- 北電 NW 向け CDT 装置（図 1.2-21、⑤）

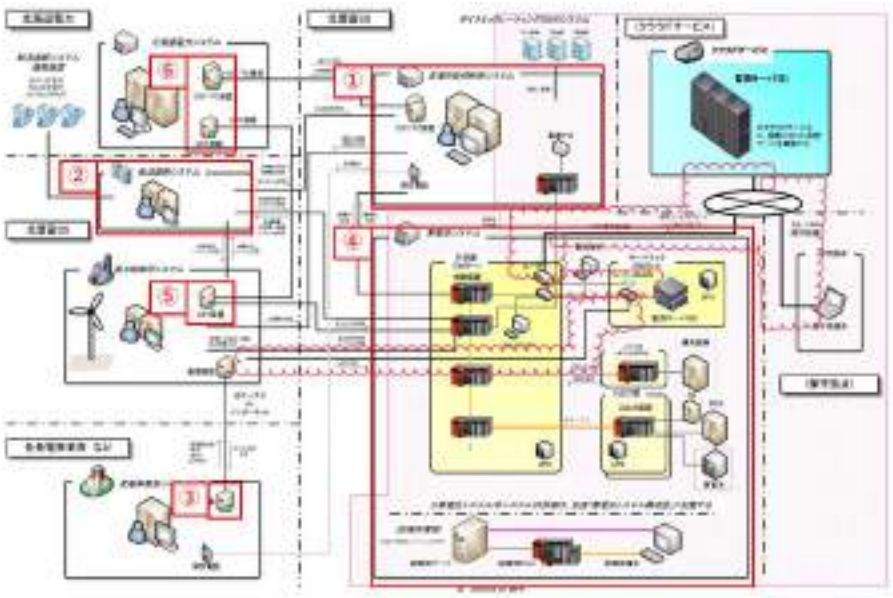


図 1.2-21：風力制御所システム対向試験概要

試験を実施する中で以下の項目を確認した。

・有効電力の配分計算と各 WF への伝送が本システムにおいて正しく行われること、その結果各 WF が配分通りの出力で運転されることを確認した。

（補足）各 WF への配分値を計算するために WF から風車単位の詳細情報をリアルタイムで受信する必要がある。また、配分値が確実に各 WF に送信されることも確認が必要。従って制御試験を行う前に上下方向の通信対向試験を実施し、北部送電↔WF 間で正確に通信が行われることをまずは確認し、その後に実際に風車を回した制御試験を実施した。

・各 WF の力率制御、電圧制御についても本システムにおいて正しく行われることを確認した。

（補足）今後の安定的な系統運用のため、有効電力の管理だけでなく、力率制御・電圧制御の機能も風力制御所に持たせている。WF 側に外部からの指令に応じてこれらを制御する機能があることは把握していたが、その制御速度、精度が当社にとって望ましいものであるかはデータが無く確認が必要であった。現地試験によりこれらの制御速度・精度が問題無いことが確認できた。

・蓄電池システム、転送遮断システム及び WF との組合せ試験を実施し、協調動作することを確認した。

（補足）それぞれのシステムについては同一メーカのシステムを採用しているが、

工場試験においても組合せ試験は実施不可能であったため、実機での組合せ試験としては現地で行うものが初めてであった。まずは一対一のシステムで通信対向試験を実施し、徐々に組合せ範囲を拡大させながら、最後に全体組合せ試験を実施した。

（2）転送遮断システムに関する業務

・以下の各システムとの対向試験を実施し結果良好であった。

- 北電 NW との連携試験（図 1.2-22、①）
- 風力制御所システム（図 1.2-22、②）
- 蓄電池システム（図 1.2-22、③）

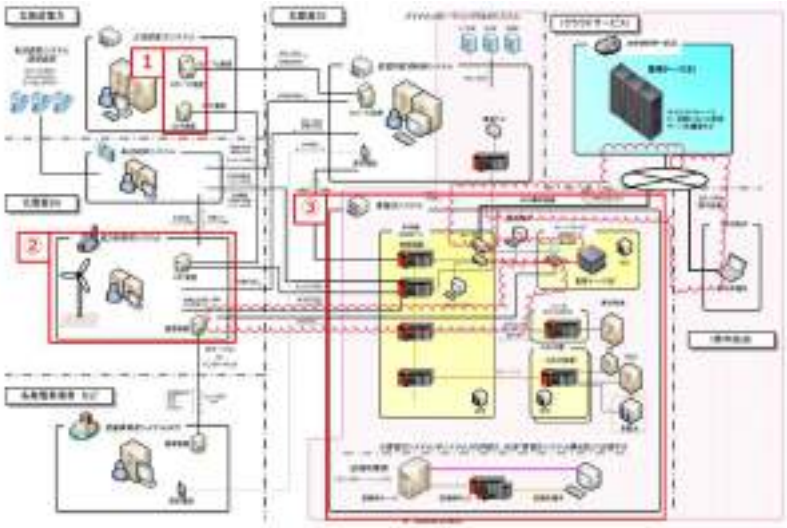


図 1.2-22：転送遮断システム対向試験概要

試験を実施する中で以下の項目を確認した。

・北電 NW 側に設置した端局装置を含めた総合動作試験を実施し、制御テーブルに従って適切に　転送遮断が行われること、また仕上がり時間が数百 msec 以内となることを確認した。

（補足）本システムの現地立ち上げにおいては、通信経路（マイクロ波及び架空地線）構築工事も並行して進めており、まずは北電 NW 側の通信設備含め、末端の北電 NW 旭川嵐山 SS まで通信ができることの確認（通信対向試験）を実施し、問題無いことを確認後、本システムの動作時間計測のための実機動作試験を実施した。試験の結果、想定される全ての遮断ケースで規定の時間内に動作することを確認。

・蓄電池システム、風力制御所システム及び WF との組合せ試験を実施し、協調動作することを確認した。

（補足）それぞれのシステムについては同一メーカのシステムを採用しているが、工場試験においても組合せ試験は実施不可能であったため、実機での組合せ試験としては現地で行うものが初めてであった。まずは一対一のシステムで通信対向試験を実施し、徐々に組合せ範囲を拡大させながら、最後に全体組合せ試験を実施した。

1.3 最適制御システム開発の成果

本開発は出力変動緩和要件を遵守しつつ北電 NW 系統に送電することが可能となる制御システムの開発を目的とし、予定の期間内において単体試験、組み合わせ試験を実施し、結果良好であった。以下、個別のシステムについて得られた知見を記載する。

・事業者が異なる複数の WF に対して、全風車の稼働状況・風況に応じてリアルタイムに各 WF の配分量を計算し、公平に配分を行う新たな制御手法を確立した。

（補足）本制御手法が成立するかどうかは、WF との間で確実に信号の授受が行われることが鍵となる。そのため設計段階で信号の種類と仕様を定めた信号表を WF 側と合意し、試験の段階で 2 段階の対向試験（①通信装置のみで行う空対向試験、②実設備を組み合わせて行う実機対向試験）を行うことにより、上下方向の信号が確実にやり取りできること、やり取りした後の互いに制御が　行われることが確認できた。本試験手法は汎用的であるため、WF 側の SCADA メーカ、風車メーカが変わった場合でも有効である。

・外部の各種機器異常時に他の最適制御システムと協調を取り、発電量を最大限確保しつつ、北電 NW と合意した抑制値・抑制レートにて出力抑制を行う制御手法を確立した。

（補足）通常の制御であれば、異常発生時には一定の時間をかけて WF の出力抑制若しくは遮断を行うのが一般的である。発電量最大化のため、本システムにおいては異常発生時には応答性の速い蓄電池を先行で充電増/放電減処理を行い、その後必要に応じて応答性の悪い WF 出力の調整を行うような仕様とし、現地試験においても設計通りに動作することを確認した。これにより従来の手法に比べ、応答性が良くかつ発電量減少を抑えることができる制御手法となった。

・今年度運転開始する WF は 3 サイト（合計 193.5 MW）であり、今年度 WF との組合せ試験を実施する中で、残りの 6 サイトに対しても適用可能な試験方法を確立した。

（補足）当社系統に対しては今年度から 3 年かけて合計 9WF が連系される。来年度以降は当社設備の運転を止めることなく、新規に連系される WF に対して必要十分な試験を実施していく必要がある。今年度実施した組合せ試験一式を精査し、来年度以降実施すべき試験のみを抽出した。

1.4 まとめ

本開発により、当初の予定通り最適制御システムの設計及び建設工事を完了したことから、令和 4 年度の送電開始から供用を開始する。

2　ダイナミックレーティング実証

2.1 ダイナミックレーティング実証の目的・目標

一般的な送電線では、外部環境（外気温度、風速、日射量等）が過酷な状況でも問題無く運用できるよう、外部環境を保守的に想定し、送電容量が設定されている。より送電線を効率的に運用するためには、実際の送電線設置場所の外部環境に応じた送電容量を算出することが効果的である。このような手法をダイナミックレーティング（以下、DLR）と呼ぶ。本実証事業では、東京電力パワーグリッド株式会社（以下、東電 PG）154 kV 栃山線及び 187 kV 豊富中川幹線を用いて以下の 3 手法を実証することを目的とする。

・OPGW 方式：送電線の外部環境（外気温度）を OPGW の光ファイバー温度計測装置により随時演算し、その結果を用いて送電容量を動的に算出・管理する手法。東電 PG 栃山線及び豊富中川幹線にて実証を行った。

・Ampacimon 方式：送電線弛度及び風速を Ampacimon 社製センサで計測することにより、送電容量を動的に算出・管理する手法。東電 PG 栃山線にて実証を行った。

・OPGW+実風速方式：OPGW 方式で随時演算した外気温度に、風向風速計で計測した風向及び風速を組み合わせ、送電容量を動的に算出・管理する手法。東電 PG 栃山線及び豊富中川幹線にて実証を行った。

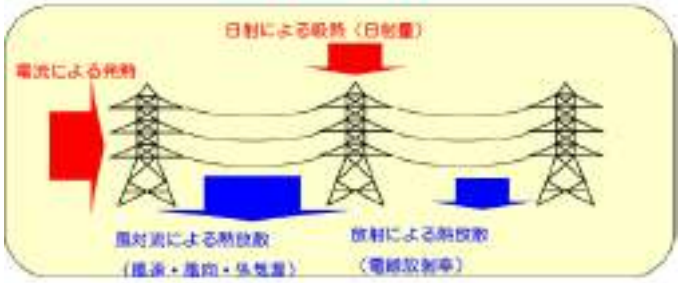


図 2.1-1：電線温度に影響する環境要因

表 2.1-1：各環境定数の基準値

計算定数	考え方	基準的に用いている値
周囲温度 T	過去に実測した最高気温をもとにその値を採用している。 夏期(5月～10月)35℃、冬期(11月～4月)25℃など の考え方もある。	40(℃)
風速 V	実測結果から、最小風速値の0.5m/sを採用している。	0.5(m/s)
風向	従来は風向の影響を考慮していない。 現在は卓越した風向がない場合は45°としている。 風向は電線軸に対して直角方向が0°とする。	45(°)
日射量 Ws	赤道直下の晴天下で0.089W/cm²であり、日本での実測 結果に基づき安全側である0.1W/cm²を採用している。	0.1(W/cm²)
放射率 η	日本では電線からの放熱の放射率と日射からの吸熱の吸収率 は同一の値を採用している。電線の表面状態により変化し、新線では0.08～ 0.16程度であるが、古くなり黒変したものは0.9としている。都市部の送電線では 大気中の塵埃の為、 半年くらいで黒変してしまう事から0.9を採用している。	0.9

2.2 ダイナミックレーティング実証のプロセス

（1）OPGW 方式

＜OPGW 方式の概要＞

OPGW 方式では、送電線両端の変電所に光ファイバー温度計測装置を設置して計測した OPGW 内光ファイバー温度を用いて外気温度を推定し、推定外気温の値から送電容量を動的に算出・管理する。

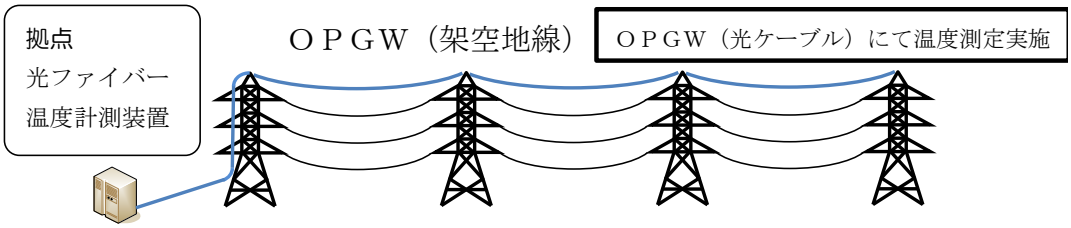


図 2.2-1：OPGW 方式概要図

＜光ファイバー温度計測装置の性能＞

光ファイバー温度計測装置について詳細設計を行い、下記の目標性能を満たすような装置開発を実施した。

表 2.2-1：光ファイバー温度計測装置の目標性能

項目	性能
温度測定全亘長	25 km 以上
温度測定範囲	-40℃～+50℃ （温度精度確認は-20℃～+50℃）
温度測定誤差	±2℃程度
最小温度測定距離間隔	10 m（～30 m）
温度測定時間間隔	15 分（～20 分）
装置設置温度	0℃～+40℃
装置設置湿度	20%～90%
電源電圧	AC 100 V 又は DC 110 V
適合光ファイバー	シングルモード型光ファイバー

＜送電容量演算式＞

電気学会技術報告 660 号、1069 号に記載された送電容量演算式を用いて送電容量演算を行うこととした。

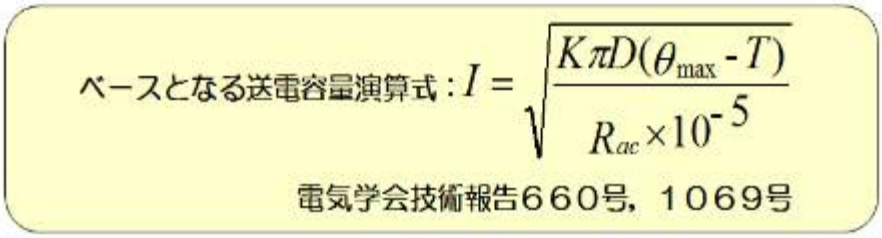


図 2.2-2：送電容量演算式

※ 図 2.2-2 における各項目については以下のとおり。

I：許容電流（A）

K：熱放散係数（W/（cm^2・℃））（日射量や電線表面の放射率などを基に算出）

D：電線外径（cm）

θmax：電線許容温度（℃）

T：外気温（℃）

Rac：指定温度における交流抵抗（Ω/km）

＜外気温度補正＞

光ファイバー温度計測装置による外気温度測定試験結果を踏まえ、日射や誘導電流による温度上昇での温度測定誤差を補正するための外気温度補正方法を検討した。

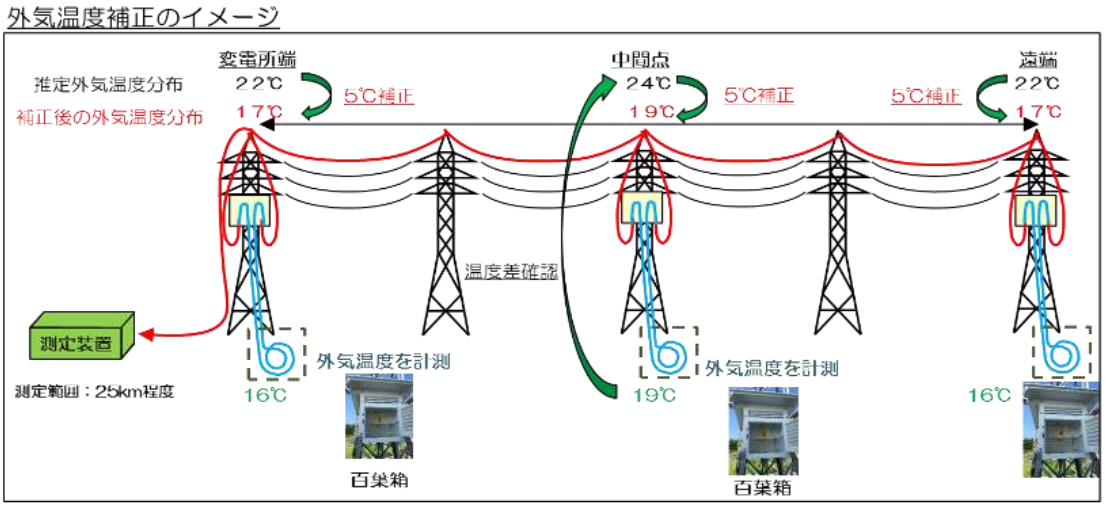


図 2.2-3：外気温度補正のイメージ

外気温度補正方法 補正後の外気温（T） ＝OPGW 測定温度 - （補正点 OPGW 測定温度 - 校正ファイバ

一温度）

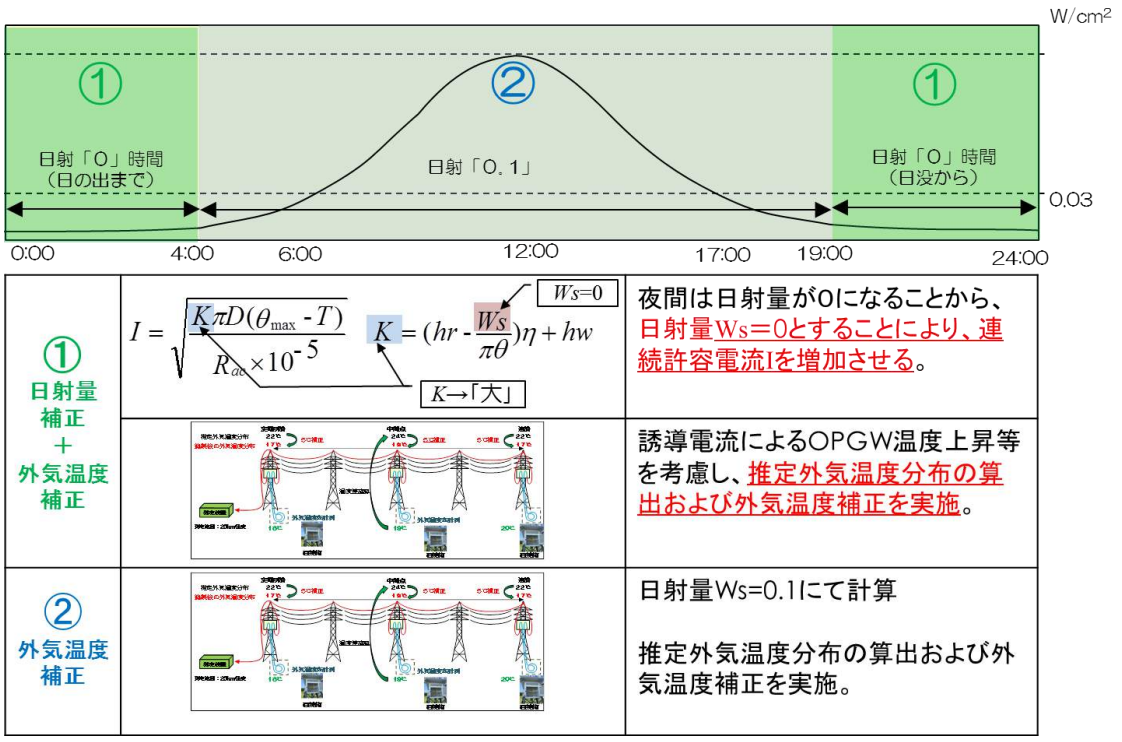


図 2.2-4：時間帯別外気温度補正方法

＜フィールド試験実施箇所選定＞

OPGW 方式実証のための選定条件を設定し、東電 PG 栃山線をフィールド試験実施箇所として選定した。

表 2.2-2：東電 PG 栃山線の基本情報

電圧階級	154 kV
亘長	約 47.6 km（新栃木変電所～小山変電所間）
周辺地形	基本的に平地
選定理由	①送電線路両端の変電所に光ファイバー温度計測装置を設置でき、データ収集が容易であること
	②鉄塔直下に OPGW の光接続箱があり、送電線を停止させることなく百葉箱からの光ケーブルを OPGW 内の光ケーブルに接続できること

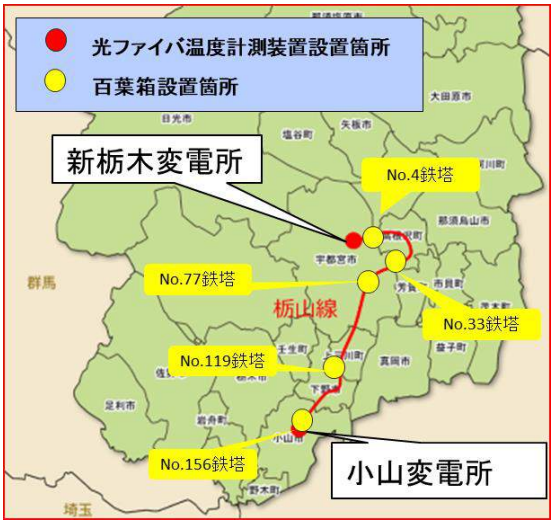


図 2.2-5：東電 PG 栃山線地図

（2）Ampacimon 方式

＜Ampacimon 方式の概要＞

Ampacimon 方式では、送電線に Ampacimon 社製センサを設置して送電線弛度及び風速を計測することで、外気温度、風速及び日射量の影響を考慮した送電容量を算出・管理する。なお、送電容量演算式は CIGRE 式を基にした独自の演算式を用いている。

写真 2.2-1：Ampacimon 社製センサ　ADR-Sense（送電線用）

＜OPGW 方式及び Ampacimon 方式の比較＞

Ampacimon 方式の実証にあたり、OPGW 方式との比較を実施した。

表 2.2-3：OPGW 方式及び Ampacimon 方式の比較

	OPGW 方式	Ampacimon 方式
DLR 手法の概要	・OPGW の温度計測により外気温分布を推定し、リアルタイムの許容電流を算出 ・日射や風による電線温度変	・特定径間に設置した加速度センサで測定する送電線の振動から、弛度と風速、導体温度を推定し、許容電流を算出

	化は考慮していない ・長手方向の温度分布がわかる	・温度データは気象プロバイダから入手しており、気象予測データから予測許容電流算出も可能
導入・適用条件	・主回路に沿って OPGW が通っていること ・光ファイバー温度測定装置の測定距離の都合上、亘長 50 km 以下であること	・通信環境が良好であること ・電線に直接センサを取り付けるため、センサ設置時に送電線を停止させる必要あり（海外では活線作業実績あり）
送電容量格上げ量	・外気温のみをパラメータとし、ある程度の送電容量格上げが可能	・外気温に加えて日射及び風速も考慮するため、送電容量の大幅な格上げが見込める
運用費用	既設の OPGW を使用するため通信費不要であり、運用費用が安い	ソフトウェアライセンス費や通信費が必要であり、運用費用が高い

＜Ampacimon 社製センサ設置箇所選定＞

東電 PG 栃山線の調査を行い、センサ設置箇所として以下の 3 箇所を選定した。

○センサ設置箇所…栃山線 20 番-21 番鉄塔間、25 番-26 番鉄塔間、28 番鉄塔付近

（3）OPGW+実風速方式

2.3 ダイナミックレーティング実証の成果にて記載する。

2.3 ダイナミックレーティング実証の成果

（1）東電 PG 栃山線での実証成果

＜OPGW による外気温度推定手法の確立＞

東電 PG 栃山線におけるフィールド試験の結果、概ね±3℃の精度で外気温を測定できることを確認し、OPGW による外気温度推定手法を確立した。

＜OPGW 方式による許容電流格上げポテンシャルの確認＞

OPGW を用いた外気温度推定手法により、定格電流容量に対し、令和 2 年 4 月から令和 3 年 2 月の間で平均 6%程度の許容電流格上げポテンシャルがあることを確認した。

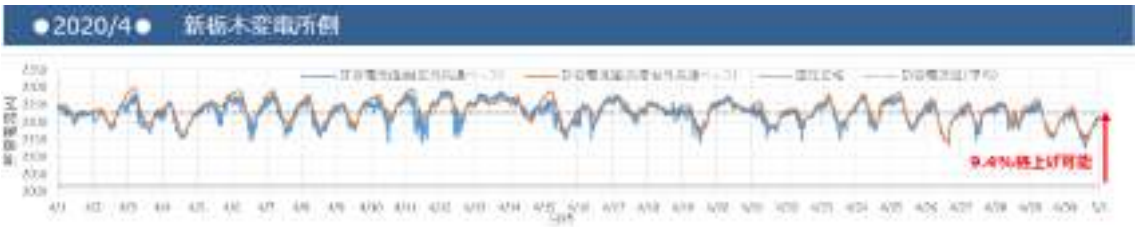


図 2.3-1：OPGW データを用いた許容電流計算と格上げ量の評価例（令和 2 年 4 月）

表 2.3-1：令和 2 年 4 月～令和 3 年 2 月の許容電流格上げポテンシャル

＊月別の固定定格に対する許容電流値（推定外気温ベース）の格上げ量を以下に示す。

	平均	最小	最大	
4月	9.4%	5.2%	11.9%	夏季 4-10月 ⇒固定定格2017A
5月	7.4%	2.1%	10.4%	
6月	6.3%	1.8%	8.4%	
7月	6.1%	1.2%	8.1%	
8月	4.5%	0.0%	7.1%	
9月	5.9%	0.0%	9.2%	
10月	8.2%	2.1%	10.7%	
11月	3.8%	0.0%	6.9%	冬季11月-3月 ⇒固定定格2137A
12月	5.4%	1.1%	8.2%	
1月	6.3%	1.4%	9.0%	
2月	5.6%	0.2%	8.2%	
年間	6.3%	0.0%	11.9%	※最小値が0%となっている月については、局所的に発生している推定外気温の乖離が大きい箇所によるもの

＜Ampacimon 方式単体の性能評価＞

Ampacimon 社製センサを東電 PG 栃山線に設置しフィールド試験を実施した結果、OPGW 方式の平均 6%程度の許容電流格上げポテンシャルに対し、Ampacimon 方式では平均 30%超の許容電流格上げポテンシャルがあることを確認した。

＜Ampacimon 方式と OPGW 方式の組合せ検討＞

Ampacimon 方式で使用される外気温度データを、標準の気象プロバイダデータから OPGW 方式による推定外気温に置き換えることで、さらなる性能向上が見込めないどうか検証を行った。

Ampacimon 方式の許容電流計算ロジックの検証及びフィールド試験の結果、Ampacimon 方式においては外気温度の違いは許容電流計算に影響せず、OPGW 方式との組合せによる性能向上は見込めないことを確認した。

表 2.3-2：OPGW 方式、Ampacimon 方式及び組合せ手法の比較

		OPGW 方式	Ampacimon 方式	組合せ手法
Ampacimon 社製センサ有無		無し	有り	有り
許容電流計算式		電気学会式	Ampacimon 式（CIGRE 式）	
許容電流計算に使用するパラメータ	外気温度	OPGW 推定外気温	気象プロバイダデータ	OPGW 推定外気温
	風速	固定値	電線振動から算出した推定値	電線振動から算出した推定値
	日射量	固定値	気象プロバイダデータ	

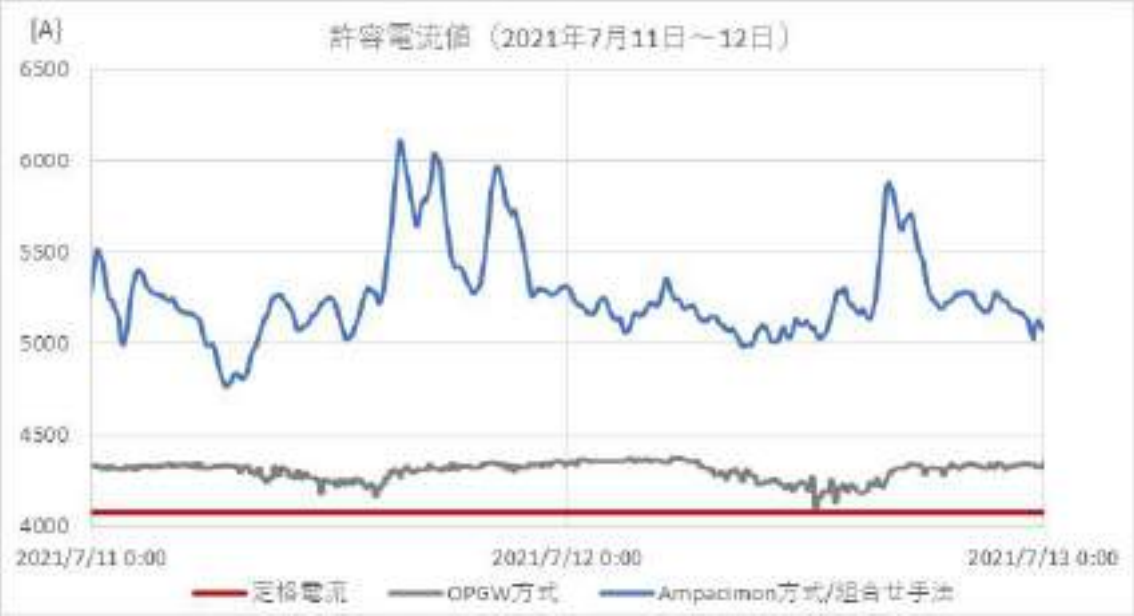


図 2.3-2：Ampacimon 方式及び組合せ手法の許容電流計算例

＜OPGW+実風速方式の検討＞

Ampacimon 方式と OPGW 方式の組合せ検討の過程で、OPGW 方式の許容電流計算に使用するパラメータを組み替えた追加の手法の検討を実施した。

複数手法の検討の結果、OPGW 方式の許容電流計算に使用する風速パラメータを固定値から実風速データに置き換えた方式（OPGW＋実風速方式）において、Ampacimon 方式に迫る許容電流格上げが見込めることを確認した。

また、実風速計測に用いる風速計は既存技術を使用しており、OPGW＋実風速方式の実用化に向けた技術的なハードルは低いことを確認した。

表 2.3-3：OPGW 方式、Ampacimon 方式及び OPGW＋実風速方式のまとめ（栃山線の場合）

		OPGW 方式	Ampacimon 方式	OPGW＋実風速方式
Ampacimon センサ有無		無し	有り	無し
許容電流計算式		電気学会式	Ampacimon 式（CIGRE 式）	
許容電流計算に使用するパラメータ	外気温度	OPGW 推定外気温	気象プロバイダデータ	OPGW 推定外気温
	風速	固定値	電線振動から算出した推定値	電線振動から算出した推定値（実風速の代替）
	日射量	固定値	気象プロバイダデータ	
許容電流格上げ量		電流定格に対し平均 6%程度の格上げ	電流定格に対し平均 30%超の格上げ	電流定格に対し平均 30％弱の格上げ
コスト	導入費用	約 60 百万円	約 5 百万円／センサ	OPGW 方式で発生する費用＋風速計 費用約 3 百万円／セット＋風速計補器費用約 3.6 百万円／台
	運用費用	ほぼ 0	約 10 百万円／年	ほぼ 0
想定使用シーン		低コストで一定の許容電流格上げを行う場合	・高コストでも大幅な許容電流格上げを行いたい場合 ・許容電流の予測機能が必要な系統向け	・Ampacimon 方式よりも安価に大幅な許容電流格上げを行いたい場合 ・許容電流の予測機能が不要な系統向け

図 2.3-3：OPGW+実風速方式の許容電流計算例

（2）豊富中川幹線での実証結果

＜DLR フィールド試験＞

東電 PG 154 kV 栃山線に設置していた光ファイバ温度測定装置を豊富中川幹線に移設し、百葉箱及び風向風速計を新たに設置して OPGW 方式及び OPGW+実風速方式のフィールド試験を実施した。

図 2.3-4：豊富中川幹線地図

表 2.3-4：フィールド試験実証内容

	使用した装置	実証内容
OPGW 方式	光ファイバ温度測	OPGW 内の光ファイバによる測温技術を用いて外

	定装置	気温を推定し、許容電流格上げ量を計算する方式。北海道内の気象条件下においても正しく動作することを確認する。
OPGW+ 実風速方式	光ファイバ温度測定装置	風向風速を計測し OPGW 方式と組み合わせることにより、更なる許容電流格上げが見込めることを確認する。
	風向風速計（4 か所）	

写真 2.3-1：DLR 各装置（左から、光ファイバ温度測定装置、百葉箱、風向風速計）

写真 2.3-2：OPGW を用いた外気温推定状況

豊富中川幹線における各方式の許容電流計算結果例を下記グラフに示す。下記グラフのとおり、OPGW 方式及び OPGW+実風速方式ともに実施可能であることを確確認した。グラフから、推定外気温が許容電流値に与える影響は小さく、風速が許容電流値に与える影響は大きいことが読み取れる。

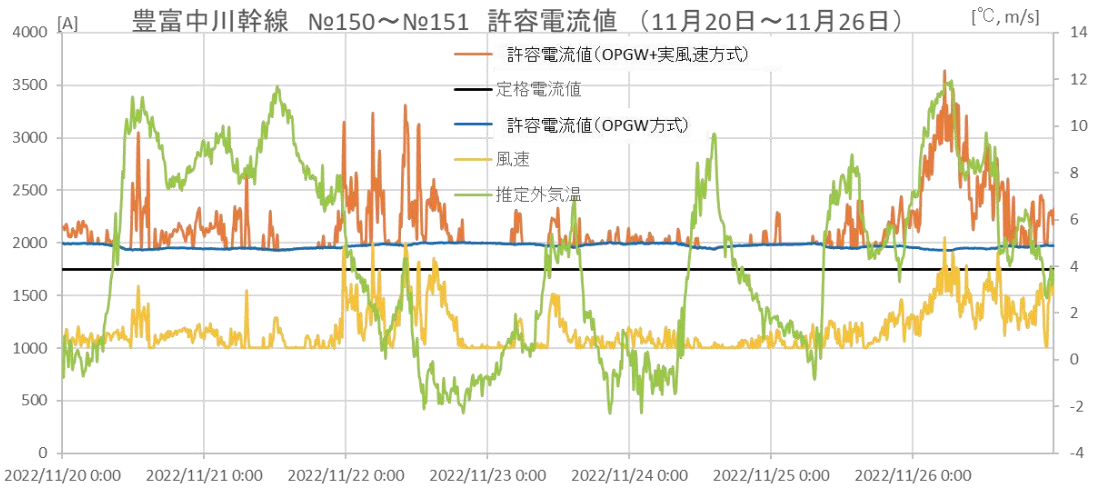


図 2.3-5：豊富中川幹線における DLR 各方式による許容電流計算例

許容電流計算結果を基に、OPGW 方式では平均約 14%、OPGW+実風速方式では平均約 24%の格上げ量が得られることを確認した。

表 2.3-5：各方式の格上げ量比較

	2022 年 10 月	2022 年 11 月	2022 年 12 月	2022 年 10 月～12 月平均
OPGW 方式	11.6%	13.0%	15.8%	13.9%
OPGW+実風速方式	19.0%	23.7%	26.6%	24.0%

※1　豊富中川幹線は 2 段定格が設定されているが、夏季の電流定格（1,752 A）で通年運用したと仮定して算出した

※2　風向風速計を設置した各径間のうち、OPGW+実風速方式の格上げ量が最も小さい径間の格上げ量を採用した

＜DLR 各方式の費用便益評価＞

DLR 各方式における許容電流計算結果を基に、DLR 各方式の費用便益評価を実施した。187 kV 豊富中川幹線に設置した場合の各方式の費用便益評価については以下のとおり。

表 2.3-6：豊富中川幹線における DLR 各方式の費用便益評価

		OPGW 方式	OPGW+実風速方式	Ampacimon 方式
Ampacimon センサ要否		不要		必要
許容電流計算式		電気学会式		CIGRE 式
許容電流計算に使用するパラメータ	周囲温度	OPGW 推定外気温		気象プロバイダデータ
	風速	固定値	実測値（一部固定値）	電線振動から算出した推定値
	日射量	固定値		気象プロバイダデータ
許容電流格上げ量		電流定格に対し 14%程度の格上げ	電流定格に対し 24%程度の格上げ	電流定格に対し 24%超の格上げ（令和 3 年度実証結果からの推定）
コスト		導入費用約 60 百万円+	OPGW 方式で発生する費用+	導入費用約 5 百万円/センサ+

	運用費用ほぼ 0	風速計費用約 1 百万円/セット+運用費用約 0.3 百万円/年	運用費用約 10 百万円/年
年間便益（※）	約 57.3 億円/年	約 99.1 億円/年	約 99.1 億円超/年
今後の展望	低コストで一定の許容電流格上げを行う場合	Ampacimon 方式より安価に大幅な許容電流格上げを行いたい場合：許容電流の予測機能が不要な北部送電等系統向け	高コストでも大幅な許容電流格上げを行いたい場合：許容電流の予測機能が必要な一般送配電事業者系統向け

※　平均格上げ量に相当する電力を北電 NW 管内の託送料金平均単価（8.75 円/kWh）で送電できると仮定して計算した

出典

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/fee/stracture/pricing/pricelist.html（2023 年 2 月 1 日閲覧）

表 2.3-7：OPGW 方式及び OPGW+実風速方式の年間便益算出根拠

	単位	OPGW 方式	OPGW+実風速方式	備考
送電電圧（a）	kV	187		
電流定格（連続）（b）	A	1,752		電線断面積 610 mm^2、周囲温度夏季 35℃、冬季 10℃想定だが、夏季の電流定格に統一
格上げ幅（c）	%	13.9%	24.0%	
格上げ容量（$d = a \times b \times \sqrt{3} \times 0.95 \times c$）	kW	74,771	129,234	三相交流、力率（0.95）を考慮
年間送電時間（e）	h/年	8,760		24 時間 365 日想定
送電単価（f）	円/kWh	8.75		託送料金平均単価（低圧供給）令和 3 年 10 月時点の北

				海道電力管内単価を採用
年間便益 （g = d × e × f）	億円/年	約 57.3	約 99.1	概算値

2.4 まとめ

東電 PG 栃山線における実証では、OPGW 方式の DLR を確立するとともに、Ampacimon 方式の性能評価も行った。そして、OPGW 方式及び Ampacimon 方式の組合せ手法を検討するなかで、Ampacimon 方式よりも安価ながら Ampacimon 方式に迫る許容電流格上げを見込める OPGW+実風速方式を見出した。

豊富中川幹線における実証では、北海道内気象条件下でも OPGW 方式が正しく動作すること及び風向風速計を用いた OPGW+実風速方式が正しく動作することを確認できた。

両送電線での実証結果をもとに、OPGW 方式、OPGW+実風速方式及び Ampacimon 方式それぞれの特徴をまとめ、費用便益評価を実施した。

3 蓄電池技術実証

3.1 蓄電池技術実証の目的・目標

平成 30 年に発生した北海道胆振東部地震による北電 NW 管内でのブラックアウトを受け、最適制御システムにおける蓄電池機能に加えて、新たに蓄電池システムを用いた技術実証業務について検討することとなった。本実証においては、出力変動を緩和する蓄電池容量の適正化の知見を得ることに加え、以下の 3 つの項目の検証を通じ、系統安定化及び再生可能エネルギーによる自立系統の構築に資することを目的とする。

1. 系統復旧早期化
2. ブラックアウト回避
3. 災害時の周辺地域への電力供給の実現可能性

実証項目としては以下の 4 項目を設定し、実証を行った。

① 蓄電池容量の更なる低減
② 出力一定運転
③ 供給力低下時の系統安定化
④ 負荷追従運転

以下、実証項目ごとにその目的・目標、プロセス及び成果を記述する。

3.1.1 蓄電池容量の更なる低減検討の目的・目標

下表に示す各種方法を用いて、約 542.5 MW の風力発電所総連系定格容量に対し、現状の 720 MWh から更に低減した蓄電池容量で出力変動緩和要件を満たせることを実証する。なお、実証として低減の可能性を示すが、720 MWh の蓄電池は発注済みであり、実際に蓄電池容量を低減して設置することはない。

＜容量低減方法＞

均し効果の検証 （容量低減への有効性：大）	現状、北部送電系統に連系する約 542.5 MW の WF について、10 分平均の風速データから推定される均し効果を考慮した上で蓄電池の必要容量を 720 MWh としている。しかし、実際にはさらに短周期の部分についても均し効果があることが想像される。実運転を通して、短周期も含めた実際の均し効果を検証する。
出力予測	下記のような新しい出力予測手法と、蓄電池制御ア

（容量低減への有効性：中）	ルゴリズムを組み合わせることで、蓄電池容量の低減を図る。（下記はあくまで例） －LFM（Local Forecast Model、気象庁の数値予報モデル）予測 －アンサンブル予測 －AI を使った予測
その他 （容量低減への有効性：小）	PCS（パワーコンディショナ）の台数制御（WF 出力に応じ、充放電運転に使用する PCS の台数を調整する）

3.1.2 出力一定運転検討の目的・目標

北電 NW 管内でのブラックアウト発生後に蓄電池システムを早期に系統へ連系させ、蓄電池に充電している電力を一定期間、一定出力で北電 NW 系統に供給することが可能かどうか検証する。北電 NW 系統が復旧していく際に確度 100%で一定出力を供給することができれば、ブラックスタートに貢献することが可能となる。

3.1.3 供給力低下時の系統安定化検討の目的・目標

北電 NW 系統において地震による電源脱落等で供給力が低下し、周波数に影響を与えた場合に、瞬時に蓄電池システムから放電し周波数を支えることで、ブラックアウトを回避できることを実証する。

3.1.4 負荷追従運転検討の目的・目標

蓄電池の一部を変動負荷として模擬する形で充電する。残りの蓄電池で負荷の変動に追従し、WF からの出なりの出力と合わせ需給一致させることができることを実証する。ブラックアウト発生後、北電 NW 系統が復旧する前に蓄電池システムと風車にて自立系統が構築できれば、今後の自立系統構築に向けて新たな知見を獲得することが期待できる。

3.2 蓄電池技術実証のプロセス

3.2.1 蓄電池容量の更なる低減検討のプロセス

○均し効果の検証

風速実測データ（10 分値）を検証することにより、均し効果の一定のポテンシャルがあることを確認した。短周期も含めた実際の均し効果については、北部送電系統の運開後に実機にて確認することとし、実証期間中におけるアクションは不要とした。

○出力予測

風況予測手法の提案コンペを実施し、電力中央研究所及び日本気象協会による風況予測手法の提案内容精査を行った。精査の結果、より精度の高い風況予測結果を提示した日本気象協会に対し、風況予測システム構築業務を発注した。

また、風況予測システムの実機適用にあたり課題となる予測の不確実性について、AIを用いた不確実性の算出（発電量幅の予測）とその性能（売電率の向上）評価を実施した。その結果、AI の適用により、出力変動緩和要件を逸脱することなく売電率の向上が見込まれることから、風況予測システム及び出力予測システムの構築を進めることとし、現地にデータ収集用 PC（Forwarder）を設置のうえデータ収集を開始した。

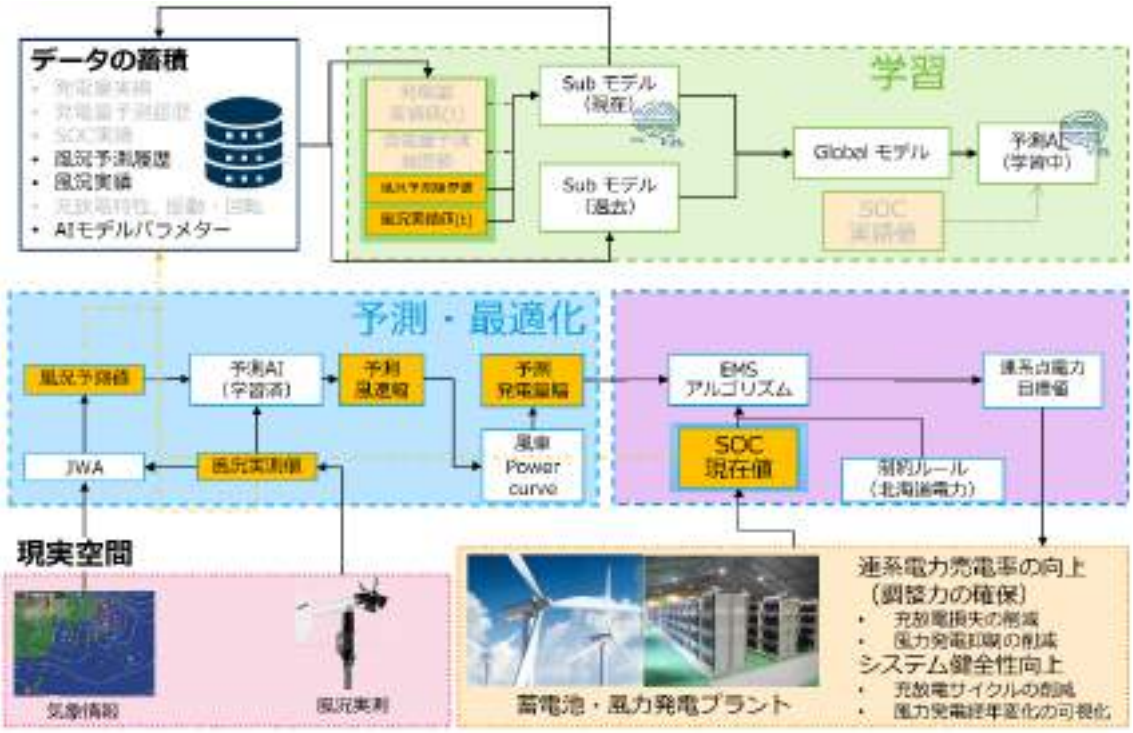


図 3.2.1-1：予測システム概念図

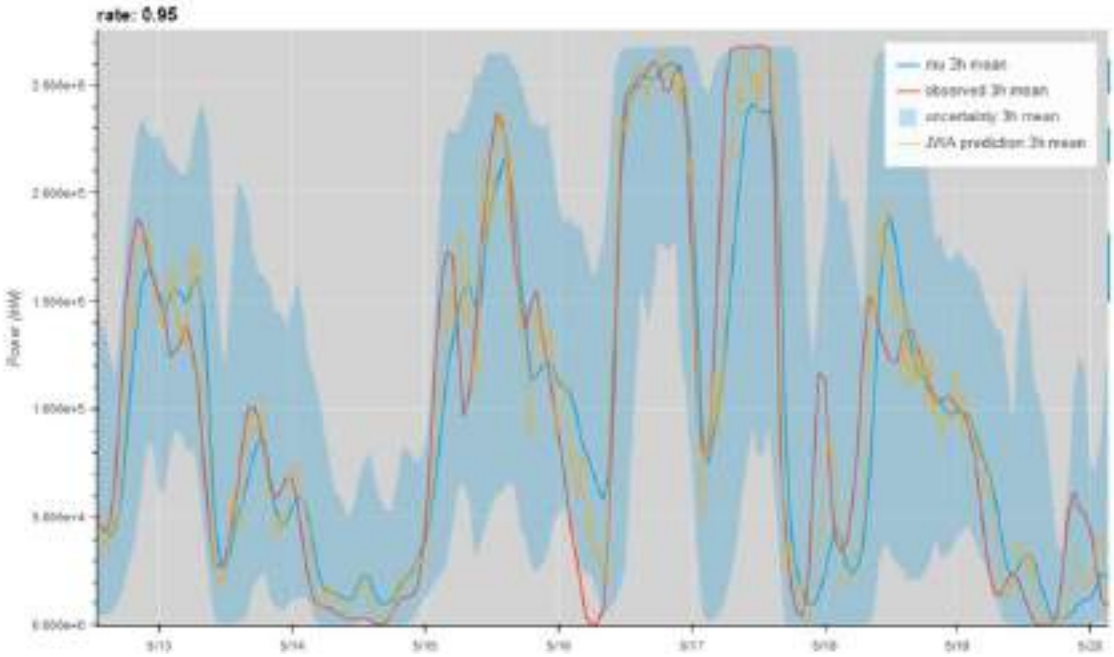


図 3.2.1-2：AI による発電量幅予測例

（図中の青帯が AI に基づく WF 発電量幅を示す）

○PCS の台数制御

最適な PCS の台数制御運転手法を検討し、合計 120 台（240 MW）ある PCS を 15 台（30 MW）ずつのグループに分けて制御することに決定した。その時々の充放電量に合わせて必要なグループのみ充放電に使用することにより、効率の良い負荷帯で PCS を運転可能となり、充放電ロスを低減できる。

当初の想定（全台同時制御）から台数制御に変更したため、蓄電池の充放電パターンが変わることによる蓄電池寿命への影響発生が懸念された。しかし、蓄電池メーカーによる検証の結果、蓄電池寿命（劣化）への影響はほぼないことを確認した。したがって、PCS 台数制御運転を運転方法の一つとして実機に適用することを決定した。その後、蓄電池充放電制御システムに本機能を追加し、実機試験にて適切に動作することを確認した。

3.2.2 出力一定運転検討のプロセス

実証に先立ち北電 NW と協議を実施し、ブラックスタート時に北電 NW 系統に連系可能となる条件の確認を行った。

1. 確度 100%で出力できること
2. ブラックスタート時の初期段階ではなく、同期化力を持つ電源がある程度連系した後に接続すること（蓄電池システムは水力発電や火力発電と同等の同期化力を持たない

ため）
3. 北本連系設備よりも早期に連系できること

上記協議結果を踏まえ、確度 100%の出力一定運転検討、蓄電池システム連系可能タイミングの検討及び慣性力模擬機能を持った PCS の事例調査を実施した。

○確度 100%の出力一定運転検討

ブラックアウト後に北電 NW から給電指令を受け、蓄電池より電力を供給する本方式は技術的に実現可能であることを確認した。

また、風況データに基づく蓄電池の充放電シミュレーションを実施した結果、90%以上の時間帯で蓄電池の SOC（State Of Charge、充電率）は 50%以上であることがわかった。したがって、北電 NW 系統でブラックアウトが発生した際に、SOC の範囲内において確度 100%の出力一定運転を実施することが可能であり、ブラックスタートに貢献しうることを確認した。

○蓄電池システム連系可能タイミングの検討

平成 30 年の北電 NW 管内ブラックアウト発生時の系統復旧手順を精査し、ブラックアウトから北豊富変電所受電までに要する時間や系統制約といった情報を基に、蓄電池システムの連系可能タイミングについて整理・検討を実施した。

系統復旧手順の精査の結果、ブラックアウト発生後に複数のローカル系統が個別に立ち上がっていたことが確認できた。これは、道北エリアのローカル系統立ち上げの際に、北部送電系統についても道北エリアのローカル系統に組み入れることにより、より早期に北電 NW 系統に連系できる可能性を示唆していると考えられる。

○慣性力模擬機能を持った PCS の事例調査

ブラックアウト発生時により早期に系統を支援できる可能性模索のため、慣性力模擬機能を持った PCS の事例調査を三菱総合研究所に依頼した。国内及び海外の事例調査の結果、海外において、PCS の慣性力模擬機能を活用した実証事例やそれを前提としたグリッドコード策定が検討されていることを確認できた。しかし、北部送電の PCS に適用するためには期間的・技術的ハードルが高いことから、実機適用は見送ることとした。なお、慣性力模擬機能とは、周波数の変化に対して自律的に有効電力を出力することにより、同期機の慣性のふるまいを模擬する機能のことを指している。

北電 NW に対し、確度 100%の出力一定運転検討結果及び蓄電池システム連系可能タイミングの検討結果を報告し、本機能の実機適用について意見を伺ったところ、北電 NW の系統復旧のプロセスとは異なるため実系統への適用は困難とのコメントがあり、

本機能の実機適用は見送ることとした。

3.2.3 供給力低下時の系統安定化検討のプロセス

本実証案のシミュレーション実施にむけて北電 NW に系統情報開示依頼を行ったが、北電 NW から系統情報を入手することはできなかった。そのため、千代田化工建設及び三菱電機と協力し、公開されている系統情報、UFR（周波数低下リレー）設定等を基に、系統負荷と脱落電源量等をパラメータとしたシミュレーションを実施した。その結果、北電 NW 系統において大規模電源が脱落した際に、蓄電池システムから電力を供給することにより一定程度系統安定化に貢献できる（負荷遮断量の減少、連系する再エネ電源の脱落量の減少）ことが確認できた。

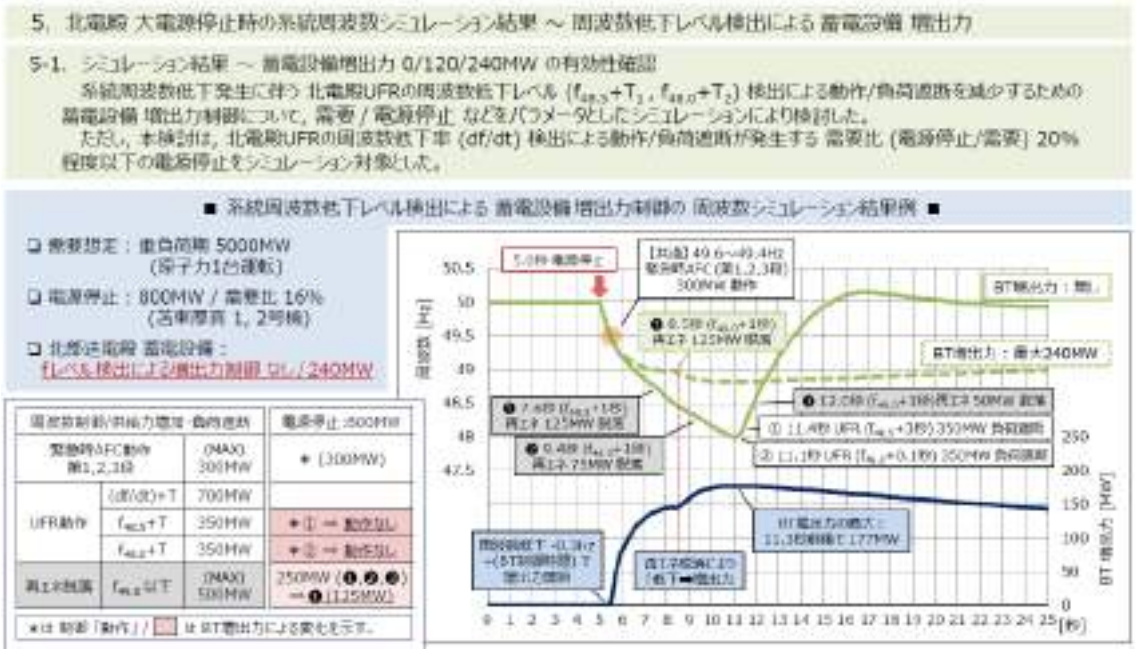


図 3.2.3-1：供給力低下時の系統安定化シミュレーション結果例

検討結果について北電 NW に報告し、UFR を用いた本機能の実機適用について意見を伺ったところ、以下のコメントを受領した。

(ア)　北部送電の検討結果については技術的に妥当と考え、また、よく調査されていると感じる。北電 NW 設備と協調動作するかなど、細かい課題はあると思うが、蓄電池としては本事象に対して有効に機能するであろうことも理解している。

(イ)　しかしながら、北電 NW 系統には今後系統安定化装置（※）を導入予定であり、この装置は UFR 等よりも高速動作することから、本事象に対しては非常に有効な解決策となる。従って現時点では北部送電に対し、蓄電池による手法を実用化してほしいと

いう要望はない。
（※）大規模電源脱落時に、活用できる一次調整力や北本連系線の電力融通可能量を考慮し、必要最低限の負荷遮断を速やかに実施する装置とのこと。

上記コメントを踏まえ、本機能の実機適用は見送ることとした。一方で、大規模電源脱落等緊急時の蓄電池有効活用の在り方について、資源エネルギー庁及び北電 NW 等と課題の整理を行い、有効活用に向けた検討を進めることとした。

令和 4 年度からは北電 NW とともに有効活用方法として、系統異常時（大規模電源脱落等が発生し周波数が低下）に当社蓄電池から緊急放電を行うことの検討を実施した。検討の結果、制御方式は自端制御とし、放電仕様としては需給調整市場における一次調整力の仕様に準じることに決定した。その後、当社にて本緊急放電機能の制御モデルを作成し、北電 NW にて解析したところ、一定の周波数低下抑制の効果が見られたことから、本仕様にて実機適用を進めることで北電 NW と合意、併せて給電協定書に織り込むことも合意した。なお、解析上、調停率は北電 NW 系統内の他発電機 GF との協調を取り 4%、不感帯は北本緊急時 AFC と協調を取り 0.5 Hz としている。また、実機適用にあたっては放電開始速度/放電量の観点で更に効果が出るように追加の解析等を実施し、パラメータのチューニングを実施していく。

制御方式	概要	懸念事項
自端制御	北部送電側で取り込める周波数等の系統情報を基に、系統異常を検知し、自律的に蓄電池からの放電を開始するもの。	北電NW系統の詳細情報*が無いことから、北部送電では本方式での仕様が決められない。 北電NWより情報提示頂くか、北電NWによる詳細検討（方式、設定値等の決定）が必要。
オンライン制御	系統異常時に北電NWから北部送電に対しオンラインで必要量（MW）、時間（h）を送信し、それを受け北部送電側からは自動で放電を開始するもの。 もしくは系統安定化装置の動作条件の設定に組み込み、協調動作させるもの。	いずれのやり方にせよ北部送電、北電NWともに設備改造とその後のメンテナンスが発生する。 また、非常時にどれくらいの出力を要求するか北電NW側主体での検討が必要。 ＊北部送電からは現状の設備（CDT）において、必要な情報は連携済み
保安電話等による手動制御	系統異常時に状況に応じて北電NWより保安電話等の手段にて必要量（MW）、時間（h）の要望を受け、北部送電側で蓄電池からの放電を手動で行うもの。	その時々の状況に応じて人の判断を取り入れた確実な対応ができるため、北部送電/北電NWともに最も導入しやすい方式ではあるが、本方式で委員の先生にご納得頂けるかどうか。

図 3.2.3-2：系統緊急時の蓄電池放電機能についての制御手法検討状況

図 3.2.3-3：系統緊急時の蓄電池放電機能についての制御手法検討状況

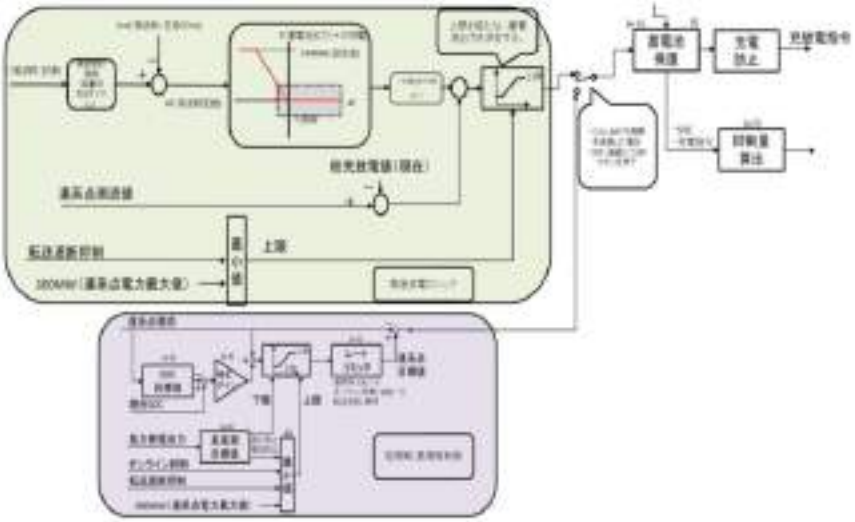


図 3.2.3-4：北電 NW と合意した蓄電池緊急放電モデル
及び通常制御との切替ロジック（緑枠内）

3.2.4 負荷追従運転検討のプロセス

○シミュレーション実施

ブラックアウト後の蓄電池システムによる自立系統の立ち上げを検証するため、風車、蓄電池 PCS、送電線等を含むシミュレーションモデルを構築し、自立系統実現の可否を評価した。その結果、自立系統は立ち上げ可能であり、風車の出力変動を考慮しても運転継続が可能であることが確認された。

PCS 4 台及び風車 1 台の構成からシミュレーションを始め、更なる自立系統の拡大可

能性及び電圧源/電流源 PCS の制御動作をシミュレーションにより確認した。

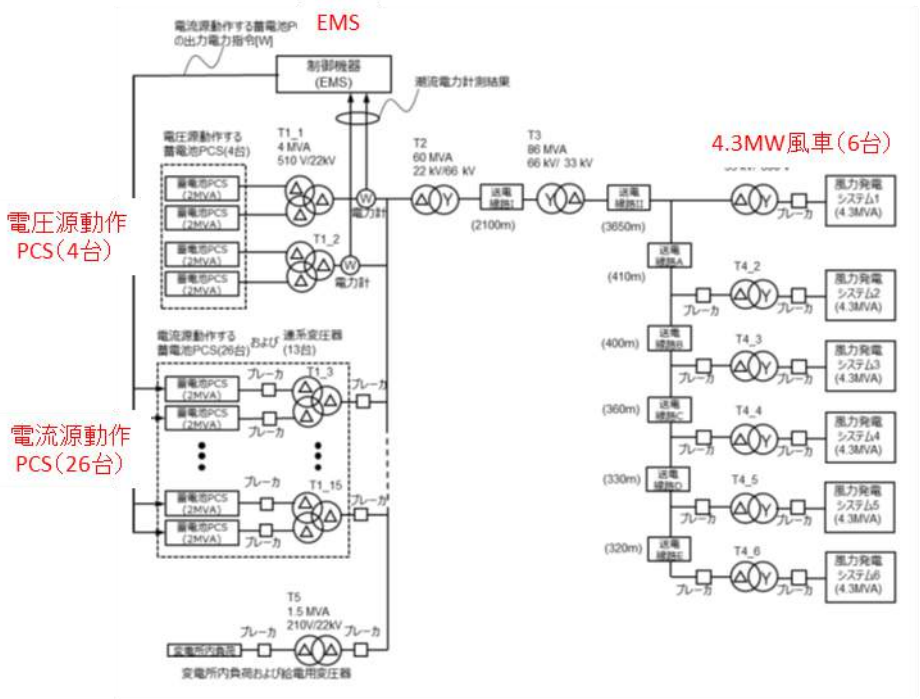


図 3.2.4-1：シミュレーションモデル

表 3.2.4-1：シミュレーション項目

実施項目	実施内容	結果
解析モデル作成	・蓄電池 PCS、北部送電系統及び風車の解析モデルへの組み込み	・完了
自立系統立ち上げ	・無負荷の状態で、電圧源動作する蓄電池 PCS4 台により自立系統立ち上げが可能かどうかの確認	・風車足下まで電圧確立し、自立系統が立ち上がることを確認
風車連系	・自立系統へ風車を連系し運転可能なことの確認 ・風車連系後、風車出力を変動・停止させた際の挙動の確認	・風車の連系が可能であること、風車出力変動があっても運転継続可能なことを確認
自立系統規模拡張	・規模を拡大した系統の立ち上げ（風車 6 台） ・自立系統立ち上げ後の	・現状の規模であれば運転可能であることを確認

	規模拡大（蓄電池 PCS+2 台）	
	・電流源動作する蓄電池 PCS を自立系統へ接続し、連系開始する際の自立系統の状態をシミュレーションにより検討	・電流源動作する PCS のモデルを作成し、正しく動作することを確認
	・自立系統に複数台の風車を接続し、連系開始する際の自立系統の状態についてシミュレーションにより検討	・風車を 6 台まで拡張し、電圧源動作する PCS との連系を確認
EMS による蓄電池 PCS 連系	・EMS によって電圧源動作する蓄電池 PCS と電流源動作する蓄電池 PCS を連携させ、発電出力変動、負荷変動を補償する動作をシミュレーションにより検討	・電圧源/電流源動作する PCS が EMS により適切に制御されることを確認 ・令和 4 年度の実機試験に向けていくつかの課題を抽出

実施したシミュレーションの結果例を図 3.2.4-2 に示す。このシミュレーションでは、WF 出力が増加した際の自立系統の挙動を確認した。シミュレーションの流れは以下のとおり。

1. 蓄電池システムにより単独系統を立ち上げる。この時点では WF 出力は 0 MW。
2. WF 出力がランプ状（11.9 MW/s）に増加する（解析上の設定）。
3. 自律動作する電圧源動作 PCS が始めに補償（充電）を開始する。
4. その後 EMS から指令を受けた電流源動作 PCS が WF 出力の変動に合わせたレートで充電を開始する。
5. 電圧源動作 PCS から電流源動作 PCS に負担が移り、電圧源動作 PCS は出力 0 に戻っていく。
6. この間、自立系統内の大きな電圧変動は起こっていない。

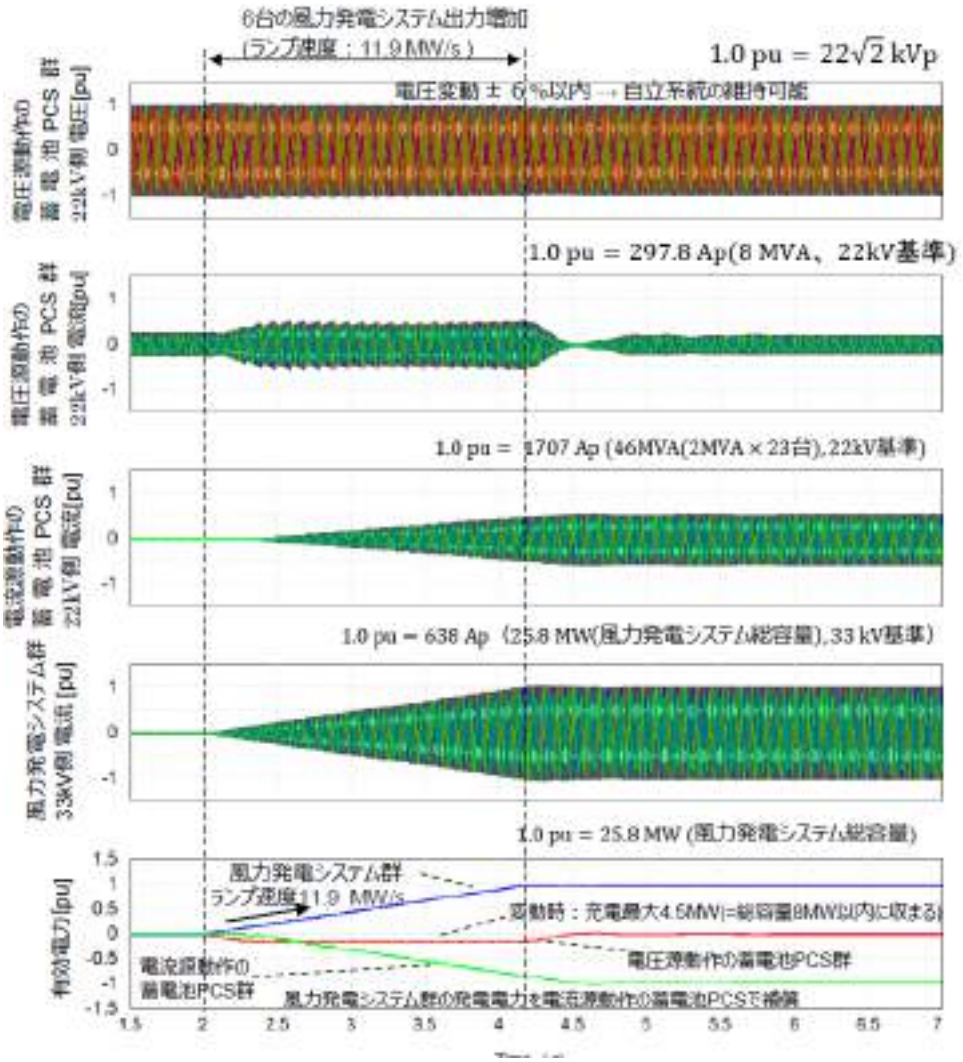


図 3.2.4-2：実施したシミュレーション結果例

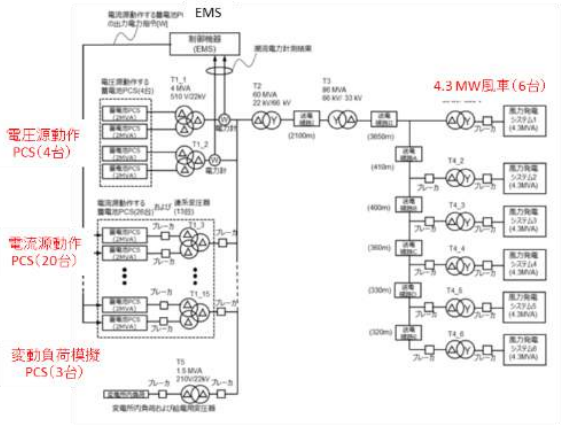
○シミュレーションで確認された課題の整理

令和 3 年度シミュレーションを実施する中で抽出された実証試験における課題について、さらに机上検討を進め、PCS 起動手法（ソフトスタート）及び変電所側・WF 側のロックが必要な保護継電器要素の検討、また単独運転検出装置の扱いなど、試験実施するにあたっての仕様を決定した。

○実機試験の実施

上記検討を経て、試験仕様書として作成し、当社蓄電池設備と実際の WF の風車を組合せ、単独系統における負荷追従試験を実施し、結果良にて完了した。試験を行う中で、風車からの出なりの出力と変動負荷を模擬した蓄電池出力に対し、電圧源動作する PCS 及び EMS により制御された電流型 PCS により有効電力、無効電力（電圧）がバランスし、自立系統が維持されていることを確認した。

実証試験に用いた系統



実施した試験内容

実施項目	実施内容	結果
北部送電設備内の自立運転機能確認	北部送電内設備において、無負荷の状態で、電圧源動作PCSと模擬負荷の間で自立系統が確立できることを検証する。	無効電力は電圧源動作PCSから供給され、自立系統の電圧確立及び系統維持されることを確認した。
	無負荷での自立系統確立を確認後、蓄電池棟内の実負荷(空調)及び模擬負荷に対し、系統維持しつつ給電可能であることを検証する。	実負荷及び模擬負荷に対しても安定的に給電できることを確認した。
風車を含めた自立運転機能確認	EMSによって電圧源動作する蓄電池PCSと電流源動作する蓄電池PCSが連携し、変動する発電電力及び負荷を補償し、自立系統が維持できることを検証する。	変動する発電電力、変動する負荷に対しても両PCSが適切に応動し系統維持できることを確認した。

図 3.2.4-3：実証試験に用いた系統及び実施した試験内容

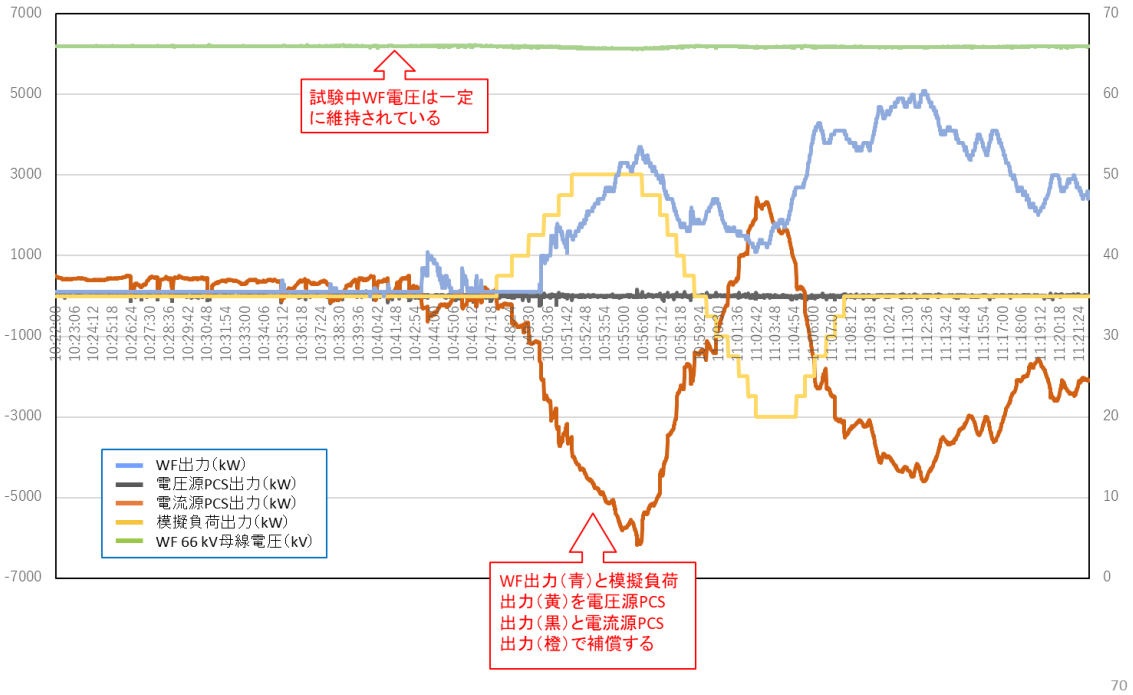


図 3.2.4-4：実機試験データ

3.3 蓄電池技術実証の成果

3.3.1 蓄電池容量の更なる低減検討の成果

○均し効果の検証

本実証事業を行う中で総合システムとして 720 MWh の蓄電池システムを構築した。設備運開（令和 5 年 3 月）後に、充放電パターン及び SOC の推移を実機から読み取り、検証を行い、均し効果が実際にどの程度なのかを確認することとしている。

○出力予測

出力予測については従来から行われている気象予測に対し、AI システムによる気象予測結果の確率分布評価を加えることにより、予測外れのリスクを抑えつつ WF 発電量を増加させることが可能なシステムの構築に成功した。完成したシステムについては装置を北豊富変電所に設置しデータ取得を開始した。データ取得については来年度以降も継続実施していき、AI の学習データが十分溜まったところで実機適用に入っていく。

○PCS の台数制御

PCS の台数制御については、蓄電池制御システムの中に機能として加え、現地試験にて機能を確認した。本制御により時々刻々と変化する充放電量に対して適切に PCS 運転台数が管理され、効率的に蓄電池システムとして運転されていることを確認した。

3.3.2 出力一定運転検討の成果

北電 NW との協議の結果、実用化までは至らなかったものの、過去に発生した北電 NW 管内のブラックスタート発生時の復旧手順を精査し、その中で、当社設備の能力としては早期の段階で復旧に貢献できることを確認した。

3.3.3 供給力低下時の系統安定化検討の成果

北電 NW と以下の項目について合意した。

・系統異常時に自端制御にて当社蓄電池から緊急放電を行い、周波数低下の抑制をサポートする機能を実装すること。

・上記機能を実機に取り入れることを給電協定書にて相互に確認すること

3.3.4 負荷追従運転検討の成果

自立系統を模擬した系統解析及びその評価を行い、自立系統構築に必要となる設備構成の把握及び自立系統立ち上げ手法の確立を行った。

また、検討した結果を用いて実機による確認試験を実施し、一定の条件下において出力が不安定である風車と変動負荷に対し、同期電源を入れることなく蓄電池設備のみで自立単独系統の立ち上げ及び系統維持が可能であることを確認した。

なお、北部送電では配電系統を持たないため、一般負荷を背負う形での実用化は困難であるが、要素技術としては確立できており、極端な外乱等のない安定した系統におい

ては他地域での活用も可能であると考える。

3.4 まとめ

本蓄電池技術実証では 4 つのテーマについて、系統に接続した大容量蓄電池の技術的な実証を行った。シミュレーション、実機試験等で有効性が認められ、実機適用に至ったテーマと技術的有効性は認められたものの実機適用するのは困難と判断したテーマに分かれるが、いずれの場合においても系統に接続する蓄電池についての有用な技術的知見が得られた結果となった。

VII　総括

今後我が国で風力発電の導入を進めるにあたり、WF で発電した電気を大消費地へと届ける送電網の整備は必要不可欠である。

本実証事業では、風力発電の適地ではあるが送電網が脆弱な北海道北部地域における風力発電導入拡大を目指し、送電網整備実証事業及び技術実証事業を実施した。

ノンファーム型接続開始等、電源接続方法が多様化する中、一般送配電事業者の送電設備増強（既設送電線電圧昇圧、鉄塔建替え）及び（187 / 100 kV）変電所・送電網新設と並走し、限られた期間で大規模電源接続を実現させた。送電事業者の振替供給を介し一般送配電事業者に接続する、発電事業者の電源接続方法の選択肢の一つを具現化させた意義は大きい。

送電網整備実証事業においては、送電線、変電所、蓄電池の各システム建設工事、また工事に伴う用地関連業務、環境影響低減調査、サイバーセキュリティ対策を実施し、その遂行にあたってオーナーズエンジニアリングを実施いただいた。

送電線建設工事においては、187 kV 豊富中川幹線、66 kV 稚内恵北線（187 kV 設計）及び 66 kV 開源線の送電線新設工事を完遂した。

変電所建設工事においては、187 kV 北豊富変電所、66 kV 稚内恵北開閉所、66 kV 開源開閉所並びに無線局及び反射板の新設工事を完遂した。

蓄電池システム建設工事においては、潮流上限 300 MW という制約、出力変動緩和要件及びその他連系上の制約を満たす蓄電池システム建設工事を完遂した。

用地関連業務においては、工事及びファイナンス組成に際し必要な土地権利確保を遅滞なく実施した。

環境影響低減調査においては、国有林のあり方調査並びに猛禽類の営巣地調査及び送電線建設工事実施期間のモニタリング調査により、ルート選定から工事完了に至るまで、環境への影響低減策を講じながら工事を完了することができた。

サイバーセキュリティ対策においては、策定したロードマップに従って各種サイバーセキュリティ対策に着手し、適切に推進した。

オーナーズエンジニアリングにおいては、年度ごとの各技術的課題に対し内容確認、検証、審査代行等の必要な技術的助勢を仰ぐことで、事業が適切に推進された。

技術実証事業においては、最適制御システム開発、ダイナミックレーティング実証及び蓄電池技術実証を実施した。

最適制御システム開発においては、蓄電池システムを含め、出力変動緩和要件、潮流

上限 300 MW という制約及びその他連系上の制約を満たす最適制御システムの開発を完了した。

ダイナミックレーティング実証においては、OPGW 方式、Ampacimon 方式及び OPGW+実風速方式それぞれの実証を実施し、各方式の費用便益評価を行った。

蓄電池技術実証においては、蓄電池容量の更なる低減、出力一定運転、供給力低下時の系統安定化及び負荷追従運転の各種実証を実施し、出力変動緩和要件対策にとどまらない蓄電池システムの活用方法について検討を行った。

上記のとおり、送電網整備実証事業及び技術実証事業ともに目標を達成し、各種系統制約を満たす送電網の構築を完了するとともに、ダイナミックレーティング及び系統に接続する蓄電池についての有用な技術的知見を得た。