



日本技術士会北海道本部 社会活動委員会(リージョナルステート研究委員会)有志

令和5年度 東北地方エネルギー施設 現地見学会の報告 その1

中 田 光 治・三 浦 展 義

1 はじめに

私たちリージョナルステート研究委員会(以下、RS 研と略称する)は、「北海道の自律と持続的な発展、活性化へ向けた技術士の役割の研究及び社会への情報発信」を活動目的として、平成8年から活動を開始してきました。

RS 研には、水素循環システム研究分科会と地域主権分科会という2つの分科会があります。今回、水素循環システム研究分科会の水素サプライチェーン検討グループチーム4名が、東北地方エネルギー施設の現地見学会を企画し、実行しました。

東北地方は、我が国エネルギー施設の先進地で、地熱発電所、洋上風力発電設備、原子力発電所、福島水素エネルギー研究フィールドなどがあります。

特に、福島水素エネルギー研究フィールドは、水素サプライチェーンの構築を実証事業としており、我々水素チームが取り組んでいる水素エネルギーの利活用のあり方を検討するうえで、大いに参考となる施設ですので、今回の見学すべき施設に取り入れました。私たちは水素エネルギーに限定せず、再生可能エネルギーを地産地消のエネルギーとして、その普及や地域活性化に取り組んでいます。そのため、地熱発電所、洋上風力発電施設なども見学すべき施設として選定しました。

このような観点から、今回実施した東北地方のエネルギー施設見学の概要を報告させていただきます。なお、この見学会寄稿文は、今回が第1回目として、見学会の概要、地熱発電所について、次号では第2回目として、洋上風力発電設備、福島水素エネルギー研究フィールドについて報告します。

2 現地見学会の概要

2.1 見学会の参加者

今回の見学会に参加した者は、以下の表に示す水素循環システム研究分科会の水素チームの有志4人でした。

表-1 現地見学会の参加者

氏名	技術士登録部門	日本技術士会 会員の有無
市川 浩樹	上下水道・衛生工学・ 総合技術監理	○
小島 誠一	電気・電子	○
中田 光治	建設・上下水道・農業・ 水産・環境・総合技術監理	○
三浦 展義	機械・総合技術監理	○

2.2 見学会の行程

今回、見学会を行った日程は、令和5年8月22日から同8月26日までの4泊5日でした。また、見学した施設は、秋田県、宮城県、福島県、青森県(宿泊場所)と東北地方のほぼ全域にわたりました。

表-2 現地見学会で見学したエネルギー施設

日時	見学日	曜日	見学施設の名称
第1日目	2023年8月22日	火	松川地熱発電所
			松川地熱館
第2日目	2023年8月23日	水	大沼地熱発電所
			能代市洋上風力発電 はまなす展望台
			秋田市洋上風力発電 飯島サンセットパーク
			上の岱地熱発電所
第3日目	2023年8月24日	木	鬼首地熱発電所
			福島水素エネルギー 研究フィールド

2.3 見学会の対象エネルギー施設の概要

今回、見学したエネルギー施設の名称、管理者は、表 3 に示す通りです。福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所は、施設の近くまで行きましたが、ちょうど 8 月 24 日から福島第一原子力発電所の処理水の海洋放出が開始された日と重なったため、施設へのアクセスが厳しく制限されており、海洋放出の様子を近くで見学することはできませんでした。

表-3 見学したエネルギー施設名称と管理者

日時	見学日	曜日	見学施設の名称	管理会社
第 1 日目	8 月 22 日	火	松川地熱発電所	東北自然エネルギー株式会社
			松川地熱館	技術本部 地熱事業部
第 2 日目	8 月 23 日	水	大沼地熱発電所	三菱マテリアル株式会社戦略本社再生可能エネルギー事業部
			能代市洋上風力発電はまなす展望台	
			秋田市洋上風力発電飯島サンセットパーク	秋田洋上風力発電株式会社管理部門
			秋田市 AOW 風みらい館	
			上の岱地熱発電所	東北自然エネルギー株式会社
			上の岱地熱発電所 PR 館	東北電力株式会社秋田支店企画管理部
			鬼首地熱発電所	電源開発株式会社鬼首地熱発電所
第 3 日目	8 月 24 日	木	福島水素エネルギー研究フィールド	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部
			福島第一原子力発電所	東京電力ホールディングス株式会社
			福島第二原子力発電所	

3 地熱発電所

3.1 我が国の地熱発電の概要

地熱発電は、地表から地下深部に浸透した雨水等が地熱によって加熱され、高温の熱水として貯えられている地熱貯留層から、坑井により地上に熱水・蒸気を取り出し、タービンを回して電気を起こす発電方式です。

地熱発電は、CO₂ の排出量がほぼゼロで環境適合性に優れ、長期間にわたって安定的な発電が可能なベースロード電源とされています。

表-4 世界主要国の地熱資源量・地熱発電設備容量 1)

国 名	地熱資源量 (万 kW)	地熱発電設備容量 (万 kW)
アメリカ	3,000	389
インドネシア	2,779	228
日本	2,347	48
ケニア	700	86
フィリピン	600	193
メキシコ	600	98
アイスランド	580	76
ニュージーランド	365	98
イタリア	327	80
ペルー	300	—

さらに、地熱発電は日本が世界第 3 位の資源量 (2,347 万 kW) を有する電源として注目を集めています。¹⁾

地熱発電の導入に当たっては、地下の開発という特性から泉源を掘り当てられるかというリスク、掘削等のコスト、温泉事業者を始めとする地域の方々の理解、開発から発電所の稼働に至るまでに 10 年を超える期間を要するといった課題が存在しています。地熱発電所の開発プロセスは、一般に次のような流れになっています。¹⁾

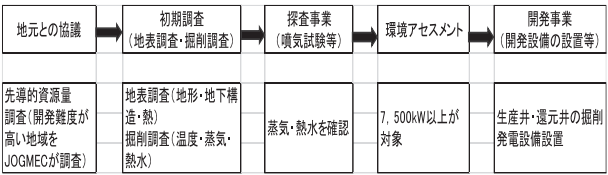


図-1 地熱発電所の開発のプロセス¹⁾

東北地方には、出力 1,000kW 以上の地熱発電所が 10 か所あり、我が国全体 24 か所の 42% を占めています。今回の見学会では、そのうちの 4 か所を見学しました。²⁾

表-5 東北地方の地熱発電所

番号	発電所名	発電事業者名	今回見学	設備容量 kW	発電電力量 MWh	最大電力 kW	稼働率 %
01	大 沼	三菱マテリアル株式会社	○	10,000	43,862	6,500	95.6
02	澄 川	三菱マテリアル株式会社		50,000	281,085	43,500	86.8
03	松 川	東北自然エネルギー株式会社	○	23,500	73,047	13,400	78.4
04	松尾八幡平	岩手地熱株式会社		7,499			
05	葛根田 1 号	東北電力株式会社		50,000	130,586	20,200	99.2
06	葛根田 2 号	東北電力株式会社		30,000	114,840	16,400	98.4
07	上の岱	東北電力株式会社	○	28,800	175,705	23,100	95.1
08	山葵沢	湯沢地熱株式会社		46,199			
09	鬼 首	電源開発株式会社	○	25,000			
10	柳津西山	東北電力株式会社		30,000	133,338	29,800	63.6

3.2 松川地熱発電所

私たちが最初に見学したのは、松川地熱発電所でした。当該発電所は、昭和 41 (1966) 年、我が国で最初に供用開始された地熱発電所です。火山帯を背負い、豊富な森林・水資源を有する松川地区で、昭和 27 (1952) 年にボーリング調査を開始しました。以来、10 年余の年月をかけて日本初、世界で 4 番目の営業運転を行う地熱発電所が完成しました。当該発電所の事業者は、東北電力株式会社グループの東北自然エネルギー株式会社です。

当該発電所は、十和田八幡平国立公園に位置して

います。南に大倉山・三ツ石山、北に丸森を望む位置にあります。このエリアは、赤川・松川・澄川等が流れ、松川温泉付近で合流しています。荒々しい山々、豊富な水量を持ち、まさに青山幽谷の趣を漂わしている場所に位置しています。³⁾

松川地熱発電所の開発事業の経緯ですが、昭和 41 (1966) 年 10 月に認可出力 9,500kW で営業運転を開始し、昭和 48 (1973) 年 4 月に出力 22,000kW に、平成 5 (1993) 年 6 月に出力 23,500kW に拡大変更しています。また、平成 28 (2016) 年 8 月には、日本機械学会の機械遺産に認定され、同年 10 月には、営業運転開始以来 50 年を達成しました。

表-6 松川地熱発電所の開発事業の経緯³⁾

元号	西暦	月	内 容
昭和 41	1966	10	運転開始、認可出力 9,500kW
昭和 43	1968	3	認可出力 20,000kW に変更
昭和 48	1973	4	認可出力 22,001kW に変更
平成 5	1993	6	タービン更新、認可出力 23,500kW に変更
平成 6	1994	10	松川地熱館落成
平成 17	2005	10	雫石町から遠隔監視システム構築
平成 28	2016	8	日本機械学会の機械遺産に認定
平成 28	2016	10	運転開始から 50 年を達成

松川地熱発電所の諸元ですが、発電機が出力 25,000kW、蒸気タービンが定格出力 23,500kW、復水器はローベル式ジェットコンデンサー式、冷却塔は自然通風式で、高さ 46m、直径 45m です。

当該発電所に隣接して、松川地熱館という PR 館があり、運転当初に使用された初代の蒸気タービンが展示されていました。さらに、開発当時の記録映画を視聴することができます。

表-7 松川地熱発電所の発電設備の諸元

項 目	諸 元
所在地	岩手県八幡平市松尾寄木
認可出力	23,500kW
蒸気輸送管	全長 約 2,400m
蒸気タービン	定格出力 23,500kW・1 台
復水器	ローベル式ジェットコンデンサー・1 基
冷却塔	自然通風式 高さ 46m、直径 45m・1 基
発電機	出力 25,000kVA・1 台 電圧：11,000V
主変圧器	容量 25,000kVA・1 台 一次電圧 10,500V、二次電圧 66,000V

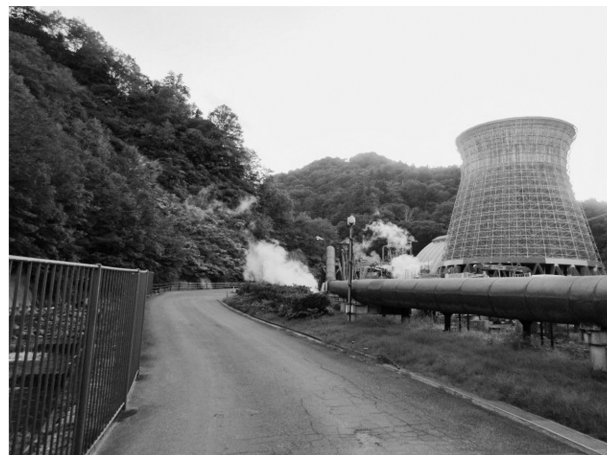


写真-1 松川地熱発電所の冷却塔の外観



写真-2 松川地熱発電所隣の松川地熱館の外観

3.3 大沼地熱発電所

2 番目の見学施設は、第 2 日目の朝に行った大沼地熱発電所でした。当該発電所は、十和田八幡平国立公園に位置しており、事業者は三菱マテリアル株式会社です。当該発電所が立地している大沼地域は、南北に延びる花輪沈降帯と東西に延びる八幡平～焼山火山列とが組み合った構造体の北部に位置しています。八幡平火山については、有史の火山活動は記録されていませんが、焼山については大同 2 (807) 年以来昭和 32 (1957) 年まで 9 回の火山活動が記録されています。⁴⁾

当該発電所の開発の経緯ですが、昭和 40 (1965) 年に、秋田県八幡平地区で地熱発電の基礎調査が開始されたことに始まりました。その後、昭和 43 (1968) 年には最初の蒸気井の掘削が開始され、さらに昭和 45 (1970) 年に地熱発電所の建設が着工されました。営業運転が開始されたのは昭和 49

(1974)年で定格出力が6,000kWでスタートし、昭和61(1986)年に出力を9,500kWに変更しました。

表-8 大沼地熱発電所の開発事業の経緯⁴⁾

元号	西暦	内 容
昭和 40	1965	八幡平地区にて基礎調査を開始
昭和 43	1968	蒸気井の掘削開始
昭和 45	1970	大沼地熱発電所の建設着工
昭和 48	1973	大沼地熱発電所から試験送電開始
昭和 49	1974	営業運転開始、出力6,000kW
昭和 61	1986	出力9,500kWに拡大変更

大沼地熱発電所の設備の諸元ですが、発電所出力が9,500kW、設備容量が10,000kW、生産井7本、還元井3本で運転されています。蒸気タービンは、単気筒衝動型復水式で、冷却塔は強制通風方式3セル型、発電機は全閉内冷型円筒型回転界磁同期発電機で出力が12,500kVA、電圧が6,600Vです。



写真-3 大沼地熱発電所の発電所建屋等の外観



写真-4 大沼地熱発電所の配管の状況



写真-5 大沼地熱発電所の生産井等の外観

表-9 大沼地熱発電所の発電設備の諸元

項 目	諸 元
所在地	秋田県鹿角市八幡平字熊沢国有林
発電所出力	9,500kW、設備容量10,000kW
生産井	7本、深度1,438m～2,030m
還元井	3本、深度636m～1,045m
蒸気タービン	単気筒衝動型復水器
復水器	バロメトリック型ゼットコンデンサー
冷却塔	自然通風式 3セル型
発電機	全閉内冷型円筒型回転界磁同期発電機 出力12,500kVA 電圧：6,600V
主変圧器	油入自冷式内鉄型CR型 容量12,000kVA 一次電圧6,600V、二次電圧66,000V

大沼地熱発電所を見学する前に、宿泊した玉川温泉も見学しました。玉川温泉が開湯されたのは、今から約330年前と言われており、地下1700mから湧出する温泉量は、毎分9,000lと1か所からの湧出量では日本一を誇っています。ヒバ造りの浴場では、数多くの浴槽の源泉濃度が各々異なり、体調に合わせて入湯することができます。温泉周囲には岩盤浴ができる屋根付きの建屋が建造されていることも、当該温泉の特徴の一つとなっています。



写真-6 玉川温泉の源泉(毎分9千lの湧出量)



写真-7 玉川温泉の源泉(岩盤浴ができる建屋)

3.4 上の岱地熱発電所

3 番目の見学施設は第 2 日目の夕方に行った上の岱地熱発電所でした。この日は朝、県北の大沼地熱発電所、その後、能代市洋上風力発電設備、秋田市洋上風力発電設備を見学した後、県南の当該発電所を回りましたので、かなりの距離を走って当該発電所に到着しました。当該発電所の事業者は、東北電力株式会社のグループ企業の東北自然エネルギー株式会社です。

上の岱地熱発電所が立地している秋田県湯沢市高松地域ですが、栗駒国定公園に位置しています。この地域は、北に大倉山、貉山(むじなやま)、南に山節岳、高松岳、子安岳があり、近くには泥湯温泉、川原毛大湯滝温泉、川原毛地獄等があります。このうち川原毛大湯滝温泉は、滝つぼがそのまま温泉になっていて、滝の流水と温泉湧水が混合されて適温になっています。今回は、時間の制約から、大変残念でしたが入湯することを見合わせました。また、川原毛地獄は硫黄岩石が露出しており地表のあちこちから高温の温泉蒸気が噴出していました。



写真-8 上の岱地熱発電所周辺の川原毛地獄外観



写真-9 上の岱地熱発電所周辺の川原毛地獄外観

上の岱地熱発電所の開発経緯ですが、昭和 56 (1981) 年に東北電力株式会社と同和鉱業株式会社が共同で地熱調査を開始したことに始まりました。その後、平成 3 (1991) 年に電源開発調整審議会で開発の承認がなされ、翌年の平成 4 (1992) 年 4 月に建設工事に着手しました。

その 2 年後の平成 6 (1994) 年 3 月に、認可出力 27,500kW で営業運転が開始されました。その後、平成 9 (1997) 年 2 月に、認可出力が 28,800kW に拡大変更され現在に至っています。⁵⁾

表-10 上の岱地熱発電所の開発事業の経緯

元号	西暦	内 容
昭和 56	1981	東北電力・同和鉱業が共同で基礎調査を開始
昭和 61	1986	同和鉱業が秋田地熱エネルギーを設立
平成 3	1991	電源開発調整審議会で開発承認
平成 4	1992	上の岱地熱発電所の建設工事着工
平成 6	1994	営業運転を開始、出力 27,500kW
平成 9	1997	認可出力 27,500kW を 28,800kW に拡大変更
平成 20	2008	東北水力地熱(株)が、蒸気供給事業を引継ぎ
平成 27	2015	東北自然エネルギー(株)に社名変更

上の岱地熱発電所の発電設備機器の諸元ですが、蒸気タービンが単気筒衝動型単流形復水タービン、発電機が横置円筒回転界磁同期発電機、冷却塔が湿式機械通風型です。生産井が 13 本、還元井が 8 本で、発電所規模が大きいことが理解できます。⁵⁾

表-11 上の岱地熱発電所の発電機器の諸元

項 目	諸 元
所在地	秋田県湯沢市高松字大日台
発電所出力	28,800kW、設備容量 28,800kW
生産井	13 本、深度 1,400m ～ 2,000m
還元井	8 本、深度 700m ～ 1,100m
蒸気タービン	単気筒衝動式単流形復水器
冷却塔	湿式機械通風型 5,400t/h
発電機	横置円筒回転界磁同期発電機 出力 30,600kVA
スケールセパレータ	横置円筒ルーバー形 容量 230t/h、1 基



写真-12 上の岱地熱発電所の PR 館の外観



写真-10 上の岱地熱発電所の生産井等の外観



写真-13 上の岱地熱発電所近傍の山葵沢地熱発電所



写真-11 上の岱地熱発電所の発電設備の状況

3.5 鬼首地熱発電所

4 番目の見学施設は第 3 日目の朝に行った鬼首（おにこうべ）地熱発電所でした。当該地熱発電所は、電源開発株式会社が管理運営しており、東北電力を介して地域に電力を供給しています。

当該発電所は、宮城県鳴子温泉郷の荒雄岳の南東斜面の標高 530m 付近に噴出する「片山地獄」に設置されています。荒雄岳は、鬼首カルデラの中心火山で、山麓の各所に火山ガスや蒸気、温泉や間欠泉の噴出口があり、鬼首温泉と呼ばれており、栗駒国定公園第一種特別地域に位置しています。

当該発電所の開発経緯ですが、昭和 48(1973)年に建設を開始し、昭和 50(1975)年 3 月に営業運転が開始されました。東北では 3 番目、全国では 4 番目の地熱発電所です。当初は、出力 9,000kW でしたが、昭和 54(1979)年に認可を受けて出力

12,500kW となりました。さらに平成 22(2010)年 2 月には 15,000kW に増強されました。この年 10 月には、高温の水蒸気が高さ 30m まで噴出し、作業員 1 人が死亡、1 人が全身に火傷を負う重症で病院に搬送される大事故が発生しました。

その後、老朽化により平成 29(2017)年に運転を停止し撤去工事を開始しました。令和 2(2020)年から設備一式更新工事を開始し、令和 5(2023 年)4 月から、新たに総出力 14,900kW の地熱発電所として生まれ変わり、営業運転を再開しました。新設のタービン・発電機には、地域の工芸品である「鳴子こけし」があしらわれています。さらに発電所に隣接して、「鬼首展示館“地熱の小さな博物館”」が併設され、地域の発電所として親しまれ地域に貢献する発電所の運営を目指しています⁶⁾。

表-12 鬼首地熱発電所の開発事業の経緯

元号	西暦	内 容
昭和 37	1962	全国 6 地点で地熱調査を開始
昭和 48	1973	鬼首で地熱発電所の建設を開始
昭和 50	1975.3	9,000kW で運転を開始
昭和 54	1979	12,500kW の認可取得
平成 22	2010.2	15,000kW へ出力を増加
平成 29	2017.3	運転停止・撤去工事開始
令和元	2019.4	設備更新工事開始
令和元	2019.9	蒸気井着工
令和 2	2020.8	火力・電気・建築設備着工
令和 4	2022.4	発電設備設置開始
令和 4	2022.11	試運転開始
令和 5	2023.4	14,900kW 営業運転開始

鬼首地熱発電所の発電設備機器の諸元ですが、今回の設備一式の更新工事は、運転後 40 年以上経過した設備を今後長期的に運用するのが目的で、タービン発電機、タービン棟建屋、発電に使用した蒸気を冷やす冷却塔建屋など主要設備一式を更新しました。

今回の計画では、栗駒国定公園第 1 種特別地域に位置することから、環境負荷(敷地広さ、建屋高さ、色彩等)に配慮した計画としています。さらに、平成 22(2010)年に起こった噴気災害の教訓を踏まえ、地表～50m の温度を測定し、高温地帯に設備を設けない安全設計とし、地中温度が高く噴気が出やすい場所にあった生産井や還元井をより安全な地点で新たに掘削しています。元々の 9 本の生産井

と 8 本の還元井を埋め戻し、新しい井戸を各々 5 本、掘削するなど、新しい井戸は種類毎にまとめる「基地型」として、敷地内で噴気事故が起こるリスクを軽減しています。

表-13 鬼首地熱発電所の発電機器の諸元

項 目	諸 元
所在地	宮城県大崎市鳴子温泉鬼首字荒尾岳
発電所出力	14,900kW
生産性	5 本(基地型)
還元性	5 本(基地型)
蒸気タービン	単気筒単流復水タービン
復水器型式	直接接触ローレベル式
冷却塔型式	機械通風式向流両吸込型
発電機型式	横軸円筒回転界磁形同期発電機
主変圧器型式	三相油入自冷式タップ切換器付



写真-14 鬼首地熱発電所の生産井設備の状況



写真-15 鬼首地熱発電所の発電建屋の状況



写真-16 鬼首地熱発電所の発電設備配管の状況



写真-17 鬼首地熱発電所の発電建屋内部の見学状況

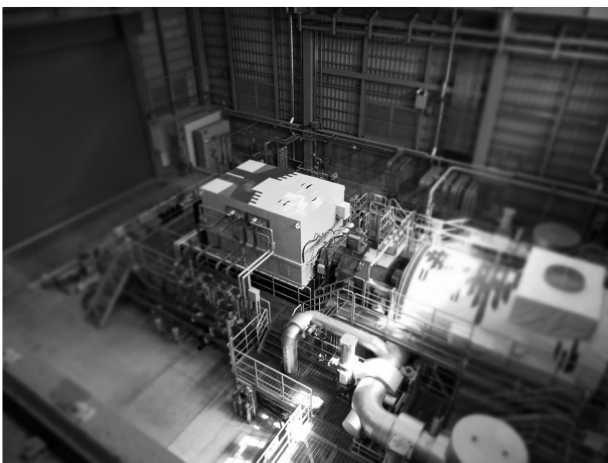


写真-18 タービン・発電機にあしらった鳴子こけし

4 終わりに

以上、東北地方現地見学会について、寄稿文その 1 として、主に見学会の概要、地熱発電所 4 施設の開発の概要や発電機器の諸元について報告させていただきました。

次号では、寄稿文その 2 として、洋上風力発電設備、福島水素エネルギー研究フィールドについて報告させていただく予定です。

今回の見学会の実施に当たり、見学を快く受け入れて下さった各施設管理者の皆様、その他関係者の皆様方に、心から感謝の意を表させていただきます。本当に、ありがとうございました。

【参考資料】

- 1) 経済産業省 エネルギー白書 2023 年版 令和 5 年 7 月 31 日 経済産業省 p.134
- 2) 地熱発電の現状と動向 2018 年 平成 31 年 3 月 一般社団法人火力原子力発電技術協会
- 3) 松川地熱発電所 パンフレット 令和 5 年 3 月 東北自然エネルギー株式会社
- 4) 大沼地熱発電所 パンフレット 令和元年 7 月 三菱マテリアル株式会社
- 5) 地熱発電 大地の資源を生かして パンフレット 令和 2 年 10 月 東北電力株式会社
- 6) 鬼首地熱発電所 設備更新工事について 説明資料 令和 5 年 8 月 24 日 電源開発株式会社 鬼首地熱発電所の概要 火力原子力発電 Dec.2023 P49-59

中 田 光 治(なかた こうじ)

技術士(建設/上下水道/農業/水産等 6 部門)

日本技術士会北海道本部 防災委員会
都市部会 防災教育 WG 社会活動委員会
リージョナルステート研究委員会 副代表
地域主権分科会 幹事長
株式会社みちのく計画 札幌事務所 所長



三 浦 展 義(みうら のぶよし)

技術士(機械/総合技術監理部門)

日本技術士会北海道本部 社会活動委員会
リージョナルステート研究委員会 委員
株式会社 IHI 北海道支社 専任技術者

