

# 報告書

# ISHIKARI INTERNATIONAL FORUM OF SUPERCONDUCTING TRANSMISSION

石狩超電導国際フォーラム

2017年6月24日(土) → 26日(月) 国際フォーラム 国際ワークショップ  
会場: 石狩市花川北コミュニティセンター 会場: 石狩市民図書館



主 催 石狩超電導国際フォーラム実行委員会（中部大学、石狩市）

協 力 石狩超電導直流送電プロジェクト推進協議会  
（中部大学、北海道大学、さくらインターネット株式会社、石狩開発株式会社、北海道、小樽市、石狩市）

特別後援 石狩超電導・直流送電システム技術研究組合  
（日揮株式会社、J F E スチール株式会社、さくらインターネット株式会社、中部大学）

後 援 経済産業省、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）  
北海道大学、一般社団法人 日本物理学会、一般社団法人 電気学会  
公益社団法人 低温工学・超電導学会、一般社団法人新金属協会

協 賛 清水建設株式会社、イーグル工業株式会社、有限会社マサキ、名古屋市 石川 専一様  
株式会社パワーユニテッド

出 展 清水建設株式会社、イーグル工業株式会社、大陽日酸株式会社、株式会社ジェック東理社  
SuperOx Japan 合同会社、アルバック・クライオ株式会社

# もくじ

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 石狩超電導国際フォーラム[フォト]・・・・・・・・・・・・・・・・        | 3  |
| 石狩超電導国際フォーラムプログラム・・・・・・・・・・・・・・・・        | 4  |
| 参加状況・・・・・・・・・・・・・・・・                     | 6  |
| 開催地あいさつ・・・・・・・・・・・・・・・・                  | 7  |
| 田岡克介 石狩市長                                |    |
| 来賓あいさつ・・・・・・・・・・・・・・・・                   | 9  |
| 高橋はるみ 北海道知事                              |    |
| 中部大学あいさつ・・・・・・・・・・・・・・・・                 | 10 |
| 飯吉厚夫 中部大学理事長・総長                          |    |
| 基調講演・・・・・・・・・・・・・・・・                     | 13 |
| 柏木孝夫 東京工業大学 特命教授                         |    |
| パネルディスカッション・・・・・・・・・・・・・・・・              | 20 |
| テーマ「革新的電力・エネルギー輸送」                       |    |
| モデレーター 本島修 中部大学学事顧問                      |    |
| パネリスト Oleg Budargin ロシアン・グリッド社 (ROSSETI) |    |
| Minwon Park 韓国昌原大学                       |    |
| Michael Tandler スウェーデン王立科学アカデミー          |    |
| Xueguang Wu 中国国家電網公司 (SGCC)              |    |
| 長田 雅史 ABB 株式会社                           |    |
| 山口 作太郎 中部大学                              |    |
| 石狩宣言・・・・・・・・・・・・・・・・                     | 32 |
| 田岡克介 石狩市長                                |    |
| 飯吉厚夫 中部大学理事長・総長                          |    |
| 総括・・・・・・・・・・・・・・・・                       | 33 |
| 増田寛也 元総務大臣 前岩手県知事                        |    |
| 施設見学会[フォト]・・・・・・・・・・・・・・・・               | 36 |
| パブリックレクチャー・・・・・・・・・・・・・・・・               | 37 |
| テーマ「石狩から始まる環境革命の時代」                      |    |
| 涌井雅之 中部大学中部高等学術研究所客員教授                   |    |
| 国際ワークショップ[フォト]・・・・・・・・・・・・・・・・           | 45 |

## 石狩超電導国際フォーラム 花川北コミュニティセンターにて開催



●来賓あいさつ 高橋はるみ



●開催地あいさつ 田岡克介



●中部大学あいさつ 飯吉厚夫



●基調講演 柏木孝夫



●日本各地及び世界から集った聴衆



●総括 増田寛也



●石狩宣言



●フォトセッション

# 石狩超電導国際フォーラムプログラム

1

## 国際フォーラム 第1日 6月24日(土) 13:00~16:50 (12:30 受付開始)

会場：花川北コミュニティセンター 1階ホール(石狩市花川北3条2丁目198-1)

|             |             |                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12:30       | 受付開始        |                                                                                                                                                                                                                        |
| 13:30-14:00 | 開催地挨拶       | 石狩市長 田岡 克介                                                                                                                                                                                                             |
|             | 来賓挨拶        | 北海道知事 高橋 はるみ                                                                                                                                                                                                           |
|             | 中部大学挨拶      | 中部大学理事長・総長 飯吉 厚夫                                                                                                                                                                                                       |
| 14:05-14:45 | 基調講演        | 東京工業大学 特命教授 柏木 孝夫<br>「異世代IoT社会の要 石狩モデル」                                                                                                                                                                                |
| 14:45-15:00 | 休憩          |                                                                                                                                                                                                                        |
| 15:00-16:10 | パネルディスカッション | <b>テーマ：「革新的電力・エネルギー輸送」</b><br>モデレーター 中部大学学事顧問 本島 修<br>・ロシア・グリッド社 (ROSSETI) Oleg Budargin<br>・韓国昌原大学 Minwon Park<br>・スウェーデン王立科学アカデミー Michael Tendler<br>・中国国家電網公司 (SGCC) Xueguang Wu<br>・ABB 株式会社 長田 雅史<br>・中部大学 山口 作太郎 |
| 16:15-16:30 | 石狩宣言        | 石狩市長 田岡 克介<br>中部大学理事長・総長 飯吉 厚夫                                                                                                                                                                                         |
| 16:30-16:50 | 総括          | 元総務大臣、前岩手県知事 増田 寛也<br>「日本電力システムの将来と石狩フォーラム」                                                                                                                                                                            |
| 16:50       | 閉会          |                                                                                                                                                                                                                        |

2

## 施設見学会 第2日 6月25日(日) 9:00~12:00 (9:00 集合予定)

集合場所：石狩市役所1階ロビー (石狩市花川北6条1丁目30番2)

内容：「石狩超電導直流送電システム」の実証研究施設(石狩湾新港地域内)の見学会

3

## パブリックレクチャー 第2日 6月25日(日) 13:30~15:00 (13:00 受付開始)

会場：石狩市総合保健センター「りんくる」(石狩市花川北6条1丁目41番1)

講師：涌井 雅之 氏(中部大学中部高等学術研究所客員教授)

題目：「第四次産業革命と北海道～石狩から始まる環境革命の時代～」

## 4

## 国際ワークショップ（研究者向け）

## International Workshop of Grid and DC superconducting power transmission line

会場：石狩市民図書館（石狩市花川北7条1丁目）

研究者を対象とした学術会議です。 ※進行は英語で行われ、同時通訳等はいません。

## 第2日 6月25日(日) 9:00～17:30 (8:30 受付開始)

|             |                               |                                                                                                      |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9:00        | 開会挨拶                          | 中部大学長 石原 修                                                                                           |
| 9:10-10:40  | Session-1<br>パワーグリッド          | <b>座長／産業技術総合研究所 奥村 元</b><br>講演① 早稲田大学 横山 隆一<br>講演② 中国国家電網公司 Xueguang Wu                              |
| 10:45-12:15 | Session-2<br>超電導ケーブルとパワーグリッド  | <b>座長／中部大学 山口 作太郎</b><br>講演③ 韓国昌原大学 Minwon Park                                                      |
| 12:15-13:30 | 昼食                            |                                                                                                      |
| 13:30-15:00 | Session-3<br>超電導ケーブル          | <b>座長／韓国昌原大学 Minwon Park</b><br>講演④ 九州工業大学 松下 照男<br>講演⑤ FGC UES R&D センター Victor Sytnikov             |
| 15:00-15:15 | 休憩                            |                                                                                                      |
| 15:15-17:30 | Session-4<br>超電導ケーブル素材とグリッド応用 | <b>座長／北海道大学 西井 準治</b><br>講演⑥ 物質・材料研究機構 北口 仁、松本 明善<br>講演⑦ 中国科学院・電気工学研究所長 Liye Xiao<br>講演⑧ 中部大学 山口 作太郎 |
| 17:30       | 終了                            |                                                                                                      |

## 第3日 6月26日(月) 9:30 受付開始

|       |       |                |
|-------|-------|----------------|
| 10:00 | 施設見学会 | WS参加者対象（英語ガイド） |
| 12:00 | 終了予定  |                |

## 参加状況

### 第1日 6月24日（土）

|            |         |
|------------|---------|
| 国際フォーラム    | 約 360 名 |
| ウェルカムパーティー | 約 200 名 |
| 合計 約 560 名 |         |

### 第2日 6月25日（日）

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 国際ワークショップ（1日目）           | 約 70 名  |
| 一般向け施設見学会                | 約 50 名  |
| パブリックレクチャー（公開講座）         | 約 100 名 |
| ワークショップ参加者と交流会（ライトパーティー） | 約 70 名  |
| 合計 約 290 名               |         |

### 第3日 6月26日（月）

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| 国際ワークショップ 研究者向け施設見学会（2日目） | 約 50 名 |
|---------------------------|--------|

## 3日間の合計

延べ約 900 名

## 参加国

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 日本 / ロシア / 中国 / 韓国 / スウェーデン | 5 カ国 |
|-----------------------------|------|

# 開催地あいさつ

石狩市長 田岡克介

皆さま、こんにちは。

石狩市で初めての国際フォーラムに大勢の皆さまにお集まりいただきまして、まず厚くお礼申し上げます。特にロシア、中国、韓国、スウェーデンなどの海外や遠くからお越しの専門家の皆さま、そして東京を始めとする、このプロジェクトの委員のようにここまで大変お世話になりました関係者の皆さま、また今日は大変お忙しい中、北海道知事である高橋知事にもお越しいただきました。本当に感謝を申し上げたいと思います。

石狩のまちはご存じのとおり、発掘により 4000 年前にサケが捕れるという人類の足跡が残されています。4000 年前の縄文時代にエネルギーがあり、植物性のたんばく質もあることから人も集まってくるという集落形成をして今日に至っておりますが、今から 150 年ほど前に石狩から石油が取れ、そしてこの石狩からつながる地域から石炭が取れたというようなエネルギーの背景もございます。また、北海道では初めてのエネルギーの輸入基地もできました。現在、民間事業者が数千億円の投資をして大変大きなエネルギー基地を形成しております。

こうした中で国からもさまざまな支援をいただきまして、かねてよりエネルギーに関するさまざまな取組を進めて参りました。

最初に取り組んだことは、どうにか雪を使うことができないかということであり、実証実験を数年行いました。その結果がデータセンターの誘致につながったということになるかと思います。そして、そうしたさまざまな動きが、東京あるいは国のお認めをいただきまして、今日の日につながったように思っております。

この席に至るまでに多くの力を貸していただいた皆さまにお礼を申し上げたいと思っております。

現在、世界中の国家が国益とエネルギーという資源を求めて戦略が展開されていることは既にご存じのとおりであります。資源の争奪はいつか歩いた道と重なると思います。最近では、平和観というものがあるが必ずしも国家間で起こることではなくて、エネルギーや宗教やものの考え方、価値観によって異なってくるという多様な価値観を持ちつつも、やはりその中であってエネルギーの存在は非常に大きな役割を持つため、この問題が片付

くと平和への現実感が非常に高まるというように考えております。

大容量の電気をロスなく送電できる技術開発は環境施策のみならず真の世界平和にもつながるということ。これは私が初めて中部大学の山口先生にお会いしたときに「もしかしたら市長、これは世界最大の平和運動につながるよ。」というお話を聞いたという記憶が残っております。そして今日、ともにこのフォーラムにご努力いただきました、飯吉理事長にごあいさつしていただいたときに同じようなお話を伺ったことが記憶に残っています。

私たちは大それたことはできません。しかし私たちが持っている原点と言いますか、真の意味のエネルギーや平和というものに小さなまちが挑戦しているということだけは、誇りを持って皆さまにお伝えしたいと思っております。



特に北緯 43 度の冷涼な地域から、地球が暖かくなってくるというこの環境の変化に対して、私たちがその役割を担うということも何となく因縁めいています。

ここに関係者一同が集まり、今まさに石狩超電導国際フォーラムが開かれようとしていることについては、少なくとも私ども石狩市民にとってはまた新しい石狩市の 1 ページを築き上げたというように思っております。

私自身も超電導と聞いただけでは何のことを言っているのか、正直言ってあまりよく分かりませんし、石狩市民は超電導と聞いただけでほとんど集まらないと思いましたが、随分たくさんの方が来てくださいました。ありがとうございます。

今日のフォーラムに至った関係者の皆さまに言葉では尽くせない感謝の思いを持ちながら、6 万人の市民とともにこの三日間のフォーラムが石狩市の発展に、北海道の発展に、日本の発展に導く素晴らしいフォーラムであることを願いながら、開催地として皆さまの心からのご歓迎を合わせて持ち、ごあいさつに代えさせていただきます。本日は誠にありがとうございました。

# 来賓あいさつ

## 北海道知事 高橋はるみ

皆さまこんにちは。

ただ今ご紹介を賜りました、地元北海道の知事をして  
おります、高橋でございます。

本日はこうして多くの方々がお集まりの中、石狩超電  
導国際フォーラムの開催、誠にありがとうございます。

今、市長からお話がございましたとおり、この国際フ  
ォーラムは石狩市さんとして初めての国際フォーラムと  
いう位置づけであり、日本海に面する大変歴史のあるこ  
の石狩市という地域において、こうした超電導の国際フ  
ォーラムが開催されますことを、私、道知事の立場から  
も大変うれしく思う次第でございます。

今日のフォーラムの準備に向けてご尽力された全ての  
皆さまに心から敬意を表すると同時に、感謝を申し上げ  
る次第であります。

超電導に関する技術に関しましては、市長からも「な  
かなか難しい分野である」という趣旨の話がございまし  
た。私自身も、実はさっぱり分からないのではありますが、  
私は知事になります前に政府で働いておりましたとき、  
経済産業省におきまして、20 年以上前でしょう  
か、この超電導という技術が世界の注目を浴び始めたこ  
ろだったと理解をしておりますが、その研究推進を日本  
国の中で進める担当官を務めた経験もある立場でござい  
まして、超電導の技術開発につきましては、大変関心を  
持ってこれまでも拝見させていただいてきたところであ  
ります。

そのような中で超電導技術に関する研究開発が北  
海道の石狩市というこの場におきまして、平成 25 年  
に超電導技術の実証の場として石狩湾新港地域で展開す  
ると政府の中心にお薦めをいただくことになったところ  
でございまして、石狩超電導・直流送電システム技術  
研究組合さまによる世界最長クラスの送電線を用いた  
数多くの研究が進められてきていると、このように認識  
するところでございます。

今日のこのフォーラムにおきましては道外、そして  
世界各地の研究者の方々にもご参加をいただき、この  
研究で得られた成果や世界各国の取組なども発表される  
と伺っており、今後の超電導技術の実用化に向けて大き



く一歩を進めることになるだろうと心から期待するこ  
ろでございます。

環境やエネルギーを巡る国際情勢は日々刻々と変化し  
ており、CO<sub>2</sub>の排出削減やエネルギーのさらなる効率  
的な利用につながる超電導技術の実用化は世界に大き  
な変化をもたらすものと考えるところでございます。

われわれ道庁といたしましても、引き続き石狩市さんあ  
るいは関係機関と連携しながらこうした石狩湾新港地域  
におけるわれわれの取組をしっかり進めていきたいと思  
っているところでございます。

あらためまして、本フォーラムの開催にご尽力された実  
行委員会の中部大学さま、そして石狩市さまを始め、  
多くの皆さま方に心から感謝を申し上げ、今日のこのフ  
ォーラムが皆さま方にとって実り多いものとなること  
を心から祈念申し上げ、ごあいさつとさせていただきます。  
ありがとうございます。

# 中部大学あいさつ

中部大学理事長・総長 飯吉厚夫

皆さまこんにちは。

本日は石狩超電導国際フォーラムに大勢の方にお集まりいただきまして誠にありがとうございます。

私は石狩市長と共催でこの会議を執行させていただいている、中部大学の飯吉でございます。

ただ今、高橋知事からは大変貴重なお言葉を賜り、厚くお礼申し上げます。

私からは皆さまに対する感謝の気持ちを込めながら、超電導のこれまで行ってきた実験結果について経緯と成果をお話したいと思っております。

まず始めにこの国際フォーラムにはロシアの送電会社、ロゼッティ（ROSSETI）の社長でいらっしゃいます Oleg・Budargin 社長を始め、韓国、それからスウェーデン王立科学アカデミー、中国国家電網公司、中国科学院、ABB 株式会社など国外からも大勢の産業技術のリーダーたちをお迎えできますことを誠にうれしく思っております。深く感謝をいたします。

私の話の内容はここに記載のとおりでございます。趣旨をお話して、あとは超電導送電技術システムの特徴と意義をお話して、それから中部大学において行ってきました R&D（研究開発）ステップのお話、それから国家プロジェクトとして石狩プロジェクトを進めてきたわけでございますが、その実証研究の概要とその成果、最後は今後の実用化へのステップをどう考えていけば良いかというお話をさせていただきます。

まず現在、世界のエネルギー事情というのは火力、原子力から太陽光、風力発電のような再生可能エネルギーに急激に移行が進んでいる状況でございます。太陽光発電のエネルギー源は太陽でございます。太陽エネルギーは無限であり人類に平等に、しかも無料で与えられているわけでありまして、これこそが持続可能なエネルギーの究極のエネルギー源だと考えることができます。

再生可能エネルギーの特徴は分散型ということでありまして、夜昼や天候の変動に左右されやすいという欠点があると言われております。超電導直流送電は送電ロスが少なく、遠距離送電が原理的に可能なので、夜昼

や天候の不安定性を平準化することができる可能性があります。

そうした送電技術にチャレンジして再生可能エネルギーの活用に力を入れていきたいということが当フォーラムの基になる超電導送電の動機になっております。

世界で初めての超電導直流送電の実験は 2005 年から愛知県春日井市の中部大学の構内で行われました。実験装置、われわれは「ケーサー 1」と呼んでおりますが、それは 20m のケーブルを使ったものでございます。次に「ケーサー 2」というものは 200m のケーブルを使い、基礎的な課題を解決して参りました。

ここで先ほども少し出ておりました超電導とは何かというご質問もあろうかと思しますので、少し超電導の簡単な説明をしておきたいと思えます。

超電導とは金属やセラミックスを冷やしていき、ある温度になると電気抵抗が 0 になるという不思議な現象が起こるわけでした、これは 20 世紀の初めにオランダのオンネスという人が発見したことであります。その後、冷却温度を上げる研究が進みましたが、1980 年に今のケースの場合は液体ヘリウムという大変低い温度である -269 度、絶対温度で 4 K という温度で初めて超電導になるわけですが、1980 年代の後半に液体ヘリウムよりも 100 度近く温度の高い液体窒素、これはよく使われているものであり皆さまもお聞きになったことがあると思いますが、この液体窒素の温度で超電導になるという物質が発見されました。

私たちがこの実験に採用しているのは液体窒素で冷やすケースでございます、材料はわが国が発見したビスマス系の酸化物の超電導体でございます。超電導送電では電気抵抗が 0 になりますので、電力損失がなくなり、遠距離送電つまり遠くまで電気を運ぶことができるという可能性があるわけでございます。

今使われている送電というのは、電気抵抗があるためにジュール熱によるロスというものが出来てしまい、遠くまではなかなか運べません。したがって非常に高い鉄塔を作り、電圧を上げて送り込むという方法を取っているわけですが、この超電導送電の場合はそれが可能になり、ある意味では将来は地球を 1 周するぐら

いの超電導線も実現可能であるということでございます。これは送電の革命と言ってよろしいかと思います。

実は今日、実際に私たちが開発しましたケーブルの一部をお持ちしております。これは銅線があり、普通はその銅線に電流を流しますが、私どもの場合はこの銅線の周りに巻いている銀色の非常に薄いシート、これが超電導体なのですが、ここに電流を流すということでもあります。もっとも電圧をかけると電気というものは抵抗の少ないところに流れるという性質がありますから、シートに選択的に流れるということであり、しかも温度は上がらず、電気ロスもないというものでございます。そしてこれは100万kW規模の原子力発電所の電気を一本で流せるのです。少し驚かれるかもしれませんが、超電導とはそうした非常に高いポテンシャルを持ったものでございます。

ただ、このケーブルを超電導化するためには周りを液体窒素で冷やさなければいけないという問題はございます。この資料に丸い導管の断面図が描いてございますが、黄色い部分が導体でございまして、その周りの青い部分は液体窒素が流れております。そして外から熱が入ってくる可能性がありますので、よく皆さまが使われている魔法瓶の原理を使い、回りを少し真空状態にして外からの熱が入らないようにするという構造になっております。そしてこの鉄管（パイプ）は大体実験に使っているものは300φですから、30cmくらいの鉄管を使い、このようにして作られた超電導送電というものは既存の超高圧の送電に比べて送電ロスが少ないこと、遠距離送電が可能なこと、再生可能エネルギーとの相性が良いこと、それから鉄塔の変わりにパイプを埋設すれば良いため軽量になることから環境調和型の送電システムというものができると思います。

問題は何かと言いますと、まだ実現、実証されていないということでございます。そこでこれまでの中部大学の実験で大変ロスの少ない結果が出たものですから、経済産業省により国家プロジェクトとして、石狩プロジェクトは2013年から2016年までの4年間に約40億の予算をいただいて、実際には千代田化工建設株式会社、住友電気工業株式会社、さくらインターネット株式会社、中部大学の4つの組織が技術組合というものを作りまして、回線1、回線2という二種類の実験線を作りました。

回線1というものは500mでございます。250kWの太陽光発電で発電して、それをその近くのさくらイン

ターネットデータセンター株式会社へ実際にフィードする実験を目的として行いました。

それから回線2は断熱二重管による液体窒素の冷却性能を最適化する実験を目的として作られたもので、二つの鉄管で熱を遮断するという仕組みになっております。

その結果は1m当たりで1Wのロスとなりました。これは大変少ないエネルギーロスであり、おそらく今世界でも一番成果が出ている値だと思っております。

このシステムを今は1.5kmですが、例えば、10kmに延長したとしますと約10分の1のロスで電力を送ることができるという予想が立つような段階になりました。いずれにしても大変ロスが少ないということであり

ます。英国の科学雑誌にネイチャーというものがございまして、一連の実験結果は2016年のそのネイチャーインデックスジャパンにわが国の革新的な技術の一つとして高い評価を受けることができました。このシステムについては明日、明後日（あさって）に見学会が予定されておりますので、ぜひご見学いただきたいと思います。

ここからの話は将来構想についてです。



三つくらいの将来計画を持っているわけですが、その1番目が10kmから20kmくらいの送配電システムの実用化・実証をしたいと考えており、現在の1.5kmのものを10km以上にしたいということ、そしていろいろな残された課題を解決していき、コストダウンも図っていきたいというものであります。

それから2番目が地方創生につながる冷温熱利用送電システム、石狩スマートシティ構想と呼んでおりますが、石狩湾新港地域というのはわが国有数の液化天然ガス（LNG）産業の集積地であり、超電導直流送電を用いてスマートシティの新しいモデル都市を造ることができないかという構想です。

そして最後の3番目。最近いろいろなグローバルグリッドの構想がいろいろなところから打ち出されております。具体的にはサハリンと本州を結んではどうだろうかというものや国際連系線であるグローバル・エネルギー・インターコネクション（GEI）という構想、それから最近中国では一帯一路構想、そのほかにもアジア・スーパーグリッド構想などが打ち上げられているわけですが、このようなグローバルな地球を取り巻くようなグリッドの送電に超電導直流送電が連携して成果を出すことができるのではないかと考えているわけでございます。

そして例えば、いつまでに10kmにするというように、将来は100kmくらいに実用化するためにはどのくらいのステップで行けば良いのかということでございます。

時間の関係で、これで終わらせていただきます。

最後にまとめさせていただきます。

石狩プロジェクトは経済産業省の支援により、旧技術組合である千代田化工建設株式会社、住友電気工業株式会社、さくらインターネット株式会社、中部大学と石狩市のご協力により遂行されたものであり、ご協力いただいた皆さま方に深く感謝を申し上げます。

そして石狩プロジェクトの詳細の報告は25日のワークショップで中部大学の山口作太郎教授が行います。

このあとのパネルディスカッションでは、次世代の革新的電力エネルギー輸送の議論をお願いすることになっております。

なお、石狩プロジェクトの設備は引き続き研究開発に使われて、新しい技術組合である日揮株式会社、JFEスチール株式会社、さくらインターネット株式会社、中部大学に引き継がれて発展した開発を行うことになっております。さらに、オープンイノベーションを目指す研

究会が近々発足いたします。ぜひ皆さまに奮ってご参加をいただきたいというように考えてございます。

以上で私の話は終わらせていただきます。ご清聴どうもありがとうございました。

## 基調講演

### 「異世代 IoT 社会の要 石狩モデル」

東京工業大学 特命教授 柏木孝夫

ご紹介いただきました柏木でございます。時間を40分いただいておりますので、たっぷりお話しできると思います。

今日、私は三つお話ししようと思っております、一つ目は日本政府が今、世界的に公表しております超スマート社会、Society5.0と呼んでいるもののことです。これは私も参加させていただいておりますが内閣府の中で、ドイツがSociety4.0というIoTを使って産業構造を合理的に持ってくるということを行っていることに對し、それを越えたSociety5.0というものを定義しております。これはわが国が最初に言ったことだろうと思っております。その内容を一つ目にお話します。

二つ目はその内容を受け、今安倍首相が世界に発信している技術的な内容があります。この資料にも出していますが、エネルギー・環境イノベーション戦略、通称NESTI2050と呼ばれていますが、たまたま私は座長としてずっとこちらをまとめ上げて参りましたので、人の受け売りではないこともあり、この内容と超電導の有効性あるいは意義、この辺りを2番目に持ってきたと思います。

そして3番目が石狩スマートシティ、すなわち石狩市の中にいろいろな熱源があり、なおかつ世界でもっとも進んだ直流超電導、こうしたものを駆使した石狩モデルの重要性と国際展開、これで結言にしたいと思っておりますので、いつお休みになってお目覚めになってもこの順番でまいりますので気楽に聞いていただければと思います。

まず日本政府が今言っております超スマート社会、Society5.0とはどういうことかと言いますと、今までとは異なる、異次元の社会がこれから広がっていくのだということをわれわれは主張しているということです。

Society5.0の意味は非常に単純です。Society1.0は狩猟社会（ハンティング・ワールド）から始まり、2.0が農耕社会、3.0が工業化社会（インダストリアル・ソサエティ）、4.0が少し前まで言われていた情報化社会ということです。これが5.0になりますと、情報化社会の要であるインターネットが、ある意味ではIoTワールドという



ことになるのです。インターネットにいろいろなものがつながるとIoT自体がInternet of ThingsということになっていますがEverythingと言っても過言ではなくなります。いろいろなものが全部つながっていくと、ある意味でビッグデータとなります。データ数が増えなければ処理する人間がどうにか感知してソリューション（解決）ができますが、IoTが異次元のIoTワールドになってくるとデータ数が二乗や三乗で増えるという話になり、これはもうヒューマンインターフェースでは答えを出せなくなります。よって“Artificial Intelligence”AI（人工知能）がソリューションを出してくれるということになります。

この三点セット、IoT、ビッグデータ、そしてAIで一つの本格的なデジタル革命が起きるということです。

そしてこれと今まで何となく自動化などと言われていた白物、黒物家電も分類されるわけです。例えば、インターネットから人の指示が入らなくても一番電力消費が

少ない、あるいはピークが出ないような動かし方をするというようなことを可能にするということです。これは人が常に細かくコントロールするということは大変であり、今までのエアコンのように温度を一定に保つなどという単純なオーダーではないのです。

これからエアコンも変わります。朝の電気代が安い時間に蓄冷しておいて電気代が高くなったら送風モードでこれを冷房に出してやる。そして冷蔵庫もまた変わっていくわけです。電気が安い時間に氷温庫の中に氷をマイナス 10 度などで凍らせておいて高くなったら送風モードで冷蔵庫内を冷やす。これが電力の負荷平準化ということになりますし、電力代をコストミニマムにすることになる。これが日本の発展にもなり、世界にも普及していくということです。

すなわちこの IoT、ビッグデータ、AI、この三点セットをサイバー層のレイヤーズということでサイバーレイヤーと呼んでいます、これと黒物家電、白物家電、これは物理レイヤーと呼んでいます。そうしたサイバー層と物理層が密接に関連し合ってヒューマンオリエンティッド、人間のゆとりと豊かさが極大になるような形の社会を超スマート社会とわれわれは定義したのです。これが Society5.0 です。

そうなると今の IoT というものも、例えば、私も大学といくつかの一般社団と一般財団の理事長を兼務しています、体は一つしかないので理事長室と教授室を行ったり来たりしているのですが、スカイプで会議をやることもあるわけです。昔はスライドみたいで、ぱっぱっぱと連続で動かないものでした。それが東芝などで作っているフラッシュメモリー、これは日本の宝かもしれませんね、こうしたものが集積したことによって今は動画と同じような形で動きます。小型のスマホぐらいですとまだ完全にスムーズとは言えませんが、そのほかのものはスムーズです。

インターネットの時代が今は 4G と言われています。4G と言うと“Fourth generation”ということです。そして 1G が大体 1990 年代から始まりました。90 年代から始まってそのときのスピードを 1 としましょうか、インターネットの通信速度が、2G、3G、4G となり、第 4 世代が今です。どのくらいの速度になったかは大体お分かりですよね。1 万倍です。したがってこれだけいろいろな意味で IoT の社会が広がり、インターネットが本当に社会の中に定着してきたと言われているゆえんがここにあるわけですね。

これから 3 年後の 2019 年、われわれは 2020 問題と言っていますが、オリンピック、パラリンピックが東京で行われます。これを東京で行うということは一つの象徴であって、オールジャパンで全体がいろいろな意味での本当の異世代 IoT の社会というものが国内全体で開けてくる。これはこの石狩の地がもっとも早いかもしれない。私はそう思っているわけです。ですから石狩モデルということ積極的に打ち出していく必要があるのではないかとこう思っています。

5G の世界に今ようやく実証試験が始まったばかりです。これを今、世界で競っています。ですから工業国家日本、情報国家日本あるいは技術立国日本としてはこれに対してもっとも先進的なモデルをいち早く進めていく必要があるとわれわれは思っているのです。

5G の世界になりますと 4G の世界のスピードから 10 倍、あるいは 100 倍の通信スピードになると言われています。すなわち最初のジェネレーション（世代）から比べますと 10 万倍、100 万倍のスピードですから、これで本格的な異次元の IoT ワールドが開けてくるのだということになります。

ですから、例えば、amazon などではもうドローンを飛ばし、いろいろな情報をチェックしながら本格的に始めていますね。amazon はクレジットカードさえ入れておけばスーパーマーケットで買い物ができるわけですよ。ゲートを潜ると顔が認証されて、買い物かごの中にもものを入れていくとそれが全部チェックされ、返せばそれが引かれていく。最後に買うものだけをかごに入れて出口であるゲートを潜れば自動的に全部カウントされて、クレジットカードにそれがチャージされており、あとは車に積み込む、それで買い物が終わる。この時代が異世代、異次元 IoT ワールドだということです。要するに 5G の世界になるとこうした空間的にも、時間的にも極めてスピーディーな社会が成立してきて異次元の超スマート社会が実現する。そのように私どもは考えています。

この社会があと数年で来るのだから、例えば、3 年後にはかなり大きなパーシャル（部分）だと思いますが、まち全体と言うよりもその中の一部分にこのような社会が広がってくる。石狩の真ん中にこれができるのか、石狩工業団地、異世代 IoT ワールドの工業団地、工業社会（インダストリアル・ソサエティ）ができる。こういうことになるわけです。

これらのことを頭に置きながら、2 番目のポイントに入ります。今アメリカが COP21 を離脱などと言ってい

ますが、気候変動問題というものは今世紀最大の国際政治課題です。今まで化石燃料系のエネルギーを使って発展してきた先進国家がそのままずっとそのエネルギーを使い続けて良いかというと、そのようなことは全くありません。例えば、シェールオイルなどは別にして、今あるイーザーオイルを、富士山を計量カップにして計ると、今確認されている原油の埋蔵量は 1.6 兆バレルですから、富士山は 1 杯が 3 兆バレルなので 0.6 杯しかないのです。1 杯ないのですよ。

中国もこれからどんどん伸びていくでしょう。そして石油を使い出したらあつという間になくなります。したがってそうした意味ではこれからのエネルギー環境は世界最大の国際政治課題であり、今までは“Low carbon society”（低炭素化社会）と言っていましたが、パリ協定はある意味では脱“Carbon society”、“Decarbonization society”ということになるのではないかと私は思います。そしてアメリカも COP21 を離脱しても環境問題に関しては積極的にやると表明しています。あるいはフェデラル(連邦)はそのようなスタンスをとるかもしれないが、うちのステート(州)はこのパリ協定の一端を担いながら州としてやっていこう、一企業としてやっていこうという動きがあるわけですから、これはもう今世紀最大の国際政治課題だと私は思っています。

そのような中で COP21 のときに安倍首相が何をおっしゃったかと言うと、日本のエネルギー、環境関連の技術を持って世界の CO<sub>2</sub> の削減に積極的に貢献するということをおっしゃって帰ってこられました。それで内閣官房、内閣府を通して一番分かっている人が安倍首相の発言をまとめるよう指示され、まとめられたものがこの NESTI2050（エネルギー・環境イノベーション戦略）です。そしてこれは今言ったような Society5.0 の社会にあって、その中でサイバーレイヤーにある異世代 IoT、ビッグデータ処理、それから AI。このサイバーレイヤーを間違いなく機能させるために必要であり、日本の特色が活かしてほかの国の追随を許さないようなコア技術は何かということのをわれわれは考えたわけです。これには日本がこれから主導していけるだろうという技術を考え、三つのコア技術を入れています。

一つは IoT が機能するということはセンサーテクノロジーが重要だということです。そして日本はセンサーテクノロジーが強いのです。感温センサーなどさまざまなセンサーは面的な画像処理技術が必要です。画像処理となるとデータ数が二乗で増えていき、立体のセンサーとなれば

三乗で増えてくわけです。そうした意味ではセンサーテクノロジーなくして、IoT ワールド、ひいては超スマート社会は実現できません。そして日本は間違いなく、この先進的なセンサーテクノロジーを持っているということです。

それからパワーエレクトロニクス。これは電力半導体、パワー半導体ですね。これも日本は強いです。世界の中でもパワー半導体に関しては負けない自信があります。そしてパワー半導体と IoT は密接に結びついていますから、このテクノロジーは推進していこうということです。

それから三つ目が、どう考えてみても超電導だという結論が出ています。これはいろいろなことを考え、いろいろな役所、JST（科学技術振興機構）や文科省、そしてもちろん経産省を含め、各省庁、技術庁などでいろいろと考えて、超電導は昔から日本では組合を作って公的資金も投入し、進めてきたわけです。それがようやくこの石狩の地で花開こうとしている。これは中部大学さんもリスクをとり、非常に積極的に先駆的な試みをしておられるのだと私は思い、非常に敬意を表しております。

石狩の工業団地の中で直流かつ窒素レベルでの超電導の実証をしている。そしてここにはどのようなモデルがあるかと言うと、北海道ガスさんが造っておられる天然ガス、液化天然ガス（LNG）の基地があります。この施設では天然ガスを -162 度に冷却していますね。この -162 度まであればもう少し低い、例えば、-180 度、-190 度のレベルまではまだ差がありますが、-162 度の冷熱を使い、酸素と窒素の塊である空気を少しのエネルギーを利用して液体窒素にすることができるのです。つまりそういう意味ではこの冷熱をうまく使って少ない動力で液体窒素も作れるということです。そして液体窒素が作れるということはそれを高温超電導に活かせるわけです。

高温と言っておりますが、液体ヘリウムから言えば随分高い温度のため高温と表現しており、実際は -196 度くらいのレベルです。そしてその高温超電導が利用できれば本当に抵抗が 0 に近くなるわけです。抵抗がなくなるわけですから 1 回電流を通せばスケートのようにスムーズに流れるのです。つまり 1 回電力を流せばくるくる回ってくれるため、SMES（スメス）のような形で蓄電もできることになりますね。抵抗があればそれが外れて終わってしまいますが、それがほとんど 0 ということになりますと電力貯蔵までも可能にする可能性がある。そういった優れものだと私は思っています。

これが液体ヘリウムのレベルですと絶対零度に近い

め、なかなか造ることが大変です。しかし-196 度と言うと液体窒素のレベルで-200 度よりも少し高いくらいです。そうなりますと液体窒素は普段からあるし、LNG の冷熱をうまく利用すればそうしたことができるようになるのではないかということから、われわれはこの異世代 IoT、Society5.0 を実現するためのコアテクノロジーとして三つ目にこの超電導体を挙げました。

超電導体と一口に言っても、われわれは二つの大きな目的があってこれを挙げました。一つは地球に鉢巻きができるということです。要するに、ゴビ砂漠やアラビックの方の砂漠のようなところに太陽光を三つくらい入れば、どこかでは必ず日が照っているため地球で鉢巻きをする、つまりつなぐと良い。そして超電導体を利用できれば鉢巻きができるということです。

普通の銅のケーブルでは、日本は長いからと言うかも知れませんが日本国内ですら難しいです。それは例えば、日本に発電所があったとして、大体需要地は遠く離れたところにあります。しかし、日本全体の 5 %を送電ロスだけで占めているわけです。抵抗値の少ない銅線を使ってすら 5 %の送電ロスがある。しかし超電導体にすればロスがほとんど 0 になるため、そうした意味で地球に鉢巻きができるということは、これからの送電システムとして非常に効果的であり、それによって世界中の国際インフラができていくだろうという意図もあって、われわれは安倍首相に世界的にこれを言ってほしいと考え、入れたコアテクノロジーの中の一つが超電導だということです。

もう一つが省エネルギーに非常に役立つのだということです。モーターやコイルの部分を超電導体で巻きなおすと非常に省エネルギーになります。数が多いモーターなどを超電導体に置き換えることによって極めて大きな省エネルギー効果を発揮するという意図と、超電導にはビスマス系などいろいろな系統がありますが、その中でもビスマス系にはその効果が強いということがあり、この超電導テクノロジーをコアテクノロジーとして位置づけたということです。ここに書いてあるとおりですね。

NESTI2050 について、あとはこの下の方に重要なことを簡単に述べておきます。省エネルギー、創エネルギー、それから地球エネルギー。そして日本のお家芸である蓄エネルギーと言うトリチウムイオン、これは直流ですね。もちろんこれには再生可能エネルギーをうまく取り込んでいくということです。

先ほどさくらインターネットさんのところに視察に行かせていただきました。そこにはメガソーラーがあっ

て、太陽光や蓄電池などは全て交流ではなく直流ですから、それを系統（グリッド）に流すために直流から交流に DC/AC コンバータ、バーコンと呼ばれているものを日本は多く使い、その際にロスが出ているのです。ところが直流、直流でいけばロスがなくなります。そうした意味では今の直流をそのままうまく活かし、超電導体で直流のまま送り、そしてこれでさらに直流の機器を動かしてやるということによって、AC/DC コンバータ、DC/AC コンバータはいらなくなるわけです。

そしてグリッドに流すということになると、今度はある程度の直流のループを作るくらいのことを考えなければいけないのです。特に日本の場合には 50Hz、60Hz で FC（フリークエンスチェンジ）がちょうど中部電力さんの真ん中にあるのです。ですから 50Hz・60Hz から 60Hz・50Hz へ移していくことは電力会社にとってはある意味では障壁が守れるということであり、悪い話ではないかもしれません。しかし私が委員をやらせていただいております総合科学技術・イノベーション会議の下で専門課題調査会というもので、最近日本は少しスケールが小さいのではないかという話があり、大きなスケールでの国家戦略というものを技術の中でやる必要があるのではないかと考えています。

超電導ケーブルを 10km くらいまで一つの冷却装置でできるとなれば 100km に 10km 単位で 10 個置けば良いのです。これが 1 km で液体窒素が全部蒸発してなくなってしまうということだと困るのですが、10km を一つのタームにして一つのユニットができれば 100 km も決して夢ではありません。そして 100 km が夢でなければ 1000 km も夢ではないということになるのです。

そうした意味でこの石狩で実証したものをうまく活用し、直流超電導、一部超電導でも良いですが、直流送電でこの日本の本州を、あるいは本州から囲むような形でつなぎ、そして例えば、風車を中に取り込んでいく、あるいはメガソーラーをそこに取り込んでいくというように日本全体の周りを直流で流し、そして超電導体の中に入れられるようなエネルギー技術の高いところはどんどんエネルギーを送らなければなりませんので、そうしたところは抵抗がほとんどない超電導体にしてやるというようにパーシャル（部分的）な形で良いと思うのです。日本全体をこうしたループで囲んでしまえば地産地消のいろいろな地域でその特色が選べます。例えば、うちはバイオマスがあるからバイオマスのウッドパワーでゴミ焼却場と一緒に大きなものをやるのだ、そしてそれを沿

岸部にて水で冷却し、すぐ側にある直流送電で流してやる。そして50HzのところはDC/ACコンバータで50kmごとにグリッドで送ってやる場合もあれば、沿岸部にある工場が直流であればそのまま直流で電気をもらえば良いのです。そのくらいのコンセプトをあげても良いのではないかと私は思っています。

そうした意味ではこのようなことを広く考え、頭に置いて、今言ったようなNESTI2050の中にこれを選ばせていただいた。そして今言ったような中に、例えば、蓄エネルギーですと次世代電池、これは車が電化しますからね。この電池も直流なため、直流のまま蓄電しているということです。リチウムイオンもそうです。今はリチウムイオンが全盛ですが20年後には分かりません。まず固体電池になるだろうとわれわれは考えています。

こういうものがあって、安倍政権にNESTI2050を世界へ向けて発言していただくときに、私どもが何を言ったかということ、リチウムイオンのコストの10分の1でエネルギー密度が7倍とすると、今と同じセダンの車で下のシャシーの部分にお弁当箱のようなバッテリーをずっと積むわけですね。すると1回の充電で700km走ります。今のFCV（燃料電池自動車）と同じくらい走る。これが電気自動車ですと、また直流の有効性が重要になってきます。そしてここにCO<sub>2</sub>の問題が掛かってきますと、どうしても変動成分のある太陽光や風力などをうまく活用してCO<sub>2</sub>フリーの電力で車が走るということになります。

先ほども言ったように富士山を計量カップにして石油を計ると0.6杯しかないのです。石油が1杯ないという世界の中において、自然の理を活かしながら、直流のあるいは超電導というものを活かしながら、エネルギーを面的に国内全体での融通ができるようなシステムをわれわれが築いていけば電力もまたCO<sub>2</sub>フリーで走るようになるということです。

今日は中国の方もいらっしゃっていますね。今中国で電気自動車を推進しておられることは、非常に良いことだと思います。しかし、現状において中国はまだ約70%は石炭火力による発電だと思うのです。ですから、ある意味では石炭火力の電力で車を動かしたとしてもCO<sub>2</sub>がそれほど減るわけではないですね。そうすると日本のプリウスのようなガソリンと電気を燃料とするハイブリッド車の方が1km当たりのCO<sub>2</sub>の排出量が少ないのではないかとわれわれは試算しています。ただ、中国がこれから原子力を進める、あるいは自然エネルギーを進

めるということになってきますと、系統の電力のCO<sub>2</sub>排出原単位がぐっと減ってきます。それを見越して電気自動車をこれからどんどん進めていくのだということを考えておられるのだろうと私どもは推察しております。

いずれにしても、日本国内をうまく囲むような直流&超電導送電ループというものが非常に重要になってくる。そこでは私たちは車を含め、ものに関してはライフサイクル的に考えなければいけないということも合わせて蓄電システムや水素の時代といったものも安倍さんには言っていたくというようにしているのであります。

三つ目のポイントに移りますと、こうしたことを頭に入れた上で、石狩モデルは間違いなく日本の中では最先端モデルです。ほかに行っているところはないのです。したがってここに市民の方いらっしゃっていますが、やはり石狩市のまちはエネルギーと技術を持ち、そしてそれが次世代型の異世代IoTを実現できる唯一の実証、あるいはもう実装に入った市であるという自負をお持ちになる必要があるのではないかと私は思っています。

そして例えば、ビッグデータが増えてくるとデータセンターというものは要所、要所にできてきます。データセンターというものはデータの塊ですから、大きなコンピュータで全部を処理しなければいけないのです。そしてdemand side（需要側面）には東京あるいは仙台などのいろいろな端末のパソコンがたくさんあるわけです。そのホストコンピューティングをこのデータセンターの中でやるとなると膨大な熱を発生します。北海道のような比較的気候が良く、低温であり、あまり暑くなく、冷房負荷が少なく済む、こうしたところでやることのメリットはもちろん大きいのです。韓国もそうですね。韓国も冬が寒く、札幌と大体同じような気候だと思います。ですから孫正義さんは韓国にソフトバンクのデータセンターを置いているわけです。そうした意味では中国にもたくさんデータセンターがありますね。つまり寒冷地のところにはデータセンターができるということです。

データセンターがあるところにエネルギー消費があるわけです。エネルギー消費があるところに、もちろん原子力発電所を造ることも可能でしょう。それから分散型の電源を入れることも可能でしょう。そして分散型電源を入れるということは大体が都市ガスになりますね。あるいはバイオ発酵をして、そのナチュラルガス、バイオガスで発電することも可能でしょう。そして石狩と同じように大体沿岸部にそのLNG基地があるわけです。沿岸部に基地があり、そして冷熱がある。その冷熱を使っ

てエアリキッドで空気を分離して液体窒素を作り、超電導直流送電を 10km なら 10km やるといことです。そこにはデータ処理センターがあり、あるいは直流の工業地帯がその前に全部拓けてくる。これを石狩はやっているわけです。

工業地帯のど真ん中にさくらインターネットがあるわけですね。そして周りにいろいろな工場地帯がある。工場なくして生産性は上がりませんね。そしてどこもこれから発展していくのです。大幅に伸びていくところは工業国家を目指すのです。もちろん農業もなければいけません。農業国家より立ち上がりやすくするためには工業化を進めることになりますので、そういう意味でこの石狩モデルは工業地帯の中であって、もう少し大きな工業の電力立地などの産業融資をしていくということが非常に大事になってくるのではないかと思います。

そして、そうなりますとハブ（拠点）ができてきますね。するとそこにはデータセンターがあり、LNG の基地があり、それからそれでコンバインドサイクル発電をしたり、分散型のガスエンジンで発電したりするのです。ガスエンジンも今は非常に発電効率が良く、少し大きなガスエンジンで 50% です。川崎重工というところのガスエンジンはグリーンガスエンジンと言うのですが、7,800kW つまり 7.8MW です。そして先ほどさくらインターネットの社長さんと少しお話をしていた際、さくらインターネットのピークをまかなうのに必要な電力は 30MW だと言っていました。ですから、ピークをまかなうだけの電力が 30MW、つまり 3 万 kW です。3 万 kW と言いますと、例えば、その川崎重工の 7.8MW のグリーンガスエンジン 4 台で、大体ここからそのくらいの大きさに 1 台が入ってしまいます。ですから、この会場の半分くらいに 4 台入りますね。そうすると、それでさくらインターネットさんのピークは全部まかなえるようになります。そして工業団地にまた分けてあげることもできるようになります。そうした意味では気化した熱をうまく使って超電導の液体窒素を作り、“Energy cascading” というものですが、エネルギーを何回でもうまく活用して使っていき尽くす。使っていきながら“Vaporize”（気化）したこの天然ガスでガスエンジンを回して電気をまかなうということです。そして分散型の良さと言うと熱が使えるということです。つまり周りの人に暖房負荷がほしい、あるいは熱負荷がほしいときには熱導管を引けば熱を分けてあげることもできますね。これを私は石狩市にやっていただきたいと思います。

今総務省の中で進められている、自治体主導による分散型エネルギーシステムと呼んでいます。スマートシティ構想というものに積極的に取り組んでいただきたいと思います。石狩市には既に手を挙げていただき、1 回はマスタープラン（基本計画）を作っていますが、要所、要所に熱導管が入り、そこにパイプライン&ワイヤー&ファイバーを通すということです。これはつまりワイヤーと熱の導管をやるのであればそこに電線が引けるのでワイヤー&ファイバーということです。そうすると、きめ細かな超異世代型の IoT の工業団地ができてくる。そしてその周りに住宅団地ができてくれば、職住一体型の一つのシティができるわけです。

夜間の電力は工場が使い、周りに住宅団地ができてきますと、住宅のピークは朝方と夕方です。朝方と夕方は工場使用量が減るようにしてうまくドッキングし、三位複合型の一つのソサエティができる。これがスマートシティ石狩ということになるわけですね。



これができるための一つの要がこの超電導体なのです。ほかではまねできないのはその辺りなのです。ほかのところはインターネットさえうまくいけばそのままうまくいきますが、エネルギーロスを極端に減らせて、かつ基地の冷熱をもうまく利用できるのがこの石狩モデルです。

このハブ（拠点）ができあがっていきますと、これが点から面への展開を示すということです。そして韓国に同じようなモデルができてくるでしょう。ロシアにもできてくるでしょう。中国にもできてくるでしょう。そしてこれがまた面的な展開をして、一つのアジア内での発展につながっていくということです。

ロシアからの送配電で電気が行き来する。その際、ロシアは天然ガスが出ますからもらう方が多いと思います。そして送電線をサハリンとつなぐかもしれませんし、ほかのところとつなぐかもしれません。私どもは本州とど

こかをうまくつなぐでしょう。国際インフラはなるべく安く作って高く売りたいわけです。そうすると日本は電力代が高いですから、そのような高いところの電力はどうなるかということをわれわれは計算したのです。

ゴビ砂漠に太陽光を入れるとイニシャルコスト（初期投資）が掛かりますよね。そしてそれがずっと運ばれてきて、北京、ソウル、東京にまず送電線ができたとして、一番どこに行くかと言うと一番高いところにまずはたくさん売るので。つまり東京で売るので。そしてその途中で少しだけ韓国のソウルで売るので。電気はソウルの方が安いからです。東京のような高いところに売り、徐々に安いところに分けていくということが普通の商行為であり、そのシミュレーションから売方にはコストパフォーマンスを最大、買う方には全体としてコストミニマムのレベルでいく。まずはそうになっていくわけです。そうした意味ではロシアと日本で国際インフラを結ぶと、この超電導体でロシアは高く売れ、日本は安く買えるのです。これは Win-Win モデルになるのではないかと思います。つまり点から面に変わることによって初めて、アジア圏はほかの地域と違うのだと言えるモデルが石狩モデルなのだということです。超電導でエネルギーロスがもっとも少なく、安価で、国際インフラのアジア内の全体最適化が図れるというものです。

これらのことから、石狩の市長さんも前にいらっしゃいますが、石狩に課された責務は非常に大きいと思いますし、これをやれるだけの資産と知力などいろいろなものを備えておられるのが石狩だろうと思っています。これを国際的な展開に期待したいと思います。どうもありがとうございました。

# パネルディスカッション 「革新的電力・エネルギー輸送」

モデレーター 本島 修 中部大学学事顧問

パネリスト Oleg Budargin ロシアン・グリッド社／Minwon Park 韓国昌原大学

Michael Tendler スウェーデン王立科学アカデミー／Xueguang Wu 中国国家連網公司 (SGCC)

長田 雅史 ABB 株式会社／山口 作太郎 中部大学

## 本島

最初にパネリストの皆さまに拍手をお願いいたします。

では皆さま、素晴らしい基調講演が終わったところで、プログラムにありますように“Innovative Future Power Grid and Energy Transport”（革新的電力・エネルギー輸送）についてパネル討論会を始めます。

本パネルは、この石狩超電導国際フォーラムにおいて重要な役目を負っております。そして今日は世界で活躍する素晴らしいパネリストの皆さまに来ていただくことができました。そして、多数の聴衆の皆さまにもお集まりいただいております。ありがとうございます。

私は中部大学の学事顧問の本島修でございます。パネリストの皆さまは司会の方の紹介がありましたので省略いたしますが、私を含めて皆さまの詳細のプロファイルは手元の資料にあります。英語と日本語が混ざっていますが、それをご参照ください。

そして今日はこれらのパネリストの皆さまに、東アジア地域の安定した信頼性の高いネットワークを用いて、わが国への電力の輸入、そして東アジア地域からの電力の輸出、いわゆる Energy Transport（エネルギー輸送）の戦略の現状、そして非常に大事なことはもう既に基調講演までに皆さまにはご理解いただいていると思いますが、その実現に必要な Innovative Future Power Grid（革新的電力）の実現のために何をすべきか、特にこの超電導技術をベースとするコンポーネントとシステムの開発計画、ビジネス戦略について忌憚（きたん）のない意見をいただき、わが国日本との関わり方、責任といったことも浮き彫りにしていただければと思います。

時間が十分あるとは言えませんが、パネラー間の議論を深めながら、フロアからもご質問、コメントをいただく機会を作りたいと思っております。皆さま、このパネルの成功のためにぜひご協力をよろしくお願いいたします。

パネラーの皆さまはロシア、中国、韓国、ヨーロッパ、

日本において責任のある地位にある方ばかりです。自国地域の現状を踏まえながら、交えながら、まずはお手元の資料の1ページにあります、私が用意しました4つの質問についてパネルディスカッションを始めて参ります。

使用言語は事務局からの要請により、日本語を中心に進めて参ります。ですから、日本人の方には日本語で話して参ります。海外からのパネリストと会場の皆さまには英語とロシア語の同時通訳のサービスが用意されております。

まずはこのビオグラフを見ていただきたいと思います。Aが「日本の電力の動向と国際電力ネットワークの必要性におけるエネルギー送技術開発の必要性と現状」です。Bが「ビジネスとしても成り立つ国際協力体制を東アジアにいかにより上げるか」という観点、高温超電導直流送電技術を社会インフラに定着させるためにビジネスプランモデルはどうあるべきか、技術的課題はどこにあるのか、こういったことをまずパネラーの皆さまからお話をいただいて、われわれの間でもディスカッションをしていこうと思っております。

それではまずパネルでの議論を深めるために、設問のAについて中部大学の山口教授に「電力の動向と国際電力ネットワークの必要性におけるエネルギー送技術の開発の必要性と現状」について、発言をお願いします。

## 山口

全体の質問にお答えするような形でお話いたします。まず今世紀のエネルギーのトレンドについてお話させていただきます。重要なことはオイルやガスから電気に代わるということが今世紀の一つの大きなポイントだと思っております。

1880年にエジソンが電力会社を作るまで人間は電力をエネルギーとして使ったことがありませんでした。それが130年たち、先進国では使うエネルギーの半分が

電気になりました。世界中では 20% 程度です。したがって今世紀が終わるまでには、おそらく世界中で使用するエネルギーの半分が電気になると思います。

その理由は二つあります。一つ目に再生可能エネルギーは電気を作るものであって、ガスやオイルは作れません。これが作る側の状況です。また、エネルギーを使う側では車が電車になり、自動車が電気自動車に変わろうとしています。そして飛行機も燃料が電気になります。つまり使う側の使用するエネルギーも電気になりつつある。この二つの大きな流れによって使うエネルギーも電気になるということが一つの大きなトレンドだと思っています。

二つ目です。電気を使うことによって非常に省エネ化されるエネルギー源があります。そしてもう一つ大きなポイントは、オイルやガスの値段に関してはシェールガスが見つかったために、これ以上上がってこないだろうと思いますが、同時に不安定な状態になると思います。そうした状況を見るとエネルギー輸送は、今まではガスパイプラインやタンカーで運んでいたものが電気が変わってくると思います。それが今世紀の一つの大きな特徴だと思っています。

つまり再生可能エネルギーが主なエネルギー源になるのであれば、エネルギー輸送は送電線に頼らざるを得ないということが一つのトレンドだと思っています。それは皆さまがエネルギーを電気で利用することによって便利に使えるということとは裏表であると思っております。

問題は何かと言うと中東から日本に持ってくるような、一万 km を越すような長い距離のエネルギー輸送が電気でできるかという話になると思います。中国などさまざまな国では非常に高い電圧の直流送電が作られておりますが、地球を何回も回るようなエネルギーを考えると、そのような高い電圧を用いるということは難しいと思います。それが超電導を使う理由になってくると思います。

それからもう一つのポイントは、電気でエネルギーを輸送することは今までのガスパイプラインやタンカーで運ぶものに比べて効率的であり、なおかつ安価であるということが一つのポイントです。

そうした中で、最初から一度に長いものが作れないので、短い距離から順々に長い距離を作っていく中で超電導が使われていくことが大きなポイントになると思います。

翻って今の状況に戻り、本島先生の質問でございますと、日本と中国やアジアの国々においては電気代が数倍違います。これは送電線が、それほどお金が掛からない

ことを考えると大きなビジネスになると思います。それはお互いにとって Win-Win の関係を作ると思います。その中で超電導が使えるようになってくことは、アジアのグリッドがヨーロッパやアメリカにつながっていくことになると思いますので、今世紀のもっとも大きなエネルギーのトレンドになると思います。

そういう意味で、質問に関しては全て yes ということが私の答えになると思います。

## 本島

山口先生ありがとうございました。大変明快なお話でした。オイルから電気になり、そして送電線があるのだということですね。

皆さまこのような言葉をご存じでしょうか。石器時代は石がなくなったから終わったのではない。したがって、オイルがなくなるから電気の時代になるわけではないのだ。そうしたことを見通してのお話だったと思います。

では次に長田先生、今のお話を受けて先生のご専門の立場でコメントをお願いしますか。

## 長田

スライドの 9 番をお願いします。

ABB 株式会社は欧州の重電メーカーで、直流送電では世界の第一人者という立場でお話させていただきます。

欧州はやはり再生可能エネルギーの導入が進んでいます。南の方は太陽光が豊富であり、北の方は水力と風力が豊富です。ところが需要地は真ん中辺りにあるのです。

そして現在、欧州統合という意味で市場の統合を進めています。東の諸国も欧州連合 (EU) に入ってきており、その経済も統合したい。そこで長距離の送電線が必要になってきますが、これらを今までの交流のシステムでは対応しきれない。なぜかと言うと細かなネットワークになっているため、電気がどのルートを通るか分からないためです。直流であれば点と点の間を結ぶことができます。そこで直流送電の計画が進んでおります。

スライドの 12 番をお願いします。これは ENTSO-E というヨーロッパの送電系統運用者 (電力会社) の団体が 10 年間の電力系統整備計画というものを 2 年おきに発表しています。この 10 年でどこどこを結ぶ送電線が良いのか、それがいくら掛かるのか、何のメリットがあるか、そうしたものを公表し、優先順位をつけ、それをヨーロッパで予算をつけるという仕組みになっています。この仕組みによって、紫の部分が直流送電なのです。

が、そうした海底ケーブルを結んでいるのです。

少しスライドを 10 番に戻してほしいのですが、国と国とを結ぶ技術というものは、交流のケーブルの技術では最大でも送れる距離は 100km しかありません。ところが、直流のケーブルには制限がありません。今の直流の海底ケーブルは最大で 800km のものが計画されています。もちろん陸上ですと 8,000km です。中国の東西やインドの東西、ブラジルなどが 8,000km あるのですが、現状ではケーブルでも 1,000km 近くまでできるようになってきているということが現状です。

### 本島

ありがとうございました。直流の重要性ということをご指摘いただきました。どんどん焦点が絞れてきているようですね。

ほかのパネラーの方からご意見があると思いますが特段になれば次に進み、それぞれのところで話していただこうと思います。

日本の電力事業に関わるエネルギー輸送に必要な革新的な技術開発の現状と、それを受けての会社、機関、大学の戦略について、まずは直流送電の必要重要性という観点でお話を伺いました。これからどんどん議論が深まってくと思います。

その延長線上には大変重要なこととしてビジネスとしても成り立つ国際協力体制と、それをいかに東アジアに作り上げるかという点が浮かび上がってくると思います。この点についてどのようにお考えでしょうか。これは設問の B と C に関わることですが、ロシア、中国、韓国からのパネリストにお伺いしたいと思います。

まず Budargin 社長にお聞きしたいと思います。消費者の要求を満たすための新しい電力輸送技術の果たすべき役割とは何だとお考えでしょうか。

よろしく願います。

### Budargin

お集まりの皆さまこんにちは。

われわれはスマート投資、スマートグリッド、スマート電力産業というように話を進めておりますが、最終的には消費者がメインなのです。そして消費者の構造、仕組みが変わりつつあります。

今の消費者は信頼性だけではなくアクセス性を求めています。それは物理的なアクセス性だけではなくコスト的なアクセス性も含みます。そしてこれが主な課題だ

と思います。

世界中のエネルギー産業関係者に対しまして、2 年前に中国、韓国、ロシア、日本、そしてモンゴルの電力産業関係者が集まり、手を携えていこうと決めたのであります。これは大変意義深いものであります。

需要の伸びの三分の二はアジアが原動力になると思います。低圧で送電を確保すること、つまり変電個数を減らすということを可能にするのは超電導のみであると思います。そしてコスト的に物理的にこの問題を解決するには、まずロスを最大限に減らし、グリッド統合を迫及するよりほかはないと思います。

既に大事な一歩を踏み出しておりますが、われわれ関係者には理解しなければならない重要なことが一つあります。高い電力は石器や、石油の時代のように終わりに近づこうとしています。ですから安い価格で全ての消費者に電力を提供しなければなりません。現在の地球に住んでいる人たちは 7 人に 1 人は電力を利用できないのでなおさらです。

一つ肝心なことを申し忘れました。ロシアの経験なのですが、ロシアのグリッドはできたときから統合したグリッドとして運営されております。それによってさまざまな問題をうまく解決できます。

2009 年にサヤノシュシユスカヤダム水力発電所では大変大きな事故があり、一瞬にして 7 MW がダウンしました。しかし統一したグリッドがあったからこそ、一瞬にしてそのバランスを復旧させることができました。その発電所のすぐ隣には大きなアルミ工場がありますが、何の悪影響もありませんでした。これは統一したグリッドのメリットを物語っていると思います。

### 本島

ロシアモデルの良いお話を、戦略的な観点で経営者の立場から聞いたことは大変良かったと思います。

では次に Park さん、願いますでしょうか。

### Park

15 ページをお願いします。2 年前に既にいくつかの会議がありました。そんな中で技術的には問題がないということになりました。

次のページをお願いします。数日前にムン大統領がもう韓国では原子力発電所はやらないとおっしゃいました。それに伴い原子力発電所も閉鎖されます。また 2030 年までに使用電力の 20% を再生可能エネルギーに転換し、

それに対する依存を高めるとおっしゃいました。これも大きなニュースになっていました。

これにより韓国では今、大きな変化が起こりつつあります。次のページをお願いします。これが韓国の電力会社は今描いている“National Grid Connection”というシナリオであります。これは国中のグリッド、系統のコンネクション、日本、韓国、中国、ロシアをつなぐことに非常に高い可能性を見だしており、政治的にも非常に感觸が良いと思います。

次のページをお願いします。もう一つの可能性としては中国、韓国、北朝鮮、ロシア、日本ですが、現在では北朝鮮のリスクが非常に大きいことが問題になっていますね。よってこれはまだ検討の一つであり、まだはっきりしたものではありません。

次のページをお願いします。銅のケーブルをベースに計算したコスト予想であります。ここでお分かりになるように系統の統合は非常に価格的には妥当なものではないかと思います。

ではどのようにして国際的な協力体制を作ったら良いのかということでもあります。次のページをお願いします。そのビジネスモデルとして、私はまず実現可能性の調査を行うべきだと思います。

採算性はとても大事なことだと思いますし、政治的には非常に素晴らしい展望ですが、実現可能性調査を行い、採算が合うのかということの方が大事だと思います。そして全ての国の環境のことを考えた上での実現可能性はどうかということを見ていく必要があるかと思っています。

次のページをお願いします。一つの例となりますが、韓国の例です。長期的に見たものですが、これをご覧ください。多くの人が関わりパイロン（鉄塔）を造りましたが、韓国ではいろいろな問題があったため、新しいスマートテクノロジーを使おうと考え、そのための分析を既に私どもは行っています。

前のページをお願いします。そうしたことから直流送電につきましては経済性を見ること、採算性見ること、そして実現可能性調査を行うことが必要だと思います。

## 本島

18 ページを見せてください。これは大変展望ある取組なのでぜひ実現したいですね。そして韓国では 2030 プランというものがあり、それに向けて動き出しているということ。それから高温超電導を使ったケーブルという

ものは、その中のメインプレイヤーであるということ。これらのお話だったと思います。ありがとうございました。では中国はどうでしょう。Wu さんいかがですか。

## Wu

24 のページのスライドをお願いします。たくさんの課題を私たちは抱えています。化石燃料の限界がありますし、環境汚染の問題もありますし、気候変動もそうですね。そしてその解決策は再生可能エネルギーであり、それをシステムの中に統合していくことだと思います。

北京政府はパートナーシップを韓国、日本、ロシアと結びました。そして、それによって“Global Energy Interconnection”という組織を結成しました。これによって協力しながら開発などを行っていくのです。

この組織には多くのタスクがあり、例えば、地球規模でのエネルギーの連携を図っていくということです。そして世界のクリーンなエネルギーに対する需要を満たしていきます。

その主なロードマップですが、この中に含まれるものとしては三段階あります。1 番目のステージとしては 2020 年までに国内の Interconnection（相互接続）の連系を作っていくということですね。そして 2 番目のステージは 2030 年に向けて大陸間の Interconnection（相互接続）を作っていくということです。国境を越えた接続を見ていき、特に AC と DC の技術で近隣国をつないでいくのです。最後の 3 番目のステージは超高压のシステムを作り、再生可能エネルギーを利用していくわけです。

基本的には世界的な Interconnection（相互接続）お互いの連系といったものを作っていく。そしてまずは東アジア全体でそれをカバーしていきましょうということです。SGCC（中国国家電網公司）の主なタスクは将来的に見ますとこういったものであります。

国内のネットワークにとどまらず、国境を越えてそうしたお互いのグリッドをつなげていく、そして例えば、ロシアからのクリアエネルギーを日本や中国に運ぶなどとなれば相互に利益のあるものでなければなりません。主なメリットは遠く離れたモンゴルから電力を送るといったアジア・スーパーグリッドということになり、それにより安くてよりクリーンなエネルギーを手にすることができるようになります。そしてこうしたものを構築していくとお互いに融通が利きやすいという面もあると思います。そしてより多くの割合のエネルギーを再生可能エネルギーに置き換えていくことも必要となってきた

ます。

しかしここには短所もあります。それはコストです。例えば、そうしたシステムを作るための初期費用が高いこと。高圧の施設を造っていくとコストが掛かる、そしてまたある種の損失も生じます。ですから相互依存を高め、相互作用といった協調も高めていく必要があります。

リスクとチャンスはいつも一緒に存在するものです。ですから私どもはリスクを取って機会をさらに利用していく必要があると思います。

### 本島

積極的なご意見をいただき感謝しています。中国も近隣諸国とパートナーシップを作られており、もうこれだけ進んでいるのだということ、そして日本では先ほどの柏木先生のご尽力等もあって、それにフェーズが合ってきているということがよく分かる議論になって参りました。

電気はほぼ光のスピードで送電線を通して国境を越えるわけですから、国境を越えるときのセキュリティやリスクのことなども考えなければいけないわけですね。

そこでヨーロッパは大変進んでいるという長田さんのお話もありましたので、ここでヨーロッパから来られている Tendler さんに今の議論を受けてヨーロッパの現状の話をさせていただきたいと思います。お願いします。

### Tendler

本島先生ありがとうございます。

ここで私どもの経験を少しシェアしたいと思います。EU の中でどうだったのかということなのですが、EU では現在エネルギーユニオン（エネルギー同盟）の構築が進んでいます。長田先生がおっしゃったように、私が申し上げたいのはどのように送電線の設置を管理しているのかということです。

ヨーロピアンコーポレーションというものがあって、そこでエネルギーの一つのユニオン（団体）ができております。そこで強調していることは、この電気のシステムはお客さまが中心でなければいけないということ、そして EU の各国でさらに統合を進め、お互いに依存し、そして送電できる形でエネルギーを使っていくということです。もちろん安全を確保するためにはメンテナンスフリーなどといったことも考えなければなりません。

ヨーロッパではインターネットのオプションや容量の仕組みというものを非常に注意深く見て、考えております。

そして環境への配慮もしております。

EU ではパリの合意に基づいて、多くの国がスウェーデンのように需要をはるかに超える再生可能エネルギーを用いた電力の生産を考えております。そしてそこでの戦略が超電導の技術を利用するということです。どのようにしているのかということは 31 番目のスライドをご覧ください。この目的のために欧州応用超電導学会というものがあります。これは随分前にできたものであり、この学会が法的に成立したのはオランダであります。また、この学会は税が免除されております。アジアの各国もこのようなヨーロッパと同じ方向に向かって行くのが良いのではないかと思います。そして超電導を利用した社会に向かっていくということです。この超電導の技術につきましては業界として、あるいは政治的な面も考えて話し合いをしていき、教育的なところで超電導を活用していくということです。そしてこの石狩フォーラムがきっかけとなって、同じ仕組みをアジアで作っていくことができるのではないかと考えております。

ありがとうございます。



### 本島

ありがとうございました。ヨーロッパの考え方が非常によく分かるお話をさせていただきました。電力は一方通行ではいけないため、ネットワークを造って双方向性を保っておくということも大事だという意味があったと思います。

ではここで長田さんにぜひ今の話をさらに引き取ってもらい、国際協力体制を組む場合に相互に利益が上がりなければいけないことを踏まえ、今もっとも必要とされていることは何かということについて、ご経験から何かありましたらお願いできますでしょうか。

環境やセキュリティのことなどいろいろありますね。

### 長田

12 番をお願いいたします。欧州で先ほど説明したような

送電線の計画を何のためにしているかと言うと、実は再生可能エネルギーのバランスを取るのに一番経済的な方法が送電線を造り、ほかの国と結ぶことだったのです。したがって送電線を造るのです。

それからもう一つ、もともとサイリスタという方式で50年程前から直流送電を行っていましたが、2000年前後に大きな技術的な発展（ブレイクスルー）があり、自励式変換器というトランジスタを使った変換器が登場しました。11ページのページをお願いします。これによりこの15年間で驚異的に容量が拡大してきたのです。そしてこの技術は停電しているところから電気を送ることができるのです。これが意味するところは、洋上風力というものは風車が止まってしまうと停電状態になってしまい、停電したところから風車が回り始めても今までの直流送電技術では送ることができませんでした。しかし、この自励式変換器というものができたことにより、止まっていた風車が動いて発電したものを送電できるようになった。この結果洋上風力は増えてきました。

その足取りと、風力が大量に入ってくるということが同時に起きて、バランスを取る必要性があり、市場統合もしなければならない、このように複雑に絡み合っているのです。そこで送電線の建設を施工し始めたということです。

もう一つは送電線を建設するということはエネルギーをある国からある国へ送るだけではなく、A国からB国に送ることもあれば、B国からA国に送ることもあるのです。そうすると取引ができる。水力が豊富な雨期のときやそうでないときなどといった季節による要因を解消することができて、これもまた再生可能エネルギーのアンバランスを解消することができる仕組みになったのです。そこで系統の信頼性が上がる、再生可能エネルギー統合ができる、市場が統合されて、消費者がメリットを得る、こういったところから建設が進んできています。

13ページをお願いします。これは少し古い絵ですが、以前、ある通信会社の社長に呼ばれて、電線をつなげないのですかという相談を受け、実際に風力があるのはサハリンとロシア沿海州、それから中央アジアのモンゴルなので、そこと線を結んだらどうですかとアイデアを出しました。日本は送電線の建設として陸上に鉄塔を建てますが、それは非常に時間が掛かります。イギリスや欧州は地面に埋めることもいけないということになって、国の周りを迂回（うかい）するような送電網を作りました。この図で言うところと緑色の部分です。こうしたところを

結び、例えば、サハリンから石狩を通して六ヶ所村辺りで日本沿海のところにつなぐ、ウラジオストックから新潟辺りにつなぐなどの案があると思います。太陽光や風力、水力はそれぞれ得られる時間が違うのです。例えば、太陽光が照っている時間は昼だけ、風力は夜といったことが連係することによってバランスを取ることができます。そして先ほど水力発電所の事故の話がありましたが、送電線を造れば日本から助けることもできるし、逆に日本が危機状態になったときはロシアが助けてくれるようにできます。

カントリーリスクという話をよく言われるのですが、私はこの送電線の建設はリスクを減らす代替案が一つできるというように考えているので、早く造った方が良いと考えています。

## 本島

ありがとうございます。どんどん夢ではなく具体的な話が進んでいるのだな、ということがここまでのパネリストのお話で分かってきたのではないかと思います。

では技術的な観点について山口先生と Park 先生にお聞きしたいと思います。技術的な課題はあるとお考えですか。

まず、山口先生お願いします。

## 山口

先ほど控室で Wu 先生と少し議論をしていたのですが、長い距離を送電しようとするとは非常に高い電圧になります。今、中国では次の直流送電の電圧は1,100キロボルト、1.1 ミリオンボルトという高い電圧で送るようなことが計画されております。それからもう一つ、交流では1 ミリオンボルトというような電圧で送ることも考えておられます。

先ほど長田さんがケーブルは海の中を通すと良いと言われているのですが、海の中を通すケーブルはそれほど高い電圧に耐えるケーブルはないので、全部鉄塔を建てることになるかと思います。しかし高温超電導を使えばそれほど高い電圧にする必要はないはずです。おそらく100キロボルトくらいで良いはずです。

このくらいの電圧は ABB 株式会社さんのテクノロジーではむしろ低い電圧に属するはずで。低い電圧になると安全設備が安価になり、信頼性が増します。そして超電導でなければ送れなくなります。つまり、おそらく銅のケーブルを造るとどんどん高い電圧になり、日本か

らヨーロッパに送ろうとすると2ミリオンボルトや3ミリオンボルトという、驚くような電圧になってしまうだろうと思いますが、超電導であればそこまでする必要がないはずだということです。

それは距離と電圧と電流をどのくらいにするかというパワーエレクトロニクスの分野とケーブルの分野の最適設計がどこにいくかということであり、これが今後の一つの大きな課題になると思います。

これが私の意見でございます。

### 本島

ありがとうございました。大変説得力のあるお話でした。最適化ということは大事なことです。

長田さんは何か反論がありますか。少し Park さんに待っていてもらいます。

いや、ケーブルと超電導の両方をしたら良いのだよということもありえますが、どうでしょうか。

### 長田

先ほどの変換器の技術もそうでしたがケーブル技術もどんどん発展してきています。ですから直流送電で送ることに限っては好きな電圧でどれだけの距離でも行けますというように、ほとんど技術的な障壁はないと考えています。

### 本島

判断は皆さままでお願いします。

では Park 先生お願いします。

### Park

20 ページ目をお願いします。これは銅ケーブルをメインに計算されたデータですが、超電導を用いた場合については再計算しなければならないため、コストが約何倍になるのかということはまだ正確には分かりません。そして問題は技術的なことを含め、どうやって価格を下げるかということです。HS ワイヤーと冷却システム、どのようにオペレーションするのか、どのくらいの電圧になるのか、どのくらいの電圧が最適なのかといったことを現在の電流で考えなければなりません。そして大体1GW が原子力発電所一基に相当しますが、合計の容量やパワーケーブルといったものも考えていかなければなりません。

一つ提案したいことは、銅ベースで計算をしていたデータを再計算し、何が重要な技術なのかといった問題を

考える。そこで技術的なロードマップを作るということです。

そのあと、おそらく2025年、30年、35年くらいになるでしょうか。そのときに将来のビジョンがどうなのかということが見えてくると思います。

それが私の見解です。

### 本島

大変長期的な視野を持って発言していただいているということがよく分かります。少しパワーは小さいが韓国と日本が一番安価ということは大変興味深く、これからもっと仲良くなれそうだという気もします。もちろんここには東アジアの主要な国が全部入っており、大変有意義なデータになりますね。ありがとうございました。ご質問等は最後をお願いすることにいたします。

さて議論も大変伯仲して参りました。次にもう一枚の福島での資料をお見せしたいと思います。ここに出ています。特に北海道、石狩市とこの地域の重要性和果たす役割に関連して話を進めていただきたいと思います。

二枚目のビオグラフですが、Aは「将来性は十分にあり、そのために都市価値が高いと言えるか」ということですが、もう皆さまも答えを出しておられる部分もあると思います。それから「実現に向けての技術開発と実証プラントの建設計画」。これが必要なのですが、どのように進めていけば良いのか。特に将来計画についての立ち上げの技術的障壁、そして民間の活力、資源をさらに活かしていくということが大変重要です。ただし、政府による支援が必要であり、プロジェクトが支援を受けていく道を探ることも重要です。それはそれぞれの国によって違うと思います。例えば、自国ではこのようにして大変うまくいっているといった話などは参考になると思います。それから国際協力による総合支援と理解です。ジョイントイノベーションの喪失、こういったことが皆さまも興味を持っていただける点ではないかと思います。

ではここで、北海道稚内のすぐ北40kmに位置しているロシアから来られている Budargin 社長にこれらの議論を始めるためにお尋ねしたいと思います。電力網を導入するための新しい技術の発展に寄与する交際関係を進展させるために何が必要か。項目のA、D、Eに特に関わる少し重いテーマですが今回は5分くらい時間を使ってお願いしたいと思います。

## Budargin

はい、ありがとうございます。

ご臨席の皆さま、本日の主なプロジェクトの妨げとなるのは官僚主義です。官僚主義というものは実に国際的なものです。そして今回の会議は国際会議なのでわれわれは統合のプロジェクトを実現させなければなりません。やはりそれぞれの国の枠を超えることが非常に難しいです。そして環境に優しいプロジェクトを進めるべきだと思います。環境に優しいとは、既存の資源をうまく利用して将来に資源を残すというものです。

ロシアの今の設備容量は 250G ですが現在の使用容量は 150G に過ぎません。既存の容量でもわれわれは安い電力を四方八方に輸送できます。それらのサービスをわれわれはいろいろなフォーラムやコミュニティを通じて促進しております。

去年の 9 月にウラジオストック東方経済フォーラムの場にて、プーチン大統領は国と国をつなぐエネルギーの橋を露、中、韓、日の間に建設することを心から歓迎すると申されました。いろいろな産業は統合しつつありますが電力産業だけは別々の国にこもっております。それぞれの国に空き容量がありますが、結局その負担を担うのは消費者です。そして地球の資源の無駄にもなります。

そして現在、遅れが目立っておりますので急ピッチでそれらのプロジェクトを実現させるべきです。これはワーキンググループを設置し、技術的には可能なのでとはいかにうまくやるかということです。

数ヶ月前に私は中部大学の施設を見学させていただきました、実に感激をいたしました。ですから技術的に可能であるということは実証済みです。そして大変な需要があります。われわれの国の主導者はそれを十分理解しております。また環境に優しい技術を導入することもできます。

具体的なプロジェクトの一例として、ロシアの沿海州とサハリン、そして日本をつなぐエネルギー・ブリッジというものは実現可能なプロジェクトだと思います。

## 本島

ありがとうございます。まず国と国との協力というものはいくつかの困難があるのだとおっしゃってました。そして環境をきれいにすると相互の理解が深まって Win-Win の関係が作れるのではないかというご

指摘だと思いますが、こちらが大変重要だと思いました。

ワーキンググループをお作りになったということですが、そうしたところに日本、中国、韓国からもどんどん入れていただくと、発展がさらに確実になっていくのではないのかと思います。

それではここからパネリストの皆さまに手を上げていただいて、特にどの項目について発言したいかをおっしゃっていただいてからお話をお願いしたいと思います。

では Tendler 教授がまず口火を切りたような様子ですのでお願いします。

## Tendler

31 番をお願いします。ヨーロッパの社会は超電導でありますが、主な私どもの社会に対する義務というものはさまざまな団体、組織、ワークショップ、それから学校などの超電導に関わる場所にもっと支援の手を伸ばすことだと思います。そしていろいろなプロジェクトに対しても支援をしていくべきであります。そしてまた超電導に関する教育の面に関しても同じです。

ここで強調すべきは中部大学がこの分野において非常に大きな役割を果たしているというところであり、ヨーロッパのいずれかの大学で中部大学のように、この分野の教育で大きな役割を果たしているところはないと思います。

そして今後、次世代の若者を教育しなければこういったことは全て意味がなくなります。そのためにはもっと安い価格で、もっと広範囲に技術を広げていかなければなりません。ですからワークショップやこのような会議といったものを用いて超電導に関わる分野での若者の教育に力を入れ、支援をすべきであります。

32 番のスライドをお願いします。EU では特別な機関があり、“Consortium of European company”通称コネクタスと呼ばれています。ここに全てのヨーロッパの企業が加わり、全ての知識、資源、そういったものを費やしています。

コネクタスの役割というものは商業的な応用の分野を強化していくということでもあります。そしてこのコネクタスというヨーロッパ企業の集まりは、こうした商業化というものが将来的には経済にとっても、社会にとっても非常に大きな利益をもたらすという共通認識として持っているわけでもあります。またその情報交換、それから声を合わせて公共政策に対しても声を上げていくといっ

たこともコネクタスでは行っております。ここは先ほどの官僚主義の話と少し対抗するところでもあります。

超電導関連の事業に対しては政府の十分な支援が必要なため、支援を得るために超電導の利益といったものを、例えば、産業界など、さまざまな分野における意思決定者に理解してもらわなければいけません。ですから今申し上げたコネクタスのような企業の集まりのようなものをアジアの企業でもできるよう働きかけをしていけば良いのではないのでしょうか。

ありがとうございます。

### 本島

ご意見をいただきました。主に D と E に関わるご発言だと思います。やはり若手の育成という部分は若手の人生に将来の夢を持たせるということにつながりますので大変重要なことですね。ありがとうございました。

それでは Wu 先生、Park 先生、山口先生、長田先生、自由に発言してください。

では長田先生。

### 長田

私の資料の 21 ページ、通信に関するものをお願いします。実は通信の世界を見ると日本の周りには多くの通信ケーブルがあります。アメリカ太平洋間、日韓、日露が既につながっています。こうしたものが最初にできたのは 1980 年代であり、上海と長崎をモールスでつないだものが最初でした。

その最初に引いた人はオランダのグレートノーザンという会社なのですが、引いた人が電報の利用料や電報の内容をコントロールできてしまったのです。そして陸揚げ権も握ってしまいました。明治政府はグレートノーザンとの不平等な契約に苦勞しまして、結局それを解消したのは太平洋戦争が終わってからです。

この歴史的なことを考えると陸揚げ権というものは非常に大事であり、今でもアフリカの諸国は、うちの国に通信ケーブルを陸揚げするのは特別な免許がいるといったことを言っています。ヨーロッパは EU 仕入れで陸揚げ権は全部あるとみなして国と国とがつながっていますが、EU 域外とつなぐところはまだ交渉の余地があるなどという状況です。したがって政府の支援という意味では、まずは陸揚げ権を握るということです。そして早く造った人に利益があるので、他国と同期して日本も早く

造らなければ困るということが歴史的教訓だと思っております。

### 本島

ありがとうございました。あとの質問にも関係がありそうなコメントをいただきました。

ではほかの方はどうでしょう。

では Park 先生にまずお願いします。次に Wu 先生にお願いすることでよろしいですか。

### Park

韓国では 100 万ものクリーンルームが換気乾燥をしていますが、今大きな問題があります。それは大気汚染がひどく、何 100 万ものクリーンルームの部屋に清浄機が必要なのです。ですから新政府としては火力発電所をこれ以上稼働しないと決めました。そこで新しいアイデアを続々と出してくるのですが、まだ解決策という形では聞いておりません。

そのような中で私はグリッドコネクション（系統の接続）というものが一つの大きな解決策だと思うのです。そして多くの国もこの分野に非常に関心を持っているということに気がつきました。したがってまずはワーキンググループを作り、これを始めるべきではないのでしょうか。これは小さなグループから始めても良いと思います。そして、次第に、段階ごとに努力を高めていくことが良いのではないかと思います。

ありがとうございます。

### 本島

大変良いと私も思います。中部大学の方でワーキンググループについてまず考えさせていただこうと思います。ありがとうございました。

では Wu 先生よろしいですか。

### Wu

さらに大量の送電をする技術については研究をさらに加速することが理想的だと思います。今朝、山口先生とお話をさせていただきましたが、DC あるいは超電導を使ったとしてもまだコンバータ、DC ケーブルの両方について考えなければならないのです。ですからオペレーターが力を合わせ、Park 先生がおっしゃったようにワーキンググループを作り、研究プロジェクトを立ち上げ、それぞれの国が国を超えて国同士で研究あるいはそ

れに資金を出すようなプロジェクトを作っていかなければいけないと思います。

この計画というものは特定のエリアを選ばなければいけないものです。例えば、高い電流密度があるなどのエリアを選別して HTS（高温超電導）の規模の小さなもの、あるいは電流の大きなもの、そして技術に関しまして信頼性を高めるという観点から考えて、その上で技術を将来的に市場に乗せる。そうした観点から支援する技術を選んでいくということが重要だと思います。

それがプランのスタートになると思います。

## 本島

大変具体的で重要なご指摘をいただきました。Tendler 教授は何かありますか。それからワーキンググループでは山口教授は受けて立つ立場ですね。

では山口教授、それから Tendler 教授の順でお願いします。時間が迫っておりますので短くお願いします。

では山口先生お願いします。

## 山口

2011 年の大きな震災と原子力発電所の事故のあとも日本ではまだ原子力が安いのではないかという話がありました。それから 6 年がたちました。出力が不安定であるという問題はありますが、今では再生可能エネルギーが全ての電源の中で一番安いのではないかと、特に太陽電池からの電気が一番安いのではないかということが言われるようになりました。そしてどのくらい安いかと言いますと、カリフォルニアでは kWh 当たり 4 円代だと言われています。これはいわゆる公開入札で取引されている価格ですので誰でも入手できる値です。一方、日本では家庭で買う電気代が kWh 当たり 30 円と言われています。

カリフォルニアでの価格は太陽電池の寿命が 20 年と仮定して 4 円代だということも言われておりますが、もしそれが正しく、そして太陽電池のテクノロジーが今言われているように 100 年もつという話になりますと、20 年たったあとはほぼ無料の電気がこれから現れてくるのだらうということが一つの予測としてたちます。それは電気代がほとんど送電線で決まってくる時代が来ると思うということです。

これはおそらく先ほど柏木先生が Society5.0 と言われたのですが、多分 6.0 というのでしょうか、われわれは今ここで生きていくために必要な酸素に対してお金を払っておりますが、発電に関してもほとんどお金を払

わなくて良い時代がもうじきやってくるような感じがします。

そのときに何が変わるかなどといった将来を見込んで、どのような技術開発をする必要があるかということも考えなければいけない時代になっていると思います。

## 本島

今のお話は夢物語などではなく、きちんと投資をすればコストが下がるという意味ですね。ありがとうございます。大変重要なお話でした。

では、Tendler 先生お願いします。

## Tendler

非常に面白いポイントがありますので、経験を共有したいと思います。

ノルウェーは非常にエネルギーの豊かなところであり、電気の輸出国でありました。するとノルウェーはエネルギーが豊かな国ですから今度は電気自動車を買うようになりました。そうすると充電をしなければいけないですね。それに伴いノルウェーでは電力の消費が非常に増えるということになりました。その結果、オランダには長田さんがおっしゃったようなケーブルがありますが、そこでの電力の流れと向きが変わり、エネルギーの輸出国だったものが逆に買わなければならないようになってしまいました。

そうした変化を加味して、システムの柔軟性というものも考えなければいけないと思います。

ここでパネルの皆さまも同じようにお考えだと思いますが、本島先生の素晴らしい議論のハンドリングに感謝を申し上げたいと思います。

## 本島

演繹（えんえき）しますと想定外のことが起こることがあるため、備える必要があるということですね。

では、長田さんお願いします。関連したお話ですね。

## 長田

せっかく石狩に電力が来ているのですが、先ほどお見せした私の地図で石狩が通過点のように見えたということでは石狩の人が困ってしまいますので、少し説明を加えさせていただきます。

電力貯蔵は今教授がおっしゃった電気自動車で貯蔵するというものと、水素で貯蔵するという技術があるのです。石狩はもう既に冷熱があり、それは水素と非常に

## パネルディスカッション「革新的電力・エネルギー輸送」

近い技術であります。そして日本のお家芸は燃料電池です。ですからその電気を使い、石狩に新たな産業ができると私は考えています。

**本島**

ありがとうございます。私も大賛成です。

では、Budargin さんお願いします。

**Budargin**

一言、言わせていただきます。ワーキンググループの設立について私は大賛成です。全ての統合に積極的なアプローチの学者の方たちをうまく利用すればよろしいかと思えます。また、ロシアには電力産業関係者のそうした組織、団体がありますので、それもうまく貢献できると良いと思います。



**本島**

ありがとうございます。

では5分ほどいただいてフロアから質問を受けさせてもらいたいと思いますが、いかがでしょうか。

質問される方は質問したい相手のお名前をおっしゃってから質問していただけるとありがたいです。

お一人いらっしゃいますね。どうぞ。

**質問者（中部大学／福田先生）**

中部大学の福田でございます。先ほど山口先生が最後におっしゃった、太陽光のような無料の電力を使う時代がやってくる、そして設備も既に20年ではなく、例えば、50年、100年使える太陽光パネルが市場に出てきているという点についてです。

超電導ケーブルの場合は山口先生のおっしゃる電力を使えば運転コストとして、冷凍機であれ何であれ、かなり長期間使用するとすればコスト0に近づけるというこ

とですね。つまり問題は設備ということですね。したがって設備の超寿命性、また事故時はどうするのかといった辺りについて、本当にリアルな研究は進められているのでしょうか。

**本島**

これは山口先生にお尋ねするということで良いですか。

それともどなたかほかの方にお尋ねしますか。

**質問者（中部大学／福田先生）**

山口先生のお話は素晴らしい議論のスタートでしたが全員に聞きたいです。

**本島**

全員は時間的に少し難しいですね。では手を上げてもらいましょう。

今の質問は訳で分かっていたけましたか。

では Park 先生お願いします。

**Park**

答えになるか分かりませんが、10年、20年前は非常に難しい技術であったわけです。ただ、それが現在では非常にロスが低く、安価な線材ができました。韓国でもそうした会社があり、非常にコストが下がっております。

また、それが良いことかどうかはまだ分かりませんが、既に試算が出ておりまして、最終決定はしていませんが約数千 km のワイヤーを経済的に良い価格で使えるという結果のものでした。そのときに二つの条件がありまして、一つは電圧を10分の1以下に下げること。もう一つは電圧を下げることに伴い変電所のことも考えなければいけませんので、街中から山の後ろへ移すなどすること。それらは大きなコスト削減になります。

ですから AC の場合はコスト削減について二つ条件があります。DC の場合はまた考えて、明快にしなければならぬ点がありますが。ですからもっと分析や研究をして経済的に良いやり方とは何なのかを見いださなければならぬと思います。

**本島**

まだコメントがあるかと思いますが、今十分にお答えいただいたと思いますので続きは後ほどフロアで続けていただきます。

ほかに何かありますでしょうか。では飯吉先生、お願いします。

#### 質問者（中部大学／飯吉先生）

これはもう皆さまおっしゃっていますが、とにかくグローバルなネットワークを作るということが非常に大事だということです。

ただ、この超電導との比較として情報スーパーハイウエーを挙げますと、要するに情報はあつという間にグローバルに展開されました。それに対しておそらく超電導の場合はあれほどうまくはいかないと思うのです。それはなぜかと言うと初期投資がどうしても掛かるためです。そしてその初期投資をプライベートセクターだけで負担することは困難だということです。そうすると国のサポートがある程度得られなければいけないと思いますが、その辺りのノウハウを各国共通で作っていただくの良いのではないかと思います、ご意見がありましたらお願いいたします。

#### 本島

電力特会のような枠組みのことですが、いかがでしょう。

ロシアはいかがでしょう。Budargin 社長、何かお答えいただけることはありますか。

#### Budargin

まずロスのことですが、今のところ一番頭の痛い問題であります。ロシアでは平均して9%がロスなのですが、これは非常に高いとわれわれは見ています。1%減らすことができれば15億ドルぐらいのコスト削減ができます。そしてそれらのプロジェクトは短中期間的なものというよりも長期間的なものですが、合理的に既存の資源を使い、将来も資源を利用できるようにすることがメインなのですが、民間のパートナーシップによるプロジェクトの時代に入ってきていると思います。

テレコム、財務は統合しつつあり、交通の分野も統合しつつあります。そしてセキュリティや安全性、安定性は誰もが心配しておりますが、電力産業が統合して初めて真の国と国の安全が確保できると思います。

そして資金については民、官問わず全て歓迎しますが、もちろん民、官にとりましてもそれぞれのメリットがなければなりません。

われわれはやはり新世代の育成に尽力すべきだと私は思います。

#### 本島

ありがとうございます。飯吉先生、お答えとしてはよろしいですか。

では最後に Wu 先生と Tendler 先生、お願いします。

#### Wu

私も最後に中国の経験について申し上げたいと思います。

中国はパワーロスを減らそうとしています。そして直流、交流含め、超高圧の電力があり、その電圧を下げるなどいろいろな方法を行っていますが、現在のところは高圧の電圧で送るということを行っております。しかし将来的には協力し合い、交流の送電も行いたいと思います。

ありがとうございます。

#### Tendler

短いコメントとなりますが、全ての新しい技術の初期段階は非常に高額な資金が必要なのです。ですからこのポイントで政府の支援が欠かせません。ですが、技術が徐々に成熟してくるとそれに伴い価格は徐々に下がってきます。これが常の流れです。

#### 本島

そのとおりだと私も思います。ありがとうございました。

ではここでパネルにて予定していたプログラムは終わりになりましたので、オペレーターとして深く感謝いたします。皆さまにも楽しんでいただければ大変良かったです。

関係者の皆さまの一層の発展を祈念いたしますとともに、会場の皆さまにはこの分野の科学技術の発展、それからビジネスの発展に対してこれからも温かいご支援をお願いして、パネルを終わりにさせていただきます。

最後に温かい拍手をパネラーにお送りください。ありがとうございました。



## 「石狩宣言」

～ 次世代イノベーションの新たなスタート ～

高温超電導直流送電の研究は、世界に先駆けて 2005 年に中部大学で始まりました。

その後の研究の目覚ましい進展により、2013 年に「高温超電導直流送電システム実証事業」が始まり、石狩湾新港地域が北のエネルギー拠点としての将来性などを高く評価され、実証フィールドとなりました。

その後、石狩超電導・直流送電システム技術研究組合の弛まぬ努力により、環境負荷の低減につながる、新たな送電技術の確立に世界も注目する大きな成果を挙げる事ができました。

この次世代型の送電技術は、地球規模のエネルギー革命につながる成果であり、今まさに石狩市から発信されようとしていることは、私たちにとって大きな喜びであり市民の誇りであります。

私たちのこの取り組みは、技術国家日本が果たす、真の国際貢献につながるものと期待をすると同時に、そこに生まれるイノベーションは、石狩市のみならず北海道全域、更には我が国の地域創生の息吹を波及させる一步となり得ると確信しております。

本日から 3 日間にわたり繰り広げられる数々の議論が、超電導送電をはじめとする次世代技術革新に向けた原動力となり、次世代イノベーションへの挑戦が、石狩の地から世界に向けてスタートすることをここに宣言します。

2017 年 6 月 24 日

石狩市長 田中 昌幸  
中部大学理事長 飯島 厚夫

## 総括

### 「日本電力システムの将来と石狩フォーラム」

元総務大臣 前岩手県知事 増田寛也

ただ今ご紹介いただきました増田でございます。

ちょうど石狩宣言が出たところでもありますので、また私の方でいろいろと繰り返すのもおこがましいわけではありますが、今日は大変素晴らしい議論が展開されました。そして非常に重要なキーワードが各先生方から提示されたと思います。

私は今ご紹介にありましたとおり、総務大臣を拝命しておりました。その前は北海道ではございませんが岩手県で知事をしておりました。

そうしたことも踏まえて、市民の皆さま方のいろいろなご理解があつてのことではありますが、特にこの石狩でこのエネルギーの問題について実証実験が行われ、石狩モデルを作ろうと取り組まれていることを、一つは国の方から見るとどのように見えているのか、そして地域から見るとどのような意味を持っているのか、そしてそれを中部大学という大学機関が、石狩市さんと協力して進めていくということはどのようなことなのかについて、少し私なりにお話をしたいと思いますが、時間も押しているようですので要点だけ申し上げたいと思います。

このエネルギーの問題はやはり国の一つの基本であります。ですから国家戦略のようなものが当然必要であり、それはまず国内にある企業がこの電力というものを基盤にさまざまな活動をしておりますので、そうした企業にとっての活動や一人一人の国民にとって使いやすいものになっているのか、そして安定供給に不安はないのか、価格の面では大丈夫なのかといったことが問題になります。

もう一方では地方創生という言葉が最近言われておりますが、地域の立場から申し上げますと、この石狩の地は冷涼な気候であり、そしてさらに水素に対して親和性があるという話がありました冷熱が液化天然ガス（LNG）基地などがあることにより、さらに利用可能性が高まっているという地域でもあります。

多くの企業や人が東京に集まっていますが、こうした日本の中で優れた特性を持つ地方の存在、しかも冷涼な気候を持っているという地域のさらなる活性化という観点からこの利便性があるのではないかと思います。



事細かには申し上げませんが、電力価格が家庭用も含め福島原発以降、高騰してきており、これはさまざまな企業にとりましても活動の低下ということにつながってまいります。

これは原子力発電所の停止ということもありますし、FIT（固定価格買取制度）の関係もあるでしょう、それから輸入ガスの価格も上昇しているといったこともあるわけですが、こうしたさまざまな要因の中で今後どうしていくかということになると、ここに5点書いてありますが再生可能エネルギーを大幅に導入していくことになり、この北海道はその大変な資源をお持ちになっているところであります。

さらにはIoTについては柏木先生からお話がございましたが、そのIoTやAIといった技術の導入。そして今まで発電することについて非常に日本も気を使ってきたわけではありますが、送配電については今の体制が10

の電力会社それぞれで完結する仕組みになっており、われわれも目を向けることがかなり少なかったのではないかと思います。しかし、揚水発電所が随分ありますので、電力貯蔵ということも今後ますます強化することが可能になります。さらには広く国内だけではなく、少なくともアジア全体を見ていくということがこれから必要になるだろうと思います。

再生可能エネルギーについては利用の状況が高まってきましたが、まだまだ十分にこれを使いこなしているということではなく、極めてこれから伸び代が大きいということだと思います。

われわれはこのエネルギーの、特にグリッド（送電網）の関係でありますどうしても欧州連合（EU）の方を見るわけであります。これはそうしたことも念頭に置きつつ、いくつかのアジアの構想についても先生方と議論しながら少し私なりに考えているところもありますし、多くのアジアでの「グリッド構想」はまとめて1枚の絵に図示しております。

翻ってEUの方を見ますと、このグリッド（送電網）の強さについても皆さま方も異論はないと思いますが、そうしたグリッド（送電網）が縦横無尽にとまでは申しませんが、かなり多方向に渡って張り巡らされていることによって、例えば、風力、太陽光などの再生可能エネルギーの場合には夜昼や天候によって変動することが必ず問題になります。こうしたことも利用可能性が著しく高まっている現実がありますし、さらに言えば、これは私の私見ですが、ドイツが脱原発の方向で施行していますが、それはおそらく、いざとなったらお隣のフランスから原子力で発電された電力を購入するということも視野にいれるといった考え方をとっているのではないかと、このようにも思われます。

デザーテックというサハラ砂漠、モロッコをはじめ、そうしたところでふんだんに降り注がれる太陽光をエネルギーに変えて、アフリカ大陸の方からヨーロッパに引っ張ってくるなどの非常に大きな構想があちらの方で持たれている。それはおそらく実現化に向けて一つ一つ事実を積み重ねていくのだと思いますが、このエネルギーというものはいろいろな観点があり、一つはもちろん安全保障という観点があると思いますが、それと同時に再生可能エネルギー等の利用可能性を上げていくことにより持続可能性も同時に達成していくという観点に立ち、この問題を考えていくことが必要ではないかと思います。

そしてそうしたことをわがアジアにもう一度引き戻して

考えてみますと、これはわが日本、そして周辺の諸国とのネットワークのようなメコン・デルタを中心としたネットワークが、西アジア、中央アジア等々、アジアだけでも非常に多くの構想として考えられ、あるいは現実を受け止められているということがございます。

これを実現していく上ではいろいろな課題がありますが、しかしここに簡単にまとめてありますとおり、直流を利用し、長距離に渡りロスを少なくしてこれを実現していくことや安全で安定した運用、そして高い環境保全性能、CO<sub>2</sub>の発生抑制等々といったことを考えると、実現させるためにどのような障壁を取り除いていくかということで、こうした構想を捉えていくべきではないかと思います。

今日は石狩のこの場で知事さんや、そして市長さんは先ほども力強い宣言をされましたが、そうしたこの場での議論となると、先ほどまでロシアの社長さんもおられました。サハリンと石狩を経由したこのような大きな構想というものに、より焦点を当てて実現を考えていくということが非常に価値のあるものではないかと思います。

当然のことながらエネルギー資源を持っているロシアとの間ではパイプラインを引いてガス輸送をする、あるいは海上輸送をしてLNGを持ってくる形となり、この石狩にもその拠点があるわけですが、さらにまたここに書いてあるとおり直流送電を利用し、資源のあるサハリンの中で日本に一番近いところで発電し、電力として日本に持ってくるということを将来超電導送電として実現する。そのためにまずきちんとした石狩モデルを作っていこうということでこれまで取り組んでこられたと思います。

これはあえて申し上げるまでもありませんが、超電導直流送電については優れた特性を持ち、環境への負荷も非常に少ないことが分かっており、今日午前中現場を視察させていただきましたが、ぜひ今1kmのケーブルで行われているものをより長くして、さまざまなデータを積み上げ、そして少しでも早く実証に移してほしいと考えています。そのことは日本の抱えている、あるいは日本の地方が抱えている問題を解決すると同時に地球環境も含め、世界全体に貢献するような非常に大きな意味があるということが先ほどの各パネリストの方々のお話の中にも入っていたのではないかと思います。

もちろん国と国とを越えるということについて非常に大きな難しい問題があるということは私も重々承知をしており、これは皆さま方もご存じのことだと思います。

すが、先ほどのパネルディスカッションの中で、例えば、環境を切り口にしていくことも一つの案ではないかというお話もありました。

いろいろな考え方があると思いますが、わが国の中では非常にこのメリットが大きいと思います。それは北海道の豊富な電力を本州と北海道との間にある青函の連系線を太くすることによって、より安い電力で多くの企業を呼び込み、この地を十分に活かすことが日本の企業にとってもプラスの意味が大変大きいと思うからです。それを世界に広げていくことによってさまざまな貢献ができていくのではないかとということを申し上げておきたいと思います。

今、申し上げましたような 2030 年の事業構想というものを図示しております。

国際実証への展開ということで、こちらに書いてありますが、まず世界が注目する石狩モデルをより充実発展をさせて、ここの成果をグローバルに事業へ展開していく。ヨーロッパやアジア、中東、アメリカなどいろいろな地域でエネルギーについてはさまざまな国家戦略のもとで展開をされているわけですが、私はそれを実現していく上で非常に意味のある議論をこの石狩からまずスタートを切ることができたのではないかと思います。

あらためてもう一度簡単に申し上げておきますが、電力とは双方向であり、それぞれの国あるいはそれぞれの地域がメリットを感じられるものであり、そして大きなビジョンのもとで考えられていくべきであるという性格を持っていると思います。

そしてもう一つは平常時のみならず非常時にあっても、どういうことがネットワークとして可能なのかという意味でこのグリッド（送電網）、ネットワークの持っている重要性というものは一段と高いものであると思います。

最後に一言申し上げれば、このようなエネルギーの問題はまさに国家と国家の外交力あるいは総合力そのものが問われるものではないかと思っています。技術的に可能であっても、そうした外交上の問題によってなかなか進まないということがありますが、それぞれの国でこの問題解消にメリットを感じるために、必ずしも順調に平穏無事に国家間がいつも協力関係を結ぶとは限りませんが、そうした緊張感が一方で発したときに、こちら側と別の地域とがきちんと結ばれているということはそれぞれの国にとって非常にメリットがあり、それぞれの国がそれぞれの国によって多重なネットワークを結ぶという、まさに EU など敷かれていたようなネットワークに、結果

として近づいていくことになるのではないかと思います。

この石狩モデルの非常に重要な意味づけは、今は技術的な実現可能性を追求しているところであり、そうしている施設を今日の午前中に見てまいりましたが、非常にいろいろな先生方のご努力によって結果が積み重ねられてきていると思います。そしてそれを次に進めていく上ではどうしてもビジネスとして、例えば、価格等の要素をいれての実現可能性をきちんと表していくことだと思います。広くグリッド（送電網）が広がり、ネットワークが構成していけば当然価格は低減されていくわけですが、先ほど飯吉先生からのご質問にもありましたように最初どのように後押ししていくのか、初期投資をどう乗り越えていくのかということは必ず共通の話題になってくると思いますが、それを具体的に実現していく上でも国民である皆さま全体の強い後押しを、言葉を換えると国民である皆さま方多くの人たちの理解を得ることが極めて重要であり、日本のみならずほかの国もそうではないかと思っています。

今日の午前は超電導施設見学、そして午後は各先生方の非常に刺激に富んだディスカッションを聞かせていただきましたが、柏木先生をはじめ、あるいは次のパネルディスカッションでも大変さまざまなキーワードを勉強させていただきました。こうしたことを積み重ねていくことが一人一人の国民に届く、あるいはそのことによってプロジェクトがさらに後押しされていくものだ確信しております。

最後になりますが、そうした実証の場をご提供されている石狩市、そして今取り組まれている中部大学さんにも重ねて敬意を表したいと思います。

非常に雑ばくで簡単ではございますが、以上を私の総括とさせていただきます。どうもありがとうございました。

## 施設見学会 石狩超電導直流送電システムの実証研究施設見学



●約 50 名の方が参加しました



●一般向け施設見学会



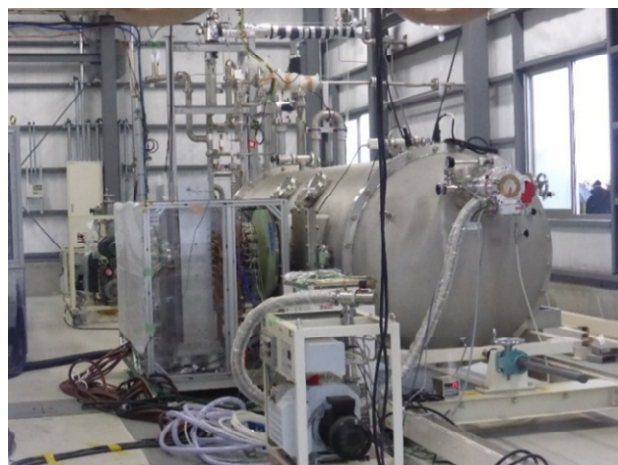
●超電導ケーブルの説明



●1 km の超電導ケーブル



●施設内部の説明



●超電導実証実験装置

## パブリックレクチャー

# 「第四次産業革命と北海道～石狩から始まる環境革命の時代～」

中部大学中部高等学術研究所客員教授 涌井雅之

抜粋

<超電導の話をするについて>

田岡市長さんは超電導のことは自分も知らないというようにおっしゃっていましたが、多分「能あるタカは爪を隠す」という類いだと思います。しかしもしそれを素直に受け止めるならば、私は田岡市長さんと負けず劣らず、超電導についてはど素人であるということを告白した上でお話をさせていただきたいと思います。

ただ、やはり私は政府の国土経済計画あるいは北海道とも非常に深いご縁があり、いろいろな計画論を行っているのですが、このエネルギーというものは非常に重要な問題だと認識を持っているわけです。

今日は市民の皆さまが主体でございますため、おそらくは飯吉理事長・総長が私に白羽の矢を立てたのは「何も知らないお前がちゃんと勉強した上で、ちゃんと市民に話ができるかどうか」ということだろうと思いますので、懸命に話をさせていただきたいと思います。

どうぞよろしくお願いいたします。

<多くの人が国際的に移動する理由>

私は存外、北海道とは縁があります。そのような意味からいっても、この石狩で中部大学が超電導の実証実験が順調に進んでいるということを非常に喜んでいところであります。

少し難しい話ですが、肩慣らしという意味で私がどのように北海道とご縁があるのかという話も加えて話をさせていただきたいと思います。実は今、私は全国の「国立公園満喫プロジェクト」に取り組んでいます。

日本の経済の将来を考えてみたときに一番の弱点は何かと言うと、あるいはサンデーモーニング的に言うと現在安倍内閣の三本の矢といいますが、その三本の矢の中で一番拳がっているものがインバウンド、すなわち海外

からの観光客をいかに増やして国内総生産（GDP）を強くするかということです。

日本は、実はこのことにあまり気がついていなかった。

今からちょうど6年ほど前の統計で言う世界から日本にどのくらいのお客さまが来ているのかということを見ていきますと、恐ろしいことに60万です。そしてフランスはGDPの実に3割をいわゆる外国人によって稼いでいるという状況です。

世界貿易機関のWTOではなく、ワールドツーリズムオーガニゼーション、つまり国際観光連盟のWTOですが、そうしたところで調査しますと、今どのくらいの人たちが世界中を観光目的で動いているかという、約7億人が動いています。

歴史を少し顧みてみると、なぜそれ程までに多くの人が国際的に動き始めているのか。その背景は、実は将来に対する不安だということです。旅行というものは楽しみの旅行もございますが、もっと人を旅にかき立てるものとは一体何かというと、将来をどう思うかということです。場所を変えることによって、何かヒントを得たい。例えば、ヴァスコ・ダ・ガマ。あの時代になぜ大航海時代のはしりがあったのか。

当時欧州は食糧難。王族といえども一日に一食しか食事ができないという時代で、大変追い詰められていた。そのためにさまざまな戦争が起き、にっちもさっちも行かない。そこで、この苦境を脱却するためにまずは大西洋を渡り、海の向こうに何があるのかを確かめたい。このようなことから大航海時代が始まったと考えられます。

<今外国が関心を持っている日本の自然（国立公園）>

今世界中の人たちが日本にいろいろな関心を持っていますが、奈良や京都や鎌倉などに関心が集まる時代はだんだん終わりつつある。

多くの外国人が関心を持っておりますのは日本の自然、そして国立公園です。国立公園と言うと皆さまどこ

も同じようにお考えかも知れませんが、実は日本の国立公園の特色は世界でも珍しいことなのです。

ほとんどの世界の国立公園はいわゆる営造物方と言い、国立公園そのものが国有地もしくは公有地です。したがって国立公園の見せ方というものは、実に絵画的である、あるいは非常にこう「えっ！」と思うような、例えば、グランドキャニオンの断崖のような驚きをもってワンシーンを魅せるというところに、非常に公園の醍醐味（だいごみ）というものが作られている。

しかし、日本の国立公園はそうではないのです。専門用語で言うと地域性国立公園と言い、国立公園の半分以上が民有地です。ということは、そこに行くとなんが見られるのでしょうか。実はグランドキャニオンのような大胆な景観を見ることができなくとも、自然とそこに暮らした人が、どのような共生のしくみを持った文化を持っているのかを見ることができる。これに多くの外国人が感動しているのです。

そして日本のどこに行きたいかという統計を取ってみますと、ファースト ビジ ビギナーと言うとやはり京都や奈良です。そして日本の歴史文化を尋ねて、その次に来るのが日本の自然と人々が共生している姿をぜひ見たいとアンケートに答えを書いています。

そしてここから日本の国立公園も、もっと世界化しようということからこの国立公園満喫プロジェクトが始まりました。そして全国で8カ所のモデルを決めようということから北海道の阿寒湖国立公園が選択され、そして今度は阿寒湖だけでは、しゃれではないですがあかんということで、摩周湖があることから阿寒・摩周と名称を変更し、ぜひ、どのような形で人々が大自然と暮らしているのかという姿をそのままお見せしようということになりました。

そしてなんとか今現在、外国人が日本の国立公園に約430万人おいでになっていますが、オリンピック2020年までに外国観光人を6,000万人、その中で国立公園には1,000万人の方々に訪れていただくというプロジェクトを行っている最中です。

#### <シーニックバイウエイの活動>

もう一つ、私が20年来力を入れてきた「シーニックバイウエイ」という運動です。このシーニックバイウエイの「バイウエイ」というものは簡単に言うと側道という意味です。

私は今年72歳です。お年の方はお分かりかと思いますが、若い頃に「ルート66」というTVの番組がありました。これは非常に魅力的な番組です。これは何かと言うとアメリカを横断する道路が三本ある。その三本の一番南側に国道66号の道路があります。これが大変いろいろな物語を持ち、魅力的にTVドラマになっています。

ところがアメリカは同じように三本のインターミッション（高速道路）で東と西をつないでしまったために、いわゆるかつてのインターミッションが、寂れに寂れていくのです。そしてここで偉いのが寂れていったバイウエイ（側道）の人たちです。彼らは何をしたかと言うと、開き直り「急いで行きたいやつはインターミッション（高速道路）を使え。ゆっくり、その土地の食文化やあるいは歴史を楽しみたい人は側道を走れ」ということで、このルート66のそれぞれの地域の人たちがいろいろな工夫で、魅力的にその土地の歴史や開拓史などを表現した街づくりを行っています。今やここはとても大きな魅力になっているのです。

では北海道を考えてみますと、北海道の場合にはほとんど高速道路網ができあがってきた。ところが残念なことに、かつてそれぞれの町々を結んでいた道路は置いてきぼりになる。こういう現象が起きます。

そこでこのルート66で行ったシーニックバイウエイ、つまり直訳すると「見た目に楽しくて美しい側道」これ



を北海道でやるべきだという運動を起こし、皆さまにもご記憶があると思うのですが、実現したものが「北海道ガーデン街道」です。これが大きな評判になり、日本中からここに人が押し寄せる。せっかくそのようなことが動いたため、もう一つそれにイベントを付けようということで「北海道ガーデンショー」という、最初は帯広ついでこの間十勝で開催し、世界中からもいろいろな方が来てくださるような仕掛けになっている。このようなことも行っております。

それからもう一つは白老に、いろいろ問題はあるのですが国立民族共生園というものを作る、ということになり、アイヌ文化をしっかりと後世に伝承しようということで、国立で民族共生公園というものをこしらえよう。こういう基本構想にも生きているということでもあります。

#### <自身と北海道とのつながり（坂本龍一）>

これはたまたまですが、先一昨年の札幌国際芸術祭2014。これは坂本龍一君がこのプロデューサーをしているのですが、彼は6月まで一生懸命やってくれましたが、残念なことにそれから闘病生活に入らなければいけない。そして彼は困った人で、私に電話を掛けて来て「悪いけどちょっと代理をしてくれない？」と言うのです。長年付き合いがあるため仕方なく、札幌市資料館、これは札幌控訴院と言い高等裁判所の跡ですが、これを壊すという話がありましたが、壊さずに大通公園を一つの中核として新たな市民芸術の拠点にしようと考え、その国際コンペをやるとして、私が審査委員長代理を務め、つつがなくこれをその方向に決めたということがありました。このようなことで北海道と私は切ってもれない縁があるのです。

#### <4つの問題提起>

さて、その魅力ある北海道。そこに私は一つの大きな未来を見いだしています。

確かに北海道は人口問題、あるいは経済問題、あるいは所得、さまざまなことで問題がありますが、それでも先ほど申し上げたように未来を考えていった上で、先ほどの旅の動機である不安を解消する要素は北海道のありとあらゆるところに見いだすことができると考えております。

今、われわれは大変不安な時代に到達しています。一体何かというと主に4つの問題があります。国際的に言えば、地球が危ない。そしてもう一つ、高齢化社会の到来、そしてその気候変動による自然災害の増加。そして

もう一つは、経済の失墜。超少子高齢現象が片方にあり、片方にはさまざまな自然の環境物がある、これに日本はさらされているという状況です。もう一つ都市が危ない。これは一体何かと言うと、実は都市がもっとも超高齢になりつつある。このような中で都市をどうやって再建していくか。もちろんその結果地方が危ないという状況もあります。

こうした4つの大きな不安の中で、今日は地球が危ない、あるいは日本が危ない、地方が危ない、この資料に赤丸を付けているところに焦点を絞り、いろいろ皆さまと共に考えていきたいというのが今日の趣旨です。

#### <地球の生命、生態系>

海は1,000m、地上が2,000m。それはもう3,000m、4,000mという生き物はいます。海の上、大体7,000mくらいまで生きる生き物はいるが、にぎわっているという状態ではありません。つまり生物多様性により、さまざまな形でそこに命のにぎわいを見いだせるという空間はたった3kmしかない。たった3kmというと、石狩からおそらく札幌駅まで行くか行かないかぐらいです。いかに地球というものは、あるいはわれわれが考えている地球、命の営みが続けられる地球というものの大きさが、あるいは生命圏が本当に薄いものであるということがよく分かる。

ではその薄い生命圏はどのように作られてきたのか。これを見ていきましょう。これは地球の46億年の歴史を1年の暦に移し変えて考えるものです。そうすると地球が地獄のような状態からようやく落ち着いて命が始まったのがおよそ28億年前の7月の末から8月にかけてです。そしてそこから太陽熱発電と同じように太陽の光を無機物から有機物に変換するという生物が誕生する。これが葉緑素を生み出し、そしてその有機物の中で再び無機物を作り出す。これが一体何かというと酸素です。

相当飛ばしたものの言い方をしていますが、それはご勘弁をお願いします。

つまり無機物の太陽光のエネルギーを使い、有機物が再び無機物になるのです。このことにより、海の中は酸素で満たされる。ここから大変な生物進化が始まるわけです。

そしてやがて、その海の中の酸素が蒸散作用で空気中に出て行く。これにより大気圏が形成されるようになるわけです。そして陸生の生物が誕生し、それがどんどん進化してようやく先ほど申し上げたように生態系に作用すると言うのか、さまざまな生き物が人間を支えるにふ

さわしい条件を作り出す。そして地球自身も、わずか30kmの中でありますが、エネルギーと物質が再生循環するシステムが生まれる。これが生態系です。つまりエコシステムというものです。

エコシステムや生態系というものはどのような生物がいるか、ということだけではありません。どのような生物がどこに分布しているのかということではなく、生物により物質エネルギーが自立的に循環できるシステム、これがエコシステムというものです。

そしてそれが完成し、ようやく人間が登場できる条件が整った。そしてやがて人類が出現するわけですが、大体500万年という説と300万年という説がある。しかし「300万年って一体いつ頃なの」と言うと、なんと12月のクリスマスイブなのです。1年の中で7月末から8月にかけて生命が誕生し、いろいろなシステムができ上がり「はい、人間いらっしゃい」と言われて出てくるのが12月末です。

人間が生存する条件が整えられ、そこから人間は地球上をほっつき歩いている。ほっつき歩き、そして結果としては12月31日の午後11時59分、今からおよそ一万年前にようやく農業を発見します。

一万年前のこのことにより人間はその場所に歩きまわることやめて定住をする。集落ができる。やがて町になり、都市ができて、そしてそこに物々交換のシステムが生まれ、経済が生まれ、政治が生まれる。そしてここから人間はようやく社会をこしらえる。

#### <産業について>

それから産業革命の最後のあがき、第四次産業革命。これを環境革命の時代の入り口として認識すべきでしょう。無駄のない多様な電源、つまり再生可能エネルギーからの電力を根本的に運用し供給できるシステムをどのように構築するのかということです。

自然と共生する農・林・水産空間を単なる収穫の対象の生産空間と位置づけるのではなく、多目的な公益性を持つグリーンインフラとして理解するというのが大切です。そしてそのためには人手をかけずに収量が確保できるスマート農業の開始と運用というものをしっかり考えていく。よって集権的な国土構想ではなく、廃県置藩的に分権型・個性型の中央経営を行っていくことが非常に重要であるという結論になっています。

#### <既往の概念と産業革命、環境革命>

皆さまいろいろと話が長引いたから疲れたでしょう。これを見てください。これは誰が見てもつぼですよ。しかし、これをつぼとしか見えない人は明らかに既往の知識に頼っている人です。ではこれを見てください。これは何か字が書いてあります。字がお読みになれる方、何と書いてあるかおっしゃってください。ささやくような声でライフというような声が聞こえました。まさにそうですね。なかなか読めないでしょう。これは「l」「i」「f」「e」です。言われてみると読める。言わないと読めないのです。ではこれは言われてみると何に見えます。向き合った男の子と女の人の横顔ですね。これは有名な視覚心理学のルビーのつぼと言うのです。

つまりわれわれは既往の概念を打破するのはなかなか難しいということです。これを産業革命と環境革命に例えるとわれわれは産業革命で十分に今までの生活を享受してきたために、基盤の成長で社会資本を充実させ、豊かさを求める社会が当然であり、人間関係というものはしょせん、利益のつながりで「だから合理的に中央集権でもいいのだ」という発想の中に埋もれていく。しかし「本当にそれで皆幸せなの？」ということを聞いてみると、そうではない。ではどうしたらいいのか。

あらためて地球には限界があるということを前提にし、環境革命的な発想を持とう。成長ではなく、成熟が基盤で、自然資本財を重視し、豊かさを深めていく社会。利益でつながっている人間関係ではなく、地縁結合型の社会を作ろう。このような方向に切り替えてくべきだと考える。

つまり今までは坂の上の雲なのです。私は司馬遼太郎先生大好きです。しかし多分あの賢明な先生が今の時代を看破する第二版を出されるなら、坂の上の雲の第二版、坂の下泥沼という本を出されたと思う。現在の地球の環境要因から見れば、登れるだけ登っていき、地球の限界が来ている。今度は下へ落ちるということです。

そうすると、そこに新たな発想が出現する。一体何か。今までは右肩上がりに考えていくということが人間の成長だと考えていた。しかし、そうではない。限界というものを想定し、そこから逆心的に、フォアキャストでなくバックキャストし「今はどうしたらいいの」という考え方を持たなければ、もう地球の未来はなく、われわれの世代はなんとか生きてこのまま上手に死んでいくと思いますが、その次の世代、その次の世代辺りから、とてつもない苦しみと共に生きていかなければならないことになります。よって逆心的な発想を持ちましょう。

### <科学技術と世界のエネルギー（自動車）>

世界のエネルギーというものは先ほど申し上げたように産業革命、いわゆる石炭から始まり、石油に移り、天然ガスに移り、そして水力に移り、やがて原子力に来了たのです。これを横軸にずっと見ていきますと、エジソンが自動車を造りました。エジソンの自動車が何で動いたと思いますか。電力です。自動車は電力で始まり、電力に今帰ろうとしている。

ではなぜ、ダイムラー、ベンツはガソリン自動車を造ったのか。あまり言いたくはないのですが、実はアメリカの石油資本のとても大きな陰謀だった。

ペンシルバニアで 1860 年代に大量の原油が出た。そしてこれを石油精製することに成功し、何をもってその石油を消費させるのか。ちょうど、ヘンリー・フォードが自動車を造る。そのフォードに融資をして、ガソリン自動車にさせるということが一番その精製した石油を使わせることに良いということから、電気自動車だったものが、ガソリン自動車になってしまった。そこから地球環境に大きな負荷を与えるようになってしまったのです。

### <環境革命と産業革命、

それに伴うライフスタイルの変化>

第一の三十万年前に人類が登場し、一万年前に農業革命をしている。そして現在は産業革命。この産業革命の欠点を何とかカバーしようということで、15、6 年前に情報革命というものが起きました。そして今起きているものが第四次産業革命です。

第四次産業革命というものは ICT、IoT、AI、このような高度な情報通信の技術を使い、できるだけ環境悪化が掛からないような効率的な社会を作ろうというものです。

しかしこれも 90 億から 100 億に達しようとする人間の欲望をコントロールできない。したがって最終的に地球の終末予定というものはどんどん進んでいることから、環境革命という「地球の限界を認識しバックキャストするのだ」という方向に変わらなければならない。

しかしながら非常に賢明な市民の方々が既にそのことに気がついています。今や多くの人たちがライフスタイルの大転換をしています。これは一体何かというと、商品文明というものに見切りをつけ始めているということです。

例えば、デパートの売り上げとインターネットの売り上げならどちらが良いでしょうか。インターネットの売

り上げの方が今や三倍です。よってどんどんデパートがつぶれています。GINZA SIX は皆さまご存じだと思いますが、あれは実は松坂屋というデパートはもうできないことから GINZA SIX なのです。既にそのような時代になっているのです。

つまり皆「衆」の時代から「個」の時代へ。「モノ」の時代から「こと」の時代へ。「所有」から「利用」、「成長」から「成熟」、そして死んでいる財産「死産」から生きている「資産」アセットに変わろうという大きな転換が起きようとしている。こういうものを肌で感じているのです。

それでは少しそれを整理しましょう。産業革命とは、今回は時間がないため科学技術の立場からだけで失礼しますが、われわれは地球の資源は無限だ、その無限の地球の資源をいかに人間に有用にするのかというところが科学技術者の使命であり成果である。よって、いろいろなものが人間に使えるように努力しよう。では生産はどうかと言うとフォーリズムと言うフォードの考え方です。少品種・大量生産で、例えば、T 型フォードというものを作る。T 型フォードは作るが、AB 型フォードや O 型は作らない。T 型フォードだけをベルトコンベヤーで作る。よってコストダウン。そしてコストダウンになればプライスダウン。つまり「皆同じものを持ちなさい」こういう発想です。

そして、消費者は「同じもの？そうか。フォードは T 型フォード、涌井自動車は A 型フォード、大して変わらないな。どっちを選ぼうか。値段で決めよう」と決める。これが消費社会です。しかし、今はどうでしょうか。うちの学生は本当に汚い格好をして大学に来るのです。ところが驚くのは、

「先生」

「お前なんでそんな破れたジーパン穿いてんだよ。」

「いやこれ高いんですよね。」

「高いたってこんなのせいぜい 1,300 円か、それぐらいで買ってきたんだろ。」

「いや、これ 6 万円もするんです。」

こう言うのです。つまりわれわれとは全く違う発想で、自分がビビっときたらお金を払う、ビビっと来ないものにはお金を払わない。つまり明らかにこのフォーリズムの考え方から脱却しているのです。

ここで生産者が非常に悩んでいる。少品種・大量生産であればコストダウン、プライスダウンが可能だが、今消費者が求めているのは多品種・少量生産のため、コス

トもブライズも上がってしまう。今まで考えてきたものの作り方ではもう作れない。「じゃあどうするの」これが今の状況です。

そうするとデザインが良い、あるいはその作っている姿勢が正しい、環境に負荷を掛けない、そこで商品を選択する。そこで、先ほど申し上げたように破れているが一本何万円もするジーパンを穿くと、これは破れたジーパンを穿いているのではなく、このような哲学のジーパンを穿いているのだということになることから自分が満足する。こういう社会になってしまう。

その結果、われわれ科学技術を担っている人間がどのような発想をしなくてはならないのかと言うと、地球は有限で、したがって持続的な人類の未来に貢献できるようなものでなくてはならない。このような発想に立たなければ科学技術者としては非常に倫理観が問われることになってくる。これが今の状況です。

#### <持続的未来

(環境、ライフスタイル、科学技術のフロンティア) >  
だんだん超電導に近づいてきました。

そして、結果は持続的未来です。今までは環境と経済と社会が一体化した「トリプルボトムライン」というもので考えれば良いと言われてきたが、今は「ペンタゴンネット」環境と人間と生態系と経済と社会が相互に関係した考えでなければ駄目だということです。これに置き換えて考えてみると、持続的な未来というものは環境とライフスタイル、そして科学技術のフロンティアにより、どう新しい回答を得るのかということにわれわれはチャレンジしているのです。

そして環境は「生態学的なアプローチ」、「低炭素社会へのアプローチ」、「自然を資本財として評価するアプローチ」、こういうことで考えていくのです。まさに私はこの真ん中にいる。

それから皆さまのようにライフスタイルを持っている方は「収入も大事だけでも、文化芸術も大事だね」と同時に自分が適応型のライフスタイルを取りたい。そこで今日のテーマであるこの超電導です。

まずエネルギーこそ人間にとって非常に重要だということ。これはこのサステナビリティと対応した場合のようなアプローチを取るべきなのか、これは究極の選択をしている。そのほかにもバイオやライフサイエンスなどというこの考え方。もう一つは情報。これがいわゆる科学技術の論理です。

#### <適応型とは>

適応型というものを少しご説明しますと、実はここで大きく科学技術のフロンティアが変わってきたのです。

今までわれわれは緩和の方向ばかりでした。緩和の方向と言うと、出したものをどのようにフィルターをかけてきれいにし、出しなおすかというもので、つまり装置です。科学的な、技術的な装置を作る。それが社会的コストとどのような釣り合いをとるのかということに一生懸命なのです。

しかし、もうそのようなアプローチは駄目だ。そうではなく、どんどん地球がダイナミックに変わっていることを考える。緩和型の方法は非常に部分、限定的なため、自分自身のライフスタイルそのものを変えていかなければ、そのような工学的対処だけでは地球環境の悪化に追いついていかない。よって皆で地球環境に負荷を与えないような、新しいライフスタイルを模索しましょう。このような相和ができなければ地球環境の悪化を食い止められないというのが適応型です。

よって今、賢明な消費者の間では先ほど申し上げたように保有から利用へ、つまりシェアリングエコノミーのように「自動車なんか持つよりは、むしろ使いたい人が借りて使えばいいじゃないか」という発想に変わってきたというのが適応型です。

#### <自然資本>

自然資本、これも大事なのです。自然資本というものは皆農業の生産物の対象でしか考えていないのですが、実はこの森・川・里・海の価値は年間8兆2,103億円もあるのです。公益的に日本だけでの価値です。つまり、これほどの自然資本財の効果がある。それを全然評価していない。結果として生産機能ばかり評価しているが、実は防災機能や生態系産地の機能などさまざまな機能があるのだということをしっかり理解して自然を大事にしましょう。

そして、このときにグリーンインフラというレジリエンスな考え方、先ほど緩和と適応という話をしましたが、つまり力には力をとというのが緩和です。適応というものはこの自然の力を生かしながら、われわれ自身のライフスタイルを変えていく。これこそが本当の自己復元力を作ることなのだという発想になってきており、レジリエンスな社会を作ることが、これから災害が増加する上で非常に重要だと考えられます。

例えば、何が起きているのか。発展途上国が先進国のテーブルに着いた。化石燃料がどんどん高くなる。どんどん限界が見えてくる。

今はチキンレースをしているため安いのです。アメリカのシェールオイルをつぶすために一生懸命サウジアラビアがありったけのお金を出し、シェールオイルよりも安い石油を放出しているため、結果アメリカのシェールオイル会社がどんどんつぶれていくという現象が起き、今度はサウジアラビアが困ってしまい、どうやって石油価格を上げるかということになっているが、可採埋蔵量に限界があるため、必ず化石燃料は高くなるのです。

#### <化石燃料から電気の時代へ 超電導の送電、価値>

着実に世界は化石燃料から電気の方向に移ろうとしています。化石燃料は先ほど申し上げたように非常に限定的で、不安定で、価格が上下してしまう。

それを昨日のシンポジウムで「タンカーから送電へ」という非常に面白いこと言われていたのです。つまり再生エネルギーが主流になれば送電になる。わざわざタンカーで石油を運ぶ必要がない。そして超電導の直流送電というものは安価で安定的である。

これは今朝仕入れたネタですが、交流で電気を送ると6%失われてしまう。一生懸命高いお金をかけて、あるいは危険を承知の上で原子力発電や石油火力をやっていますが、どんどん長く運べば6%の電気がなくなってしまう。しかし中部大学で開発した中部大学方式の超電導直流送電技術を使えばそういうことがない。それをなんと石狩で実証しているわけです。

皆さまその自覚がありますか。世界中のフロンティアなのです。つまり高効率な方策というものを見事にこの石狩で実装をしているということが今の現実なのです。

このことに、先ほど以来ずっと申し上げていることを比肩して考えていただくと、実に未来を救う技術だということが分かっていただけたと思う。

超電導のなんたるかは中部大学の先生方に聞いていただくと、少なくともその戦略的な位置づけの価値には皆さまに関心を持っていただきたいと思います。

#### <北海道経済と石狩を通る天然ガス・

##### 超電導のネットワーク・パイプライン>

サハリンから天然ガスが来る。あまり車も走らない高速道路が北海道にどんどんできています。その高速道路の法肩（のりかた）に天然ガスのパイプライン、片方に超

電導のパイプライン、実にこれは意味のある高速道路になるのです。つまり人流物流とエネルギー（天然ガスと超電導）が一体となったネットワークができる。それは北海道の中でどうかといえば、必ず石狩横を通るので。しかもこれを今度は北海道を通して六ヶ所村まで持っていこうというのが今の天然ガスの発想です。

もしこの発想が可能となるならば、北東のロシア経済も救う。さらに言えば北海道経済も潤い、お隣の青森県まで救えるかもしれない。このような高速道路にパイプラインと超電導を併設するという考え方はどうかということです。

例えば、北海道政経文化同友会や全道商工会議所が1998年に北日本パイプライン開発機構というものを作っています。そこのルート設定の中にはしっかり「石狩」がずっと入っている。それから国内のパイプラインを敷設する推進母体について、多額の建設コストが掛かり、商業ベースでのプロジェクトとは言うものの、パイプラインというものは民間のみでは無理だ。そうすると、そのパイプラインを今申し上げたように国策として位置づけ、その独立行政法人、昔の石油鉱山、石油天然ガス・金属鉱物資源機構が、この根拠法に依拠し、それを改正してパイプライン施設業務をそこに加える。そしてそのような方向により超電導がもし流れていったとしたら、石狩はとても大きく環境に対しても貢献できる。同時に経済の活性化にも貢献できるということにもなる。これをぜひやっていただきたい。

#### <全道の農業生産効率と超電導>

その結果、私が一番心配していることはこれだけの集約された工業生産があるため、まだ石狩は良いですが、そのほかの全道に広がっている農業は一体どうするのか。

今、準天頂型の衛星「みちびき」が打ち上げられます。もうあと二年もたたない内にこれが四基になります。大体衛星利用測位システム（GPS）の誤差が6センチくらい。それをトラクターに付けたいのです。耕運機につけたりしたいのです。iPadを持ってさえいれば、自動運転で農業ができる。

さらに、これは既に実用化されており小さな气象台と言われているのですが、どのくらいの雨が降ったのかにより自動的な冠水量の調整ができるという機械があります。こういうものを活用し、非常に生産効率の良い農業、北海道であればこそ、一戸辺りの耕地面積がとても大きいので、自動化には極めてフィットするのです。こ

うしたものを支えていくこと。つまり超電導を導入することだけで、安価で安定的なさまざまな北海道の未来のフロンティアが開けているということが私はすごく大事なことだと思います。

#### <石狩スマートシティ構想>

石狩スマートシティ構想というものがあるそうです。これをさまざまな形で皆さまの暮らし方、あるいは公共のシステム、あるいはモビリティ、あるいはそれぞれの企業。こうしたところがしっかりと行っている。

実は電源は全て直流なのです。電気エネルギーを運ぶためにわざわざ交流に切り替えている。皆さまの家庭では8割が直流です。これもインバーターをつけて切り替えている。工場は90%、オフィスでも70%～80%直流電源なのです。よってわざわざ運ぶために交流に変えるという手間が電気代を高くしている。

今日も見てきましたが、石狩にも随分たくさん送電線があります。高圧の送電線になれば、さまざまな電磁波を起こします。そうすると非常にレアなセンシティブな計器で正確な判定ができない。そのようなデメリットが全て消える。そして皆さまがモノのインターネットの先端技術を用いて、基盤のインフラとして生活インフラサービスを受けることができる。効率的に管理・運営し、環境に配慮しながら皆さまの生活の質が高まり、継続的な経済発展を目的とした、新しい都市「スマートシティ」を作ることが可能だということです。

超電導で省エネ、創エネ、そして蓄エネが可能になる。このことをぜひ理解をして、戦略的にこれを考えていただきたいと思う。

#### <超電導の実証がなぜ石狩市なのか>

最後に申し上げたいことは、第四次産業革命以降は創造的な階層がすごく重要なのだということです。

先ほど私はこう言いました。労働生産年齢人口は失墜するから経済が失墜する。去年一昨年の1月20日から23日に世界経済フォーラム・ダボス会議でどのような話があったのかというと、生産年齢人口の厚みとGDPは無縁な社会になる。今後われわれが注視しなければいけないことは日本を含むICT、IoT、AI、さらにはそのバイオの技術を持っている国々が世界経済をけん引することになるだろう。ただし、その国々では失業者が750万人生まれる。ほとんどのものがAIに取って代わられることにより、失業させられてしまう。しかし、同時に

その世界の中で雇用は200万人雇用できる。差し引き500万人の失業者をどのようにサービス産業に転換することができるかということが世界的な課題であるということを行っている。そうすると日本政府がスーパー・メガリージョンだ、あるいは労働生産年齢人口が失墜するからGDPが失墜するのだ、というような発想は極めて時代遅れなのです。

そしてなぜ石狩が良いのか。皆さまは気がついていない。実は第四次産業革命のような最先端の技術に携わっている人たちにとって一番の大きな敵は何だと思いますか。それはストレスなのです。この「知識をためて自分のものにする」という世界ではなく「自分の中に一度たまってしまった知識を分けて、新しい知識を入れる」という、このコップの水を空けるという行為がストレス開放には一番良いのです。

ですから、世界中を見てください。もっとも優れた第四次産業革命型の産業拠点がどのようなところに立地しているのか。それは手近なエネルギーだけではなく、安価で安定したエネルギーが確保できるだけでなく、自然が極めて近いところに、そういう産業立地がある。これはポルトランドにしても、欧州連合(EU)のカンヌのすぐうしろ側にあるソフィア・アンティポリスにしても、皆そうです。

これからは自然が豊かであるということが、実は創造的産業の大きな糧になるのだということを忘れないように。したがって自然条件が良く、超電導によって安定的で、なおかつ生活環境も良く、そしていわゆる頭脳的な知識人がたくさん集まるようなスマートシティが石狩にできれば社会的なしくみはとても未来的な方向に行くのだと私は考えています。

これは石狩市だから言えるのです。同じ話を苫小牧市にしては言えない。これだけは信じてください。

これをもって私の話は終わらせていただきます。どうもありがとうございました。



## 国際ワークショップ (学術会議及び施設見学会) 石狩市民図書館にて開催



●石狩市民図書館



●国際ワークショップ



●会場外のモニター前



●開会あいさつ 石原修



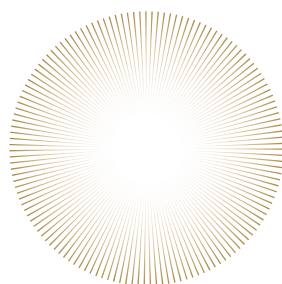
●ワークショップ参加者を対象とした施設見学会



●超電導直流送電システムの実証研究施設の説明



●施設見学会に参加された方々



**ISHIKARI  
INTERNATIONAL  
FORUM OF  
SUPERCONDUCTING  
TRANSMISSION**

**Ishikari International Forum of Superconducting Transmission**

【お問い合わせ】

石狩超電導国際フォーラム実行委員会事務局

石狩市環境市民部環境政策課内

〒061-3216 石狩市花川北6条1丁目30番2 TEL:0133-72-3698 FAX:0133-75-2275

メール:k-seisaku@city.ishikari.hokkaido.jp 石狩市HP:<http://www.city.ishikari.hokkaido.jp/>