

セッションB 日本の電源構成と日口協力—新エネルギー・電力

報告B-1

サハ共和国における小型分散型電力システムと再生可能エネルギー

サハ共和国民生サービス・電力大臣
アレクセイ・コロデズニコフ

ロシアは非常に広大な国だ。その中にサハ共和国(ヤクーチア)がある。この共和国も非常に広い地域で、人口密度は極めて小さい。人口が90万で、人口一人当たりの面積が1平方キロメートル位になる。ヤクーチアの気候は非常に厳しく、冬と夏で100度位の温度差がある。冬の最低気温は氷点下72度で、夏は非常に暑い。

サハ共和国の電力システムの特徴は、南ヤクーツク、中央ヤクーツク、西ヤクーツクという3つの系統が連携していない地域と、北部の孤立した地域があることだ。中央送電線網でカバーされている地域は共和国全土の36%、全住民の85%にあたる。送電線の全長は、すべての電圧を含めて25,063キロメートルである。中央電力供給システムから孤立し、ローカル電源に依存する地域の面積は220万平方キロメートルで、その人口は全住民の15%にあたる。このローカル電源となっているのはディーゼル発電であり、全土に125カ所あり、その稼働のために毎年高価なディーゼル油を7万トンも調達している。これらの電力と熱の需要者はへき地に散在しており、燃料ディーゼル油の輸送スキームは大変複雑なものになっている。

幹線送電網が無いことも大きな問題になっている。サハ共和国は非常に広大な国土であるため、すべての地域を送電線で結ぶことは難しい。ディーゼル発電で個別に発電しているが、北部や北極圏にも人口分布があるので、維持費が非常に高額になる。集落の中には、遠く離れているために2年も前から燃料調達を行わねばならない地域もある。電力会社サハエネルギーは、燃料を調達するために50億ドルの資金を費やしている。技術的にもいろいろな問題があるが、この低温と地理的条件が大きなネックになっている。

サハ共和国では2018年をターゲットにしたローカル電源最適化計画があり、それに関連してさまざまな研究所と協議を進めている。その中で、総出力3490kWの風力発電所を9基、総出力8580kWの太陽光発電所を64基、総出力3450kWの小水力発電所を17基設置することを予定している。2001年時点では大量の燃料を使用していたが、その使用量を減少させていくことが課題になっている。現在、燃料価

格は当時の9倍に上昇し、この価格上昇がわれわれの電力事情に大きな影響を及ぼしている。いまは太陽光発電の設置を推進している。気候条件的には難しい状況にあるが、孤立した地域が多いので、再生可能エネルギーを採用していかねばならない。

サハ共和国は、再生可能エネルギー法(共和国法)を採択しているロシアで唯一の地域である。これは、今後再生可能エネルギーを導入していくための基本法になっており、その導入に際し生ずるさまざまな問題を解決していくための法律だ。当然、ロシア連邦の法律も考慮に入れた内容になっており、再生可能エネルギーを使用する場合の支援策も網羅されている。

サハ共和国の電力発展の主要戦略と重要な課題は、エネルギー安全の確保とディーゼル発電のコスト削減である。この点で太陽光発電はかなり進展している。既に9カ所で運転開始し、出力1MWのものもバタガイに設置されている。これは北極圏にある太陽光発電としては世界で最大規模のものだ。既設の風力発電の内、チクシの風力発電所は長時間使用し、耐用年数も経過したことより、現在停止している。太陽光発電はさらに設置を検討しており、各地に設置していくことになるが、ディーゼル発電とのコンバインド利用も検討している。北極圏では4月から10月に太陽光発電の運転が可能で、それ以外の季節は暗闇で、運転は困難だ。

この3年間、サハ共和国ヤクーツク市で毎年、再生可能エネルギーに関する国際会議を開催している。この会議では、再生可能エネルギープロジェクトを極東の孤立した地域でいかに実施できるかという問題を検討してきた。日本からも参加していただき、現在、駒井ハルテックと検討を進めているプロジェクトがある。また、川崎重工業とも協議しているプロジェクトがある。1kWh当り35ルーブルというのが基準になっているが、地域によっては非常に高騰し、1kWh当り300ルーブルというところもある。効率を向上させていかねばならないし、設備費が高くなっている問題もある。日本の経済界の皆様には是非ヤクーチア共和国に來訪していただき、協力関係と互恵の関係を構築していきたい。

報告B-2

ガスタービン最先端技術とロシアでの展開ーサハ共和国における調査の開始

川崎重工(株)ガスタービン・機械カンパニー
エネルギーソリューション本部理事 三浦良三

中小型ガスタービン発電装置を用いたオンサイト・コージェネレーションでは、80%の総合効率を得られ、送電・送熱ロスもほとんど出ず、かつ信頼性が高まる。CO₂及びNO_xの発生量も少なく、環境負荷の低減にも応えるものである。消費燃料の低減により低コストで信頼性の高いエネルギー供給ができ、産業誘致・発展へとつながっていく。

当社のガスタービン発電装置は、中・小型ガスタービン発電装置の分野で世界最高クラスの発電効率と環境性能を備えている。またメンテナンス・インターバルが長い点、極寒のロシアでは非常に有利である。当社ガスタービン発電装置のラインアップは、1500kWクラスから3万kWクラスまでとなっている。2014年夏、ロシアにおけるエネルギー分野最高学府であるモスクワのPower Engineering Institute (MEI)向けに7.4MW型を受注した。この受注に関しては外務省、資源エネルギー庁の指導を仰ぎ、成約にこぎつけることができた。2015年7月に出荷し、現在モスクワへ輸送中である。また、ガスプロムと資源エネルギー庁との間で調印している「科学技術協力プログラム」の13項目の内の1件として、発電設備のローカライゼーションをすすめるということで採用されている。現在、1700kW型の当社ガスタービンを使ったエネルギーテクニカ社による発電装置のローカル・パッケージングの、1500時間耐久試験がロシアで実施されている。うまくいけば1年に10~20台、1台1億円程度するので、10年で100億~200億円の日本製品がロシアに入り、日ロ貿易の1兆円程度のアンバランスを少しでも是正できるようなプロジェクトとなるべく頑張っている。加えて、現在の耐久試験後、さらなるローカライゼーションに向けてガスプロムのミレル社長およびアクスーチン取締役と話を進めている。

ウラジオストクで2012年に開催されたAPECサミット関連では、当社発電装置7000kWをメイン会場向けに5台、水族館向けに2台採用していただいた。これがランドデザインとなり、中央アジア各国でのコージェネプログラムを進め、また、ロシアの食品産業等において丸紅と一緒に進めている。

今回ご欠席となったが東部エネルギーシステムのカブル

ン副社長とは、極東のガスパイプライン沿線市町村を対象としたコージェネレーションのパイロット・プロジェクトを推進している。沿海地方テキエフ副議長からお話のあったアルチョームの59MW、ウラジオストクの44MWは当社デザインで進めている。また、沿海地方のガス化がさらに進んでいく中で、当社のコージェネシステムが着実に入っていくべく、先般の東方経済フォーラムにて東部エネルギーシステムとエネルギー分野における協力関係をさらに拡げる協力合意書を調印することができた。

当社は、資源エネルギー庁のご指導の下、サハ共和国(ヤクーチア)のエネルギー効率改善を目的とした調査をアーンスト・アンド・ヤング社の下で双日とともに近々開始する予定だ。沿海地方と既に関係を築くことができ、次のターゲットとして、サハ共和国でも同様の関係を樹立したい。極寒で年間290日以上の中熱供給が必要なヤクーチアには、老朽化・効率低下したボイラーハウスが多数あり、いろいろ展開していく可能性がある。

今、ガスプロムで耐久試験をしている1700kW型の屋外設置型発電設備はマイナス60度の耐寒仕様で、熱と電気を供給できる。屋外設置なので建物を建てる必要がなく、永久凍土であるヤクーチアには非常に適した製品だと考えている。サハ共和国では風力発電や太陽光発電等、再生可能エネルギーの採用促進がうたわれているが、ご承知の通り風力でも太陽光でも発電量の変動がある。当社1700kW型ガスタービンは瞬時負荷変動に耐性が強く、ノーロードから最大負荷までの瞬時変動にも耐えられ、風力発電等の負荷変動時のバッファーとしても適している。

ロシアでは最近、新しい経済特区(ASEZ)が指定され、ヤクーツクにおいても空港の北側のカンガラッシー地区が工業特区の指定を受けた。ASEZのデータを基に採算計算を行ったところ、発電部門でも高採算が期待でき、まだ事前検討の段階だが、導入するメリットは大いに期待される。近々現地に入り詳細調査を開始予定だが、サハ共和国では電気や熱のコストが非常に高いので、プロジェクト実施の可能性は高いと思っている。

報告B-3

ロシア独立系統地域におけるマイクログリッドと風力発電

株駒井ハルテック執行役員インフラ開発本部長
駒井えみ

私どもでは、ロシアの独立系統地域への電力供給のコスト削減を実現するため、風力発電を組み合わせたマイクログリッドシステムの導入について、日本政府・NEDOのご支援により2014年からカムチャツカ州のウストカムチャツカでマイクログリッドシステムの実証事業を開始している。具体的には2014年、マイナス40度の巨大冷凍庫内で各種試験を行い、そこでロシアの気候条件に適應させた寒冷地仕様の風力発電機を試験・検証し、現場に第1基目を設置した。また、2015年はさらに2基の設置を完了し、現在は通信工事を行っている。昨年は冬が近いということで200トンの大型重機を利用しての建設工事だったが、ロシア国内遠隔地では大型重機利用が難しいということから今回の2基については大型重機を使わず、私どもが独自に開発したナセル架設システム工法を用いて建設した。これによって今後も遠隔地における輸送費、建設費のコストダウンを実現が図れると思う。また、今年は冬場までに富士電機さんが開発した系統安定化システムを導入し、1年間運転を実証してその結果をまとめたいと考えている。

去る9月8日には、カムチャツカ地方のイリュエヒン知事、NEDOの古川理事長、東部エネルギーシステム社のカプルン副社長等関係者ご出席の下、設置が完了した3基の風力発電機の開所式がウストカムチャツカ村で行われた(図)。風車2基のタワーにはグリーンエネルギーをテーマ

に募集した子供たちの絵がプリントされていて、当日は、このコンクールに参加した現地の子供たちへの授賞式も行われた。これからも私どもは東部エネルギーシステム社と協力し、寒冷地仕様風力発電機のロシア独立系統地域への普及を目指したい。

こうしたスキームは、単に燃料削減による経済効果が高いだけでなく、地方政府の財政負担の軽減や、独立系統地域住民への安定電力供給を実現出来るものとして意義あるプロジェクトであると考えている。今後の更なる普及に向け、例えばタワーなど一部部品の現地生産により、生産・輸送コスト削減にも努めていきたい。

駒井ハルテックは、1886年の創業以来、道路橋・鉄道橋をはじめ、鋼製の橋梁、建築の鉄骨を数多く手掛け、橋梁については、設計から製作、施工、維持補修まで、一貫した対応に取り組んできた。近年は、鋼・コンクリート複合橋梁や、橋梁の長寿命化を図るための予防保全や維持補修工事に対しても積極的に取り組んでいる。先月、沿海地方政府の道路局と共同で、ナホトカの橋梁2か所の点検を行い、老朽化した橋梁の架け替えや適切な修繕による延命についての意見交換を行った。今後も橋梁の長寿命化、補修、架替等についての提案、また、鋼構造製品の原産地化も含め、ロシア側と共同取組案件を開発していく所存である。



報告B-4

ロシア極東における廃材燃料の生産と利用の展望

極東石油・ガス研究所長
アレクサンドル・グリコフ

将来性のある再生可能エネルギーとして考えられるものの一つが、廃材燃料である。近代的な木質燃料を活用する国々の経験から言えることは、原料を正しく扱い近代的な生産設備を用いれば、木質燃料も化石燃料に部分的に取って代わることができる。その場合、有害物質の大気への放出も抑制することができる。

ロシアの国土はかなりの部分を森林が占めている。木材の資源量で極東連邦管区はロシア国内で第2位、約205億立方メートルで、主な木材資源はサハ共和国、ハバロフスク地方、沿海地方にある。興味深いのは、ロシアの森林バイオマスの年成長率は10億立方メートル以上で、極東は2.2億立方メートルであること、そして極東の年間の製材量は1600万立方メートル以下、バイオマスの年成長率の15分の1程度であることだ。在来の木質燃料の原料供給基盤は主として木材加工から生ずる廃物だ。これをチップに替え、プレスし、燃料ペレットにすることができる。ロシアの製材を分析すると、2014年の生産量は約2億立方メートル、その内1億3500万立方メートル以上が廃材になっている。廃材は2種類に分類される。一つは木材加工から出される廃材で約3000万立方メートル、もう一つは伐採区で出る廃材で約1.1億立方メートルだ。

沿海地方では、2014年に約200万立方メートルの製材が生産され、その内100万立方メートルが廃材になっている。その大部分は伐採区に残されている。この廃材から35万トンのペレットやブリケットが製造できる。今後、木質燃料生産の原料基盤を拡大するためには、非在来型の原料を探すか、在来の活用方法を改善しなければならない。

非在来型原料の一つは、水力発電所の貯水池用に水没させる土地である。極東地域では水力発電所の建設計画が数件あり、その建設のために全体で約400万平方キロメートルの貯水池を作ることが必要だ。この土地を整備する過程で、大量の商業化できない木材が発生する。ここから70万トンのペレットが製造できる。

次の非在来型原料として、山火事で燃えた大森林がある。非常事態省のデータによると、森林火災は減少しているが、まだかなりの頻度で発生している。樹齢の長い木が燃えている。極東連邦管区ではサハ共和国、ハバロフスク地方、沿海地方、アムール州の過疎地で頻繁に発生し、状況は悪化し

ている。一度燃えた森林は、次の季節にまた種火となって山火事を引き起こす危険性が高い。極東の山火事は、森林の上層部を燃やし、広範囲に広がる特徴がある。これは木の種類が原因でもあるし、また鬱蒼とした密林があるということも原因となっている。下層に広がる火災は灌木を損ない、上層・広範囲に広がる火災は全ての草木、森林の大部分を喪失する(それぞれの場合の木材残存率は70%、58%、17%)。過去数年の極東連邦管区における山火事のデータを分析すると、燃えた森林を再処理することにより、毎年1100万トンのブラック・ペレット、あるいは530万トンの木炭またはチャコール・ブリケットを作ることが可能だ。

さらに別の原料源として挙げたいものに、沿海地方行政による社会プログラムがある。このプログラムでは、住民による在来型木質燃料の調達に支援が与えられる。住宅の暖房に必要な木材は300立方メートルだが、極東ガス化プログラムで薪の使用を控えることになっており、木材の余剰が発生する。これを活用することにより12万7000トンのペレットもしくは3万5000トンの木炭を毎年作ることができる。また、在来型木材利用の他に、沿海地方では植物相、動物相の多様化、多様性を維持するMOAKSプロジェクトと呼ばれるものがある。火事の後に単一樹種となった森林、特に樅の木を伐採し、樹種の多様性を拡大していくもので、その結果、沿海地方において年間5万立方メートルの木材が搬出され、その処理が必要になる。それをうまく活用することによって2万3000トンのペレットもしくは6000トンの木炭を毎年作ることができる。

このように非在来型原料を使うことによって、近代的な木質燃料を作ることができる。そのポテンシャルは極東連邦管区全体の需要を上回る。その際、この製品が海外、特にアジア・太平洋諸国の需要家の技術的要求に合致していることが重要だ。

アジア・太平洋地域におけるペレットの輸入国は韓国と日本である。日本の木質ペレットの需要は年間約10万トンで、そのうち半分は輸入されている。国内生産は沖縄、岡山、宮崎、北海道に散在している。韓国における木質ペレットの需要も年間約10万トンで、国内生産量は年間約2万トン、生産は集中的に木材配送センターの工場で行われている。ロシアのペレットメーカーはヨーロッパの需要家を対象にし

ている。極東への輸送は輸送コストがかさみ、最終価格に影響してくる。

ブラック・ペレットは、輸出が有望な分野だ。エネルギー価格としては、木炭と一般の木質ペレットの中間に位置する。焙焼技術は最終製品の安定した発熱量を保証する。木炭とチャコール・ブリケットについてだが、木炭はアジア太平洋地域では主に日常生活あるいはリクレーションで使用されており、種類が豊富だ。ロシアの木炭メーカーは引き合いに応じたものをオファーできる。

極東においては木質燃料生産の発展と改善の方向性が定められている。木材利用方法の抜本的な改善については、輸送をどう調整するか、生産コストをいかに削減するかという議論とどまっている。これからは原料の粉碎、凝縮のプロセスを伐採区に移していくこと、凝縮した原料の輸送手

段の自動化を図ること、焙焼炉と炭化炉に改造された排ガスと二次熱回収システムを用いることなどが考えられている。この木質燃料の生産者は政府の決定に基づき先行発展区のテナントとして登録されており、自由港としてのウラジオストクを輸送センターにすることも可能だ。

木質燃料を活用することにより、環境に優しく便利な熱エネルギーを得ることができる。現在の極東の原料基盤によって将来的に国内需要をカバーできるだけでなく、アジア太平洋諸国への木質燃料の輸出も可能となる。木質燃料製品の発展は新たな雇用を生み出すこともできる。近代的な木質燃料は、代替エネルギーの問題を解決するだけでなく、社会的な問題、環境保全の問題、合理的な資源利用の問題も解決することができる。

報告B-5

ロシア東部の再生可能エネルギー：現状と予測

ロシア科学アカデミーシベリア支部エネルギーシステム研究所
遠隔地エネルギー供給研究室 イリーナ・イワノワ

最初にロシアの再生可能エネルギーの現状について説明する。2014年に、再生可能エネルギー分野が非常に発達しているクリミアがロシア連邦の一部になったが、全ロシアの電源構成に占める再生可能エネルギー電源(大型水力発電は除く)の比率はさほど増えておらず約0.3%、総出力は802MWである。再生可能エネルギー電源で常に大きなウエイトを占めているのが小水力発電(出力25MW以下)で、約390MWある。これに対し、クリミアは太陽光発電と風力発電に関してロシアで主導的な位置を占めている。東部を含め他地域でも太陽光発電の出力が増える傾向にある。例えば、サハ共和国(ヤクーチア)では2015年、北極圏で最大規模のバタガイ太陽光発電所(出力1MW)が稼働開始している。財政危機によって、2015年に稼働が予定されていた太陽光発電で、まだ運転開始されていないものがある。ハカシヤ共和国の出力5MWのものがその一例だ。

再生可能エネルギー電源を配置する優先地域は、中央の電力供給から分離された地域である。これは燃料供給の依存度を低減し、需要家への電力供給補助金を減らすことが目的だ。もう一つの優先地域は、電力供給の信頼度と安全を向上させることを目的として、送電線の末端にある電力供給の不安定地域であり、さらに、自然環境に対する負荷を低減することを目的とした特別自然保護地もある。

ロシアの小規模発電所の60%以上はアジア部で稼働して

いる。その内、半数以上は東シベリア・極東の中央電力供給システムから分離された不安定な電力供給地域に集中している。東部における独立した補助的な小電源の総数は4500基に上る。その総設備容量は2000MW、総発電電力量は30億kWhだ。極東の広大さと未開発な状況により、この種の小規模電源に特に関心が払われている。火力発電所の総出力に対し、小規模電源の比率は約15%となっている。

2013年にロシア政府は「電力エネルギー・容量の卸売市場における再生可能エネルギー利用の促進メカニズム」と「この分野の発電所に関わる既存システムへの一部修正」という法律を制定した。これらの法律によって、再生可能エネルギー源の発展に対し政府の支援が行われることになり、その支援と促進のメカニズムが決定された。その中で25MW以下の小水力発電所、5MW以上の太陽光及び風力発電所に関する主要な指標が導入され、電力卸売市場における2020年までの再生可能エネルギーの導入量を約6000MW、その内60%以上を風力発電とする目標値が規定された。この規定の補足として、電力源毎の出力に関するガイドラインが導入され、設備容量の利用率限界値、ロシア国産設備の比率、年毎の建設費が示された。このロシア政府の決定を遂行するために、電力卸売市場の取引管理機関が毎年、4年先を見越して2段階方式での入札を実施している。基本的な選定基準の一つはプロジェクトに対する投資コスト

トである。

2013～14年に採択された再生可能エネルギープロジェクトの2018年までの総出力は1000MWを少し上回る。そのうち84%が太陽光発電だ。残念ながら2015年は入札が実施されなかったため、この制度によるプロジェクトの基本指標は前年と変わらない。シベリア地域では、入札で採択された建設プロジェクトは総出力115MWの太陽光発電のみで、その70%以上がブリヤート共和国とザバイカル地方に設置される。

2015年、ロシア政府は小売市場における再生可能エネルギー支援の問題を調整するために5つの法制に修正を加えた。これは風力、太陽光、水力のみならず、バイオガス、バイオマス、埋め立て地ガスを利用する「グリーン・エネルギー」のプロジェクトにも関するものだ。プロジェクト選定の基本カテゴリーは電気料金の低減であり、資本支出に関する規定はないが、プロジェクトの投資回収期間は15年と規定されている。基本的な支援メカニズムは、期間内の収益レベルを固定して、地方行政と電気料金について合意する点にある。

卸売市場及び小売市場における再生可能エネルギーの促進に関するいくつかの規定を簡単に分析したい。いずれの場合も競争入札が想定されている。入札は、卸売市場では「市場委員会」が行い、小売市場ではロシア連邦構成主体が行う。いずれも各プロジェクトは地域の将来の電力発展計画に組み込まれるべきだが、小売市場では、再生可能エネルギープロジェクトは計画に含める権利を対象にして入札が実施されることになっている。卸売、小売ともに投資回収期間は15年と規定されているが、収益率の計算に違いがある。双方ともロシア製機器採用義務の原則が規定されている。不履行に対する罰則規定も同一だ。しかし、小売市場ではこの条件は2017年1月1日から適用が開始される。

報告B-6 パワーブリッジ・プロジェクト

住友電工でパワーブリッジ・プロジェクト第1期を担当していたので、そのあたりをご紹介します。

東シベリアとサハリンは天然資源に恵まれている。日口でこの資源を電力として活用する場合に、資源を日本へ移送した後に日本で発電することが可能な石油、天然ガス、石炭もある。日本で発電する最大の利点はコージェネである。

2035年までのロシアのエネルギー戦略は現在、草案審議中だが、2035年までのロシアの電力生産における再生可能エネルギーの比率は2.2%と決められている。導入される再生可能エネルギーの総出力は18GWとなっている。電力源毎に発電所の利用率の目標値も決められている。エネルギー計画2025で予定されているこの分野のイノベーションの基本方向の中で、技術上の不足点が示されている。この分野にこそ、再生可能エネルギーについての日口協力が期待できる。

連邦水力発電会社ルスギドロによってロシア連邦東部地域での水力発電発展計画を策定され、これら地域における2050年までの再生可能エネルギーの合理的な利用規模が決められた。その決定に際して、東シベリア・極東のエネルギー戦略策定のための調査結果、政府によるエネルギー分野への支援実施傾向、東部エネルギーシステム社の再生可能エネルギー発展計画が考慮されている。中央の電力システムから孤立し不安定なロシア東部地域における再生可能エネルギーの導入は、2050年までに900～1200MWとされている。導入されるエネルギーの多くの部分(360～370MW)は東シベリア南部地域における太陽光発電となっている。

最後に、私たちの研究所が実施しているプロジェクトの中間報告を紹介したい。このプロジェクトは、バイカル自然地区の中央環境地域における環境を汚染しないエネルギー供給に関するものだ。この地区では年間約20万トンの石炭を燃焼する80以上のボイラーハウスが稼働している。2015年、私たちはこの地区への再生可能エネルギー導入の可能性を検討し、電力・熱供給を目的として、この技術を利用するための優先的な場所を選定した。2016年には、さまざまな種類の再生可能エネルギー源を利用することの根拠が明らかになる。

中部大学客員教授
福田良輔

その一方、現地でしか発電出来ない、かつ資源コストがゼロで無尽蔵にある水力や太陽光あるいは風力等の資源もある。これらは相互に相性が良く、風力、太陽光の変化は水力で調整が可能だ。従って、近未来のキーテクノロジーは、現地で発電し、国際電力連系線で接続することだ。

今から20年ほど前、日口両国政府間で、電力応用の観点か

ら東シベリアとサハリンの賦存天然資源の調査と、ロシア側(特にサハリン)で発電した電力を日本に送電するプロジェクトが検討された。当時は水力をベースロードとして日本へまっすぐ持ってくる案もあったが、日本海は中央部分が海底まで6000メートル以上あり不可能だった。

ロシア東部にはレナ川、アムール川を合わせ、原子力発電所30基分位の水力発電所がある。この電力を、間宮海峡を通過して日本に持ってくるという案が当時検討され、日本側受け地である柏崎は東京地区、名古屋、大阪という大消費地からほぼ等距離にあった。しかしその後、サハリン1、2のガス田が開発され、東シベリアは第2ステージに置いておかれ、サハリン・コルサコフで発電して直流海底ケーブルで石狩へ、残りを柏崎へ持ってこようという話になった。太平洋側は非常に急峻であり、フレキシブルなケーブルでも斜面には敷設不可能だった。日本海側は漁業権の及ばない深い海に敷設する計画だった。

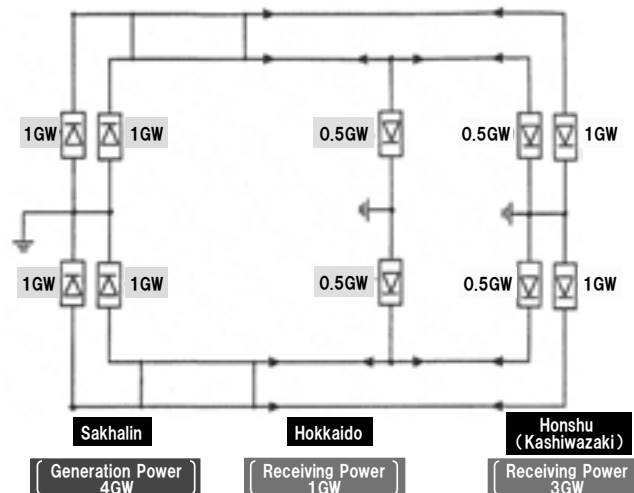
陸上部と異なり、いったん敷設すると触ることも見ることも出来ない1000メートルの海底に敷設されるケーブルが、このプロジェクトの技術の中心となる問題だった。ケーブルが1メートル当たり100kgとすると、船上から1000メートル下ろすと自重が100トンになり、それに耐えうるケーブルにしなければならない。仮に1000メートルのところに敷設すると、外部の海水から受ける圧力が100気圧になる。固体でフレキシブルというものはなかなかないが、油のインシュレーションを入れると内と外とのバランスがとれる。従来は天然セルロースで穴が開いているペーパーが主流だったが、高い電圧には対応出来ない。このプロジェクトの中心となる直流(DC)海底ケーブルには、電氣的にも機械的にも革新的に高性能なケーブルが要求された。当時、絶縁

体の高性能化を目指して、従来の天然クラフト紙に替えて高性能な合成プラスチック(ポリプロピレンフィルム：PP)を貼り合わせたPPLPが1970年代から日本で開発されて商用化が開始されていた。

今やすべての種類電力ケーブルにおいて、PPLPケーブルが商用化されている。近年ポリエチレン(PE)ケーブルであるXLPEケーブルがPPLPケーブルにとって代わりつつあるが、DCの特に長距離大容量送電向き海底ケーブルの分野では、送電電圧を高くとれるPPLPソリッドケーブルがなお本命視されている。PPLPソリッドDC海底ケーブルについては、PP比率40%のPPLP実ケーブルシステムを用いて、実証試験を実施し、当面の目標である1GW(100万kW)送電が可能でDC600kV、2000Aをパスし、さらに800kVの可能性についても明るい成果を得た。この成果より、さらにPP比率を増やせば、送電電圧を念願のDC1000kVに昇圧出来、送電電力も2GWに迫る可能性が示された。当時、自重に耐えうるPPLPを使った、可能な限り軽量で1GW送電を達成する海底ケーブルは、外径は約135mm、重量は1メートル当たり約52kgとなった。

当初のパワーブリッジ・プロジェクトは、第1段階としてサハリンから4GWを日本に送電し、日本では北海道で1GWを降ろし、3GWを柏崎に降ろす並列二重・双極回路として企画された(図1)。この回路構成だと、どこかで事故が起こったとしても修理が完了する前に健全ケーブルで最大限の送電が継続できるようになっている。初期のパワーブリッジ・プロジェクトの概要は以下のとおり。(イ)送電電力：4GW、(ロ)海底線ルート長：410km+990km、(ハ)海底電力ケーブル：750kV×1334A / ケーブル又は500~550kV×2000A / ケーブル、(ニ)PPLP絶縁厚：32.5mm、

図1 パワーブリッジ・プロジェクト直流送電線回路



(ホ)建設コストとしては約15年前で約1兆円であった。

近年、視覚的公害問題より架空線の建設が困難になりつつある。この様な状況下で、パワーブリッジ・プロジェクトの陸上DCケーブル部分では、架空線の代わりに、地中ケーブルで大容量無損失の高温超伝導ケーブル(HTS Cable)が既に日本では開発され、実践使用中であり、代替可能だ。このPPLP ソリッドケーブルとHTS DC ケーブルの組み合

わせが、近未来のパワーブリッジ・プロジェクトの新たな解決策になる。

最後に、この様な国際電力連系は、技術面、共同実施プロジェクト、最適地発電、エネルギー資源のベストミックス、環境面そして経済面から、北東アジアのエネルギー・資源・環境・経済共同圏確立に大きく貢献するものと確信する。