

見聞記

北欧訪問記

—アメリカ機械学会ガスタービン会議の報告を中心に—

Report on a Visit to Nordic Countries

—On the ASME TURBO EXPO '98 and Others—

横山良平*

Ryohei Yokoyama

1. はじめに

アメリカ機械学会ガスタービン会議がスウェーデンのストックホルム市で開催されるに当たり、会議への出席とPFBC熱電併給プラントの見学の機会を得た。また、その後同国のリンシェーピング大学およびリンシェーピング市スーパーごみ熱電併給プラント、ならびにデンマークのリソ国立研究所を訪問した。本稿では、ガスタービン会議の情報を中心に、スウェーデンとデンマークの訪問によって得られた情報について報告したい。

2. アメリカ機械学会ガスタービン会議

第43回アメリカ機械学会ガスタービン会議(43rd ASME Gas Turbine and Aeroengine Technical Congress, Exposition and Users Symposium—ASME TURBO EXPO LAND, SEA & AIR '98)が、International Gas Turbine Institute (IGTI)の主催の下に、1998年6月2～5日の間スウェーデンのストックホルム国際会議場で開催された(写真1)。ストックホルム市は今年ヨーロッパ文化都市に指定されており、また会議直後には約10,000人が参加するマラソンが開催されることもあり、賑わいを見せていた。

初日の午後には、恒例によって、“Discover the Power to Compete”という共通テーマの下に、3件の基調講演が行われた。まず、ガスタービンユーザの視点から、北海石油・ガス産業における最大のガスタービンユーザの一つであるStatoil社のStig Bergseth氏が、エネルギー市場の自由化の中で天然ガスによる発電の機会が増加すること、ガスタービン使用の現状、およびガスタービンに将来必要となる技術などについて述べた。続いて、ガスタービンメーカーの視点から、



写真1 スtockホルム国際会議場

Asea Brown Boveri (ABB)社のAnders Narvinger氏が、エネルギー市場の自由化に伴うガスタービンの技術開発動向、特に機器からシステムへの変化、大型機から中・小型機への変化、環境問題への対応、および代替燃料への対応などについて述べた。ご承知のように、スウェーデンは、原子力発電からより環境にやさしい熱電併給への変換を含め、現在のエネルギーシステムから持続可能なものへの変換を目指しているが、その指導を行うために1998年に設立されたSwedish Energy OfficeのThomas Korsfeldt氏が、最後に、政府の視点から、スウェーデンのエネルギー政策におけるガスタービンの役割について述べた。

会議のセッション構成は表1に示す通りである。セッションは、Technical CongressとUsers Symposiumに大別され、前者はガスタービンの研究・技術開発に関連したテーマを、また後者はガスタービンの応用に関連したユーザの立場からのテーマを中心に構成されている。Users Symposiumは4年前から実施されており、今年は特に登録を別途行なえるようにするなど、ガスタービンのユーザを意識したセッションも重視する傾向が強くなっているように感じられた。一方、各セッションはIGTIを構成している17のCommitteeによってオーガナイズされており、それ

* 大阪府立大学工学部エネルギー機械工学科助教授
〒599-8531 大阪府堺市学園町1-1

表1 ガスタービン会議のセッション構成

Field (Committee)	TC		US			
	PN	PP	PN	PP	TT	DB
Aircraft	2	4	2			
Ceramics		5				
Coal, Biomass & Alternative Fuels	1	5				
Combustion & Fuels	1	10				
Controls & Diagnostics	1	4		1		
Cycle Innovations		6				
Education		1				
Electric Utilities & Cogeneration	1	2		3		
Heat Transfer		14				
Industrial & Cogeneration				2		
Legislative & Regulatory Affairs			1			
Mfg. Materials & Metallurgy		4	3			
Marine		2		2		
Pipelines & Applications		2				
Structures & Dynamics		10				
Turbomachinery		23				
Vehicular & Small Turbomach.	0.5	1.5		1		
Joint	1	14	4	1	1	
Ad Hoc			8		5	1
Total	7.5	107.5	18	10	6	1

TC: Technical Congress, US: Users Symposium
 PN: Panel, PP: Paper, TT: Tutorial, DB: Debate

それぞれの分野に関連した発表が行われた。また、2つ以上のCommitteeによって企画されたジョイントセッションやCommitteeに関係なく企画された特別セッションも組まれていた。さらに、セッションの種類として、論文セッション以外にパネルセッション、チュートリアルセッション、および討論セッションが組み込まれ、例年になく変化に富むセッション構成であった。

4日間に渡って20以上のセッションが並行して行われる大規模な会議のため、全体の研究・技術開発動向を把握することは困難であるが、筆者の出席したTechnical Congressのサイクルイノベーション関連のセッションでは、ガスタービンの排熱を利用してメタンと水蒸気との改質反応を行い、改質ガスを燃焼器で燃焼させるシステムや、固体電解質型燃料電池とガスタービンを組合せたシステムなどのサイクルについての発表が行われた。また、熱電併給関連のセッションでは、40kWのマイクロガスタービンによる熱電併給システムの実証試験などの発表が行われた。一方、Users Symposiumのセッションでは、コンバインドサイクルで発電効率60%以上を目指すWestinghouse社のガスタービンの研究・技術開発についての発表が行われ、多くの聴衆を集めていた。また、北欧のエネルギー市場におけるガスタービンの位置付けに関するパネルセッションも開催された。

例年会議と同時に展示も行われるが、今年は約200の企業などによる展示が行われた(写真2)。その他、高校の教員を対象にした、展示会へのツアー、セミナー、



写真2 ガスタービン会議の展示風景

Users Symposiumへの参加などのプログラムや、エネルギー政策者のためのプログラムも組まれており、スウェーデンのエネルギー問題に対する取り組みの積極性を垣間見ることができた。

最終日には、ABB社の厚意により、2つのプラントツアーが実施された。一つは、ストックホルム市最大の地域エネルギー供給プラントであるVärtanプラント内に1990年に移動を始めたPFBC (Pressurized Fluidized Bed Combustion) 熱電併給プラントへのツアーである(写真3)。このプラントは、代替燃料としての石炭の利用とエネルギー供給量の増大を目的として、世界初の石炭焚加圧流動床ボイラを導入し、ボイラで発生した燃焼ガスおよび蒸気をそれぞれガスタービンおよび蒸気タービンに供給し発電を行う(発電容量: 135MW) コンバインドサイクルプラントである。また、ガスタービンの排熱はエコノマイザによってボイラへの給水の加熱に、ならびに蒸気タービンからの蒸気の熱は復水器を通して熱供給に利用されており(熱発生容量: 224MW)、熱電併給の総合効率は89



写真3 ストックホルム市のPFBC熱電併給プラント(カクネス塔より望む)

%にも達している。しかし、このPFBCプラントでは熱供給を主体に考えており、5月中旬から10月上旬までは熱需要量が減少するため、プラントを停止させ、点検を行っている。我が国でもABB社の技術に基づくPFBCプラントがあるが、電力供給のためのものである。地域熱供給における歴史的背景の違いによるものと考えられるが、エネルギー供給における欧州と我が国との発想の違いを痛感した。

他の一つは、ストックホルム市の南西約200kmに位置するリンシェーピング市のスーパーごみ熱電併給プラントへのツアーである。残念ながら、筆者の論文発表時間と重なっており、会議からはこのツアーに参加できなかったが、偶然にも次の訪問先であるリンシェーピング大学の先生にお願いして、プラントの見学を手配していた。このプラントについては、後述する。

なお、第44回の会議は、1999年6月7～10日の間アメリカのインディアナポリス市で開催される。詳細情報はウェブサイト <http://www.asme.org/igti/te99/> で得られる。また、IGTIは、インターネット(ASME MechTalk)上でガスタービンについて最新情報の入手、専門家への接触、オンラインでの議論などのフォーラムのための場を提供している。ウェブサイトは <http://www.asme.org/bboard/index2.html> である。

3. リンシェーピング大学およびリンシェーピング市スーパーごみ熱電併給プラント

会議後まず、人口13万人と規模は小さいがスウェーデンで第5番目に大きい都市、リンシェーピング市に移動し、リンシェーピング大学およびスーパーごみ熱電併給プラントを訪問した。

リンシェーピング大学では建物、地域、および国レベルのエネルギーシステム計画について研究されているBjörn Karlsson教授ならびにStig-Inge Gustafsson助教授の研究室を訪問した。ここでは、スウェーデンの将来のエネルギー政策に伴う地域および国レベルのエネルギー供給のあり方について様々な検討が行われ、エネルギー源としてはウッドチップやバイオ燃料、エネルギーシステムとしては熱電併給や風力発電などが重要視されていた。

大学訪問後、リンシェーピング市による100%出資の会社で、電力、熱、および水の供給、ならびにごみおよび下水の処理を行っているTekniska Verken社のプロジェクトマネージャー Anders Moritz氏にお

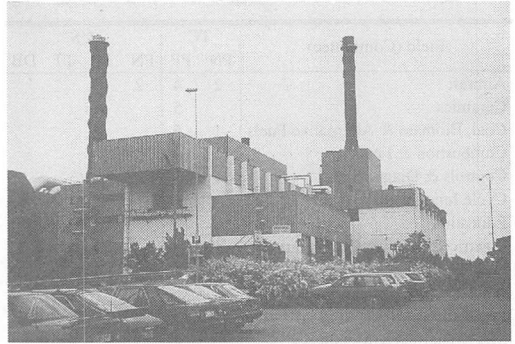


写真4 リンシェーピング市のスーパーごみ熱電併給プラント

願いし、同社が所有しているプラントの一つ、Gästadsスーパーごみ熱電併給プラントを見学した(写真4)。

このプラントは、1982年以降に導入された家庭ごみと木材廃棄物をエネルギー源としたごみ熱供給プラントに、その後の電力需要量の増加に対応するために1994年にABB社のガスタービンおよび蒸気タービンを導入し、コンバインドサイクル熱電併給プラントとしたものであり、いわゆるスーパーごみ発電プラントの世界第1号とされている。リンシェーピング市を含む直径150km以上にも及ぶ21の自治体からごみ収集を行い、市内に経延長距離300kmに渡って熱供給を行っている。ごみ処理能力は30t/h、発電容量は50MW、および熱発生容量は85MWであり、市の熱需要量の約半分がこのプラントから供給されている。当然、冬期に熱需要量のピークを迎えるが、その際にはごみ以外に木材廃棄物、石炭、および石油を燃やしている。一方、夏期にはごみのみを焼却し、ガスタービンおよび蒸気タービンを停止させ、熱供給のみを行っている。

我が国でも、スーパーごみ発電プラントが稼働および建設中であるが、これらは発電効率の向上を目的としている。しかしながら、上記のプラントでは熱電併給を行うことによって高い総合効率を達成している点、ならびに熱供給に主眼を置いている点で、先に述べたPFBCプラントと同様に我が国の発想とは異なっている。

Tekniska Verken社の最近の取り組みとしては、食品会社などと協力して、食肉用動物の廃棄物などを用いてバイオガスを製造する部門を設置しており、バス会社と協力して市内にバイオガスバス40～50台を走行させていた(写真5)。将来はタクシーや一般車に



写真5 リンシェーピング市のバイオガスバス

もバイオガスを使用する計画があるということであった。

最近、我が国ではごみ焼却によるダイオキシン発生の問題がマスコミで大きく取り上げられているが、Tekniska Verken社ではこの問題に関して我が国のテレビ局の取材を受けているということであった。このように小さな都市に進んだエネルギーシステムが着実に構築されつつあることに強烈な印象を受けるとともに、エネルギーインフラの整備が遅れている我が国との差異を感じざるを得なかった。さらに、駅前には芝生と大樹のある公園を配置し、またガムラリンシェーピングと呼ばれる旧市街の街並を保存するなど、エネルギーインフラのみならず環境の整備も積極的に行われている様子に感動を覚えた。

4. リソ国立研究所

最後に、コペンハーゲンの西約30kmに位置するロスキレ市の郊外にあるリソ国立研究所を訪問した(写真6)。ロスキレ市はデンマークの古都であり、ロスキレ大聖堂やバイキング船博物館は世界的に有名で、

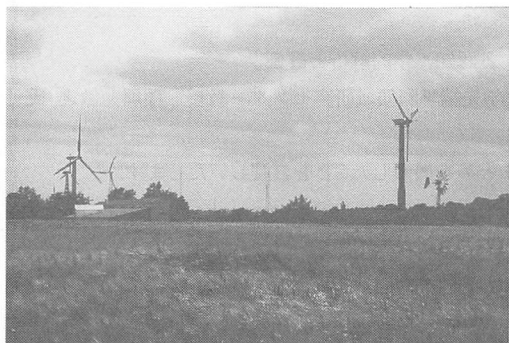


写真6 リソ国立研究所の風力タービン設備

大聖堂は世界遺産にも登録されている。偶然にも、今年はロスキレの1,000年の祝祭年に当たっていた。

リソ国立研究所は、材料、材料物理・化学、光学・流体力学、生物学・生物化学、システム解析、風力エネルギー・環境物理、原子力安全性の6つの研究部門から構成されている。筆者が訪問したシステム解析部門では、環境やヒューマンファクターを考慮しながら産業・エネルギーシステムの技術的・経済的最適化を目指した研究活動が行われており、その中にはUNEP (United Nations Environment Programme) の活動を支援するためのセンターも設置されている。

ここでは、エネルギーシステム解析を担当されているPoul Erik Grohnheit博士、ならびに以前ここに所属されていたHans Ravn博士と議論する機会を得た。Grohnheit博士は、国のエネルギーシステムにおける熱電併給の位置付けを最適化モデルを用いて分析しておられ、デンマークにおいてもスウェーデンと同様に熱電併給の重要性が認められていることを認識した。また、ロスキレ市の地域エネルギー供給プラントがコペンハーゲン市のプラントにまで接続されていたり、複数のごみ熱電併給プラントに接続されていることなどを聞き、改めてエネルギーインフラの規模の大きさに驚かざるを得なかった。

5. おわりに

筆者にとってはこれまで文献などからしか学ぶことができなかった欧州の熱電併給を中心とする地域エネルギー供給システムについて、今回の北欧訪問を通して、その位置付けや規模の大きさを実感することができた。また、複数の企業の協力による新しいエネルギーシステム作りもすでに軌道に乗っていることも認識できた。エネルギーシステムを構築する上で、欧州と我が国の間には歴史的背景、気候、および制度などの点で大きな相違があるにせよ、我が国でも優れたエネルギーシステムが着実に発展するような環境作りの重要性を感じながら帰国した。