

見聞記

第14回熱電国際会議に参加して

XIV International Conference on Thermoelectrics

堤 敦 司*

Atsushi Tsutsumi

1. はじめに

今年6月27～30日の4日間にわたって、ロシア共和国のペテルスブルグにおいて第14回熱電国際会議(XIV International Conference on Thermoelectrics)が開催された。著者はこの会議に参加する機会を得たので、ここでその会議の様子を報告する。

2. 熱電変換技術について

熱電変換は熱電現象を応用して熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換する技術で、逆変換ではヒートポンプとして機能する。熱電の基礎理論は1950年代にヨッフエらによって確立され、一時活発に研究が進められたが、変換効率が低く、なかなか実用化は進んでいない。しかし、地道な研究が続けられた結果、最近、大幅な変換効率の向上の可能性が明らかになり、新材料の探求が行われ始め、研究が活性化してきている。

熱電発電は長寿命高信頼性という利点から宇宙探査機用の電源として応用され、開発が進められてきた。すなわち宇宙探査機や潜水艦など軍用としての特殊用途であり、米ソ冷戦下ではアメリカとソ連が資金を惜しみなく投入し開発が行われた。このような恵まれた開発研究は冷戦終了とともに終わりを告げ、これら軍用技術を民生用に転換し、生き残っていくため必死の努力をしている状況にある。

3. 熱電国際会議について

この国際会議はITS(International Thermoelectric Society)によって毎年開かれているもので、熱電材料およびその応用に関する研究者が最も集まる会議として知られている。今回は応募件数は27カ国、170以上となり、出席者は200人弱であった。参加者を

表1 国別出席者人数

国	参加人数
ロシア	91
USA	28
日本	23
ウクライナ	14
韓国	6
ドイツ	5
中国	3
スペイン	3
チェコ	2
フランス	2
香港	2
イタリア	2
ポーランド	2
イギリス	2
その他の8カ国	8

国別にみると表1のようになる。ロシアはホスト国だけあって最も参加者が多く、続いてアメリカの28人、日本の23人と、日本人の参加者が多いのがわかる。アメリカ人および日本人も含めかなり企業からの出席者が多く、企業側の積極的な姿勢が感じられた。

会議は基礎研究から応用研究まで幅広い発表が行われ、口頭発表58件、ポスター発表が116件であった。昼食後のポスターセッションをはさんで午前午後口頭発表が一会場でのみ行われた。

論文は、A. 低温熱電材料、B. 中温熱電材料、C. 高温熱電材料、D. 熱電および熱電子の基礎、E. 測定法、F. 熱電発電、G. 熱電冷却、の7つのセクションに分類されていた。各セクションでの国別の発表論文の分布を表2に示す。

4. 熱電材料の高効率化技術

発表論文の中で最も多いのは低温熱電材料に関するもので、全論文数のうち30%近くを占めている。ビスマス・テルル系を中心に、ドーピングの影響など調べ

*東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻助教
〒113 東京都文京区本郷7-3-1

表2 各分野における国別の発表論文数

分野	ロシア ウクライナ (旧ソ連)	日本	アメリカ	EC	他の国	合計
低温熱電材料	33	5	1	5	7	47
中温熱電材料	9	0	0	1	3	13
高温熱電材料	20	7	4	1	0	31
熱電および熱電子	19	2	4	2	4	27
測定法	10	0	0	2	0	12
熱電発電	17	2	2	1	0	21
熱電冷却	19	1	4	2	1	27
合計	127	17	15	14	15	174

(注1) 論文はアブストラクト集を基に算出した。したがって当日キャンセルされた論文も含まれている。

(注2) ニヶ国以上の著者がいる論文があるため各セクションの論文数の合計と全体の論文総数は一致していない。

材料開発が続けられているとともに、エピタキシャルヘテロ構造や傾斜機能材料の適用による高効率化、元素粉碎混合固相反応法(PIES法)などの製造法の開発、新しいモジュール構造の提案などがあった。高温熱電材料の開発も活発に行われており、日本やアメリカでは低温熱電材料より多くの論文が出されている。シリコン・ゲルマニウム系(SiGe)以外に、スクッテルダイト構造のイリジウム・アンチモン化合物(IrSb₃)、アルミニウム添加のシリコン炭化物系(SiC)、三元系などの複雑な化合物、ZnOにAlをドーブした混合酸化物系など、多くの新材料の報告が行われ、高効率材料の探索が活発に進められていることがわかる。

また、熱電材料の高効率化を目的として、傾斜機能材料の適用、ナノサイズのクラスター超格子構造や多層薄膜量子井戸構造の利用など、電子デバイスの開発を通して発達してきた薄膜技術を導入した新しい試みが報告された。

5. 熱電モジュール構造と熱電変換応用技術

熱電材料の高効率化の試みとともに、新しい熱電素子の製造法の開発や伝熱を考慮した熱電モジュール構造の最適設計や実際の発電・冷却におけるシステムの問題など、応用技術についても活発な発表が行われた。熱電発電の逆変換すなわちペルチェ冷却技術は電子デバイスの冷却、高精度の温度制御の領域で実用化されているが、さらに多方面での利用が検討されているようである。この会議でも、ヨットなどレジャーボートの冷蔵庫、家庭用冷蔵庫などのシステム設計が提案されている。ちなみに著者らはエンジン排熱を利用する

熱電ヒートポンプ自動車用エアコンの概念設計の発表を行った。企業関係者も関心の中心は冷却で、さまざまなアイデアが考えられているようである。熱電技術の応用としてまずペルチェ冷却システムから実用化が推進されるのではないかと思われる。会場の一角では企業による熱電モジュールや測定機器の展示も行われ、多くの人がコーヒープレークなどの合間に足を止めていた。

6. ヨッフエ物理技術研究所見学

最終日にはヨッフエ物理技術研究所(Ioffe Physical-Technical Institute)の熱電物理研究室を見学した。ヨッフエは熱電理論を構築したロシアの高名な学者であり、彼の名を冠した研究所で、旧ソ連の熱電をはじめとして応用物理の領域で世界でも有数の優れた業績を挙げてきている。熱電関係で研究スタッフが約30名と、さすがヨッフエの名前を冠するだけあって1研究所としてはかなりの規模である。しかし、幾つかの研究室を見学したが、ほとんどの研究室の設備はかなり古く、年代物の測定器などばかりが目付いた。中でも1970年代のロシア製のパソコン(IBM-PC以前の物でコネクタの形状なども全く違い、日本ならば完全に博物館もの)を今でも計測用・計算用に使っていたのには驚かされた。聞くところによると研究者の収入はかなり低く、研究費自体もかなり抑えられているという。実際、会場で討議しているとき、複数のロシア人研究者から日本との共同研究の可能性や研究ポジションの有無などを熱心に聞かれた。確かに研究規模は他の先進諸国と比べて大き過ぎ、ソ連崩壊とともにロシアがその巨大な科学技術研究体制を維持でき

なくなりつつあるように感じられた。

7. ペテルスブルグについて

会議が開催されたペテルスブルグは、長くロシアの首都であり、血のメーデー事件などロシア革命の舞台としても知られている。有名なエルミタージュ美術館をはじめ多くの歴史的遺産が残されている美しい町である。会議はちょうど白夜の時期であり、日没が夜11時過ぎで、12時近くにならないと暗くならない。数々のオペラやコンサートなどの催し物がもたれ、市民は楽しんでた。ヨーロッパ、アメリカからの観光客も多く、市内の高級レストランやホテルは彼らによって占拠されている観がある。ただ、貧富の格差は大きく、地下鉄駅などでも多くの乞食が見られ、夜の売春婦の多さとともに、数年前まで社会主義国家—労働者の国として誇っていた同じ国と思われぬ様子を、現在この国が立たされている状況がいかに深刻なものであるか考えさせられてしまった。

8. 我が国の熱電技術研究に期待する

熱電材料に関しては日本は民生用中心の開発研究が進められたが、傾斜機能材料など世界の最先端にある。会場でアメリカからの参加者、特に企業関係者が、優れた技術が日本語の論文としてかなり発表されているが、それを英訳するために論文一報で数百ドルかかってしまうこと、また報告書などアメリカ側から手に入れるのが非常に困難であることなどをこぼしていた。我が国の技術がいかに期待されているかの証左である。

楽観的に言えば、新材料、モジュール構造、応用シ



写真1 日本人参加者。ヨッフエ物理技術研究所前

ステムなどのブレークスルーが近いうちにもたらされ、熱電技術が基幹エネルギー技術として進化していくのではないかと感じられた。そして熱電冷却や熱電発電などさまざまな応用、産業化が近い将来急速に展開されていくのではないかと感じられた。その中でも我が国の研究が果たす役割は大きく、さらなる研究の促進により大幅な成果がもたらされることを期待する。

9. 次回の会議について

尚、次回の熱電国際会議はアメリカ合衆国カリフォルニアのパサデナで1996年3月25—28日に開催される予定である。また、1998年の熱電国際会議は名古屋大学河本邦仁教授をチェアマンとして名古屋において開催されることが決まっている。多くの研究者の参加を期待する。