

【燃料電池・水素特集】PEFC

PRiME2008 学会報告 2 - PEFC (米国)

NEDO 技術開発機構 燃料電池・水素技術開発部
坂本 滋

1. はじめに

固体高分子形燃料電池 (PEFC) は家庭用あるいは自動車用として、世界中で活発に開発が進められている。PEFC 分野の諸外国の最新の研究開発動向と日本の位置づけを把握する事を目的として、燃料電池に関する日本と欧米の研究発表が集約される学会 PRiME 2008 (214th ECS Meeting) に参加したので、その概要を報告する。

特に今回は、PEFC に特化したシンポジウム(2 年おきに開催、今回が 8 回目)も開催され、世界の PEFC 関連の最新技術情報や動向を知るのによい機会であった。

2. 概要

表 1 (記事末尾) に PEFC 関連のセッションプログラムを示す。PEFC 関連では PEFC のみのセッション(B8)の他に、Electrocatalysis(電極触媒)セッション(I3)でも PEFC 関連の発表があった。メインの B8 セッションは、以下に示す 4 つのセッション (A~D) に分けられ、オーラル発表で 40 のセッションがあった。発表件数が多数かつ多岐にわたるため、I3 も含めると最大で 6 つのセッションが同時並行で開催された。

- ・ Section A : 燃料電池システム、セルスタック、構成部材
- ・ Section B : 耐久性
- ・ Section C : 新材料
- ・ Section D : 直接反応式燃料電池

表 1 に PEFC 関連の発表件数を、図 1 に国別の発表件数を、図 2 に B8 セッションでのセッション内訳を示す。B8 と I3 合わせて全体で 450 件 (図 1) の発表があり、その内訳は、オーラル 356 件(80%)、ポスター 94 件(20%) であった。国別では日本と米国の件数が多く 70%を占め、カナダ、中国、韓国も比較的発表が多かった。その他の国は、欧州各国の他、台湾・インド・プエルトリコ・トルコなどである。また、分野別では新材料関連 (Section C) が最も多く、材料研究が活発なことが伺える。なお、日本からの発表の内、NEDO 関連発表は 4 割弱であり、NEDO が当該分野の研究に大きく貢献していることが伺える。

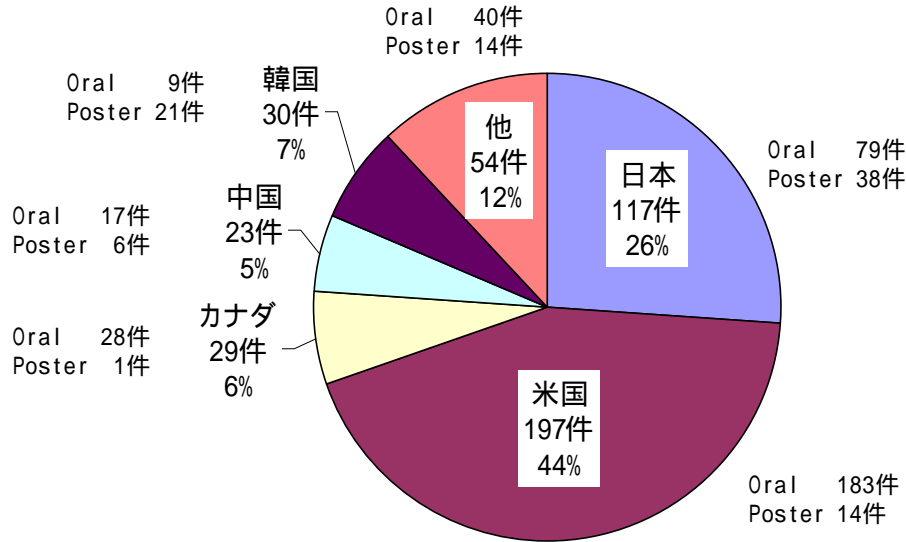


図1 国別の発表件数

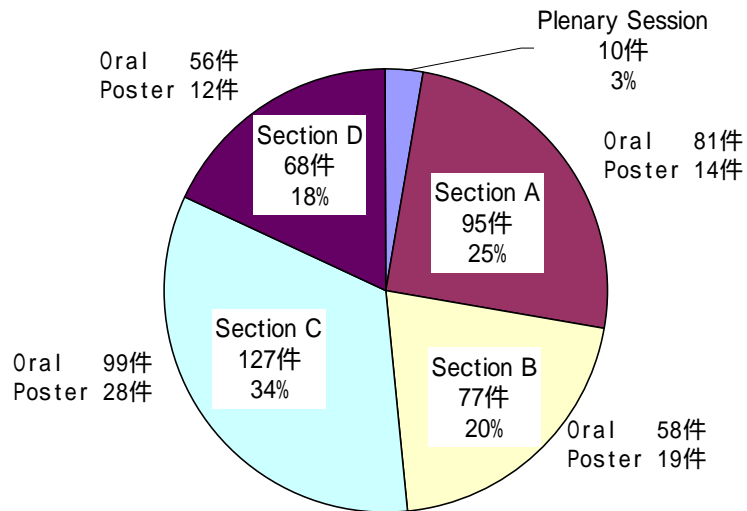


図2 B8セッションでのセッション内訳

次にテーマ別の発表内訳（オーラルとポスターあわせたもの）を図3～6に示す。

SectionA では、水・熱輸送解析やモデリングに関する発表が半数以上を占めており、PEFC では依然として水分や熱の管理に対する関心の高さが伺える。国別傾向では米国が 50%を占め、日本の 26%を大きく上回る。また分野別の比率は日米ほぼ同等であるが、ガス拡散層関連だけは、米国の方が多めであった。

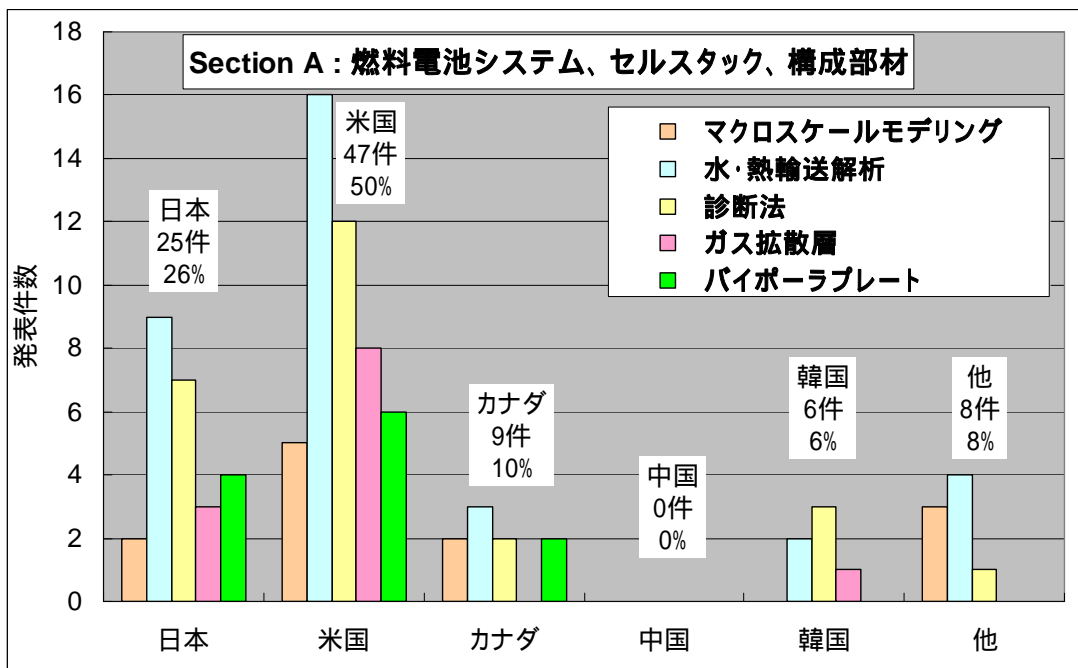


図3 テーマ別の発表内訳 - SectionA

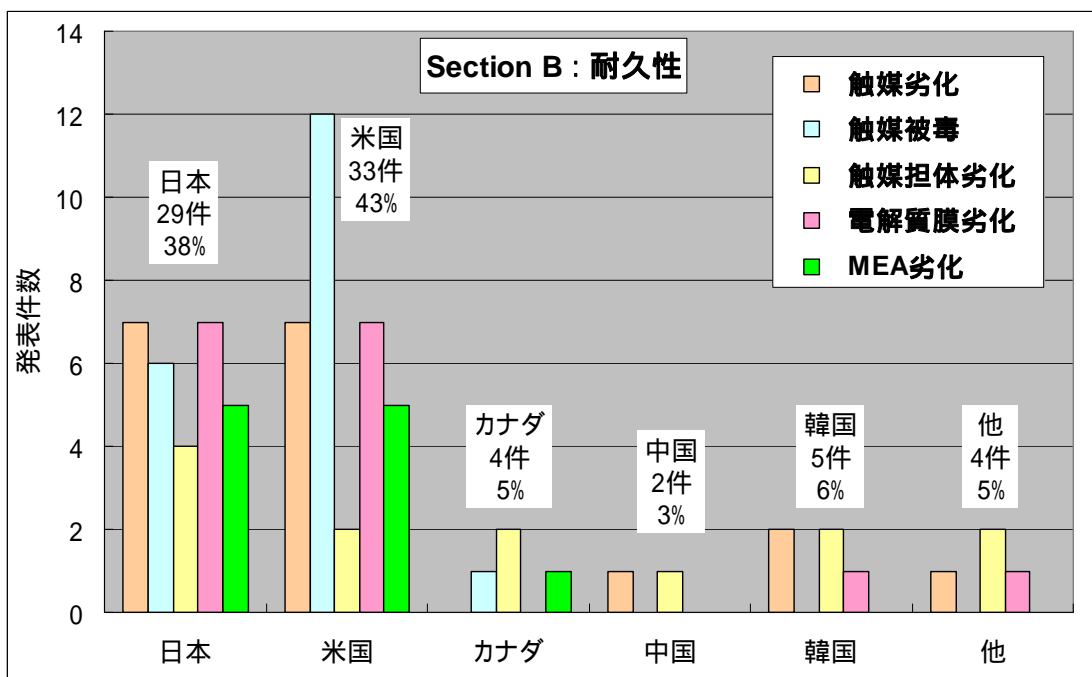


図4 テーマ別の発表内訳 - SectionB

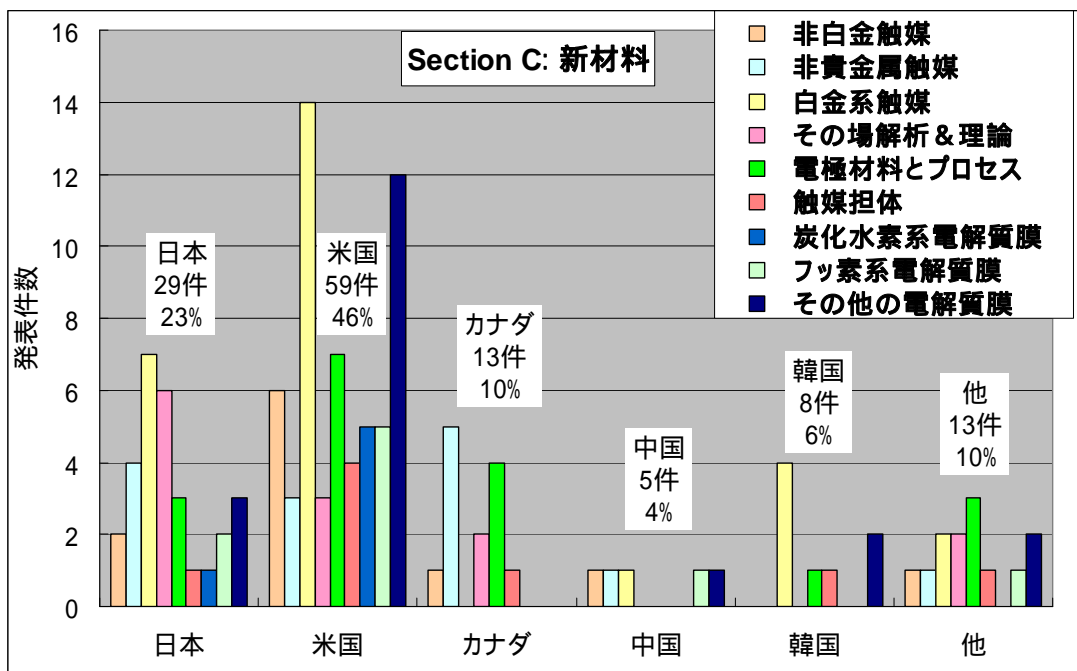


図5 テーマ別の発表内訳 - SectionC

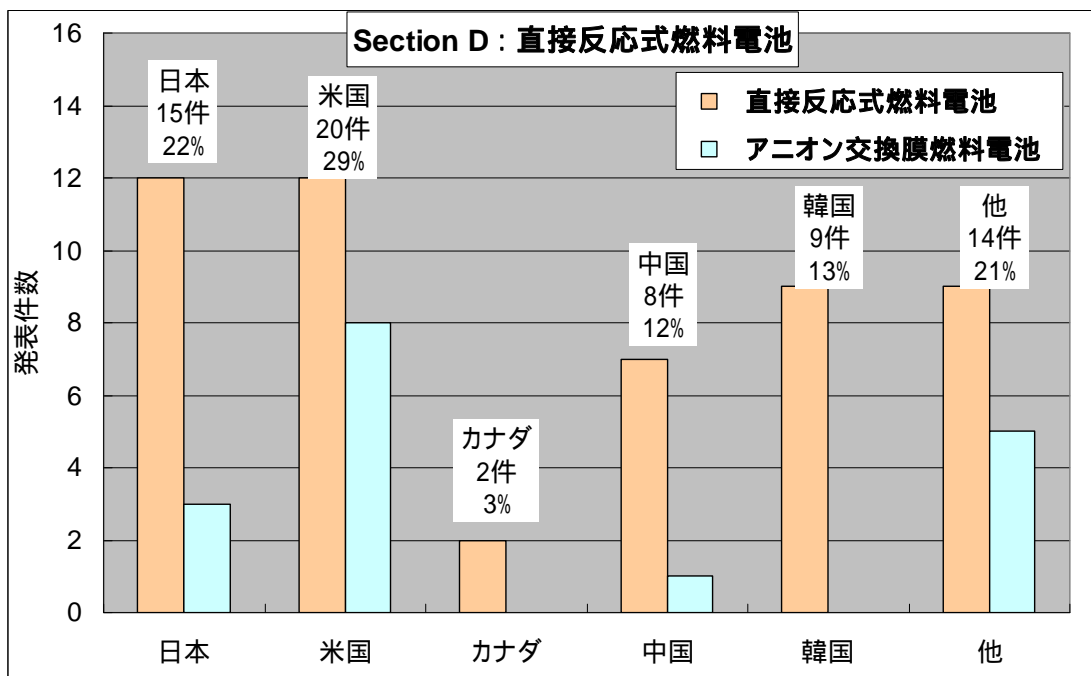


図6 テーマ別の発表内訳 - SectionD

Section B (耐久性) では、日米あわせて 80%以上 (ともに約 40%と同等) であり、この分野の研究は日米が中心で進められていることが伺える。特に、日本の発表 29 件中 20 件が NEDO 関連であり、NEDO が積極的に推進してきた劣化解析関連プロジェクトが当該分野に大きく貢献している事が伺える。なお米国では触媒被毒 (コンタミ) 関連の発表が多かった。

Section C (新材料) では、担体も含めると触媒関連で約 50% (127 件中 61 件) を占め、膜関連が 30%弱 (127 件中 35 件) と続く。国別では、米国 46%、日本 23%、カナダ 10%と続き、米国は日本の 2 倍の発表数である。触媒に関しては、日本 14 件に対し、米国 27 件と米国が多いが、今年度、大学を中心とした触媒開発の新規プロジェクトを NEDO で複数立ち上げていることから、今後その差は縮まると推測される。なお、日米以外でも新規触媒の発表は多く (20 件) 関心の高さが伺えた。電解質膜関連では、日本 6 件、米国 22 件、その他 7 件と、米国が圧倒的に多い。これは、電気化学系の学会というだけでなく DOE において電解質膜関係のプロジェクトが多数存在し、予算配分も多かったことが関係していると考えられる。

Section D (直接反応式燃料電池) では、中国や韓国の発表が他のセクションと比して多く、日米以外ではこの分野の研究が活発であることが伺える。

3. トピック的な発表

以下、聴講した範囲で、特に興味深かった内容について記載する。

【Session No.】 B8 - C0.2 Non-Pt and Non-Precious Catalyst (#774)

【Title】 Polyaniline-derived Non-Precious Catalyst for the Polymer Electrolyte Fuel Cell Cathode 【Author, Organization】 G. Wu and P. Zelenay (Los Alamos National Laboratory)

- ・概要：ポリアニリン(PANI)とカーボンブラック、遷移金属を用い、窒素雰囲気中で熱処理した非貴金属触媒。遷移金属の添加で活性が向上しており、Fe₃Co 合金を用いた場合、開放電圧(OCV) 0.95V を確認。H₂-Air で 0.21W/cm²、H₂-O₂ で 0.38W/cm² の出力を得ている。耐久性は、若干電圧が低下しているものの 700 時間の運転を確認している。XPS での分析ではメタルと C や N の相関が示唆されているが、Fe を用いた系の耐久試験では、初期 0.9%含まれていた Fe が 1300 時間の試験後消失しており、Fe が作動時の活性に寄与しているかどうか焦点。
- ・所感：酸化還元開始電位や発電性能は、NEDO で推進している非貴金属触媒の 2PJ のデータをわずかに上回っており、注目を集めていた。ただし耐久性については、若干電圧が低下していることや、それ以外のデータがないことから、今後もウォッチが必要である。本セッションでは University of South Carolina の B. N. Popov らのグループや Institut national de la recherche scientifique の J. Dodelet らのグループなどからもカーボン系の非貴金属触媒の発表が多数あり、

活性点がどこか、金属が活性に影響するかなど、熱い議論がなされており、米国でも非貴金属触媒の開発が活発化していることを伺わせた。これらの結果から、NEDO プロジェクト(カーボンアロイ触媒)の研究成果と同様に、窒素が活性に何らかの寄与をすることは間違いなさそうである。また、活性に金属が寄与するかどうかは今後も議論の焦点となると思われる。一方、もうひとつの NEDO プロジェクトである酸化物系非貴金属触媒に類似する発表は見当たらず、他の追従を許さない独創的触媒であることがここからも伺えた。非貴金属触媒の開発は今後も引き続き活発になっていくと思われ、引き続き注力が必要な分野と思われる。

【Session No.】 B8 - C2-2.1 Perfluoro Membranes (#975)

【Title】Development of Highly Durable PFSA Membrane and MEA for PEMFC Under High Temperature and Low Humidity Conditions

【Author, Organization】 E. Endoh (Asahi Glass Co., Ltd.)

- ・ 概要：旭硝子の自動車用高温低加湿膜の開発状況と、低加湿時の劣化メカニズムとその対策について。低加湿でフッ素系膜が劣化するのは、低加湿時には H^+ が解離していないスルホン酸基 (SO_3H) が存在し、そこから OH ラジカルによって分解されるためというメカニズムを発表した。あわせてそれらの対策として電気化学的に再生可能なラジカルクエンチャーをスルホン酸基間に配置した膜を開発。触媒層の改良も併せて、120 50%RH の高温低加湿条件下で 6,000 時間劣化なしという結果を得ている。
- ・ 所感：これまでフッ素系膜の劣化メカニズムについては、クロスオーバー H_2 と O_2 により H_2O_2 が生成し、そこからできた OH ラジカルが、主鎖の不安定末端($COOH$) を攻撃し、Unzipping メカにより劣化することが解明されてきたが、いまだ解明されていない部分も残されていた。特に低加湿時に劣化が加速される原因については、早くから指摘されていたにもかかわらず有力な説がなかった。今回の旭硝子の発表は、低加湿時になぜ劣化が加速されるかという問いに対する解答であり、かつ、それらに対する材料側からの対策までを合わせて発表したことに大きな意義がある。今回聴講した中では最も注目すべき発表と感じた。ちなみに同様のメカニズムおよび膜の劣化対策に関しては GM も発表を行っており、何らかの情報のやり取りがあったものと推測される。

4. 全体を通しての所感

今回参加した PRiME 2008(ECS)は、当該分野の主要な大学研究者の大多数が参加しており、当該分野の最新研究成果を発信・収集する上で非常に重要な学会と位置づけられる。その中で PEFC セッション (B8) は非常に盛況であり、引き続き PEFC の研究が活発であることを伺わせた。今回は B8 セッションの基調講演、Section B(耐久性)、Section C(新材料)を中心に聴講した。劣化メカニズムに関しては、これま

で明確でなかった低加湿時の電解質膜劣化機構が示されるなど、研究が着実に進展していることが伺えた。一方、白金バンドが電解質膜劣化に影響するか否かについては未だ相反する結果が報告されており、今後も検討や議論の余地が残されている。この点に関しては引き続き情報収集が必要である。新材料開発に関しては、触媒材料を中心に聴講したが、日米とも非貴金属触媒の研究が非常に活発になり、進展も著しいことを実感した。しかし実用化に向けては多くの解決すべき課題が残されていると考えられ、今後反応メカニズム解明などの基礎的検討に加え、実用化に向けた研究の進展に期待したい。全体を通して、日本からの発表に印象的なものが多く、日本が PEFC 分野での研究をリードしていることが伺えた。一方で米国の方が進んでいる研究分野もあることから、引き続き海外情勢をウォッチしつつ研究推進する必要があると考えられる。

表1 PEFCの発表件数(全体)

		小計	国別				機関別		NEDO
			日本	米国	カナダ	中国	企業	大学等	
B8 - PEM Fuel Cells 8 (PEFC)		377	103	163	28	15	74	310	40
オール発表		304	68	157	27	12	62	249	23
ポスター発表		73	35	6	1	3	12	61	17
分野別	基調講演	10	5	4			6	11	1
	Section A: 燃料電池システム、セルスタック、構成部材	95	25	47	9		24	71	9
	Section B: 耐久性	77	29	33	4	2	18	59	20
	Section C: 新材料	127	29	59	13	5	16	111	10
	Section D: 直接反応式燃料電池	68	15	20	2	8	10	58	
I3- 電極触媒)		73	14	34	1	8	2	71	5
オール発表		52	11	26	1	5	1	51	4
ポスター発表		21	3	8		3	1	20	1
分野別	酸素還元反応	17	3	8		3		17	2
	表面解析	16	6	7		2	1	15	1
	理論とモデリング	10	1	6		1	1	9	1
	ナノ粒子酸化触媒	12	1	4	1	1		12	
	電極触媒の応用	18	3	9		1		18	1
合計		450	117	197	29	23	76	381	45

出典：

Reproduced by permission of ECS – The Electrochemical Society.

214th ECS Meeting PRiME 2008

Program Information

B8 Session

http://www.electrochem.org/meetings/scheduler/programs.aspx?m_id=214&s_id=173

【Session No.】 B8 - C0.2 Non-Pt and Non-Precious Catalyst (#774)

【Title】 Polyaniline-derived Non-Precious Catalyst for the Polymer Electrolyte Fuel Cell Cathode **【Author, Organization】** G. Wu and P. Zelenay (Los Alamos National Laboratory)

<http://www.electrochem.org/meetings/scheduler/abstracts/214/0774.pdf>

【Session No.】 B8 - C2-2.1 Perfluoro Membranes (#975)

【Title】 Development of Highly Durable PFSA Membrane and MEA for PEMFC Under High Temperature and Low Humidity Conditions

【Author, Organization】 E. Endoh (Asahi Glass Co., Ltd.)

<http://www.electrochem.org/meetings/scheduler/abstracts/214/0975.pdf>