

Fusion Energy Conference (IAEA主催)の歴史に関する調査 Archival Study on “IAEA Fusion Energy Conference”

難波忠清¹⁾、雨宮高久²⁾、植松英穂³⁾、松岡啓介^{1, 6)}、寺嶋由之介⁴⁾、
大林治夫⁵⁾、藤田順治^{5, 6)}、黒田勉⁵⁾、橋本香苗¹⁾、河本善子¹⁾、木村一枝¹⁾、
花岡幸子¹⁾

¹⁾核融合研、²⁾日大院理工学研、³⁾日大理工、⁴⁾名大(名誉教授)、⁵⁾核融合研(名誉教授)、
⁶⁾総研大

NAMBA, C.¹⁾, AMEMIYA, T.²⁾, UEMATSU, E.³⁾, MATSUOKA, K.^{1, 6)},
TERASHIMA, Y.⁴⁾, OBAYASHI, H.⁵⁾, FUJITA, J.^{5, 6)}, KURODA, T.⁵⁾,
HASHIMOTO, K.¹⁾, KOHMOTO, Y.¹⁾, KIMURA, K.¹⁾, HANAOKA, S.¹⁾

¹⁾NIFS, ²⁾Nihon Univ. Graduate School of Sci. & Tech., ³⁾Nihon Univ. Col. of Sci. & Tech.,
⁴⁾Nagoya Univ. (Prof. Emeritus), ⁵⁾NIFS(Prof. Emeritus), ⁶⁾Sokendai

1. 調査研究の背景と目的

核融合研究の分野において最も重要な会議である「IAEA Fusion Energy Conference」は来年2008年に第22回目を迎える。来年の会議は、IAEAがこの会議開催を決める契機となった第2回原子力平和利用会議(1958年)から数えて丁度半世紀という記念すべき会議にあたり、科学史のみならず核融合分野の研究者からも核融合研究の50年に関する歴史的資料に対する要望が多く出される事が予想される。そこで本年会では、「IAEA Fusion Energy Conference」に関する資料の所在および資料発掘についての調査結果と、内容調査の現状について報告する。

【註】会議名称は、第16回会議 [1996, Montreal, Canada]から、それまでの“International Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research”から“IAEA Fusion Energy Conference”に改称されたが、本ポスターでは、現在の名称で記述する。

2. IAEA核融合エネルギー会議(FEC)前史

1955年8月ジュネーブで開かれた第1回原子力平和利用国際会議(「ジュネーブ会議」と呼称される。国際連合主催)で、Homi J. Bhabha 議長が、開会挨拶の中で熱核融合の平和利用という課題を指摘し、さらに「20年以内に制御された形で核融合エネルギーを解放する方策が見つげ出されるであろう」と予言した。さらに、1958年9月の第2回原子力平和利用国際会議では、それまで米、英、旧ソ連で秘密裏に行われていた核融合研究が、実験装置の模型などが展示されるなど一斉に公開された。この会議において、核融合研究の重要性と困難性ゆえに、国際協力の必要性が強く認識され、IAEAが、加盟各国の研究進展と情報交換を目的として、核融合国際会議を開催することとした。この第2回会議から数えて、2008年が50周年に当たることから、2008年にはジュネーブにおいて第22回目の会議が開催されることになっている。

【註】第1回IAEA-FECが開催されたのは、1961年のことであり、その時から数えると、50周年はもう少し先ではあるが、2008年に50周年を記念するのは、第2回ジュネーブ会議が実質的に核融合に関する国際会議の始まりと認識されていることを示していると言える。

【写真説明】

右：第1回原子力平和利用国際会議の議長団席(右から二人目が Bhabha博士) →
左：第2回原子力平和利用国際会議の様子

Extracted from “Presidential Address at the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy” by Mr. Homi J. Bhabha (India) on 8 August 1955 (at Geneva)

The historical period we are just entering in which atomic energy released by the fission process will supply some of the power requirements of the world may well be regarded one day as the primitive period of the atomic age. It is well known that atomic energy can be obtained by a fusion process as in the H-bomb, and there is no basic scientific knowledge in our possession today to show that it is impossible for us to obtain this energy from the fusion process in a controlled manner. The technical problems are formidable, but one should remember that it is not yet fifteen years since atomic energy was released in an atomic pile for the first time by Fermi. I venture to predict that a method will be found for liberating fusion energy in a controlled manner within the next two decades. When that happens, the energy problems of the world will truly have been solved forever for the fuel will be as plentiful as the heavy hydrogen in the oceans.



Presiding over the opening session of the Conference. Left to right: Mr. Max Fathierre, President of the Swiss Confederation; Mr. Dag Hammarskjöld, Secretary-General of the United Nations; Mr. Homi J. Bhabha, President of the Conference; Mr. Walter G. Whitman, Conference Secretary-General

3. IAEA核融合エネルギー会議のあゆみ（年表的記述）

第1回 Sep. 4-9, 1961 Salzburg, Austria

- ・ソ連のアルチモビッチのまとめの講演「我々は煉獄の中にいる」と発言
- ・ソ連のヨッフエが極小磁場配位(minimum B)で高温プラズマの巨視的な不安定性や振動を抑制して、安定化できる事を実験的に示した

第2回 Sep. 6-10, 1965 [Culham, UK]

第3回 Aug. 1-7, 1968 [Novosibirsk, USSR]

第4回 June 17-23, 1971 [Madison, USA]

第5回 Nov. 11-15, 1974 [Tokyo, Japan]

- ・アジアで開催された最初の会議

第6回 Oct. 6-13, 1976 [Berchtesgaden, Germany]

- ・会議開催頻度が3年ごとから2年ごとになる

第7回 Aug. 23-30, 1978 [Innsbruck, Austria]

- ・Artsimovich記念講演がはじまる

第8回 July 1-10, 1980 [Brussels, Belgium]

第9回 Sep. 1-8, 1982 [Baltimore, USA]

- ・ポスターセッションがはじめて採用

第10回 Sep. 12-19, 1984 [London, UK]

第11回 Nov. 13-20, 1986 [Kyoto, Japan]

第12回 Oct. 12-19, 1988 [Nice, France]

第13回 Oct. 1-6, 1990 [Washington, D.C., USA]

第14回 Sep. 30-Oct. 7, 1992 [Würzburg, Germany]

第15回 Sep. 26-Oct. 1, 1994 [Seville, Spain]

第16回 Oct. 7-11, 1996 [Montreal, Canada]

- ・会議名称: "International Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research" から "IAEA Fusion Energy Conference" に改称

第17回 Oct. 19-24, 1998 [Yokohama, Japan]

- ・「Memorial Session」が「Artsimovich-Kadomtsev Memorial Session」として
- ・LHDのデータが本会議として初めて発表される

The Large Helical Device (LHD) started operation in March 1998. The energy confinement time of 0.17 sec was obtained in a neutral beam heated plasma. This value is 1.5 times larger than expected from a helical empirical scaling law in the energy confinement time, which indicates good prospect for stellarators. (from "Topics of the 17th IAEA Fusion Energy Conference" by the Conference secretariat.)

第18回 Oct. 4-10, 2000 [Sorrento, Italy]

第19回 Oct. 14-19, 2002 [Lyon, France]

- ・「Memorial Session」が「Artsimovich Memorial Session」として

第20回 Nov. 1-6, 2004 [Vilamoura, Portugal]

- ・「Memorial Session」が「Fusion Pioneers Memorial Session」として

第21回 Oct. 16-21, 2006 [Chengdu, China]

第22回 Oct. 13-18, 2008 (Tentative) [Geneva, Switzerland]

- ・50周年を記念して開催

第23回 Oct. 10-16, 2010 (Tentative) [Daejeon, Korea]

第24回 2012 [San Diego, USA]



L. A. ARTSIMOVICH

(Kurchatov Inst., USSR)

第1回会議(ザルツブルグ会議)の「Concluding Session」におけるアルチモビッチ博士の発言(抜粋)

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УПРАВЛЯЕМОМУ ЯДРОМУ СИНТЕЗУ НА СЕНТЯБРЬ 1961 г.

ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ

【最終のまとめの部分から抜粋】(出典: Nuclear Fusion: 1962 Supplement, Part 1 p.9-14)
Сейчас всем ясно, что первоначальные предположения о том, что двери в желанную область сверхвысоких температур открываются без скрипа при первом же мощном импульсе творческой энергии физиков, оказались столь же необоснованными, как и надежда грешника войти в царство небесное, минуя чистилище.

И все же вряд ли могут быть какие-нибудь сомнения в том, что в конечном счете проблема управляемого синтеза будет решена. Неизвестно только, настолько затянется наше пребывание в чистилище. Из него мы должны выйти с идеальной вакуумной технологией, отработанными магнитными конфигурациями с точно заданной геометрией силовых линий, с программированными режимами электрических контуров, неся в руках спокойную, устойчивую высокотемпературную плазму, чистую как мысль физика-теоретика, когда она еще не запятнана соприкосновением с экспериментальными фактами.

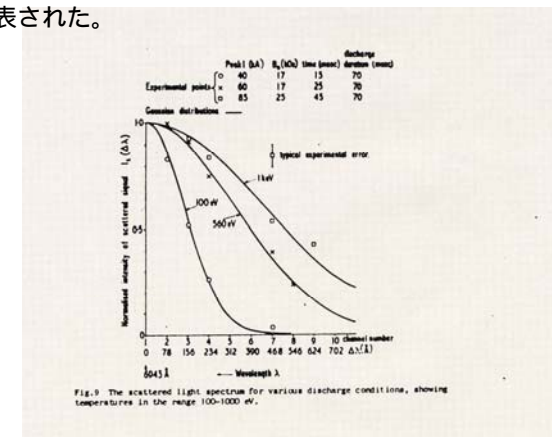
【英訳】

CONTROLLED NUCLEAR FUSION RESEARCH, SEPTEMBER 1961:
REVIEW OF EXPERIMENTAL RESULTS

It is now clear to all that our original beliefs that the doors into the desired region of ultra-high temperatures would open smoothly at the first powerful exertion by the creative energy of physicists, have proved as unfounded as the sinner's hope entering Paradise without passing through Purgatory. And yet there can be scarcely any doubt that the problem of controlled fusion will eventually be solved. Only we do not know how long we shall have to remain in Purgatory. We shall have to leave it with an ideal vacuum technology, with the magnetic configurations worked out, with an accurate geometry for the lines of force and with programmed conditions for the electrical contours, bearing in our hands the high temperature plasma, stable and in repose, pure as a concept in theoretical physics when it is still un sullied by contact with experimental fact.

Novosibirsk 会議(第3回、1968年)において、ソ連(当時)のクルチャトフ原子力研究所のトカマクT-3の実験結果。 $T_e \sim 100-2000$ eV, $T_i \sim 300$ eV, $n_e \sim 10^{12}-5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $\tau_E \sim 10$ ms.

この結果は、翌1969年カラム研究所のチームによるトムソン散乱を用いた実験により確認。トーラス国際会議(1969年、ドブナ)で発表された。



出典: M.J. Forrest, N.J. Peacock, D.C. Robinson, V.V. Sannikov, P.D. Wilcock; "Measurement of the Parameters in TOKAMAK T3-A by Thomson Scattering" CLM-R 107 (July, 1970)

4 . 収集した主な関連資料など

- ・ IAEA核融合エネルギー会議proceedings及びその所在情報（日本国内に於ける収蔵図書館など）
- ・ 同国際会議に参加した研究者の「報告書」、「Trip Report」（海外の研究者分を含む）
- ・ ジュネーブ会議（原子力平和利用国際会議）に関する資料（proceedingsほか）

「伝説」の Bhabha 博士の演説（「核融合は20年以内に」）、Artsimovich博士の演説（「煉獄の時代」）などを、原文に基づき検証

- ・ 関連する写真など

まだまだ不十分ですので、「Trip Report」（特に、海外の研究者分）、写真など或いはその所在情報の提供をお願いします。

5 . IAEA核融合エネルギー会議における日本人の活躍

(1) 「IAEA Fusion Energy Conference」における日本人の会議報告数の推移

「IAEA Fusion Energy Conference」における日本人による報告数についての調査結果を示す。日本人報告数の推移を見るために発表数とその割合についての図を以下に示す。

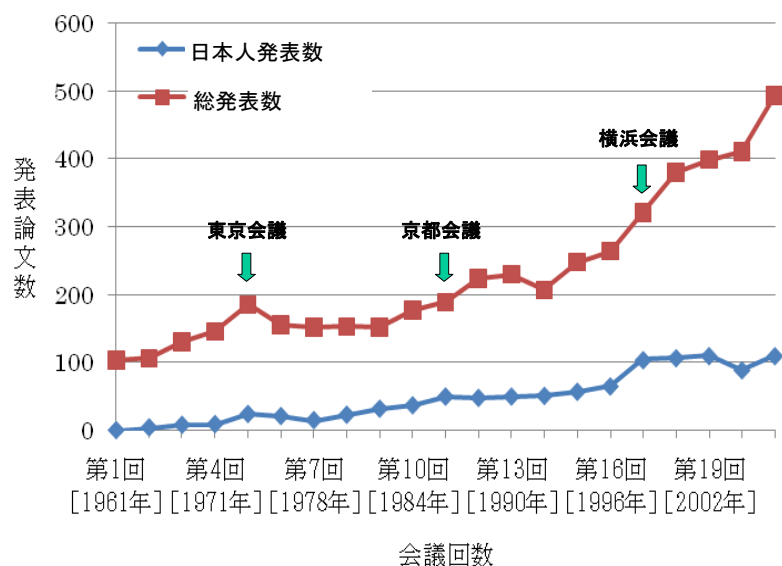


図1 IAEA Fusion Energy Conference における報告数の推移

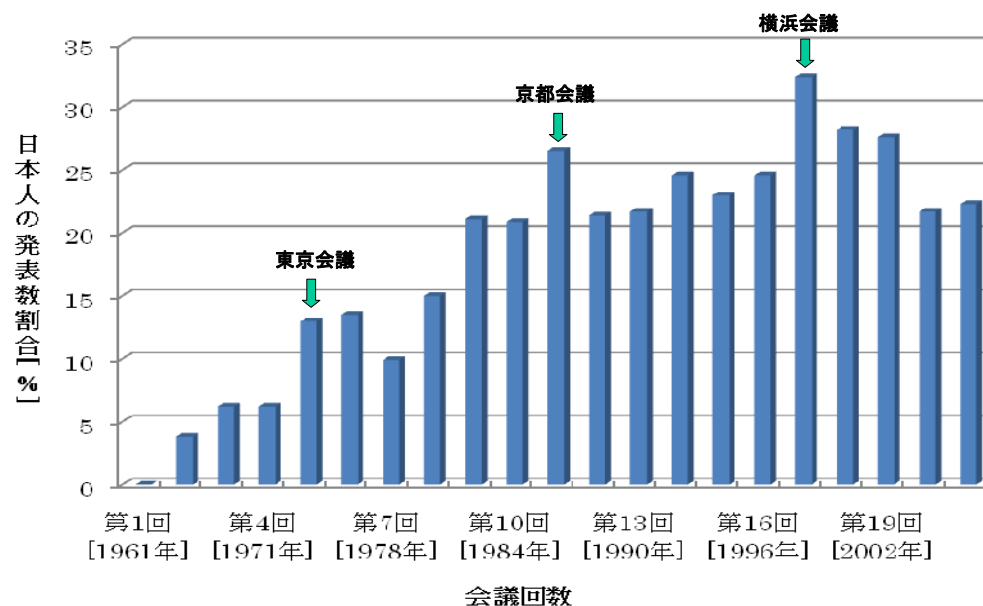


図2 IAEA Fusion Energy Conference の各会議における報告総数に対する日本人の報告数の割合 (%)

「IAEA Fusion Energy Conference」は1961年のSalzburg会議から始まっているが、日本人が発表の代表という形で報告(発表の第一著者が日本人)したのは、第2回のイギリスCulham会議からであることが分かる。日本人による報告数は、第5回東京会議(1974)、第11回京都会議(1986)、第17回横浜会議(1998)に急増し、その後の数回にわたって報告数が安定していることが分かる。また日本人の報告数は第2回から会議を重ねる毎に報告数はほぼ毎回増加し、その割合も第9回会議から会議の20%以上を占めていることが分かる。特に第17回会議では会議全体を通して唯一日本人が代表の発表が全体の30%を超えていることが分かる。

(2) 日本人報告数の急増原因についての検証

(1) 第5回東京会議(プラズマ研究所の再編)

第5回会議全体を見ると、ソ連クルチャフ研究所のT-3が画期的な成果を出した事によって、各国でのTokamakの開発が進められた結果、Tokamak装置に関する理論・実験のSessionで報告数が増加している。

日本人の報告数;多く増加しているのが、低ベータ・ステラレータプラズマや高ベータ・ピンチプラズマに関係するSessionでの発表数

日本人の報告数全体では、8件が名古屋大学プラズマ研究所からの単独報告、もしくは日本の他大学との連名報告(海外研究機関との連名も1件あり)となっている。

→この時、同じSessionで日本大学、大阪大学、東北大学、広島大学が初報告
名古屋大学プラズマ研究所からの報告数は第4回会議では2件であった。(増加した要因)

- ①1969年3月に行われた第42回運営委員会での研究組織の再編によって研究の促進がもたらされたこと。
- ②研究促進のためにプラズマ研究所内の再編成が行われ、さらに「プラズマ保持装置3ヶ年計画」(1971-1973)が立案されることとなった。

しかし、一番多くの発表増加数を見た「低ベータ・ステラレータシステムや高ベータ・トロイダルピンチシステム」についてのSessionでの名大プラズマ研究所からの報告は3件のみで決して多くはない。

日本大学や電子技術総合研究所がともに2件の報告を行っており、その他にも京都大学や東北大学、PPPL Princeton University、General Atomics所属の日本人が報告を行っている。

名大プラズマ研究所からの発表は、各Sessionで1~2件程度であるが、多岐にわたる分野で報告がなされている事が分かる。

→ 第5回東京会議での日本人報告数の増加は、名大プラズマ研究所の再編および「プラズマ保持装置3ヶ年計画」の成果に加えて、日本大学や大阪大学といった新しい研究機関の核融合研究の成果が報告数増加の要因になったと考えられる。

(2) 第11回京都会議(大学研究の充実)

第10回London会議との比較

- ①全Sessionの中で、Alternativeに関するSessionが一番の増加。
- ②全体としても報告数が減少したSessionは見られない。
- ③しかし、日本人の発表数の増加割合は大きい。

第11回会議の日本の報告数の増加は日本の核融合分野の全体的な進展を示す。中でもAlternativeの研究が報告数の増加に大きく影響している。

Alternativeの報告数が増加した要因としては、Alternativeにあたる装置が1984年から86年の間に多く建設され、実験を開始したことが挙げられる。

例STP-3(M) (1984)、REPUTE-1(1984)、TPE-1RM(15) (1985) etc...

1984年から86年の間に建設された装置による報告

+

京都大学のHeliotron E(1980年)等からの報告

→日本からのAlternativeに関する報告数の増加

背景:当時の大学での核融合研究が充実していた事実。Alternative装置を見てみると、ほとんどは大学で建設されたものである事が分かる。→ 欧米諸国と比べると規模こそ小さいが、報告数が多い。…日本の研究の優秀さ

(3) 第17回横浜会議(世界の流れの中での日本人の活躍)

日本人の報告総数が初めて100件を超えた。

全体の報告数もかなり増加、報告数の増加が日本だけに限ったことではない。顕著な報告数の増加;ITERと炉工学についてのSession

第11回京都会議の時期;ITERのEDAの当初計画が終了し3年間の延長が取り決められようとしている時であった。

→ ITERの設計を通じて炉工学の重要性が浸透し、核融合炉工学全ての技術分野において順調な進展が見られた

その他の増加要因

- ①装置の大型化に対応するための工学面の研究開発の必要性が高まった事
- ②今までよりも将来の動力炉の材料に関する報告や国際核融合材料照射試験装置の概念設計の報告が増加

→ このような流れは、核融合実用炉が現実味を帯びてきた事を反映。

6. 課題

今後の課題としては、本調査を基にして国内の各学会誌等に掲載された会議報告とProceedingsを比較することでの日本人の会議に対する見解についての調査が挙げられる。調査結果は随時、各学会で報告を予定している。