

I C E N E S '91
(6th International Conference on Emerging
Nuclear Energy Systems)
会議報告(1)

(九州大学工学部) 中尾 安幸

1. はじめに

表記の会合が1991年6月17日-6月20日の実質4日間、米国カリフォルニア州モンレーにて開催された。主催はローレンスリバモア国立研究所で、後援団体として米国、欧州、カナダ、日本、中国の各原子力学会とソビエト科学アカデミー及び日本レーザー学会が名を連ねている。参加者は約200名で、日本からは10名(日立:横見/PNC:小無/原研:金子、高田/CRC:大西/姫路工大:山中/九大:工藤、中尾、本多/九州帝京短大:大田の各氏)であった。

同じタイトルの会議が過去5回ヨーロッパで開かれている。今回は6回目であるが、一連の会議の目的は、すでに国家(あるいは国際)プロジェクトとしてとりあげられているもの以外の、将来(近及び“遠”未来)実現することが期待される、核エネルギーの生成及び利用のための先進的概念について、広く自由に討議することである。枠にとらわれないアイデアの提起が建前であるが、根底には核科学技術の3つの基本要素、すなわち核分裂と核融合及び加速を組み合わせてより良い核エネルギーシステムを構築しようという、Harms教授(カナダ)提唱のシナージェティクスの精神が流れている。

今回発表された論文は核分裂エネルギー利用のための新技術に関するものから、核融合(非トカマクが主でミュオン触媒、常温を含む)、さらには物質-反物質消滅反応の利用や核エネルギーを用いた宇宙推進へと多岐にわたる。以下では、核融合に関係した発表のほんの一部を紹介する。核融合以外については高田さんが書かれるはずである。提出された殆ど全ての論文はFusion Technology誌の特集号⁽¹⁾に既に出ている。詳細については直接論文を参照されたい。なお、第2回、3回及び4回会合の報告はそれぞれ高橋博氏(BNL)、古川和男教授(東海大)、及び工藤和彦教授(九大)と筆者によりなされている。^{(2),(3),(4)}

2. 核融合に関係した発表から

初日は“未来の核エネルギーシステムへの挑戦”と題するNuckolls(LLNL)の基調講演で始まった。核融合関係の論文は全て午後のポスターセッションで発表された。

Illinois 大の Miley 等は慣性-静電閉じ込め核融合 (IEC) の概念とその長所について述べた。ポテンシャルの井戸に閉じ込められた 50-100 keV の高密度プラズマ中で、核融合反応は殆どビーム粒子間で起るため、D-³He 等の先進燃料に適している。Velarde 等のスペイングループは慣性核融合 (ICF) で科学的ブレークイーブンを達成するためのドライバーパルス (レーザー、重イオンビーム) とターゲット設計の最適化を論じた。筆者等は D-³He 燃料を用いた ICF ペレットの点火条件について報告した。また、圧縮 D-T ペレット中での高速核融合反応 (i.e. 中性子衝突で反跳を受けたイオンが減速途中で起す核反応) の進行過程と、その結果発生する高エネルギー中性子 (30 MeV 以上のもも、わずかであるが、出てくる) のスペクトルを見積り、ペレット診断への適用可能性を議論した。

ミュオン触媒核融合 (μ CF) において燃料の密度と温度を増やせば μ^- の循環率が増え、 α 粒子への付着割合が減り、核融合の連鎖が長くなるという実験結果があるそうである。

Harms 等はこれにヒントを得て、前回会合以来高密度下での μ CF を検討している。D-T 燃料の密度が液体密度の 100 倍あれば、 μ^- 1 個当りに 800 回以上の核融合反応が起り得るといふ。彼等はさらに、これを ICF に応用して高いエネルギーゲインを得ることを考えている。圧縮とペレット中心部の μ CF 加熱をうまく組み合わせて、燃料を通常の熱核融合温度まで持ってゆけるかが鍵である。 μ CF プラス ICF の提案は Harms 等が初めてではなく、過去に高橋 (BNL) や Seifritz (スイス) によってなされているようである。(2),(3)

2 日目午前の全体セッションは "Advanced Fusion" に当てられ、主に各国の代表的機関の近年の成果や今後の計画が発表された。まず米国であるが、Storm (LLNL) は 2025 年までに ICF 商用炉の目処を立てるべく、4 つの里程碑をかかげた。その 1 番目は燃料球の点火と燃焼の伝播であり、NOVA (ガラスレーザー、10 ビーム、50 kJ) の出力を 1-2 MJ に増強して、21 世紀の初頭までに実現することを目指している。その後は高ゲインと数 Hz のパルス率の達成が課題である。一方、磁気閉じ込め核融合 (MCF) では、最近のトカマク物理の進展に基づいて動力炉の物理的・工学的課題と経済性及び安全性が検討され、トカマク動力炉の設計がなされている (Conn 等、UCLA、ARIES 計画の一環)。また、パワーシステムとして必要なものを完備した初のトカマク装置となる国際熱核実験炉 ITER の役割と設計について説明があった。

Qiu は中国における MCF 研究と、さらにハイブリッド炉計画について報告した。プラズマに関しては焦点をしぼった研究、具体的には中小規模の装置を用いて MHD 不安定性の抑制や ICRF 加熱等の実験がなされている。ハイブリッド炉開発は 1986 年に国のハイテクプログラムの 1 つに取り入れられたそうで、核燃料の生産が目的である。炉心はトカマクプラズマで、エネルギーバランスは度外視されている。とは言っても NBI、ICRF 加熱などで形成されるイオンテイルによる核反応率の増加等も見込んでいるようである。ブランケットは UO₂、Pb/Be (中性子増倍材)、Li₂O 等の材料から成り、He 冷却である。トリチウム技術を除け

ば、既存の分裂炉技術を用いてすぐにも開発可能としているが、大丈夫だろうか。核融合コミュニティの中では、ハイブリッド炉は一般には嫌われるようであるが、中国では核融合研究の最優先項目とされている。

阪大における近年の ICF 研究の成果が山中によって紹介された。激光12号レーザー(10kJ、 $0.3\ \mu\text{m}$ 、 $2\ \text{ns}$)と重水素化プラスチックシェルターゲットを用いた実験により、個体密度の600倍の圧縮と面密度 $0.1\ \text{g}/\text{cm}^2$ が達成された。このときイオン温度は $0.3\ \text{keV}$ であるが、他の爆縮実験では $10\ \text{keV}$ に近い温度が得られており、ブレークイーブン ($\rho R \approx 0.3\ \text{g}/\text{cm}^2$ 、 $T_i \approx 5\ \text{keV}$ 、 $\rho \approx 1000\ \rho_{\text{solid}}$) への到達も間近という印象を受けた。また、この実験で爆縮プラズマにおける電子の Fermi 縮退が初めて観測されたことは、核融合研究を支える基礎的領域での成果の1つとして意義深い。

3日目午前のポスターセッションでも、核融合関係の発表がいくつかなされた。スイスのグループは、LOTUS ブランケット実験計画の一環として行ったリシウムブランケットモジュールに対する中性子工学実験の結果を報告した。Alava等(Helsinki工大)はアドバンス燃料(D-D、 $D-^3\text{He}$)を用いた定常トカマク炉の可能性を検討している。自由電子レーザーでつくられたシード電流が新古典論的ブートストラップ効果により10倍(ただし50MA以下)に増幅され、良い閉じ込めが期待出来るという。D-T炉と比較した場合の利点が示された。Kernbichler (Graz 工大)は磁場反転配位(FRC)を用いた $D-^3\text{He}$ 炉研究RUBY(百田、Mileyの両氏を日米双方の代表とする国際共同研究)の中から、炉心パラメータ領域について議論し、今後の課題として輸送の解明、高エネルギー粒子による安定化と電流駆動の実証等を挙げた。

最終日午後の全体セッションの中には、消滅反応エネルギーの効率的利用(Solem、米国)、反陽子駆動の微小ペレット核分裂(Lewis、Pennsylvania 大)等の面白い発表があった。微小核分裂の概念はICFの拡張(アナロジー)であり、1973年のWinterbergやAskar'Yan等に遡る。宇宙推進への応用の面で有効と考えられている。

今回は1993年秋に日本で開催されることが決まり、主催機関である原研を代表して金子氏より挨拶があった。主流と見なされていない方式や特異なアイデアまでも積極的に取り上げてきたICENESの伝統が、今後も維持されることを願っている。

3. おわりに

ICENESはどちらかと言えば将来の夢を語る類の会合である。その意味では具体的な、焦点のはっきりした問題が論議される核データ関係の会合とは対極にある。

昨年秋の原子力学会「核データ・炉物理合同会合」での報告を引受けたため、核データニュースにも書くはめになってしまった。迂闊であった。編集委員の方から見本にと送られてきた最近号の中には、非学術的内容の記述が全体の3/4を占め、写真付きで、堂々と巻頭を飾っ

てしまったKawano氏のような報告もあったが、初めて登場する身ではこれに習うわけにもいかず、大変きゅうくつな文になってしまった。おわびします。

- (1) Fusion Technol., Vol. 20, No. 4, Part 2, Dec 1991
- (2) 高橋 博：原子力誌、22〔9〕、 625 (1980)
- (3) 古川和男：同上誌、25〔9〕、 725 (1983)
- (4) 工藤和彦、中尾安幸：同上誌、28〔11〕、 1033 (1986)

