

レーザー核融合研究の推進について

(提言)

平成9年2月5日

ICFフォーラム

目 次

1. レーザー核融合研究推進に関する提言
2. 提言に関する補足説明. 1
3. ICFフォーラム委員名簿 5

附属資料

- I. エネルギー開発評価委員会報告書
- II. 高機能レーザー開発調査委員会報告書
- III. レーザー核融合エネルギー開発検討委員会報告書
- VI. レーザー核融合炉「光陽」概念設計

レーザー核融合研究推進に関する提言

核融合は、21世紀のエネルギー源として、資源に乏しい我国が総力を上げて取り組まなければならないテーマであります。

レーザー核融合研究は近年著しい進歩を遂げ、核融合点火・燃焼から実用炉へ至る研究開発戦略を具体的に構想出来るまでに進展致しました。これに伴い、同研究は核融合エネルギー開発の有望なアプローチとして世界的に認識され、米国、フランスおよび中国では国家プロジェクトとして進められています。

ICFフォーラムでは、このような状況の下、我国のレーザー核融合研究の現状と動向、その学術・産業分野への波及効果を検討し、以下の結論を得ました。

- ア) レーザー核融合は、磁場核融合とは異なる原理、技術に基づく方式で、魅力的な開発計画を描くことが出来るため、両方式を核融合エネルギー開発計画として並行して進める必要がある。
 - イ) レーザー核融合は、光技術など21世紀の科学技術、産業技術への波及効果が大きい。
 - ウ) 我国のレーザー核融合の研究レベルは、世界の第一線に位置しており、今後とも国際社会に充分貢献できる。
- これらを踏まえ、下記の二点を提言します。

記

1. レーザー核融合を国家プロジェクトとして推進する。
2. レーザー核融合の基礎研究・人材養成のための研究教育施設の整備充実を図る。

提言に関する補足説明

1. 概要

核融合は、21世紀のエネルギー源として、資源に乏しい我国が総力を上げて取り組まなければならないテーマである。また文明社会の健全な維持、発展のためにもクリーンで安全かつ環境保全性の高い新エネルギーの開発が必須の要件である。

核融合エネルギーは次のような特徴を有する。

- (1) 無尽蔵の賦存量がある。
- (2) 本来的安全性と高い環境保全性を有している。
- (3) 高度の先進技術に立脚する新しいエネルギー源であり、その科学技術的波及効果が大きい。

さらに最近の研究進展により、技術的成立性が高まってきた。21世紀に向けて、高いポテンシャルを有する核融合の開発研究をさらに強力に進める必要がある(注1)。

2. レーザー核融合とは

慣性核融合は、微小な燃料ペレットに強力なレーザー光等(ドライバー)を集光投射することにより燃料ペレットを圧縮加熱(爆縮)し、得られる高温・高密度プラズマ中での急速な核融合反応により、プラズマが膨張して消散するよりも早く、核融合反応を完結し、エネルギーを発生するものである。この方式における物理的課題、技術的基盤は以下のとおりである。

(1) [物理的課題]

1-1 爆縮の物理

1-2 爆縮プラズマ中での核融合点火および燃焼の物理

(2) [技術的基盤]

2-1 ドライバー技術

2-2 燃料ペレット技術

2-3 炉チャンバー技術

2-4 炉システム技術

慣性核融合は、エネルギーを時間的に圧縮（短パルス高ピークパワー）し、空間的に集中（集光）しうるレーザーの出現により可能となった方式で、レーザー技術の進歩とともに爆縮物理の解明も進み、核融合エネルギー開発の有望なアプローチとして、本格的に推進されるようになってきた。

磁場核融合では、高真空中に強力な磁場により、1億度の高温プラズマをいかに安定に閉じ込めるかが主要課題である。これに対し、レーザー核融合では強力なレーザー光により燃料ペレットをいかに安定に爆縮するかが課題であり、両者は全く異なる物理的、技術的な基盤に立脚している。このようにクリティカルパスを異にするアプローチは未踏の科学技術領域へのアプローチとして並行して進めるべきものと考えられている。

3. 研究の現状

爆縮の物理に関しては、大阪大学レーザー核融合研究センターにおける激光XII号（10kJ, 12ビーム）、米国ローレンスリバモア研のノバレーザー（50kJ, 10ビーム）、ロチェスター大学のオメガレーザー（3kJ, 24ビーム）による最近10年の実験とシミュレーションコード開発とにより基本的なプロセスは解明された。これにより初期固体密度の600倍（ 600g/cm^3 ）に達する高密度圧縮、1億度に達する高温圧縮が実現され、安定な爆縮の条件が明らかになってきた。さらにオメガレーザーの改造・増力（30kJ, 60ビームへ）が1996年に完了し、核融合中性子が激光XII号、ノバレーザーによるそれまでの記録 10^{13} 個/ショットから 10^{14} 個/ショットへと向上した。

このような成果をうけて、爆縮による核融合点火・燃焼、およびエネルギー利得実現に向けて、メガジュールレーザーの建設を中心とする計画がNational Ignition Facility（NIF）計画として米国で、またLaser Mega Joule（LMJ）としてフランスにおいてスタートした。これまでの実験結果およびシミュレーションを中心とした理論研究の成果より、来世紀初頭には目標が達成されるものと期待されている。

技術的基盤の最も重要なテーマはドライバー技術である。点火・燃焼実験に必要とされ

るメガジュールレーザーは、すでに既存の技術の延長上で建設が可能である。他方実用エネルギープラントで使用される炉用レーザーに必要とされる仕様としては、出力2～4メガジュール、パルス巾30～50ナノ秒、波長3000～5000オングストロームの良好な集光特性等のうえに、繰返し動作（10～30Hz）、高効率（5～10%）、長寿命、低コストといった条件が付加される。

最近のレーザー技術の進歩、特に半導体レーザーの高出力化、長寿命化、低コスト化は目覚ましく、これを励起源とした固体レーザー（Diode Pump Solid State Laser : DPSSL）が炉用ドライバーとして注目されるようになった。KrFエキシマレーザー、粒子ビームドライバー等の技術的な進歩も目覚ましく、これらを用いた核融合プラントの設計研究および技術開発課題の検討がなされるようになってきた（注2）。

4. 今後の展望について

これまで慣性核融合については爆縮の物理に関する研究が主として実施されてきた。これについては、実験結果とそれにより解明された物理モデルを組み込んだシミュレーションコード開発とが車の両輪となり、爆縮物理を明らかにし、核融合点火・燃焼の可能性およびエネルギー利得に関する比例則が高い確度で予測される状況となった。

このような状況のもとで、いよいよ実用パワープラントとしての技術的、経済的成立性に関する評価が必要な段階となってきた。核融合エネルギー開発戦略を総合的に検討するため、これまで実用化への観点を重視した検討・評価において立ち遅れていた慣性核融合炉の基盤技術について、現状、課題、必要なR & D、炉仕様の技術的実現性等について調査、検討、評価を行う必要がある。

慣性核融合の物理、技術に関する具体的な評価にもとづいて、レーザー核融合エネルギー開発のための戦略を検討、策定することができる。爆縮の物理、核融合炉へつながる技術の両面において、我国独自に研究を進め物理、技術に関するデータベースを確立してきたことは今後の研究開発の効率的な推進および国際社会への大きな貢献を可能とするものである（注3）。

世界の動き：レーザー核融合研究を展望する場合、以下のような最近の世界の状況、技

術のブレークスルーに注目する必要がある。

- (1) 米国においては、2002年にメガジュールレーザーを完成させ、爆縮による核融合点火・燃焼およびエネルギー利得を実現させようとする National Ignition Facility (NIFS) 計画が1996年にスタートした。
- (2) フランスは米国と協力して技術開発を進め、独自のメガジュールレーザーをボルドーに建設するレーザーメガジュール計画 (LMJ) を1996年にスタートさせた。
- (3) 中国ではナショナルハイテクコミティーのもと上海、成都、北京における3研究所が一体となって慣性核融合を国家プロジェクトとして推進している。
- (4) EU においては ESTA (European Science and Technology Assembly) が1996年に答申を出し、磁場核融合と慣性核融合とをバランスをとって推進すべきことを勧告した。
- (5) IAEAにおいては、1992～95年にわたり世界各国からの専門家80名により、慣性核融合炉に関するレビュー作業が実施され、技術的成立性の高いことが示された。これを受けて IAEA を核とする慣性核融合に関する国際協力の在り方が、1997年3月に大阪にて開催される国際原子力機関技術委員会 (IAEA-TCM) において公式に話し合われる。
- (6) ダイオード励起固体レーザー (DPSSL) 技術の進歩が目覚ましく、これを核融合ドライバーとして用いたレーザー核融合パワープラントの技術的、経済的な成立性が期待されるようになってきた。
- (7) DPSSLは現在物理研究の段階にあるX線レーザーやフェムト秒技術の実用化、レーザープロセス等の産業応用に大きな波及効果が期待されている。米国、ドイツでは、ナショナルプロジェクトとしてハイパワーレーザーの開発とその産業応用とを推進している。

注1：参考資料；エネルギー開発評価委員会報告書

注2：参考資料；高機能レーザー開発調査委員会報告書

；レーザー核融合炉「光陽」概念設計 報告書

注3：参考資料；レーザー核融合エネルギー開発検討委員会報告書

ICFフォーラム委員名簿

座 長	橋本 安雄	関西電力株式会社 専務取締役
座長代理	大野 榮一	三菱電機株式会社 顧問
座長代理	中井 貞雄	大阪大学工学部教授
委 員	飯吉 厚夫	文部省核融合科学研究所長
	石王 道男	財団法人大阪科学技術センター 副会長
	犬伏 恭平	三菱重工業株式会社 取締役原子力事業本部副事業本部長
	上之園親佐	京都大学名誉教授
	金森順次郎	大阪大学総長
	近藤 次郎	財団法人地球環境産業技術研究機構理事長
	島山 博明	日本電気株式会社 常務取締役
	霜田 光一	東京大学名誉教授
	関口 忠	東京大学名誉教授
	宅間 宏	日本原子力研究所 関西研究所総括研究リーダー
	田村浩一郎	通商産業省工業技術院 電子技術総合研究所長
	難波 進	大阪大学名誉教授
	西川 恭治	広島大学教授
	西澤 潤一	前東北大学総長
	西田 鶴男	社団法人大阪工業会 専務理事
	西台 惇	日新電機株式会社 専務取締役
	新田 恒治	松下電器産業株式会社 取締役研究本部長
	晝馬 輝夫	科学技術会議専門委員（浜松朴ノクス（株）社長）
	伏見 康治	大阪大学・名古屋大学名誉教授
	三間 國興	大阪大学レーザー核融合研究センター長
	森 茂	財団法人環境科学技術研究所 理事長
	宮島 龍興	筑波大学名誉教授、核融合会議座長
	山中千代衛	大阪大学名誉教授、財団法人レーザー技術総合研究所 副理事長・研究所長
	山本 賢三	社団法人日本原子力産業会議常任顧問
	油本 暢勇	住友電気工業株式会社 専務取締役