

議会がICF予算を引き上げ： 20年度末までに期待されるレビュー結果

ジェフ・ヘクト

年末までに、国立点火施設(NIF)のパルスエネルギーを増加し、新しい実験を行うための5年プログラムの計画が示される予定だ。

2020年度予算をめぐる争いが落ち着いたとき、米国の慣性閉じ込め核融合(Inertial Confinement Fusion:ICF)プログラムは、2019年度予算の5億4500万ドルから5%の増加である、5億6500万ドルという総予算の増加が明らかになった。トランプ政権は4億8100万ドルと12%の削減を提案していた(表1)が、議会は土壇場でくつがえし、12月に署名された最終予算で8400万ドルの支出を追加した。2021年度予算の最初の草案が2月10日に発表されたが、今後数か月の最も重要なニュースは、国家核安全保障局(National Nuclear Security Administration:NNSA)のた

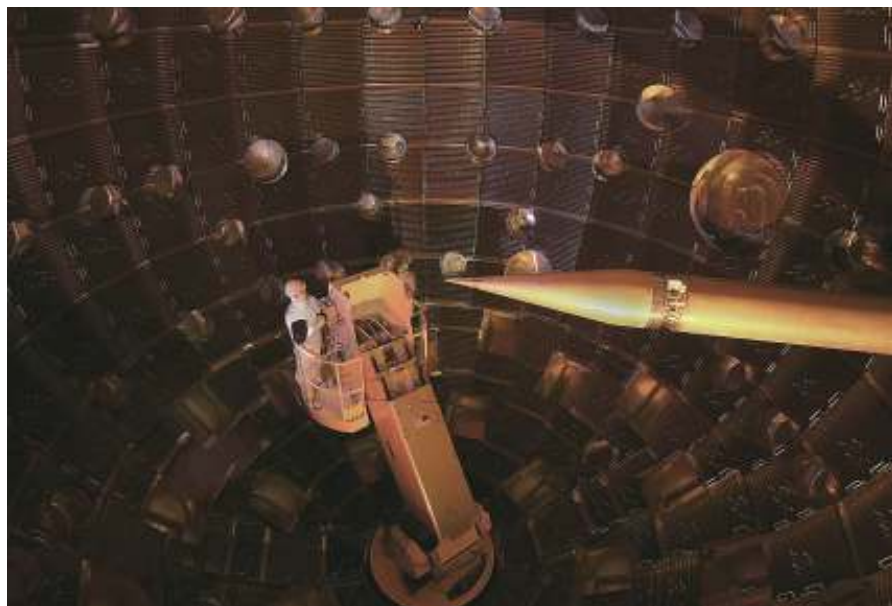
めに進行中の米国における慣性閉じ込め核融合研究の新たな調査だろう。

調査報告は、年末までに提出される予定で、国立点火施設(National Ignition Facility:NIF)が米ローレンス・リバモア国立研究所(Lawrence Livermore National Laboratory)で運用を開始してから10年以上が経過している。核融合ターゲットに点火するには理論上、十分だと予測されていた1.8MJパルス出力という設計目標を達成するためには、何年にも及ぶテストと改良が必要だった。結局、問題はレーザーではなく、点火を予測する理論だった。最近の実験結果は、調査委員会

が慣性閉じ込め核融合の将来の計画を立てるのに役立つ。

年末までに委員会は、NIFのパルスエネルギーを増加させ、核融合プラズマに点火する、もしくは点火に必要な条件を突き止めるための新しい実験を行う5か年プログラムのための計画を立てる。備蓄弾頭維持計画(Stockpile Stewardship Program)の一環として慣性核融合を監督するNNSAによると、委員会は実験、計算、及び理論的根拠を分析し、核融合の出力を実験室で数MJのエネルギーに拡大する方法を学ぶということだ。これには研究中の3つの主要なアプローチでNIFのレーザー間接駆動核融合、米ロチェスター大(University of Rochester)のOMEGAレーザーでのレーザー直接駆動、及び米サンディア国立研究所のZマシンによる磁気直接駆動といった、カギとなる物理的不確実性を突き止め、点火に到達する必要条件を予測することが含まれる。その成果は、「物理学、不確実性、及びパフォーマンスの調査結果に対処するための特定のマイルストーンを持つ5年間のロードマップ」になるだろう。

調査委員たちは、3つのアプローチすべてを見ている。間接駆動は最も研究されたアプローチであり、NIFのX線駆動爆縮は、点火に到達するためのカギである、核融合自己加熱が発生し始める状態に到達している。他のアプローチには独自の利点がある。「ホーラム



国立点火施設のターゲットチャンバ内部。調査委員会は、より高いパルスエネルギーでの慣性閉じ込め核融合テストの新ラウンドの修正計画を作成中である。(提供:ローレンス・リバモア国立研究所)

表1 2018年度から2020年度までの慣性閉じ込め核融合計画の予算(単位は百万ドル)。トランプ政権は当初、2020年に2019年から12%の削減を求めていたが、議会が終了するまでに、総予算は4%増加した。(Source: <https://bit.ly/FedSciBud>)

金額	18年度 成立	19年度 成立	20年度 要求	19年度に対する 20年度の修正要求	下院 修正	19年度に対する 20年度の下院増減	上院 修正	19年度に対する 20年度の上院増減	20年度 最終	19年度に対する 20年度増減
慣性閉じ込め核融合の点火・高出力	\$545	\$545	\$481	-12%	\$565	4%	\$570	5%	\$565	4%
点火・備蓄プログラム	-	\$101	\$56	-45%	\$106	5%	\$110	9%	\$106	5%
診断法・低温学・実験サポート	\$78	\$78	\$66	-15%	\$78	0%	\$78	0%	\$75	-4%
パルス出力慣性閉じ込め核融合	\$8	\$7	\$9	30%	\$9	30%	\$9	36%	\$9	30%
高エネルギー密度実験室プラズマとのジョイントプログラム	\$10	\$9	\$12	41%	\$12	41%	**5	-41%	\$8	0%
施設運営・ターゲット製造	\$347	\$351	\$338	-4%	\$360	3%	\$368	5%	\$367	5%
プログラム別										
国立点火施設	\$344	\$344	\$296	-14%	\$344	0%	*344	0%	*344	0%
OMEGA レーザ施設	\$75	\$80	\$80	0%	*80	0%	*80	0%	*80	0%
Z施設		\$63	\$67	6%	\$67	6%	*63	0%	*67	6%

*それ以下ではない **最大で

を加熱してX線を出す間接駆動とは異なり、直接駆動では、すべてのレーザーエネルギーがターゲットへ向かう。我々は、それは重要なアドバンテージだと考えるが、物理的に正しく行う必要がある」とロチェスター大レーザーエネルギー学研究所のディレクターであるマイク・キャンベル氏(Mike Campbell)は言う。NIFはもともと、直接及び間接駆動テストを実施するように設計されており、リバモア国立研究所とロチェスター大は現在、重要な直接駆動実験のためにNIFを使用している。同氏は、完全に対称な直接駆動をテストするために必要となることから、NIFがアップグレードされ、レーザー駆動ビームの大幅な配置変更を必要とせず、極直接駆動のスケーリングがテストできることを期待している。

NIFの改良

調査委員の一人である米SLAC国立加速器研究所(SLAC National Accelerator Laboratory)のジークフリート・グレンツァー氏(Siegfried Glenzer)は、一部のコンポーネントを再設計し、エネルギーと電力の処理を改善するよう

NIFに変更を加えると、パルスエネルギーが2.6MJに増加し、ピーク電力が現在の500TWから650TWに増加する可能性がある」と述べている。「狙いは、点火しなければ、点火するために必要なことは何かを本当に理解できるということだ。現在、我々はそれを知らない」と同氏は言う。実験者は、パルスプロファイルと核融合ターゲットの新しい設計をテストすることもできる。

予算の必要性について協議中である。グレンツァー氏によると、技術限定の改良は1年以内に完了する可能性があるが、予算の問題により、必要とする期間は延びるかもしれないということだ。

一方、フランス、中国、ロシアはすべて、活発な慣性閉じ込め核融合プログラムを有している。フランスのレーザーメガジュール(Laser Megajoule)システムはNIFの設計をベースとしており、NIFと同様に、国の原子力機関の軍事部門によって管理されている。建設はゆっくりと進んでいる。2014年10月に正式に発注されたが、計画された176のビームのうち56本のみが2019年に完成すると予測された。ピークエネルギーは250kJである。

中国工程物理研究院(Chinese Academy of Engineering Physics)は、四川省綿陽市にあるレーザー核融合研究センター(Research Center of Laser Fusion)を運営する。そこには神光(Shenguang) IIIと呼ばれる、48本のビームとOMEGAより高いエネルギーを持ち、世界で2番目に大きな使用可能な核融合レーザーがある。NIFと同様に、間接駆動融合用に設計されている。「彼らは多数の成果を発表している」とキャンベル氏は言う。彼らは神光IVというNIFに似た別のレーザーを、直接駆動レーザーとパルス出力システムと共に建設することを含む、野心的な計画を持っている。

現在のロシアのレーザー核融合計画については技術情報はほとんど出ていないが、2019年4月にYouTubeに投稿されたプラウダ紙(Pravda)のレポートによると、ロシアの実験物理研究所(Research Institute of Experimental Physics)が、2.8MJのグリーンレーザーを用いた核融合爆縮実験のためのターゲットチャンバを構築したということだ。現時点では今後5年に実験を開始する模様である。