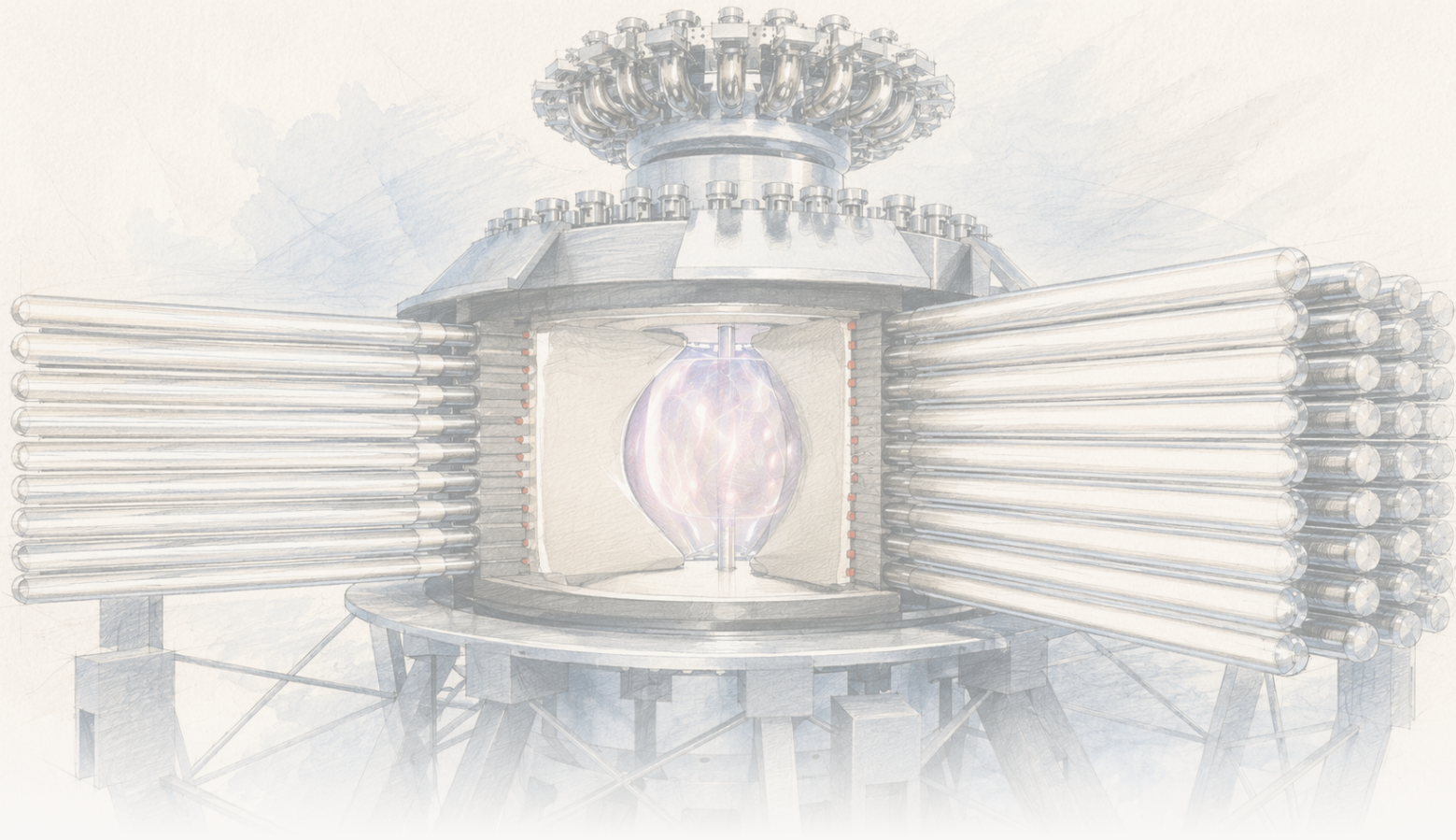




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

ある核融合装置は、プラズマを絞り込むことで加熱した——本物の一步と、それがまだ発電所ではないということ

ゼネラル・フュージョンの LM26 は、内破するリチウムライナーで磁化された重水素プラズマを圧縮し、それが加熱していくのを見た——電子温度は 3 倍超になり、測定されたピークは約 0.72 keV ($718 \pm 80 \text{ eV}$ 、およそ 800 万 $\text{\AA}$) に達し、加熱の大部分は圧縮そのものに、すなわちその磁化標的核融合のアプローチが依存する機構に帰されている。それは、この核融合への道にとって本物の工学的な関門だ。それはまた、一台の装置での最初の 11 回のショットであり、査読を受けていない企業のプレプリントで述べられ、温度は燃焼するプラズマが必要とするものよりまだおよそ 10 倍低い——正味のエネルギーはなく、損益分岐はなく、電力もない。示されたのは機構であって、建てられた発電所ではない。

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Vera Rubin · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *The science of compressional heating on the LM26 magnetized target fusion experiment*, S. J. Howard et al. (General Fusion), arXiv:2606.23974 [physics.plasm-ph] (preprint) · DOI: 10.48550/arXiv.2606.23974

ある核融合装置は、プラズマを絞り込むことで加熱した——本物の一步と、それがまだ発電所ではないということ

核融合炉が動かすのに要する以上のエネルギーを返すには、燃料プラズマが同時に、十分に熱く、十分に密で、十分に長くまとまっていなければならない——この三つの量を束ねたものを、物理学者はローソン基準と呼ぶ。この分野の大半は、巨大な超伝導磁石 (ITER のようなトカマク) や、巨大なレーザーの集合 (米国の国立点火施設のような慣性閉じ込め) でこれを追い求める。より少数の企業が、第三の道、**磁化標的核融合 (MTF)** に賭ける。すなわち、温かく磁化されたプラズマをつくり、それを機械的に、速く押しつぶし、絞り込みが加熱を担うようにするのだ——ディーゼルエンジンが火花ではなく圧縮によって燃料を点火するのと同じやり方である。

2026 年 6 月、カナダの企業ゼネラル・フュージョンは、その中心的な賭けが実際に成り立つかを検証する **ローソン・マシン 26 (LM26)** の結果を公表した。磁化されたプラズマを機械的に圧縮することは、モデルが約束するように、本当にそれを加熱するのか、という問いだ。最初の 11 回の圧縮ショット——球状トカマクの重水素プラズマを、内破する固体リチウムライナーで絞り込んだもの——を通じて、最良のショットは、プラズマが圧縮されるにつれて著しく熱く、密に、そしてより強く磁化されていくことを示し、同社の解析はその加熱の大部分を圧縮そのものに帰している。

これは MTF のアプローチにとって、本物で具体的な工学的成果だ。それはまた、**査読を受けていない企業のプレプリント**で述べられた最初のショットの集まりであり、温度は燃焼するプラズマが必要とするものよりもはるかに低い——そしてそれは核融合エネルギーではなく、損益分岐でもなく、発電所でもない。

[video pending]

これはゼネラル・フュージョンの宣伝用映像で、LM26 がどのようなものかを示すために収めたものだ。この装置が将来の核融合の目標を達成するという独立した証拠ではない。

A real heating step, far below a burning plasma

Temperature is only one Lawson quantity: density and confinement time still matter.

temperature (log scale)

burning D-T plasma: ~10 keV (100+ million C)

General Fusion milestone: 1 keV

LM26 peak: ~0.72 keV (~8 million C)

Boundary: heating shown; a burning plasma is an order of magnitude, and two more quantities, away.

温度のはしご。LM26 の約 0.72 keV、ゼネラル・フュージョンの 1 keV という目標、そして燃焼する重水素・三重水素プラズマが必要とする約 10 keV。温度はローソンの三つの量のうちの一つにすぎない。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

The magnetized-target-fusion bet

Form a warm magnetized plasma, then squeeze it so compression does the heating.

1. form plasma

warm, magnetized

2. implode liner

mechanical squeeze

3. heat by
compression

what LM26 tests

≠ not net energy

Boundary: compression heats the plasma; it does not show net energy or confinement long enough for a burn.

磁化標的核融合。温かく磁化されたプラズマをつくり、それを内破するライナーで圧縮して絞り込みが加熱を担うようにする——ディーゼルの圧縮の賭けだ。LM26 は、圧縮がプラズマを加熱することを検証したので

あって、正味のエネルギーや閉じ込めを検証したのではない。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

「磁化標的核融合」「keV」とローソン基準が意味するもの

核融合におけるプラズマ温度は、通常、度ではなく**キロ電子ボルト (keV)**で表される。1 keV はおよそ **1160 万 °C** だ。重水素・三重水素の燃料が効率よく融合するには、およそ **10 keV** (1 億 °C 超) に達する必要がある——だが温度は、同時に満たさねばならない三つのことのうちの一つにすぎない。**ローソン基準**によれば、炉には十分な**密度**と十分な**閉じ込め時間**も必要で、これらは通常、一つの「**三重積**」(温度 × 密度 × 閉じ込め時間) にまとめられる。プラズマを加熱することは必要だが、それだけでは十分にはほど遠い。

磁化標的核融合 (MTF) は、二つの主流のアプローチのあいだの中間の道だ。巨大な磁石で熱いプラズマを長く閉じ込めるのでも、レーザーで小さな標的をほぼ瞬時に加熱するのでもなく、MTF は磁化されたプラズマをつくり、それをマイクロ秒のうちに機械的に圧縮する。それがうまくいけば、圧縮はプラズマを加熱すると同時にその密度を高める——ITER 規模の磁石や NIF 規模のレーザーなしに核融合の条件に達しうる可能性がある。圧縮が実際にその加熱をもたらすのかどうかを、実在の装置で確かめること——それこそが LM26 のような検証のためのものだ。

著者たちが行ったこと

- ゼネラル・フュージョンの磁化標的核融合装置 **LM26** を建造し、動かした。球状トカマクの重水素プラズマをつくり、それを内側へ駆動される内破する**固体リチウムライナー**で圧縮する——およそ **3 倍**の半径方向の圧縮である。
- 最初の 11 回の圧縮ショット**を行い、多数の計測器を取り付けて、プラズマの温度、密度、磁場の時間変化を再構成し、放出される中性子、X 線、可視光を記録し、さらにプラズマと壁の相互作用の高速カメラ画像も記録した。
- 統合された物理モデル**を構築し、圧縮による加熱を、オーム加熱 (プラズマ自身の電流による) と境界へ失われるエネルギーとつり合わせ、それを測定データと比較して、加熱が実際にどこから来たのかを突き止めた。

著者たちが見出したこと

- プラズマは絞込まれるにつれて加熱した。最良のショットでは、3 倍の半径方向の圧縮によって、電子温度は **3 倍超**、電子密度はおよそ **10 倍**、ポロイダル磁場はおよそ **10 倍**に上がった。最良のショットで、論文は約 **0.72 keV** のピーク電子温度 (トムソン散乱で 718 ± 80 eV)——およそ 800 万 °C——を測定している。
- 加熱の大部分は圧縮に帰される。彼らの統合モデルは、温度上昇の大半が、オーム加熱ではなく、機械的な圧縮そのもの——MTF のアプローチ全体が依存する機構——から来たと結論づけている。

- ・中性子放出は圧縮のあいだに上昇した。これはより熱く、より密な重水素プラズマと整合する。

これが示していないこと

- ・これは核融合エネルギーでも、損益分岐でも、正味の利得でもない。ここでは、動かすのに要した以上のエネルギーを生み出したものは何もない。この結果は、炉のエネルギー収支についてではなく、プラズマを加熱することについて——核融合サイクルの一步について——のものだ。
- ・温度は、燃焼するプラズマにはまだおよそ **10 倍足りない**。約 0.72 keV はおよそ 800 万 K だ。重水素・三重水素の燃料は、燃焼を維持するために **10 keV (1 億 K 超)** の桁の温度と、十分な密度 × 閉じ込め時間を必要とする。ゼネラル・フュージョン自身の次の目標は **1 keV** であり——それ自体、点火からはほど遠い。
- ・「加熱の大部分は圧縮による」は、直接の読み取りではなく、**モデルにもとづく結論**だ。それは診断計測に当てはめた統合物理モデルから来ている。圧縮、オーム加熱、損失のあいだの配分をどれだけ信頼するかは、そのモデルをどれだけ信頼するかによる。
- ・これは**企業のプレプリントであって、査読を受けていない**。結果は、その装置を建造し、その見込みで資金を調達してきたチームによって自己報告されたものだ。独立した審査はまだ行われていない。
- ・中性子の増加は、エネルギーの観点で意味のある核融合の収量ではない。これらの条件下の重水素からは、ある程度中性子が予想されるが、発電に有用なものにはほど遠い。
- ・これは、**将来の発電所が送電網に電力を供給する**という同社の別の言明については何も語らない——これは独立した報道が重大な慎重さをもって扱ってきた主張である。

証拠はどれほど強いのか

- ・**核心の主張は狭く、検証可能だ**。「私たちは磁化されたプラズマを圧縮し、それは主に圧縮のためにより熱くなった」は、MTF のアプローチが通過しなければならない、まさにその機構の検証であり、論文はそれを、多数の計測器を備えたショットの集まりと、明示的なエネルギー収支モデルで裏づけている。それが査読を切り抜ければ、これはこのアプローチの——早期ではあるが——本物の検証となる。
- ・**但し書きは構造的であって、見かけだけのものではない**。11 回のショット、一台の装置、一つのチーム、まだ審査されておらず、見出しの温度は燃焼するプラズマより 1 桁下だ。荷重を支える結論——加熱の大部分が圧縮による——はモデルに立脚しているので、査読の中心的な問いは、そのモデルの配分が頑健かどうかである。
- ・**誠実な位置づけは、機構が実証されたことであって、エネルギーへの目標が主張されたことではない**。これは MTF を「圧縮はプラズマを加熱するはず」から「圧縮はプラズマを加熱する」へと少し前進させる。それ以上に大それたことは何もない。

なぜ重要か

磁化標的核融合の興味深いところは、記録ではなく、経済性だ。機械的な圧縮がプラズマを核融合の条件へと加熱できるなら、ITER 規模の磁石や NIF 規模のレーザーなしにそこへ到達できるかもしれない——より安く、より速く反復できる道だ、もしそれがうまくいけば。その「もし」がすべての勝負であり、それは、今回のような地味な関門にかかっている。圧縮は、モデルが約束する加熱を実際にもたらすのか? LM26 の答えは、その最初のショットでは、条件付きのイエスだ。それは、まさに条件付きだからこそ、記す価値がある——長いはしごの一段であり、それを登っている人々によって報告され、まだ誰にも確かめられておらず、頂上からはるかに下にある。

クリーンなまとめ

ゼネラル・フュージョンの LM26 は、内破するリチウムライナーで磁化された重水素プラズマを圧縮し、それが加熱していくのを示した——電子温度は 3 倍超になり、測定されたピークは約 0.72 keV (718 ± 80 eV、約 800 万 eV) に達した——そして同社の解析は、加熱の大部分を圧縮そのものに、すなわちその磁化標的核融合のアプローチが依拠する機構に帰している。それは、この核融合への道にとって本物で具体的な工学的一歩だ。それはまた、一台の装置での最初の 11 回のショットであり、査読を受けていない企業のプレプリントで述べられ、温度は燃焼するプラズマが必要とするものよりおよそ 10 倍低く、正味のエネルギーはなく、損益分岐はなく、電力もない。示されたのは機構であって、建てられた発電所ではない。

出典

S. J. Howard et al. (General Fusion), The science of compressional heating on the LM26 magnetized target fusion experiment, arXiv:2606.23974 [physics.plasm-ph] (2026)

<https://arxiv.org/abs/2606.23974>

General Fusion, 'General Fusion Achieves Compressional Plasma Heating with LM26 Magnetized Target Fusion Machine' (company announcement, June 2026)

<https://generalfusion.com/post/general-fusion-achieves-compressional-plasma-heating-with-lm26-magnetized-target-fusion-machine/>

Nature news, 'Nuclear-fusion firm says plant will deliver electricity to grid - but big questions remain' (2026)

<https://www.nature.com/articles/d41586-026-01795-z>