

E Uの核融合計画の将来に関する C C F P（E U核融合計画調整委員会）
の答申について（1997年9月16日、ブラッセル）

（背景）

○E Uの次期（第5次）研究開発フレームワークを検討する上で、検討すべきとされた5つの中長期的シナリオについて、E U委員会の諮問を受け、C C F P（E Uの核融合計画調整委員会）において検討し、9月16日、E U委員会へ答申を行ったもの。

（答申の概要）

○答申では、5つのシナリオ

1. E Uの核融合計画の断念
2. 科学としての核融合研究の実施
3. I T E R／E D Aの補充及び潜在的 I T E R建設への準備
- 4 a. E U以外での I T E Rの建設の開始
- 4 b. E U内での I T E Rの建設の開始
5. E Uとしての I T E R的な炉の建設の推進

についての検討の結果として、

- ・ I T E R参加極の核融合計画の状況を考慮すると、I T E R／E D Aの延長で実施されるシナリオ3が当面最良であり、次期フレームワーク計画の事務局案とも整合するものであるとしている。

なお、

- ・ シナリオ1については、強く反対、
- ・ シナリオ2については、ヨーロッパ核融合研究の散逸とその効率の著しい低下を招き、おそらく核融合開発の崩壊を招く、
- ・ シナリオ4については、実施のための条件が全て整っていないので、現時点での議論は不要、
- ・ シナリオ5については、I T E Rの建設が不可能となった時にのみ考慮すべきとしている。

EUの核融合計画の将来に関するEU議長文書へのEU本部の回答についての
CCFP (EUの核融合計画調整委員会) の助言

1997年9月16日、ブラッセル

1997年9月15、16日の会合でCCFPはEU核融合計画の将来に関する議長文書へのEU本部回答について徹底的な議論を行った。これは第5次フレームワーク計画(FP5) および予想される予算への影響を勘案を含んでいる。「EU核融合計画の将来に関する各種の想定シナリオについての文書準備のための議論の要素」というEU本部の資料に基づくこの議論は、FP5提案の中の核融合活動への見解を作成していた1997年4月16日のCCFP会合を補うものである。本文書に添付した同会合の見解は9月の会合でも再確認された。

CCFPは、ITERの工学設計で実現された作業の集中化は、物理と技術の世界的な進展の手段になったと考える。現世代の大きな核融合実験(EUのJET、日本のJT60-U、米国のTFTR)はそれらが20年前に設計されたときの目標の殆どを達成した。実規模の実験炉の建設はいまや科学的にも技術的にも可能であり、戦略的に必要である。この分野の現状は核融合研究の最近の成果をまとめた別添に説明してある。

CCFPは、EUの核融合活動の主要駆動力は炉への指向であることを強調する。これは1993年にCCFPによって推奨されEU理事会で承認されたヨーロッパ核融合戦略に沿ったものである。

EU本部の資料に示されたシナリオ、すなわち

1. EUの核融合計画の終了
2. 科学/監視
3. ITER-EDAの補充及び潜在的ITER建設への準備
4. a EU以外でのITER建設段階の開始
4. b EU内でのITER建設段階の開始
5. ヨーロッパのITER的な炉の建設の推進

の分析にあたって、CCFPは、上記のシナリオは二つのグループに分類できることに留意した。すなわち、現在の戦略に沿う3、4、5のシナリオと、今日の活動のスコープの完全な変更を意味する1と2のオプションである。

CCFPは、将来の世代に対する責任ある態度は、長期的にベースロードの発電に使える可能性のあるいくつかのオプションに核融合を含めて、これら全てのエネルギー・オプションをオープンにしておくことだと考える。したがって、CCFPは、EUの核融合計画を終了すること（シナリオ1）に強く反対する。

核融合の開発から期待される世界的な利益を考えると、完全な国際協力による開発が最も適切である。その上、CCFPは、純粋にヨーロッパのITER的な炉の建設（シナリオ5）が今後30年間にわたって非常に大きな負担を意味することに留意する。したがって、このシナリオは国際協力のフレームワークによるITERの建設が不可能となったときにのみ考慮されるべきである。

CCFPは、1997年4月16日の見解を再び述べるが、核融合研究開発におけるEUの統合的性格と核融合技術の開発のために本質的である炉指向を維持することを強く助言する。議長文書によれば「次期炉の建設の展望の放棄」を意味するシナリオ2については、CCFPは、純粋に「科学的な」シナリオで起こりそうな炉指向の放棄は、ヨーロッパ核融合研究の散逸とその効率の著しい低下を招き、おそらく核融合研究開発の崩壊を招くであろう。

ITER参加国の核融合計画の状況を考慮すると、CCFPは、中でもITER-EDAの延長で実施されるシナリオ3が当面最良のものであると考える。CCFPは、このシナリオがEuratomの第5次フレームワーク計画のEU本部の提案と完全に整合するものであり、また、すべてのオプションをオープンにするシナリオであると判断する。1996年の核融合評価委員会の答申に沿って、3年間の移行期間は次のように使うべきである。

- いくつかの潜在的な個別サイトへ設計を適応させること、および予想される許認可当局との対話を開始すること、設計と（要素試験のような）支援技術開発を完了すること、発注仕様を完成すること、ITER運転の科学的ベースを堅実にすること。
- 科学的、技術的、財政的、組織的観点から、この期間のあとに実験炉の建設に効率的に参加し、運転の計画を立てることが出来るようにヨーロッパの核融合界の準備を整えること。

CCFPは、シナリオ3は、ITER-EDAのタスクの完了とITER建設の準備のほかに、オランダ議長の文書に述べられた核融合の社会経済的側面に関する重要な事項を含むべきであることを助言する。

移行期間はヨーロッパの戦略の更新、作成にも使われる。

シナリオ3のもとで予想される活動を考慮して、CCFPは、シナリオ4の実施のための条件がすべて整っていないので、現時点ではシナリオ4を詳細に議論する必要はないことに留意する。

シナリオ3で予想されるようにすべてのオプションをオープンにしておくため、CCFPは、ITERサイト対応設計と許認可の準備作業のためのヨーロッパのサイトを特定することの重要性を強調する。したがって、CCFPはイタリアがそのような特別な作業のためのヨーロッパのサイトをEUに提案することを考慮中であることを喜んで留意する。これは将来どのようなオプションが選択されようともITERの交渉におけるEUの立場を強化するであろう。

磁気核融合研究の最近の成果

最近達成された世界の核融合研究の進展を下記にまとめた。

- ° 核融合装置の総合性能
 - ー磁気核融合装置（EUのJET）による炉で使われる燃料の一要素であるトリチウムを用いた世界ではじめての運転
 - ーJET60-U（日本）とJETにおける、核融合出力が燃料を加熱するパワーに等しくなる（等価臨界）条件の重水素による模擬
 - ーTFTR（米）で約1秒間DTプラズマで1万kW台の核融合出力が得られた
- ° 排気：排気システムへの熱負荷の軽減方法が決められて試験された。ダイバータの概念が実験炉（Next Step=次段階/JET）の要求に合うように更に進展した。
- ° 閉じ込め：ITER的なプラズマの高閉じ込めの強力な比例則が確立された。次段階予想の確度は無次元相似実験によって強化された。新しい高閉じ込め領域が発見され、そのうちのあるものは次段階に使える、その運転領域を拡大するだろう。
- ° 定常運転：非誘導電流駆動によって高温プラズマが数分間維持された。（低温、低プラズマ電流では数時間達成されている。）
- ° トカマクの概念の改良により運転領域が拡大した。ステラレータのR&Dによりトロイダル形状の最適化のデータが充実した。
- ° 加熱、燃料供給、制御：加熱システムのユニット大出力化、長時間化あるいは定常運転に向けての開発の進展。巧妙なプラズマ制御の実証。
- ° ITERのマグネットのための高電流高磁界の超伝導導体が開発された。
- ° ITERの構造材の特性が定められた。
- ° ITERの真空容器内保守修理システムのモデルがITERシステムの原型の開発のベースとして建設された。
- ° 核融合に使うため長期的な特性試験と開発の対象となる低放射化材料が特定された。
- ° 核融合パワーの安全と環境の側面が統一的な方法で研究されている。

**ADVICE OF THE CCFP
ON THE COMMISSION ANSWER TO THE PRESIDENCY NOTE
REGARDING THE FUTURE OF THE COMMUNITY FUSION PROGRAMME**

Brussels, 16 September 1997

At its meeting on 15 and 16 September 1997, the CCFP held extensive discussions on the Commission answer to the Presidency note regarding the future of the Community Fusion Programme, including consequences for the 5th Framework programme (FP5) and possible budgetary implications. This discussion, based on the Commission's paper "Elements of discussion for the preparation of a note on different imaginable scenarios regarding the future of the Community Fusion Programme", complements the one held by the CCFP on 16 April 1997, when elaborating its opinion on fusion activities in the FP5 proposal, which is confirmed and herewith attached.

The CCFP considers that the focusing of the work provided by the engineering design of ITER has been instrumental in the world-wide advances in physics and in technology. The large fusion experiments of the present generation (such as JET in the EU, JT60-U in Japan and TFTR in the US) have reached most of the objectives for which they were designed about twenty years ago. The construction of a full scale experimental reactor is now scientifically and technically possible, and strategically necessary. This readiness of the field is illustrated in the appendix which summarises the recent achievements in fusion research.

The CCFP underlines that the main driver of the Community action on fusion is its reactor orientation. This is in line with the European fusion strategy recommended by the CCFP in 1993 and approved by Council.

Regarding the analysis of the scenarios elaborated in the Commission's paper, i.e.

1. closing down the Community Fusion Programme
2. science driven / watching brief
3. supplementing the ITER-EDA and preparing for a possible ITER construction
- 4.a starting ITER construction phase outside the European Union
- 4.b starting ITER construction phase within the European Union
5. proceeding towards the construction of a European ITER-like reactor

the CCFP notes that the above scenarios can be classified in two groups, scenarios 3, 4 and 5 which would be in line with the present strategy, and scenarios 1 and 2 which would represent a complete change of scope of today's action.

The CCFP considers that a responsible attitude towards future generations is to keep open all the energy options, with Fusion among the few which have a potential use for base load electricity production in the long term. Therefore the CCFP advises strongly against closing down the Community Fusion Programme (scenario 1).

Given the universal benefit expected from fusion energy, a fully international development is most appropriate. In addition, the CCFP is aware that the construction of a purely European ITER-like reactor (scenario 5) would imply a very large commitment for the coming thirty years, so that this scenario should be considered only if the construction of ITER in the frame of international cooperation turned out to be impossible.

The CCFP, reiterating its opinion of 16 April 1997, strongly advises to maintain the integrated nature of the Community effort on fusion research and technology, and its reactor orientation which is essential for an efficient fusion technology development. Concerning scenario 2 which, following the Presidency's note, would imply "abandoning the perspective of constructing the next reactor", the CCFP is convinced that giving up reactor orientation, as would happen in a purely "science-driven" scenario, would result in a scattering of European fusion research, in a considerable reduction of its efficiency and may eventually lead to its collapse.

Taking also into account the situation of the fusion programmes of our ITER partners, the CCFP considers that scenario 3, implemented, *inter alia*, through an extension of the ITER-EDA Agreement, and whose objective is to prepare for a possible ITER construction, is the best one for the time being. The CCFP appreciates that this scenario is fully consistent with the Commission's proposal for the Euratom fifth Framework Programme and is the one which leaves all options open. In line with the recommendation of the 1996 Fusion Evaluation Board, the transition period of 3 years should be used:

- to adapt the ITER design to several possible specific sites and to initiate the dialogue with the potential licensing authorities; to complete the design and supporting R&D (such as components testing); to finalise the procurement specifications and also to consolidate the scientific basis for ITER operation;
- by the European fusion community to prepare itself, from the scientific, technical, financial and organisational points of view, to be able, after this period, to effectively participate in the construction and plan the operation of an experimental reactor.

The CCFP advises that the scenario 3, besides the completion of the tasks of the ITER-EDA and the preparation of the ITER construction should include further work on the important issues related with the socio-economic aspects of fusion as mentioned in the Dutch Presidency note.

The transition period will also be used to update and to develop the European strategy.

Considering the activities foreseen under scenario 3, the CCFP notes that scenario 4 does not need to be discussed in detail at the present time, as all the conditions for its implementation are not yet fulfilled.

In order to keep all options open as foreseen by scenario 3, the CCFP underlines the importance of identifying European site(s) for site specific ITER design adaptation and licensing preparatory work. Therefore, the CCFP is pleased to note that Italy is considering to propose to the EU a European site for such specific work. This will strengthen the EU position in the ITER negotiations, whatever option will eventually be chosen.

Appendix: Recent Achievements in Magnetic Fusion Research

The world-wide progress recently achieved in fusion research are summarised below:

- Overall performance of fusion devices:
 - First operation world-wide in a magnetic confinement fusion device (JET, EU) using tritium, a component of the fuel to be used in a reactor;
 - Simulations in deuterium of the conditions (equivalent break-even) where the fusion power would equal the power used to heat the fuel, in JT60-U(Japan) and JET;
 - Fusion powers of order 10,000 kW in deuterium-tritium plasmas for the order of a second have been produced, in TFTR (USA);
- Exhaust: means for reduction of power loads convected to the exhaust system have been identified and tested, and the divertor concept has been further developed towards meeting the requirements of an experimental reactor (Next Step/ITER).
- Confinement: a robust size scaling of enhanced confinement has been established for ITER-like plasmas; confidence in the predictions for the Next Step has been strengthened by the dimensionless similarity experiments. New enhanced confinement regimes have been discovered, some of which, relevant to the Next Step, would allow to expand its domain of operation.
- Steady State Operation: using non-inductive current drive, high-temperature plasmas have been sustained for minutes (at lower temperatures and smaller currents, hours have been reached).
- Concept improvements for the tokamak have expanded the accessible operational range. R&D on stellarators have extended the data base for optimising toroidal configurations.
- Heating, Fuelling and Control: heating systems have been further developed towards large unit powers and long-pulse or steady-state operation; sophisticated plasma control has been demonstrated.
- A high-current, high-field superconductor for the ITER magnets has been developed.
- Structural materials for ITER have been characterised.
- Model systems for ITER in-vessel maintenance and repairs have been constructed as a basis for the prototype development for the ITER systems.
- Low-activation materials have been identified for their longer-term characterisation and development for fusion applications.
- Safety and environmental aspects of fusion power have been studied in a coherent approach