

第 8 回核変換実験施設 (TEF)
テクニカルアドバイザー委員会
Marc SCHYNS (SCK CEN), Michael BUTZEK (FZJ),
長谷川 和男 (QST), 伊藤 圭 (京大),
Georg MÜLLER (KIT), Thierry STORA (CERN),
渡辺 幸信 (九大)

2022 年 2 月 2, 9, 16 日
オンライン会合

T-TAC 2022 報告書

本和訳において、【 】は訳時の追記を示す。

目次

要旨	3
はじめに	4
1. ターゲット技術開発セクションからの報告	4
1.1 施設設計（ターゲットシステム）とターゲット技術開発セクション活動の現状	4
1.2 日本原子力学会の材料ロードマップと TEF および PIE との関係	6
1.3 酸素制御技術と LBE ループ設備の現状	7
1.4 LBE 用電磁石式流速計の高度化	8
2. 施設利用開発セクションからの報告	9
2.1 施設設計（ターゲットシステム以外）と施設利用開発セクション活動の現状	9
2.2 中性子工学研究	10
2.3 ADS 用加速器開発	10
2.4 ビームモニタ開発	11
3. T-TAC #8 のまとめ	13
本報告のセクション毎の勧告のまとめ	14
付録 I - 第 8 回 T-TAC 会合アジェンダ	17
付録 II - J-PARC による T-TAC 2022 の任務と責務	18
付録 III - T-TAC 2020 委員名簿	19

要 旨

2022年2月2、9および16日、核変換実験施設（TEF）計画の第8回技術諮問委員会 T-TAC がオンラインで開催された。

T-TAC は、J-PARC スタッフによる詳細な報告により、TEF 計画の総括的な概念を与えてくれたことについて、小林隆 J-PARC センター長に感謝する。T-TAC メンバーは、本プロジェクトに参画しているチームの深い関与を認めるとともに、チームが前回 T-TAC の勧告を注意深く検討したことに留意する。

この報告書に含まれる所見、コメントおよび勧告は、委員会中に T-TAC に示された報告と情報に基づく。

今回の T-TAC で特に求められたとおり、2022-2028 年度にわたる JAEA の次期中長期計画に沿った研究開発活動を実施するための具体的方法について検討を行った。

T-TAC は、資金の制約と TEF の実施戦略再検討の必要性を認識している。ただし、2022 年度以降の利用可能な資源を考慮して、提案された活動の優先順位を慎重に設定することを推奨する。報告した一連のコメントと勧告には、いくつかの具体的なヒントが含まれている。

T-TAC は、J-PARC で実施されている R&D 活動は国際的な ADS コミュニティへの貴重な貢献であると考え、また日本の ADS 計画の枠組みにおいて国内および国際レベルの他組織との協力を構築するための J-PARC による継続的な努力を認める。

はじめに

T-TAC は、会合が素晴らしく組織されたことについて、J-PARC/JAEA に感謝する。T-TAC は、全ての報告者が密度の高い情報と材料を伝達するために時間と努力を費やしたことに感謝する。また、会合中に報告者が前回 T-TAC 会合でのコメントや勧告に応答した努力に対し、深く感謝する。

T-TAC は、主に次の項目について助言が求められている。

- 核変換技術開発および施設に対する多様なニーズに貢献するという、陽子照射施設の主目的に合致した設計概念の妥当性
- 主目的のための大強度加速器、陽子ビームおよびターゲット技術に関する研究開発活動の方向性および技術的側面

これら使命に記載された通常の要求に加え、今年の T-TAC は特に、2022-2028 年度の期間の JAEA の次期中長期計画に沿った研究開発活動を実施するための具体的なアプローチについて助言を求められている。

1. ターゲット技術開発セクションからの報告

1.1 施設設計（ターゲットシステム）とターゲット技術開発セクション活動の現状

所見

- 核破碎ターゲットの設計と主要な LBE 技術の開発のための過去および現在の活動：
 - LBE コンディショニング（酸素制御、不純物管理）、
 - 固有の計装（流量と流速、圧力、...）、
 - ターゲットシステムの遠隔操作、および TEF-T と ADS の実現に必要な【LBE】ループと試験装置の整備について説明があった。
- J-PARC MLF で蓄積された経験を踏まえ、ターゲット概念が環状管型からトロリー型に変更された。事故時に放射化した一次系の LBE とその反応生成物を閉じ込めるため、バキュームベッセルはターゲットヘッドを覆う構造である。
- ターゲット保守作業の流れが紹介された。配管は切断、溶接され、遠隔で検査される。γ線バックグラウンドは、溶接検査装置の許容バックグラウンドレベルである 50 Gy/h の約 1/100 と推定される。
- LBE 漏洩時の公衆線量に関する予備的な安全性評価結果が報告された。

- T-TAC メンバーに対する英語版技術設計書（562 ページ、2019 年 1 月）へのアクセス権が与えられた。

コメント

- 2022-28 年度の中長期計画期間において、セクションにより提案された活動は 3 つの領域に関連づけられる: PIE【照射後試験のためのホットラボ】設計(新規、第一)、TEF-T および ADS。多くのタスクが提案され、実行する必要がある。しかし T-TAC は、これらのタスクが既存の資源(人的および予算的)で達成できると結論付けるための情報をほとんど持ち合わせていない。2022 年度以降に予想される資源の減少という状況下、国際協力が進行中ではあるものの、セクション内でそれらすべてに適切に対処することが可能であるかどうか疑問である。優先順位付けが必要になる可能性が高いであろう。

勧告

- 1.1.1. T-TAC は、ターゲットシステム、計装、および遠隔操作の技術成熟度(TRL)を表にまとめ上げた努力を評価する。設計レベルの粒度を概念設計、基本設計および詳細設計に精緻化する、あるいは英国原子力業界で使われているような確立された評価尺度(図参照)を使用することを検討せよ。これらの表の進展は、次回 T-TAC 会合において進捗状況を追跡するのに役立つ。
- 1.1.2. いくつかの機器が未だモックアップレベルに達していないことから、2019 年 1 月に出版された技術設計書の更新が近い将来必要であろう。例えば機器設計が大幅に進捗したときには、技術設計書を最新の状態に更新すべきである。
- 1.1.3. LBE 中の不純物管理は、TEF-T および ADS のターゲットと炉心の流路閉塞を回避するために重要であるため、計画の初期からコールドトラップ/フィルタリングシステムの開発を含めることを検討せよ。発表時に報告されたとおり、もしもこれらの開発を実現するために必要な資源が不足する場合には、既に様々な研究チームが取り組んでいる自然循環に関する活動を低減あるいは延期することを検討せよ。
- 1.1.4. 熱伝達モデルを確立するための「重複した」作業を回避するため、TEF-T および ADS の熱交換器に同一の冷却材(液体または気体)を使用することを検討せよ。
- 1.1.5. 分析結果が機器や建家の設計に影響を与える可能性があるため、事故時の【放射性物質】放出時における作業者の安全性評価を優先順位に含めよ。

例：英国原子力業界固有の評価尺度としての技術成熟度(TRL)

フェーズ	TRL	ステージ	記述
研究	TRL1	基本原理	基本特性が確立している
	TRL2	発明と研究	実用的な応用が発明されている、または現象の調査、新しい知見の集積、または過去の知識の修正と統合
	TRL3	概念実証	発明が動作する可能性を秘めていることが原理的に実証されている
展開	TRL4	ベンチスケール	実験室または研究施設での開発が開始されている
	TRL5	パイロットスケール	設計の特定の側面を実証するための小規模から中規模の試験実施中
展開	TRL6	大規模	実規模またはそれに近い規模での試験実施中 設計は未完であり、装置は改良段階にある 部分的な模擬体が使われることがあり、また完全な処理能力には至っていない
	TRL7	非アクティブ試験	当該技術は非アクティブな試運転実施中 運用時に使用が想定されるものと同様な非アクティブな模擬体を使用し、最終的に設計された機器の試験運転と工場試験が行われている 完全あるいはそれに近い処理能力での試験が期待される
	TRL8	アクティブ試験	当該技術はアクティブな試運転実施中
運転	TRL9	運転	当該技術はアクティブな施設で運転中

1.2 日本原子力学会の材料ロードマップと TEF および PIE との関係

所見

- ADS グループは、日本原子力学会材料ロードマップ(RM)開発に参加した。
- ADS 研究プロジェクトは、新しい RM の中で適切に位置付けられており、ADS のためのさらなる材料開発の必要性が明確に示されている。
- RM では、「高エネルギー陽子照射下および LBE 腐食環境下で使われる材料」に関する研究を求めている。
- JAEA の PIE 施設(WASTEF と燃試)は約 10 年で解体予定であり、代替りの PIE 施設が必要である。
- 新しい PIE 施設の概念設計検討結果が報告された。

コメント

- T-TAC は、LBE 環境および ADS 照射条件下で材料データを取得した経験や、取得できる可能性が世界的に事実上ないことを認識している。したがって、異なるループでの【LBE 腐食と照射の】分離された効果ではなく、【LBE 腐食と照射という】異なる効果の組み合わせを研究するため、TEF-T の建設が望まれる。さらに、ADS 用材料の進化や高度化を実際に進めるため、照射後試験は不可欠である。したがって、T-TAC は、新しい PIE 施設的设计活動が開始されたことを評価する。TEF-T に隣接して PIE 施設を設置することも非常に有益である。
- 世界的にもマルチフィジックス/マルチスケール法を使用する取り組みがいくつか存在するため、材料 RM 内の活動を Psi 計画に含めることができる。

勧告

- 1.2.1 T-TAC は、日本原子力学会の材料ロードマップへの ADS ニーズの実装に関する積極的かつ成功した取り組みに感銘を受ける。ADS 研究プロジェクトの役割を強化するため、この活動を継続し、可視性を維持することを強く推奨する。
- 1.2.2 TEF-T の実現がその時点で予測できない限り、実施中のループ実験(および国際協力)によるデータ収集をさらに進め、材料データベースを進歩させる必要がある。ループ運転の品質保証を確かにする必要がある(計装の校正プログラム、運転員の訓練、NCR【不適合記録】のログブック等)。
- 1.2.3 TEF-T【での必要性】に加え、PIE 施設は ADS 開発に不可欠である。2022 年以降の予算上の制約により、定義段階から始めて、すべての利害関係者間で取り組みをうまく共有することを想定する必要がある。J-PARC ユーザーグループの要求を集約して承認された文書にまとめ、TEF-T のニーズに焦点を合わせ、また設計の共有を体系化せよ。

1.3 酸素制御技術と LBE ループ設備の現状

所見

- 自由表面に水素または酸素混合ガスを流すことにより、OLLOCHI ループにおいて酸素濃度(OC)が適切な範囲内でうまく自動制御された。
- OC 還元率は供給ガス温度と強く関連し、LBE 温度条件 450°Cにおいてガス温度を 200°Cから 300°Cに上げることで還元率が大幅に上昇した。
- OC 制御用酸素ポンプの性能試験行い、その結果、ガスフロー法による OC 制御よりも優れた性能を示した。
- LBE ループ設備(IMMORTAL、OLLOCHI、LAPIN)は十分に実現され、特に非接触型超音波流量計の実現可能性が IMMORTAL で確認された。

勧告

1.3.1 OC 制御技術は既に進歩しており、ポットおよび OLLOCHI 等のループ実験で非常に良好な結果が示されているため、T-TAC は以下を勧告する。

- 酸素ポンプの応用に焦点を当てよ。
- OC【制御技術】を TEF-T および ADS 条件へ移行するための取り組みを展開せよ(どのようにアプローチするか、【液体】表面またはアクティブセンサ【酸素ポンプのこと】あるいはその両者による制御なのか、必要な酸素ポンプ数やガスプレナム面積、【酸素】交換の動力学シミュレーション等)。言い換えれば、既存ループの運転で獲得した OC【制御技術】に関する知見を、TEF-T および ADS のより大規模な施設へどのように拡張すべきかを分析せよ。

1.4 LBE 用電磁石式流速計の高度化

所見

- 電磁(EM)プローブの高度化において、永久磁石が電磁石に置き換えられ、校正テストにより高い LBE 温度、つまりキュリー温度よりも高温においても、流速を正常に測定できることが示された。
- 超低ノイズ増幅法が開発され、低いノイズレベルを維持したまま信号を増幅することができた。
- EM プローブ材料の溶解度が、長期 LBE 浸漬試験後の SEM-EDX【走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光法】観察によって確認された。

コメント

- T-TAC は、LBE の正確な流速測定のための EM プローブの実現可能性を確信しており、さらなる開発を推奨する。ヨーロッパで実施された同様の研究(例えば、[Schaub, T., Wüstling, S., Konrad, J., Tasler, M., Experiments in Fluids 62 (10), 210, 2021])は、達成された性能の定量的な比較に使うことができる。

勧告

- 1.4.1 EM プローブの開発は順調に進んでおり、改良された EM プローブにより、近い将来、優れた流速測定性能が期待できる。超低雑音増幅法は、改良された EM プローブの最も重要な技術の 1 つであり、従って、本手法の有効性を、例えば S/N 比により定量的に示すべきである。
- 1.4.2 EM プローブ材料の溶解度は、LBE 中で低くあるべきである。316SS、Mo、W、Zr などの提示された材料は、形成した酸化物スケールにあまり付着性がなく流動条件下で失われる可能性が高いため、T-TAC は最善の候補材料とは考えない。市販のカンタル APM ワイヤ(5.8%の Al を含む FeCrAl 鋼)やイリジウムがより良い選択であろう。これまで、1 つの LBE 温度条件のみ、また静的(流動なし)条件において、長期浸漬試験が実施された。LBE 流動化での試験を検討せよ。
- 1.4.3 高度化されたされたプローブと LBE 温度により、流速依存性を評価せよ。

2. 施設利用開発セクションからの報告

2.1 施設設計（ターゲットシステム以外）と施設利用開発セクション活動の現状

所見

- 敷地面積を削減した TEF-T の完成と、1.5GeV ADS 施設の設計、例えば対応するライナックの完全な設計の両方の活動が報告された。
- ビームセパレータ【パルス偏向電磁石】やレーザービームストリッピング【レーザー荷電変換】等、様々な加速器機器が試作され、試験に成功した。
- トンネル延長と敷地面積を削減した TEF-T 施設が報告された。
- MLF ターゲット設計の概念が、新しい TEF-T 設計に採用された。
- 陽子ビーム窓の基本概念は、最先端の設計と思われる。ビーム電流密度の増加に対応するように設計が最適化された。
- TEF-T 施設に【技術成熟度】TRL が導入され、TEF-T からより少ない面積の新施設配置への変更により、システムの成熟度が低下した。

コメント

- MLF 設計を採用し、可能な限りその経験を活用することで、TEF-T 設計に必要な労力を削減できる。
- 陽子ビーム窓の位置を変更するだけでなく、ビームフットプリントを変更すると、ビーム電流密度を下げるのに役立つ場合がある。これは、窓への【熱】負荷と照射損傷を減らすのに役立つ。
- 一部の付帯設備は、施設の面積の縮小に伴い再設計する必要がある。これは、予想よりも難しい場合がある。
- 本格的な 1.5GeV ADS 施設に TRL 尺度を適用すれば、400MeV TEF-T のどの部分が ADS 施設に関連する情報を提供できるかを特定するのに役立つ。

勧告

- 2.1.1 次回 T-TAC では、施設および様々な機器の統合や、スケジュール込みの TRL 一覧表の進捗について、支援 R&D 計画/設計のより適切な説明が必要である。
- 2.1.2 TEF-T と ADS 施設の両方について、【必要な】資源と完了までのコストを評価せよ。

2.2 中性子工学研究

所見

- T-TAC は、J-PARC における核種生成断面積、バックストリーミング中性子、および弾き出し断面積の系統的な測定における着実な進展を認識する。さらに、ガウス過程回帰(GPR)法は、3GeV までの核種生成断面積の核データ評価にうまく適用された。
- 京都大学 FFAG 加速器の 107 MeV 陽子ビームを用い、Fe と Pb の二重微分中性子生成断面積と厚いターゲットの中性子収量の測定が新たに行われた。高エネルギー陽子誘起核分裂における【核分裂片の】質量分布と中性子多重度の測定計画も紹介された。

コメント

- ADS 中性子工学計算で使用される様々な反応モデルと測定された核種生成断面積の系統的な比較は、モデルの現在の予測能力とその改良を理解するのに非常に役に立つ。
- Pb の TTNy と DDX の間に矛盾がある。つまり、60 度で測定された TTNy は INCL4.6/GEM の計算値よりも小さいが、測定された DDX は INCL4.6/GEM の計算とかなりよく一致している。この理由について、さらに検討する必要がある。
- LBE への一次陽子の入射によって生成される二次粒子(すなわち、中性子、陽子、その他の軽イオン)誘起の放射線影響評価のため、追加の核データも必要である。

勧告

- 2.2.1 核種生成断面積が J-PARC における測定により系統的に蓄積され、断面積評価のための新しい GPR 法が開発された。JENDL/HE2007 ライブラリと PHITS で使用される核反応モデルの改善について、JAEA の核データグループおよび PHITS 開発者グループ、また JAEA 外の研究者と協力して開始すべきである。
- 2.2.2 2022-2028 年度における断面測定については、大学や他の研究機関と協力しつつ、京都大学 FFAG、大阪大学 RCNP、理研 RIBF などの実験施設を積極的に活用すべきである。これは、研究資源の節約および学生や若手研究者の育成にもつながる。

2.3 ADS 用加速器開発

所見

- 半波長共振器(HWR)セクションの最適化された設計が報告された。クライオモジュール数が 1 から 3 に変更された。
- ビームトリップ率の推定について、最新の J-PARC Linac の経験に基づき更新された。ビームトリップ頻度は、高周波源の数で規格化された。5 分を超えるトリップは、高周波源と DC 電源の寄与が支配的である。
- クライストロンの代替としての半導体電源の研究結果が報告された。
- 【加速】空洞と磁石に障害が発生した場合の補償シナリオが検討された。ビーム損失は 1 W/m 未満に十分に抑制されている。
- シングルスポーク共振器(SSR)開発の進捗状況が報告された。一部の部品は製作済みであり、中央部の組立は 2021 年度内に終了予定である。縦測定は 2025 年に予定されている。

コメント

- T-TAC は、HWR の再設計が合理的であり、組み立て作業と保守の観点からより現実的であると認識した。JAEA ADS のリファレンス設計がより強化された。
- T-TAC は、162 および 324 MHz の高周波源に対し半導体電源を選択する判断を承認する。T-TAC は、648 MHz の電力レベルが広くカバーされており、【半導体電源の】選択が容易ではないことを理解するが、さらなる検討が必要である。
- 加速空洞故障のケーススタディは、高い信頼性と迅速な回復を実現するために重要である。スタンバイ空洞使用によりエネルギーを補償するケーススタディも提案されている。
- J-PARC Linac に基づくトリップ【頻度】の推定は十分に検討されているが、常伝導 Linac と超伝導 Linac では【トリップ頻度が】異なる場合もあり得る。
- T-TAC は、予算削減に伴う SSR 開発のペースの遅さを懸念する。

勧告

- 2.3.1 リファレンス設計とコスト見積もりを確立するため、コスト、運用、および保守性の観点から 648 MHz 高周波源の選択をさらに検討せよ。
- 2.3.2 SNS 等の超伝導 Linac のトリップ率を検討せよ。これは、回復シナリオの検討に役立つ。
- 2.3.3 スポーク空洞の開発を着実に進めよ。可能であれば、予算を強化して製作を加速せよ。
- 2.3.4 ESS および PIP-II(フェルミ研究所)におけるスポーク空洞開発を追跡調査せよ。

2.4 ビームモニタ開発

所見

- ADS ターゲットのためのプロファイルモニタに関する研究開発が報告された。
- SiC ワイヤモニタは、3GeV MLF の経験に基づけば実現可能である。

- イオンプロファイルモニタ(IPM)は非破壊型であり、3NBT で試験が進行中である。明瞭な信号を取得できるよう、ノイズを減らすためのさらなる改良が必要である。
- 発光モニタの試験が行われ、照射による光収量の低下が観察された。

コメント

【ADS の】ビーム寸法は、従来の加速器モニタと比べてかなり大きい。研究開発には、機械的実現可能性の検討も必要である。

勧告

- 2.4.1 SiC モニタについて、機械的実現可能性(ワイヤ張力制御、クロストーク等)を検討せよ。
- 2.4.2 ノイズ低減に向けて、IPM についてさらに検討せよ。
- 2.4.3 CERN で開発が行われている新しいカーボンベースのワイヤを検討せよ(ワイヤスキャナの場合であり、ワイヤグリッドではない)。

3. T-TAC #8 のまとめ

T-TAC は、チームが達成した進捗について祝福するとともに、プロジェクトが前回 T-TAC の勧告を注意深く検討したことに留意する。

T-TAC は、日本の ADS 計画のために J-PARC で既に展開されている国内または国際（SCK CEN、KIT、PSI 等）レベルの他組織との協力の取組みを認識し、これをさらに発展させることを奨励する。

T-TAC は、R&D の内容が TEF の設計と建設のためのニーズに沿っていると認める。これら R&D 活動で獲得した経験は、TEF 施設の安全で効率的な運用に必要な実践的な経験を提供するであろう。

TEF-T ターゲット概念の現在の選択は、信頼性の高い運用と保守の観点から合理的である。

T-TAC は、資金の制約と TEF の実施戦略再検討の必要性を認識している。ただし、2022 年度以降の利用可能な資源を考慮して、提案された活動の優先順位を慎重に設定することを推奨する。今回の勧告には、いくつかのヒントが含まれている。長期（2028 年まで）にわたり与えられる資源が分かり次第、提案された活動の計画を確立する必要がある（資源投入計画概要、マイルストーン、ステージゲート等）。これにより、フォローアップが容易になる。

提供された情報に基づけば、T-TAC は、2022-28 年度にわたる中長期計画の予算上の制約に適合するために、LBE 自然循環の優先順位を下げ、不純物管理の優先順位を上げ、獲得した酸素制御の専門知識を成熟させ、PIE 施設の設計活動を TEF のニーズに限定することを推奨する。

「分離変換技術評価タスクフォース」により検討された、先進コンピュータシミュレーション技術および既存施設を利用した PSI 計画の実施に関する詳細計画は T-TAC に示されなかった。PSI 計画を定義するための最初の段階は、PSI 計画に含まれる項目とそれに関連するコードのリスト、および計算結果検証のために必要な実験を含む検証プログラムを特定することである。PSI 計画と計画された実験活動との間の相補性を示すと同時に、予想される TRL の進展へのシミュレーションツールの関与を強調せよ。

T-TAC は、J-PARC が実施している R&D 活動は、世界の ADS コミュニティに対し貴重な貢献であると考えている。

本報告のセクション毎の勧告のまとめ

1.1. 施設設計（ターゲットシステム）とターゲット技術開発セクション活動の現状

- 1.1.1. T-TAC は、ターゲットシステム、計装、および遠隔操作の技術成熟度(TRL)を表にまとめ上げた努力を評価する。設計レベルの粒度を概念的、基本的、詳細に精緻化する、あるいは英国原子力業界で使われているような確立された評価尺度(図参照)を使用することを検討してください。これらの表の進展は、次回 T-TAC 会合において進捗状況を追跡するのに役立つ。
- 1.1.2. いくつかの機器が未だモックアップレベルに達していないため、2019 年 1 月に出版された技術設計書の更新が近い将来必要であろう。例えば機器設計が大幅に進捗したときには、技術設計書を最新の状態に保つべきである。
- 1.1.3. LBE 中の不純物管理は TEF-T および ADS のターゲットと炉心の流路閉塞を回避するために重要であるため、計画の初期からコールドトラップ/フィルタリングシステムの開発を含めることを検討せよ。発表時に報告されたとおり、もしもこれらの開発を実現するために必要な資源が不足する場合には、既に様々な研究チームが取り組んでいるため、自然循環に関する活動を低減あるいは延期することを検討せよ。
- 1.1.4. 熱伝達モデルを確立するための「重複した」作業を回避するため、TEF-T および ADS の熱交換器に同一の冷却材(液体または気体)を使用することを検討せよ。
- 1.1.5. 分析結果が機器や建家の設計に影響を与える可能性があるため、事故時の【放射性物質】放出時における作業者の安全性評価を優先順位に含めよ。

1.2. 日本原子力学会の材料ロードマップと TEF および PIE との関係

- 1.2.1. T-TAC は、日本原子力学会の材料ロードマップへの ADS ニーズの実装に関する積極的かつ成功した取り組みに感銘を受ける。ADS 研究プロジェクトの役割を強化するため、この活動を継続し、可視性を維持することを強く推奨する。
- 1.2.2. TEF-T の実現がその時点で予測できない限り、実施中のループ実験(および国際協力)によるデータ収集をさらに進め、材料データベースを進歩させる必要がある。ループ運転の品質保証を確かにする必要がある(計装の校正プログラム、運転員の訓練、NCR【不適合記録】のログブック等)。
- 1.2.3. TEF-T【での必要性】に加え、PIE 施設は ADS 開発に不可欠である。2022 年以降の予算上の制約により、定義段階から始めて、すべての利害関係者間で取り組みをうまく共有することを想定する必要がある。J-PARC ユーザーグループの要求を集約して承認された文書にまとめ、TEF-T のニーズに焦点を合わせ、また設計の共有を体系化せよ。

1.3. 酸素制御技術と LBE ループ設備の現状

1.3.1. OC 制御技術は既に進歩しており、ポットおよび OLLOCHI 等のループ実験で非常に良好な結果が示されているため、T-TAC は以下を勧告する。

- 酸素ポンプの応用に焦点を当てよ。
- OC【制御技術】を TEF-T および ADS 条件へ移行するための取り組みを展開せよ(どのようにアプローチするか、【液体】表面またはアクティブセンサ【酸素ポンプのこと】あるいはその両者による制御なのか、必要な酸素ポンプ数やガスプレナム面積、【酸素】交換の動力学シミュレーション等)。言い換えれば、既存ループの運転で獲得した OC【制御技術】に関する知見を、TEF-T および ADS のより大規模な施設へどのように拡張すべきかを分析せよ。

1.4. LBE 用電磁石式流速計の高度化

1.4.1. EM プローブの開発は順調に進んでおり、改良された EM プローブにより、近い将来、優れた流速測定性能が期待できる。超低雑音増幅法は、改良された EM プローブの最も重要な技術の 1 つであり、従って、本手法の有効性を、例えば S/N 比により、定量的に示すべきである。

1.4.2. EM プローブ材料の溶解度は、LBE 中で低くあるべきである。316SS、Mo、W、Zr などの提示された材料は、形成した酸化物スケールにあまり付着性がなく流動条件下で失われる可能性が高いため、T-TAC は最善の候補材料とは考えない。市販のカンタル APM ワイヤ（5.8%の Al を含む FeCrAl 鋼）やイリジウムがより良い選択であろう。これまで、1 つの LBE 温度条件のみ、また静的（流動なし）条件において、長期浸漬試験が実施された。LBE 流動化での試験を検討せよ。

1.4.3. 高度化されたプローブと LBE 温度により、流速依存性を評価せよ。

2.1. 施設設計（ターゲットシステム以外）と施設利用開発セクション活動の現状

2.1.1. 次回 T-TAC では、施設および様々な機器の統合や、スケジュール込みの TRL 一覧表の進捗について、支援 R&D 計画/設計のより適切な説明が必要である。

2.1.2. TEF-T と ADS 施設の両方について、【必要な】資源と完了までのコストを評価せよ。

2.2. 中性子工学研究

2.2.1. 核種生成断面積が J-PARC における測定により系統的に蓄積され、断面積評価のための新しい GPR 法が開発された。JENDL/HE2007 ライブラリと PHITS で使用される核反応モデルの改善について、JAEA の核データグループおよび PHITS 開発者グループ、また JAEA 外の研究者と協力して開始すべきである。

2.2.2. 2022-2028 年度における断面測定については、大学や他の研究機関と協力しつつ、京都大学 FFAG、大阪大学 RCNP、理研 RIBF などの実験施設を積極的に活用すべきである。これは、研究資源の節約および学生や若手研究者の育成にもつながる。

2.3. ADS 用加速器開発

- 2.3.1. リファレンス設計とコスト見積もりを確立するため、コスト、運用、および保守性の観点から 648 MHz 高周波源の【ための半導体電源の???】選択をさらに検討せよ。
- 2.3.2. SNS 等の超伝導 Linac のトリップ率を検討せよ。これは、回復シナリオの検討に役立つ。
- 2.3.3. スポーク空洞の開発を着実に進めよ。可能であれば、予算を強化して製作を加速せよ。
- 2.3.4. ESS および PIP-II(フェルミ研究所)におけるスポーク空洞開発を追跡調査せよ。

2.4. ビームモニタ開発

- 2.4.1. SiC モニタについて、機械的実現可能性(ワイヤ張力制御、クロストーク等)を検討せよ。
- 2.4.2. ノイズ低減に向けて、IPM についてさらに検討せよ。
- 2.4.3. CERN で開発が行われている新しいカーボンベースのワイヤを検討せよ(ワイヤスキャナの場合であり、ワイヤグリッドではない)。

付録I-第8回 T-TAC 会合アジェンダ

2021年2月2日			
日本時間	EU時間		
16:00	8:00	歓迎	小林 隆
16:05	8:05	自己紹介	
16:20	8:20	T-TACのミッション、J-PARC概要	小林 隆
16:50	8:50	非公開セッション	
17:00	9:00	核変換ディビジョン概要	前川 藤夫
17:45	9:45	核変換実験施設計画と将来構想	明午 伸一郎
18:30	10:30	非公開セッション	
20:00	12:00	解散	

2021年2月9日			
日本時間	EU時間		
16:00	8:00	ターゲット技術開発セッションからの報告	
16:00	8:00	施設設計(ターゲットシステム)とセッション活動の現状	佐々 敏信
16:30	8:30	日本原子力学会の材料ロードマップとTEFおよびPIEとの関係	斎藤 滋
16:55	8:55	酸素制御技術とLBEループ設備の現状	大林 寛生
17:20	9:20	LBE用電磁石式流速計の高度化	有吉 玄
17:45	9:45	施設利用開発セッションからの報告	
17:45	9:45	施設設計(ターゲットシステム以外)とセッション活動の現状	明午 伸一郎
18:15	10:15	中性子工学研究	中野 敬太
18:45	10:45	ADS用加速器開発	近藤 恭弘
19:15	11:15	ビームモニタ開発	明午 伸一郎
19:30	11:30	非公開セッション	
20:00	12:00	解散	

2021年2月16日			
日本時間	EU時間		
16:00	8:00	非公開セッション	
18:00	10:00	議長によるまとめの報告	
19:00	11:00	解散	

付録II - J-PARC による T-TAC 2022 の任務と責務

小林 隆

T-TAC の任務 (Mission)

主に次に掲げる責務について助言すること:

- 核変換技術開発に貢献するという陽子照射施設の主目的、および施設の多様なニーズに合致した施設概念としての妥当性
- 上記主目的のための、大強度加速器、陽子ビーム、ターゲット技術に関する研究開発活動の方向性と技術的側面

T-TAC 2020 の責務 (Charge)

任務で示された通例の要求に加え、今年の T-TAC では特に、2022-2028 年度にわたる JAEA の次期中長期計画に沿った研究開発活動を実施するための具体的アプローチについて助言することを求める。

付録 III - T-TAC 2020 委員名簿

	氏名	所属	職位
1	Marc SCHYNS	ベルギー原子力研究センター	先進原子力システム研究所長
2	Michael BUTZEK	ユーリッヒ研究所	自動化・磁石ベアリング&ギアチーム リーダー
3	長谷川 和男	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 (QST)	核融合炉材料研究開発部長
4	伊藤 圭	京都大学 複合原子力科学研究所	准教授
5	Georg MÜLLER	カールスルーエ工科大学	副所長、部長、教授
6	Thierry STORA	欧州原子核研究機構 (CERN)	上級物理学者、PRISMAPコーディネータ
7	渡辺 幸信	九州大学 総合理工学府	教授