

J-PARC 物質・生命科学実験施設 技術諮問委員会 (N-TAC)

第6回会合報告

原子力機構・東海サイト
2008年2月27-29日

諮問委員会の結論と主要な勧告

これまでに JSNS チームが実施した内容は素晴らしいものであった。このチームはこれまでの成果によって賞賛される。

すべてのシステムは非常に良く設計されているように見受けられる。製作と据付は概して非常に優れており、プロジェクト全体を通じた質の高さは素晴らしい。水銀循環ループにおける機械式ギアポンプから回転式電磁ポンプへの変更は、信頼性が高くトラブルの無い運転を可能とするための重要なステップとなった。要求性能を満足した画期的なポンプ開発は特筆すべき成果である。

遠隔操作による運転と保守に対し、適切な注意が払われている。

委員会は以下のように結論した。現状は極めて切迫して来ているが、仮に全ての試験が計画通りに行われ、さらに予期しない困難が生じない限り、計画どおり 2008 年 5 月末頃に「Day 1 ビーム受入れのためのレディネス（準備完了状態）」を達成できるであろう。しかしながら、いかなる新たな課題もこの目標に対して深刻な脅威となるであろう。

運転のために次になすべきことは、運転と保守に関する手順を文書化することと、プロセスパラメータの運転範囲とアラームレベルを設定することである。

「定常運転のためのレディネス」には別の努力が要求される。それらの一部は、最初のビーム試験の結果に基づくものである。

定常運転への準備として、チームはいくつかの改善計画に着手した。

- ターゲットを健全に保つためのビーム診断システムをさらに組み込んだ陽子ビーム窓の再設計。この計画は優先して進めるべきであり、新たな窓が完成し次第、できるだけ高出力運転（数百 kW 運転）が始まる前に交換することが好ましい。
- ターゲット容器への結合フランジ付加による、ターゲット容器交換に伴う廃棄物量の低減。委員会は、与えられた境界条件下では、垂直面内フランジ方式がより現実的であり、優先的に進めるべきであると考えます。
- 現状のモデレータ/反射体の製作上の困難さから脱却するための再設計。もし中性子源としての特性低下を伴うのであれば、現在の製造過程の品質保証を計ることが代替案として考えられる。
- キャビテーション損傷（CE）の抑制は、水銀ターゲットのパルス運転を確実に実施するためにとても重要である。CE 機構を理解するためのさらに素晴らしい進展がチームから報告された。この成果はこれまでの大学や SNS との協力によりもたらされたものであり、継続すべきである。将来にわたって、定格出力運転と施設の高稼働率を達成するためには、現存する困難の解決に向けた重要な R&D に対し適切に予算が配分されなければならない。

ターゲット寿命の予測は形状や流動条件により未だに難しく、JSNS ターゲット実機の運転状態における損傷ポテンシャルを評価するための計測は非常に役立つであろう。委員会の見解では、その計測は理解しやすく有望であるといえる。しかしながら、ターゲットの予備機がないことは、共用運転開始後の線源の稼働率の観点から深刻な懸念材料である。迅速で安価にターゲット容器を交換するための再設計に向けた現在の努力を委員会は全面的に支持するが、数百 kW 運転開始時には予備機を保有する必要があることに変わりない。

委員会は、2008 年に 1.8 億円の予算的措置（要求額 85 億円の内）がなされ、リニアックのエネルギー回復が開始されたことを嬉しく思う。

チームはこれまで非常に限られた予算を実によく運用してきた。しかし、全体的な予備機の不足は明らかに憂えることである。我々は、施設の定常運転の点から予備機の不足が深刻な問題であると感ずる。

また委員会は、MLF チーム員数の明らかな不足を心配している。多くの仕事を限られた数人でこなしており、各種文書や運転手順書の作成などが遅れている。このことは、知識基盤を限られたものにしてしまい、施設の定常運転を脅かす危険性をはらむ。現在の考えは、施設建設に携わった研究者や技術者が、将来の施設運転も行なうように思われる。委員会はこのような二つの異なった業務に対して要求される能力は同じではないことを心配している。

最後に、ある程度のスタッフの過負荷はプロジェクトの終焉へ向けて良くあることだが、状況は大変な緊張を MLF チームにもたらしている。これらが危険な手抜きや不必要なミスに繋がらないように注意しなければならない。

1. はじめに

以下のメンバーで構成される N-TAC 委員会は、

Dr. Günter S. BAUER (議長)	前 ユーリッヒ研究所、ドイツ
Dr. Timothy A. BROOME	前 ISIS、ラザフォード・アップルトン研究所、英国
Dr. John M. CARPENTER	アルゴンヌ国立研究所、米国
Mr. Hajo HEYCK	ポール・シェラー 研究所、スイス
栗下 裕明 教授	東北大学、日本
Dr. Thomas J. MCMANAMY	SNS プロジェクト、オークリッジ国立研究所、米国

茨城県の日本原子力研究開発機構東海サイトで 2008 年 2 月 27 日から 29 日にかけて開催された第 6 回会合に招待された。出席できなかった J. Carpenter を除いて、全メンバーが出席した。

これまでと同様に、委員は丁重に受入れられ、プロジェクトチームの開催準備が非常に良いとの印象を受けた。今一度、円滑で効率的な会合運営と、我々に対してアドバイザーとしての変わらぬ信頼を寄せていただき、プロジェクト管理者とその支援組織チームに心から感謝したい。

N-TAC5 で出された勧告に対する総合的な書面による回答に対して、謝意を表したい。

委員に対して（英語で！）報告された内容は良く準備されており、概ねとても明快であった。たとえ発表者が実際の機器担当者の代役を努めなければならない場合であっても、発表者がその対象機器を十分に操っていることが分かった。非常に印象深かった施設見学の際に確認できたように、施設の建設はすべての領域においてほとんど完成に状態にある。委員は、遠隔操作により下部モデレータを反射体プラグから取り外す実演に非常に感心した。

会議の主要議題は「Day 1 ビーム受入れのためのレディネス」である。これらは、概ね成果が上がっているように思われる。取り上げられた他の議題は「施設の診断」と「将来に向けた R&D」である。安全で、信頼が置け、経済的な施設運転を確保するため、チームはそれらの必要性と可能性について十分認識し、努力していることが明らかになった。この報告書では、「施設の診断」は「レディネス」と密接な関係にあるため、「レディネス」の章に含めた。

この報告書が短いこと（これまでのものと比較して）は、すなわちプロジェクトの成熟度を示すものである。

2. 全体的な所見と助言

2.1 スケジュール

前回の NTAC（2006 年 11 月）におけるスケジュールに比して、チームは 1 ヶ月の遅れを報告した。これは実は 2 ヶ月以上の遅れを意味する。なぜならば、いくつかの残された作業がかなり短縮されているからである。委員会は現行のスケジュールを完了することが困難であるとは判断しがたいが、スケジュール上の危険性は著しく高まっていると考える。

チームのほとんどのメンバーは現在、高いストレスを抱えて作業をこなしている。これは明らかにミスを冒したり（危険な？）手抜きを引き起こす危険性を増大する。特に、ホットセル内での作業は非常に注意深い計画に基づいて行わなければならない。なぜなら、それらの作業はほとんど加速することができず、さらに装置（例えばパワーマニピレータ）の取り扱いも発生するからである。ここで手間を惜しむと、後で痛い目にあう。

2.2 予算

予算は非常に切迫している。第 2 ターゲット容器のような最重要な予備機でさえも製作発注に対する予算措置が無い。

委員会は、プロジェクトの予備機の準備方針について懸念を呈する。予備機は直接的にはビーム受入れ条件に関係しないが、それらは予算と施設稼働率の 2 つの理由から非常に重要である。現在、ほとんどすべての予備機が準備されていない。

例えばターゲット容器のように、いくつかの場合において 2 号機を発注する前に再設計を行ないたいとの考えを我々は十分理解する。しかしながら、予備機が必要になるとき、あるいは新設計が十分機能するときまでに、予備機製作が間に合うという保証が無いことから、我々はこの考えを危険だと考える。

さらに、製作メーカーや納入業者が市場から撤退し、いつの日か予備機を製作できなくなる可能性も考慮する必要がある。それが短期間であってもそうである（例えばモデレータの AIC 合金供給メーカー、プロジェクトは代替供給メーカーを見つけることができて幸いだった）。

少なくとも将来にわたって、運転経費が許す限り、最も重要な部品はメーカーや調達時間に依存しないように常備すべきである。

特に電気機器について、製品寿命は年々短縮しているため、予備品には配慮すべきである。故に、一般的なルールとして、プロジェクトはいくつかの場合に代わりの供給元を探しておくべきであり、他社製品で間に合わせられるようにシステムに出来る限りの柔軟性を与えるべきである。

(例えば他社製品を取付けられる空間とコネクタの互換性など)

さらにスタッフの不足により、以下のような重要な作業が遅れている。

- 竣工図
- 「脆弱な」作業、つまり不具合からの復旧がとりわけ困難な作業のリスト
- これはビーム運転に不可欠と考えられる、想定事象および想定外事象への対処に関するシステム運転手順書の準備

最後に、重要な開発研究項目に対する予算措置、特に圧力波による損傷の軽減技術開発については、予算の厳しい状況から制限を受けている。次世代ターゲットの設計は遅れる訳にはいかず、開発研究の成果が必要であるため、この課題は解決されなければならない。

2.3 技術面

これまでに達成した成果により、チームは祝福されるであろう。

すべてのシステムは非常に良く設計されているように見受けられる。製作と据付は概して非常に優れており、プロジェクト全体を通じた質の高さは素晴らしい。

遠隔操作による運転と保守作業に対し、適切な注意が払われている。水素システム試験が成功すれば（下記参照）、システムは5月のビーム受入れに対する準備が整うと期待できる。

運転のために次になすべきことは、運転手順の文書化と、プロセスパラメータの運転範囲とアラームレベルを設定することである。

過去には沈下が深刻な課題であったが、現在では期待どおりに落ち着いたように見える。仮に沈下が予測値より大幅に悪化すれば、ミュオンターゲットから中性子ターゲットへの陽子ビーム輸送系の再アライメントは非常に困難となり、時間を要するであろう。

中性子ターゲットシステムの保守のために作られた設備は、必要な作業を行う上で十分によくできていると思われる。

委員会は、水銀循環システムの回転式電磁ポンプが首尾よく開発され、水銀ループが放射化する前に据付と試運転が行なわれて十分な性能を示したことを嬉しく思う。

ホットセルは、中性子ターゲットステーション機器、ミュオンターゲットシステム機器およびビーム輸送系機器の保守と交換作業と用いなければならない。これまでの実証試験は中性子ターゲットステーション機器のみに対して行われてきたように思われる。

3. レディネス

3.1 「レディネス」の定義

各担当の報告とプロジェクト全体スケジュールから考えて、委員会は、本レビューの主題である「レディネス」は「Day 1 ビーム受入れのためのレディネス」とであると解釈する。これは、中性子生成の実証と基本設計パラメータの検証を目的として、(強度と全電荷が低い状態の)ビームをターゲットに入射する許可を得るために必要な、すべての機器が利用可能状態にあり、またすべての試験が実施されていることを意味する。

これは、プロジェクトの最終目標である「ユーザーのための高い稼働率を保ち続けられる運転のためのレディネス」とは明確に異なる。後者のレディネス達成には、いくつかの追加的な条件や対策を必要とするであろう。あるものは、低出力試運転で得られるに違いない経験に基づくであろう。後者のレディネスは、別のレビューによって事前に確認されるべきである。

3.2 レディネスの管理

委員会のレビューの中で、Day-1 におけるビーム受入れのためのレディネスを達成するために、プロジェクトは非常に防御的な手段を採った。

「レディネス確認リスト」が準備され、様々なサブシステムや機器について「レディ」状態になるために満足しなければならない条件が記述された。このリストでは、各項目は2つの区分に分類された。

A: Day 1 に必須

B: Day 1 までに完了が望ましい

それぞれの項目の現状が調べられ、リスト中に以下の印が付けられた。

A: 完了

B: 条件付完了

C: 未了

本レビューの時点では、このリストはまだ不完全で肝心の判定条件のいくつかが不足していると思われるが、プロジェクト内および許認可当局との熱心な議論により日々改良され、更新されている。

委員会が全てのリストを精査することは可能ではなく、またこれは委員会に与えられた権限の範疇ではない。しかし、委員会はいくつかの一般的な指摘を提示したい。

- すべての「必須」項目が抽出されているか、そしてあるものは「望ましい」に再分類できないかどうかを確認するための見直しをすることを検討すべきである。
- 様々な項目の分類を見直すべきである。「A (Day 1 に必須)」と分類されている項目のいくつかは、「定常運転に必須」に格下げできるかも知れない。一方で、いくつかの項目が欠如しているように思える。例えばミュオン標的交換試験は分類「A」として含まれるべきである。
- レディネス確認リストは、すべての必要な運転手順書と定量的な判定基準の準備状況、さらにアラームとシステム動作のための設定点 (H、HH と L、LL) を含めるべきである。
- 進展の経過を追えるように、単一の未解決課題リストを作成すべきである。課題の取り扱いに関して、設計者とプロジェクト管理者によってなされた判断を、その元となる議論と共に記録すべきである。
- 現状 B および C として残された項目のみを抜き出したマスターリストの作成を考えるべきである。

3.3 「Day 1 ビーム受入れのためのレディネス」の概況

現在の状況は極めて逼迫してきているものの、委員会は、すべての未実施試験を計画どおり実施することができる現実的な見込みがあると結論する。これ以上の予期せぬ困難に遭遇しない限り、「Day 1 ビーム受入れのためのレディネス」は計画どおり 2008 年 5 月末頃に達成することができる。しかしこのゴールに対して、新たな困難は深刻な脅威となるであろう。

「定常運転のためのレディネス」達成には更なる努力が求められ、その一部は初期のビームテストの成果によるであろう。この状況達成のための現在のゴールは、2008 年末である。

3.4 各設備とタスクのレディネス

3.4.1 水銀ターゲット容器およびターゲット台車

ターゲット容器構造、シール性能、遠隔操作性能、据付調整、ターゲット容器保守とターゲット台車保守、機能の確認、据付調整に関するレディネス確認リストは全て完結した。これら全てを成し遂げたことは素晴らしい業績であり、中性子源のチームにお祝いを述べる。

しかしながら、ビーム運転前に想定事象と想定外事象に対する操作手順が整備されていることを確認することを推奨する。

これらチェックリストの項目を完遂すれば、システムはビームを受ける準備が整うことになる。

3.4.2 水銀循環設備

ローカルおよびリモート操作のためのチェックリストは完成している。ギアポンプをPMポンプに交換する作業およびその円滑な運転の実演が、試験に含まれている。ビーム運転前のポンプ交換作業の完了は重要な功績であり、より信頼性の高い運転をもたらすだろう。

水銀ループへの水銀の充填およびドレン操作が実演されている。

保守作業のチェックリストは、Day-1 までに必要である円滑なポンプ交換のための更なる改良の条件付で完了している。

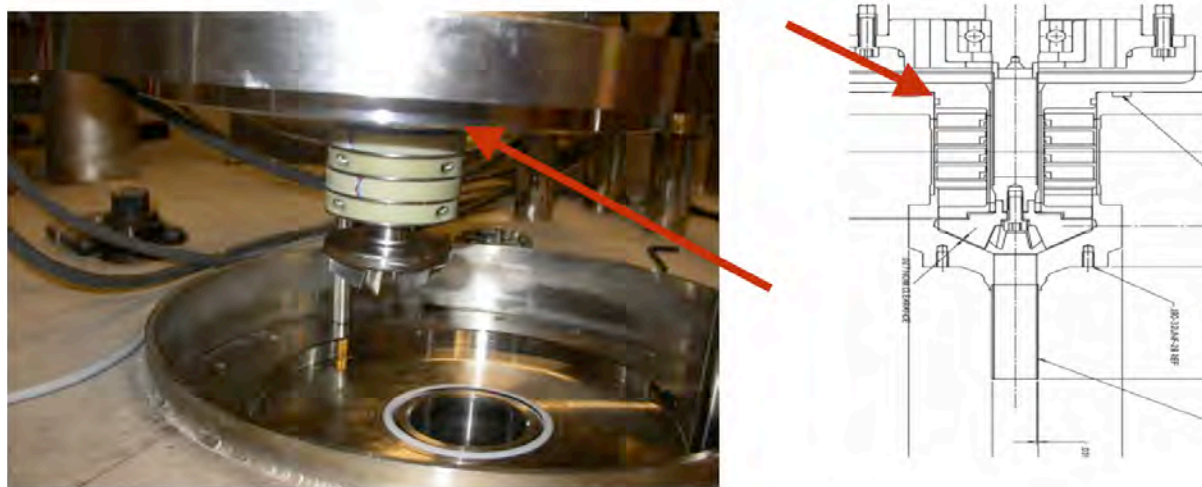
委員会のコメントおよび勧告

- もし時間があるならば、熱交換器の2次側の冷却を無くすことによって運転温度に近い条件でループを運転することを検討すること。これは、運転時に予期される配管の熱膨張の際のシール健全性の確認になる。
- 漏洩捕集タンクからシステムもしくは廃棄パスへの水銀の遠隔移送の能力を試験評価すること。
- ビーム運転前に、想定事象および想定外事象に対するシステム運転の手法があることを確実にすること。

特定された項目の完了によって、システムはビーム運転に対して準備完了となるだろう。

3.4.3 極低温水素システム

水素設備の進捗は、低温における水素ポンプの漏洩で悩まされた。漏洩問題解決のため、 -40°C まで使用可能なブチルゴム製Oリングを水素ポンプのシャフト近くに追加した。この問題と解決法は、SNSのポンプでの経験と似ている。SNSでは、類似の温度特性を有するシリコンOリングを追加し、問題を解決した。



シリコンOリングを追加したSNSの水素ポンプ

SNS の経験は、JSNS の変更が成功するであろうという高い確信を与える。

レビューの時点において、

- ヘリウム冷凍システムのチェックリストとモデレータシステム状況のチェックリストは完了している。
- 真空システム運転のチェックリストは条件付きで完了している。
- 水素循環システムの試験は、直近の試験時に水素ポンプからの漏洩があったために完了していない。

推奨：システム試験完了後、想定事象および想定外事象に対するシステム運転手順書がビーム運転前に準備されていることを確認すること。

設計変更とシステム試験の完了が、ビーム運転に対する準備完了の条件として要求される。

3.4.4 モデレータ、ヘリウムベッセル、遮蔽と気密板

レディネスに関するチェックリストは、据付作業、気密性能、冷却能力に対して完了している。

水素を使ったモデレータの健全性試験は、4月に水素ループ試験が終了するまで待たねばならない。しかし、ヘリウムを使った20Kの予備試験は成功している。

交換作業のチェックリストは、部分的に終了している。

モデレータと反射体の交換作業の実演は、重大な成果である。

これらの機器は、水素による試験とチェックリスト完成をもって、ビーム受入れ準備完了となるだろう。

3.4.5 シャッターシステムとベッセル窓

シャッター制御システムのチェックリストは、各分光器からのリモート操作は条件付きであるが、完了している。

シャッターとベッセル窓の真空システムのチェックリストは、完了している。

シャッターとベッセル窓の保守作業のチェックリストは、局所遮蔽の追加を除き、完了している。

これらのシステムは、5月末のビーム受入れに対し、準備完了と考えられる。

3.4.6 遠隔操作

実に印象的な遠隔操作機器を導入した。委員会は、この素晴らしい業績を高く評価する。

遠隔操作機器に関する素晴らしい進捗が示された。主要機器の交換装置は、良くできている。

委員会のコメントと推奨を以下に示す。

- これまでの多くの成果にも係わらず、ホットセル内における多数の詳細なコミッショニング作業が残っている。時間が限られ、機器（例えばパワーマニピュレータ）使用での競合も考えられるため、きめ細かい管理が必要とされる。
- 視認性に関する課題がいくつか見つかっている。移動式カメラの導入を考えるべきである。（例えば、マスタースレーブマニピュレータ把持式や三脚搭載型）。
- ホットセル内のいくつかの設備（例えばカメラ、ケーブル）の保守作業を遠隔で行うことは非常に難しいと思われる。これらの要件を確認すべきである。
- 試運転中に、「脆弱な」作業（つまり不具合からの復旧がとりわけ困難な作業）のリスト作成を検討すべきである。
- ターゲット台車遠隔操作のチェックリストでは、LM ガイドレールへのグリース塗布とスライドユニットの交換作業が残されている。遠隔操作機器によるグリース塗布は困難かも知れず、設備改善の必要性を見極めるため、この試験を早急に行なうべきである。
- 水銀ポンプのベアリングへのグリース塗布の遠隔操作試験を行なうべきである。
- モデレータ交換作業において、水の飛散を防ぐため、冷却水ドレン後に循環系内に残った水の回収方法を改善する必要がある。
- ホットセル内におけるミュオンターゲットと関連機器の遠隔操作実演作業が残されている。
- ホットセル内でのミュオンターゲット交換作業を Day 1 に「必須」とすることを検討すべきである。

Day-1 にビームを受入れるためのレディネスを実証するのにさらに必要な、数多くのホットセル内作業を完結させることは、大きな課題である。しかしながら、関連する全ての装置が整備されているようであり、適切な作業計画のもとで 2008 年 5 月末の目標は非現実的ではない。

3.4.7 付帯設備

報告された付帯設備のコミッショニング作業はおおよそ完了している。

MLF 制御設備は非常に良く作り込まれており、残された作業は時間内に完了すると考えられる。

インターロックと安全システムの総合的かつ文書化された試験は、初陽子ビーム受入れの必須条件である。

コミッショニング試験および総合試験中に計器出力や事象を記録しておくことは、機器の故障や予期せぬ事象が起こった場合の診断の助けとなり、ビームを受けるまでの準備に際してのトラブルシューティングの時間短縮が図れる。

循環設備からの残留水の回収については、より注意を払わなければならない。合格条件はまだ満たされていない。

地盤沈下は予測値に近づいてきており、期待どおり収束しつつある。建家内の荷重条件が変化した場合には、MLF 建家内の陽子ビームラインの再調整が必要となるだろう。この問題は長期的なものであり、現在の計画よりも建家内の荷重が増えてしまった場合には難しいものとなる。

実験ホールの床のゆがみ（不等沈下や熱の影響）は許容範囲内に収まっている。

ほとんどのレディネス条件は満たされている。残されたものを期間内に完了することも可能であろう。

3.4.8 放射線管理と許認可

放射線安全に関する測定診断機器は、とてもよく整備されているようである。ターゲットへの最初のビーム運転時は、放射化物および汚染による効果（Ar-41、Be-7 による）で線量測定値が影響を受ける前であるため、陽子と中性子の反応によって生成される一次放射線源の測定が行える唯一の機会である。

委員会として、以下のような意見と推奨を行う。

- ビーム出力が中間レベル（約 100 kW）に達する前に、気体廃棄物処理システムの水銀フイルター筒およびモレキュラーシーブ筒周りに遮蔽を設置すること。
- シリカゲルは HTO だけではなく H₂O および D₂O も吸収することから、システムのトリチウムの除去可能な期間の評価については、それを考慮すること。

- ホットセル排気系の水銀フィルターの負荷を見積もるために、(空気サンプリング等の方法により) 排気中の水銀をモニターすること。
- 除去困難な金の汚染については、空気中および真空中の揮発性放射性水銀がそれに付着することから、その対策をすること。
- フィルターやイオン交換樹脂の機能の観点から、また放射性の腐食物および核破碎生成物の放出および拡散を防ぐために、水化学 (pH および導電率) は重要な要素である。
- Be-7 は、熱勾配によって配管や熱交換器に付着する傾向がある。ビーム運転期間後にも浄化システムの運転を延長して行うことにより、保守作業中の被ばく線量をかなり減らすことができる。
- 被ばく線量や排気筒からの放出に関連する核種(キセノン等の希ガス)を同定するために、最初のビーム運転後に試料を採取し、ガンマ線スペクトル分析を行うこと。
- 放射線管理室に対して協力および支援するためのグループ (Noboru-men) を組織することは、いいことである。しかしながら、非生産的な干渉を避けるために、当初から双方の責任分担を明確にしておくこと。

段階的な放射線に関する許認可は継続的に進められている。Day-1 の運転に対する許可は予備的なものであり、通常運転 (1 MW) に対する許可が最終到達点である。最終的な許可取得のために、試験運転で得られた経験や情報を駆使し、施設を最適化していくことになるだろう。これは自然な流れであり、これに対して委員会は全面的な支援を行う。許可審査側とよい関係が築かれていること、および定期的な打ち合わせが行われていることに対して、委員会として、とても嬉しく思う。

放射線管理に対して十分な注意が払われており、また運転開始後においても継続的な努力がなされるであろう。Day 1 ビーム受入れの準備がなされているようであるが、低出力運転時の経験を元に、それらは随時見直して改善していかなければならない。Day-1 の運転に向けた許可取得の準備に関しては、特に問題点は見られなかった。

4. 将来のための R&D

4.1 陽子ビーム窓

現在の陽子ビームライン構成において、信頼できるオンライン型のビームパラメータ診断系が無いのは問題であり、ターゲットに対する脅威となりかねない。提案されたように、診断装置を追加するように陽子ビーム窓を設計し直すのは名案である。

この問題は優先的に追求すべきであり、また新型の陽子ビーム窓を入手次第早急に、できるだけ高出力運転（数100kW）開始前に、交換すべきである。その場合、現在の陽子ビーム窓はバックアップや予備機として保管しておくことができる。

4.2 キャビテーション損傷

キャビテーション損傷（CE）は、依然として定常的な水銀ターゲットのパルス運転にとっての主要な課題であり、CE の緩和はプロジェクトの最優先課題であり続けるに違いない。形状と流動条件と不明瞭な効果のため、ターゲット容器の想定寿命を予測するのは依然として難しい。

JSNS ターゲット実機の損傷ポテンシャルを評価するための測定は、総合的であり、有望である。

CE メカニズムを理解するためのさらなる進捗がチームによって報告された。重要な結論は、気泡サイズの広がった分布が全体的な損害緩和に最も有効であろうということである。これは狭い分布幅の場合よりも、気泡生成器の設計における制約をより少なくする。

新しい圧縮波発生装置（AUTOLITH 社製--スパーク装置）は MIMTM 装置を完璧に補完するものである。今後の研究計画（ターゲット中におけるパルス持続時間と気泡輸送の効果）を徹底的に考え、完全に支援すべきである。

ループ中における気泡発生装置の最適位置を決定するため、水銀中の気泡寿命を決定する努力がなされている。しかしながら、淀んだ水銀中で決定した気泡寿命は、分離と合体効果のために流動条件下では当てはまらないかもしれない点に注意することは重要です！ 気泡が必要な場所近傍に気泡生成装置を設置することが、依然として最善策かもしれない。

これまで大学との協力で大きな成果を得てきており、これを継続すべきである。同様に、SNS（オークリッジ）との協力も依然として非常に重要である。これにより JSNS チームが Target Test Facility（TTF）全体を使用することができ、ロスアラモスにおける WNR を利用した陽子ビームテストが可能になる。

4.3 照射後材料試験 (PIE)

JSNS ターゲット初号機に対する PIE の準備が開始された。穿孔機（ホールソー）で試験片を切り出す手法は SINQ でも行われている。しかし、なぜ JSNS ではターゲット容器を立てた状態で作業を行う計画なのかが不明確である。これではターゲット容器内の残留水銀が漏れ出る危険を冒すことになる。

試験片のことはさておいても、我々は損傷の酷い箇所を特定するためにターゲット容器内面全体を観察することを推奨する。これは試験片を取り出す箇所の選定にも役立つであろう。これは些細なことではなく、慎重な計画と準備が要求されることである。

SNS ターゲット初号機の PIE は JSNS ターゲットの PIE に先行して行われるであろう。しかしながら、特にターゲット内の水銀流動条件が異なることから、照射された JSNS 初号機の試験もやはり重要である。

委員会は SNS の PIE チームと密接に協力していくことを推奨する。

4.4 新ターゲット容器設計

現在のターゲット容器はかなり大きく、交換時や保管時に大きな遮蔽キャスクを必要とする。現在、設計チームが検討しているターゲット容器に追加フランジを導入することは、2 つの利点を持つ。

- 廃棄物量を低減する
- シール接触面損傷時の交換を可能にする

検討している 2 つのタイプについて、全ての遠隔操作に関する課題が十分解決できるなら、垂直面フランジタイプがより好ましいと思われる。

シールガスケットや水銀ダレ防止トレイなどの設計細部はさらに検討が必要であるが、総体的な概念は魅力的である。全ての状況において、ヘリウムベッセル内への水銀漏洩は避けなければならない。

ターゲット容器の前方部の内部構造は、最終的に採用する圧力波抑制技術を考慮して、引き続き検討する必要がある。

4.5 モデレータ・反射体の設計見直し

モデレータ・反射体の製作や組立で発生した問題により、チームはモデレータ・反射体の設計見直しを開始した。将来の Ag-In-Cd (AIC) の利用中止や反射体・モデレータ間の隙間の拡大が考えられる見直し点である。

その中で、現在のターゲット・モデレータ・反射体集合体は材料と寸法について注意深く最適化されていることを心に止めておくべきだ。現在のモデレータの溶接に関する問題は、(モデレータ・反射体の結合効率を悪くする) 隙間の拡大よりも、他の手段(例えば、品質保証の改善)で解決できるかもしれない。

AIC デカップラの選択は、ターゲットステーションの他所(キャスク、クレーン、建物等)の設計に大きな影響を与え、線源性能向上に極めて有効であると主張されてきた。これがまだ正しいならば、現状の製作上の問題や AIC 供給問題の解決策を探ることが、現設計を断念してしまうよりも良い解決法かもしれない。経験上、新しい概念は通常、それ自身に起因した問題を孕んでいる。例えば、AIC の代替として考えられている容器に封入した B₄C 粉末は、その実現にかなりの困難を伴うだろう。

提案された変更案は、ユーザーにとっての中性子性能低下の観点から注意して検討する必要がある。

5. 結びと最後の所見

主に液体水素ポンプの気密性能の問題により、前回の会合からスケジュールの遅れが見られたが、ゴールである 2008 年 5 月末の初ビーム受入れは依然として達成可能であると見られる。ただし、それには許認可の手続きが期待どおり順調に進むこと、そして他に新たな技術的困難が生じないことが条件である。「Day 1 ビーム受入れのためのレディネス」を確実にするための取り組みは徹底しており、またその多くは完了している。残りの作業についても、良く計画され系統立てられている。もし許認可当局がビーム試運転を許可するための必要条件として要求する場合には、運転および保守作業の手順書作成が問題になり得る。

このチームは、今までのところ、厳しい予算状況の中で非常にうまく対処してきた。しかしながら、明らかに気掛かりな結論として、全体的な予備品の欠如、特にターゲット容器予備品の欠如があげられる。この問題は、施設の定常運転にとって深刻な問題に発展すると予感する。

ターゲット容器のキャビテーション損傷緩和への探求に向けた目覚ましい進捗がみられた。これは、ターゲット容器寿命に著しい影響を与えるまでビーム出力が増大する前に、ターゲットシステムの最終設計が確立する希望を立証するものである。実機への影響を調べるための準備は良くされており、価値ある情報を生み出すことが期待できる。委員会が強調したいことは、適切な R&D のための継続的かつ十分な予算措置の重要性である。この先端分野における時機を得た成功は、MLF 全体としての成功に必要不可欠であり、この中には定格出力に耐えうる中性子ターゲット無しでは定格の施設運転が出来ないミュオン施設も含む。

委員会はまた、MLF チームの明らかなスタッフ不足について心配している。このプロジェクトは目覚ましい進展を成し遂げてきたが、これはスタッフへの極度な過負荷により実現されたものであることが明らかになった。ある程度のスタッフの過負荷はプロジェクトの終焉へ向けて良くあることだが、委員会はこれが（不必要な）ミスや危険な手抜きに発展しないか、心配している。多くの仕事を限られた数人でこなしており、（部分的にはその帰結として）各種文書や運転手順書の作成が後回しになっているように見受けられる。このことは、知識基盤を限られたものにしてしまい、施設の定常運転を脅かす危険性をはらむ。現在の考えは、施設建設に携わった研究者や技術者が、将来の施設運転も行なうように思われる。委員会はこのような二つの異なった業務に対して要求される能力は同じではないことを心配している。

最後に、信頼性、持続性、経済性に優れた施設運転を目的として、いくつかのシステム構成機器を改良するための継続的な努力を委員会は歓迎する。新しい陽子ビーム窓とターゲット容器を出来るだけ早急に用意することを特に望む。

完

2008年4月15日、Waldshutにて
Günter Bauer
委員会を代表して