

J-PRAC 物質・生命実験施設技術アドバイザー委員会
(N-TAC)

第2回会議報告

開催場所：高エネルギー加速器研究機構、つくば

開催日：平成15年9月24-26日

まとめと主要提言

第1回N-TAC委員会以来、ターゲットステーション及びその付帯設備に対する総合的な設計により全ての主要課題を解決すべく努力が払われてきている。委員会は、第1回委員会の提言が真摯に受け止められ、詳細に扱われたことを、満足を持って言及する。

委員会は、プロジェクトチームが機器の交換方法や取扱手順の再評価に成功し、結果として、新たに供給された、放射化又は汚染された機器の保管場所の大きさを低減することにより大幅に費用を抑える選択を見いだしたことを評価する。そして、**現在最も重要なことは、指定された代替場所の長期使用に対する了解を得ることである。**

現在の作業状況の詳細は、総じて、本プロジェクトの現段階において適切であり、十分な検討がなされて、機器やシステムの調達の支援ができる状態にある。今回の評価では重大な再設計を必要とするような重要な問題点は見つからなかったが、さらなる注意や改良を行う方が良いと思われるシステムや作業がいくつかある。

ピティング問題の理解には大きな進展が得られ、この中では特に原研のメンバーが国際協力において大きな貢献を果たした。しかし、ターゲット寿命に関するかなりの不確定要素がまだ存在している。委員会は、**圧力波効果を緩和する研究が今後も支持されるように提言するだけでなく、ターゲット設計に関するマイナーチェンジの可能性、すなわち、内側ターゲット容器の損傷の際に解放された漏洩水銀を取り扱う必要を無くすような設計が検討されるべきであると感じる。**

リモートハンドリングや据付問題に関し、いくつかのさらなる精査を提言する。但し、これは、そのほとんどが、開発中の中規模から小規模な機器に関係するものである。

委員会は進捗状況におおむね満足しているが、プロジェクトが期待している計画と対比して、現在、主に予算執行配分により被っているスケジュールの遅延が回復されない可能性を危惧する。

重要な関心を寄せている問題は、予算問題の緩和に対応して線形加速器のエネルギーが400MeVから180MeVへ低減されることである。委員会の評価では、これはMLFの性能を60~70%低下させることになる。**しかるに委員会は、できるだけ早期の時点にこの決定が覆されるようあらゆる努力を捧げるべきであるという、J-PARC-IAC(国際アドバイザー委員会)による声明を強く支持する。**

1. はじめに

以下の委員で構成される N-TAC 委員会は、要請を受け第 2 回会合を茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構で平成 15 年 9 月 24-26 日に開催した。

| | |
|-----------------------------|--|
| Dr. Günter S. BAUER (Chair) | Forschungszentrum Juelich GmbH, Germany |
| Dr. Timothy A. BROOME* | ISIS, Rutherford Appleton Laboratory, UK |
| Dr. John M. CARPENTER | Argonne National Laboratory, USA |
| Mr. Hajo HEYCK | Paul Scherrer Institute, CH |
| Prof. Hiroaki KURISHITA | Tohoku University, Japan |
| Dr. Thomas J. MCMANAMY | SNS Project, Oak Ridge, USA |

前回と同様、委員会は大いに歓迎されたとともに、プロジェクトチームによる準備作業も素晴らしいものであった。我々に諮問チームとしての信頼を託して、また順調にかつ効果的に会議を進めたプロジェクト管理者とその支援チームに我々は心から感謝の気持ちを示すものである。東海村の原研サイトでの建設現場の視察により、報告を受けた技術内容をより詳細に理解することができた。そして、見学により、プロジェクトが急速に進展していることが印象深く示された。

第 2 回 N-TAC は、プロジェクトが既に調達の段階に入った時期に招集された。非常に厳しいプロジェクトスケジュールに追従すべく努力して多くの発注がすでに行われていた。その結果、委員会は、革新的な意義を持つような提言を受け入れる余地がほとんど無くなっていると感じた。それ故、我々は、最初に全体的な検討結果をコメント及び意見という形で述べることにし、そこから正当な結論を引き出し、可能な対策を取ることは、プロジェクトに委ねるものとした。

一方、第 1 回 N-TAC 会合のコメント及び提言が、プロジェクトチームにより徹底的に研究され、適切であると捉え、それらを反映した新しい設計が示されたことを我々は喜びを持って記すところである。設計チームは、プロジェクト開始から比較的短期間に熟慮された設計を行い、そして設計の決定に適切な優先順位をつけることにより全体の進捗に遅れないようにし、又は、将来の選択の可能性に十分な裕度を残すと言った努力を行ってきている。これは賞賛に値するものである。

* Dr. T. Broome は本会合に参加できなかった。しかしながら、本文書には彼が平成 15 年 7 月に原研に 1 週間滞在後に報告したいいくつかの所見を含んでいる。

2. 全般的コメント

委員会が、この段階で直接的な提言を引き出すことなく、施設全体又はプロジェクトの進捗に関し、示すべき全般的コメントは以下のとおりである。しかしながら、**プロジェクトは自ら結論を引き出し、しかるべき対策を取るよう仕向けてゆかねばならない**。より詳細なコメントや提言は以下に示される。

1. プロジェクトの完成時期が明確に示されている一方、中性子ビームのスペクトル強度やパルス幅に関する合格判定基準が未だに決定されていないことに委員会は危惧を覚える。
2. 同様に、プロジェクト終了後に運転経費から捻出しながらの調達が必要なものがいくつか存在するであろう。委員会は、運転予算が今のところ公式には認められていないであろうことから、この決定に関わる影響について判断できない。
3. プロジェクトは安全性に関わる問題について非常に意識しなければならないが、基本安全検討報告書（PSAR）が現在のところ準備されていないように思える。PSAR は、安全性に関わる問題に対する首尾一貫した考え方が構築され、完全にこれに従っていることを書き物として示したものである。プロジェクトが調達の段階に入っている現在、この状態は、どこからみても危険である。なぜならば、他のプロジェクトからの経験が示すように安全問題は設計に計り知れない影響をもつばかりでなく、逆に、設計の適切な変更によって安全問題が非常に容易にもなる。そして、一部分における安全対策の結果は、他の部分における結果からむしろ離れたものになりうるものが時々起こる。すなわち、包括的で広く利用しやすい安全報告書に大きな価値があるという所以である。装置や設計条件を明確にすることが必須であることに加え、基本安全解析報告書も通常、プロジェクトを遂行するための許認可を得るために不可欠なものである。
4. 同様に、異なった報告者が同じ機器について異なった表記を（すくなくとも英語による発表において）明らかに用いていた。これは、用語の統一や、機器を明確に区別するシステムが明らかに欠如していることであり、委員会は危惧を覚えざるを得ない。機器の表記システムを統一することは、計画チームにとって非常に役立つばかりでなく、製作側と販売側の相互の意志疎通に必要不可欠であり、正確に言うならば、それは、運転・保守を計画するのに重要な道具の一つでありえる。
5. もう一つの重要な道具は、本プロジェクトでは未だ整備されていない、注意深く設計され、よく整備されたパラメーター・リストであろう。このようなリストは、正確な意志疎通やインターフェイス・コントロールに非常に有益である。プロジェクト関係者はこのリストを容易に利用可能である一方で、リスト変更の権限は非常に制限されたものとすべきである。
6. 予算執行配分による問題により、スケジュールが1年延期され、プロジェクトは、そのうち凡そ半分を、受注者への支払い条件をうまく調整することにより

回復する計画であるが、委員会は、この支払い計画がうまくいくかどうか真剣に危惧するところである。また、設計段階における早期の契約締結は高い危険性をもたらす。すなわち、仕様の詳細の多くが未決定であり、一旦、決定しても、受注者に価格評価の変更をもたらすことになりかねない。

7. もっとも心配するニュースは、線形加速器のエネルギーを 400MeV から 180MeV へ減少させる決定である。委員会は、シンクロトロンへの入射ビーム電流が最大 50%減少するというプロジェクト側の評価を確認できない。委員会側の評価では、60~70%である。このような出力の低減は非常に嘆かわしいものであり、世界中の関係する中性子源装置の技術的な競争に重大な影響を持つことになろう。それ故、委員会は、できるだけ早期の時点にこの決定が覆されるようあらゆる努力を捧げるべきであるという、J-PARC-IAC(国際アドバイザー委員会)による声明を強く支持する。

3. 物質生命実験施設全体に関する所見

- ・ ターゲット点検及び保管場所の再構成は、注意深い検討及び大幅なコスト削減を導く保管場所の低減の結果である。しかしながら、必要とされる期間にわたる提案された代替保管場所の使用許可を得ておくことが必要不可欠である。現在、いくつかの未解決問題がある。そして、保管容量や、MLF 建家内に保有されている保守空間の適切さに関しての 2、3 の未解決問題が残っている。特に、技術諮問委員会は、付属装置を保管し操作する(保守する)のに必要とされる全体の広さを過小評価している危険性を喚起したい。新しい考え方に沿い、時間を正確に反映したビデオを作成するのが有用であろう。これにより、ホットセルから機器を取り外したり、それらを仮保管場所まで移動することまで含め、ターゲット交換シナリオを表現し、改良することができる。
- ・ 委員会は、人的安全保護システム(PPS)と他のシステム、すなわち、火事、地震、そして、化学的有毒物質、放射性物質、生物学的有害物質、爆発性又は可燃性物質等を含んだ実験等との関係を規定する必要があると感じる。
- ・ デカップラ材料として AIC を用いるという決定は、AIC が放射する強力なガンマ線のため減速材交換時における遮蔽要求に重要な影響を持つ。減速材ユニットはむしろ小型であるが、減速材と一緒に取り扱う必要のある(既に発注された)大きな反射体プラグは、結果的に大型機器取扱作業室のクレーンが持ち上げねばならないとても大きな重量負荷となった。これは、130ton もの容量を持つクレーンが必要になり、建家全体の価格を動かす効果になっていると思われる。委員会は、これを一つの例として考え、早すぎる契約締結が全体にマイナスの影響を与えることを戒めたい。別の方法として、(6年に1回行う作業である)減速材の交換を取り扱うに必要な機器を、小反射体の内部の僅かな部分に限定してしまう方法により反射体プラグの減速材の配管を取り外すことが可能になろう。こうすれば、遮蔽キャスクはより軽くなり、そして、小さな容量のクレーンですむ。

4. 低温モデレータシステムに関する所見と勧告

モデレータ/反射体システムの基本的考え方は、最終検討の段階に留まっているが、良く確立されている。この考え方は、MLFでは冷中性子応用に重点を置くという全体的な狙いを反映したものである。一方で、JRR-3Mは熱及び高エネルギー中性子ビームを用いた研究のための機能を供与するという責務を負う。モデレータ容器の設計を精緻化する努力が継続され、壁厚を減少させると共に中性子ビーム強度を増加させることができた。配管にスーパーインシュレータを内蔵させることによりシステムの熱負荷を低減することができた。このこと及び他の改善により、望むべきさらなる冷却能力の裕度を備えた。

水素の多重配管の考え方は魅力的ではあるが、委員会はこれがどのように組み立てられるかに関して心配している。実現性、最終設計、そして究極的にはコストを成立させ、製作方法を決定する必要がある。

結合型モデレータは、ガス溜まりになる可能性がある。仮にモデレータが超臨界水素であっても、このことに違いはない。もし、かなりの気相が存在してしまう可能性があるならば、モデレータ内の流れの方向を逆転してみることを検討すべきである。

デカップラとポイズン板の被覆、及び完全な接合を得るにあたりこれまでに判明した困難さについて、我々はHIP接合は表面の清浄度に敏感であると意見する。これまでの経験から、この点について特別な注意が必要であることが分かっている。

水素循環システムの精緻化された設計及びモデレータ内におけるオルソ変換に関する仮定の見直しは、歓迎すべき進歩である。しかし、このシステムには依然としてさらなる改良が必要である。特に、オルソ/パラ変換器の設計についてISISのものと比較することを勧告する。また、オルソ比の評価にさらなる注意を払うことを勧告する。

遮蔽プラグ上部の冷却水及び水素配管の切り離し（及び結合）方法の改良に対する努力は推賞に値するが、現在の計画は必要以上に複雑であるように思える。ベリリウム-7の存在が線量分布を支配するが、もし施設が効果的なベリリウム除去装置を備えるならば、ベリリウム-7を大きく減少させることができるだろう。この観点においてSINQ (PSI)の経験は肯定的であり、これを活用すべきである。この作業は6年間隔で計画されているという与えられた事実からすれば、より余裕を持ったスケジューリングが可能であろう。例えば、この作業により多くの時間を許容し、乾燥工程（トリチウム除去）を単純化し、洗浄過程を導入して全体計画を単純化させるべきである。

現在の水素配管結合システムは非常に精巧な設計ではあるが、かなり重たく、空間的制約と高い放射線レベルの条件下では操作が難しい。設計チームは簡略化の必要性を認識しているところだが、委員会は再度、これに相当するSINQとISISで用いられている確立されたシステムについて入念に検討すべきであると勧告したい。

5. ターゲットシステムに関する所見及び勧告

5.1 概念的および技術的問題

新しく導入された平坦化ビームプロファイルにより、ターゲット容器ビーム窓の負荷は大幅に軽減されることになったが、その実現可能性と信頼性については加速器グループと再確認する必要がある。整流板に沿って適切な冷却のための十分な流れが確保されていれば、内部の整流板の直接発熱は必ずしも問題とはならない。加速器がシャープなガウス分布状のビームを輸送するのが可能であるなら、ターゲット及びビーム窓を保護するためにビーム診断系と早いビームトリップシステムが必要となる。ガウス分布状プロファイルによるビーム窓部の応力は非常に高く、この条件下におけるターゲットの寿命評価が必要である。

ターゲット容器の構造健全性に対する圧力波の影響評価、及びキャビテーション壊食を低減する表面処理で原研チームにより優れた進展がなされた一方、MLF 水銀ターゲットの運転条件下でターゲットの寿命がどの程度になるのか信頼性のある評価を下すことはまだ可能ではない。**この状況に鑑みて、水銀容器のビーム窓破損をそれ以上の事象に発展させず、設計により収束させ得るようにターゲット設計に改良を加えるのが賢明であると本委員会は勧告する。**本委員会の意見として、上記の目的はビーム窓から 50～60cm ほどの位置に水銀容器とこれを覆うセーフティハルの間に隔壁を設けることで達成できると考える。これはほとんど完全な密閉空間を作り出し（水銀漏洩検出用放射線モニターのヘリウム配管を除く）、ビーム窓が破損した場合でもターゲット容器接続機器を漏洩水銀による汚染から防ぐことができる。そしてターゲット容器は密閉空間に保持された水銀と一緒に取り外すか、又は適切なドレン配管を用意しておけばそこからバルブを開けることでドレンすることができる。あるいはヘリウム配管をドレン配管として使用することも可能であろう。

水銀容器とセーフティハルの間の水銀漏洩を検知するのは、抵抗線とヘリウム雰囲気中の放射線計測による。ヘリウムガス中の放射能を検知するのは、ターゲット容器中の水銀漏洩を判断するのに間違いのない検出方法であるが、どの同位元素が最も敏感に水銀漏洩を検出できるのか評価しておくのが有用である。抵抗線は水銀漏洩が無くても故障する可能性があるため、複数の系統（最低でも3系統）を装備しておき、少なくとも2系統以上から検知信号が出た場合に水銀漏洩が生じたと判断することを勧める。

圧力波低減のために水銀中にヘリウムガス気泡を吹き込む設備を後から追加することについては、ビームと水銀の相互作用領域近くに気泡を吹き込む必要が有ることに留意すべきである。従って、このシステムを後から追加するために用意しておく配管系は、現在の設計にあるような水銀入口配管に接続するのではなく、ターゲット容器内に気泡を吹き込めるようにしておくべきである。

原研の水銀ループを使った流動腐食試験では、水銀容器の流動腐食は軽微でありターゲット容器の寿命を制限する要因とはならないことが示されたが、これらの試験では、水銀ターゲット容器から水銀をドレンした後に、容器内に残される残留水銀の量を予

測するデータも得られた。これは水銀循環設備周囲で約 1mSv/h という高い空間線量率となり、遠隔操作及び廃棄物処理のシナリオを検討する上で重要な指標を与えた。

5.2 ターゲット容器に与える圧力波の影響

N-TAC1 以後、原研チームはキャビテーション・エロージョンの理解と表面防御の可能性に関する国際協力に重要な貢献をした。

- ・ 表面硬化処理による潜伏期間の拡大：試された 15 種類の表面硬化処理材の内、プラズマ窒化処理材が潜伏期間の拡大に最も効果的である。
- ・ 入力パワーのピッチング損傷への影響：316SS のパワー密度の損傷に対する限界値の存在が示された。これは、SNS ターゲットの 0.5MW に相当する。
- ・ ピッチング損傷に対するバブル動力学と繰り返し周波数効果：ピットは高繰り返し周波数の場合に減少する。これは、パルス入射間隔で存在したバブルに起因する。この効果は、MLF ターゲットの 25Hz 条件に比べて 60Hz や 100Hz の場合に、より顕著に現れる。バブルの残存時間を見積もったバブル動力学シミュレーションは、バブルが 10^4 倍に膨張し、約 14ms 存在することを示した。残存するバブルは負荷パルスに対するダンパーとして作用している可能性がある。
- ・ 潜伏期のパワー、繰り返し周波数及び材料依存性：急激な質量減少 (MDE) が始まる前に存在する潜伏期に受け入れることが可能なパルス数を評価できる半実験式が導出された。潜伏期間に受け入れ可能なパルス数はパワーに対する 4 乗則で表すことができ、パワー密度、パルス数及び MDE に関連したピッチング損傷評価線図が与えられた。損傷ポテンシャルの概念が提案された。未解決な課題としては、表面侵食を受けた材料の残強度が上げられる。それは、比較的大きなピットの底に微小亀裂が観測されたからである。残強度の有意な評価法を定義する必要がある。

これらの知見に基づいた、今後の計画が準備されている。：

- ・ 損傷を受けた表面硬化処理 316SS 材の 4 点曲げ疲労試験。これは、ターゲット容器寿命を評価する上で必要不可欠となる。これを目的として特別に設計した疲労試験機 (水銀中、最大周波数 1kHz) が設置され、現在試験を実施中である。
- ・ Kolsterised 及びプラズマ窒化処理を施した 316SS に対するトリプルビームイオン照射 (Ni^{3+} 、 H^+ 、 He^+ ; 200) による硬度及び組織変化に関する照射効果の研究。表面硬化層、316SS 基材及び 20%、50%加工硬化処理材について照射による硬化度及び組織変化の著しい違いが観測された。
- ・ MIMTM によるピット形成に与える負荷応力の影響に関する試験。
- ・ レーザードップラーによるキャビテーション強度に関する計測。バブル崩壊による高エネルギー密度の衝撃力により音響振動が誘発される。これは、損傷評価が音響振動の計測により可能となることを示唆している。これは、パワーや周波数によらず、バブルの崩壊によって引き起こされる局所的な衝撃の結果である音響振動の高周波成分により定義される損傷ポテンシャルを使うことにより、浸食された領域または MDE の割合を予測可能にするものである。

勸告

当該委員会はこれらの研究及び国際協力のサポートの継続を勧告する。特に、原研チームは以下の項目について実施することを奨励する。

- ・ プラズマ窒化処理の有用性の機構を解明するために、X線回折や透過型電子顕微鏡を用いて、微小组織の観点から検討すること。
- ・ 潜伏期間の増加は表面硬化層の厚さに依存する可能性があることから、316SS材のプラズマ窒化処理層の最適厚さを検討すること。
- ・ 主亀裂がどこから、どのように進展するかを決定するために、パルス数の関数として、亀裂の成長挙動を調べる。サイクル数に対するMDE曲線は、316SSの損傷形成の定常状態において基材の硬化層からの勾配によって変化する。
- ・ 表面硬化処理層や加工硬化の程度により、主亀裂の進展が生じるか否かを検討すること。
- ・ 損傷ポテンシャル概念の質量減少定常状態への適応可能性について検討すること。
- ・ 残強度概念の明確化。MDEは単に容器壁厚の減少を意味し、あるいはさらなる結論を導出する可能性はあるが、今までのところ侵食を受けた後の容器壁の工学的残強度に関する手がかりを与えるものではない。したがって、残強度を評価する方法を見いだすことは最も重要なことである。同様な表面損傷を創出でき、かつ単調で無い他の方法を用いることも一策であろう。

6. 運転及びリモートハンドリング（遠隔取扱）の問題

設計チームは、主なりリモートハンドリング作業を確認し、より現実的でかつよく考えられたメンテナンス手順を構築した。重要な水銀ターゲット容器（接続配管部）のシール方法に関する実規模モックアップ試験が行われ、設計要求に合致することが示された。また、ターゲットモジュールとヘリウムベッセル間シールのモックアップ試験も行われ、設計要求に合致することが示された。詳細に関するいくつかのコメントを以下に示す。

交換及びメンテナンスのための一般的な設計思想は、受け入れられるように思われる。いくつかの詳細なコメント及び勧告を以下に示す。

ホットセルへの人員の入室に関する方針は、詳細説明を必要とする。もし水銀が漏れた際にはセル内における線量率は非常に高くなることが想定される（1ミリリットルの水銀は1m離れたところで10 mGy/hの線量を与える）。討論において、あるグループはセルへの入室が可能であることを想定し、あるグループはそれを想定していないことが明白になった。

コアベッセル挿入物やそれらの遠隔操作手順に関して何ら設計情報が示されなかった。これらは、SNSの設計においては大変な努力を必要としたものである。幾つかのモックアップ試験が実施され、専用の工具類が開発された。幾つかの最初概念は、

最初の試験の後で重要な変更を必要とした。挿入物には水冷却が必要とされ、このことがシステム設計を複雑にし、交換のための特別な工具類が必要となった。工具類に必要とされるスペースは、ベッセルポート、埋込ボルト及びポート周辺の遮へいのレイアウトに影響を及ぼした。これらシステムの設計は相当に検討され、必要であればハードウェア変更を設計に組み入れるために、適宜モックアップ試験が実施されるべきである。

考案されたシャッターゲート挿入物のインストール手順は、例えば内包するガイド管を如何に調整するかというような、いくつかの必要とされる機能を欠くように思われる。またシャッター挿入手順の検討には、多くのエネルギーが投入されていないように思われる。このため試行錯誤し、学んだものに基づいて前進することは、役に立つものと考えられる。

委員会は、長さ 2 メートルのシャッター挿入シェル材料としてのアルミニウムの選択を心配している。要求精度を満たす製作は難しいように思われ、パスに沿った中性子のストリーミングを最小限にするために必要とされるはめ合い構造にて、それをシャッターにスライドさせて入れることは難しく思われる。

提示された陽子ビーム窓のための設計解析は、少なくとも 10 年のアルミニウム窓の寿命を示した。陽子ビーム窓アセンブリの交換周期は、ビーム診断系の予備的な寿命の評価に基づき 2 年であった。

コメント及び勧告

全 般

- セルへの入室が決して必要とされないように、システムを設計するように強く勧告する。運転を開始した後で入室が可能であることが分かればそれはボーナスと考えられるが、しかしその反対が真であれば、入室が可能であることを想定し入室が不可となった場合には、それは失敗となるだろう。

ターゲット交換

- 水銀シールのモックアップ試験は、シール表面が損傷を受けることが無いことを実証するために、ターゲットパーツの完全な除去及び再挿入を伴う繰り返し試験を含め継続すべきである。
- リンク機構を用いた遠隔調整機構は、異なるターゲットモジュールの製作許容差を許容できるか実証すべきである。
- セーフティハルの下部はアクセスする事が難しいと思われるので、固定するために必要なボルト数を減少させる方法を評価すること。
- ターゲット容器をインストールするためのターゲット交換台車から駆動機構を取り除くことを評価すること。ホットセル床面に位置合わせ機構を持つことにより 20 トンクレーンを用いてターゲット交換台車を精度良く設置し、ターゲット台車の駆動機構により 2 つのコンポーネント(台車)を近づけることが可能であるかもしれない。
- (セーフティハル内側の)ヘリウムスペースへの水銀漏洩が通常のターゲット

交換の中で考慮できるように交換計画を立て、このことがホットセルや装置の重大な汚染を引き起こさないようにすべきである（前述の通り）。

- ・ ターゲット交換時における水冷却配管や他のユーティリティの遠隔操作に関する詳細を、モックアップ試験やビデオシミュレーションも含め検討すべきである。
- ・ クレーンを含む遠隔取扱装置の故障を系統的に考慮し、通常状態を逸脱した事象（異常事象）の評価を行い、回復方法を構築すべきである。
- ・ ターゲット交換時間は、水素システムやベッセルシステムなどの他のシステムを構成するために必要とされる時間を含めて評価されるべきである。1週間は、楽観的であるように思われる。

反射体及びモデレータ

- ・ 冷却水配管を取り外す前に乾燥期間を確保できるように評価すること。これは、総合的にさらに効率的かつ経済的であるかも知れない。
- ・ ハンズオン（手作業）で実施する全ての重要な作業についてモックアップを考案し練習すること。これは、変更が必要とされる場合にそれらが（設計に）組み入れられるように、十分に早期に実施されるべきである。
- ・ 個別の掴み工具をインストールする必要性を排除するように反射体プラグに機能を加えることを検討すること。
- ・ ホットセル内におけるハンドリングは、再使用されるアルミニウムアセンブリ用の工具を水銀汚染なしでできることを確実にすること。

コアベッセル挿入物とシャッター挿入物

- ・ コアベッセル及びシャッター挿入物への（製作）精度要求は、拘束力のある文書に定義しておく必要があり、製作及び設置精度を再現するための手順は、より多くの注意を払い、改良がなされるべきである。
- ・ インストール及び位置合せ手順のモックアップ試験が、非常に望まれる。

陽子ビーム窓

- ・ 大きく異なる予測寿命をもつ陽子ビーム窓とそれに取り付けられた（ビーム）診断装置に関し、我々は、診断系を独立に交換するか、診断装置無しで運転するか、あるいは、上流にある他の診断装置で初期校正後にシンプルで丈夫な物に交換できるか評価することを勧める。これは、廃棄物保管要求を減少させるであろう。

7. まとめ

プロジェクトチームによる MLF 機器設計及び発注の進展は驚くべきものである。しかしこれによって、望ましくない結果の程度に対するパラメータやケーススタディによる具体化が行えないまま、初期の段階においていくつかの決断をせざるを得なかった。経験に基づいた推測の多くは妥当であると結果的に判明したが、デカップラ材料として AIC を用いるという最近の決断のように、より緩やかなスケジュール事情下であれば、その影響（この場合は過度に重たい反射体プラグ遮蔽そしてこれに呼応する

high-bay-area (訳注：大型機器取扱作業室) の大きなクレーンが必要となったこと) を最小限にとどめることができた可能性があるいくつかの事例が存在する。第1回委員会の場で、その波及効果は何であるかを直接に理解することなく、未解決な決断について知らされたことについて、委員会は少し不安を感じる。その一方で、このような素早く進展するプロジェクトであるにも関わらずTAC会合間の間隔が長いことにより、全ての側面を詳細に評価する事ができる訳ではないというリスクを常に負っている。それにも関わらず我々は、我々の仕事がプロジェクトに対して肯定的な影響を与え続けることを期待し、またプロジェクト管理者及びチームに対してその寛大さと信頼に感謝したい。

ユーリッヒ、2003年11月11日
レビューチームのために
議長 Günter Bauer