

JPARC Materials and Life Science Facility Technical Advisory Committee
(N-TAC)

Report on the Fourth Meeting

Held at JAEA Tokai Site

Nov. 14-16, 2005

諮問委員会の結論と主要な勧告

これまでのように、TAC 委員は、JSNS プロジェクトのスタッフが示した共同プロジェクトをサポートしうる工学的及び科学的成果の質に感銘を受けた。建設の進展は最も印象的であった。プロジェクトチームメンバーは、限られた予算の中で十分機能的に作業を進め、プロジェクトの成功に専念している。

N-TAC メンバーは、JAERI からの新しい JSNS 組織への移行が大きな困難を伴わずにスムーズに行われたこととの印象を受けた。さらに、M-TAC が設置されたことにより、N-TAC におけるこの分野に関する責任が幾分回避されたことに感謝する。

JSNS プロジェクトは急速に施設のコミッショニング期間に近づきつつある。いくつかを除けば、ターゲットステーションの設計は完成し、機器製作が進展している。ここには技術的変更の余地はほとんど無く、それ故、委員からのほとんどの質問は、試験内容、コミッショニング、保守計画に関連している。

チームは、前回の NTAC で出された助言や勧告に対応した、可能で詳細な設計の改善を継続して実施した。これはシステムの安全及び性能についていくつかの明らかな改善をもたらした。不幸にも、大変な予算制限により、挿入機構を有するシャッター及びミュオンと中性子源ターゲット間のビームラインなどの保守やアライメントが困難となり、作業時の放射線被爆量が高くなる可能性がある。すなわち、挿入機構を有するシャッター及びミュオンと中性子源ターゲット間のビームラインなどである。

NTAC が早急に対策を昂じるべきであると考えた最も重要な領域は次のようである。

圧力波/キャビテーション壊食抑制技術: WNR 実験におけるレーザードップラー計測信号は、損傷とビーム出力との 4 乗則の関係を支持する結果となっていないように思われる。ターゲット容器に負荷されるキャビテーション衝撃を本システムにより計測するのであれば、4 乗則の確認をするかあるいはレーザードップラー計測系の改善を行うかが差し迫った課題として要求される。

水銀ループに設置されるポンプの概念: NTAC としては、現在製作が進行しているギヤポンプを水銀循環施設の水試験として使用することは好ましいが、依然として長期の実運転時にそのまま使用することには危険があると考えられる。それ故、水銀循環系試験後、可能な限り早い時期に電磁ポンプへの変更のための計画と準備を行うことを勧告する。

ターゲットへのビームフットプリント: ターゲット窓に入射するビームは通常の 4 倍程度の電流密度を有するような調整が可能であるように思われる。キャビテーション現象が強調されることとは別に、この調整により多くのターゲット容器で遭遇する共通の破損形態を引き起こす可能性がある。これは受け入れがたい事象である。フルパ

ワー時にこのような調整が不可能であるように検討することを強く助言する。

シャッター挿入機構に関する保守手順とアライメント: 提案されているシャッターの交換とアライメント確保の手順は複雑であり、十分な信頼性を欠くことになり、施設稼働中に何度か実施されることを想定すると、作業員の被爆の危険性が懸念される。この複雑性の多くは厳しい予算制限の結果と考えられる。

認可手続きに要するスケジュール/時間: NTAC 委員会は他国で通常行われるような認可当局との事前協議は日本では困難であるとの情報を得ている。しかしながら、事前協議の実施には細心の注意を要することであるが、本プロジェクトの新規性を鑑みれば、プロジェクト及び研究所としてそのような事前協議を試みることは価値あることと思われる。

1. はじめに

以下のメンバーから構成される第4回 N-TAC 委員会が、2005年11月14～16日に日本原子力研究開発機構東海研究所にて開催された。

Dr. Guter 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

前回のよう、プロジェクトチームの委員会に向けて実施された準備内容は好評ですばらしかった。我々は、効率的に委員会を運営/準備をしたチームとプロジェクト運営及び我々を十分信頼してくれていることに対して心より感謝する。技術的な現状に関する報告は良く準備されており、さらに最も印象的であった建設現場の視察は現状を知る上で有効であった。

第4回委員会はプロジェクトの完結時期に移行しつつある時点で開催された。多くの機器はすでに製作に着手あるいは進行中である。したがって、主な討議点は、安全、コミッショニング、及び保守についてである。プロジェクトチームは助言を全て忠実に受け入れることから、委員会は助言及び勧告を強調することを控えるものである。常に、我々は有用性の観点からコメントを提供するものである。

再度、委員会は前回までの NTAC で出された助言や勧告がプロジェクトチームにより十分検討されていることに感謝する。それらがふさわしいと判断された場合には採用され、設計及び手中に変更がなされた。プロジェクトチームは機器製作及び品質保証に関する課題について十分注意を注ぎつつ、さらに試験計画、コミッショニング、運転安全の課題に関する作業を進めている。

委員会の所見と助言の詳細な報告はまとめのセッションで紹介され、本報告書の完成を待たずに作業を進められるように、すでにその資料は渡してある。

本報告書の構成は委員会におけるプレゼンテーションの順序を踏襲しているが、いくつかの安全に関わる課題については関連した章に含む形でまとめている。

2. 水銀ターゲットとターゲットシステム

圧力波効果

委員会は、JAEA チームが実施したキャビテーション/浸食/疲労/微小気泡による抑制効果に関する現象解明の進展に大きな感銘を受けると共に、複数の研究機関による一層の進展を期待するものである。

浸炭と窒化処理を行う革新的な概念であるプラズマ表面処理技術は SA316L (固溶体化処理材) の曲げ疲労強度を改善しているが、20%CW316L (20%冷間加工処理材) については十分でない。したがって、316SS における微細組織の効果が重要であると考えられるため、その効果をさらに検討すべきである。

20%CW316L の曲げ疲労強度に水銀浸漬による劣化効果は重要であることが示された。上記のコメントと同様に、これらの劣化効果については、ターゲット容器寿命を延伸するためにも、異なった微細組織を有する 316L 材を用いて検討すべきである。

理論的及び実験的根拠は、微小バブルが圧力波を抑制する効果を有する可能性を示唆している。さらなる検証と効果の最適化に加えて、バブルの含有率と大きさを制御できるバブル生成技術の開発が求められる。ドリル加工孔や焼結法による複数孔を有する気泡発生要素の製法については、いくつか検討されている。委員の一人が他の方法を提案しており、以下に記述する方法を試みることを提案する。

当該法はタングステン粉体 W と高純度の銅線 Cu を用いた粉体冶金技術に基づいている。W と Cu は十分異なる熱膨張係数を有しており、高温においても反応層を形成することなく、さらに Cu は延性が非常に大きく破損しにくい。HIP 用容器内で、Cu 線は要求する適度な格子状に注意深く配置し、それらの空間は W 粉体で満たす。Cu と W を含む容器は脱気後、真空封入し、すなわち、Cu の溶解温度よりわずかに低い温度領域、1000 ~ 1100 °C で HIP 処理を行う。HIP 処理温度中は、W と Cu は接触状態にあるが、温度を大気温に戻す過程で、Cu の W より大きな熱収縮により、Cu 線に沿って隙間が生じる。このことは、容易に Cu 線を引き抜き除去できることを示しており、マイクロサイズのチャンネルを W 粉体焼結材に導入できる。バブル生成要素の最適化を図るためには、Cu 線の直径や設置空間、HIP 温度、圧力、冷却速度の効果を調べる必要がある。

前回のよう、委員会は圧力波の問題について精力的に解を追求すべきであることを強調する。特に、早急に解決されるべき不一致性について以下に列記する。

- (1) 委員会は WNR 実験で成功裏に現象を計測したことを嬉しく思い、その結果についてさらに理解を深めたいと切望する一方、レーザードップラー振計測結果は、損傷の 4 乗則と一致しないという初期結果をについて心配している。この件を解決することは非常に重要である。なぜなら、以下の 2 つの可能性のどちらかを示しているからである：4 乗則は正当でない、あるいは、現状の LDV 計測はキャビテーション損傷評価に適当でない、ことになる。この要因は、今後の検討を進める上に非常に重要である。
- (2) MIMTM ループにおけるバブル注入効果は、WNR での計測結果に一致していないピーク圧力の上昇を示した。これは、ガス層破壊による衝撃圧の上昇であるとの説明がなされたが、未だ決定的な証明になっていない。委員会はこの課題について、積極的に追求することを求めたい。

他のバブル生成技術、例えば加圧溶解法を用いた気泡生成技術などは検討すべきである。

セーフティハル設計及び製作

前回の NTAC でのコメントに対応し、MLF チームによってターゲットの詳細設計が再検討された。重要な事項は、ビーム窓部の水銀容器とセーフティハルの隙間を 8mm から 5mm に変更したことである。隙間のヘリウム空間を 0.3MPa に加圧することにより、

水銀が水銀容器からヘリウム空間へ大量に漏洩して、しかも陽子ビームが直ちに停止しなかった場合でも水銀の沸騰を抑制できることが示されたが、水銀温度は 440 まで上昇するので安全マージンは非常に少ない。

ターゲット容器の各部をワイヤーカット法やボルト構造と言った異なる方法を混ぜて製作することは、製作の制御を難しくするといったリスクを招くことを考慮すべきである。そして 2 つの手法に関する問題を解決する必要性が生じる。すなわち、一つの方法で解決する方が望ましいと思える。委員会は、ターゲット容器全体をワイヤーカット技術で製作することを提案する。

この話で、水銀容器のパーツを鋳造で製作することが検討されなかったかという疑問が挙がった。

静止水銀による有害な影響は 20%冷間加工 SUS316 材の疲労強度に対して重大であり、繰り返し回数に対する疲労強度の劣化の度合いが高周波領域で顕著になることが示された。20%冷間加工 SUS316 材の破損表面は、静止水銀中で試験を行ったものが、空気中でのものと全く異なるパターンを示した。利用可能なデータが非常に限られ、照射による有害な影響等を重ね合わせると、ターゲット容器寿命を延ばすために、有害な影響の緩和に対する微細構造の効果を、異なる微細構造に制御された SUS316L を用いて徹底的に検査するべきである。

水銀主配管フランジのシール材にメタルシールを用いると、高いシール締め付け力が必要であり、長い期間にはフランジ表面がダメージを受けると考えられる。何回かターゲット容器を交換すると、十分なシールが確保できなくなるかもしれない、これは ISIS でも経験のあることである。現状の設計ではフランジ交換が可能になっておらず、必要な時に交換できるようにすることを推奨する。

委員会は水銀配管のシール性に対する、機器の温度変化の影響を考慮することの重要性を強調したい。

その他の懸案事項として、定期的に交換する必要があるターゲット容器のサイズが、非常に大きいことが話題に挙がった。もしもターゲット容器を設計し直して、より小さな部分だけを交換すれば済むようにすれば、低減できるコスト要因は非常に大きなものとなる。プロジェクトチーム(勅使河原氏)より提示された概念は SNS で採用しているものと同様な水平面でのフランジ結合となっている。JSNS の工程からすれば既に遅くはあるが、できることならターゲット台車にも変更を加えて、ターゲット容器のこのような単純化を図ることが出来れば非常に有益である。工程に遅れを生じさせないことを前提に、ターゲット容器設計チームでこのような概念の可能性を探ることが望まれる。ターゲット容器外形は基本的に変わらないので、コミッションの後でこのような新しい概念のターゲット容器に入れ替えることも考えられる。

大きくて重いターゲットキャスクのサイズと重量を減らす代替案として、ホットセル内で放射能の高い前方部分を他の大きな部分やフランジ部から、例えばノコギリで切り離すといった可能性の検討を委員会は提案する。これにより、放射能の低いター

ゲット容器の大部分を少ない遮蔽で運搬可能となる。

ターゲットループ及び制御システム

広範囲な議論や試験にもかかわらず、水銀ループに用いるべきポンプのタイプに関しては未決問題である。現在の計画は、今まで通りにギヤポンプを採用し、漏れが減少するように設計の改良がなされている。ギヤポンプのシール材料に関して、W ベース/Ni ベースの組合せは、4 つの組合せ (W ベース/Ni ベース、SiC/Ni ベース、W ベース/W ベース、SiC/W ベース) の中で最も良い選択であることと分かった。材料特性はその組成に強く依存することが良く知られているので、W ベース、及び、Ni ベースの各組成は正確に指定されるべきである。

それでもなお、委員会は、永久磁石の電磁ポンプがギヤポンプより水銀ループのための良い選択のように思われる。1 つの欠点は、コミッショニング期間に、電磁ポンプを用いた水によるループのテストが不可能であろうことである。このため、初めにループにギヤポンプを装備することは良い妥協であろう。しかし、後に電磁ポンプへの交換が可能である設計であることを確認すべきである。この概念の更なる利益は、電磁ポンプの設計を最適化し、オフラインで電磁ポンプをテストする時間をプロジェクトに与えることであろう。別の方法として、十分な設置空間があるならば、遠心性のポンプを検討する価値があるであろう。

ターゲットのインターロックシステムには水銀温度を含むべきである。水銀ループには、計測のさらなる多様性や冗長性が必要とされる。例えば、入口、出口の流量や更に多くの圧力測定である。

委員会は、フルパワービームがフォーカスして正常な電流密度の 4 倍を与えるとと言う情報に不安を感じる。この場合、ターゲットシュラウドの全てのシェルが同時に破損する可能性があるため、これは安全に関して重要な問題である。委員会は、ハードウェアによってターゲットでピーク電流密度を制限する方法を見出すことプロジェクトに勧告する。

確実にトリチウムを測定する唯一の方法は、水を経てガスサンプルを泡立たせ、そして、トリチウムを液体シンチレータでカウントすることである。トリチウム吸収の効率を測定するのにそのようなシステムを考慮するべきである。

3. モデレーター

モデレーターや水素輸送ラインの製作は大変複雑である。設計チームはこの製作について十分な議論を行い、結合型モデレータの試作機の製作を通して、製作が成功するように詳細な製作手順を確立するとの報告だった。包括的な試験、検査を整備し、非常に注意深く製作を行わなければならない。請け負ったメーカは、この製作が完遂でき、技術を持ったふさわしい製作者が必要だと思われる。モデレータの製作は施設のライフタイムの間繰り返されるので、すべての製作パラメータや経験に関する非常に詳細なドキュメントを残しておくことが重要である (失敗した経験も含め)。こういったことは、メーカから得ることは時には難しいが、設計チームは、強く要求すべき

である。

実際の局面形状を持った AIC の製作は AIC と AI5083 の HIP とマシニングを用いることによって達成されよう。しかしながら、HIP における変形を無視できるレベルにとどめるために AIC と AI5083 の隙間を少なくすべきである。我々は、製作後のものに対して超音波による測定を薦める。

4. シャッター

シャッター内挿入物のアライメント

提案された JSNS のシャッター内挿入物のアライメント手順は、かなり複雑で時間がかかるであろう。また、内挿物のアライメントを運転開始後に行う場合、作業員を放射線場で作業させることになる。これら不利益と実験装置に導かれる中性子束の増加割合とは、よくバランスさせなければならない。

NOBORU 実験装置におけるシミュレーションが示すところでは、シャッターを調整可能な範囲内で回転させることによる中性子束の積分強度の変化は、試料位置で僅か 4% である。しかしながら、ISIS での経験によれば、シャッター内挿入物がガイド管である場合、そこでのミスアライメントは中性子束の大きな損失に繋がる。委員会は、ガイド管を有するシャッターのみアライメントのための微調整を行うことを勧める。

シャッター内挿入物のコリメーションは、ビームパスから設定される理想値よりも僅かにゆるくすべきで、そうすることにより少々のミスアライメントがあったとしてもモデレータを見込むサイズが制限されず、それによるバックグラウンドの増加も防げる。シャッター内挿入物のガイド管も同様であり、このようにすることで中性子強度のロスは最小限に抑えられる。

MLF の実験室床の測定基準点は、装置の設置が進むにつれて埋まっていってしまうだろうが、将来にわたってアクセス出来るものが十分残るようにすべきである。将来的には、新たな測定基準点の設置が必要となるだろう。

シャッター 機械的なアライメント

シャッター駆動機構の周りは、空間的に非常に狭く、各機器へのアクセスはかなり制限されている。

委員会は、簡便な駆動機構周りのモックアップを作り、そこに十分な作業空間が初期インストール時およびメンテナンス時、シャッターブロックの引き抜き時において確保されているかを、試験することを勧める。

シャッターブロックとシャッター間構造体の隙間は 20mm である。シャッター駆動機構のモータが動き始める瞬間の軸回転方向のトルクが掛かかりシャッターブロックがねじれ、シャッター間構造体に当たらないようにするための構造は存在しないように見受けられる。

委員会は、簡便なガイドシステムを追加することを、考えてみたらどうかと提案する。

JSNS のシャッター支持システムには、何点かの固定点が存在する。これらの固定点には、損傷や吊り上げ機構に過度な摩耗を避けるために、非常に精密なアライメントが必要である。最も大事なことは、シャッターブロックはフリーに吊られていることである。駆動モータが動き始める時、軸回転方向のトルクが発生するが、この力をどこで吸収しているのかが明らかでない。固定点(図中のギアボックスもしくはガイド) に高い負荷がかかる危険性があり、許容できないのではないかと。

委員会は、早急にプロトタイプもしくは実機の一台を用いた動作試験を行い、シャッターシステムの運用性を確認することを勧める。

クレーンの容量は、シャッターブロックの重量をはるかに超えている。シャッターシステムのメンテナンス時に重量計システムを用意しておけば、シャッターの一部が(他の構造物に) ぶつかった場合の損傷を防ぐことができる。

5. 低温システム

低温システムにおける制御方法が修正された。冷凍機を通じて制御は行わず、その代わりに、ヒーターによる制御を行う。ヒーターにより与えられる熱負荷量は、陽子ビームの出力を測定することにより決められる。すなわち、水素システムに与える熱負荷が一定になるように、低温システムの応答(投入負荷量のこと) は、陽子ビーム出力により調整される。

新しい制御方法が、以前の制御方法を改良したものであるが、陽子ビームを通じて間接的に測定するよりも、モデレータでの熱負荷を直接測定することを、少なくとも、第二の、独立のパラメータとして考慮すべきである。

低温グループは、制御システムを模擬する解析モデルを開発した。その制御方法は、想定した運転状態について制御可能であることが示された。シミュレーションは、(流路を一周する時間は 113 秒であり) 30 秒以内に対応することにより、水素システム内の圧力は、許容範囲内に抑えられることが示された。(陽子ビームパワーが 0.1MW ~ 1.0MW の時) いままでのところ、それらの計算は妥当に思われる。起こりうる全ての状況に対してシミュレートできるよう評価を続けるべきである。

低温システムの異常事象に関する対応計画が進捗し、広範囲にわたってまとめられた。さらなる詳細を付け加えていくべきである。これは(異常事象への対応検討) コミッショニングの中で継続され進められ、運転時期の運転経験としても続けられる作業である。現在リストから欠けている事象として、例えば、ヘリウム層に水銀が漏れた場合やモデレータに水銀が付着する場合は挙げられる。

おそらく、このリストや分類は専門家によりレビューを受けるべきである。

低温システムのコミッショニング計画は、基本的な内容を網羅しているように思われる。コミッショニングでの 100-kW ビームでの低温システムのコミッショニング要求は、コミッショニング試験をいたずらに遅らせるように思われる。すなわち数 kW でのコミッショニングでほとんど試験ができるだろう。委員会は、初期の低いビームパワーでどんな試験ができるかを決定することを薦める。さらに、分光器研究者が何を必要としているかを検討し、コミッショニング計画のレビューを継続して行くべきである。

6. ビームラインアライメント

物質生命科学実験施設建家の進行中である著しい沈下は、関心事である。これまでのところ沈下の飽和は観測されておらず、さらなる荷重の増加とともに沈下が継続することが予測される。ビーム輸送系の調整機構は存在するが、極めて面倒なものである。もし大幅な修正が必要となったとき、これは深刻な障害となり、また恐らく大きなスケジュール遅れを生じさせる。いつ、どこで、そしてそもそも沈下は落ちつくのかどうかは明白ではないため、沈下を吸収できるようにビーム輸送ラインにさらに柔軟性を持たせることが、大いに望まれる。

7. ミューオン ターゲット

ミューオン施設の為に M-TAC が開催されたことはよい動きである。第一回 M-TAC や N-TAC で報告された勧告やコメントが十分に支持されている。

一つコメントするならば、ミューオンターゲットエリアに設置される鋼材の広範囲な使用に関して、メンテナンス等のために人が近づくことは計画されていないが、大理石コンクリートなどで放射しにくい層で覆うことをしておけば、機器を引き出すときに線量を低減することから効果的であったかもしれない。しかしながら、このような手法は建設の進捗を考えると、そのような対策を講じる時期を逸してしまっていることを我々は認識している。

8. 安全設計

一般的なコメントとして、委員会は施設及び作業手順の全体的な計画において安全に関する課題が十分に配慮されていること喜んで報告する。委員会は、残念ながら日本においては最終の許認可申請の前に、安全上の課題について許認可を行う側の専門家を巻き込んで検討することができないことを知った。他のいかなるプロジェクトにおいても、早い段階で許認可を行う側の専門家と接触することが非常に役立っていることが示されている。実際、許認可を行う側の専門家と良い関係を築き、相互信頼を得ることができ、ひいてはシステムの安全設計をスムーズに行うことができるようになる。早い段階で許認可を行う側の専門家の意見を求めることができない場合は、プ

プロジェクトは異なるシステムを想定して規則や規制に取り組まなければならない、そのような規則、規制の複合によっては、JSNSのようなプロジェクトには適切でない条件になる。特に、許認可申請時に許認可を行う側の専門家がプロジェクトの詳細を理解し、疑問点をまとめるのに時間がかかり、また、プロジェクトはそのための文書を作成するのに余分な時間がかかってしまうので、許認可が遅れる可能性がある。委員会はプロジェクトと実験施設管理者が許認可を行う側の専門家と許認可の前にコミュニケーションを確立する努力をすることを薦める。

様々な異なる問題が「安全設計」のタイトルの下で発表された。多くの場合、委員会の意見は個々のシステムや関連する手続きの中に入れられている。以下は、それらを簡潔にまとめたものである。

- ・ 気体廃棄物処理システムの考え方は適切である。モレキュラーシーブと酸化銅ベッドの効率を維持するため、水銀フィルターの効率を注意深くモニターすること。
- ・ インターロックの設計では、信号の冗長性、多様性を図り、早い検出が達成できるように水銀循環系検出器の配置の適正化を図ること。例えば、水銀循環ポンプのインバーター不良信号あるいはポンプ出口の流量計測ではポンプとターゲット間の水銀リークを素早く検知することはできない。また、様々な温度信号を得ることにより、熱的なロスの検出を図ることができる。
- ・ 水銀システムの故障やリークが起こった時、水銀がアルミでできた機器に付着しないようにする必要がある。
- ・ 実験装置の扉の開閉についてもシャッターと同様に記録をとるべきである。
- ・ 全面マスク、防護服を着用してホットセルに入室する場合は、作業者と外部の間で通信手段を確保すること。
- ・ 作業時間と被曝線量を減らすため、ホットセルでのハンズオン作業の予行練習用にモックアップを準備すること。
- ・ 重量物による機器の損傷を避けるため、クレーンに適切なインターロックあるいは停止装置を講じること。

9. ホットセル入室作業

N-TAC4 の発表において、ホットセル内への入室作業は極めてまれなことと予想しているが、入室は可能であるとした印象を受けた。仮定した条件下で適切な防護処置を施せば入室は可能であることが解析によって示された。ハザードが解析中での仮定に比べて高い（例えば、もし大規模な水銀漏洩が起こったり、除染が完全にできなかったりした場合のような）危険性は残る。

保守または修理作業に対して入室作業が必要とされる装置の模擬体は、作業の訓練や時間短縮のためにとっても重要である。

ホットセルへの入室ができなくなった場合のような不測の事態に対する計画が必要であると委員会は考える。

セル内作業時の作業員間の意思伝達は重要であると思われるが、提案された全面マスクはこれを困難にする。

- 入室前に主要な放射線源の周りに一時的な遮蔽体を設置することは可能か？
- 故障時と同様に日常的な保守作業で入室が必要ではないか？（例えばパワーマニピュレータについて）

10. 機器メンテナンス

主要大型機器の遠隔操作によるメンテナンススケジュール

全体的なスケジュールはよく考えられており、予測されるメンテナンスに対して十分なシステム停止期間を見込んでいる。以下に見直しを行うべき点を挙げる。

モデレータ/反射体の交換に必要とされる 14 日間という期間は、同様な操作を考えた時 LANCE や ISIS に比べて短い。LANCE の反射体プラグ交換は 2 ヶ月を要し、ISIS は現状で 21 日のカレンダー日数が必要である。JSNS は LANCE の作業と似ており、より多くの遠隔操作を要することから必要日数を最低でも 20 日に引き上げた方がよい。

シャッター挿入物の交換周期は、新しい装置が設置されることを考えると一年に 2 つで考えた方がよい。始めの数年は加速器の出力レベル低く、ターゲット容器や他の機器の交換頻度は低いであろう。

加速器の出力上昇スケジュールを考慮したメンテナンススケジュールを立てるとよい。新しい実験装置の設置により多くの時間を割けるであろうし、ターゲット容器や機器の交換頻度も現状の想定ほど多くはないであろう。

水銀循環設備のメンテナンス及びターゲット容器交換台車の設計現状

キーとなるメンテナンス操作が網羅され、初期の遠隔操作方法も良く検討されている。機器の故障確率が軽水炉のデータを基に評価されていたが、新しいシステムやギヤポンプ、熱交換器を水銀に使用するような新しい適用例では故障確率が非常に高くなりがちであることを認識しておく必要がある。また、インセルクレーンやパワーマニピュレータの故障確率は報告に含まれていなかったが、これらの確率も高くなるかもしれない。

水銀ポンプのモックアップ試験が開始された。これは非常に重要であり、キーとなる遠隔操作を実証するのにできるだけ実機に近い状態で行うべきである。このようなモックアップ装置を用いた実証試験や、後に行われるホットセルでの実機総合試験は将来の遠隔操作訓練のためにビデオで撮影しておくことよい。可能ならば、モックアップ試験は実機相当のインセルカメラのアンクルと照明で行う方がよい。

遠隔操作がうまく行くことが確認できたら、全ての手順を正式な手順書にまとめるべきである。この手順書とビデオは将来の遠隔操作訓練のための教材となる。

インセルクレーンやパワーマニピュレータについて、グリスアップや点検などホットセル内で必要とされる保守作業について議論がなかったが、これは定期的なホットセル入室の原因になりうる。もしそうなら、立ち入る領域を明確にして入室可能であることを確認する手順を踏まなければならない。パイプの切断による（放射性）ゴミなどが、これら立入領域に発生しないようにすべきである。

インセルクレーンやパワーマニピュレータについて重大故障からの復帰方法の議論がなかった。（まだ検討されていないならば）考えられる故障を抽出し、復帰手順を考えておくべきである。

減速材／反射体集合体の遠隔操作に関する開発現状

遠隔操作計画はよく考えられており、キーとなる重要な点も認識されている。設計の進捗はすばらしく、減速材交換と全体の操作シナリオは妥当であると考えられる。いくつか詳細なコメントを以下に記す。

アタッチメントツールを正常に装着するために、水素輸送配管構造には非常に厳しい製作公差が必要であることが分かった。アタッチメントツールは水素輸送配管制作時に使用するものと、実際の遠隔操作に使用するものの2組製作することを考えるべきである。

パイプ切断装置はビデオで見せられたような激しい切断にならないようにさらに改良すべきである。小さな断片でもホットセル内に飛散するとホットセル入室が困難となり、他の機器を損傷する危険性もある。

シャッターとシャッター挿入物の保守

（シャッター）交換操作は、一般に、アクセスや視野の制限により複雑になる。駆動機器周りへのアクセスもモータ動力ケーブルのケーブルトレイや、シャッターコントロールケーブル等の附帯機器類が（検討に）含まれていない。物理的な干渉や放射線量を考慮し、全ての機器への十分なアクセスが可能とする詳細な計画を継続的に検討する必要がある。以下に、いくつか詳細なコメントを示す。

（シャッター）交換計画には、（放射能）汚染を検知し、必要に応じてそれを制御する対策が含まれるべきである。
放射化したシャッターに新しい挿入物を入れる際には、おそらく線遮蔽やキャスクが必要とされるだろう。

シャッターブロック（シャッターゲイト）を取り出すための吊り上げ操作では、連続して吊り上げる際、シャッターブロックがキャスクやクレーンに干渉する危険がある。この操作には、ロードセル（荷重計）を取り付け、シャッターブロックがキャスクに入るようガイドする調整機能が必要である。

キャスクを通じてシャフト上のシャフトグリッパーをつかみに行く操作は難しく思える。そこで、この操作のモックアップを作り、問題の抽出や対応策を検討することを薦める。

11. コミッショニング

システムコミッショニング

全体計画は全ての主要な機器に対して良い総合試験となっている。また、それらは要求事項に合致している必要がある。

経験豊富な遠隔操作の技術者をスタッフとして参加させてテストを行うことは非常に貴重であり、予算さえ許せば是非行うべきことである。SNS では、これを行えばらしい成果を得、結果として、多くの設計の改善がなされた。

オフビーム総合試験とオンビームスタディー

水銀試験の期間延長はよい変更であり、ポンプとループに関する問題を特定できるようになる。

SNS の経験では初めに水ループテストを2週間程度行うことにより、据付、ソフトウェア、フィルターの通気および清掃といった問題を解決することができた。初期の運転においてインラインスクリーンフィルターを入れた。パイプは清掃されたにも関わらず、ほとんどの場合フィルターは直ぐにゴミで詰まってしまった。初期運転の後に、フィルターは取り除かれた。このテストにより、非常に多くの計測機器の問題やソフトのコントロール画面の問題を発見できた。経験上、水ループ試験期間を5から10日にすることを推奨する。

遠隔操作のテスト期間には、設計の問題を見つける時間や解決方法の検討、そして再テストの時間が含まれていない。SNS の経験から言えば、ほとんどの遠隔操作試験に変更が必要であり、変更後の繰り返し試験も必要となろう。

遠隔操作のテストには、少数の操作しか含まれておらず、バルブ交換などのシステムの故障などによる計画されていないが必要となると考えられる操作が含まれていない。委員会は、見込まれる遠隔操作の全項目リストの完備し、全ての操作を確認するか、あるいはリスクが十分に少なく操作確認を省略できるいくつかの操作に関しては、操作方法をドキュメント化しておくことを提言する。更なるスケジュールに予備日があるのであれば、より完全なる遠隔操作の試験項目を検討するべきである。

現物合わせのためのデータは、遠隔操作で交換する機器やパイプにとって必要とされる。SNS でもこれは極めて重要で、実際、水銀ポンプや熱交換器では、既存のパイプと交換フランジが確実に結合する現物あわせの取り付け金具を製作した。それぞれの水銀パイプのスプールに対し、現物合わせ用の寸法測定が行われた。我々は同様な手法が JSNS に適用されることを推奨する。

水銀の漏れや封じ込めた水銀の全量を評価するために、水銀ループ試験後、放射化する前にターゲットの交換練習を行うことを検討せよ。

オンビームテストは圧力波やキャビテーション効果の有用なデータを与える可能性があり、オンビームテストを維持すべきである。高い出力段階でビームを収束させることが不可能になるので、このテストの後にビーム収束試験を行うべきである。

クライオジェニックシステムと減速材のコミッショニング試験

良くできており、全ての要求項目に合致している。

リカバリー試験のコミッショニング試験

初期の試験プランとして良くできている。

シール部のリーク試験、シールの締結や交換は困難である。プロセスシステムの全てのボルトに対して締結トルク値を決定し、初期及び引き続き行われる組み立て作業時に各機器に適用されるトルク負荷量を記録しデータベース化しておくこと。もしリークテストを圧力減少により確認する加圧法で行う場合には、他の手法を用いて漏れ場所の確定ができない限り、結合部を系統的に再度締める必要がある。

12. その他

中性子散乱装置

委員会は、装置予算の進展、及び、マイクロストリップ型検出器開発の最も印象的な結果を喜んで言及するものである。

装置へのアクセス制限

中性子実験装置へのアクセスを1つの扉からに限定するよりもむしろ、ビームエリアへのすべての可能な入り口を同一の方法で取扱う方が良い。もしユーザーがハッチを通じて入室することが物理的に可能ならば、これはほぼ間違いなく起こり得ることであり、従ってこれを想定してインターロックシステムを設計すること。

提案されたシステムの弱点は人の搜索であり、そのためにシャッター開/ビーム利用開始を極めて明瞭に示す必要がある。ISIS では青色の閃光が、LANSCE では(とてもうるさい)音響警報サイレンが使われている。

シャッターの保守作業中に、実験装置へのアクセスを求める圧力がかかるであろう。(シャッター開時の)ターゲットからの線量率は、これを妨げるだろうか？

制御系への推奨

すべての接点、アラームとトリップレベル、制御パラメータ、インターロック情報が収められているデータベースは、様々な試験やコミッショニング状態の値を記録し、再入力することで、とても有用である。これは機器の保護や安全性能を高め、コミッショニング試験に要する時間を短縮する。

レポートの終わり

Waldshut, 2006 年 1 月 28 日
Gunter Bauer
委員会を代表して