

ミュオン科学研究施設評価委員会報告

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所

2004年 6月 7 - 8日開催

於 高エネルギー加速器研究機構

目次

重点事項の要約	1
序	4
1) 学術的評価	6
a) 強相関電子系	6
b) 超伝導	7
c) 新物質	8
d) 半導体	9
e) ミュオン触媒核融合その他	9
f) 技術開発	10
2) J-PARC 施設	12
3) 移行期間	15
結論	17
補章 A 委員会に与えられた課題	18
補章 B 委員会委員名簿	19
補章 C 評価の議題	20

2004年 7月 10日記

重点事項の要約：

ミュオン科学研究施設の活動を評価するための委員会が高エネルギー加速器研究機構（以下高エ機構）執行部により設置され、2004年6月7日（月）、8日（火）両日にわたり開催された。当委員会は、ミュオン科学研究施設関係者（以下ミュオングループ）による学術的成果の証拠として提出された報告書の質の高さ、および公開の席上における成果発表に大いに印象づけられた。

ミュオングループは、高エ機構ブースターシンクロトロン陽子ビームから生成される表面ミュオンビームおよび後方崩壊低エネルギーミュオンビームの開発・利用を行うとともに、トライアムフ研究所（TRIUMF）およびラザフォード・アップルトン研究所（Rutherford Appleton laboratory, RAL）においても確固とした活動基盤を持ち、特に後者は理化学研究所により理研 RAL 施設として運用されている。ミュオングループは、日本の大学研究者がこれらのミュオン施設で実験を行おうとする場合の支援グループとしても機能している。また、同グループは、日本で開発される物質材料の最も重要な部分について、その試料を容易に手にすることが出来る立場にあるが、これは物質材料研究を推進する上で鍵となるような要件である。

当委員会では、強相関電子系、磁性、超伝導、半導体、少数多体物理（ミュオン触媒核融合）の研究および技術開発の各分野に於いて、ミュオングループによると認められる重要な研究結果があったと判断した。具体的には重い電子系金属に於ける磁気秩序状態の発見、時間反転対称性を破る超伝導状態の発見、二ホウ化マグネシウム（ MgB_2 ）のような新しい超伝導体、有機伝導体、半導体の浅いドナー状態の研究などである。

ミュオングループはまた、革新的なビームラインの概念に基づいた技術開発、新しい検出器、超低速ビームを取り出すための新しい手法においても大きな進展をもたらした。これらの成果もまた世界的なレベルにあると言える。

ミュオングループは高い生産性を持ち、多くの大学院生の教育訓練を行った（過去7年間に、7名の大学院生がミュオン施設の共同利用・ミュオングループとの共同研究を主たる成果とする業績で博士号を取得し、15名の大学院生がその学位論文研究の一部としてミュオン施設での共同利用実験を行った）。ミュオングループにより注目さ

れた諸論文の質と量については、当委員会はこれらを極めて高く評価するものである。

ミュオングループは、現在東海地区での J-PARC 建設プロジェクトにおいてミュオン施設を実現するために努力している。世界的に最先端にあるパルス状ミュオンビーム施設の開発が持つ将来性は極めて魅力的なものであり、その強度において比類のないビームを手にするにより、日本は物質科学の最前線に立つことになる。同じ施設内にある世界最高強度の中性子源にもアクセスできる状況は、日本に比類無い環境を提供する。これはまた日本における他の学術分野をミュオン科学の領域に導く良い機会であり、この点に関して当委員会は、化学反応ダイナミクスの研究コミュニティの参入を促すようミュオングループが働きかけることを提案する。なぜならパルスレーザーと組み合わせたミュオニウムの反応性の研究は、既存の諸分野の間隙を埋める独自の地位を占める可能性があるからである。

新しいミュオン施設の計画は現実的なものとは言え、高い水準が要求されるものであり、ミュオングループの計画は予算・人的資源の面から制約を受けている。この制約の下、ミュオングループは段階的な手法をとり、まず2つのミュオンラインを J-PARC 3GeV 陽子加速器の完成直後に実現し、後でこれらと共通のビーム生成標的から最終的に4つのビームラインを敷設することとしている。しかしながら、具体化されている予算の現状は非常に限られたものであり、長期の全体計画の実現に影響を与える恐れがある。さらに、同計画ではコストを削減するために現在のミュオン施設の一部を再利用することも組み込まれている。高い耐放射線性能 / 遠隔操作性を持つ必要があり、節約がむしろ長期的には高額につくビームライン先頭部分を除き、このような再利用は実現可能なものである。当委員会は一つの現実的な計画が進められていることに満足するとともに、高工機構が予算の不足を緩和する措置を取ることを勧告する。

しかしながら、高工機構の加速器が停止された後 J-PARC が運転を始めるまでの期間、日本の研究者集団は研究プログラムを続ける上で国外のミュオン源に頼らざるを得ないだろう。これは、特に大学研究者によって行われる大学院生の教育研究を維持する上で大きな脅威である。これに対処するため、当委員会としては日本国内からの利用者が他の国外機関を優先的に利用できるよう、高工機構執行部が主体的にこれらの機関と交渉すべきであると考え、同時にまたミュオングループは、この間大学研究者の国外における研究を支援・指導するために、これら国外機関での実験研究全

般を熟知した研究者を配置すべきである。高工機構ミュオングループはこのような国外での実験研究全般を熟知しており、国内研究者集団に対して有用な支援を提供できる。

全体として当委員会はミュオングループの高い研究成果、J-PARC における世界最高のミュオン施設を実現しようという強い熱意に大いに印象づけられ、J-PARC が立ち上がった後はもちろんそれ以前も、同グループが高工機構および日本の諸大学における研究プログラムを維持する上で決定的な役割を演じると信じるものである。

当委員会は、高工機構物質構造科学研究所のミュオン部門が日本における物質科学の分野で比類ない役割を演じてきており、その物構研における組織として正しく位置付けられることは高工機構の設置目的の一つとして強力に維持されるべきであると考えるものである。

序：

ミュオン科学研究施設の活動を評価するための委員会が高エネルギー加速器研究機構（以下高工機構）執行部により設置され、2004年6月7日（月）、8日（火）両日にわたり開催された。戸塚機構長から当委員会に与えられた課題は補章 A に再録されている。具体的にはミュオン科学研究施設関係者（以下ミュオングループ）による過去の学術的成果についての評価、建設中の J-PARC 複合施設についての準備状況の検討、および高工機構の陽子加速器施設が停止され J-PARC が運転を始めるまでの移行期間中、日本のミュオン研究者に橋渡しするための計画立案についての助言、というものである。

ミュオングループは2つの報告文書を用意し、それらは委員会開催に先立って委員全員に回覧された。一つはミュオン研究施設にかかわるすべての活動についての統計資料を含む白書、およびグループ責任者により選ばれた40編の論文別刷りを含む全出版論文の記録である。月曜日は口頭発表ならびにミュオン施設利用者と委員会とのやり取りに費やされた。当委員会は、ミュオングループによる学術的成果の証拠として提出された報告書の質の高さ、および公開の席上における成果発表に大いに印象づけられた。これらを受け、当委員会は月曜夕刻および火曜日午前の非公開の会議において評価内容の集約を行った。火曜日の会議終了に際し、その内容は案として高工機構物質構造科学研究所の小間所長およびミュオングループに対して提示された。

ミュオングループは、高工機構の複合加速器施設の一つであるブースターシンクロトロンから供給される陽子ビームにより生成される低エネルギーミュオンビームの開発・利用を行うとともに、トライウムフ研究所 (TRIUMF) およびラザフォード・アップルトン研究所 (Rutherford Appleton laboratory, RAL) においても確固とした活動基盤を確立した。また、ミュオングループは、日本の大学研究者がこれらのミュオン施設で実験を行おうとする場合の支援グループとしても機能している。また、同グループは、日本で開発される物質材料の最も重要な部分について、その試料を容易に手にすることが出来る立場にあるが、これは物質材料研究を推進する上で鍵となるような要件である。

この報告書は当委員会に与えられた3つの課題に従って構成されており、学術的

評価」、**「J-PARC 施設」、および「移行期間」**からなる。学術的評価はさらに強相関電子系、超伝導、新物質、半導体、少数多体物理 (ミュオン触媒核融合) の研究および技術開発といった特定の分野ごとに細分されている。

1) ミュオングループによる学術的成果についての評価：

当委員会の第一の課題はミュオングループによる学術的成果について評価を行うことであった。すなわち、

「1. 高工機構物構研ミュオン科学研究施設において、今日までに達成された学術的成果について、その質および生産性全般を評価せよ。」

本評価は委員会に先立って回覧された白書と論文出版の記録、さらに委員会での口頭の成果報告に基づいて行われた。当委員会はこれらの質が極めて高いものであることを認めるものである。以下にこれら報告中のトピックスの構成に従ってその詳細を述べる。

a) 強相関電子系：

ミュオン科学研究施設は強相関電子系の分野において重要な寄与を行った。特にミュオンスピン緩和が小さな磁気モーメントに対して持つ高い感度は、重い電子系の研究にとって他に類を見ない研究手段となっている。一つの好例は量子臨界点近傍特有の非フェルミ液体的なふるまいで知られる YbRh_2Si_2 中での 70 mK 以下における磁気秩序の発見である [伊賀他、Phys. Rev. B65 (2002) 220408]。重い電子系におけるもう一つの特筆すべき成果は、網塚助教授が委員会で報告されたように、 URu_2Si_2 中の磁気秩序状態 (通常の磁気モーメントを持つ) と非磁性状態との間の 2相競合について明らかにしたことであろう。

ミュオンスピン回転・緩和 (μSR) 法は新しいタイプの超伝導状態の異常性を探る上で極めて強力な研究手段であった。髭本博士は委員会において、 $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ 中が超伝導転移温度 T_c 以下で自発的な内部磁場を持つことを μSR 実験により明らかにしたことを報告している。これは f 電子 2個をもつ重い電子系超伝導体として最初に発見された当該物質の超伝導状態が、時間反転対称性を持たないことを示唆している。一方、新たに発見された別の重い電子系超伝導体である CeTIn_5 ($T=\text{Ir, Co}$) ではそのような時間反転対称性を破る超伝導状態は存在しないことも明らかにしている。

遷移金属酸化物である LiV_2O_4 において観察される重い電子状態的な振る舞いにつ

いては、ミュオンスピン緩和測定の結果が委員会において門野教授により報告された。 μ SR の信号がバナジウム (V) イオンサイトにおける2つの非等価な磁気モーメントの存在を示唆する結果は大変興味深い。

当評価委員会は、ミュオン科学研究施設の強相関電子系についての研究活動が卓越したものであることを認め、これらが将来にわたってさらに強化されることを勧告するものである。

b) 超伝導：

新奇な物質の超伝導状態を研究する場合に、 μ SR の持つ優位性の強力な証拠が委員会において提示された(小池、髭本、新井、門野、青木各博士らによる報告)。すなわち、 μ SR を用いることにより i) T_c 以下でのクーパー対のスピン状態を検知することができ、ii) 磁場侵入長の温度依存性を観察でき、iii) 「時間反転対称性の破れ」の発現可能性を検証することができる。

これらの μ SR 測定は、昨今において非従来型の超伝導状態についての究極的な検証手段として考えられるようになっており、ミュオン科学研究施設がその先導的な役割を果たしたというのが当委員会の一致した意見である。

最近発見された超伝導体 $\text{Na}_x\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ については、線状のノードで特徴づけられ、時間反転対称性を保った新奇な超伝導状態を示唆する証拠が示された[髭本博士による報告、髭本他、出版予定]。

一連の重い電子系金属である CeTIn_5 ($T=\text{Ir, Co, Rh}$) についての精密な研究により、これらの物質中ではスピン一重項で時間反転対称性の破れのない超伝導状態が確認されている[髭本博士による報告、髭本他、J. Phys. Soc. Jpn. 71 (2002) 1023]。

新奇な超伝導体 MgB_2 については、 μ SR により得られた磁場侵入長の温度依存性から二重ギャップモデルの有効性が確認された。さらに、磁場侵入長の磁場依存性は磁場とともに増大するが、その程度は d 波超伝導とは相容れないものであることが示された[大石博士による報告]。

いくつかの高い水準の口頭発表 (小池博士、新井博士による) および印象深い出版論文リスト [阿子島他、Phys. Rev. B62 (2000) 6761; 渡辺他、Phys. Rev. B62 (2000) R11985; 渡辺他、Phys. Rev. B60 (1999) R9955; 藤田他、Phys. Rev. B67 (2003) 014514; 三國他、Phys. Rev. B68 (2003) 024524; 新井他、J. Low Temp. Phys. 131 (2003) 375]を通して、磁性と超伝導の相関について μ SR が有用な情報をもたらすことができるという独特の能力が実証されている。これはいわゆる銅酸化物高温超伝導体について鍵となるような問題の一つであると認識されている。いくつかの系統の銅酸化物を調べることにより、ホール濃度 8分の 1において見られる異常が銅酸化物に共通のものであることが明確に示された。さらに、ホールとスピンからなる動的ストライプが高温超伝導の出現に主要な役割を演じている証拠が提示された。当委員会はまた、銅酸化物高温超伝導体の磁性と超伝導の相関を調べるために、その開発初期段階で使用された 1.3GPa まで加圧できる試料容器についても好印象をもった。

c) 新物質 :

当委員会は、 MgB_2 に代表されるような様々な物質について、ミュオン科学研究施設と青山学院大との間で行われている協同研究の成果を大石博士から伺った。これらの新物質は高温超伝導とその関連物質の分野に属するものである。高温超伝導は過去 15年ほどの研究歴を持つ現象であるので、これらの物質はすべて「新しい」物質と呼ぶことができる。ミュオングループはこれら新物質を評価研究する上で印象的な μ SR 利用の実績を、ミュオン科学実験施設およびトライアムフ研究所双方に有し、これはまた J-PARC の初期において重要な先導的分野となることが期待される。この種の研究は引き続き重要であり続けるとともに、将来にわたっても強く推奨されるべきものである。新物質の他の例としては有機伝導体、有機磁性体、および伝導性高分子のカテゴリーに属するものがあり、これらは同グループにより選ばれた 40編の論文の中で具体的に示されている [渡辺他、Phys. Rev. B58 (1998) 2438; Pratt 他、Phys. Rev. Lett. 79 (1997) 2855]。これらの論文中では真に学際的な μ SR 研究の好例が見いだされ、量子化学と凝縮系物理の研究が手を携えて進行している。数多くの有機金属、無機化学者がこのような物質に基づいた新たなデバイスを開発しつつあることを考えると、おそらくこの分野は将来さらに強化されるべき部分と思われる。 μ SR 研究プログラムは化学者コミュニティからの参加により裨益されるであろうし、J-PARC にとっても日本国内においてより広範囲な基盤に基づいた支持を得られるであろう。伝導性高分子におけるスピン緩和現象が、生物学的巨大分子において提唱されている一次元電子伝達現

象を評価する上での出発点となり得ることも明記されてよいだろう。新物質には当てはまらないものの、Macrae 他による Chem. Phys. Lett. 誌上の論文は、量子化学と μ SR の相互作用に関するもう一つの好例である。

d) 半導体 :

ミュオニウム原子は水素の同位体であり、技術的に極めて重要な半導体分野において、材料中の水素の果たす役割についての情報を得るために利用することが出来る。下村博士は最近の2つの卓越した研究成果について報告し、ZnO および GaN 試料中 [下村他、Phys. Rev. Lett. 92 (2004) 135505]、さらにおそらくは他の多くの類似物質において水素不純物が浅い準位のトナーを形成することを明確に示してみせた。パルスレーザーの使用は当ミュオン施設および J-PARC のミュオンビームが持つパルス性によく適応し、当委員会が重点項目の要約でも指摘したように、例えば反応ダイナミクスの研究で新たなパルス状ミュオン研究の可能性を開くものである。関連してもう一つの重要な学術的成果が、結合中心位置のミュオニウム中心についての論文に含まれている [下村他、Hyperfine Interact. 138 (2001) 515]

e) ミュオン触媒核融合その他 :

ミュオングループは、固相と液相を含む純重水素および重水素—三重水素混合状態中でのミュオン触媒核融合の最適なパラメータの研究において、開拓的かつ先導的な役割を果たしてきた。永嶺教授の下、ミュオングループは鍵となるミュオン付着率 (ミュオンが核融合生成物であるヘリウム原子に付着し、よって可能な核融合サイクルから取り除かれてしまう確率) の最も厳密な実験的決定を行った。そのような測定を可能にするために、ミュオンビームのパルス性を活用した重要な実験技術の開発が行われた。同グループは RAL のミュオンビームを用いて、今のところ少なくとも100回の核融合サイクルが達成可能であることを明確に示しているが、J-PARC においてはより高いエネルギーの負ミュオンビームを用いて、ずっと広範囲の温度・圧力条件下での研究が可能になるだろうと期待される。

最近同グループの興味を中心は、中間子分子状態の形成における重水素分子のオルソパラ状態等の初期状態の重要性を理解することへとシフトしつつある。新たな実験結果はこの分子形成過程についての第一原理計算の結果に再検討を迫るもの

であった。共鳴的な生成過程が含まれ、それによって多くの増強効果がもたらされる可能性がある。実験的知見に対応するために、少数多体系理論の強力な支援が日本国内およびロシアから得られている。

診断的手法としてミュオン、特に高エネルギーミュオンは多くの分野で独特な利用の機会を供している。強い相互作用の影響を受けないことによる高い透過性と、物質内での多重散乱の原子番号依存性により、ミュオンは厚い物体の内部およびその元素分布を検知するための理想的な手段となり得る。宇宙線高エネルギーミュオンによる火山噴火口でのマグマの移動の追跡から、列車の車輪内部の構造異常の検出可能性といった、いくつかの革新的なミュオン利用が紹介された。J-PARC ミュオン施設で可能となる、標的中で止められた K^+ 中間子崩壊から生成される 150 MeV にエネルギーの揃った高性能ミュオンビームがそのような調査研究の特異な道具となるかもしれない。

f) 技術開発—超低速ミュオンと大オメガ

(三宅および下村による発表)

ミュオン科学研究施設で進められている超低速ミュオンビームプロジェクトは、低運動エネルギー、低エミッタンス、高スピン偏極、および狭いパルス幅といった重要な特徴を持っている。ミュオングループは、高エネルギー陽子加速器からの陽子ビームを直接高温タングステン標的に照射して得られる熱ミュオニウムをパルスレーザーでイオン化することにより、9 ナノ秒 (半値全幅) という狭いパルス幅を持つ超低速ミュオンビームの発生に成功した。このパルス幅は、減速材による直接的な手法を用いて ISIS (RAL) で行われた予備的実験で得られたものより10倍も狭い。というのも、後者の手法ではパルス幅が一次陽子ビームの時間構造によって決まってしまうからである。付言すると、この狭いパルス幅は PSI (ポール・シェラー研究所、スイス) で得られたものと同様である。J-PARC 時代においては、ミュオングループにより開発されたレーザーイオン化法により、ピコ秒領域への短パルス化といった更なる発展の可能性が見られる。現行のビーム強度は毎秒ミュオン 10 個程度であり、専用の低速ミュオンビームチャンネルが採用されれば毎秒 2 ないし 4×10^4 個まで到達すると期待される。十分な強度の超低速ミュオンビームが得られた暁には、表面物理、表面化学、パルスレーザー励起および低圧ガス中のミュオニウム化学におけるレーザー蛍光分光、高精度量子電磁力学測定など、新しいミュオン物理の領域が出現すると思われる。

さらに一つの副産物として、わずかにレーザーの再調整を行うことにより超低速三重水素ビームが現在のミュオン施設で得られており、これも様々な学術分野における興味ある探針となるかもしれない。

大オメガはミュオングループにより新たに開発されたミュオン収集装置であり、従来型のビームチャンネルに比べておよそ20倍の立体角（～1ステラジアン）を有する。このようなレベルの改良によりミュオン科学の新たな局面を開拓することが可能になる。実際にミュオン科学施設において大オメガソレノイドにより得られる4 MeVの表面ミュオン強度は、現在世界最高強度パルスを誇る理研 RAL 施設のそれとほぼ同じである。同グループは平行して静電分離器および高速 μ SR分光器の開発を行っており、これらは共に大オメガの性能を十分に引き出すために欠くことの出来ないものである。大オメガのもう一つの重要な特徴はその軸方向収束であり、これもまた独特の性質である。

上記のようなすばらしい「道具」を開発する能力は、ミュオングループが自身の研究の側面だけでなく、ミュオン共同体への支援という面においても世界的に先導するグループであることを明確に示している。J-PARC に伴って提案されている（ビームライン）プロジェクトが採択された暁には、新世代のミュオン科学が始まることであろう。

2) J-PARC ミュオン施設についての評価：

「2. 2008年初頭に予定されている J-PARC ミュオン施設について、その実験施設を評価せよ。」

当委員会は J-PARC におけるミュオン施設の概念についてのヒアリングを行った。これらは非常に先進的な段階のものであり、既存の高強度ビーム施設からの教訓を取り入れたものになっている。中性子施設との基盤施設の共通化もよくなされている。J-PARC が設計強度である 1MW で運転された場合に心配される炭素標的の寿命、といった例外的要因を除いて、施設計画に明らかな障害要因は見当たらない。

初期の施設に含まれるのは2つのミュオンビームラインのためのビーム最上流側の構成要素（一次ビームラインとミュオン生成標的の遮蔽体の中に埋め込まれる）、および現ミュオン科学施設の超伝導ソレノイドチャンネルを移設した一本の汎用ビームラインである。ビームを一旦出した後に挿入するのは、時間も人力も非常にかかり困難なので、最上流側の構成要素に努力を集中するべきである。また予算不足から節減されがちの部分であるが、ミュオンにとっても中性子にとっても多額の資金と、休止期間を必要とすることになるので、この最上流の構成要素に関してはいかなる妥協もするべきでないと当委員会は勧告する。

大オメガ用に開発された分光器（128個の多重度を持つ検出器からの高いデータ速度に対応）を応用することで、現行のミュオン施設のビームに比して2桁強力な表面ミュオンおよび崩壊ミュオンビーム（加速器の立ち上げ時期に対応、最終設計値の10%）を用いる汎用実験施設がミュオン施設の運転初期において利用可能になる。これはその最初の日から既に十分魅力的である。定格出力である1MW 陽子ビームが得られた暁にはもう一桁の強度上昇が見込まれるが、これは同時にデータ収集系のさらなる性能向上の必要を迫るものになる。

北側に伸びるもう一つのビームライン最上流側のための構成部品を用意することで、これにミュオン施設の既存の構成要素を移設、組み合わせて第二の表面ミュオン源を開発することが可能になるが、これを完成するには他からの財源を見いだす必要がある。これは国際諮問委員会によって考案された「先導的協同研究グループ構想」によく対応する魅力的な提案である。日本原子力研究所（先端基礎研究センター）に新た

に置かれるミュオン研究グループはそのような先導的グループの一つとなり得るだろう

当委員会は、単に現在のミュオン科学研究施設のすばらしい研究プログラムを J-PARC において再構築する、ということを超える目標を持つことを進言するものである。物質科学、生命科学、物理化学、および産業応用といった幅広い利用者共同体の参画をもたらす新たな未開拓分野の開発は遥かに興味深いと考えられる。繰り返しになるが、強力なパルス状ミュオンと同じパルス周期を持つパルス高出力レーザーという特徴的な組み合わせによって、ミュオニウム反応と(日本の)化学反応ダイナミックスの研究共同体との結合という新たな次元が開かれる可能性があり、これは J-PARC にとっても世界にとっても真に独創的なものである。前 1-f)節において議論されたように、レーザー励起ミュオニウムイオン化による低速ミュオンビームの新たな開発はそのような好例の一つである。当委員会としては、関係者が日本国内および国外での関連する主要学会の年次大会等においてシンポジウムを企画し、これらの可能性について研究者の認知度を高める努力をすることを勧告するものである。

平行して、J-PARC で得られる空前のビーム強度に対応するために、最先端機器の戦略的な開発研究が引き続き奨励されるべきである。このような開発研究に関連して、これらの機器のテストおよび若手研究者の育成という両方の観点から見ても、理研 RAL パルスミュオン施設が利用できるかどうかは鍵となるであろう

当委員会は、J-PARC において開発される可能性がある高輝度低速パルスビームは国際的にアピールする先導的プロジェクトになる、というミュオングループの主張に同意するものである。しかしながら、J-PARC 第二期におけるそのようなビームラインの導入は容易ならざるものであろうし、現時点においてビームライン設計の中でそのための標的および遠隔操作などが既に考慮されていなければならない。第二の新たな興味深い予想は静止 K 中間子からの高分解能 150MeV ミュオンビームの開発であり、これによって大型物体の評価と言う新たな分野の可能性が開けるだろう

当委員会は、J-PARC 施設の興味ある将来がそこに至るまでに必要な短期間の苦労をはるかに凌ぐものであり、ミュオングループがそのような責任を担っていることに慶賀の意を表すものである。

3)移行期間：

5. 陽子加速器の停止からJ-PARC施設の運転開始までの休止期間において、どのよう
に研究活動を維持するべきかを勧告せよ。」

当委員会は、およそ3年間と見積られる日本国内でミュオンビームが得られない移
行期間において、達成されるべき3つの主要な課題があると考え。すなわち、

- ・J-PARCに依拠した新しいミュオン施設が建設されなければならない。
- ・大学を基盤とする利用者共同体がTRIUMF、PSI、RALといった国外の既存のミ
ュオン施設にその研究活動を移行するための支援が得られなければなら
ない。
- ・J-PARCの持つ独自の性能を開拓し、その利用機会を全世界に対して提供する
ための最先端の実験機器開発が行われなければならない。

これら3つの課題を等しく有効に実行しようとするのは、ミュオングループにとってあま
りに広範囲すぎる。しかしながら、当委員会としてはJ-PARCミュオン施設の開発こそは
最も重要な課題でありJ-PARC加速器の試験運転に伴う最初のビーム供給に間に合
うようJ-PARC施設のミュオン源が予定通り完成するためにあらゆることがなされるべき
であると考え。ミュオン源と付随する一次ビームライン基幹施設の整備は、大変な工
学的課題を抱えている。概念設計は進行中であり、それらは一年以内に業者へ委嘱
されるであろう。ミュオンのみならず中性子源にも影響を与えるという意味で、これらの
活動は極めて高い水準を要求される(J-PARCの節における当委員会のコメントを参
照)。当委員会は、J-PARC執行部から追加の工学的/技術的支援が与えられるよう
勧告するものである。

高工機構の設置目的の一つは活気ある大学共同利用を行うことである。現行のミュ
オングループはこの目的をよく達成しており、過去7年間に330名のユーザー(70%
が日本国内の大学から)および123名の大学院生が実験に参加している(ミュオン研
究報告書の白書による)。

移行期間においてもこの共同体を維持するための創造的な解決策が見いだされな
なければならない。当委員会から見て、現在高工機構で実験するために国内利用者
に与えられている施設利用の便宜や旅費に対する支援は、国外での同様の活動に対し

でも同様に受けられるよう 拡張されるべきであることは明らかである。ここで当委員会では2つの問題点を見いだした。一つは財政的支援が現状の約2倍になるために必要となる補助的な予算であり もう一つは大学関係利用者が国外の施設利用をすることを容易にするための指導的役割である。後者に関しては、ミュオングループは十分な経験を持っており 仲介者として必要な国際的な研究機関との接触を維持している。当委員会としては、そのような役割を果たす μ SR 研究者を指名し、大学共同利用研究プログラムが円滑に国外へ再配置されるよう ここに勧告するものである。同時にまた高工機構は国立研究所として、日本の利用者が国外研究機関のより多くのミュオンビームにアクセスできるよう これらの研究機関との必要な協定の締結を推進するべきであろう

移行期間における第三の課題はJ-PARC ミュオン源を十全に活用するための最先端実験装置の開発である。これは、ブースターシンクロトロンの最大強度が実現された暁における J-PARC の研究計画を有効にするという意味で極めて重要である。初期段階の研究においてはミュオン科学研究施設の既存の分光器を利用することが出来たとしても、2012年までにはそのような装置が J-PARC によってもたらされるデータ量を捌ききれないであろうことは誰もが予想するところである。新しい装置を開発するための準備期間はかなり長い(2~3年)が、その責任はミュオングループに委ねられているように見える。大学利用者共同体の一部をそのような R&D 研究に巻き込むことは有利に働くと考えられ、開発プロジェクトのような経験を必要とする大学学生にとって利益になるような方向で努力がなされるべきであろう

これらの開発は J-PARC の将来にとって重要なものであるが、他の2つの課題に取って代わるような優位性を主張できるものではない。

結論：

全体として当委員会はミュオングループの高い研究成果、J-PARC における世界最高のミュオン施設を実現しようという強い熱意に大いに印象づけられ、J-PARC が立ち上がった後はもちろんそれ以前も、同グループが高工機構および日本の諸大学における研究プログラムを維持する上で決定的な役割を演じると信じるものである。

当委員会は、高工機構物質構造科学研究所のミュオン部門が日本における物質科学の分野で比類ない役割を演じてきており、その物構研における組織として正しく位置付けられることは高工機構の設置目的の一つとして強力に維持されるべきであると考えるものである。

補章 A:

評価委員会に与えられた課題：

高エネルギー加速器研究機構長である戸塚洋二博士から、ミュオン科学研究施設外部評価委員会に対し、以下のような課題が開催に際して与えられた。

1. 高工機構物構研ミュオン科学研究施設において、今日までに達成された学術的成果について、その質および生産性全般を評価せよ。
2. 2008年初頭に予定されている J-PARC ミュオン施設について、その実験施設を評価せよ。
3. 陽子加速器の停止から J-PARC 施設の運転開始までの休止期間において、どのように研究活動を維持するべきかを勧告せよ。

補章 B :

委員会名簿 :

A. Amato 博士 (PSI)

D.G. Fleming 教授 (UBC)

J.-M. Poutissou 博士 (TRIUMF) 議長

上田和夫教授 (東大物性研)

安岡弘志教授 (原研先端基礎研)

山崎泰規教授 (東大 / 理研)

書記 : 西山樟生教授 (高工機構)

補章 C

ミュオン科学研究施設外部評価委員会プログラム

日時 2004年6月7、8日

場所 KEK 4号館 2階輪講室

6月7日(月)

非公開委員会

9:30-10:00

挨拶

小間篤 (物質構造科学研究所長)

KEK ミュオン科学研究施設概観報告

西山樟生

10:30-10:25

研究報告

物性研究

強相関係

門野良典

10:25-10:50

重い電子系超伝導体 $CeTiIn_5$, UPt_3

髭本亘

10:50-11:15

Skutterudite の時間反転対称性を破った超伝導

青木勇二

11:15-11:40

常圧及び高圧下の $La_{2-x-y}M_xN_yCuO_4$ ($M=Sr, Ba$, $N=Eu$) の μ SR 研究

新井重一郎

11:40-12:05

—昼食—

μ SR による高温超伝導体の 1/8 問題の研究

小池洋二

1:00-1:25

URu_2Si_2 の μ SR 研究

網塚浩

1:25-1:50

μ SR による新物質評価

大石一城 / 秋光純

1:50-2:15

μ SR による半導体中の水素原子不純物の影響についての研究

下村浩一郎

2:15-2:40

開発研究

大オメガプロジェクト

下村浩一郎 / 宮寺晴夫

2:40-3:10

超低速ミュオンビーム生成

三宅康博

3:10-3:30

—休憩—

その他の研究

ミュオン触媒核融合と宇宙線ミュオンラジオグラフィ

永嶺謙忠

3:45-4:10

J-PARC 建設報告

三宅康博 / 牧村俊助

4:10-4:50

KEK-MSL の将来計画

西山樟生

4:50-5:00

非公開委員会

5:00-5:30

—懇親会—

6:00-

6月8日(火)

非公開委員会

9:30-11:30

まとめ

11:30-12:00

—昼食—