

NCAC Meeting

May 26-28, 2011

仁科センターアドバイザー・カウンシルの提言と結論

【仮訳】

目次

前書き

1. 概要
2. 組織、運営及び予算
3. RIBF 研究ハイライト、運転及び新規提案
4. 理論
5. ハドロン物理学
6. 応用研究
7. 理研 BNL センター (RBRC)
8. 理研 RAL 施設
9. 戦略的計画

前書き:

2011年3月11日、巨大地震が東日本を襲った。約2万人が死亡あるいは行方不明となっている。マグニチュード9.0の日本史上最大の地震であった。揺れは激しく、津波により多くの町が壊滅した。原子力発電所の一つ、福島第一の爆発及びそれに伴う放射性物質の放出により、重大な事態が引き起こされた。

物理的にも、重要な施設が深刻な被害を受けた。多くの外国人訪問者が本国に帰国した。直接的な損害ではないが、研究活動も大きく減速し、依然として通常の状態には戻っていない。

東日本大震災の直後、仁科センターは福島県周辺における放射能測定を支援した。幸いにも、仁科センターの施設の被害は最小限であった。しかし、サイクロトロン¹の運転は一時停止された。全ての加速器及び検出器は修復され、今秋早々には利用できる予定である。

仁科センターアドバイザー・カウンシル(NCAC)は、仁科センターの研究者仲間、さらには日本の原子物理学コミュニティに対し、我々の支援と配慮がなされることを表明したい。我々は、我々のできるあらゆる国際協力を利用して、復興計画において仁科センターを援助する用意

がある。

1. 概要

第一に、NCAC は、野依良治理事長、川合眞紀理事、延與秀人センター長及び仁科センター全ての関係者の手厚いもてなしと、日本がこのような困難な時にあるにも関わらず、仁科センターの見解および展望を提示して説明していただいたことに感謝する。

NCAC は、組織、資源、運営、開発、科学プログラム、進行中のプロジェクト及び仁科センターの戦略 10 年計画について、野依理事長及び延與仁科センター長から付託された以下の諮問事項を手引きとして検討した。

- 2009 年の NCAC による提言に対応した (理事長の言う) Plan-Do-Check-Action の評価
- 2009 年の NCAC 以降の、科学的成果および組織体制改善の評価
- 戦略的計画として示される将来の方向性の評価
- 震災からの復興計画の評価

我々は全般的に、科学的成果、先進的なスタッフと施設、アウトリーチ、運営の適切性に示されている仁科センターの高いクオリティに感銘を受けた。

前回の会議からの進展及び我々の提言に対する運営陣の対応について以下のように注記する。

- RIBF施設の効率の継続した改善および8ヶ月運転は、最重要課題である。
- RIBFにおける新しい計装装置の開発は喜ばしい。しかし、これらの装置を使いこなし、また国際的コミュニティをうまく巻き込むための努力には、利用者のためのさらなる技術的支援が必要となる。
- 理論の取り組みは仁科センターのあらゆる側面から見て中心事項であり、我々は、要となる人物の採用の進展、及びプログラムを統合する仁科センターの努力に注目している。
- 理研BNL研究センターは、我々が強く支持する成功のモデルである。
- 理研RAL施設におけるプログラムは非常に成功しており、J-PARCとの関わりに向けて引き続き進化させることは優先事項である。
- 仁科センターの運営陣は、多くの優れた可能性を含む戦略的計画を練っている。我々は、それらの総体的なアプローチを是認し、提案されているように、最適な解を選択するために必要な分析が行われることを提言する。

2. 組織、運営及び予算

仁科センターの組織体制の概要は、委員会会合の最初に述べられた。それは 2009 年の委員会(NCAC2009)の時から大きく変っている。

NCAC2009委員会が公表した報告書において、運営の多様性の欠如に関する懸念が表明された。そこでは、副センター長に相応しい人物を選定するため、理研はより広い、可能であれば国際的なアプローチを考慮すべきであることが提案された。前回の委員会以降、仁科センターの運営陣にいくつか変更が生じている。2009 年 10 月 1 日付けで、延與博士が新たな仁科センター長として就任した。新体制の立ち上げの際、延與博士は、NCAC2009 の提言に従い、W・ヘニング博士を副センター長として任命した。さらに、酒井博士を共用促進・産業連携部長に、本林博士を仁科センターRIBF 施設共用コーディネーター及び多種粒子測定装置開発チームのチームリーダーに、阿部博士を応用研究開発室長に、並びに上坂博士を上坂スピン・アイソスピン研究室主任に任命するなどの変更が行われた。RIBF の組織にとって、新しいユーザーオフィスが開設されたことも、もう一つの貴重な進展である。本施設の使用のために訪れる外部のユーザーグループの研究者に対して、多くの必要な支援が提供される。

全体として、新たな組織体制は上手く機能しているように見える。仁科センターの組織に、原子核構造および原子核反応物理学における日本国外の国際的なリーダーが含まれていることが分かって、NCACはとりわけ喜んでいる。

仁科センターの運営陣は、RIBF の利用者により多くのビームタイムを提供することに、明らかに焦点をあてている。2012 年度より始まる毎年 8 ヶ月間の RIBF の運転が、センター長より優先事項として述べられた。NCAC は、この優先事項を強く支持する。本報告書で光を当てられている最近の科学的成果により、また、国際コミュニティにおいて施設の使用に対する関心の高まりにより実証されているように、利用者のビームタイムの増加は、RIBF において第一級の実験を行う世界唯一の機会を利用するために差し迫って必要なことである。少なくとも、欧米において建設されている新たな大型施設が稼働されるまでは、RIBF が放射性イオンビームのトップ施設であり続けるであろう。しかし時間は有限である。RIBF における実験の時間をさらに増やすために、ビーム開発に費やす時間は削減されてきた。一方、新しい施設にとって、新たなビームの開発のため、また今のところビーム電流で制限されている既存のビーム強度を増大するために時間を振り向けることは、重要なことである。

今後、運営陣は、ビームの開発の必要性和実験遂行の比重について慎重に検討し続けなければならない。これら二つの最適な組み合わせを見つけることは非常に難しいことかもしれない。

2011 年 NCAC において指摘されたもう一つの懸念は、運転と支援のスタッフの規模である。RIBF 規模の施設として、スタッフ数は非常に少なく、運転開始の頃からその数は増えていな

い。任期制職員が定年制職員を補完している状態が続いている。この方法は運営にとって効率的かもしれないが、より数の大きい定年制職員が提供するのと同様の長期間の支援を、任期制職員が提供することはできない。この点は、施設の一部として運営されている主要実験装置で顕著である。実験のために装置をセットして外部利用者を支援するテクニカルスタッフの不足により、進展が遅れ、実験全体の効率が落ちる結果となっていると思われる。さらにこのことで、実験装置に責任を負う専門スタッフ職員に、不当な負担をかけている。

定年制職員の約 20%の増員は、施設稼働の全体的な効率性をかなり高めるであろう。

数年前、RIBF に予備電力を供給するため、6.5MW 発電機が理研施設に加えられた。この発電機は、3月11日の大震災後 RIBF で続けられている復旧作業にとって非常に重要である。建物および道路への被害に加え、発電所が地震の影響を受け、現在停止されている。送電網の分断は、理研を含む日本全国に広がった。電力使用の強制的削減が、震災以来発生している。理研の発電機なしには、RIBF の加速器システムを動かして正常な動作を証明することは、不可能であった。フル運転時で、和光研究所では 17MW をやや下回る電力が必要である。理研が第2の 10MW 発電機を増設できれば、東電からの受電なしに RIBF を運転させる能力を持つことになるであろう。

NCACは、10MW発電機増設の実現可能性調査を支持する。

東日本の東海岸側のインフラに対する震災被害の復旧作業を行っている時に、RIBF で稼働時間を確保する方法として、非常に有益なものであろう。

3. RIBF 研究ハイライト、運転及び新規提案

研究ハイライト

RIBF施設を中心とした健全で広範囲に及ぶ科学プログラムが、アドバイザリー委員会で発表された。NCACは、仁科センターの成果に大いに感銘を受けた。これらは、インパクトの高い論文誌に成果が迅速に発表されていることにより示されるように、その質は最高度であると感じている。RIBF施設は、原子核結合の限界に近いエキゾチック原子核の研究において、いまや世界のリーダーである。

本施設の成功は、世界的な認識となっている。このことを可能とした役割に対して、矢野博士は 2011 年に加速器科学におけるヨーロッパ物理学会加速器グループの Gersh Budker 賞を受賞した。多くの主要な新しい研究成果が生み出された。それらの成果は、Physical Review Letters や Physics Letters のような非常に評価の高い雑誌に発表されている。少なくともこれらの成果のうち 5 つは、日本国内および国際的な報道機関を通して発表された。

加速器応用グループは、遺伝子突然変異に関連した重要な発見を続けている。重イオン照射を用いて理研で開発された耐塩性イネは、東北地方太平洋沖地震からの農家の復旧を支援するために利用されている。RIBF施設では、日本アイソトープ協会の依頼により、 ^{65}Zn 、 ^{109}Cd 、 ^{88}Y のようなアイソトープが製造されている。

最大のエキゾチック・ハロー核と思われる ^{31}Ne (Physical Review Lettersに発表された)および ^{37}Mg についての初の研究が行われた。また、驚くべきことに45の新たな中性子過剰アイソトープが一つの実験で発見された。これらのアイソトープは、鉄より重い元素の半数以上を生成する役割を担っていると思われる宇宙物理学でのr過程元素合成にとって重要である。これらを初めて製造した能力により、重要なアイソトープの製造に関するRIBF施設の能力が実証された(この研究は日本物理学会の賞を獲得した)。新発見はさらに拡がり、r過程経路および付近の18の中性子過剰核の半減期が初めて測定された。この目覚ましい結果により、超新星内のr過程は、予期されていたものより速いことが示唆されている(この成果はPhysical Review Lettersに発表された)。RIBFの新たな能力により、非常に中性子過剰なジルコニウムのアイソトープである ^{106}Zr および ^{108}Zr の研究が可能となり、 ^{110}Zr では $N=68$ で準閉殻性が示されるかもしれない。これは、長年議論されてきたが、これまで研究することができなかったものである(成果はPhysical Review Letters及びPhysics Letters Bに発表された)。 ^{38}Mg の状態の新たな測定により、 $N=28$ は魔法数ではなく、 ^{34}Mg から ^{38}Mg までの核の構造は驚くほど似ていることが示された。これは、軽い核としては異常な挙動であり、 ^{32}Mg 付近の変形領域について期待されたことに反するものである。

分散整合法を利用して、整列・偏極した稀少RIビームを生成するため、斬新で刺激的な二段階方法が発明された。この技術により、エキゾチック・アイソトープのモーメントを測定するための、多くの新たな可能性が開かれた。NCACは、最も重い元素の探究において継続して進展が図られていることにも感銘を受けた。超重元素に関する研究が、世界のリーダー達の中で続けられている。Z=120の元素の製造実験が、来年計画されている。

SHARAQにおいて原子核のスピン・アイソスピン応答の研究についての刺激的なプログラムが開始された。 ^{208}Pb に対するアイソベクトル型単極応答が初めて測定された。原子核のスピン応答を研究するため、今や大規模プログラムが可能である。これは、RIBF施設の最適ビームエネルギーと新たなSHARAQのスペクトロメータにより可能となった。この取り組みを牽引するため、スピン・アイソスピン研究室主任に上坂友洋博士が任命されたことは喜ばしい。

運転

RIBFの加速器は、冷却装備の修理のため2008年に停止した後、順調に稼働している。2011年3月11日の東北地方太平洋沖巨大地震のため、RIBF施設の運転は短期間停止されたが、大きな損害はなかった。幸いにも、深刻な電力不足にも関わらず、限られた実験が再

開された。6.5MWの熱電併給システムの利用により運転が可能となった。このシステムは、加速器の運転のために無停電電源としてうまく働いた。信頼性の高いフル稼働運転には一つのシステムでは不十分である。熱電併給システムは、安定で信頼性の高い運転のためには非常に重要であることは明らかである。送電網からある程度独立してフル運転ができるためには、もう一つの熱電併給システムが必要である。これは非常に望ましく、それゆえ、新たな熱電併給システムの増設の可能性の調査を提言する。

超伝導リングサイクロトロン(SRC)からの偏極重陽子のシングルターン取り出しは、偏心軌道とフラットトップ技術によりなされた。東京大学CNSとの共同研究は、AVFサイクロトロンの改良に効率的であることが立証された。28GHz超伝導ECRイオン源は、RILAC建屋のコッククロフト・ワルトン高電圧デッキから、AVF建屋と連結している新しい建物に移動された。AVF建屋には、高度な設計によるRILAC2とビーム輸送システムが設置されている。4 rod型RFQおよび3つのDTL型空洞から成り立つRILAC2は、2010年12月に、ECRイオン源により生成された ^{124}Xe ビームを加速し始めた。28GHzイオン源からの ^{124}Xe の強度は、18MHzイオン源の2倍であった。水素及びヘリウムガス・ストリッパーもまた、良い性能を発揮している。

施設の稼働及び科学的成果についての近年のめざましい向上は全く明らかである。RIBFのスタッフは、新たな科学的成果の豊穡をもたらすという素晴らしい仕事により称賛されるべきである。NCACは、前回の委員会報告書以来実施されている全般的改善プロセスを嬉しく思う。利用者がSRCからの高エネルギービームを科学的目的で利用する日数は、2009年の20日から2010年の70日近くにまで跳ね上がった。これは感動的な増加である。しかしながら、より多くの日数を目指して進展し続けることは、本質的に重要なことである。RIBFは今や世界において独自の立場にあり、他の場所では実行できないことを最前線で行うことができるのである。この立場を利用し、効率的かつ効果的に施設を稼働させることが重要である。

加速器グループは、運転指標の確立について賞賛されるべきである。これらの指標には、運転日数、マシン・スタディ日数、実験日数、運転信頼性が含まれている。効率低下を引き起こす故障の分析と修正により、 ^{48}Ca の運転について、2008年の64%から2010年の82%まで効率が改善された。NCACは、指標を監視し、効率の更なる向上を探究し続ける運営を奨励する。加速器グループは、計画外の停止の主たる原因の一つはSRCのRF空洞のマルチパクタ放電に起因するもので、放電を避けるためのシステムの調整に長時間かかることを発見した。停止時間は、以前のパルスモードに代わるCWモードの調整を導入することにより大幅に減少した。その結果、利用者のビームタイムはこの2年の間に増加した。

NCACは、運転の効率80%及び稼働率90%以上の目標を強く支持する。これらのレベルは、利用者の研究プログラムを成功させるために必要なものである。

NCACはまた、来るべき将来の物理学の成果を最適化するために、8ヶ月運転が必要であると考えるものである。

しかしながら、効率性と運転の必要なレベルを達成するためには、挑戦しなければならない

課題がある。加速器科学に携わる定年制職員は、施設の運転、ビーム強度の改善、信頼性の向上及び施設のアップグレード計画立案のためには少なすぎる。我々は、施設を 8 ヶ月運転にもっていくときには、加速器及び研究支援スタッフの定年制職員の数を増やすことを強く提言する。この高い水準は、スタッフに将来の研究プログラムを策定するための十分な自由時間を与えるためにも必要である。

今後の展開

委員会は、施設の改善、強度を含むビームの質の改善、及び物理学の成果を高めるための新たな機器の建設といった現在行われている活動に、感銘を受けている。とりわけ、加速器グループが、SRCの運転と並行して超重元素に関する研究を可能とするRILAC2 を完成させたことは、NCACの喜びである。これは、過去の報告書においてNCACにより支持されていたものであり、重要な発展である。

NCACは、施設のビーム強度を上げるためになされた進展に感銘を受けた。既に卓越した進展がなされ、 ^{18}O ビームについてはSRCからの $1\text{p}\mu\text{A}$ 取り出しの設計目標に到達している。加速器グループは、この業績について称賛に値する。いくつかの鍵となる段階を経ることにより、このような増加が可能となった。特筆すべきことは、ECR源はより高い周波数へアップグレードされ、ビーム強度における大きなゲインが獲得されたことである。

全てのイオンについて 100%の設計強度に達するための計画が、NCACで発表された。この計画は、殆どのイオンについて $1\text{p}\mu\text{A}$ 、ウランについて 100pnA まで強度を増大しようとするものである。我々は、本計画は妥当なものであり、高い優先度で追及されるべきである、と感じている。この計画には、ガストリッピングの追加とfRCサイクロトロンが低荷電状態において動作するための変更が含まれる。これらは、信頼性と効率性を格段に向上させるもので、我々は、この分野における努力、とりわけ、低荷電状態において動作する超電導fRCを設計、建設する長期的なアップグレード計画を支持する。我々は、この新たなサイクロトロンの設計作業を始め、プロジェクトを進展させることを提言する。我々は、加速器グループが、主要な事項を取り込んだ成功裏の国際共同研究を複数おこなっており、これが最近の成功を達成することに役立ったことに注目している。PSIやMSUのような他のサイクロトロン施設との更なる共同研究は重要であり、今後の技術的困難性を克服するためにも効果的と思われる。

RIBFビームを使用する研究のための一連の測定機器は素晴らしく、前回の検討以来、この分野において大きな進展がなされている。SHARAQ及びSAMURAI(多種粒子測定装置)が加わることは、本施設にとって決定的である。我々は、両プロジェクトにおける強力な国際的関与と大学との協力関係に注目している。

SCRIT においても進展は見られた。電子蓄積リング SR2 では、2010 年 2 月に、トラック競技場型マイクロトロン RTM からの 150MeV 電子ビームを受入れ、 700MeV まで加速して、ビ

ームの蓄積に成功した。2010年9月、SCRITが蓄積リングに挿入された。放射性イオン源および接続するRTMビームによるアイソトープ製造系は、現在製作中である。このシステムはRIBFとは独立して運転されており、RIビーム物理学における新たなビームタイムを供給することに効果的であろう。

ガスストリッピング・プログラムは計画より早く進展しており、RIBFの将来にとって重要な部分となるであろう。ガスストリッピングを用いた超低速RIビーム生成装置(SLOWRI)の第一ステージを早く進めることが非常に重要である。このプロジェクトにより、寄生的運転が可能となり、将来のアップグレードの基礎を築くために重要である。NCACはまた、稀少アイソトープの収集と研究のためのリングの計画を聞いた。稀少RIリング・プロジェクトは、非常にエキゾチックな原子核を生産するRIBF施設の能力とよく合致している。これにより、単一のエキゾチックな原子の質量が、数ミリ秒の間に、ppmの精度で決定される。

いくつかの印象的な国際共同研究の中には、独自に設計した装置をRIBFに持ち込むものもある。この展開は推奨されるべきことであり、RIBFの運営陣はこれらの共同研究を推奨することについて称賛されるべきである。現在ではEURICAと命名されている、RISINGガンマ線検出器の理研への移設は、100名におよぶ外国人科学者が研究プログラムを理研へ移行させることになり、RIBFの国際的な名声を高める素晴らしい一例である。RIBFにおけるMUST2研究プログラムは、RIBFに国際的な装置が持ち込まれた別の一例である。

NCACはまた、応用研究開発室により提示された将来計画に励まされた。RIBF施設によりもたらされた重イオンビームのかなり特有な線エネルギー付与(LET)を利用することにより、遺伝子突然変異に関して、興味深い結果が見られる。我々は、このプログラムの続行を奨励する。また、需要が強いが供給源を欠いている新しい放射性アイソトープ、例えば、 ^{75}Se 、 ^{85}Sr 、 ^{139}Ce 、 ^{56}Co 、及び分子イメージング用アイソトープを製造するためAVFサイクロトロンを利用するという興味深い可能性もある。我々は、AVFビームエネルギーのアップグレード、新しいターゲットの開発、及び、リングサイクロトロンでどんな有用なアイソトープが生産できるかの調査もしくはBigRIPSのビームダンプから有用なアイソトープを採取するための調査を含めて、上記可能性を追求するために必要な関連研究を支持する。

4. 理論

仁科加速器研究センター(RNC)は理論研究部門の体制を再編成した。今は、粒子、ハドロン、原子核およびストレンジネスの物理という異なる分野のバックグラウンドを持つ著名な科学者に率いられた4つのグループで構成されている。これらのグループの努力により、異なる視点から連携して、原子核構造、核反応および核合成の説明に集中して迫ることが構想されている。この新たな組織体制により、理論の立場、知名度が、仁科センター内で、さらにはそれを越えたところで強化される。

NCAC は、理論部門の大きな科学的成果に注目している。また、理論の研究活動が仁科センターの全ての実験活動を本質的にカバーしていることが分かって満足している。これは、多数の論文発表と多くのポストドク研究員が大学に昇進していくことに反映されている。また、理論グループ内の科学者間での共同研究が既に始まっていることは、たいへん良いことである。

仁科センターにおける実験活動とのつながりは勿論、理論研究者の努力は、RIBFにおける物理学で仕事をしている日本の大学の原子核理論グループとの共同研究を強化することで、さらに高められるべきである。これは、国内の理論フォーラムを設立し、そのような努力を調整することで強化される。さらに、NCACは、仁科センターにおける実験の努力のみならず理論も首尾一貫したものにするため、大規模な核合成シミュレーションを行う天体核物理学の専門家を加えることを提言する。

神戸の計算科学研究機構における「粒子、原子核および天体物理学」戦略プログラムにおける二つのペタスケール計算プロジェクトに、理研の理論研究者が参加して強く関与していることを嬉しく思う。初田教授は、理論グループの主任研究員に任命されたばかりである。もしも彼が、才能溢れる理論の学生を惹きつけ東京大学との連携ができるならば、大きな利点になりうるであろう。理研は併任または兼務の可能性を探るべきである。

5. 仁科センター (RNC) におけるハドロン物理学

仁科センターにおけるハドロン物理学グループは、原子核に注入した中間子の研究に焦点を絞って、原子核物理学に新たな洞察を与えている。具体的には

- J-PARC施設において、K_{pp}システムを探索するための実験が準備中である。K中間子の強い引力により、原子核の大きさが更に小さくなり、高密度原子核物質となることが期待されている。計画されている実験は、J-PARCにおける最初の実験として優先度が与えられている。

- もう一つの実験は、カイラル対称性の破れにより、原子核内の中間子の質量変化を探究するもので、J-PARCのために開発中である。

- 仁科センターはまた、J-PARCで反陽子のビームラインを建設することを計画しており、原子核に注入して束縛状態を形成することにより中間子の研究が可能となる。

仁科センターは、理研J-PARCセンターの設立を提案している。低運動量K中間子ラインおよび反陽子ビームラインを含むビームラインを加え、収容できるハドロンホールの増築を計画している。NCACはこの提案を支持する。なぜなら、理研ハドロングループは、この科学分野で重要な役割を果たしうるからである。

仁科センターは、大阪大学核物理研究センター (RCNP) と共に、SPring-8 で光子ビームを利用したクォーク原子核の研究を計画している。既に、検出システムを収容する建物が建設された。BNLの検出システムを基にした対応する実験装置がSPring-8 で建設中である。NCACは、

クォーク核物理学に関するRCNPの科学者とのこの共同研究活動を支持する。

J-PARC とSPring-8 での仁科センターの実験プログラムは、国内レベルでの共同研究の素晴らしい例である。NCACは、日本の種々の大学の科学者が、これらの共同研究を通じて実験活動に参加するようになることを見たいものである。

仁科センターでの他の優れた計画は、X線検出器に関連するもので、超新星中の元素生成及び中性子星中の状態方程式という天体物理学的研究を実施するため宇宙空間へ打ち上げられる。原子核および素粒子物理学のために開発された技術は、これらの計画にとって大変重要である。この観点から、我々は、理論の研究活動が原子核・素粒子物理学と天体物理学とを結び付けることを見たいものである。

6. 加速器応用

川合理事の発表において、野依イニシアティブの一つが紹介された。

4. 世の中の役に立つ理研

- 産業界及び社会との結びつけを見つけ、醸成すること
- 単に産業界に役立つ以上により基本的方法で科学を支える科学技術を創出すること

理研仁科センターは、重イオンおよび放射性イオンビームに基づく応用を促進することで、イニシアティブをとってきた。これは、阿部知子室長のリーダーシップの下、加速器応用研究グループの役割である。委員会は、阿部、羽場両博士から、それぞれ生物照射チーム及びRI応用チームに関する発表を聞いた。

三種類の活動がある。他の学術提案とビームタイム取得を競争する科学的共同研究においてなされる活動、サービスとして料金をとって行う活動、および営利目的として産業界におけるパートナーによりなされる活動である。

競争的共同研究

この取り組みは、生物学実験のために行われる RIBF での高エネルギー重イオンビームの利用の周りに集中している。ブラッグピークより下の高い線エネルギー付与を、サンプル全体に一樣に与えることが可能である。この研究は、学協会、農業・食品産業技術総合研究機構、及び農業に関わる会社との共同研究によって行われている。

突然変異及び DNA 破壊に必要な重イオンの適切な線量範囲の確立のための定量的研究は、この種の活動のベンチマークとなっている。耐塩性の米の品種の改良および花の新品種の開発を扱った二つの例が挙げられる。

これは、理研の研究者が共同研究チームの一員であり、成果の出版物の著作者に含まれてい

るという一例である。このチームは、控えめなビームタイムの量(40時間)に焦点を絞って利用している。知的財産権は仁科センターにあり、特許権収入を産んでいる。これは、仁科センター独特の施設の興味深い利用である。

他の研究機関およびグループへの「サービス」機能

RI 応用チームは、仁科センター内で利用可能な加速器及びイオン源技術を活用して、広範囲の長寿命アイソトープの製造及び配布に焦点を当てている。かなり控えめな量のビームタイムがこのグループで使用されている(12日)。商業頒布に対し共同研究にどの程度のビームタイムが割り当てられているかはあまり明らかでない。

アイソトープ生産技術の新規開発及びイオン源物質の調製のようないくつかの主要な仁科センターの専門技術は、応用研究及び商業頒布のためのアイソトープ配給に役立てられている。このチームは、専らアイソトープ製造に焦点を絞っている。委員会は、計画中の研究活動には、研究室のインパクトを増大させる大変良いポテンシャルがあると考えている。提出された戦略的計画は、科学よりもアイソトープ生産技術に焦点が絞られていた。それは短期間で小規模の研究チームにとってなら良いが、地平を広くし真正の科学的共同研究を追求すべきである。そのためには、放射化学者との連携が必要であろう。研究とサービスとの健全なバランスを目指すべきである。理研和光キャンパス内では、新たに設立された社会知創成事業と直接連携することにより、より協同を強めた共同研究を発展させるべきである。例えば、仁科センターの特有な製造能力の利用により、短寿命アイソトープでさえ和光キャンパス内で利用促進を図ることが可能である。

産業界への応用

この分野に取り組むために、ビームタイムの提案について産業的(非学術的)価値を審査するために、2009年9月、新たなPAC(課題採択委員会)が作られた。今までに、6件の提案が審査され、5件がビームタイムを割当てられた。もしもこのプログラムが大変よく成功するものであれば、より大きい産業界の利用者の需要に配慮した戦略が、主たる基礎研究活動と良いバランスを保持するため確立されるべきである。

国家的サービス

仁科センターは、原子核科学において専門知識の主要な資源を保持している。従って、例えば放射能汚染調査において、国家復興プロセスに関わっている。この専門性は、理研の経営陣によってより強く認識されるべきである。

提言

NCACは、応用研究開発室の知名度を上げるため仁科センターの運営陣によりなされる努力

を強く支持する。

7. 理研 BNL 研究センター (RBRC)

委員会の全体的評価は以下の通りである。

RBRCにより取り組まれた物理学的課題は、素粒子および原子核物理学において最も重要なものの一つであり続け、今日までに得られた成果は、非常に有意義であり、長期的な価値があるものである。

広範囲の実験、理論及び計算ツールを利用して、量子色力学(QCD)に関わる事柄の理解に焦点を絞ったことが成功の鍵であった。加えて、優れた若手物理学者の採用、アメリカと日本の大学及び研究センターとの緊密な交流、RHIC実験プログラムとの緊密な交流、国際会議への積極的な参加と企画といったことが、RBRCをして、科学における効果的な国際共同研究のための羨むべき強力なパラダイムとなさしめた。RBRCのこの成功は、実験者、QCDシミュレーション物理学者および理論家との密接な協力に基づいている。RBRCは、(3大陸にわたる)優れた国際研究協力および若手リーダーの発展を育成している。

RHICでの重イオン衝突における完全流体の発見は、LHCでのより高いエネルギーにおいて確かめられた。RHIC PHENIXに最近設置されたシリコン・バーテックス・トラッカーにより、RBRCの大きなリーダーシップと共に、この物質の新しい形に関する研究に新たな扉が開かれた。偏極された陽子-陽子衝突におけるパリティを破るW生成の初の測定により、陽子のスピン構造を研究するための新たなツールが提供された。本年後半のQCDCQ(400Tフロップス)での所期計算能力の実現により、格子QCD計算の能力が加速され、重イオンおよびスピン実験双方に洞察を与えることになるだろう。

委員会は、提案されたRBRCの2012年度から2017年度までの6年間の延長を検討した。アップグレードされたPHENIXに加え、衝突ルミノシティ、ウランビーム及び低エネルギースキャン能力の増大により、RHICエネルギーにおける高温高密度の物質が、包括的かつ精密な方法で研究されるであろう。目標は、より深い一つの理解に到達することである。これには、系統的な不確かさ、稀な過程の測定についての強化、及び理論家と格子QCD計算との間の緊密な協力に対する慎重な注意が必要となる。RHICスピンプログラムでは、延長の中で、陽子のスピンに対するグルーオンの寄与を最も確定的に決定すること、及び海クォークの偏極の測定を達成することに焦点が絞られるだろう。提案された6年間の延長は良く考え抜かれており、RBRCの強みにすばらしく良く合致しており、重要かつタイムリーな問題が取り組まれている。そこには大きな科学的発見のポテンシャルがある。2012年度から2017年度の間は、その前に蒔かれたものを刈り取ることに専念することになる。

世界的に、物理学者は、電子・イオン衝突加速器のための科学的事例を発展させている。これは、仮想的粒子(海クォークおよびグルオン)が支配している領域で、QCDの研究を続けるための次世代加速器であるという見解が広く持たれている。そこでは、陽子スピンの起源および完全流体の両方の理解に関係する基本的問題が取り込まれる。RHICにおける高エネルギー-QCD物理学の将来の発展は、RBRCにとって現在(加速器および検出器の研究開発)及び将来の科学のための大きな機会を提供するものである。

8. 理研 RAL

RAL の理研施設では、ユニークな装置が提供され、活動的なユーザーコミュニティに奉仕し、競争的費用で素晴らしい科学が産み出されている。最新技術を用いた装置の開発のために使用されたすばらしい技術は、強力な物理学チームの力量と献身によるものである。理研はそのような功績に誇りを持ってよい。

委員会は、二つの優先される柱に焦点を絞ることにより、理研RAL施設の成功をさらに築き続けることを提言する。

- 凝縮物質：独特なCHRONUSスペクトロメータの活用

凝縮物質及び分子科学プログラムは、多様であり、生産的である。強力な論文実績があり、日本国内外からの多くの共同研究グループが存在している。新しいスペクトロメータは、更なるプログラムの発展を可能とする。

- 低エネルギーミュオン：新たなレーザーシステムの開発

強力な超低速中間子(USM)ビームの開発により、凝縮物質及び物質科学のため、さらには素粒子物理学のために、独自の可能性が提供されるだろう。理研 RAL における活動は、J-PARC における将来の遂行を可能とするための必要な足掛かりをもたらすだろう。

これらの二つのプログラムの柱は、「花形」の研究活動であり、優先順位がつけられる際には、理研 RAL ミュオン施設の資源を最初に割当てべきである。

理研RALの現在続いている成功をキープするために必要である理研RALスタッフのコアグループの設置。凝縮物質および分子科学プログラムは大きな可能性を持っており、施設を使用する研究者達の成長している大きなコミュニティがある。現在、定年制職員一名と、入れ替わりの早い短期間のポストドクのみがスタッフである。CHRONUSスペクトロメータが追加されるので、プログラムが持続可能であることを保証するため、このプログラムの柱に割り当てられる十分な人的資源が必要である。USMの開発とともに、この仕事は、引続きJ-PARCでの活用に備えて飛躍のための足掛かりとしての役割を果たすであろう。

USMのプロジェクトのためのアクション・プランの創出。これは、プロジェクトの成功を保証し、その全ポテンシャルがJ-PARCで実現されるために、マイルストーン設定と資源配分がなされたものが必要である。

震災後の日本のミュオン利用プログラムを支援するための理研RAL施設の使用。日本の中間子利用プログラムのコミュニティをこの時期活動させるためのすばらしい機会である。とりわけCHRONUSにより提供される能力と収容力によるものである。

日本および国際コミュニティのために成功を約束する凝縮物質プログラムをつくり、第3期中期計画の終わりにJ-PARCへ活動を移行させていること。理研RAL施設により、理研は、ミュオン科学における強力な国際共同研究を育成することができる。研究活動をJ-PARCへ移行してからも、これらの共同研究を続ける機会がある。これは、イギリスの施設から恩恵を受けている日本の研究者及びJ-PARCを利用するイギリスとヨーロッパの研究者の両者の見地から言えることである。これらの国際共同研究は、2018年の移転を超えて続行されるべきである。

理研内、とりわけ凝縮物質および分子科学の分野内で、理研の他の研究所及びセンターとのさらなる研究協力の機会を**探究すること**。

9. 戦略的計画

仁科センターの現在の戦略的計画の骨子が委員会へ提示された。委員会は、有意義な短期、中期及び長期の要素を入れ、明瞭に表現され将来を見据えた計画を展開したことについて、運営陣を賞賛する。

短期および中期計画の要素の主要点は、現在のRIBFプログラムである。RIBFの8ヶ月運転という短期目標は、より重いイオンビームの設計強度到達の目標と同様、NCACによって強く支持されている。

RIBFの装置の多くのアップグレードが、計画の一部として示された。短期のアップグレードは控えめなもので、BigRIPSのような既存の装置の改良、SAMURAIやSCRITを含む現在建設中の装置の完成、そしてSLOWRI、Mass RingおよびSHOGUNのような新たな装置の設計と開発が含まれている。プロジェクトの短期リストに、クローバー型検出器アレイEURICA/CLOVERの設置も含まれている。これは外部利用者により提供されるものである。RIBFの中期目標には、物理研究プログラムを実施するための多くの新たな検出器及びスペクトロメータシステムの利用、並びにSLOWRI、Mass Ring、Return BT及びSHOUGUNのような新たな装置の継続的開発が含まれている。これらは精力的に追及されるべきである

装置のアップグレードに加えて、この計画には、加速器改良プロジェクト及び加速器複合施

設のためのいくつかの進んだ概念の開発が含まれている。短期の加速器改良プロジェクトは、非常に良く説明されている。長期プロジェクトは、開発の初期段階にあり、かなりの研究開発の努力が必要であろう。RIBF応用の分野においては、現在の放射性アイソトープ製造プログラムが、新たなアイソトープ製造と現在製造されているアイソトープの収率を高めることに拡張される。この努力の大部分は、AVFサイクロトロン能力改善に焦点が当てられるであろう。ビームのエネルギーと強度を高めるための改良には、広範なプログラムを実行する必要があり、これに向けた仕事が推奨される。

この戦略的計画には、ハドロン物理学およびミュオン科学のための要素が含まれている。ハドロン物理学のは、短期および中期の重イオン及びスピン物理学の研究のため、引き続き RHIC の利用が要請されている。このプログラムの長期的な方向は、アメリカのブルックヘブン国立研究所における RHIC 施設の運転に依存している。仁科センターの運営陣は、RHIC が稼働する限り RHIC プログラムを支持する計画であることを明らかにした。仁科センターの科学者は、今や、現在 J-PARC で計画されている多くの実験に関わっている。ハドロン物理学における新たな取り組み、すなわち理研 J-PARC センターの展開は、中期計画の一部として開始される予定である。理研グループは、計画に従って、J-PARC に施設を建設してハドロン物理学実験を実行する上で主要な役割を担うことになる。現在、理研のミュオン科学プログラムでは、イギリスのラザフォード加速器研究所に置かれた施設を利用している。この取り組みは、理研 - RAL 間の 7 年半にわたる協定の最近の締結により、続けられることとなる。戦略計画の中期計画の間に、ミュオン科学プログラムは、J-PARC への移行が開始される。現在の理研 - RAL 間の協定の終了までに、J-PARC でプログラムを走らせるという目標は、本委員会において完全に支持されている。

NCACは、J-PARCで強力な科学プログラムを展開するためのより長期の計画を熱烈に支持するものである。この取り組みを構想するための2つの要素、ハドロン物理学とミュオン科学、は両者とも極めて良くJ-PARCに適合している。2011年3月の震災からJ-PARC施設が復旧した暁には、新たな実験機器のコミッションングが続けられる。これにより、理研からの研究者がハドロン物理学PACにより承認された実験の実施を開始できる。J-PARC施設は、全出力運転に移行したならば、世界的に独自のプログラムを持つこととなる。

NCACは、RIBFの長期アップグレードについて二つの選択肢を提示された。一つは、高強度であるRIBFビームにより製造されたアイソトープを利用することに焦点を置くもので、およそ 10 - 20 A MeVまでの低エネルギーでの実験を行うために再加速させるものである。もう一つは、高収率の核分裂片をつくりだす中性子誘導核分裂を利用するものであり、現在のRIBFサイクロトロンで加速して利用される。どちらの選択も興味深い提案だが、与えられる科学的機会は異なる。また、どちらについて、費用と実現可能性を決定するため、多大な研究開発が必要となる。我々は、これら 2 つの選択肢が、将来の施設のために可能性のあるアップグレードの道として追求されることを提言する。もしも、両方の選択が実現可能であることが分かったが、資源の観点から一つしか実施できないとしたら、一つのアップグレードにより可能となる物理ブ

プログラムのポテンシャルに基づく選択を行う必要がある。

仁科センターアドバイザー・カウンシルを代表して

(サイン)

S. Gales

NCAC 委員長