



量子ビーム研究・評価委員会
説明資料 3-5

荷電粒子・RI利用研究の成果と展望

— 高崎地区における研究開発の概要 —

平成19年12月18日

日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門
高崎量子応用研究所
南波 秀樹

高崎地区における研究開発課題

量子ビーム応用研究部門 副部門長: 南波秀樹

バイオ応用技術研究ユニット ユニット長: 田中淳

研究課題 2.13 量子ビームを用いた有用遺伝子資源創成の研究

量子ビーム遺伝子資源
研究グループ

研究課題 2.14 細胞に対する重イオンマイクロビーム照射効果の研究

マイクロビーム細胞照射
研究グループ

研究課題 2.15 ポジトロンイメージング動態解析研究

ポジトロンイメージング
動態解析研究グループ

環境・産業応用研究開発ユニット ユニット長: 伊藤久義

研究課題 2.16 高導電性高分子膜材料の研究

高導電性高分子膜材料
研究グループ

研究課題 2.17 物質選択性セラミック材料の研究

物質選択性セラミック
材料研究グループ

研究課題 2.18 半導体・高分子材料の耐放射線性評価に関する研究

半導体・高分子材料耐放
射線性評価研究グループ

研究課題 2.19 金属捕集・生分解性高分子の研究開発

金属捕集・生分解性高分子
研究グループ

研究課題 2.20 有害有機化合物除去技術の開発

有害有機化合物除去技術
研究グループ

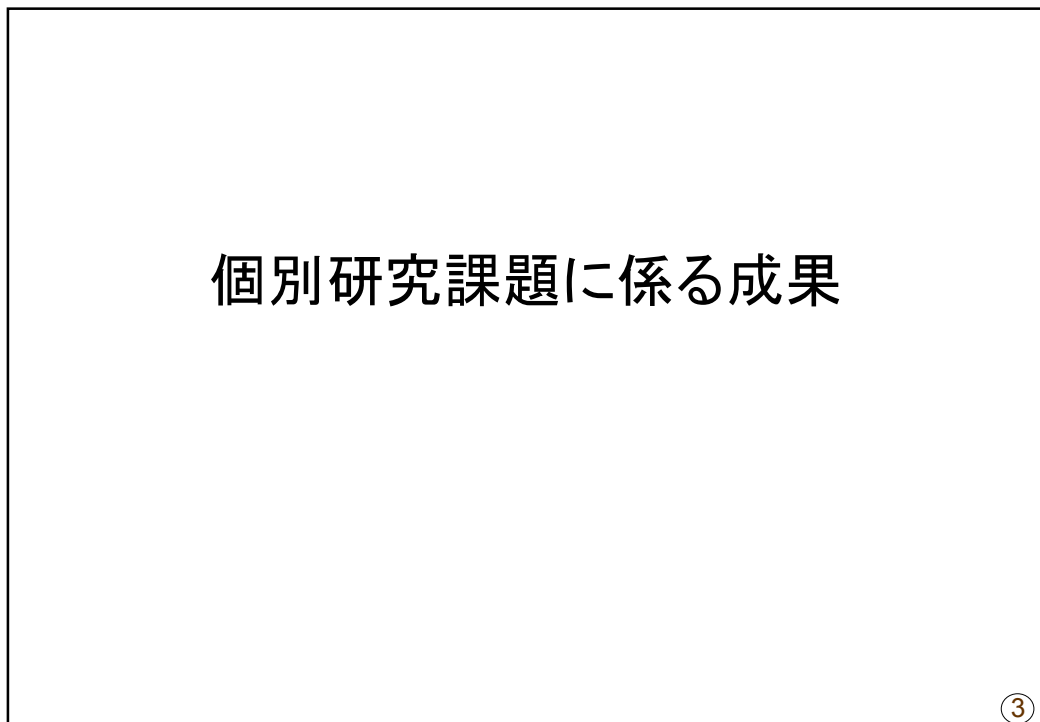
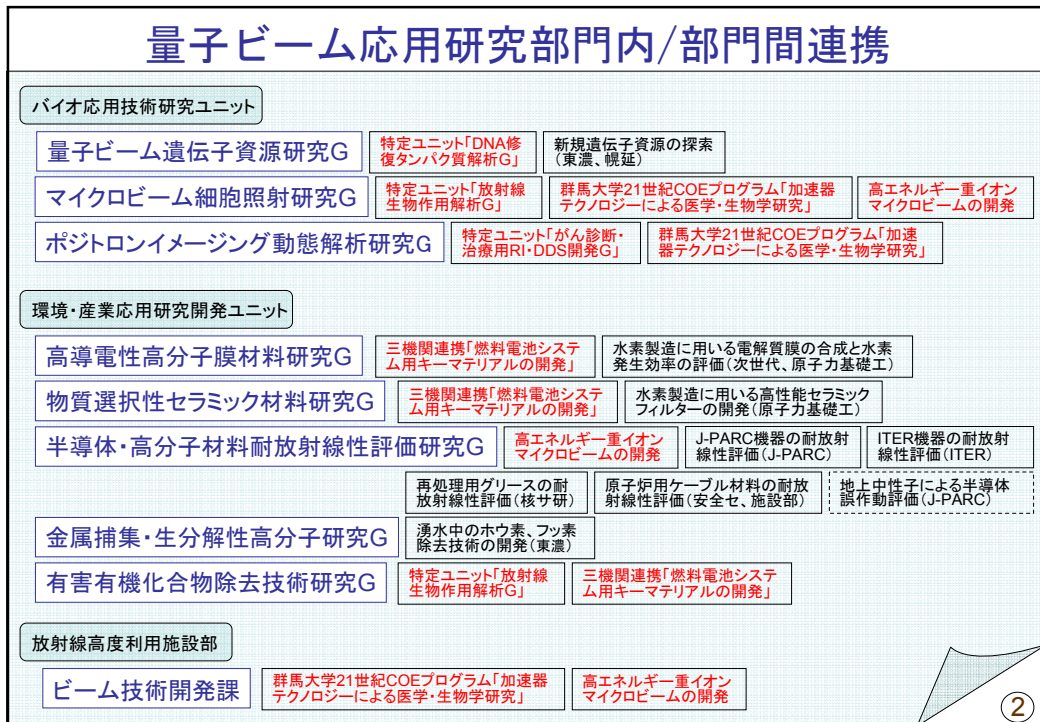
高崎量子応用研究所 所長: 南波秀樹

放射線高度利用施設部 部長: 田中茂

研究課題 2.21 ビーム技術・加速器技術・照射技術の開発

ビーム技術開発課

①




研究課題 2.13 **量子ビームを用いた有用遺伝子資源創成の研究**

量子ビーム 量子ビームを利用した先進的な測定・解析・加工技術の研究開発を行い、ライフサイエンス分野の発展に貢献するために、微生物及び植物の遺伝子・タンパク質の同定と機能解明を通じて、有用遺伝子資源を創成するとともに、技術移転を推進して、有用遺伝子資源のライフサイエンス分野での実用化を図る。

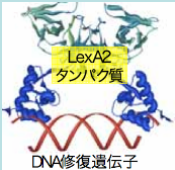
平成18年度までの成果

- 放射線抵抗性細菌由来のDNA修復促進タンパク質 PprAの機能を解明し、バイオ研究用DNA修復試薬として実用化
 - : H18年1月プレス発表
 - : H18年10月理事長表彰特賞受賞




従来品の10倍高効率のDNA修復試薬「TA-Blunt Ligation Kit」

- LexA2タンパク質によるDNA修復遺伝子の活性化機構を解明
 - : H18年11月Microbiology誌に掲載
 - : H19年3月第1回放射線影響研究奨励賞受賞



量子生命フロンティア研究 特定ユニットの設置により研究が加速

- 新規遺伝子UVI4が核内倍加の制御因子であることを発見し、植物の新たな紫外線耐性機構を解明
 - : H18年3月プレス発表



野生型 耐性変異体

イオンビーム照射により取得したシロイヌナズナの紫外線耐性変異体の解析で発見

- 植物形態形成に重要な植物ホルモンの情報伝達に関わる新規遺伝子SMAP1の機能を解明
 - : H18年9月特許出願、Plant Journal誌に掲載

```


SMAP1  ----SMANVDQLEAMEILNEGQVLS----DNKLA-----DAQFNRKDDPFDQDTN-----
アゲ  GPVVDLDEVDLQVFLQAGGSLTLLMD-LAANEKAV-----HSDFRNREILFDQDIT-----
ヒト  GPVVDLDEAG-----GSTLLMD-LAANEKAV-----HADFRNREILFDQDITQ-----
カエル GPVVDLDEAG-----GSTLLMD-LAANEKAV-----HADFRNREILFDQDITQ-----
ゼブラフィッシュ GPVVDLDEAG-----GSSLMD-LAANEKAV-----HSDFRNREILFDQDITQ-----
マウス  AQEGGGQSQLYCETHPQAGGSLTLLMD-LAANEKAV-----HADFRNREILFDQDITQ-----
ショウジョウバエ G-TMMDLSEG-----GATTAHMEHLPSNKHV-----HADFRNREILFDQDITQ-----
イネ  PGGVNEEDSPGEMSEASAVVQGAHNEVDADRHPSSSLPTDAHDFRSEHFRNREILFDQDILA-----
    
```

新たな雑草防除剤の開発への応用が期待される

④

平成19年度上期の成果


- 新規タンパク質PprMがDNA修復促進タンパク質PprAの放射線誘導を制御していることを発見
- イオンビーム育種によりキク科の多年草オステオスペルマムの新花色品種の育成に成功
 - : H18年3月品種登録出願
 - : H19年5月プレス発表
 - : H19年度理事長表彰特賞受賞




群馬県農業技術センター及び県内在住の世界的育成家との地域連携で実現

今までにないバステルカラーでストライプを持つ新品種「ヴィエントフランゴ」

- 無側枝性輪ギク「新神2」が完成
 - 鹿児島県との共同研究
 - : H19年6月品種登録出願
 - 全国30以上の農協・花市場などの農業団体で許諾栽培を展開
 - 低温開花性が付与された神馬系品種の決定版「新神2」



- イオンビームを用いて環境浄化能の高い蔓性植物新品種の育成に成功
 - 広島大との共同研究
 - : H19年5月品種登録出願
 - : H19年8月プレス発表




世界で初めて、突然変異で実用植物の環境浄化能を高めることに成功。大気汚染浄化の即戦力になると期待

二酸化窒素高吸収能を持つ新品種「KNOXJ」

今後の計画

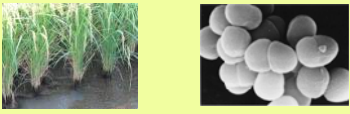
- 有用遺伝子資源創成の研究
 - ・DNA修復タンパク質複合体による放射線抵抗性細菌の効率的なDNA修復ネットワーク機構の全容解明と実用化への展開



特定ユニットとの連携

創薬・医療の高度化に貢献

- イオンビーム育種技術の高度化
 - ・イオンビームで誘発される突然変異の特徴解明
 - ・突然変異誘発促進タンパク質を用いた突然変異の人工的制御技術の開発
 - ・食料資源確保・環境保全を目指したイオンビーム植物育種の新展開
 - ・イオンビーム育種の産業微生物改良への応用



イオンビーム育種による新品種作出のスピードアップ

⑤

研究課題 2.14 細胞に対する重イオンマイクロビーム照射効果の研究

細胞の放射線応答解明のため、重イオンマイクロビーム細胞局照射技術を開発するとともに、マイクロビームを用いて個々の細胞の放射線応答を確定的に調べる。マイクロビームで生体組織の一部を破壊することによってその機能を解析する。

平成18年度までの成果

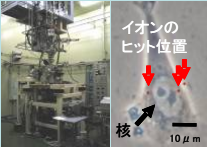
マイクロビーム細胞照射技術の開発 放射線高度利用施設部との連携による重イオンマイクロビームの開発

- 新規の集束式マイクロビームを非生物試料照射実験と共有可能とするための細胞照準用顕微鏡システムの退避機構を追加し、最適な設置方法を決定。
- 既存のアーチャー式マイクロビーム細胞照射装置の制御系を改良、1標的当たりの照準動作時間を0.7秒以下に半減

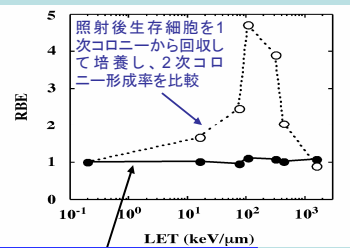
細胞照射効果の解明

- 照射後分裂増殖を経た子孫の細胞死にLET依存性があるが、照射直後の生存率が等しくなる線量と比較するとLETに依らず一定であることを発見、遅延的増殖死の起因となる潜在的な異常は照射後の最初の修復過程で固定される可能性を示した。
: 群大21世紀COE共同研究成果、Radiat. Res.に掲載
- ヒト正常細胞におけるバスタンダー効果による非照射細胞のアポトーシスが、直接重イオン照射された細胞のものとは異なる機序で誘発されることを示唆する新しい現象を見出した。
- マイクロビーム生物研究連絡会を発足させ、事務局として国内の主導的な役割を果たした。

アーチャー式マイクロビーム細胞照射装置



イオンのヒット位置
核 10 μm



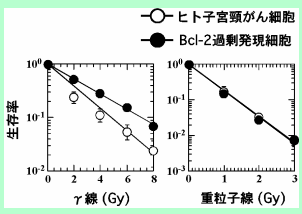
照射後生存細胞を1次コロニーから回収して培養し、2次コロニー形成率を比較

照射後生存細胞の2次コロニー形成率を、照射直後の生存率(1次コロニー形成率)が等しくなる線量どうして比較

⑥

平成19年度上期の成果

- 新規の集束式重イオンマイクロビームを用いた細胞照準照射システムの開発に着手した。
- 半数近くのがんで高発現しているがん遺伝子Bcl-2を過剰発現させたヒト子宮頸がん細胞は、γ線やX線に抵抗性を示すが重粒子線に対しては抵抗性とならないことを明らかにし、そのようながんに対して重粒子線治療が有用である可能性を示した。
: 群大21世紀COE共同研究成果



○ヒト子宮頸がん細胞
● Bcl-2過剰発現細胞

生存率


γ線 (Gy) 重粒子線 (Gy)

- 個体レベルで哺乳動物に比べて強い放射線抵抗性を示すカイコの血球前駆細胞へのγ線照射効果を調べ、線量に比例してDNA損傷が増加してもアポトーシスは誘導されないことを明らかにした。
- DNAの酸化的塩基損傷の一つである8-OHdGを指標とする酵素免疫測定法(ELISA)を応用、3 kGy以上照射した食肉類を判別できた。

今後の計画

- マイクロビーム細胞照射技術の開発** 放射線高度利用施設部との連携
 - ・集束スキャニングビームによる高速・高精度細胞照準照射技術の開発
- 細胞の放射線応答の分子メカニズム解明**
 - ・バスタンダー効果と細胞間相互作用
 - ・放射線誘発遺伝的不安定性
 - ・照射効果の線質依存性
- 個体レベルの放射線応答の解明**
 - ・カイコ造血器官や幼虫の放射線応答
 - ・線虫の化学走性学習と神経回路モデル

バスタンダー効果 線虫とエッチピットとの重ね合わせ



照射細胞 可溶性因子
非照射細胞 ギャップジャンクション



カイコ発生初期卵

対物レンズ: 4倍
エッチング条件: KOH, 60°C, 1 h
照射イオン数: 50 particle

⑦

- ・マイクロビームによる生物機能解明
- ・マイクロビームの医学・医療応用
- ・放射線生物影響の分子機構の解明

研究課題 2.15 **ポジトロンイメージング動態解析研究**

ついでに

植物による栄養成分や環境汚染物の吸収・輸送・蓄積を定量的に解析・評価する方法の開発など、ポジトロンイメージング技術の高度化を図り、カドミウムの吸収が少ないイネ品種の選抜など安全な食糧の効率的な生産技術や、植物による環境浄化技術の開発などに貢献する。

平成18年度までの成果

- イネによるカドミウム吸収・輸送を初めて観測
:プレス発表(H18年3月) 秋田県立大との共同研究
- ¹⁰⁷Cdトレーサの効率的な製造法を開発
- 植物による養分等の吸収・輸送・蓄積の解析技術を開発
日本土壤肥料学会英文誌論文賞受賞(H18年9月)
- 光合成による炭素吸収動態のコンパートメントモデル解析に成功
IEEE NNS/MIC Conference Trainee Award受賞、招待講演(H18年11月)

ポジトロンイメージングによるカドミウム動態計測画像

1 hr 3 hr 5 hr 10 hr 20 hr

1時間以内に到達

葉への移行は遅く、約10%が茎に移行

葉 基部 根

¹⁰⁷Cd

光合成炭素動態のコンパートメントモデル解析

8

平成19年度上期の成果

- 植物生理学的知見とコンパートメントモデル解析法の融合により、炭素同化・輸送機能を初めて解明
・特許出願手続中(H19年5月)
・Joint Molecular Imaging Conference 2007 SMI & AMI Travel Award受賞(H19年9月)

葉への炭酸ガス(¹¹CO₂)の取り込み

62 min

炭素の同化

同化産物の輸送

葉の中での炭素動態を炭素同化と同化産物輸送に弁別して定量解析することに成功

- カドミウムがイネの節に貯留しやすいことがわかった。
- 100 μmolのカドミウム曝露により光合成産物輸送速度に影響を与えることを明らかにした。
- 新規ポジトロン放出核種トレーサ¹³N₂ガスの製造に成功した。
- 群大21COE世紀共同研究を推進し、新規RI標識薬剤⁶⁴Cu-NuB2のマウス体内動態の可視化に成功した。
- ⁷⁶Br製造法について検討し、実験動物体内動態試験に十分な43MBqの⁷⁶Brの回収に成功した。

→

今後の計画

- カドミウム低吸収イネ等、安全な食糧生産や環境浄化に有用な品種選抜技術の開発

高品質な食料の生産・供給技術の開発

- ・イネによるカドミウムの吸収・輸送のポジトロンイメージング解析
- ・ポジトロンイメージング画像データの定量的数理解析技術の高度化

- がんの診断・治療に応用可能な新規放射性同位元素とその標識化合物の開発
特定ユニットとの連携
- ・⁷⁶Brなど新規診断・治療用RI製造技術の開発
- ・新規PETがん診断薬剤⁷⁶BrDGの開発

RIイメージング(診断)

RI-DDS治療

がんの超早期診断・治療の実現

9

研究課題 2.16 高導電性高分子膜材料の研究

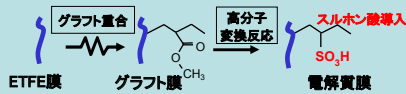
ついでに

量子ビームを総合的に活用して、燃料に水素を利用する家庭用及び自動車用燃料電池に適用可能な高耐久性電解質膜を開発する。

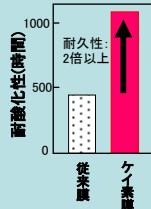
平成18年度までの成果

○ γ -電子線グラフト重合・架橋による家庭用高耐久性燃料電池膜の開発

- 高温での機械的特性などに優れたポリエーテルエーテルケトン(PEEK)膜を芳香族高分子基材とした電解質膜の作製に成功。
- 新規高分子変換反応法により、耐熱性アルキルスルホン酸を有するグラフト鎖の合成方法を確立。

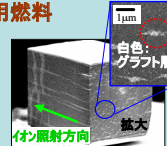


- 高保水性無機ナノファイラーに変換できるケイ素含有モノマーの導入技術として、多重架橋技術を確立
- メタノール用燃料電池膜(従来膜)比で、2倍以上の耐酸化性を確認。

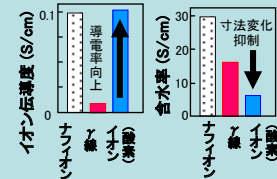


○ イオンビームを利用した自動車用燃料電池膜の作製技術の開発

- イオン潜在飛跡へのグラフト重合により200nmのイオン伝導性グラフト層と、膜機械特性を担うマトリックス層からなる電解質膜の作製に成功。



- 上記電解質膜が、市販膜や γ 線で作製したグラフト膜より、イオン伝導性、最大引張強度、含水率変化などの特性に優れていることを実証。



○ 水素製造用電気透析膜の開発

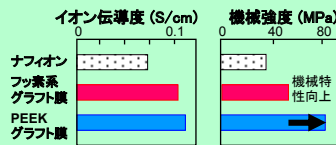
- 熱化学ISプロセス法のヨウ化水素濃縮用電気透析膜に放射線架橋・グラフト重合法で作製した電解質膜を適用。

- 従来膜(ナフィオン)と比較して消費電力を半分以下に抑制

平成19年度上期の成果

○ γ -電子線グラフト重合・架橋による家庭用高耐久性燃料電池膜の開発

- グラフト重合の足場となる成分を前段階として導入する二段グラフト重合法を編み出し、燃料電池膜として実用的な含水率と導電率を示すPEEK電解質膜の作製に成功。
- 導電率、機械特性ともに従来膜を凌ぎ、且つ95°Cの水中で1500時間以上の安定性を確認。



○ 中性子散乱法による燃料電池膜の構造解析

- JRR-3のピンホール型中性子小角散乱装置と集光型中性子超小角散乱装置の高度化で、燃料電池膜のナノ~マイクロオーダーの解析を世界に先駆けて実現。
- 放射線グラフト重合・架橋技術で開発したフッ素系電解質膜では、ナフィオンで報告されている明瞭なクラスター構造(イオンチャンネル)が存在しないことを確認。

今後の計画

○ 家庭用高耐久性燃料電池膜の開発

- 19年度までに開発してきた電解質膜を用いて、膜・触媒接合体(MEA)の作製条件の検討。
- 燃料電池セル作動下での性能特性評価より、電解質膜を構成する基材膜とグラフト鎖の組み合わせを確定し、家庭用燃料電池に求められる電解質膜の実用性能を産業界と連携して実証。

○ 自動車用燃料電池膜の作製要素技術の開発

- 家庭用燃料電池膜開発の知見を活用するとともに、ドイツ重イオン研究所(GSI)との国際協力や国内産官学の連携を推進し、イオンビームを利用した機械的特性、高温耐久性などを併せ持つ自動車用燃料電池膜の作製要素技術の開発を継続。
- 耐熱性高分子基材に形成するイオン潜在飛跡や、そのエッチングにより形成されるイオン穿孔に、耐熱性導電性のグラフト鎖や無機細線を充填した二次元ナノ伝導経路の形成技術の開発。

○ 中性子による燃料電池膜の構造・機能評価

- 中性子による作動環境下での燃料電池システム及びその構成部材の解析技術の確立。
- 導電性、燃料バリア性、耐久性に優れた芳香族炭化水素系及びフッ素系グラフト電解質膜のナノ~マイクロ構造の確定。

○ 三機関連携による燃料電池システム用キーマテリアル開発研究

- カーボンブラックの放射線グラフトやイオンビーム改質による高活性触媒・電極材料、及び世界最高性能の電解質膜・触媒電極接合体(MEA)の開発研究を推進。

研究課題 2.17 物質選択性セラミック材料の研究

技術シナリオ

エネルギー源としての水素の製造、貯蔵、輸送、消費に必要な水素分離フィルターの実現を目指し、水素と不純物の分離比が10対1以上の炭化ケイ素(SiC)セラミック薄膜等を開発するとともに、水素の安全な取扱いに不可欠な水素センサーを開発するため、光学式水素検出材料を創製する。

平成18年度までの成果

○水素分離SiCセラミック薄膜の開発

多孔質アルミナ基材
γアルミナ厚さ1 μm
SiCセラミック薄膜厚さ1.2 μm

膜厚 (μm)

高品質SiC薄膜(厚さ0.2 μm)を積層し、高い水素分離能を達成する膜厚条件として0.8~1.0 μmを導出

○光学式水素検知材料の開発

接触により着色

水素吸着により着色する酸化タングステン(WO₃)薄膜の作製に成功。

約1秒で着色

濃度1%の水素で着色するWO₃コート高分子フィルムを開発。基材に安価で成型性に優れた高分子材料を使用可能としたことで、汎用性を拡大

平成19年度上期の成果

○水素分離SiCセラミック薄膜の開発

SiC コート Al₂O₃ 管

ディッピング法

端末開放ディッピング

端末閉塞ディッピング

アルミナ管両端を閉塞してケイ素高分子溶液にディッピングすることにより、クラックの無いSiCセラミック薄膜の形成に成功。

○光学式水素検知材料の開発

PtまたはPd
PtO₂
SiO₂

膜断面構造

着色前

着色後

水素吸着により着色

水素により着色する酸化白金膜を開発。一旦着色すると再変化しない水素検知材料であるが、600℃の高温でも水素検出が可能。

今後の計画

○水素分離SiCセラミック薄膜の開発

水素と不純物の分離比が10対1以上のSiCセラミック薄膜を開発

円筒形アルミナ基材表面のSiCセラミック薄膜の作製条件の最適化を行い、ナノホール制御技術を改善して水素透過率の向上を目指す。

○光学式水素検知材料の開発

光ファイバー

0.1%水素を検出可能な光学式センサー材料の開発

タングステン薄膜表面に蒸着する水素解離触媒の形状、大きさ、接着性の最適化や、不純物導入等による触媒能の改善を図り、0.1%水素の検出が可能なWO₃薄膜の創製を目指す。

研究課題 2.18 半導体・高分子材料の耐放射線性評価に関する研究

ついでに研究

量子ビームを利用した高付加価値素子の創製に貢献するため、半導体の放射線劣化の予測モデルを構築するとともに、原子力分野等への応用を目指し、10MGyの耐放射線性を有する炭化ケイ素(SiC)トランジスタを開発する。

平成18年度までの成果

○宇宙用三接合(InGaP/GaAs/Ge)太陽電池の放射線劣化予測モデル構築

- キャリア濃度、拡散長を劣化主要パラメータとすることで多接合太陽電池の劣化シミュレーション技術の開発に成功

○耐放射線性SiC半導体の開発

- ゲート酸化膜作製法とガンマ線照射による特性(しきい値電圧)変化の関係を明確化

○半導体デバイスの放射線劣化・誤動作のモデル化

- イオン入射によるダイオード内電界強度分布の時間変化のシミュレーションに成功し、イオン誘起電荷の伝播挙動を説明

○高分子材料・機器類の耐放射線性評価

- J-PARC機器等の耐久性・健全性を評価し、計画通りのプロジェクト推進に寄与

14

平成19年度上期の成果

○半導体デバイスの放射線劣化・誤動作のモデル化

- 集束型の高エネルギー重イオンマイクロイオンビーム(260MeV-Ne)を用いたSi PIN型ダイオードのイオン誘起過渡電流測定に成功

○耐放射線性SiC半導体の開発

- 高温熱処理時のSiC表面保護により表面荒れを防止
- 3MGy耐性指針の取得

今後の計画

○半導体放射線劣化モデル構築

- 数百MeV級イオンによる誘起電荷の伝播挙動説明
- デバイス・回路シミュレーション技術の開発
- 劣化シミュレーションと弾き出し損傷量を組合せた解析

JAXAや大学との連携協力
米国サンディア国立研究所との国際協力

○10MGy耐性を有するSiCトランジスタの開発

- ゲート酸化膜形成、電極形成等のプロセス最適化
- 耐性強化のための素子構造の最適化

産総研や産業界との連携協力

○次世代原子力用機器・部品の耐性評価

- 高分子材料・機器類の耐放射線性診断技術の高度化

部門・拠点間連携や産業界との連携協力

評価手法国際標準化
耐放射線性素子開発

宇宙、エネルギー、情報通信、医療分野への貢献

15

研究課題 2.19 金属捕集・生分解性高分子研究

ついでに研究

量子ビームを利用して環境浄化・保全に貢献するとともに、技術移転による産業振興に寄与するため、放射線橋かけとグラフト重合技術を用いて生分解性高分子材料及び金属捕集高分子材料を開発する。

平成18年度までの成果

生分解性高分子の研究

生分解性ゲル

● 10% 5kGy
▲ 20% 5kGy

バイオプラスチック(ポリ乳酸)

▲ 無機物添加, 2phr
○ 無添加

ゲル化制御方法

ゲル分率40-60%に制御可能に

橋かけによる耐熱性向上方法

無機物添加によるゲル分率向上

- ・生分解性弾性ゲルを開発
H18年12月プレス発表：バック剤や徐放薬剤に利用可
- ・地域結集型研究開発プログラム（JST）
ゲル分率の制御で、吸水率が向上（リン酸の資源化）

金属捕集高分子の研究

混合有機溶媒系

● 200kGy: 260%
○ 100kGy: 140%

照射線量 200kGy

反応溶媒のジメチルスルホキシドに対するフタノールの割合 (%)

グラフト試薬を水系に分散させるエマルジョン系で、反応率の向上が可能

環境低負荷

混合溶媒による反応率の向上

- ・地域新生コンソーシアム研究開発事業
温泉水中のスカンジウム資源の捕集試験
- ・グラフトによる表面処理
H18年9月プレス発表：ミリ波アンテナ基板に応用可

平成19年度上期の成果

生分解性高分子の研究

約50倍向上

①放射線橋かけ②無機物添加
③熱処理の組み合わせにより熱変形耐性を向上

ダミーレンズとしての耐熱性を実現できる見通しを得た

橋かけ処理

- ・柔らかいポリ乳酸を開発
H19年6月プレス発表：透明塩ビに変わり得る材料

今後の計画

生分解性高分子の研究

物性の改善

バイオプラスチック

耐熱性を有するポリ乳酸の成形加工条件の最適化

ハイドロゲル

セルロースゲルの強度や伸びを改善

橋かけ生分解性材料の技術移転

生分解性ダミーレンズ || 生分解性コンタクトレンズ

矯正用レンズに入れ替え、廃棄

金属捕集高分子の研究

製造コストの低減化

線量の低減化 (50kGy)

エマルジョンを形成するミセルの径の減少とその安定化技術の開発

モノマーの再利用

モノマーの繰り返し使用による反応効率の最適化

グラフト捕集材の技術移転

半導体用純水や洗浄液用金属除去フィルタ

金属捕集高分子の研究

12倍

ミセル系が小さいほど、グラフト反応率が高い

水系エマルジョンによる更なる反応率の向上

- ・機構内の連携融合研究として
東濃湧水中フッ素・ホウ素除去用捕集材作製に応用

研究課題 2.20 有害有機化合物除去技術の開発

環境浄化・保全に貢献するため、塗料溶剤に使われるキシレンなどの揮発性有機化合物(VOC)を電子ビームで酸化分解し、生成する中間副産物(ガス状及び粒子状物質)を触媒及び帯電・捕集により、無害化する技術を開発する。

平成18年度までの成果

中間副産物の処理技術の開発

VOCの分解 → H17単一系VOCで90%分解率を達成 → 中間副産物の生成 → H17粒子状物質の90%帯電捕集を達成 → 清浄空気

中間副産物の生成 → H18触媒による酸化プロセスを説明 → ガス状物質 → H18触媒による酸化無害化を達成 → 清浄空気

オンライン式触媒表面付着有機物解析FTIRの開発

触媒表面での照射由来オゾン解離により発生した酸素原子がガス状物質を酸化することを説明

触媒表面での反応過程: $O_3 \xrightarrow{MnO_2} O_2 + O$ (活性酸素) → 中間副産物 → CO_2

汚染物質の除去率 (ppm) 比較表:

物質	触媒通過前 (ppm)	通過後 (ppm)
CO	~45	~5
CO ₂	~10	~45
ガス状物質	~10	~5
粒子状物質	~10	~5
キシレン	~10	~5

⑱

平成19年度上期の成果

○混合VOCに対する電子ビームの効果

分解率 (%) vs 吸収線量 (kGy)

吸収線量 (kGy)	トルエン (%)	キシレン (%)
0	0	0
5	~60	~60
10	~80	~80
15	~90	~90
20	~95	~95
25	~98	~98

・混合系で90%以上の分解率を達成
・生成炭酸ガス量は分解VOCの約25%であることを確認

現場での実ガス処理試験に向けた基礎データを蓄積

○触媒による粒子状物質などの酸化

CO₂濃度 (ppm) vs 照射窓からの距離 (mm)

照射窓からの距離 (mm)	3%Ag+TiO ₂ (ppm)	TiO ₂ (ppm)
0	~30	~30
10	~35	~25
20	~40	~20
30	~45	~15
40	~40	~10
50	~35	~5

TiO₂にAgを含浸させると、照射場から離れた位置でも粒子状中間物質をCO₂まで分解

・Ag含浸処理により、TiO₂単独と比べ1.8倍のCO₂生成量

中間副産物処理を含めたシステム開発の基盤を確立

○水環境中医薬品類の分解技術の開発

河川中濃度が比較的高いアスピリンやイブプロフェン(初期濃度1mg/L) → 100Gyで完全に分解

今後の計画

大気

電子ビーム&触媒ハイブリッドプロセスの基礎的研究

VOC排ガス → VOC処理 → 中間副産物処理 → CO₂

ハイブリッドプロセス

VOC処理専用電子加速器の開発 (民間企業と共同研究)

- ・ガス処理に適した放射線照射エミッターの耐久性試験
- ・製造コスト低減化検討

放射線照射型エミッターと反応容器

現場での実ガス試験 (民間企業と共同研究)

- ・プロセスの最適化
- ・システム開発

水環境

医薬品類、ハロゲン化有機化合物等の処理技術の開発

- ・耐性菌の出現が懸念される抗生物質の分解挙動
- ・生物学的分析手法による毒性評価
- ・現場捕集、施設処理による低コスト処理法の確立
- ・中国科学院等との国際研究協力

⑲

研究課題 2. 21 **ビーム技術・加速器技術・照射技術の開発**

研究の進捗

平成18年度までの成果

マイクロビーム形成技術の開発

中期計画目標を当初予定より早期に達成

集束方式によるサイクロトロン用の数百MeV級重イオンマイクロビーム形成技術の開発を進め、260MeV²⁰Neイオンビームで0.7μmの世界最小ビーム径を実現



5μm間隔の格子点に各1個のイオンをマイクロビーム径の精度で狙い撃ち(点線は5μm間隔を示す)

マイクロビームレンズ

プロトン描画(PBW)技術の開発

プレス発表:H19.2.19



加工深さ50μm、最大アスペクト比1:50の三次元ナノ構造物の製作に世界で初めて成功

3次元マイクロPIXE技術の開発



三次元マイクロPIXEの要素技術である三次元STIMで立体画像の取得に成功

← 昆虫の頭部(左:光学写真、右:三次元STIM)

新ビーム開発・クラスターイオン

- ・サイクロトロン:6種、
- ・イオン注入装置:2種、
- ・タンデム加速器:3種とクラスターイオン大電流化技術開発を推進

科研費(採択)
 ・高エネルギーイオンビームの直描式微細加工による3Dナノ構造の創製(基盤A)
 ・微小領域三次元微量元素分析法の研究(若手B)
 ・イオンマイクロサージャリー用リアルタイム3次元線量計測法に関する研究(若手B)
 ・重粒子線治療と光線力学的療法を融合させた新規癌治療法の探索研究(若手スタートアップ)

機構内マッチング研究(採択)
 ・ナノ加工・計測に向けた小型高エネルギーガスイオンナノビーム形成技術及び装置の開発

平成19年度上期の成果

マイクロビーム供給を実現

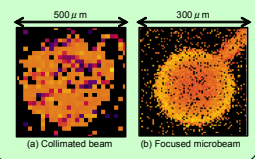
プレス発表:H19.9.5

サイクロトロン全系の安定化
調整運転の短時間化
(従来の半分の8時間で供給可能に)

○半導体デバイスの耐放射線性評価研究を促進

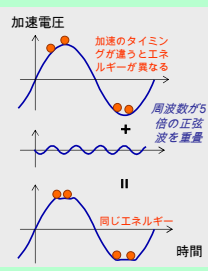
ダイオードに対するシングルイオンヒット効果分布の高分解能可視化に成功

左:従来のコロメットビームによる分布
右:本マイクロビームによる分布



(a) Collimated beam (b) Focused microbeam

加速電圧



直径0.7μmを可能にしたフラットトップ加速の原理

先端研究施設共用イノベーション創出事業による産業界向け研究開発支援
(H19-23年度: 5千万円/年)

今後の計画

マイクロビームの高品位化・多様化

高速照準で毎分600ヒットのシングルイオンヒット

- ・静電スキャナによる高速照準技術の開発

エネルギー幅の狭小化・ビーム安定化

イオン源の改良

- ・ビーム電流の安定化
- ・全永久磁石方式
- ・冷却水温度の安定化

フラットトップ加速パラメータの追求

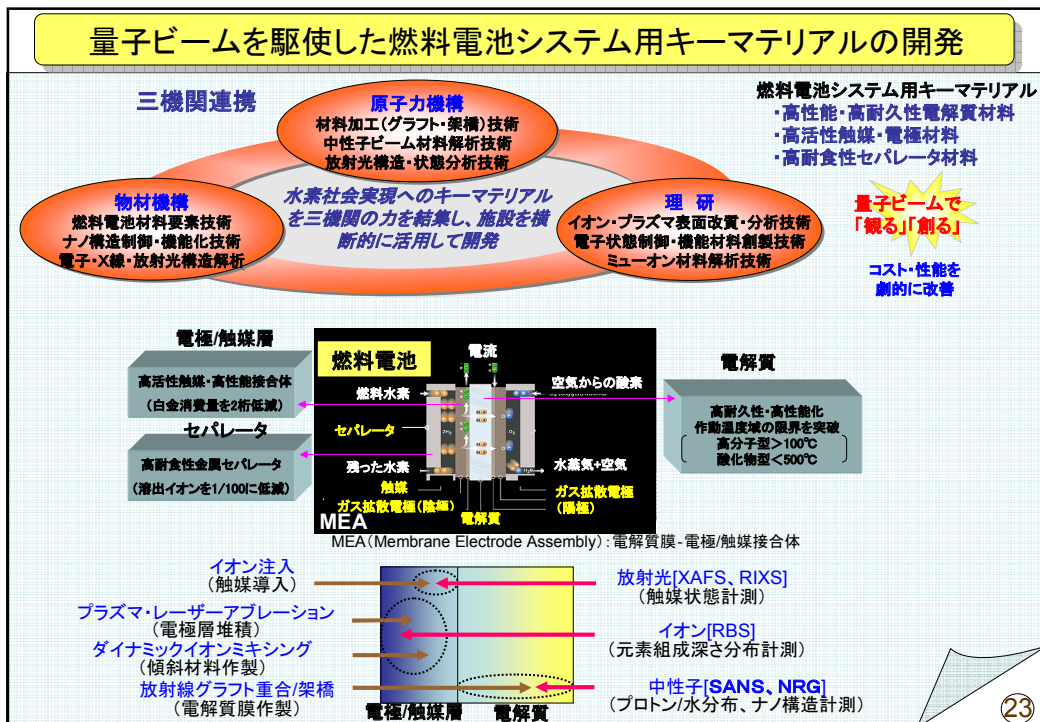
- ・軌道解析を併用したパラメータの精緻化
- ・電圧周波数の検討

イオン種・エネルギーの拡大と迅速交換

- ・ニーズに基づきカクテルビームを中心としたイオン種とエネルギーの拡大
- ・カクテルビームをフラットトップ加速してマイクロビーム形成、迅速交換

研究連携の新たな展開

22



23



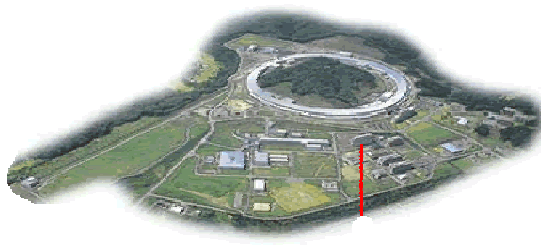
This is a blank page.

光量子・放射光科学研究の展開

— 関西地区における研究開発の概要 —



関西文化学術研究都市



播磨科学公園都市
SPring-8

日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門
副部門長 田島 俊樹

関西地区の研究概要 1

関西地区の研究推進戦略

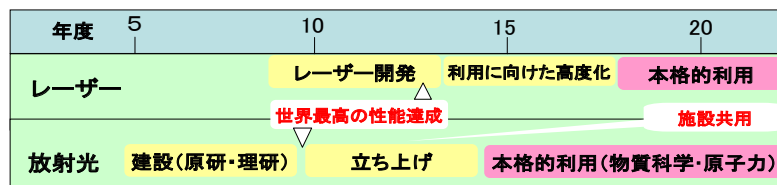
関西研究所発足時のミッション

先端的な光源の開発とそれを用いた物質科学の研究を飛躍的に推進して光科学の総合的研究をいっそ発展させる。

現在の研究戦略的な位置づけ

レーザー・放射光を中心とした先進的光(=量子ビーム)の総合的研究拠点

- 先進的なレーザーを利用した光量子科学研究【木津サイト】
- 大型放射光SPring-8を利用した放射光科学研究【播磨サイト】



関西地区の研究概要2

木津サイトの研究内容と施設

研究内容 先進的なレーザー光源の開発とそれを用いた物質科学（特に、物性研究、物質分離等）や生命科学への応用

先進的なレーザー装置群

極短パルス高強度
レーザー

X線レーザー

エネルギー回収型
自由電子レーザー



小型で世界最高出力
850TWを実現
高コントラスト比



波長8.8～46.9nmで発振
空間フルコヒーレンスの実現



連続出力2.3kWの実現
エネルギー回収技術の開発

2

関西地区の研究概要3

播磨サイトの研究内容と施設

研究内容 放射光を利用した反応・機能のダイナミックスの観測とそれに基づいたナノ機能物質創成・量子制御

原子力機構の専用ビームライン

JAEA量子ダイナミクス

JAEA物質科学

JAEA量子構造物性

JAEA重元素科学



BL11XU
6～70keVのX線を利用して、物質の振動状態や電子状態、成長中の結晶表面の構造などの研究に使用。



BL14B1
4～100keVのX線を利用して、高温高圧下や電位、レーザー照射などに伴う結晶構造の変化、液体やガラスなどの複雑系の研究に使用。



BL22XU
3～70keVのX線を利用して、重元素や高圧下での物性研究に使用。



BL23SU
波長の長い軟X線による生体物質や重元素の分光研究に使用。

3

関西地区の研究概要4

光量子・放射光研究による先端科学領域

ナノテクノロジー・材料

高速メモリー素子の開発

24°C
106°C
120°C
130°C

強誘電体のナノ構造、機能の解明

東京学芸大

新物質合成

青色LEDダイオード材用の窒化ガリウムバルク単結晶の作製

トーメイダイヤ

細胞機能の解明

レーザー
X線顕微鏡

マウスマクロファージ細胞の生きたまま観察

奈良女子大

ライフサイエンス・医療

粒子線がん治療装置の小型化

レーザー駆動イオン加速器

新機能材料の創製

豊田中央研究所

シリコン・ナノ構造体 (タドボール)

極短パルス光科学の開拓

パルス波形整形技術による物質の量子状態制御

高強度場科学の推進

相対論工学による超高強度場の生成と制御

京大 放医研

兵庫粒子線医療センター

生体分子機能の解明

フォトアーゼ、DNA損傷の修復タンパク

先端光科学研究拠点

新たな融合研究領域の開拓と産業の創出

世界最高輝度レーザー光源 放射光施設

ナノ構造物質設計

コンピュータ・マテリアル・デザイン (CMD)

阪大

排気ガスの低減

ダイハツ、トヨタ 自動車エンジン

自己再生型触媒

環境

放射線触媒の開発

触媒機能

X線エネルギー

浜松 ホトニクス

機能性光学素子の開発

光学技研

接合型高出力レーザー結晶

光産業

4

個別研究課題に係る成果

個別研究課題1

研究課題 2.22

高強度レーザーによるイオン発生の研究

研究の目標

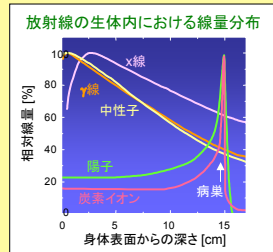
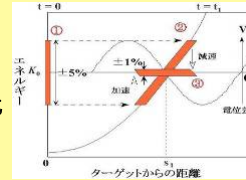
医療応用への貢献を目指して、レーザー駆動高エネルギー粒子発生技術の開発を進める。

高品質のレーザー駆動陽子線の繰返し生成に成功

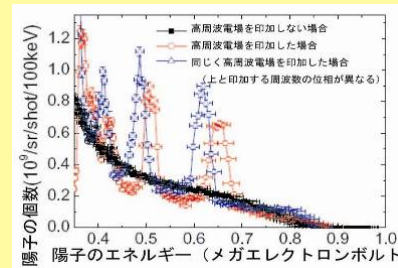
レーザー駆動陽子線の特徴

エネルギースペクトルは制御できなかった
→医療応用にはエネルギーの単色化が必要

位相回転法による陽子線の準単色化



粒子線はがん組織のみを集中治療



高周波電場を印加することによってエネルギースペクトルのピーク強度が約3倍にまで増大される。

⇒ 小型粒子線がん治療器の実現へ前進

個別研究課題2

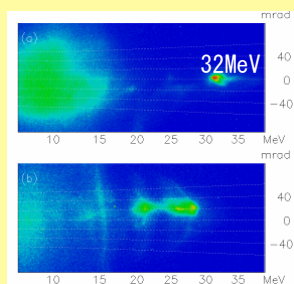
研究課題 2.23

レーザー電子加速に関する研究

研究の目標

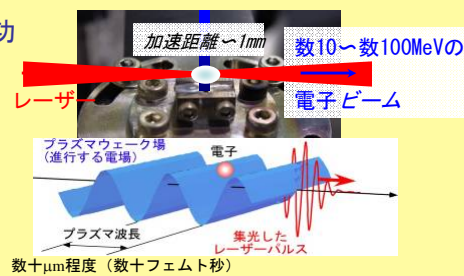
レーザー加速技術を用いて、小型・超短パルスの電子ビーム加速装置を開発する。

単色エネルギー電子ビームの生成に成功



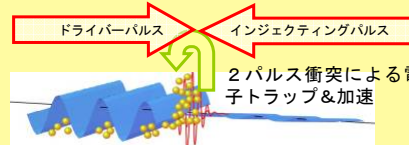
レーザーの集光強度 10^{18} W/cm² 以下の比較的弱い強度で、エネルギー20~40MeVの単色エネルギー電子ビーム生成に成功。

⇒ 電子加速器の小型化の実現へ前進



今後の計画

2パルス衝突電子生成による発生電子ビームの再現性向上



個別研究課題3

研究課題 2.27

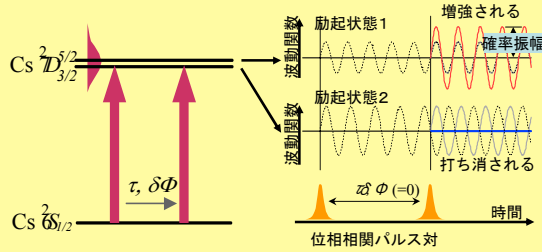
レーザー物質制御の研究

研究の目標

超短パルスレーザーを用いた量子制御により、新しい同位体分離技術を開発する。

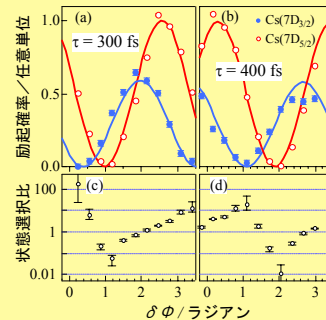
量子制御による物質分離の基礎研究

—セシウムの同位体分離についてコールド実験による原理の実証—



極短パルス高強度レーザーによる量子制御：
Cs原子の近接準位間の超高速選択励起に成功

⇒ 廃棄物をほとんど出さない燃料サイクルへの発展



位相制御によって
高い選択性を実現

8

個別研究課題4

研究課題 2.30

放射光利用による強相関電子系物質の研究

研究の目標

放射光を利用した最先端分光法を用いて、強相関電子系物質が示す異常量子現象の解明に挑む。

超伝導を示す「重い電子」の局在・遍歴転移の直接観測に成功

重い電子：通常の数百倍の質量を持って動き回る遍歴電子
希土類やアクチナイド化合物の特異な磁性や超伝導の原因

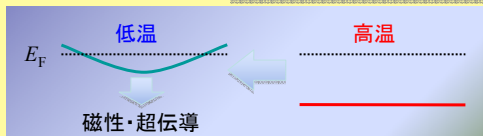


図1 「重い電子」遍歴・局在転移の概念図

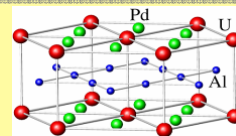


図2 UPd₂Al₃の結晶構造

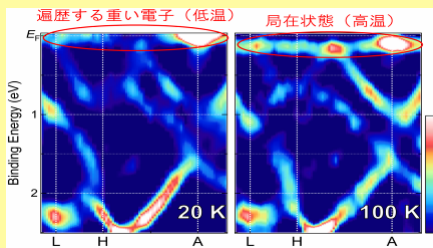


図3 UPd₂Al₃のバンド構造の温度依存性

重い電子の遍歴・局在転移を直接観測
→具体的な過程を初めて明らかに

重い電子以外の電子も変化を示す
→定説と異なる結果

基礎的な電子状態を解明
→重い電子が示す超伝導機構解明へ

9

個別研究課題5

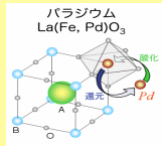
研究課題 2.32

放射光によるナノ粒子自己形成材料の研究

研究の目標

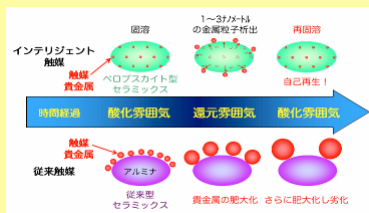
ナノ粒子の生成消滅を制御する機構を解明し、触媒の貴金属使用量の大幅削減を目指す。

インテリジェント触媒の研究



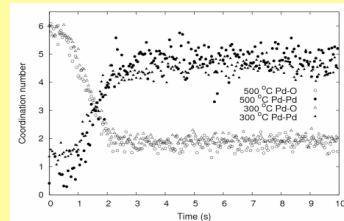
貴金属の周りの局所構造の変化

自動車触媒に使われる3種の貴金属全て(Pd, Pt, Rh)について、自己再生機能を実現した。



インテリジェント触媒の自己再生と従来触媒の劣化

時分割XAFS装置を開発し、ペロブスカイト型酸化物中の貴金属Pdの固溶・析出の様子を「その場観察」した。その結果、従来触媒より速い状態変化や、従来触媒には無い貴金属ナノ粒子の成長抑制などの特徴ある現象を観察することに成功した。



還元雰囲気中でのペロブスカイト酸化物からのPdの析出 (Pd-O原子対の減少) とPdナノ粒子の成長 (Pd-Pd原子対の増加) の様子

⇒ 「元素戦略」での貴金属をほとんど使わない環境材料の開発

10

研究連携の新たな展開

11

部門内・機構内連携1 連携先:中性子、原子力基礎工学、次世代、ふげん 研究課題 2.27

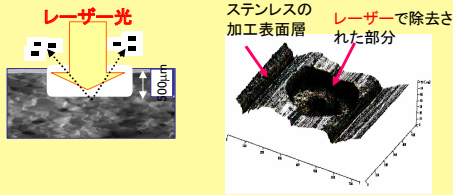
レーザーによる原子力材料の検査、保全への応用

研究の目標

レーザーを用いて原子力材料を検査、分析、補修する先端的な技術開発を目指す。

○応力腐食割れの検出と対応

- ・レーザーでの金属欠陥検出
- ・短パルスレーザーによる表面残留応力の非熱除去の実証
- ・放射光を使った診断技術開発



○伝熱管内壁検査補修技術開発

- ・機構のレーザー技術、渦電流試験による検査技術などを活用し、FBR熱交換器伝熱管内部の検査、補修を行う技術の開発



FBR熱交換器伝熱管 (1インチ径、100m長さ)

○ふげん解体サンプルの分析

- ・3Dアトムプローブによる粒界元素分析
- ・陽電子プローブによる空孔欠陥検出
- ・放射光X線による深さ方向残留応力測定
- ・レーザー音響法による遠隔表面音速測定

⇒ もんじゅの伝熱管などの検査、ふげんと共同研究
「次世代FBR伝熱管検査補修技術の高度化」(JST原子力システム研究開発事業)

12

部門内・機構内連携2 連携先:中性子、次世代 研究課題 2.29

応力測定・評価技術の開発

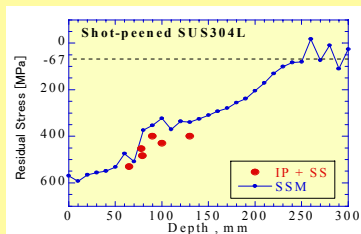
研究の目標

放射光を利用して材料内部の3次元応力分布をin-situで高速・高精度に測定する技術を開発する。

●スパイラルスリットの設計・製作

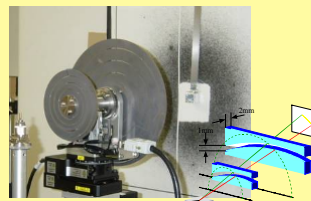
二次元検出器と組み合わせて三次元応力分布の迅速な測定を可能にする円盤状回転スリットを考案、設計・製作した(右図)。

●スパイラルスリットの実証試験

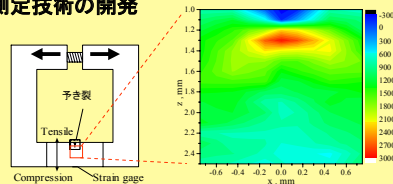


SUS304Lショットピーニング材の応力分布をスパイラルスリットを用いて測定。従来法に比べ測定時間が最大1/100以下に短縮できることを実証。

⇒ もんじゅ、軽水炉の管壁などの検認



●エネルギー分散型回折法による高速応力測定技術の開発



白色X線を利用した高速応力分布測定技術を開発。鉄鋼材料のき裂先端部近傍の3次元応力分布測定に応用。

13

金属水素化物の合成と構造・物性研究

研究の目標

高压下で実現される金属水素化物の構造・電子状態を明らかにし、革新的な材料開発を目指す。

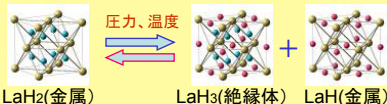
● 水素化による金属の硬化を観測

La金属が形成する面心立方格子は水素化(LaH₃)によって安定化され(金属格子の隙間を水素原子が占有)、体積弾性率が著しく増大することを観測。

体積弾性率
La金属 24 GPa
LaH₃ 68 GPa

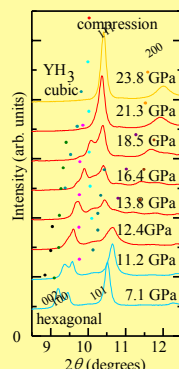
● 水素化による金属の硬化を観測

LaH₂が10万気圧下で、絶縁体の3水素化物LaH₃と固溶体LaHに分離することを観測。この相分離は面心立方金属格子内の水素原子の可逆的な移動を伴う、特異な現象である。



⇒ NEDO「水素貯蔵材料事業」で拠点

● 金属水素化の逐次相転移を観測



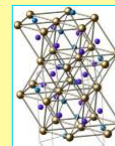
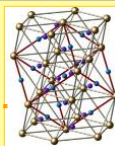
立方晶
ABCABC...
=KK...

中間状態
二相共存ではない
積層シーケンスが圧力とともに変化!

17.9 GPa:
(HHKKKKKKK)₃
14.0 GPa:
(HHHHKKKKK)₃

六方晶
ABAB...
=HH...

YH₃の六方晶(積層H)から立方晶(積層K)への相転移が、周期性を持ちながらHH...の積層中にKK...の積層が増加する逐次相転移であることを発見。



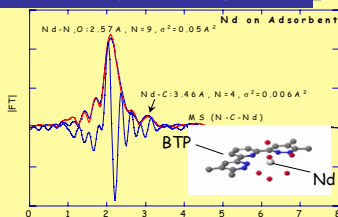
錯体・溶融塩の構造化学とイオン認識機構の解明

研究の目標

有機配位子による高度なアクチノイドイオン認識機構を解明し、新規イオン認識化合物の創成を目指す。

FaCTで提案されている抽出クロマトグラム法における3価イオンの吸着構造

Nd-BTP吸着系でのEXAFSスペクトル

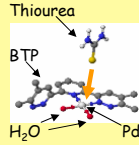
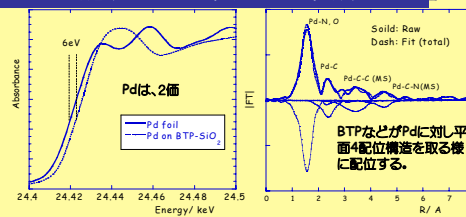


3M硝酸中でBTP吸着剤に吸着させたNdのEXAFS動径構造関数と吸着構造
*測定はSPing-8 BL11XU

使用済み燃料からの溶離挙動で不規則な振る舞いをするランタノイドの吸着構造の解明

FaCTで提案されている分離系で不動体を形成するPdの存在状態とその改善策の提案

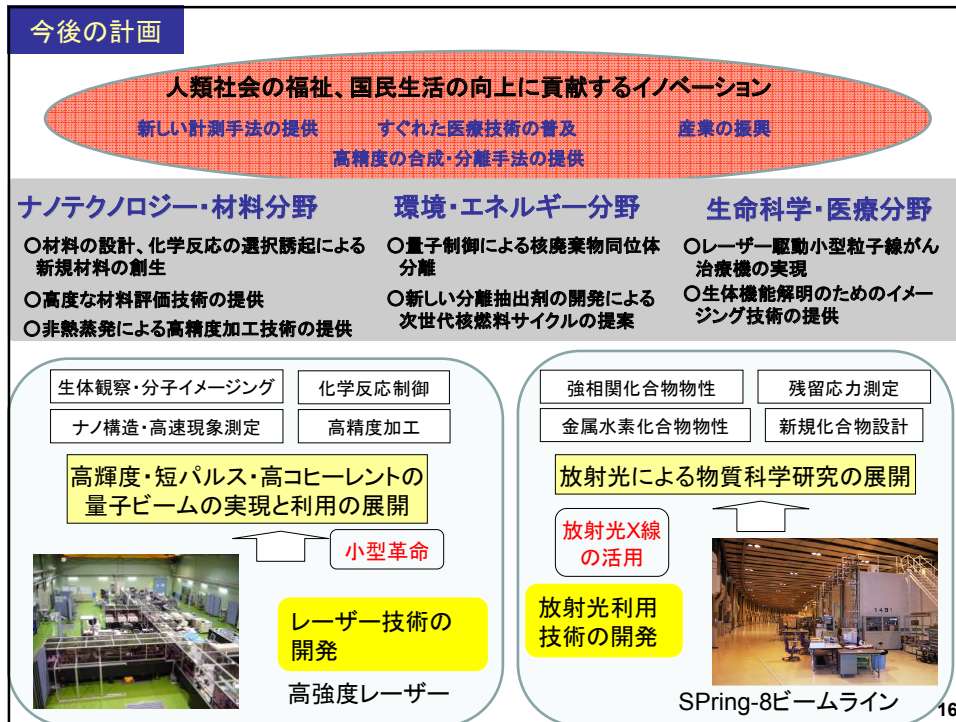
Pd-BTP吸着系でのXANES(左)とEXAFS(右)スペクトル



Pd-BTP錯体とチオ尿素作用概念

PdはBTPと平面配位錯体を形成することが明らかとなり、軸方向からチオ尿素など結合能力の強い配位子を作用させることが有効であることを提案(左図)。

⇒ 次世代再処理技術へ展開



This is a blank page.

付録 3

中間評価のポイントと原子力機構の措置

- 「量子ビーム応用研究」 中間評価のポイント
- 中間評価（Executive Summary）の指摘事項への対応
- 評価報告書（2008.03.03 版）の指摘事項への対応

This is a blank page.

「量子ビーム応用研究」中間評価のポイント

		← 第3回「量子ビーム応用研究・評価委員会」による中間評価(H19.12.18)		
部門運営	H17年度	H18年度	H19年度	H21年度
大方針	<p>【運営の基本姿勢】 国の施策である「科学技術・学術と産業の振興を目指す、世界に先駆けて“量子ビームテクノロジー”の推進」を図るべく(第3期科学技術基本計画、原子力政策大綱)、当部門の有する種々の量子ビームを横断的に利用できるプラットフォームを活用し、斯界の研究・技術開発を先導する。</p> <p>【研究開発の狙い】 量子ビームが有する優れた「観る」「創る」能力を最大限に引き出して利用し、21世紀に社会で必要とされる科学技術・産業・医療に革新をもたらす「量子ビームテクノロジー」を開拓する。</p>			
具体的 方針	<ol style="list-style-type: none"> 1. J-PARCの建設と整備 ○ J-PARCセンター(H18.2.17設置)との協調体制 2. 研究の戦略的展開 ○ 部門重点課題推進(燃料電池、創薬標的タンパク質、高温超伝導等) 3. 機構内連携・横断的研究 ○ 量子フロントエリア特定ユニット設置 ○ JAEA主要事業への貢献、研究開発拠点との協力 4. 外部機関との連携 ○ 日中研究協力、三機関連携 5. 活力溢れる研究環境整備 ○ 業務検討会、成果報告会、部門長フェアード等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量子ビーム・サイエンス&テクノロジーの確立 ○ 科学技術基本計画に貢献する先導的な基礎・応用研究から産業・医療利用 ○ 国際拠点形成を目指した量子ビーム研究推進 2. 量子ビーム・プラットフォームの構築 ○ 先進的かつ安定な量子ビーム利用のための量子ビーム開発拠点との協同 ○ 横断的量子ビーム利用の基盤形成 3. JAEA内外との連携研究、事業の推進 ○ JAEA主要事業への貢献、J-PARC利用研究の推進 ○ 国内外機関との研究協力、地域との協力の推進 4. 活力溢れる研究環境の実現 ○ JAEA内外との先導的な人材交流促進と人材育成 ○ QuBS横断的な研究促進とための機動的環境整備 		
人員 組織	職員等 412、博士研等 49名 (9U, 41G) 運営費交付金 758百万円、外部資金 935百万円 (J-PARC建設費を含む)	職員等 242、博士研等 35名 (8U, 33G + 特定U) 運営費交付金 498百万円、外部資金 650百万円		
量子ビーム応用研究(QuBS)がJAEAにある意義と果たすべき役割				
評価の 視点	(1) 部門の運営	<p>[1] 部門内連携等による成果・取組の状況について:</p> <p>[2] 量子ビーム部門運営の在り方:</p>		
	(2) 各地区の研究開発	<p>[1] 個別研究課題の成果について(中期計画外の成果も含む):</p> <p>[2] 部門内連携等による成果・取組の状況について:</p> <p>[3] 地区運営の在り方:</p>		

地区/サイト略称:
 (総) 総括、(東) 東海地区/サイト、
 (高) 高崎地区/サイト、(関) 関西地区、
 (木) 木津サイト、(播) 播磨サイト

「具体的方針」別に整理した項目に対する評価

1. 量子ビーム・サイエンス&テクノロジーの確立

<p>高評価:</p>	<p>「量子ビームテクノロジー」の推進: 対外的には量子ビームテクノロジーで統一するが、部門ではサイエンスを基盤として展開 ⇒ 妥当 ○「量子ビーム」のコンセプトで4サイト(中性子・荷電粒子・レーザー・放射光)の相互連携協力を追及・展開の意図は極めて適切(総) ○「量子ビームテクノロジー」という新概念の推進および一体的組織運営は重要な意義あり(総) ○3地区4サイトそれぞれの特徴を失うことなくまた単なる寄せ集めではなく有機的な連携を展開(総)</p>
<p>期待・検討:</p>	<p>指摘事項</p> <p>○QUBSはIAEAの研究活動を象徴、IAEA全体の研究活動にとつて極めて重要と期待(総) ○産業界の積極的な参加や産学連携を可能とする制度の工夫が望まれる(総)</p> <p>○研究開発活動においては長期的展望が本質的に重要、決して「事業所的効率主義」にならないよう十分な注意。部門方針に大目標、中目標、小目標を策定し、それぞれにマイルストーンを置き、そのロードマップに基づき、毎年成果を検討し見直すべき。</p> <p>対応</p> <p>○幅広い研究分野を「量子ビーム」という概念で統合していることの意味が目に見える成果としての輩出に繋がるよう期待に応える。 ○既に原子力機構の外部利用制度として、「施設共用」があるが、さらに例えばコーデイナーによる相談・指導など産業界からの利用の敷居を下げる工夫に取り組む。 ○現行の部門の目標は包括的な指針(大目標)のもとに中期計画を立て(中目標)、そのもとで年度毎に策定する実施計画(小目標)に従った研究活動を展開している。そして年度末にはその活動を評価し、次年度の計画にフィードバックしている。しかし、明確なロードマップ、マイルストーンは設定しておらず、今後具体的な取り組みを行いたい。</p>

・科学技術基本計画に貢献する先導的な基礎・応用研究から産業・医療利用

<p>高評価:</p>	<p>○各サイトのコアコンピテンス強化による量子ビームの特徴を活かした重点・推進各4分野でのインパクト大なる重要課題実施 ・偏極中性子解析法、中性子イメージング・分析法や光学技術の開発の努力(東) ・HIVプロテアーゼ全原子解析(東) ・燃料電池電解質膜開発(高) ・本地区の生命科学分野の活動の研究成果の実用的社会的意義(高) ・高崎サイト全般の産業応用研究 (⇒期待:物性科学的視点の強化によりさらに強力になる) ・高品質のレーザー駆動陽子線の繰返し発生、将来の小型粒子線がん治療器への道(木) ・レーザー飛翔鏡(木) ・インテリジェント触媒機構(播)他 ・「再処理技術」をめざしたX線分光による錯体・溶融塩化学・イオン認識解明(播)他</p>
-------------	---

<p>期待・検討:</p>	<p>○生体高分子やタンパク質の構造研究は一般の支持が得られやすいが中性子を用いる利点をより明確にアピールする必要があらう。(東)</p> <p>○これらの研究に対して物性科学的な視点が加われば更に強力にならう。(高)</p> <p>○(レーザ)これからはそれらを駆使した物質科学および生命科学へ応用が期待される。(木)</p> <p>○部門内をつなぐ研究業務検討会や研究成果報告会に評価委員も参加し、さらに評価委員会を各サイトで開催するなど、評価委員会と現場が直接意見交換できれば「評価」はより適切なものとなると期待する。</p> <p>○社会により親しみをもってもらえるように「広報」活動全般を工夫の上より積極的に進めることが重要である。(総)</p>	<p>○中性子はX線解析と相補的に、タンパク質の重要な部分に特化した機能解明に徹した使い方をすべきと考えている。</p> <p>○様々な物質へのイオンビーム照射効果、相互作用に関する知見の蓄積を進めるとともに、物性科学的な視点も加えて研究を掘り下げ、新材料・新技術の創出に活かしていく。</p> <p>○開発したレーザ技術及びそれらを利用した研究を外部ユーザーとの連携・協力の下に行う。</p> <p>○今後その方向で検討を進める。ただし、未発表成果の先端において必要となる情報管理が損なわれないよう、留意事項として進める。</p> <p>○常に求められている指摘であり、当部門では「わかりやすいアピール＝わかびー」活動にも取り組んでいるがさらに工夫する。</p>
---------------	--	--

・国際拠点形成を目指した量子ビーム研究推進

<p>高評価:</p>	<p>○成果の発信と活発な広報活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部門主催国際シンポジウムシリーズ (QuBS2006, 2008, 2009) ・この新概念「量子ビーム」にもとづく研究体制構築のインパクトが国内ばかりでなく国際的にも大きいことは、「中国科学院との量子ビーム応用研究分野における研究協力取り決め」(2007年7月)が締結されたことから推察。 	<p>○「量子ビーム」サイエンス・テクノロジーの国際的情報発信を行う。</p>
-------------	---	---

2. 量子ビーム・プラットフォームの構築

・文科省・経産省他の量子ビーム関連施策への積極的参画・協力

・先進的かつ安定な量子ビーム利用のための量子ビーム開発拠点との協同

<p>高評価:</p>	<p>○シンポジウムを学術会議と連携して開催し、会議録をもとに「量子ビームテックノロジー」の出版などの認知活動は評価される。(総)</p> <p>○量子ビームプラットフォームの構想など文科省の量子ビームに関する政策決定や科学研究費「時限付き分科細目」での量子ビーム分野設定に関しても大きな寄与があったと判断される。(総)</p> <p>○産業応用に繋がった多数の成果は研究方針を見通すコーディネーターの配置によると思われ、その見識が高く評価される。(高)</p> <p>○文科省「先端イノベーション創出事業」において、民間が非常に利用しやすいシステムを実現したことは、技術移転・汎用化をさらに加速するものとして大きな成果。(高)</p> <p>○科学技術振興調整費「光医療産業バレー」に代表される医療等の国民生活に密着した利用研究(木)、ナノテック・材料、ライフサイエンス・医療の2大重点分野で多くの成果を挙げている。(播)</p>
<p>期待・検討:</p>	<p>○トリアルユース、戦略活用プログラムなど、企業が無料で使用できるプランを文科省に申請してはどうか。(東)</p> <p>○既に文部科学省の事業として、中性子トリアルユースがH18年度より開始されているが、さらに、「先端研究施設共用イノベーション創出事業」などのプログラムにも採択を目指して積極的に応募する。</p>

・横断的量子ビーム利用の基盤形成

<p>高評価:</p>	<p>○「量子生命フロンティア研究特定ユニット」の設置、また燃料電池システム用キーマテリアル開発および量子複雑系研究推進のために物材機構、理研と「三機関研究協力協定」を締結したことは将来への大きな期待を抱かせる成果と評価される。(総)</p> <p>○機構内連携としてボトムアップとトップダウンの両面が機能し「量子生命フロンティア研究特定ユニット」が誕生していることも注目に値する。(総)</p> <p>○従来から連携の余地のあった研究テーマに沿って立ち上げられそれらが更に広く展開されつつあると判断される。(総)</p> <p>(部門横断的研究課題のさらなる発掘に期待)</p>
<p>期待・検討:</p>	<p>○将来の期待として、(中略)、SPRING-8放射光グループとの連携の強力な推進等がある。(東)</p> <p>○燃料電池の研究で中性子との共同研究が進んでいる。今後は、電極材の開発への取り組みを期待する。(高)</p> <p>○播磨・木津2サイト間のより強力な連携をもとに1地区としての連帯感のある組織作りは今後の課題である。(関)</p> <p>○放射光グループとは水素貯蔵合金開発研究における連携など、中性子ならではの特長を最大限に発揮できる研究を重点的に推進する。</p> <p>○今後は、触媒を含め、電極材料の開発にも取り組み計画であり、中性子や放射光等の利用を視野に入れ、部門内連携の下、効率的に研究を推進する。</p> <p>○レーザー駆動X線源(特に、X線レーザー、逆コンプトンX線源)と放射光の物性研究での相補的な活用、軟X線工科学素子の利用などで、木津地区、播磨地区が連携した研究を実施していきたい。</p>

3. JAEA内外との連携研究、事業の推進

・JAEA主要事業への貢献

<p>高評価:</p>	<p>○高速増殖炉サイクルFaCT連携推進(量子ビーム応用)や使用済炉解体技術などの原子力炉関連の研究まで幅広い研究が行われていることは評価される成果である。(総)</p> <p>○関西地区播磨サイトにおける放射光との連携、機構内連携の重要テーマであるFaCTプロジェクト支援および理研・物材機構との3機関連携研究が本部門にとつての重要連携活動と位置づけられていることおよび「量子生命プロジェクト」において創薬標的タンパク質の解析を取り上げたことは適切である。(東)</p> <p>○レーザーによる原子力材料の検査や再処理につながる可能性のあるX線分光によるイオン認識機構の研究や放射光利用による応力測定・評価技術開発等が追及されていることは機構のミッションに照らして極めて適切な取り組みといえる。(関)</p>
<p>期待・検討:</p>	<p>○将来の期待として、「FaCTプロジェクト支援」に対する「物質・材料科学」からの大きな寄与、3機関連携研究による燃料電池に関する研究における明確なテーマ設定とその強力な推進、SPRING-8放射光グループとの連携の強力な推進等がある。(東)</p> <p>○放射光は中性子と相補的な手段として連携は有効でありこれまでも活発に行われているがそれをより高度に実効的な体制作りが望まれる。たとえば、燃料電池の研究に関して、東海地区と高崎地区の共同研究が進められているが、これに、播磨サイトが参加すれば、非常に強力な体制になり、連携としてもモデルケースになると期待される。(関)</p> <p>○大学における原子力基礎工学部門や電力会社、原子力プラントメーカーの研究者との連携を密にして推進することが必要である。(関)</p> <p>○「FaCTプロジェクト支援」では肉厚の構造材料の残留応力解析、燃料電池材料研究では中性子ラジオグラフィによる水分挙動の可視化、放射光グループとは水素貯蔵合金開発研究における連携など、中性子ならではの特長を最大限に発揮できる研究を重点的に推進する。</p> <p>○高崎研のグループとは議論しており、開発すべき問題点に対して放射光が活躍できるかどうかを検討中である。</p> <p>○レーザーによる原子力材料の検査と補修については、既に物質材料機構や次世代部門などと連携して外部ファンドの取得を通じて研究を進めている。今後、電力会社や電力プラントメーカーの研究者とも連携を密に進めて行きたい。</p>

・J-PARC整備への協力とMLF利用研究の推進

<p>高評価:</p>	<p>○I-PARCの始動に向けての順調な活動への寄与も高く評価される。(総)</p> <p>○I-PARCへの積極的な取り組みは高く評価される。(東)</p> <p>○中性子イメージング・分析法や光学技術の開発の努力が注がれていることはI-PARCの運用開始を目前に控えて本部門として適切な取り組みである。(東)</p>
-------------	---

<p>期待・検討:</p>	<p>○J-PARCは国家プロジェクトとして、産業利用も重点項目になっていることから、認知度を高め社会の理解を得ること社会により近づく努力が必要。(東)</p> <p>○J-PARCの稼動を控え、放射光と中性子といった相補的分析手段を有機的に結びつけ、従来にない先端的分析手法を確立し、企業を含む広範なユーザーに提供するために必要なサポート人員及びサポートスキームの確立が急務である。(東)</p> <p>○JRR-3とJ-PARCの相補的利用の在り方を明確にし、外部へ公開する必要がある。(東)</p>	<p>○産業界への働きかけ(2-B17)に加え、J-PARCセンターと協力して、茨城県中性子利用促進研究会や日本学術振興会の関連する委員会への説明活動も進めているところである。</p> <p>○本件を最重要課題ととらえ、産学連携推進部や人事部など機構内の関連部署とも相談しながら進めているところである。また、文部科学省の「量子ビーム利用プラットフォーム」構想にも協力するなど、ユーザーサポート体制の早期構築を目指す。</p> <p>○既に、「研究炉施設利用検討WG」で相補的利用の在り方に係る原則を議論し、中間報告の形でとりまとめている。これをもとにさらに具体的な議論を進め、その結果を公開する予定である。</p>
----------------------	--	---

・国内外機関との研究協力、地域との協力の推進

<p>高評価:</p>	<p>○いずれのユニットにおいても産業利用に繋がった成果を多数挙げてきていることは注目に値する。特に、外部機関との連携が功を奏していると思われる。(高)</p> <p>○三機関連携の「燃料電池システム用キーマテリアル開発」、「加速器テクノロジーによる医学生物学研究」やJ-PARC、ITERに関連した材料の耐放射線性評価の研究などの部門内、部門間連携をリードする進め方も高く評価される。(高)</p> <p>○部門主催国際シンポジウム(QuBS200Xシリーズ)の開催</p> <p>○地方自治体、大学等との連携(茨城県サイエンスフロンティア21、群馬県、けいはんな、等)</p>	<p>○既に、「研究炉施設利用検討WG」で相補的利用の在り方に係る原則を議論し、中間報告の形でとりまとめている。これをもとにさらに具体的な議論を進め、その結果を公開する予定である。</p>
<p>期待・検討:</p>	<p>○「三機関連携」による「燃料電池システム用キーマテリアル」の開発は国際的にも激しい競争の状態にあり、高崎地区のみならず、東海地区や関西地区と一体となり、理研、NIMSと有機的な研究開発推進を期待する。(東)</p> <p>○本地区がもつ放射光、レーザー光のユニークな評価技術を実際の材料評価、物質評価、生体評価で活かすためには物理、材料科学、ライフサイエンスの分野の専門家等部門内に限らず外部研究組織との連携が不可欠であり、それら専門家集団との連携を通じて成果の大型化をめざすことを期待する。(関)</p>	<p>○厳しい競争を勝ち抜くため、部門が一体となり、三機関連携を有効に機能させ、短期間に具体的に目に見える世界最先端の成果を挙げていく所存。さらに、3機関がコアとなって産学官連携を強化することにより、更なる社会還元への加速を狙う。</p> <p>○専門家等部門内に限らず外部研究組織との連携を強化して進める。</p>

4. 活力溢れる研究環境の実現

・JAEA内外との先導的な人材交流促進と人材育成

・QuBS横断的な研究促進とための機動的環境整備

<p>高評価:</p>	<p>○研究業務検討会や研究成果報告会を研究進捗状況把握とメンバーの意識共有のために現場重視で有効利用するという方針が部門長から打ち出されていることは大きな期待を持たせる。(総)</p>
<p>期待・検討:</p>	<p>○部門内をつなぐ研究業務検討会や研究成果報告会に評価委員も参加し、さらに評価委員会を各サイトで開催するなど、評価委員会と現場が直接意見交換できれば「評価」はより適切なものとなると期待する。(総)</p> <p>○今後現場研究者のポトムアップ的意見をもとにした部門内研究交流会を開催し、量子ビームサイエンス・テクノロジーの普及を図る予定であるが、評価委員の方々は一研究者として参加を歓迎する。各サイトの研究評価のため現場での評価委員会開催については前向きに検討したい。ただし、未発表成果の先端において必要になる情報管理が損なわれないよう、留意事項として進める。</p>

This is a blank page.

中間評価 (Executive Summary) の指摘事項への対応

「量子ビーム応用研究部門」について		記載箇所	対応
番号	高い評価が得られた事項		
1-A 1	3地区間連携を推進し量子ビーム応用部門としての一体運営が短期間で立ち上がりつつあることは、組織運営形態として非常に高く評価される。	8頁 18～20行	
1-A 2	部門の共通概念としての「量子ビームテクノロジー」について、産業界も含む国内での認知活動および国内での他機関との連携活動とおおして、この新概念の確立を行ってきたこと、併せて、「量子ビームプラットフォーム」構想など文部科学省の量子ビームに関する政策推進に大きく貢献してきたことはとりわけ重要な意義をもつものと評価される。	8頁 20～24行	
1-A 3	部門発足後2年の間にJ-PARC計画を持つ量子ビームサイエンス&テクノロジーにおける重要性を認識し、多数の人員をJ-PARCセンターに移行し、J-PARC建設の推進を図っている姿勢はJAEA本来の任務と整合性があり高く評価できる。	8頁 24～27行	
1-A 4	理研・物材機構 (NIMS) 等の外部の研究所と連携して量子ビームテクノロジーを推進する仕組みを組織化するなど外部との連携活動の推進、日中間で量子ビームテクノロジーに関する協定を締結するなど国際的な認知活動の展開等は高い評価に値する。	8頁 27～30行	
1-A 5	機構内連携としてボトムアップとトップダウンの両面が機能し「量子生命フロンティア特定ユニット」が誕生していることも注目に値する。	8頁 30～32行	
1-A 6	中性子と放射光の連携のもとに炉材におけるひずみ残留応力分布測定や放射光による高度なアクチナイドイオン認識機構解明を通しての高速増殖炉サイクル実用化研究開発 (FaCT) プロジェクトへの貢献はJAEAが社会から付託された重要課題に対して物質・材料科学の基本からの着実な (back to basic) 研究活動として本部門の特徴が発揮されている。	8頁36行～ 9頁3行	
1-A 7	部門発足当初における連携推進については上記のように総体的に高く評価される	9頁 15～16行	

1-A 8	今後は研究業務検討会や研究成果報告会を研究進捗状況把握とメンバーの意識共有のために、現場重視で有効利用するという方針が打ち出されていることは大きな期待を持たせる。	9頁 18～20行	
	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
1-B 1	他部門との連携によりJAEAとして総合的にかつ強力的に展開すべき開発基礎研究である。この際に中性子・放射光に加えてイオンビーム・レーザービームを含めて、今までにない新しい研究が生み出されることを期待したい。	9頁 3～6行	揮承。QuBSにおける量子ビームの補足的利用による成果拡大を目指す。
1-B 2	産業界との強力的な連携推進が望まれる。	9頁7行	揮承。既に原子力機構の外部利用制度として、「施設共用」があるが、さらに例えばコデーネーターによる相談・指導など産業界からの利用の敷居を下げる工夫に取り組む。
1-B 3	研究基盤支援組織の確立を初めとする部門内戦略の策定が課題となる。	9頁 9～10行	「研究基盤支援組織」の確立：研究基盤となる施設・装置の安定な稼動・必要なマシンタイムの確立のためには、今後とも運営費交付金による基盤予算の確保と、国の利用者支援施策などへの働きかけを推進する。
1-B 4	量子ビームプラットフォームへの産業界の積極的な参加を可能とする制度の工夫が望まれる。	9頁 11～12行	揮承。1-B 2に同じ
1-B 5	重要な研究成果を確実なインダストリーに仕上げる（「サイエンス・テクノロジー・インダストリー」サイクル）ために部門全体（さらにはJAEA全体）の実効性ある協力体制の実現ないしは活性化が望まれる。	9頁 13～15行	揮承。1-B 2に同じ。 また、研究成果の実用化のためには、JSTなどの国の制度なども整備されており、JSTコーディネーターの活用なども含め、国の支援策の活用も視野に入れて進める。
1-B 6	部門内連携によって各サイト単独では得られない優れた研究成果や連携研究から世界的に波及効果のある研究を引き出し育てるための組織的支援体制の充実が望まれる。	9頁 16～18行	ご指摘揮承。具体的な戦略形成の可能性について今後検討していく。
1-B 7	部門執行部が（会議を極力減らし）部門メンバーの研究活動時間の確保に努めその上でこのような実効性のあるブレインストーミングの機会を用意し、とりわけ若手育成に努力を継続すれば本部門は人材育成の観点からも大変魅力的な研究組織となる。	9頁 20～23行	揮承。量子ビームの相補的利用での成果は、量子ビーム応用研究部門の存在意義を示すものとして、高い評価が示された。この方向性をさらに強めるためには、ご指摘のサイト間留学的交流も大きく機能する可能性ありと思考する。

1-B 8	研究組織形成・変更、予算、人事等について部門長裁量の範囲が広がられる必要がある。部門長と研究推進室が副部門長の協力を得て、適切かつ積極的・強力なリーダーシップをとることのできる体制の構築が望まれる。	9頁 24～27行	拝承。ただし、現在でも部門長、副部門長等の体制は部門長裁量を前提として組織されている。また、十分とは言えないかもしれないが部門長の指導のメッセージとなる奨励的資金は部門として確保するなどしており、毎年の厳しい予算減額 の状況にあつては予算面での拡充は難しい。
「東海地区」について			
	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
2-A 1	「中性子科学、中性子応用」という地区の特長をよく活かして研究開発を進め、装置の開発、性能向上につとめ着実に成果をあげている。	9頁 30～31行	今後とも、中性子の特長を活かした学術研究や、装置開発研究を進めていく。
2-A 2	国家的な目標である「中性子プラットフォーム」整備の着実な進展への寄与およびJ-PARC/MLFの供用開始に向けて、J-PARCセンターとの連携のもとで中性子実験装置の開発や運営システムの構築を進めつつある活動は高く評価される。	9頁 31～34行	供用開始後もJ-PARCでの中性子利用を円滑に進め、さらに先端的な実験装置や利用技術の開発などによる高度化を進めるために、J-PARCセンターとの連携をより一層深めていく。
2-A 3	今後の創薬のキーとなるタンパク質の構造解析を、国研大学連携・企業連携により自他の特徴を生かして成果を出し、社会的インパクトの強いエイズウイルス創薬を目標としていること、(．．．)は評価される。	9頁 35～37行	今年度中に大型結晶を用いた中性子によるHIVプロテアーゼの全原子解析を終了する予定で、今後この分野で大きな進展が期待される。
2-A 4	ナノ物質創製、新エネルギー材料という重要課題に集中し、燃料電池の開発やクリーンな社会の実現につながる研究を行っていることは評価される。	9頁37行～ 10頁1行	中性子物質科学の分野では、今後もイノベーションの創出に繋がる材料開発に資する基礎研究を目指す。
	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
2-B 1	残留応力測定において中性子ならではの明確な成果をあげそれを社会的に認知させる時期に来ている。	10頁 1～2行	際立った中性子産業利用の成果については、精力的に企業へのアウトリーチ活動に努めるとともに、プレス発表や取材等にも対応していく。
2-B 2	放射光と中性子といった相補的分析手段を有機的に結びつけ、従来にはない先端的分析手法を確立し、企業を含む広範なユーザーに提供するために必要なサポート人員及びサポートスキームの確立が急務である。	10頁 2～5行	本件を最重要課題ととらえ、産学連携推進部や人事部など機内との関連部署とも相談しながら進めているところ。また、文部科学省の「量子ビーム利用プラットフォーム」構想にも協力するなど、ユーザーサポート体制の早期構築を目指す。

2-B 3	NIMS、理研との協力協定にもとづく燃料電池に関する研究におけるJAEAの役割分担にも依存することであるが、必要であればJAEA内材料開発部門と計測部門との連携を強化しより積極的に取り組みJAEAの位置づけを明確にすべきである。	10頁 5～8行	三機関連携の中では、放射線橋かけやグラフト重合による電解質膜作製ならびに中性子による材料評価と、役割分担は比較的明確になっている。一方JAEA内では、中性子を利用する課題で先端基礎研究センターとの協力が既に進んでいるが、今後さらに機構内の連携を通して、成果の創出を加速していく予定である。 (高崎コメント) 揮承。燃料電池用電解質膜と膜電極接合体 (MEA) は高崎地区で開発しており、東海地区の中性子計測部署とは連携して研究を進めているが、今後は連携協力を更に強化し、材料開発・評価双方で3機関連携をリードしていく所存である。
2-B 4	「中性子利用」による具体的な研究成果およびその社会的な意義についてより積極的な「広報活動」の展開が必要である。	10頁 8～9行	燃料電池材料中の水分子挙動の可視化研究や残留力測定のように、中性子ならではの成果をプレス発表などで精力的に宣伝していく。
2-B 5	放射光と中性子の役割分担およびJRR-3とJ-PARCの相補的利用の在り方を明確にし、それを公開する必要がある。	10頁 9～11行	JRR-3とJ-PARCの相補的利用については、「研究炉施設利用検討WG」で原則的な議論を終え、中間報告の形でとりまとめられています。これをもとにさらに具体的な議論を進め、その結果を公開する予定です。放射光と中性子の役割分担については、部門内で検討を行い、部門のHPや冊子(パンフレット)等で、残留力解析や水素貯蔵合金など明示的に公開することを考えている。
「高崎地区」について			
高い評価が得られた事項			
3-A 1	重イオンマイクロビーム等の技術開発を照射研究目的と結合させることにより、新たな研究・開発の可能性を切り開き、放射線の生物的作用機構の理解に向かう研究を展開することは注目で、産業利用に繋がった成果を多数挙げていることは注目される。特に、外部機関との連携が功を奏していると思われる。	10頁 14～17行	対応
3-A 2	研究の方針を見通すコーディネーターを配置した見識が高く評価される。	10頁 17～18行	
3-A 3	多くの分野において重イオンビームをもちいて多数の成果を納めていることは高く評価できる。	10頁 22～23行	

	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
3-B-1	これらの研究に対して物性科学的な視点を加わればますます発展が期待される。	10頁 23～24行	様々な物質へのイオンビーム照射効果、相互作用に関する知見の蓄積を進めるとともに、物性科学的な視点も加えて研究を掘り下げ、新材料・新技術の創出に活かしていく。
3-B-2	量子線利用についてTIARA/RIBF/HIMACの連携が望まれる。	10頁 24～25行	押承。重イオンビーム利用等の放射線利用について連携を推進する。
3-B-3	本地区の研究活動は、部門間連携を通して、物質・材料科学と並んで21世紀の社会を担う基礎科学である生命科学に対してのJAEAのかかわり方に大きな影響を与える可能性がある。したがって、機構全体としての「JAEAでのバイオサイエンス・バイオテックノロジー」に関する戦略策定に強く関与し、方針を明確に必要となればその結果を強力で社会にアピールすることは効果的であろう。	10頁 25～29行	高崎地区の生命科学研究は、機構内連携である量子生命科学フロンティア研究特定ユニットの活動に従来より主体的に関与し、JAEAでの戦略策定を進めてきた。今後とも、“放射線の生物作用”解明を基盤とし、バイオ・医療応用の成果をアピールして行く所存である。
「関西地区」について			
	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
4-A-1	レーザー・放射光の総合研究拠点という地区の特長を明確にした研究活動は全体として非常に優れている。	10頁 32～33行	
4-A-2	学術利用および産業利用において国研・大学・企業との連携に際して、自己の特長を提供し、外部資源を活用した進め方も高く評価される。	10頁 33～34行	
4-A-3	先進的レーザー装置等の技術開発における成果は顕著である。	10頁36行	
4-A-4	触媒におけるナノ粒子の生成消滅機構を解明し貴金属をほとんど使わない触媒、インテリジェント触媒、の開発に道を開いたことは高く評価される。	11頁 7～8行	
	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
4-B-1	高品質のレーザー駆動陽子線の繰返し発生に成功しており、従来の小型粒子線がん治療器への道を切り開いている。これからは開発された装置を駆使した物質科学および生命科学へ展開が期待される。	10頁36行～ 11頁1行	押承。レーザー駆動陽子線の特長を活用した放射化分析やイメージング技術の開発とその利用などを進める。

4-B-2	<p>ナノテク・材料、ライフサイエンス・医療の重点分野に対して光源の性能を引きだす研究成果が数多く出始めており今後新材料の機能性の理解に大きな威力を発揮すると期待される。</p>	11頁 2~4行	<p>押承。レーザー駆動量子ビーム単独あるいは複数組み合わせ、高コヒーレンス、短パルス性、高集光性(あるいは、点光源)といった特長を活かした、計測技術(例えば、表面ダイナミクス観測用のX線干渉計、陽子線とX線を同時に用いた同時イメージング、大強度テラヘルツ波を励起に用いX線を用いてイメージングするポンププローブ法)の開発とそれらを利用した当該分野での研究を外部ユーザーとの連携・協力の下に行なう。</p>
4-B-3	<p>今後東海地区中性子との連携により生体関連物質の構造決定と並行してスペクトロスコピー(分光)の同時計測可能性追求は極めて重要な目標となる。このことに関連して諸実験装置のアップグレードや隣接する理化学研究所、JASRI、姫工大さらには神戸・次世代スーパーコンピュータなどとの連携により更なる発展が期待される。</p>	11頁 8~12行	<p>押承。</p>
4-B-4	<p>播磨・木津2サイト間のより強力な連携をもとに1地区として連携感のある組織作りは今後の課題である。</p>	11頁 12~14行	<p>レーザー駆動X線源(特に、X線レーザー、逆コンプトンX線源)と放射光の物性研究での相補的な活用、軟X線工素子の利用などで、木津地区、播磨地区が連携した研究を実施していきたいと考えている。</p>

評価報告書 (2008.03.03版) の指摘事項への対応

はじめに			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
0-A 1	「量子ビーム」というコンセプトのもとに3つの異なった地区に跨ってひとつの研究部門を設置したのである。大型施設に依拠する中性子・粒子線・放射光・レーザー等にかかわる組織を「量子ビーム応用研究部門」(QuBS)のもとに統合し、研究テーマに応じた施設間の相互連携協力を追及し有機的研究活動を展開しようという意図と想像される。きわめて適切な決断である。	12頁 7～12行	
0-A 2	立地のこととなる組織をひとつのまとまりとして組織図に組み入れること(縦糸と横糸、マトリックス)は決して容易でなかったと想像される。このことに関与された関係各位に深甚の敬意を表す。	12頁 12～14行	
	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
0-B 1	QuBSは新生JAEA全体の研究活動を担当する象徴的な組織のひとつであり本研究部門(QuBS)の活動は将来のJAEA全体の研究活動にとつて極めて重要な意味を持つと期待される。	12頁 22～24行	<p>押承。幅広い研究分野を「量子ビーム」という概念で統合していることの意味が目に見える成果としての輩出に繋がるよう期待に応える。</p> <p>国の重要施策にJAEAの持つ量子ビームを応用して研究独法のミッションとして貢献することに意義があり、(1) JAEAの重要課題に位置づけられている国策(高速増殖炉サイクル、国際熱核融合、RI研廃など関連課題、(2) 第3期科学技術基本計画の重点および推進4分野関連研究を推進し期待に応える。</p>
「量子ビーム応用研究部門(QuBS)の運営」			
[1] 部門内連携等による成果・取り組みの状況について			
(1) 進め方			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
1-A 1	説明のあった事項について連携研究が順調に進展していると高く評価される。	15頁 11～12行	

1-A 2	量子ビームテックノロジーの研究基盤を東海・高崎・関西の3地区(4サイト)で着実に構築し、量子ビーム研究開発検討会議等を有効活用して、3地区間連携を推進し量子ビーム応用部門としての一体運営が短期間で立ち上がりつつあることは、組織運営形態として非常に高く評価される。	15頁 12～15行	
1-A 3	部門の共通概念としての「量子ビームテックノロジー」について、産業界も含む国内での認知活動および国内での他機関との連携活動をおおしてこの新概念の確立を行ってきたこと、併せて、「量子ビームプラットフォーム」構想など文部科学省の量子ビームに関する政策推進に大きく貢献してきたことはとりわけ重要な意義をもつものと評価される。	15頁 15～20行	
1-A 4	この新概念にもとづく研究体制構築のインパクトが国内ばかりでなく国際的にも大きいことは、たとえば「中国科学院と量子ビーム応用研究分野における研究協力取り決め」が2007年7月に締結されたことから推察される。	15頁 20～22行	
1-A 5	研究業務検討会や研究成果報告会を研究進捗状況把握とメンバーの意識共有のために現場重視で有効利用するという方針が部門長から打ち出されていることは大きな期待を持たせる。	16頁 4～6行	
1-A 6	連携が順調に進んでおり、今までの進め方、今後の進め方ともに妥当であり、非常に高く評価できる。	16頁 19～20行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
1-B 1	このような連携研究を更に推進させその結果として社会的・世界的に波及効果のある真の意味での先端的研究が育つためには研究基盤支援組織の確立を初めとする部門内戦略の策定が課題となる。この問題は部門内にとどまらず、JAEA全体における課題でもある。	15頁 23～26行	「研究基盤支援組織」の確立：研究基盤となる施設・装置の安定な稼働・必要なメンテナンスの確保のためには、今後とも運営費交付金による基盤予算の確保と、国の利用者支援施策などへの働きかけを推進する。

1-B 2	研究開発活動においては長期的展望をすることが本質的に重要であり決して「事業的効率主義」にならないよう十分な注意をしつつ、部門方針について大目標、中目標、小目標を策定し、それぞれにマイルストーンを置き、そのロードマップに基づき、毎年成果を検討しロードマップを見直すことは検討に値する。	15頁 26～30行	<p>拝承。現行の部門の目標は包括的な指針を示しているが、具体的な方向性についての毎年の成果進捗による見直しについては今後取り組んでいきたい。</p> <p>平成23年度から5年間のJAEA第2期中期計画策定作業が来年度から始まる予定なので、その機会に第1期残り2年間の短期計画に基づき中長期的なロードマップおよびその進捗管理方法を策定したい。</p>
1-B 3	この際に21世紀の科学の中心である物質科学および生命科学から生まれる「エネルギー・材料」「環境」「医療」「生活の質向上」に貢献するための取り組みが必要となり、量子ビームプラットフォームへの産業界の積極的な参加を可能とする制度の工夫が望まれる。	15頁 30～33行	<p>拝承。既に原子力機構の外部利用制度として、「施設共用」があるが、さらに例えばユーザーによる相談・指導など産業界からの利用の敷居を下げる工夫に取り組む。他方、国の進める産業利用促進施策（例えば一般会計による中性子トリアイアルユースの全国拡大など）に協力し、量子ビーム産業利用の底辺拡大とより高度な成果発信を支援する。</p>
1-B 4	重要な研究成果を確実なインダストリーに仕上げる（「サイエンス・テクノロジ・インダストリー」(STI)サイクル）ための仕組みたとえば研究活動の実体理解のあるユーザー・ネーター制度の導入、が求められよう。これらの努力は実効性のある研究成果の発信の工夫とならんでJAEAが社会からより高く評価され社会的なプレゼンスを高めるためにも必要である。	15頁 33～37行	<p>拝承。1-B 3の記述に同じ。</p> <p>また、研究成果の実用化のためには、JSTなどの国の制度なども整備されており、JSTユーザーの活用なども含め、国の支援策の活用も視野に入れて進める。</p>
1-B 5	部門内で連携することによって各サイト単独では得られない優れた研究成果が得られたかどうか、また連携研究から世界的に波及効果のある研究が育つ可能性を引き出し育てるための組織的支援体制ないしは戦略の有無について現時点では明確ではない。	16頁 1～4行	<p>ご指摘拝承。具体的な戦略形成の可能性について今後検討していく。</p>
1-B 6	部門執行部が（会議を極力減らし）部門メンバーの研究活動時間の確保に努めその上でこのような実効性のあるブレインストーミングの機会を用意し、とりわけ若手育成の努力を継続すれば本部門は大変魅力的な研究組織となる。この際研究者のサイト間留学等も考慮に値する。	16頁 6～9行	<p>拝承。量子ビームの相補的利用での成果は、量子ビーム応用研究部門の存在意義を示すものとして、高い評価が示された。この方向性をさらに強めるためには、ご指摘のサイト間留学的交流も大きく機能する可能性ありと史料する。</p>

1-B 7	QuBSが一つの部門として有機的に機能し当初の大きな目標を達成するためには研究組織形成・組織の変更・予算・人事等について、特に予算面で、部門長裁量の範囲が広げられる必要がある。部門長と研究推進室が副部門長の協力を得て、現実をよく踏まえ適切かつ積極的・強力なリーダーシップをとることのできる体制の構築が望まれる。	16頁 10～14行	拝承。ただし、現在でも部門長、副部門長等の体制は部門長裁量を前提として組織されている。また、十分とは言えないかもしれないが部門長の指導のメッセージとなる奨励的資金は部門として確保するなどしており、毎年の厳しい予算減額状況にあつては予算面での拡充は難しい。組織の変更についでには、研究グループの改廃は部門長裁量で機動的に行うことが出来、すでに前例がある。なお、研究ユニットの改廃は理事長裁量である。
1-B 8	部門内をつなぐ研究業務検討会や研究成果報告会に評価委員も参加し、さらに評価委員会を各サイトで開催するなど、評価委員会と現場が直接意見交換できれば「評価」はより適切なものとなることを期待する。	16頁 15～17行	拝承。今後その方向で検討を進める。ただし、未発表成果の先端において必要になる情報管理が損なわれないよう、留意事項として進める。
1-B 9	更なる工夫を重ねた研究活動展開を期待する。	16頁20行	拝承。
(2) 成果 整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
1-A 7	体制としては申し分のない部門内（および機構内・機関間）連携が進みはじめ、量子ビームテックノロジーという連携のキーワードが確立され加えて量子ビームプラットフォームなどの共通基盤確立のための構想が短期間に形成されたことは非常に高く評価される。	16頁 23～26行	
1-A 8	従来から連携の下地のあつた研究テーマに沿って立ち上げられそれらが更に広く展開されつつあると判断される。	16頁 26～28行	
1-A 9	機構内研究としては量子ビームの特徴を活かした高導電性高分子膜材料、半導体・高分子材料の耐放射線性評価、水素製造用電解質膜合成・評価などの材料がらみの研究から高速増殖炉サイクルFtCT連携推進（量子ビーム応用）や使用済炉解体技術などの原子力炉関連の研究まで幅広い研究が行われていることは評価される成果である。	16頁35行～ 17頁1行	

1-A10	量子生命フロンティア研究特定ユニットをたちあげたこと、また燃料電池システム用キーマテリアル開発研究推進のためNIMS、理研と3機関研究協力を締結したことは将来への大きな期待を抱かせる成果と評価される。	17頁 1～4行	
1-A11	J-PARCの始動に向けての順調な活動への寄与も高く評価される。	17頁7行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
1-B10	部門全体として新たな独自な発展を、さらにはイオンビーム・レーザービームを含めて、今までにない新しい研究が生み出されることを期待したい。	16頁 29～30行	拝承。QuBSにおける量子ビームの相補補足的利用による成果拡大を目指す。
1-B11	有力な研究成果「HIV創薬につながる解析」「がん診断治療面での標識薬剤と治療の高度化」などの研究成果を、「実用性の高いテクノロジー」につなげ、さらに確実なインダストリーに仕上げる「力」を期待したい。	16頁 31～34行	拝承。産業界への貢献を目的に関連企業への技術移転などを積極的に進める。 (JAEAは製薬会社ではないので)
1-B12	部門内における「量子複雑現象」「燃料電池」それぞれとその両者の関係について連携研究推進のための有機的体制がより明確に位置づけられるべきである。	17頁 4～6行	拝承。今後部門内における同テーマの位置づけについて明確化する。スタートして1年弱であり、特に後者はまだ始まったばかりでH20年度に活動が活発化するので、三機関ならびにQuBS内での位置づけをより明確にして推進する。 個別課題毎に研究を総括する責任者を置き、部門内だけでなく部門外の研究者とも密接に連携して研究を推進する体制をつくっているが、今後は個別課題間の連携協力も含め、より効率的・効果的に成果が産出できる有機的な体制の構築について検討を行う。
[2] 部門運営のありかた			
(1) これまでの成果			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応

1-A12	部門内連携を推進してゆくための前提となる量子ビームテックノロジーという部門全体の共通概念を構築することに努力し、その研究基盤を東海・高崎・関西の3地区4サイトそれぞれの特徴を失うことなく単なる寄せ集めではなく有機的な連携をとれた活動を展開することが可能な組織として短期間で構築したことは非常に高く評価される。	17頁 10～14行	
1-A13	部門発足後2年の間にJ-PARC計画が持つ量子ビームサイエンス&テックノロジーにおける重要性を認識し、多数の人員をJ-PARCセンターに移行し、J-PARC建設の推進を図っている姿勢は、JAEA本来の任務と整合性があり高く評価できる。	17頁 15～18行	
1-A14	量子ビームテックノロジーに関するシンポジウムを学術会議と連携して開催し、その結果を「量子ビームテックノロジー」として出版するなどの国内での量子ビームテックノロジーの認知活動は評価される。	17頁 18～20行	
1-A15	理研・物材機構等の外部の研究所と連携して量子ビームテックノロジーを推進する仕組みを組織化するなど外部との連携活動の推進、日中間で量子ビームテックノロジーに関する協定を締結するなどの国際的な認知活動の展開、高い評価に値する。	17頁 20～23行	
1-A16	量子ビームプラットフォームの構想など文部省の量子ビームに関する政策決定や科学研究費「時限付き分科細目」での量子ビーム分野設定に関しても大きな寄与があったと判断される。	17頁 23～26行	
1-A17	機構内連携としてボトムアップとトップダウンの両面が機能し「量子生命フロンティア研究特定ユニット」が誕生していることも注目に値する。	17頁 26～27行	
(2) 今後の進め方			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応

1-A18	部門長が個人的には量子ビームテックノロジーではなく、量子ビームサイエンスと量子ビームテックノロジーだという認識を示した点は基本的に妥当だと判断される。	17頁 29～30行	
1-A19	高崎地区においては問題をかなり克服していると判断される	18頁25行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
1-B13	長期的な戦略を描ける部門としてサイエンスに根ざした活動を基軸におくことにより個々の研究者の能力が活かされ部門の発展につながる。同時にサイエンスのみを強調しすぎ、テックノロジーを軽視することは社会とのつながりを弱めることになり、許されることではない。適切な部門運営が望まれる。	17頁 33～36行	拝承。量子ビームテックノロジーの利用・展開を基盤としてサイエンスを冠っている当部門の進展があると理解している。第1期中期計画中の表現は「量子ビームテックノロジー」で一されているが、中身はサイエンスとテックノロジーのバランスを重視して運営を行う。
1-B14	炉材およびその脆性にかかわる物性材料評価研究のようにJAEAにとって重要な意義を持つ物質科学研究を機構内他部門と強い連携をとりながら総合的に推進することは基礎科学の発展のみならずJAEAの社会的な地位向上という観点からも意義がある。	17頁37行～ 18頁2行	拝承。当部門において進展した基礎的研究からのエネルギー利用の研究部署への貢献に係わる物性・材料の知見は、様々な社会的問題の解決に繋がる可能性を有する。
1-B15	新しい研究は競争的資金を獲得しにくいことから、スタートアップ資金として部門長裁量経費の充実が必要である。	18頁 2～3行	拝承。しかし、限られた財源のため、理事長調整金や外部資金の獲得などと並行して実施する。
1-B16	部門内（機構内）連携を進める際に研究者の所属部署を移動する制度の導入は考慮に値する。	18頁 3～5行	拝承。
1-B17	適切な人事交流のための方策、たとえば任期制の導入、も考慮に値する。	18頁 5～6行	任期付研究員の制度は既に人事的に機構の制度として取り込まれている。

<p>1-B18 外部との関係では、全国共同利用機関で行われてきた運営同様な自由度の大きな共同利用や共同研究のスタイルの確立が望まれる。</p>	<p>18頁 10～12行</p>	<p>施設共用の制度、共同研究の制度の指摘事項との相違について検討し、学ぶとところがあれば機構の制度の改善提案を進める。 JAEAは設置法上、研究独法に位置づけられており、全国共同利用機関ではないが（そのための経費が国から措置されていない）、JAEAのみしか設置運転利用できないような大型施設の利用は「施設共用」制度によって、原子力研究以外でも可能となっている。しかし、施設共用や共同研究を支援し、利用者との便宜を図りたい。</p>
<p>1-B19 本部門は「量子生命フロンティア研究特定ユニット」「J-PARCセンター」「光医療研究連携センター」にかかわり部門や機構の組織を超えた大きな協力体制（人材の関与）が必要になってくることを想像され組織としての対応には十分な配慮が必要となる。JAEA全体としてまたその中で役割を果たすべき本部門の「集中」に向けた検討が必要となる。</p>	<p>18頁 13～17行</p>	<p>QuBSの研究活動（成果）により新たな研究分野や利用分野が創出されることは大いに歓迎すべきであるが、第一義的にはQuBSはあくまでinitiatorの役割を果たし、異なるミッションを持つ当該新組織（研究部門あるいは研究拠点）に協力するに止める。</p>
<p>1-B20 (理研や物材機構などとの)連携における役割分担には十分注意を払いJAEAの特徴が生かされるように目標を定める必要がある。</p>	<p>18頁 19～20行</p>	<p>拝承。</p>
<p>1-B21 一般に「サイエンス・テクノロジー・産業」という実質的な産学連携（STIサイクル）の実現は決して容易ではない。</p>	<p>18頁 22～24行</p>	<p>拝承。ただし、1-B3、1-B4のように努力する。</p>
<p>1-B22 部門全体共通の仕組みの導入ないしは活性化が望まれる。たとえば適当なテーマ事例（燃料電池ないしタンパク質）を選んでケーススタディを試みることは有効であろう。このさい、「物質・材料」と「バイオ・創薬」では状況に大きな違いがあることに十分留意すべきである。</p>	<p>18頁 27～30行</p>	<p>拝承。今後どのようなケーススタディが可能かボトムアップ的観点も取り入れ検討する。</p>
<p>1-B23 研究成果を産業界に近い学会、例えば、金属学会、材料学会、機械学会、鉄鋼協会等で積極的に発表し進んで研究者の民間との交流を考慮すべきである。</p>	<p>18頁 31～33行</p>	<p>拝承。現在学術振興会の数10の各種委員会との接触が盛んであり、これら委員会のJ-PARC、JRR-3現地視察や講演依頼等を受けている。第169委員会（構造生物）においては、既設のX線、電子線に加えて中性子分科会を新設した。</p>

1-B24	社会により親しみをもちもってもらえらるるよう「広報」活動全般を工夫の上より積極的にこなうことが重要である。	18頁 33～34行	拝承。常に求められている指摘であり、当部門では「わかりやすいアピール＝わかびー」活動にも取り組んでいるがさらに工夫の検討を行う。
整理番号	既に対応済みの事項	記載箇所	対応
1-C1	短期的な任期中で採用しつつも、極めて優秀な評価を受けた若手には積極的にシニアスタッフへの道を開くといった方策等を講じ、優れた人材を励まし組織の将来への希望が持てるような状況を準備することが肝要である。	18頁 6～8行	既に、人事制度にて任期付研究員、博士研究者などからの職員採用扱いは行われている。
1-C2	大学院生等の教育に関して従来からの特別研究生等の制度に加えて短期間の施設利用が行い易い仕組みの導入も検討に値しよう。	18頁 9～10行	夏季実習生受け入れや特別研究生などの制度があり、指摘の制度は導入されている。また、施設共用・共同研究においては大学院生を排除していない。
「東海地区における研究開発」			
[1] 個別研究課題の成果について（中期計画外の成果も含む）			
(1) 進め方			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
2-A1	「中性子科学、中性子応用」という地区の特長をよく活かして研究開発を進め、装置の開発、性能向上につとめ着実に成果をあげている。	19頁 4～5行	今後とも、中性子の特長を活かした学術研究や、装置開発研究を進めていく。
2-A2	J-PARCへの積極的な取り組みは高く評価される。	19頁6行	今後とも、中性子ビーム供用開始や運用体制の構築などに向けてJ-PARCセンターと一体となって取り組んでいく。
(2) 成果について			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
2-A3	いくつかの課題で生体分子構造機能研究グループ、生体分子シミュレーション、生体物質ダイナミクス研究グループとの連携によって優れた成果が得られており、評価できる。	19頁 14～16行	さらに連携を深めて優れた成果が続くように努める。

2-A 4	<p>強相関電子系におけるスピリン・格子結合の様子や固体中のプロトンの配置変化に関する物性研究と平行して偏極中性子解析法、中性子イメージング・分析法や光学技術の開発の努力が注がれていることはJ-PARCの運用開始を目前に控えて部門として適切な取り組みである。</p>	19頁 17～20行	<p>偏極中性子解析法等を含む量子ビーム中性子の特徴を活かした回折及び散乱技術及び解析手法の開発を更に推進し、定常炉とパルス中性子源の相補有効利用を実現する。さらに放射光、イオンビーム等の他の量子ビームとの相補有効利用を模索し、先端物質科学の基礎基盤及び応用研究に実例を持って寄与して、幅広い共同研究、施設共用への展開を目指していく。</p>
2-A 5	<p>産業利用の観点では、専門のユニットを設けて積極的に推進している。また、部門内・部門間連携重点テーマである「燃料電池」関連、「がん照射評価技術開発」で着実な技術の高度化を実現した。</p>	19頁 23～25行	<p>引き続き、産業利用技術開発とその応用に努めていく。</p>
2-A 6	<p>ホウ素中性子補足療法 (BNCT) の照射回数が増大しつつあるのは、粒子線がん治療と相補的なBNCT治療を支える観点から評価できる。</p>	19頁 25～27行	<p>BNCTは研究炉加速器管理部の担当であるが、部門としても協力を進める。</p>
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
2-B 1	<p>生体高分子やタンパク質の構造研究は一般の支持が得られやすいが中性子を用いる利点をより明確にアピールする必要がある。実際、蛋白の構造解析では、放射光利用技術が急速に発展しており、大きな結晶を必要とする中性子の位置づけが問われよう。たとえば構造解析は放射光、NMRで、中性子は専ら機能解析に徹するというすみわけも考えられる。</p>	19頁 10～14行	<p>指摘のようにタンパク質の立体構造解析では、量、スピードとも放射光による解析が圧倒的に発展している。中性子は、もとよりその特性を生かしてタンパク質の重要な部分に特化した機能解明に徹したり使い方をすべきと考える。ただ結晶化の技術も進展しており、中性子解析のスピードを1年以内に短縮できれば、X線解析の結果とともに相補的な情報を得ることができ、1つの構造解析成果として発表することができ</p>
2-B 2	<p>物性・材料評価において、中性子ビームで得られる情報はユニークだが、限界もある。従って他部門、あるいは他組織との研究協力が従来にも増して重要となろう。</p>	19頁 20～22行	<p>部門内連携による放射光との相補利用、三機関連携や、大学等との連携により、物性・材料評価研究を進めていく所存である。</p>
2-B 3	<p>今後のより一層の医療照射技術の高度化に期待したい。</p>	19頁 27～28行	<p>BNCTは研究炉加速器管理部の担当であるが、臨床試験への対応など、より一層の医療照射技術の高度化に向けて、部門として協力を進める。</p>

2-B 4	サイエンスの成果を社会に評価される技術・産業に結びつける方策のより強力な追求をのぞむ。	19頁 28～29行	部門内でよく議論を重ね、部門内連携や量子ビームの相補利用など、部門全体として推進する体制を構築し、推進していく。例えば、偏極中性子ビーム利用による磁気記録テープ用窒化鉄微粒子の物性評価のケースを参考に、新しい成果を社会に役立つ技術に結びつける努力を続ける。
[2] 部門内連携等による成果・取組の状況			
(1) 進め方			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
2-A 7	J-PARC/MLF の供用開始に向けてJ-PARCセンターとの連携のもとで中性子実験装置の開発や運営システムの構築を進め「中性子プラットフォーム」整備に向けての着実な努力は高く評価される。	19頁 32～34行	供用開始以降もJ-PARCでの中性子利用を円滑に進め、さらに先端的な実験装置や利用技術の開発などによる高度化を進めるために、J-PARCセンターとの連携をより一層深める。
2-A 8	関西地区播磨サイトにおける放射光との連携、機構内連携の重要テーマであるFaCTプロジェクト支援」および理研・物材機構との3機関連携研究が本部門にとっての重要連携活動と位置づけられていることおよび「量子生命フロンティア研究特定ユニット」において創薬標的タンパク質の解析を取り上げたことは適切である。	19頁 34～38行	これらの研究テーマについては今後も重点的に取り組む。一方で、新規テーマの選択にあたっては社会や産業界へのインパクトを考慮し、集中して取り組む。
(2) 成果			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
2-A 9	J-PARCを意識したパルス中性子実験装置における要素技術開発やJ-PARCとJRR-3の利用窓口の一本化への努力等はプラットフォームの整備に向けた将来を見越した適切な活動としての成果である。	20頁 2～4行	これまでの努力が実を結ぶよう、さらに活動を継続する。
2-A 10	創薬標的タンパク質解析にもとづくエイズウイルス治療への手がかりを得ていることは成果として評価される。	20頁 4～5行	今年度中に大型結晶を用いた中性子によるHIVプロテアーゼの全原子解析を終了する予定で、今後この分野で大きな進展が期待される。

2-A11	たんばく質の構造・機能・物性研究に当たっては、量子化学シミュレーションの併用が非常に有効であり、その意味で関西地区の生体分子シミュレーション研究グループと連携しているのは評価できる	20頁 6～9行	ご指摘のように電子状態を計算する量子化学シミュレーションは、超高分解能X線解析と大変親和性がある。一方、古典的な力場による分子動力学シミュレーションは中性子構造解析と大変親和性が高く、タンパク質水和水の動的な特徴やエントロピーを計算することができ、水和水のエントロピーの見積もりが、現在の立体構造を利用した創薬研究(SBDD)にかけている部分であると考えている。以上の観点から、中性子によるタンパク質構造研究は、関西地区の生体分子シミュレーショングループとの連携を進める。
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
2-B5	「創薬」のための研究活動の位置づけには注意が必要である。	20頁 5～6行	原子力機構がめざすのは、分子間相互作用を正確に見積もるための分子科学的原理の追及によるアプローチであると考えている。現在水との脱水を伴う過程では、水分子1個あたり2 kcal/mol の誤差が生じる。これは通常の医薬品分子の結合エネルギーの約1/4に相当する。中性子の活用を活用した「創薬」のための研究活動の位置づけは、この水の挙動の解明であるといっても過言ではない。
2-B6	東海地区における量子化学シミュレーションの人材育成も検討に値しよう。	20頁 9～10行	2-A11と関連するが、関西地区の生体分子シミュレーショングループとの連携をさらに深め、例えば、タンパク質構造解析の専任者を東海地区に配置する方向で検討を進める。
2-B7	将来の期待として、「FaCTプロジェクト支援」に対する「物質・材料科学」からの大きな寄与、3機関連携研究による燃料電池に関する研究における明確なテーマ設定とその強力な推進、SPRING-8放射光グループとの連携の強力な推進等がある。	20頁 11～13行	「FaCTプロジェクト支援」では肉厚の構造材料の残留応力解析、燃料電池材料研究では中性子ラジオグラフィによる水分挙動の可視化、放射光グループとは水素貯蔵合金開発研究における連携など、中性子ならではの特長を最大限に発揮できる研究を重点的に推進する。
[3] 地区運営の在り方			
(1) これまでの成果			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
2-A12	東海地区を中心としたQuBS2006に代表される国際シンポの取組は重要であり、今後の継続を期待する。	20頁 18～19行	拝承。東海地区では、偏極中性子利用などに関してQuBS2008を開催し、残留応力測定に関するQuBS2009を開催するなどの計画が進行している。

2-A13	産業利用について、中性子イメージング関係の進展は評価できる。	20頁23行	今後さらに、高空間分解能化や時間分割測定など、産業界のニーズに応える技術開発を進める。
2-A14	JRR-4における医療照射が急速に増加しているのは大変高く評価でき(る。)	20頁 31～32行	今後、乳癌、肝癌等に対する照射、線量評価技術を開発するなど、必要な技術開発を進め、医療照射技術の高度化に努める。
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
2-B8	中性子を利用する3本柱(生命科学、物質基礎、産業利用)について、量子ビーム応用研究部門の組織を活用してそれぞれの連携の進展を期待する。	20頁 16～18行	X線との相補利用による蛋白質構造解析、イオンビーム等で作製された燃料電池材料の中性子による評価など、重要な課題に対しては部門内での連携をより強化する。
2-B9	JAEA内材料開発部門と計測部門との連携を強化しより積極的に取り組みJAEAの位置づけを明確にすべき	20頁 21～22行	三機関連携の中では、放射線橋かけやグラフト重合による電解質膜作製ならびに中性子による材料評価と、役割分担は比較的明確になっている。一方JAEA内では、中性子を利用する課題で先端基礎研究センターとの協力が既に進んでいるが、今後さらに機構内の連携を通して、成果の創出を加速していく予定である。
2-B10	(中性子イメージング関連の)課題は空間分解能の向上である。	20頁 23～24行	拝承。燃料電池用電解質膜と膜電極接合体(MEA)は高崎地区で開発しており、東海地区の中性子計測部署とは連携して研究を進めているが、今後は連携協力を更に強化し、材料開発・評価双方で3機関連携をリードしていく所存である。
2-B11	JRR-3におけるたんぱく質の機能発現メカニズムに関わる研究には更なる努力が必要と考えられる。	20頁 25～26行	課題の重要性については既に認識しており、現状の技術で空間分解能0.1mmまでは達成できる見込み。さらに、外部資金の導入により、約10ミクロン程度まで向上させるべく技術開発を進めている。
			結晶の大型化と良質化、中性子回折装置の高度化などを推進し、諸課題を解決していく所存。原子力機構だけでなく外部の研究者とも連携して努力していきたいと考えている。

2-B12	(製薬メーカーに対して)早急に「中性子の威力」を示す成果を期待する。このさい必要となる結晶の大型化技術にも期待する。	20頁 30～31行	ご指摘のとおり、この問題点は大変重要であると考えてい る。原子力機構ではフェュト秒レーザーによる結晶育成、二 量体化による結晶成長促進などの技術革新に挑戦し、「中性 子の威力」を示す成果の創出に努める。
2-B13	(医療照射に関して)臨床試験を早急に進め、最終的に保険医 療ができることを期待したい。	20頁 32～33行	保険の問題は別として、臨床試験への対応など、当部門とし て可能な協力には精力的に対応する。
2-B14	より積極的な「広報活動」の展開を希望する。	20頁 33～34行	中性子ラジオグラフィや残留応力測定など、際立った中性子 産業利用の成果を中心に、精力的に宣伝活動を行ううとも に、プレス発表や取材等にも対応する。
(2) 今後の進め方			
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
2-B15	中性子と放射光の役割分担について、相補的利用技術および ハイブリッド測定技術の開発等より詳細な検討が必要。	20頁 36～37行	生命科学の分野では、中性子とX線を相補的に利用する解析 法が実用化されている。原子力機構もいち早くこの点に着手 し、タンパク質およびその周囲のイオンの同定を可能にする 解析方法を開発した。また、物質科学の分野では、先端物質 科学の基礎基盤及び応用研究における中性子、放射光、イオ ンビーム等の量子ビームとの相補有効利用を模索し、中性 子・誘電率測定等の微視・巨視的ハイブリッド測定手法や中 性子・X線反射率計等のハイブリッド測定技術の検討を物質 科学のニーズにあわせて検討、開発する努力を部門全体で 行っていく。
2-B16	マイクロビーム(直径5ミクロン)のX線(放射光)も実用 化され、大きな単位格子をもつ5ミクロン程度のタンパク質 結晶でも高分解能のX線結晶構造解析が可能となっている。 このことから、タンパク質の中性子結晶構造解析には正確な 現状認識をもった慎重な判断が必要となる。	21頁 2～5行	マイクロビームに関する指摘に関しては認識している。大型 格子のタンパク質はX線に任せ、中性子はその強みをより フォーカスした使い方を取り入れていく予定である。一方分 子間配置をコントロールする取り組みもまきつきつあ り、近い将来には結晶格子の再設計ができるようになるかと考 えている。

2-B17	これまで活性化の努力が少なかつたことから、中性子に対する民間企業のバリアがまだ高い	21頁 6～7行	J-PARCセンターと一体となって、これまで企業の担当者に対する説明会や技術指導を行うとともに、J-PARC/MLF利用者懇談会を設立しました。また、現在行っている企業経営層への働きかけが「中性子産業利用推進協議会」の設立へ実を結びつつあり、これを通して産業界との連携をさらに強化する。
2-B18	燃料電池の研究、残留応力測定のように中性子ならではの成果をプレス発表など宣伝することが必要	21頁 7～8行	当該技術の成熟度にもよるが、特筆すべき成果については、積極的に公表・宣伝していく。
2-B19	J-PARCは国家プロジェクトとして、産業利用も重点項目になっていることから、認知度を高め社会の理解を得ること社会により近づく努力が必要。	21頁 9～10行	産業界への働きかけ(2-B17)に加え、J-PARCセンターと協力して、茨城県中性子利用促進研究会や日本學術振興会の関連する委員会への説明活動も進めている。
2-B20	J-PARCの稼動を控え、放射光と中性子といった相補的分析手段を有機的に結びつけ、従来にない先端的分析手法を確立し、企業を含む広範なユーザーに提供するために必要なサポート人員及びサポートスキームの確立が急務である。	21頁 13～16行	本件を最重要課題ととらえ、産学連携推進部や人事部など機内構内の関連部署とも相談しながら進めている。また、文部科学省の「量子ビーム利用プラットフォーム」構想にも協力するなど、ユーザーサポート体制の早期構築を目指す。
2-B21	JRR-3とJ-PARCの相補的利用の在り方や中性子利用の社会的意義に関しての広報活動の重要性を認識し、それを実行することが必要である。	21頁 17～19行	既に、「研究炉施設利用検討WG」で相補的利用の在り方に係る原則を議論し、中間報告の形でとりまとめた。これをもとにさらに具体的な議論を進め、その結果を公開する。
2-B22	QuBS、あるいはJ-PARCの中性子グループが関連コミュニティから強い信頼や支持を得続けていくための取組みが必要ではないか？例えばコミュニティーへの情報発信だけでなく、コミュニティーからの新鮮な意見を常に汲み上げる仕組みがQuBSの中に求められる。	21頁 19～22行	拝承。

2-B-2-3	J-PARCスタート後のJRR-3の利用については、ハードとソフトの両面で世界規格と同等あるいはそれを越える新しい取組みが早急に望まれる。より具体的には、ハード面では、特にJRR-3の冷中性子ビームの強度増強計画の早急実現、ソフト面では、年間の運転日数を欧米の原子炉並に引き上げることの必要性がある。この観点で、欧米においてはJRR-3と同クラスの原子炉が、実効的ビーム強度の増強に向けて、あらゆる具体的施策を打ち出していることは大いに参考になる。これらJRR-3についての取組みは、J-PARCのロードマップとの整合性がとれた活動であるべきことは言うまでもない。	21頁 23～30行	運営費交付金の範囲内では早期実現は厳しい状況にあるが、(計画を担当する)研究炉加速器管理部に協力して資金の獲得に努め、早期実現を目指したいと考えている。
整理番号	既に対応済みの事項	記載箇所	対応
2-C-1	トリアルユース、戦略活用プログラムなど、企業が無料で使用できるプランを文科省に申請してはどうか。	21頁 11～13行	既に文部科学省の事業として、中性子トリアルユースがH18年度より開始されているが、さらに、「先端研究施設共用イノベーション創出事業」などのプログラムにも採択を目指して積極的に申請する。
「高崎地区における研究開発」			
[1] 個別研究課題の成果について (中期計画外の成果も含む)			
(1) 進め方			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
3-A-1	全般に順調に進展している。	21頁37行	
3-A-2	いずれのユニットにおいても産業利用に繋がった成果を多数挙げてきていることは注目に値する。特に、外部機関との連携が功を奏していると思われる。	22頁 1～3行	
3-A-3	研究の方針を見通すコーディネーターを配置した見識が高く評価される。	22頁 3～4行	
(2) 成果について			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応

3-A 4	多くの分野において重イオンビームをもちいて多数の成果を納めていることは高く評価できる。	22頁 9～11行	
3-A 5	特に、イオンビームを利用した、イオン伝導度に優れ、耐久性の高い燃料電池用電解質膜を開発されたのは特筆に値する。	22頁 11～12行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
3-B 1	これらの研究に対して物性科学的な視点が加われば更に強力になろう。	22頁 12～13行	様々な物質へのイオンビーム照射効果、相互作用に関する知見の蓄積を進めるとともに、物性科学的な視点も加えて研究を掘り下げ、新材料・新技術の創出に活かしていく。
3-B 2	いくつかのテーマの更なる追求と大型化を期待する。	22頁 13～14行	拝承。イオンビームを利用した医療応用では、放射線の生物作用の解明研究を推進するとともに、群馬大学や放医研などの外部機関との連携協力を強化し、普及拡大を目指す。材料分野では、地球環境保全に貢献する材料開発に重点を置いて研究開発を進め、地域や産業との連携を拡幅・強化していく。
3-B 3	このような成果の客観的な指標として、企業との共同研究件数、特許取得件数、技術料収入、さらに可能であれば応用製品の商品市場（企業による販売実績額）等が提示されることが高崎地区の産業への寄与についてのアピールとなり、同時に基礎研究および産業界との連携推進いづれにとっても重要な情報となる。	22頁 14～17行	拝承。研究推進室にて、これらのデータを取りまとめ、機会をとらえて効果的に情報発信する。
3-B 4	産業利用成果のより大きなテーマ、たとえば実用化レベルにある「電子ビーム&触媒ハイブリッド」「VOC処理」の産業化等への取組を期待する。	22頁 18～20行	拝承。産業化を目指して積極的に研究開発に取り組む。

3-B 5	優れた研究成果を「社会に評価される技術、産業に結びつける有能な人材の組織的な確保の方策を検討することはJAEA全体にとっても有益であろう。	22頁 20～22行	拝承。産連部を含む機構全体の問題として議論する。
[2] 部門内連携等による成果・取組の状況			
(1) 進め方	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
3-A 6	群馬大学21世紀COEと「医学・生物学研究」に取り組みをはじめ、「量子生命フロンティア研究特定ユニット」の提言を通して部門+機構の連携を生んだ取組みは高く評価される。	22頁 25～27行	
3-A 7	3機関連携の「燃料電池システム用キーマテリアル開発」、「加速器テクノロジーによる医学生物学研究」やJ-PARC、ITERに関連した材料の耐放射線性評価の研究などの部門内、部門間連携をリードする進め方も高く評価される。	22頁 27～29行	
(2) 成果について	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
3-A 8	外部との連携として、3機関連携の「燃料電池システム用キーマテリアル開発」、「加速器テクノロジーによる医学生物学研究」などの連携推進は高く評価される。	22頁 34～35行	
3-A 9	文科省「先端イノベーション創出事業」において、民間が非常に利用しやすいシステムを実現したことは、技術移転・汎用化をさらに加速するものとして大きな成果。	22頁 36～37行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
3-B 6	燃料電池の研究で中性子との共同研究が進んでいる。今後は、電極材の開発への取り組みを期待する。	22頁 31～32行	拝承。今後は、触媒を含め、電極材の開発にも取り組み計画であり、中性子や放射光等の利用を視野に入れ、部門内連携の下、効率的に研究を推進する。

3-B7	連携強化の活動を行い、さらに大きな成果となることを期待する。	22頁38行	拝承。拠点との密接な連携のもとに研究施設の共用促進を図る。
3-B8	「燃料電池の実用化に貢献する技術開発に仕上げる」体制づくり、部門連携の成果といえる結果の実現を期待する。	23頁 2～3行	拝承。部門内連携を強化し、燃料電池の実用化に向けた材料開発に積極的に取り組む。
[3] 地区運営の在り方			
(1) これまでの成果			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
3-A10	群馬大学と密接な関係を持ったビーム技術の開発や、TIARAの運転精度の向上、外部との活発な連携利用、数々の産業化事例など、優れた運営を証明している。	23頁 6～7行	
3-A11	限られた予算のなかで、外部資金の確保、連携強化による外部資源の活用を活発に進め、数多くの成果を生み出す運営は優れている。	23頁 8～9行	
3-A12	個々の研究内容は質的にも高く専門性が高いが同時にその社会的意義も大きい。この事実は大変優れた研究マネージメントの成果であろうと想像される。	23頁 9～11行	
3-A13	退職者をコアにした社会連携の制度を設け、研究成果の特許化、製品化へ、商品化への流れが比較的スムーズに実行され、地域や社会への情宣活動も比較的活発である。より広範囲での強力なアピールに値する。	23頁 11～14行	
(2) 今後の進め方			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
3-A14	本地区の生命科学分野の活動については、個々の研究成果の実用的社会的意義は評価される。	23頁 21～22行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応

3-B 9	<p>本地区の研究活動は、部門との連携を通して、物質・材料科学と並んで21世紀の社会を担う基礎科学である生命科学に対する可能性がある。したがって、機構全体としての「JAEAでのバイオサイエンス・バイオテクノロジー」に関する戦略策定に強く関与し、方針を明確にして必要となればその結果を強力に社会にアピールするべきであろう。</p>	23頁 16～20行	<p>拝承。高崎地区の生命科学研究は、機構内連携である量子生命フロンティア研究特定ユニットの活動に主体的に関与し、JAEAでの戦略策定を進めてきた。今後とも、“放射線の生物作用” 解明を基盤とし、バイオ・医療応用の成果をアピールして行く所存である。</p>
3-B 10	<p>一方で本地区の生命科学分野の活動については、個々の研究成果の実用的社会的意義は評価されるが研究間のつながりが必ずしも強くない。これは応用面・実用面を重視した結果と想像される。しかし、部門の発展期となる今後は、サイエンスを前面に出し、研究対象に繋がりのある継続性の高い研究に移行していく必要がある。このような腰をすえた息の長い研究はJAEAのよう大きな研究機関でのみ可能であり今後の発展を期待する。</p>	23頁 21～26行	<p>拝承。生命科学分野では、実用的成果を前面に押し出してきているが、今後は従来より共通基盤として進めてきた生物への放射線作用機構解明や最先端量子ビーム技術を用いたバイオサイエンスをさらに強化して研究開発に邁進する所存である。</p>
3-B 11	<p>「3機関連携」による「燃料電池システム用キーマテリアル」の開発は国際的にも激しい競争の状態にあり、高崎地区のみならず、東海地区や関西地区と一体となり、理研、NIMSと有機的な研究開発推進を期待する。</p>	23頁 27～29行	<p>拝承。厳しい競争を勝ち抜くため、部門が一体となり、3機関連携を有効に機能させ、短期間に具体的に目に見える世界最先端の成果を挙げていく所存。さらに、3機関がコアとなつて産学官連携を強化することにより、更なる社会還元を加速を狙う。</p>
3-B 12	<p>他組織との共同研究の際に生ずる種々の問題に対して成果の主張、知財権などの権利の主張を確固たる方針を持って行う必要があり、JAEA執行部のリーダーシップが必須となる。</p>	23頁 30～32行	<p>拝承。知財権の帰属については共同研究契約書で基本的な方針が明記されており、企業との共同研究を含め、これまで大きな問題はなかつたが、その重要性は理解しており、この種の問題に組織として機敏に対処できるような仕組みの構築を働きかけていきたい。</p>
3-B 13	<p>JAEAがリーダーシップをとってこれをコーディネートするよいうな仕組みを導入することは相互にとつて大きなプラスが期待され、このことについてのJAEAの見識を期待したい。例えばTIARA/RIBF/HIMACにおけるイオンビーム利用が考えられる。高崎での連続ビームによる照射研究に加えて、木津の関西研での大強度レーザーパルスによるイオンビームを用いた短パルス照射に関する連携研究に期待する。</p>	22頁34行～ 24頁1行	<p>拝承。重イオンビーム利用等の放射線利用について連携を推進していく。</p>
<p>「関西地区における研究開発」</p>			

[1] 個別研究課題の成果について（中期計画外の成果も含む）			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
4-A 1	木津サイトにおける高強度場光科学は、先端的で非常に高度である。	24頁8行	
4-A 2	高強度レーザーによる小型粒子線治療器の開発に対して社会的期待も大きい。	24頁8～9行	
4-A 3	研究推進に際して、サイエンスが主体だが大学における研究との違いを意識する姿勢は妥当であり、将来に亘ってこのような独自性が維持されることが期待される。	24頁9～11行	
4-A 4	放射光の評価技術の進展、運用実績、マテリアルサイエンスやライフサイエンス領域における材料評価の実績は大であり、外部からも高く評価されるレベルにある。	24頁14～16行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
4-B 1	研究推進に際して、サイエンスが主体だが大学における研究との違いを意識する姿勢は妥当であり、将来に亘ってこのような独自性が維持されることが期待される。	24頁9～11行	拝承。
4-B 2	本放射光施設は世界的に注目をあつめその結果今後国際競争が激しくなることが予想されるので、共鳴型、非共鳴型の非弾性散乱装置のアップグレード等さまざまな装置開発への努力が望まれる。	24頁16～18行	現在、文科省事業「元素戦略」で多検出器・アナライザーによる共鳴非弾性散乱の高効率を計画し、さらに高エネルギー分解能化を目指して科研費基盤Aに申請中である。
4-B 3	この施設は理化学研究所、JASRI、姫工大などが技術開発・運用に関与しておりその総合としての評価は高いが、その中で本部門の活動がより一層外部から認知されるような努力が望まれる。そのためには興味ある重要なテーマの選択が必要となる。	24頁18～21行	拝承
(2) 成果について			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応

4-A 5	木津サイトでは、極短パルス高強度レーザー、X線レーザー、エネルギー回収型自由電子レーザー等先進的レーザー装置の開発における成果は顕著である。	24頁 23～24行	
4-A 6	高品質のレーザー駆動陽子線の繰返し発生に成功しており、将来の小型粒子線がん治療器への道を切り開いている。	24頁 24～26行	
4-A 7	レーザー源を用いて単色エネルギー電子ビームの発生に成功し、小型電子加速器の実現に向けて進捗があった。技術的にはレーザーによる電子・イオン加速、relativistic flying mirrors、等の目立った成果が上がり始めている。	24頁 26～29行	
4-A 8	播磨サイトでは、JAEAの専用ビームラインを活用して、ナノテク・材料、ライフサイエンス・医療の2大重点分野で多くの成果を挙げている。	24頁 30～31行	
4-A 9	文科省の委託事業「キーテクノロジー研究開発の推進”ナノテクノロジー・材料を中心とした融合新興分野研究開発”」（「元素戦略」）として自動車排気ガス処理装置に使われている触媒におけるナノ粒子の生成消滅機構を解明し貴金属をほとんど使わない触媒、インテリジェント触媒、の開発に道を開いたことは高く評価される。	24頁 31～35行	
4-A 10	最先端分光法を用いた、強相関電子系物質の研究において、超伝導を示す「重い電子」の局在・遍歴転移の直接観察に成功し、物質の基礎物性理解に寄与している。	24頁 35～37行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応

4-B 4	これからはそれらを駆使した物質科学および生命科学へ応用が期待される。	24頁29行	<p>拝承。レーザー駆動量子ビーム単独あるいは複数組み合わせ、高コヒーレンス、短パルス性、高集光性（あるいは、点光源）といった特長を活かした、計測技術（例えば、表面ダイナミクス観測用のX線干渉計、陽子線とX線を同時に用いた同時イメージング、大強度テラヘルツ波を励起に用いたX線を用いたイメージングするポンププローブ法の開発とそれらを利用して研究を外部ユーザーとの連携・協力の下に行う。</p>
4-B 5	金属水素化物の合成と構造・物性研究は、燃料電池システムの水素貯蔵タンクなどの開発に必須なものであり、より重点的な開発が必要である。	24頁37行～ 25頁1行	<p>拝承。NEDOの外部資金を獲得しており、このグループに入っている大学、産総研の研究グループのと連携を強化している。この中で放射光グループは基礎物性の解明に重点を置いている。</p>
[2] 部門内連携等による成果・取組の状況			
(1) 進め方			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
4-A 1 1	レーザーによる原子力材料の検査や再処理につながる可能性のあるX線分光によるイオン認識機構の研究や放射光利用による応力測定・評価技術開発等が追及されていることは機構のミミシジョンに照らして極めて適切な取り組みといえる。	25頁 11～13行	
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
4-B 6	放射光は中性子と相補的な手段として連携は有効でありこれまでも活発に行なわれているがそれをより高度に実効的な体制作りが望まれる。たとえば、燃料電池の研究に関して、東海地区と高崎地区の共同研究が進められているが、これに、播磨サイトが参加すれば、非常に強力な体制になり、連携としてもモデルケースになると期待される。	25頁 4～8行	<p>拝承。高崎研のグループとは議論しており、開発すべき問題点に対して放射光が活躍できるかどうかを検討中である。</p>
4-B 7	革新的材料開発がもたらす社会的インパクトについてより強力に世論に訴える工夫が望まれる。	25頁 8～9行	<p>拝承。</p>
4-B 8	東海地区生体分子構造機能研究グループとの連携の可能性も検討に値しよう。	25頁 9～10行	<p>拝承。</p>

4-B9	大学における原子力基礎工学部門や電力会社、原子力プラントメーカーの研究者との連携を密にして推進することが必要である。	25頁 14～15行	拝承。レーザーによる原子力材料の検査と補修については、既に物質材料機構や次世代部門などと連携して外部フアンクラブの取得を通じて研究を進めている。今後、電力会社や電力プラントメーカーの研究者とも連携を密に進めて行きたい。
4-B10	本地区がもつ放射光、レーザー光のユニークな評価技術を実際の材料評価、物質評価、生体評価で活かすためには物理、材料科学、ライフサイエンスの分野の専門家等部門内に限らず外部研究組織との連携が不可欠であり、それら専門家集団との連携を通じて成果の大型化をめざすことを期待する。	25頁 16～19行	拝承。
整理番号	既に対応済みの事項	記載箇所	対応
4-C1	燃料電池の研究に関して、東海地区と高崎地区の共同研究が進められているが、これに、播磨サイトが参加すれば、非常に強力な体制になり、連携としてもモデルケースになると期待される。	25頁 5～8行	拝承。高崎研のグループとは討論しており、開発すべき問題点に対して放射光が活躍できるかどうかを検討中である。
(2) 成果について			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
4-A12	大出力レーザー、超短パルスレーザー、赤外FELなどの開発が行なわれており、いずれも応用研究にも非常に高いポテンシャルがある成果を得ている。	25頁 21～22行	
4-A13	レーザーによる原子力材料の検査技術開発および放射光による3次元分布測定・評価技術の開発による炉の管壁検認、更に「再処理技術」というテックノロジーの難題を解決することをめざしたX線分光による錯体・溶融塩化学・イオン認識解明は、いずれもJAEAにとって極めて大切な課題に対する研究であり、機構のミッションに照らして極めて適切である。	25頁 22～27行	
4-A14	企業と共同で進めてきたインテリジェント触媒の開発は基礎物性科学的な研究と応用上の需要が見事につながった極めて優れた成果であり社会的なインパクトが大変大きい。	25頁 33～35行	
整理番号	見直しあるいは今後期待・要望する事項	記載箇所	対応

4-B11	重要課題についての基礎的な観点からの研究に対して今後も適切な資源配分が行われる事が必要である。	25頁 27～28行	拝承。
4-B12	次世代再処理技術展開をより具体的計画とすること、またレーザーピーニングによる表面残留応力の非熱除去については試験片の準備について再検討が望まれる。この際、大学における原子力基礎工学部門や電力会社、原子力プラントメーカーの研究者との連携を密にして推進することは有効である。	25頁 28～32行	拝承。試験片の準備について再検討が必要とのコメントの趣旨がはつきりしないが、レーザー非熱蒸発の今後の研究計画については、大面積化の実証は今年度で終了し、原子炉伝熱配管内部の検査補修技術への展開をJST公募特会により次世代部門や企業との連携の下で進めている。次世代再処理技術展開に関しては、次世代部門、原子力基礎工学部門との連携が始まっており、放射光で開発されたものが実際に利用できるかどうかは、それら部門でテストできる状況にある。
4-B13	X線構造解析による水素化物はNEDO「水素貯蔵材料事業」拠点として材料開発への寄与を期待したい。	25頁 32～33行	拝承。
[3] 地区運営の在り方			
(1) これまでの成果			
整理番号	高い評価が得られた事項	記載箇所	対応
4-A15	レーザー・放射光の総合研究拠点という地区の特性特長を明確にし、それを部門として共通理解し研究活動を推進していること、ナノテクNEDO戦略拠点として数々の連携のもとに個別の成果に結び付けている点など、研究活動は全体として非常に優れている。	26頁 3～6行	
4-A16	学術利用および産業利用において国研・大学・企業との連携に際して、自己の特長を提供し、外部資源を活用した進め方も高く評価される。	26頁 6～7行	
4-A17	「元素戦略」関連の成果は、本部門がサイエンスを技術開発と産業化に結びつけた「社会に評価される成果」であり、これらを見いだした運営は評価される。	26頁 7～9行	
4-A18	科学技術振興調整費「光医療産業バレー」に代表される医療等の国民生活に密着した利用研究への展開を図ることも妥当と考える	26頁 10～11行	

整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
4-B14	基盤となるレーザー技術そのものを国産で賄えるように技術開発のコアとしての役割を本部門に強く期待したい。	26頁 11～13行	拝承。今後、レーザー技術開発のコアグループを部門内に構築し、既存レーザーの高度化に加えて次世代レーザーの開発研究を推進する。
4-B15	放医研等との連携による超短パルス超高ピーク強度のイオン照射の生物学的効果の研究等にはユニークな成果が期待される。	26頁 13～14行	拝承。
(2) 今後の進め方			
整理番号	見直しあるいは今後に期待・要望する事項	記載箇所	対応
4-B16	放射光について新体制が発足して成果も順調に出ており、これからの更なる発展が期待される。この段階で短期(2年)・中期(5年)・長期(10年)各々で、科学・技術・産業のサイクルに重要な寄与をし得る課題(サブテーマ)についての戦略を検討することは有効であろう。	26頁 16～19行	拝承。
4-B17	ナノテック材料、環境エネルギーともに大きな潜在的社会的インパクトをもつ課題についての具体的な成果を期待する。	26頁 19～20行	文科省先端研究施設共用イノベーション創出事業「ナノテクロジー・ネットワーク」に採択されており、この事業を通してユウザ開拓を行いインパクトある成果創出に勤める。
4-B18	自他の特長・資源を有効活用しつつ国研・大学・企業とより強く連携し、産業利用、学術利用の強力な展開を期待する。	26頁 21～23行	拝承。
4-B19	近い将来基礎科学として極めて重要となる生体関連物質についての徹視的な研究について、東海地区中性子との連携により生体関連物質の構造決定と並行してスペクトロスコピー(分光)の同時計測可能性追求は大きな目標となろう。	26頁 23～25行	拝承。
4-B20	諸実験装置のアップグレードや隣接する理化学研究所、JASRI、姫工大さらには神戸・次世代スーパーコンピュータなどとの連携により更なる発展が期待される。	26頁 26～28行	拝承。

4-B 2 1	今後一層レーザープラズマ相互作用と従来型RF加速技術の連携・融合にも意を用い、SLAC (米国スタンフォード線型加速器センター) で行われているような、従来型の加速器を用いたプラズマ加速等の研究が育つ土壌の形成を期待する。	26頁 30～33行	<p>拝承。具体的には、マイクロトロン電子ビームを用いた高強度レーザーとの相互作用研究 (非線型トロン散乱、放射減衰) などとを計画しており、加速器とレーザーの連携、融合を推進して行く。</p>
4-B 2 2	これら線源を量子ビームとして利用する応用研究については目標設定が必要となる。たとえば、レーザー電子加速に関する超小型電子加速器実現に対する本部門の取り組み姿勢は明確でない。一方、本部門がレーザー光源開発で国際的にも主導権をとるためには、基盤技術、特に心臓部の単結晶開発などを機構内あるいは部門内で行う必要がある。	26頁 34～38行	<p>拝承。レーザー電子加速の目標設定については、2つの方向で考えている。1つは、小型で高品質の電子源であり、20 MeV級の高品質電子源を考えている。短パルス性 (<100fs) を生かした放射線科学研究に有用である。もう1つは、比較的高エネルギー (> 1GeV) 加速で、高エネルギー物理研究や、FELによるX線発生を目指して行きたい。より具体的な目標に関しては、適切に設定して行きたい。</p> <p>レーザー光源の基盤技術開発については、結晶開発では、短パルス光発生用の広帯域フッ化物結晶の開発 (含光学結晶接合) に成功している。今後、国内素材メーカーや光源メーカーと共同して新型レーザー素子を開発し、これを活用した高効率・高繰返し型の光増幅技術開発を進める。また、レーザーパルスの自在な制御を可能にするため主パルスの先立つナノ秒、サブナノ秒、ピコ秒、フェムト秒領域のプリパルス光の詳細で高速な測定技術の開発とそれを基にした厳密な時間制御法の確立、空間プロファイルを精密に測定し、可変型ミラ一等により自在に制御する技術の確立を目指す。</p>
4-B 2 3	X線自由電子レーザーはX線レーザーと放射光の技術バックグラウンドを持つJAEA関西地区の特徴が出せる領域と認識されるが、試料・データ収集等の実効性について説得力ある説明が求められる。	26頁38行～ 27頁3行	<p>JAEAのX線レーザーは、軟X線領域であるが、短パルス、高輝度、空間的にフルコヒーレントという特長を有する。コヒーレントX線利用のさきがけとして、これを活用した計測手法の確立やその応用を進め、X線自由電子レーザーの利用推進に繋げて行きたい。</p>
4-B 2 4	本地区は他の地区と異なり地理的に離れた2サイトによって構成されるため副部門長は地区全体の研究活動を十分に把握し2サイト間の意思疎通・交流・連携の推進に格段の努力をすべきである。	27頁 4～6行	<p>拝承。</p>

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) とよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量の放射能 ^(f)	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	ベクレル ^(d)	Bq	s ⁻¹	s ⁻¹
	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせでも使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で "radioactivity" と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV.2002.70.205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎平方メートル	J/m ²	kg s ⁻³
比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² kg ⁻¹ s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電荷の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電表面積	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクログラム	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キログラム	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=1l=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =10 ⁻¹² cm ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーバ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベブル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm ⁻² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド (c)	Oe	1 Oe≐ (10 ³ /4π)A m ⁻¹

(c) 3次元のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≐」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
ミクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

