



ImPACT Program Manager

藤田 玲子 Reiko FUJITA

1982年 東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了

1983年 株式会社東芝 入社（原子力技術研究所）

2012～2014年 株式会社東芝 電力システム社

電力・社会システム技術開発センター 首席技監を
経て技術顧問（休職出向）

2014年～ ImPACTプログラム・マネージャー

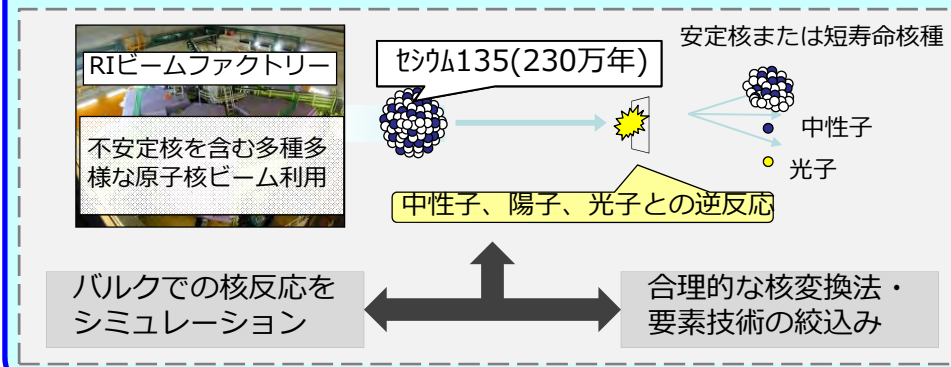
文部科学省の革新的原子力システム公募で6件が採択されるなど、金属燃料サイクルの乾式再処理技術開発の第一人者。東京工業大学原子炉研究所、日本原子力研究開発機構（JAEA）などとの共同研究を推進。1995年日本原子力学会技術賞、1999年同論文賞など多数受賞。2010年より日本原子力学会の理事を勤め、2014年同会長に就任。博士・理学。

＜研究開発プログラムの概要＞

地層処分が唯一の選択肢であった長寿命核分裂生成物の核反応経路を究明。生成物に含まれる白金族やレアメタル等を資源利用するエコ・システムに挑戦。

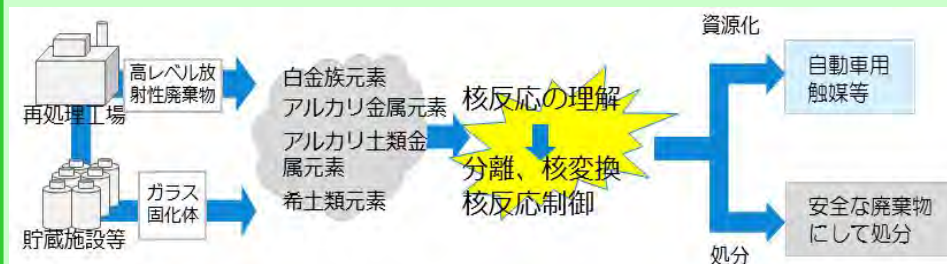
＜非連続イノベーションのポイント＞

長寿命核分裂生成物の核反応データを世界で初めて取得し、短半減期核種または安定核種に変換する世界初の核反応経路を最先端施設により確認。



＜期待される産業や社会へのインパクト＞

高レベル放射性廃棄物の処理・処分の後世代への負担を軽減するとともに、回収した白金族やレアメタル等を資源利用することにより海外市場に左右されない供給源を確保。



研究開発プログラムのシナリオ

解決すべき社会的課題等

原子力発電所の使用済み燃料を再処理した際に発生する高レベル放射性廃棄物は、ガラス固化し、地層深く処分することとされている。この高レベル放射性廃棄物には半減期の長い核種が含まれ、長期間の保管に対する不安が払しょくされておらず、高レベル放射性廃棄物の処分場がなかなか決まらないという社会的問題を惹起する要因の一つになっている。そこで、高レベル放射性廃棄物の処理・処分の後世代への負担を軽減するとともに、回収した白金族やレアメタル等を資源利用することにより海外市場に左右されない供給源を確保する。

解決のためのアイデア

近年の加速器科学の進展により、核物理学では重イオンビームなどを用いて、これまで手付かずのあらゆる核反応データの取得が可能となった。高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物(LLFP)について核反応断面積などの情報を得れば合理的な核変換パスが提案でき、短寿命化あるいは資源化が現実的な解法となりうる。

そこでLLFPを分離回収し、短寿命核種もしくは安定核種に核変換するために必要な技術を確認する。白金族核種は核変換した後、自動車用触媒などにリサイクルする。またアルカリ金属、アルカリ土類金属元素は核変換により熱発生を除き、核医薬品などに再利用する。希土類元素も核変換によりレアメタルに再利用する。これらの技術を統合して、高レベル放射性廃棄物を大幅に低減し、微量残存する廃棄物は低レベル放射性廃棄物として扱えるようにするシステムを開発する。

これにより、高レベル放射性廃棄物の隔離期間が短縮され、高レベル放射性廃棄物の処分場が不要となり、その処分を次世代に委ねない社会が実現できる。高レベル放射性廃棄物が資源化できることにより、分離回収に係る新産業を創出し海外市場に左右されない国内市場が創出される。

新たな核変換技術が実用化できることで新たな原子力システムの可能性を示すとともに省エネルギー、エコ社会の実現に資する。核変換・分離回収に係る最先端の人材育成及び開発能力を有することは、我が国の原子力平和利用と世界の核不拡散にも貢献する。

達成目標

達成目標（プログラム終了時の具体的アウトプット）

- 高レベル放射性廃液とガラス固化体から半減期の長い核種を取り出し、核変換により半減期の短い核種または安定核種に変換する合理的なプロセス概念を検討する。
- 具体的には、有意な核変換に必要な線源（加速器及びターゲット）の強度を合理的なコスト及びエネルギー収支で実現できることを示す。社会実装を考慮した核変換装置、分離プロセスおよび利用スキームを一貫したプロセス概念として提案する。
- なお、研究進捗を踏まえ、当初計画から外した「核変換の難易度が高い核種のデータ取得」や「プラントを前提としたシステム開発」に段階的に展開する。

具体的達成目標の実現に向けた戦略・シナリオ

- 近年の加速器科学の進展により、核物理学では重イオンビームなどを用いて、これまで手付かずのあらゆる核反応データの取得が可能となった。高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物(LLFP)について核反応断面積などの情報を得れば合理的な核変換パスが提案でき、短寿命化あるいは資源化が現実的な解法となりうる。
- そこで、世界で群を抜く最先端加速器施設であるRIビームファクトリー等を利用して、基礎核物理の手法を応用し、世界初の核反応データを取得し、これを基に工学的検討まで踏み込む。現在のところ核反応データ取得において我が国は圧倒的優位にあり、高レベル放射性廃棄物からのLLFP分離回収技術や、シミュレーション技術と組み合わせることにより、LLFPのプロセス概念を世界に先駆けて提案する。具体的には、以下の挑戦的課題について、最適な研究機関を選定、また社会実装を念頭に複数の企業の参加を得て実施する。
 - ① 最適な核反応パスの提案・確認
 - ② 取得したデータを基にしたバルクでの核反応のシミュレーション
 - ③ 現実の処理工程への導入可能な分離回収技術
 - ④ 同位体分離を伴わない核変換法や核反応により生じる中性子反応を制御する新たな方法の提案
 - ⑤ これらを統合した工学的検討とプロセス概念の提案

プログラム構想・全体像の明確化

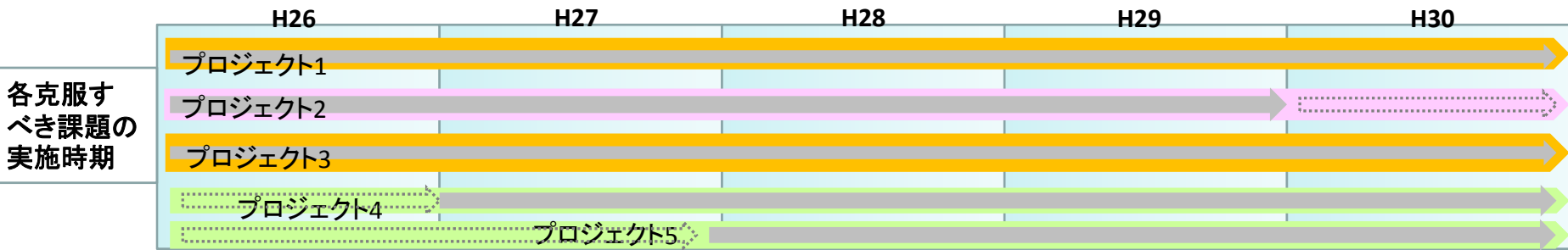
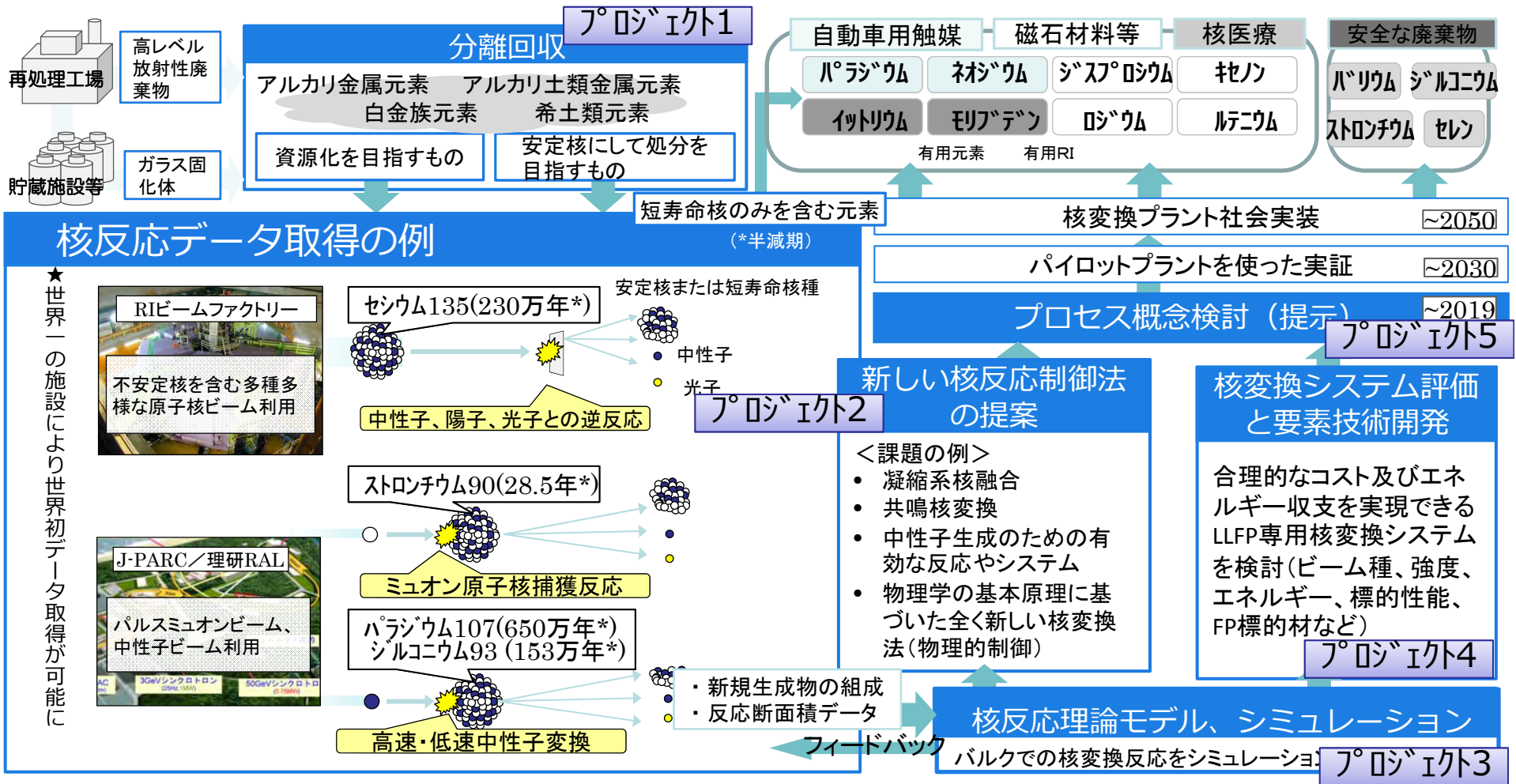
戦略・シナリオを克服すべき課題へブレークダウン

- 最適な核反応パスの提案・確認を行うため、世界最先端施設による大強度ビーム＋逆反応学的手法でデータ取得を行う。
- 取得したデータを基にバルクでの核反応のシミュレーションを行うため、バルクでの核破碎の逐次効果をシミュレーションできる世界最高性能のコードを拡張する。
- 現実の処理工程への導入可能なシステムとして、世界水準のレーザー技術を用い、偶数核種と奇数核種を分離する技術を開発する。
- 同位体分離を伴わない核変換法や核反応により生じる中性子反応を制御できる方法を開発するため、超新星爆発時のr-プロセス研究から得られる計算技術を基にした核変換法など、最先端の基礎核物理学の手法・知見を活用する。
- MA核変換実験施設の開発グループ等と連携し、具体的なプロセス概念として取りまとめる。

克服すべき課題目標の達成アプローチ

- LLFPを高レベル廃棄物から回収する有望な技術を分離回収性能や二次廃棄物発生量、経済性を評価して選定し、データをプロジェクト5のプロセス概念検討に提供。（プロジェクト1: 分離回収技術開発）
- RIビームファクトリー(RIBF)を占有し中性子ノックアウト反応や高速中性子核破碎反応等による物理実験を行い、世界初の核反応データを取得。また、得られた核反応データを基に全く新しい核反応制御法の開発に挑戦する。（プロジェクト2: 核反応データ取得及び新核反応制御法）
- 反応理論・構造理論により実験から得られる核反応データを補うと共に、核変換のための核反応標準モデルを整備する。また核反応データベースを整備し、システム開発のためのシミュレーションを行う。（プロジェクト3: 反応理論モデルとシミュレーション）
- 合理的なコスト及びエネルギー収支を実現できるLLFP専用核変換システムを検討する。ビーム種・強度・エネルギー・標的性能・FP標的材などを俯瞰し、プロジェクト1,2,3,5と連携を取り要素技術開発を進める。（プロジェクト4: 核変換システム評価と要素技術開発）
- 高レベル放射性廃液とガラス固化体から半減期の長い核種を取り出し、核変換により半減期の短い核種または安定核種に変換する合理的なプロセス概念を検討する。（プロジェクト5: プロセス概念検討）

研究開発プログラム全体構成



課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(1)

選定に至る考え方・理由

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト1:分離回収技術

- ガラス固化体溶解技術: LLFP分離回収の前提となる溶解技術
→指定ガラス固化体の溶解率
- LLFP分離回収技術: 廃液からのLLFPの分離回収技術の開発
→指定模擬高レベル廃液からの分離回収率90%以上
- 偶奇分離技術
→レーザー偏光を用いた偶奇分離の実現可能性があるか



◆ 選定方法:

- ガラス固化体溶解技術: 公募
→対象元素: Pd, Cs, Zr, Seとし、溶解後のLLFP回収プロセスを考慮した、溶解率90%以上が達成できる見込みのあるプロセス提案
- LLFP分離回収技術: 公募
→対象元素: Pd, Cs, Zr, Seとし、分離回収後の金属単離プロセスを考慮した分離回収率90%以上が達成できる見込みのあるプロセス提案
- 偶奇分離技術: 理研に指定
JAEAにも偶奇分離技術のポテンシャルがあるが、理研の光量子研究領域はパラジウムを対象とした偶奇分離を可能とする大強度固体レーザーを設計・製作できる唯一の機関である。

プロジェクト2: 核反応データ取得&新核反応制御法(1)

- 核反応データ取得; プログラムの基礎となるデータの取得
→世界初のLLFPデータ取得のための施設・設備を有するか
→LLFP以外の核反応データ取得に十分な実績があるか



◆ 選定方法:

- 核反応データ取得: 以下の機関を指定
→理研: RIビームファクトリー(RIBF)やミュオン施設を有し、核物理実験の実績が豊富。RIBFはそのRI生成能力が世界一の施設であり、ここ数年で多くの新同位元素を発見するなどその実力は世界的に証明されている (http://www.rarf.riken.go.jp/nuclides/new_isotope.html, Journal of the Physical Society of Japan 79 (2010) 073201、他)。核反応データを取得するためにはLLFPを秒あたり1000個以上生成する必要がある、この能力を有するのは世界で本施設のみであって、他に同等の能力を有する施設は現在のところ存在しない。2007年にRIBFが始動した後、RIビーム生成技術およびRIビームを利用した核物理実験において豊富な経験と実績があり、多くの研究成果を生み出している (<http://www.rarf.riken.go.jp/news/index.html>, Nature, 2013.doi:10.1038/nature12522、他)。本プログラムではRIビーム利用の実績を活かし、LLFPビームの生成とその実験プログラム全般を主導する。
また、イギリスのRAL研究所に理研-RALミュオン施設 (<http://nectar.nd.rl.ac.uk/ja.html>)を擁し、大強度ミュオンビームを利用した触媒核融合の研究 (Physics Letters B 632 (2006) 192-196、他) や物質材料研究 (Nature 471, 612-616 (2011)、他) などで研究成果をあげており、ミュオン実験に関する豊富な経験と実績がある。本プログラムではこの経験と実績、およびRIBFでのガンマ核分光技術を活かして、ミュオン捕獲後の核生成物に関連した系統的なデータを取得する。他にミュオン実験で同等の経験がある機関はない。

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(2)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト2:核反応データ取得&新核反応制御法(2)

- 核反応データ取得;プログラムの基礎となるデータの取得
- 世界初のLLFPデータ取得のための施設・設備を有するか
- LLFP以外の核反応データ取得に十分な実績があるか



選定に至る考え方・理由

◆選定方法:

- 核反応データ取得:以下の機関を指定
- JAEA:J-PARCでの中性子ビームラインANNRIを利用した核データ取得の実績が豊富。JAEA・核データ研究グループが運営するJ-PARCの中性子ビームラインANNRI (http://www.ndc.jaea.go.jp/Labo/ANNRI_JP.html#index1)は、世界最高の中性子強度を誇り、飛行時間法をもちいた中性子捕獲断面積測定において豊富な経験と実績(JOURNAL OF NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY 50 1880200 (2013)、他)がある。本プログラムではこの強力なビームラインを活かして、LLFPの中性子捕獲断面積の測定を行う。欧州では、欧州原子核研究機構(CERN)において、核破砕反応によるパルス中性子源(ビーム出力4.5 kW)を用い、中性子飛行時間測定(TOF)法を適用した核データ測定プロジェクトが進捗しており、放射性核種Sm-151(半減期97年)の中性子捕獲断面積の測定が可能となった。米国においても、ロスアラモス国立研究所において核破砕反応による大強度パルス中性子源(ビーム出力80 kW)を用い、TOF法を適用した核データ測定研究が実施され、2008年にはNp-237及びAm-241の中性子捕獲断面積が論文発表されている。J-PARCのANNRIでは、世界最高強度の核破砕反応によるパルス中性子源(現在ビーム出力300 kW)(Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 626-627 (2011) 58-66)を用い、高い比放射能を有するCm-244(半減期18年)の中性子捕獲断面積の測定に成功し、高い比放射能を有する核種に対する中性子捕獲断面積測定で世界を凌駕している。(Journal of Nuclear Science and Technology、49、No. 7、July (2012) pp. 708-724)

→東京大学:RIビームファクトリーにおいて低速LLFPビームを開発、実験を主導。東京大学・原子核科学研究センター(CNS)は理研・RIBFで東大固有の設備および測定装置を有しており、これらを有効に活用することで低速LLFPビームの開発および実験を実現する。CNSは高運動量分解能磁気分析装置などの設備設計と製作などで十分な実績があり(Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B 317 (2013) 305-310、他)、本プログラムでは低速LLFPビームを実現するための設備を新規に導入し、低速ビームを利用した実験を主導する。他に低速LLFPビームの研究を実施している機関はない。

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(3)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト2:核反応データ取得&新核反応制御法(3)

- 核反応データ取得;プログラムの基礎となるデータの取得
→世界初のLLFPデータ取得のための施設・設備を有するか
→LLFP以外の核反応データ取得に十分な実績があるか
- 新核反応制御法;斬新な核反応制御のアイデア
→技術的課題と克服の可能性を明確に示しているか



選定に至る考え方・理由

◆ 選定方法:

- 核反応データ取得:以下の機関を指定
→九州大学:RIビームファクトリーにおいて高速中性子核破碎反応実験を主導。九州大学総合理工学府では医療、宇宙利用などに必要な核データを国内外の加速器施設を利用して取得しており、その実績は豊富である。特に、破碎反応、中性子放出反応で多くのすぐれた実績がある(Progress in Nuclear Science and Technology,4,569-573,2014、他)。本プログラムではLLFPが破碎された際に放出される中性子エネルギー分布や角度分布を測定と理論モデルの改良などを主導する。他に高速の中性子で核破碎反応実験を実施している機関には大阪大学があるが、中性子エネルギー分布や角度分布測定と理論モデルの改良を合わせて実施できるのは九州大学のみである。

- 東京工業大学:RIビームファクトリーにおいてクーロン分解実験を主導。東京工業大学理工学研究科ではRIビームファクトリーを利用したクーロン分解実験を行い、中性子過剰な原子核のハロー構造や電氣的応答、宇宙天体核反応への応用などで多くの実績をもっている(Phys. Rev. Lett. 112, 242501 (2014)、他)。本プログラムではこれまでの実績を活かし、逆運動学でのクーロン分解反応による中性子捕獲断面積測定などを主導する。クーロン分解反応理論は九州大学が優れているが、逆運動学でのクーロン分解反応モデルを熟知し中性子捕獲断面積測定で最も進んでいるのは東京工業大学である。

- 新核反応制御法;公募
→定量的であり、出口までのマイルストーンが明確

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(4)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト3: 反応理論モデルとシミュレーション(1)

- 理論による標準モデル
→標準モデル開発が可能な核物理における理論研究の実績
- 構造計算による高精度化
→核構造計算に関する実績



選定に至る考え方・理由

◆ 選定方法:

- 理論による標準モデル: 大阪大学に指定

大阪大学核物理研究センター理論部の緒方准教授のグループは、世界最先端の直接反応研究を展開している。特に、原子核の分解(破碎)反応を記述する連続状態離散化チャネル結合法(CDCC)は世界的にも広く知られた反応モデルであり、数多くの実験データの定量的再現に成功している[1]。当該グループでは、分解反応のみならず、粒子移行反応、非弾性散乱、ノックアウト反応などの多種多様な反応を研究してきた実績がある。他の大学としては九州大学や東北大学で理論による標準モデルの研究を実施しているが、分解反応のみならず、粒子移行反応、非弾性散乱、ノックアウト反応などの多種多様な反応を入れたモデルは作成できていない。本プロジェクトで、測定された反応データの定量的解析を行い、その結果に基づいて、直接測定することができない(n,2n)等の反応データを预言するモデルを確立する等、核変換反応に関連するすべての反応に関して理論的なモデルを構築する上で、最適な機関として大阪大学を指名する。

[1] M. Yahiro, K. Ogata, T. Matsumoto, and K. Minomo, Prog. Teor. Exp. Phys. 2012, 01A206 (2012), and references therein.

- 構造計算による高精度化: 筑波大に指定

筑波大学の中務孝教授を中心とする原子核理論グループは、質量数の小さい領域から重いアイソトープまで、核図表全体にわたって統一的に原子核構造を計算し、光や粒子との反応を計算できる理論として、時間依存密度汎関数理論を用いた研究を推進し、この分野において、国際的に研究をリードしてきた。最近では、正準基底を用いた実時間計算コードの開発[1,2]、線形応答計算の新しい手法の開発[3-5]、次世代スパコン「京」を用いた大規模並列計算[6,7]等、大きな成果をあげている。原子核構造を計算する研究を実施しているグループには大阪大学や京都大学があるが、質量数の小さい領域から重いアイソトープまで原子核構造を計算しているのは筑波大学のこのグループのみである。本プロジェクトで、核反応モデルに核構造情報を付け加え核反応モデルの精度向上を加速させる最適な機関として筑波大学を指名する。

[1] S. Ebata et al., Phys. Rev. C 82 (2010) 034306.

[2] S. Ebata, et al., Phys. Rev. C 90 (2014) 024303.

[3] T. Nakatsukasa, et al., Phys. Rev. C 76 (2007) 024318.

[4] P. Avogadro and T. Nakatsukasa, Phys. Rev. C 84 (2011) 014314.

[5] P. Avogadro and T. Nakatsukasa, Phys. Rev. C. 87 (2013) 014331.

[6] K. Yoshida and T. Nakatsukasa, Phys. Rev. C 88 (2013) 034309.

[7] J. Terasaki, Phys. Rev. C 87 (2013) 024316.

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(5)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト3: 反応理論モデルとシミュレーション(2)

- 核反応データコンパイル
→核反応データコンパイルの開発実績
- 核反応評価データベース
→核反応評価データベースを有し高度化できるか



選定に至る考え方・理由

◆選定方法:

●核反応データコンパイル: 北海道大学に指定
北海道大学の合川正幸教授を中心とする原子核反応データベース研究開発センター(JCPRG)は、国際原子力機関(IAEA)を中心とした国際核データセンターネットワーク(NRDC)の一員として、日本国内で得られた荷電粒子核反応及び光核反応のデータ入力を担当し、国際的な連携のもとで原子核反応データベース(EXFOR)を構築・維持・管理している[1]。また、JCPRGでは、RIBFで得られた核反応データの公開及び利用促進のため、共同研究「RIBF核反応データの高度利用研究」を実施してきており、その中で、RIBFデータのEXFORへの登録、入力時の問題点の分析と新たな形式の研究開発、データ収集範囲の拡大の検討を行ってきた[2]。荷電粒子の原子核反応データベースを構築・維持・管理しているのはこのグループだけであり、また、RIBFデータのEXFORへの登録、入力時の問題点の分析と新たな形式の研究開発、データ収集範囲の拡大など実施できるのは北海道大学のJCPRGのみである。本プロジェクトで、逆運動学やミュオン吸収など新しい反応形態にあったデータフォーマットを検討し、国際データベースに格納する上で、RIBFデータのEXFOR入力を実施した経験を持つ国内唯一の機関であるJCPRGを最適な機関として指名する。

[1] N. Otuka et al., Nuclear Data Sheets 120 (2014) 272.

[2] K. Kato et al., RIKEN Accel. Prog. Rep. 43 (2010) 62;

K. Tsubakihara et al., RIKEN Accel. Prog. Rep. 44 (2011) 58;

N. Furutachi et al., RIKEN Accel. Prog. Rep. 45 (2012) 48;

N. Furutachi et al., RIKEN Accel. Prog. Rep. 46 (2013) 56.

●核反応評価データベース: JAEAに指定

日本原子力研究開発機構の岩本修をリーダーとする核データ研究グループは、原子力利用のための中性子核反応の評価済データベースを主体的に開発してきた国内唯一の組織であり、当該組織で開発された評価済核データライブラリーJENDL[1,2]は、原子力の開発・研究等へ広く利用されている。本プロジェクトで、核反応モデルおよび核データの評価を行い、標準的な評価済核反応データベースを作成する上で最適な機関としてJAEAを指名する。

[1] K. Shibata et al., J. Nucl. Sci. Technol. 48 (2011) 1-30.

[2] K. Shibata et al., J. Nucl. Sci. Technol. 39 (2002) 1125.

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(6)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト3: 反応理論モデルとシミュレーション(3)

- 核反応シミュレーション

→核反応シミュレーションソフトを有し高度化できるか



選定に至る考え方・理由

◆選定方法:

- 核反応シミュレーション

高度情報科学技術研究機構(RIST)の仁井田浩二を中心とするグループは、巨視的体系中での粒子・原子核の輸送をシミュレーションする輸送コードPHITSの開発[1]に当初から携わり、またPHITSのなかで重要な核反応モデルQMDを開発[2]した実績がある。現在PHITSコードはこの分野で世界の5大コードのひとつに数えられ、国内外1000名を超えるユーザーを有し、宇宙、医療、工学、理学と広い分野で使われている。RISTは現在もPHITSの開発の中心的役割を担い、多くの実績をあげている[3]。RISTの他にPHITSを開発中の機関としてはJAEAや九州大学があるが、核反応評価データベースを利用し、また物質相の条件も新たに付け加えるなど、シミュレーションソフトの高度化を行うことができるのはRISTのみである。本プロジェクトの最適な機関としてRISTを指名する。

[1] K. Niita, et al., Radiat. Meas. 41, (2006) 1080.

[2] K. Niita, et al., Phys. Rev. C52 (1995) 2620.

[3] T. Sato, et al., J. Nucl. Sci. Technol. 50 (2013) 913.

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(7)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト4: 核変換システム評価と要素技術開発

→核反応データとその解析結果に基づき、加速器を用いた核変換システムの開発を前提に、その要素技術としてのビーム種、強度、エネルギー、標的性能、FP標的材などの開発が行える実績と展望を有するか



選定に至る考え方・理由

◆ 選定方法: 理研を指定

→理研は、RIビームファクトリーにおいて、世界最高性能の加速器、分離生成装置、大強度ビーム、大強度ビームに耐える標的の開発等の実績を有する。

RIBFの加速器群は、強力なビームを生成するイオン源 (Review of Scientific Instruments, 85, 02A935, 2014、他)、イオン源から生成したイオンを加速収束するRFQ (Review of Scientific Instruments, 70, 4523, 1999、他)、低速ビームを加速する線形加速器 (NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A, 722, 55-64, 2013、他)、多価イオンを生成するためのガスストリッパ装置 (JOURNAL OF RADIOANALYTICAL AND NUCLEAR CHEMISTRY, 299, 941-944, 2014、他)、さらにビームを加速するためのサイクロトロン型円形加速器 (IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, 17, 1063, 2007、他) などから構成されており、これらの構成要素はすべて理研オリジナルの技術で設計・製作・運転・高度化され、加速器コミュニティから多くの賞を受賞している。多くの加速器要素を有機的に連動させ、ビームを効率よく輸送する技術も理研オリジナルである (PROGRESS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS, 1, 03C002, 2012、他)。2007年の本格稼働後、RIBFでは重陽子からウランに至る多種多様なビームを大強度で加速しており、その強度は世界最高である。大強度重イオンビームに耐えるRIビーム生成用の標的 (NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A, 590, 204-212, 2008、他) やビームダンプ (NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B, 317, 373-380, 2013、他) では、熱密度の非常に高い条件下での熱除去法に様々な工夫が施されている。

以上のように理研には要素開発から有機的運転に至る大強度加速器全般にわたり豊富な開発経験と実績がある。本プログラムでは、加速器を利用した核変換システムの要素技術の選定とその開発を行うことを目的としており、理研は挑戦的な技術課題に対する開発能力がある。イオンビームを加速する加速器施設として、国内には J-PARC や 阪大 RCNP があるが、連続 (CW) ビームを加速する技術を有している点および多種類の重イオンを加速する技術を有している点で理研が優位であり、逆に他施設で要素技術開発から有機的運転に至る大強度加速器全般にわたる研究を実施することは難しい。また、KEK や 原研、東工大などと協力してネットワークを構築し、開発研究を効率よく勧め、本プログラムを主導する。

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方(8)

研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

プロジェクト5: プロセス概念検討

- H26-27: プロセス概念の初期検討を実施するために必要な知見・経験を有するか
- H28以降: プロセス概念の本格検討を実施するために必要な実績を有するか

最先端基盤の利活用・提供

- LLFPビームを提供できる施設を有し、外部利用者に実験を支援した実績があるか

選定に至る考え方・理由

◆ 選定方法: JAEA、重電・機械・電機メーカーを検討中

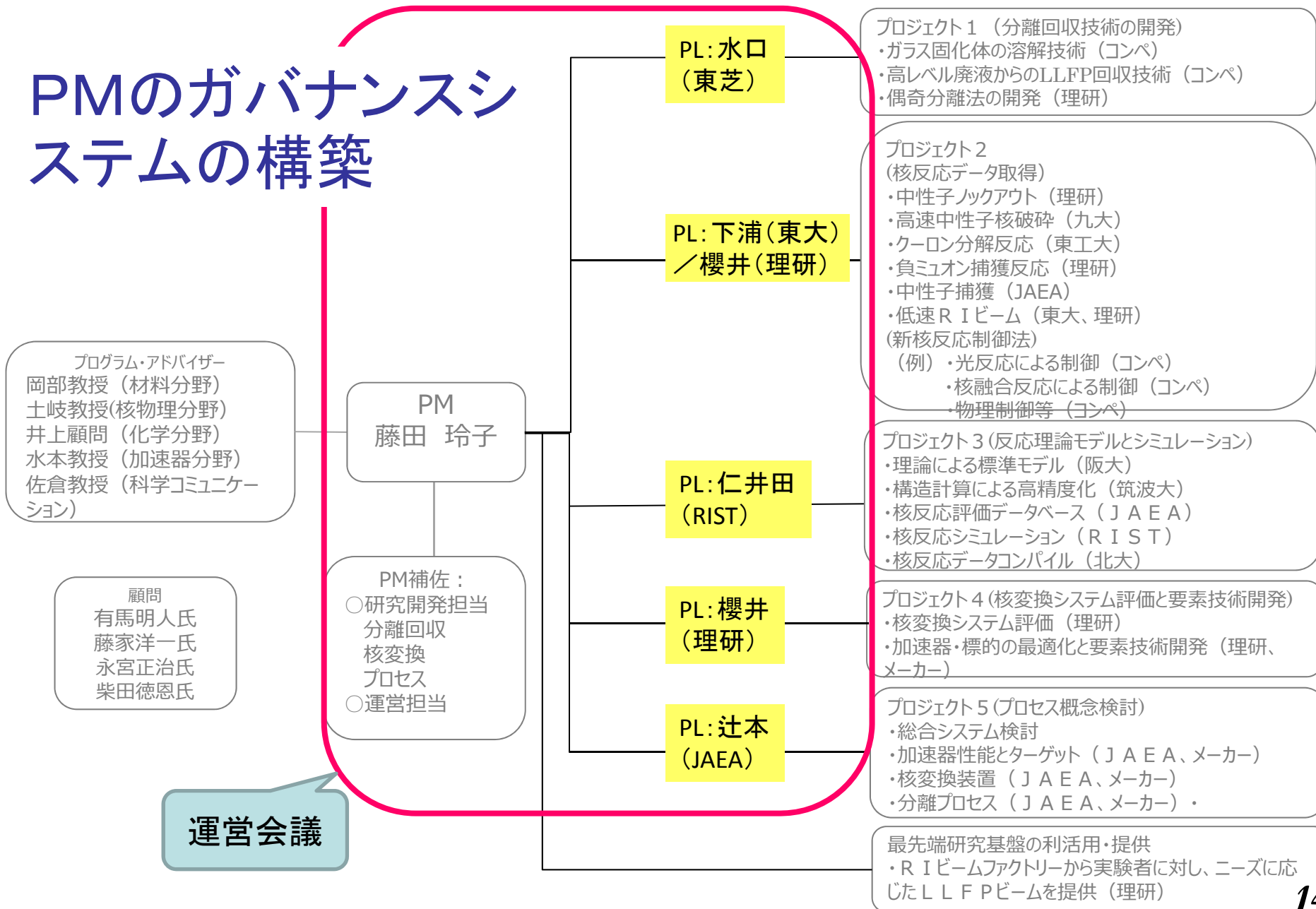
- JAEAは、J-PARCにおいてマイナーアクチノイドの核変換実験施設計画を有するとともに、核変換プロセス全般を通じて、検討・設計・開発の実績を有するため、全期間を通して本プロジェクトを統括する。
- H26-27(初期検討): 幅広い企業の知見・経験を活かすため、これまでの実績を考慮した複数社を選定中(加速器: 三菱重工、三菱電機、日立、住友重機、液体金属ターゲット: 三菱重工、FP利用スキーム: 東芝)
- H28以降(本格検討): 基本的に公募。初期検討から絞り込んだ概念について、将来的な社会実装を念頭に、実績を有するかを基準として、公募する予定。

◆ 選定方法: 理研を指定

- 世界最高性能の重イオン加速器であるRビームファクトリー(RIBF)を保有、運用している主体である。
- 本プログラムが核反応データ取得の対象とするLLFPは、ウランの核分裂反応によって生成する。理研ではウランをビームとし、逆運動学で核分裂片を生成することでLLFPをビームとして取り出すことができる。本年春にはLLFPビームを発生し核反応データ取得を試行的に実施、成功させている。
- 現在、核子当たり数100MeVのエネルギーでLLFPを生成することができる施設は、世界的にみてドイツのGSI研究所と理化学研究所のRIBF施設だけである。
- LLFPビームを利用した反応データを取得するためには、LLFPビームの強度が秒あたり1000個以上、純度10%以上が必要であり、この強度を実現できるのはRIBF施設のみである。
- 理研では2007年からRIBFを稼働し、ウランの核分裂を利用して中性子過剰な原子核をビームとして取り出し、自ら数多くの核物理実験を行うほか、国内外に施設を供用してその利用実験を支援している。
- 以上のように、理研は、本プログラムのプロジェクト2の実施者に対して必要な加速器の運転及びLLFPビームの提供を行うことが可能な、世界で唯一の機関である。

研究開発プログラム全体の体制図

PMのガバナンスシステムの構築



研究開発プログラム予算（予定）

