

令和2年度科学技術試験研究委託費
先端研究基盤共用促進事業
(共用プラットフォーム形成支援プログラム)

NMR 共用プラットフォーム
委託業務成果報告書

令和3年5月
国立研究開発法人理化学研究所

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立研究開発法人理化学研究所が実施した令和2年度 NMR 共用プラットフォームの成果をとりまとめたものです。

目次

I. 委託業務の目的

- 1. 1 委託業務の題目・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
- 1. 2 委託業務の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

II. 令和2年度の実施内容

- 2. 1 実施計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・2
- 2. 2 実施内容（代表機関）・・・・・・・・・・5
 - ①NMR-PF 運営体制の構築
 - ②利用支援体制の構築
 - ③ワンストップサービスの設置
 - ④共用機器
 - ⑤人材育成
 - ⑥ノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等
 - ⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築
 - ⑧その他
- 2. 3 実施内容（実施機関）・・・・・・・・・・13
 - 公立大学法人横浜市立大学
 - 国立大学法人大阪大学
 - 国立大学法人北海道大学
- 2. 4 協力機関の取組状況・・・・・・・・・・14

III. フォローアップ調査項目

- 3. 1 分野融合・新興領域の拡大について・・・・・・・・14
- 3. 2 スタートアップ支援にについて・・・・・・・・14
- 3. 3 共同研究・受託研究について・・・・・・・・15
- 3. 4 試作機の導入・利用による技術の高度化について・・・・16
- 3. 5 ノウハウ・データ共有について・・・・・・・・16
- 3. 6 技術専門職のスキル向上・キャリア形成について・・・・16
- 3. 7 利用アンケートについて・・・・・・・・17

IV. 本事業5年間を通しての取組及び成果

- 4. 1 共用体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・21

4. 2	技術の高度化	21
4. 3	人材育成	23
4. 4	研究開発基盤の維持・発展	24
4. 5	その他	24
V.	事業終了後の展望	25

I. 委託業務の目的

1. 1 委託業務の題目

「NMR 共用プラットフォーム」

1. 2 委託業務の目的

本事業は、産学官が共用可能な研究施設・設備等について、その整備運用を含めた施設間のネットワーク構築により、高度な計測分析機器を中心としたイノベーション創出のためのプラットフォームを形成するとともに、日本の研究開発基盤の持続的な維持・発展に貢献することを目的とする。

本プラットフォームでは、先端的な設備と技術を有し、共用取組に対して十分な経験を有する NMR 共用施設並びに NMR 装置メーカーより構成される NMR 技術領域の研究開発基盤である「NMR 共用プラットフォーム」（以下「NMR-PF」という。）を形成する。これまでの実績を基に「高度利用支援体制」の拡充を進め、産学官に開かれた共用による NMR 技術を活用したイノベーション創出を加速するとともに、「開発」と「利用」を結びつける「場」の形成、「知」の集積と共有、「人材」の育成、「国内外との連携」関係の拡大に関する取組を進めることにより、日本の NMR 研究開発の持続的な維持・発展を先導する技術プラットフォームとなることを目的とする。

このため、国立研究開発法人理化学研究所、公立大学法人横浜市立大学、国立大学法人大阪大学及び国立大学法人北海道大学（以下「参画機関」という。）は共同で業務を行う。

国立研究開発法人理化学研究所は、代表機関として、NMR-PF 全体の運営に係る業務を行う。

Ⅱ．令和 2 年度の実施内容

2. 1 実施計画

(i) 委託機関（代表機関）としての業務

【機関名：国立研究開発法人理化学研究所】

①NMR-PF 運営体制の構築

1)NMR-PF 実施機関、協力機関、事業支援機関と連携するための取組

- ・ NMR-PF 事業の取りまとめを行い、事業の事務局機能を果たす。
- ・ NMR-PF の運営体制として、以下の委員会を設置、開催する。
 - － 「運営委員会」：NMR-PF 運営の戦略の検討・決定を行う。理化学研究所、横浜市立大学、大阪大学、北海道大学で構成。
 - － 「諮問委員会」：NMR-PF の運営に意見や助言を行う。外部有識者 4 名で構成。
 - － 「課題選定委員会」：NMR-PF に設置する利用枠の課題選定を行う。参画機関及び外部有識者 4 名で構成。
- ・ 外部共用の活性化を目指して、下記の推進方策を検討する。
 - － ユーザーが NMR-PF を利用する（外部共用）ことにより、ユーザーの抱える課題が解決され、研究成果やイノベーションが生みだされとともに、NMR-PF との共同活動（共同研究・開発高度化・新分野開拓）が進展し、より大きな研究成果やイノベーションが創出され、得られた成果は施設や他のユーザーへも還元され、施設独自研究や外部共用を活性化する推進方策の検討。
 - － すでに利用拡大がみられる分野だけでなく新規の利用分野への拡大や、高分子や医療材料の応用研究など、今後成長が期待される分野でも利用拡大を推進する方策の検討。

2)他のプラットフォームと連携するための取組

- ・ 現在のプラットフォームの課題等の解決を目指して、各プラットフォームの事務局担当者による連絡協議会を設置し、プラットフォーム間の連携を推進するための方策等について検討する。また、JASIS2020 への共同出展等を通じて、各プラットフォーム間のネットワーク化を進める。

②利用支援体制の構築

- ・ NMR-PF において NMR 技術を活用したイノベーション創出を加速するため、以下の利用枠を設置し、課題選定委員会において課題選定を行う。

ー「最先端利用開発」利用枠：NMR 技術領域の飛躍的な発展に資する課題を実施。

- ・開発途上の NMR 装置・技術を試用し、その結果を開発サイドにフィードバックすることにより、利用と技術開発の連携拡大を推進し、NMR 装置・技術の実用性を向上させるための「最先端利用開発」利用課題を実施する。
- ・高度利用支援体制を拡充させるため、技術分野に精通した専門スタッフとしてリエゾン 5 名（うち 2 名は本事業にて雇用）、施設共用技術指導研究員 2 名（本事業にて雇用、うち 1 名は技術スタッフを兼務）、NMR 測定解析技術高度化技術員 8 名（うち 2 名は本事業にて雇用）を配置する。

③ワンストップサービスの設置

- ・NMR-PF ポータルサイトを充実させ、ワンストップサービスの質の向上に努める。
- ・ワンストップサービス窓口を開設し、運営担当者を配置する。

④共用機器

- ・400～900MHz の溶液及び固体 NMR 装置で構成。サンプルを自動で測定することが可能なサンプルチェンジャーや、2 つの測定を同時に行うことができる装置、さらに多核種を測定できるプローブなど、様々な用途に対応する。

⑤人材育成

- ・講習会・セミナー・シンポジウム等の開催については、各参画機関が主体のもと、詳細な実施場所、時期等について運営委員会で情報共有しながら検討を行う。必要に応じて学会等のコミュニティと連携して開催し、コミュニティの結成・強化に貢献するとともに、こうした情報共有を通じて専門スタッフの人材育成を行う。

⑥ノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

- ・NMR 技術領域に関連する既存データベース（例：PDB/BMRB（大阪大学）、天然物 NMR データベース（日本電子株式会社））との連携に関する検討を進めるとともに、知識蓄積・共有の効率化のために、データポリシー策定の検討を行う。

- ・ NMR 共用プラットフォームポータルサイトの充実により、事業紹介や NMR 利用公募、教育関係では ICT 教育教材の配信、装置実習・講習会の案内のほか、国際シンポジウム等の広報活動に活用する。

⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築

- ・ JASIS2020 に出展し、NMR-PF の取組について広報活動を行う。
- ・ NMR-PF シンポジウムを開催し、産学ユーザーを交えて高磁場 NMR を核としたプラットフォームの新たな展開についての発表や意見交換を行う。
- ・ 欧米の NMR プラットフォーム、アジアにおける NMR プラットフォームと世界的な技術協力と連携体制による国際的ネットワークの構築に向けた準備、検討を進める。

(ii) 再委託機関（実施機関）としての業務

【機関名：公立大学法人横浜市立大学】

①利用支援体制の構築

- ・ 高度利用支援体制を拡充させるため、技術分野に精通した専門スタッフとしてリエゾン活動及び施設共用技術指導研究員を兼務するスタッフ 1 名、施設共用技術指導研究員 2 名、施設利用・技術指導監督者 1 名を配置するとともに、プラットフォーム内での連絡調整業務やセミナー等の運営を補助する事務補助者 1 名を配置する。

②共用機器

- ・ 500MHz～950MHz の溶液及び固体 NMR 装置で構成。950MHz の LC-NMR や独自開発した「タンパク質回収型フロークライオプローブ」を装着した 700MHz、480 本のオートサンプラーを装着した 800MHz のほか 600MHz や 500MHz とする。

【機関名：国立大学法人大阪大学】

①利用支援体制の構築

- ・ 高度利用支援体制を拡充させるため、技術分野に精通した専門スタッフとしてリエゾン 4 名（うち 3 名は本事業にて雇用）、事務補佐員 1 名を配置する。

②共用機器

- ・ 国内最大の磁場強度幅である 400MHz～950MHz の溶液及び固体 NMR 装置で

構成。超高感度 700MHz 固体 DNP NMR や極低温プローブを装備した 950 MHz 溶液 NMR などとする。

③人材育成

- ・ユーザーの技能に応じて自身で効率良く安全な NMR 測定や専門スタッフのユーザー個別指導の負担の軽減等を目指し、装置メーカーと協力して講習会を開催する。

【機関名：国立大学法人北海道大学】

①共用機器

- ・ 600MHz～800MHz の溶液及び固体 NMR 装置で構成。超高速 MAS、半固体試料測定可能な最新の固体 NMR 装置、微量試料測定にも対応した 800MHz 溶液 NMR 装置などから構成され、研究・産業分野の幅広いニーズに対応する。

②人材育成

- ・ 学生、分野外研究者、企業研究者の教育・学び直しに対応する研修プログラムの実施に向けて以下の 3 項目に取り組む。
 - －北海道大学・オープンエデュケーションセンター(OEC)の教育リソースを活用した ICT 教育システムの開発を行う。
 - －装置実習コースの開講・教材開発を行う。装置実習コースでは、NMR ユーザーを対象に「蛋白質 NMR 実習」、「溶液 NMR 実習」、「固体 NMR 実習」を実施する。
 - －北海道大学のサマースクールである「北海道サマーインスティテュート(HSI)」と連携し、学生・企業研究者を対象とした英語による講義・実習課目の単位化に取り組む。

(iii) 協力機関の取組

- ・ 日本電子株式会社及びブルカー・ジャパン株式会社： NMR 技術の教育に貢献する。

2. 2 実施内容（代表機関）

【機関名：国立研究開発法人理化学研究所】

①NMR-PF 運営体制の構築

- 1) NMR-PF 実施機関、協力機関、事業支援機関と連携するための取組
 - ・ NMR-PF 事業の取りまとめを行い、事業の事務局機能を果たした。

- ・ NMR-PF の運営体制として、以下の委員会を設置、開催した。
 - － NMR-PF 運営の戦略の検討・決定を行う「運営委員会」（理化学研究所、横浜市立大学、大阪大学、北海道大学で構成）を 3 回開催した。
 - 令和 2 年 5 月 28 日開催：JASIS の準備状況について
 - 令和 2 年 8 月 26 日開催：JASIS 進捗報告、最先端利用開発課題公募スケジュール、NMR 共用プラットフォームシンポジウムについて
 - 令和 2 年 12 月 28 日開催：JASIS 出展報告、シンポジウム開催報告
 - － NMR-PF の運営に意見や助言を行う「諮問委員会」（有識者 3 名で構成）を 3 回（令和 2 年 5 月 28 日、8 月 26 日、12 月 28 日）開催した。
 - 議論の内容
 - 令和 2 年 5 月 28 日開催：NMR プラットフォームプログラムの現状と次期課題について
 - 令和 2 年 8 月 26 日開催：コロナ禍の NMR 共用プラットフォームの今後の方向性について
 - 令和 2 年 12 月 28 日開催：共用プラットフォームの今後の課題について
 - － NMR-PF に設置する利用枠の課題選定を行う「課題選定委員会」（参画機関及び有識者 3 名）で構成を 3 回（令和 2 年 5 月 28 日、8 月 26 日、12 月 28 日）開催した。「最先端利用開発課題」を 5 課題採択した。また、平成 28 年度、29 年度、30 年度、31 年度に採択された最先端利用開発課題の中間評価及び事後評価を行った。中間評価を 5 件実施し、全件継続利用可能と判断した。また、事後評価を 6 件実施し、すべて成果をポータルサイトに掲載した。
- ・ 外部共用の活性化を目指して、下記の推進方策を検討・実施した。
 - － ユーザーが NMR-PF を利用する（外部共用）ことにより、ユーザーの抱える課題が解決され、研究成果やイノベーションが生みだされるとともに、NMR-PF との共同活動（共同研究・開発高度化・新分野開拓）が進展し、より大きな研究成果やイノベーションが創出され、得られた成果は施設や他のユーザーへも還元され、施設独自研究や外部共用を活性化する推進方策の検討をした。NMR 共用プラットフォームシンポジウム 2020 において、最新の遠隔操作・自動化にフォーカスしたセッションを設け、関連する研究者や企業による話題提供により最新動向の共有を図った。
 - － すでに利用拡大がみられる分野だけでなく新規の利用分野への拡大

や、高分子や医療材料の応用研究など、今後成長が期待される分野でも利用拡大を推進する方策の検討をした。NMR 共用プラットフォームシンポジウム 2020 において、今後利用が期待される分野に関する利用事例報告などの話題提供を行った。

2) 他のプラットフォームと連携するための取組

- ・ JASIS2020 への出展では、企画の段階から光ビームプラットフォーム、原子・分子の顕微イメージングプラットフォーム、風と流れのプラットフォーム、アトミックスケール電磁場解析プラットフォームとともに出展内容の準備、検討を進めながら合同出展した。
- ・ 各プラットフォーム代表機関担当者による共用プラットフォーム連絡協議会は、コロナ禍のため開催できなかった。

②利用支援体制の構築

- ・ NMR-PF において NMR 技術を活用したイノベーション創出を加速するため、以下の利用枠を設置し、課題選定委員会において課題選定を行った。
 - ー 「最先端利用開発」利用枠：NMR 技術領域の飛躍的な発展に資する課題を実施。
- ・ 開発途上の NMR 装置・技術を試用し、その結果を開発サイドにフィードバックすることにより、利用と技術開発の連携拡大を推進し、NMR 装置・技術の実用性を向上させるための利用課題を実施した(表 1 に令和 2 年度の実施課題をリストアップした)。

表 1. 「最先端利用開発」実施課題一覧

課題番号	課題名	実施責任者
PF16-01-0-004	超高感度スピン相関高分解能 DNP-NMR 装置開発	大阪大学 藤原 敏道
PF17-01-RY-010	複合アニオン化合物の解析技術の開発	京都大学 野田 泰斗
PF18-01-R-012	セメント硬化体の微細構造に関する基礎的研究	北海道大学 五十嵐 敏文
PF18-01-Y-016	高度に重水素化したタンパク質と脂質との相互作用解析法の開発	慶應義塾大学 大澤 匡範
PF18-01-R-018	タンパク質における特異なプロトン化状態の、NMR による直接観測とそのため の手法開発	東京都立大学 三島 正規
PF18-01-H-020	FG-MAS プローブによる液-液相分離した タンパク質と水と水の解析	大阪大学 田巻 初

PF18-01-R-021	蛋白質立体構造のアンサンブル解析	東京都立大学池谷 鉄兵
PF19-01-R-022	抗体医薬の高機能化に向けた NMR による抗体の構造解析	自然科学研究機構 加藤 晃一
PF19-01-R-023	蛋白質安定化と光異性化による NMR 構造測定	帝京平成大学 西村 千秋
PF19-01-R-024	RNA の立体構造解析のためのシグナル帰属支援プログラムの開発	(株)Veritas In Silico 篠 阿弥宇
PF19-01-H-026	NMR と高速原子間力顕微鏡による小胞体内シャペロンの動的構造解析	東北大学 奥村 正樹
PF20-01-R-027	最大 10 気圧までの高分子材料-キセノン系 NMR スペクトルでわかる材料の構造と特性	名古屋工業大学 吉水 広明
PF20-01-R-028	NMR 分光法における球状および天然変性タンパク質の機能発現ダイナミクスの解析	東京大学 新井 宗仁
PF20-01-R-029	光誘起核スピン分極測定によるタンパク質バインディングポケット構造とラジカル対ダイナミクス研究	埼玉大学 前田 公憲
PF20-01-R-030	高磁場 NMR, MagRO, 特殊ラベル化による大型タンパク質 p120GAP の NMR 高速測定・解析	産業技術総合研究所 竹内 恒
PF20-01-Y-031	apoE タンパク質による N ϵ -ピロロール化リジン認識の分子機構の解析	東京大学 永田 宏次

- ・高度利用支援体制を拡充させるため、技術分野に精通した専門スタッフとしてリエゾン 5 名（うち 2 名は本事業にて雇用）、施設共用技術指導研究員 2 名（本事業にて雇用、うち 1 名は技術スタッフを兼務）、NMR 測定解析技術高度化技術員 8 名（うち 2 名は本事業にて雇用）を配置した。
- ・新規分野からの参入を加速するためのトライアル利用が 1 件あった。2 日間の利用において酵素代謝物の解析を行い、化合物の構造解析、酵素反応速度解析が NMR で可能であることが確認できた。今後は、有償での利用を進めていく予定である。

③ワンストップサービスの設置

- ・NMR-PF ポータルサイトを充実させ、ワンストップサービスの質の向上に努めた。NMR 共用プラットフォームポータルサイトでは、理化学研究所、横浜市立大学、大阪大学、北海道大学の NMR 施設の装置情報を検索できる機能を有しており、また NMR 施設の利用案内、イベントの開催情報、利用事例、教育教材等を掲載している。NMR 共用プラットフォームポータルサイトのアクセス数は 247, 711 件/年であり、問い合わせ

フォームには3件の連絡があった。

- ・ワンストップサービス窓口を開設し、プラットフォーム運営担当者を配置した。

④共用機器

- ・400～900MHzの溶液及び固体NMR装置で構成（表4にリスト）。サンプルを自動で測定することが可能なサンプルチェンジャーや、2つの測定を同時に行うことができる装置、更に多核種を測定できるプローブなど、様々な用途に対応した。

⑤人材育成

- ・講習会、セミナーやシンポジウム等の開催については、各参画機関が主体のもと、詳細な実施場所、時期等について運営委員会で情報共有しながら検討を行った。必要に応じて学会等のコミュニティと連携して開催し、コミュニティの結成・強化に貢献するとともに、こうした情報共有を通じて専門スタッフの人材育成を行った（表2）。

表2. 令和2年度における講習会・セミナー・シンポジウム

開催日	タイトル	参加者数
令和2年		
8月5日～7日	北大装置実習コース「蛋白質NMR実習」【第1回】（北海道大学）	12名
9月2日～4日	北大装置実習コース「蛋白質NMR実習」【第2回】（北海道大学）	18名
9月16日	横浜市立大学2020年溶液NMR講習会（横浜市立大学）	4名
10月10日～31日	理化学研究所・横浜市立大学一般公開 on the Web 2020 横浜市立大学施設紹介・セミナー動画公開 *	Webアクセス： 1,391回、動画再生： 2,449回
10月22日	よこはまNMR研究会 第65回ワークショップ「超高磁場NMR装置の現状と展望」（横浜市立大学）**	72名
10月23日	文部科学省最先端研究基盤共用促進事業 NMR共用プラットフォームシンポジウム2020（NMR共用プラットフォーム）**	156名

11月5日～6日	「基礎から学ぶ最新 NMR 解析法 ―構造解析の自動化―」のワークショップ（大阪大学）＊	121 名
11月9日	製薬協：創薬研究部会による施設見学会・事業紹介（横浜市立大学）	18 名
令和3年		
1月29日	NMR オンラインセミナー「NMR 装置の性能向上によって可能＆簡単になる固体 NMR 測定」（理化学研究所）＊	140 名
3月12日	よこはま NMR 研究会 第66回ワークショップ「クライオ電子顕微鏡」（横浜市立大学）＊	86 名
3月15日～16日	「基礎から学ぶ最新 NMR 解析法 ―リモート NMR 測定―」のワークショップ（大阪大学）＊	101 名

＊ オンラインで開催した

＊＊ ハイブリッド形式で開催した

⑥ノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

- ・ NMR 技術領域に関連する既存データベース（例：PDB/BMRB（大阪大学）、天然物 NMR データベース（日本電子株式会社））との連携に関する検討を進めるとともに、知識蓄積・共有の効率化のために、データポリシー策定の検討を行った。各機関、ユーザーともにポリシーの状況が異なっており、より詳細な調査を実施する必要があることが分かった。
- ・ NMR 共用プラットフォームポータルサイトの充実により、事業紹介や NMR 利用公募、教育関係では ICT 教育教材の配信、装置実習・講習会の案内等の広報活動に活用した。

⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築

- ・ JASIS2020 に出展し、NMR-PF の取組について広報活動を行った。
- ・ NMR 共用プラットフォームシンポジウム 2020 を開催し、産学ユーザーを交えて高磁場 NMR を核としたプラットフォームの新たな展開についての発表や意見交換を行った。
- ・ アジアにおける NMR プラットフォームと世界的な技術協力と連携体制による国際的ネットワークの構築に向けた準備、検討を進めた。世界最大の磁気共鳴国際会議 ISMAR-APNMR 2021 の準備を通じて、アジア地区の関係者との議論を行った。欧米の NMR プラットフォームとのネットワーク構築に向けた取組については、コロナ禍のため実施することができなかった。

⑧その他

新型コロナウイルス感染症の影響により、外部共用件数については著しく減少した。コロナ禍におけるNMR利用に関するアンケート(令和2年8月)を実施したところ、遠隔利用、代行測定、データセキュリティ対策などに関する要望が多くみられたことから、今後これらへの対応を推進することとしたい。

表 3. 施設毎の外部共用件数

		理研	市大	阪大	北大	横計 (件)
1. 利用件数 (有償)	(1) 企業等	45	7	12	5	69
	(2) 大学等	3	1	0	32	36
	計	48	8	12	37	105
2. 利用件数 (無償)	(1) 企業等	2	0	0	0	2
	(2) 大学等	27	1	30	0	58
	計	29	1	30	0	60
3. 利用件数 (計) (1 + 2)	(1) 企業等	47	7	12	5	71
	(2) 大学等	30	2	30	32	94
	合計	77	9	42	37	165

表 4. NMR 共用プラットフォームのNMR 装置リスト

機関名	対象施設・設備名	メーカー
国立研究開発法人 理化学研究所	NMR 施設 400 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)
	NMR 施設 600 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 600 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 600 MHz 固体 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 600 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)
	NMR 施設 600 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)
	NMR 施設 700 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 700 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)

	NMR 施設 700 MHz 固体 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 700 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)
	NMR 施設 800 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 800 MHz 固体 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 900 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 900 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	NMR 施設 900 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)
公立大学法人 横浜市立大学	大学院生命医科学研究科 950 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	大学院生命医科学研究科 800 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	大学院生命医科学研究科 700 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	大学院生命医科学研究科 600 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	大学院生命医科学研究科 500 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
国立大学法人 大阪大学	蛋白質研究所 950 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	蛋白質研究所 800 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	蛋白質研究所 600 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	蛋白質研究所 500 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	蛋白質研究所 400 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	蛋白質研究所 700 MHz 固体 DNP NMR 装置	日本電子(株)
	蛋白質研究所 700 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)
	蛋白質研究所 600 MHz 固体 DNP NMR 装置	日本電子(株)
	蛋白質研究所 500 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)
	先端 NMR ファシリティ 800 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
国立大学法人 北海道大学	先端 NMR ファシリティ 800 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)

	先端 NMR ファシリティ 600 MHz 溶液 NMR 装置	ブルカージャパン(株)
	先端 NMR ファシリティ 600 MHz 固体 NMR 装置	日本電子(株)

2. 3 実施内容（実施機関）

【機関名：公立大学法人横浜市立大学】

①利用支援体制の構築

- ・高度利用支援体制を拡充させるため、技術分野に精通した専門スタッフとしてリエゾン活動及び施設共用技術指導研究員を兼務するスタッフ 1 名、施設共用技術指導研究員 2 名、施設利用・技術指導監督者 1 名を配置するとともに、プラットフォーム内での連絡調整業務やセミナー等の運営を補助する事務補助者 1 名を配置した。

②共用機器

- ・500MHz～950MHz の溶液及び固体 NMR 装置で構成。950MHz の LC-NMR や独自開発した「タンパク質回収型フロークライオプローブ」を装着した 700MHz、480 本のオートサンプラーを装着した 800MHz のほか 600MHz や 500MHz を共用した（表 4 にリスト）。

【機関名：国立大学法人大阪大学】

①利用支援体制の構築

- ・高度利用支援体制を拡充させるため、技術分野に精通した専門スタッフとしてリエゾン 4 名（うち 3 名は本事業にて雇用）、事務補佐員 1 名を配置した。

②共用機器

- ・国内最大の磁場強度幅である 400MHz～950MHz の溶液及び固体 NMR 装置で構成。超高感度 700MHz 固体 DNP NMR や極低温プローブを装備した 950 MHz 溶液 NMR などを共用した（表 4 にリスト）。

③人材育成

- ・ユーザーの技能に応じて自身で効率良く安全な NMR 測定や専門スタッフのユーザー個別指導の負担の軽減等を目指し、測定法の基礎とリモート測定についてワークショップをそれぞれ 1 回開催した。

【機関名：国立大学法人北海道大学】

①共用機器

- ・ 600MHz～800MHz の溶液及び固体 NMR 装置で構成。超高速 MAS、半固体試料測定可能な最新の固体 NMR 装置、微量試料測定にも対応した 800MHz 溶液 NMR 装置などから構成され、研究・産業分野の幅広いニーズに対応した（表 4 にリスト）。

②人材育成

- ・ 学生、分野外研究者、企業研究者の教育・学び直しに対応する研修プログラムの実施に向けて以下の 3 項目に取り組んだ。
 - ー北海道大学・オープンエデュケーションセンター(OEC)の教育リソースを活用した ICT 教育システムの開発を行った。
 - ー装置実習コースの開講・教材開発を行った。装置実習コースでは、NMR ユーザーを対象に「蛋白質 NMR 実習」を実施した。計画していた「溶液 NMR 実習」、「固体 NMR 実習」については、コロナ禍におけるオンラインでの実施を模索したが実施できなかった。
 - ー北海道大学のサマースクールである「北海道サマーインスティテュート (HSI)」と連携し、学生・企業研究者を対象とした英語による講義・実習課目の単位化に取り組んだが、コロナ禍のため HSI 自体が開催不可となった。

2. 4 協力機関の取組状況

- ・ 日本電子株式会社及びブルカージャパン株式会社：横浜市立大学 2020 年溶液 NMR 講習会にて講師を務める、NMR 共用プラットフォームシンポジウム 2020 にて最新技術に関する話題提供を行うなど、NMR 技術の教育に貢献した。

III. フォローアップ調査項目

3. 1 分野融合・新興領域の拡大について

- ・ 令和元年度に引き続き、これまで案件が少なかった材料系などの新たな分野の研究者からの相談や利用を幅広く頂くようになった。また、本事業を通して NMR 共用事業の取組を多くの研究者が認知するようになり、構造生物学系分野においても新規の利用者からの問い合わせを頂くようになった。分野を超えた研究者の交流につながり、新たな研究ネットワークが形成しつつある。
- ・ NMR に関する日本核磁気共鳴学会、ESR に関する電子スピンサイエン

ス学会が共同して、世界最大の磁気共鳴国際会議 ISMAR-APNMR2021 の日本開催の準備を行った。

3. 2 スタートアップ支援について

- ・令和元年度に引き続き海外の研究所から国内の大学に移籍した若手研究者が研究室立ち上げのサポートとして、NMR 施設をトライアル利用することで速やかな NMR 利用研究体制の構築に寄与した。
- ・令和元年度に引き続き、装置を持たない NMR 研究者のスタートアップをサポートするために、科学研究費補助金での利用料の支払いを可能とする運営を継続した。
- ・令和元年度に引き続き、超高磁場 NMR 装置において「補助なし」測定料金を設定し、大幅なディスカウントを行うことで、装置を持たない NMR 研究者のサポートを行うとともに NMR 測定技術の習熟を促進した。

3. 3 共同研究・受託研究について

- ・理化学研究所では、過去 14 年間の共用事業活動から共同研究に発展した 5 件の課題について、7 報の研究論文を学術雑誌へ掲載することができた。
- ・共用事業の材料系課題を通して、これまで NMR を所有していなかった企業の事業への NMR の有効性が明らかになった。このため、この企業は NMR を購入した。結果として、産業と NMR 全体の活性化につながった。
- ・大阪大学では、製薬企業、材料化学企業、分析機器メーカーと共同研究を実施した。特に、分析機器メーカーである日本電子株式会社との共同研究では、世界最高感度を実現する実用的な DNP-NMR 装置を開発し、長時間安定した極低温高分解能 NMR 測定の応用に関する 2 報の論文発表、本装置をプロトタイプとする 600MHz DNP NMR 装置の米国への輸出など技術的成果を生んだ。
- ・横浜市立大学では、平成 27 年度までの文部科学省先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業の活動から共同研究・有償利用に発展した製薬企業などの企業 3 件とアカデミック機関 1 件が令和 2 年度も継続して利用した。さらに、令和 2 年度に材料分野企業の新規利用 1 件につながった。
- ・北海道大学では、過去の本事業での利用企業との間で共同研究に発展した事例において、令和 2 年度に 4 件の特許申請を行うことがで

きた。また、本事業での NMR メタボロミクス分野での利用が産学による共同研究に発展し、この事例を「NMR 共用プラットフォームシンポジウム 2020」において、「栄養研究における NMR 活用事例」として紹介した。

3. 4 試作機の導入・利用による技術の高度化について

- ・樹脂やゴムなどの高分子材料に吸着した気体（キセノン）の挙動から高分子の構造や物性を NMR により評価する最先端利用開発課題実施のため、高圧セル用のキセノン観測プローブを作製し、課題を実施してきたが、更に物性研究を深めるため、温度可変装置を追加する改良を加えた。温度勾配を極力避けるため、試料上部からも VT ガスを送ることができる断熱構造とし、課題へ応用した結果、温度勾配の少ない良好な結果を得ることができた。
- ・最先端利用開発課題「超高感度スピン相関高分解能 DNP-NMR 装置開発」などの DNP-NMR 法に関する課題では、NMR-PF にある超高磁場、高純度 He ガス供給、高出力テラヘルツ発生などを利用できる共用設備を利用して世界最高感度を実現する DNP-NMR 装置の試作機製作に貢献した。

3. 5 ノウハウ・データ共有について

- ・生体系核磁気共鳴実験データベース BMRB に協力して、109 件のデータセットの登録及び公開を行った。このデータ登録は国際協力事業であるが、全世界の登録の 12% を日本で実施した。NMR の創薬応用ニーズに対応するため、低分子リガンドなど生体系低分子化合物の登録用に拡張した登録システムの開発に協力した。
- ・令和元年度に引き続き、超高磁場 NMR 装置において「補助なし」測定料金を設定し、大幅なディスカウントを行うことで装置を持たない NMR 研究者のサポートを行うとともに NMR 測定技術の習熟を促進した。

3. 6 技術専門職のスキル向上・キャリア形成について

- ・協力機関である日本電子株式会社及びブルカー・ジャパン株式会社と連携し、技術専門職向けに講習会を行うことで施設共用技術指導研究員の測定スキル向上に努めた。

3. 7 利用アンケートについて

最先端利用開発課題の利用者より下記の意見を頂いた。（利用アンケート原文のまま記載）

- ・我々はタンパク質NMR 測定のまったく素人の状態であったが、理研のスタッフにより、測定パラメーターの設定から解析まで、初歩からの手厚いサポートを受けることができ、非常に助かった。今後、別課題にてお世話になる際には、またビギナーとして利用することになるので、今回と同様に実験に対する相談からスタートできれば非常にありがたい。
- ・日程調整から測定、試料回収まで、一連の手順を順調に行うことができました。様々な蛋白質が動的構造平衡状態にあり、活性型の割合や交換速度が活性を規定することが明らかになってきている。さらに、膜蛋白質の動的構造平衡が脂質二重膜構造の有無の影響を受けることや、細胞内環境では、内在性分子の影響により蛋白質の酸化還元状態や翻訳後修飾の状態がin vitro とは異なることが示されている。NMR は、生理的な溶液環境における蛋白質の動的構造を原子レベルで解析できる唯一の手法である。濃度や安定性の低い蛋白質の動的構造平衡を解明する上では、高磁場NMR 装置が必須である。したがって、NMR 共用プラットフォームで、950MHz の装置をはじめとする高磁場NMR 装置を使用することにより、生理的な溶液環境下の蛋白質における活性を規定する動的構造平衡の解析が大きく加速することを期待する。
- ・圧縮気体試料専用プローブの作製ならびに測定を丁寧且つ忍耐強く実行し、成果創出に多大な貢献をして頂き、感謝します。圧縮気体を封入した試料管の用意は名工大にて行いましたが、測定の安全性が確認できたので、理研内で試料調製が可能になれば、実験効率が良くなると思います。
- ・自社研究機関では実施し難いが、合成高分子材料等のメーカー/ユーザーのニーズに応えられる、本課題で提案したような特殊測定の拠点として発展することを期待する。
- ・担当者には非常に親切かつ丁寧に対応して頂いた。特殊な試料への対応が多いため、様々なノウハウを有することもポイントであると考えられる。施設内には購買・食堂・休憩所なども完備されており、非常に良好な環境であった。
- ・学術的に大変貴重かつ強力な分析をさせて頂いた。今後も当該プロジェクトを継続して頂きますよう、お願い申し上げます。
- ・DNP-NMR プローブ開発にあたって必要な（高額な）装置が一通り揃っ

ており、施設の利用は非常に有用であった。ただし、DNP 実験を実施できる人材が限られており、人材の拡充を提案事項として挙げたい。

- DNP-NMR プローブを開発するのに必要な装置は非常に高額であり、これらの装置を自社で用意するのは困難である。海外メーカーに対抗できる製品を作るにあたって最先端利用開発枠は非常に有用であり、今後も続けていただきたい。

「コロナ禍における NMR 利用についてのアンケート」

令和2年8月4～19日 実施

最先端利用開発課題実施者に対し、コロナ禍の状況で課題の実施状況と、どのようなサポートがあれば今後の利用が進むかという点を調査した。

1. 現在の課題に関するNMR 利用について

- 既に利用（3）
- 近日中に利用予定（3）
- コロナ感染状況をみて利用予定（7）
- 利用未定（1）

2. 今後の利用において、どのようなサポートがあるとよいと思いますか

- 利用者へのサポートとしてWeb 会議システムを利用した遠隔利用、遠隔での利用者による操作、測定代行。
- 測定代行及び測定条件などの事前のご相談をweb 会議などでできると非常に助かります。
- すでに遠隔利用の拡大が行われていると思いますが、遠隔利用ができることは大変便利だと思います。測定代行も可能な範囲で、例えば、理研側で温度を設定してサンプルと投入していただけるだけでも大変助かります。これと遠隔利用と合わせれば、研究者はただサンプルを送付するだけで理研に出向く必要がなくなることから大変心強いです。
- 遠隔操作ができると、大変ありがたく思います。それから、現在のシステムでは、別のユーザーがその装置を使っていると、他のユーザーはまったくアクセス(ログイン)できないという仕様になっていますが、以前の測定パラメーターなどを急に確認したいなどがありますので、他のユーザーログイン中も別のユーザーがデータにアクセスできると便利です。また、装置利用の日程表などがweb 上でアップされていると、どの装置がどの程度混雑しているかユーザーが

すぐに分かるので、ユーザーにとっては次の実験の計画が立てやすく、装置利用の稼働率もあがると思います。

- ・遠隔利用、遠隔操作の方法、測定代行
- ・再度往訪できない状況になった場合は遠隔利用と測定代行があると、その期間中にも利用できるかもしれません。ただし、多サンプルでサンプルチェンジャーを利用する場合が多いので、遠隔利用のための輸送や設置の安全性に心配があります。必要があれば SampleJet ラックの使用等のご案内をいただきたいと思います。予算状況によっては利用装置変更ができるかもしれません。
- ・測定代行
- ・県外への移動自粛等の要請が出たりした場合には、基本的な測定については、測定代行をしていただけるとありがたいです。（例えば、主鎖帰属用の三重共鳴測定など）
- ・遠隔利用、遠隔操作の方法、測定代行、情報セキュリティ（データ転送）
- ・測定代行ができるとありがたいですが、やや特殊な測定を提案しているので難しいかもしれない。
- ・遠隔操作で実験ができるのでしたらありがたいです。
- ・プローブの測定可能周波数範囲がひと目で分かるようになっているとありがたいです。ウェブ (<http://nmrpf.jp/laboratory/search.html>) では多核種と書かれていますが具体的な測定可能周波数、もしくは核種が知りたいです。
- ・遠隔利用がベストですが、現在利用させて頂いている固体NMR では周辺機器の状態も含め様子を見ながらの測定となるため、測定代行が現実的だと考えております。
- ・利用者が当該施設へ赴けない場合、測定代行のサービスが一番確実と思います。

3. その他、NMR 共用プラットフォームについてご意見・ご要望をお願いします

- ・オペレーターの負担を減らす多検体自動測定、液体窒素およびヘリウム充填の自動化が進むと、少人数でのNMR 利用環境維持ができてよい。
- ・日頃大変お世話になっており、特に不自由はございません。遠隔利用が可能になったことで、さらに利便性が向上したと思います。

- ・狭い範囲、例えば、283K から310K 程度の範囲内であれば、利用者側で温度の設定を変更することを許す、としていただけると気が楽です。298K から303K に変更するような際に、わざわざ担当者の方に来ていただくのが申し訳ないと思っています。ただ、温度の設定を利用者が変えないというは、故障防止のためにはかなり効いている面もあるかもしれません。ですので、強い意見ではありません。
- ・近年、NMR 分光器の価格や、ヘリウム充填などのメンテナンス費用の高騰により 1 つの大学(or 1 つの研究室) で装置を維持するのが困難になってきています。そのような中、このような大規模な共同利用施設があるのは大変ありがたいです。欲を言えば、800MHz 以上の通常の大学では購入・維持が困難な高磁場装置の台数が増えるとは非常にありがたいと思います。
- ・コロナ禍研究が中断された期間に関しまして、利用期間を延長し、報告書の提出時期等についてご配慮いただけるとありがたいと思います。
- ・各装置の予約状況がわかると計画が立てやすくなり、日程相談のやり取りも短縮できて助かります。
- ・コロナ禍の中でも利用可能な状態にいただきまして、大変ありがとうございます。引き続きどうぞよろしくお願い申し上げます。
- ・試料準備がどの程度できたら申請すべきかの判断が難しいと感じています。NMR には、試料の性状が良いのか悪いのか測定してみなければわからないことが多く、性状が良ければ（試料が高価であることもあり）そのまま使用を継続したい、ダメであれば少し試してみたい、といった使い方が現実的なのですが、それ以前に申請し、審査があるとなると、利用しづらいと感じてしまいます。気軽に pilot study ができて、試料が問題なければそのまま本格的な測定に移行できるような仕組みをご検討いただけますと非常に利用しやすくなると思います。
- ・3月ごろまでのコロナ禍でなかった状態に、できるだけ近く戻れることを期待しています。
- ・もし新しくプローブを導入されているのであればお知らせいただけると幸甚です。
- ・コロナ禍でのご配慮、ありがとうございます。上で挙がっている遠隔利用や測定代行は、トラブル発生時の対応や責任の所在など、明確な規定等が必要かと思います。遠隔利用については、オートチューニングプローブ、さらに固体NMR においては分光器制御ソフトか

らコントロールできる試料回転装置(Bruker 社やJEOL RESONANCE 社の最新装置では搭載可能)の整備が重要です。測定代行については、NMR は測定者の技術によって得られるデータの質が全く異なることがありますので、高い技術をもった測定者の養成が不可欠と思います。これらがクリアになれば、平時においても、より気軽に装置を利用できるようになりますので、遠隔利用・測定代行を考慮した制度および装置の整備を期待しております。

- ・これまでの経験では特にはありません。非常にありがたく、感謝しております。

IV. 本事業 5 年間を通しての取組及び成果

4. 1 共用体制

- ・プラットフォーム運営戦略の検討・決定を行う「運営委員会」、課題選定をおこなう「課題選定委員会」（外部有識者（諮問委員会機能も担う）及び参画機関関係者で構成）を設置するとともに、代表機関（理化学研究所）の事務部門が運営を支援する体制を確立した。
- ・事業内容、施設設備情報、利用事例等を提供するポータルサイト (<http://nmrpf.jp>) に、利用相談から利用申請受付に至る機能を有するワンストップサービス窓口を設置し、利便性の向上を図った。
- ・産業界・アカデミアの多様な利用ニーズに対応して、各機関に成果公開型の「成果非占有利用」と成果非公開型の「成果占有利用」の利用枠を設けて利用体系を共通化するとともに、NMR 技術領域の拡大発展に寄与する課題を実施する「最先端利用開発」利用枠をプラットフォームに設置した。「最先端利用開発」利用枠では 29 課題を採択した。
- ・NMR 技術・利用に精通した各機関所属の教員、研究者、技術者が事業に参加（計 50 名、内 15 名が本事業雇用）し、利用支援、技術指導、技術高度化、利用相談等を担う利用支援体制を構築した。
- ・特に企業利用者から要望の強い、働き方改革に代表される新たな労働・研究環境に対応した遠隔利用・自動化技術の導入を進めた結果、COVID-19 流行下での活動・移動制限下における共用活動の継続に効果を発揮した。

4. 2 技術の高度化

- 1. 3GHzNMR 開発（理化学研究所）

独自の高温超電導線技術を基盤とした次世代 NMR 開発を進め、コンパクト 1.05GHz と世界最高磁場 1.3GHz を開発中である。JST 先端計測、S イノベ等で基盤技術を開発し、JST 未来社会創造事業（H30-）において住友電気工業株式会社や日本電子株式会社等と連携して進めている。開発完了後に共用する予定である。

- 超高速 MAS 測定法の開発（理化学研究所）

JST 未来社会創造事業において日本電子株式会社との共同で、高速マジック角試料回転(MAS)法により感度の大幅増大を達成し、微量試料量での計測を実現した。微量蛋白質、電池材料、歯科系等の課題実施に特に有効である。

- ^{129}Xe 測定検出器の開発（理化学研究所）

JST 先端計測で開発した技術（国際特許出願済：W02020054686A1）を活用して、Bruker BioSpin との共同研究により燃料中の高圧気体の直接観測を実現。ユーザーへ共用実績もある。

- DNP 法による NMR 高度化技術開発（大阪大学）

従来比 1,000 倍感度の DNP(動的核分極)技術であり、日本電子株式会社と連携して、JST 先端計測で開発を開始し、現在は利用者へ共用している。製品化も実現し、米国カリフォルニア大学サンタバーバラ校に初号機納入済である。

- フロー型高磁場 NMR の開発（横浜市立大学）

化合物同定・化学反応追跡に適したフロー型検出器を有する高磁場装置（950MHz）を開発し、主に製薬・化学企業に対して共用している。

- ^{19}F スクリーニング用ライブラリ（横浜市立大学）

薬剤探索に適した 73 化合物から構成されるライブラリであり、 ^{19}F 測定検出器・オートサンプラーを備えた機器と組み合わせた利用が、製薬企業を中心に進んでいる。

- NMR メタボロミクス技術（北海道大学）

生体試料からの安定なメタボライト抽出技術を開発し、腸内菌叢解析受託分析企業と共同研究を進め特許出願準備中である。国内 40 以上の企業が参画の JST センター・オブ・イノベーションプログラム北海道母子コホート研究での活用が進んでいる。

- 冷媒不要卓上 NMR 開発（北海道大学）

コロナ禍等による冷媒需給逼迫下で注目が高まる冷媒不要卓上 NMR

の、NMR メタボロミクスへの応用検討を、Magritek 社・中山商事株式会社と共同研究で進めた。高分解能装置で蓄積したデータを機械学習させ解析に活用している。

- NMR 解析プラットフォーム MagR0 (大阪大学・理化学研究所)

NMR 自動信号帰属と蛋白質構造決定の完全自動化しスペクトル解析と構造決定期間を数か月から 1 日へ高速化するソフトウェアプラットフォームであり、深層学習 AI による NMR 信号自動検出機能を有する。網羅的 NMR 構造決定の実績があり、部分的にユーザーに対して公開している。

- 解析難発現蛋白質の合成法 (理化学研究所)

JST 研究成果最適展開支援プログラム等で開発した独自の試験管内蛋白質合成技術を基盤に、大陽日酸株式会社との共同研究で開発した。国際特許出願済 (PCT/JP2020/027679) で製品化を準備中である。本技術を活用した試料調製を共用開始した。

- 蛋白質安定同位体標識技術 (理化学研究所)

科研費 (新学術領域研究) などにより開発した、先端的情報科学技術との融合による迅速解析手法である。試料調製と解析法を組み合わせで共用中であるとともに、大陽日酸株式会社へ技術供与し製品化を準備中である。日本特許 (6191927B2) 取得、国際特許出願済 (PCT/JP2013/077672)。

4. 1 で述べたワンストップサービス体制の構築により、成果占有利用を除いた利用の情報共有が機関間で進んでおり、特にプラットフォームでの実施課題に関しては「課題選定委員会」において採択審査、中間評価、最終評価を実施し、各課題の進捗状況、問題点を把握し適切に助言する体制を構築したことが、ユーザーニーズの拾い上げにも役立った。

4. 3 人材育成

- 多数 (のべ 103 回/5 年間実施) のセミナーや講習会を主催、共催、協賛することにより開催し、専門スタッフを含めた多種多様な研究者、技術者、学生の育成に努めた。
- 協力機関と連携し、専門スタッフ向け講習会を開催しスキル向上を企図した。
- 利用者の技術習熟を促進する目的で、講習と試験に基づき技術レベルを判定し、補助無しでの超高磁場 NMR 使用を認定する制度 (測定

技術ライセンス制度)を設置した。(大阪大学)

- ・専門スタッフの育成、学生、分野外研究者、企業研究者の教育や学び直しを対象として、北海道大学・オープンエデュケーションセンター(OEC)の教育リソース(システム・人材)を活用したICT教材を構築した。装置実習コースとの組合せによる教育プログラムには高い教育効果があり、COVID-19 流行下での移動制限下において、本プログラムの意義が再認識されることとなった。(北海道大学)

4. 4 研究開発基盤の維持・発展

- ・各機関の施設は、我が国では類を見ない高磁場 NMR 装置を中心とした多様で多彩な先端装置を整備し多彩な枠組みで共用をしており、加えて独自技術・機器の開発・高度化と利用への展開も進めており、スタッフも充実している。いずれの機関もヘリウム回収液化設備を備え、ヘリウムタイトへの対応力も有しており、持続可能性を有している。
- ・本事業の実施により日頃から連携協力に努めてきたことにより、参画機関設備の深刻な障害等による運用障害発生時の相互支援によるリスク分散体制を整えた。
- ・その成果として、平成 30 年 9 月 6 日明け方に発生した北海道胆振東部地震とそれに伴い発生した長期間停電の影響により、北海道大学の 800MHz 装置 2 台の NMR 磁石は稼働不能になったが、この事態に迅速に対応して、北海道大学以外の 3 機関による高磁場装置のマシнтаイム融通を中心とした支援策を策定し、平成 30 年 10 月に開始したことにより、北海道大学の教育研究共用体制の遅延なき持続を実現した。当該支援策の実施により、直接的な人材・技術・情報交流が通常時よりも更に深く進み、想定以上の成果を生んだ。
- ・前述の遠隔利用・自動化技術の導入は、COVID-19 流行下での活動・移動制限下における共用活動の継続に効果を発揮した。

4. 5 その他

- ・生体系核磁気共鳴分野の国際学会 ICMRBS でセッション主催、欧州共用基盤 INSTRUCT との連携協力協議、核磁気共鳴分野と電子スピン共鳴分野の合同による世界最大の国際会議 ISMAR の日本誘致成功(令和 3 年 8 月開催予定)等、国際的ネットワーク構築を進めた。
- ・OECD/GSF・Science Europe ワークショップ「国内研究インフラの運用と利用の最適化」の論点である「研究インフラの利用者構造の最

適化」に関して、” good practice” として本事業の活動成果を話題提供し、OECD の調査報告書(令和 2 年 8 月 3 日公開)に貢献した。

- ・「4. 2 技術の高度化」で述べた共同研究に加えて、「理研-JEOL 連携センター」の運営や「大阪大学 日本電子 YOKOGUSHI 協働研究所」の開設といった連携研究開発拠点の設置・運用を進めることにより、NMR 機器メーカーや関連企業との連携・協力関係の構築・深化を進めた。
- ・文部科学省「共同利用・共同研究拠点」（大阪大学）、文部科学省「新たな共用システム導入支援プログラム」（北海道大学）、文部科学省「コアファシリティ構築支援プログラム」（北海道大学）、文部科学省「光・量子飛躍フラッグシッププログラム」、AMED「創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム」（大阪大学・横浜市立大学）、内閣府「官民研究開発投資拡大プログラム」（理化学研究所）、JST「未来社会創造事業」（理化学研究所）、JST「先端計測分析技術・機器開発プログラム」（理化学研究所、大阪大学）、JST「研究成果最適展開支援プログラム」（大阪大学）等の共用取組や機器技術開発プログラムにも参加して、政策連携を推進した。

V. 事業終了後の展望

5. 1 本事業にて形成した共用プラットフォームの運用方針

本事業の活動成果を基盤として、先端人材が育んだ技術・知恵・職人芸（暗黙知）を形式知化し、先端機器とあわせて有機的に連携させ、様々な地域・分野の課題解決を提供する研究基盤を全国的に展開することにより、我が国全域の研究開発の促進・イノベーション創出に貢献する体制を構築する。それにより、地理的な制約を受けず、必要に応じて最適な先端人材の支援を受けながら、最適な技術・機器・手法・知恵等を活用して、安心・安全にデータ取得・解析して課題解決できる、新時代に相応しい共用体制の模範となるプラットフォームを構築する。

5. 2 本事業にて雇用した技術職員等のキャリアパス

これまで、本事業に参画した機関は産学官に高度人材を多数輩出してきた実績を有し、本事業による人材育成取組や、各機関でのテニュアトラック等の制度整備も相まって、本事業で雇用された人材に対して多様なキャリアパスが用意された状況にある（具体例として、任期制職員として雇用されていた者が技術系無期雇用職員に採用された例や、JSPS 特別研究員（RPD）を経て企業に採用された例などが挙げられる）。本事業で構築され

た体制を核とした新時代に相応しい共用体制を「先端研究基盤共用促進事業（先端研究設備プラットフォームプログラム）」に提案しており、採択された際には本事業で雇用された人材の一部に関して、適切なプロセスを経た上で雇用する予定である。

5. 3 今後の課題、問題点

- ・ COVID-19 流行により、施設運営者も利用者（特に産業界）も活動・移動制限を受けたことにより、各機関での外部利用は大幅に減少（令和2年度利用料収入は通常時の6割減）した。
- ・ これまでの想定を大幅に超えて、全国的な活動制限を受けた上、四機関が属する道府県の緊急事態宣言解除が遅くなり他地域機関と比べて運営再開が遅くなり、リスク分散体制が不十分であることがわかった。
- ・ 緊急事態宣言一回目解除後に、理化学研究所利用者に対して実施したアンケートでは、およそ6割が遠隔アクセスの整備・充実を希望するとともに、現状の仕組みに対してセキュリティ上の課題があることが指摘された。

これらにより、以下の課題が顕在化した。

1. いかなる障害・災害発生に対してもロバストなリスク分散体制の再構築が必要である。
2. 最先端設備への利用アクセスに対する地域間格差が拡大しており、地域との接点となる拠点の整備が急務である。
3. 遠隔アクセスの更なる整備・充実が必要である。
4. 遠隔アクセスの高いセキュリティを実現する必要がある。

上記課題を解決するために、広範な地域に立地する機関による実施体制を構築し、広範な利用分野・課題に対して各機関が有する機器・技術・知恵を最適に組合せた課題解決を提示し解析を実施する体制の構築が必要である。この体制は、障害・災害発生リスクの分散による持続的共用体制の確立にも貢献する。

また、利用者、専門スタッフがどこからでも安全・安心に機器にアクセスして操作しデータ取得できる環境整備も必要である。そのためには、遠隔利用に対応した1)機器操作、2)ネットワークインフラ等、3)データ・セキュリティポリシーや利用規程、の整備が必要となる。