

6年間にわたる
「中性子利用技術移転推進プログラム」業務の
実施結果報告書

平成24年3月

(財)放射線利用振興協会

6年間にわたる「中性子利用技術移転推進プログラム」業務の 実施結果報告書

目次

1. 業務実施の経緯	1
2. 本プログラムの目的	1
3. 本プログラム実施成果のまとめ手法	1
4. 本プログラム実施成果の概要	1
5. 本プログラムの実施成果	2
5.1 本プログラムの実施実績	2
1) 広報活動の実績	2
(1) 説明会等の開催	2
(2) 中性子利用事例集の発行及びホームページへの掲載	4
2) 実施課題数等の実績	4
3) 装置別利用課題数及び利用日数等の実績	6
4) 課題実施状況の検討会開催実績	7
5.2 アンケート調査による本業務の成果の分析	7
1) 本プログラム利用者による本業務の評価結果	8
2) 本プログラムの被支援者の本格的な中性子利用への参入状況	13
3) 今後の中性子ビームの利用希望状況	15
5.3 聞き取り調査	17
6. 「中性子利用技術移転推進プログラム」業務の実施結果に対する総合評価	18
7. 総括	18

資料

資料1 本プログラム利用者アンケート調査票

資料2 成果公開型中性子利用へと進まれた利用者へのアンケート調査票

資料3 今後の中性子施設利用予定についてのアンケート調査票

資料4 6年間にわたる「中性子利用技術移転推進プログラム」の実施結果に
対する総合評価

参考資料 中性子利用事例

1. 業務実施の経緯

平成 13 年から大強度陽子加速器施設「J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex)」の建設が始まるなど、将来の中性子利用が重要視されるのに伴い、国（文部科学省）が平成 18 年度から中性子利用技術移転推進プログラム（以下、「本プログラム」という）を実施し、中性子産業利用の促進のため、産業界への中性子利用技術の移転を図ってきた。

本プログラムは 18 年度の開始から本年度で 6 年目になる。平成 23 年度は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災による中性子施設の被災により、中性子利用実験等が実施できなかった。従って、中性子利用実験並びに技術支援自体は、平成 18 年度から 5 ヶ年にわたって実施したことになる。

2. 本プログラムの目的

本プログラムでは、原子力発電施設等立地地域の研究開発機関及び民間企業等に対し、専門の研究開発機関が有する中性子ビームテクノロジーに関する知識・ノウハウの移転を支援する。具体的には、原子力発電施設等立地地域の民間企業等の研究者・技術者が中性子を試行的に利用する機会（中性子利用技術移転推進プログラム）を設け、利用希望者と中性子ビーム供給者との間を結び、細かいニーズや利用にあたっての条件等について幅広く相談に応ずるとともに、利用者が革新的な中性子の利活用の可能性を幅広く認識することにより、民間企業等を主体とした先見のかつ革新的な放射線利用の普及を図るものである。

3. 本プログラム実施成果のまとめ手法

平成 18 年度から実施してきた本プログラムの成果をまとめるに当たって、これまでに実施してきた技術支援・指導等についての実績、本プログラム利用者を対象とする 3 種類のアンケート調査（本プログラムに係る利用アンケート調査、本プログラムの経験者（以降、「被支援者」という）の本格的な中性子利用への参入状況調査、及び 今後の中性子利用の希望調査）を実施し、その結果を分析した。

4. 本プログラム実施成果の概要

平成 23 年度は、東日本大震災による中性子施設 JRR-3 の被災により中性子利用実験等が実施できなかった。それ故、本プログラムの実質的な成果は平成 18 年度から平成 22 年度の 5 ヶ年間にわたって実施したものである。

本プログラムにおいて、中性子利用の専門家（コーディネーター）から技術支援を受けた被支援者が、その後、自ら中性子利用の申請を行い、国内外の中性子施設を利用して実施した成果公開型課題数は、JRR-3、J-PARC、国外炉等、KUR 施設においてそれぞれ 57、17、4、3 件であり、合計 81 件であった。また、原子炉 JRR-3 の成果非公開型利用について、被支援者からの課題が 69 件（（独）日本原子力研究開発機構産学連携推進部 調べ）であり、産業利用の総非公開課題数 144 件の半数弱を占めている。このことは、本プログラムを通じて多くの企業が製品開発に有用なツールとして中性子利用技術を認識し始めたことを物語るとともに、本格的な中性子利用へ

の参入を促す契機として非常に有意義であったことが判った。

5 . 本プログラムの実施成果

5.1 本プログラムの実施実績

1) 広報活動の実績

(1) 説明会等の開催

説明会開催の準備として、各県庁及び県工業技術研究所等に出向き、本プログラムの概要説明を実施してきた。14 道県において開催した本プログラムの概要説明及び説明会の回数及び参加人数を表 1 に示す。

表 1 . プログラム概要説明会等の回数および参加人数

年 度	開催回数	参加人数
18	24	473
19	17	196
20	11	124
21	9	125
22	7	130
*23		
計	68	1048

*: 東日本大震災による JRR-3 施設の被災により中性子利用実験等が実施できなかつたため、広報活動も中止となった。

説明会には多数の参加を得ていること、また、説明会参加者から課題申請があったことから、中性子利用の広報活動は十分であったと考える。

説明会終了後、参加者からアンケート調査を行った。平成 22 年度に 4 回実施した説明会でのアンケートの調査結果を以下に示す。

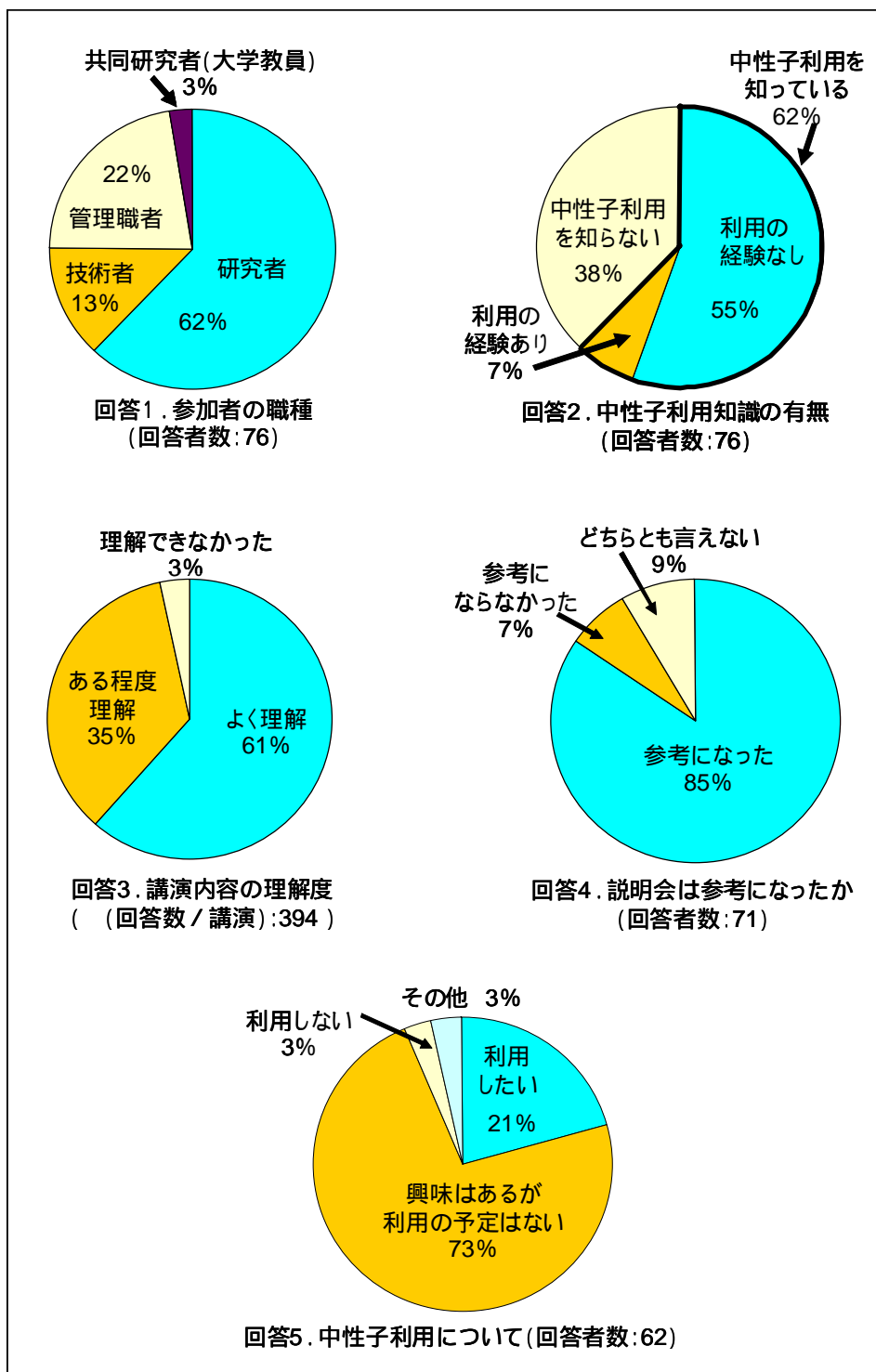


図1. 説明会終了後、参加者からアンケート調査結果

中性子利用に関する知識のある参加者の割合は、中性子利用経験者を含めて62%であり、また、講演内容を良く理解できた、もしくはある程度理解できたと答えた参加者の割合は全体の97%であった。従って、説明会を開催することが、中性子利用に関する知識のある参加者のみならず、中性子利用に馴染みの薄い参加者についても中性子利用手段の理解を促したと考えられ、講演内容や講師の講演話術等も適切であったと評価できる。

(2) 中性子利用事例集の発行及びホームページへの掲載

本プログラムへの参加を促すため、また、中性子産業利用を促進するために、平成 18 年度から平成 20 年度までに本プログラムで実施した中性子利用課題の全てについての実験実施結果を、成果の大小を問わず網羅した冊子「中性子利用技術移転推進プログラムにおける中性子利用の事例集」を発行した。なお、この冊子を編集する際に、利用者への利便性等を考慮し、成果発表書式を統一してこれまでの実施結果を整え、利用装置毎ではなく産業利用分野別に編集した。この冊子を説明会や研究会等の出席者に配布し、中性子産業利用の広報に役立てた。平成 18 年度から平成 22 年度までに実施した中性子利用事例を参考資料 2 に示す。

中性子産業利用希望者の多くが放射線利用振興協会 (RADA) のホームページ (HP) にアクセスしていることから、中性子利用の広報活動の一環として、利用事例集と同じ内容のコンテンツを HP に載せた。

2) 実施課題数等の実績

本プログラムで実施した課題数及び利用日数等の年度推移を表 2 に示す。

表 2. 実施課題数等の年度推移

実施年度	実施課題数 (件)	装置利用日数 (日)	企業欄		本事業が使用した JAEA 施設供用枠
			(数)	実験参加者 (人)	
18	52	207	33	37	優先
19	69	218	56	84	
20	52	178	49	77	
21	18	48	16	28	公開
22	29	74	25	55	
*23					
計	220	725	179	281	

*: 東日本大震災による JRR-3 施設の被災により中性子利用実験等が実施出来なかった。

平成 18 年度から 20 年度は JAEA の施設共用「優先」枠 (有償利用)、平成 21 年度から 22 年度は施設共用成果「公開」枠 (無償利用) で実施した。この表から、「公開」枠で実施した課題件数が「優先」枠のそれに比べて半減していることが判る。これは、利用制度の変更に起因して中性子利用日数の確保が困難になってきたためである。

図 2 は新規利用課題の年度推移を示す。図中の赤、青、黄色部分はそれぞれ初回、2 回、

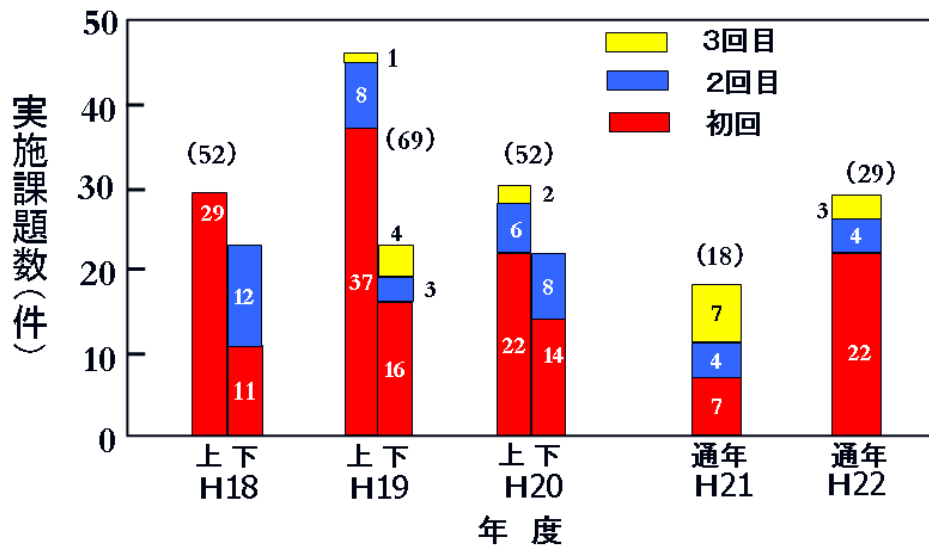


図2. 新規課題数の年度推移

赤色で示す新規課題数が何れの年度でも多いことが見て取れ、初心者の利用が多い。本プログラムが初心者導入を担っていることが明らかになった。

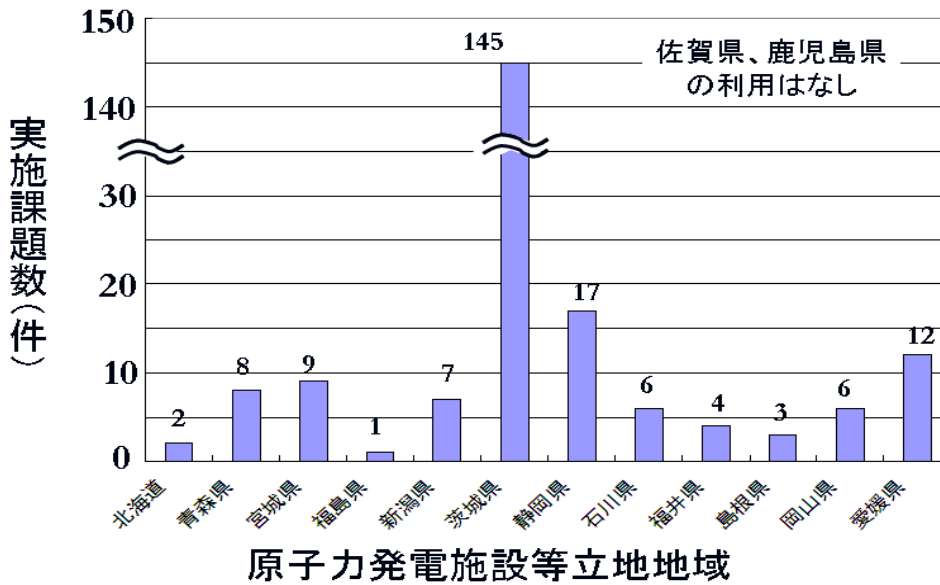


図3. 地域別の実施課題数

この図から、茨城県からの利用課題数が他の立地地域からのそれに比較し、著しく多いことが判る。これは、茨城県には複数の研究会で構成する茨城県中性子利用促進研究会が設置されており、この研究会からの利用が多いためである。本プログラムは、これら研究会及び企業を会員とする中性子産業利用推進協議会と中性子産業利用に関する情報交換等の協力をしながら実施された。

3 回利用の課題を示す。この図から、赤色で示す新規利用課題が何れの年度でも多いことが明らかになり、本プログラムが目指す初心者利用を十分に達していることが分かる。また、地域別の利用課題数を図 3 に示す。本プログラムは、原子力発電施設立地地域の研究者・技術者を対象として実施しているが、この図から、茨城県からの利用が著しく多いことが分かる。これは、茨城県が中性子産業利用を促進したいとの意向の現れであると考えられる。

3) 装置別利用課題数及び利用日数等の実績

本プログラムで利用した装置の利用課題数及び利用日数を表 3 に示すとともに、その割合をそれぞれ図 4、図 5 に示す。表 3 において、本プログラムで多く利用されている装置を赤字で示した。工業材料内部の残留応力分布を得る RESA 装置の利用日数が多かった。これは、残留応力分布が工業製品の安全性に密接に関わることから、また、工業材料深部における残留応力は高透過性に長けた中性子を用いてのみ可能であるので、利用の需要が多かったものと考えられる。Li などの軽元素を検出する能力の高い中性子を利用した Li イオンバッテリー材料の結晶構造決定に HRPD 装置が多く利用され、高分子材料の構造評価のために SANS-J-II 装置の利用も多かった。更に、SUIREN 装置は、情報記録用多重薄膜媒体における膜厚の同定に用いられた。TNRF 装置では、軽水素が中性子透過を妨げることを利用して、コンクリートのひび割れに沿った水分拡散状況の可視化などが実施されており、非破壊による建築材料や工業部品等の検査に利用されている。PGA は材料中の微量元素を非破壊で分析できるので、植物の元素分析からその植物の産地を同定する試験研究にも用いられた。たんぱ

表 3. 装置別利用課題数及び日数
赤字で示した装置は本プログラムで多く利用されている。

装置名	課題数	利用日数	産業利用
BIX	12	129	生体物質の結晶構造(たんぱく質など)
RESA	38	126	製品・工業材料内部の残留応力分布
PGA	41	97	非破壊元素分析
SUIREN	27	90	反射率計、多重薄膜の構造
HRPD	29	75	Li イオンバッテリー材料等の結晶構造 磁気材料の磁気構造
TNRF	39	67	製品・材料の内部を透かし観る
SANS-J -	29	53	ゴムなどの高分子の構造
MUSASI	9	32	汎用中性子散乱装置
TAS	9	29	磁気構造の研究
PNO	4	25	ゴムなどの高分子の構造
NOP	1	2	中性子デバイス開発
計	238	725	

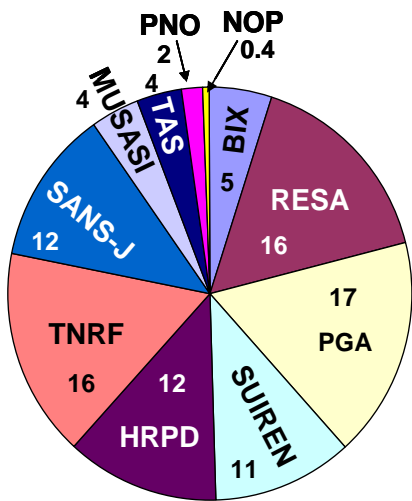


図 4. 装置毎の課題数割合

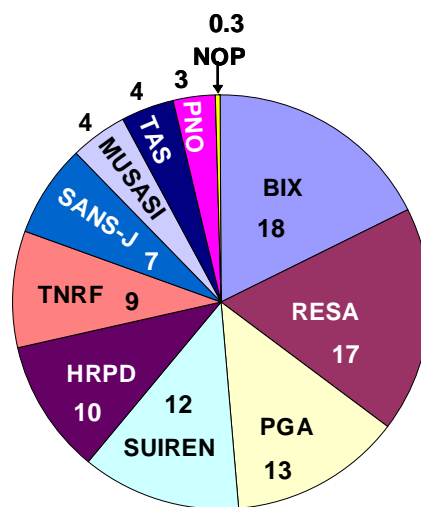


図 5. 装置毎の利用日数割合

本プログラムで多く使われる装置は RESA, PGA, SUIREN, HRPD, TNRF, SANS-J-II であるが、各装置の割合に大きな偏りがないことから、中性子利用が産業利用分野の課題を広く平均的に網羅していることが分かる。

く質などの結晶構造を明らかにするための BIX 装置においては、利用課題数が少ないにもかかわらず利用日数は多いことから、一課題あたり多くのマシンタイムが必要であることが明らかになった。これらはエネルギー、情報、工業製品の健全性、創薬に係る実験課題であり、国民生活の質の向上および安全性の向上に資するものである。

4) 課題実施状況の検討会開催

平成 18 年度から平成 19 年度までの本プログラム初期において、JRR-3 運転の各サイクル終了後に、課題の進捗状況を検討するため、実験装置担当者、実施課題担当コーディネーター、シニアコーディネーター、事務局が自主的に会合を持ち、実験の進み具合や解析結果、技術支援、新規の利用者の拡大などについて意見交換、検討を行った。本業務の立ち上げ時期に、この会合での議論は、本プログラムの将来像を定めるに非常に役立った。平成 20 年度に、これまでの課題実施も軌道に乗ってきたことから、このような会合は終了した。

5.2 アンケート調査による本業務の成果の分析

平成 18 年度から平成 22 年度の 5 ヶ年間、本プログラム制度の下で中性子を利用して実験を行なった利用者を対象に、以下の 3 種類のアンケート調査を実施し、その結果を分析した。

本プログラム利用アンケート調査

本プログラム被支援者の本格的な中性子利用への参入状況調査

今後の中性子利用希望調査

これまでの延べ実施課題数は 220 課題であるが、1 グループで複数回の利用があること、また、退職等でアンケートの送付が出来ない等の理由から、実際のアンケート送付数は 137 グループとなった。回答課題数、回答グループ数はそれぞれ 146 課題、81 グループであり、回答率はそれぞれ 66.4%、59.1%であった。

1) 本プログラム利用者による本業務の評価結果

アンケート調査において、1 グループで複数回の利用があることを考慮し、先ず、本プログラム全般の事項についての質問を行った。続いて、初回の利用に係る一連の質問を行なった。複数回の場合は 2 回目以降についても同様の質問を行い、最後に、本プログラムの成果発表を尋ねることとした。

なお、資料 1 には、例として、本プログラムを 2 回利用したグループ用のアンケート内容を示す。

分析結果は、以下の通り。一般に“中性子利用は敷居が高い”と言われている。これは、X線装置のように企業の研究室に普通に設置されているものではなく、中性子利用施設及び利用装置が特定の場所にしか存在していないので、単に中性子利用に馴染みが薄いことが原因であると考えられる。そこで、中性子利用に馴染みの薄い研究者及び技術者を対象とする本プログラムでは入り口の部分、即ち、事務局及び技術支援を行なうコーディネーターの利用者対応に配慮した。例えば、問い合わせや相談については、迅速性と丁寧さを重要視した。

図 6 には、事務局及びコーディネーターの対応についての利用者アンケート調査結果を示す。

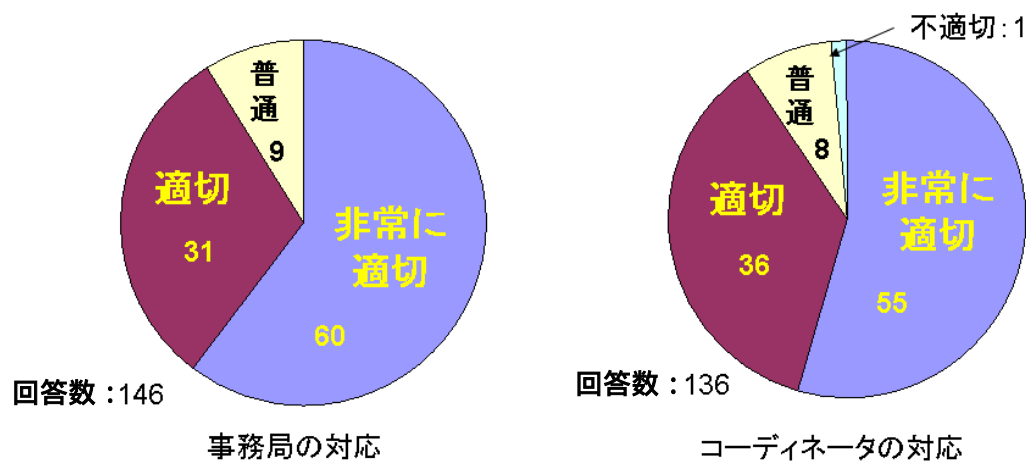


図 6. 事務局及びコーディネーターの対応

利用者の約 90%の方々が適切であると回答しており、中性子利用に係る敷居を下げる一因となったと考えられる。

本プログラムの要は、利用申請書の作成から実験の評価までの過程において、中性子利用に係る非常に充実した技術支援・指導にある。図 7 に技術支援に係る利用者の満足度を示す。

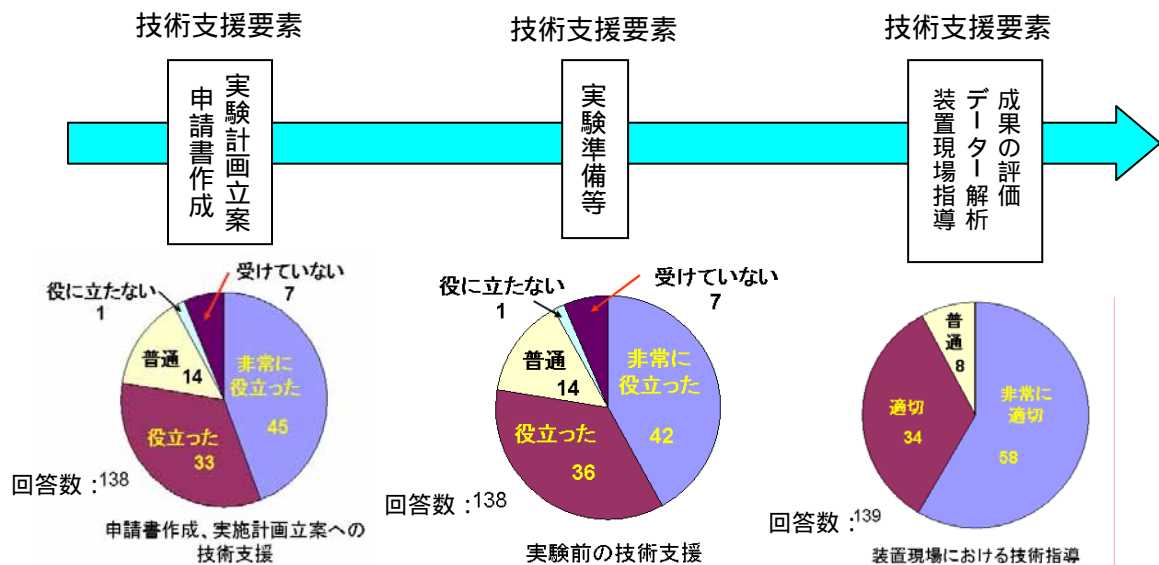


図 7. 申請書作成、実験前準備、実験・解析の技術指導対応

技術支援が有効であり役立った、或いは適切な指導であったと回答しており、利用者が技術支援に満足していることが明らかになった。

本プログラムでの支援の下で実験を実施し、満足な成果を得られたのかのアンケート調査結果を図 8 に示す。この図から、96%が何らかの成果を得たと回答していることが分かる。期待したものではないが成果を得られたという被支援者には、引き続き、期待した成果と得られた成果を訊ねた。回答例として、

S A N S

【期待】毛髪ダメージによる毛髪内サブ

ミクロンスケールの構造変化

【成果】高 Q 領域の散乱プロファイルから数ナノスケールの構造変化を観測

S A N S

【期待】酸化膜中の水素の情報

【成果】金属中の水素化物や金属間化合物の構造を得た

T N R F

【期待】酒造好適米と飯米との間で、吸

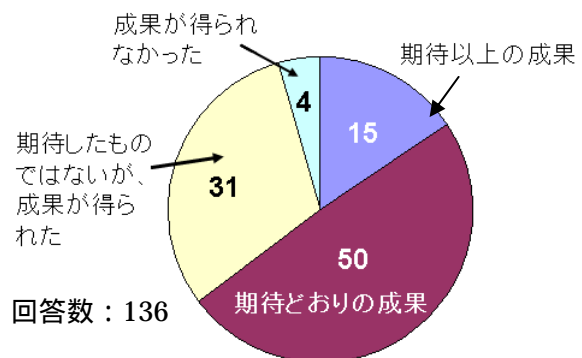


図 8. 得られた成果について

期待した以上の成果及び成果を得たとの回答は 65%を占めていることから、利用者の多くは実験結果に満足している。利用者の 31%が期待したものではないが成果を得たとの回答であった。

水時の水分動態に明瞭な違い

【成果】品種によって差が認められるものの、明確に説明するには 30 粒程度の平均を算出する必要がある

T N R F

【期待】リアルタイム測定での綺麗な画像

【成果】リアルタイム測定は出来たが、画像が汚く解像度が低い等があった。

これら期待した成果と得られた成果との差が、利用者が中性子利用に不慣れなための漠然とした結果の期待によるもの、また、サブミクロン領域での構造変化を狙ったが、得られた変化はナノスケールのものであったこと、米粒毎の水分浸透動態のばらつき度合い、装置分解能に起因するものであることが判った。何れの実施課題においても、中性子実験を行ったことにより、初めて明らかに出来た成果と受け取れるものである。また、期待した成果が得られなかった部類には、当初の成果が得られたものの確信が持てず論文発表に至らなかった事例も含まれていた。

事務局等の対応に起因せず成果が得られなかった事象として、利用者が持ち込んだ測定装置に不具合が発生、準弾性測定においてマシンタイムが十分ではなく温度依存性実験が出来なかった、試料内に高分子含有量が少なく高分子の構造が決定できなかった、などがあった。

これらのアンケート結果から、事務局とコーディネーターの対応及び技術支援、得られた実験結果等について、約 7-8 割の利用者が満足していることが分かった。技術支援など高度な知的支援の評価手法として「顧客満足度」を使用するとすれば、本事業の要である技術支援に対する満足度が高く、技術支援は適切に実施されていると考えられる。

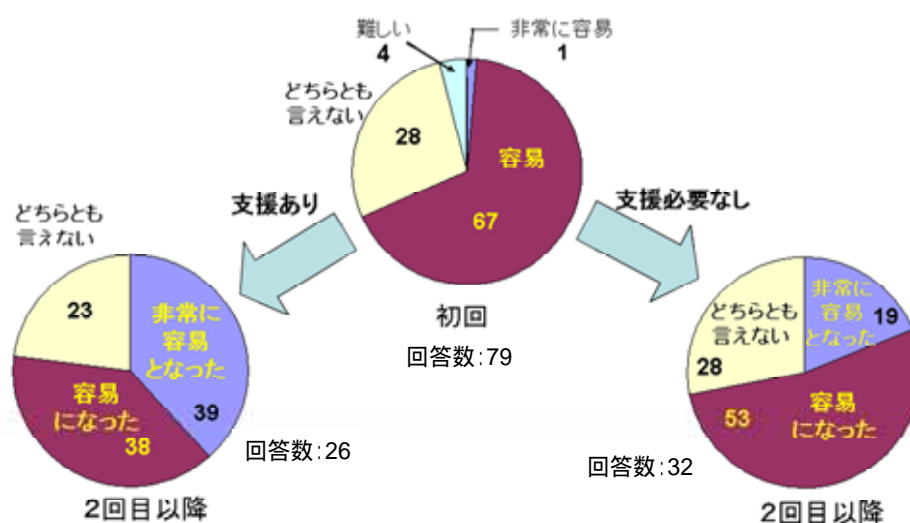


図 9. 申請書作成の技術支援の効果

本プログラムでは、中性子利用に馴染みの薄い利用者に申請書作成の技術支援を行った。図9は、その効果のアンケート結果である。左下の図は技術支援を受けた利用者、右下の図は技術支援の必要がなかった利用者について、2回目以降の申請書作成の容易さを示したものである。支援の有無に関わらず、2回目以降の申請書作成で「非常に容易になった」と回答した割合が増えている。ある程度は、経験を積んだ事による学習効果と考えられるが、支援を行ったケースの方が、その増加が大きいことから、技術支援が、その役割を果たしていることが分かる。

その他、利用者の職種、課題申請から実験実施までの期間の長短、本プログラムを知った経緯などについてもアンケート調査も行った。これらの調査結果が今後同様な事業を実施するにあたり、参考となると考えられるので、以下に示す。

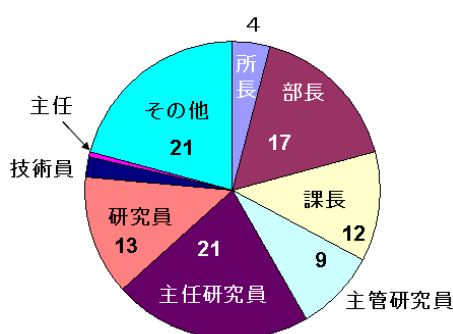


図10. 利用者の職位

利用者の半数弱は研究者であること、職位の高い利用者があったことが判る。

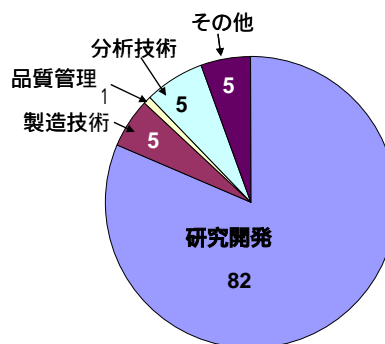


図11. 利用者の所属部門

利用者の8割の方が研究部門に属していたことがわかる。

本プログラムを実質的に利用された方々の職種及び部門についてアンケート調査した結果を図10、図11に示す。図10より、本プログラム参加者の多くは研究者であるが、部長、課長などの職位の高い利用者が存在しており、組織として中性子利用に対する関心が高いことが分かる。また図11より、主に研究開発部門が中性子利用に興味を持っていることが分かる。従って、中性子利用に係る技術支援をすることでその有用性が認識されれば、将来、研究開発で積極的に中性子が利用される可能性が高いことが分かる。

本プログラムを知った時期や経緯について調べた結果を図12に示す。この図から、多くの利用者は職場外の知人から本プログラムの存在を知ったことが分かる。同種の研究会等で本プログラムの存在を聞いたものと推測する。また、本プログラムでの説明会開催、放射線利用振興協会(RADA)のHPも役立っていたことが分かった。さらに右図から、本プログラムを知ってから半

年後に本プログラムに課題申請した利用者が最も多かったことが明らかになった。課題公募の周期が半年毎であることを考慮すると、利用者の大半が属している企業では、中性子が研究開発に活用できると考えたら直ちに実行していたことが伺える。

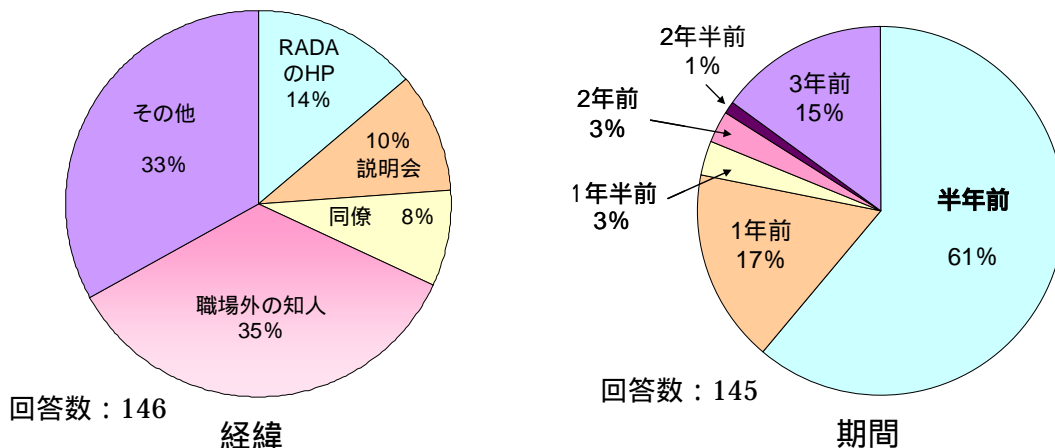


図 12. 本プログラムを知った経緯及び知ってから課題申請までの期間

中性子を利用しようとした理由の調査果を図 13 に、また、公募から実施までの期間について尋ねた結果を図 14 に示す。図 13 から、中性子利用が「製品・材料開発」に役立つのではないかと考えた、あるいは「製品・材料開発」に悩んでいたところ上司から勧められたと回答した割合は 6 割近くに達する。おそらく、利用者自身、あるいは、上司が説明会や各種研究会等で中性子利用の存在を知ったことと推測する。このことから、説明会の開催は広報手段として非常に有効であったと考える。

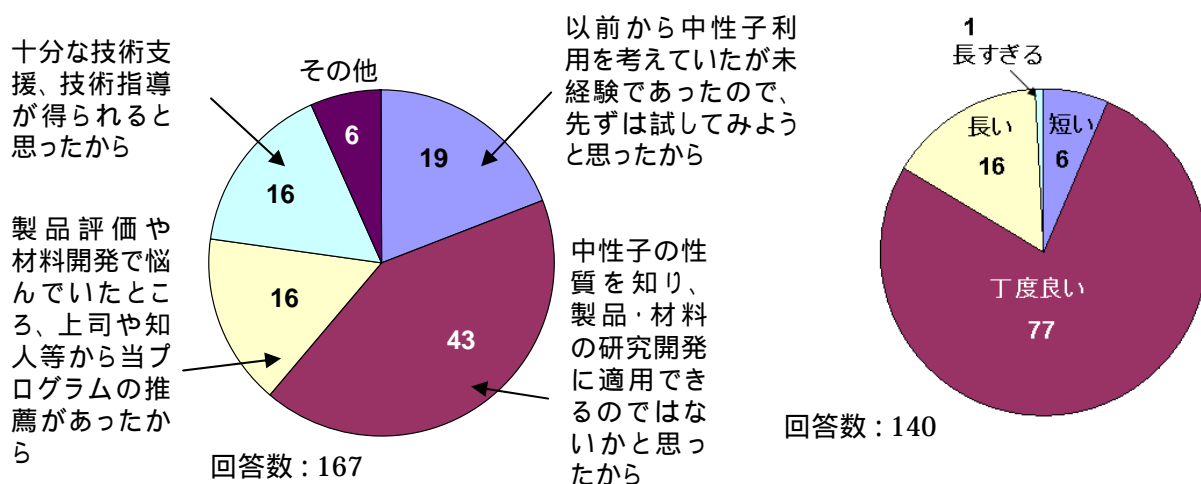


図 13. 参加理由

図 14. 公募から実施までの期間

“中性子の性質を知り、材料・製品開発に役立つ”と回答が多かった。

本プログラムでは、2 回の公募を行っているのですが、公募から実施まで早くも 2-3 ヶ月、遅くても 6 ヶ月であり、多くの利用者はこれで丁度良いと回答している。

2) 本プログラムの被支援者の本格的な中性子利用への参入状況

このアンケートは、成果公開利用に限定し、本プログラム被支援者による国内外の中性子利用施設を用いた本格的な中性子利用への参入状況を調査することを目的とした。アンケート内容を資料2に示し、以下に分析結果を示す。

本アンケートでは、まず、本プログラム経験後、中性子利用実験実施の有無を尋ねた。結果を図15に示す。回答数は74グループであり、その内の22グループが本格的な中性子利用へ参入したことが分かった。利用施設はJRR-3が57件と最も多く、J-PARCの利用が17件と続いている。また、ISIS、SNS、PSI、NISTの国外中性子利用施設の利用が4件、その他(KUR)の利用もある。22グループが5カ年で81件の中性子利用実験を行なっていることが判った。本プログラムの狙いが、本プログラムで中性子利用の優位性を体験された後、各自のインセンティブを働かせ本格的な中性子利用への参入を促すことにあることから、81件もの本格的な中性子利用への参入があったことは本プログラムの目的に合致する大きな成果である。

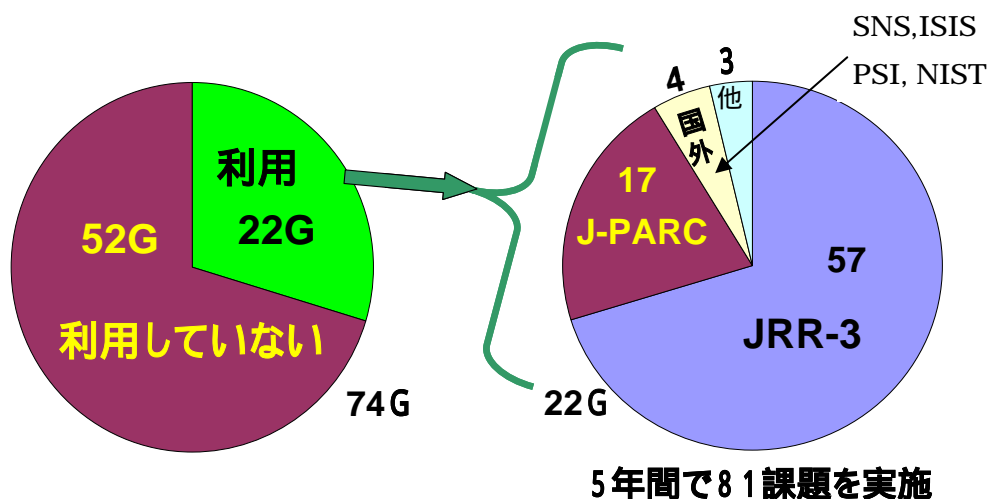


図15. 本プログラム利用者が本格的な中性子利用へと進んだグループ数(左図)及び利用施設の内訳(右図)

以後、中性子を利用した22グループ(うち民間企業17グループ)を対象にアンケート調査を続行した。図16では中性子利用が役立ったとの回答が8割を占めている。また、図17からは他の部署においても中性子利用の開始、或いは中性子利用の予算が計上されたとの回答が12グループであり、8割に達していることが明らかになった、これらのことから、民間企業では、

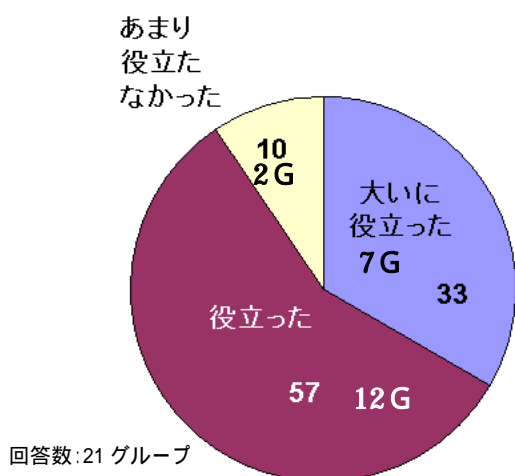


図 16. 本格的な中性子利用へと進んだグループにおける中性子利用の評価

“大いに役に立った”或いは“役に立った”との回答が9割を占めている。

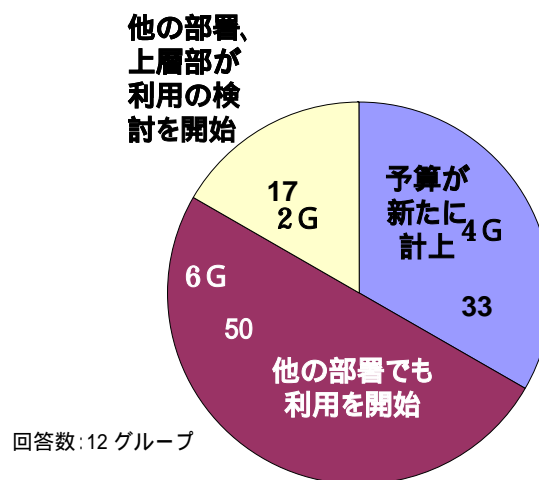


図 17. 本格的な中性子利用へと進んだグループにおける中性子利用成果の波及効果

利用企業の半数は他の部署でも中性子利用を開始し、また、予算が計上されたとの回答が8割を占めた。

本プログラムで中性子利用の手法を習得し、その後、本格的な中性子利用へと進み、材料・製品開発や研究を展開していることが伺える。この観点において、本プログラム実施の意義は大きい。

図 18 には本プログラムの利用者及び過去に利用した経験のある被支援者が平成 18 年度から平成 22 年度の 5 年間に JRR-3 を利用して実施した産業利用課題数を棒グラフで示す。縦軸の零目盛り以下の部分は成果非公開課題を、零目盛りより上は成果公開課題を示す。また棒の中に記した数字は課題数を、棒の一番上の括弧内の数字は成果公開課題数と非公開の課題数の合計を示す。比較のため、5 年間に JRR-3 で実施した全中性子産業利用課題を図の右に示す。本プログラム被支援者が実施した成果非公開課題数は 69 件であり、JRR-3 全体 (144 件) のおよそ半数を占めていることが分かる。なお、成果非公開利用については、アンケート調査には馴染まないため、本プログラム参加者の情報を (独) 日本原子力研究開発機構産学連携推進部に伝達して集計を依頼したものである。更に、成果公開利用について、本プログラム利用者および被支援者が実施した課題数はそれぞれ 220 件、57 件、総課題数は 277 件となり、JRR-3 の全産業利用課題数 (318 件) の 9 割弱を占めている。

更に、本プログラムで得られた成果の発表について調査した。利用者は研究会及び学会での口頭発表 (22 件)、論文投稿等 (22 件) により本プログラムの実施結果を発表している。また、

外部発表の際に、殆どの企業が実験結果内容の社内報告を義務付けしていること、および社内での成果発表もあることから、これらの報告が他の部署での中性子利用に繋がった可能性が大きいと推察する。

以上のことから、本プログラムは中性子産業利用促進に大きな役割を果たしていることが分かった。

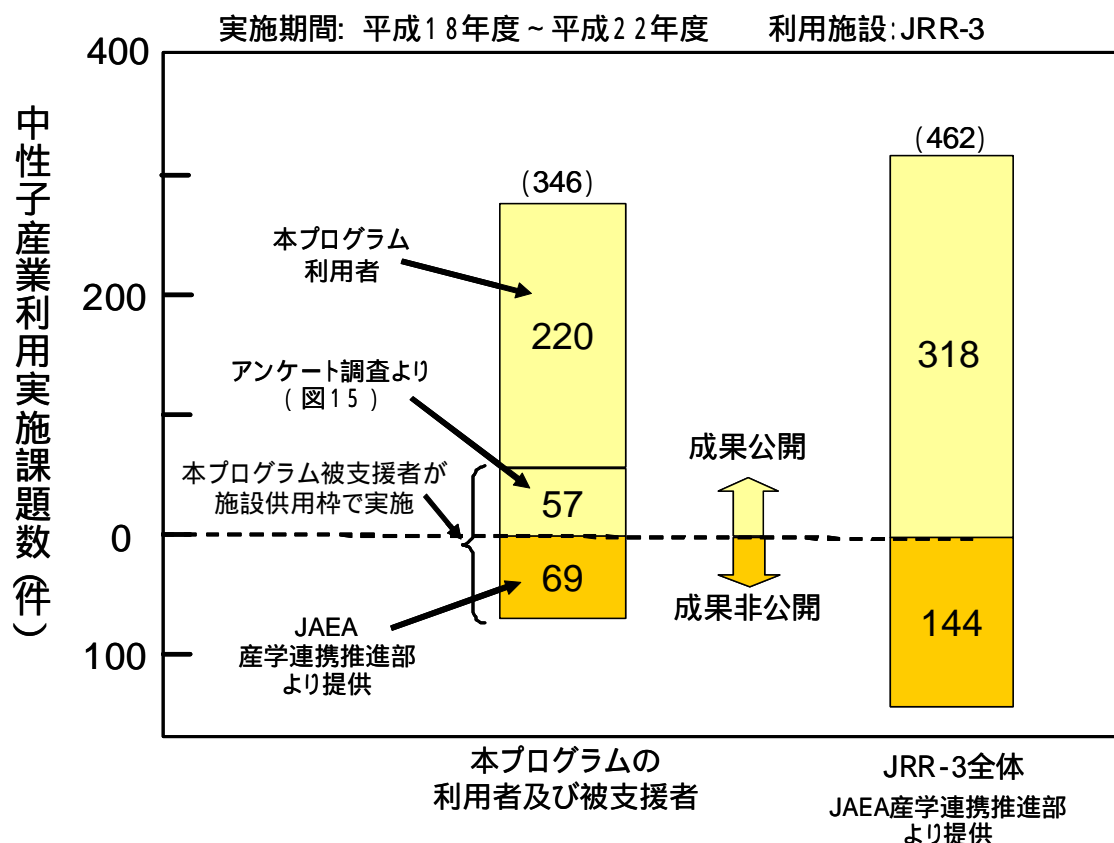


図18. 本プログラム利用者及び被支援者が実施した課題数 (JRR-3)

縦軸の零より下部及び上部はそれぞれ成果非公開型及び成果公開型の実施件数を表す。棒グラフの上部に記した括弧内の数字は合計課題数を表す。

JRR-3 全体での産業利用の成果公開課題は 318 件であるが、本プログラムの成果公開課題数 277 (57+220) が含まれているので、本プログラムと無関係の成果公開課題件数は 41 件となる。本プログラム利用者による課題数(200 件)を除くと、本プログラムの被支援者が実施した課題数(公開 57 件、非公開 69 件)は、成果公開及び成果非公開課題のいずれについても、JRR-3 の産業利用実施課題数(公開 98 件、非公開 144 件)の約半数を占めており、本プログラムの実施が中性子産業利用者の拡大に大きく寄与していることが分かる。

3) 今後の中性子利用希望状況

本アンケートは、本プログラム利用者に対し、今後の中性子利用希望の有無を調べるものである。アンケート内容を資料3に示した。

表 4 には、今後の中性子利用希望の有無並びに利用希望施設を調べた結果を示した。41 グループが利用予定ありと回答している。また、この 41 グループが 66 件の課題を実施する予定であり、その利用施設は JRR-3 と J-PARC が主となっている。

表 4. 今後の中性子利用希望の有無

中性子利用希望の有無	グループ数	利用施設	利用希望課題数
利用の予定はない	36		
利用の予定がある	41	JRR-3	33
		J-PARC	25
		国外	4
		その他	4
合計			66

本プログラム経験者に、本格的な中性子産業利用へと参入、あるいは今後参入する場合の、課題公募等の中性子利用に関する情報の配信手段の希望を尋ねた。結果を図 19 に示す。この図から、60%の被支援者は電子メールによる配信を、また、20%は RADA の HP への掲載を希望していることが分かる。

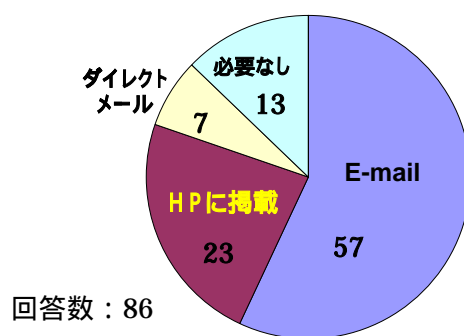


図 19. どの手段で課題公募等の利用情報を得たいか

殆どの利用者はインターネット経由で情報の提供を希望している。特に、E-mail での希望割合が大である。

平成 23 年度で本プログラムが終了することから、利用者各自の了解を得た上で、事務局が管理している本プログラム利用者のメールアドレスを JRR-3 及び J-PARC のユーザズ・オフィスへ引継ぎ、担当者から本プログラム経験者へ課題公募開始などの利用情報を配信するよう依頼することで、利用者の便宜を図ることができると考えられる。

今後も中性子ビームを利用したいという利用者は多く、中性子産業利用が益々盛んになっていく兆しが伺える。

5.3 聞き取り調査

本プログラム利用後、本格的な中性子産業利用に参入して成果を挙げた企業の中から、製品開発など具体的な成果を挙げた企業に対し、中性子利用について聞き取り調査を実施した。

1) JFE スチール研究所

JFE スチール研究所では、本プログラムの下で、産業界発プロジェクトの一環として、中性子ビームを利用した溶接材料の健全性を評価する課題を実施した。本研究内容は、溶接作業中に水素が溶接材中に浸入し、更に浸入水素が集合して低温応力割れを引き起こす限界を溶接材料中の応力状態と水素の影響から明らかにするものである。非破壊で材料中の応力状態を知るには高透過性に優れた中性子の利用が不可欠である。中性子利用実験の結果、低温応力割れの限界を明らかにすることが出来たとのことである。この成果は、国民生活の安全に寄与するものであり、重要である。

更に、本プログラム経験後、米国オークリッジ国立研究所の SNS での実験を行い、更なる成果を挙げている。SNS は J-PARC と同種のパルス中性子源であり、本プログラムで利用していた定常中性子源と異なる。また、使用した測定装置 VALCAN も本プログラムで使用した RESA とは異なる。しかし、本プログラムで測定の原理原則を習得できたので、測定装置及びデータ収集システムが違って何の違和感もなく、一寸した手ほどきで、十分実験が出来たとのことであった。以上のことから、中性子の産業利用を末永く発展させるためには、目先の成果のみを求めるのではなく、じっくりと基礎を身につけることも有効だと考えられる。なお、JFE スチール研究所の課題は本プログラムで 3 回実施されている。また、本プログラムで得た成果に対して、日本金属学会優秀ポスター賞を受賞したとのことであった。

2) 三浦工業株式会社

愛媛県に本社がある三浦工業はボイラーで有名な企業である。東京の大企業からボイラーの発注があった折、溶接部の残留応力に関する問い合わせがあり、非破壊で内部の残留ひずみ分布を知る方法がないかと探していたところ、RADA の HP を見付けたとの事である。本プログラムで三浦工業の課題が 1 番目の実施課題である。

実験の結果、溶接内部の残留応力値が材料の降伏応力より少ないことが判り、先方にデータを示し了解を得たとのことである。

さらに、本プログラムで得られた知見を活かし、他のボイラー部品の残留応力分布測定も手がけ、結果として、ある部品の熱処理過程を省くことが可能であることを見出し、生産ラインの作業過程の省力化が出来たとのことであった。この省力化により、製品の納期の短縮及び経費節減（年間に 1 千万円程度）が出来たとのことであった。これは、本プログラムの結果が企業の生産ラインに生かされた例である。

3) (独)宇宙航空研究開発機構

衛星の寿命は、衛星の位置制御をつかさどるロケットエンジン燃焼器の不具合及びその燃料の枯渇によって決まり、また、その燃料は想定する寿命分を充填するが、ロケットエンジン燃焼器への燃料をコントロールするバルブの性能が重要であるとのことであった。このバルブは小さいが非常に高価であり、その分解・組み立てに要する費用も大きい。このバルブの内部検査には高透過性の中性子ラジオグラフィ装置の利用が非常に有効であるが、JRR-3 に設置されている熱中性子ラジオグラフィ装置(TNRF)の分解能及びコントラストが不十分であり、今後の J-PARC における同種の装置に期待し、また、コントラストが鮮明になるように冷中性子を用いた観察に期待するとのことであった。

以上の聞き取り調査から、企業の生産ラインの省力化、これに伴う費用低減、納期の短期化など、目に見えるかたちで中性子利用が役立っていることを実感した。また、中性子ビームを利用した溶接継ぎ手の健全性評価研究も成果を挙げており、国民生活の安全に寄与していることも判った。更に、中性子ラジオグラフィの可視化実験結果から、企業が要求している分解能等が明らかになり、今後の装置の高度化に対する指針を得た。

6. 「中性子利用技術移転推進プログラム」業務の実施結果に対する総合評価

上述したように、平成 18 年度から平成 22 年度までに中性子利用技術移転推進プログラムで実験を行った利用者による本業務の有用性に係るアンケート調査、その後の本格的な中性子利用への参入状況のアンケート調査、成果を挙げていると思われる利用者への聞き取り調査、及び、本プログラム経験者の JAEA 施設共用成果非公開枠における本格的な中性子利用への参入状況調査などのデータを分析した結果を外部有識者で構成する課題選定・業務評価委員会に提示し、平成 24 年 2 月 8 日(水)、同 3 月 14 日(水)に開催した委員会において、6 年間にわたる「中性子利用技術移転推進プログラム」業務の実施結果に対する総合評価を実施した。評価結果を資料 4 に示す。

7. 総括

本プログラムの目標は、利用者が本プログラムで中性子利用の有用性を体感した後、中性子利用への参入に対する各自のインセンティブを働かせ、本格的な中性子産業利用への参入を促すことにある。前出の図 18 に観られるように、本格的な中性子産業利用へと進んだ課題が多いことから、本プログラムは目標を十分に達成したと考えられる。

これは、

利用者の本位の運営、

適切な中性子利用相談、

コーディネーターおよび JRR-3 中性子施設の実験装置担当者からの協力・支援、

本プログラム運営のフォローアップ、実施手法の認識を関係者間で共有、

を着実に実施してきた結果であり、また、関係者が一丸となって取り組んだ賜物である。ここに関係各位に敬意を表する。

6年間にわたる本プログラムの実施の成果に対する総合評価において、“本事業の終了後、産業利用の促進が失速することも懸念され、定常的支援体制の整備等、今後も利用促進活動が継続的な施策として配慮されることが望ましい”とのコメントがあったが、本プログラムと同様な初心者導入プログラムを、MLF(J-PARC)では「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」に基づく登録施設利用促進機関が開始し、JRR-3では「先端研究施設共用促進事業」に基づいて実施される予定であることから、今後、中性子産業利用の更なる進展が期待される。

最後に、本プログラムの運営経験に基づき、中性子利用の初心者を対象とする事業において留意すべき事項を、制度および実務遂行の観点に立って述べる。

1. 制度の運営上の注意点

- 1) 中性子産業利用には、物質材料の高度化、製品材料の応力分布、製品材料の可視化などの課題で材料に関するものが多いことから、窓口である事務局には材料分野の知見を有する中性子利用専門家を配置すること。
- 2) 初心者用中性子利用プログラムでは、基本的に申請課題全てを採択のこと。申請代表者のみならず協力研究者にも注視して、中性子産業利用初心者からの申請であるかを見極めること。
- 3) 課題申請については、仮申請、本申請の2段階とすること。
仮申請の段階で、中性子実験に適さない課題を他施設へ紹介、科学的根拠の乏しい課題の取り下げ、中性子実験で何を明らかにしたいのかが不明な課題への対処、出来るようにしておくこと。
- 4) 実施課題の成果（成果が得られない場合を含む）を、他の初心者が見ても分かり易く統一した書式でまとめること（本プログラムでは、事務局がポスター発表形式に統一してまとめた）。

2. 現場における実務遂行上の注意点

- 1) 込み入った利用相談は電話で行うこと。
- 2) 前3)項の 科学的根拠の乏しい課題については、課題申請者と話し、申請者に中性子ビーム実験が出来ない理由を納得してもらうこと、また、中性子実験で何を明らかにしたいのかが不明な課題についても、申請者と話し、実験で得たい事柄についての真意を聞き出すことが重要である。
- 3) 課題を担当するコーディネーターを適切に選任すること。
- 4) 実験終了直後、事務局の中性子利用専門家は実験者から実験結果の概要を聞き取ること。また、成果が得られていない場合は、再度のトライを勧めること。

5) 制度設計に沿った運営が出来ているか否か、問題点がないか等、運営のフォローアップを行うこと。

本プログラムの初期段階で、シニアコーディネーター、担当コーディネーター、装置担当者、事務局、の各関係者が集まって検討会を開催して運営上の問題点を検討した。

以上

資 料

- 資料1：「中性子利用技術移転推進プログラム」利用者アンケート調査票
 - 資料2： 成果公開型中性子利用へと進まれた利用者へのアンケート調査票
 - 資料3： 今後の中性子施設利用予定についてのアンケート調査票
 - 資料4： 6年間にわたる「中性子利用技術移転推進プログラム」の実施
結果に対する総合評価
- 参考資料2 中性子利用事例

「中性子利用技術移転推進プログラム」利用者アンケート調査票 (2回の課題実施者用)

中性子利用技術移転推進プログラム(トライアルユース)制度を利用された方を対象としたアンケート調査です。ご協力下さいますようお願いいたします。該当する を に、又は“レ”を記入して下さい。なお、以下の「RADA」とは(財)放射線利用振興協会のことを指します。また、本アンケートでご不明な点がありましたら、当協会の担当者(石井 029-282-6505、ishii-yoshinobu@rada.or.jp)までご連絡下さい。

なお、当協会をご記入頂いた情報をアンケートの集計以外には使用いたしません。また、本アンケート票の返信は、メール(neutron@rada.or.jp)又はFax(029-283-1182)にて、平成23年9月26日(月)までに送付をお願いいたします。

【トライアルユース全般の事項に係るアンケート】

1) 事務局の対応は如何でしたか

非常に適切 適切 普通 不適切

2) 貴方の職位をお教え下さい

所長 部長 課長 主幹研究員 主任研究員 研究員 主幹技術員
主任技術員 技術員 主任 事務員 その他

3) 貴方の部門は次のどれに該当しますか

研究開発 製造技術 品質管理 分析技術 その他(下欄にお書き下さい)

【具体的な部門をご記入下さい】

4) 「中性子利用技術移転推進プログラム」をどこでお知りになりましたか

RADAのHP RADAの説明会 職場の同僚 職場外の知人
その他(下欄にお書き下さい)

【具体的にご記入下さい】

5) 当プログラムをお知りになったのはいつ頃でしょうか(初回の課題申請時点から起算して)

半年前 1年前 1年半前 2年前 2年半前 3年前

6) 当プログラムにご参加された理由を以下よりお選び下さい

以前から中性子利用を考えていたが未経験であったので、まずは試してみようと思ったから
中性子の性質を知り、製品・材料の研究開発に適用できるのではないかと思ったから
製品評価や材料開発で悩んでいたところ、上司や知人等から当プログラムの推薦があったから
十分な技術支援、技術指導が得られると思ったから
その他(下欄にお書き下さい)

【具体的にご記入下さい】

7) 公募から実施までの期間についてどう感じられましたか

短い 丁度良い 長い 長すぎる

【 初回のトライアルコースについて 】

(1 - 1) 申請書への記載は容易でしたか

非常に容易 容易 どちらとも言えない 難しい 非常に難しい

(1 - 2) 申請書や実施計画の作成におけるコーディネーター、事務局の技術支援についての印象又は感想をお聞かせ下さい

非常に役立った 役立った 普通 あまり役立たなかった 受けていない

【その理由をご記入ください】

(1 - 3) 実験実施前の技術支援（試料調製、実験の段取りなどの実施準備）は如何でしたか

非常に役立った 役立った 普通 あまり役立たなかった 受けていない

【その事項を具体的かつ簡潔にご記入下さい】

(1 - 4) 中性子ビーム利用実験実施時の現場における技術指導は如何でしたか

非常に適切 適切 普通 不適切

【その事項を具体的かつ簡潔にご記入下さい】

(1 - 5) 期待した成果が得られましたか

期待以上の成果が得られた 期待どおりの成果が得られた
期待したものではないが、成果が得られた 成果が得られなかった

以下の事項について簡潔にご記入下さい

【期待した成果】

【得られた成果】

(1 - 6) コーディネーターの対応は如何でしたか

非常に適切 適切 普通 不適切

【 2回目のトライアルユースについて 】

(2 - 1) 申請書への記載は容易でしたか

前回の申請書提出時に指導を受けたので、今回の記載は、

非常に容易となった 容易になった どちらとも言えない 未だ難しい

前回の申請書について特別なコメントがなかったが、今回の記載は、

非常に容易となった 容易になった どちらとも言えない 未だ難しい

(2 - 2) 申請書や実施計画の作成におけるコーディネーター、事務局の技術支援についての印象又は感想をお聞かせ下さい

非常に役立った 役立った 普通 あまり役立たなかった 受けていない

【その理由をご記入ください】

(2 - 3) 実験実施前の技術支援（試料調製、実験の段取りなどの実施準備）は如何でしたか

非常に役立った 役立った 普通 あまり役立たなかった 受けていない

【その事項を具体的かつ簡潔にご記入下さい】

(2 - 4) 中性子ビーム利用実験実施時の現場における技術指導は如何でしたか

非常に適切 適切 普通 不適切

【その事項を具体的かつ簡潔にご記入下さい】

(2 - 5) 期待した成果が得られましたか

期待以上の成果が得られた

期待どおりの成果が得られた

期待したものではないが、成果が得られた

成果が得られなかった

以下の事項について簡潔にご記入下さい

【期待した成果】

【得られた成果】

(2 - 6) コーディネーターの対応は如何でしたか

非常に適切

適切

普通

不適切

【トライアルユースの成果発表について】

当協会に提出された実施報告書以外で、成果の発表（論文投稿等、社内報、技術レポート、学会発表、講演等）があればご記入下さい。

【論文・雑誌等】

- 1)
- 2)
- 3)

【口頭発表等】

- 1)
- 2)
- 3)

ご協力有難うございました。 （財）放射線利用振興協会

4) 前項3)の利用において、実施課題数は

1件 2件 3件 4件 5件以上

5) SPring-8などの施設を相補的に利用したことはありますか

施設名: _____

6) 課題分野について伺います(複数回答可)

結晶・磁気構造 励起過程 残留応力等の健全性評価 液体・非晶質
品質管理 高分子・析出等のメゾスコピック領域の構造 可視化・映像化
元素分析 検出器開発 材料工学 その他(分野をご記入下さい: _____ 分野)

7) 試験試料について伺います(複数回答可)

電池材料 熱電素子材料 鉄鋼材料 溶接材料 軽金属材料
高分子材料 触媒材料 半導体材料 液体・非晶質 磁気材料
高密度記録媒体材料 農作物 工業部品・製品 鉱業材料
建築材料 生体材料 低分子量有機材料
その他(試験試料分類を記入下さい。 _____ 分類)

8) 得られた成果は貴社の研究開発及び生産技術に役立ちましたか

大いに役立った 役立った あまり役に立たなかった

どの様に役立ったか、或いは、役立たなかった理由を記してください。

9) 中性子利用成果の波及効果について伺います

中性子利用の予算が新たに計上された 他の部署でも中性子利用を開始
中性子利用を他の部署、上層部が検討を開始

他の波及効果が有ればご記入下さい。

10) 中性子利用により得られた成果の発表(論文投稿、学会発表等)があればご記入下さい。

【論文・雑誌(社内報等レポート含む)】

1)

2)

3)

【口頭発表】

1)

2)

3)

11) 当協会が、中性子利用の成果、波及効果などについて、さらに詳しい情報提供(面談、電話等での伺い)をお願いした場合、ご協力頂けますか

協力できない

協力できる(下記にご担当者名等をご記入下さい)

ご担当者氏名: _____

会社名: _____

所属: _____

電話: _____

メールアドレス: _____

ご協力有難うございました。(財)放射線利用振興協会

今後の中性子施設利用予定についてのアンケート調査票

中性子施設等の今後の利用予定等についてのアンケート調査です。ご協力下さいますようお願いいたします。該当する を に、又は“レ”を記入して下さい。また、本アンケートでご不明な点がありましたら、当協会の担当者(石井 029-282-6505、ishii-yoshinobu@rada.or.jp)までご連絡下さい。

なお、当協会にご記入頂いた情報をアンケートの集計以外には使用いたしません。また、本アンケートの返信には、メール(try@rada.or.jp)又はFax(029-283-1182)にて、平成23年9月26日(月)までに送付をお願いいたします。

1) 中性子施設の今後の利用予定について伺います

今後利用予定がある(問2以降にお進み下さい)

今後利用予定はない(下の欄に理由を記入後、問6にお進み下さい)

利用を予定していない理由をお書き下さい。

2) 今後の利用予定施設について伺います(複数回答可)

JRR-3

J-PARC

海外施設(施設名: _____)

その他(施設名: _____)

3) 利用予定施設の利用方法について伺います(複数回答可)

JRR-3 施設共用成果公開

J-PARC 成果公開

JAEA との共同研究

JAEA への委託研究

その他(_____)

4) 課題分野について伺います(複数回答可)

結晶・磁気構造

励起過程

残留応力等の健全性評価

液体・非晶質

品質管理

高分子・析出等のメゾスコピック領域の構造

可視化・映像化

元素分析

検出器開発

材料工学

その他(分野をご記入下さい: _____ 分野)

5) 試験試料について伺います(複数回答可)

電池材料	熱電素子材料	鉄鋼材料	溶接材料	軽金属材料
高分子材料	触媒材料	半導体材料	液体・非晶質	磁気材料
高密度記録媒体材料		農作物	工業部品・製品	鉱業材料
建築材料	生体材料	低分子量有機材料		

その他(試験試料分類を記入下さい。 _____ 分類)

6) 中性子施設の課題公募、運転計画等の情報発信について伺います

- Eメールでの情報配信を希望
- ホームページで情報発信を希望
- ダイレクトメール等郵送での情報配信を希望
- 特に必要なし
- その他(下記に希望媒体を記入下さい。)

希望媒体等

ご協力有難うございました。(財)放射線利用振興協会

平成 24 年 3 月 21 日

「中性子利用技術移転推進プログラム」業務
課題選定・業務評価委員会
委員長 吉澤英樹

6 年間にわたる「中性子利用技術移転推進プログラム」の
実施結果に対する総合評価

平成 18 年度に開始され 6 年間にわたって実施された「中性子利用技術移転推進プログラム」の事業成果について、課題選定・業務評価委員会において評価した。

評価は、利用者にとっての有効性を、

初心者導入事業としての有効性

本事業の被支援者の本格的な中性子利用への参入状況

の 2 つの観点から個別に行った。

評価の結果及び詳細は別紙のとおりである。

【評価委員】

- 委員長 吉澤 英樹 東京大学物性研究所 教授 (磁性・強相関電子系)
- 委員 加倉井和久 (独)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
(結晶、磁気)
- 委員 亀井 信一 株式会社三菱総合研究所 人間・生活研究本部本部長 (高分子)
- 委員 黒木 良太 (独)日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門
ユニット長 (生物系)
- 委員 高田 昌樹 (独)理化学研究所 播磨研究所 放射光科学総合研究センター
副センター長 (ナノ材料)
- 委員 西島 和三 持田製薬株式会社 医薬開発本部 専任主事
- 委員 林 眞琴 茨城県企画部 技監 (構造強度信頼性)
- 委員 福嶋 喜章 一般財団法人総合科学研究機構 東海事業センター
サイエンス・コーディネーター (無機構造化学)
- 委員 森井 幸生 いばらき量子ビーム研究センター
茨城県ビームライン産業利用コーディネーター (結晶・装置)
- (敬称略、五十音順、括弧内は専門分野)

6年間にわたる「中性子利用技術移転推進プログラム」の 実施の成果に対する評価結果

評価は、3段階の基準（A:優れている、B:普通、C:劣る）で行う。

総合評価

A

（A:優れている、B:普通、C:劣る）

【コメント】

本事業が開始されるまでの産業利用課題数は微々たるものであったが、本事業開始以降、年度を重ねるに連れて中性子ビームの有用性の認識が高まり、産業利用課題も増加した。また、被支援者が国内の多くの中性子実験施設の利用に進み、さらには海外の中性子実験施設も利用するなど、中性子ビーム利用が促進された。特に、材料開発・製品開発に中性子ビーム利用が非常に有効であることを企業が認識するに至り、中性子ビームという、新しい材料研究・開発ツールの産業界への普及の端緒を本事業が開くことに貢献したことを高く評価する。

なお、本事業の終了後、産業利用の促進が失速することも懸念され、定常的支援体制の整備、成果の広報等、今後も、利用促進の活動が継続的な施策として配慮されることが望ましい。

(1) 「初心者導入事業としての有効性」の評価
(A:優れている、B:普通、C:劣る)

A

【コメント】

過去5年間の全実施課題数220件中158件が初心者による課題であった事実は本事業の初心者導入事業としての高い有効性を明確に表している。また、「利用者からの本事業への評価」アンケートの結果から、殆どの被支援者は技術支援等に充分満足していることなどが示されており、事業者が構築した制度設計が非常に適切であり、事務局とコーディネーターの対応・技術支援が効果的であったことが判る。

本事業では、多岐に亘る分野の企業の参加が見られ、かつ中小企業の利用も少なからずあったことは、本事業の初心者導入事業として、大きな成功を納めたと判断される。

(2) 「本事業の被支援者の本格的な中性子利用への参入状況」の評価
(A:優れている、B:普通、C:劣る)

A

【コメント】

本事業の被支援グループでは、本プログラム経験後の国内外の中性子ビーム施設の利用件数が、5年間で81件に達しており、本事業の被支援者が、本格的な中性子利用へと進んでいる状況が明らかとなった。また、JRR-3の利用に限れば、この期間に被支援グループが実施した成果公開および成果非公開課題の課題数(企業の自発的利用の課題数)がJRR-3全産業利用課題数の半数を占めている。この結果は、本事業が産業界をその費用を自ら負担する形での利用まで導くことができたことを如実に示している。産業界の利用促進として、本事業の実施が極めて有効であったことが、事後評価から明らかになり、その事業内容と成果は高く評価される。