

JAERI-Review

2003-036



JP0450002



日本原子力研究所事業の達成と研究成果の 社会経済的効果に関する評価報告書（Ⅱ）

— 日本原子力研究所における
基礎・基盤研究の社会経済的評価 —

2003年11月

研究業務評価検討アドホック委員会

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2003

編集兼発行 日本原子力研究所

日本原子力研究所事業の達成と研究成果の社会経済的效果に関する評価報告書（II）

—日本原子力研究所における基礎・基盤研究の社会経済的評価—

日本原子力研究所
研究業務評価検討アドホック委員会

(2003年10月17日受理)

日本原子力研究所（以下、原研）は、原子力分野におけるわが国の中核的な総合研究機関として、昭和31年6月の発足以来種々の研究開発を行ってきた。その活動は、(1)原子力エネルギー研究開発、(2)放射線利用技術の開発とその応用、(3)原子力の基礎・基盤の確立を目指した研究、に大別できる。その活動に関する社会経済的效果（socio-economic effect）については、昨年度、特に、上記(1)と(2)に関して、定性的、定量的両面からの把握を試みた。今回は、(3)の、いわゆる基礎・基盤研究と称される分野について、その性格にも鑑み、前回とは異なる考え方、手法に着目し、社会経済的效果に関する評価の、定量的把握を試みた。

この10年ほどの研究成果によれば、公的資金による基礎研究の社会・経済的貢献は、①有用な知識のストックを増加させること、②技能を持った学卒者を育成すること、③新しい科学施設を建設すること及び方式を作り出すこと、④ネットワークを形成し、社会的な相互交流を刺激、促進すること、⑤科学技術上の問題の解決能力を高めること、⑥新しい企業を設立すること、に要約される。

基礎・基盤研究の定量的評価の方法として、今回は④のネットワークのもたらす外部経済効果を社会経済効果として捉えることに着目し、分析を試みた。すなわち、ネットワークの大きさが大きいほど、かつ原研と関係する他の、民、官、学の機関との連携が大きいほどネットワークの外部経済効果が大きいとの観点に立って、①原研の基礎・基盤研究は、どのような研究分野にこれまで注力してきたか、②注力してきた研究分野は、他の研究機関、大学等の注力分野と、同じなのか、違う分野なのか、③注力してきた研究分野の、ネットワーキングの実態、及びネットワーキングの大きさ、重畠程度で見た社会経済的效果はどうであるか、④他の研究機関、大学等と同じ注力研究分野があるとすれば、そのネットワーキングの社会経済的效果で見た優位性はどうであったか、を定量的に把握、分析した。原研の基礎・基盤研究においては、研究スペクトルが広い物質科学研究が大きな位置を占めているので、今回は、物質科学研究に焦点を当てた。得られた評価結果は以下のとおりである。

(1) 原研物質科学の注力研究分野としては、イオン照射、アクチノイド、タンデム加速器、溶融塩、X線吸収広域微細構造(EXAFS)、中性子照射、放射光、ランタノイド、消滅処理、ECRイオン源等、原子力エネルギーに深く関連する分野が挙げられる。(2) 国内物質科学研究の原研以外の代表的研究機関(KEK、東大、東北大、物材研及び理研を抽出)が注力する研究分野と比較すると、原研の注力研究分野と共通するのは、放射光、照射、電子顕微鏡、中性子、核反応断面積等ごく一部で、しかも、この競合領域では、お互い張り合うというよりは、補完的な形で、国全体として総体的に見た場合の研究水準を高め合っている形が見られる。(3) 原研が注力してきた研究分野で、かつ原研所属の論文ウェイトが高い研究分野としては、アクチノイド、中性子照射、消滅処理等が挙げられる。また、ネットワーキングの大きさ、連携の程度が大きく、社会経済効果が大きいものとしては、中性子、核反応、アクチノイド等が挙げられる。(4) アクチノイドについてネットワーキングの実態を調べたところ、25年間の論文数シェアーは、原研25%、学界及び公的機関の公52%、民間17%であった。共著論文数でみた機関間のネットワーキングの程度は、5年間ごとに見て原研-公では3-4%、最新5年は8%の割合で増加した。また、共同論文の著者を個別に追跡した結果をみても、原研が主体的に研究に携わり、ネットワークの外部効果を拡大している様子がみてとれる。(5) 中性子についてのネットワーキングの推移を見ると、年々機関間のネットワーキングが拡大し、かつ、民間との連携も20%弱を占めているなど、原研の機能を活かした研究活動の成果としての社会経済効果が窺えた。

Evaluation of Socio-economic Effects of R&D Results at
Japan Atomic Energy Research Institute (II)
-Socio-economic Evaluation of the Basic Research at JAERI

The Ad hoc Committee for Evaluation of R&D Achievements

Japan Atomic Energy Research Institute
Suehiro-cho, Kashiwa-shi, Chiba-ken

(Received October 17, 2003)

The Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), as a core organization devoted to comprehensive nuclear energy research, has steadily promoted various types of research and development (R&D) studies since its establishment in June 1956. Research activities are aimed at performing (1) R&D for nuclear energy, (2) the utilization and application of radiation-based technologies, and (3) the establishment of basic and fundamental research in the nuclear field. Last year, the socio-economic effects on items (1) and (2) were qualitatively and quantitatively evaluated. The quantitative evaluation of item (3) from the viewpoint of a socio-economic effect, however, calls for a different concept and methodology than previously used cost-benefit approach.

Achievements obtained from the activities conducted over the last 10 years implied that socio-economics in basic research funded by the public could contribute to the ① increase in useful intellectual stocks, ② upbringing of highly skilled college graduates, ③ construction of new scientific facilities and creation of methodologies, ④ stimulation and promotion of social interrelations by networking, ⑤ increase of one's ability to solve scientific problems, and ⑥ establishment of venture companies.

In this study, we focused on item ④ for the analysis because it assumed that the external economic effect has a link with the socio-economic effects accompanying the networking formation. For the criteria of socio-economic effects we assume that the external effect becomes significant in proportion to the width of networking and/or the magnitude of cooperation measured by numbers of co-writing studies between JAERI and the research bodies, namely private and governmental sectors and universities.

Taking these criteria into consideration, the subsequent four items are prepared for quantitative study. They are ① to clarify the basic research fields where JAERI has been established a significant effort to date, ② to ascertain a significant difference in the emphasized basic research fields (hereinafter abbreviated as EBRF) that exist among JAERI and other major research bodies, ③ to notify the actual width of networking in EBRF and quantity of socio-economic effect, and ④ to reveal the networking predominance from the viewpoint of the socio-economic effect during EBRF overlapping among JAERI and the other research bodies.

Because the Department of Materials Science has the largest scale factors compared with the other departments in JAERI, it was selected. The obtained results are: (1) EBRF in the department are represented by the following keywords: ion irradiation, actinides, tandem accelerator, molten salt, EXAFS, neutron irradiation, synchrotron radiation, lanthanide, transmutation, ECR ion source, etc. They are all related to nuclear energy. (2) Between JAERI and 5 other (KEK, Tokyo University, etc.) research organizations, some keywords in EBRF overlap. They include synchrotron radiation, irradiation, electron microscope, neutron, cross section, fabrication and accelerators. Those did not show a significant difference in EBRF. Generally, the two organizations tended to compensate and uplift the national standard level for each other rather than compete. (3) Actinides, neutron irradiation and transmutation are representative keywords from EBRF. Additionally, neutron, nuclear reactions and actinides showed that their networking was well developed and strongly linked between JAERI and the external research bodies. They resulted in producing large socio-economic effects. (4) Actual networking on actinides showed that the volume of papers shared during the past 25 years was 25% by JAERI, 52% by the public (universities and governmental sectors), and 17% by private sectors. The growth rate of networking found by co-papers between JAERI and the public was 3·4% per 25 years and 8% during the last 5 years. Furthermore, authors networking studied here implied that JAERI independently participated in the basic research fields and gradually enlarged the external effect on networking. (5) The neutron networking grew at the research bodies and became large in magnitude; for example, co-papers written by JAERI and the private sectors increased the value to a total as high as 20%. The socio-economic effect as a result of these characteristic activities in the basic research fields at JAERI is steadily advancing.

Keywords: Socio-economic Effect, External Economic Effect, JAERI, Emphasized Basic Research Field, Materials Science, Qualitative and Quantitative Analysis, Neutron, Actinides, Networking, INIS

目次

1	はじめに ······	1
1. 1	本報告書の目的 ······	1
1. 2	評価作業の体制 ······	1
2	評価の基本的考え方 ······	4
2. 1	原研における基礎・基盤研究の役割 ······	4
2. 2	基礎・基盤研究に関する社会経済的効果の把握方法 ······	4
2. 3	基礎・基盤研究とネットワーキング効果 ······	5
3	評価方法 ······	8
3. 1	ネットワーキングの捉え方 ······	8
3. 2	作業ステップ ······	8
3. 3	使用データベースについて ······	13
3. 4	原研所属論文の意味すること ······	14
3. 5	評価基準 ······	15
4	評価結果 ······	17
4. 1	原研の物質科学研究は、どのような研究分野に 注力してきたか ······	17
4. 2	原研が注力してきた研究分野と他の研究機関・大学等が 注力してきた研究分野との差違の有無 ······	21
4. 3	原研が注力してきた研究分野に関する ネットワーキングの実態 ······	26
4. 4	他機関が注力してきた研究分野に関する、 原研ネットワーキングの実態 ······	37
4. 5	他機関と競合する研究分野に関する、 原研ネットワーキングの実態 ······	39
5	まとめ ······	47
	謝辞 ······	49
	参考文献 ······	50

付録 1. 原研物質科学研究部における共同研究等と特許、及び共同研究等に基づく論文の展開例	51
付録 2. 原研 {Top100} に対応する世界、日本、原研の論文数の比較対照	59
付録 3. 原研環境科学注力研究分野を代表するキーワード	66
付録 4. 原研中性子科学注力研究分野を代表するキーワード	71

Contents

1	Introduction	1
	1.1 Objectives	1
	1.2 Research Organization for Evaluation Work	1
2	Fundamental Concept for Evaluation	4
	2.1 Role of Basic Research in JAERI	4
	2.2 Understandings of Socio-economic Effect with Respect to the Basic Research	4
	2.3 Basic Study and Networking Effect	5
3	Evaluation Method	8
	3.1 Understandings of Networking	8
	3.2 Working Steps	8
	3.3 Database Used	13
	3.4 Expansion of JAERI Database	14
	3.5 Criteria for Evaluation	15
4	Results	17
	4.1 Basic Research Fields where JAERI has been Put an Effort to Date	17
	4.2 Significant Differences in Emphasized Basic Research Field (EBRF) Existed among JAERI and Other Research Organizations/Universities (Researching Bodies)	21
	4.3 Actual State of Networking in EBRF Developed by JAERI	26
	4.4 Actual State of JAERI Networking in EBRF Developed by Other Research Organizations	37
	4.5 Actual State of JAERI Networking in EBRF Overlapped among JAERI and the Other Research Organizations	39
5	Conclusions	47

Acknowledgement	49
References	50
Appendix 1. Co-researches and Patents Made of the Department of Materials Science in JAERI-Tokai Since 1987	51
Appendix 2. Comparison of Numbers of Paper among World, Japan and JAERI Searched by JAERI Keywords {Top100}	59
Appendix 3. Keywords Representing the EBRF in the Department of Environmental Sciences in JAERI	66
Appendix 4. Keywords Representing the EBRF in the Department of Neutron Sciences in JAERI	71

1 はじめに

1.1 本報告書の目的

日本原子力研究所（以下、原研）は、原子力分野における我が国の中核的な総合研究機関として、昭和31年6月の発足以来種々の研究開発を行ってきた。その活動は、(1)原子力エネルギー研究開発、(2)放射線利用技術の開発とその応用、(3)原子力の基礎・基盤の確立を目指した研究、に大別できる。

その活動に関する社会経済的効果（socio-economic effect）については、平成13年度、特に、上記(1)と(2)に関して、定性的、定量的両面からの把握を試み、「日本原子力研究所事業の達成と研究成果の社会・経済的効果に関する評価報告書」⁽¹⁾として公刊したところである^(注1)。あわせて米国における業績結果法と基礎科学評価状況も調査し報告した⁽²⁾。そこで、今回は(3)の、いわゆる基礎・基盤研究と称される分野について、その性格にも鑑み、前回とは異なる考え方、手法を用いて社会経済的効果に関する評価の、定量的把握を試みようとするものである。

1.2 評価作業の体制

評価作業の体制を図1に示す。原研内に「研究業務評価アドホック委員会」^(別表1)を設け、評価方針および評価結果の検討等を実施した。アドホック委員会の下に「ワーキンググループ」^(別表2)を設け、評価手法の検討、データの収集、作業プログラムの作成等評価資料の作成、評価結果の分析等の作業を実施した。

また、所外の有識者として、

平澤 治 前政策大学院大学教授

菰田 文男 埼玉大学経済学部教授

伊地知 寛博 文部科学省科学技術政策研究所主任研究官

に、評価方針、評価手法、評価結果に関する助言等を、各作業の節目毎に求める等して指導を仰いだ^(3~6)。

事務局は企画室、研究評価推進室が担当、物質科学研究部、環境科学研究部、中性子利用研究センター、研究情報部、業務部の関係者の協力を得た。また、プログラミング、データの処理、図表の作成等については、株式会社ケーシー・エスの協力を得た。

本報告書の執筆は、高橋 祥次、柳澤 和章が担当した。

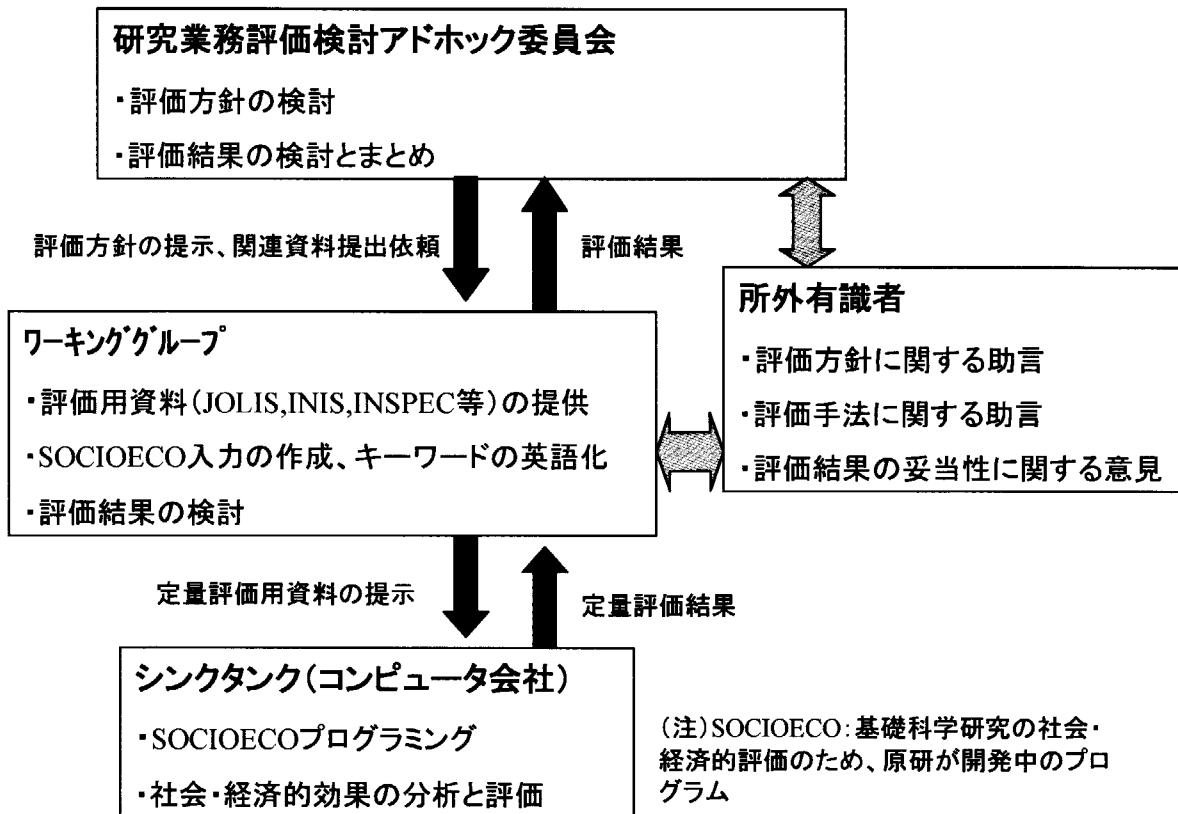


図 1 評価の体制

(注1)

社会・経済的評価を行う動機、その意義等については、「日本原子力研究所事業の達成と研究成果の社会・経済的効果に関する評価報告書」1-2 頁を参照。

別表1 原研研究業務評価検討アドホック委員会

(期間：平成14年12月～平成15年6月)

委員長	副理事長	岡崎 俊雄
委員	理事	高橋 祥次
委員	理事	佐藤 征夫
委員	理事	田中 俊一
委員	理事	松田 慎三郎
委員	財務部長	黒岩 克彦（15年3月まで） 吉田 清（15年4月から）
委員	業務部長	田島 保英
委員	研究評価推進室長	寺田 博海
委員	企画室次長	岡田 漱平（15年4月から企画室長）
事務局	企画室調査役	更田 豊志（15年3月まで） 牛草 健吉（15年4月から） 柳澤 和章（15年4月から企画室） 竹下 英文
事務局	主任研究員	
事務局	研究評価推進室室長代理	

別表2 原研研究業務評価検討アドホック委員会ワーキンググループ

(期間：平成14年12月～平成15年6月)

委員長	理事	高橋 祥次
委員	東海研副所長	岩本 昭（15年4月から特別研究員）
委員	研究評価推進室長	寺田 博海
委員	研究情報部長	成田 倫
委員	物質科学研究部長	館盛 勝一（15年3月まで） 吉田 善行（15年4月から）
委員	環境科学研究部長	安達 武雄
委員	環境科学研究部次長	長岡 錠
委員	中性子利用研究センタ一次長	森井 幸生
事務局	企画室調査役	更田 豊志（15年3月まで） 牛草 健吉（15年4月から） 柳澤 和章（15年4月から企画室） 竹下 英文
事務局	主任研究員	
事務局	研究評価推進室室長代理	
事務局	企画室調査役	橋本 和一郎（15年4月から企画室）

2 評価の基本的考え方

2.1 原研における基礎・基盤研究の役割

第一次原子力長期計画（昭和 31 年）は、原研の役割として「基礎研究に力を注ぐとともに、関連技術を育成し、原子力工業の基盤の確立に努める」とし、基礎・基盤研究の必要性を設立当初から謳っている。爾来、今日の第 9 次（平成 12 年）にいたるまで累次の長期計画は、原子力に関する基礎・基盤研究の推進、充実を掲げ、その中心機関としての役割を原研に求めてきた。これに対し原研は、全力をあげて成果の達成に努めてきたところである。

そもそも、基礎・基盤研究とは何をさすものであろうか。端的にいえば、原子力利用の高度化、多様化の推進のための研究開発の基礎となり、基盤となる研究という意味である^(注2)。それでは、そのなかで原研の行なう基礎・基盤研究の役割、内容とは何なのであろうか。これに対しては、原研の設立時に第二代嵯峨根副理事長が述べた「原研が原子炉を作り、それを使っていく研究を行なうことはもちろんだが、大学でやれるような小さな基礎研究と、メーカーがやっている実用研究の中間を原研の研究が埋めていくということに変わりはない。しかし基礎研究でも、大学では手の出ないような部分は原研でやっていかねばならないし、また一方では、産業界に直結しメーカーをリードしていくための研究も進めなければならない」^(注3) ということが、原研における基礎・基盤研究の役割を有り体に示しているように思われる。

これまで原研は基礎・基盤研究として様々な課題に取り組んできたが、主体として推進してきた組織も、設立時の第一基礎研究部、第二基礎研究部から、現在の物質科学部、環境科学部、先端基礎研究センター等に、その時代時代の展開に応じて変遷を重ねてきた。そこで、基礎・基盤研究を実施してきた組織の活動に着目して、現在利用可能なデータベースを拠り所に、原研の基礎・基盤研究の社会・経済的效果の定量把握、分析を試みることとしたい。

2.2 基礎・基盤研究に関する社会経済的效果の把握方法^(7~11)

公的資金による基礎研究の投資効果を金額的に評価しようとする試みは、これまでいくつか試みられてきた。マクロ経済学のアプローチは、基礎研究投資と経済成長との間に大きな正の相関関係があることを明らかにしている。しかし、基礎研究を個別に観察して、どの研究がどれだけの効果を有していたかといつ

したことについては明確な分析ができていない。例えば応用研究について試みられているような投資対費用効果の分析アプローチは、理論的、方法論的に秀れたものであるが、この方法は、投資とその成果が直接あるいは密接な関係を有するものであれば非常に有効であるものの、間接的なものである場合、とくに外部効果が大きい場合その分析は限界があると言われている^(注4)。この点、公的資金による基礎研究成果は、いわば公共財であって、広く、かつ、かなり自由に活用され、投資と効果の結びつきは、おおよそ間接的なものである。間接効果であっても、例えば、スピル・オーバー効果の把握等、色々な手法が試みられているが、基礎研究にあってはその把握が困難であるというのが現在の状況である^(注5)。

以上のようなことから、むしろ特にこの10年ほどは、基礎研究の社会経済的効果について、上記で述べたのとは観点を変えた種々の計量的把握、事例研究（例えば、書誌学的アプローチ、特許引用情報をもとにしたアプローチ等）がなされている。その成果によれば、公的資金による基礎研究の社会経済的貢献は、次のように要約されている^(注6)。

- ①有用な知識のストックを増加させること
- ②技能を持った学卒者を育成すること
- ③新しい科学施設を建設すること及び方式を作り出すこと
- ④ネットワークを形成し、社会的な相互交流を刺激、促進すること
- ⑤科学技術上の問題の解決能力を高めること
- ⑥新しい企業を設立すること

したがって、原研の基礎・基盤研究の社会経済的効果を定量的に把握するためには、上記分類に沿って進めることが有用であると考える。

これら定量的把握に当たっては種々の把握の方法があるが、例えば、①については発表論文数、②については研修生の数、③については実験施設建設、特許等の実績、⑥についてはベンチャー企業の数といったところで捉えることができる。これらに関する原研の実績結果については、前回の報告書で言及したところである。

2.3 基礎・基盤研究とネットワーキング効果

上記2.2で述べた基礎研究の社会経済的貢献のうち、前回の報告書で言及した①、②、③、⑥に関連したデータは、原研の基礎・基盤研究の社会経済効果のほんの一面向を断片的に表すに過ぎず、総合的に説得ある実態を示してはいない。むしろ、④のネットワーキングの効果の概念を用いた分析を示すことによって、説得力のある分析を示すことができるのではないかと考えたのが、今回の作業の出発点である（なお、⑤については、適当な分析方法が見当たらず、今回も分析の対象外とせざるを得なかった。）。

④のネットワーキングの効果とは、経済用語である「ネットワークの外部効果」と関連付けて考えることができよう。「ネットワークの外部効果」とは、財のユーザーの数あるいはネットワークのサイズからもたらされる便益のことをいう。その効果としては、ユーザー数が増えることによって財から得られる便益が直接増加する効果と、ユーザーの増加が補完財の介在によって便益を増加する効果とがある^(注7)。「ネットワークの外部効果」を、基礎・基盤研究にあてはめてみると、具体的に次のような効果があると考える。

第一に、公表された研究論文に明らかにされた知見が、それを読んだ研究者によって、さらに新たな知見となって発展、展開されていく（この重要性は、論文の引用の頻度が、基礎研究の成果を示す指標として広く用いられていることからも明らかである。）。その広がりは、幾何級数的ネットワークとなって、場合によっては、基礎研究から、応用研究、製品化へと発展していく。つまり、基礎研究は、こうしたネットワークの出発点として貢献しているのである。

第二に、高度に専門化され、細分化されつつある研究が多い現状においては、同じ分野や、隣接する分野の研究者が共同研究、ワーク・ショップなどの作業ネットワークを通じて、相互にアイデアや研究成果を出し合い、批判、検討することにより、相互の研究の発展に相乗効果をもたらしている。

第三に、基礎研究者のみならず、工学系の応用研究者、産業界の人たちが連携して作業ネットワークを組み、研究のニーズがどこにあるか、産業化に必要な基礎的知見をどのようにしたら得られるかなどの情報交換、共同研究を行なうことにより、研究開発の効率を向上させていている。

上記効果は基礎・基盤研究の社会経済的な貢献ファクターとして、重要な位置を占めるものと考える。また、ネットワーキングは、それに参加するメンバーの数が多くなるほど、かつ、各方面のメンバーが参加し、重複的であればあるほど、その外部効果、したがって社会経済的貢献度は大きいものと考えられる。そこで、本アド・ホック・グループとしては、ネットワーキング効果の重要性に着目し、

- ①原研の基礎・基盤研究は、どのような研究分野にこれまで注力してきたか。
 - ②注力してきた研究分野は、他の研究機関、大学等の注力分野と、同じなのか、違う分野なのか。
 - ③注力してきた研究分野の、ネットワーキングの実態、及びネットワーキングの大きさ、重複の程度で見た社会経済的効果はどうであるか。
 - ④他の研究機関、大学等と同じ注力研究分野があるとすれば、そのネットワーキングの社会経済的効果で見た優位性はどうであったか。
- を定量的に把握、分析してみる。

(注 2)

例えば、「原子力二法人の統合に関する基本報告」(平成 14 年)11 頁を参照。

(注 3)

原研十年史(昭和 41 年)31 頁。基礎・基盤研究とほぼ同義語として基礎研究という用語がある。基礎研究というのは、応用研究と並び立つ用語で、産業に直接応用される以前の、まさに基礎となる知見を提供する研究と解される。昭和 13 年に設立された技術院の任務では、基礎研究、応用研究、工業化研究の三つに区分されているが、現在では、後者二つを総合して応用研究として用いているのが一般的と考える。また、吉川弘之産業技術総合研究所理事長は基礎研究を細分化して、モノの商品化に必要な、周辺のいろいろな新しいいくつもの知見を集約するとか、一つの知見をさらに進めてより具体的にするとかの、基礎の次に続く研究を「第二種の基礎研究」と称している(科学技術ジャーナル 2003 年年 1 月号「三賢人新春座談会」)。

(注 4)

E. Arnold, K. Balazs: "Methods in the Evaluation of Publicly Funded Basic Research" (1998).

(注 5)

「米国における公的研究開発の手法」(文部科学省科学技術政策研究所第 2 研究グループ、同所調査資料-86、2002 年)は、「経済学的手法、財政学的手法は、基礎的研究の評価には適さない。マクロ経済学的手法は、マクロ経済の規模と研究開発活動の規模が桁違いであるため、正確性に欠ける。何らかの工夫が必要となる。費用便益分析などの経済学的手法は、事例研究の有力な手法となる。ただし、事例研究を一般化することには限界があることに留意すべきである。」と述べている。

(注 6)

A.J.Salter, B.R.Matin, "The economic benefits of publicly funded basic research ;a critical review" Research Policy vol.30, (2002).

(注 7)

経済辞典第 3 版(有斐閣), (1998).

3 評価方法

3.1 ネットワーキングの捉え方

各々の研究業績は研究機関等であれば、大概「論文」という形で公にされ、それには重要語（キーワード、Keyword）が付帯している。そこで、このキーワードが個々の研究分野を象徴しているものと先ずみなすこととする。

次に、個々の研究分野について、ネットワーキングの実態を把握する。ここでネットワーキングとは、それぞれの研究分野で、それぞれの機関（原研、それ以外のいわゆる産、官、学の機関）に所属している研究者が、どの程度の数の論文を、かつ、どのような協力関係で執筆したか（言い換れば、それぞれの機関単独で執筆したか、あるいは、共同論文で執筆したか）、そしてその協力で執筆された論文の重畠の程度はどうか、といった内容を指すものとする。

知識の集大成を論文とするならば技術の集大成は特許であろうと思われる。しかし、特許は現在の我が国のデータベースでは、基礎から応用への連携具合を跡付けて検索するのは難しく、かつ原研の基礎・基盤研究から生じた特許数もごく限られることから、特許情報による分析は参考程度に留めた（付録1参照）。

原研の基礎・基盤研究においては、研究スペクトルが広い物質科学研究が大きな位置を占めている。そこで、今回は、物質科学研究に焦点を当てて分析してみる。なお、中性子科学研究、環境科学研究についても、物質科学研究の分析方法に倣い、簡単な分析を試みたので、その結果は付録（付録3及び4参照）として示す。

3.2 作業ステップ

(1) 第1ステップ

我が国の中性子科学研究の中で、原研対象部門はどのような分野をカバーして来たのかを明確化すること、すなわち注力分野の抽出を第1ステップとして考える。

それでは、原研物質科学研究が、どのような組織体制で行なわれているのであるか。図2は、物質科学研究が現時点において原研のどの組織で実施されているのかを例示している。すなわち少なくとも原研では8組織体が何らかの形で物質科学研究に関連している。そのうちの中心組織である物質科学部は1998年に創立されたが、その前身となる組織においては、(i)原子炉工学の研究開発、(ii)加速器技術の開発、(iii)材料の研究、(iv)核物理の研究、(v)燃料

及び化学の研究、(vi) 群分離・消滅処理の研究、等が実施されている。すなわち既存の物質科学部は原研基礎・基盤研究を比較的良好に継承し、かつスペクトルの広い物質科学研究を実施してきている。

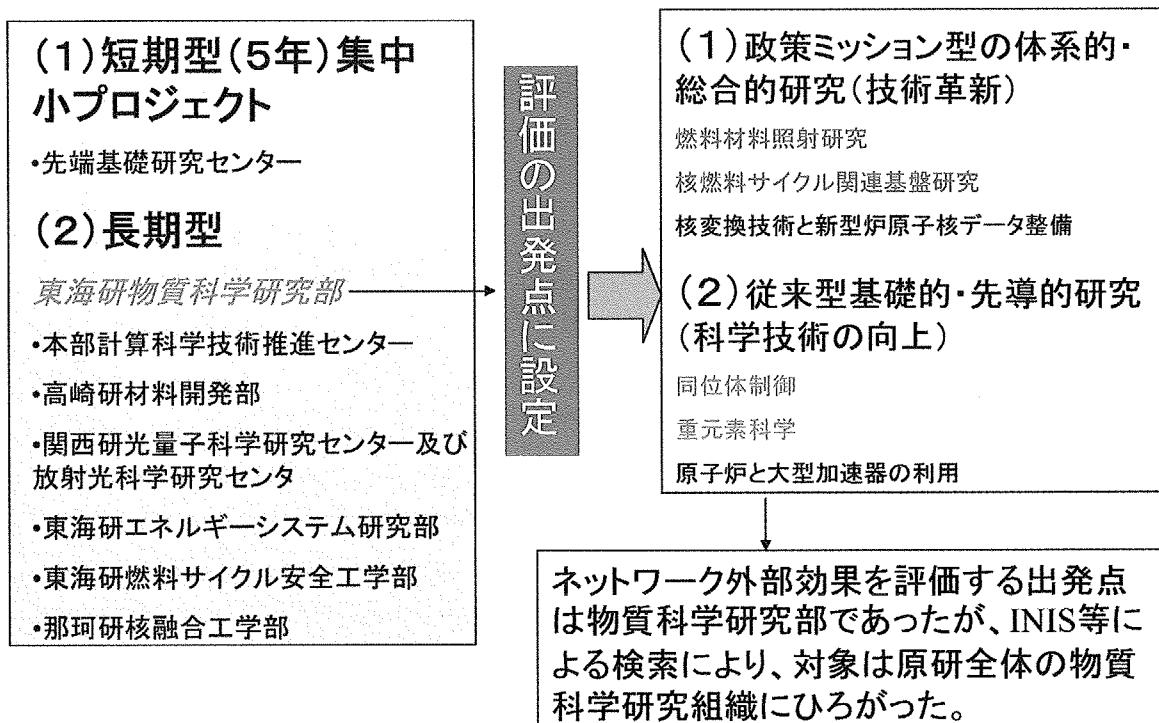


図 2 (左) 原研で物質科学の研究を実施している研究組織、
(右) 本調査が調査起点とした東海研究所物質科学部の現在の研究内容

そこで、原研基礎・基盤研究の注力分野を特定する第一歩として、その中心である物質科学研究に着目し、かつその中心的活動拠点である物質科学部の研究成果を分析の出発点とした。すなわち、物質科学部に所属する研究者の論文に付されているキーワードを用い、それをランク付けすることにより主に注力してきた研究分野を特定しようというものである。

具体的には次のような作業を行なった。

- 1) 原研から投稿された論文を収録するデータベース (DB) である “原研研究成果総合管理システム JOLIS (JAERI Oriented Literature Information System)” を用い、その中から物質科学部に改組した、1998 年以来 2002 年までの同部に属する論文を全て検索した。この結果は、562 論文であることが判明した。各々の論文にはキーワードが和洋混合形式で 1 論文に付き最大 10 ケまで付帯している (理論的には最大 5620 のキーワード)。

2) JOLIS から各論文付帯のキーワードを取り出すプログラム “SOCIOECO”を作り、562 論文全てについてキーワードを抽出した。その結果、3,400 程度のキーワードが抽出された。ここではそれを便宜上キーワード群{K}と称す。{K}は和洋混合で、例えば Actinides というキーワードを記載した論文が 10 件、アクチノイドというキーワードを記載した論文が 15 件という状況にあった。これは、同一の内容のキーワードであり、何らかの方法で 25 件と認識する必要があった。後段で出てくるが分析・評価に用いたデータベースの INIS (International Nuclear Information System) は英語でキーワードが統一されている。そのことに鑑み、和語については英語化することとし、その作業を現場専門家（物質科学については館盛部長、当時）に依頼した。キーワードの英語化に約 1 ヶ月程度を要したが、これをクリヤーし出現頻度の多い順に整理したキーワードのランキングを SOCIOECO プログラムで抽出した。ランキングは Top100 までの抽出を一応目安とした。しかし、実際にランキングを実施してみると、同一頻度のキーワードが、86 位から 109 位まであった。目安の Top100 でキーワードを切ってしまうと 9 つのキーワードを自動的に無視することになる事が分かった。本調査では、このため、この場合には Top1-Top109 位までのキーワードを以後の分析・評価に使用した。なお、本報告書では、この後、便宜上 Top100、Top30 等という言い方を用いるが、実際は同位のキーワード数をすべて含む数であることを断つておく。

(2) 第 2 ステップ

次に、原研の基礎・基盤研究が、民間（以下、産とも称す）、大学・国公立研究機関等（以下、公と称す）との間でどのような協力関係、すなわち研究ネットワークが築かれてきたのか、またそのネットワークがどのように拡大発展してきたのかを把握する。このため、具体的には次のような作業を行なった。

1) 第 1 ステップで得られたキーワード Top100 を文献データベース “INIS” に入力し、例えば Actinides をキーワードとする論文が幾つヒットするか、かつ、ヒットした論文の執筆者の所属等を検索する。現在の物質科学の研究成果が、これまでどのような発展経過をたどってきたかを見るために、上記第 1 ステップで得た同一キーワードを用いて、過去にさかのぼって検索を試みることとする。調査時間の区分は、5 年間ずつの区切りとする。すなわち、

- ①Present: 1998-2002
- ②Past (5) : 1993-1997
- ③Past (10) : 1988-1992
- ④Past (15) : 1983-1987
- ⑤Past (20) : 1978-1982

とする。以下では、“1998–2002 年”という表現と共に、“Present”というような表現も使う。

2) 第 1 ステップで得られた任意のキーワード {K} を INIS にインプットし、
{H} = {論文題目、著者、著者所属、発行年} を基本アウトプットとした。
INIS には、論文筆頭著者の帰属国を識別出来るような機能が付いていなかった
ので、所属機関から帰属国を識別する新たなプログラムを SOCIOECO に組み入れ
た。{H} は、あるキーワードに関する IAEA の INIS 加盟国 108ヶ国の論文集合
体である。従って、我が国論文は勿論であるが世界の論文も収録されている。
そこで、抽出論文筆頭著者の所属機関帰属国に着目し、{H} を {日本論文} と
{日本以外の世界論文} にまず分離した（目的次第では {世界} 論文群も、例
えば {米国、独、仏、露} の様に細分化が可能であるし、実際そのような作業
も行った。）。なお、筆頭著者の所属機関帰属国が明確に記載してない論文が、
例えばキーワード Actinides では約 9% も存在した。この国籍不明論文を実際に
専門家に依頼して調べて貰うと、標題や著者名から判断して殆どが外国の論文
であるという結論を得た。そこで、国籍不明が出た場合その論文は外国論文（我
が国以外の論文）として処理した。

INIS では、収録論文の著者が所属する所属機関は一覧表の形式で整備してある。
今回の検索では、国内作成論文としてリスト・アップした著者の所属機関を {原
研、官、学、産} に識別するため、総務省発行の公益法人に関する年次報告⁽¹⁾
⁽²⁾ 等を使い、当該一覧表に原研、官、学、産の区別を書き込み、SOCIOECO に組
み込んだ。これによって、あるキーワードをベースに抽出された論文の著者（筆
頭著者だけでなく論文に記載されている全ての著者）が、国内の産、官、学の
機関のいずれに属するか、共同機関による論文か単独機関による論文か、を自
動的に検出できる機能が付帯した^(注8)。

このようにして検出した過程で、国内所属の判定できない論文が、5~10%程度
存在した。これは、実際に生じている機関等の統廃合を INIS 内在の所属機関一
覧表が十分にフォロー出来ていないこと、著者等が幾ら手を尽くしても所属の
明らかにならない任意団体が幾つかあること、等が原因である。本検索の精度
向上のためには所属機関区分一覧表の隨時改訂が望まれるところであるが、現
時点では 5~10% の誤差（所属不明文は除外したので、論文数が本来の論文数
より少なくカウントされる）は避けられることとして受け止めた。

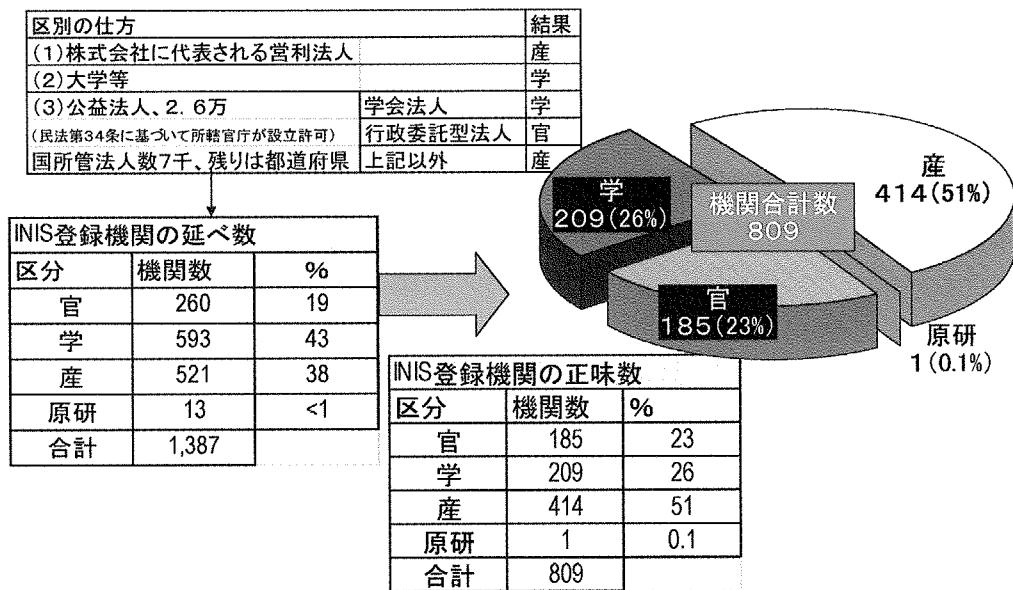


図 3 INIS 登録機関の延べ数と正味数（原研・官・学・産の識別）

(注8)

原研・官・学・産の区分については以下のような考え方で識別を行った。すなわち、株式会社で代表される営利法人は産、大学等は学で区別した。公益法人と任意団体についてはその識別が難しい。公益法人、すなわち民法34条に基づく財団法人、社団法人は国所管の法人数が約7千、都道府県所管が約1万9千、合計2万6千存在する。そこで公益法人白書⁽¹²⁾を使いながら、公益法人及び任意団体に対して行政委託型法人は官、学会法人は学、これ以外は産と区分した。この一連の作業終了後、INIS中に含まれる機関数を数えたところ、官260(19%)、学593(43%)、産521(38%)、そして原研13(<1%)となった。つまりあわせて1,387の原研および官、学、産が登録されていたことにある。しかし詳細に見ると、例えば立教大学でみると{立教大学、立教大学原子力研究所、立教大学理学部、立教大学理学部物理学教室}をそれぞれ独立に1施設と数えている、いわば施設数であることが判明した。そこでこの{ }内の施設は一つの機関として括り、立教大学と呼称することにした。この簡略化によって先程の数は、図3に示すように、官185機関(23%)、学209機関(26%)、産414機関(51%)、そして原研1機関(0.1%)というように再編成することができた。この結果、機関合計数は809となった。

3.3 使用データベースについて

1) INIS と INSPEC

INIS は国際原子力機関 (IAEA) が発行する文献データベースで、収録分野は原子力一般である。INIS 加盟国 108ヶ国がデータベース作成に協力している。言語は英語で 1970 年から収録が開始されており、収録雑誌数は約 4,000、収録件数はこれまでで約 220 万件である。国内では原研 (収録雑誌数 253)、科学技術振興事業団 JST (同 212)、国際医学情報センター IMIC (同医学関係、377) の 3 機関が協力し、年間延べ 842 雜誌から得た論文を入力している (平成 14 年現在の調べ)。INIS の一つの特徴は、国内的に見れば和文誌について非常に良くフォローしている点であり、これは他のデータベースには見られない。今回 INIS の比較参考用に INSPEC を準備した。これは英国の The Institute of Electric Engineers が発行するデータベースで、収録分野は物理、電気工学、電子工学、計算機科学等多岐に亘る。言語は英語で 1969 年から収録が開始されており、収録雑誌数は INIS と同じ約 4,000、収録件数はこれまでで約 650 万件あり、INIS の約 3 倍である。(表 1 および表 2 を参考されたい。)

表 1 成果の収録状況を調べた文献データベース

データベース名	制作者/発行国	収録分野	言語	収録期間	収録件数	更新頻度	対象雑誌数
Cplus	Chemical Abstracts Service/米国	化学 化学工学	英語	1967-	1,800万	毎日	>8,000
COMPENDEX	Engineering Information Inc./米国	工業 技術	英語	1970-	450万	毎週	4,500
INIS	IAEA	原子力一般	英語	1970-	220万	毎週	4,000
INSPEC	The Institute of Electrical Engineers/英国	物理、電気工学 電子工学、 計算機科学	英語	1969-	650万	毎週	4,000
JICST	科学技術振興事業団	科学技術一般	日本語	1975-	1340万	毎週	12,000
JICST-EPlus	科学技術振興事業団	科学技術一般 (国内文献のみ)	英語	1985-	390万	毎週	6,000
SCISEARCH	Institute for Scientific Information/米国	科学、技術 生物医学	英語	1974-	1,750万	毎週	5,600

表 2 データベース毎の収録状況

データベース 名称	レポート				学術雑誌 掲載論文		会議録 [304]	単行書 [14]		
	原研刊行		その他		英文[624]	和文[160]				
	英文[75]	和文[185]	英文[28]	和文[10]						
Caplus *	92	81	29	0	94	51	19	29		
COMPENDEX	0	0	0	0	56	6	6	0		
INIS *	100	100	71	90	42	61	20	29		
INSPEC *	5-30(注1)	0	0	0	79	13	8	0		
JICST *	99	99	4	80	87	91	14	7		
JICST-Eplus *	99	100	11	90	11-81(注2)	84	7	0		
SCISEARCH	-	-	-	-	91	13	6	-		

表中の数値は収録率(%)で、オリジナルは有効数字3桁あったが四捨五入し2桁に簡略化した。

英文[75]の数値は件数を表し、-は収録対象外を示す。

*は原研刊行研究報告書を配布していることを意味する。但しINSPECは英文報告書のみ送付。

注1)収録対象分野での推定収録率。注2)国内雑誌における英文論文の収録率

出典:原研研究情報部“研究成果の発信状況の分析結果(平成12年10月)”より

2) データベースに INIS を選んだ理由

データベースとしては、以下に挙げるような理由で INIS を選び、INSPEC を参考とした。

- ①INIS は INSPEC に比べて、原子力関係のデータ密度が高く、今回の分析評価により適している。
- ②世界的なネットワークの調査には収録雑誌数の多い INSPEC がより適している。
しかし、今回は国内のネットワーキング評価が中心であり、国内の原子力分野の論文を和文まで含めて高率で収録している INIS の方が適している。
- INSPEC は、収録論文の筆頭著者以外に所属の記載がない。本調査では、共著論文をベースにした原研・官・学・産連携の様子を示したネットワーキング図を作成することを目的としていることから、この点 INSPEC は支障があった。
- ③INIS、INSPEC、Caplus 等を横断検索し、データベースを増加させ精度を向上させつつ評価する方法もあったが、費用対効果の観点から実施しなかった。

3.4 原研所属論文の意味すること

物質科学研究部論文から抽出したキーワードで INIS を検索し、原研所属として取り出された論文は、当該キーワードを付した原研に所属する論文全てを抽出したことを意味する。すなわち、物質科学研究部所属論文のほか、物質科学研究部以外の部所所属の論文を加えた総体となっている。つまり、物質科学研究部論文のキーワードを出発点としているが、原研全体の物質科学研究に関する論文データを検索していると同様の結果を表しているのである。

3.5 評価基準

(1) ネットワーキング図の作成

上記の作業の結果得られたデータを基としたネットワーキングを、図4のような形で示すこととする。

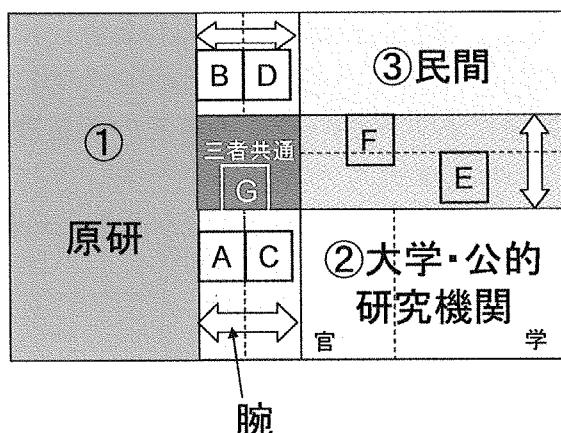


図4 ネットワーキングの基本概念図

ここで、

①論文数の程度は、その多少に比例した面積で示す。この面積表示は1論文/単位面積と設定しており本報告書内ではスケール不変である（絶対スケール）。また、論文数全体に占めるそれぞれのカテゴリーのシェアを%で示す。

②官と学は、作図上の都合から一括りにして公と称することにした。この結果、組織集団としては、原研、公、民（産）の3グループとした。なお、公については官と学の区分がつくように両者を波線で区別し、左側に来た矩形の面積で官（筆頭著者が官の論文）、右側に来た矩形の面積で学（筆頭著者が学の論文）を表した。また、本報ではこのネットワーキング図を使って説明を行う場合、産業界という意味の“産”ではなく、民間研究機関という意味で“民”と称する。ただし、これまで記述に用いてきたように産官学という総体を表す呼称は世の中で数多く使われているので、そのような場合は民官学ではなく産官学と称する。

③共同論文は、図中A～F及び三者共通Gと示されている面積部分である。この面積中例えば、Aの部分は、筆頭著者が原研の公との共同論文、Cは筆頭著者が公の原研との共同論文であることを表す。本報告書中では、原研から公に向かつてネットワークが張り出している、または腕（ネットワーキング）が出ていると記述する。図表等では原研→公というふうにも表す。それぞれの所属に近い部分が筆頭著者の所属を表す。また、Gは、原研、民、官、学の共同論文であり、著者の順列を無視し、三者共同論文として整理したものである。

なおネットワーキング(腕)のデータ精度に関しては以下に留意すべきである。すなわち、INIS論文の収録に際して原研はJST(科学技術振興機構)、IMIC(国際医学情報センター)と協力して国内関連論文の入力業務を遂行してきているが、論文データをINISに入力するとき、第1著者、第2著者等に所属機関名を漏れなく100%記載するようなシステムになったのは3年程前からである。すなわち、第1著者(及び第1著者と所属機関が同じ著者)については以前から所属機関名を記載してきた。3年程前から、日本からの入力についてのみ第1著者の所属機関名のみを記載する方式から全ての著者の所属機関名を記載する方式に変えた。従って、これから表示するネットワーキングについてはその腕の数量は最低値であり、実際はもう少し多めであろうと考えられる。

(2) 評価の基準

上記で作成したネットワーキング図に基づき、次のような基準で評価するものとする。

- ①当該研究分野の研究の広がりの程度は、面積が象徴している。
- ②原研の、民、官、学との連携の程度は、共同執筆論文の面積が象徴している。
- ③年代を追うごとに連携の程度が拡大している場合には、原研の当該基礎・基盤研究の成果が他に波及していることを象徴している。

4 評価結果

4.1 原研の物質科学研究は、どのような研究分野に注力してきたか

(1) キーワードランキングの結果

3章 3.2(1)で述べたように、原研の物質科学研究は、物質科学研究部をはじめ、先端基礎研究センター等の部、センターで展開されている。それでは、原研の物質科学研究は、どのような研究分野に注力してきたのであろうか。

原研の物質科学研究キーワードランキング（以下、原研{Top100}）の結果は表3のとおりである。これを見ると、ランキング1位はイオン照射で、このキーワードをもった論文は562論文中31論文であった。2位はアクチノイドで、このキーワードをもった論文は27論文であった。ここにランキングされたキーワードの総数は109であり、キーワード総数3444の約5%に相当している。原研{Top100}の内容を吟味してみると、それ自身が原研注力研究分野を代表するものが大部分であるが、例えば、タンデム加速器のように単に実験手段としての装置を表すものも含まれており統一されていないのではないか、との批判もありえようが、こうした装置の開発、利用の方法自体が基礎・基盤研究の一部をなすものであり、決して異質のものではない。なお、本報告書では、専門外の方には理解されづらいと判断されたキーワードにつき、その大まかな内容を表の右側に説明した。

表 3 原研 JOLIS から出発した物質科学研究キーワードランクィング Top100
(頻度 5 の最終ランク 109 位まで掲示)

物質科学研究部(1998.4-2002.3, 5 years including 562 papers) As-written 3444 key words, Top 111 Rankig (111Keywords composed of 957words)		
Rank	Keyword	Net Points
1	Ion Irradiation	31
2	Actinides	27
3	Tandem Accelerator	25
4	Molten Salt	21
5	EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure)	18
6	Neutron Irradiation	18
7	Synchrotron Radiation	18
8	Lanthanide	17
9	Transmutation	14
10	ECR Ion Source	13
11	Electron Energy Loss Spectroscopy	13
12	ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor)	13
13	Single Crystal	13
14	High Temperature Superconductor	12
15	Radiation Damage	12
16	TEM (Transmission Electron Microscope)	12
17	Cluster	11
18	Electronic Excitation	11
19	Fission	11
20	Multiply Charged Ion	11
21	Positron	11
22	Uranium	11
23	Americium	10
(中略)		
98	Low Dosed Ferritic Steel	5
99	Nondestructive Analysis	5
100	Plateau	5
(中略)		
106	Surface	5
107	Thermal Diffusivity	5
108	XANES: X-Ray Absorption Near Edge Structure	5
109	Zirconium Carbide	5

得点5のキーワードが86位から
109位までだったので、Top100で
区切らず109までを評価対象とし
た。

(2) 原研 {Top100} の特徴

原研物質科学研究が注力してきた研究分野（以下、原研物質科学注力（重点）研究分野）は、イオン照射、アクチノイド、タンデム加速器、溶融塩、X線吸収広域微細構造 EXAFS、中性子照射、放射光、ランタノイド、マイナーアクチニド消滅処理、ECR イオン源等である。

これらの研究分野は、いずれも原子力を中心に色濃く展開されているものと評価し得るのではなかろうか。

また、原研 {Top100} の研究分野においては、論文数で見る限り、国外、国内の研究機関とも比較してウェイトも高く（図 5、図 6、図 7）、中心的活動を進めていると、総体的に言えるのではなかろうか。（原研 {Top100} に対応する世界、日本、原研の論文数、シェアを比較対照した詳細内容については、付録 2 を参照されたい。）

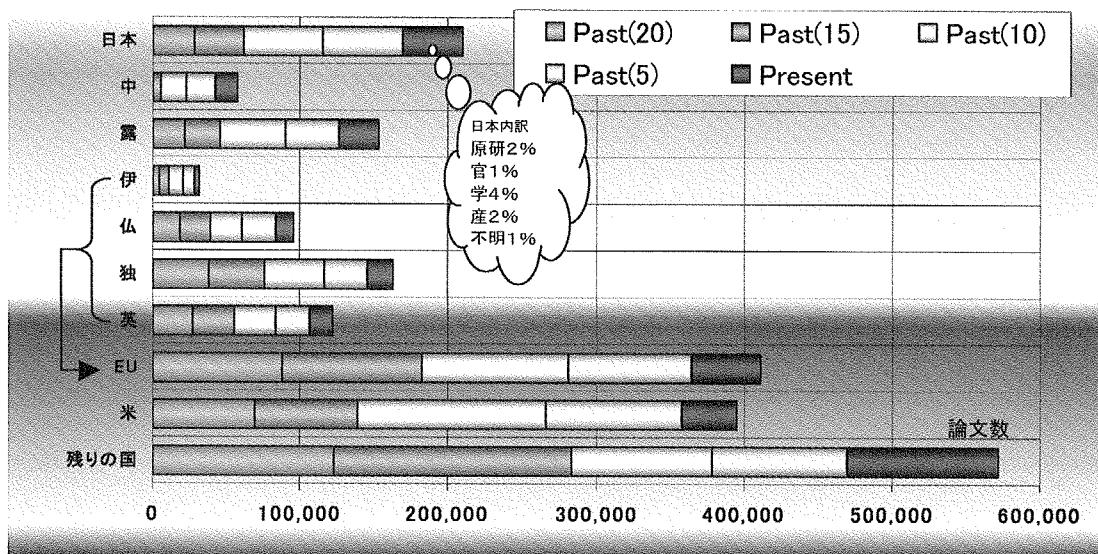


図 5 原研の物質科学注力研究分野 Top1-109 (INIS、Present) を使って調べた、
日本と世界の物質科学主要国における 25 年間の論文数 (延べ数表示)

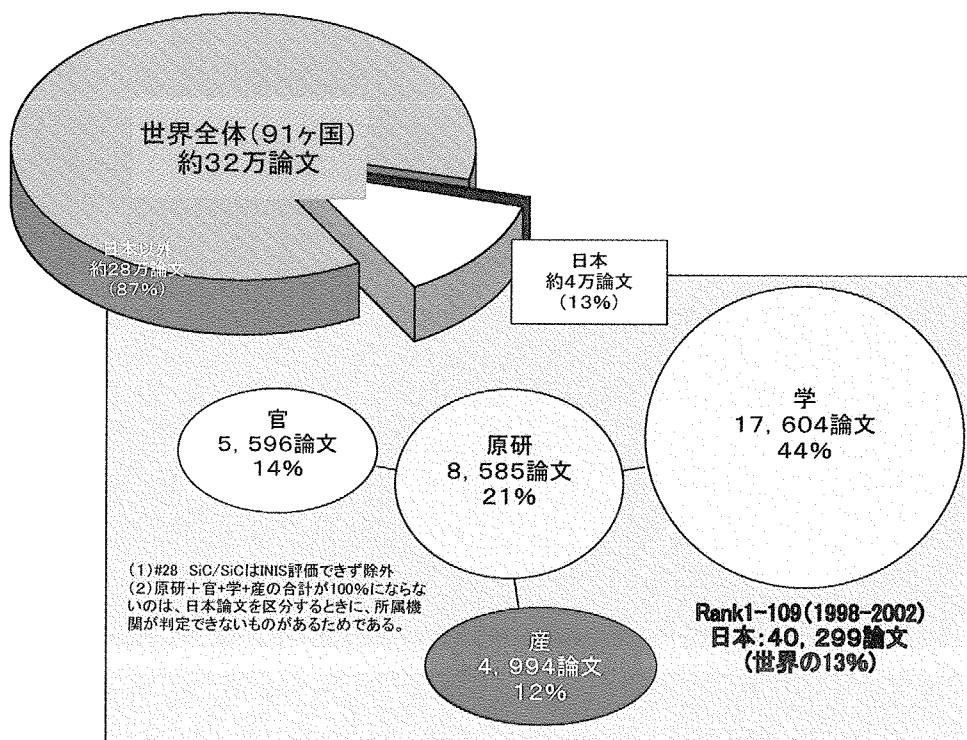


図 6 原研の物質科学注力研究分野 Top1-109 (INIS、Present) を使って
評価した国内機関における論文蓄積数

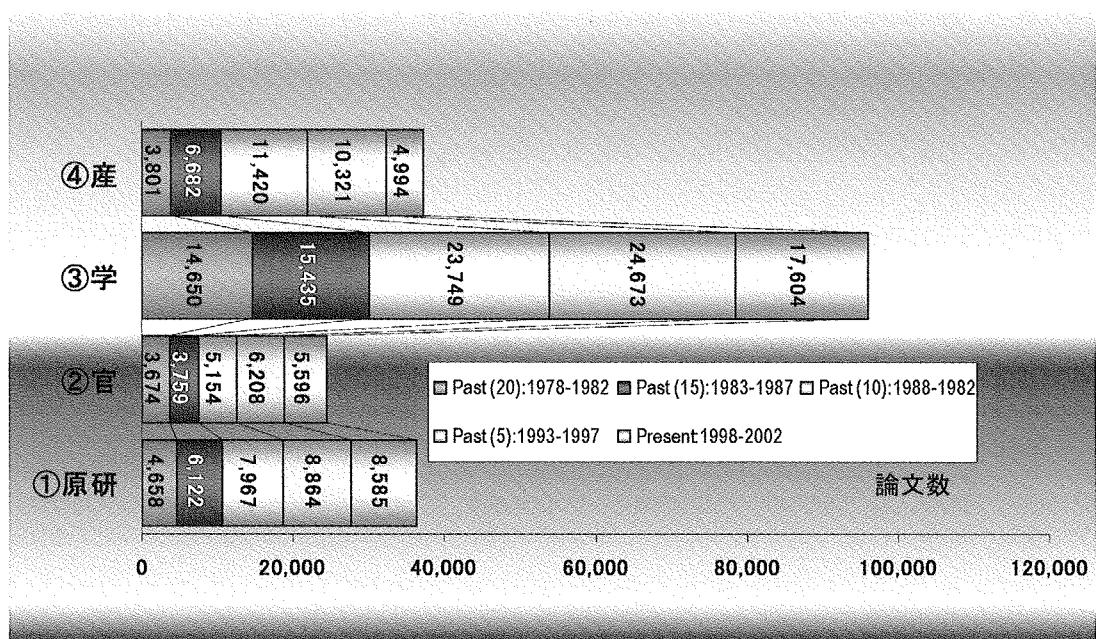


図 7 原研物質科学注力研究分野 Top1-109において、機関別、年代別に見た
論文蓄積数（INIS、延べ数で評価）

4.2 原研が注力してきた研究分野と他の研究機関・大学等が注力してきた研究分野との差違の有無

(1) 原研以外で物質科学研究を実施している国内代表的研究機関（以下、他機関）の注力分野

原研が注力してきた研究分野は、物質科学研究を実施している国内代表的研究機関（以下、他機関）が注力してきた研究分野との間に差違があるのか。あるとしたら、どのような特徴をそれぞれ有しているのだろうか。

1) 他機関の選定

原研以外に物質科学研究を実施している主要な他機関として、原研でこの分野に精通している者の意見をもとに、①高エネルギー加速器研究機構（以下、KEK）（学）、②東京大学（以下、東大）（学）、③東北大学（以下、東北大）（学）、④物質材料研究機構（機構創立前については、その前身である金属材料技術研究所及び無機材質研究所）（以下、物材研）（官）、⑤理化学研究所（以下、理研）（官）の5機関を選出した。

2) 他機関注力研究分野の抽出

他機関、例えば KEK で実施されている物質科学関連研究で、その成果を一括した論文集のようなものがあるのかどうか予備調査したが、そのようなものは見当たらなかった。ところで、INIS には原研のみならず他機関の論文も殆どをカバーして収録されている。しかし、物質科学関連論文かどうか特定しながら収録したものではない。そこで以下の手順に従って他機関注力研究分野を決定することとした。

- ① INIS の Present (1998-2002 年) から、KEK、東大、東北大、物材研、理研を筆頭著者とする論文を SOCIOECO プログラムを用いて抽出。
- ② 抽出された KEK 論文群、東大論文群、東北大論文群、物材研論文群、理研論文群から、各機関毎にキーワードランキング {Top100} を作成。
- ③ 機関毎に作成された {Top100} を全体集合として、その中に含まれる各キーワードの数を数え、ランキングリスト（各機関の {Top100} に登場するキーワードが、最高点 5 ポイントを獲得する仕組みのリスト）を作成、「他機関 {Top100}」とする^(注9)。

3) 抽出結果

表 4 は、SOCIOECO プログラムにより抽出された他機関論文数と附属キーワード数を示している。他機関合計 2,104 論文、約 5 万余のキーワードが抽出された。

JOLISを使った原研物質科学部では1論文につき平均6キーワードが記載されているのに対し、INISを使った他機関の場合1論文につき平均24キーワードが記載されている^(注10)。表5は他機関を構成する個々の機関別に見た{Top100}である。紙幅の都合により{Top30}の掲示に止めてある。

表4 他機関論文数と抽出キーワード数(INIS、Present)

物質科学 他機関	区分	1998-2002 論文数	抽出 キーワード数
KEK	学	616	14,024
東大	学	695	17,016
東北大	学	628	16,378
物材研	官	37	757
理研	官	128	2,999
	計	2,104	51,174

1論文あたりの平均キーワード数は原研の約2倍

表5 他機関のうちKEK、東大、東北大に関するキーワードTop30

KEK(616論文、14,024keywords)			東大(695論文、17,016keywords)			東北大(628論文、16,378keywords)		
Rank	Keywords	Points	Rank	Keyword	Points	Rank	Keywords	Points
1	ACCELERATORS	316	1	OXYGEN COMPOUNDS	154	1	ELEMENTS	127
2	BEAMS	267	2	MATERIALS	120	2	MATERIALS	124
3	EQUIPMENT	220	3	ELEMENTS	112	3	PHYSICAL PROPERTIES	119
4	PARTICLE BEAMS	215	4	CHALCOGENIDES	109	4	ISOTOPES	118
5	LINEAR ACCELERATORS	183	5	ISOTOPES	105	5	ALLOYS	111
6	ELEMENTARY PARTICLES	171	6	PHYSICAL PROPERTIES	104	6	NUCLEI	108
7	ELECTRONIC EQUIPMENT	158	7	OXIDES	103	7	METALS	105
8	LEPTON BEAMS	132	8	NUCLEI	102	8	NUCLEAR REACTIONS	93
9	CYCLIC ACCELERATORS	129	9	ELEMENTARY PARTICLES	95	9	ELEMENTARY PARTICLES	88
10	SYNCHROTRONS	121	10	MATHEMATICAL MODELS	91	10	SCATTERING	87
11	STORAGE RINGS	119	11	RADIATIONS	91	11	RADIOISOTOPES	86
12	MEASURING INSTRUMENTS	115	12	FERMIONS	85	12	SPECTRA	86
13	FERMIONS	111	13	RADIOISOTOPES	82	13	OXYGEN COMPOUNDS	85
14	HADRONS	109	14	TRANSITION ELEMENT COMPOUNDS	80	14	TRANSITION ELEMENT COMPOUNDS	85
15	ELECTRON BEAMS	103	15	ELECTROMAGNETIC RADIATION	78	15	FERMIONS	84
16	RF SYSTEMS	101	16	REACTORS	74	16	TRANSITION ELEMENT ALLOYS	82
17	RESONATORS	96	17	INTERACTIONS	71	17	ENERGY RANGE	79
18	RADIATIONS	88	18	METALS	70	18	MEASURING INSTRUMENTS	77
19	NUCLEON BEAMS	84	19	BEAMS	68	19	INFORMATION	75
20	CAVITY RESONATORS	83	20	MEASURING INSTRUMENTS	67	20	HADRONS	69
21	ENERGY RANGE	82	21	BETA DECAY RADIOISOTOPES	63	21	BEAMS	67
22	PROTON BEAMS	82	22	THERMODYNAMIC PROPERTIES	62	22	BETA DECAY RADIOISOTOPES	63
23	MECHANICS	81	23	SCATTERING	61	23	CHALCOGENIDES	63
24	RADIATION SOURCES	81	24	LIGHT NUCLEI	58	24	TRANSITION ELEMENTS	63
25	ELECTROMAGNETIC RADIATION	77	25	PARTICLE INTERACTIONS	58	25	TARGETS	62
26	DYNAMICS	76	26	PHASE TRANSFORMATIONS	58	26	COHERENT SCATTERING	61
27	POSITRON BEAMS	75	27	RADIATION EFFECTS	58	27	DIFFRACTION	61
28	ACCELERATOR FACILITIES	74	28	HADRONS	57	28	CRYSTAL STRUCTURE	60
29	INTERACTIONS	73	29	SIMULATION	52	29	TEMPERATURE RANGE	59
30	BOSONS	70	30	INFORMATION	51	30	BARYONS	58

KEKについてみると、加速器が第1位で、これをキーワードにした論文が616論文中316論文（約半数）ある。以下、ビーム、装置と続く。東大についてみると酸素化合物が第1位でこれをキーワードにした論文が695論文中154論文（22%）ある。以下、材料、要素（元素）と続いている。東北大は要素（元素）が第1位で、これをキーワードにした論文が628論文中127論文（20%）ある。以下、要素、材料、物理的性質のように続く。表6に示す物材研は東大と同じく酸素化合物が第1位で、これをキーワードにした論文が37論文中13論文（35%）ある。論文数そのものはKEK、東大等に比較して少ない。以下、カルコゲナ化物、酸化物と続く。理研はビームが第1位で、これをキーワードにした論文が128論文中36論文（28%）ある。以下、原子核、同位体と続く。

表6 他機関のうち物材研、理研に関するキーワードTop30

物材研(37論文、757keywords)			理研(128論文、2,999keywords)		
Rank	Keywords	Points	Rank	Keywords	Points
1	OXYGEN COMPOUNDS	13	1	BEAMS	36
2	CHALCOGENIDES	11	2	NUCLEI	32
3	OXIDES	11	3	ISOTOPES	31
4	ALLOYS	10	4	ACCELERATORS	29
5	TRANSITION ELEMENT COMPOUNDS	10	5	ELEMENTS	29
6	ELEMENTS	9	6	HEAVY ION ACCELERATORS	27
7	MAGNETIC FIELDS	9	7	CYCLIC ACCELERATORS	26
8	PHYSICAL PROPERTIES	9	8	CYCLOTRONS	26
9	SUPERCONDUCTORS	9	9	ION BEAMS	24
10	CHEMICAL ANALYSIS	8	10	ISOCHRONOUS CYCLOTRONS	24
11	MATERIALS	8	11	RADIOISOTOPES	24
12	NONDESTRUCTIVE ANALYSIS	8	12	IPCR CYCLOTRON	23
13	CRYSTAL STRUCTURE	7	13	EQUIPMENT	21
14	METALS	7	14	ELEMENTARY PARTICLES	19
15	TRANSITION ELEMENT ALLOYS	7	15	BETA DECAY RADIOISOTOPES	18
16	COPPER COMPOUNDS	6	16	MATHEMATICAL MODELS	18
17	COPPER OXIDES	6	17	RADIOACTIVE ION BEAMS	17
18	EQUIPMENT	6	18	CHARGED PARTICLES	16
19	SPECTROSCOPY	6	19	INFORMATION	16
20	X-RAY EMISSION ANALYSIS	6	20	LIGHT NUCLEI	16
21	BISMUTH COMPOUNDS	5	21	NUCLEAR REACTIONS	16
22	ELECTROMAGNETIC RADIATION	5	22	EVEN-EVEN NUCLEI	15
23	HIGH-TC SUPERCONDUCTORS	5	23	FERMIIONS	15
24	IRON ALLOYS	5	24	IONS	15
25	MAGNETIC MOMENTS	5	25	BETA-MINUS DECAY RADIOISOTOPES	14
26	MAGNETS	5	26	ENERGY LEVELS	14
27	RADIATIONS	5	27	MEASURING INSTRUMENTS	14
28	RARE EARTH COMPOUNDS	5	28	NUCLEAR MODELS	14
29	TRANSITION ELEMENTS	5	29	RADIATIONS	14
30	X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS	5	30	STABLE ISOTOPES	14

最終的には
KEK、東大等の
5研究機関から
得たそれぞれの
Top100
(100x5=500ワー
ド)

を対象に、もう
一度ランキング
し、他機関共通
のTop100ランキ
ングを作成

他機関共通
キーワード

次に、他機関{Top100}を見る。表7はその結果である。上位からみると5ポイントを得たキーワードは、電磁放射線、要素（元素）、エネルギーレンジ、装置、磁場、測定機器、金属、核反応、物理的性質、放射線、散乱、遷移元素の12である^(注11)。このうち、電磁放射線、要素（元素）、エネルギーレンジ、核反応、

放射線、散乱、遷移元素は物質と放射線との相互作用を研究する物質科学に近い基本キーワードである。

表 7 他機関 (KEK、東大、東北大、物材研、理研) 共通の物質科学研究キーワード Top100、1998-2002 年、INIS (頻度 2 の最終ランク 117 位まで掲示)

Rank	Keyword	Points	Rank	Keyword	Points	Rank	Keyword	Points
1	ELECTROMAGNETIC RADIATION	5	41	TEMPERATURE DEPENDENCE	4	81	ELECTRICAL PROPERTIES	2
2	ELEMENTS	5	42	TRANSITION ELEMENT COMPOUNDS	4	82	ELECTROMAGNETS	2
3	ENERGY RANGE	5	43	ALKALINE EARTH METAL COMPOUNDS	3	83	ELECTRON MICROSCOPY	2
4	EQUIPMENT	5	44	BETA-MINUS DECAY RADIOISOTOPES	3	84	EMISSION	2
5	MAGNETIC FIELDS	5	45	COHERENT SCATTERING	3	85	ENERGY	2
6	MEASURING INSTRUMENTS	5	46	DIFFRACTION	3	86	EVEN-EVEN NUCLEI	2
7	METALS	5	47	ELECTRICAL EQUIPMENT	3	87	FABRICATION	2
8	NUCLEAR REACTIONS	5	48	ENERGY LEVELS	3	88	FIELD THEORIES	2
9	PHYSICAL PROPERTIES	5	49	EXPERIMENTAL DATA	3	89	IRON ALLOYS	2
10	RADIATIONS	5	50	INTERMEDIATE MASS NUCLEI	3	90	IRON BASE ALLOYS	2
11	SCATTERING	5	51	IONIZING RADIATIONS	3	91	IRRADIATION	2
12	TRANSITION ELEMENTS	5	52	LEPTON BEAMS	3	92	LEPTONS	2
13	ACCELERATORS	4	53	MAGNETIC MOMENTS	3	93	LINEAR ACCELERATORS	2
14	ALLOYS	4	54	MAGNETIC PROPERTIES	3	94	MAGNETIZATION	2
15	BARYONS	4	55	MAGNETS	3	95	MANAGEMENT	2
16	BEAMS	4	56	MATHEMATICAL MODELS	3	96	MECHANICS	2
17	BETA DECAY RADIOISOTOPES	4	57	NEUTRONS	3	97	NUCLEAR MODELS	2
18	CHALCOGENIDES	4	58	NONMETALS	3	98	ODD-ODD NUCLEI	2
19	CHARGED PARTICLES	4	59	ODD-EVEN NUCLEI	3	99	ORGANS	2
20	DATA	4	60	ORGANIC COMPOUNDS	3	100	PARTICLE INTERACTIONS	2
21	ELEMENTARY PARTICLES	4	61	PHASE TRANSFORMATIONS	3	101	PARTICLE MODELS	2
22	FERMIONS	4	62	RADIATION SOURCES	3	102	PARTICLE PROPERTIES	2
23	HADRONS	4	63	STABLE ISOTOPES	3	103	PERFORMANCE	2
24	INFORMATION	4	64	TESTING	3	104	PHYSICS	2
25	INTERACTIONS	4	65	THERMODYNAMIC PROPERTIES	3	105	QUANTUM FIELD THEORY	2
26	IONS	4	66	TRANSITION ELEMENT ALLOYS	3	106	RADIATION EFFECTS	2
27	ISOTOPES	4	67	ACCELERATOR FACILITIES	2	107	RARE EARTH COMPOUNDS	2
28	LIGHT NUCLEI	4	68	BODY	2	108	REACTORS	2
29	MATERIALS	4	69	BREMSSTRAHLUNG	2	109	RESOLUTION	2
30	NUCLEI	4	70	CALCULATION METHODS	2	110	SIMULATION	2
31	NUCLEONS	4	71	CHEMICAL ANALYSIS	2	111	STORAGE RINGS	2
32	NUMERICAL DATA	4	72	CHEMICAL REACTIONS	2	112	SUPERCONDUCTING DEVICES	2
33	OXIDES	4	73	CROSS SECTIONS	2	113	SUPERCONDUCTORS	2
34	OXYGEN COMPOUNDS	4	74	CRYSTAL STRUCTURE	2	114	SYNCHROTRON RADIATION	2
35	PARTICLE BEAMS	4	75	CRYSTALS	2	115	SYNCHROTRON RADIATION SOURCES	2
36	RADIATION DETECTORS	4	76	CURRENTS	2	116	THERMONUCLEAR REACTOR MATERIALS	2
37	RADIOISOTOPES	4	77	CYCLIC ACCELERATORS	2	117	YEARS LIVING RADIOISOTOPES	2
38	SPECTRA	4	78	DISEASES	2			
39	SPECTROSCOPY	4	79	DISTRIBUTION	2			
40	TARGETS	4	80	DOCUMENT TYPES	2			

4) 原研注力研究分野と他機關注力研究分野の差違の有無

原研 {Top100} と他機関 {Top100} について相互比較を行い、両者に共通するキーワードを同定してみた。その結果を図 8 に示す。それを見ると、両者には 7 つの研究分野が共通している。すなわち、放射光、照射、電子顕微鏡、中性子、核反応断面積、製造、加速器である。興味深いのは、原研 {Top100} で高位であったものは他機関 {Top100} ではランクが低位となり、原研 {Top100} 低位のものが逆に他機関 {Top100} ではランクが高位となっていることである。これは、注力研究分野が共通してはいるものの、共通分野をまったく同じウェイトで競争して研究しているというよりは、それぞれの機関の特色を保ちなが

ら競争している、あるいはお互いに補完的な形で研究し、国全体として総体的に見た場合の水準を高めていることを示唆しているのではなかろうか。

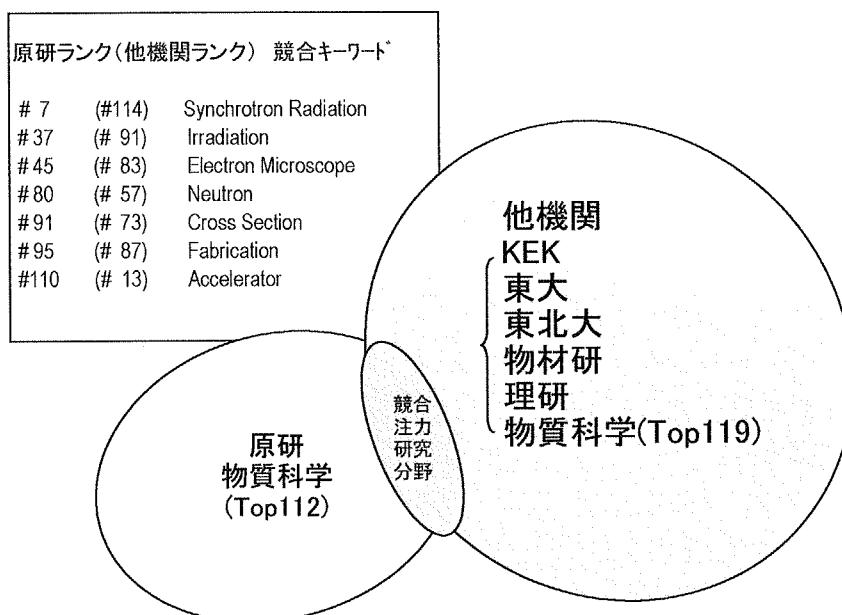


図 8 原研が注力してきた物質科学研究分野と他機関が注力してきた物質科学研究分野の比較から判明した競合（重畠）7 注力研究分野

(注9)

他機関{Top100}作成については、他機関のキーワードをそのまま集計してランキング化する方法も考えられるが、その場合、論文数の多い機関のキーワードが結局上位を占めることになるので、できる限り各機関の特徴を総体としても表現できるように、ここに示した方法を選択したものである。

(注 10)

INIS 本部では、各国から得た論文抄録の付随キーワードに対し、機械的に上位階層のキーワードを付加する(例:高温ヘリウムというキーワードに対し、高温ガス炉とその上位の原子炉が自動付加される)。JOLIS による原研キーワードは自動付加前の状態であり、他機関キーワードは付加後の状態であるので、両者のキーワード数には差異が生じる。本ケースでは、1論文当たり後者は前者の約 2 倍であった。

(注 11)

電磁放射線は私達が一般に使っている電子・ γ 線と言った放射線全体を総称するキーワードである。また、#78(ランク 78 位、以下同様)の病気、#99 の器官のように物質科学に無関係な医学キーワードも混在してきている。これは、他機関の場合物質科学研究とは関連が余り無い部署のものも抽出されてしまっているからであり、このような方法を採用した以上避けられないと考える。

4.3 原研が注力してきた研究分野に関するネットワーキングの実態

(1) 比較優位指數

原研{Top100}に挙げられた研究分野は、確かに原研が注力している研究分野ではあるが、原研以外にも研究している機関があり、論文数から見て常に原研がトップシェアを有しているとは限らない。そこで、原研{Top100}のうち、論文数から見て原研が最大シェアを有するものを摘出するため、次のような「比較優位指數」を作り、検索を行なった。

① 算出方法

$$\text{比較優位指數 (CPI } x) = (A_x) / (B)$$

ここで x はランク x 位の キーワードを示す。

$$A_x = \{\text{原研帰属論文数} | x\} / \{\text{日本帰属の論文数} | x\}$$

$$B = \sum \{\text{原研帰属論文数} | x\} / \sum \{\text{日本帰属論文数} | x\}, \quad x = 1 \sim 100$$

② 指数の意味

$CPI \geq 1$ であれば、論文数から見て、原研における当該キーワードの研究分野は、他機関に比較しシェアが高く、研究活動は比較的優位（活発）な状況にあると判断される。

③ 計算例

具体的な計算の例を、ランク 2 位のアクチノイドについて示す（表 8）。

表 8 ランク 2 位アクチノイドを使った比較優位指標計算例

Rank	Keywords	日本	原研	官	学	産
1	Ion Irradiation	307	80	54	154	15
2	Actinides	1,691	508	338	556	198
3	Tandem Accelerator	162	87	18	49	1
4	Molten Salt	147	21	28	54	39
5	EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure)	11	3	1	7	0
107	Thermal Diffusivity	63	21	8	27	5
108	XANES: X-Ray Absorption Near Edge Structure	10	0	1	9	0
109	Zirconium Carbide	19	4	6	6	2
Sum 1-109		40,229	8,585	5,596	17,604	4,994

アクチノイドに対応する日本帰属の論文数は 1,691、原研帰属論文数は 508 であるから

$$A_x = \{\text{原研帰属論文数} | \text{アクチノイド}\} / \{\text{日本帰属の論文数} | \text{アクチノイド}\} \\ = 508 / 1,691 = 0.30$$

原研{Top100}に対応する日本帰属論文数は 40,229、原研帰属論文数は 8,585 であるから

$$B = \sum \{ \text{原研帰属論文数} \} / \sum \{ \text{日本帰属論文数} \} = 8,585 / 40,299 = 0.21$$

よって

$$\text{比較優位指数 (CPI)} = 0.30 / 0.21 = 1.4 (>1)$$

したがって、原研アクチノイド研究は、論文数から見て我が国で比較的優位（活発）な状況にあると判断される。

④原研{Top30}の比較優位指数

計算結果は、図9のとおりである。

Rank	Keywords	Rank	Keywords	Rank	Keywords	Rank	Keywords	Rank	Keywords
1	Ion Irradiation	2	Actinides	3	Tandem Accelerator	4	Molten Salt	5	EXAFS
6	Neutron Irradiation	7	Synchrotron Radiation	8	Lanthanide	9	Transmutation	10	ECR Ion Source
11	Electron Energy Loss Spectroscopy	12	ITER	13	Single Crystal	14	High Temp. Superconductor	15	Radiation Damage
16	TEM	17	Cluster	18	Electronic Excitation	19	Fission	20	Multiply Charged Ion
21	Positron	22	Uranium	23	Ametium	24	Column Defect	25	Diglycolamide
26	MNP	27	Nitride	28	SGSC	29	Tensile Property	30	XAFS

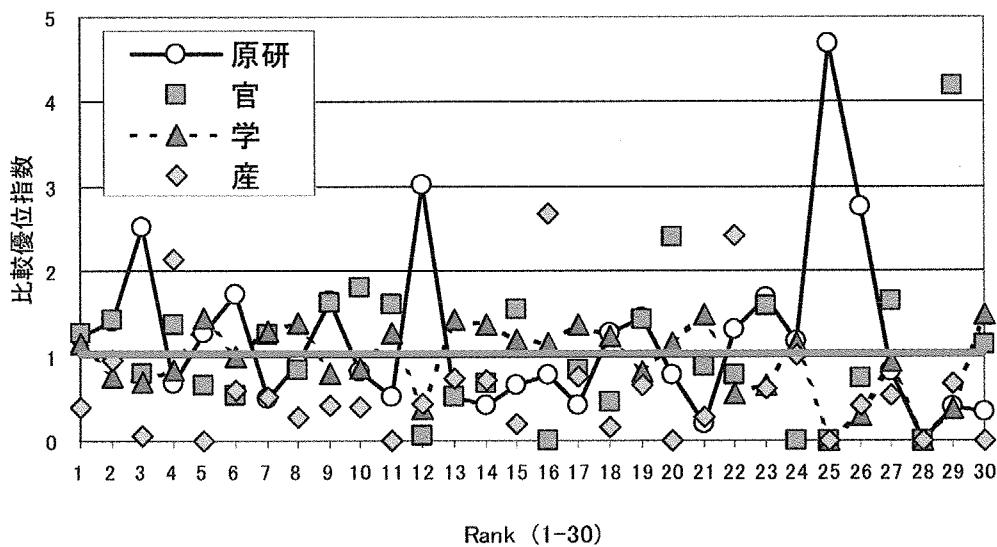


図9 原研物質科学注力研究分野Top30（上）を入力として計算した原研、官、学、産の比較優位指標の同時プロット（下）

これをみると、例えば#2 アクチノイド (Actinides) は CPI>1 であり、かつ原研は官とともに一番上にあって優位性を保っている（最上位）。一方#4 の溶融塩 (Molten Salt) を見ると、原研は CPI<1 にありかつ他の3機関の CPI よりも小さく一番下にある（最下位）。#8 のランタノイド (Lanthanide) をみると、原研は CPI=1 近傍でかつ他の3機関の指標と接近している（中間）。

以上のことから、原研が他の3機関に対して最上位にあるキーワードはネットワークの中心にある研究分野とし、最下位にあるキーワードはネットワークの中心にない研究分野とし、他の3機関の指標に接近した場合は中間状態にあると

それぞれ判断する。

(2) 原研注力研究分野におけるネットワーキングの実態

原研注力研究分野におけるネットワーキングの実態を具体的に検証するため、本節では、原研{Top100}のうち、上位 30 位までの原研{Top30}について考察を進める。

図 10 は、上記の比較優位指標を使って区分した原研{Top30}の抽出結果である。このうち、原研として比較優位の高い、すなわち国内ネットワークの中心にある研究分野は 11、比較優位の低い、国内ネットワークの中心にない研究分野は 7、中間のものは 6 となった（合計が 30 にならないのは#3 タンデム加速器、#10 ECR イオン源のように研究の手段として用いるような装置類等を削除したためである。）。

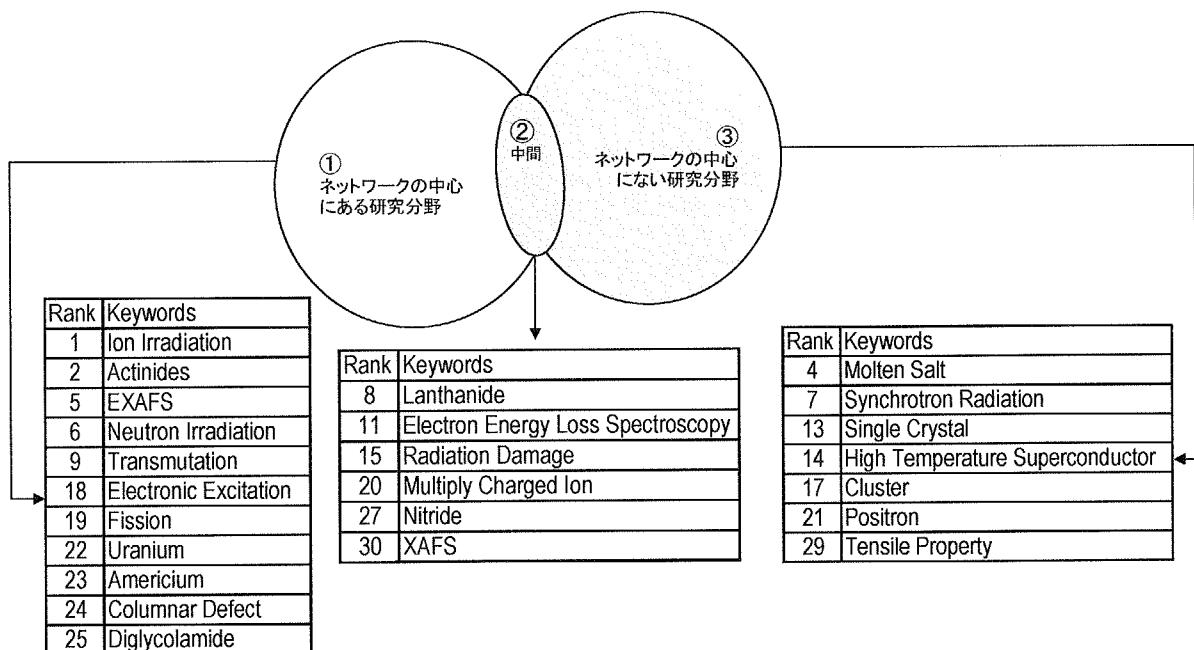


図 10 原研物質科学注力研究分野を、比較優位指標により国内ネットワークの中心にあるか否かを区分した結果 (Top30 について表示)

以下では、比較優位の高い研究分野におけるネットワーキングの実態について記述する。

ア) アクチノイド研究

原研{Top100}ではイオン照射 (Ion Irradiation) が1位だったが、INIS を通したキーワードのヒット数ランク付けではアクチノイド (Actinides) のヒット数が高かった。このため、原研が国内ネットワークの中心にある研究分野の代表として、アクチノイド研究分野を取り上げて分析する。^(注12)

a) ネットワーキング図

図 11 はアクチノイド研究 25 年間について、そのネットワーク図を見たものである。アクチノイド研究は持続的に発展し、我が国での総論文数（所属不明論文数を除いた値）は 7,237 となっている。このうち約 52% が公単独に帰属し、原研帰属論文は約 25%、民間のそれは約 17% である。原研-公間のネットワーキングは原研からの腕が 1.7%、公から原研への腕が 2.6%、合計 4.3% である。原研-民間及び公-民間の腕は 1% 台である。三者共通論文は 19 (0.3%) となっている。これは 25 年間の平均的な数字であり、もう少し個々に見ていくと少し様子がわかる。

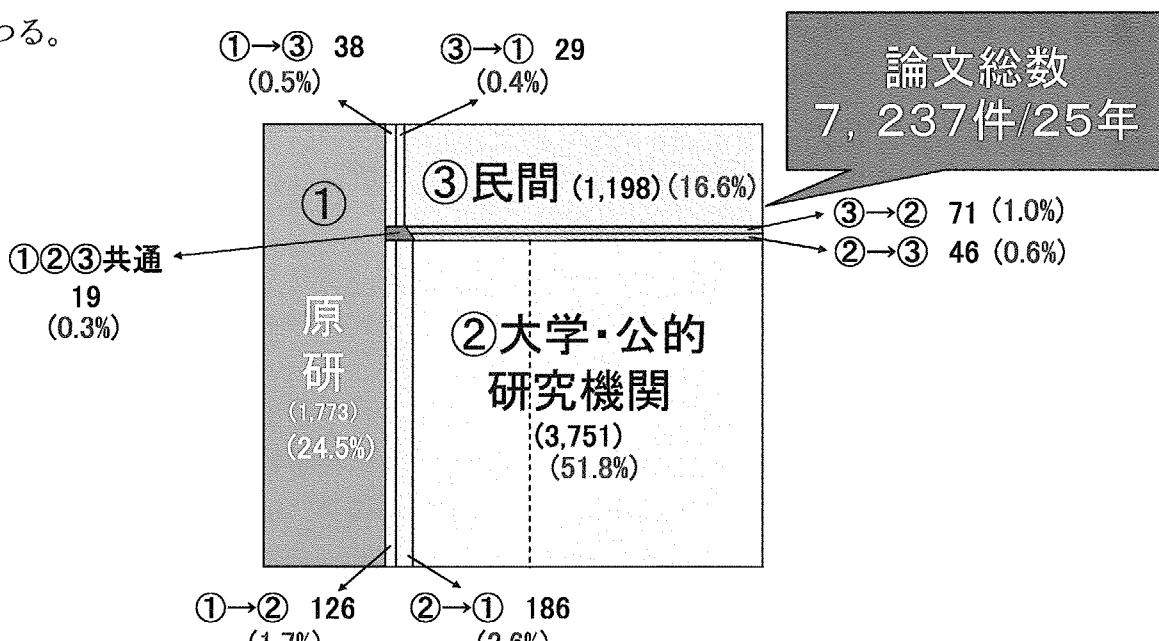


図 11 アクチノイド研究のネットワーキング（過去 25 年間の総括）

現在 (Present) と近い過去 (Past (5)) の比較をすると図 12 のようになる。論文の生産力は両者で余り変化はないが、Past (5) から Present をみると、全体的には公と民間における単独成果が減少し、原研-公等のネットワークが軒並み拡大 (4.6%→8.3% に倍増) する傾向にある。また原研から民間への腕を見ただけでも 5 論文が 23 論文に増加している。原研・公・民間の共同研究による成

果も4から10に増加した。

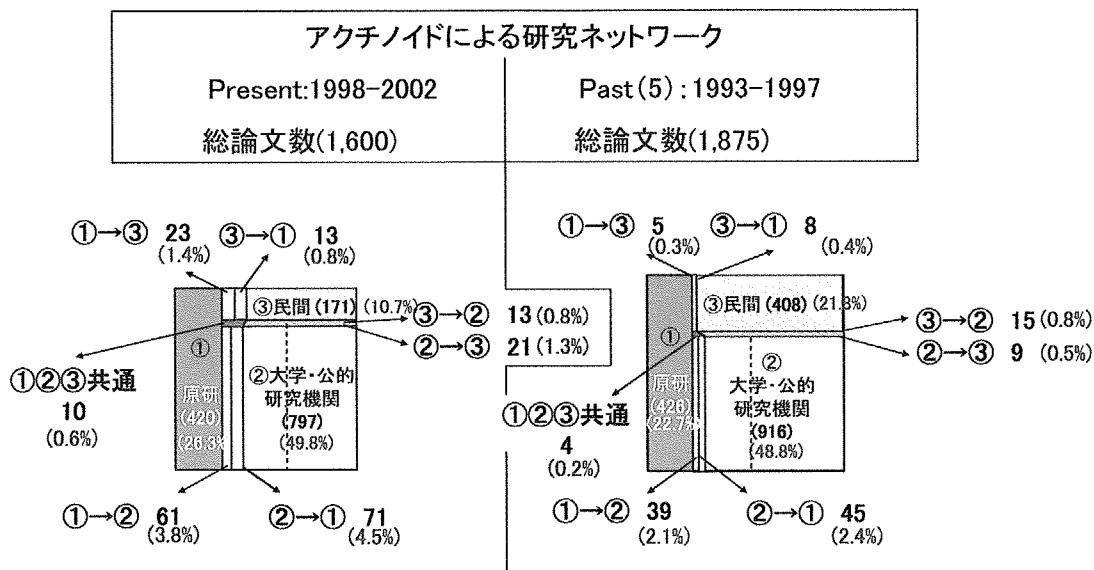


図 12 アクチノイド研究のネットワーキング(Present、Past(5))

図 13 はアクチノイド研究に関する国内機関別及び年代別論文数である。総論文数は学>原研>官>民の順であるが比較的拮抗している。学は Past (5) で最大 (634 論文) となったが最新 5 年間では少し減少傾向にある。原研は Past (20) の 245 論文から Present の 508 論文まで、25 年間で 2 倍強に論文数が増加した。Past (5) →Present で論文增加傾向に異変が起き原研以外は軒並み論文数が減少した。

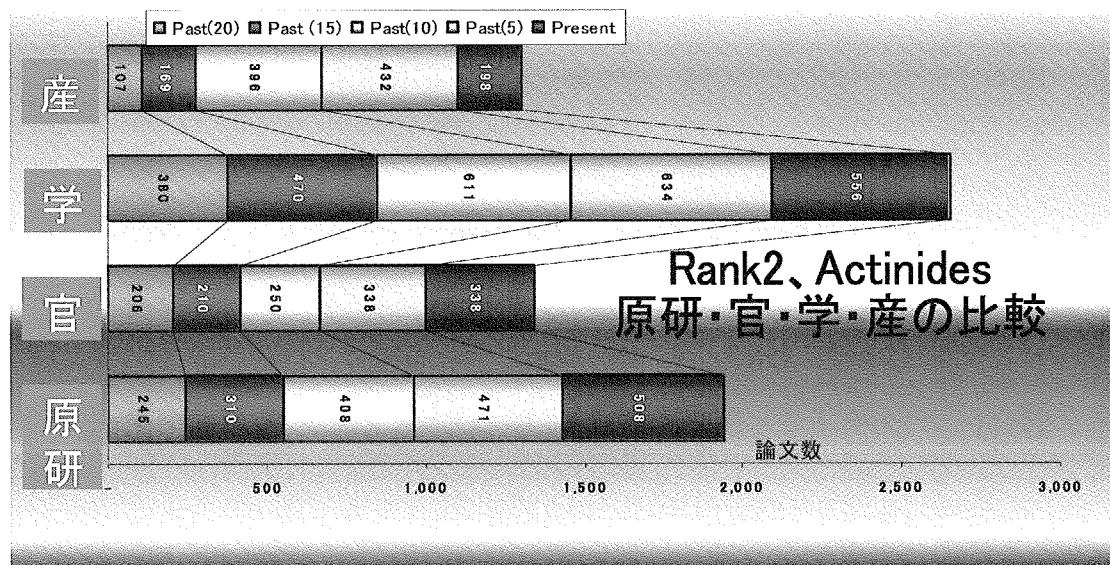


図 13 アクチノイド研究のネットワーク外部効果によって国内研究機関に蓄積された論文数(25 年、INIS)

世界的にみた場合はどのようにになっているのであろうか。図 14 はアクチノイド研究に係わる世界と日本の論文数を 25 年前から 5 年区切りで示している。これによると、日本を除く世界全体では、アクチノイド研究は Past (20) で約 1.8 万論文を輩出した以後、Present の約 1.2 万件まで徐々に減少している。我が国でも Past (5) 約 2 千件をピークに Present (1998-2002) では約 1,700 件と減少傾向にある。

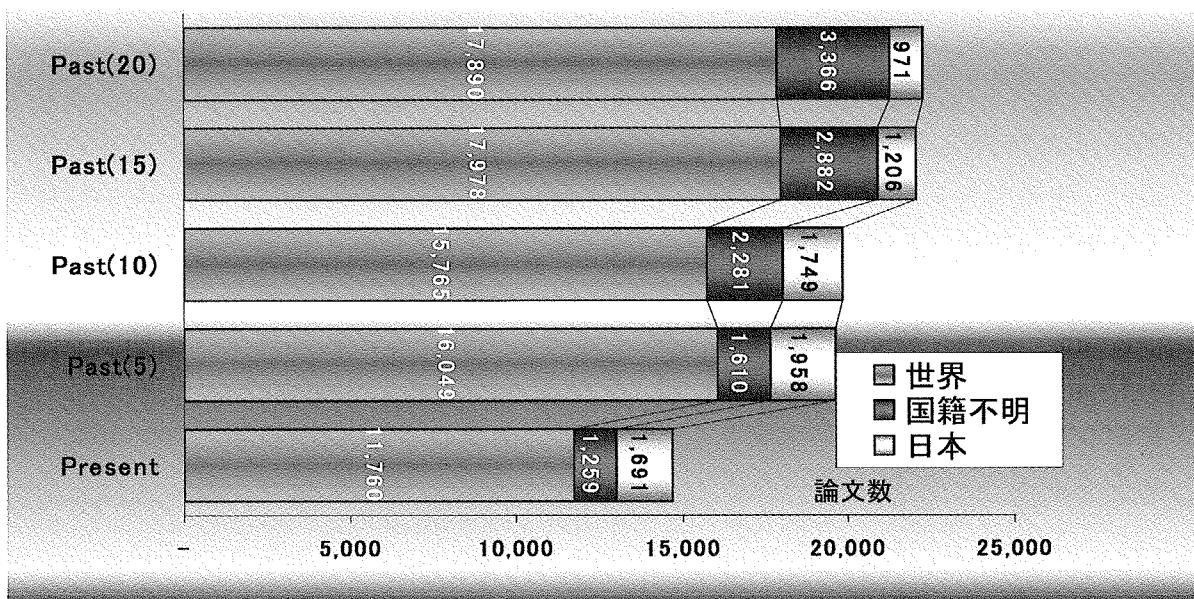


図 14 アクチノイド研究の世界的趨勢

(注 12)参考までに、イオン照射、アメリシウムに関するネットワーキング図を図 15 として示す。

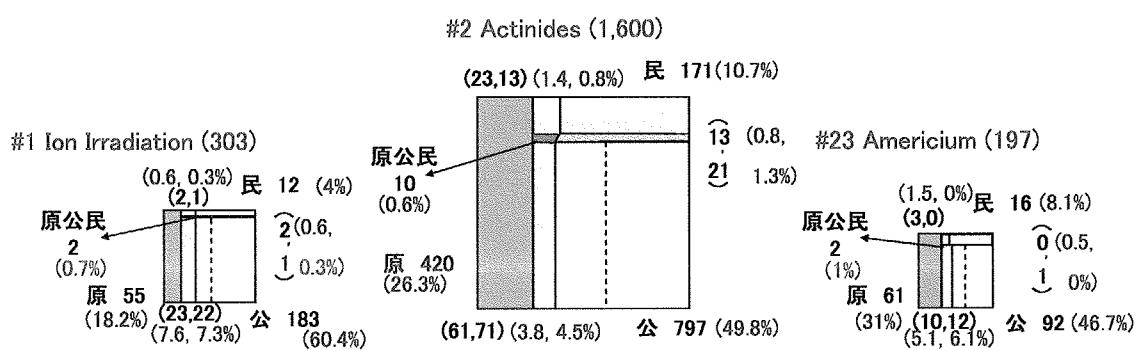


図 15 ネットワークの中心にある原研物質科学注力研究分野の例
(イオンビーム、アクチノイド、アメリシウム)

b) ネットワーキングの背景にある研究状況

上記のようなネットワーキングの背景には、以下のような状況が反映されているものと考える。

原研には、昭和 50 年代から平成にかけて (Past (20) 付近から Present に相当) 基礎・基盤研究を推進した研究母体の中心の一つとして燃料及び化学研究部がある。そこではアクチノイド (以下の 15 元素 Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr の総称) が高レベル廃棄物に含まれる毒性の高い長寿命核種 (Np, Pu, Am, Cm など) として再処理絡みで重要な核種と認識され、昭和 50 年代初め頃から群分離・消滅処理 (Partitioning & Transmutation、以下 P-T) 研究を開始した。後になって、動力炉・核燃料開発事業団 (現在、核燃料サイクル開発機構)、電力中央研究所 (以下、電中研) においても研究を開始し、おのおの成果を上げてきた。こうした流れをうけ、国において、群分離・消滅処理技術開発長期計画 (オメガ計画、1988 年原子力委員会) が策定され、その結果として、超ウラン元素 (TRU) 壕化物燃料等の乾式再処理技術開発や放射性廃棄物の抽出分離技術開発が進められた。1989 年には、我が国の提案により OECD/NEA の下で、P-T 研究に関する情報交換を主体とした国際協力が開始され、国際的に P-T 研究が再開されるきっかけとなつた⁽¹³⁾。

原研の代表的業績としては、例えば、抽出分離化学研究では、核廃棄物中の各種金属などについて分離技術の開発が行われ、マイナーアクチノイドを 99.9% 以上で抽出可能な高効率抽出剤 (ジグリコールアミド等) を開発した事例などが挙げられる。この研究関連で 43 論文を作成したとの報告がある⁽¹⁴⁾。

1970 年代中頃から 80 年代初めにかけ、米国やヨーロッパにおいては、P-T 研究に関する評価が行われ、技術としては可能であるがその意義は小さいとの報告書がまとめられ、一部の研究は下火となつた。

原研と他機関とのネットワーキングの背景にある状況をみてみる。1978-1982 年は原研全体では大型プロジェクト (安全性研究等) が立ち上がった時期である。原研プロジェクトの活動に合わせるように物理部 (タンデム加速器、核データセンタ)、原子炉工学部、燃料工学部等で物質科学に関連する研究が鋭意実施された時期である。この間 5 年間に 938 論文が輩出されている。ただし、共同論文は少なく (<1%)、機関単独で実施されていたのではないかと推測される。1988 年、すなわち Past (10) からオメガ計画が走り始め、機関単独研究からタンデム・研究炉等を用いたマイナーアクチノイド (Np, Am) の核変換処理等に関して、原研をはじめとする関係機関が一体的に取り組みを始めた。ウラン、トリウムならびに超ウラン元素酸化物、塹化物、合金、溶融塩等の物性データ取得を通じて、動力炉や研究炉の燃料技術の基礎に関する原研と産業界に大きなネットワーキングがこの期間に築かれた。

以上のようなネットワーキングの実態を、Past (20) から 5 年区切りでプロットしたのが図 16 である。原研-公の間では共同論文ネットワーキングが 5 年毎に 3-4%ずつ増加していったことが分かる。Present (1998-2002) では原研-学間の共著論文は 132 (61+71) 程輩出され、原研-民間でも 36 (23+13) 論文が輩出されている。Past (20) には全くなかった三機関共著も 10 論文ほど生じている^(注13)。

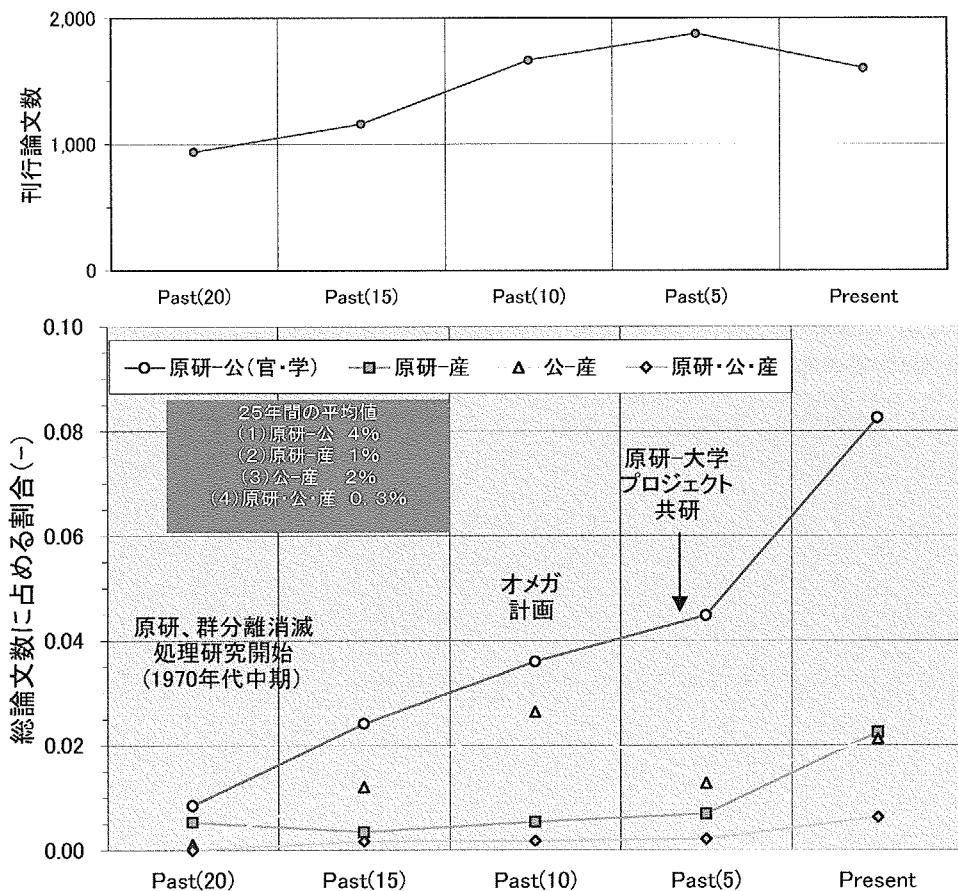


図 16 アクチノイド研究に見られるネットワーク外部効果の発達率

(注13)

オメガ計画が及ぼしたであろう影響については本記で言及したので、原研・大学プロジェクト共同研究に含まれた「バックエンド化学研究プロジェクト」について述べる。東大原子力総合センターの中間報告⁽¹⁵⁾によれば、同プロジェクトは P(20)-P(5)期間は TRU リサイクルのための核化学研究等を主体とした研究を実施したが、Present 期間はアクチノイド元素の核化学的研究と物理化学的研究等を主体とした研究を実施した。原研から延べ 313 名、大学から延べ 324 名の研究員等が参加

し、発表論文 232 件(これが INIS に登録されているかどうかは不明)等を輩出したとある。おそらくこのような原研と外部機関との協力関係構築によっても、ネットワーキングが拡大したものと推察する。

イ) 中性子照射、消滅処理、核分裂研究

図 17 は、原研{Top30}中、比較優位の高い、#6 中性子照射 (Neutron Irradiation)、#9 消滅処理 (Transmutation)、#19 核分裂 (Fission) についての 25 年間を総体としてみたネットワーキングを示したものである。中性子照射は研究炉、加速器から得られる中性子を使った照射研究分野で、これまで原研がその施設、機能を十分に活用して研究を進めてきたものであり、総論文数 471 のうち原研が 3 割を占めている。原研一公で 53 論文 (約 11%) が輩出されており、その間に大きなネットワークが発達している。

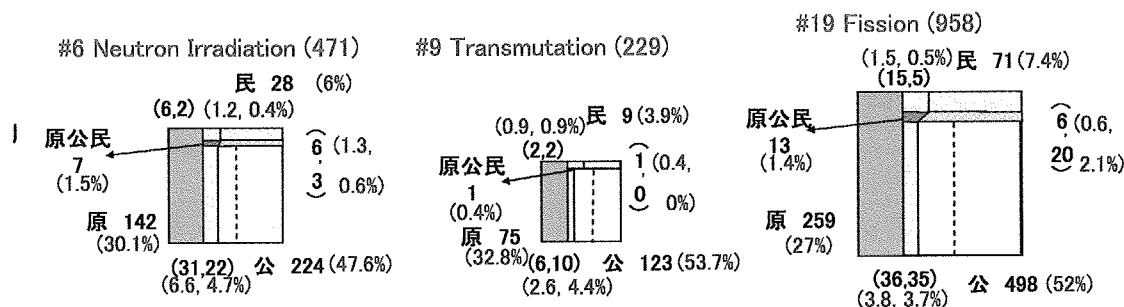


図 17 ネットワークの中心にある原研物質科学注力研究分野の例
(中性子照射、消滅処理、核分裂)

消滅処理 (Transmutation) は、オメガ計画に属する重要な研究分野である。論文総数は 229 とあまり多くないが、原研は機関単独で約 33%、75 論文を輩出している。比較優位指標で調べると、過去においては原研が圧倒的シェアを有し、この分野で先駆的役割を果たしたことが窺える。15 年位前から他機関のウェイトも高まりつつあり、研究の広がり、すなわちネットワーキングが拡大しつつある様子が見て取れる。

核分裂 (Fission) は、まさに、原子力の基礎をなす研究分野であり、原研設立当初から精力的に研究に取り組んできた分野である。25 年間の論文総数は 958 であり、その内訳は原研 30%、公 52%、民約 10%である。原研-公が約 8%、民単独 (約 7%)、三者共通論文 13 となるなど、民との関連が強い研究分野であり、基礎・基盤研究と原子力エネルギー応用へつながる社会経済効果が窺われるネットワーキングとなっている。

参考までに、図 18 は原研 {Top30} のうち、比較優位指標による判定から、原研の相対的ウェイトの低い研究分野の例として単結晶、高温超伝導、ポジトロン研究についてのネットワーキングを示したものである。図から分かるように、全体的に総面積 (総論文数) が今まで見てきたようなケースより小さく、かつ原研の占める割合も相対的に小さい。いずれも、公とくに学が支配的かつ重点

的に研究を進めている。単結晶では全体の約7割を公が占め、原研-公のネットワーク約10%は原研機関単独の論文数割合8%より大きい。高温超伝導でも全体の約7割を公が占め、原研-公のネットワーク約14%は原研機関単独の論文割合約7%の2倍もあり、これらの分野では、学が中心となっているネットワークに、原研も重要なプレーヤーとして参画していると推察される。

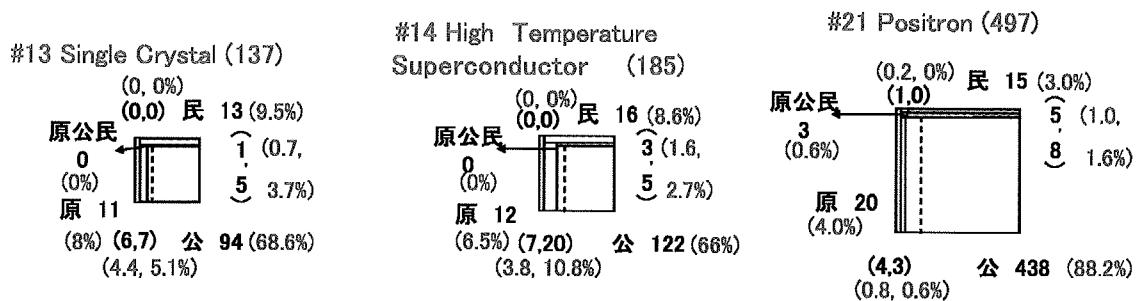


図 18 ネットワークの中心にない原研物質科学注力研究分野の例
(単結晶、高温超伝導体、ポジトロン)

ポジトロンで見ると、総論文数497に対し原研4%、公90%、民3%という構成になつておる、圧倒的に公(とくに学)のウェイトが大きい。原研内では、殆どが高崎研究所のTIARAを用いた研究が進められているが、原研-公ネットワークも1%程度に留まるなど、原研が中心となるネットワーキングとしては発達していない。

4.4 他機関が注力してきた研究分野に関する、原研ネットワーキングの実態

(1) 他機関 {Top100} のうち原研の比較優位研究分野

他機関が注力してきた研究分野であっても、原研もそれなりに注力し、独自の存在を示し、成果を収めてきた研究分野が存在する。そこで、4章 4.3(1)で述べた比較優位指数を使って同様の分析を行なった。その結果を図 19 に示す。他機関 {Top30} のうち、論文数から見て、原研が比較優位を保持している研究分野として、要素（元素）、装置、核反応、合金、重粒子、データ、情報、イオンの 8 研究分野が比較優位指標から判定された。優位性を保持していない研究分野として電磁放射線、測定装置、 β 崩壊放射性同位体、相互作用、軽量核、核の 6 研究分野が判定された。中間として、エネルギーレンジ、磁場、金属、物理的性質、放射線、散乱、遷移元素、加速器、ビーム、カルコゲナイズ、荷電粒子、元素粒子、フェルミオン、ハドロン、同位体、材料の 16 研究分野が判定された。

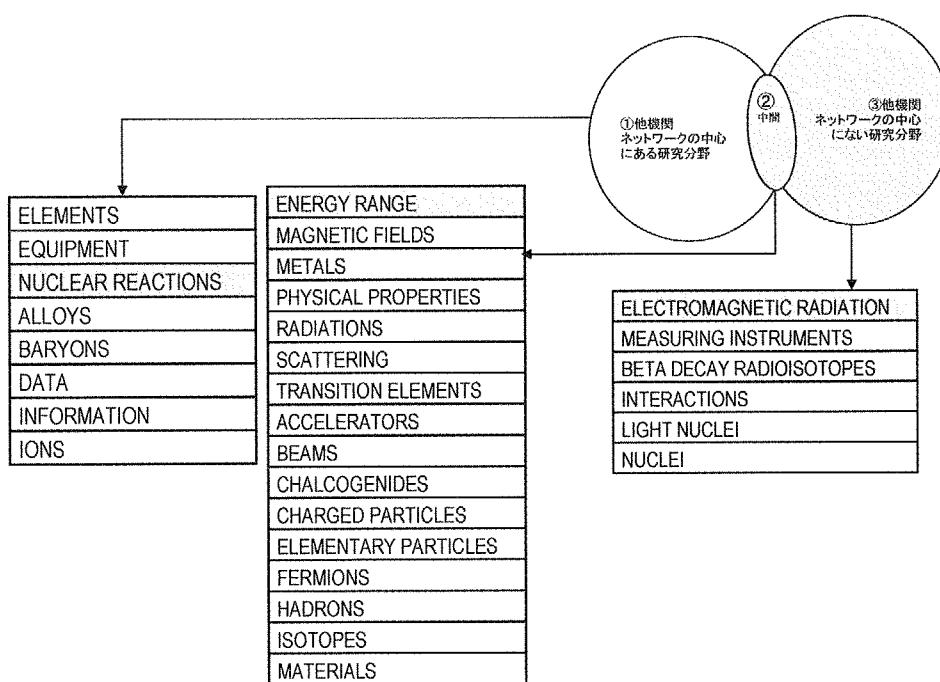


図 19 他機関物質科学注力研究分野につき、比較優位指標により
原研がネットワークの中心にあるもの、中間、中心にないものに区分した結果

(2) ネットワーキングの実態

上記で判定した中から、比較優位のある研究分野として核反応を、中間事例としてエネルギーレンジを、比較優位の低い研究分野として電磁放射線を選択し、それらのネットワーキングを図 20 に示した。

核反応についてのネットワーキングをみると、原研単独で約 20% のシェアがあり、原研-公の腕（共同論文）が約 13%、原研-民の腕が約 2% ある。エネルギーレンジのネットワーキングをみると、原研単独で 15% のシェアがあり、原研-公の腕が約 11%、原研-民の腕が約 2% ある。一方、電磁放射線ネットワーキングをみると、原研単独で約 12% のシェアがあり、原研-公の腕が約 6%、原研-民の腕が約 1% となっている。

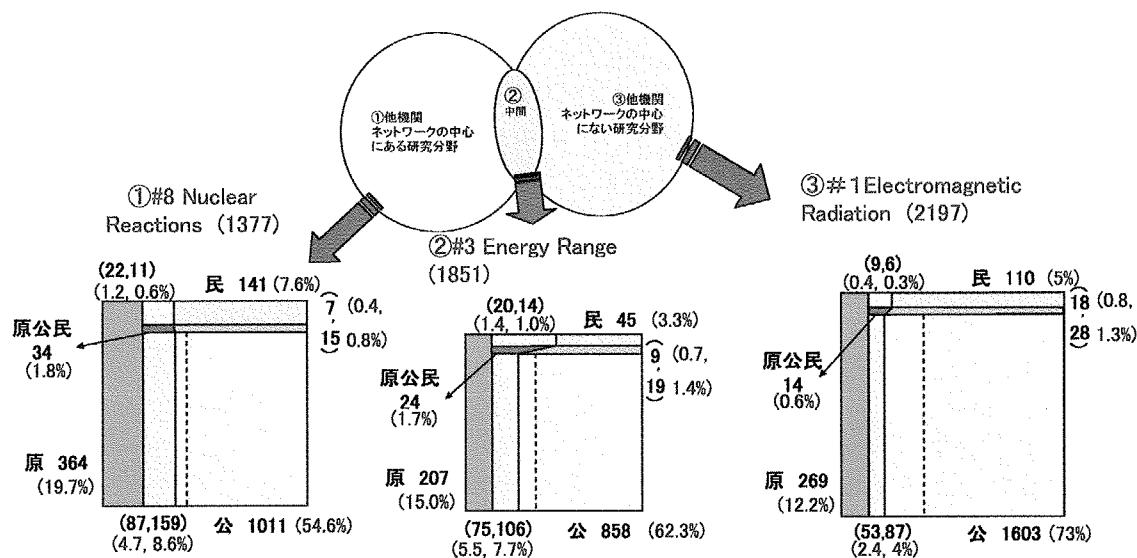


図 20 他機関物質科学注力研究分野に関する代表的ネットワークの横断比較
(核反応、エネルギーレンジ、電磁放射線)

以上を概括すると、当然のことながら、原研 {Top30} で、かつ比較優位の高い研究分野ほどの圧倒的ウエイトはないが、10% を超えるシェアを有していることが見て取れる。

4.5 他機関と競合する研究分野に関する、原研ネットワーキングの実態

(1) 他機関と競合する研究分野に関する、原研ネットワーキング

原研{Top100}及び他機関{Top100}が重なり合うキーワードは、原研、他機関双方とも注力している、いわば競合しながら進めている研究分野である。4.2(1)の4)で示したように、重疊注力分野は合計7研究分野あった。それらは、放射光、照射、電子顕微鏡、中性子、核反応断面積、製造、加速器である。その7研究分野から製造を除外した6研究分野について、Present (1998-2002) 条件下で作成したネットワーキングを図21示す。ネットワークの大きさの順からいくと中性子、照射、加速器、放射光、核反応断面積、電子顕微鏡の順になる。

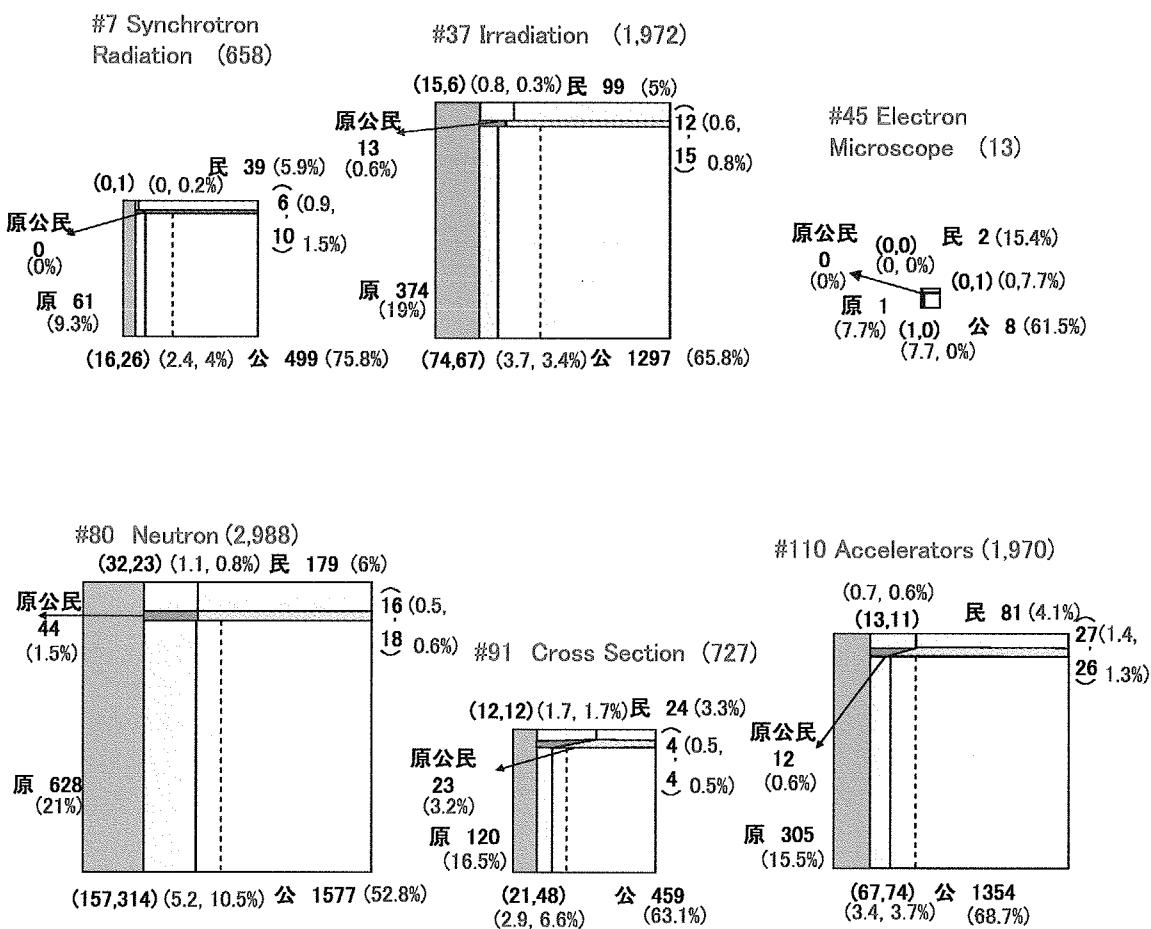


図 21 原研及び他機関の重疊（競合）分野におけるネットワーキング
(7研究分野から放射光、照射、電子顕微鏡、中性子、核反応断面積、加速器を抽出)

(2) ネットワーキングの実態

以下では、中性子研究分野におけるネットワーキングの実態について記述する。

1) ネットワーキング図

図 22 は、中性子について Past (20) から Present まで一括してネットワーキング図を作成したものである。総論文数が 14,472 と多く、研究分野としての拡がりの大きさを示している。機関別で見ると、公が 59%、8,511 論文を輩出し、次いで原研が 18%、2,541 論文、民が 14%、2,067 論文を輩出している。実際、原研はもとより、他機関も競って成果を生み出してきた研究分野である。腕については、原研-公間の 25 年間平均で 7% となっている。

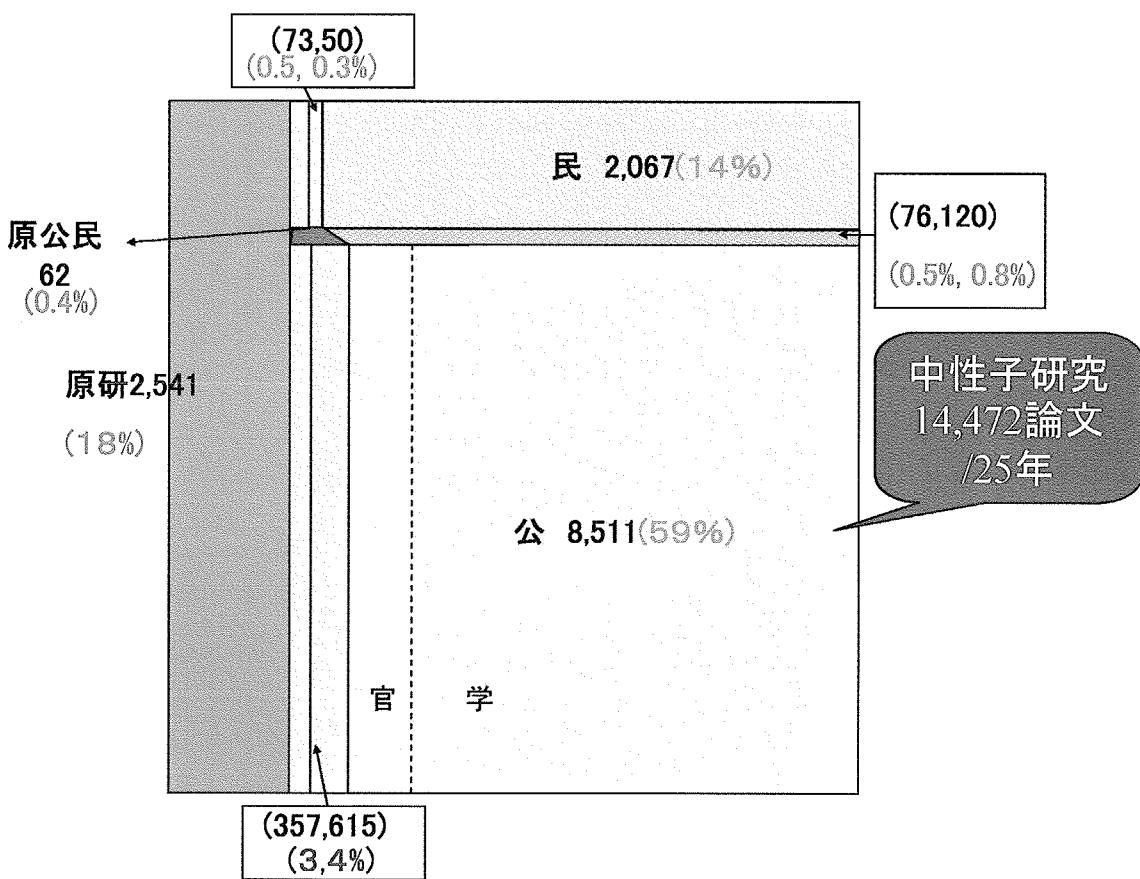


図 22 中性子研究のネットワーキング（過去 25 年間の総括）

図 23 は Past (20) から 5 年刻みでネットワーキング図の変遷を見たものである。論文数は 5 年毎に増加し、この分野の研究拡大振りが窺える。また、共同論文を表す腕の部分も年々拡大し、次第に各機関の連携へと拡大していく様子が見てとれる。例えば、原研-公では 5 年毎に 2%、3%、5%、6%、16% と増加している。

さらに、原研と民間の共同論文のシェアが年を追うごとに増加し、その連携が拡大している(約1%)。筆頭著者の割合も、原研が筆頭である場合が多く、原研の成果が民間に波及しつつある可能性を示唆している。さらに、Past(20)で0だった三者共通論文が年を追うに従って増加し、Presentでは44論文に達していることが特筆される。

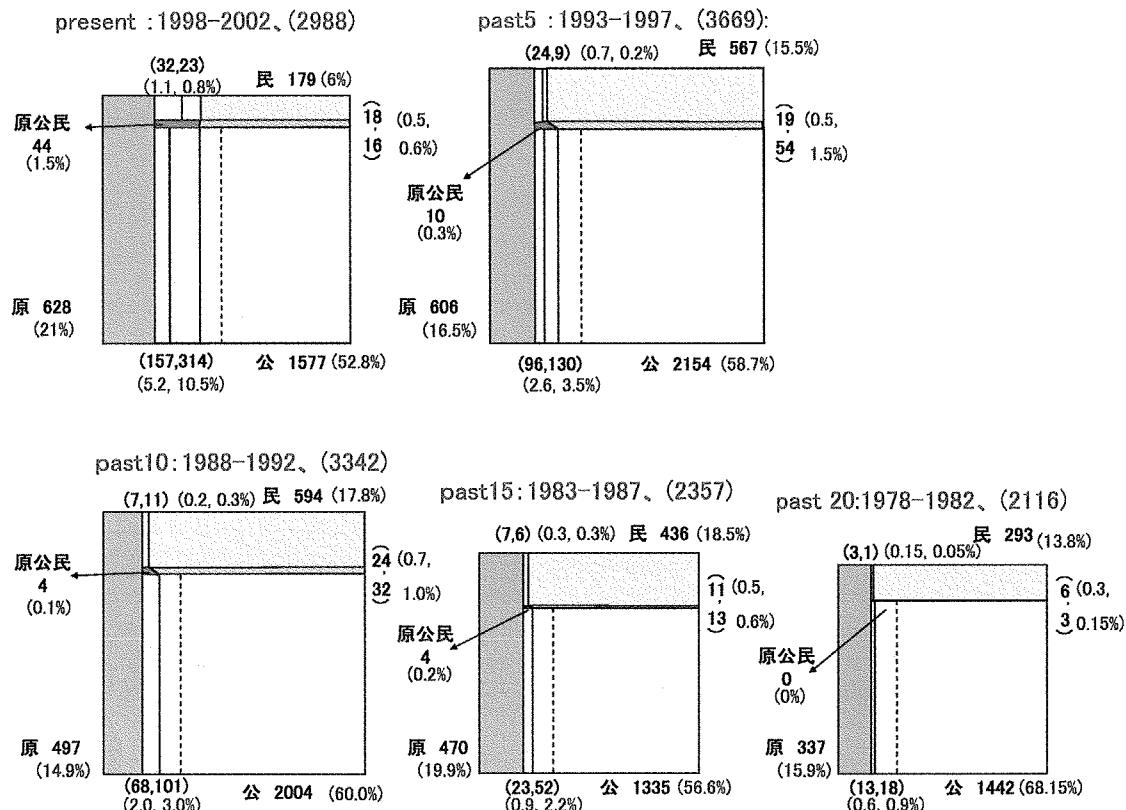


図 23 5年区切りで見た中性子研究ネットワーキングの進展

こうしたネットワーキングの変遷の背景には、Past(10)に相当する1990年に、それまでの研究用原子炉JRR-2に代わるJRR-3Mが臨界になり、共同利用施設としての利用が始まったことにより、中性子散乱、中性子ラジオグラフィ、中性子誘起即発 γ 線分析等、中性子ビームの新たな研究発展が可能になったことが挙げられる。加えて、低濃縮燃料を装荷したJRR-4がこの時期に供用開始となり、材料照射、放射化分析、医療照射、RI製造等の分野で利用の幅が広がったことも、上記ネットワーキングの背景要因として指摘されよう。

2) 研究者の群像から見たネットワーキングの展開

Past(20)を中性子研究の出発点と見なし、その時点でネットワーキングの中心(コア)に居た研究者が、その後の25年間でどの様に浮き沈みしたのかを論文

数で追跡してみた。コア研究者、その論文及び時間を因子にしたこの追跡データをここでは著者ネットワーキングと称す。この様な追跡は理論的にはその分野に属する全ての研究者に対して可能であるが、本報告書では、原研における中性子研究ネットワーキングの時系列的な展開の実態を見ることに重きを置いたため、最終的に追跡した人数はある対象分野で高々10人程度になった。

最初のアプローチは、Past(20)の時点で中性子をキーワードに持つ論文を調べた。その結果、学界で3,108、原研で795論文あった。それら論文に記載された著者数は前者が1,340人、後者が312人であった。整理の仕方として、図24に示すように全体を3つに分割した。

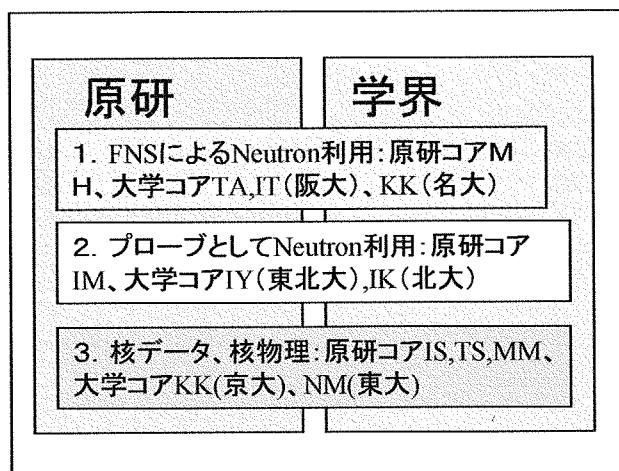


図 24 中性子研究分野でみた Past(20)における、原研と学界の研究コア

即ち、

- ①FNS（核融合炉物理用中性子源施設、Fission Neutronics Source）による中性子利用グループ
 - ②中性子をプローブ（探求の道具）として利用したグループ（固体物理研究）
 - ③核データ・核物理研究に利用したグループ
- に分割した。

続いて各グループに属する研究者に対して電話等によるインタビューを実施し、なるべく多くの研究者が認める形で、当時のコア研究者を抽出した。すなわち Past(20)におけるコア研究者とその弟子（後継者）を学界及び原研という括りで定めた。その結果例を以下に示すが、参考に Past(20)の時点における INIS 論文ランディングを括弧で付帯した。

- ①FNS；原研コアは MH (#19)、学界は TA (阪大、#85)、IT (阪大)、KK (名大)
- ②プローブ；原研コアは IM (#6)、学界は IY (東北大、#6)、IK (北大、#3)
- ③核データ・核物理；原研コアは TS (#5)、IS (#8)、MM、学界は KK (京大、#1)、NM (東大、#15)

この中にはランクのついていない人が居るが、これは Past(20)以降に当該分野で活躍した人で意図的に入れておいた。いずれにしても、コア研究者の抽出はインタビュー結果が主であり完璧ではない。取り敢えず定めた枠内での限定的な著者ネットワーキングであると考えて欲しい。

図 25 は、FNS に関する著者ネットワーキングである。Past(20)は小規模グループであったが、Past(15)以降、原研と学界で共に論文が増加し研究が拡大した。原研では、初期段階で研究コアとなった MH が全体を牽引してきたが Present で退職した。Past(15)から後継者の IY が MH と協力して全体を牽引している^(注14)。一方、大学側は TA、IT、KK といった初期からのコア研究員が Past(15)から殆どコンスタントに論文を書き研究を持続・発展させている。この切り口から見ると、FNS による中性子利用研究分野は Past(20)から次第に発展し Past(5)でネットワークのピークを迎えている。対象とした原研と学界の研究者による共同論文は 16 論文であるが、特に最近 5 年間で 11 論文が書かれている。

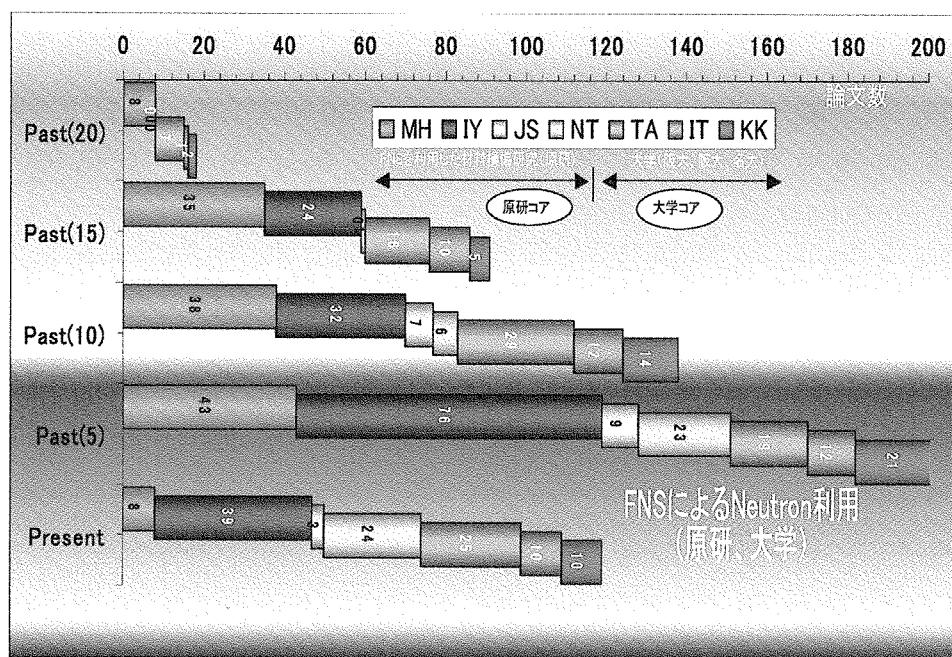


図 25 FNS 利用分野における研究者論文数の推移

図 26 は、中性子をプローブとして利用した固体物理研究の著者ネットワーキングである。原研の初期段階コアは IM でありこの分野を長く牽引したが、Past(10)以降原研のマネージメント業務に変わったことを契機に MY に研究の中核が移っている。MY は他機関との共同研究を中心にネットワークを作っている^(注15)。大学では IY が Past(10)で退職後 IK が研究を続けている。

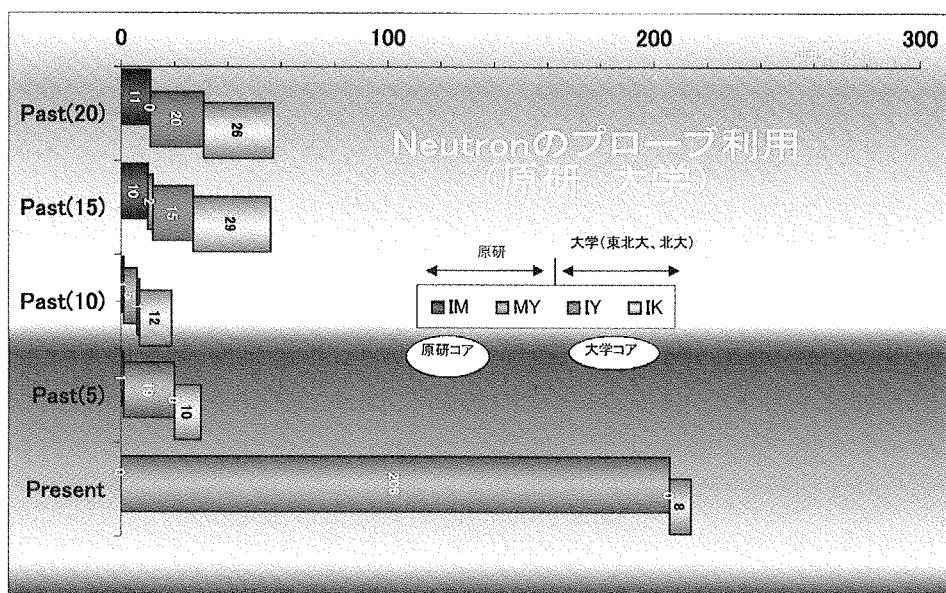


図 26 プローブ利用分野における研究者論文数の推移

図 27 は、核データ・核物理に関する著者ネットワーキングを示している。原研では、IS、TS、MM らのコア研究員が Past(20)で 40 論文、Past(15)で 80 論文余と論文数を増加させこの分野を発展させてきた。Past(10)まで研究分野を牽引してきた MM が Past(5)で研究分野を移りその後は NY が研究を維持継続してきたがその NY も Present で退職した^(注16)。一方、大学コアは Past(20)から Present までコア研究員の KK、NM によりコンスタントに研究が維持・継続されている。

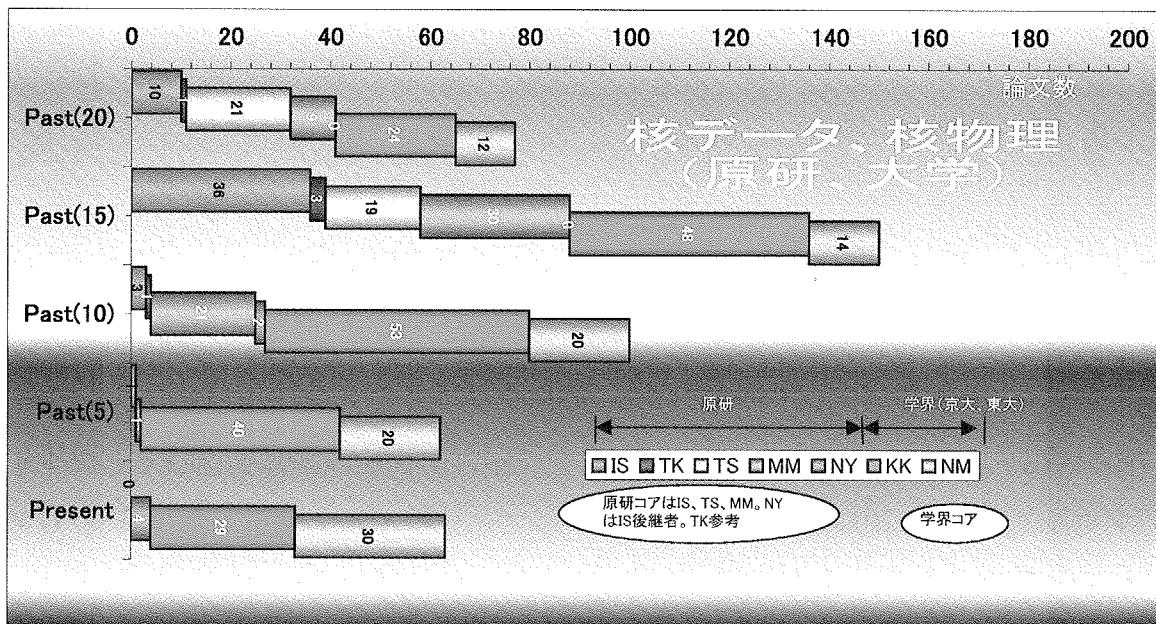


図 27 核データ・核物理利用分野における研究者論文数の推移

(3) 電子顕微鏡研究分野のネットワーキング

電子顕微鏡研究分野のネットワーキング図は前出図 21 となっている。原研物質
科学研究部（極限物性研究）ではこの分野の研究を民間と協力して実施し、そ
の結果、イオン用特殊プリズムを組み込んだイオン照射装置付き透過型電子顕
微鏡の生産販売にまで達している。

(注 14)

IY の最新 5 年間の論文数は 72 あった。この内容について、本人にインタビューしたところ、Present については大強度陽子加速器の施設(核破碎、核変換や中性子ターゲット)の検討に依る論文が相当数あって FNS に関するものは 39 というコメントを得た。

(注 15)

固体物理研究の最新の原研論文は、例えば MY が 206 論文を書いている。このうち、外国籍のもの(筆頭著者が外国人)が 32 であり、残り 174 論文の所属先は、原研 37、民との共著 4、官との共著 7、学との共著 119 であった。原研 37 のうち MY が筆頭著者となっているのは 2 論文であとは全て MY 以外の原研研究員との共著論文である。本人にインタビューした結果、学との共著が多いが全て中性子のプローブ利用としての論文であるとの回答を得た。

(注 16)

原研核データの著者ネットワーキングには以下のようないくつかの経過があった。
① Past(20)の原研コア研究員として IS、TS、MM が挙げられるが、補助的に TK も加えた。TK は Past(10)までに退職して論文が消失した。その後論文は検索されない筈なのに Past(5)で TK 論文が再度登場した。詳細調査してみると、同じ分野で研究している別人の若手 TK と判明した。同一イニシャルの人(氏が同じ-例えば Takahashi で、名前の頭文字が同じ人-例えば祥次と勝一)は評価上区分できない。TK については Past(5)以降のデータを削除した。
② Past(20)のコア研究員として TS を挙げたが、この方は Past(15)には原研を退職した。論文はそれ以後も検索され続けたので別 TS の論文と思われる。評価上 TS データは Past(15)まで有効としそれ以後は削除した。
③ 若手研究員の代表として CS を入れてみたところ、Past(10)から論文が出現して 5 年毎に 20~40 論文が検索された。コアである MM (CS 同じ研究室)とのインタビューの結果、CS は中性子というよりはむしろ基礎理論であってこの研究グループに含めるのは妥当でないと判断された。この結果 CS は削除した。
④ Past(20)コア研究員として挙げた MM は、本人とのインタビューにより Past(5)から中性子源用の加速器に研究をシフトしており、従って Past(5)以降の論文は中味が変質していることが分かった。この事実により MM の Past(5)以降の論文は削除した。
⑤ Past(20)のコアである IS は、中性子の理論・評価研究のうち特に評価の流れにくみした。この方の後継者については MM とのインタビューから、NY が適当と判断した。

5 まとめ

原研の基礎・基盤研究の社会経済的効果に関する定量的評価を、ネットワーキング効果の観点から試みた。その際、論文に付されているキーワードを個々の研究分野とみなし、当該キーワードを付した論文数を活動状況の指標とし、かつ、共同論文を民間、学界、公的研究機関との連携と捉え、原研のネットワーキング図として作成したものを分析の基礎とした。また、原研の基礎・基盤研究は、様々な研究から構成されるところから、その中心を構成してきた物質科学研究に焦点を当て、分析をおこなった。その結果をまとめてみると以下のとおりである。

(1) 原研物質科学の注力研究分野としては、イオン照射、アクチノイド、タンデム加速器、溶融塩、X線吸収広域微細構造(EXAFS)、中性子照射、放射光、ランタノイド、消滅処理、ECRイオン源等、原子力エネルギーに深く関連する分野が挙げられる。

(2) 国内物質科学研究の原研以外の代表的研究機関(KEK、東大、東北大、物材研及び理研を抽出)が注力する研究分野と比較すると、原研の注力研究分野と共に通るのは、お互いの{Top100}のうち、放射光、照射、電子顕微鏡、中性子、核反応断面積、製造、加速器の7研究分野にすぎなかった。しかも、この競合領域では、お互い張り合うというよりは、補完的な形で、国全体として総体的に見た場合の研究水準を高め合っている形が見られる。

(3) 原研が注力してきた研究分野で、かつ原研所属の論文ウェイトが高い研究分野としては、アクチノイド、中性子照射、消滅処理等が挙げられる。また、ネットワーキングの大きさ、連携の程度が大きく、社会経済効果が大きいものとしては、中性子、核反応、アクチノイド等が挙げられる。

(4) アクチノイドについてネットワーキングの実態を調べたところ、25年間の論文総数は7,237であり、原研25%、学界及び公的研究機関の公52%、民間17%であった。共著論文数でみた機関間のネットワーキングの程度は、原研-公では3-4%/5年、最新5年は8%の割合で増加した。また、原研が主体的に研究に携わり、ネットワーキング効果を拡大している様子がみてとれる。

(5) 中性子についてのネットワーキングの推移を見ると、年々機関間のネットワーキングが拡大し、かつ、民間との連携も20%弱を占めているなど、原研の機能を生かした研究活動の成果としての社会経済効果が窺える。

以上、本作業の結果得られた主な知見を記したが、次に記するような点においては、不十分なものがあることを付記しておきたい。

①今回の分析は国内比較にとどまり、国際間の比較に及んでいない。

②基礎・基盤研究から応用研究へ発展した可能性については、例えば民間との連携を示すことによって推察されるものの、結びつきが明らかにされていない（実際に原研の基礎・基盤研究が民間との共同研究を経て応用に結びついたものもあり、この点については、別途の個別の追跡、評価が必要である。）。

謝辞

科学研究プロジェクトの社会経済的評価の方法については、この20年ほど、欧州、米国を中心に、さまざまな実証研究、定量的評価の試みがなされている。こうしたことから、本作業の参考に資するため、2002年11月、高橋、柳澤、中明（財務部予算課長）が欧州で、本調査の方法展開に必要な情報収集、識者との意見交換を行った。その際、とくに、EU本部Silvani計画・評価担当専門官、マンチェスター大学工学科学技術政策研究所(PREST)のGeorghiou所長及びCameron研究員からは、有意義な情報、示唆を得た。ここにお礼申し上げる。

また、本作業遂行にあたっては、いちいち名前を挙げることは控えるが、関係各位の多大なご指導、ご協力を賜った。改めて感謝申し上げる。

参考文献

- (1) 日本原子力研究所研究業務評価検討アドホック委員会：“日本原子力研究所事業の達成と研究成果の社会・経済的効果に関する評価報告書”、JAERI-Review 2002-019 (2000. 8).
- (2) 高橋祥次：“米国業績結果法(GPRA)と基礎科学研究に関する評価”、JAERI-Review 2002-020 (2002. 8).
- (3) 三菱総合研究所：“研究開発プロジェクトの技術・産業・社会へのインパクトに関する調査、第Ⅰ編及び第Ⅱ編報告書 (1999. 2)”、(Private Communication) .
- (4) 荒田文男他：“技術パラダイムの経済学、第7章 研究開発システムの日米比較と研究能力”、多賀出版(1997. 11).
- (5) 荒田文男：“科学・技術と価値一連関分析アプローチ”、多賀出版(2000. 7).
- (6) T. Ijichi, T. Yoda, R. Hirasawa: ” Mapping R&D Network Dynamics, Analysis of the Development of Co-author and Co-inventor Relations “, 研究技術計画、8, No. 3/4, p263-275 (1993).
- (7) E. Arnold, K. Balazs “Methods in the Evaluation of Publicly Funded Basic Research “ (1998.)
- (8) 文部科学省科学技術政策研究所第2研究グループ“米国における公的研究開発の手法”文部科学省科学技術政策研究所調査資料-86、(2002. 5.)
- (9) Luke Georghiou edt. “Assessing the Socio-economic Impacts of the Framework Programme “the University of Manchester. (2002. 7)
- (10) A. J. Salter, B. R. Matin “The economic benefits of publicly funded basic research ; a critical review “, Research Policy vol. 30, (2002) .
- (11) B. Bozeman, J. Melker etd. “Evaluating R&D Impacts : Methods and Practice “ kluwer Academic Publishers, (1993.)
- (12) 総務省“公益法人に関する年次報告”、(FY2002.)
- (13) <http://nucl.sci.hokudai.ac.jp/~hirata/Study/shyou-10-1.html>
- (14) <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jnrs/>
- (15) 原研、東大原子力研究総合センター：“原研・大学プロジェクト共同研究—バックエンド化学研究&放射線高度利用研究活動報告（中間）”、(2003. 2).

付録1 原研物質科学研究所における共同研究等と特許、及び共同研究等に基づく論文の展開例

(1) 共同研究等

原研物質科学研究所が東海研の物質科学研究所のみならず本部、那珂研、高崎研等色々な部署で実施されていて、それをINISデータが忠実にフォローしていることは、本文3.4.で述べたとおりである。

原研が各機関と共同で論文を執筆する場合には、共同研究等の成果である場合が多い。そこで、共同論文の背景となる共同研究の実態を追跡してみようと考えた（一口に共同研究等というもののそれは実際の所、委託研究、委託調査、受託研究、受託調査、共同研究、協力研究という、様々な形式がある。これらを総称して共同研究等と呼称している。）しかし、データを追っていくと、原研全体で実施されている物質科学に関する共同研究等の数を正確に把握するのは時間がかかるばかりか、正確には把握できないことが判明した。このため、原研全体の実数把握は諦め、原研物質科学研究所の約75%を担っている東海研に所属する物質科学研究所について共同研究等の実数把握を行ってみた。

物質科学研究所における1998-2002年(5年間)の共同研究等は、原研-官23件、原研-学131件(99件が協力研究)、原研-民が39件のように締結されている。本報告書が用いた括りでいうならば、5年間における共同研究等の総数は192件、うち原研-公153件、原研-民39件となる。ただし、実際に実施してきた共同研究等が、本報告書で用いたネットワーキングの、どの腕に該当するかという対応関係は特定できなかった。

(2) 特許

特許については、原研物質科学研究所創立から現在までの5年間で見た。単独特許数が15件、原研-公の共願は3件、原研-民の共願は2件となっている。どのキーワードネットワーキングと特許が結びつくかについては、明確にならなかった。

(3) 共同論文を伴わないネットワーキングの展開例(固体系アクチノイド研究のネットワーキング)

上記(1)でも述べたように、共同研究等が原研と学界の間で締結された場合には、関係する研究者達が、互いに共同して研究を推進する。その成果については、ある場合には共同で論文を執筆、公表し、ある場合には、それぞれの立場で個々に論文を執筆、公表する。共同研究を締結したからといって、共同論文を出す義務は課されないので、得られた結果は原研と学界の共著にはなっていないこともあり、ネットワーキングといつても、共同論文をサーベイしただけでは捉えきれない場合がある。たまたま、固体系アクチノイドの論文著者ネットワーキング

を追跡していたところ、この研究分野がその例に属することが判明したので、以下、その結果を報告する。

i) 中心となった研究者集団の概観

まず、一つの目安として、アクチノイドをキーワードに黎明期の Past (20) で執筆論文数の多い研究者を INIS でランキングした。表 A1 は著作論文数 4 までの著者名を、学界と原研に分けて、英文頭文字で示している。アクチノイドをキーワードに持つ論文が学界全体で 963、原研全体で 596 あり、延べ著者数は学界全体で 547 人、原研全体で 255 人であった。延べ著者数の理由は、多くの著作論文-特に学界の論文では、コアとなった指導教授の名前が著者群の最後尾等に記載されている例が多く、筆頭著者だけで論文数を厳選すると、コアの教授名が落ちてしまうことを評価の過程で知ったためである。ちなみに、表中、学界で 1 位の IS 阪大教授は 1 論文を除いて残り 16 論文が筆頭著者ではない。つまり、IS 教授は学生指導等で 17 論文作成しているのに、筆頭著者という観点から見ると 1 論文しか書いていないと誤解される。

①学界コア

一口に学界といっても範囲は広い。どの大学のどの教授をコアに研究が展開し、その教授の研究を誰が継続し発展させた後継者は誰か、原研とはどの様な関わりを持って研究がなされてきたのか等、正確に記述するのは難しい。表に掲示されたランク上位者につき背景を考えずに抽出しても、意味のある論文の変遷は生まれないと判断した。そこでランク上位者をなるべく包括するアクチノイド研究分野で、しかもその研究分野に属する学界と原研の研究員が何かの協力関係を過去に構築した経験があるというような人選は出来ないかと考え、当時の関係者にヒアリングを行ったりして慎重に考察した。その結果、候補として挙がったのが、固体系アクチノイド研究分野である（我が国には溶液化学や核化学に係わるアクチノイド研究、再処理、廃棄物、環境中のアクチノイド移行等色々あり、勿論そこにも沢山の研究者がいる）。

表 A1 アクチノイドをキーワードに持つ論文を検索し、著者論文執筆数の
ランクイングを Top30 まで表示 (INIS、Past(20))

Rank	Actinides、P(20)		Rank	学界		Points	原研	Points
	547人963論文	255人596論文		学界	Points			
1	IS(阪大、基礎)	17	TH(化学)	13	26	KH	5	KJ
2	KT(名大、基礎)	14	WH(基礎)	13	27	KR	5	KI
3	MC(阪大、基礎)	12	FS	11	28	KT	5	KK
4	MH(名大、基礎)	10	FT(化学)	10	29	KK	5	MN
5	OM	10	HM(基礎)	10	30	NN	5	NH
6	FH	9	IK(基礎)	10	31	NA	5	SK
7	HT	9	MA	10	32	OM	5	TH
8	KK	9	OT(基礎)	9	33	ST	5	TH
9	ST	8	SK(基礎)	9	34	SY	5	UM
10	SS	8	AY(基礎)	8	35	TM	5	AF
11	FY	7	KY	8	36	AK	4	AY
12	HM	7	NT	8	37	HT	4	BH
13	IY	7	NY	8	38	HM	4	HH
14	NK(名大、化学)	7	TS	8	39	IY	4	IS
15	YC	7	UK	8	40	KM(東大、基礎)	4	IT
16	KK	6	ST	7	41	NT	4	KH
17	KI	6	HJ	6	42	OT	4	MH
18	SM	6	HM	6	43	OY	4	NM
19	SA	6	IK	6	44	SK	4	SS
20	TO	6	MT(化学)	6	45	SS	4	ST
21	AS	5	OT	6	46	SH	4	SS
22	FI	5	OK	6	47	SH	4	TS
23	HY	5	SY(基礎)	6	48	TS	4	
24	HT	5	TE	6	49	WK	4	
25	IN	5	TH	6	50	YT	4	
				51		YN	4	

固体系アクチノイド研究はアクチノイド基礎物性とアクチノイド燃料化学という 2 つの中心研究領域があるので、中心と目される研究者に着目して再度表を吟味したところ、学界ではランキング上位にある阪大 (#1、#3) および名大 (#2、#4、#14)、東大 (#40) 等が含まれていることが判明した。この 3 大学のみで十分かどうか重ねて吟味したところ、長い年月の流れによって例えば Past(20) で上位にあった阪大のアクチノイドポテンシャルが低下し、Past(20) では上位にランクされていなかった九大 (#103) 及び東北大が最近では論文数が多いことが分かった。そこで、この 2 大学も予め、全部で 5 大学を評価の対象とした。すなわち、学界に関しては阪大 4 人（表#1、#3 等）、名大 4 人（表#2、#4、#14 等）、東大 3 人(#40 等)、九大 1 人(#103)、東北大 1 人の 13 人を調査対象とした。

②原研コア

原研について固体系アクチノイドの研究者に着目してみると、表中ランキング

#23までに色づけした10人(#1、#2、#4-6、#8-10、#20、#24)がそうであることが分かった。この内訳は、基礎物性が7人、燃料化学が3人である。前者は原研大洗にグローブボックス等の施設を有して活動して来たプルトニウム燃料研究グループであり、後者は原研東海のプルトニウム燃料棟等の施設を利用して活動して来たグループである。

③民間コア

民間では、軽水炉燃料の原料である二酸化ウラン(UO_2)の研究者は数も多く論文も数多い。しかし、固体系アクチノイドについては、関係者に関するヒアリングからUC(ウランカーバイド)を研究した三菱マテリアルのAY氏が代表格であると分かった。実際、INISで検索するとAY氏は過去10論文ほどが出るが、ActinidesをキーワードとするAY論文はゼロという結果になった。民間のアクチノイド研究は、プルトニウムを取り扱える施設対応が出来なかつたため、文献調査が主体だったことがその背景にあるものと思われる。

2)研究者ネットワーキング図

理解を容易にするため図を2種類用意した。1種類目は、28人の研究者一人一人の論文数が5年毎(Past(20)→Present)にどの様に変遷したかという状況を示すものである。2種類目は、学界と原研に的を絞り、両機関間で固体系アクチノイド研究に係わる論文がどのように変遷したかを調べたものである。以下の記述は、全て上記選出の著者及びその所属機関に話を限定している。

図A1は、Past(20)の時点で原研、学界等の協力関係を図示している。原研内にはアクチノイド基礎物性とアクチノイド燃料化学を研究する2グループがあり、前者はWH、HMらが研究コア、後者はTHがコアである。アクチノイド基礎物性について、原研はこれら大学と共同研究契約を実施している。同じくアクチノイド燃料化学について、原研は名大と共同研究協力を実施している。

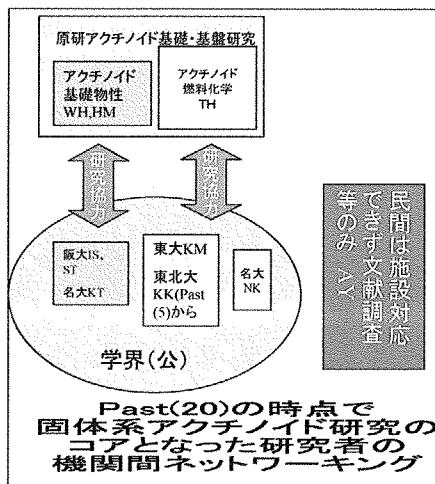


図 A1 固体系アクチノイド研究分野でみた研究者論文の展開：
原研、学界、民間の Past(20)におけるコア研究者と相互の繋がり

ii) アクチノイド基礎物性の研究集団

Past(20)といった研究黎明期における学界の状況は、阪大の IS、ST 教授、名大の KT 教授、東大の KM 教授等が研究のコアを形成した。一方、原研では大洗のプルトニウム燃料グループ等が対象とした大学と共同研究を実施した。図 A2、図 A3 は、コアの研究者とその後継者達の研究活動が時代と共にどの様に推移したかを示している。

①Past(20)では、阪大 ST 教授とその後継者 MM、阪大 IS 教授とその後継者 MC、名大 KT 教授とその後継者 MH、東大 KM 教授と後継者 TY、YM 及び九大教授 FH が研究コア集団を形成した。原研では WH、HM をコアに OT、SY、AY、MT らが研究者群を形成した。

②Past(10)付近で、阪大においては IS 教授から MC 教授へと代替わりがあり、原研では初期研究コアであった WH、HM が研究からマネージングに移ったため、アクチノイド研究は OT、SY、AY、MT らが主力となって行ったことが分かる。

③原研大洗グループは、当初から阪大 ST、IS 教授、東大 KM 教授等との太いパイプがあり、両者は共同研究や研究会等の開催で相互の情報交流を図りその成果を増進させてきた。阪大と原研との間には、阪大の理論と、それを実際の施設を用いて検証しようとする原研の研究者集団との間の補完関係があったものと推察され、その結果、両者の関係する論文がこの研究テーマの大きなウェイトを占める背景となっている。また、双方とも何人かの研究者の間で研究が引き継がれていく中で研究協力が維持・発展されている。そこには、単に個人の範疇にとどまらない、組織間の知識の蓄積、発展が推察される。

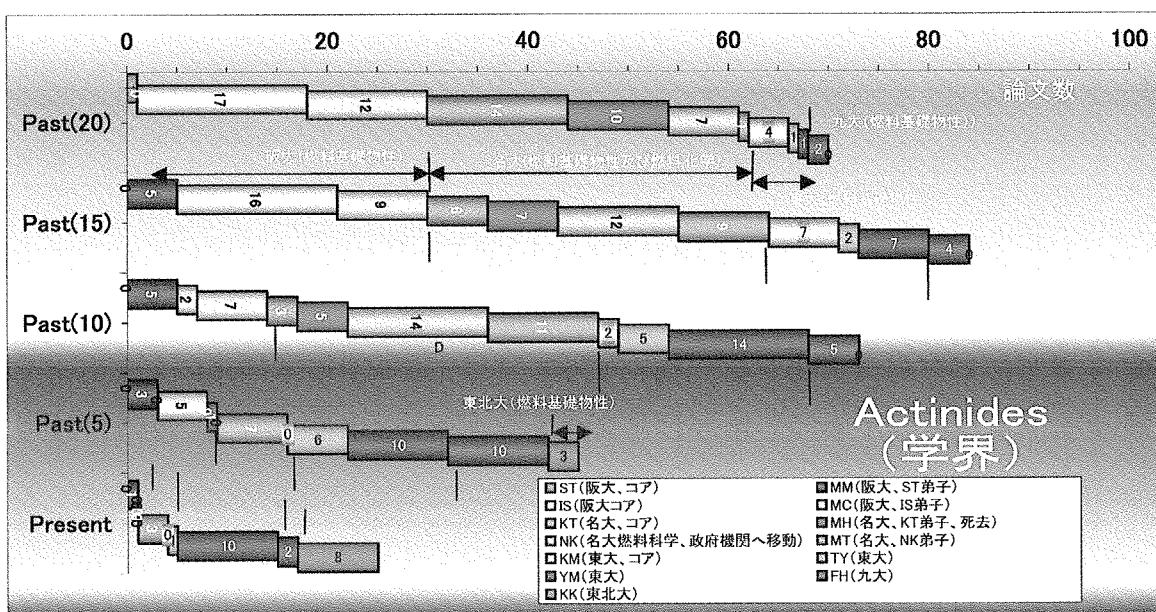


図 A2 固体系アクチノイド研究領域でみた研究者論文の推移：学界

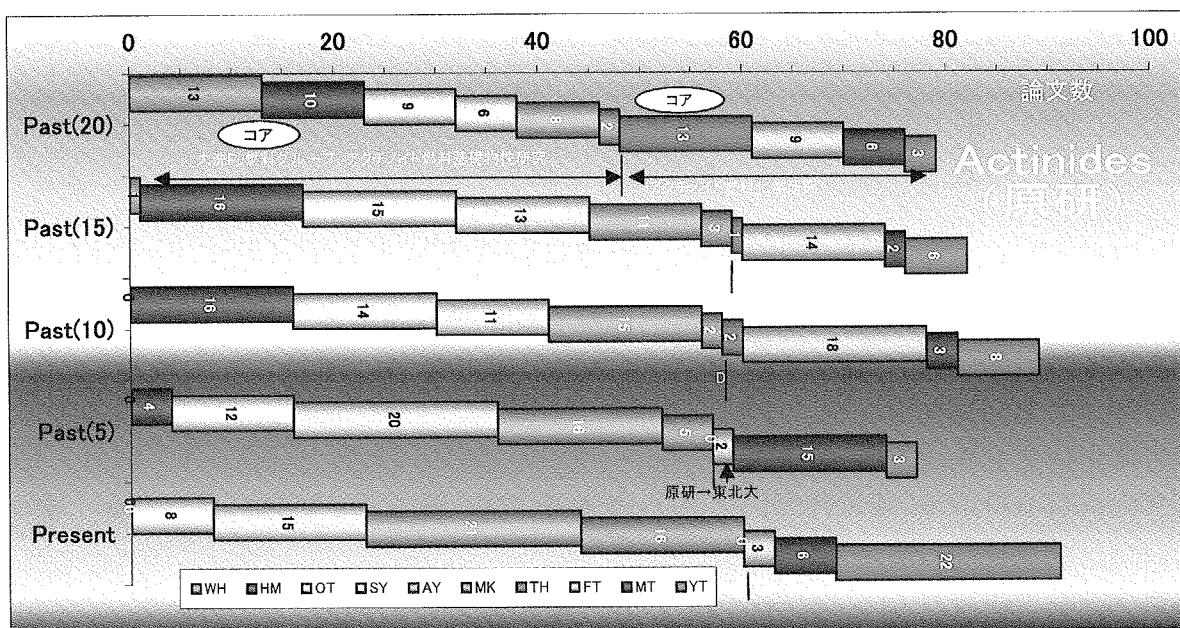


図 A3 固体系アクチノイド研究領域でみた研究者論文の推移：原研

iii) アクチノイド燃料化学の研究集団

前出図 A2 及び A3 に示すように、Past(20)から Present にいたる研究者の流れを見ると次のことが指摘できる。

①Past(20)の段階では、学界では名大コア NK 教授とその後継者 MT を中心に進められた。NK 教授は、Past(10)の時点で政府系機関の重要なポストに就任すべく大学を離れた。

②原研では、TH、FT をコアとし、MT、YT とグループを形成し、名大 NK 教授と共同研究を進めた。その後、TH は横浜国大に移り燃料電池の研究に従事し 10 年前に死去、FT は Past(5)に東北大に移った。しかし、原研としての研究活動は継続しており、アクチノイド基礎物性で見られるような組織間の関係、発展が同様に見られる。

iv) 所属機関別論文数の推移

図 A4 は、上記で取り扱った固体系アクチノイドに関する個々の研究者論文を所属機関（学界と原研）で一括し、5 年毎の論文数を面積表示したものである。研究者という個性を無視し学界または原研という組織の中で論文数がどの様に推移したかを知ることが出来る。

以下は図から得られた知見である。

①研究者に代替わりがあるものの、原研は総体として 5 年毎に 80 前後の論文を輩出し続けている。一方、学界は推移が激しい。Past(20)で固体系アクチノイド燃料物性研究を牽引していた阪大及び名大は、コアとなった先生の定年等で論文数が減少した。代わって、東大や九大、東北大の研究活動が論分数で見て活発化している。

②対象とした燃料物性研究で、原研 6 人と学界 13 人の研究者それぞれについて互いに共著論文を書いているかどうか調べたが、一つもなかった。これは、原研や学界が閉鎖的というのではなくて、互いに独立した分野で相互補完しながら、総体として課題の解決を試みていると考えられる。なお、共著論文が本ケースでは一つもなかったことと、例えば図 11 は矛盾しない。図ではアクチノイド研究ネットワーキングについて、過去 25 年間で原研-公間は $126+186=312$ 論文（年間で平均 12 論文）が共著で輩出されていることを意味している。実際、溶液系アクチノイド研究領域ではかなりの共著論文が存在する。

③燃料化学の分野では、原研 4 人と名大 2 人は、お互い個々に論文を輩出するとともに、共通論文も出す協調関係を構築している。但し、選択した名大の 2 人は Past(10)がピークで以後論文数が減少している。

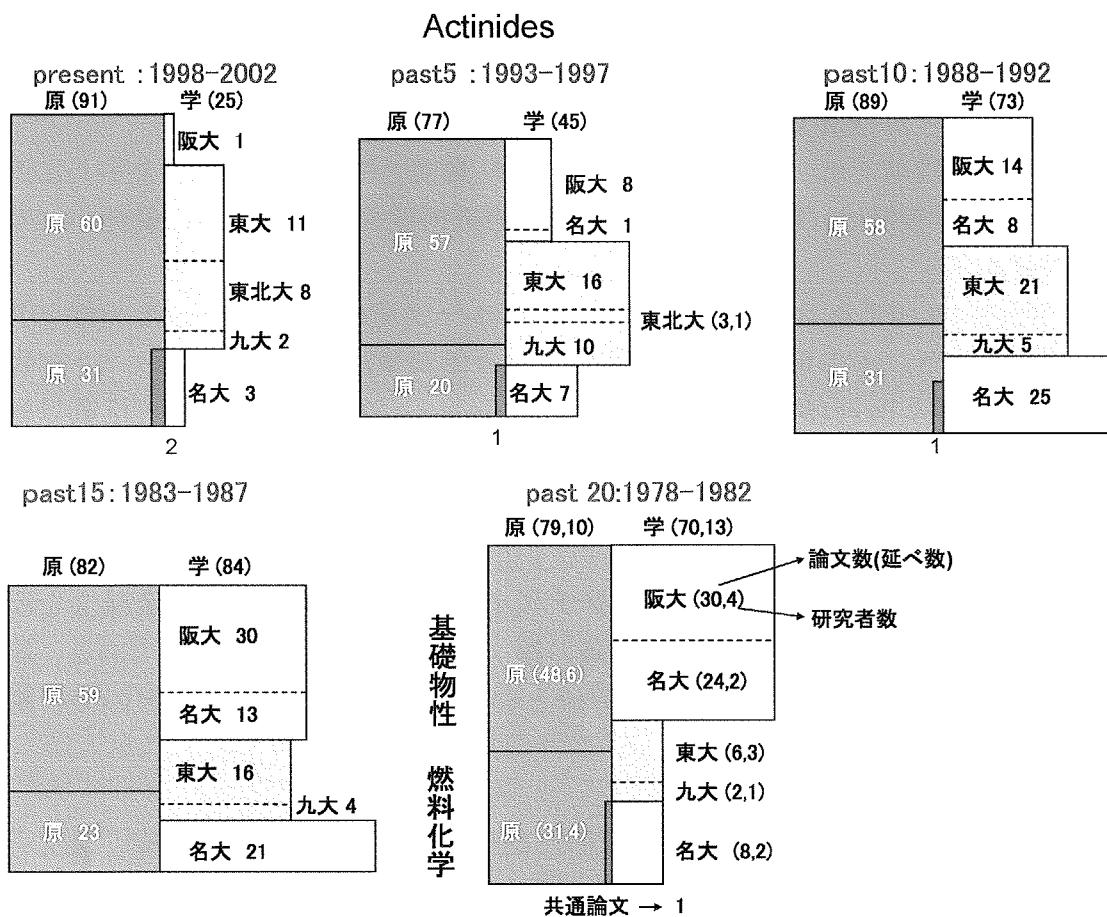


図 A4 固体系アクチノイド研究分野でみた学界と原研との論文数推移：
原研研究者は 10 人、学界研究者は 13 人 (Past (20) 12 人に Past (5) で
東北大 1 人追加)、原研と学界の共著は共通論文として表示

付録2 原研{Top100}に対応する世界、日本、原研の論文数の比較対照

原研{Top100}に対応する世界、日本、原研の論文数を比較対照してみた。その結果は図5(再掲)のとおりである^(注A1)。原研{Top100}に対応する世界の論文総数は、5年単位で見ると32万～53万論文の範囲で変動している。25年間の合計では世界全体で約220万論文が輩出された。国別で見ると、最新5年(Present、1998-2002年)ではドイツ、フランス、イギリス、イタリアの欧州4ヶ国15%、日本13%、米国12%の順になっている。日本13%の内訳は、原研2%、官1%、学4%、民(産)2%である^(注A2)。

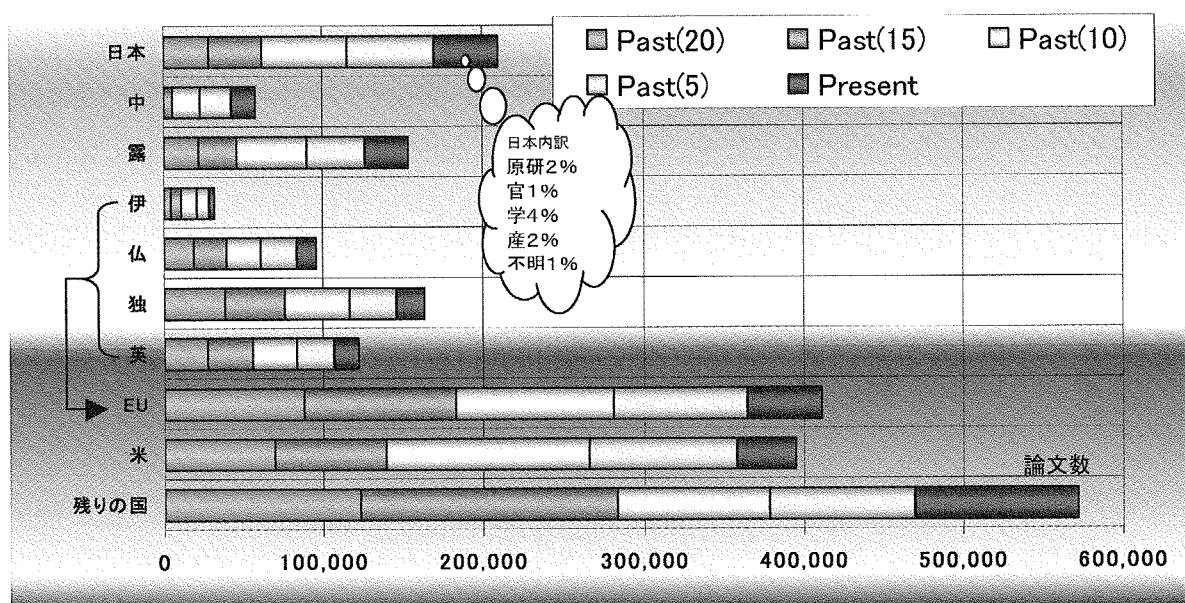


図5 原研の物質科学注力研究分野Top1-109(INIS, Present)を使って調べた、日本と世界の物質科学主要国における25年間の論文数(延べ数表示)

さらに、論文の筆頭著者の、原研、産、官、学の組織集団別内訳を整理した。その結果を図6(再掲)に示す。日本約4万論文の内訳は、学17,604論文(44%)、原研8,585論文(21%)、官5,506論文(14%)、そして産4,994論文(12%)であった。原研は学の約半分で、官や産より多かった。それを25年間合計でみた結果は図7(再掲)のとおりである。

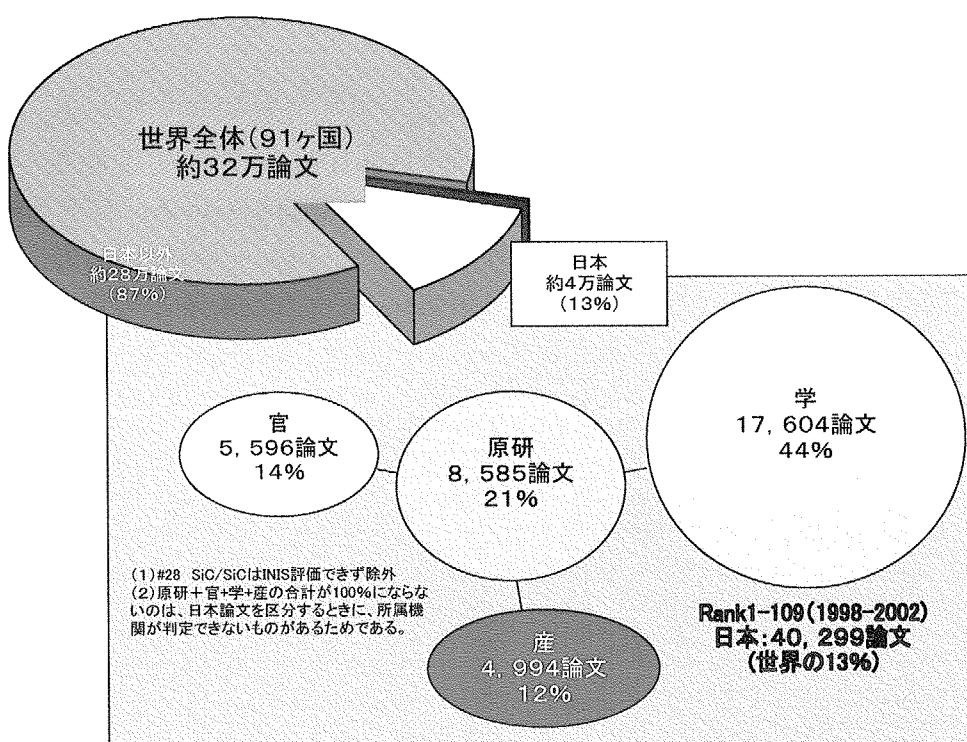


図6 原研の物質科学注力研究分野 Top1-109 (INIS、Present) を使って評価した国内機関における論文蓄積数

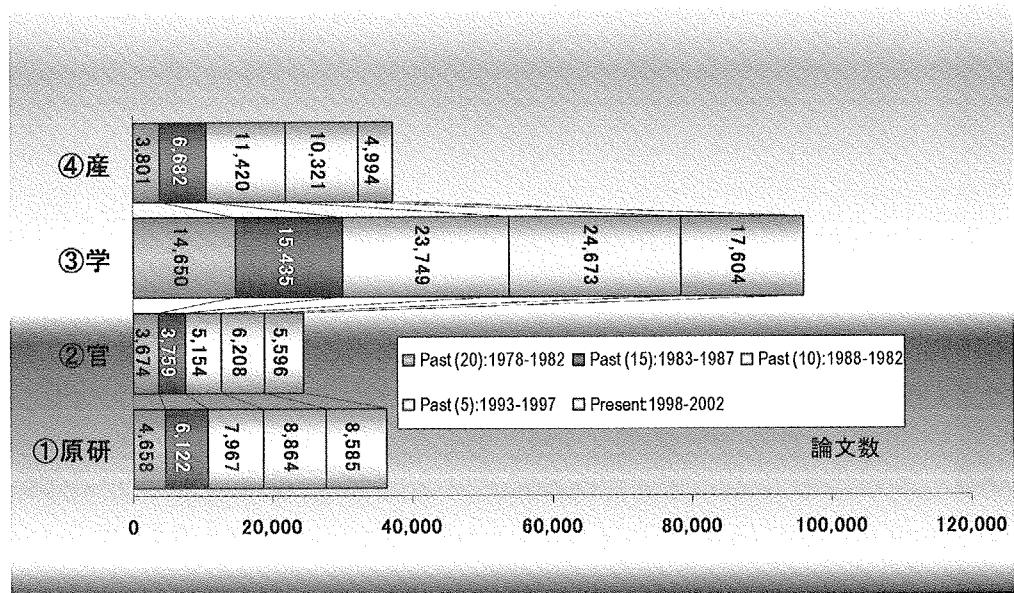


図7 原研物質科学注力研究分野 Top1-109において、機関別、年代別に見た論文蓄積数 (INIS、延べ数で評価)

上記は全て延べ数で表示したもの（一つの論文で、原研 {Top100} キーワードが例えれば 2 個含まれる場合には、2 論文と計算される）であるが、参考に延べ数と正味数ではどの位違うか、作業量が膨大になることから、試みに、原研 {Top30} について別途新しいプログラムを組んで検証してみた。その結果は以下のとおりである。

(1) 世界、日本の論文数

延べと正味の比較結果を図 A5 に示す。延べ数による総論文数は約 51 万であったが、図右表のように正味数では約 36 万に減少した（約 30% の減少）。最新 5 年 (Present、1998–2002 年) では欧州 4ヶ国（表では EU と略記）18%、米国 18%、日本 10% 順で比率では延べ変わらない。日本 10% の内訳は、原研 2%、官 1%、学 3%、産 2% と学が 1% 減少した。

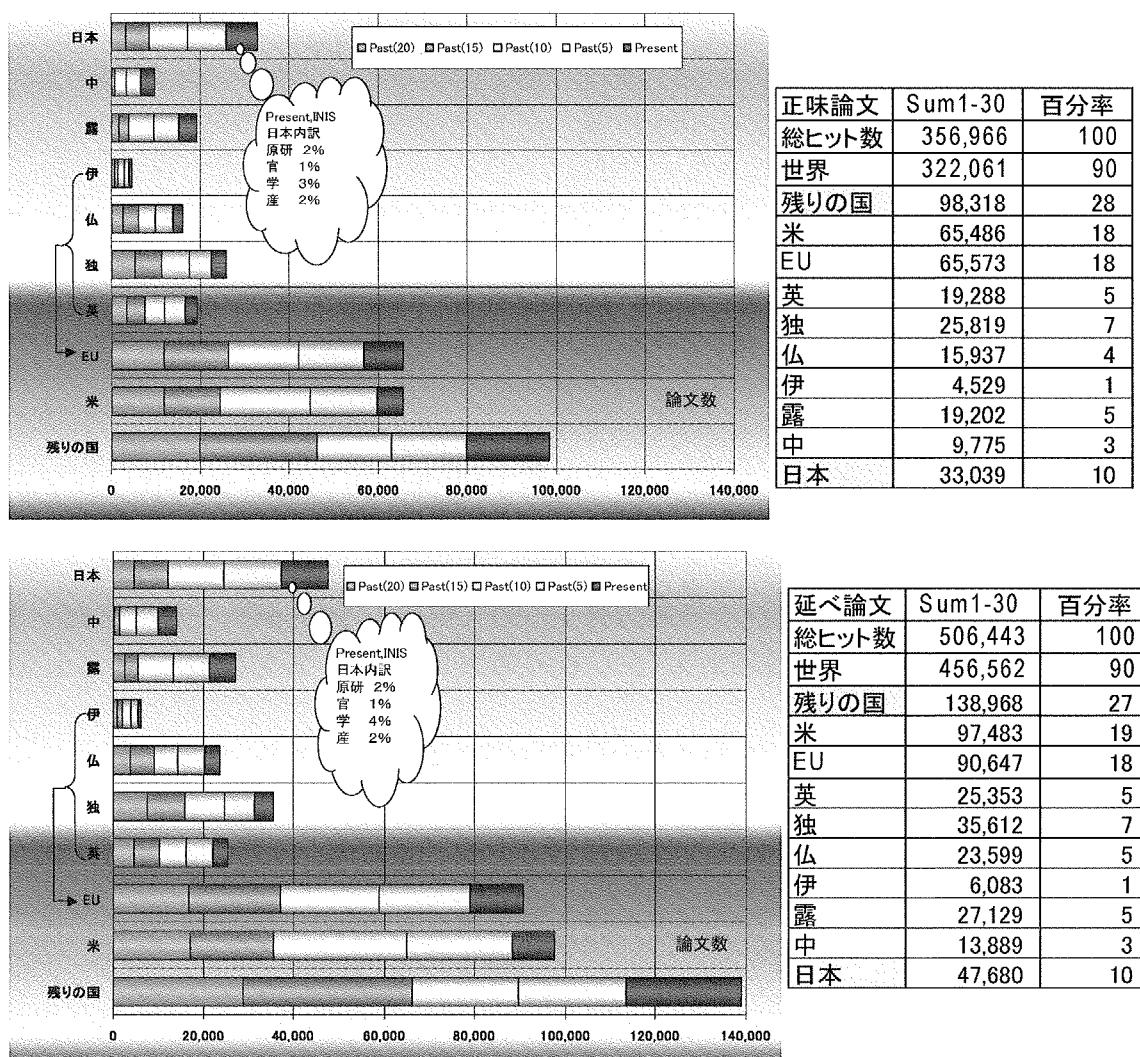


図 A5 原研の物質科学注力研究分野 Top1-30 (INIS、Present) を使って調べた日本と世界の物質科学主要国における 25 年間の論文数：（上）正味論文数、（下）延べ論文数、右欄は具体的な数値

(2) 機関間蓄積論文数

延べ数と正味数の比較結果を図 A6 に示す。図左では機関蓄積論文数を延べ数で表示したが、日本は約 1 万論文(13%)、その内訳は学 3,865 論文(37%)、原研 2,771 論文(27%)、官 1,502 論文(14%)、産 1,503 論文(12%)である。図右は正味数を表示したもので、日本は約 0.7 万論文(13%)、その内訳は学 2,546 論文(36%)、原研 1,838 論文(26%)、官 1,009 論文(14%)、産 1,167 論文(16%)となる。ある機関に集中して論文の重複カウントが起こった形跡はなく、機関毎に一律に減少した。その割合は、産以外は 31-34%で産のみ 22%である。

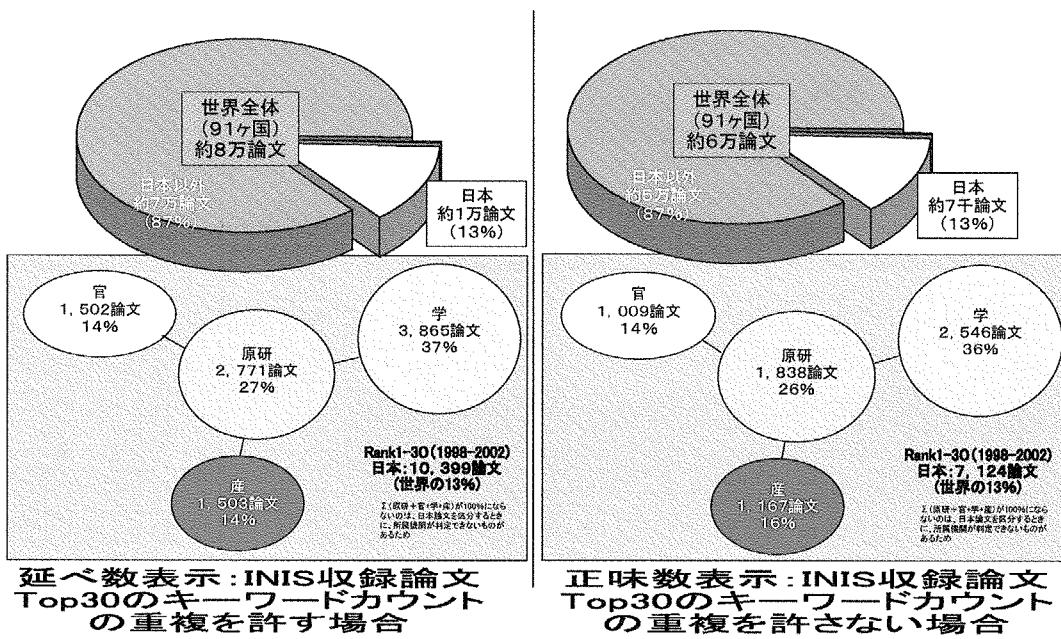


図 A6 原研物質科学注力研究分野 Top30 (INIS、Present) で評価した
国内機関論文蓄積数：(左) 延べ数表示、(右) 正味数表示

(3) 機関別、年代別論文数

延べ数と正味数との比較結果を図 A7 に示す。延べ約 51 万に対し、正味で約 36 万に減少した。減少割合は約 30% である。全体傾向は延べ数でも正味数でも余り変わらなかった。

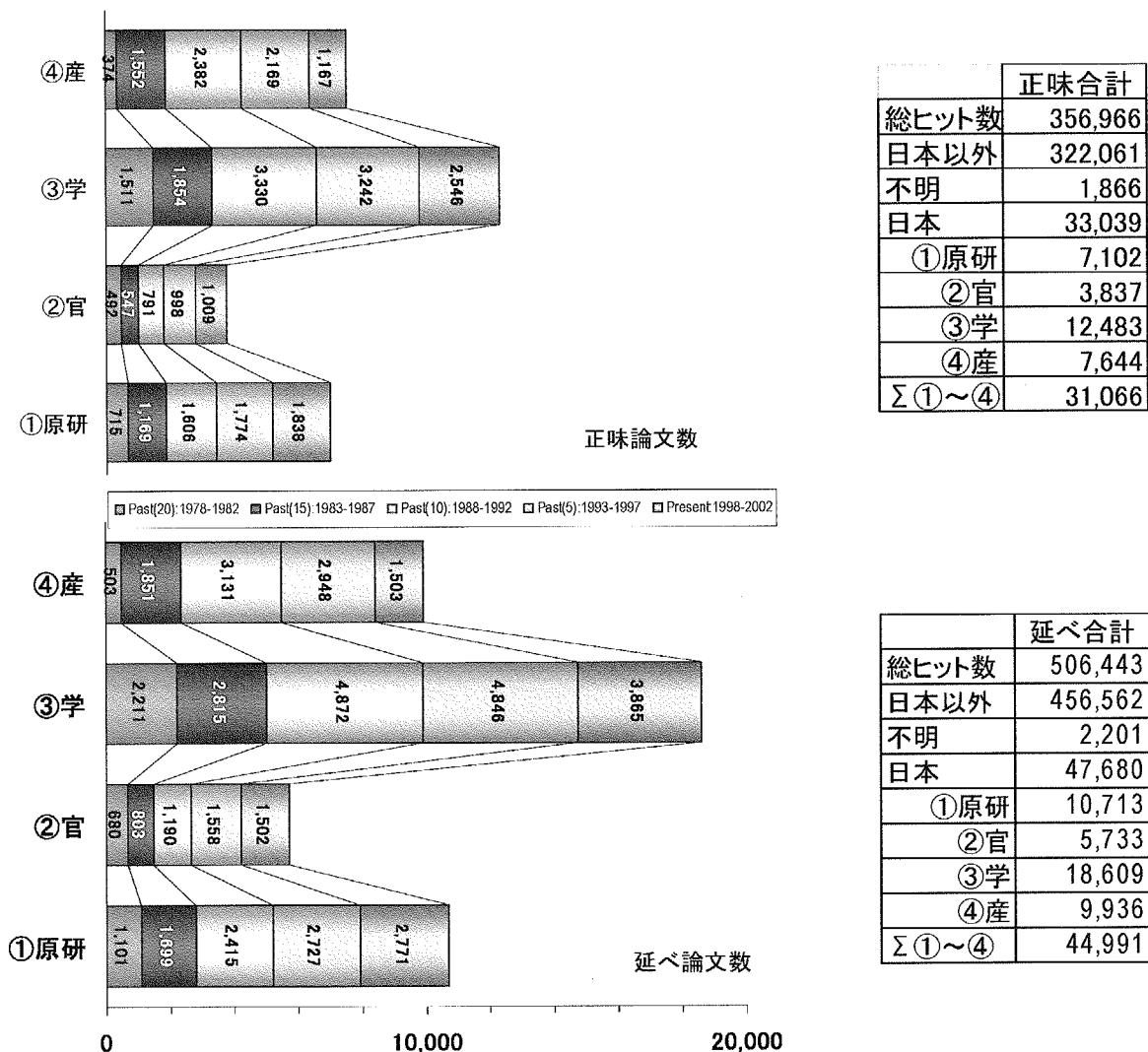


図 A7 原研物質科学注力研究分野 Top1-30において、機関別、年代別に見た論文蓄積数を INIS で評価：（上）正味論文数、（下）延べ論文数

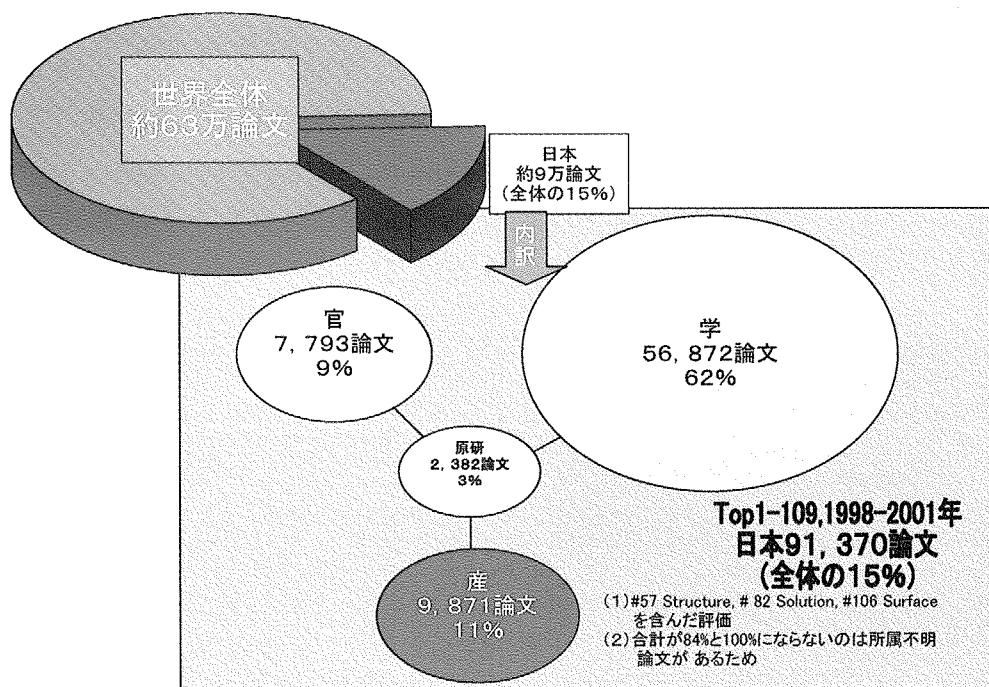


図 A8 (参考) 原研物質科学注力研究分野 Top1-109 を使って調べた原研他 3 機関における蓄積論文延べ数 (1998-2001 年、INSPEC)

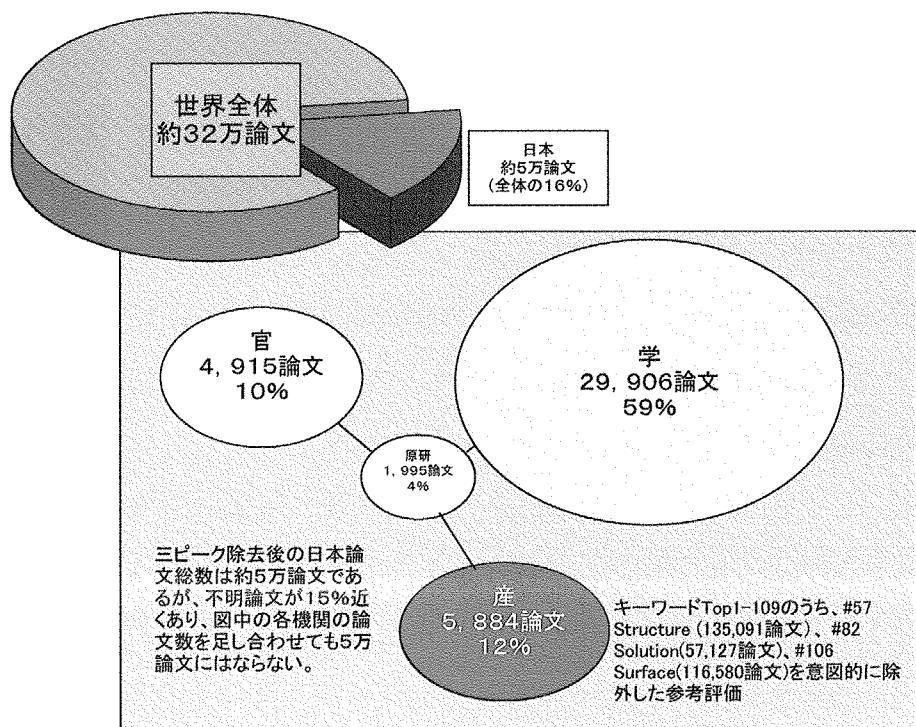


図 A9 (参考) 原研物質科学注力研究分野 Top1-109 のうち、#57 Structure, #82 Solution, #106 Surface を除去した場合の原研他 3 機関における蓄積論文数 (INSPEC、1998-2001 年)

(注 A1)

ここでいう論文数とは INIS においてある年度で収録された論文数ではなく、その年内に実際に刊行された論文数である。収録論文数と発行論文数を比較すると Past(20) で約 37 万論文に対し約 39 万論文(誤差-6%)、以後 2-3% で推移し、Present は約 34 万論文に対し約 27 万論文(誤差 24%) と最大である。

(注 A2)

INSPEC を使って評価してみた結果を図 A8 に示す。最新 5 年間をみると、原研{Top100}に対応する論文は世界で約 63 万論文あり、そのうち日本に帰属するものは約 9 万論文(15%)であった。日本論文の内訳は、学 56,872 論文(62%)、産 9,871 論文(11%)、官 7,793 論文(9%)、そして原研は 2,382 論文(3%) であった。(以上、論文数は、いずれも延べ数。) 検索の過程で気づいたのであるが、INSPEC ではランク(以下、# で表示する)57 の Structure は約 14 万論文、#82 の Solution は約 6 万論文、#106 の Surface は約 12 万論文ヒットした。この 3 つのキーワードの合計(約 34 万論文)だけで全体の半分になっている事が分かった。109 キーワードのうち 3 キーワードで論文全体の半分を占めているのはやや特異である。そこで、以下の手順により、3 キーワードに対し複合語を作成し、この特異点の影響を減殺する方法を試みた。

① #57 Structure を INSPEC で検索(取り敢えず 1 年間(2000.4-2001.3))、

ヒットした論文群からキーワードランキングを作成したところ、ランキング 1 位のキーワードは X 線回折(X-Ray Diffraction) であった。

② Structure-X-Ray Diffraction という複合語で INSPEC 検索

Structure では約 14 万件あったヒット数が、107(<1%) に激減した。

③ #82 Solution についても同じ事を実施してみた。

複合語は Solution-X-Ray Diffraction となった。INSPEC 検索の結果、Solution 単独では約 6 万論文あったものが、複合語にしたら 7 論文(<1%) に激減した。

④ #106 Surface についても同じ事を実施してみた。

この場合複合語は Surface-Silicon となった。INSPEC 検索の結果、Surface 単独では約 12 万論文あったものが、複合語にしたら 729 論文(<1%) に激減した。

以上のように、いずれのケースも、複合語を使用するとヒット数は単一語の場合の 1% 以下と極端に少なくなることが判明した。これは、ピークを除去したのとほぼ同様な結果であると推察されたので、意図的に元のデータから 3 キーワードを除外したデータで評価を行ってみた。その結果を図 A9 に示す。世界論文数は 63 万から 32 万論文に、日本論文数は 9 万から 5 万論文に減少した。

付録3 原研環境科学注力研究分野を代表するキーワード

(1) 原研環境科学キーワード {Top100}

環境科学研究部は1999年に創立され2002年までに4年が経過している。この間作成された同部所属論文数は166である。同部所属論文のキーワードを手がかりに、SOCIOECOプログラムを用いて原研環境科学キーワード{Top100}を作成した。そのうち、上位30キーワードを示したものが表A2である。

表 A2 原研環境科学注力研究分野を代表するキーワード Top30
(頻度4の最終ランク46位まで掲示)

環境科学研究(原研1999-2002)、166論文、1,111keywords					
Rank	Keywords	Points	Rank	Keywords	Points
1	Safeguards	21	26	Alpha-ray	4
2	Uranium	15	27	Arsenic	4
3	Environmental sample	13	28	Atmospheric dispersion	4
4	Nuclear material	11	29	Bulk analysis	4
5	Ultra-trace analysis	9	30	Carbon-14	4
6	Cesium-137	8	31	Clean room	4
7	Humic substance	8	32	Environmental load material	4
8	Chemical form	7	33	International monitoring system	4
9	CTBT	7	34	Ko method	4
10	Radionuclides	7	35	Long-lived radionuclide	4
11	Strontium-90	7	36	Mass spectrometry	4
12	ICP mass spectrometer	6	37	Microchemical analysis	4
13	Isotopic ratio measurement	6	38	Mineralization	4
14	JRR-3M	6	39	Monitoring	4
15	Numerical model	6	40	Neutron	4
16	Particle analysis	6	41	Plutonium	4
17	Tritium	6	42	Prompt gamma ray analysis	4
18	WSPEEDI	6	43	Radioactive material	4
19	Beta(gamma)-ray	5	44	Sorption	4
20	Environmental sample analysis	5	45	Transfer behavior	4
21	Hot particle	5	46	Tritiated water	4
22	Isotopic ratio	5	(1) #2 Uraniumは物質科学#22でも出現、 (2) #12,#14,#18は装置、計算コード類、 (3) #27,陸域環境グループで河川での砒素流出 挙動研究を実施		
23	Migration	5			
24	Simulation	5			
25	Soil	5			

(1) #2 Uraniumは物質科学#22でも出現、
(2) #12,#14,#18は装置、計算コード類、
(3) #27,陸域環境グループで河川での砒素流出
挙動研究を実施

(2) 代表的キーワード事例のネットワーキング図

原研環境科学キーワード{Top100}の中から、国内論文数の多い事例(ウラン)と多くない事例(安定同位体)を選んで原研ネットワーキングの実態を見てみた。

1) ウラン研究分野

ウランは、原研環境科学キーワード {Top100} 2位に位置する研究分野であるが INIS ではヒット数が最大であった。図 A10 に示すように、Past (20) から Present までの過去 25 年間の機関単独の論文割合は原研 25%、公 30%、民 39% となっている。論文数シェアが民、公、原研の順となっているのはこれまでの評価上で極めて稀な例である。ウランは、原研環境科学で研究された他に、例えば燃料の健全性や安全性研究の分野でも多数の研究履歴がある。ここでの結果は、それらを全部含んだ結果であろうが、分離できない。核燃料のうち最も重要なウランについて、原研は重要な位置を占めるが、それ以上に、生産の中心を担ってきた民間が、過去 25 年間鋭意研究に取り組んできた様子が窺える。その一方で、図 A11 で示すように、共同論文数を見ると、最近では、原研-民については Past (5) 32 から Present71 に、原研-公は Past (5) 113 から Present168 に増加、機関間の連携が進んでいる様子が見える。しかも、原研-民の筆頭著者を見ると、原研 3 対民 1 となって原研のイニシャティブが示されており、両者の間に技術移転的要素が存在していることが窺える。

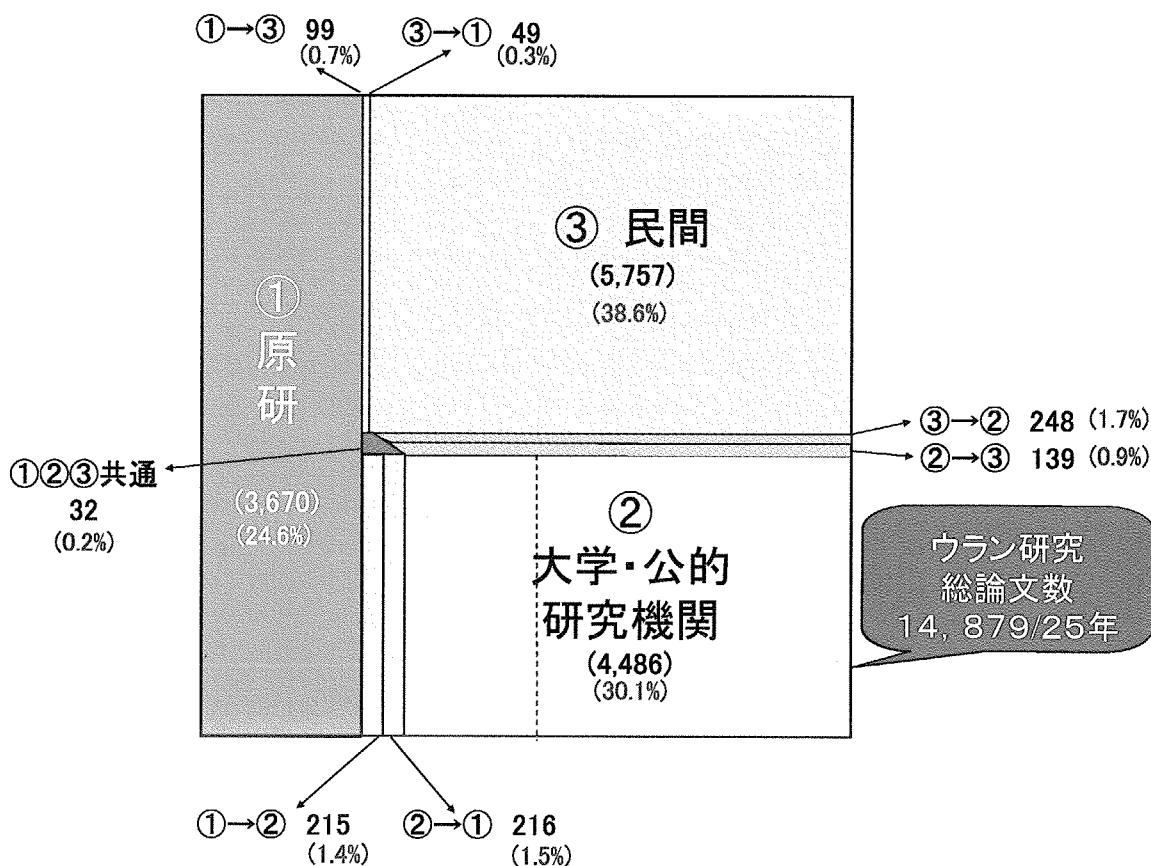


図 A10 ウラン研究ネットワーク（過去 25 年間の総括）

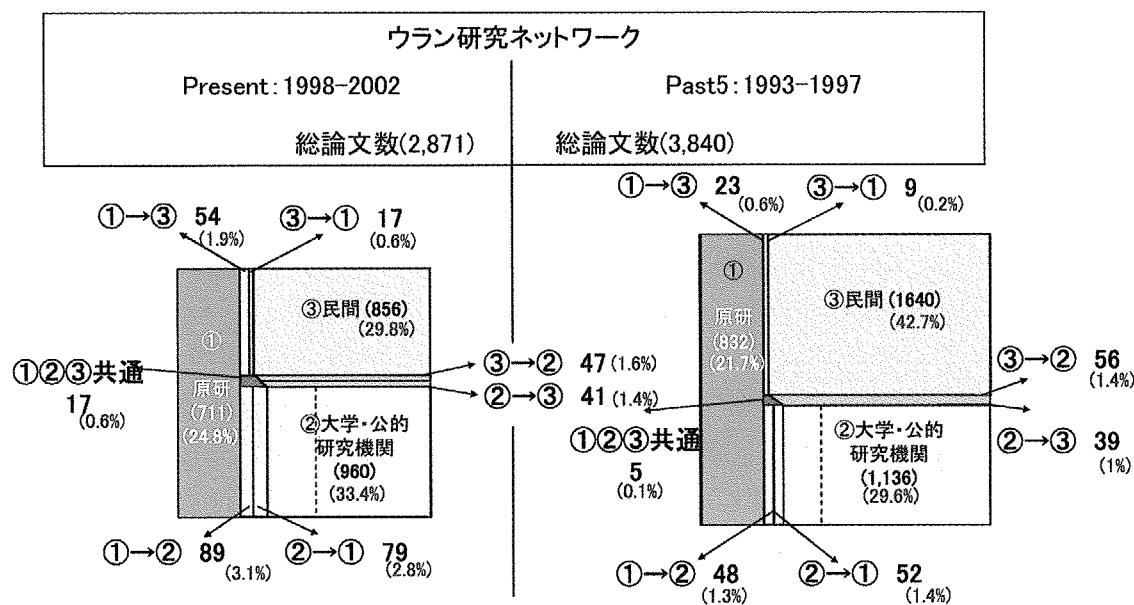


図 A11 ウラン研究ネットワーク (Present、Past5)

2) 安定同位体研究分野

安定同位体研究分野は、原研環境科学キーワード {Top100} 80 位に位置する研究分野である。図 A12 は、過去 25 年間に輩出された安定同位体研究分野の論文数の総括である。この分野は公（特に学）が他を大きくリードしており、全体の約 84% が公によるものである。原研は約 8% に留まっている。民間はさらに小さく 4% である。共同論文数は、原研-公が最大であるがそれでも 3% 程度である。図 A12 は Past(5) から Presentへの変化を示しているが、全体面積の減少(1,359 論文→786 論文) はいずれの機関に共通して論文減少が生じた結果である。とくに原研では、RI 事業の民営化に伴う関係部課室の縮小の影響が出て、論文数が 104 から 72 に低下している。

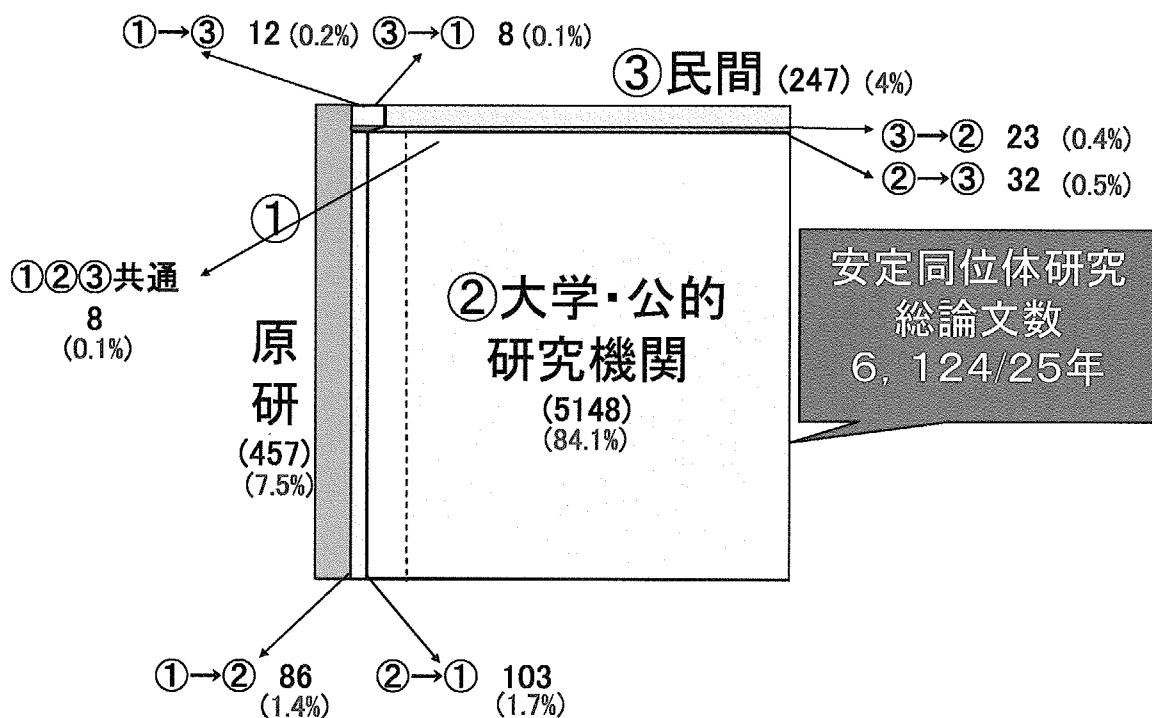


図 A12 安定同位体研究ネットワーク（過去 25 年間の総括）

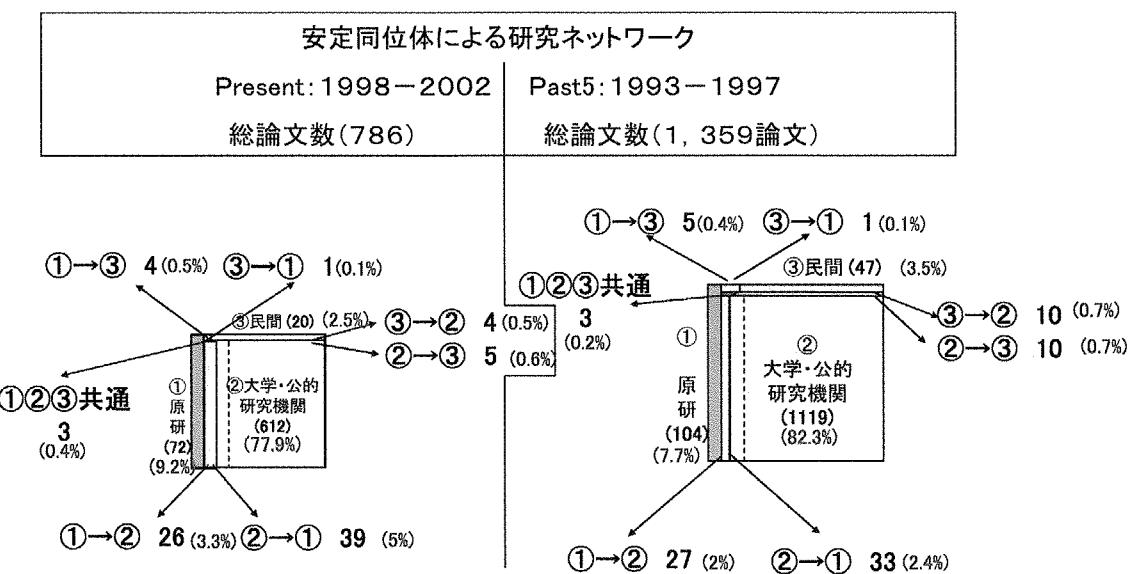


図 A13 安定同位体研究ネットワーク (Present、Past(5))

付録4 原研中性子科学注力研究分野を代表するキーワード

(1)原研中性子科学キーワード {Top100}

原研で中性子科学を研究する機関は一つ一つ同定できなかつたので、1998年に設立された中性子科学研究センターに属する論文を対象にキーワード {Top100}を作成した。1998年から2002年までに作成された、同センターに所属する論文総数は305である。原研中性子科学キーワード {Top100} のうち上位20のキーワードおよび98-100位のキーワードを例示すると表A3になる。

表 A3 原研中性子科学注力研究分野を代表するキーワード Top100
(頻度3の最終ランク120位まで掲示)

中性子科学研究(FY 1998-2002, 5 years written 305 papers)

Rank	Keywords	Points	Rank	Keywords	Points	Rank	Keywords	Points
1	Intense proton accelerator	36	41	ADS	6	81	Thermohydraulic Analysis	4
2	Proton linac (accelerator)	30	42	Benchmark	6	82	3Gev synchrotron	3
3	Superconducting cavity	25	43	Lead-Bismuth	6	83	Activation Detector	3
4	Nuclear Transmutation	24	44	Proton	6	84	Advanced reactor	3
5	Neutron science	20	45	Proton accumulator ring	6	85	ATR	3
6	Neutron radiography	19	46	Recycling Flow	6	86	Beam dynamics	3
7	Neutron	18	47	Spallation reaction	6	87	Beam simulation	3
8	Accelerator-driven System	18	48	Transmutation	6	88	BWR	3
9	Joint Project	15	49	Accelerator-driven Subcritical Reactor	5	89	Computer tomography	3
10	Synchrotron	15	50	Emissittance	5	90	Dose distribution	3
11	Simulation	14	51	Fast reactor	5	91	ENDF/B-VI	3
12	Superconducting linear accelerator	14	52	ITER	5	92	FBR	3
13	JENDL-3.2(3.3)	13	53	JEF-2.2	5	93	FEL	3
14	Mercury target	13	54	MCNP	5	94	High level radioactive wastes	3
15	Neutron Science Project	13	55	MCNPX	5	95	HTTR	3
16	Intense proton accelerator project	12	56	Pulse operation	5	96	Iodine	3
17	Neutron source	12	57	Spallation target system	5	97	Iron	3
18	Spallation	12	58	Superconductivity	5	98	Lorentz force	3
19	Mercury	11	59	Supercritical hydrogen	5	99	Lorentz Stripping	3
20	Spallation neutron source	11	60	Visualization	5	100	Neutronic Performance	3
21	Beam Halo	10	61	Accelerating Cavity	4	101	NMTC-JAERI	3
22	Minor actinides	10	62	Accelerator-Driven	4	102	Nuclear power generation	3
23	Neutron scattering	10	63	Analysis	4	103	Pb-Bi	3
24	Space Charge Effect	10	64	Charge Exchange	4	104	PIV	3
25	Accumulator ring	9	65	Cross Section	4	105	PIV system	3
26	JRR-3M	9	66	Dynamic Lorentz Detuning	4	106	Plate Phantom	3
27	Linac	9	67	Equipartitioning	4	107	Proton Accelerator	3
28	Target	9	68	High Intensity Neutron Source	4	108	Pulse neutron source	3
29	Long-life nuclide	8	69	Hydrogen moderator	4	109	Radiactivity	3
30	NMTC/JAM	8	70	Minor Actinides	4	110	Reflectivity	3
31	Particle-Nuclear Model	8	71	Multilayer	4	111	Safety research	3
32	RFQ	8	72	Neutron Characteristics	4	112	Solid target	3
33	Spallation target	8	73	Neutron Transmutation Technology	4	113	Spallation Source	3
34	Cold moderator	7	74	Pressure wave	4	114	SPRING-8	3
35	DTL	7	75	PWR	4	115	Structure strength analysis	3
36	FNS	7	76	Resonant Power Supply	4	116	Subcritical Reactor	3
37	Ion source	7	77	Spallation neutron	4	117	Supermirror	3
38	Omega Program	7	78	Strength	4	118	Surface treatment	3
39	System design	7	79	Structure analysis	4	119	Thermal Neutron	3
40	Accelerator	6	80	Superconducting Accelerator	4	120	TIARA	3

原研中性子科学キーワード {Top100} に関する Present の論文総数を求めるに、世界で約 20 万論文、うち日本はその 15%に相当する約 3 万 (30,009) 論文となる。日本所属論文を原研・官・学・産に分類した結果を図 A14 に示す。学が 43%、原研 23%、官 14% そして産 (民) が 12% という構成になった。

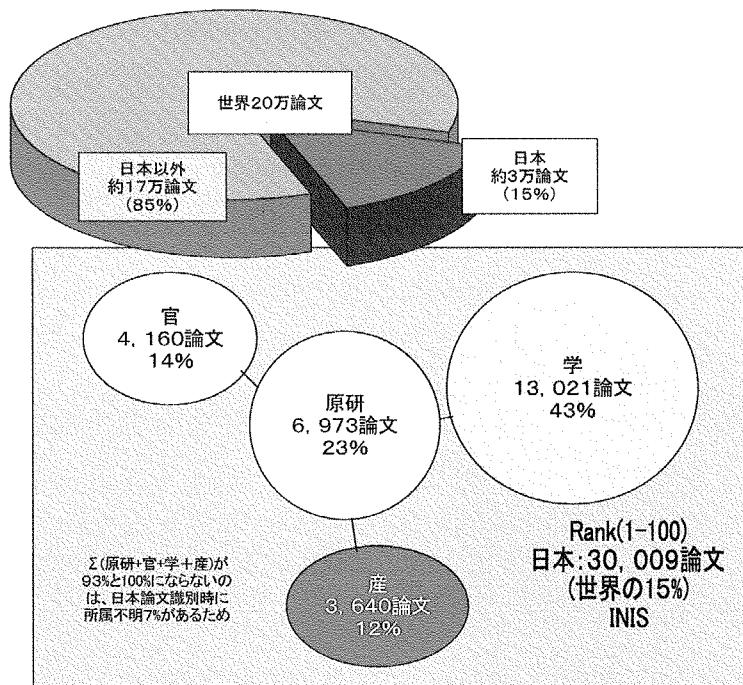


図 A14 原研中性子科学注力研究分野 Top1-100 を使って調べた、
原研他 3 機関における蓄積論文数 (INIS、Present)

Past(20)から Present まで 25 年間総数で見た結果は、図 A15 のとおりである。学が約 6 万論文で他を引き離し、原研と産が 2 万論文強で肩を並べ、官は 1 万論文強であった。

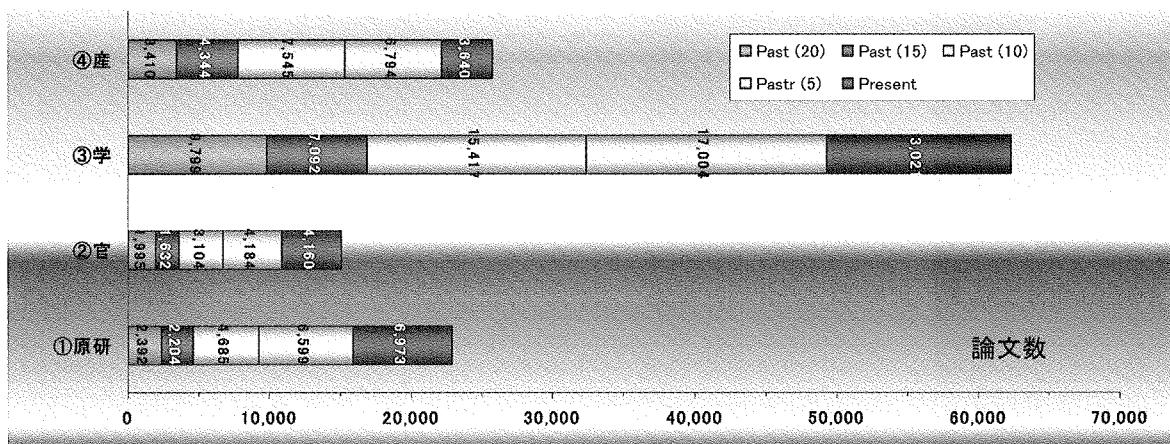


図 A15 原研中性子科学注力研究分野 Top1-100 を使って調べた、
機関別及び年代別の蓄積論文数 (延べ数)

(2) 代表的キーワード事例のネットワーキング図

ランクされたキーワードのうち、国内論文数の多い事例（中性子源）と多くのない事例（核変換消滅処理）を撰び、原研ネットワーキングの実態を見てみた。

1) 中性子源

図 A16 は、25 年間を総体としてみた中性子源に関するネットワーキング図である。機関単独論文数割合は、公 47%、原研 25%、産 29% となっている。原研-公間のネットワークは 9% (179 論文) となっている。図 A17 は Past(5) と Present を対比させた図である。Past(5) からみるとネットワーク面積全体は増加している。顕著なのは、原研-公間の共著論文に関するネットワーキングで、7% から 21% まで飛躍的に増加している。大強度陽子加速器施設の開発では、水銀に陽子を衝突させて中性子を得る方法等で中性子源を作るが、これに係わる基本設計等はすでに関連装置を持っている北大、KEK 等と原研が研究協力している実態がある。この様な状況がネットワーキングの増加をもたらしている。著者ネットワーキング（図 27）で、FNS 中性子利用のコアであった IY がこの中性子源施設の開発のため、FNS から研究シフトし FNS 関連論文が大きく減少したことを既に記述した。

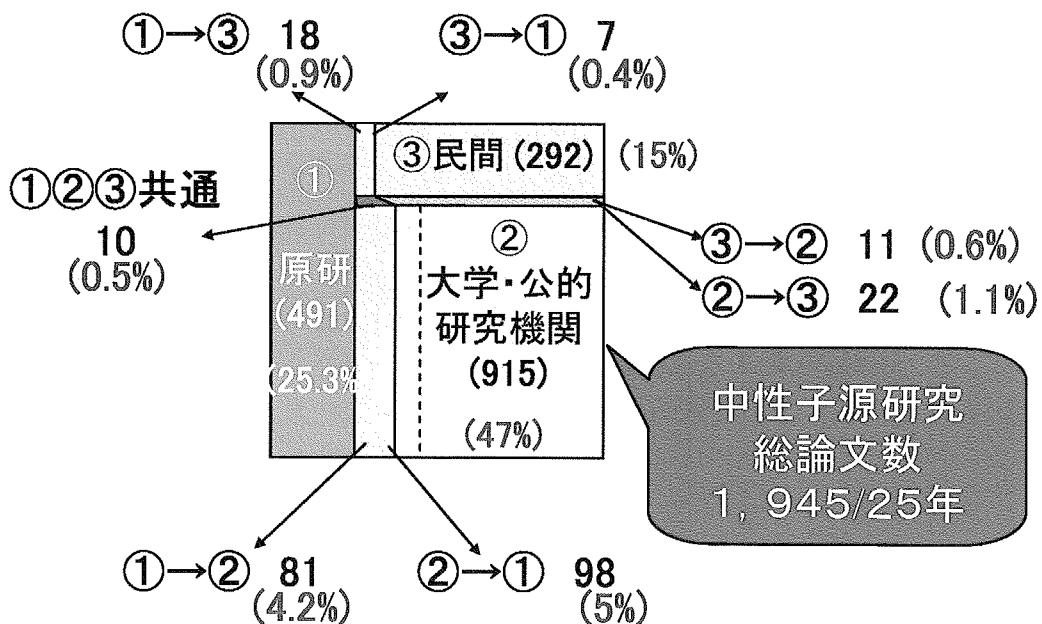


図 A16 中性子源研究ネットワーク（過去 25 年間の総括）

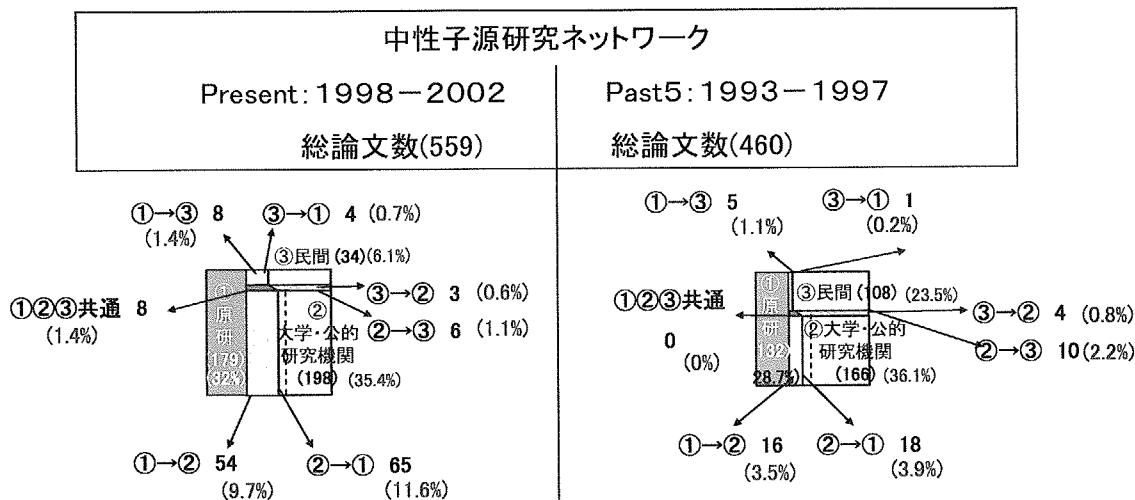


図 A17 中性子源研究ネットワーク (Present、Past(5))

2) 核変換消滅処理

図 A18 は、25 年間を総体としてみたネットワーキング図である。原研がこの分野における基礎研究を開始したのは、10 年ほど前からである。このような背景があつてか論文総数 (476) は少ない。機関単独論文数割合で見ると原研 37%、公 42%と原研が主導的地位を占めている。原研-公の共同論文でみたネットワーキングは 7%、原研-民は 1%、公-民は 2%となっている。

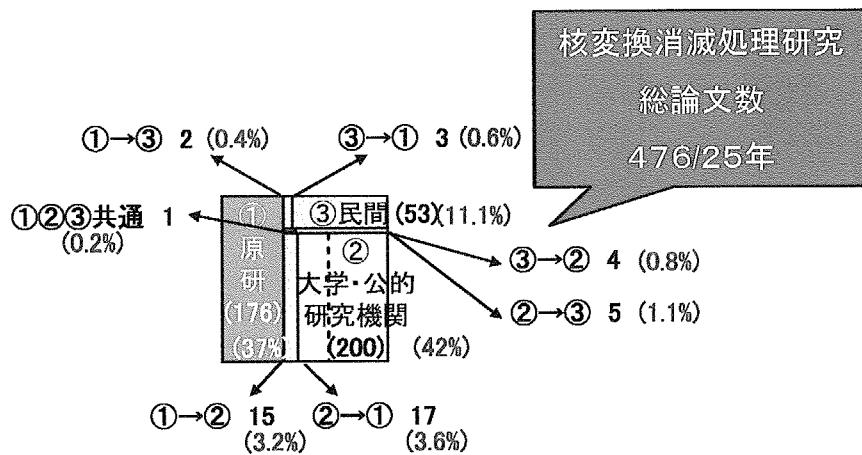


図 A18 核変換消滅処理研究ネットワーク (過去 25 年間の総括)

図 A19 は、Past(5) と Present のネットワーク図形を対比した。原研-公のネットワーキングは、Past(5) で約 8%、Present で約 7% とほぼ変わりない。この分野は加速器駆動型原子炉で長寿命核種を消滅処理することを目的とした基礎研究

であり、原研を含め、これからネットワーキングが拡大していくと見込まれる研究分野という位置付けといえよう。

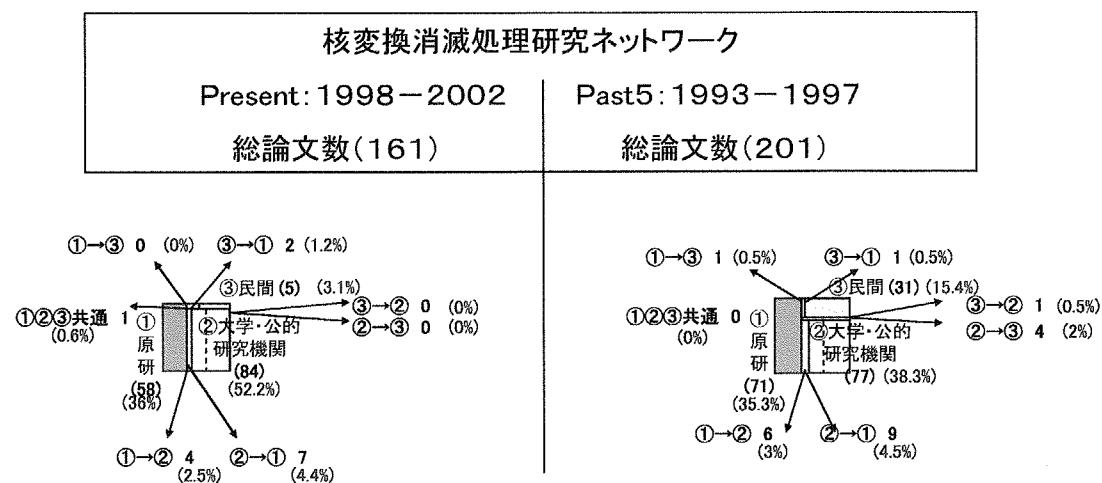


図 A19 核変換消滅処理研究ネットワーク(Present、Past(5))

This is a blank page.

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	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
物質量	モル	mol
光强度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	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
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N·m
功率、放射束	ワット	W	J/s
電気量、電荷	クーロン	C	A·s
電位、電圧、起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラード	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量等量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名 称	記 号
分、時、日	min, h, d
度、分、秒	°, ', "
リットル	L, l
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1～5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- E C閣僚理事会指令ではbar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換 算 表

压	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
力	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
力	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
力	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
力	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻²	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1

1 cal = 4.18605J (計量法)
= 4.184J (熱化学)
= 4.1855J (15°C)
= 4.1868J (国際蒸気表)
仕事率 1 PS(仮馬力)
= 75 kgf·m/s
= 735.499W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

(86年12月26日現在)



古紙配合率100%
白度70%再生紙を使用しています