

物性研だより

第28卷
第3号

1988年9月

目 次

○ 「物性研究における大型施設の将来計画」について	1
○ 「物性研究における大型施設の将来計画」 ワーキンググループ報告	2
○ 「物性物理における基礎研究」 ワーキンググループ報告	48
物性研究所談話会	59
物性研ニュース	61
○ 東京大学物性研究所客員部門 教授・助教授 公募	62
○ 東京大学物性研究所 助手公募	63
○ 1989年度日米協力事業「中性子散乱」研究計画の公募	64
○ 人事異動	65
○ テクニカル・レポート 新刊リスト	66
編集後記	

東 京 大 学 物 性 研 究 所

ISSN 0385-9843

「物性研究における大型施設の将来計画」について

近年、物質開発技術の進展にともなって、物質のキャラクタリゼーションに必要な実験装置が高度化し、その中の或種の設備は極めて大型化している。多大な建設費を必要とする大型実験設備を建設しようとしても、限られた国家予算の中では、実際に建設できる設備の数は極度に制限されることになる。計画実施の優先順位をきめるにあたっては、当該計画の学術的重要性、技術的可能性および緊急性などが総合的に評価されなければならない。昭和60年末ごろに、当時提案されていくつかの大型計画に関して、物質研究者の立場からアセスメントを行ない、計画実現に向けて一つの交通整理をしてみてはどうかという動きがあらわれた。

このような動きに併せて、昭和61年1月に、日本学術会議物理学研究連絡委員会物性専門委員会に、物性関係大型施設計画ワーキンググループが設置された。以来、2年余にわたり、このワーキンググループは、多くの会合をもち、中性子回折物性、ミューオン物性、放射光物性の三つの分野にかかわる諸計画を検討した。とくに、いくつかの競合する計画が存在する放射光物性に関しては、単にワーキンググループとしての会合をもつだけでなく、各計画の推進者からのヒヤリングを行ない、専門家の意見をきき、さらに、シンポジウムを開催して、各計画の内容について調査を行った。そのほかに、物性研究所30周年記念の短期研究会の中にも大型計画を討議する場を設け、当事者および第三者の意見を徴した。そして、本年4月に、検討結果の報告書がまとめられた。この間、昭和62年12月までに5回の中間報告がなされた。

まとめられた検討結果は、既に、物理学研究連絡委員会に報告されている。この報告書は、ワーキンググループの委員長である伊達宗行教授の多大な努力の結晶である。同種の多くの報告書と異なって、そこには、検討の結果が極めて具体的に、かつ、直截的に記述されている。換言すると、歯に衣着せずに、物事がはっきりと語られている。この報告はそれ自身が重要であるばかりでなく、その内容の多彩さからみて、多くの研究者の目にふれた方がよいであろうと考えられた。

この度、「物性研だより」を通して、並行してすすめられていた他のワーキンググループの報告と共に全国の研究者に読んでいただけることになった。これは、まさに、関係者の願いがかなえられたものであり、よろこばしい限りである。物性研究所の全国共同利用機関としての責務を考えれば、これは当然のことであるとも言えるが、そもそも、この報告書で取りあげられている諸々の研究計画には、大なり小なり、物性研究所がかかわっているものである。本報告を一読されて、研究者諸兄姉が物性関係大型研究計画のあり方について思いを馳せていただくことを関係者一同は願っている次第である。

物性研究における大型施設の将来計画

昭和63年4月

日本学術会議物理学研究連絡委員会

物性関係大型施設計画ワーキンググループ

序 文

本報告書は、物性科学の分野において近年その重要性が指摘されている大型の装置、施設の日本における将来計画はどうあるべきかを検討すべく、第13期日本学術会議物理学研究連絡委員会物性専門委員会において発議され、上記研究連絡委員会に設置された物性関係大型施設計画ワーキンググループによってまとめられたものである。ここで大型施設と言うのは当初設備費が数十億円を越える規模のもので、原子炉関連の研究設備および加速器関連装置を中心であり、したがってこれらの諸施備はいくつかの他分野における研究計画とも深い相関がある。そしてこれらの諸施備は単に日本国内に止らず、広く国際的視点からもとらえられるべきものであり、本報告書はこの方面的現状分析も含んでいる。内外の研究者各位、および科学行政担当者各位の御参考となれば幸いである。

昭和63年3月18日

伊達宗行

目 次

1. 緒言	
(a) ワーキンググループの発足	5
(b) 検討すべき大型施設	6
2. 原子炉利用による中性子物性研究	
(a) 中性子の重要性	6
(b) 国内における原子炉と中性子物性	8
(c) 國際協力問題	11
(i) 米国ANS計画	11
(ii) 仏国 CENG計画	12
3. 加速器を用いたパルス中性子物性研究	
(a) パルス中性子の有用性	14
(b) パルス中性子物性研究の変遷	14
(c) KENS-II計画	17
(d) 大型ハドロン計画におけるKENS-II	17
4. ミュオンによる物性研究	
(a) ミュオンの物性研究における意義	21
(b) 大型ハドロン計画におけるミュオン物性	23
(c) 中性子物性とミュオン物性	23
5. 放射光による物性研究	
(a) 放射光物性研究の歴史と重要性	25
(b) 諸計画の比較検討作業	27
(c) 物性研究所の新型光源計画	29
(d) 広島大学HiSOR計画	30
(e) 東北大学電子ライナック研究センター計画	32
(f) 九州大学放射光研究センター	35
(g) 大型放射光の2計画	36
(h) 世界における放射光研究の情勢	41
6. 結語	44
付 記	45
A - 1 委員名簿	46
A - 2 会合記録	47

1. 緒言

(a) ワーキンググループの発足

物性物理学は研究対象の多彩性を反映して個々の研究者の独創性と独自性に重点のあるいわゆるスマートサイエンスに基本的な視座を置くが、近年、物性物理学のいくつかの分野において大型で高価な施設、機器が重要な手法として定着しつつある事も広く認識されている。その多くが原子核物理学、および素粒子物理学の研究の進展とともに自然発生的な波及効果の形で物性研究に入って来たという歴史的事情はあるが、今日ではむしろこれら各種の研究手法は既に確立した原理、技術を持ち、そして確たる研究方向を有している。したがってこれからについては物性研究者は大型施設が出来た後でその利用を考えるという事ではなく、あらかじめ物性研究にベストな大型機器の設計、性能を検討、立案し、その上で物性研究以外の広いニーズにも答える多目的機器の建設に協力するか、独自のマシンを持つか、あるいは国際的協力態勢を創設するかを決定すべき時期に来たと言えるであろう。

物性研究者間には常につきのような意見と疑問がある。すなわち、大型施設を作る予算があるならばそれを回して数多くの小型研究を育成する方が物性研究にとってプラスである。また大型施設の推進によって一般的の物性研究が予算的に圧迫されることはないのか。これらに対しては、現在の科学行政においては例えば科学研究費はトリスタンのような超大型の施設が出来ても影響されることなく順調に伸びている事から見ても大型によって小型が圧迫されるようなことは起きないと考えられること、そしてまた大型をやめてその分を小型に廻すといった予算の流れは行政的に整合性を欠き、むしろ基礎研究振興の旗印の下に科研費増を含む小型研究推進等を提言する方が正攻法として評価されるなどの答えが準備される。そしてむしろ重視すべき事は最近の物性研究においては大型と小型の中間にくる各種装置、例えば超低温発生装置、超高压発生装置、超強磁場発生装置、および高度に制御された物質作成装置や評価装置のような数億円規模のものが需要の増大とともに多彩、多岐にわたるようになってきた事である。これらの諸問題については上記の物性専門委員会において討論の結果、物性物理における基礎研究ワーキンググループ（金森順次郎委員長）においてまとめることとし、物性から見ると超大型のものについて集中的にわれわれのワーキンググループで論ずる事となった。本ワーキンググループはこのような主旨の下にどのような大型施設がどんな形で作られるべきかを検討すべく昭和61年1月10日の物理学研究連絡委員会物性専門委員会で発議され、同研究連絡委員会で承認された。当初メンバーはつきの通りである。

委員長 伊達宗行（阪大理）

専門家委員 石川義和（東北大理）、永嶺謙忠（東大理）、星埜禎男（東大物性研）

石井武比古（東大物性研）

一般委員 糟谷忠雄（東北大理）、上村 洋（東大理）、川路伸治（学習院大理）、加藤範夫（名大工）

なお其後石川委員の死去に伴い、パルス中性子関係の委員として遠藤康夫氏（東北大理）に出席を依頼した。また星埜委員の物性研教授定年退官に伴い、物性研の中性子関係委員の補充として山田安定氏を追加委員とした。星埜氏（現筑波大学）については結晶学研究連絡委員会との連絡もあり、引きつづき委員を依頼した。

(b) 検討すべき大型施設

物性研究にとって大型施設とは何かとの問い合わせに対する答えは必ずしも一義的ではないが本ワーキンググループでは設備費が数十億円以上の機器を中心として考える事とした。このような立場で見ると主要なものとしてつぎの4項目があげられる。

- (1) 中性子物性（原子炉）
- (2) パルス中性子物性（加速器）
- (3) ミュオン物性（加速器）
- (4) 放射光物性（加速器）

なお、これ以外で将来重要性をもつものに宇宙空間利用の物性研究があげられよう。例えば無重力場での物質合成、あるいは結晶育成などである。しかし、これらについてはまだ時間的なゆとりがあり、5～10年後に討議を始めてよい課題と考えられる。したがって今回は取り上げない。

以下(1)～(4)毎に現状と問題点、そしてこれらに対する諸計画と本ワーキンググループの考え方をまとめる。

2. 原子炉利用による中性子物性研究

(a) 中性子の重要性

物性研究における中性子回折、散乱の研究は約40年前にいわゆる中性子弾性散乱の応用による物質構造の研究が開始された時の予想を大幅に越えるものとなった。それは非弾性散乱が物質内のさまざまな励起状態を知るのに極めて有効であることが明らかとなった事、そしてそれを支える高精度の技術が開発された事による。中性子が荷電粒子、あるいは電磁波とは異った性質を持っている面も重要なである。

最近の Phys. Rev. Letters あるいは日本物理学会ジャーナルを見てもわかるように物性物理学の研究はごく大まかにわけると物質構造の問題と電子系の物理とにわけられる。初期の中性子回折において注目されたのは熱中性子の波長が約1～10オングストロームで結晶における原子間隔に等しく、したがってX線と相補的な構造解析に使える、というものであった。相補的という意味はX線は電磁散乱をするので電子数の少ない、つまり軽い原子例えば水素原子の位置決定はむずかしいが中性子は原子核よりの散乱なのでこのような事がないからである。また重要な点は中性子は磁気モーメントを有しており、このために磁気散乱を起こすが、その散乱振巾が核からの散乱と同程度で磁気構造決

エネルギー

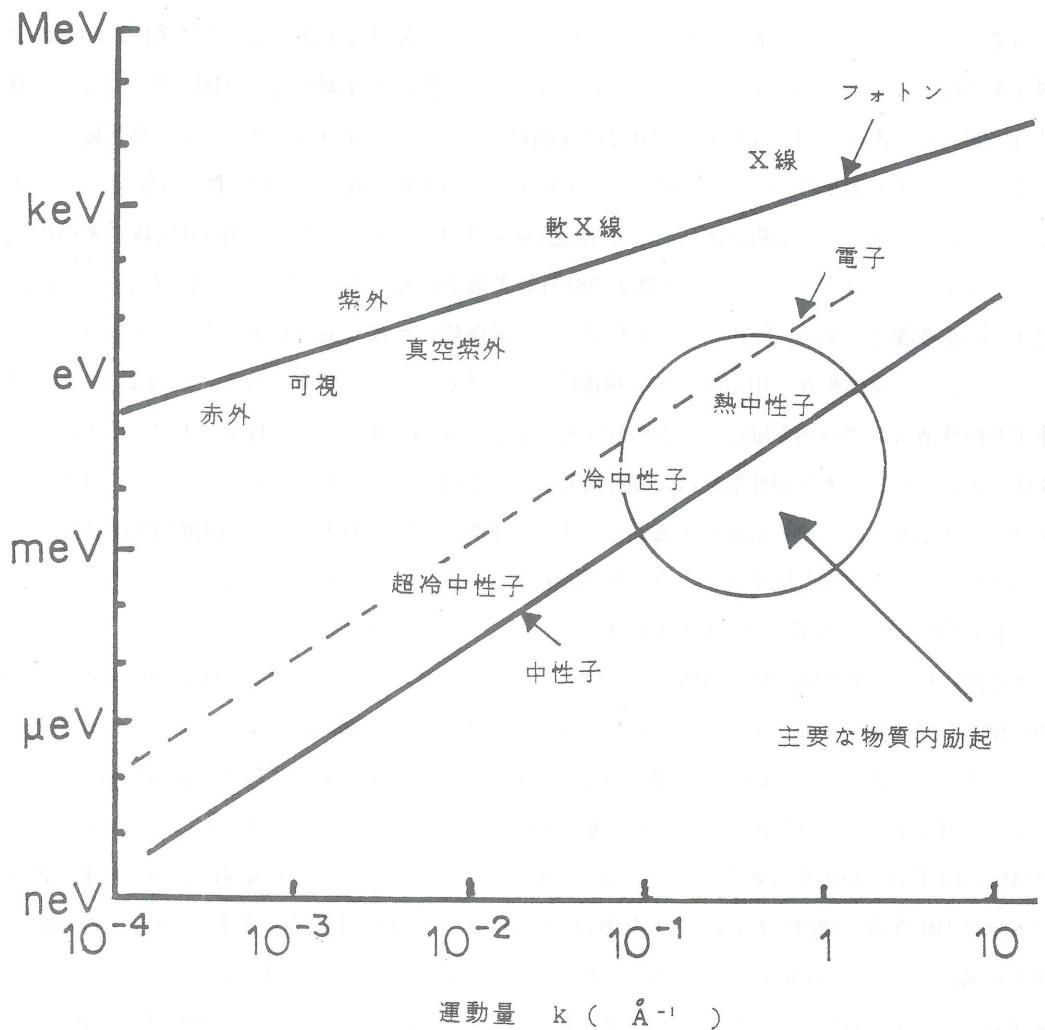


図-1 中性子、電子、光の分散関係と物質内の主要な励起

定に使えるということである。そして中性子は電磁散乱を示さないから物質との相互作用は少なく、いわゆる“クールな探針”としての性格を持つことも大事なポイントである。最近では中性子の減速材を極低温にすることで冷中性子源（波長 $10^2 \sim 10^3 \text{\AA}$ ）も使用可能となり、生体の高次構造などのサブマクロ構造研究も大きく進展しつつある。

しかしながら既に述べたように中性子の決定的有用性はその非弾性散乱にある。図-1にこれが示されている。物質内には極めて多彩な励起状態が存在するがそのエネルギーと運動量はほぼ図に示さ

れた円内にくる。ところが中性子の分散関係を示す直線はそのほぼ中央をよぎっている。つまり、入射中性子はエネルギー、運動量の保存則を満足するような非弾性散乱を系内でかなり自由に行うことが出来る。そこで物質内で散乱された中性子のエネルギー、運動量を調べることで系内素励起の分散関係を正確に知ることが可能となる。これがフォトンでは極めて困難なことは図-1のフォトン線を見れば明らかである。例えば可視光領域では運動量があまりにも小さく、ブリルアン帶全域をカバーすることはとても出来ない。またX線ではエネルギーがあまりにも大きいため散乱X線のエネルギー変化比は極めて小さくて解析は困難となり散乱振幅も小さい。むしろ真空紫外・軟X線で系内の電子をたたき出し、そのエネルギー、運動量を角度分解光電子分光法により調べるのが有用で、これは放射光での重要課題であり、後述する。また電子の分散関係が点線で画かれているがこれはフォトンよりも良いものの電磁相互作用が強すぎて物質内に深く入れるのが問題となる。このようなわけで中性子非弾性散乱は物質内素励起の分散曲線を知る最良の手段であることが理解される。しかしながら条件はよいといつても非弾性散乱は、弾性散乱よりも強度は当然ながら弱い。したがって中性子源のフラックス密度を高くする必要がある。これまで約40年の中性子物性最大の技術的課題はただ一つ、いかにしてそしてどんな形で高いフラックスを得るかにかかっていたのである。

(b) 国内における原子炉と中性子物性

歴史的に見て、また使い易い高精度の定常ビームが得られるということで中性子物性に対する原子炉の役割りは不動のものである。しかしながらこの分野で日本は宿命的ハンディキャップを背負っている。すなわち所要の原子炉を得る事が国土のせまさと国民感情の面から極めて困難な事である。したがって対応策としては国内で可能な原子炉の利用をフルレベルまで行う事、そしてそれを越える分は外国の原子炉の利用を考えることになる。日本においては昭和36年、東海村において科学技術庁の日本原子力研究所が建設したJRR-2を用いて行われた中性子物性研究が最初である。これは既に欧米諸国にくらべて約10年のおくれがあった。その後JRR-3が利用出来るようになった。この状況は図-2に示されている。なお京都大学付置のいわゆる関西原子炉があるが中性子の有効フラックスが不足で弾性散乱研究の域を出ない。

東海村のJRR-3は其後、世界的な原子炉利用研究の趨勢と、国内利用研究者の要望を考慮してこれを改造して出力を倍増し、ビーム実験専用炉とするべく目下建設が進められている。これは改3号炉 (JRR-3M) と略称されているが、その本体は日本原子力研究所が約300億円をかけて作っており、性能は、出力20MW、熱中性子線束も $2 \times 10^{14} n/cm^2 sec$ 以上で冷中性子源、ガイド管設備を持ち、全体としてフランスのオルフェ級である。

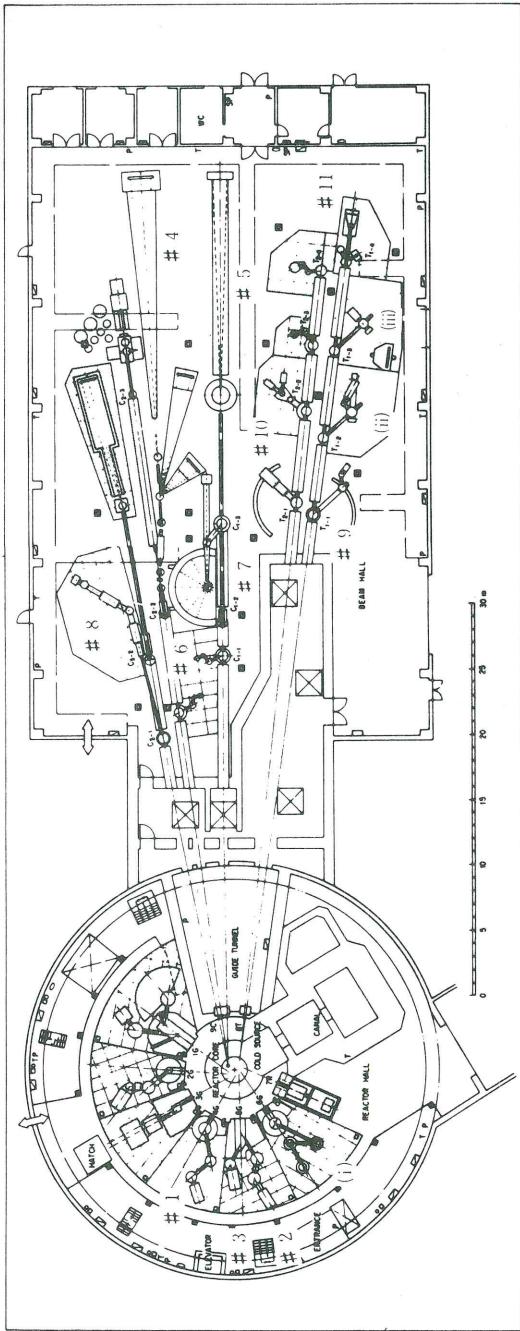
これより得られる熱中性子および冷中性子を利用する中性子回折・分光装置群については、かなりの部分を大学側が責任をもって設計、建設にあたることとなった。このため、東京大学物性研究所が中心となり、約22億円の費用で装置群の建設と宿舎付属研究設備をもつ研究施設を建設する計画が立

てられたが、本ワーキンググループの発足直後にはまだ文部省側としての予算化が難しい段階にあった。われわれは討議の結果国内における当面の中性子物性研究に対する最大の課題と受けとめ、その実現に向けて物研連等における強力な支援を得るべく努力を行なった。その結果、各方面の理解が得られ、昭和63年度に炉室内設備関係予算約4.5億円（2年次計画、東北大学分を含む）がみとめられた。これは図-3に示された当初計画のうち、炉室内の4G, 5G, 6Gビーム孔に設置される設備部分に相当する。しかし、まだ全体計画から見ると一部分にしかすぎず特に各分野で最も利用が期待されている冷中性子ガイドを含むガイドホール設備関係費がまだみとめられていない点は深刻な問題であり、当面、日本国内で考えられる唯一のファシリティということを考慮して改3号炉関連の設備の充実と、施設の設置を今後も最優先して進めて行く必要がある。

なお、関西原子炉はこれまでの推移と現状を見ると中性子物性に関しては中堅に若干の人材が見られるものの立地条件、環境に制約もあって将来あまり期待をもてそうにない。ナショナルプロジェクトとしてはむしろ東海村一本で強化すべきである。

原子炉		年度	35 36 37 38 39 (昭和)	40 41 42 43 44 45 46 47 48 49	50 51 52 53 54 55 56 57 58 59	60 61 62 63 64 65 66 67 68						
原 子 力 研 究 所	2 号 炉 運 転 開 始 (JRR-2) (10MW)	2 号 炉 運 転 開 始	中性子回折分光器（3軸型）・東北大理学部					運 転 停 止 予 定				
			中性子偏極解析装置（3軸型）・物性研究所									
			3軸型分光器（物性研・通研）		物性研究所							
			↑ (通研撤収)		(東北大・金研) (3軸型)							
			中性子回折装置									
	3 号 炉 運 転 開 始 (JRR-3) (10MW)	3 号 炉 運 転 開 始	偏極中性子回折装置（2軸型）・物性研究所					改 3 号 炉 運 転 開 始 予 定				
			中性子回折装置（4軸型）・物性研究所									
			中性子回折装置（偏極付加）東北大金研									
			中性子回折装置（2軸型）・東北大金研、阪大、原研									
			3号炉 改造工事 (20MW)									

図-2 原研研究用原子炉における中性子回折実験施設の変遷



註：陰影内の装置は原研設置予定
(i)は東北大理学部、(ii)(iii)は東北大金研設置予定の装置

- #1 汎用三軸型中性子分光器
- #2 高性能偏極中性子散乱装置
- #3 固定角二軸・四軸回析装置
- #4 中性子スペクトル変調。時間分析装置
- #5 二次元位置測定小角散乱装置
- #6 高エネルギー分解能三軸型分光器
- #7 超高分解能後方散乱装置
- #8 高分解能中性子スピネコ一装置
- #9 高分解能3軸型分光器
- #10 中性子干渉計
- #11 中性子カメラ回折装置

図-3 原研改3炉計画図

(c) 国際協力問題

すでに述べた改3号炉の出力が20MWであるのに対し、現在世界のトップレベルにあるものあげれば、熱中性子束 10^{15} 級の米国HFBR (60MW), HFIR (100MW), フランスのILL (100MW), とつづく。中性子フラックスは約10倍、そしてILLのように冷中性子源に特に重点的な配慮のある原子炉もあり、日本に大型の原子炉を設置することの困難さから見て、国際協力による事態の打開以外に対策はない。当面の上記諸施設の利用については充分とはいえないものの二国間協力等のパネルで処理されているので本ワーキンググループとしては特に議論を行わなかった。これに対して、諸外国における原子炉の建設とこれらに附置される中性子回折装置についての将来計画が討議すべき課題として浮上した。

(i) 米国ANS計画

特に注目されるのが米国オークリッジの新計画である。これは最終出力 (300MW) が極めて高く、デザインも最新、高効率なものであり、当然ながら建設費も約300M \$ (約450億円) と高い。これについて米国側の当時オークリッジ国立研究所 (ORNL) 副所長 (現所長) Zucker 博士から日本がこの建設費の約1/3を出すならば共同で運営、利用するとの案が提出されていたこともあり、本ワーキンググループでも重視、検討を行った。この案はANS計画 (Advanced Neutron Source) と呼ばれている。米国エネルギー省 (DOE) が進めているもので熱中性子束は約 $10^{16}/\text{cm}^2\text{sec}$ とこれまでの世界トップクラスの約10倍、改3号炉とくらべると50~100倍である。固体ウラン燃料の最終タイプともいわれており、炉心には熱伝導度のよい新燃料である90%濃縮のU₃Si₂が用いられる。図-4に全体構想のアウトラインが示されている。注目すべき点は当初計画された中性子散乱、アイソトープ生産、材料試験の中でとくに中性子散乱を主とするとなった事で、中性子物性研究専用施設である。これに接続される熱・冷中性子分光器群は20~30基にも達し、炉室内、およびガイドホールでの研究は、炉制御・運転区域から完全に切り離されている。運転モードは14日連続運転、2~3日停止で85%の運転効率が見込まれる。フル運転は1995年頃から、運転経費は約15M \$/年である。

これに対する国際協力の形として目下検討されているのはすでに述べた建設から運営まで約1/3を日本が持ち、応分のマシンタイムを取るという方式、現在の日米協力を version up することで分光器等を製作、設置、維持する形、あるいは一番弱い形として研究テーマを申請してユーザーとなる、といったものである。本ワーキンググループとしては、これらの案を含めて今後の対応の仕方を早急にまとめる必要があるとの判断から中性子散乱研究グループに検討を依頼するとともに広く物質科学、生物科学をふくむ研究者の意見調査を始めている。日本側の問題点は欧米諸国とちがって日本ではまだ物理以外の分野におけるユーザーの関心が弱く、全体としての層が薄い点である。物性研究者が化学、生物学、工学等の広いユーザーを掘り起こす努力も必要である。なおもし例えれば数十~百億円といった大型の予算を伴った国際協力が動き出すとすれば日本側の実務的窓口としては目下の所

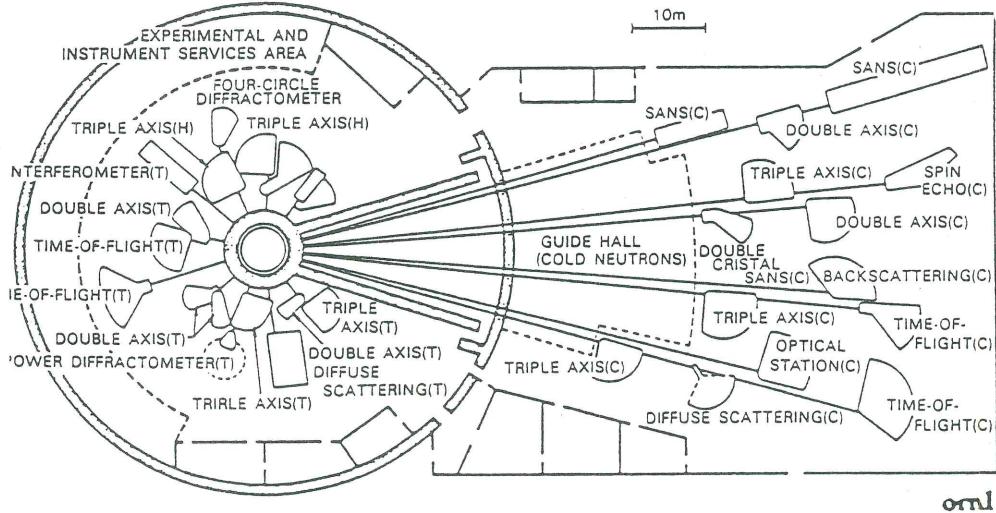


図 - 4 米国ANS 計画の原子炉および中性子回折装置群

東大物性研究所以外には考えられない事で本ワーキンググループの意見は一致している。そこでこの件について物性研側の適切な対応が得られるよう申入れを行った。具体的には現在同所から予算要求中の中性子関連施設は改3号炉設備を利用する国内中性子散乱研究センターとして位置づけられるもので、これが対外窓口となるのがもっとも適当であろうという回答を得ている。なお日本における炉工学関係者的一部が本計画に关心をもっていると伝えられるが、当面は合同の研究会などの計画は考えられていない。

(ii) 仏国CENG計画

CENG (Centre d'Etudes Nucleaires de Grenoble, グルノーブル原子力研究所) は古くからSILOEという原子炉を用い、世界第一級の中性子物性研究を行ってきている。そのグループリーダーであるRossat Mignod (ロザ・ミニョ) 博士が学術振興会の日仏研究協力事業で来日した昭和62年9月、本ワーキンググループにつぎのような申入れを行った。グルノーブルはL. Néel 博士以来、とくに磁性を中心とする物性研究で著名な成果をあげてきているが約10年以前に同じグルノーブルにあるILL (Institute Laue-Langevin) に設置された冷中性子源を中心とする中性子物性研究が世界の注目をあびるようになった。一方上記SILOEは既に約20年使用されて来て老朽化が進んでいる。そこで今回、この改修計画が立案された。内容は出力35MW、中性子束 $5.7 \times 10^{14} / \text{cm}^2 \text{sec}$ 、熱、冷中性子ビーム5本、分光器8台、総予算50MF (約12億円) 年間運転経費約50MFというもので改3号炉より約2倍大きい中性子源である。しかも費用はそんなにかかるない。改修前、および改修後の概略図が図-5に示されている。この計画に対してフランス側としては日本に対し約1/3の経済的負担をしてくれるならばこれに見合うマシンタイムの提供をしたいがどうかというものである。これに対して

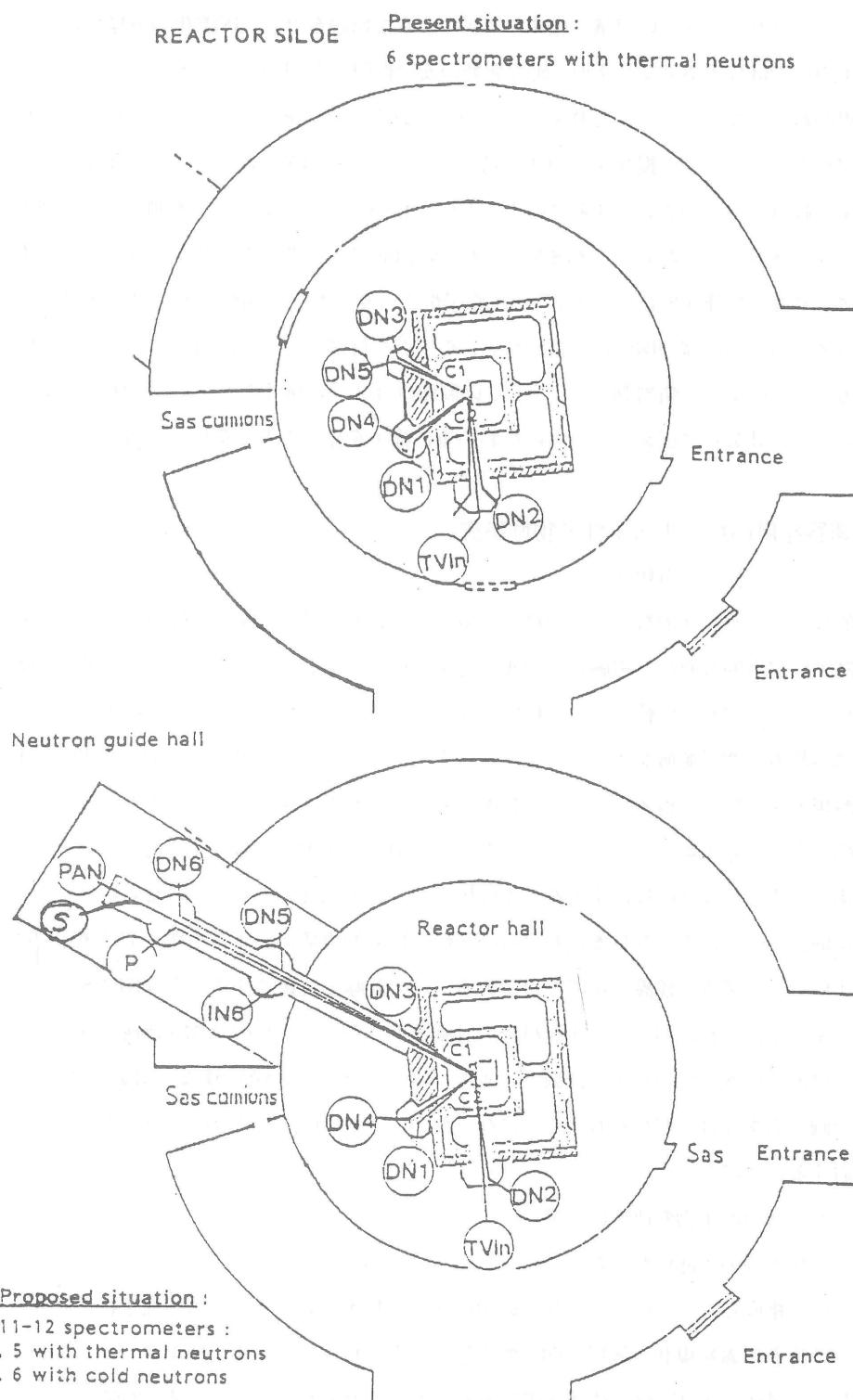


図-5 フランスSILOE 改造計画、上が現在で下が改造後

は本ワーキンググループでの討議の結果、つぎのような結論を得た。国際化が多様化している今日、単に日米のみでは片手落ちでもあり、研究態勢の安全保障も多国間のネットワークがあってこそ成立すると思われる。フランスとはこれまでにも多くの研究交流があり、グルノーブルの置かれている世界的地位からいってもこの提案を前向きに考えたい。しかし問題点は3つある。第1にフランス側の提案はまだ政府レベルのものとするにはあまりにも私的である。第2に日本側の中性子研究グループ内でまだ深く議論されておらず、議論をしてもANS計画ほどの関心を呼ぶかどうか不明である。そして第3により高い性能を既にもっているILL原子炉との整合性の問題がある。すなわちILLとは今回提案されているような深い関係にはないから、この点を将来どのように調整して行くかも検討する必要がある。以上のような情勢判断により、この問題は今すぐに動くことなく、文部省にこのような計画があることを非公式に伝えるとともになお慎重に様子を見ることで意見が一致した。

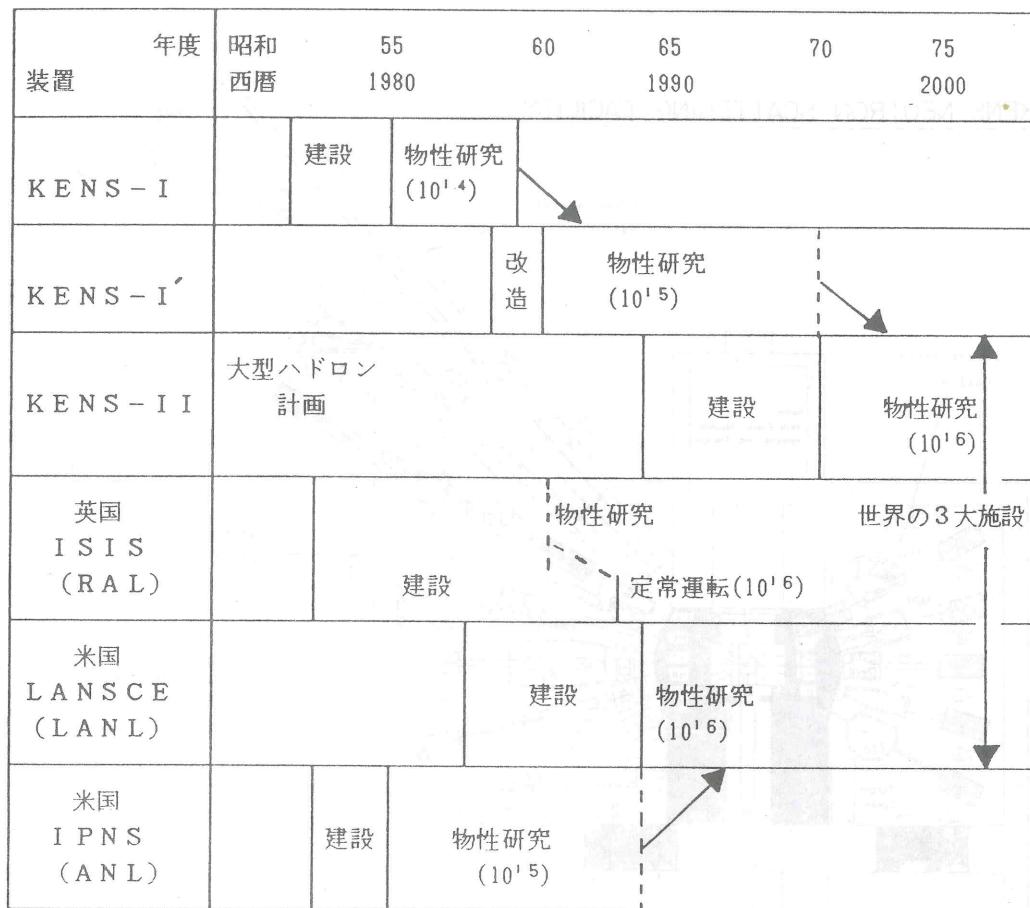
3. 加速器を用いたパルス中性子物性研究

(a) パルス中性子の有用性

定常的なものとパルス的なものの相補性は多角的な研究を必要とする物性研究において特に重要である。例えば定常的な直流の電磁石とパルス磁場、通常の高圧とパルス高圧などの研究の歴史を見ても明らかである。パルス中性子は原子炉の中性子にくらべてそれぞれ約1～2桁広いエネルギー、運動量を含み熱外中性子領域をもカバーするとともにTOF (time of flight) 法等の技術が使えることから過渡現象をも観測し得る点で大きな長所をもつ。これらは原子炉利用の中性子源ではまねの出来ないものである。原子炉とちがってバックグラウンド中性子を大幅に減少できるのでS/Nがよいのも特徴である。またパルスの故に冷中性子生成用冷却コストが安いのもばかにならない。とくに強調すべき点は前節に述べたような日本における原子炉の宿命的事情がパルス中性子では大幅にゆるめられ、世界に比肩し得る装置の建設が可能な点である。この意味でも後述するようなKENS-II計画の実現が強く望まれる。これは初めミュオン科学の計画とドッキングしたGEMINI計画（総額約350億円5年計画）の形で出されていたが其後高エネルギー研（KEK）の近傍に建設が計画されている大型ハドロン計画とのすり合せが行われることになったので、その具体案（後述）が出るのをまってあらためて検討することになった。

(b) パルス中性子物性研究の変遷

パルス中性子源の可能性が最初に論じられたのは1960年代にさかのぼる事が出来るが、研究者の大勢は原子炉を指向した。このような状態の中にあって日本におけるパルス中性子物性研究はその出発点において故石川義和東北大教授の個人的力量に大きく負っていた事が特筆される。石川氏が東北大に着任し、同理学部附属原子核理学研究施設で木村一治教授らによって試行的研究が行われていた電子ライナック源による $10^{12}/\text{cm}^2\text{sec}$ のパルス中性子に注目したのが発端である。本格的な研究は

図-6 世界の主要なパルス中性子計画の変遷 () 内は中性子フラックス/ $\text{cm}^2 \text{ sec}$

KEKに持込まれ、ブースタープロトン2マイクロアンペアの平均電流を持つエネルギー0.5GeVの20Hz陽子ビームをタングステンターゲットに照射することで得られるピーク値約 $10^{14} \text{ cm}^{-2} / \text{sec}$ の中性子フラックスを用いたKENS-I計画が昭和52年に動き出した。予算は建物を入れて約15億円である。図-6に示されているように、その後にターゲットをウランに代え、ビームをH⁻に代えて約10倍の中性子フラックスを得るKENS-I'が発足した。KENS-I'の装置配置図が図-7に示されている。得られる中性子エネルギーのフラックスピーク値は図-8のようになる。石川氏、そしてそれにつづく研究者によるこれらの装置を用いた研究の成果はすでに物性物理学の各研究分野に大きなインパクトを与えてきている。世界的に見てもパルス中性子の重要性は広く認識されつつあり、各国で各種の計画が雁行して進行中である。その中でも特筆されるべきものは昭和53年にそれまでの高エネルギー研究をやめてパルス中性子開発に乗り出した英国ラザーフォード研究所のISISである。これはフルパ

KENS NEUTRON SCATTERING FACILITY

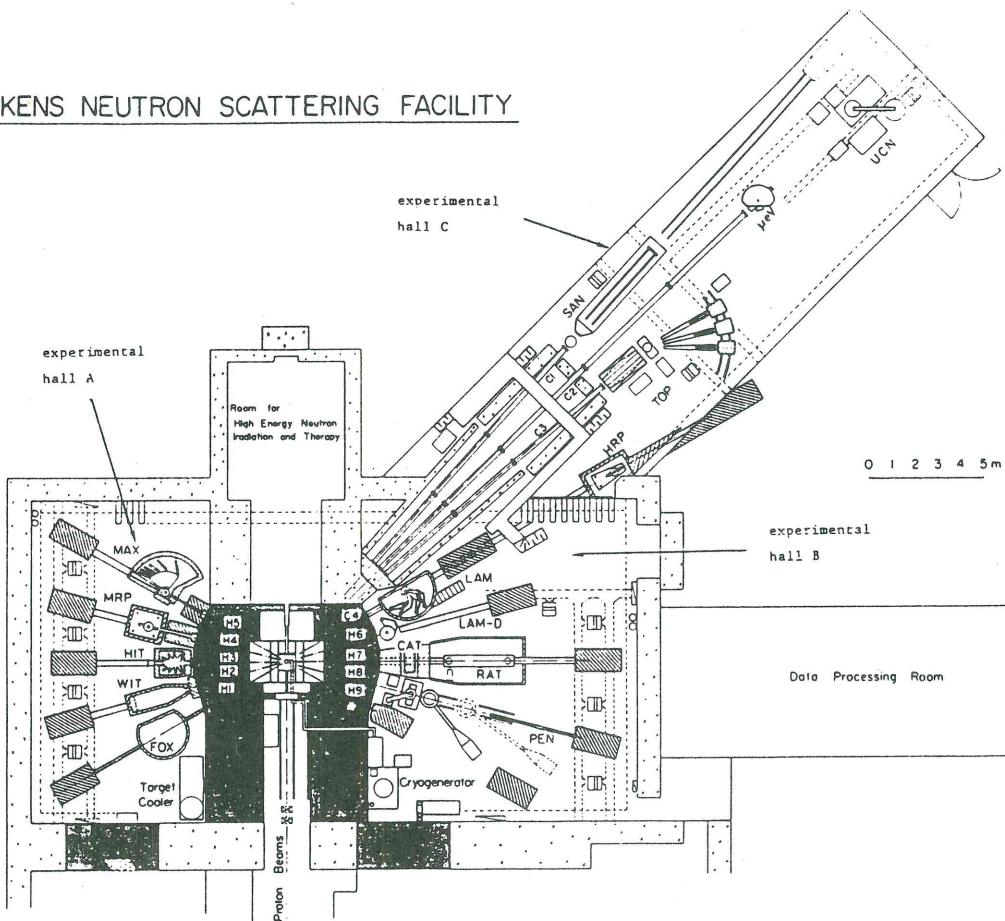


Fig. 1. The recent layout of the KENS facility.

H1 ~ H9 : thermal and epithermal neutron beam holes.

C1 ~ C4 : cold neutron beam hole and guiders.

H1 : Single crystal diffractometer (FOX).

C1 : Small angle instrument (SAN).

H2 : Thermal neutron small angle instrument (WIT), under construction.

C2 : High resolution quasi-elastic spectrometer (LAM-80).

H3 : Liquid and amorphous spectrometer (HIT).

Spin echo μ eV spectrometer prototype (μ eV), under construction.

H4 : Medium resolution powder diffractometer (MRP).

Ultra cold neutron generator test machine (UCN).

H5 : Multi-analyzer crystal spectrometer (MAX).

C3: Polarized cold neutron spectrometer (TOP).

H6 : Molecular spectrometer (LAM-D).

C4: Medium resolution quasi-elastic

H7 : eV-spectrometer (RAT).

spectrometer (LAM-40).

Crystal spectrometer for high energy incoherent scattering (CAT).

High resolution powder diffractometer (HRP).

H8: Polarized epithermal neutron spectrometer (PEN).

図 - 7 KENS-I における装置配置図

ワードではないがすでに動き出し、最終目標の約半分である80マイクロアンペアのプロトンビームが使用されている。実験の成果も期待通りでこれまでとは質のちがった研究も可能となっている。例えばこれまでSm, Eu, Gd等の希土類化合物やホウ素化合物は中性子の核吸収がひどく測定出来ない場合が多かったが、これも可能になりつつある。また測定時間が大きく短縮出来るため、パルス磁場の併用も容易になるという事である。したがってこれまで世界のリーダーシップを取って来た日本としてもこれにおくれることなく研究態勢を強化すべきであるというのが本ワーキンググループの結論である。そのための唯一の道はKENS-IIの実現と考えられる。その大略をつぎに示す。

(c) KENS-II計画

中性子フラックスのパルスピーク値、 $10^{16}/\text{cm}^2 \text{sec}$ を得るための計画であってKENS-I, およびKENS-I'につづくものである。主要施設図が図-9に示されている。また設置予定の中性子分光器は表-1にまとめられている。費用は加速器を別として約50億円である。すでに図-6に示されているようにこの計画は英国のISIS, および米国のLANSCEとほぼ同等の能力を持ち、完成すれば世界3大施設のひとつとして位置づけられよう。原子炉とちがって世界トップの中性子物性を競うのはこの装置をおいて無い。入射プロトンビームは2GeV, 平均電流100マイクロアンペアであり、中性子発生ターゲットはウラン, およびタンゲステンが予定されている。これが実現すればISISを抜いて世界一の施設となる。

(d) 大型ハドロン計画におけるKENS-II

KENS-IIの立案自体は既に10年近く前の事になるがこれが具体的な計画の形を取ったのは中間子科学との合同計画によるのが最初で、当時GEMINI計画と呼ばれていた。これは0.8GeVのプロトン加速器を中性子, およびミュオン源として建設、共用し、中性子および中間子科学の推進を計ろうというものである。図-10に当時作られたスケジュール表が示されている。しかしながらGEMINI計

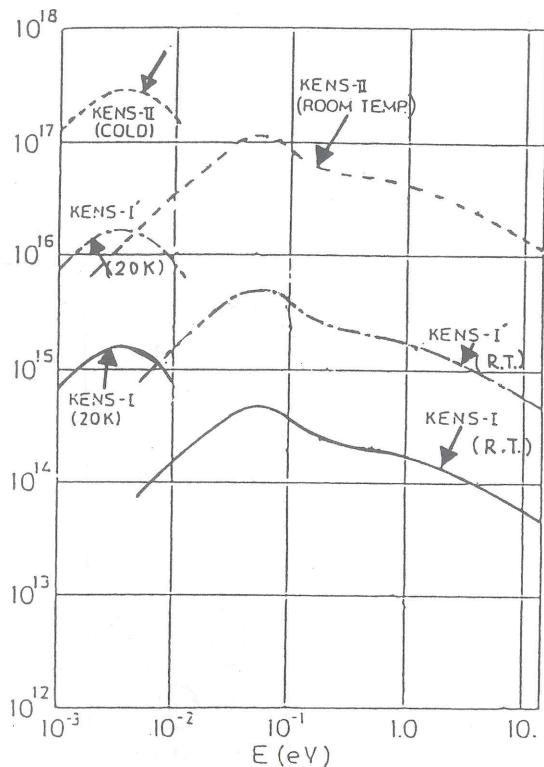


図-8 KENSにおけるパルス中性子のエネルギーと中性子フラックスのピーク値

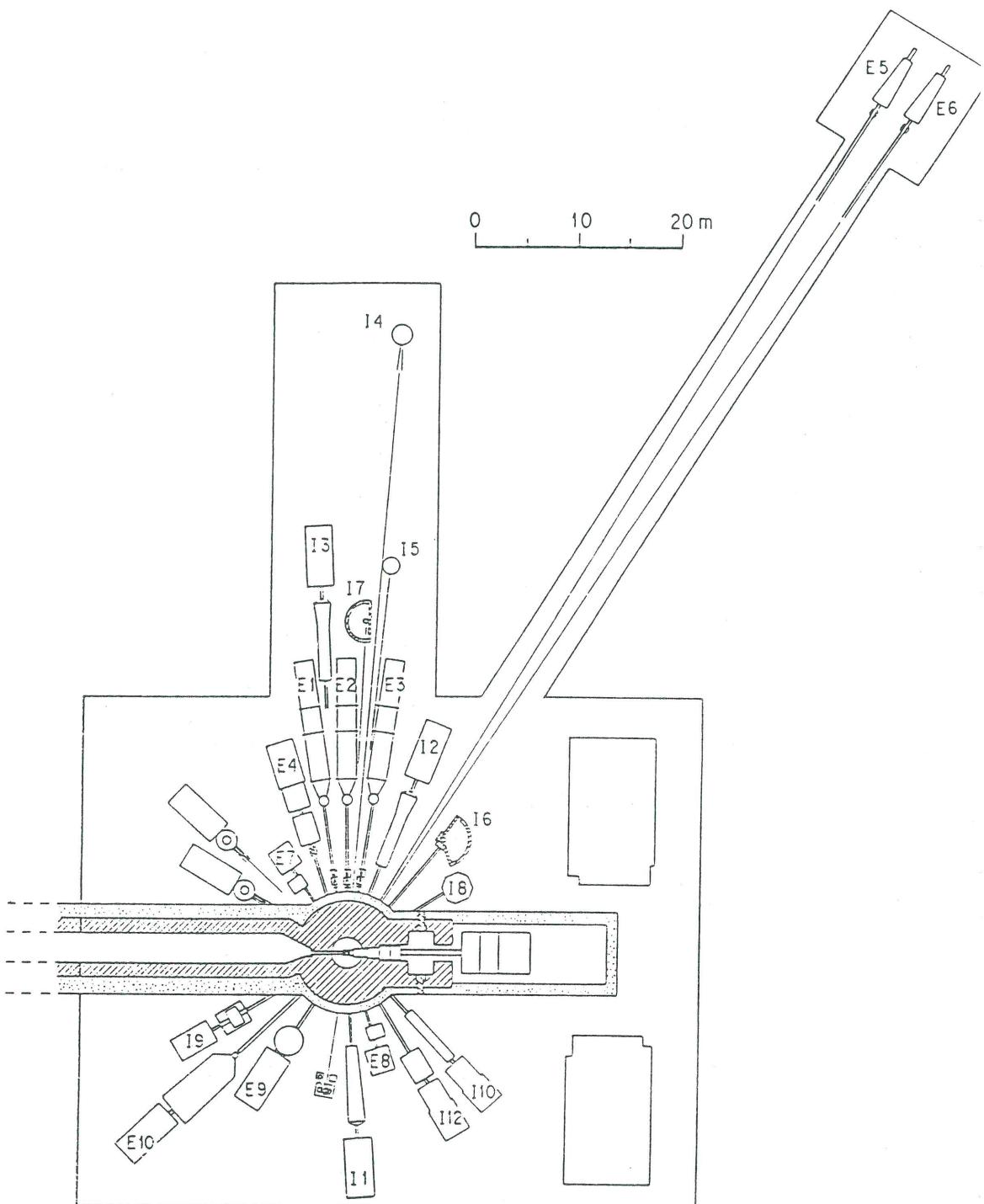


図-9 KENS-II 中性子散乱実験施設レイアウト

(昭和61年11月 案)

表-1 KENS-IIにおける中性子分光器

Spectrometer [inelastic]	Moderator	L ₁ (m)	L ₂ (m)	備考
I 1. High Energy Chopper	RT	10	5	
I 2. Medium Energy Chopper	C ₁	10	5	
I 3. Low Energy Chopper	C ₂	16	5	Guide (straight)
I 4. μ eV - 1	C ₂	60	1	Guide
I 5. Project (biology)	C ₂	16	1	Guide
I 6. Max-type	C ₁	10	3	
I 7. LAM-40	C ₂	16	2	Guide (straight)
I 8. LAM-D	C ₁	10	1	
I 9. CAT	C ₁	10	1	
I 10. eV	RT	10-20	2	
I 11. Pol. Cold Spectrometer	C ₂	16	2	Guide
I 12. Pol. (eV & sub. eV)	RT	10	2	
 [elastic]				
E1. SAN-I	C ₂	16	10	Guide
E2. SAN-II	C ₂	16	20	Guide
E3. Project (biology)	C ₂	16	30	Guide
E4. TOP	C ₂	16	2	Guide
E5. HRP-I	C ₁	100	1	Guide
E6. HRP-II	C ₁	100	1	Guide
E7. FOX-I	RT	10	1	
E8. Project (real time)	RT	10	1	
E9. S(Q)-I	C ₁	10	1	(軽元素用)
E10. S(Q)-II	C ₁	10	2	(重元素用)
E11. Slant beam	C ₂	16	5	Guide
 [その他の Project beam hole]				
1. Irradiated Sample Experiment	RT	10	5	
2. Very High Pressure	C ₁	20	2	Guide (straight)
3. Very Low Temperature	C ₂	16		Guide (straight)
4. High Field (magnetic and electric)	C ₂	20	2	Guide (straight)
5. Interferometer	C ₂	16		Guide
6. Nucl. Phys.	RT	10	1	
7. Very Small Sample	RT	10		

画が予算要求の形をとる前に東京大学原子核研究所の転換を含む大型ハドロン計画が浮上し、GEMINI計画は発展的にこの計画に含まれることになった。したがってKENS-IIも自動的にこの中でその立場をつらぬくことになる。大型ハドロン計画は付録A-3(略)にその要点が示されている。基本的には相互に関連ある加速器複合体を建設し、これに4個の研究分枝(arena)をつなぐ。その第1がKAON、第2がMESONであり、第3に中性子が入る。そして第4にEXOTIC NUCLEIが設置される。全体の予算規模は400~500億円となり、運営は原子核研究所を転換した新研究所が当る。場所はKEK南側の隣接地区で当然ながらKEKとかなり深い相関をもつ。本ワーキンググループではこれらの問題を慎重に論議した結果、つぎのような結論に達した。

- (i) KENS-IIが大型ハドロン計画の中でその実現を計るのは現時点でも最も望ましい形である。
- (ii) しかしながら注意すべき点がある。第1は大型ハドロン計画は規模も大きく、網羅的な印象を与えるべきではない。これが行政当局に出て行った場合、計画の縮少を求められる恐れがある。その際、パルス中性子としてはもう縮少する余地がないまでの案となっているから他とのバランスという名目で計画縮少にでもなると重大な困難に直面する。これをいかに防止するかを真剣に考えておく必要がある。
- (iii) 単に予算面だけでなく、原子核研究所の転換など大きな行政的問題を含んでおり、各方面との折衝に長い時間のかかる恐れがある。既にGEMINI計画で予定されていた完成のタイムスケジュール

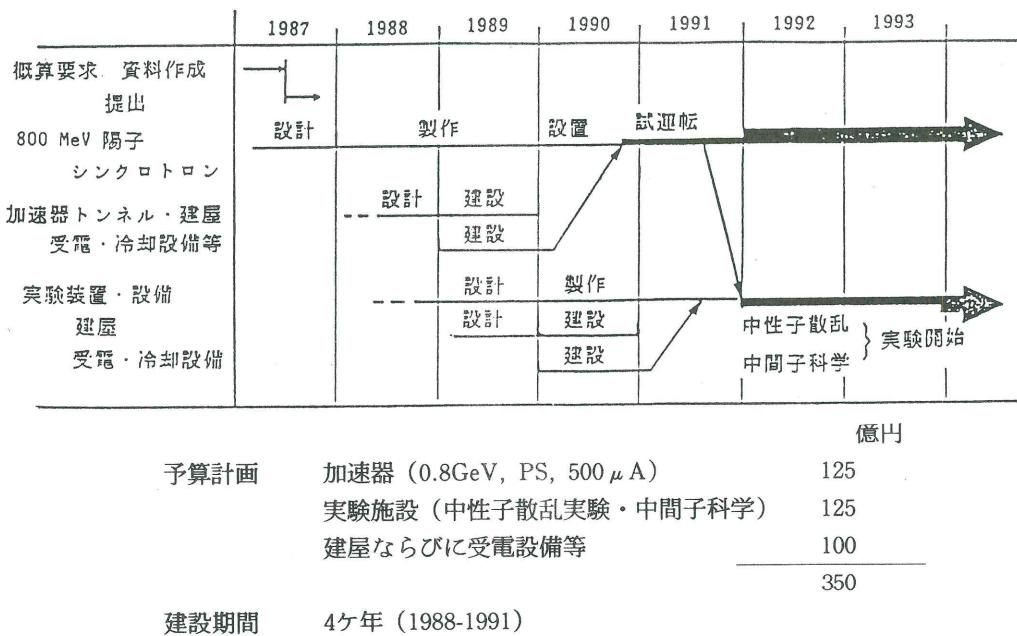


図-10 GEMINI計画で予定されていたスケジュール

ルは図-10に見るように数年おくれており、図-6で予定されているような日本のパルス中性子物性研究が英、米両国に水をあけられる恐れもある。この点に各方面の充分な理解を得ておく必要がある。

4. ミュオンによる物性研究

(a) ミュオン物性研究における意義

ミュオンはレプトンの一種で、正(μ^+)または負(μ^-)の電荷をもち、構造のない点状素粒子であるとされている。自由なミュオンの寿命は $2.2\mu s$ で、陽電子(または電子)と2つのニュートリノに崩壊する。物質内にマイクロ秒以上存在出来ることが“物質”として物性物理学研究の対象ともなり、また物質を探るテストプローブともなり得るわけである。ミュオンは陽子の約 $1/9$ (電子の207倍)の質量をもち、スピンは $1/2$ で陽子の3.18倍(電子の $1/207$ 倍)の磁気能率をもつ。ミュオンがパイオン(π^\pm)の崩壊で生ずる際、 $\pi\mu$ 崩壊の性質からミュオンの進行方向に100%偏極する。

正ミュオンは、固体中に打ちこまれるとイオン化によってエネルギーを失い、格子間位置にとどまるか格子間位置内を次々と拡散する。その際、絶縁体や半導体では物質内電子と結合してミュオニウム(Mu)と呼ばれる中性の束縛状態が安定になる。一方、負のミュオンは物質内で原子核のまわりを回る水素原子状軌道をとり、いわゆるミュオン原子とよばれる状態を形成する。スピン偏極したミュオンが物質に入射し、上記のように物質中に捕らえられるとき、最初のスピン偏極を大きな割合で保持することが知られている。 μ^\pm の崩壊の際、陽電子(電子)はスピン方向に放出されるから、この陽電子(電子)放出の異方性を観測することにより、物質中のミュオン・スピンの回転(μ SR)、緩和または共鳴を調べることができる。ミュオンスピンの緩和および共鳴を調べる実験手法はパルス状ミュオンを世界にさきがけて使用する事に成功したKEK内の中間子科学実験施設(BOOM)によって本格的に始まった。既に200名近いユーザーを有している。

μ SR法を物性研究に用いる場合、他の物質の微視的な磁気プローブ(中性子散乱、メスバウアー効果、NMR、ESR等)と比較して次のような特徴をもつ。

- (i) 零磁場下で物質の微視的な磁気プローブとなり得る。
- (ii) 微視的な物質のゆらぎの特性時間を探る際、図-11に示すような時間域をもつ。測定のモデル図と代表的信号例を図-12に示す。
- (iii) KEK内の中間子科学実験施設(BOOM)で開発された超低速ミュオンを用いると、表面原子層の微視的研究など、表面科学の研究が可能である。
- (iv) ミュオンの存在によってミュオンのまわりに新しい微視的な秩序状態を形成し、その場でその新しい物質の存在形態を検出する。 μ^+ の拡散現象、ミュオニウム化学反応、 μ^- の導入する異常化学結合など。

一言でいえばミュオンは“新しい不純物NMR”である。ミュオンが結晶格子を組むわけではない

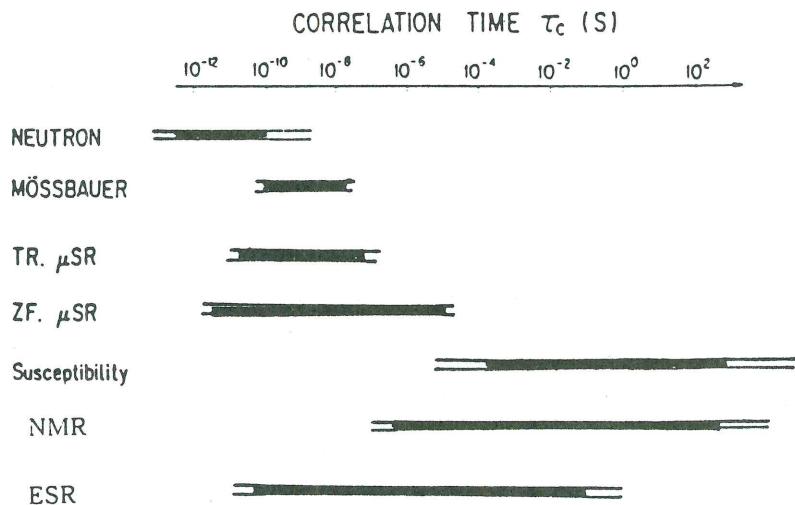


図-11 各種の物性的手法における相関時間測定可能領域

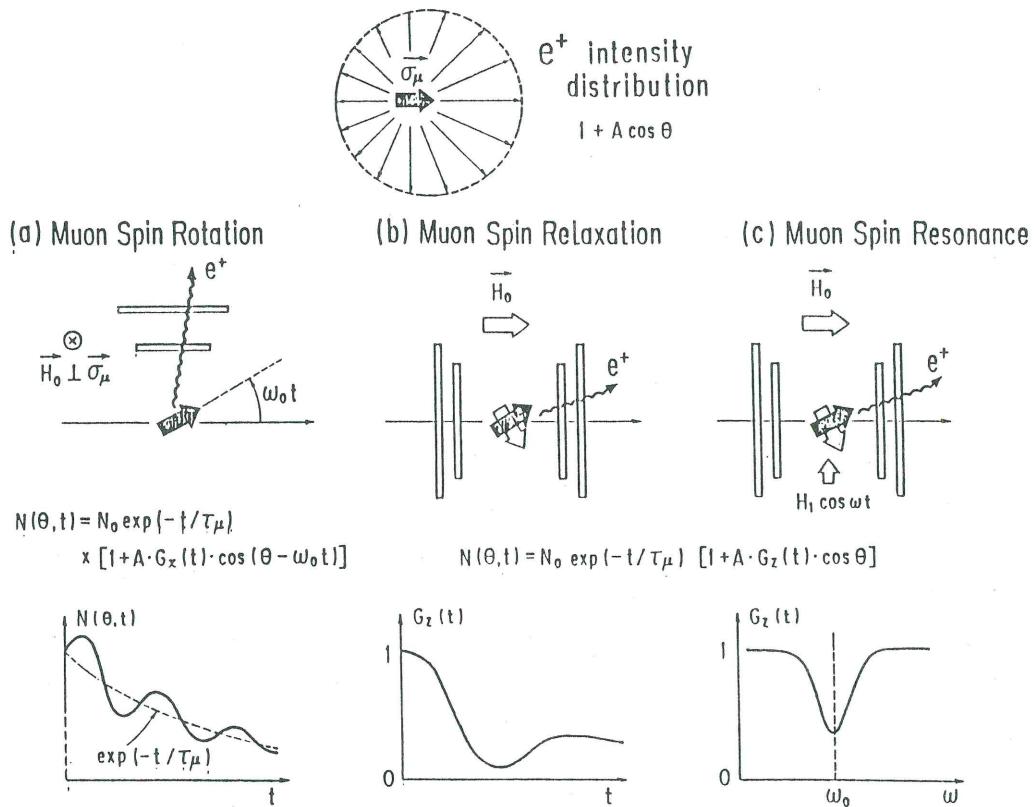


図-12 ミュオンの代表的測定法と観測量、カウンターで捕えられた
 e^+ (e^-) の数 N の時間変化を求める。

から物質の主役となるわけではなく、電子なみに多量に入ってミュオンフェルミ準位を作るというわけにも行かない。NMRとちがって核種を色々と準備するわけにも行かないし、またESRのように物質構成要素としての顔を調べるということもできない。しかし質量が電子と陽子の中間にあるという大きな武器があり、固体内拡散や零点振動にユニークな情報をもたらす。また結晶内のどこに入るかが泣き所でもあるが逆に普通の原子では入れぬ場所におさまるという魅力もある。本ワーキンググループとしては、ミュオン物性の発展が大型ハドロン計画の一つとして実現するであろう事に期待を持っている。

(b) 大型ハドロン計画におけるミュオン物性

パルス中性子と同じく次期のミュオン科学研究用装置はGEMINI計画で立案されたが、これが大型ハドロン計画の一環となり、MESON ARENAの中心をなしている。図-13に施設のレイアウトと各セクションにおける主要実験テーマが示されている。

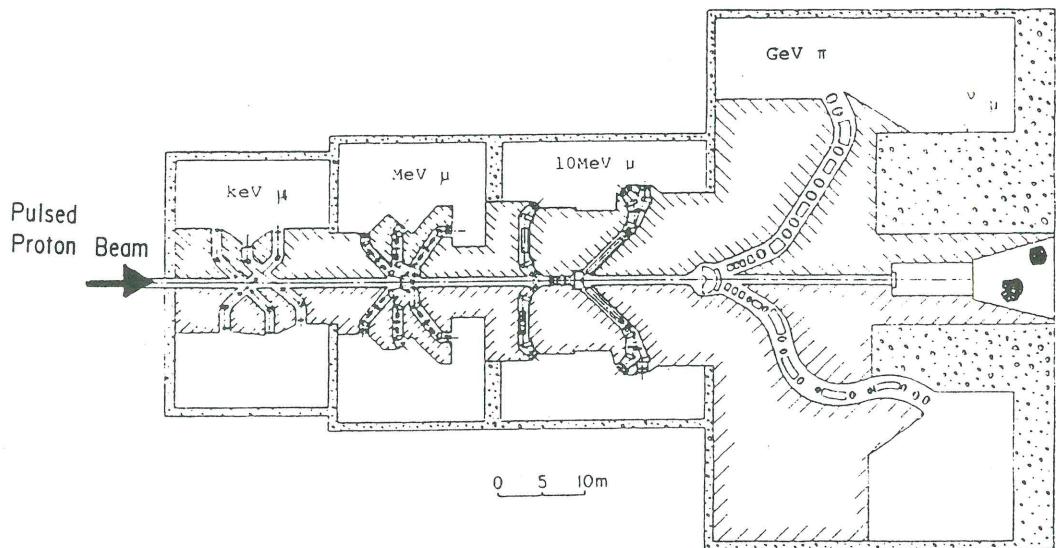
大型ハドロン計画の第1リングによって、nsの幅を持つシャープなパルス状から直流状までの時間構造可変で $100\mu A$ 以上の強度をもつ、2.0GeVの陽子ビームが得られる。このビームを5種類の串差し状の標的を通過させることによって、大量のミュオン・パイオン・ニュートリノが生成される。これらの強力な粒子線によって多分野にわたる学際領域研究が多角的にかつ同時に進められる。この新しい施設の計画は、歴史的に見て、これまでに行われてきた次のような2つの中間子科学の発展的拡大計画であるといえよう。

KEKのブースター利用施設内中間子科学実験施設において行われてきたパルス状ミュオンの実験を発展させる。陽子ビーム強度を50倍増さるだけでなく、よりシャープでよりくり返しの多い陽子ビームから、理想的なミュオンビームを作りだし、物質科学研究及び原子核・素粒子の研究に使う。

世界の3大メソンファクトリー、LAMPF(米)、SIN(スイス)、TRIUMF(加)では、既に10余年に亘り数 $100\mu A$ の強度を持つ陽子ビームを0.5~0.8GeVまで加速し、高強度直流状ミュオン・パイオンを生みだし、新しい核物理研究などを展開した。大型ハドロン第1リングからの陽子ビームはこれらのファクトリーに比べ強度を減すことなく、エネルギーを倍増させる。

(c) 中性子物性とミュオン物性

日本におけるミュオンとパルス中性子研究は、かつてのGEMINI計画の名からも連想されるように双子のようにして育って来た。それぞれの研究グループにおける指導者の山崎教授と故石川教授における良き信頼関係が初めにあったからでもあるが、現在もその伝統は引き継がれ、更に発展、強化されている。したがってこの二つの分野は今後とも強い協力関係をもって大型ハドロン計画における二つのARENAの実現に向けて努力するのが最良の道であろう。



リングⅠBの設置により、実験エリアに入射される陽子ビームは色々な種類の時間構造を持つ。その結果、各実験エリアでは特徴あるミュオン・パイオニービームが生成され、それを用いて世界最先端の実験が可能になる。

実験エリア	ビームの時間構造	主要実験テーマ				
		原子・分子	物質科学	原子核物理	素粒子物理	その他
KeV μ^+	パルスⅠa) 及 パルスⅡb)	Muレーザー分光 とQED。	表面科学。 固体表面。 μ SR, など。			
MeV μ^+	パルスⅠ	Muのhfs共鳴	凝集系 μ^+ スピン緩和・共鳴 レーザー共鳴と ミュオン化学。 凝集系 μ^+ スピン回転・早い緩和。 凝集系 μ^+ スピン回転・早い緩和。			
	パルスⅡ				ミュオン稀崩壊。	
	DC				ミュオン崩壊の精密測定。	
10MeV μ	パルスⅠ	ミュオン原子 レーザー分光と QED。 ミュオン触媒核 融合のX線測定。	凝集系軽核 μ 原子 スピン緩和・共鳴。 軽核 μ 原子生成の 化学。	軽核の μ 吸収。 μ 捕獲 $\beta\gamma$ 分光 レーザー共鳴下での μ 吸収。		μe 法による軽元素 分析と医学利用。
	パルスⅡ		凝集系中重核 μ 原子スピン回転 ・共鳴。	中重核の μ 吸収 放射性 μ 吸収。		
	DC	ミュオン触媒核融 合の相関実験。	凝集系 μ SR	μ 吸収の相関実 験。		ミュオン原子X線に よる元素分析と医学 利用。
GeV π^\pm	DC			π 反応、散乱によ る原子核の研究。		

a) Ⅰa リング出力, 100ns幅・50Hz, 100 μ A ; b) 1~10ns幅, 1 KHz, 10 ~100 μ A

図-13 MESON ARENA におけるレイアウトと主要実験テーマ

5. 放射光による物性研究

(a) 放射光物性研究の歴史と重要性

シンクロトロンが原子核物理学の花形装置として登場した時、原理的な欠点としていやがられた制動輻射によるエネルギーロスが後世に放射光としてもてはやされ、今や母屋を取らんばかりのいきおいで動き出すことを予知した人はおそらく居なかつたであろう。高速で円運動をしている電子は求心的加速度のために制動輻射による広帯域の光を発するが、相対論的条件（図-14）ではこの放射光は鋭いビーム角を持ち、電子軌道面内にはほぼ完全に偏光する。この発光は同軌道の接線方向に集中し、円周上どこでも発光の確率をもつから軌道面内のどこへでも光がやってくる。最初の放射光測定が70 MeVの装置で行われたのは1947年と古く、そして1952年にはコーネル大学の321MeVシンクロトロンで定量的な測定が行われた。日本の研究グループが1961年、東大原子核研究所（INS）に0.75GeV（後に1.3GeV）の電子シンクロトロン（ES）が出来たのを機に放射光（SOR）研究を始めたのが1963年である。INS-SORグループとしての活動は世界的にも注目されるようになり、Levedev (680 MeV), DESY (6.6GeV), Frascatti (1 GeV), NBS (180MeV), MIT (6 GeV) 等と雁行して進んだ。しかしこの時すでに Stanford, Stoughton, Orsay では放射光の次世代、つまり蓄積リングに電子を蓄積して使う計画が発足している。そして1970年代に入り光源の主力は発光強度とスペクトルの時間的変動のない蓄積リング時代となった。上記核研のESを打込機とする物性研リングが日本最初の装置として動き出したのが昭和49年（1974）である。この現状が図-15に示されている。リング内電流300mA、寿�数時間程度である。第1世代のESからの放射光は真空紫外（VUV）、および軟X線領域（SX）での分光学が主たる目標であった。VUV-SXでの連続スペクトルをもつ安定した高強度の光源は他に無いためにこの分野の分光学は非常におくれていたが、これが一気に進み出した。ところが第2世代の蓄積リング時代に入ると出力と安定度が桁がいに上昇した事で新しい展望が得られることになった。それは強力X線源として構造解析の精密測定とその時間変化の追跡研究に使えるというものである。これまでの代表的なX線源つまりCu やMo の特性X線、すなわち原子レベルの励起線よりも強力なX線が放射光から得られるということはそれまで考えられぬ事であり、放射光による物質研究は再び質的変化を遂げることになった。光源が強くなればX線構造解析は極めて短時間に行える。すると例えば生体構造の生きたままの状態観察、構造相転移の高速シャッター写真、散乱体の少いことで困難であった表面構造の精密な研究などが可能となる。また、これまで中性子回折の独壇場であったフォノンの分散関係なども若干ではあるがX線のエネルギー分析で得られるようになった。

これらの第2世代を象徴するものとしてKEKのフォトンファクトリー（PF）があげられる。1983年から動きだしたこの装置は電子ライナック（2.5GeV）で1秒1パルス、ピーク値50mAの電子が打込まれ、蓄積リングには最高約500mAの電子ビームが蓄積される。ビームの寿命は25～30時間と長

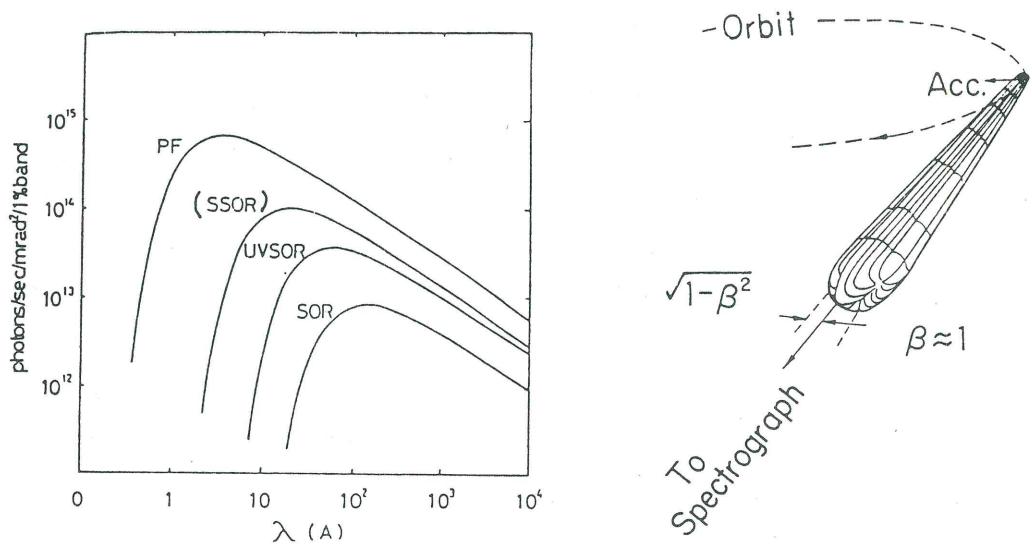


図-14 放射光発生強度模型図（右）と日本の光源強度。

PF (KEK), SSOR (物性研計画), UVSOR (分子研),
SOR (物性研現有機)。

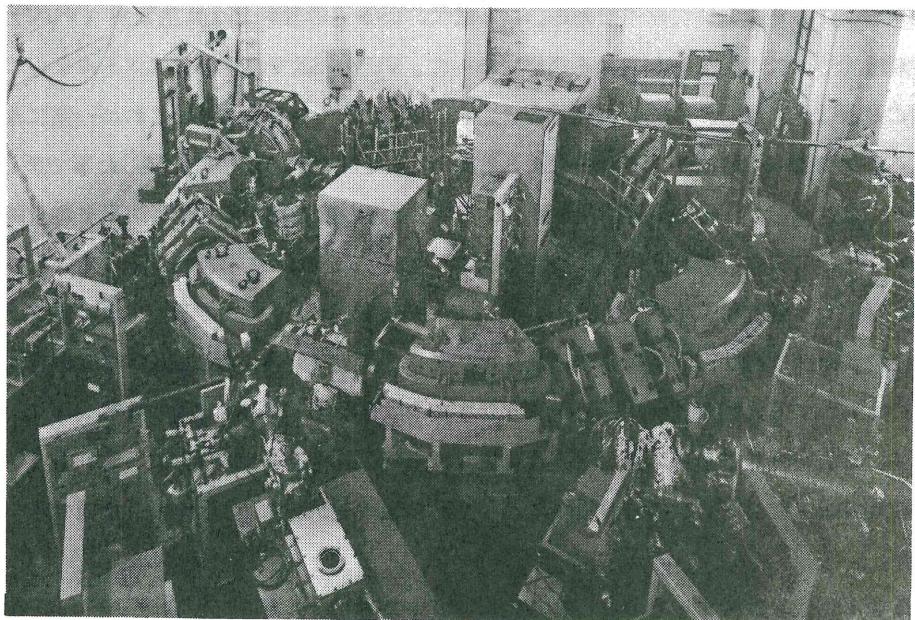


図-15 物性研の蓄積リング、極めて過密である。

く、図-16に示されたような多目的の測定ビームラインを持ち、世界第一級の装置となっている。

一方岡崎の分子科学研究所では分子科学を主たる研究対象としたUVSORが1985年に動き出した。電子エネルギーは0.6GeV、リングの最高電流は約500mAで寿命は数時間、VUV-SX光源としてAクラスである。図-17に施設の平面図が示されている。放射光は材料科学、物質科学ばかりではなく、半導体産業で欠かせぬマイクロリソグラフィーでも大きなニーズがあり、日本では電総研、NTTなどが既に独自の小型装置を開発している。しかし、物質科学を主とした放射光施設としては上記の3つが中心である。

これらの各施設におけるユーザー数は物性研、分子研が各約150～200名程度であるのに対し、KEKのPFでは約1000名と1桁多い。しかも各施設ともユーザー数は増加していること、および、より高度の研究に長いビームタイムを要求する研究者がふえていることなどのために1980年代後半に入るのを待たず、日本各地で放射光施設の新設を要望する声があがるようになった。一方、蓄積リングの設計、建設といったハード面での進歩により第3世代のマシンを、という考えが浮上して来た。そのキーワードは、高輝度光源、挿入型光源である。前者は低エミッタンス化、すなわち発生放射光の高い収束度を得ること、そして後者は電子ビームに沿った多極磁石によって軌道を振動させ、より高いエネルギーあるいはスペクトル全体に高輝度を得る（ウイグラー）、または光の干渉効果を利用して放射光強度分布に鋭い強弱を付し、部分的な波長領域で桁ちがいの高強度を得る（アンジュレーター）といったものである。第3世代におけるもう一つの考え方は目的に応じた蓄積リングの分化で、既にマイクロリソグラフィー用の光源については0.5GeV以下とし、総費用5億円以下でコマーシャルベース化しようという動きもある。そして物質科学の面では光源は1～2GeVの中型リング、6～10GeVの大型リングに分かれつつあり、当分この二本立てで進む事になろう。分子研のUVSORや、物性研が次期機種と想定しているものは前者でVUV-SX専用機であり、以下にのべる広島大、東北大計画は前者のスケールながら複合目的機種、そしていわゆる関西6GeV-SR計画やKEKの次期計画SUPER-PFは後者の代表格であり、機種としては若干の複合性もあるが基本的には高輝度X線によって物性物理から生命科学に至る極めて広い分野で関心のある各種物質の構造研究を目指すものである。

(b) 諸計画の比較検討作業

需要と関心の高まりと共に国内各地からさまざまな形で次期放射光計画が浮上して来たのは大変よいことではある。しかしながら国家予算には限度があり、すべてを同時に、かつ要求通りに作るというわけにもいかないことも自明である。本ワーキンググループとしては物性物理学における将来計画として学問的立場からこれらを検討し、研究者各位にその結果を提示して御参考に供するとともに、関係する行政当局にも検討資料の一つとなるようなものを作ることに主な目標をおいた。そのため関連ある各グループのヒアリングを行い、資料を収集するとともに直接意見を交換する場を持った。また親委員会である物理学研究連絡委員会に計り、昭和62年11月18日に学術会議講堂で放射光将来計画

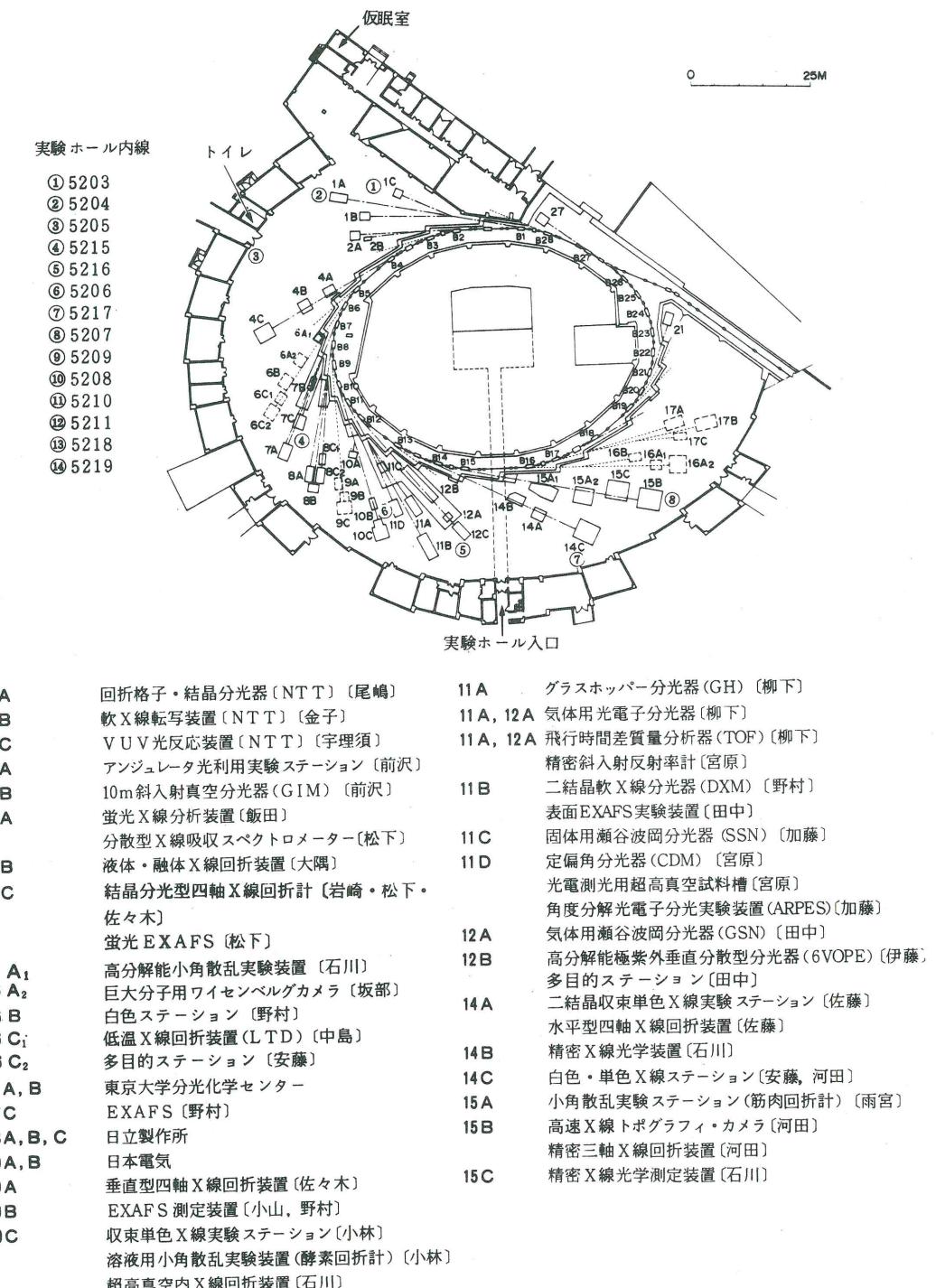


図-16 KEKのPF蓄積リングと各種の測定ライン、

電子入射用ライナック(右下)は画かれていない。図-18参照のこと。

シンポジウム（付録A-4）（略）を開催し、各省庁の立場を離れた自由討論を行い、広く問題を検討する場を持った。これらの諸議論をふまえ、本ワーキンググループは各計画についてのアウトラインとその評価を以下のようにまとめた。

（c）物性研究所の新型光源計画

すでに述べたように放射光物理研究において構造解析と分光学は2本の柱である。この中でVUVおよび軟X線領域（SX）における分光研究を行なおうとするのが物性研究所の将来計画である。これに必要な加速器のエネルギーが大きすぎるとX線領域の光がじゃまになることもあって約1GeVが良い。このエネルギーをもつ電子をKEKのPFにおけるライナック途中の分枝からビームをわけてもらい、蓄積リングを作ることで実現しようとしている。その平面図の概略が図-18に示されている。この計画は昭和58年（1983）にKEKと物性研両所長間で基本的合意に達し、覚書が交換されるとともに一度は概算要求のプロセスに入っている。当時算定された予算表が同じ図-18に示されているが、建物を別として計約50億円である。この計画は伝統的なINS-SORグループをはじめ物性物理関係研究者によって支持されている。すなわち西暦2000年の時点で日本の主要なVUV-SXでの分光の主要なニーズをほぼカバーするであろうと見込まれるためである。予算規模もほぼ適正なものであり、装置も高輝度、挿入型光源の採用によるAクラスのものである。しかしながらこの計画には次のような問題点がある。

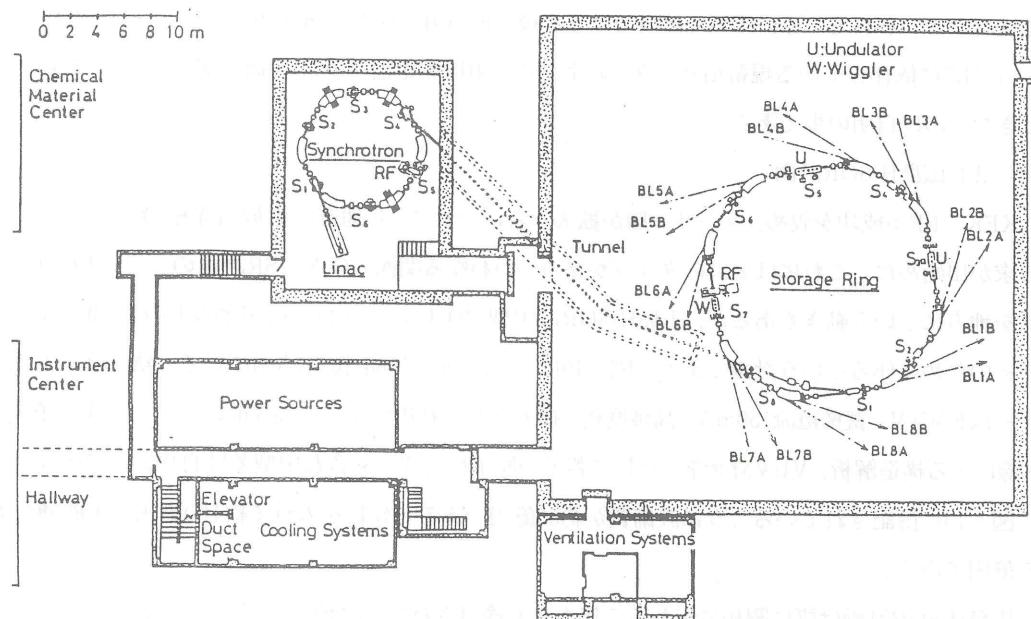


図-17 分子研のUVSOR平面図

(i) 当初の計画時点と現在ではKEK - PFの事情が若干変ってきたこと。すなわちPF全体としての需要、とくにX線関係研究の分野が著しく進み、KEKとしてもVUVに対する比重を高めることはむずかしい情勢となりつつある。またKEKそれ自体の将来計画（後述）もあり、蓄積リングの建設をも含めて物性研がイニシアチブを取らざるを得なくなりつつあること。

(ii) そこで当面の対応等としてPFリングにアンジュレーター1基およびVUV用のビームラインを2本新設し、2.5GeVとVUVには少々不便なエネルギーながらこれを利用した研究態勢を取ることになり既に昭和62年度に予算化されて建設が進行中である。

(iii) KEKの新しい提案としてPFのエネルギー2.5GeVを1.5GeVに下げ、ビームエミッタンスを下げ、高輝度化して運転する時間帯を作り、VUVの実験を当分の間PFの測定室ですることにしてはどうか、との考えが出されている。つまり新らしい蓄積リングを作ること無しに1.5GeVのVUV専用ビームをPFに作ろうという案である。これについては物性研側に異存は無いようであるが肝心の1GeV運転が果して順調に出来るかどうかはまだよくわかっていない。

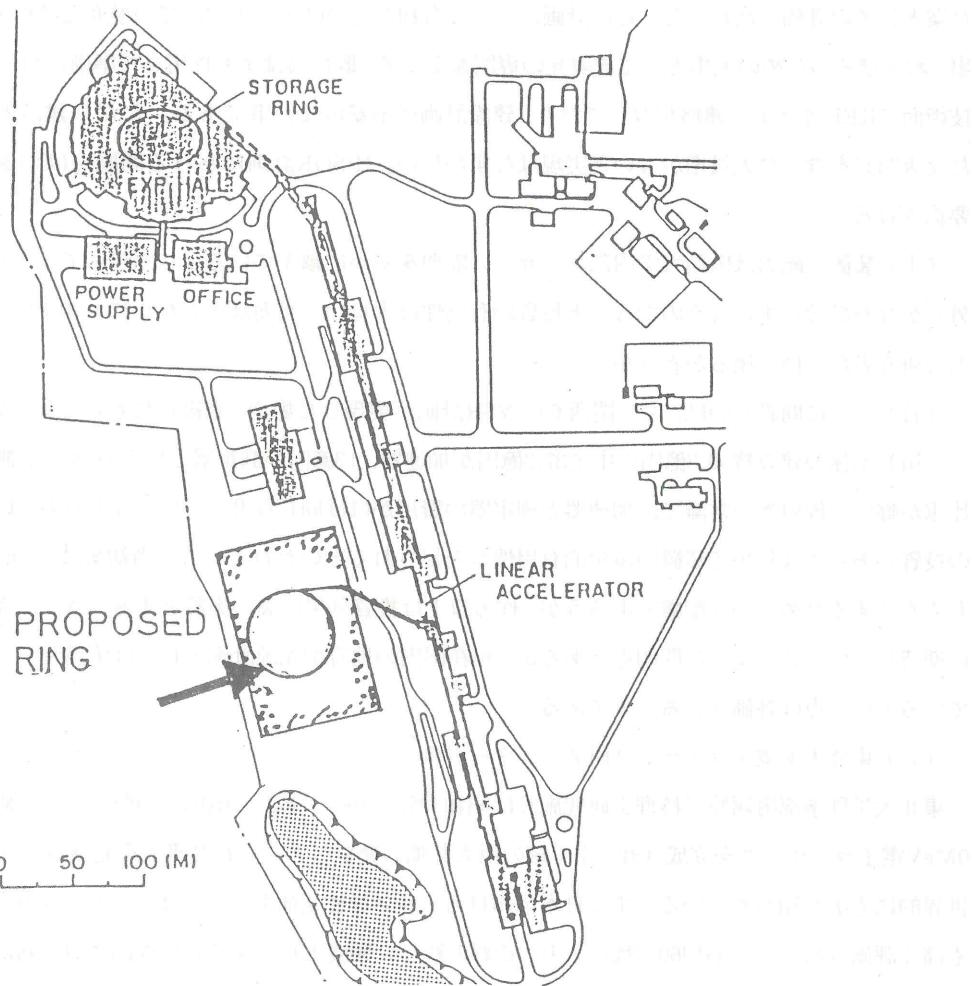
(iv) 物性研究者側としては、周辺の事情により、本来のVUV計画がおくれて行く事に危機感がある。しかしながら物性研としては例えば分子研が自前でUVSORを建設、運転しているようにすべてを独自にやろうという所までは行っていない。

以上のような現状を判断すると物性研究におけるVUV、およびSX領域の分光学を順調に発展させたためにはPFサテライトの1.5GeV専用機建設という物性研計画それ自体のかなり根本的な見直しが迫られる可能性もある。現在運転中の原子核研究所のESは老朽化が進み、いつ停止しても不思議ではないといわれている。そして核研では3年後にESを用いる実験を停止することを決めた。したがってESに依存している現蓄積リング、およびその附属測定器等を物性研究者がいつまでもあてにできないのは自明のことである。

(d) 広島HiSOR計画

KEK - PFが成功を収め、ユーザー層が拡大するにつれて、各地方にも放射光施設がほしいという要求が出始めた。これには2つのタイプがあり、いわゆる関西6GeV-SR計画のようにPFの次世代機を地方にという動きもあるが、広島HiSORは中型で作りやすいものを、それなりの多目的志向のユーザーのために作るという計画である。図-19にこの計画の平面図が示されている。電子ビームエネルギーは1.5GeV、蓄積電流150mA、高輝度化、挿入光源の利用によって高性能のマシンとする予定で、X線による構造解析、VUV分光学、そして若干の原子核研究をも含む中型多目的リングである。予算是図-19に併記されているように設備費が約50億円である。建物を入れて約100億円、年間運転費が5億円である。

広島HiSOR計画は既に昭和57年から5年あまり検討されてきた地方大学しての第1号の提案であり、かつ、かなりよく準備されている。日本学術会議におけるシンポジウムでも、もっともまとまっ



区 分	所要額	年度別内訳					備 考
		60年度	61年度	62年度	63年度	64年度	
1. SOR光源	千円	千円	千円	千円	千円	千円	
ビームトランSPORT系	2,285,000	68,500	13,000	330,000	1,059,000	814,500	
ストレージリング磁石系	243,000				100,000	143,000	
高周波加速系	573,000			70,000	425,000	78,000	
超高真空系	390,000			126,000	161,000	103,000	
制御系	348,000			106,000	221,000	21,000	
ウェイグラー・アンデュレーター系	310,000			28,000	152,000	130,000	
自由電子レーザー系	372,000	68,500	13,000			290,500	
	49,000					49,000	
2. SOR物性測定装置	2,310,560	324,170	208,578	528,630	691,582	557,600	
SOR分光実験共通設備	430,800	56,500	83,500	120,800	119,700	50,300	
アンデュレーター-SOR分光実験装置	617,580			138,830	245,350	233,400	
特殊SOR分光実験装置	1,008,730	267,670	125,078	210,000	187,682	218,300	
標準SOR分光実験装置	253,450			59,000	138,850	55,600	
合 計	4,595,560	392,670	221,578	858,630	1,750,582	1,372,100	

図-18 物性研1GeV新型光源計画と昭和59年度における費用概算

た案としての評価が高かった。この計画にとって有利なものは広島大学内での推進態勢が出来ている事、およびそのための人事として放射光の専門家を2名、既に外部より採用して準備に当っている事、技術面でKEK等とよく連絡が取れており、建設計画に不安がない事である。ただし建設となれば新たな専門家を含めた人員増がないと実現はむずかしい。HiSOR計画における問題点はつぎのように要約される。

(i) 装置の能力は広島大学内部ユーザーの需要を明かに越えている。したがってユーザーは国内外のかなりの数をまかうのでないと投資の有効性は出ない。当面はともかく15~20年にわたって有力な研究者が広島に集まるかどうか。

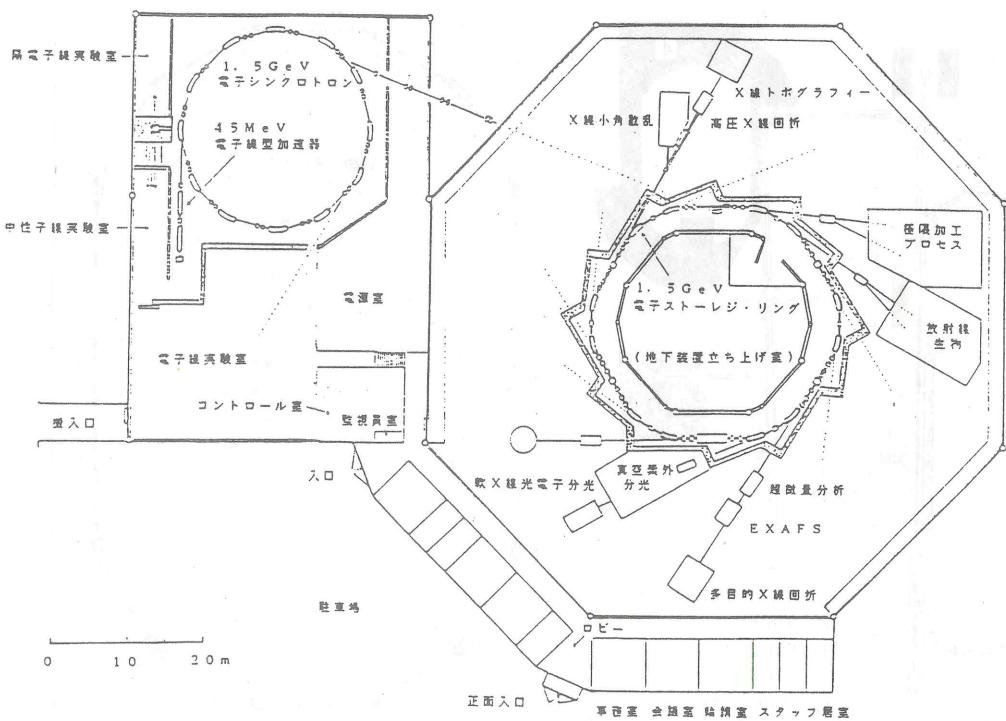
(ii) とくに問題なのは、もし関西6GeVSR計画が実現した場合、重複したものとならないか。

(iii) 本体の建設費50.3億円の中で37.3億円が加速器、13億円が測定器という原案では測定器系の比重が軽い。放射光の常識では加速器と測定器の費用がほぼ同じ程度、もしくはより多くの測定器への投資があつてはじめて装置の多角的有用性が充足されるといわれている。当初案はいわば予算通りやすくするためという配慮もあるが、作る以上は投資効果の高い施設とするべきで、今後の努力に期待したい。このような問題点はあるが、現在国内の地方型光源計画としては広島がトップを切っているという点は評価されるべきである。

(e) 東北大学電子ライナック研究センター計画

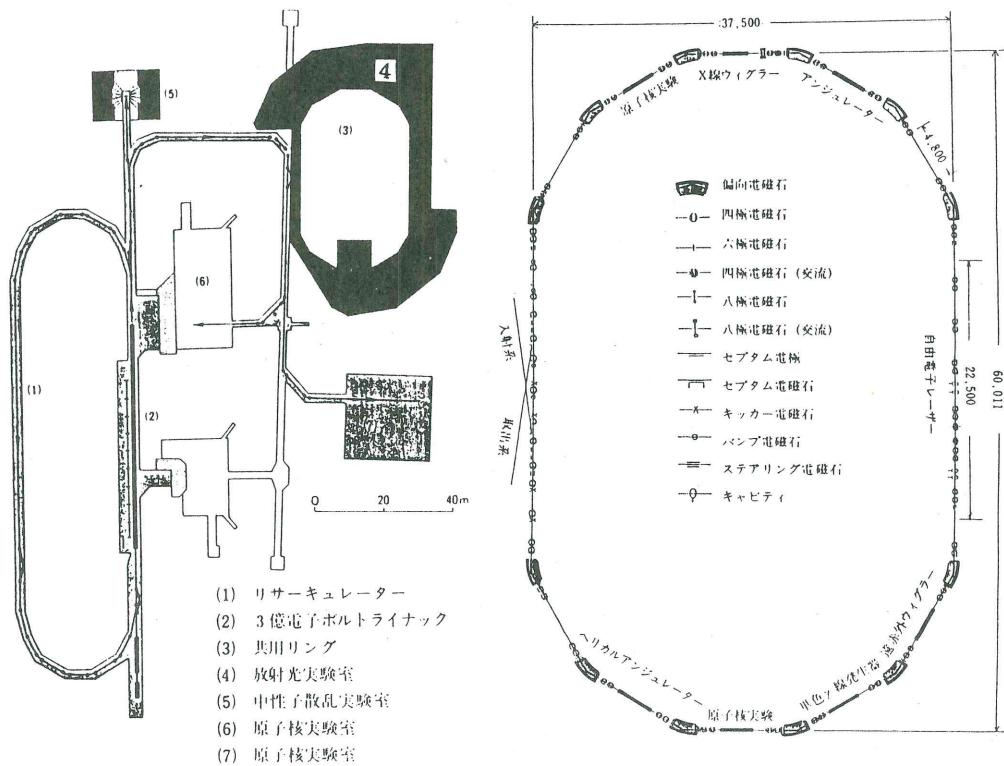
東北大学理学部附属原子核理学研究施設は昭和42年（1967）に13.7億円で当時としては画期的な300MeV電子ライナックを完成させ、原子核の巨大共鳴の発見などすぐれた研究を発展させて来た事は世界的にも広く知られている。また日本におけるパルス中性子研究のパイオニアワークを行ったことも高く評価されよう。昭和60年代に入り、これの新しい発展として文部省に提出された新計画が大阪大学核物理研究センターの計画と競合する形となって実現しなかったが、其後東北大学はこの計画を放射光利用施設を含む総合的計画にあらため、再提案して来た。その要点が図-20に示されている。本案ではまず0.3GeVのこれまでのパルスビームをリサーチュレーターに入れて2回加速し、0.56GeVとする。これをストレッチャー・放射光共用リングに入れ、直流化したビームを作る。原子核研究の面では電子ビームの直流化、大強度化が強く要望されており、電子が構造のない点状の素粒子で電磁相互作用しかないというすっきりした性質をもつことからハドロンと異って核内深く、きれいに侵入して情報を出すという魅力が大きい。これがストレッチャーモードのポイントであり、原子核グループからも高い評価を得て居る。

物性研究に対するポイントは上記共用リングを廻る電子の出す放射光の利用にある。最高1.5GeVまでの加速が可能で、蓄積電流200mA、10~20時間の寿命をもち、高輝度、挿入型光源であり、物性から生命科学に至る分光、構造解析共用型放射光源として位置づけられる。VUV領域の分光研究が中心だが、さらに分子研との共同研究をふんだんに赤外、遠赤外領域の開発に特徴をもつ。学術会議の



設備費	50.3 億円	加速器系	13+ (2)
施設費	45.0 億円	測定器系	7
(建物～120m×～80m)		共通系(低温, 放射線管理)	5
年次運転経費	5.0 億円	合 計	25人

図-19 広島大学HiSOR計画の平面図と予算, 人員要求



建設費、運転及び維持費経費

— 放射光モード —

建設費総額	65.4億円	
設備費	49.0億円	蓄積電子エネルギー 3億～15億電子ボルト
共用リング	16.7億円	エネルギー可変
電子ライナック	9.4億円	電子ビームサイズ 直径1.4ミリメートル
リサーチューリーター	2.9億円	電子ビーム角度広がり 0.2ミリラジアン
ビーム輸送系	3.0億円	エミッタンス 1.5×10^{-7} メートル
原子核実験	8.5億円	ラジアン
放射光実験	8.3億円	蓄積電流 200ミリアンペア
中性子散乱実験	0.2億円	偏向電磁石 12台
施設整備費	16.4億円	全周長 165メートル
		4.8m直線部 10箇所
運転及び維持費	7.5億円	22m直線部 1箇所

図-20 東北大学電子ライナック研究センター計画略図と予算要求

シンポジウムで若干の疑義も出されたがライナック利用の遠赤外レーザー開発計画もある。予算規模は図-20に付記されているように建物整備を入れて約65億円、年間維持費が7.5億円である。本計画の魅力の一つは東北大學が既にこの装置を自前で作れる経験をつんだスタッフをもっている事である。また全国共同利用を前提とはしているものの学内におけるユーザーの層も厚く、学内だけをくらべると広島HiSORよりも投資効率は高くなると推定される。問題点は次のようにまとめられる。

広島HiSORは物性主導型光源として先行しているのに対し、東北大のものはいわば原子核、物性の完全相乗型であって、すり合せにいきさつがあったためか計画の変動幅がある。当初作られた昭和63年度概算要求では総予算は30億円以下という切りつめたものだったが、この中で放射光実験用設備費は1.5億円しかなかった。11月18日のシンポジウムでの数字は図-20のように総予算65億円の中で8.3億円である。そして昭和64年度にはまた新しい案が出されるとの事である。このようなことで東北大内部が若干流動的である。そしてまた、これまで核理研を発展させ、巨大共鳴の発見者である鳥塚教授が昭和63年に定年退官、という事が変動期との印象を与えており、これもマイナスとなっている。しかしながら東北大學の総合力と実績が大きい事も広く知られており、原子核研究に今後とも重要な電子ビームと、放射光利用のバランスが充分吟味された案の登場を待って、比較的早い時期にその実現が望まれる。

(f) 九州大学放射光研究センター

九州大学筑紫地区に1GeVクラスの放射光施設を作るという計画が最近浮上して来た。本ワーキンググループが予定したヒアリング日程以降の事であったのでここではその概略を学術会議における将来計画シンポジウムに提出された資料に基づいて述べる。装置は、現在各地で考えられている標準型のもので1.3GeV、高輝度、挿入型光源で蓄積リング電流500mA、寿命10時間以上、測定ビームライン18でVUVからX線まで各種の研究が可能となるよう設計されている。建設予算は建物を別として約100億円、うち加速器と蓄積リングが72億円、測定器（ウイグラー、アンジュレーターを含む）が20億円である。図-21に一階平面図を示す。（計画は2階建）。本計画のポイントは、標準装置を一つ九州に作りたい、という事である。これからはこの型の希望が国内であといいくつか出てくる可能性がある。本計画の問題点は計画が出たばかりで広い場で吟味されていない点にある。九州大学としても学内態勢の整備が終ったわけではなく、内外の放射光専門家、あるいはユーザーの間で鍛えられた案というには程遠い。共同利用態勢についての突っこんだ議論もまだである。広島HiSORと同じく将来を含めたユーザー層の厚み評価、広島の計画に合流出来ないのか、などがすぐ問題点となろう。九州大学としてのこの方面的実績が少いのがマイナスになっている。また建設に当っては専門家を外部から導入する必要がある。

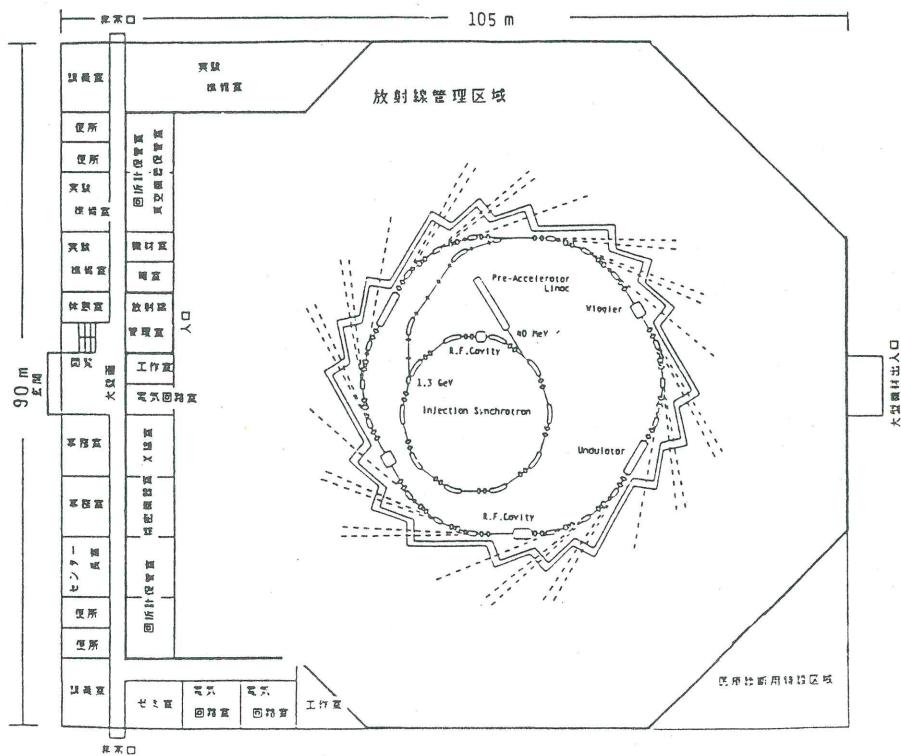


図-21 九州大学放射光研究センター平面図

(g) 大型放射光の 2 計画

現在、日本における放射光諸計画において最も大型であり、かつ対立しているといわれているものに関西 6 GeV - SR 計画と KEK の次期計画の SUPER-PF 計画がある。この 2 計画についてそれを個々に論じないで、あえて一本にまとめたのは学問的検討の第一期においてこの二つは全く同じ基盤において進められたという事実があること、そして将来かりに二つが別々に何らかの実現を見たとしても基礎科学での分野および、そこでの貢献度は全く同じものとなるであろうからである。それ故にこそチャールス・ダーウィンが言うように「その種近きもの程相争う」という面が出てくる。巨大科学における投資の重複はさけるべきであるという願望からも、この相対立する 2 計画の比較検討が重要であるという点で本ワーキンググループの意見は一致した。

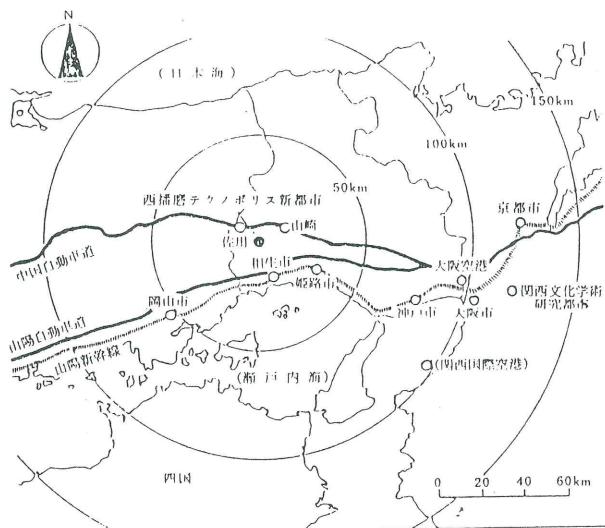
日本における大型放射光計画は KEK の PF が完成し挿入光源のテストにも成功し、一般公開を始めた1983年頃、浮上している。1984年には KEK の PF グループで概念設計が始まられ、同年11月のシンポジウムでいくつかの案が提示された。1985年にはフォトンファクトリー懇談会の将来計画小委員会が具体案作りをしたが、この時すでに設置場所として西播磨と KEK 内の可能性が上げられている。其後は場所問題は議論に混乱をまねくというので site independent の旗の下に多くの作業

が進められて行った。そして小早川氏他による1986年の KEK 86-15レポートがまとめられている。これには関西グループも参加していた。このレポートでは KEK の将来計画として使えるように書いてあるが関西、広島での計画もあることが併記され、関西 6 GeV-SR 計画は実質的にはこのレポートの線上にあること、ただし電子入射加速器を全く新しく作らねばならない点でコスト高であること、しかし関西に作ればかねてよりの地域的需要の一部を充たすものであることなどが述べてある。

文部省では KEK を中心に将来計画の検討が行われ、その第一歩として KEK の AR リング（これは高輝度ではない）を試験機として基本技術の開発を行うべく1987年より研究が始まった。一方科学技術庁では1986年、科学技術分野における重点課題の検討が行われ、その結果航空・電子等技術審議会の第9号答申、および其後の第11号答申において大型 SR 計画の推進が提示されている。また1987年、原子力委員会も放射光利用推進の重要性を指摘し、新規計画の立案に向けて動き出す事となった。そして、1986年から3年間にわたり科学技術振興調整費が新ビーム技術開発にあてられることが決り、事は平行して進むという局面を迎えた。一方関西 6 GeV-SR 計画グループがこの科学技術庁の将来計画に乗った事から KEK との対立が表面化し、地方自治体等の関連問題をも生じた。科学技術庁としては理化学研究所と日本原子力研究所の協力によってこれを進める方針であるといわれている。設置場所は未定で西播磨を含む複数の候補地が考えられているようだ、科学技術庁案がすなわち関西 6 GeV-SR 計画とは決まっていない。省庁間の対立が表面化した事で、その調整が文部省側の委員を含めて科学技術庁内の委員会で計られることとなり、大型放射光施設連絡協議会（委員長黒田教授）が発足して議論が行われた。

KEK 内部ではこうした急激な動きに対応して AR リングテストにつづく KEK としての具体案作成の作業が進んだ。そして1987年10GeV の放射光光源をトリスタンリングの内側に作るという SUPER-PF 計画が作られた。これは関西 6 GeV-SR 計画と完全に対比される。KEK のは10GeV でエネルギーは大きいがいざれも 6 ~ 10GeV、蓄積電流100mA、高輝度、挿入型光源主体である。予算は科学技術庁側の試算では600億円クラスのものであるが、KEK では既設の土地、装置の利用でこの 1 / 3 ~ 1 / 4 くらいで出来るという。人員はいざれも約400人が必要との事である。11月18日のシンポジウムではこの両案についての説明が広島や東北のものほど具体的でなかったこともあって技術的、あるいは基礎科学的な角度からの議論が意外に少なかった。要は案といってもまだデッサン程度のものが示されただけで、角力でいう仕切り直しの感があった。図-22に関西 6 GeV-SR 計画、図-23に KEK SUPER-PF 計画の平面図が示されている。いざれも400~500メートルの蓄積リングというこれまでとは桁のちがうスケールである。

科学技術庁が関西 6 GeV-SR 計画を実行するものとして問題点を整理する。先づ誰が作るか、である。日本における大型放射光建設の実行集団としては今の所、KEK が圧倒的に多くの戦力を持っている。科学技術庁の傘下の人材を集めてもすぐにこれに匹敵できる厚みをもつことはかなりむつか



西播磨テクノポリスと関西主要都市・施設の位置関係

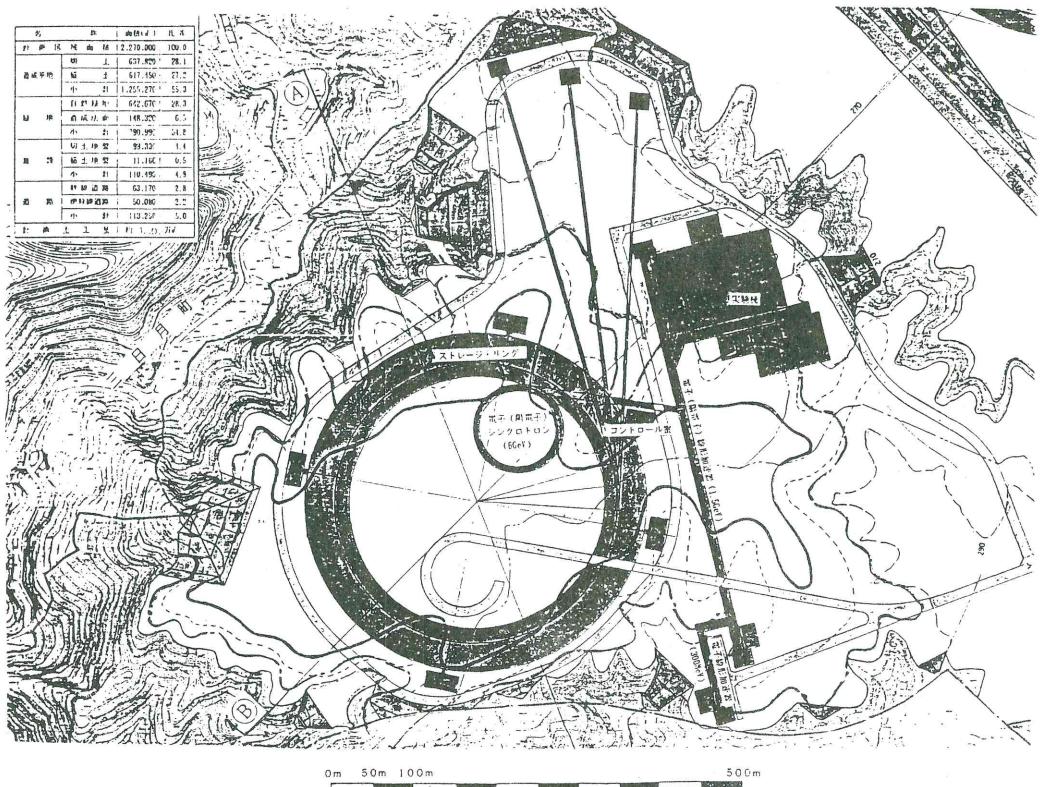


図-22 関西 6 GeV-SR 計画の平面図

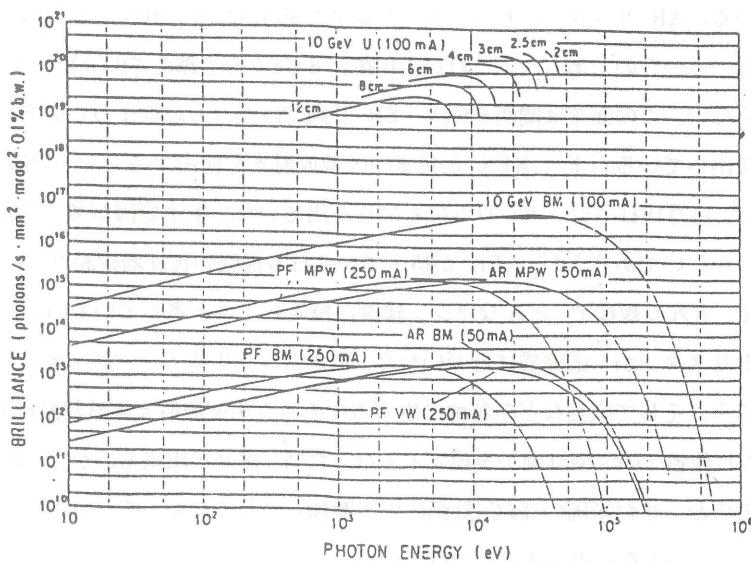
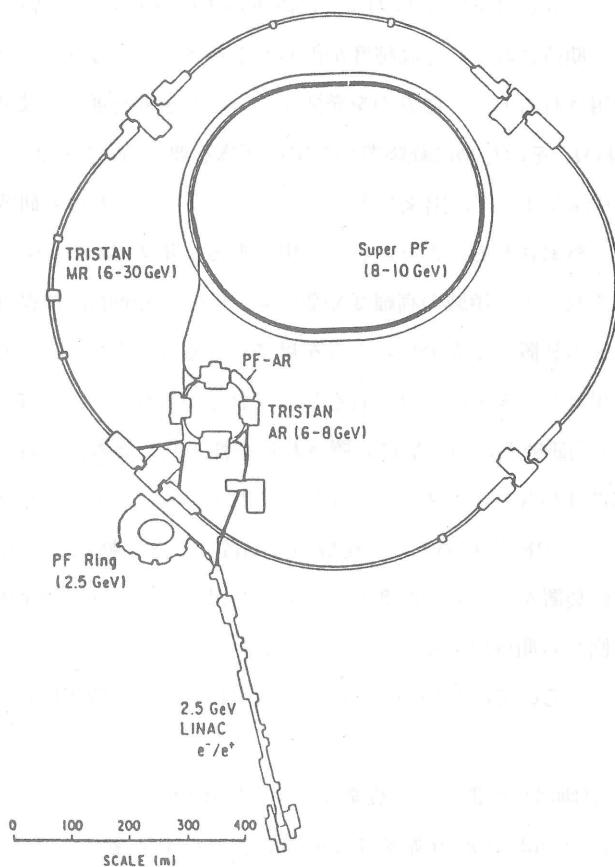


図-23 KEK SUPER-PF 計画 略図

しいのではなかろうか。もし KEK の協力なしに計画が実行されると、標準型のリングは出来るだろうが研究者間で広く期待されている高輝度が得られるかどうか不安をもつ人が多い。また挿入光源は高輝度リングに使用されるととくに偉力を発揮する。これを期待通りに実現するにはまだ多くの R and D が待っており、そのため経験豊かな実行部隊を要するといわれている。

次の問題は、関西 6 GeV リングが出来たとして各ビームラインにおける研究態勢が多くの研究者が望んでいるような形で整備されるかどうかという事である。産業界からのニーズも少しはあるかも知れないが 1 Å およびそれ以下の領域の高輝度 X 線のユーザーは圧倒的に基礎科学、とくに大学関係が多い。科学技術庁がその装置まで充分めんどうを見てくれるならよいが、一般的には困難であろう。この時に文部省側が果たして充分のテコ入れをしてくれるかどうか。これまでの省庁にまたがる問題例は、例えば日本原子力研究所の原子炉に設置された中性子回折装置がある。この場合、他に方策もないという事で文部省はかなりよくめんどうを見てくれている。しかし放射光になると、関西リングが出来る頃にはおそらく PF を初めとして複数の文部省マシンが動いているだろうから、科学技術庁のマシンに文部省の装置をつけるのが難しくなるのではないか。また、全国から西播磨に集まる研究者の旅費が文部省側から期待出来るかどうか。これらがうまく行かないとその巨大なファシリティが有効に利用されなくなるのではないか。このような点について研究者間にはかなりの不安と危機感がある。

KEK SUPER-PF 計画は比較的新しい提案で、かつ具体的なデザインが示されていないので若干不明な点がある。その一つは、1987 年始めまでの議論では 6 GeV 級となると一口で高輝度というが、機器が大型になればなるほどその実現は容易なものではなく、PF でも極めて多くの困難を乗り越えてここまで来ている。AR リングでのじっくりした研究が必須で、その後でなければ大型放射光の建設見通しは立たないというのであった。これが半年後に 8 GeV をも越えて 10 GeV リングの提案となつたのがよくわからない。この面では関西 6 GeV-SR 計画ではかなり以前よりこの方面的調査、研究についての文章を出している。また KEK が日本の大型放射光を独占するという事に対する反発もかなりあるようで、11月18日のシンポジウムにもにじみ出していた。未定要因が多くて正確なプログラムを作るのはむつかしいであろうが、KEK が持っている日本最強の加速器建設グループを今後どのような年次計画で、どんな規模で、どんなマシン建設に投入しようと考えているのかを知りたいという希望が多い。トリスタンが一応完成に近づいた今、引きつづき生ずるニーズで最大なものは大型ハドロン計画であろう。そして広島などの各地に生ずるであろう中型放射光施設建設にも援助が必要となろう。また、もし他省庁の大型計画が実現するとなった時、援助が出来るのか。そしてポストトリスタンをどうするのか。また米国の SSC 計画にどう参加して行くのか、そしてこれらの中で SUPER-PF 計画がいつ、どのように組み込まれて行くのか。

これらの情報をふまえて、日本における大型光施設についての本ワーキンググループの結論は次の

ようにまとめられる。

- (i) 第3世代の大型放射光装置は少なくとも1台、高輝度で、挿入型光源主体の世界最高水準のものが必要である。
- (ii) その選択にあたっては、単に行政的判断による二者択一の形を取るには弊害が多い。
- (iii) 科学技術庁など文部省以外の省庁の計画が先行する場合には、これまでの KEK-PF の経験が充分生かされるよう希望する。
- (iv) 大型放射光ユーザーの少くとも半分が大学関係者の現状を考えれば、文部省以外のリングが稼動するに際しては、各測定ビームラインに対する測定および評価機器の設置、維持、これを利用する研究者の諸経費、旅費、宿泊施設等の面で充分の手当が出来るよう、省庁間のスムーズな話し合いを期待する。
- (v) 他省庁の装置が先行した場合、KEK は既定方針に従い、当分 AR リングでの技術開発を行い、最高の技術が完成するのをまって、世界最高のマシンを低コストで作るべきであろう。そのためには5~10年の時間待ちもありうる。大型ハドロンが八分通り完成した頃、という考えもある。その時点で SUPER-PF 計画がよいのかをあらためて討議すればよく、あるいはポストトリスタン計画の一つとして MR の併用、あるいは転用もあり得るであろう。

(h) 世界における放射光研究の情勢

放射光研究は世界的にも大きな話題となっている。これまでに作られた研究用施設の概略が表-2 に示されている。しかしながら第3世代の6~10GeV の挿入型光源を主体とする高輝度光源については正にスタートラインにつこうというのが現状であってその主要のものを列記すると次のようになる。フランスのグルノーブルでは ESRF 計画が動き出した。これは1977年から長い間検討されて来たもので ILL に併設される。図-24がその略図である。6GeV, 100mA, 寿命10時間以上という日本の2大計画と同じスケールである。これに対する米国の装置がアルゴンヌ国立研究所の APS であって図-25に略図が示されている。いづれも1992~4年に開設が予定されている。いづれも放射光専用装置であって、原子核物理学との併用装置はこの外にハンブルグの DESY, スタンフォードの PEP, コーネルの CHESS などがある。

最後に、昭和62年11月18日に行われた放射光将来計画シンポジウムにおける久保物理学研究連絡委員会委員長の閉会の挨拶要旨をもって本文を閉じる。

このシンポジウムでは、いくつかの新しい計画と、これらに対する大へん多くの意見が出され、私自身も得る所があり、同感するもりも多かった。財政的に可能なら一度にスタートするのがよいとの意見もあるが、お金ばかりではなく人の問題もあり、そうはいかないであろう。早いものでも5~10

表 - 2 世界における蓄積リング（安藤正海氏による）KEK Report 85-16 (1986)

場 所		リング名 (研究所)	エネルギー (GeV)	備考
				P : 寄生, D : 専用 PD:共生, * :建設中
中 国	北 京	BEPC (高能研究所)	2.2-2.8	P *
	合 肥	HESYRL (科学技術大学)	0.8	D *
英 国	Daresbury	SRS (Daresbury)	2.0	D
	Orsay	ACO (LURE)	0.54	D
フ ラ ン ス		DCI (LURE)	1.8	PD
		Super ACO (LURE)	0.8	D *
		DORIS (HASYLAB)	5.5	PD
西 独	Hamburg	BESSY	0.8	D
	Berlin	ADONE (Frascati)	1.5	PD
イタリア	Frascati	PF (KEK)	2.5	D
日 本	筑 波	AR (KEK)	6-8	PD
		TRISTAN (KEK)	30	P
	東京	SOR (物性研)	0.4	D
	岡崎	UVSOR (分子研)	0.6	D
	筑波	TERAS (電総研)	0.6	D
	厚木	(NTT厚木研)	0.6	D *
ス ウ ェ ー デ ジ エ ン	Lund	Max (LTH)	0.55	D
台 湾	新竹	TLS (SRRC)	1.0	D *
合 衆 国	Gaithersburg, MD	SURF (NBS)	0.28	D
	Ithaca, NY	CESR (CHESS)	5.5-8	P
	Stanford, CA	SPEAR (SSRL)	4.0	PD
		PEP (SSRL)	15.0	P
		SXRL	1.0	PD
	Stoughton, WI	Tantalus (SRC)	0.24	D
ソ ビ エ ト		Aladdin (SRC)	1.0	D
	Upton, NY	NSLS I (BNL)	0.75	D
		NSLS II (BNL)	2.5	D
	Karkhov	N-100 (KPI)	0.10	D
ソ ビ エ ト	Moscow	Siberia 1 (Kurchatov)	0.45	D
	Novosibirsk	VEPP-2 M (INP)	0.7	PD
		VEPP-3 (INP)	2.2	PD
		VEPP-4 (INP)	5-7	P

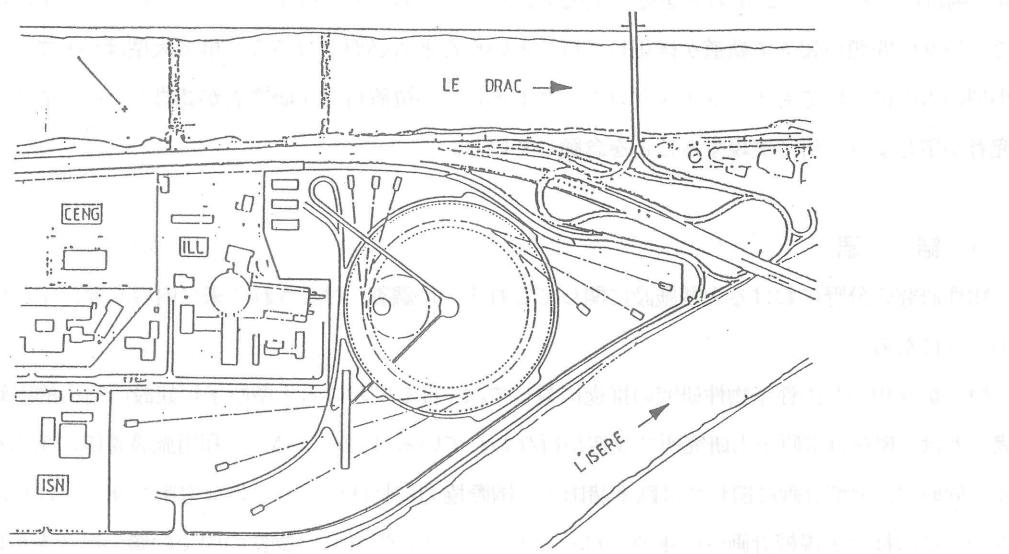


図-24 フランス・グルノーブルの ESRF 計画

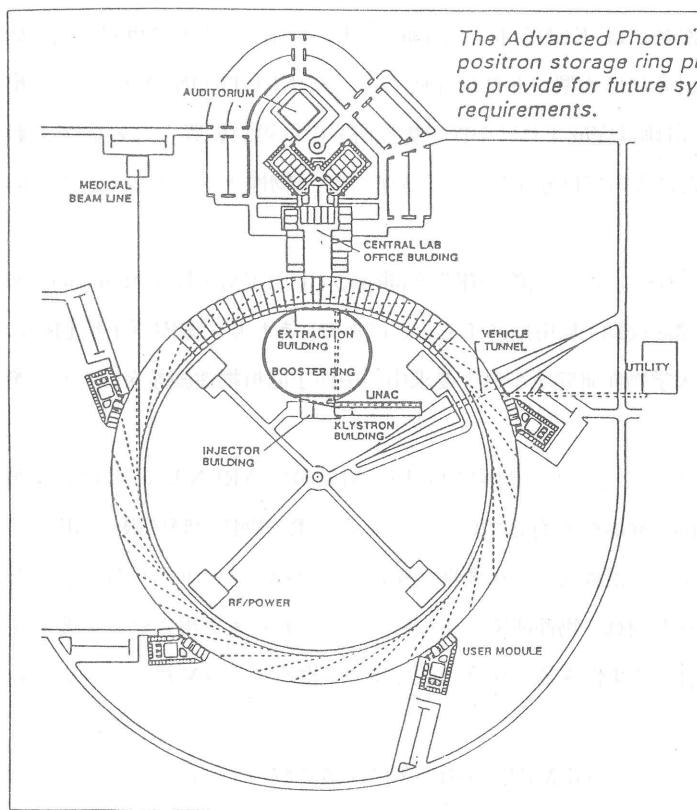


図-25 米国アルゴンヌの APS 計画

年、場合によると15~20年の先を見て実現を計るという事も考えねばならない。また、一つの案が決つても色々の問題が起きて軌道を修正して行くということも必要となろう。単に大型ばかりではなく、小型のものについてもナショナルプロジェクトとしての位置付けを研究者が認識し、そして多くの研究者が望むような形で実現することを念願している。

6. 結 語

物性研究の分野における大型施設に関してこれまでに調査、討議されて来た内容を要約すればつきのようになる。

原子炉を用いた中性子物性研究の推進に対しては、日本における大型原子炉建設の宿命的困難さを考えれば、現在日本原子力研究所で改造が行なわれている JRR-3M の利用施設整備に全力をそそぐと同時に、大型計画に関しては欧米諸国との国際協力に具体的かつ早急な対策を進めなければならない。この様な大規模計画への重要なパートナーとしての参加には物性の中での層の厚さを拡げるだけでなく、化学、生物等他分野への放射光とは相補的な構造解析の有用性の理解を拡げてゆく努力が必要である。

パルス中性子物性研究推進のためには KENS-II 計画の実現が必須で、これで世界最高の研究態勢を確立出来る。この実現を計るには大型ハドロン計画における NEUTRON ARENA の推進が適当である。なお、KENS-II 計画は完成すれば中性子物性研究の世界的装置となるのでそれにふさわしい運営形態も必要で、場合によっては原子炉をも含めた中性子物性ナショナルセンターの検討も必要となろう。

このセンターの主要任務は KENS-II の国際的運営と同時に、上記定常中性子源関係の将来計画に関連して外国の大型原子炉の建設援助、利用推進することにあり、あわせて国内原子炉利用の窓口となることである。これは東京大学物性研究所が目下要求中の中性子回折物性施設を核として発展させることが現実的と考えられる。

ミュオン物性の発展のためには大型ハドロン計画における MESON ARENA の実現が必須のものである。ミュオンが広い学術的な発展性を有していることからも単に物性分野に限らぬ広い支持がある。物性科学から見た大型ハドロン計画では、重要性の順に言えば第一にパルス中性子、そして第二にミュオンである。中性子はそれ自体、物性研究の中核にあり、是非とも実現させる必要がある。ミュオンはむしろより広い学際性、将来性を持つ研究手法であり、物性をも含めたより広い支持基盤の上に立って推進されるべきである。

パルス中性子とミュオンは、かつての GEMINI 計画の名に象徴されるように日本において双子のように育って来た。これは大変適切な処理であったと考えられる。今後もこのよき伝統を引継ぎ、拡大発展する事が望ましい。

放射光施設の将来計画については小型（1 GeV以下）光源は半導体工学等の産業界にまかせ、大学や国立研究所等においては物質科学に重点をおく中型（1～2 GeV）および大型（6～10GeV）の二つについて全国的な視野に立って建設されねばならない。中型には二つの面があり、一つは VUV 専用の分光研究機器で、これは中性子分光と並んで物質研究の基本となる電子状態の基礎的な静的、動的理解を与えるものである。これについてはこれまでの実績を持つ東京大学物性研究所が何らかの形で専用のファシリティを持つべきである。しかし、その早期実現には多くの困難があり、世界の厳しい競争に遅れぬためには何らかの応急的手段を併せて検討する必要がある。もう一つは汎用型中型光源で地方分散型とし、広島大学、東北大学等の諸計画が順次実現して行くのが好ましい。これに対して大型のものは、少なくとも一つ日本に必要な事は明らかであるが、予算規模から見て、また設計、建設の要員層、そしてユーザー層の面から見てもいますぐ日本に複数機を必要とする所には来ていな。伝えられるようにもし科学技術庁の計画が先行するようであれば放射光源建設に日本の全技術力、ノウハウがとり入れられること、および光源の有効利用に対する予算的、行政的な手当が充分行われるよう期待する。また現在、世界でも有数の、そして日本における最大の放射光科学研究集団をもつ高エネルギー研究所の PF は、その将来計画として目下進められている AR 装置系での技術開発を発展させ、来世紀初頭に最高輝度の挿入型光源主体のリング設置を目標とする展望を持つことが期待される。それが理想的 SUPER-PF の形とするか、経済効率上、MR の転換を計るに留めるべきかは今後慎重に検討さるべき課題である。また、AR リングでは、ポジトロンビームによる放射光が利用出来る点で勝れており、その技術開発を KEK 研究者に期待する。

附　記

本報告書は附表A-2に示されたような会合、ならびに「放射光将来計画シンポジウム」(物研連主催 昭和62年11月18日) および物性研短期研究会「物性研究の将来計画」(昭和62年11月30日) に提出された資料を元にして作られている。したがって引用文献は出所がかなり混乱、重複しており、文献番号を付すのがかなり困難であるため出所をとくに明示していない。この点御了承いただきたい。資料の提出、およびヒアリングに対して御協力いただいた方々にあらためて感謝の意を表する。また日本学術会議事務局にはシンポジウムを含めた会合、あるいは資料配布について御協力いただいた。東京大学物性研究所には資料のコピー作成、およびシンポジウムの記録、進行について御協力をいただいた。また民間団体である新世代研究所（向坊隆理事長）には会合費等について特別の御配慮をいただいた。深い謝意を申し述べるとともに、本来日本学術会議の作業であるべき本資料作成等に対し必要予算が取れないという現状に読者の御認識をいただきたい。なお本レポート全体のワードプロセッサー作業については須谷和子さんにすべてをお願いした。厚く御礼申上げる。

物性関係大型施設計画ワーキンググループ委員名簿

氏 名	所 属	住 所	電話番号
糟 谷 忠 雄	東北大 理	〒980 仙台市荒巻字青葉	022-222-1800
遠 藤 康 夫	東北大 理	〒980 仙台市荒巻字青葉	022-222-1800
星 塙 賢 男	筑波大 物理工学	〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1	0298-53-5308
山 田 安 定	東大 物性研	〒106 東京都港区六本木7-22-1	03-478-6811
石 井 武比古	東大 物性研	〒106 東京都港区六本木7-22-1	03-478-6811
上 村 洸	東大 理	〒113 東京都文京区本郷7-3-1	03-812-2111
永 嶺 謙 忠	東大 理	〒113 東京都文京区本郷7-3-1	03-812-2111
川 路 紳 治	学習院大 理	〒171 東京都豊島区目白1-5-1	03-986-0221
加 藤 範 夫	名城大 理工	〒468 名古屋市天白区塩釜口1-501	052-832-1151
伊 達 宗 行	阪大 理	〒560 豊中市待兼山町1-1	06-844-1151

A - 2 会合記録

回	会合期間	場 所	議 題
第 1 回	昭和61年 6月10日	東大物性研応接室	(1) 討議すべき大型施設について
第 2 回	昭和61年 9月10日	同上第 2 会議室 物性物理における基礎研究班との合同会議を先行させる。	(1) 放射光物性の将来計画について (2) 中性子物性諸計画
第 3 回	昭和61年11月12日	学術会議第 3 会議室	(1) 放射光物性の将来計画 (2) 大型ハドロン計画
第 4 回	昭和61年12月24日	新世代研究所会議室	放射光諸計画ヒアリング (1) 物性研 SOR (2) 関西 SOR (3) 広島 SOR (4) 全体討論
第 5 回	昭和62年 2月23日	学術会議大会議室	(1) 大型ハドロン計画における物性研究 (2) 放射光諸計画
第 6 回	昭和62年 6月11日	東大物性研第 2 会議室	(1) 東北大 SOR ヒアリング (2) オークリッジ中性子計画
第 7 回	昭和62年11月12日	同上応接室	(1) 中性子物性日仏協力問題 (2) 物性研 - KEK 放射光計画 (3) 九大における放射光計画 (4) 放射光将来計画シンポジウムについて
第 8 回	昭和63年 3月18日	新世代研究所会議室	(1) ワーキンググループ報告書のまとめについて

「物性物理における基礎研究」

ワーキンググループ報告

昭和62年 6月11日

この資料は昭和62年 6月11, 12日開催の日本学術会議物理学研究連絡委員会物性物理専門委員会および同委員会本委員会に提出した報告である。

目 次

まえがき	49
報告の要約	50
第1章 序論	50
第2章 全国的視野で設置されるべき中型物性研究機器	52
第3章 「国分寺構想」の提案	54
第4章 物性研究推進について	58

まえがき

1986年6月18日に開催された学術会議物理学研究連絡委員会物性物理専門委員会において、標記「物性物理学における基礎研究」を検討するワーキンググループの設置が決定され、金森順次郎が委員長に指名された。その後同グループは以下のメンバーで構成されることになった。(順不同)

仁科雄一郎(金研) 竹内伸(物性研) 新庄輝也(京大化研)

小林俊一(東大理) 長岡洋介(名大理) 金森順次郎(阪大理)(委員長)

守谷亨(物性研) 佐藤清雄(富山大理)

このワーキンググループの作業目的は、物性物理学の分野で比較的小規模な装置ないしは研究費・人員で行なわれる所謂スモールサイエンスに属する研究について、その充実発展のための万策を検討することである。したがって、さきに発足した「大型施設計画」ワーキンググループと相補的で、両者が並行・分担して物性物理学研究の将来計画を検討するものと理解される。1986年9月10日物性研で「大型施設計画」ワーキンググループとの合同の会合をまず開催し、それに引き続いて第一回の会合を行なった。これらの会合の討議の内容はこの報告の第2章に相当するが、その大綱を11月12日開催の物性物理専門委員会および同13日開催の物理学研究連絡委員会に報告した。その後文書による相互連絡で具体案のとりまとめを続け、1987年7月23日午前に第2回会合を開催してこの報告の第3章および第4章に対応した中間報告をまとめ、同日午後の物性物理専門委員会に提出して大綱の承認を得た。また同2月24日物理学研究連絡委員会に報告した。その際本報告の早期作成が望まれたので、3月初旬にその第一次案をまとめ、ワーキンググループ内の討論および1987年3月26日の物性委員会(物性物理専門委員会とメンバーがほとんど重複した物性グループの組織)の討議の結果に基づいて修正を加えて最終案としたのが本報告作成の経過である。なお本報告第2章の研究機器リストは「大型施設計画」ワーキンググループ伊達委員長からの提案に基づくものであることをとくに記しておく。

報告の要約

物性物理は、個々にはあまりスケールの大きくないが非常に多様な研究の集まりであって、その中から意外性に富んだ独創的な研究が数多く生まれた。本報告では、わが国の物性研究にとって、現在最も整備を必要としているのは、大型施設は別として、共同利用性の高い中型の汎用研究機器であることを指摘し、第一にそれらを具体的にリストアップして、必要な予算規模を推定した。第二にこれらの設置は一ヵ所に集中するのではなく全国的に行う必要があることを指摘し、そのため（新設を排除するものではないが）既存の各種研究施設に新しい共同利用機能を付与することを提案した。さらに物性物理以外の分野でも同様な全国的な研究条件の整備の必要性が議論されているので、科学全体としての新しい組織の一要素も提案した。最後に物性物理としての研究推進のために、新しい情報交換・相互援助のための組織を作ることを提案した。

第1章 序 論

物性物理研究の特徴は、その研究内容と同時にその研究手段も極めて多種多様であるということであろう。別途審議されている大型施設は別としても、物性研究のために必要な研究機器は、図1に記すように、その規模（必要予算）が科研費の一般研究Cのレベルの小規模から大型施設に近いものまで、またこれとは別の方向では共同利用性の小さい個性的なものから共同利用性の高いものまで、二つの方向に広がっていてしかも連続的に分布している。またこれらを用いて研究する個々の研究グループが比較的小規模であってしかもその研究目的が多様であることも特徴である。歴史的にもこのような多様性の中から、多くの独創的な研究が生まれている。したがって物性研究の推進を図る方策においても、独創的研究を生む基盤として個々の小規模な研究の多様性を最大限に保持することが重要であろう。

物性物理学での小規模研究の重要性は二十年以前物性研発足直後から始まった「姿なき物性研」、「流動物性研」、各大学の充実等を中心とする将来計画の論議で既に取り上げられていたことであって、最近では昭和56-58年に行なわれた「学術研究動向の調査研究、物性物理学の動向」の調査報告書で強調されている。また具体的な提案としても物理学研究連絡委員会に提案された「物性研究施設群」案はなお記憶に新しい。本報告で提案する諸方策も基本精神において過去の諸提案と変わるものではないが、研究機器についてより具体的に検討を行った点と、その後の各方面での論議を参考にして若干新しい要素を取り入れている点が目新しいといえる。なお過去の提案と共通のこととして、以下に論じる案は全国各大学に特色ある研究施設、独自の研究計画を推進する研究グループおよび教育（研究者養成を含む）の中心が分布している現状を大前提にした全体計画であって、各大学の自主的な予算

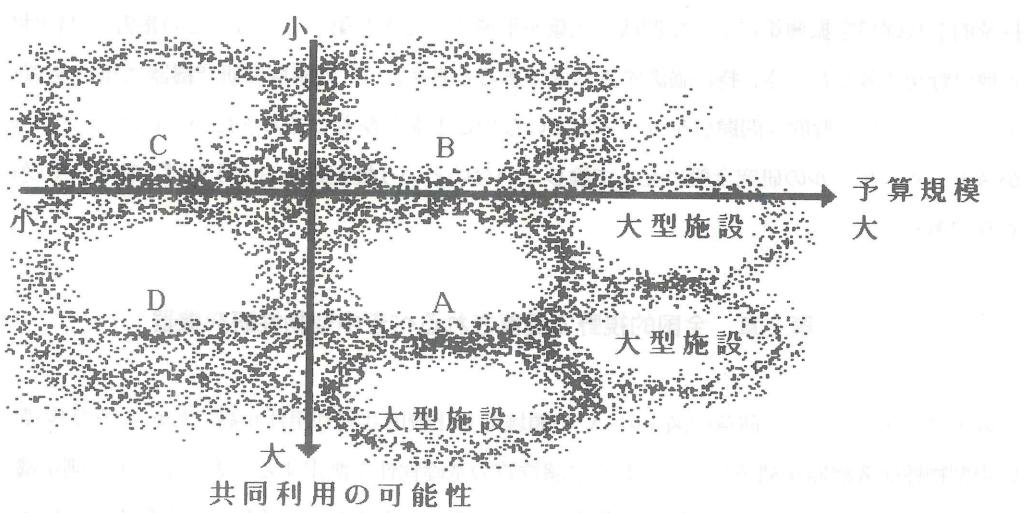


図1 物性研究機器の分類

獲得の努力がその推進力であることを想定している。したがって各大学と独立に新しい研究機構を創設することを意図するものではない。

日本と欧米先進国を比べたとき、個々の研究テーマでの先端部分での研究機器については、わが国でも独創性に富んだ個性的なものが整備されつつあるといってよいだろう。しかしその基盤に相当する各種物性の汎用測定装置の整備状況はかなり見劣りがすると言わざるをえない。個性的な装置によって独創的な研究を進める場合でも、多くの標準的装置によって各種物性についての補完的なデータを得て初めて研究成果が確立される。またよく知られているように独創的な研究の一つの契機は、発想の転換やある研究からのヒントを別の研究に生かすことであるが、このためにも各種測定装置が整備されていることが前提となる。多様な物質の多角的研究が特色である物性物理学にとって、このような基盤の充実が急務であることを強調したい。

図1のAの領域の研究機器、即ち中型研究機器の内で「大型施設」と共通して比較的共同利用に適しているものが、これら汎用測定機器のうちで、とくに設置が全国的に切望されていて、実現が困難な機器を包含している。以下ではまず第2章で大型施設の一つに相当する（あるいはそれよりも小さい規模の）予算で、このような中型研究機器がかなり整備されることを具体的に論じる。次に第3章でこれらの設置の実現に向けての方策を、共同利用の方法の改善と具体的な設置構想の両面について提案する。我々はこのような中型研究機器の整備をこの報告の主要テーマとしたい。

図1でのB, C および D の領域に属する研究機器、施設は物性物理においては、独創的な研究を生み出すに当たって A および大型施設に並んで重要である。これらの整備について第2章のように具体的に論じることは難しいが、第4章で現状の研究費でも物性物理研究推進に有効であろうと考え

られる方策を提案する。本来独創的な研究を生むためには目先の成果や技術的改良だけを目指さない持続的な基礎科学振興策によって肥沃な土壤を形成することが第一である。この報告では物性物理学と他分野を比較したとき、特に強調するべきであると考えた A の領域の研究機器に重点を置いたので、このような一般的な問題点をカバーしていないことをお断りしておきたい。したがってこの報告がスモールスケールの研究全般に亘って論じていないという批判があるとすれば、甘んじて受ける積もりである。

第2章 全国的視野で設置されるべき中型物性研究機器

以下に示すリストに、前章の図 1 の A の領域即ち比較的共同利用性が高くしかも予算規模も大きい中型物性研究機器を列挙した。これらは諸物質の基礎物性を測定するときに不可欠な測定機器、低温および高温発生装置、微視的物性の基本的測定手段である NMR、ESR、原子構造測定装置、物質開発装置等であって、全国的な需要を考慮してその必要台数の推定値および大体の単価も記載した。なお大型装置（中性子、放射光、ミュオンその他）に関連した装置は省略した。このリストはなお不完全で今後さらに補充改定すべき点があるが、我々の計画の具体的な内容および規模を明示するものとして、第一次案の形で提案するものである。

これらの標準的な装置を一つの研究グループで全部揃えることは予算上もまた維持管理の上からも無理である。したがって効率よく共同利用できる制度のもとで全国的視野でその設置実現を計ることが適当であろう。その方向で一つの案を次章で提案したい。最後にこの計画での研究機器の予算総額はリストに示したように、大型施設一つ分程度であることを重ねて強調しておきたい。

全国的視野で設置されるべき中型研究機器リスト第一次案

以下のリストに挙げたのは、単価0.5～5億円程度の装置で、共同利用性の高いものである。用途別に (A) から (E) までに分類したが、これらの装置の設置に必要な費用は、概算で (A) が25億円、(B) が30億円、(C) が35億円、(D) が40億円、(E) が20億円である。したがって全体で約150億円で、建物に約100億円としても250億円であって大型施設一個分よりも小さい。一方その基礎物質科学的研究推進に対する効果は、画期的なものであろう。なお年間維持費は約30億円と推定される。

(A) 構造解析および分析装置

装 置	概算単価(億円)	個 数
汎用X線装置 ($T \geq 0.5K$, データ処理一式)	2	1 ~ 2
パルスX線装置 (IN-SITU用, 結晶成長等)	1	1 ~ 2
電子線関係の装置 (AUGER, LEED, SEM, STEM, TEM, etc.)	2 ~ 1.5	4 ~ 5
イオンビーム関係の装置 (チャンネリング, インプランテーションを含む)	2	1 ~ 2

注 中性子, 放射光, ミュオノン関係の装置を除く。

(B) 分光装置

装 置	概算単価(億円)	個 数
汎用分光装置 (赤外, 可視, 紫外 $T \geq 0.5K$)	1.5	3 ~ 4
レーザーラマン分光装置 (同上)	2	3 ~ 4
遠赤外分光装置 (レーザー応用)	0.5	1 ~ 2
パルス分光装置 (ピコ秒, 過渡現象)	1	2 ~ 3
真空紫外分光装置 (エキシマレーザー応用)	1	2 ~ 3
X線分光装置 (XPS, EXAFS等)	1	2 ~ 3
汎用 NMR 装置 (スピニエコー, ブロードライン)	1	2 ~ 3
汎用 ESR 装置 (センチ波, ミリ波)	1	2 ~ 3
メスバウアー分光装置 (各核種, データ処理)	1	2 ~ 3
電波分光装置 ($\epsilon(\omega)$, $\chi(\omega)$ 測定用)	0.5	2 ~ 3

(C) 極限物性装置

装 置	概算単価(億円)	個 数
汎用mK生成装置 (多目的, トップローディング)	1	3 ~ 4
μK 生成装置 (He液化機付)	3	2 ~ 3
超高压発生器 (高温, 物質合成, 測定)	2	1 ~ 2
超高压発生器 (低温物性測定各種)	1	3 ~ 4
15~20T超伝導電磁石 (汎用型)	1	4 ~ 5
50Tパルス電磁石 (汎用型)	1	2 ~ 3
100Tパルス電磁石 (多層型)	3	1 ~ 2

(D) 試料作成装置

装 置	概算単価(億円)	個 数
金属単結晶作成装置 (高温, 高圧付)	1.5	4 ~ 5
化合物結晶作成装置 (半導体系)	1	4 ~ 5
化合物結晶作成装置 (イオン結晶系)	1	4 ~ 5
金属間化合物結晶作成装置	1	4 ~ 5
人工結晶作成装置 (MBE等)	2	4 ~ 5
気相反応単結晶作成装置	1	4 ~ 5
超高真空间相電解装置 (極微量ガス分析装置付)	0.5~1	4 ~ 5

(E) 一般測定装置

装 置	概算単価（億円）	個数
熱解析装置（比熱、熱伝導等）	1	2～3
汎用磁気測定装置（ χ , μ , 履歴曲線, 高周波）	1	3～4
汎用電気測定装置（ ε , ρ , 履歴曲線, 高周波）	1	3～4
長音波測定装置（弹性, 吸収等）	1	3～4
スクイド応用測定装置（極微磁気センサー）	1	3～4

第3章 「国分寺構想」の提案（梅棹忠夫氏にならって）

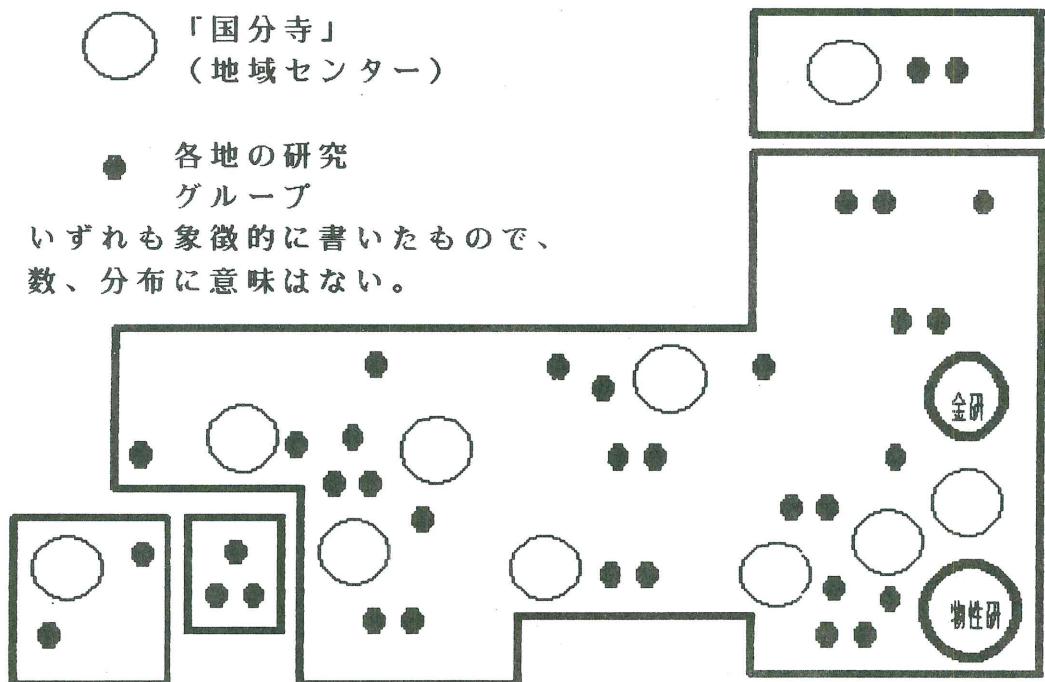


図2 「国分寺構想」の提案

図1のAの研究機器すなわち「全国的視野で設置されることが適當な中型物性研究機器」は物性研究所その他の全国共同利用研究所（施設）を含めて全国的視野でその設置計画を策定すべきであるが、その際全国に特色ある研究施設、独自の研究計画を推進する研究および（研究者養成を含む）教育の中心が分布している現状を考え、さらに以下に論じるような共同利用の必要性と有効性を考慮すると、各地に地域共同利用の中心を想定して計画を進めるのが適當である。この地域共同利用の中心が「国分寺」であるが、それは必ずしも単一の組織ではなく、後に論じるように施設群を緩やかに結合した連合体でよいと思われる。ただし図2は象徴的なもので数、配置には意味がない。

このような地域共同利用の中心の設定を具体的に実現するためには、物性物理の分野に限定せずに既存の施設、研究機器の最大限の活用を考えることが、物性物理の今後の発展のためにも有益であるし、また現在の厳しい予算の事情から考えても実際的である。ただ既存の施設は、それぞれの大学の学部・研究所に固有のもの、学内の共同利用施設と全国共同利用施設に分類されていて、その利用形態にかなり rigid な枠が想定されている。また個々の研究機器についても、たとえばそれが当初あるグループが一つの研究目的に設置したものであっても、研究が一段落した後では、広く共同利用されるのに適したものがある。このような機器を有効に利用する制度がない。我々は第2章で述べた
「全国的視野で設置されるべき中型物性研究機器」（ハードウェア）を前提にして

A. 共同利用のための有効な一般方策（ソフトウェア）

B. 国分寺の設置（システム）

を提案したい。

A. 共同利用のための有効な一般方策

- 1) 各地の適當な条件を備えた学内共同利用施設、学部等の研究施設、実験施設、付置研究所の一部の部門が学外からも共同利用できるように、予算上の措置、会計規則の改正等を検討する。そのためには「地域共同利用施設」という新しいカテゴリーないしはラベルを創設して、上記の適當な施設等をこの機能をもつものと認定することも一案であろう。この「地域共同利用施設」が従来の全国共同利用施設と異なる点は、一つには後述の地域センターに包括されることであり、また従来の全国共同利用施設に比べて、もっと緩やかな条件で作られるもので、創設というよりも既設の施設にそのような機能を認定あるいは付与するという意味で提案するものである。
- 2) 上記の適當な施設の条件としては、第一には共同利用性の高い研究機器がある程度設置されていることであるが、より具体的には各地の大学の低温センターをまず候補に上げができる。これに加えて、幾つかの特色のある施設たとえば大阪大学の極限物質研究センターなどが

考えられる。また学部内の実験施設等でも候補になるものがあるだろう。これらの施設がカバーする研究分野は物性物理に限定する必要がなく、事実「低温センター」等は化学、工学に広く関係している。従来化学が主である機器分析センター等との連携協力も当然考えられる。

3) 施設単位として共同利用の道を開くだけではなく、個性的な研究で一般校費、科研費等によって設置された個々の研究機器についても、目的達成の後には共同利用研究機器として活用することを推進したい。物性研究の場合多様な物質に対し多角的に多彩な手段を用いて研究を進めることができ特に必要であるので、異なる研究グループの蓄積の相互利用を活発にすることが重要である。そのためにはたとえば「共同利用機器」として登録し、「地域共同利用施設」の共同利用の予算によって共同利用できるようにするのも一案であろう。

4) 共同利用を有効に推進するには当然予算、管理人員等の確保が大きな問題である。これを個々の「地域共同利用施設」の問題としないで、次の「国分寺」の項で論じたい。

B. 国分寺（地域センターシステム）

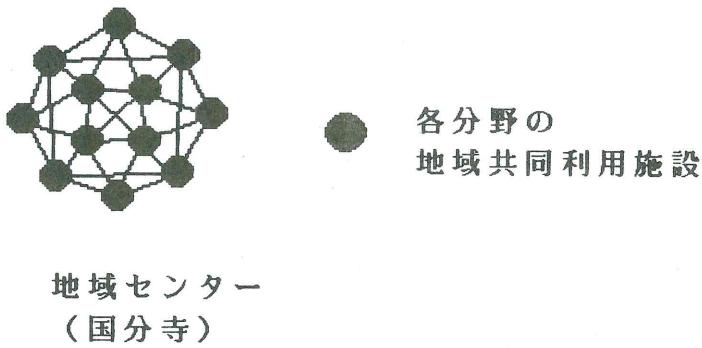


図3 国分寺の組織

日本学術会議は第102回総会（1987年4月22～24日）で「地域型研究機関の設立について」という勧告を採択したが、それに述べられている地域型研究機関（地域センターという。）は、我々の意図する地域共同利用施設を包含し得るものであるが、他方では地域研究（area studies）を主とする可能性も述べられている。また地域産業との産学共同等を目指した研究センターが昭和62年度に幾つかの大学で設置される運びになっている。物性物理学の場合、その研究の規模が比較的小小さく、また研究対象が多岐に亘っていて、各地の大学その他が独自の研究計画を推進するのが最も有効な分野であることと、多様な物性測定という研究の性格からかなり高額の共同利用に適した中型研究機器を数多く必要とすることから、全国各地に共同利用の中心を配置する「国分寺構想」に到達した。したがって地域センターといっても「地域研究」を目指すものではなく、また必ずしも地域産業との関連を意

識するものでもない。しかし各地の研究グループの独自性から、それぞれの地域センターが自ずから特色をもつことは十分に考えられるので、地域性を広く解釈すれば地域性の強い分野と連携して地域センターを構成することが可能である。したがって我々は、「地域センター」という一般計画の背景の中での一つのモデルケースとして物性物理学の計画を推進することを提案したい。また実際には「地域センター」計画そのものもまだあまり具体化していないので、物性物理学の構想を実現しながら、多分野の多様な要望にも対応できる「地域センター」の一つの案を以下に提案したい。

- 1) 各地域センターはそれぞれの分野の「地域共同利用施設」の連合体という構造が適當であろう(図3)。この連合体は、地理的に近い複数の大学に跨ってもよい(図4)。センターの中央機能としては共同利用に関する事務、宿舎等が考えられるが、全く異なる分野を包括しているから、各「地域共同利用施設」の独自性と活力を損なわないような運営が望ましい。

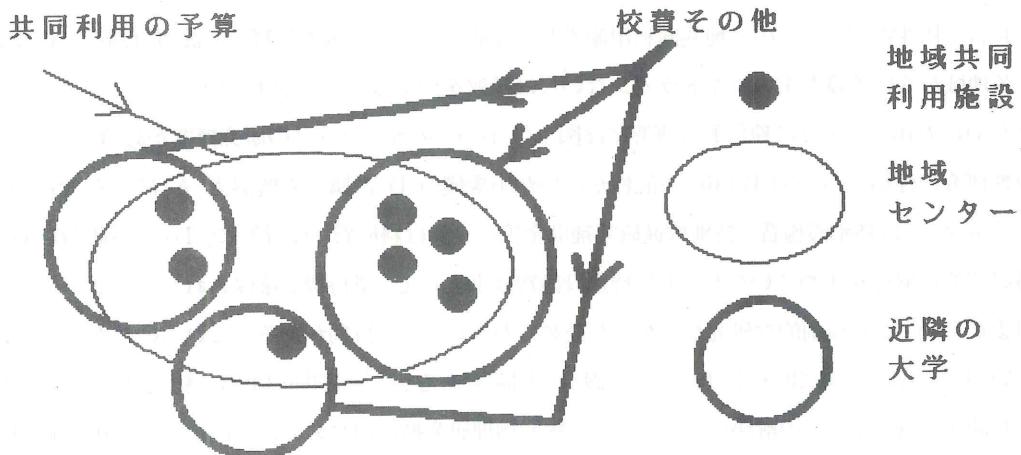


図4 大学と地域センター

- 2) 各「地域共同利用施設」の実情に応じて、それぞれに共同利用のための予算(運営費、設備の購入費、維持費等)と人員を確保する。もちろん各施設での独創的、個性的機器の設置が当然考えられるから、共同利用に関する予算は地域センターを通じて流れ、一方独自の研究に関する予算は所属大学からという案が一つの可能性である。
- 3) 従来の大学を通じて各地各分野の研究施設を支えている研究費、人員の体系を動脈血管のネットワークになぞらえるならば、地域センターの構想はこれと相補的な機能をもつ別の体系たとえばリンパ管系をつくるものであり、両方の体系が共通の組織即ち各研究施設を支えるというのが本構想の趣旨である。

- 4) したがって本構想では各地域センターの内容は、それぞれの研究施設が属する大学および研究グループの努力によって充実されて行くものと想定している。
- 5) 物性研究所等の全国共同利用研究所は独自の機能をもつ他に、共同利用に適した中型物性研究機器についても各地の「地域共同利用施設」より大きい規模で共同利用の中心であるべきである。物性研究所についていえば、極限物性の 5 本の柱、中性子、放射光関係の尖端的な施設、研究機器に加えて、基礎物性測定のための研究機器をもつことは本来多角的な物性研究として当然のことであろう。

第 4 章 物性研究推進について

前章の計画に沿って第 2 章および添付リストのような共同利用に適した中型研究機器の充実を図るために、物性物理としての各地共同利用施設および研究機器の全国的視野での設置計画を別途策定し、各地域からの予算要求のガイドラインないしは基盤をつくることが望ましい。

また前にも述べたように独創的な研究には図 1 の B, C のカテゴリーの研究機器が必須であり、また物性研究の性格から、共同利用の可能性が高いが小規模の D に属する機器も A に並んで重要である。従来 B は特別設備費、特別推進研究補助金等に、C は科研費、校費等に、D は科研費の重点領域研究等に財源を求めていたが、1) 特別設備費は別として、維持費が確保されない、2) 人件費の目途がない、3) 独創的な研究がなかなか認められない、等の批判がある。これらのなかには一般的な問題でもしろ別途に取り上げたほうが適当な問題もあるが、上記共同利用に適した研究機器に関係した問題も含めて、その解決の一助として、物性物理研究推進のための以下のような方策が適当と考える。

物性研究推進のための連絡調整組織の設立

研究者の非公式組織として、1) 共同利用全体計画の策定、推進、2) スモールスケールの独創的な研究の支援、必要機器の紹介等の連絡のための組織を作る。この組織は個々の計画への支援を目的とし、その決定は公式には何等の拘束力はないとするのが適当であろう。しかし概算要求に当たって、他大学との関係、学界のサポートの有無等が問われることも多いので、このような組織での討議は十分に意味のあるものと思われる。また地域センターや地域共同利用施設が物性物理の分野だけをカバーするものではないから、全国共同利用研究所を含めた物性研究のための非公式なネットワークを別途形成することは物性研究推進のために必要である。

物性研究所談話会

日 時 1988年6月27日（月）午後4時～4時半

場 所 物性研究所 旧棟1階 講義室

講 師 寺倉 清之氏

(所属) 物性研究所

題 目 バンド理論からみた high-Tc 酸化物

要 旨：

high-Tc 酸化物は電子相関の強い系であって、一電子近似のバンド理論は成り立たないと考えられている。確かに $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ の反強磁性状態とその半導体的性質はバンド理論では簡単には説明がつかない。

しかしながら、バンド計算の結果はいくつかの実験データを理解するヒントを与えてれるように見える。また、関連する酸化物の中で、high-Tc 物質の特徴を引き出すのにも役立つと考えている。これらの点について、最近まとめた仕事をもとにして話したい。

日 時 1988年6月27日（月）午後4時半～5時

場 所 物性研究所 旧棟1階 講義室

講 師 安岡 弘志氏

(所属) 物性研究所

題 目 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ($x=6.0 \sim 6.91$) における Cu-NQR スペクトル

要 旨：

窒素ガスで焼成された（京大、化学）YBCO 系で Cu-NQR スペクトルを測定した結果、Cu の酸素原子配位数による分裂したスペクトルが観測された。それらの相対強度は酸素濃度によって変化を受け、かつ $x=6.0$ 近傍では Cu (2) サイトの反強磁性秩序の存在が確認された。本講演では NQR スペクトルから得られる夫々の Cu 原子の局所的な性質について議論する。

日 時 1988年7月4日（月）午後4時～5時

場 所 物性研究所 旧棟1階 講義室

講 師 田中 虔一氏

(所属) 物性研究所

題 目 触媒作用により合成される表面物質と表面の構造

要 旨 :

- (1) 固体表面の触媒作用を利用した表面化合物の合成や触媒反応の機構を調べる目的のために開発した新しい方式の装置を先ず紹介する。
- (2) この装置を使って 3 次元系で合成されていない化合物を表面化合物として合成できることを紹介する。
- (3) 3 次元結晶では「構造」を「晶癖」(結晶の外形) は全く別の性質であるが、2 次元系の物質ではこの 2 つの性質の区別は自明でないことを述べ、金属表面の超構造が相転移を意味しているのか、それともモルフォロジー変化の一過程を示しているのかは興味ある問題であり、表面を物質として考える立場から私見を述べたい。

日 時 1988年 7月 6日 (水) 午後 4時～5時

場 所 物性研究所 A棟 2階 輪講室

講 師 Prof. H. w. Green, I I

(所属) University of California, Davis

題 目 Kinetics and Mechanism of the olivine-spinel Transformation in Mg_2GeO_4 and
the Effect of Nonhydrostatic Stress

要 旨 :

Green 氏は圧力誘起の 1 次相転移である Mg_2GeO_4 のオリビン→スピネル転移およびその逆反応のスピネル→オリビン転移を詳しく調べ、そのカイネティクスとメカニズムに関して詳しい研究を行った。談話会ではこの研究の詳細と、その結果の地球物理学的な応用に関して話を聞いていただく予定である。

物性研ニュース

東京大学物性研究所客員部門教授・助教授の公募

本研究所客員部門において下記のとおり教授（併任）・助教授（併任）の公募をいたします。

1 公募人員

研究分野 A : 教授 1 名

研究分野 B : 教授または助教授 1 名

研究分野 C : 助教授 1 名

研究分野 D : 助教授 1 名

研究分野 E : 教授または助教授 1 名

研究分野 F : 教授または助教授 1 名

研究分野 G : 助教授 1 名

研究分野 H : 助教授 1 名

2 期 間

A～D 昭和64年 4月 1 日～昭和64年 9月 30日までの半年間

E～H 昭和64年10月 1 日～昭和65年 3月 31日までの半年間

3 研究分野

A : 極限物性部門超強磁場グループと協力して、超強磁場下の物性研究を行う。

B : SOR グループと協力して、軌道放射物性研究計画におけるスピン偏極光電子分光測定系の整備とそれを用いた物性研究を推進する。

C : 中性子回折物性部門グループと協力して、日本原子力研究所 JRR - 3 原子炉に設置する中性子散乱装置の設計・建設に携わる。

D : 凝縮系物性部門新物質開発グループと協力して、強い電子相関に関連した物性を示す物質系の合成・構造・性質について研究を行う。

E : 極限物性部門極限レーザーグループと協力して、X線レーザーや超高励起状態の理論的研究を行う。

F : 極限物性部門超低温物性グループと協力して、超低温における量子凝縮相の研究を推進する。

G : 極限物性部門超高压グループと協力して、超高压低温下の物性研究を推進する。

H : 物性理論。

4 研究条件

(1) 研究室の提供、その他可能な範囲で研究上の便宜を計る。応募に際しては、物性研究所所員と

あらかじめ連絡をとること。

- (2) 研究費及び本研究所との間の往復の旅費、滞在費が支給される。
- (3) なるべく多くの時間を本研究所における研究活動にあてることを希望する。

5 公募締切

昭和64年1月9日(月)(必着)

6 提出書類

(1) 推薦の場合

- 推薦書(本人の本研究所における研究計画に関する記述を含む)
- 履歴書
- 業績リスト(必ずタイプすること)ほか出来れば主要論文の別刷

(2) 応募の場合

- 履歴書
- 業績リスト(必ずタイプすること)ほか出来れば主要論文の別刷
- 所属の長などによる本人についての意見書(宛先へ直送のこと)
- 研究計画書(本研究所滞在可能期間の推定を含む)

7 宛先及び問合せ先

〒106 東京都港区六本木7丁目22番1号

東京大学物性研究所 総務課 人事掛

電話 03(478) 6811 内線5004・5022

8 注意事項

客員の応募分野を明記し、教授又は助教授応募書類在中、或いは意見書在中の旨を表記し、書留郵便で送付すること。

9 選考方法

東京大学物性研究所人事選考協議会での審議に基づき、物性研究所教授会で決定する。

昭和63年8月20日

東京大学物性研究所長

守 谷 亨

東京大学物性研究所の助手公募の通知

下記により助手の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

(1) 研究室名及び公募人員数

理論部門 甲元研究室 助手 1名

(2) 研究分野

物性理論。統計物理学。

(3) 資 格

修士課程終了、又はこれと同等以上の能力を持つ人。

(4) 任 期

5年以内を原則とする。

(5) 公募締切

昭和63年11月30日（水）（必着）

(6) 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

(7) 提出書類

(イ) 推薦の場合

推薦書（健康に関する所見を含む）

履歴書（略歴で結構ですが、学位名・単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと）

主要業績リスト（必ずタイプすること）、ほかに主な論文の別刷

(ロ) 応募の場合

履歴書（学位名・単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと）

業績リスト（必ずタイプすること）、及び主な論文の別刷

所属の長又は指導教授等の本人についての意見書（宛先へ直送のこと）

(8) 宛 先

〒 106 東京都港区六本木 7 丁目22番 1号

東京大学物性研究所 総務課人事掛

電話 03 (478) 6811 内線 5004, 5022

(9) 注意事項

理論部門 甲元研究室助手応募書類在中、又は意見書在中の旨を表記し、書留で郵送のこと。

(10) 選考方法

東京大学物性研究所教授会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

昭和63年 8月15日

東京大学物性研究所長

守 谷 亨

1989年度日米協力事業「中性子散乱」研究計画の公募

標記の研究計画を、下記の要領で公募します。応募された研究計画は、研究計画委員会において審議の上、日米合同研究委員会で協議し決定されます。採否の決定は1989年1月以降になる見込みです。またこの協力研究は、米国の高中性子束炉を利用するもので、国内の施設（原研原子炉、京大原子炉、高エ研ブースター利用施設等）の利用で行いうる研究は除きますので御留意下さい。

記

1. 応募資格 :

全国国公私立大学、研究所所属の研究者（含大学院生）

2. 提案様式 :

所定の提案書（用紙は提出先に請求して下さい）とコピー2部

3. 提案書送付先

〒106 東京都港区六本木7丁目22番1号

東京大学物性研究所 山田 安定

4. 応募締切

1988年10月31日（月）

5. 参考説明

(1) 採択された研究計画で派遣される人数は、オークリッジ国立研究所（ORNL）3～4名、ブルックヘavan国立研究所（BNL）6～8名程度となる見込みです。派遣期間は1～3ヶ月程度です。

(2) 本計画にできるだけ柔軟性、即応性を持たせるため、BNL実施計画のうち、1990年1月以降に実施を計画する分については、追加応募を受けます。追加分の締切は1989年3月25日（土）とします。

(3) この協力研究の実施方法について不明の点は、研究委員会委員長、各担当幹事、最寄りの委員にお問合せ下さい。また各施設に関しても上記の委員にお問い合わせ下さい。

(4) 研究計画委員会の本年度の委員は次の9名です。

山田安定（東大物性研・委員長）、遠藤康夫（東北大理・BNL担当幹事）、中井 裕（阪大理 ORNL 担当幹事）、船橋 達（原研）、伊藤雄而（東大物性研）、好村滋洋（広島大総合科）、斯波弘行（東大物性研）、山口康男（東北大金研）、若林信義（慶應大）。)

日米協力事業「中性子散乱」

研究計画委員会委員長

山 田 安 定

人 事 異 動

所 属	職・氏 名	発令年月日	異動内容
理 論 部 門	助教授 甲 元 真 人	63. 7. 1	採用
附 屬 軌 道 放 射 物 性 研 究 施 設	技 官 渡 邊 香 史	63. 7. 31	死亡

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A

- No. 1961 Magnetization Measurements in Ultra-High Magnetic Fields Produced by a Single Turn Coil System. by S. Takeyama, K. Amaya, T. Nakagawa, M. Ishizuka, K. Nakao, T. Sakakibara, T. Goto, N. Miura, Y. Ajiro and H. Kikuchi.
- No. 1962 Field-Dependent Phenomena in Reentrant-Spin-Glass: $\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_3$ with $x = 0.60, 0.65$ and 0.75 . by Hiroko Aruga, Atsuko Ito, Hidehiko Wakabayashi and Tsuneaki Goto.
- No. 1963 Annealing Behavior of Twin Domains in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ Crystals. by Tsutomu Sawada, Humihiko Takei, Shunji Takekawa, Kenji Kitamura, Sigeyuki Kimura and Nobuo Iyi.
- No. 1964 Chaotic Conductivity Oscillation in n-Type Si in High Magnetic Fields. by Kohji Yamada, Noboru Miura and Chihiro Hamaguchi.
- No. 1965 Preparation and Susceptibility Study of Al-Si-Mn-Transition Element Quarternary Quasicrystals. by Kaoru Kimura, Hirotaka Yamane, Shin Takeuchi, Keiichi Koga, Tadashi Shimizu and Hiroshi Yasuoka.
- No. 1966 Nuclear Spin-Lattice Relaxation in Metallic Ferro- and Antiferromagnets. by Kazuyoshi Yoshimura, Yoshihiro Yoshimoto, Masahiko Yamada, Mamoru Mekata, Kazuaki Fukamichi and Hiroshi Yasuoka.
- No. 1967 Proton NMR in Degraded Power of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. by Hironori Nishihara, Nobuhiko Nishida, Toshiro Takabatake, Kohji Kishio, Akira Ohtomo, Koya Hayashi, Masayasu Ishikawa, Yasuhiro Nakazawa, Kei-ichi Koga, Tsuyoshi Tamegai and Koichi Kitazawa.

- No. 1968 Time-Resolved Optically Detected Magnetic Resonance Experiment on Conduction Band Tail Electrons and A Centres in Hydrogenated Amorphous Silicon. by Hisashi Takenaka, Chisato Ogihara and Kazuo Morigaki.
- No. 1969 Some Aspects of Strongly Correlated Electronic Systems -Variational Monte-Carlo Studies-. by Hiroyuki Shiba.
- No. 1970 An UPS Study of Liquid and Solid Bismuth Using Synchrotron Radiation. by Akito Kakizaki, Michio Niwano, Hiroshi Yamakawa, Kazuo Soda, Shoji Suzuki, Hidenao Sugawara, Hiroo Kato, Tsuneaki Miyahara and Takehiko Ishii.
- No. 1971 Competition between Antiferromagnetism and RVB under Doping. by Pascal Lederer and Yoshinori Takahashi.
- No. 1972 Electron-Hole Recombination in a-Si:H/a-Si_{1-x}N_x:H Superlattices as Elucidated by Time-Resolved Luminescence and Optically Detected Magnetic Resonance Measurements. by Chisato Ogihara and Kazuo Morigaki.
- No. 1973 Spin-Flip Transition of YIG Observed in Megagauss Fields. by T. Goto, K. Nakao and N. Miura.
- No. 1974 Valence Change in Yb Intermetallics Induced by Temperature and Magnetic Field. by K. Yoshimura, T. Nitta, M. Mekata, T. Shimizu, T. Sakakibara, T. Goto and G. Kido.
- No. 1975 Pressure Effect on the Magnetic Properties of Fe-La Amorphous Alloys. by T. Goto, C. Murayama, N. Mori and H. Wakabayashi.
- No. 1976 Technique for Contactless Transport Measurement in Very High

Magnetic Field … A Challenge to Determine $H_{c2}(0)$ of High- T_c Superconductors in the Megagauss Range. by T. Sakakibara, T. Goto and N. Miura.

- No. 1977 Study of Narrow Band Noise and Mode Locking on the Classical Model of Deformable Charge-Density Waves. by Hiroshi Matsukawa.
- No. 1978 Classical Model of Deformable Charge-Density Waves versus Experiment: Narrow Band Noise and Mode Locking. by Hiroshi Matsukawa.
- No. 1979 Production of Ultra-High Magnetic Fields and Their Application to Solid State Physics. by Noboru Miura, Tsuneaki Goto, Koichi Nakao, Shojiro Takeyama, Toshiro Sakakibara, Takeshi Haruyama and Takashi Kikuchi.
- No. 1980 ^7Li NMR in the Superconducting $\text{Li}_{1+x}\text{Ti}_{2-x}\text{O}_4$ Spinel Compounds. by Masayuki Itoh, Yasuaki Hasegawa, Hiroshi Yasuoka, Yutaka Ueda and Koji Kosuge.
- No. 1981 Theory of the Alkali-Metal Chemisorption on Metal Surfaces. by Hiroshi Ishida.
- No. 1982 Magnetization Measurements in Very High Pulsed Fields Produced by a Single Turn Coil System. by K. Amaya, S. Takeyame, T. Nakagawa, M. Ishizuka, K. Nakao, T. Sakakibara, T. Goto, N. Miura, Y. Ajiro and H. Kikuchi.
- No. 1983 Megagauss Laboratory in Tokyo. by Noboru Miura, Tsuneaki Goto, Koichi Nakao, Shojiro Takeyama, Toshiro Sakakibara, Takeshi Haruyama, Sakae Todo and Takashi Kikuchi.
- No. 1984 RVB State and Superconductivity. by Hidetoshi Fukuyama.

- No. 1985 Theory of Fragmentation of Metal Clusters. by Satoru Sugano,
Akira Tamura and Yasushi Ishii.
- No. 1986 Spin-Flip Transition of $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ in Ultra-High Magnetic Fields up to
350T. by Koichi Nakao, Tsuneaki Goto and Noboru Miura.
- No. 1987 Free Carrier Effects on the Magneto-Optical Spectra of Excitons and
Landau Levels in n-Type Modulation-Doped GaAs-AlGaAs Multi-
Quantum Wells. by Noboru Miura, Joo-Sin Lee and Tsuneya Ando.
- No. 1988 Magnetic Measurements of High-Tc Superconductors in Megagauss
Fields. by Koichi Nakao, Noboru Miura, Kiyoshi Tatsuhara, Shinichi
Uchida, Hidenori Takagi, Takahiro Wada, Shoji Tanaka, Hiroyuki
Takeya and Fumihiko Takei.
- No. 1989 Observation of Nuclear Resonance of Cu in Antiferromagnetic
 $\text{La}_2\text{CuO}_{4.8}$ and CuO. by Toshinobu Tsuda, Tadashi Shimizu, Hiroshi
Yasuoka, Kohji Kishio and Koichi Kitazawa.
- No. 1990 On the Valence Band Photoemission of High T_c Superconductors. by
Yoshinori Takahashi.
- No. 1991 On the Hall Effect in Strongly Correlated Systems. by Yasumasa
Hasegawa and Hidetoshi Fukuyama.
- No. 1992 Finite-Temperature Band Theory of Surfaces and Interfaces of
Transition Metals. by Hideo Hasegawa and Frank Herman.
- No. 1993 Recombination Processes and Nature of the Tail and Gap States in
a-Si:H and a-Si:H/a-SiN_x:H Multilayers. by Kazuo Morigaki.
- No. 1994 Contactless Transport Measurement of Metals in Pulsed High Magnetic

Fields. by Toshiro Sakakibara, Tsuneaki Goto and Noboru Miura.

- No. 1995 Superconducting and Magnetic Properties of Oxygen-Vacancy Ortho-II Phase of $\text{Ba}_2\text{YC}_{\text{u}3}\text{O}_{6.5}$. by T. Takabatake, M. Ishikawa, Y. Nakazawa and K. Koga.
- No. 1996 Recent Topics at the Megagauss Laboratory in Tokyo. by Noboru Miura.
- No. 1997 Numerical Studies of the Ground State of Strongly Correlated Electron Systems. by Hiroyuki Shiba and Masao Ogata.
- No. 1998 NMR and NQR Studies in High-T_c Oxides: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$, ($6.0 \leq y \leq 6.91$). by Hiroshi Yasuoka, Tadashi Shimizu, Takashi Imai, Susumu Sasaki, Yutaka Ueda and Koji Kosuge.
- No. 1999 Cu Nuclear Relaxation in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.52}$ ($T_c^{\text{onset}} = 60\text{K}$) – A Possible Evidence of s-Wave Pairing. by Takashi Imai, Hiroshi Yasuoka, Tadashi Shimizu, Yutaka Ueda and Koji Kosuge.
- No. 2000 The Effect of Hydrogen Plasma on the Properties of a-Si:H/a-Si_{1-x}N_x:H Superlattices. by Masaaki Yamaguchi, Kikuo Yatabe, Hiroshi Ohta and Kazuo Morigaki.

訂 正

前号（第28巻、第2号）の短期研究会報告「新しい波長可変レーザーと非線型光学材料の生成とその応用の研究」のうち世話人名に誤りがありました。慎んで下記のように訂正します。

表紙（目次）， p. 17, p. 20

世話人	東大物性研	松 岡 正 浩
	大阪市大工	大 倉 熙
	阪大理	櫛 田 孝 司
	東大物性研	黒 田 寛 人
	京大理	中 井 祥 夫
	東大物性研	矢 島 達 夫

(以上)

編 集 後 記

本号では、二つの報告を特集として組みました。第一は、「物性研究における大型施設の将来計画」で、第二は「物性物理における基礎研究」です。両者共に長大であり読み了するのに時間がかかるかと思います。しかし、これらの報告は共に物性研究所及び個々の物性研究者の将来にとり重要なものであります。

なお、次号の締切りは10月10日です。

齋 藤 軍 治

山 田 安 定

