

物性研だより

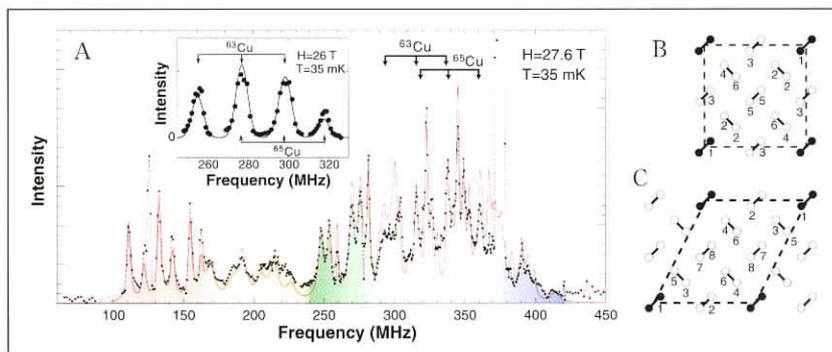
第42巻
第4号

2002年11月

目次

- 1 2次元直交ダイマースピン系における磁化プラトーと磁気超構造
..... 瀧川 仁、樹神克明
- 物性研究所ISSPワークショップ報告
- 7 ○VUX・SX高輝度光源における原子分子科学・生命科学の展望
- 27 ○ソフトマター中性子散乱研究の将来計画
- 45 物性研究所談話会
- 物性研ニュース
- 47 ○人事異動
- 48 ○平成14年度後期短期研究会一覧
- 49 ○平成14年度後期外来研究員一覧
- 59 ○平成14年度後期スーパーコンピュータ共同利用採択課題一覧
- 61 ○平成15年度前期共同利用の公募について
- 74 ○平成14年度外部資金の受入れについて

編集後記



A : 35 mKにおけるCu原子核のNMRスペクトル。挿入図はプラトー手前の26 T、メイン・パネルは1/8プラトーに対応する27.6 Tにおけるスペクトルを、それぞれ示す。

東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

2次元直交ダイマースピン系における磁化プラトーと磁気超構造

新物質科学研究部門 瀧川 仁、樹神 克明

1. はじめに

最近の量子スピン系の分野では、低温の磁化がある磁場範囲で一定値を示す、「磁化プラトー」と呼ばれる現象が興味を呼んでいる。この現象自体は格別新しいものではなく、イジング性の強い反強磁性体などでも以前から知られているが、最近の興味の対象となっているのは、スピンを古典的なベクトルとして考えた反強磁性体の描像では説明できない、量子スピン系、特にシングレット基底状態を持つ低次元系に特有の現象である[1]。

例えば図 1A のような、3 種類の交換相互作用を持ったジグザグ・スピン鎖を考える。 J_1 が他の交換相互作用より十分大きければ、ゼロ磁場での基底状態はシングレット・ダイマーの集まりとみなされるであろう。系の低エネルギー励起状態は、どれか 1 つのダイマーがトリプレットになった状態である。このトリプレットは、ダイマー間にも交換相互作用 (J_2 , J_3) が働くため一般に結晶中を伝播するマグノンとなり、固有モードは特定の波数を持つブロッホ状態で記述される。マグノンのエネルギー分散はある波数で最小値を示し、その値がスピン・ギャップである。

このような系に磁場をかけると、トリプレット・マグノンのゼーマン分裂により、磁場方向に偏極した成分のエネルギーが減少し (図 1B)、あるしきい磁場でスピン・ギャップがゼロとなったところで有限の磁化が発生する (図 1C)。このとき、マグノンのボーズ・アインシュタイン凝縮が起こっていると考えられる[2]。磁化、すなわちマグノンの密度が小さいうちは、励起スペクトルはギャップレスで磁化は磁場と共に単調に増加するが、磁場を強くしていくと、飽和磁化の 1/2、1/3、1/4 といった分数に相当するところで、磁化が磁場に依存せず一定値を取る現象 (磁化プラトー) がいろいろな物

質で見出されている (図 1C) [1]。これはこの領域で磁気励起に再びギャップが生じている事を示しており、電子系とのアナロジーでいえば、マグノンの密度が格子とコメンシユレートになった時に、マグノン間の相互作用 (反発力) により、マグノン系が金属からモット絶縁体に転移したと考えることができる。

押川らは磁化プラトーが出現する必要条件を議論しているが[3]、それによると 1/2 のスピンからなるジグザグ鎖が 1/2 磁化プラトーを示す場合、もともとの格子の並進対称性を破る磁気超構造 (例えば図 1A に示したような) が発生しているはずである。これは電子系の電荷秩序に対応する状態で、このような超構造を実験的に解明し、プラトー状態への量子相転移のダイナミクスを調べることは大変興味あるテーマである。本稿では、擬 2次元スピン系 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の 1/8 磁化プラトーの磁気超構造を NMR によって観測した最近の実験結果[4]を紹介する。

2. 直交ダイマースピン系 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$

$\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ については、4 年ほど前に物性研の陰山氏らによってスピンギャップを伴うシングレット基底状態を持つこと、2 次元スピン系としてはおそらく初めての磁化プラトーを示すことが発見されて以来、同氏を中心に精力的な研究が行われてきた[5]。この物質は、図 2A に示すような CuBO_3 磁性層 (厳密には同一平面上にはない) が、Sr 層を挟んで c 軸方向に 90 度ずつ回転しながら重なった構造を持つ。このうちスピン 1/2 を持つ銅イオンだけを取り出してみると、2 個の対 (ダイマー) を作り、隣り合うダイマーが直交しながら正方格子上に並んでいる。したがってこの物質のモデルとしては、図 2B に示したようなダイマー内相互作用 J と最近接ダイマー間相互作用 J' を含むハイゼンベルグモデルが第一近似として適当である。

実はこのスピンモデルは $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ が研究されるより 20 年近くも前に、Shastry と Sutherland によって提案されていた[6]。 J , J' がともに反強磁性的であるとすると、この系は、 J が J' より十分大きいときは単なるシングレット・ダイマーの集まりと同等になる。一方、逆の極限 $J/J' \gg 1$ で図 2B の点線だけをたどれば、正方格子上のハイゼンベルグモデルに等価であり、基底状態は反強磁性秩序を持つ。すなわち、このモデルは J/J' を変えることにより、シングレット状態から反強磁性状態への量子相転移を実現している。

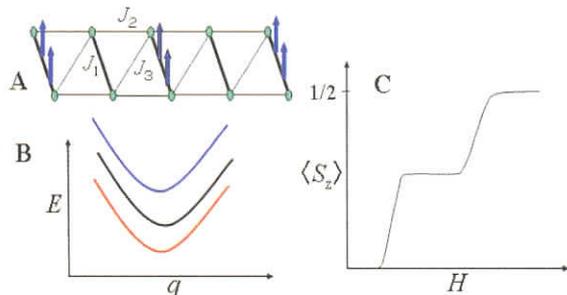


図 1. A: シングレット基底状態をもつジグザグ・スピン鎖, B: トリプレット励起状態の分散と磁場によるゼーマン分裂, C: 磁化プラトーの例。スピン 1/2 の系の 1/2 プラトーを実現する超構造の例が A に示されている。

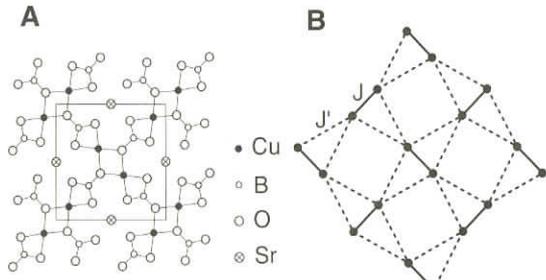


図2. A: c 面に投影した $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の結晶構造、B: Shastry-Sutherland スピンモデル。

宮原と上田はこのモデルについて2つの著しい特徴を見出した[7]。その1つは、 J'/J が0.7に近いある値より小さいときには、ダイマー・シングレットの単純な積で表される状態が厳密な基底状態になっていることである。実際、ダイマー・シングレットの積にダイマー間相互作用を作用させた結果が恒等的にゼロになることが、容易に分かる。宮原らは J'/J を変化させた時に、ダイマー・シングレット相から反強磁性相への1次相転移が起こると結論したが、その後、古賀と川上は両者の間にもう1つ別のプラケット・シングレット相が存在すると提唱しており[8]、この問題はまだ解決していない。第2は、励起状態であるトリプレット・マグノンの運動エネルギーが非常に小さいことである。前節で述べたようにシングレット・スピン系のトリプレット励起状態は、一般に交換相互作用によって結晶中を動き回り、ダイマー間相互作用と同程度の大きさのマグノン・バンド幅が生じるが、Shastry-Sutherland モデルの場合、幾何学的特殊性により J の低次の過程の中にトリプレットがダイマー間を飛び移るプロセスが存在しないことが分かった[7]。(実は J の6次の摂動で初めてこのようなプロセスが可能になる。) したがって J'/J がそれほど小さくなくとも、マグノンのバンド幅は非常に小さく局在しやすい性格を持つ。

$\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ に対する磁化率や比熱の測定から、この物質がシングレット基底状態を持つことが確定し[5]、更に ESR[9] や中性子散乱[10]の実験によりトリプレット励起が直接観測され、エネルギーギャップが3.0 meVと求められた。更に最近の Cu-NMR の結果[11]は、ダイマー内の2つのスピン間の相関のみが強く、実際にダイマー・シングレット状態が実現していることを示している。また、中性子非弾性散乱によって、Shastry-Sutherlandモデルの予想通り、殆ど波数依存性のないフラットな分散関係を持つ1マグノン励起エネルギーが観測された[10]。Shastry-Sutherland モデルで $J=85$ K、 $J'=54$ K と取ると、磁化率や比熱の温度依存性をよく説明できる。

この物質が大きな注目を集めたのは図3に示した磁化プラトーの出現による[5, 12]。現在までに飽和磁化の、1/8、1/4、1/3 において磁化プラトーが見出されており、明らかにもとの格子の並進対称性を破るスピン超格子の形成が示唆されて

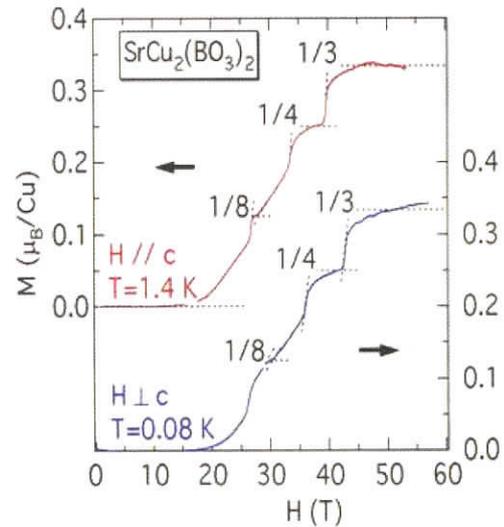


図3. $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の磁化プラトー[12]。

いる。トリプレットの運動エネルギーが極端に小さいことが、1/8 というような周期性の大きな(大きな単位胞を持つ)超格子の出現を可能にしているものと考えられる。大きな単位胞を持つスピン超構造の形成は、電子系におけるウィグナー結晶にも対比すべきもので、その磁気構造や相転移のダイナミクスは興味深い問題である。

しかし27 テスラ (T) 以上という、通常の実験室では得られない強磁場が必要なことが災いして、最近までプラトー状態に関係する実験は、パルス磁場を用いた磁化[12]、ESR[9]、弾性常数[13]などの測定に限られていた。プラトー状態のスピン構造を決めるには中性子回折か核磁気共鳴 (NMR) が有力である。中性子回折はモデルに依存しない解答を与えてくれるが、このような強磁場中ではまだ実現不可能である。我々は NMR を用いてプラトーにおけるスピン状態を探ることを計画した。NMR 実験に十分な安定度と均一度を備えた定常強磁場を発生し、固体の NMR 研究で実績を上げている施設の中で、フランスのグルノーブル強磁場実験施設と共同実験を行うことにした。グルノーブルの NMR グループを率いる Claude Berthier、Mladen Horvatic 両氏は筆者の1人とは旧知の間柄で、スピン・パイエルズ物質 CuGeO_3 の研究で最近優れた成果を挙げており、このテーマに関しては最適なパートナーである。

3. グルノーブル強磁場施設

これまで、筆者らは計3回(2000年6月、2001年5月、2001年10月)グルノーブルに赴き、それぞれ約10日間のマシナタイムを得て実験を行ってきた。Grenoble High Magnetic Field Laboratory (GHMFL) はフランスの CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) とドイツの MPI (Max-Planck-Institut Für Festkörperforschung) により共同で運営されており、有名な中性子施設の ILL や放射光施設の ESRF と同じ、2つの川に挟まれた中州地帯にあ

る Polygone Scientifique Louis Néel という広大な研究所複合施設の中にある。中心となる設備はビッター型の電磁石で、現在、24 T 発生可能な 10MW(メガワット)の装置が 5 台と 28 T 発生可能な、20MW の装置が 2 台稼動している。いずれも 50mm のボア直径を持ち、トップローディング希釈冷凍機を挿入することが可能である。ただし施設全体の電源総容量が 20MW なので、10MW の電磁石は 2 台同時に運転できるが、20MW の電磁石は 1 台しか運転できない。通常は 1 日を 3 シフトに分け、そのうち 1~2 シフトが 20MW 用に割り当てられている。20MW の方が実験に関わる人数が少ないという理由で、深夜(10pm~5 am)の時間帯にまわされることが多く、こちらとしては少々しんどかった。

20MW の電磁石の写真を図 4 に示す。冷却水用の巨大なパイプが蛸の足のように巡らされており、全体の高さは 3 メートルほどである。電磁石本体は地下に設置され、冷凍機(クライオスタット)や測定器はその上にある 1 階の実験室にセットされている。磁場の均一度や安定度は、NMR 専用の超伝導磁石とはもちろん比較にならないが、2mm 角の大きさの試料に対しては 50ppm の均一度と、これを上回る短時間の電源安定度が得られ、当初の我々の予想を超えた快適な実験環境で 28 T の最高磁場を維持しながら測定を続けることができた。技術的なサポートも大変行き届いており、特に Peter Van der Linden という優秀な低温技術者は冷凍機の立ち上げから温度コントロールプログラムの作成に至るまで、我々の要望に素早く応えてくれた。

我々が実験を行っていた時期には、同じ建物の中で 40 T のハイブリッド・マグネットが建設中であったが、来年前半には試験運転が予定されている。ちなみにドイツ(Max Planck)は近々強磁場施設の運営から撤退することを表明しており、フランスはヨーロッパ内に新たなパートナーを探しているところである。ヨーロッパの中での強磁場施設の競争もなかなか厳しく、40 T ハイブリッドが成功するかどうかで GHMFL の命運が決まるであろうという意見を耳にした。



図 4. グルノーブル強磁場施設の20MWビッター型電磁石。本体は地下1階に設置され、冷凍機(クライオスタット)や測定器はすぐ上1階の実験室にセットされている。

4. 1/8 磁化プラトー状態における Cu NMR スペクトル

だいぶ前置きが長くなってしまったが、これから実験結果を紹介しよう。Cu のスピン磁気モーメントは、同一サイトおよび近くのサイトの原子核に対し、そのスピン偏極に比例した超微細磁場を与える。磁化が空間的に一様であれば全ての原子核は同じ超微細磁場を感じるが、プラトー状態において超構造が出現すれば、超微細磁場の異なる複数の非等価なサイトが現われることが期待される。われわれは 35 mK の低温で *c* 軸方向の磁場を変えながら Cu-NMR スペクトルを測定したところ、実際に 1/8 プラトー対応する磁場でスペクトルの劇的な変化を観測した[4]。

図 5A に Cu 原子核の NMR スペクトルを示す。挿入図には、プラトーの少し手前の 26 T におけるスペクトル、メイン・パネルにはプラトー状態に対応する 27.6 T でのスペクトルがそれぞれ示されている。Cu の原子核には 2 種類の同位体 (^{65}Cu および ^{63}Cu) があり、それぞれの共鳴線が結晶中では電気四重極相互作用によって 3 本に分裂する。従ってある超微細磁場を持った 1 種類の Cu サイトからは、6 本の NMR 共鳴線が生じる。SrCu₂(BO₃)₂ における四重極分裂の大きさは低磁場での測定から分かっているため、超微細磁場の値が与えられれば、6 本の共鳴線の周波数は一意的に決まる。実際に、26 T では -1.79 T を中心として半値幅 0.59 T のガウシアン分布を持った超微細磁場を仮定すると、挿入図の実線で示したように実験結果をよく再現する。やはり低磁場での測定から、1/2 の Cu スピンが *c* 軸方向に完全に偏極すると、-27.1 T の超微細磁場が生じることが分かっている。したがって、26 T においては多少の不均一性はあるものの、各 Cu スピンは平均して $\langle S_z \rangle = 0.033$ の一様な磁化を担っている、すなわちトリプレットはいわば金属状態にあると結論できる。

ところが、27.6 T では非常にたくさんのシャープな共鳴線が現われ、超微細磁場の異なる多種類の Cu サイトが出現している。したがって何らかの磁気超格子が形成されたことが明らかである。蛇足ながら、筆者の長年にわたる NMR の経験の中でも、このような広い周波数範囲にわたって多数のシャープなピークが林立するスペクトルを観測したのは初めてである。今のハイテクの時代でも、このようなスペクトルのデータ取得を自動化するのは困難で、一点ごとにプローブの周波数同調を取りながら信号積算を繰り返し、この 1 つのスペクトルを完成するのに凡そ一週間で費やした。

このスペクトルは一見複雑に見えるが、いくつかの重要な特徴がはっきりと見て取れる。まず 110~160MHz の赤で示した周波数帯には 6 本のシャープなラインがあり、これらは $\langle S_z \rangle = 0.30$ に相当する 1 種類の超微細磁場で説明できる。また 165~230MHz の黄色で示した周波数帯にはブロードな 6 本のラインがあり、これらもやはり $\langle S_z \rangle = 0.20$ に相当する 1 種類のサイトに帰属できる。従って磁場方向に大きく偏極したサイトが 2 種類存在する。超微細磁場ゼロに対応する

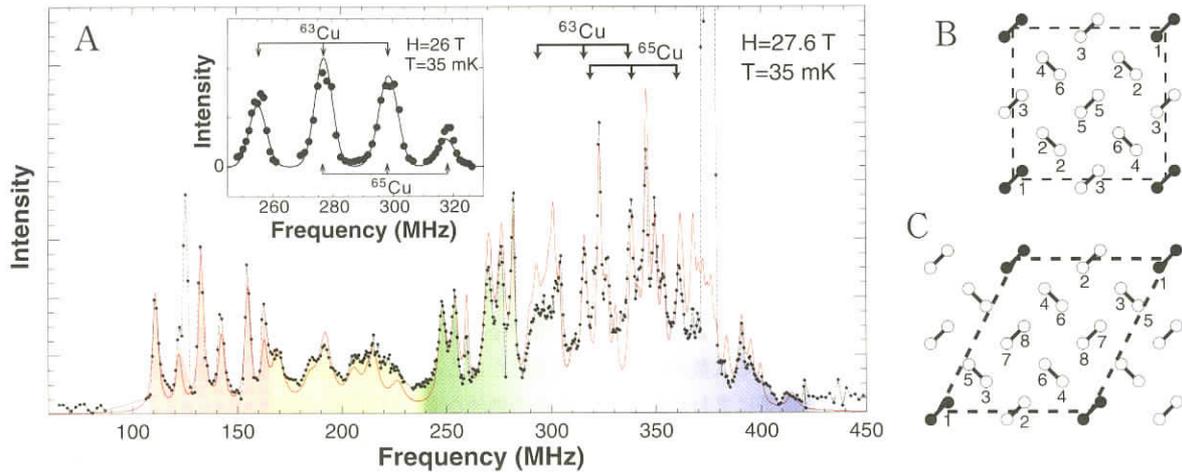


図5. A: 35 mKにおけるCu原子核のNMRスペクトル。挿入図はプラトー手前の26 T、メイン・パネルは1/8プラトーに対応する27.6 Tにおけるスペクトルを、それぞれ示す。挿入図中の矢印は超微細磁場1.79 Tに対応する共鳴線の位置を表す。メインパネル中の矢印は超微細磁場ゼロの場合の共鳴線の位置を、赤線は本文中に述べたフィットの結果を示す[4]。B、C: 1/8プラトー状態における可能な超格子の例。番号は非等価なCuサイトを区別している。これらはハードコアボゾン・モデルの古典的解析の結果得られたトリプレット（黒丸）の安定な配置に対応する[14]。

共鳴線の位置が図の矢印で示されているが、これより高周波側にある青で示した領域の信号は、正の超微細磁場、すなわち磁場と反対向きにスピン偏極したサイトから来ている。このことから、超格子単位胞の中で磁化が振動していることが分かる。

スペクトル全体を再現するために、1つのサイトに対して適当なローレンツ分布幅を持った超微細磁場を仮定してNMRスペクトルを計算し、すべてのピークを再現するまでそれらを足し合わせていった。すると、少なくとも11種類のサイトが存在することが明らかになった。11種類のサイトを仮定したフィッティングの例を図5Aに赤線で示す。またこのフィッティングに対応する超微細磁場のヒストグラムを図6Bの中央部に赤で示す。ここで、1/8プラトー状態の単位胞は8ダイマー、すなわち16スピンを含むと考えられるので、各サイトの数は全体の1/8または1/16に選んである。実際、この制限をはずしてもフィッティングの質はあまり向上しなかった。スペクトルを見ると、実験データとフィットの間で強度がやや一致しないところがあるが、実験で観測されたピーク位置は全て再現されている。(このような広い周波数にわたってNMR検出系の感度を精度よくキャリブレーションするのは難しく、全領域に渡っての縦軸(強度)の精度は2割程度と考えられる。)またフィットの結果得られた超微細磁場の平均値から磁化を計算すると $\langle S_z \rangle = 0.063$ となり、1/8磁化と完全に一致する。

11種類以上の異なったサイトが存在するという実験結果から、実は超格子の単位胞の形がユニークに決まってしまう。単位胞が8個のダイマーを含む超格子の例を図5B,Cに示す。これらは、1/8磁化における安定なトリプレット配置として宮原らによって提案された超格子である[14]。この理論は、個々のトリプレットが1つのダイマーに完全に局在している

と仮定して、トリプレット間の相互作用を計算した結果に基づいているので、振動磁化を示すNMRの実験結果とは相容れない。しかし非等価なCuサイトの数は、磁化の分布には関係なく超格子の対称性だけで決まる。図5Bの正方格子の場合、非等価なサイトが1つの面内で6個あることが分かる。c軸方向の重なりかたによって、非等価なサイト数は更に増えるが、最大8サイトにしかならないので、明らかに実験結果を説明することができない。一方、菱形単位胞の場合は、1層内で8個の非等価なサイトがあり、c軸方向への重なり方によっては、最大16種類の非等価なサイトが生じ得るので、実験とコンシステントである。1層当たり16スピンを含む可能な超格子単位胞を全て検討した結果、実験結果と矛盾しないのはこの菱形セルだけであることが確認できた。従って、超格子の波数はこのセルに対応する $k = (\pi/a, \pi/2a)$ にユニークに決まる。

残念ながら、NMRの実験結果からは、単位胞内のスピン偏極の空間的な配置を決めることはできない。そこでスイス・ローザンヌ大学の宮原、Mila、Beccaは、Shastry-Sutherlandスピンモデルに基づき、16スピンの菱形クラスターに周期的境界条件を適用し、平均磁化が1/8であるという条件下で厳密対角化の計算を行った。その結果、図6Aに示すようなスピン構造が得られた[4]。円のサイズは磁化の大きさを表し、赤(青)は磁場と同じ向きに(反対向きに)偏極したスピンを示している。この結果から得られる超微細磁場のヒストグラムを図6Bに黒で示し、赤で示した実験結果と比較してある。計算で求められたスピン構造は実験で得られた超微細磁場の分布の特徴を半定量的によく再現している。

スピン磁化の分布をよく見ると、もっとも磁化の大きい(赤色の)トリプレットダイマーの周りで磁化が振動しながら異方的に減衰していく様子が見て取れる。考えてみれば、ひと

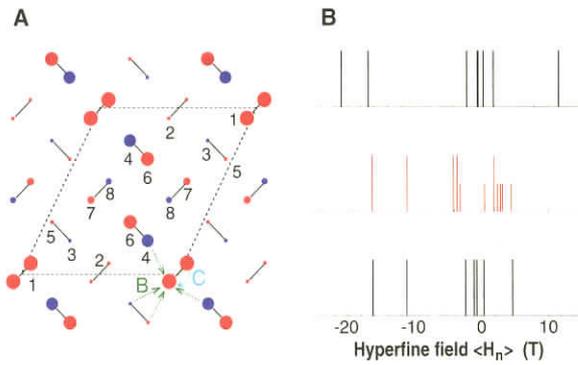


図6. A: 厳密対角化により得られた1/8磁化プラトーにおけるスピン構造。赤(青)丸は磁場と同じ(反対)向きに偏極したスピンを示し、丸の大きさはスピン磁化の大きさを表す。B: 中央は実験データを再現するフィッティング(図5A)から得られた超微細磁場のヒストグラム。長い線は全体の1/8を占めるサイトを表し、短い線は1/16を占めるサイトを表す。上図と下図はAの計算結果から得られた超微細磁場のヒストグラム。上図は同一サイト上のスピンの超微細磁場だけを仮定した結果を、下図は近くのサイトからの寄与(図AでB、Cと表されている寄与)も含めた結果を示す。

たびあるダイマーにトリプレットが誘起されれば、反強磁性的な相互作用を反映して隣のスピンは大きな負の分子場が働く。従って、磁化が振動することは直感的に理解できる。同様な振動磁化はスピン鎖、スピン・パイエルス系やスピン・ラダーなどの擬1次元スピン系や、2次元高温超電導体において、欠陥や非磁性不純物の周りにも誘起されることが知られており、ここ数年の間に多くの研究がなされている[14–18]。

5. 相転移の様相

以上のNMRスペクトルの解析から、1/8プラトーにおけるスピン構造が明らかになったが、プラトー状態への相転移はどのようにして起こるのであろうか。まずCu-NMRの周波数シフトから求めた磁化を図7Aにプロットする。1/8プラトーが現われるところで磁化に大きい不連続な飛びが見えている。1/8状態への相転移がどのように起こるかを調べるために、ホウ素核のNMRスペクトルの詳細な磁場変化を測定した。(Cu核と同様な観測をするには膨大な時間を必要とする。)

その結果を図7Bに示す。Cu-NMRの場合と同様、25.93 Tでは四重極分裂したシャープな3本の共鳴線が観測され、一様な磁化と矛盾しないが、27.82 Tでは超構造を示す数多くのピークを伴う複雑なスペクトルが得られた。その中間の磁場では、26.82 Tのスペクトルに示されているように、この2種類のスペクトルが共存している。2次の相転移であれば、共鳴線形が磁場と共に連続的に変わるはずである。しかし実際はそうではなく、一様磁化相、プラトー相のそれぞれに帰属するスペクトルは磁場によって変化しない。即ち、局所的には完全に発達した磁気超構造がいきなり現われる。ただし、

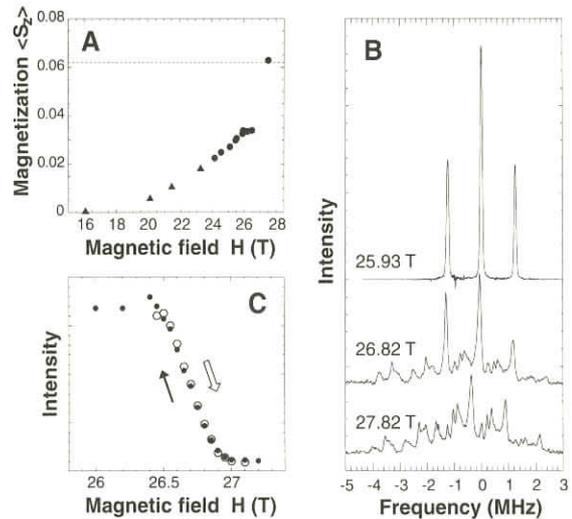


図7. A: Cu核のNMRシフトから求めた平均磁化の磁場依存性。点線は1/8磁化を示す。B: 転移磁場近傍でのホウ素核のNMRスペクトルの変化。C: 一様磁化相に属するスペクトル強度(四重極分裂した中央のライン)の磁場依存性。ほとんどヒステリシスはない。

何らかの不規則性によって転移磁場が試料中で分布しているために、それぞれの相の体積比率(それぞれのスペクトルの強度比)は、図7Cに示したように0.5 T程度の磁場範囲で連続的に変化する。この結果は磁化プラトー状態が1次転移で現われることを示している。

1/8プラトーのように大きな単位胞を持つ超構造は、トリプレット間の長距離相互作用によって安定化されると考えられるから、一次転移が起きていても不思議でないかもしれない。しかし、今の場合特に興味深いのは、一般的なランダウ理論の枠組みの中で、一次相転移が菱形セルの低対称性から帰結されることである。ランダウ理論はもともと有限温度の相転移を議論するための枠組みであるが、自由エネルギーの展開係数を磁場の関数と考えれば、磁場誘起相転移に対しても適用できるであろう。ランダウ理論で2次転移が起こるための条件として、自由エネルギー関数がオーダーパラメータの3次項を含まないこと(ランダウ条件)がよく知られている。オーダーパラメータがもとの格子の並進対称性を破るような転移の場合には、自由エネルギーは更に波数の関数となる。これが転移点において実際の超構造の波数において最小になること、即ち自由エネルギーをこの波数の周りで展開したときに1次項が消えること(リフシツ条件)が必要となる。この条件を満たすには、超構造の波数が Brillouin 帯の中で高対称性の点を占めていなければならないことが知られている[19]。今の場合、 $k = (\pi/a, \pi/2a)$ という波数はこの条件を満足していない。

この議論が正しければ、1/8プラトーを示す磁場において温度を上げていけば、やはり1次転移で超構造が“溶ける”はずである。実はグルノーブルでの最初の実験でホウ素核の

NMR を 1.5 K 以上で測定したが、超構造を示唆する結果は得られなかった。本当により低温で不連続な磁気転移があるのか、あるいは超構造が現われるときにスピン・ダイナミクスにも異常があるのか、更に 1/4 プラトーへの転移は異なった様相を呈すのか、まだ疑問は尽きないが、今後の実験によって一つ一つ明らかにしていきたい。

最後に共同研究者として貴重な貢献していただいた C. Brthier, M. Horvatic, 陰山洋, 上田寛, 宮原慎, F. Mila, F. Becca の諸氏に感謝いたします。

参考文献：

- [1] 押川正毅, 戸塚圭介, 山中雅則, 日本物理学会誌 **54** (1999) 814 ; 萩原政幸, 日本物理学会誌 **54** (1999) 209. ; W. Shiramura *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **67** (1998) 1548.
- [2] T. Nukui, M. Oshikawa, A. Oosawa, H. Tanaka, Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 5868.
- [3] M. Oshikawa, M. Yamanaka, and I. Affleck, Phys. Rev. Lett. **78** (1997) 1110 ; M. Oshikawa, Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 1535.
- [4] K. Kodama *et al.*, Science **298** (2002) 395.
- [5] H. Kageyama *et al.*, Phys. Rev. Lett. **82** (1999) 3168 ; 陰山洋, 宮原慎, 日本物理学会誌 **55** (2000) 786.
- [6] B. S. Shatry and B. Sutherland, Physica B **108** (1981)

1069.

- [7] S. Miyahara and K. Ueda, Phys. Rev. Lett. **82** (1999) 3417.
- [8] A. Koga and N. Kawakami, Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 4461.
- [9] H. Nojiri, H. Kageyama, K. Onizuka, Y. Ueda, and M. Motokawa, J. Phys. Soc. Jpn. **68** (1999) 2906.
- [10] H. Kageyama *et al.*, Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 5876.
- [11] K. Kodama *et al.*, J. Phys.: Condens. Matter **14** (2002) L319.
- [12] K. Onizuka *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **69** (2000) 1016.
- [13] B. Wolf *et al.*, Phys. Rev. Lett. **86** (2001) 4847.
- [14] S. Miyahara and K. Ueda, Phys. Rev. B **61** (2000) 3417.
- [15] M. Takigawa *et al.*, Phys. Rev. B **55** (1997) 14129.
- [16] F. Tedoldi, R. Santachiara, and M. Horvatic, Phys. Rev. Lett. **83** (1999) 412.
- [17] L. P. Regnault *et al.*, Euro. Phys. Lett. **32**, (1995) 579.
- [18] M.-H. Julien *et al.*, Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 3422.
- [19] L. D. Landau and E. M. Lifschitz, *Statistical Physics*. (Pergamon, London 1980); J-C. Tolédano and P. Tolédano, *The Landau Theory of Phase Transitions* (World Scientific, Singapore, 1987).

物性研究所ISSPワークショップ

「VUV・SX高輝度光源における原子分子科学・生命科学の展望」報告

日時 2002年9月17日(火)～18日(水)

場所 東京大学物性研究所

物構研 柳下 明

表記ISSPワークショップを9月17・18日の両日にわたり、物性研6階大講義室において開催した。参加者は37名、ワークショップのプログラムは以下に示す。

本ワークショップの主旨は、原子分子科学および生命科学の若手研究者を中心にして、極紫外・軟X線高輝度光源の仕様を最大限に活かした独創的な研究の提案をしていただき、それらをベースに議論を展開することであった。原子分子科学関連の7名の講演者は、すべて30才台前半の若手研究者であり、彼らの独創的な実験の提案に基づき、活発な議論が行なわれた。特に、分子研の初井君の実験計画は、彼独自のアイデアに基づく、集光ウォルター・ミラーと透過型回折格子を組み合わせた軟X線発光分光器に関するものであり大変感心させられた。新しい光源では、その性能を存分に発揮できることであろう。生命科学関連では、放射線効果と軟X線イメージングの講演が、それぞれ2件ずつであった。産総研の池浦さんの講演では、カラフルな軟X線イメージングが何枚も示され大変に印象的であった。軟X線イメージングには、高輝度光源が必要不可欠であることは周知のことであるが、それにもまして、イメージング表示に関するソフト・ウェアの開発と美的センスが重要であることが、池浦さんの講演で明らかにされたのではなかろうか。

東大物性研 木下 豊彦

表記ワークショップは、現在オールジャパンで計画が立案されている極紫外・軟X線放射光源施設を用いて展開していくサイエンスについて議論をしていくとともに、ユーザーの立場から、ビームラインの仕様にどのような要求をしていくかについても議論を行った。現在、高輝度光源利用者懇談会の会長をつとめられている柳下明氏(物質構造科学研究所)が、今回のワークショッププログラムの立案をされた。柳下氏はまた、計画のビームライン仕様策定ワーキンググループの世話人でもあり、現在考えられているビームラインの設計、分光性能などについても、ユーザーに対して説明を行った。この放射光源では、物質科学のみならず、生命科学、基礎光化学、産学連携などの観点からも幅広い期待がよせられている。今回のワークショップでは、そのうちの生命科学、基礎光化学(原子、分子分光分野)で、この新光源を使ってどのような研究を行っていきたいか、それぞれの立場からプロポーザルがなされた。特に、基礎光化学の分野からは、将来のメインユーザーとなって研究をリードしていく若手研究者の発表がなされ、頼もしく感じた。生命科学の分野では、高輝度光源の特長を生かした、マイクロビームによるピンポイント照射実験、軟X線顕微鏡による生体観察などに大きな期待が寄せられていることが実感できた。

高輝度光源に関しては、物質科学の研究分野で大きなユーザーグループが存在しており、今後の時間分解測定などの新しい研究プロポーザルとあわせた物性研短期研究会が、12月13、14日の両日開催される予定である。

~~~~~ プログラム ~~~~~

一日目 2002/9/17 (火)

|       |                                         |        |       |
|-------|-----------------------------------------|--------|-------|
| 14:00 | 極紫外・軟X線放射光源施設計画の現状                      | 東大物性研  | 柿崎 明人 |
| 14:30 | 極紫外・軟X線放射光源施設における<br>ビームライン仕様の概要        | KEK・PF | 柳下 明  |
| 15:00 | 高輝度放射光の放射線医学への応用の可能性                    | 徳島大医   | 前沢 博  |
| 15:30 | 高輝度放射光による放射線生物・化学の研究                    | KEK・PF | 小林 克己 |
| 16:00 | 休 憩 (30分間)                              |        |       |
| 16:30 | 高輝度放射光による生物試料の軟X線イメージング                 | 東海大    | 伊藤 敦  |
| 17:00 | 軟X線分光顕微鏡 (NEXAFSイメージング) の<br>生物関連試料への応用 | 産総研    | 池浦 広美 |
| 17:30 | 自由討論 (30分間)                             |        |       |
| 18:00 | 一日目終了                                   |        |       |

二日目 2002 / 9 / 18 (水)

|       |                                          |          |       |
|-------|------------------------------------------|----------|-------|
| 9:00  | 多電子励起分子の分光とダイナミックス                       | 東工大化学    | 小田切 丈 |
| 9:30  | クラスターの励起・イオン状態と<br>クラスター内イオン分子反応         | KEK・PF   | 彦坂 泰正 |
| 10:00 | フラーレンの光吸収測定と光電子分光                        | 分子研      | 江 潤卿  |
| 10:30 | 休 憩 (30分間)                               |          |       |
| 11:00 | 高輝度光源を利用した超高分解能電子散乱実験                    | 上智大物理    | 北島 昌史 |
| 11:30 | レーザーと放射光のポンプ・プローブ法による<br>原子分子のダイナミックスの解明 | 分子研UVSOR | 下條 竜夫 |
| 12:00 | 昼休み (1時間30分間)                            |          |       |
| 13:30 | UVSORに於ける軟X線発光実験計画と<br>新光源への期待           | 分子研      | 初井 宇記 |
| 14:00 | 内殻励起・イオン化された分子の振電状態                      | KEK・PF   | 足立 純一 |
| 14:30 | 自由討論 (30分間)                              |          |       |
| 15:00 | 閉 会                                      |          |       |

## 極紫外・軟X線放射光源施設計画の現状

東京大学物性研究所 柿崎 明人

極紫外から軟X線に至る広い波長領域の光は、物質の性質（電子状態）を調べる不可欠のツールで、アンジュレータなどの高輝度放射光源を利用する極紫外・軟X線領域の吸収、光電子分光、発光分光などの実験方法は物質の機能発現を微視的に解明する重要な役割を果たしている。しかし我が国では、これまで極紫外・軟X線領域のアンジュレータを多数備えた第3世代極紫外・軟X線放射光源計画が長期にわたって検討されてきているが、未だ実現されていない。平成13年1月、文部省と科技庁が統合改組したのを機会に、我が国の放射光光源建設計画についてヒヤリングが行なわれ、文部省学術審議会でも取り上げた東京大学と東北大学の建設計画をもとにした統合計画案を作る作業が、極紫外・軟X線放射光源計画検討会議（議長：木村嘉孝・物構研所長）（以下、検討会議）のもとでスタートし、我が国の第3世代極紫外・軟X線放射光源施設計画が実現にむけて大きく前進することになった。

検討会議では、両大学の建設計画と世界の現状分析をもとに、これから建設すべき放射光源施設と設置形態について議論され、ユーザーコミュニティがこれまで提案してきた多くの放射光利用研究計画が実現できることを念頭においた光源加速器とビームラインの仕様が約1年間にわたって検討された。また、放射光科学研究者の代表による光源仕様レビュー委員会の報告と多数の関連研究者の意見をとりいれた光源加速器の仕様が拡大作業部会によって検討され、平成14年5月、検討会議は極紫外・軟X線放射光源計画の最終案をとりまとめて、文部科学省にその早期実現を提案した。

その後、光源加速器、ビームラインと分光光学系、放射光利用実験計画の具体的な設計・検討作業が、それぞれ加速器仕様策定ワーキンググループ（WG）、ビームライン仕様策定WGおよび利用計画WGで進められてきた。その結果、加速器仕様策定WGによる第3世代極紫外・軟X線放射光源加速器の概念設計、ビームライン仕様策定WGによるアンジュレータビームラインの分光系の概念設計、および利用計画WGによる極紫外・軟X線高輝度放射光の利用計画に関する検討結果をまとめた「極紫外・軟X線放射光源計画 デザインレポート」が近日中に出版されることとなった。実際に建設される光源加速器、ビームライン、分光光学系の詳細設計は、このデザインレポートを基本として行われる予定である。

### 極紫外・軟X線放射光源施設におけるビームライン仕様の概要

KEK・PF 柳下 明

本講演では、極紫外・軟X線放射光源計画検討会議のもとに設置された、ビームライン仕様策定ワーキンググループで議論・検討されたビームライン・分光器の概要を紹介する。このワーキンググループでは、各種の新しい分光器が提案された。今ワークショップの議論を促進するために、それらの中から、原子分子科学・生命科学の研究で要求されるであろう性能を満足する分光器についてワーキンググループの検討の結果を紹介する。

具体的には、極紫外領域の分光器として、不等間隔球面回折格子を用いた10m Off - Plane - Eagle分光器、軟X線領域の分光器として、可変偏角不等間隔平面回折格子分光器と超高輝度回折格子分光ビームラインをとりあげる。それぞれの分光器の分光性能は以下の通りである。

- 10m Off - Plane - Eagle分光器：エネルギー領域は10 - 40eV。20eV以下では、10万のエネルギー分解能が実現可能。光子数は、 $10^{12}$  -  $10^{13}$ 個/秒。サンプル上でのスポットサイズは0.1mmX0.1mm程度。
- 可変偏角不等間隔平面回折格子分光器：エネルギー領域は30 - 1000eV。エネルギー分解能は、6万から1万。光子数は、 $10^{12}$  -  $10^{13}$ 個/秒。サンプル上でのスポットサイズは0.05mmX0.1mm程度。
- 超高輝度回折格子分光ビームライン：本分光器は、長尺アンジュレータビームラインに顕微分光用として建設が予定されているものである。エネルギー領域は80 - 1000eV。エネルギー分解能は、1万程度。光子数は、 $10^{13}$  -  $10^{14}$ 個/秒。楕円鏡のK - B配置の後置光学系によって、 $10\mu\text{m}$ 以下に集光する。

講演では、それぞれの分光器について、より詳細なデータを示して紹介する。利用者の方々には、それらのデータに基づいて、利用者の立場からの要求・コメントをお願いしたい。

## 高輝度放射光の放射線医学への応用の可能性

徳島大学医学部 前澤 博

高輝度放射光は輝度の高さと共に、試料位置で良く収束されたビームであり、この特徴を生かし放射線医学の課題研究に応用できる可能性がある。研究テーマとして①光子線高LET場の作成と生物影響、②高線量率効果、③がん細胞の感受性、悪性度の予測への応用などに興味がある。ここでは高LET場の問題について主に述べたい。

### 1. マイクロビーム光子線高LET場の作成と生物影響

放射線による生物効果の大きさは被曝線量に比例するが、さらに放射線の種類（線質）にも依存する。すなわち線量が同じでも、X線と比べ、中性子線やイオン粒子線の効果が大きくなることもある。この線質効果の一因は、放射線が生体に与えるエネルギーの密度（線エネルギー付与、Linear Energy Transfer = LET、放射線がその飛跡 $1\mu\text{m}$ あたりに生体に与えるエネルギー量）の違いによると考えられている。X線のLETは、そのエネルギーにより、 $0.2 - 10\text{keV}/\mu\text{m}$ で低LET放射線といわれるが、 $100\text{keV}/\mu\text{m}$ 付近のLETの放射線は高LET放射線といわれ、中性子やイオン粒子線が利用されている。光子線によって高LET場を作ることができれば、粒子線場との線質による違いの比較研究、光子線場の特徴を調べる事が可能となる。

仮に $1\text{keV}$ 光子による高LET場 $100\text{keV}/\mu\text{m}$ の可能性を考えるため、次のようにモデル化する。 $100\text{keV}/\mu\text{m}$ とは、放射線化学的反応時間 $1\mu\text{s}$ 以内に、入射光子ビーム断面積 $1\mu\text{m}^2$ 、ビーム方向厚 $1\mu\text{m}$ の円柱内で、100個の $1\text{keV}$ 光子が吸収されることに相当すると考えられる。一方、 $1.5\text{m}$ アンジュレーターで発生する $1\text{keV}$ 放射光の輝度は $10^{18}$ 光子/ $\text{mm}^2/\text{mrad}^2/\text{sec}/0.1\% \text{b.w.}$ で、発生点

から30m下流の焦点 $1.2\text{mm}^2$ 内では $10^9$ 光子/ $\text{mm}^2/\mu\text{sec}$ と見積もられる。したがって、 $1\text{keV}$ 光子が $1\mu\text{m}^2 \times 1\mu\text{m}$ の円柱形生体物質で吸収される光子数は、光子吸収率を40%とすると、400個となる。この光子数400個は $100\text{keV}/\mu\text{m}$ に必要な100個を上回るのので、光子線高LET場の作成が可能と考えられる。光子による高LET場は、粒子核フラグメントの寄与のない高LET場となり、特徴的な照射効果が期待できる。

我々が必要とする光子線の断面積サイズは試料位置で $1\mu\text{m}$ 径以下であるが、上述のごとく断面積 $1\text{mm}^2$ 程度のビームの一部を利用することで、強度的には満たされるので、 $1\mu\text{m}$ 径以下のビームは光路中にアパーチャーを入れることで作成可能かもしれない。ビーム径は小さいほど望ましい。ビーム位置精度は、後に述べるようにマイクロビーム照射を行う場合、ビームと細胞内標的（細胞核、細胞質など）との位置関係を正しく保つ必要があるため、再現性が要求される。エネルギー範囲は $100\text{eV}$ から $1\text{keV}$ を希望したい。低エネルギー領域では、酸素、炭素など生体構成元素のK吸収端があり、照射効果の特異性が期待できる。また、低エネルギーX線は、透過率が低いため細胞表面の細胞膜損傷効果を解析するのに良いツールとなる可能性がある。

マイクロビーム高LET光子線を用いた研究では、細胞核、細胞質あるいはミトコンドリアなどを選択的に照射する、局所照射効果の研究が興味深い。最近、細胞質の放射線損傷が、細胞核染色体の損傷を引き起こし、突然変異や発ガンの原因となるという可能性も指摘されているので、それらの問題解決に役立つであろう。また、細胞集合体である組織において、組織の一部が被ばくしたとき、放射線影響は直接に放射線被ばくした細胞だけでなく、周囲の非被ばく細胞、組織にも現れることがあるといわれ、その機構の解明にも役立つ。被ばく細胞から何らかの因子が放出され、周辺の非照射細胞に影響があらわれる機構（バイスタンダー）の解明に寄与できるであろう。

## 2. 高線量率照射効果

線量率に依存して、放射線生成化学種の生成率や反応率などが変化する可能性があり、その結果生体分子への放射線影響も変化する可能性がある。ウイグラー放射光のX線では、線量率効果は認められていないが、高輝度放射光では、軟X線領域で3-5桁高い線量率が得られると期待できるので、細胞照射効果に対する線量率効果の有無を検討したい。

## 1. 放射線生物学

放射線生物学とは、放射線が生体あるいはその周辺にエネルギーを付与してから、生物効果が発現するまでの一連のプロセスを明らかにすることが最終目標である。それらの過程に関わる分野は、原子分子科学、放射線化学、生化学、細胞生物学、放射線医学までに広がっているので、まさしく学際的な分野と言える。そこでの研究における考え方は“定量的”であり、光子によって生じた二次電子によって与えられるエネルギー付与量はいくらか、その断面積はいくらか、その後の反応チャンネルはいくつ有り、それらへの分岐比はどうか、生物影響の基となる分子変化の収量はどのくらいか、それに対して生物はどのような方策でそれを修復して生物影響をどの程度に軽減するか、それが出来なかった場合にはどのくらいの確率で細胞死や発がんに至るか、ということ調べていく。広い意味での“スペクトロスコピー”と言える。また、その目的からして対象となる物質は、生体構成・関連分子および生細胞と限定される。

放射光を用いている放射線生物グループの研究者は、上記の一連の過程の中でも比較的初期過程の解明に重点をおいて研究を進めてきた。

## 2. エネルギー領域と試料

放射線が物質に入射すると多量の二次電子が発生し、それによってほとんどのエネルギー付与が起きる。一回の相互作用（衝突）で付与されるエネルギー量は数eVからkeVの領域にわたるので、その全領域にわたってのスペクトロスコピーが必要となる。単色放射光を用いると単一のエネルギー量を与えることになるので、反応過程や生成物の研究に有効であるのは物理・化学の分野と全く同じである。また対象となる試料は細胞に含まれるすべての分子であるので、水からDNAのような高分子、さらには生細胞も試料として用いられる。研究すべき実験系を関係するエネルギー量（照射光子エネルギー）と照射する試料の観点から分類すると表にすることが出来る。それぞれの組み合わせの系で、現段階までの研究の進展具合をまとめたものをいかに示す。

|                                  | 低分子<br>(dry) | 高分子・DNA<br>(dry) | 水溶液系・<br>ラジカル | 生細胞    |
|----------------------------------|--------------|------------------|---------------|--------|
| VUV<br>(~50 eV)                  | △*           | ○                | △             | ×      |
| Ultra Soft X-ray<br>(50~1000 eV) | ×            | △*               | ×             | △* (×) |
| Soft X-ray<br>(1~4 keV)          | △*           | ○                | △*            | ○      |
| X-ray<br>(4 keV~)                | ○            | ○                | ○             | ○      |

\*印は時間をかければ可能という意味であるが、1点の照射に1日から1週間かかるということ、生細胞を使った実験は不可能と同意義となる。

### 3. 具体的な研究テーマその1 : Spectroscopy

上の表で比較的全領域のデータがとられているDNAを例として現状を紹介する。プラスミドDNAは数千塩基対の比較的短いDNAで乾燥（真空）にも耐えられるので細胞内DNAのモデル物質として実験に使われる。これを用いて、DNAの鎖切断の収率が広いエネルギー範囲で測定されている。これを量子収率で表すときにはDNA分子の吸収断面積が必要であるが、現在のところ実測値は報告されておらず、計算値で代用されている。生体構成分子としてよりバラエティがあるのが20数種のアミノ酸から構成されるタンパク質である。これについてはごく一部のアミノ酸について限られた領域の吸収スペクトルが報告されているのみで、真空紫外から軟X線領域にかけての絶対値に関する報告はごくわずかである。吸収断面積はすべての解析の基となるので、直線偏光、円偏光も含めて、是非必要測定が必要なテーマである。

### 4. 具体的な研究テーマその2 : 水溶液系での実験

生体分子は生細胞中では単独では存在しない。特に重要なのは水との相互作用である。水が有る状態と無い状態では分子構造や反応が異なることは常識となっており、水を含む系、あるいは水溶液系での研究は放射線生物学の分野では避けることは出来ない。放射光が超高真空中で発生するので、その光をいかにして水溶液中に導くかが重要な技術的なテーマとなっている。VUV領域ではMgF<sub>2</sub>のような水に強く、かつ大気圧にも耐えられる窓材が有るので、140nmより長波長の光を水溶液に照射することは出来る。しかしそれより短波長側（高エネルギー側）では、1 keV程度になるまでは簡単ではない。超軟X線領域でそれを解決するために非常に薄い窓材を真空隔壁に用いた照射装置を科研費で試作した。窓材は薄いほうが透過率がよくなるが、真空隔壁として強度を要求されるのでより小さくしなければならない。この相反する要求および操作性等を考慮して製作した装置でのテストの結果、窓を通過して試料に入る光子数が少なく、効果を観測することが出来なかった。強度が桁大きい光源が必要であると考えている。

### 5. 具体的な研究テーマその3 : 円偏光・生命の起源の探求

生体構成分子にはアミノ酸・タンパク質、ヌクレオチド・DNA等のように光学異方性を持つものが多い。水溶液中での異方性の測定はすでに述べた吸収スペクトルの測定と同様に、生体での各種反応を考えるうえで重要である。それと同時に、“なぜ異性体の一方のみで生体が構成されているのか？”という疑問が古くからあり、生命の起源からも非常に興味があるテーマとなっている。この研究のためには真空紫外から超軟X線領域にかけての円偏光度を制御できる光源が必須となる。

### 6. 照射測定装置の開発。

これまでに述べてきたテーマはどれも真空紫外から超軟X線（1 keV以下）の光を使うものである。生体構成分子が水と共存する環境下で意味を持つことから、水を扱えるような実験装置・照射装置の開発が必要である。これまでの経験からその方策には目処がついているので、新光源施設では、他の計測装置に遅れることなく、開発していきたい。

### 7. 研究テーマ

以上の研究テーマにタイトルを付けると「超軟X線領域における生体関連分子の光科学」となる。生命の起源の研究も含まれる。

## 高輝度放射光による生物試料の軟X線イメージング

東海大・工 伊藤 敦

軟X線顕微鏡の特徴は、水溶液中の試料を光学顕微鏡より高い分解能で観察できる、電子顕微鏡に比べて厚い試料が観察可能、波長依存性を求めることにより構成する原子・分子の分布解析（スペクトロマイクロコピー）が行える、といった点にまとめられる。また、硬X線にくらべて、軟X線は、細胞のような薄い試料の高分解能観察に特に適している。これまでの観察例から、今後軟X線顕微鏡は以下のような方向において、特徴をより生かすことができると考えられる。

### 1) 水溶液中の生理的状态での生体試料の観察とその限界の検証

これまで水溶液中での観察においても試料は固定されている場合が多く、無固定、無染色の状態での観察は精子の例があるのみである。ただし、装置の分解能（約50nm）にくらべて分解能はかなり劣っている印象である。我々は、観察対象のブラウン運動によるボケが分解能を規定している主要な要因であることを計算によって示してきたが、それを検証し限界を明らかにすることが、今後の生理的状态での顕微鏡観察において重要と考える。

### 2) CTなどによる3次元観察

厚い試料が観察可能という大きな特徴は、3次元観察が可能となってより有効となる。CTには必然的に複数回露光が必要であることから、生理的状态での3次元観察法として、試料の急速凍結後、CTを行う、クライオCTが海外の施設で一般的となりつつある。

### 3) スペクトロマイクロコピーの新展開

これまでにXANESの共鳴ピークを利用した化学結合イメージングは主に炭素のK吸収端にて行われてきた。生体試料や高分子化合物が軽元素から構成されているためである。この手法をより広範囲のエネルギー領域に拡張する。生体において重要な元素であるS, P, AlのK吸収端、FeのL吸収端は0.8-2.5keVに存在し、mid-energy spectromicroscopyとして、本計画での高輝度光源のエネルギー範囲で可能となると考えられる。

計画中の高輝度光源により、これらの課題に関連して特に以下のような進展が期待される。

#### 1) マイクロビームの光強度増大による分解能の向上

一般に分解能は光強度に依存する。高輝度光源によってマイクロビームの強度が増大することは、分解能向上に必須の条件である。

#### 2) 生理的状态での試料観察に必要な露光時間の推定

高輝度光によって、分解能にもよるが、msec程度の短時間露光が期待できる。水溶液中での観察における分解能と露光時間との相関についての情報が得られる。

### 3) 高速ステレオ撮影による3次元観察

水溶液下でのCTによる3次元観察が露光時間から難しい場合、2方向からのステレオ観察を、同時あるいは時間をずらしての露光により行う方法が考えられる。

### 4) 短時間複数回露光による生理的状态でのスペクトロマイクروسコピー

生理的状态において最小2回の短時間露光が可能であれば、吸収端両側のエネルギー、あるいはXANESのピークエネルギーとそれをはずしたエネルギーでの画像の差分より原子・分子分布イメージングが可能となる。

最後に、これらを実現するための最適な顕微鏡光学系について議論する。

## 軟X線分光顕微鏡 (NEXAFSイメージング) の生物関連試料への応用

(独)産業技術総合研究所 光技術研究部門 放射光利用技術G 池浦 広美

### 1. 軟X線領域の走査型透過X線顕微鏡 (STXM) を利用したX線吸収端近傍微細構造(NEXAFS)イメージング

現在、国内には軟X線領域のSTXMが現存しないため、このビームラインを建設すること自体が新しい提案といえるのかもしれない。高輝度光源は、ナノメートルサイズのビームを用いる顕微鏡にとって、高空間分解能を実現するために必要不可欠である。ALSで最近開発されたSTXMにおいては、これまでの問題点が改善され、性能も向上しているが、考慮すべき問題点も残されている。

#### ①試料の乾燥の問題

「水の窓」といっても、軟X線は硬X線よりも透過率が小さいため、半乾燥状態での試料測定になる。通常はヘリウムをパージして、空気中の酸素や窒素の吸収を防いだ状態で実験を行う。炭素の吸収端では多少の窒素や酸素の吸収があってもNEXAFSスペクトルに問題はないが、窒素の吸収端では問題となるため、真空にする場合もある。このように、NEXAFSイメージングでは生物試料を必ずしも容易に大気中（大気圧下）で測定できるというわけではない。また、入射エネルギーを変化させて測定するため、必然的に測定時間が長くなる。そのため、測定直前に試料の準備を行い、かつ、迅速に測定しないと、途中で試料が乾燥してしまうという問題が起こる。試料準備室が離れている場合も不利である。水蒸気パージは軟X線強度の減衰もあり通常行っていない。高輝度であれば、減衰後も高い空間分解能と十分な強度を維持できるため、水蒸気パージも容易かもしれない。

#### ②挿入光源

これまで、第2世代の放射光施設では、挿入光源なしには、高空間分解能でのSTXM測定を行うことができなかった。第3世代の高輝度放射光施設では、偏向電磁石ビームラインでさえも、高空間分解能でSTXM測定を行うことができる。実際に、ALSでは偏向電磁石ビームラインのSTXM（水平方向スリット有）において、レーザー干渉計システム（10nm以下の安定性）を用い

ることによって、使用したゾンプレートの性能に依存した40nmの空間分解能と500000Hzのカウントレートを達成している。現在は、ゾンプレートの改良が待たれるばかりである。高輝度光源が実現できれば、挿入光源は空間分解能向上の点ではもはや必要ないかもしれない。挿入光源を用いた場合、駆動部分が増えるため、操作も複雑で、かえって空間分解能が低下する可能性すらある。むしろ偏光を積極的に利用した新しいイメージングが望まれる。

## 2. 透過型X線光電子顕微鏡（透過型XPEEM）を利用したNEXAFSイメージング

生物試料のNEXAFSイメージングには、STXMだけではなく、透過型XPEEMを用いることができる。この方法は、STXMとは異なり、実時間測定が可能という利点があるが、実例はほとんどない。現在、旧電総研の放射光施設において透過型XPEEM及び偏光可変アンジュレーターを用いた円二色性イメージングなどの開発を一般に公開する予定で行っている。円二色性測定においては、高い周波数での偏光の位相切り替え技術が必要不可欠となっている。空間分解能は光電面の性能に依存するが、高輝度であるほど高くでき、高時間分解能測定も可能であるため、VUV・SX高輝度光源に期待している。

当日は、高輝度光源を用いた生物のNEXAFSイメージングにおけるSTXMの改善点、透過型XPEEMの可能性などについて議論していただければと思っております。

## 多電子励起分子の分光とダイナミックス

東工大院化学 小田切 丈

一般に、多電子励起分子は主として自動イオン化または中性解離により崩壊する。真空紫外領域における多電子励起分子の崩壊ダイナミックスは、状態密度が高く、一電子的描像が最も適用しにくいエネルギー領域にあるため、電子相関を研究する上での典型的な系を与える。また、そのポテンシャルは電子的連続状態にあるため非局所であり、電子相関効果が核の運動のダイナミックスにも現れるという点で非常に興味深い。にもかかわらず実験的、理論的困難さから未だ研究例が非常に少ないのが現状である。実験的な困難さは、エネルギー的に縮退している直接イオン化過程に比べ、多電子励起分子を含む過程の断面積がかなり小さいことに起因している。そのため、光吸収スペクトル、イオン収量スペクトルなどの手法では多電子励起分子のスペクトル構造は観測しにくい。東工大の研究グループでは、従来より二電子励起分子の解離過程に着目し、励起解離フラグメントの放出する発光をプローブとすることにより、二電子励起分子の生成と崩壊について実験的情報を得ることに成功してきた [1]。本ワークショップでは、このような研究を踏まえ、入射光子フラックスが上がった場合に可能となる多電子励起分子の分光および解離ダイナミックスに関する新たな実験を提案したい。

### (1) 発光-発光コインシデンス実験

励起解離フラグメントの放出する発光を観測しても、光子エネルギーが発光を伴う解離性イオン化しきい値以上では直接イオン化過程が発光断面積に含まれ、多電子励起状態に起因するスペクトル構造が連続スペクトルに埋もれてしまう。これは、二つの励起解離フラグメントを放出する解離過程



において、放出される二つの光子を同時計測することにより、少なくとも二原子分子では完全に回避される。一光子を放出する解離過程に比べ、この過程の断面積はさらに小さくなることが予想されるが、入射光子フラックスの向上により、分子によっては、比較的容易にコインシデンス測定が可能となるであろう。この実験によりこれまで観測例がほとんどない三電子、四電子励起状態の観測が期待される。

### (2) 励起解離フラグメントから放出される発光の偏光度測定(I)

一つの解離過程に二つ以上の解離経路が存在する場合、それらはコヒーレントに寄与する。そのため、発光の偏光度を光子エネルギーの関数としてみた場合、干渉による振動現象が観測される。このような現象はこれまでにH<sub>2</sub>の最低励起状態を経由した解離過程において実験的にも確かめられている[2]。解離の断面積が著しく小さくなる多電子励起状態経由の解離フラグメント発光に対しては、偏光子の透過率が一般に小さく、偏光を分けた測定はこれまで事実上不可能であった。多電子励起状態の解離では、状態密度が高い上、ポテンシャルエネルギーが幅をもつため、明らかなポテンシャル交差(または擬交差)がなくとも状態間の遷移が起こる可能性が高い。複数のポテンシャル間を行き来するような解離過程による上述のような干渉が観測されたなら、それはいわば電子運動と核の運動の結合を直接的に観測したことに対応し、興味深い。

### (3) 励起解離フラグメントから放出される発光の偏光度測定(II)

発光には、偏光という形で発光を放出するフラグメントの偏りについての情報が含まれる。Green and Zare [3]は、円筒対称性をもつ衝突系において、 $\beta$ により表現される(発光の)偏光強度は、

$$I(\phi, \theta, \chi) = \frac{1}{3} I_0 \left\{ 1 - \frac{1}{2} h^{(2)} A_0 P_2(\cos \theta) + \frac{3}{4} h^{(2)} A_0 \sin^2 \theta \cos 2\chi \cos 2\beta + \frac{3}{2} h^{(1)} \Theta_0 \cos \theta \sin 2\beta \right\}$$

と表されることを理論的に指摘した。ここでは衝( $\phi, \theta, \chi$ )突座標系から観測座標系へのEuler角、また、 $h^{(k)} = h^{(k)}(j_i, j_f)$  ( $k=1,2$ )は発光放出過程におけるフラグメントの始状態と終状態の全角運動量 $j_i, j_f$ によってのみ決まる"geometrical"な量である。 $A_0, \Theta_0$ はmultipole moment演算子の期待値であり、"dynamical"な情報は全てここに含まれる。これらはそれぞれ、フラグメントのアライメントおよびオリエンテーションを表す。上式より、ある観測系配置において、直線偏光子を回転させて異なる二つの偏光状態の発光強度を測定することにより $A_0$ が、同様のことを1/4波長板を用いて行うことにより $\Theta_0$ が求まることになる。これらには発光を放出するフラグメントの角運動量の磁気量子数分布についての情報が含まれ、その解析により解離ダイナミクスに対するより詳細な知見を得ることが期待される。

(1)~(3)のうち、(1)は主として多電子励起状態の分光的情報が得られることを期待した研究であり、(2)、(3)は解離の途中で何が起きているかという解離ダイナミクスに焦点を当てた研究である。冒頭に述べたように核運動のダイナミクスにこそ、多電子励起分子の物理的面白さ、チャレンジすべき課題が潜んでいると考えられる。入射光子フラックスの向上により、これまで断面積測定にとどまっていた多電子励起分子の解離過程に対し、上述(2)、(3)のようなさらに踏み込んだ形での研究が可能になるであろうと期待される。分子の多電子励起状態はペニング電離、解離性再結合などの多くの反応の中間体として重要な役割を担っていることが知られている。光解離をhalf collisionととらえた時、解離過程を含む多電子励起分子の崩壊ダイナミクスを理解することは、プラズマ中などでの反応理解の鍵となる。

[1] 例えば、Y. Hatano, Phys. Reports, 313 (1999) 109

[2] E. Flemming et al., Phys. Lett. A 192 (1994) 52

[3] C. H. Green and R. N. Zare, Ann. Rev. Phys. Chem., 33 (1982) 119

## クラスターの励起・イオン状態とクラスター内イオン分子反応

物質構造科学研究所 彦坂 泰正

分子イオンの解離の動力学は、初期生成した振電状態から解離極限への相関に関わった電子状態のポテンシャルエネルギー曲面の形状や状態間の相互作用から理解される。放射光を光源とした種々の分光法の発展により、簡単な分子についての解離の動力学の理解は近年深まってきた。今後、高強度・高分解能の光源の利用により、興味の対象をより小さな断面積の素過程や希薄な試料へ展開させることが可能となると考えられる。本提案では、希薄な試料であるクラスターのうち、特に小さな分子クラスターのイオン状態の解離に関心をもつ。クラスターイオンの解離についての実験的アプローチは、これまで非常に限られている。その主因は超音速分子線中のクラスターの濃度であり、これは構成種のモノマーやキャリアーガスに比べ圧倒的に低い。そのため高強度の光源の利用がクラスターの研究には必要であり、それに加え、クラスター由来の現象を高度に識別できる観測手法の導入が要求される。

分子クラスターは、共有結合によってなる個々の構成分子がファンデルワールス力（あるいは水素結合）により結合したものである。クラスター内では、構成分子の配向と距離は特定されていることが多い。分子クラスターイオンの解離は、もちろんそのクラスター全体のイオン状態に対して描かれるポテンシャルエネルギー曲面の形状によって決定される。一方、分子間の結合が分子内の共有結合と比べて弱いことを考えると、個々の電子軌道は各構成分子の電子軌道と対応づけて考えることが良い近似であろう。そのため、クラスターイオンの解離は、クラスター内のある分子の解離的イオン化と、そこで生成する解離種と他の構成分子との衝突として捉えられる場合があると考えられる。ここで、この解離イオンと他の構成分子との衝突を、衝突方向と衝突径数を制御したイオン・分子反応と見なす。イオンと中性分子の衝突によるイオン・分子反応は、その大気化学や宇宙空間化学等からの要請もあいまって興味を持たれてきた。気相中でのイオン・分子反応の実験では、反応はランダムな方向からの衝突によって誘起され、あらゆる衝突方向と衝突径数の反応の積分を観測することになる。

これに対し、クラスターを出発点とし衝突方向と衝突径数を制御できれば、イオン・分子反応の反応動力学の詳細な理解に有効であると思われる。

具体的には、超音速分子線中の分子クラスターについて、特定の分子種の価電子または内殻電子を放射光によりイオン化する。ここでは、価電子イオン化の場合に有効な測定手法であると考えられる、しきい電子・イオン同時計測法について述べる。しきい電子検出の分解能は1meV以下まで達することができるので、モノマーとクラスターのイオン状態を分離して観測できると予想される。しきい電子の検出により、クラスターのイオン状態を規定する。しきい電子の検出に応じてイオン化領域にパルス電場をかけ、イオンを飛行時間型分析器に導く。飛行管を終端する位置敏感型検出器で、イオンの持つ運動量を画像観測する。飛行時間から分析されたイオン種とそれの持つ運動エネルギーからそのクラスターのイオン状態の反応を議論する。

## フラーレンの光吸収測定と光電子分光

分子科学研究所 江 潤卿、森 崇徳、見附 孝一郎  
岡山大・理 春山 祐介、久保園 芳博

### 1. はじめに

フラーレン類の分子構造はよく知られているように高い対称性をもっている。電子構造もその対称性を反映して、多くの軌道が縮退しており分子全体に広がっている。このためフラーレンの真空紫外域での光応答では、電子の集団運動による巨大共鳴が観測される。これまでHertelらによってC<sub>60</sub>、C<sub>70</sub>に関する光励起による巨大共鳴が報告されている<sup>(1)</sup>。他のフラーレン及び金属内包フラーレンに関してはいくつかの理論的予測はされているが<sup>(2-4)</sup>、実験データは報告されていない。

我々は高輝度放射光源を用いてフラーレン類及び金属内包フラーレンの光吸収スペクトルを測定し、巨大共鳴の原因となる電子の集団運動の機構について調べたいと考えている。また、金属内包フラーレンでは、遷移における金属原子とフラーレンとの干渉効果等についても研究を進めていきたい。

### 2. 現在までの研究の進捗状況

我々はUVSOR BL2B2の18 mドラゴン型分光器<sup>(5)</sup>を用いて、C<sub>60</sub>、C<sub>70</sub>の光吸収スペクトル(23-200 eV)を測定している。この波長領域、特に30eV以上での連続的な吸収スペクトルの報告はまだされていない。粉末のC<sub>60</sub>またはC<sub>70</sub>を抵抗加熱型の炉で約500℃に加熱し昇華させる。昇華したフラーレンは分子ビームとなって、分光器からの光でイオン化させる。生成したイオンはDC電場によりイオン検出器(MCP)に引き込まれる。分子ビームと励起光、及び検出軸はそれぞれ垂直になるよう配置される。23-50 eVでのC<sub>60</sub>の光吸収スペクトルをHertelらの結果と共に図1に示す。Hertelらとは異なり30から35 eVにかけて肩が観測された。これはC<sub>60</sub>の価電子の部分吸収を観測したと考えられる。現在データの解析、及びさらに精度の高い実験に向け装置の改良を行っている。

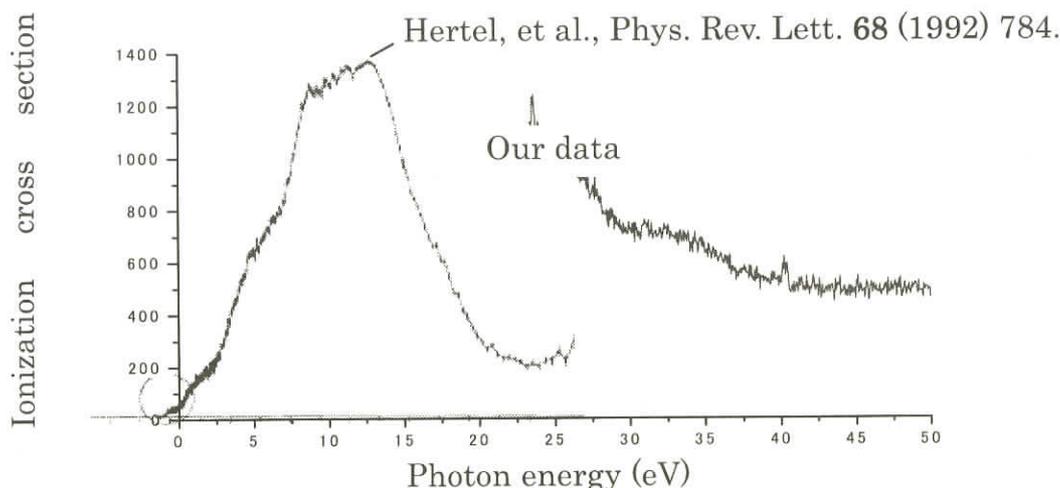


図 1

### 3. 問題点

このように新しい結果が得られつつあるが、以下に示すようにいくつかの問題点も浮上してきている。

#### ① バックグラウンド

イオンを検出するためにDC電場を用いているため、フラーレンとその他のイオンが分離できない。特に分子ビームを得るために炉を加熱した場合、炉から放出される電子やイオンに由来するバックグラウンドが無視できなくなる。この問題を解決するため、我々はTOF質量分析を開始したばかりである。

#### ② フラーレン濃度の安定性

我々は光吸収測定とは別にフラーレンの昇華速度（イオン化領域でのフラーレンの濃度）と炉の温度との関係を調べた。その結果、炉の温度が一定の場合でも、昇華速度は一定にならないことがわかった。これは炉の温度が一定の条件でも光吸収スペクトルにフラーレンの濃度のふらつきが反映されることになる。現在光吸収測定と同時に昇華速度測定が行えるよう装置の改良をしている。

#### ③ 測定時間

Ba@C<sub>60</sub>やDy@C<sub>82</sub>などの金属内包フラーレンはアーク放電により製造されるため、サンプル量は数mg単位と極めて少ない。仮に6 mgの金属内包フラーレンを現在の実験と同じ濃度になるように加熱した場合、分子ビームの持続時間は2時間程度である。一方、我々が立ち上げたTOF質量分析器で図1と同じ測定（23-50 eV, 0.05 eV step）をした場合、測定時間は約2時間となる。即ち、一回の光吸収測定しかできないことになる。

#### ④ 測定波長領域

現在光源として用いているUVSOR BL2B2の波長領域は23-200eVである。このため図1からもわかるようにフラーレンの巨大共鳴ピークの低エネルギー側が観測できない。

### 4. 新光源の利点

上述の問題点の中で①、②に関しては既に対策を講じている。さらに新光源を用いることで③、④に関しても大幅に改善されると期待される。

### 測定時間に関して。

新光源ではphoton fluxが現在よりも2桁以上上がる。これによりイオンの信号強度も同じように向上するため、測定時間が短縮できる。新光源での分光器の波長掃引時間がUVSOR BL2B2と同じとすれば、上述の光吸収測定(23-50eV, 0.05eV step)が30分程度で完了する。出射スリットの位置を固定したまま波長掃引が可能な新光源の分光器を用いれば、さらに測定時間が短縮されると思われる。測定時間の短縮は金属内包フラーレンの光吸収測定には不可欠な課題で、この点に関して新光源に対する期待は大きい。

### 波長領域に関して。

新光源の直入射型分光器(10-40eV)を用いれば、フラーレンの価電子による巨大共鳴を全体的に観測できると考えられる。これはC<sub>60</sub>やC<sub>70</sub>の巨大共鳴が20eV付近にあり、さらにC<sub>84</sub>などの高次フラーレンの巨大共鳴も構造的な違いはあるかもしれないが、その中心波長は価電子の密度で決まるためやはり20eV付近にあると予想されるからである。また、この分光器を用いて、Ba@C<sub>60</sub>の光吸収測定を行うとC<sub>60</sub>とBaの5d→ef遷移の巨大共鳴の干渉効果等を調べることができる。

斜入射型分光器(30-1200eV)では、Cの1sや内包金属の内殻励起が可能となる。例えば、Ba@C<sub>60</sub>ではBaの4d→efの巨大共鳴が90-120eVにあり、Baから放出される電子が外側のC<sub>60</sub>のポテンシャルによって散乱され、光吸収スペクトルに振動構造が現れるという予測がされている<sup>(2)</sup>。また、780-800eVでは3d電子の励起が起これ、それに続くAuger電子とC<sub>60</sub>との散乱過程も観測できる可能性がある。

このように、新光源を用いることでフラーレンの巨大共鳴ばかりでなく金属内包フラーレンの光吸収測定が可能となり、フラーレンと内包金属の干渉効果が調べられると期待される。

### 参考文献

- (1) I. V. Hertel, H. Steger, J. de Vries, B. Weisser, C. Menzel, B. Kamke, and W. Kamke, Phys. Rev. Lett. **68** (1992) 784.
- (2) G. Wendin, and B. Wastberg, Phys. Rev. B **19** (1993) 14764.
- (3) M. Stener, G. Fronzoni, M. Venuti, and P. Decleva, Chem. Phys. Lett. **309** (1999) 129.
- (4) M. J. Puska, and R. M. Nieminen, Phys. Rev. A **47** (1993) 1181.
- (5) M. Ono, H. Yoshida, H. Hattori, K. Mistake, Nucl. Inst. Meth. in Phys. Res. A **467-468** (2001) 577.

## 高輝度光源を利用した超高分解能電子散乱実験

上智大理工 北島 昌史

近年、レーザーやシンクロトロン放射光(SR)の著しい発達により、非常に低エネルギーでエネルギーの揃った電子ビームを制御する実験技術が確立されつつある。これらの技術により、従来のスウォーム法では測定できなかったサブミリeV領域の衝突エネルギーでの電子散乱実験が数多く報告されるようになってきた。このようなエネルギー領域での電子-分子衝突では、多くの分子について

非常に大きな電子付着断面積が報告されており負イオン生成や電子エネルギー緩和過程を知るうえで重要である。さらに、弾性散乱断面積がエネルギーの低下とともに急激に増大し、従来の理論で予想されるよりもはるかに大きな値を示すなど興味深い過程が多く存在する。

これまで最も一般的な電子ビーム源は熱フィラメントであり、フィラメントからの放出電子を静電型エネルギー選別器を通して電子ビームのエネルギー幅を抑えていたが、この手法では10 meV以下のエネルギー幅で気体分子との衝突実験を行えるだけの強度を得るのは極めて困難であった。これに替わる手法として考案されたのが電子ビーム源として光電子を用いる方法で、Gallagherらが1974年にHe-Cdレーザーを光源に準安定状態のBa原子をイオン化する方法を報告している[1]。A. Chutjianら[2]はHeランプからの光を分光器により分光した真空紫外光を用いて基底状態のKr原子を光イオン化し、その光電子とSF<sub>6</sub>, CCl<sub>4</sub>の衝突による負イオン生成断面積を測定した。Dunningらは高励起リドベルグ原子をレーザーにより生成し、これと分子を衝突させて負イオン生成の断面積や非弾性散乱断面積を測定する手法を確立させた[3]。また、HotopらはArの準安定状態のビームをレーザーにより光イオン化した光電子を用いた実験を進めている[4]。Fieldらは、シンクロトロン放射光からの真空紫外光を用いてArを光イオン化し、低エネルギー領域での全断面積測定を多くの分子で行っている[5]。特にこの手法は、高い分解能の実験を、比較的高いエネルギー領域まで適応できる方法として注目すべきところがある。

これらの新しい実験手法は、従来の実験手法では到達し得なかった超低エネルギー領域で非常に高い分解能での実験を可能にしたが、散乱電子の角度分布やエネルギー分布についての測定例は報告されていない。また、これらの手法を応用すれば、超低エネルギー領域だけでなく、より高い衝突エネルギー領域においても非常に高い分解能の電子散乱実験が可能になると考えられる。特に注目されるのは、シンクロトロン放射光からの真空紫外光を用いてArなどの原子を光イオン化し、生成した光電子を低エネルギー電子線として用いる方法である。この手法では、真空紫外領域での大強度で波長可変の光源が必要であり、得られる電子線のエネルギー幅は分光器に依存するので、放射光施設のバックアップが不可欠である。この手法で研究を行っているFieldらは、現在ASTRID (Aarhus University, Denmark)において580 MeVリング+アンジュレーター+SGMという組み合わせで実験を行っている。ASTRIDは小型の多目的リングで専用の放射光リングでは無いため、光源としての性能は国内の放射光専用リングに比べて見劣りするが、挿入光源(アンジュレーター)を使用していること、分光器を含めて専用ビームラインとして設計・製作されているところは注目される。エネルギー分解能は~1meVという値が報告されており、これは超高分解能の光電子分光実験に匹敵する値である。

Fieldらは透過減衰法により極低エネルギー領域での電子衝突の全断面積を測定しているが、より情報量の多い角度微分断面積の測定は行っていない。これは、一つには、光源の光量が不足しているため、高分解能の角度微分断面積測定には安定した高輝度光源が不可欠である。近年の位置敏感型検出器の性能の向上と大容量の記憶メディアの登場で、散乱電子の角度およびエネルギーの2次元検出が容易になりつつあることから、シングルバンチモードを活用することで、飛行時間型エネルギー分析器と2次元型検出器を用いて、極低エネルギーから数eV領域での高分解能の角度微分断面積測定が可能になると考えられる。1meV以上のエネルギー分解能で角度微分断面積が得られれば極低エネルギーでの弾性散乱断面積の増大や、振動励起しきい値近傍での振動励起断面積の急激な増大などの現象の解明へ大きく寄与すると考えられる。

- [1] A. Gallagher and G. York, Rev. Sci. Instrum. **45**, 662 (1974)
- [2] A. Chutjian and S. H. Alajajian, Phys. Rev. A **31**, 2885 (1985)
- [3] R. A. Popple *et al.*, J. Chem. Phys. **104**, 8485 (1996)
- [4] D. Klar *et al.*, Chem. Phys. Lett. **189**, 448 (1992)
- [5] R. J. Gully *et al.*, J. Phys. B **31**, 2735 (1998)

## レーザーと放射光のポンプ・プローブ法による原子・分子のダイナミクスの解明

分子研UVSOR 下條 竜夫

### 【序論】

ある分子や物質が時間的にどう変化しているかを高速で観察するためには、ある光で始状態をつくり、その後ある時間をおき、別の光で検出する手法が一般的である。この最初の光をポンプ光、次の光をプローブ光と呼び、この二つの光の時間間隔を調整することにより、分子構造や物質の内部構造がどのように変化していくかをリアルタイムで観察することができる。

このポンプ・プローブ分光法はレーザー光を用いて幅広く利用されている。しかしながらレーザーの波長範囲は主に可視光の範囲にかぎられ、さらに波長の短い、つまりエネルギーの高い光を利用することはできない。一方、シンクロトロン放射光は極端紫外光、X線近傍の光を波長可変で利用できるという特徴をもつ。従って、このシンクロトロン放射光と自由電子レーザーまたは他のレーザー光の2つの光を利用することで、エネルギーの高い領域の光を適用したポンプ・プローブ実験が可能となる。

たとえばシンクロトロン放射光をポンプ光として用いることで、励起分子の内殻電子を励起した後の分子や分子集合体の変化を時間的に観測することができる。また逆にシンクロトロン放射光をプローブ光として用いれば、特定原子近傍の状態変化の情報を得ることが可能となる。これは内殻励起の光から得られる光電子スペクトルや光イオン収量スペクトルはその原子のおかれる環境場での電子状態を強く反映することを利用している。これらの手法は現在広く行われている「分子ダイナミクスの測定」の次世代手法として有望であると考えられる。

また、見過ごされていることであるが、ポンプ・プローブ分光法を行うことにより高分解能分光を行うことも可能である。例えば、ポンプ・プローブ分光法として高分解能なレーザーをプローブ光として用いた場合、中間状態の寿命幅がより狭いとすれば、光の分解能はレーザーの分解能（0.1nsのパルス幅のシングルモードレーザーで約 $0.2\text{cm}^{-1}$ 程度）で決まることになる。これは20eVの光では分解能800000相当する。

### 【研究の提案】

以上、ポンプ・プローブ分光法の利点はいろいろあるが、主な二つにしばれば①高分解能分光②時間発展（time dependent）現象の追跡があげられる。本日は①として、VUV領域での分子、クラスターの高分解能分光を、②として高分解能光電子分光装置を用いたポンプ・プローブ分光実験を提案する。

## UVSOR に於ける軟X線発光実験計画と新光源への期待

分子科学研究所 初井 宇記

極端紫外光および軟X線領域の共鳴発光分光は、高輝度放射光の利用によって更なる飛躍が期待できる分野である。このエネルギー領域には炭素、窒素、酸素といった有機物の構成元素のK殻、および第3周期の遷移金属元素のL殻吸収端があり、これらの吸収端の吸収バンドに入射光を共鳴させたときの共鳴発光スペクトルを測定することで多様な知見が得られると期待される。今回は、分子科学研究所極端紫外光施設(UVSOR)において準備を進めている次世代軟X線発光分光器の開発状況を紹介するとともに、新光源への期待についても議論したい。

これまで用いられている代表的な発光分光器[1]を図1に示す。光学配置はローランドマウントで、球面回折格子が分光と集光を担う。現状では分解能 $E/\Delta E = 2000$ 程度で測定されている。更なる高分解能化が強く望まれるが、現状ではこれ以上分解能をあげると測定が困難になることが多い。分解能はローランド半径に比例するが、取込立体角はローランド半径の2乗に反比例する(検出器の大きさを一定とした場合)。現在ではこのマウントの弱点を解決するため、様々な分光法が提案され、一部実際に稼動している[2]。

UVSORにおいて開発中の次世代発光分光器は、Wolterミラーと透過型回折格子、超高空間分解能CCDを備えたものである(図2)。Wolterミラーは取込立体角を大きくするために導入する[3]。上記ローランドマウントでは垂直方向(波長分散方向)に関しては球面回折格子で集光しているが、水平方向は集光されていない。このことが非常に低い取込立体角の原因となっている。発光分光の場合、一般に発光点の形状は矩形、例えば $10\mu\text{m}$ (v) x  $5\text{mm}$ (h)、とすることが多い。これは固体試料の場合は自己吸収を避けるため励起光をすれすれ入射、発光を直出射で測定する必要があるからである。また気体試料の場合は吸収断面積が小さいためである。発光点が水平方向に大きいので、水平方向を集光しかつ高分解能を狙う場合、非点収差が深刻な問題となる。我々はWolterミラー導入することで、水平方向を集光して大きな取込立体角を確保しつつ、高分解能を達成する予定である[4]。

Wolterミラーの反射像は円弧状になり、通常の反射型回折格子との相性が良くない。そこで透過型回折格子を採用する。透過型回折格子の場合、直入射条件であるため、線分散度が小さくなる[5]。そこで刻線密度  $104\text{ lines/mm}$  のものを製作予定である[3]。回折格子交換なしで $150\text{--}800\text{ eV}$ の範囲を利用できる。検出器には $1\text{ micron}$ 程度の空間分解能が要求される。裏面照射型CCDの高精度高速読出回路を現在開発しており[6]、単一光子から生成する電荷雲が多ピクセルにまたがっていることを利用して、重心演算を行うことで実現する[7]。ローランドマウントで分解能 $2000$ で測定しているときの、約8倍の明るさを持ちながら[8]、分解能が $5000$ にまで向上できるとの試算結果が出ている。

上記、Wolterミラー、透過型回折格子、超高分解能CCD、いずれも市販されていない。現在、民間各社と共同で開発研究を行っている。

従来用いられてきた検出器の空間分解能は $50\text{--}100\mu\text{m}$ 程度であったため、試料上のビームサイズを $10\text{--}20\mu\text{m}$ (v)以下に小さくしてもエネルギー分解能は向上しなかった。1ミクロンオーダーの空間分解能を持つCCDは、発光分光器の設計に大きな変化をもたらすと考えている。すなわち、発光分光の分解能が光源サイズ・検出器の空間分解能・収差ではなく、光学素子の形状誤差によって分解能が決定される時代の可能性である[9]。このような発光分光器の場合、光源像(発光分光器の入射ス

リット)を $1\mu\text{m}$ 程度まで小さくすることが求められる。したがって励起源であるビームラインも同程度のマイクロビームが有利となる。

- 1 J. Nordgren, R. Nyholm, Nucl. Instr. Meth. A242 (1986) 246. J. Nordgren et. al, Rev. Sci. Instrum. 60(1989)1690. 現在、XES300 という商品名でGammadata/ Scientia 社より市販されている。
- 2 ローランドマウントでは検出器への入射角が小さいため、一般に検出効率が低くなる。この問題を解決するため、不等間隔球面回折格子を用いた新しい発光分光器が最近理研辛グループの徳島・原田・高田らによって光学設計・開発され、現在稼動している。
- 3 XES300[1]と比較して取込立体角が約40倍にまで向上される。
- 4 回転楕円鏡、回転双曲面鏡それぞれ形状誤差 $0.7''$  rms以下を目標として開発している。
- 5 回折格子から検出器までの距離を $1.5\text{ m}$ とする予定である。このとき、 $E=400\text{ eV}$ で分解能 $E/E=5000$ とすると、 $9\text{ micron}/E$ となる。
- 6 readout noise =  $5\text{ e}^-$  rms@ $200\text{ kHz}/\text{pixel}$ が開発目標である。
- 7 大阪大学常深教授グループらがこの方式で $1\text{ micron}$ 以下の空間分解能を既に達成している。
- 8 ただし、試料上のビームサイズを $5\mu\text{m}(v)$ と仮定している。これは現在建設中のUVSOR アンジュレータービームラインBL3Aでエネルギー分解能 $10000$ の時に実現されると考えられる値である。 $1\mu\text{m}(v)$ まで小さくできれば、 $40$ 倍となる。
- 9 我々の次世代発光分光器の場合がまさにそれで、Wolter ミラーと透過型回折格子の形状誤差が分解能を規定する。

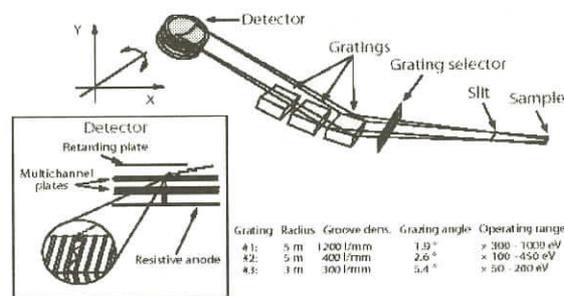


図1. Gammadata/Scientia社のXES300の光学レイアウト。

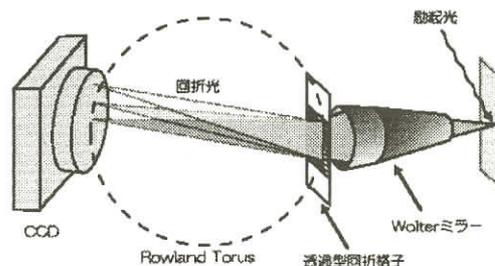


図2. UVSORで開発中の次世代軟X線発光分光器の光学レイアウト。

## 内殻励起・イオン化された分子の振電状態

KEK - PF 足立 純一

分子科学において、光と分子の相互作用を解明することは重要な課題である。軟 X 線領域の光と分子の相互作用により引き起こされる素過程について、放射光および軟 X 線分光器技術の進歩により現象論的な研究が進められている。しかし、分子の多様性を理解する上で不可欠となる系統的・定量的な研究は充分ではない。基本的な分子の内殻励起・イオン化状態は、分子の光励起・電離を理解する上でプロトタイプとして捉えることができ、その系統的理解は重要である。

そのような研究を進めるためには、現状ではアンジュレータ光源を利用したビームタイムが不足している。新しい VUV (SX 高輝度光源が実現することにより、ビームタイム不足も解消され、分子の内殻励起・イオン化の基礎過程に関する系統的な研究が可能になる。また、高分解能と高強度を両立した光を利用することができ、より高度な実験が可能になる。

### (1) 内殻励起された基本的な分子の振電状態の解明

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| 基本となる分光法        | 角度分解イオン収量法 (負イオン検出の有効性?) |
| Rydberg - 原子価混合 | マトリクス吸収分光                |
| 振電相互作用・多電子励起    | 高分解能共鳴光電子分光法             |

### (2) 基本的な分子の内殻光電離ダイナミクスの解明

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| 完全実験へ          | 円偏光利用・velocity map imaging |
| 交換相互作用 & 振動の影響 | 高分解能 ARPEPICO              |
| より一般化された描像へ    | 対象分子の拡大・エネルギー領域の拡大         |

さらに、分子科学の 1 つの大きな目標として、反応を光により制御することが挙げられる。レーザー光を用いた研究においても、反応の光による制御はうまくいっていないとは言えない。上記の研究により得られた知見を基にし、内殻特有の光解離反応を利用した反応制御の可能性を探求したい。

### (3) 内殻励起特有の光解離反応の探求

- 振動準位選択的解離反応
- レーザーとの 2 光子励起
- 光学活性分子の円偏光励起による光反応

## 物性研究所ISSPワークショップ

# ソフトマター中性子散乱研究の将来計画

日時 平成14年10月25日(金)～10月26日(土)

場所 茨城県東海村東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設 (波紋施設)

東大物性研中性子散乱研究施設 柴山 充弘・長尾 道弘

日本原子力研究所先端基礎研究グループ 小泉 智

京都大学化学研究所 金谷 利治

東海村の日本原子力研究所(原研)改造3号炉(JRR-3M)のすぐ隣で大強度陽子加速器の建設が既に始まり、東海村における中性子散乱の研究環境は急激に変化しつつあります。中性子散乱を利用したソフトマター研究に大いに貢献してきたJRR-3Mは臨界より10年の歳月を経て、そのアップグレードのための総合的な実験設備の再検討を行う時期が来ています。現在JRR-3Mで検討が行われている冷中性子源のアップグレードや中性子導管のスーパーミラー化などの改造計画は、ソフトマター研究関係者としてもそのなりゆきが大きな関心事です。物性研所有の各分光器も設置後10年を過ぎており、既存装置の高性能化、新装置の設置など大幅な見直しを迫られています。一方、ソフトマター研究は内外からの注目を集め、2000年の白川英樹博士、2001年の野依良治博士、2002年の田中耕一さんのノーベル化学賞受賞などにも象徴されるように、研究のさらなる活性化が期待されています。物性研においても、中性子散乱研究施設の平成15年度からの新施設「中性子科学研究施設」への移行に当たってソフトマター研究環境の充実を掲げていますし、原研ではソフトマター研究グループの立ち上げを計画しています。

このようにソフトマター研究をとりまく環境がめまぐるしく変わる状況を認識し、将来のソフトマター研究のあり方を議論するため、平成14年10月25日(金)午後1時30分より平成14年10月26日(土)午後2時までの1日間の日程で、所長裁量経費によるISSPワークショップ「ソフトマター中性子散乱研究の将来計画」が東海村の物性研中性子散乱研究施設(波紋施設)にて開催されました。この研究会では、ソフトマターを対象として中性子散乱研究を行っている研究者と、日本原子力研究所(原研)、高エネルギー加速器研究機構(KEK)、京大原子炉実験所(KUR)、物性研中性子散乱研究施設の施設側の中性子散乱研究者とが一堂に会し、(1)JRR-3Mの改造計画についての議論、(2)各装置の現状とアップグレード計画の説明、および(3)ソフトマター研究からの話題提供とアップグレードについての要望、の3部構成で行いました。さらに、昼食の時間を利用して、研究会総括と実験環境の向上などについて忌憚のない意見交換をおこないました。詳しい内容は、物性研中性子散乱研究施設の研究会報告書NSL News Letterおよび日本中性子科学会誌「波紋」にて報告しますが、概要を以下に述べます。

### 1) 線源・ガイドホールについて

コールドソース(冷中性子源)の改良により、約2倍の強度増が見込めるというシミュレーション結

果の報告があった。また、ガイド管のスーパーミラー化についても詳細な検討がなされた。すでにスーパーミラー化された熱中性子導管では最大5倍の強度増が実現されているが、冷中性子導管についての検討も進められている。こうした改良は実験時間の短縮や測定精度の向上だけでなく、資源の有効利用という意味においても大きなメリットがある。そこで、原研に対して、現在検討中のコールドソースの改良、またガイド管の更新についても是非早急に実現してほしいと申し入れることになった。その具体的要望については、別に小泉（原研）らによる、ワーキンググループで検討を重ねることになった。

## 2) 装置改良について

小角散乱装置（物性研所有）SANS-Uについては検出器の多芯線化、制御系コンピューターのWindows化などを実施するとともに、コリメーターへの中性子レンズの導入などを検討する。小角散乱装置（原研所有）SANS-Jでは偏極中性子導入などのコリメーション改良を行う。中性子スピネコー装置（ISSP-NSE）では冷中性子導管C2のガイドエンド（C2-3）への移設、速度選別器の導入を行うほか、ポラライザー、アナライザーや台座の交換を要求していく。中性子反射率計（最近、干渉計MINEと分岐したC3-1-2）では、ゴニオ、ソフトウェアの更新を行い、スピネコー・オプションの検討を行う。そのほか、高性能パルス中性子分光器（Angle Focusing Cold Neutron Spectrometer ; AGNES）についても可能な限り、入射ビームモニタの導入、チョッパー、モノクロメーター、パソコン、などの改修、検出器の増強などを行い、円滑な共同利用に供付せるようにする。

## 3) 統合計画J-PARCとの関係

原研—KEKが共同推進している大強度陽子加速器（統合計画）プロジェクトJ-PARCの中核的施設であるパルス中性子源のフルパワー稼働まで、まだかなりの年数を要すること、および2006年予定のKENS（KEKパルス中性子施設）停止を考えると、JRR-3Mが中性子散乱コミュニティに対する責任は今後10年ほどの間ますます増大するため、JRR-3Mの高強度化、高性能化、有効利用は不可欠と考える。また、J-PARCのパルス中性子源と原子炉定常中性子源JRR-3Mのお互いの特徴を生かすことで、装置群の棲み分けは十分可能であり、J-PARCがフルパワー稼働の後でもJRR-3Mの運転は必要と考える。

## 4) サイエンスおよび実験環境

化学反応場のその場観察を可能にする時分割中性子散乱実験、高圧などの極限ソフトマター物性、複数装置によるソフトマター表面・界面の多元解析、スローダイナミクス、微少空間分子ダイナミクスの研究など、ソフトマター研究における中性子散乱の必要性はますます増大していることが多くの例をもって示され、今後の研究の方向性についての理解が深まった。

ソフトマター研究にとって、中性子散乱の手法は、広い時間、空間スケールのほんの一部分の観測手段に過ぎない。そのうえ、これまでは、中性子強度不足あるいはマシンタイム不足のため、ユーザーは中性子を利用した満足のいく研究成果を（スピーディーに）上げられないでいた。現在検討中の各装置群の高度化は、それを補う一つの方法である。また、特定課題へのビームタイムの重点配分と言った方策によっても解決しうるポイントである。

さらに、生物などのよりナマモノに近い系を対象とする場合、「生きている」状態での測定が不可欠であるが、それを行うには、十分な化学実験設備が必要である。残念ながら現在の原研内の実験準備室には、水道の配備すらないのが現実であり、試料作成や実験の後片付けが非常に不便であり、改善が望まれる。

今回の研究会では、時間の制約から中性子散乱研究環境の充実や装置のアップグレード、ソフトマター研究の新しい方向づけに議論を限定したため、物性研におけるソフトマター研究体制についての議論は

十分には行われなかった。しかし、昨年の研究会シリーズ（物性研究の展望「中性子散乱と物性研究」、  
「物性研だより」2001年9月号掲載）で指摘されたように、物性研においてソフトマター研究関連  
分野を担う所員（教授、助教授）は43人中ただ1人（柴山）であり、中性子散乱研究だけに限っても  
ますます増大する共同利用研究の需要を満たすことはできないのが現状である。今後、充実される小角  
散乱装置、中性子スピンエコー装置、反射率計などの円滑かつ有効な共同利用研究の遂行のためにも、  
中性子散乱研究施設へのソフトマター研究者の補充が不可欠であり、さらには他の部門・施設へも採用  
し、ハードおよびソフトマター研究のバランスある発展を真剣に考えていく時期がきていると思われる。  
その一方で、原研や近隣の大学、たとえば茨城大、筑波大学など、との研究協調を模索して行くことな  
ども視野に入れることが必要であると言う点で共通の理解が得られた研究会であったことを付記する。

### ソフトマター研究会プログラム

#### プログラム：

- 10月25日（金）** 座長：柴山 充弘（東京大学物性研究所）
- 13:30～13:40 柴山 充弘（東京大学物性研究所）  
趣旨説明
- 13:40～14:00 吉沢 英樹（東京大学物性研究所）  
改造3号炉将来計画作業部会について
- 中性子源からの話題** 座長：小泉 智（日本原子力研究所）
- 14:00～14:20 熊井 敏夫（日本原子力研究所）  
JRR-3M 冷中性子源装置のアップグレードの検討
- 14:20～14:40 曾山 和彦（日本原子力研究所）  
JRR3M 冷中性子ガイド管のスーパーミラー化
- 14:40～15:00 大友 季哉（高エネルギー加速器研究機構）  
大強度陽子加速器の建設年次、到達出力、分光器の種類
- 15:00～15:20 休 憩
- 既存装置の現状及びアップグレード計画**
- S(q)マシンの部** 座長：今井 正幸（お茶の水女子大学）
- 15:20～15:40 鈴木 淳市（日本原子力研究所）  
パルス型小角散乱装置と原子炉型小角散乱装置の棲み分け
- 15:40～16:00 小泉 智（日本原子力研究所）  
中性子小角散乱装置(SANS-J)の高度化と目指すサイエンスについて
- 16:00～16:20 長尾 道弘（東京大学物性研究所）  
中性子小角散乱装置（SANS-U）アップグレード計画  
座長：松岡 秀樹（京都大学）
- 16:20～16:40 曾山 和彦（日本原子力研究所）  
原子炉型水平反射率計
- 16:40～17:00 田崎 誠司（京都大学）  
原子炉型垂直反射率計—JRR-3M C3-1-2 ビームポート MINE
- 17:00～17:10 休 憩

S( $q, \omega$ )マシンの部

座長：金谷 利治 (京都大学)

- 17:10~17:30 山室 修 (大阪大学)  
AGNES の現状と今後および研究動向
- 17:30~17:50 瀬戸 秀紀 (広島大学)  
ISSP-NSE の現状
- 17:50~18:10 武田 隆義 (広島大学)  
中性子スピンエコー分光器 ISSP-NSE の移設改造計画
- 18:10~18:30 田崎 誠司 (京都大学)  
NSE における中性子ガイドの有効性
- 19:00~ 懇親会  
実験環境の向上に関するフリーディスカッション  
実験準備室の整備 (化学室、工作室、ユーザー控え室)、  
図書館や食堂の利用など

10月26日 (土)

期待されるサイエンスと要望

座長：瀬戸 秀紀 (京都大学)

- 9:00~9:20 柴田 薫 (日本原子力研究所)  
原子炉設置型 Backscattering Spectrometer の最近の発展とソフト  
マターにおけるダイナミックスの研究成果
- 9:20~9:40 阿知波紀郎 (九州大学)  
高い Q ベクトル領域でのソフトマターの中性子スピンエコー
- 9:40~10:00 金谷 利治 (京都大学)  
スピンエコーと中性子小角散乱 - ゲルの不均一性
- 10:00~10:20 小泉 智 (日本原子力研究所)  
ソフトマター研究への偏極中性子活用に可能性について
- 10:20~10:40 休憩 座長：松下 裕秀 (名古屋大学)
- 10:40~11:00 鳥飼 直也 (高エネルギー加速器研究機構)  
原子炉型反射率計 vs パルス型反射率計, サイエンス
- 11:00~11:20 松岡 秀樹 (京都大学)  
SANS, NSE, USANS, USAXS, NR による両親媒性高分子系の研究
- 11:20~11:40 杉山 正明 (九州大学)  
SAXS と SANS - 各々の probe の利点と観測される構造-
- 11:40~12:00 長谷川博一 (京都大学)  
化学反応と時分割 SANS 測定
- 12:00~12:20 柴山 充弘 (東京大学物性研究所)  
SANS と DLS - 高分子溶液・ゲルの高圧物性-
- 12:20~ 昼食 及び まとめ 司会：柴山 充弘
- 14:00 解散

## 「改造 3 号炉将来計画作業部会について」

東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設 吉沢 英樹

日本原子力研究所（以下、原研と略記）では研究用原子炉「改造 3 号炉」が中性子散乱実験を含む共同利用に供されて 10 年を経過したことを踏まえ、その更なる高度利用を図るために将来計画を検討している。その具体的作業を実施するために、本稿のタイトルにある作業部会が編成され、その部会長を筆者が引き受けているので、作業部会の概要を簡単に紹介する。

原研の研究設備に関する研究者の利用を統括する原研の組織としては「原研施設利用協議会」が設けられており、その下に利用設備・研究分野等に基づいて 9 つの専門部会が設置されている。改造 3 号炉関係では、中性子散乱に関して「中性子ビーム利用専門部会」が、また照射利用に関しては「炉内中性子照射専門部会」が設置されている。「改造 3 号炉将来計画作業部会」は「中性子ビーム利用専門部会」の下に平成 13 年度に設置されたものであり、(1) 改造 3 号炉の原子炉設備の短期的・長期的高度化計画、(2) 中性子散乱実験設備の高度利用に関わる改造計画、(3) 利用体制への提言、等に関する検討結果を答申することを委嘱されている。作業部会では、これまでに平成 13 年度に 2 回、平成 14 年度に 3 回の会合を持った。また、中性子ビーム利用者のコミュニティに改造・高度化計画への提言を募るアンケートを実施して情報を収集し、提言によってはその詳細に関するヒアリングをも行って、将来計画の提言を取りまとめる作業を進めてきており、平成 14 年度内に将来計画案を親委員会に答申する予定である。

作業部会の議事内容から、ソフトマテリアル分野に関係の深い事項を選んで紹介すると、審議事項の一つに中性子ガイド管室の整備計画がある。この計画は原研研究炉部研究炉利用課により平成 15 年度から 17 年度の間の実施される方向で準備が進行しており、その具体的内容は、現在は C2-3 ビーム孔を共有している装置群を通年で使用可能になるように冷中性子導管 C2 ビームラインの末端をビームベンダーを設置する等の改造を行い、さらに物性研究所が現在は C2-2 ビーム孔に設置している中性子スピネコー装置を末端に移設するというものである。この改造によりビーム孔自身が数箇所新設できるため新たな装置を設置することが可能になるとともに、即発ガンマ線分析装置、中性子ラジオグラフィ、反射率計が通年で常時使用可能となる。また、中性子スピネコー装置に関してはガイド末端への移設により中性子束が一桁上昇し、格段に測定効率が向上する。この改造計画では、利用課によりベンダー等の製作が今年度実施される見込みであり、ベンダーの設置・ガイド管の増設・中性子スピネコー装置の移設等は平成 15 年度に実施される予定である。

作業部会では、このほかにも短期・長期計画の両面において、多岐にわたる検討を実施してきている。原研と高エネルギー加速器研究機構との統合計画の進行に伴い近い将来、同じ敷地内にパルス中性子源と研究用原子炉とが共存する状況を視野に入れて、21 世紀にふさわしい中性子ビームの高度利用を促す実効性の高い提言を取りまとめる方向で検討作業が進行している。

## 「JRR-3M 冷中性子源装置のアップグレードの検討」

日本原子力研究所東海研究所研究炉部 熊井 敏夫

冷中性子源装置の減速材容器（セル）の高効率化について検討を行った。この検討では、冷中性子束を高めるためのサーベイ計算を行い、また、新しいセルを実用化するための水素量及び核発熱量の検討、セル試作及び強度試験、熱流動実験等を行った。

サーベイ計算ではセルの形状、液体水素厚さ、材料等を変えて計算し、冷中性子束が現在の値より約2倍高い船底形セルのモデルを得た。このモデルについて水素量及び核発熱量の検討、セル試作及び強度試験、熱流動実験等を行った。

水素量及び核発熱量の検討では、これらの値を現状の設備容量以下にできることが分かった。セル試作及び強度試験では、船底形セルにいて、アルミニウム合金厚さ1mmのセル及び2mmのセルを製作し、厚さ2mmのセルの強度試験を行った。この結果、薄肉複雑形状の船底形セルを切削加工及び手動溶接方法により製作できること、また、厚さ2mmのセルは最高使用圧力に十分耐える事が分かった。熱流動実験では、ガラス製のサーモサイホン回路に流体ガルデンを充填し、船底形セルを均一に900Wまで加熱した場合、流体の循環状況及び気泡の発生や移動状況に脈流、フラッシング、気泡の滞留、大気泡への成長等の異常が発生しない事が分かった。

今後、船底形セルの実用化に向けて使用条件下での温度解析、低温水素による熱流動試験、構造強度解析・試験、アルミニウム合金の耐放射線強度の調査等を実施していくことが必要である。

## 「JRR3M 冷中性子ガイド管のスーパーミラー化」

日本原子力研究所 研究炉部研究炉利用課

曾山 和彦、盛合 敦、鈴木 正年、石崎 洋一、中村 清、笹島 文雄、佐川 尚司

今後、JRR3Mの冷中性子ガイドの改善策としては、以下の点が挙げられる。

(1) 現状で、スーパーミラー化を行った場合、例えば、C1、C2ガイド管（特性波長：4Å）では、特性波長（4Å）がより短くなるため、4Å未満の短波長領域において、分散の小さい中性子強度が飛躍的に増加し、メリットが大きい。（短所は、短波長中性子が高調波・バックグラウンドを増加させる。）一方、特性波長（4Å）以上の長波長領域は、ビーム分散が増加するのみで、非弾性散乱実験、照射実験等でメリットがある。

(2) ガイド管の断面形状を大きくすると、全波長領域で分散の小さい中性子強度が増加し、ビーム面積も増加しメリットは大きい。回折実験の場合、縦方向のビーム断面のみを広げて、試料前で結晶等で縦ベントすると効果が大きい。問題点は、生体遮蔽内に断面形状のより大きいガイド管を挿入するスペースが無いことであり、生体遮蔽を改造するには、放射線作業、費用等からも困難な面が多い。

(3) ガイド管を炉心に近づけるのは、短波長の場合、もともと減速材の一部しか見ていないため近づけてもゲインが少ない。長波長側ほどゲインがあるが発散の大きい中性子が増加する。

(4) Ballistic ガイド管の設置によって、(2)の課題である生体遮蔽を改造することなく、分散の小さい中性子の輸送効率を増加させることができる。今後、シミュレーションによって、定量的にメリットを評価する必要がある。

## 「大強度陽子加速器の建設年次、到達出力、分光器の種類」

高エネルギー加速器研究機構 大友 季哉

現在、原研・東海研において建設がすすめられている大強度陽子加速器計画では、約 1 MW (25Hz) のスポレーションパルス中性子源が利用可能になる。建設完了は 2006 年（平成 18 年）であり、2007 年（平成 19 年）より中性子発生、2008 年（平成 20 年）より共同利用開始という予定になっている。

中性子フラックスは、1 MW のフルスペックに到達した時点で、結合型水素モデレータの場合、瞬間輝度では ILL の冷中性子源の 100 倍、時間平均フラックスでも 4 分の 1 となり、パルス中性子源の特性を生かすことで ILL を凌駕することが可能である。

プロジェクトチームによる中性子散乱装置配置検討の結果、23 本の中性子ビームラインを配置することができた。ちなみに高エネ機構・中性子科学研究施設（KENS）ではビームライン本数としては 13 本である。ソフトマターに関連する装置としては、大強度小角散乱装置、反射率計、全散乱装置などがプロジェクトチームより提案されることになっている。スピネコーなどはプロジェクト提案に現時点では含まれておらず、ソフトマター・コミュニティとして、研究に不可欠な装置が何であるのかを検討することは重要と思われる。

## 「パルス型小角散乱装置と原子炉型小角散乱装置の棲み分け」

日本原子力研究所先端基礎研究グループ 鈴木 淳市

大強度陽子加速器計画の 1MW パルス中性子源（結合型液体水素減速材について）の強度は、ピーク強度だけでなく、時間平均強度においても、現在の JRR-3M の冷中性子源の強度を凌ぐことが数値計算により示されている。このような状況下において、パルス中性子源に設置される小角散乱装置（パルス型小角散乱装置）と定常中性子源に設置される小角散乱装置（原子炉型小角散乱装置）をどのように位置付けていくか、各小角散乱装置の特徴を比較しながら検討する。パルス型装置の最大の特徴は、広い波長帯の中性子を利用することにより広い  $q$  領域を同時に観測できることである。線源性能だけを比較すると、時間平均強度も強く、広い  $q$  領域の同時観測が可能なパルス型装置の性能が原子炉型装置の性能を上回ることになる。しかし、試料、そして、検出器までのビーム輸送も考慮した場合、状況は変わるかも知れない。というのは、原子炉型小角散乱装置の性能が、ここ数年で急速に開発が進んだ中性子光学素子の利用により格段に向上することが期待できるからである。実際、SANS-J においては、2003 年度から、観測効率を高め、かつ、 $q_{\min}$  をより low- $q$  側に拡張する集光光学系の導入を偏極系の導入と併せて行う計画がある（参照：小泉智氏発表資料）。一方で、パルスビーム対応の集光光学系の開発も進められているが、色収差の補正など定常ビーム対応の光学系以上に克服すべき課題は多い。このように、原子炉型装置では、（様々な光学系が組み易い）単色ビームを利用する利点を積極的に活用し、高い精度を必要とする観測を追求することにより自らの特徴を際立たせることができる。

## 「中性子小角散乱装置(SANS-J)の高度化と目指すサイエンスについて」

日本原子力研究所先端基礎研究グループ 小泉 智

日本原子力研究所先端基礎研究センターでは、平成15年より中性子散乱ソフトマター研究グループの立ち上げることとなった。このグループは5カ年の計画である。研究に用いる主要分光器は、中性子小角散乱装置(SANS-J)および中性子超小角散乱装置(PNO)である。研究テーマは「化学反応が伴う非平衡系のソフトマター」とこれを支える「基礎物性」とし中性子散乱を最大限活用する。これまで中性子散乱では入射中性子線の輝度の問題から化学反応など時間変化する物質系の追跡が難しかった。そこでSANS-Jではこの点を改善するために、中性子集光素子の導入による大強度化を平成15、16年度に推進する予定である。同時にソフトマターへの偏極中性子の活用を目指してSANS-Jの偏極化を行う。また化学反応の準備を行うための化学設備の整備を進める。外部支援は既存の制度(大学関係者は協同研究、企業研究者は共同研究)を用いてこれらの目的に沿って原研以外の研究者間との連携を強力に図りたい。これらの研究者間ネットワークをもとに研究会へと発展させていきたい考えである。

## 「中性子小角散乱装置(SANS-U)アップグレード計画」

東京大学物性研究所 長尾 道弘、柴山 充弘

SANS-Uでは、次の4つの改造計画を持ち、鋭意進行中である。

### 1. 2次元カウンターシステムの改造

現在、使用中のカウンターはx, yの2本の芯線により2次元位置検出を行っている。この方式では、最大入射ビームレートは2000cpsであり、試料によってはそれ以上の強度を有するものがある。その場合は、中性子の吸収剤をビームパスに入れるなどして強度を落とす必要がある。そこで、x軸、y軸共に複芯線を持つタイプの2次元カウンターを導入する。これにより、最大カウントレートは10<sup>6</sup>cpsとなる。また、ノイズも1/10に軽減される見通しである。

### 2. 制御システムの改造

これまで使ってきたVAXのシステムからPCベースの制御システムへ変更する。これにより、測定システムの一元管理、測定の自動化、効率化をはかる。図はSANS-Uの測定制御システムのブロック図である。

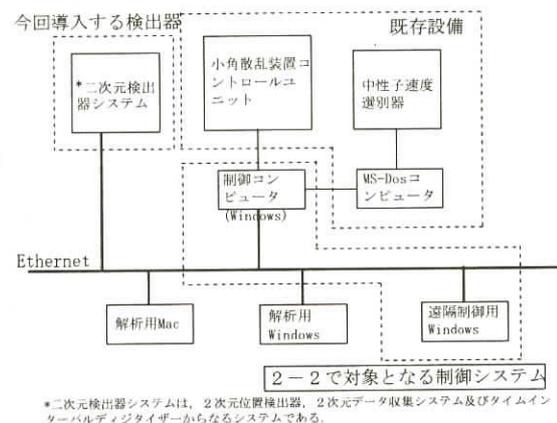
### 3. 作業スペースの改良

小角散乱装置とスピネコー装置は共通ユーザーによって利用されることが多い。そこで、現在別々に取ってあるSANS-UとISSP-NSEの作業スペースを共通にし、省スペース化を行う。

### 4. 集光系の導入

入射ビームに集光レンズなどを導入し、入射強度を増大させ、また、小角領域の分解能を上げることを検討中である。

SANS-Uは今後のアップグレードによって、よりuser friendlyな装置へと発展していきたいと考えている。



## 「原子炉型水平反射率計」

日本原子力研究所 研究炉部研究炉利用課

曾山 和彦、盛合 敦、中村 清、笹島 文雄、佐川 尚司

研究炉部では、LTAS(C2-1)反射率計でのR&Dを受けて、共同利用を視野に入れた専用反射率計をJRR-3M冷中性子ビームラインに設置する予定である(平成15年度末)。昨年度実施したアンケートの結果、ソフトマター、生物関連の利用希望が多いことがわかり、当初の方針通り水平型に特徴を持たせる設計としている。

新反射率計は、2軸回折計を基本とした水平・垂直両用の反射率計で、ビーム取りだしは、PG モノクロメータを使用し、主として  $4\text{\AA}$  中性子を取り出す。水平型反射率測定モードの場合には、生体遮蔽体出口に設置される可動式の中性子ベンダーでビームを試料位置に偏向する。この際、中性子ビームの試料への入射角度が変わっても試料を動かす必要はない設計となっている。測定  $Q$  領域は、最終的には、最大  $0.5\text{\AA}^{-1}$  を目標としている。中性子検出器は、1次元 PSD (ORDELA-1150N) を備えており、散漫散乱の観測が効率的に行えるだけでなく、時分割測定によりダイナミックスの研究が可能となる。将来的には、2次元イメージングプレートを検出器として備える予定。また、本装置は、設置空間的にゆとりがあり試料環境用アクセサリーの使用が容易である。今後、ユーザーグループと利用動向に関する議論の機会を多くし、in-plane diffraction、偏極モード、GISANS への対応を検討してゆく予定です。

## 「原子炉型垂直反射率計—JRR-3M C3-1-2 ビームポート MINE」

京都大学原子炉実験所 田崎 誠司

### 1.MINE の現状

原研 JRR-3M C3-1-2 ポートに設置。低速中性子ビームベンダーTRIBEによりビームを曲げ、分割。MINE ビームラインとして白色(MINE-1)、単色(MINE-2)が使える。

白色ビームは  $0.81\text{nm}$  以上、中性子束は  $6.7 \times 10^5 \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 、ビーム断面  $10 \times 70\text{mm}^2$ 、用途:新型

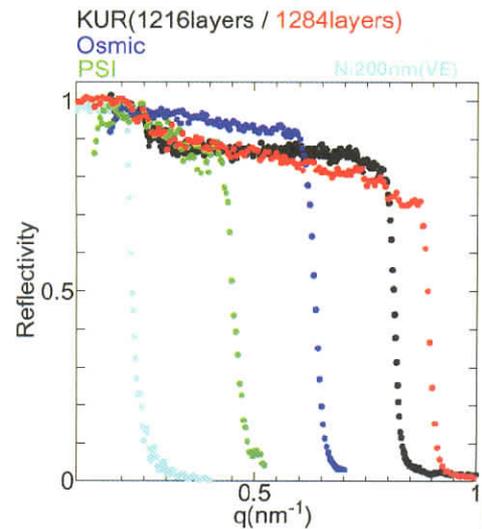
スピンエコー装置開発、中性子スピン干渉実験

2.MINE 反射率計の性能  
入射ビーム波長  $0.88\text{nm}$ 、波長分解能 2.5%、ビームサイズ  $6 \times 40\text{mm}^2(\text{max})$ 、ビーム強度  $1.6 \times 10^4 \text{cps}$ 、バックグラウンド  $0.05 \text{cps}$ 、測定可能反射率  $2 \times 10^{-6}$

### 3.MINE での実験例

### 4.MINE のアップグレード

1. コンピュータ、ソフト更新、
2. 偏極オプション、
3. PSD 導入、
4. ゴニオ交換(大型化)、
5. 試料環境:高温(自動化)、磁場、低温



- 5.他の反射率計との棲み分け・MINE 反射率計は、low- $Q$  マシンである： $Q < 1 \text{ nm}^{-1}$
- ・主として中性子光学機器開発向け=実験の自由度が高い
  - ・長波長の白色・単色ともに使える

## 「AGNES の現状と今後および研究動向」

大阪大学大学院理学研究科 山室 修

AGNES (C3-1-1) はパルス冷中性子を用いた飛行時間型高分解能非弾性散乱装置である。C3 ガイドの冷中性子を5連のモノクロメータ (PG またはマイカ) で単色化し、フェルミチョッパーによってパルス化した中性子の飛行時間解析を行う。モノクロメータのブラッグ角に応じてチョッパーの回転速度を調節することで検出器位置での時間焦点条件を実現しており、エネルギー分解能は標準的に用いる PG (波長  $4.22 \text{ \AA}$ ) で  $120 \mu\text{eV}$ , マイカ (波長  $8.15 \text{ \AA}$ ) で  $24 \mu\text{eV}$  に達する。現在は約 200 本の検出器が  $2\theta = 10 \sim 130^\circ$  の散乱角に設置されており、PG の場合  $4 \sim 20 \text{ meV}$  程度のエネルギー範囲、 $0.2 \sim 2.7 \text{ \AA}^{-1}$  の運動量範囲で測定可能である。今後、現在問題となっているチョッパーの駆動系やコンピュータ関係の更新を行うと共に、モノクロメータの高性能化や検出器の増強が計画されている。

現在 AGNES では、装置責任者の梶谷グループを中心とした磁性体や超伝導体の研究以外に、水、水溶液、熔融塩、ガラス、高分子、有機結晶などのソフトマター研究を行っている。本研究会では、その中で山室グループの行っている電解質水溶液ガラスの研究とクラスレート水溶液の研究を簡単に紹介した。

電解質水溶液ガラスでは、AGNES の測定により、これまで水溶液ガラスでは存在しないとされていたボゾンピークが初めて見出された。また、振動状態密度の解析により、陽イオンへの水和構造 (水素結合の破壊をもたらす) とボゾンピーク強度の関係が明らかになった。クラスレート水溶液の研究は、未だ始まったばかりであるが、メタン水和物などで注目されているクラスレート水和物の生成・分解過程の制御につながる将来性の高い研究である。これまでに、数種の有機分子の水溶液の準弾性散乱スペクトルから、クラスレート水溶液中の水分子の拡散運動は純水中より遅いことが分かった。このことは、液体状態でもゲスト分子を取り囲む水分子のケージ様の構造が形成していることを示唆しており興味深い。

今後 AGNES は、上述の改良に加え、冷中性子源やガイド管の改良により、現在の 10 倍以上の強度をもつ分光器になる。そうなれば、これまで測定が難しかった生体高分子などの研究を含め、ソフトマター分野で重要な役割を果たすようになるであろう。

## 「ISSP-NSE の現状」

京都大学大学院理学研究科 瀬戸 秀紀

物性研の保有する中性子スピネコー装置 ISSP-NSE は、世界で7台しかない実用的な NSE 分光器（オプションとしてのものを除く）の一つである。この装置は JRR-3M が臨界に達した翌年の 1991 年より広大グループを中心に立ち上げを開始し、その後いくつかの段階を経てアップグレードしてきた。その段階を分けると4つに分類することが出来る。（図1）

第一の段階(Phase I)は、1991~96年である。この段階では C-2-2 ポートを NSM と共有しながら、中性子スピネコー法の装置開発を行いその有用性の検証を行った。この間、プリセッションコイルとその台を物性研の経費で製作し、サンプルテーブルは NSM のものを共用した。またポラライザ、アナライザ、フリッパー、カウンターなど他のパーツは広大グループが提供した。ポートを占有できなかったこと、床が石張りで無かったこと、磁場環境の悪さ等様々な悪条件の元の開発作業であった。

NSE の第二段階(Phase II)は、これに続く 1997~1999年である。NSM の撤退によりポート占有が可能になり、モノクロメータの更新もあってようやく一つの装置として確立した。この Phase から一般ユーザへの共同利用が始まったが装置としてはまだ開発段階であり、例えば  $2\theta$  軸が自動で動かない、クレーンが動くとその時間帯のデータを捨てなければならない、など様々な使い勝手の悪さが残っていた。従ってまだテスト利用の域を出ないものだった、と言って良いだろう。

2000年以降現在までは、その後の第三段階(Phase III)にあたる。床の張り替えや  $2\theta$  スキャンの自動化、クレーンセンサーの取り付けなどにより装置としての成熟度を増し、また今年度のポラライザ、アナライザの交換により装置性能自体が大きく向上した。現在のスペックは中性子強度以外の点では他国の NSE マシンに対抗しうるものとなり、ユーザ数もほぼ飽和状態(図2)となっている。更に論文も毎年コンスタントに7~8報出るようになってきており、まさに「ワールドクラス」の装置になる条件は十分に整っている、と言えよう。

来年度以降の ISSP-NSE であるが、まずガイドエンドへの移設によって中性子強度の1桁以上の増強が見込まれる。また velocity selector の導入や  $2\theta$  軸の上限の拡大により、Q、t 両面のダイナミックレンジの増大が期待できる。これにより、ISSP-NSE はほとんどあらゆる点で諸外国の NSE 装置に匹敵する性能を持つことが出来る。この装置がアジア・オセアニア地区では唯一の NSE 分光器であることを考えれば、今後は物性研の装置群の中でフラッグシップとなり得る可能性がある、と言っても良いであろう。

|           |                             |         |
|-----------|-----------------------------|---------|
| 1991(H3)  | 架台購入                        | Phase 1 |
| 1992(H4)  | Precession coil購入           |         |
| 1993(H5)  | Precession coil設置、テスト       |         |
| 1994(H6)  | 装置全体の組み上げとテスト<br>(NSMのみが使用) |         |
| 1995(H7)  | ILLモノクロへの交換 共同利用開始          |         |
| 1997(H9)  | HMIモノクロへの交換                 | Phase 2 |
| 1998(H10) | 石床張り、Q-scan自動化              |         |
| 1999(H11) | クレーンセンサー設置                  | Phase 3 |
| 2000(H12) | PSD利用                       |         |
| 2002(H14) | polarizer, analyzer更新       |         |
| 2003(H15) |                             |         |
| 2004(H16) |                             | Phase 4 |
| 2005(H17) |                             |         |

図1

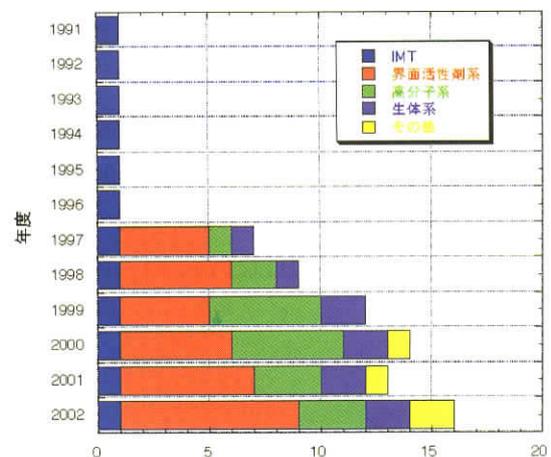


図2

## 「中性子スピネコー分光器 ISSP-NSE の移設改造計画」

広島大学総合科学部 武田 隆義

中性子スピネコー分光器 ISSP-NSE では、原研 JRR3M の冷中性子導管 C2 の途中の C2-2 ポートで 2 回反射のモノクロメータでビームを曲げて取り出し、さらに、ポライザーで反射させて偏極中性子のビームを得ている。このために、入射中性子強度を著しく損失している上に波長および波長分解能を変化させることが困難である。ガイドエンド C2-3 に移設し、速度選別機で単色化し、ポライジングベンダーで偏極中性子のビームを得る方式を採用すると、入射中性子強度に関して 1 桁以上の改善が期待できるだけでなく、波長および波長分解能の変化を容易に行うことができ測定に適した条件を選択して実験が行える。さらに、大面積のスパイラルコイル（有効口径 150mm）、大面積のアナライザ（有効断面積 300mm x 300mm : マルチチャンネルポライジングベンダー）の設置および位置敏感検出器の増設により、試料から広がってくる散乱中性子をさらに幅広く取り込むことにより、計測中性子強度のさらに 1 桁以上の増強を計ることができる。なお、現在のアナライザの有効断面積は 40mm x 100mm である。

NSE 移設および移設にともなう整備により、計測中性子強度で 2 桁以上増強し、測定時間の短縮のみならず、これまで測定が困難であった試料での研究が可能になる。さらに、波長および波長分解能の変化を容易に行うことができ、測定に適した条件を選択して実験が行える。

## 「NSE における中性子ガイドの有効性」

京都大学原子炉実験所 田崎 誠司

- ・ 中性子ガイド：デバイスとしてみると、入射した一定の波長・発散角の中性子を出口へ導くもの
- ・ 壁の材料をうまく選ぶと、一定のコリメーションのビームを得られるようになる
- ・ 中性子スピネコー装置では、経路の長いビームが混入し、スピネコー信号のコントラストが減少する
- ・ スピネコー装置の場合でも、全反射臨界角のちょうどよい大きさのものを導管壁に選べれば、反射角も減少し、エコー信号のコントラストもそれほど減少しないですむ

● ケーススタディ: 0.6nm 中性子を利用するとき

$Q=1\text{nm}^{-1}$  では  $\theta=1/21\text{rad}$ 、 $\Delta Q/Q=0.1$  とすると  $\Delta\theta=1/200\text{rad}$ 、

導管を入れた場合壁の材料の臨界波長  $=\lambda/\sin\theta=120\text{nm}\cdot\text{Si}$ 、ガラスが適当。(cf. Ni なら臨界波長は 58nm)

この場合、パスのずれは  $(1-\cos\theta)\sim 10^{-4}$  で、経路長の増大によるコントラストの減少はほとんどない。

## 「原子炉設置型 Backscattering Spectrometer の最近の発展と ソフトマターにおけるダイナミックスの研究成果」

日本原子力研究所東海研究所・大強度陽子加速器施設開発センター・中性子利用開発グループ

柴田 薫

ソフトマターを始めとするさまざまな凝縮系物質の  $\text{sub } \mu\text{eV} \sim \mu\text{eV}$  領域の低エネルギー励起、緩和現象の研究を目的とする中性子非弾性散乱実験のための代表的な超高エネルギー分解能中性子分光器として Neutron Spin Echo (NSE) spectrometer とともに Backscattering (BS) spectrometer は 1970 年代から ILL を始めとする欧州の研究用原子炉に建設され多くの目覚ましい成果が得られてきた。これらの第 1 世代の原子炉設置型 BS spectrometer の成功を背景に 1990 年代以降、収束型 Monochromator, PST(phase space transformation) chopper などのデバイス開発の成果を基盤にしてエネルギー分解能・測定強度が飛躍的に改善・向上した第 2 世代&第 2.5 世代の原子炉設置型 BS spectrometer が、ILL、NIST で建設され最近目覚ましい研究成果を挙げつつある。

講演では NIST に設置された第 2.5 世代原子炉設置型 BS spectrometer; HFBS 分光器を例として取り上げて、第 1 世代と第 2 世代&第 2.5 世代原子炉設置型 BS spectrometer の相違点である収束型 Monochromator (入射中性子の角度発散と Monochromator 完全結晶の Mosaicism のマッチングを取った湾曲型 Monochromator) と、PST chopper (平行ではあるが波長バンド幅( $\delta\lambda/\lambda \sim$ 約 17%)を持つ入射ビームを高速回転する PG 結晶で回折することにより発散角の大きな単色性の高い散乱ビームに変換する) の原理について説明した。

また約 4 倍のビーム強度 Gain が得られる PST chopper の装着と Analyzer Mirror 面積の拡大等の改善により NIST HFBS 分光器は、PST chopper を未装着の第 2 世代原子炉設置型 BS spectrometer ILL IN16 分光器と比較して同一試料で約 7 倍の測定強度が得られることを報告した。

以上のように高度化した第 2.5 世代原子炉設置型 BS spectrometer NIST HFBS 分光器を用いて行われた、第 1 世代 BS spectrometer では測定が困難であった微量試料の典型的な例である高分子薄膜(膜厚;  $d \geq 75 \text{ \AA}$ ) の膜厚とガラス転移の相関性に関する動的構造の研究成果について論文紹介を行った。

今後 NIST HFBS の成功をうけて PST chopper を装着した第 2.5 世代原子炉設置型 BS spectrometer は欧米の研究用原子炉を中心に更に設置されることが予定されており、高度化による測定可能な試料の微量化により BS 分光器の適応科学分野が拡大することが期待される。

### 「高い Q ベクトル領域でのソフトマターの中性子スピンエコー」

九州大学大学院理学研究院 阿知波紀郎

高い Q ベクトル領域での中性子スピンエコー装置として、物性研の 3 軸型偏極中性子分光器に取り付けられた中性子スピンエコー装置として、PONTA が存在する。しかしながら、分子回転相を有する分子性固体などの準弾性散乱実験では、広い逆格子空間での  $S(\mathbf{Q}, t)$  の情報が期待される。

広い逆格子空間での中性子スピンエコーを行える装置として、ゲーラーや海老沢らにより開発されて来た MIEZE 型の時間ビート中性子スピンエコー装置の発展を提案する。この装置の原理は、共鳴フリップパーを用いて、異なるエネルギー固有状態の中性子波を重ねあわせることにより、中性子波の時間ビー

トを MHz まで生成するものである。アナライザーの後方に試料を設置するため、試料散乱後の中性子を飛行時間法と同様に広い逆格子範囲で測定できる。時間エコーにより通常の中性子スピネコーと同様な  $S(Q,t)$  情報は、干渉、非干渉散乱の区別なく測定できる。また、通常の中性子スピネコー装置よりはるかに小型化が可能などの特徴を有する。

講演では、分子性固体、液体のダイナミクスが分子動力学の手法により、再現される時代になったが、動的分子配向相関の実験は、自己相関関数を求める実験が主で分子間相関の実験は十分行われていない。シアノアダマンタンのプラスチック相の動的分子配向相関や、ヘプタデカン回転相のダイナミクス、磁性流体中のマグネタイト微粒子ブラッグ反射の中性子スピネコーなど、当グループの実験を紹介し、高い  $Q$  ベクトル領域でのソフトマターの中性子スピネコー装置の必要性を論じた。

### 「スピネコーと中性子小角散乱 - ゲルの不均一性」

京都大学化学研究所 金谷 利治、高橋 伸明

高分子ゲル、特にポリビニルアルコール(PVA)ゲルに焦点をあて、小角中性子散乱により全ゆらぎを調べ、中性子スピネコー法により動的ゆらぎを測定することにより、静的ゆらぎと動的ゆらぎの分離を試みた。本研究では、3つのタイプの異なる PVA ゲルを取り上げた。(1) 架橋点が微結晶でありそのサイズが約  $70\text{\AA}$  である物理ゲル、(2) ほう砂を加えた PVA 水溶液で架橋点は水素結合でできており、有限の寿命を持つ架橋点組み替えゲル、(3) グルタルアルデヒドによる化学架橋ゲルである。(1) の物理ゲルでは、ポロド領域と呼ばれる  $Q$  範囲で測定を行なったところ、揺らぎの成分はほとんどが静的な成分であったのに対し、(2) の架橋点組み替えゲルでは、静的なゆらぎは観測されず、すべてが動的なゆらぎであった。さらに、巨視的粘度が5桁以上異なるにも関わらず、調べた  $Q$  範囲ではゲルは全く溶液と同等に振る舞うことが明らかとなった。(3) の化学架橋ゲルでは、架橋密度を変化させて調べたところ、小角散乱で観測されるゆらぎに架橋密度依存性がないにも関わらず、動的なゆらぎが架橋密度の増加に伴い、減少することが分かった。このように、小角中性子散乱と中性子スピネコー法の組み合わせにより、ゆらぎの中身を分離することができ、ゲルの不均一性の原因をより詳細に調べることができた。

### 「ソフトマター研究への偏極中性子活用に可能性について」

日本原子力研究所 小泉 智

本研究会の冒頭で報告されたように、研究用原子炉 JRR-3M の冷中性子源の高性能化や隣接する大強度陽子加速器の建設などの現状がある。これを受けて大強度と時間特性にユニークな中性子線が利用できるようになるであろう。その利を活かして、ソフトマターの研究もこれまで到達し得なかった領域へと踏み込めると期待する。その可能性の一つとして偏極中性子の活用がある。偏極中性子はこれまで磁性らの固体物理の研究には盛んに活用されてきた。また最近では、Mezeiらの提唱によるスピネコー法による高分解能中性子非弾性散乱として小角散乱領域のソフトマターのスローダイナミクスの研究に

活用され、その有用性は国内外で認知されるに至っている。本報告ではソフトマターを特徴付けるキーワードを（１）巨大分子と分子集合体、（２）スローダイナミクス、（３）軽水素、（４）複合体形成として、これらを精度よく観察する中性子散乱法を以下の表のようにまとめた。各項目はそれぞれの分光器班や研究グループによってすでに実現されるか、または検討がなされている。特にソフトマターに含まれる軽水素の核スピンを動的核スピンの偏極法で偏極できれば、スピン非干渉性散乱の除去とコントラスト変調法が同時に実現する。スピネコー法とならんで次世代のソフトマターの研究を支える主要手段となると確信する。原研の中性子散乱装置（SANS-J）ではこの点を実現していきたい。

| ソフトマターの特徴                   | 中性子散乱             |                                | 中性子 |    | 水素 H |                        |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|-----|----|------|------------------------|
|                             | 要求                | 分光器、デバイス                       | 偏極  | 歳差 | 偏極   | $\sigma_{inc}$         |
| (1) 巨大分子、分子集合体<br>ナノ～マイクロ構造 | 超小角領域             | 磁気レンズ                          | ○   | ○  | ×    | ↑<br>79.9<br>barn<br>↓ |
| (2) スローダイナミクス               | 高分解能非弾性散乱         | スピネコーSANS<br>Mezei 型<br>スピネコー法 | ○   | ○  | ×    |                        |
| (3) 有機物 Hの存在                | 非干渉性散乱除去          | 偏極解析                           | ○   | ×  | ×    |                        |
| (4) 複合構造、多成分系               | コントラスト<br>バリエーション | 核スピンの偏極<br>ターゲット               | ○   | ×  | ○    | 0                      |

## 「原子炉型反射率計 vs パルス型反射率計、サイエンス」

高エネルギー加速器研究機構中性子科学研究施設 鳥飼 直也

近年、中性子反射率測定は物質の表面・界面研究に必要な不可欠な測定手段として広く認識され、国内外を問わず、主要な中性子散乱実験施設には必ず反射率計が設置されているといった状況にある。中性子反射率計は、設置された中性子線源のタイプにより、1) 原子炉型と 2) パルス型に大別される。1) 原子炉型は、基本的には単色ビーム（波長 $\lambda$ が一定）を使用する反射率計で、測定においては測定点毎に中性子の入射角 $\theta$ を変えて反射強度を観測する。これに対し 2) パルス型は、白色ビーム（ $\lambda$ に分布）を測定に用いて飛行時間（Time-of-Flight; TOF）解析を行なうために、試料を動かすことなく（ $\theta$ は一定のまま）、一度に広い $q$ 領域の反射率を測定することができる。これは、単に液体表面のような自由界面を有する試料の測定に有利であるばかりでなく、時分割で反射率を測定する場合にも圧倒的にパルス型が有利であることを意味する。また、パルス型に検出器として PSD を組み合わせることにより、鏡面反射（specular reflection）と同時に、試料の面内方向の構造情報を反映した非鏡面反射（off-specular）の観測も可能である。こういったパルス型が持つ有利さのために、原子炉に設置された反射率計の中には、チョッパーの導入により TOF モードでの測定を選択している装置が存在する。一方、原子炉型の反射率計では、これまでに原子炉で開発、確立された技術（偏極、スピネコー等）を活用して、他に無い特徴を備えた装置が幾つか存在する。例えば、NIST（米）の NG1 反射率計では偏極中性子を用いた反射率の位相決定に対する取り組み、また ILL（仏）の EVA 反射率計には斜入射回折オプションが備えられている。統合計画において提案されるパルス型の水平型反射率計についても、単に鏡面・非鏡面反射が観測できるだけでなく、偏極、斜入射回折、スピネコー等の様々なオプション機能の導入が検討されている。

## 「SANS, NSE, USANS, USAXS, NR による両親媒性高分子系の研究」

京都大学工学研究科高分子化学専攻 松岡 秀樹

両親媒性ジブロックコポリマーが水中で形成する高分子ミセルのナノ構造とダイナミクス、水面で形成する高分子単分子膜のナノ構造、高分子微粒子が分散液中で形成するコロイド結晶構造に関する中性子による研究の現状を紹介し、これらの研究を行う上での各種中性子装置の問題点と今後の改良点に関する提言を行った。

SANS による高分子ミセル構造研究では、(1)球状ミセル/棒状または円盤状ミセル転移現象の厳密な解析には、より low-Q を正確に測定する必要があること、異形ミセル混合系が平衡状態に達するには数ヶ月の時間オーダーがかかることから、年に複数のマシンタイムが必要であること、また、(2)ミセルの周りを取り巻くコロナ構造の解析には、より high-Q と background の低減が必要であり、広い Q レンジを迅速に測定できるシステムの必要性を示した。

NSE による高分子ミセルのダイナミクス研究では、現状では強度的に数十倍から二桁程度不足しており、強度増大が急務であることを具体例により示した。また、動的光散乱(DLS)の相補的利用の有用性を強調した。

USANS によるコロイド結晶の研究では、諸外国の USANS に比した強度的劣性が明らかであることを示し、中性子の特徴であるコントラストバリエーション法による系統的研究展開の困難さを具体例により示した。改善策としては、分解能を犠牲として、Ge(111)の3回反射光学系への変更を提案し、分解能に関しては装置関数の deconvolution によりカバーできる可能性を指摘した。また、第2結晶スキャン型のゴニオにすることでより high-Q がカバーでき、SANS-U とオーバーラップする Q レンジが達成できる可能性を指摘した。

NR による単分子膜研究では、来年度3号炉に設置される水平型新反射率計が、7-8桁のダイナミックレンジが達成できる可能性があることから、水面単分子膜研究への活用の期待を示した。また、試料周りに広く自由な空間を確保できる利点を生かして、GIND 測定および中性子以外の手法との複合測定システムの構築を提案した。

さらに、高分子系における中性子による新たなサイエンスとして、重合反応の SANS による追跡の例を紹介した。スチレンのリビングアニオン重合系において、living 系と dead 系の SANS 曲線を比較したところ、dead 系では、Gauss 関数で良好に再現できるのに対し、living 系では小角側に大きな立ち上がりがあり、living 反応末端が会合していることが確認された。さらに、有機金属錯体の溶媒中での構造に関する SANS 研究の例を紹介し、やはり大きな会合体を形成していることを示唆するデータが得られていることを紹介した。これらの系は、空気中の酸素により失活するため、現状の準備室では調整困難である。化学実験準備室の整備と溶液試料のための低温セルの開発が必要である。

## 「SAXS と SANS」

### — 各々の probe の利点と観測される構造 —

九州大学大学院理学研究院物理学部門 杉山 正明

近年、高強度の放射光を利用した X 線散乱実験の成果は目を見張るものがある。また、中性子散乱の分野でも核破碎型の大強度中性子源の実現が目前に迫っており、新たな発展が期待されている。小角散乱において、放射光の利点は、(1)大強度、(2)広波長域利用が挙げられる。(1)ではミリ・マイクロ秒オーダーの時分割測定やマイクロサイズにコリメートされたビームを用いた微少領域の構造測定が行われている。(2)では、新たな手法として、特定原子の分布の測定を可能とした X 線異常分散効果を利用した小角散乱法が展開中である。ただし、これらの大強度の X 線による試料の損傷には十分注意することが必要である。一方、中性子も X 線に対して多くの利点を持っており、特に高い物質透過率は、試料周りの設定に多くの自由度を与えている。このことは、多様な環境(ずり、高圧)での *in situ* 測定を可能にしている。シンポジウムでは、以上についての実験例の紹介を行った。今後の大強度中性子計画では、このような特徴を生かした中性子小角散乱装置及び試料アクセサリーの設置を期待したい。

## 「化学反応と時分割 SANS 測定」

京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻 長谷川博一・山内 一浩  
日本原子力研究所先端基礎研究センター 小泉 智

高分子と関連した化学反応には重合・解重合反応、高分子反応(官能基変換・高分子間反応)、分解反応などがあり、その反応動力学はこれまで分光学的方法などにより研究されてきたが、得られる情報は物質濃度の時間変化であった。一方、生物による天然高分子の生産は、合成と同時に高次構造形成も行われているものが多いが、それらに関する研究例はほとんどない。合成高分子に関する化学反応にも、反応過程において高次構造形成が起きる事例が少なくなく、まず、比較的簡単なそれらの研究をすることは意義深いと考えられる。時分割 SANS は化学反応過程における高次構造形成を研究するための有望な手段である。そのためには強力な中性子源、効率の良い計数・測定システムなどが要求されるが、まず、第一に必要なものは試料台上で化学反応を行うためのインフラおよび安全対策の整備である。我々は、このような研究が可能であることを示すために、重水素化ベンゼン中におけるスチレンのアニオン重合過程の時分割 SANS 測定を行った。散乱プロファイルの時間依存性が観察され、今後の発展への可能性を示すことができたと思われる。

ソフトマターの中性子散乱研究における戦略の一つとして、小角中性子散乱(SANS)と動的光散乱(DLS)を相補的に使った例を紹介した。系としては、温度敏感型のポリ N-イソプロピルアクリルアミド(PNIPA)水溶液とその対照試料である PNIPA 溶液を用いた。この PNIPA—水系は LCST 型の相図を持ち、約 32°C で相分離を起こす温度敏感型材料として注目されており、静水圧に対しても興味ある相挙動をもつ。そこで 400MPa まで加圧可能なインナーセルタイプの SANS および DLS 用高圧セルを用い、PNIPA ハイドロゲルならびに溶液の構造とダイナミクスの高圧依存性の実験を行った。光散乱による予備実験では、圧力の上昇に伴い相分離温度は 32°C から一旦 70MPa あたりで約 34°C へと上昇し、その後、200MPa では室温付近まで低下することが観測された。この強い圧力依存性は、PNIPA が疎水的なイソプロピル基を側鎖に持っているからであると考えられる。そこで、種々の温度で散乱強度関数の圧力依存実験を行ったところ、Fig. 1 に示すように、溶液系ではいずれも Ornstein-Zernike 型の散乱関数となり、散乱角ゼロでの散乱強度  $I(0)$  および相関長  $\xi$  がともに相分離圧力に向かって増大する現象が観測された。一方、

ゲルにおいては 100MPa あたりから、印加圧力に依存しなくなった。DLS においても、溶液系では臨界緩和が起こるのに対し、ゲルでは相分離圧力まで特性緩和時間は殆ど圧力に依存せず網目の運動に起因する協同拡散が保存されるという現象が観測された。このことは、臨界現象において架橋の有無による著しい結合相関依存性が存在することを示唆していると考えられる。

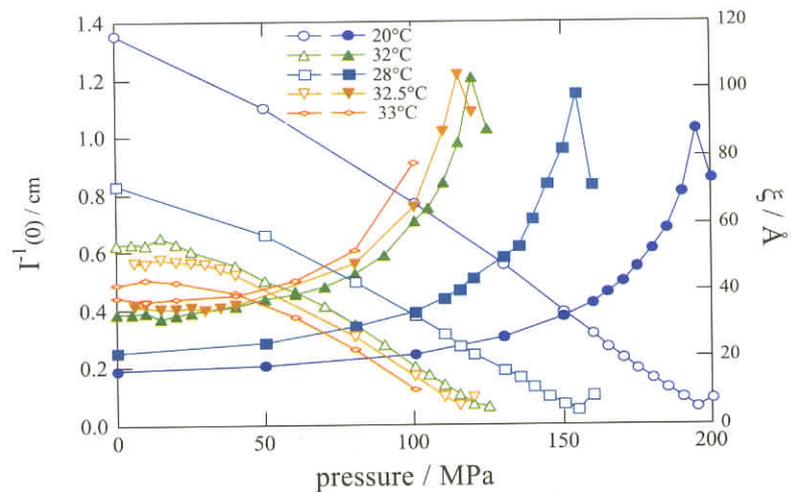


Fig. 1 Pressure dependence of the zero-angle scattered intensity,  $I(0)$ , and the correlation length,  $\xi$ , for PNIPA solution.

# 物性研究所談話会

日時：2002年11月7日（木） 午前11時～12時

場所：物性研究所6階 A615号室

講師：Prof. Alexandre T. Burkov

（イオッフエ物理工学研究所）

題目：Magnetotransport in disordered  $(Y_{1-x}Gd_x)Co_2$  alloys near to zero-temperature magnetic phase boundary

要旨：

We present experimental results on magnetoresistivity, thermopower, susceptibility, and magnetization of structurally disordered alloys  $(Y_{1-x}Gd_x)Co_2$ . In this series,  $YCo_2$  is an enhanced Pauli paramagnet, whereas  $GdCo_2$  is a ferrimagnet ( $T_C=400K$ ) with Gd sublattice coupled antiferromagnetically to the itinerant Co 3d electrons. The alloys are paramagnetic for  $x < 0.12$ . Transport properties of diluted paramagnetic alloys show Kondo like anomalies: resistivity minimum, and strong enhancement of low temperature thermopower. On approaching to the magnetic phase boundary the resistivity reveals non-Fermi liquid behavior, indicating a presence of apparently gap-less magnetic excitations. Most unusual feature is the large positive magnetoresistivity observed in alloys with magnetic ground state at temperatures  $T < T_C$ . We show that this unusual feature is directly linked to the combination of the structural disorder and magnetic instability of itinerant Co-3d electrons.

日時：2002年11月7日（木） 午後2時～3時

場所：物性研究所6階 A615号室

講師：高橋 順子

（明治学院大学 法学部 消費情報環境法学科 専任講師）

題目：固体表面上で形成励起された水素分子の赤外発光スペクトル

－新しい天文学的プローブ光の可能性－

要旨：

宇宙空間中で最も大量に存在する分子である水素分子は、主として宇宙塵表面上での水素原子再結合反応  $H+H \rightarrow H_2$  によって形成されると考えられている。その際、宇宙塵表面と水素原子/分子の相互作用下での生成熱（ $=4.5eV$ ）の再分配過程の結果、高い振動回転励起状態の水素分子が生成する。これを形成励起（Formation Pumping）という。形成励起された水素分子は、やがて自然発光過程によって赤外線を放出する。このことは、宇宙空間において、従来知られていた星からの紫外線により電子励起状態へ励起された水素分子からの赤外発光（紫外線励起光）や衝突励起による赤外発光（衝突励起光）以外に、第3の機構として宇宙塵表面上で形成励起された水素分子からの赤外発光（形成励起光）が観測される可能性を示唆する。

Takahashi and Uehara(2001)は、アモルファス氷型、シリケート型、および炭素型の宇宙塵表面上での水素分子形成反応についてのTakahashi et al. (1999)らによる分子動力学シミュレーションの結果に基づいて、それぞれの宇宙塵表面上で形成励起された水素分子の振動回転励起分布の新しいモデル関数を作成した。次に、それらの関数を用いて、水素原子雲から水素分子雲への成長途上にある星雲中で、形成励起過程と紫外線励起過程と自然発光過程が同時に起こる場合の水素分子の振動回転状態分布についてマスター方程式を立て、それが準平衡状態に達した時の解を求めることにより、水素分子の赤外発光スペクトルを計算した。その結果、形成励起光スペクトルが紫外線励起光スペクトルとはっきり区別できることがわかった。また、形成励起光スペクトルは、宇宙塵表面の種類によってパターンが変化することもわかった。

以上のことから、形成励起光は、宇宙空間中での固体表面反応を直接観測するための新しいプローブ光になると考えられる。形成励起光は、水素原子雲から水素分子雲への成長途上にある星雲中においてのみ観測可能な強度を持つので、星雲の進化段階を探るためのプローブ光ともなる。さらに、宇宙塵の種類についての情報や、水素分子のオルソ/パラ比を指標とした星間空間の物理的情報などももたらしてくれることが期待される。

#### 参考文献

- 1)Takahashi, J., Uehara, H., “H<sub>2</sub> Emission Spectra with New Formation Pumping Models”, *Astrophys. J.*, 2001, 561, 843-857.
- 2)Takahashi, J., “The Ortho/Para Ratio of H<sub>2</sub> Newly Formed on Dust Grains”, *Astrophys. J.*, 2001, 561, 254-263.
- 3)Takahashi, J., Masuda, K., Nagaoka, M., “Product Energy Distribution of Molecular Hydrogen Formed on Icy Mantles of Interstellar Dust,” *Astrophys. J.*, 1999, 520, 724-731.
- 4)高橋順子, 「塵の上でつくられる宇宙の水素分子」, *パリティ*, 2001年5月号, 24-30

# 人事異動

## 【研究部門等】

○ 平成14年10月1日付け

(転入)

| 氏名   | 所属          | 職名  | 異動内容              |
|------|-------------|-----|-------------------|
| 廣田和馬 | 附属中性子散乱研究施設 | 助教授 | 東北大学大学院理学研究科助教授から |

(昇任)

| 氏名   | 所属         | 職名 | 異動内容                     |
|------|------------|----|--------------------------|
| 福島孝治 | 附属物質設計評価施設 | 助手 | 昇任(大学院総合文化研究科広域科学専攻助教授へ) |

(所内勤務換)

| 氏名   | 所属          | 職名 | 異動内容          |
|------|-------------|----|---------------|
| 武末尚久 | 附属中性子散乱研究施設 | 助手 | 東海村勤務から柏地区勤務へ |

○ 平成14年11月1日付け

(採用)

| 氏名   | 所属        | 職名 | 異動内容 |
|------|-----------|----|------|
| 木村伸也 | 新物質科学研究部門 | 助手 | 新規採用 |

## 【事務部】

○ 平成14年9月1日付け

(転出)

| 氏名   | 所属  | 職名   | 異動内容              |
|------|-----|------|-------------------|
| 下坂行雄 | 庶務課 | 庶務掛長 | 法学部・法学政治学研究科庶務主任へ |

(転入)

| 氏名   | 所属  | 職名   | 異動内容           |
|------|-----|------|----------------|
| 高橋浩幸 | 庶務課 | 庶務掛長 | 教養学部等学生課学生掛長から |

○ 平成14年10月1日付け

(転入)

| 氏名   | 所属  | 職名    | 異動内容          |
|------|-----|-------|---------------|
| 村上征道 | 経理課 | 施設第一掛 | 施設部電気・通信設備課から |

# 平成14年度 後期 短期研究会一覽

| 研究会名                            | 開催期日                                        | 参加予定人数 | 提案者                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------|---------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 強磁場下物性研究の現状と新展開<br>—新しい基盤構築へ向けて | 平成14年10月8日(火)<br>} 平成14年10月9日(水)<br>(2日間)   | 100名   | ○野尻 浩之 (岡山大・理)<br>小林 典男 (東北大)<br>金道 浩一 (阪大)<br>鈴木 直 (阪大)<br>高増 正 (物質・材料研究機構)<br>嶽山正二郎 (千葉大)<br>太田 仁 (神戸大)<br>青木 秀夫 (東大)<br>三浦 登 (東大・物性研)<br>長田 俊人 (東大・物性研)<br>後藤 恒昭 (東大・物性研)            |
| 摩擦の物理                           | 平成14年10月23日(水)<br>} 平成14年10月25日(金)<br>(3日間) | 80名    | ○松川 宏 (阪大・大・理)<br>川端 和重 (北大・大・理)<br>加藤 孝久 (産業技術総合研究所)<br>高山 一 (東大・物性研)<br>渡邊 聡 (東大・大・工)<br>前田 京剛 (東大・大・総合文化)<br>鈴木 勝 (電通大・電気通信)<br>那須野 悟 (学習院大・理)<br>白浜 圭也 (慶應大・理工)<br>三浦 浩治 (愛知教育大・教育) |
| 物性研究における計算物理                    | 平成14年11月6日(水)<br>} 平成14年11月8日(金)<br>(3日間)   | 100名   | ○高山 一 (東大・物性研)<br>上田 和夫 (東大・物性研)<br>今田 正俊 (東大・物性研)<br>宮下 精二 (東大・大・工)<br>川勝 年洋 (東北大・大・理)<br>岡部 豊 (都立大・大・理)<br>寺倉 清之 (産業技術総合研究所)                                                          |
| 分子性導体の物質探索と新機能開拓                | 平成14年11月25日(月)<br>} 平成14年11月27日(水)<br>(3日間) | 80名    | ○森 健彦 (東工大・大・理工)<br>鹿野田一司 (東大・大・工)<br>小林 速男 (分子研)<br>斉藤 軍治 (京大・大・理)<br>中村 貴義 (北大・電子科学研)<br>田島 裕之 (東大・物性研)<br>森 初果 (東大・物性研)                                                              |
| 「高輝度極紫外・軟X線放射光」による物性21世紀        | 平成14年12月13日(金)<br>} 平成14年12月14日(土)<br>(2日間) | 60名    | ○上野 信雄 (千葉大・工)<br>木下 豊彦 (東大・物性研)                                                                                                                                                        |
| 「ナノ力学による原子分子の操作と組立」             | 平成15年1月20日(月)<br>} 平成15年1月21日(火)<br>(2日間)   | 40名    | ○森田 清三 (阪大・大・工)<br>長谷川幸雄 (東大・物性研)<br>渡邊 聡 (東大・大・工)<br>山田 啓文 (東大・大・工)<br>猪飼 篤 (東工大・大・生命工学)<br>富取 正彦 (北陸先端大)                                                                              |

○印は提案代表者

# 平成14年度後期外来研究員一覧

## 嘱託研究員

| 氏名    | 所属                     | 研究題目                                              | 関係所員 |
|-------|------------------------|---------------------------------------------------|------|
| 原田 勲  | 岡山大理学部<br>教授           | 磁性体の光学的性質の理論的研究                                   | 小 谷  |
| 岡田 耕三 | 岡山大理学部<br>助教授          | dおよびf電子系の高エネルギー分光理論                               | 〃    |
| 田中 智  | 大阪府立大総合科学部<br>助教授      | X線領域における非線型光学物性の理論                                | 〃    |
| 魚住 孝幸 | 大阪府立大工学部<br>講師         | 共鳴光電子・逆光電分光および共鳴X線発光分光の理論                         | 〃    |
| 小山 佳一 | 東北大金属材料研究所<br>助教授      | 低温・高圧・強磁場下における弱い遍歴電子強磁性体の磁気的な振る舞い                 | 後 藤  |
| 山田 銹二 | 信州大理学部<br>教授           | 遍歴電子磁性体 $\text{FeSi}_{1-x}\text{Ge}_x$ の超強磁場下磁化過程 | 〃    |
| 佐々木 豊 | 京大理学研究科<br>助教授         | 超流動 $^3\text{He}$ 回転下のNMR実験                       | 久保田  |
| 石川 修六 | 大阪市立大理学部<br>助教授        | 〃                                                 | 〃    |
| 荒木 秀明 | 長岡高専<br>助手             | 金属中及び金属表面上の水素のdynamics研究用高感度ねじり振り子法の開発            | 〃    |
| 小尾 俣久 | 東北大金属材料研究所<br>助手       | 希土類薄膜水素化物の圧力効果                                    | 上 床  |
| 坂本 巧  | 名古屋工業大工学部<br>教授        | 希土類金属間化合物の圧力効果と物性評価                               | 〃    |
| 大原 繁男 | 名古屋工業大工学部<br>講師        | 〃                                                 | 〃    |
| 吉村 倫拓 | 九大大学教育研究センター<br>助手     | X線回折装置及びX線吸収微細構造解析装置の立ち上げ                         | 〃    |
| 松本 武彦 | 物質材料研究機構材料研究所<br>主幹研究員 | 非磁性圧力容器材料 NiCrAl 合金による圧力装置開発                      | 〃    |
| 手塚 泰久 | 弘前大理工学部<br>助教授         | ビームライン制御の設計                                       | 辛    |
| 高桑 雄二 | 東北大多元物質科学研究所<br>助教授    | 高輝度光源を用いた固体分光実験設備の基本設計                            | 〃    |
| 柳原 美廣 | 東北大多元物質科学研究所<br>助教授    | 高輝度光源を用いた軟X線発光の研究                                 | 〃    |
| 曾田 一雄 | 名大工学部<br>教授            | 高輝度光源使用発光実験装置の開発                                  | 〃    |
| 竹内 恒博 | 名大工学研究科<br>助手          | Bi系超伝導体の角度分解光電子分光                                 | 〃    |
| 金井 要  | 名大理学研究科<br>助手          | 有機化合物の光電子分光                                       | 〃    |
| 河合 潤  | 京大工学部<br>教授            | 銅化合物の発光実験                                         | 〃    |
| 木村 真一 | 分子研<br>助教授             | 強相関系物質の共鳴逆光電子分光の研究                                | 〃    |
| 樋口 透  | 東京理科大大理学部<br>助手        | 共鳴逆光電子分光装置の開発                                     | 〃    |
| 伊藤 健二 | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助教授   | 高輝度光源を利用する原子・分子分光実験設備の基本設計                        | 〃    |
| 佐藤 繁  | 東北大理学研究科<br>教授         | 高輝度光源を用いた固体分光実験設備の基本設計                            | 柿 崎  |

嘱託研究員

| 氏名     | 所属                     | 研究題目                                  | 関係所員 |
|--------|------------------------|---------------------------------------|------|
| 高橋 隆   | 東北大理学研究科<br>教授         | 高分解能光電子分光による電子状態の研究                   | 柿崎   |
| 渡辺 誠   | 東北大多元物質科学研究所<br>教授     | 高輝度放射光用多層膜光学素子の開発                     | 〃    |
| 関 一彦   | 名大物質科学国際研究センター<br>教授   | 高輝度光源を利用する有機固体分光実験設備の基本設計             | 〃    |
| 菅 滋正   | 阪大基礎工学研究科<br>教授        | 高輝度光源を用いた固体分光実験設備の基本設計                | 〃    |
| 谷口 雅樹  | 広大放射光科学研究センター<br>教授    | 軟X線発光分光及び高分解能光電子分光実験の検討               | 〃    |
| 石黒 英治  | 琉球大教育学部<br>教授          | アンジュレータ専用分光光学系の設計                     | 〃    |
| 大門 寛   | 奈良先端大物質創成科学研究科<br>教授   | 二次元表示型スピン分解光電子エネルギー分析器の開発             | 〃    |
| 宮原 恒昱  | 都大理学研究科<br>教授          | コヒーレント放射光を用いた分光研究                     | 〃    |
| 柳下 明   | 高エネ研物質構造科学研究所<br>教授    | 高輝度光源を利用する原子分光実験設備の基本設計               | 〃    |
| 仲武昌 史  | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助手    | 高輝度光源計画におけるスピン分解光電子分光実験ステーションの検討      | 〃    |
| 濱 広幸   | 東北大核理研<br>助教授          | 高輝度光源におけるシンクロトロン設計及び開発研究              | 中村   |
| 磯山 悟朗  | 阪大産業科学研究所<br>教授        | アンジュレータの基本設計                          | 〃    |
| 安東 愛之輔 | 姫路工業大高度産業科学技術研究所<br>教授 | 高輝度光源計画のリング設計および軌道解析                  | 〃    |
| 春日 俊夫  | 高エネ研物質構造科学研究所<br>教授    | 加速器モニタリング・システムに関する研究                  | 〃    |
| 伊澤 正陽  | 高エネ研物質構造科学研究所<br>教授    | 高輝度光源計画における高周波加速空洞の開発研究               | 〃    |
| 山本 樹   | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助教授   | 高輝度光源における挿入光源の研究                      | 〃    |
| 堀 洋一郎  | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助教授   | 高輝度光源計画における真空システムの設計                  | 〃    |
| 小林 幸則  | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助教授   | 高輝度光源リングのラティス設計及び色収差補正に関する研究          | 〃    |
| 本田 融   | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助手    | 高輝度光源計画における電子ビームモニタの設計                | 〃    |
| 原田 健太郎 | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助手    | 高輝度光源リングにおける誤差磁場や挿入光源磁場のビームへの影響に関する研究 | 〃    |
| 佐藤 佳裕  | 高エネ研物質構造科学研究所<br>技官    | 高輝度光源計画におけるコントロールシステムの設計計画            | 〃    |
| 近藤 健次郎 | 高エネ研共通研究施設<br>施設長・教授   | 高輝度光源計画における放射線安全管理に関する研究              | 〃    |
| 神谷 幸秀  | 高エネ研加速器研究施設<br>施設長     | 高輝度光源計画の光源設計及び加速器の開発研究                | 〃    |
| 設楽 哲夫  | 高エネ研加速器研究施設<br>助教授     | 高輝度光源における線形加速器（ライナック）設計及び開発研究         | 〃    |
| 家入 孝夫  | 高エネ研加速器研究施設<br>助手      | ビーム計測システムの開発                          | 〃    |
| 飛山 真理  | 高エネ研加速器研究施設<br>助手      | 電子入射器の設計及びフィードバック・システムに関する開発          | 〃    |
| 佐藤 政則  | 高エネ研加速器研究施設<br>助手      | ライナックの初期ビームローディング補正及びリングの軌道安定化の研究     | 〃    |
| 小関 忠   | 理化学研究所<br>前任研究員        | 高輝度光源リングにおける高周波加速及び電磁石システムの設計及び開発研究   | 〃    |

嘱託研究員

| 氏名     | 所属                            | 研究題目                                     | 関係所員 |
|--------|-------------------------------|------------------------------------------|------|
| 加藤 政博  | 分子研<br>助教授                    | 高輝度光源における電磁石の設計及び開発研究                    | 中村   |
| 熊谷 教孝  | 高輝度光科学研究センター<br>放射光研究所 加速器部門長 | 高輝度光源加速器の設計及びビーム入射システムの研究                | 〃    |
| 田中 均   | 高輝度光科学研究センター<br>放射光研究所 副主席研究員 | 高輝度光源リングにおける低エミッタンスビームに関する研究             | 〃    |
| 高雄 勝   | 高輝度光科学研究センター<br>放射光研究所 主幹研究員  | 高輝度光源におけるビームの高品質化に関する研究                  | 〃    |
| 加藤 博雄  | 弘前大理工学部<br>教授                 | 高輝度光源分解能斜入射分光ビームラインの設計                   | 木下   |
| 匂坂 康男  | 弘前大理工学部<br>教授                 | 高輝度光源高分解能斜入射分光ビームラインの設計                  | 〃    |
| 鈴木 章二  | 東北大理学研究科<br>助教授               | 〃                                        | 〃    |
| 江島 丈雄  | 東北大多元物質科学研究所<br>助手            | 高輝度光源における軟X線ビームラインの検討                    | 〃    |
| 菅原 英直  | 群馬大教育学部<br>教授                 | 高輝度光源を利用するコインシデンス分光実験装置の基本設計             | 〃    |
| 奥沢 誠   | 群馬大教育学部<br>教授                 | 〃                                        | 〃    |
| 上野 信雄  | 千葉大工学部<br>教授                  | 高輝度光源における有機薄膜光電子分光ビームラインの設計              | 〃    |
| 今田 真   | 阪大基礎工学研究科<br>講師               | 高輝度光源計画における、スピン分解光電子分光及び、光電子顕微鏡ビームラインの設計 | 〃    |
| 田中 健一郎 | 広大理学研究科<br>教授                 | 高輝度光源における表面化学研究用コインシデンス分光ビームラインの設計       | 〃    |
| 木村 昭夫  | 広大理学部<br>助教授                  | 高輝度光源におけるスピン分解光電子分光実験ステーションの検討           | 〃    |
| 鎌田 雅夫  | 佐賀大シンクロトロン光応<br>用研究センター 教授    | レーザーと放射光を組み合わせた分光研究                      | 〃    |
| 間瀬 一彦  | 高エネ研物質構造科学研究所<br>助教授          | 高輝度光源における表面化学研究用コインシデンス分光ビームラインの設計       | 〃    |
| 小杉 信博  | 分子研<br>教授                     | 高輝度光源を利用する分子分光実験設備の基本設計                  | 〃    |
| 宇理須 恒雄 | 分子研<br>教授                     | 表面光化学反応研究用高輝度光源大フラックスビームラインの設計           | 〃    |
| 見附 孝一郎 | 分子研<br>助教授                    | 高輝度光源における原子・分子分光ビームラインの検討                | 〃    |
| 大橋 治彦  | 高輝度光科学研究センター<br>放射光研究所 主幹研究員  | 高輝度光源ビームラインにおける光学素子冷却システムの検討             | 〃    |
| 小池 雅人  | 原研光量子科学研究センター<br>主任研究員        | 高輝度光源計画における、高輝度放射光源回折格子ビームラインの設計         | 〃    |
| 斎藤 祐児  | 原研放射光科学研究センター<br>研究員          | 高輝度光源における高分解能分光器の検討                      | 〃    |
| 梶谷 剛   | 東北大工学研究科<br>教授                | 中性子散乱装置のアップグレード計画策定                      | 藤井   |
| 社本 真一  | 東北大工学研究科<br>助教授               | 〃                                        | 〃    |
| 大山 研司  | 東北大金属材料研究所<br>助手              | 〃                                        | 〃    |
| 野田 幸男  | 東北大多元物質科学研究所<br>教授            | 〃                                        | 〃    |
| 河原崎 修三 | 広大理学研究科<br>教授                 | 〃                                        | 〃    |
| 瀬戸 秀紀  | 広大総合科学部<br>助手                 | 〃                                        | 〃    |

嘱託研究員

| 氏名   | 所属              | 研究題目                | 関係所員 |
|------|-----------------|---------------------|------|
| 日高昌則 | 九大理学研究院<br>助教授  | 中性子散乱装置のアップグレード計画策定 | 藤井   |
| 角田頼彦 | 早稲田大理工学部<br>教授  | 〃                   | 〃    |
| 大竹淑恵 | 理化学研究所<br>先任研究員 | 〃                   | 〃    |

長期留学研究員

| 氏名   | 所属               | 研究題目                    | 関係所員 |
|------|------------------|-------------------------|------|
| 横山昌樹 | 埼玉大理工学研究科<br>博後3 | 希土類金属間化合物の圧力効果と量子相転移の研究 | 上床   |

一般

| 氏名   | 所属                 | 研究題目                                                       | 関係所員 |
|------|--------------------|------------------------------------------------------------|------|
| 城谷一民 | 室蘭工大工学部<br>教授      | 新スクッテルド鉍型化合物 $YT_4P_{12}$ ( $T=Fe, Ru, Os$ ) の<br>高圧合成と超伝導 | 八木   |
| 鈴木智博 | 室蘭工大工学研究科<br>修士1   | 〃                                                          | 〃    |
| 長谷川正 | 東北大金属材料研究所<br>助教授  | 非周期構造物質及び関連物質の高圧研究                                         | 〃    |
| 平井寿子 | 筑波大地球科学系<br>講師     | メタンハイドレートの超高圧下の新相探査                                        | 〃    |
| 田中岳彦 | 筑波大教育研究科<br>修士2    | 〃                                                          | 〃    |
| 大橋政司 | 九大理学研究院<br>助手      | 希土類金属間化合物の圧力誘起構造相転移と構造解析                                   | 〃    |
| 巨海玄道 | 九大理学研究院<br>教授      | 〃                                                          | 〃    |
| 田代篤史 | 九大理学府<br>修士1       | 〃                                                          | 〃    |
| 藤井裕  | 福井大工学部<br>助手       | 擬二次元反強磁性体 $Cs_2CuBr_4$ の低温高磁場における<br>$^{133}Cs$ 核磁気共鳴      | 瀧川   |
| 千葉明朗 | 福井大工学部<br>教授       | 〃                                                          | 〃    |
| 中村剛  | 福井大工学研究科<br>修士2    | 〃                                                          | 〃    |
| 梅尾和則 | 広大先端物質科学研究科<br>助手  | 磁気フラストレーションをもつセリウム化合物の極低<br>温磁化測定                          | 榊原   |
| 金武星  | 広大先端物質科学研究科<br>博後2 | 〃                                                          | 〃    |
| 松平和之 | 九州工業大工学部<br>助手     | スピニアイス化合物の磁場中での新奇磁気相転移                                     | 〃    |
| 鶴殿治彦 | 茨城大工学部<br>助手       | ベータ鉄シリサイドの光学的特性評価                                          | 田島   |
| 菅野忠  | 明治学院大法学部<br>教授     | 分子結晶の電子物性                                                  | 〃    |
| 鳥塚潔  | 神奈川工科大<br>非常勤講師    | 有機物質の熱輸送特性の研究 (I)                                          | 〃    |
| 長澤光晴 | 東京電機大工学部<br>助教授    | $(TMTSF)_2X$ の低温領域におけるスピン密度波の並進<br>運動                      | 松田   |

一 般

| 氏 名                       | 所 属                           | 研 究 題 目                                            | 関係所員       |
|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|------------|
| 森 山 広 思                   | 東邦大理学部<br>教 授                 | C <sub>60</sub> 錯体の磁気特性                            | 森          |
| 持 田 智 行                   | 東邦大理学部<br>講 師                 | 有機開殻配位子を有する遷移金属多核錯体の開発と物<br>性評価                    | 〃          |
| 植 田 幹 男                   | 東邦大理学研究科<br>博後3               | 〃                                                  | 〃          |
| 吉 岡 大二郎                   | 東大総合文化研究科<br>教 授              | 量子ホール系の基底状態に関する研究                                  | 福 山        |
| 岩 浪 大 祐                   | 東大総合文化研究科<br>修士2              | 〃                                                  | 〃          |
| 朝 倉 衝                     | 岡山大自然科学研究科<br>博後1             | Ce 化合物の X線吸収・発光分光における磁気円二色性                        | 小 谷        |
| 山 本 昌 司                   | 北大理学研究科<br>教 授                | 低次元磁性体の熱力学・動力学                                     | 高 橋<br>(實) |
| 中 野 博 生                   | 姫路工業大理学研究科<br>助 手             | 強相関電子系における強磁性の数値的研究                                | 〃          |
| 金 沢 育 三                   | 東京学芸大教育学部<br>助教授              | 低速陽電子ビームによる表面研究                                    | 小 森        |
| 新 井 亮太郎                   | 東京学芸大教育学研究科<br>修士2            | 〃                                                  | 〃          |
| 川 村 隆 明                   | 山梨大教育人間科学部<br>教 授             | 結晶表面の原子配列制御                                        | 〃          |
| 石 井 晃                     | 鳥取大工学部<br>助教授                 | Ge(001)表面上の銀原子吸着と島成長の第一原理計算                        | 〃          |
| 水 谷 五 郎                   | 北陸先端大材料科学研究科<br>助教授           | 走査型トンネル顕微鏡を用いた表面高非線形効果の微<br>視的機構解明                 | 〃          |
| 村 尾 美 紀                   | 北陸先端大材料科学研究科<br>博後2           | 〃                                                  | 〃          |
| 河 村 紀 一                   | 日本放送協会放送技術研究所<br>主任研究員        | ナノ磁性体の応用研究                                         | 〃          |
| 宮 岡 秀 治                   | 日本放送協会放送技術研究所<br>ポストドクトラル 研究員 | 〃                                                  | 〃          |
| 田 口 幸 広                   | 大阪府立大工学研究科<br>講 師             | 有機分子のSi表面上における吸着状態の温度変化の観察                         | 吉 信        |
| 北 本 克 征                   | 大阪府立大工学研究科<br>博前2             | 〃                                                  | 〃          |
| 長 尾 忠 昭                   | 東北大金属材料研究所<br>助教授             | 極低温 STM/STS による Si(557) - 5×1 - Au表面超構<br>造の電子物性測定 | 長谷川        |
| SADOWSKI,<br>Jerzy Tomasz | 東北大金属材料研究所<br>助 手             | 〃                                                  | 〃          |
| 李 祥                       | 東北大金属材料研究所<br>客員研究員           | 〃                                                  | 〃          |
| 柳 沼 晋                     | 東北大理学研究科<br>博後1               | 〃                                                  | 〃          |
| 桑 野 敦 司                   | 東北大理学研究科<br>博前1               | 〃                                                  | 〃          |
| 藤 川 安 仁                   | 東北大金属材料研究所<br>助 手             | STM - AFM を用いた SiGe 高指数面の原子構造解明                    | 〃          |
| 高 村 由起子                   | 東北大金属材料研究所<br>助 手             | 〃                                                  | 〃          |
| 桑 野 聡 子                   | 東北大理学研究科<br>博後3               | 〃                                                  | 〃          |
| 川 島 雅 人                   | 東北大理学研究科<br>博前2               | 〃                                                  | 〃          |
| 福 田 常 男                   | 大阪市立大工学研究科<br>助教授             | 半導体上金属吸着表面におけるシュブニコフロード・<br>ハース振動の観測               | 〃          |

一 般

| 氏 名     | 所 属                   | 研 究 題 目                                                                                                                                    | 関係所員  |
|---------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 前 田 聡   | 大阪市立大工学研究科<br>修士1     | 半導体上金属吸着表面におけるシュブニコフード・ハース振動の観測                                                                                                            | 長谷川   |
| 三 木 一 司 | 物質・材料研究機構<br>主席研究員    | SPMを用いたナノ構造に関する研究                                                                                                                          | 〃     |
| 成 島 哲 也 | 産業技術総合研究所<br>特別研究員    | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 組 頭 広 志 | 東大工学系研究科<br>助 手       | 放射光光電子分光法による強相関酸化物薄膜の電子状態の研究                                                                                                               | リップマー |
| 松 本 祐 司 | 東工大応用セラミックス研究所<br>助 手 | 同軸型直衝突イオン散乱分光法による酸化物薄膜表面の構造解析                                                                                                              | 〃     |
| 森 伸 也   | 阪大工学研究科<br>助教授        | 超強磁場下における半導体短周期超格子のサイクロトロン共鳴に関する研究                                                                                                         | 三 浦   |
| 百 瀬 英 毅 | 阪大低温センター<br>助 手       | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 伊 藤 盛 通 | 阪大工学研究科<br>博前2        | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 濱 口 智 尋 | 高知工科大<br>客員教授         | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 松 田 康 弘 | 岡山大理学部<br>助教授         | 電磁濃縮法における半導体量子構造及び磁性半導体の磁気光スペクトル                                                                                                           | 〃     |
| 野 尻 浩 之 | 岡山大理学部<br>教 授         | 超強磁場 ESR による磁化プラトー物質の研究                                                                                                                    | 〃     |
| 深 道 和 明 | 東北大工学研究科<br>教 授       | 遍歴電子磁性体 $\text{La}(\text{Fe}_x\text{M}_{1-x})_{13}\text{A}_y$ ( $\text{M}=\text{Al}, \text{Si}, \text{A}=\text{H}, \text{N}$ ) の磁気的性質の圧力効果 | 後 藤   |
| 藤 田 麻 哉 | 東北大工学研究科<br>助 手       | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 太 田 元 基 | 東北大工学研究科<br>学振特別研究員   | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 入 澤 覚   | 東北大工学研究科<br>博士2       | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 藤 枝 俊   | 東北大工学研究科<br>博士2       | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 宮 川 正 人 | 東北大工学研究科<br>博士1       | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 光 田 暁 弘 | 富山大理学部<br>助 手         | $\text{Ce}(\text{Pd}_{1-x}\text{Cu}_x)_2\text{Al}_3$ の低温、高圧下における磁化測定                                                                       | 〃     |
| 孫 培 傑   | 富山大理工学研究科<br>博後1      | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 山 口 益 弘 | 横浜国大工学研究院<br>教 授      | 希土類系金属間化合物とその水素化物の遍歴強磁性の研究                                                                                                                 | 〃     |
| 和 田 裕 文 | 京大工学研究科<br>助教授        | 弱い強磁性体 Y - Ni 化合物の磁化の圧力効果                                                                                                                  | 〃     |
| 森 川 貴 博 | 京大工学研究科<br>修士1        | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 井 野 博 満 | 法政大工学部<br>教 授         | 高圧下における FCC 鉄合金の磁性                                                                                                                         | 〃     |
| 和 田 信 雄 | 名大理学研究科<br>教 授        | メゾ多孔体中ヘリウム3量子流体の研究                                                                                                                         | 石 本   |
| 谷 口 淳 子 | 東大理学系研究科<br>博士2       | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 河 野 公 俊 | 理化学研究所<br>主任研究員       | 量子流体の表面物性の研究                                                                                                                               | 〃     |
| 椋 田 秀 和 | 理化学研究所<br>研究員         | 〃                                                                                                                                          | 〃     |
| 池 上 弘 樹 | 理化学研究所<br>研究員         | 〃                                                                                                                                          | 〃     |

一 般

| 氏 名     | 所 属                   | 研 究 題 目                                                                                                                                                                       | 関係所員 |
|---------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 川 崎 健 司 | 理化学研究所<br>協力研究員       | 量子流体の表面物性の研究                                                                                                                                                                  | 石 本  |
| 原 田 修 治 | 新潟大工学部<br>教 授         | 低温下における金属中の水素の量子効果                                                                                                                                                            | 久保田  |
| 渡 辺 信 嗣 | 新潟大大学院自然科学研究科<br>博前2  | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 中 村 誠   | 新潟大大学院自然科学研究科<br>博前1  | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 佐々木 豊   | 京大低温物質科学研究センター<br>助教授 | 回転クライオスタットを用いた液体ヘリウム3の<br>NMR による研究                                                                                                                                           | ”    |
| 松 原 明   | 京大低温物質科学研究センター<br>助教授 | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 石 黒 亮 輔 | 京大理学研究科<br>博士3        | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 山 下 穰   | 京大理学研究科<br>博士1        | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 村 山 茂 幸 | 室蘭工大工学部<br>教 授        | 重い電子系セリウム化合物のネスティング相とその量子<br>臨界点での異常磁性                                                                                                                                        | 上 床  |
| 谷 口 範 明 | 室蘭工大工学研究科<br>博前2      | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 磯 田 綾 乃 | 室蘭工大工学研究科<br>博前1      | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 高 野 英 明 | 室蘭工大工学部<br>助教授        | $\text{Lu}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$ と $\text{Lu}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ のFe - K端のXANES<br>測定                                                                      | ”    |
| 高 橋 道 雄 | 室蘭工大工学研究科<br>博前2      | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 菅 野 明 弘 | 室蘭工大工学研究科<br>博前1      | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 山 谷 和 彦 | 北大工学研究科<br>教 授        | 低次元導体の高圧・低温領域における異常金属状態                                                                                                                                                       | ”    |
| 三 津 直 史 | 北大工学研究科<br>修士1        | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 社 本 真 一 | 東北大工学研究科<br>助教授       | 圧力下での新2重ハニカム格子超伝導体の探索                                                                                                                                                         | ”    |
| 平 井 淳 郎 | 東北大工学研究科<br>博前2       | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 小 林 岳 生 | 東北大工学研究科<br>博前1       | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 加 藤 雅 恒 | 東北大工学研究科<br>助教授       | 3次元ペロブスカイト型酸化物 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ の圧力<br>効果                                                                                                              | ”    |
| 今 井 良 宗 | 東北大工学研究科<br>修士2       | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 北 川 宏   | 筑波大化学系<br>助教授         | MMX - Chain錯体のP - T相図の解明                                                                                                                                                      | ”    |
| 石 井 康 之 | 埼玉大理工学研究科<br>博後3      | セリウム化合物の物性の圧力効果                                                                                                                                                               | ”    |
| 小 島 憲 道 | 東大総合文化研究科<br>教 授      | Fe混合原子価錯体 $(\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{N} [\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{dto})_3]$<br>( $\text{dto}=\text{C}_2\text{O}_2\text{S}_2$ )における電荷移動相転移の構造学的研究 | ”    |
| 糸 井 充 穂 | 東大総合文化研究科<br>博士2      | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 小 林 義 彦 | 電気通信大電気通信学部<br>助 手    | ”                                                                                                                                                                             | ”    |
| 梅 原 出   | 横浜国大工学研究院<br>助教授      | CeAgの高圧下での比熱測定                                                                                                                                                                | ”    |
| 富 岡 史 明 | 横浜国大工学府<br>博前1        | ”                                                                                                                                                                             | ”    |

一 般

| 氏 名     | 所 属                     | 研 究 題 目                                                                                    | 関係所員 |
|---------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 海老原 孝 雄 | 静岡大理学部<br>助 手           | 希土類金属間化合物の圧力下の物性について                                                                       | 上 床  |
| 坂 本 功   | 名古屋工業大工学部<br>教 授        | Ce <sub>2</sub> TIn <sub>8</sub> (T=Co,Rh,Ir)の高圧下輸送現象の研究                                   | 〃    |
| 撰 待 力 生 | 阪大理学研究科<br>助教授          | ウラン化合物における量子臨界近傍での物性と超伝導                                                                   | 〃    |
| 中 島 美 帆 | 阪大理学研究科<br>博後2          | 〃                                                                                          | 〃    |
| 山 田 裕   | 島根大総合理工学部<br>助教授        | RuSr <sub>2</sub> EuCu <sub>2</sub> O <sub>8</sub> 酸化物超伝導体の超伝導転移の圧力依存性                     | 〃    |
| 濱 田 洋 昭 | 島根大総合理工学部<br>修士1        | 〃                                                                                          | 〃    |
| 藤 原 哲 也 | 広大生物圏科学研究科<br>博後3       | 強磁性と反強磁性相互作用の競合系YbMn <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> の物性研究                                    | 〃    |
| 繁 岡 透   | 山口大理学部<br>教 授           | RCu <sub>2</sub> X <sub>2</sub> (R=希土類、X=Si,Ge)の磁性とその圧力効果                                  | 〃    |
| 白 石 将 崇 | 山口大理工学部<br>博前1          | 〃                                                                                          | 〃    |
| 平 田 浩 郎 | 山口大理工学部<br>修士1          | 〃                                                                                          | 〃    |
| 巨 海 玄 道 | 九大理学研究院<br>教 授          | 強相関電子系化合物の電子物性と圧力誘起量子相転移                                                                   | 〃    |
| 大 橋 政 司 | 九大理学研究院<br>助 手          | 〃                                                                                          | 〃    |
| 東 原 周 平 | 九大理学府<br>修士1            | 〃                                                                                          | 〃    |
| 矢ヶ崎 克 馬 | 琉球大理学部<br>教 授           | 希土類、遷移金属化合物の高圧・強磁場における熱電能                                                                  | 〃    |
| 仲 間 隆 男 | 琉球大理学部<br>助教授           | 〃                                                                                          | 〃    |
| 野 津 史 耕 | 琉球大理工学部<br>博前2          | 〃                                                                                          | 〃    |
| 下 地 由 子 | 琉球大理工学部<br>博前2          | 〃                                                                                          | 〃    |
| 美 差 正 卓 | 琉球大理工学部<br>博前1          | 〃                                                                                          | 〃    |
| 四 方 周 輔 | 北海道東海大教育開発研究センター<br>教 授 | 高圧下におけるLa <sub>214</sub> 過剰酸素系の電気的輸送現象                                                     | 〃    |
| 渡 辺 恒 夫 | 東京理科大基礎工学部<br>教 授       | (Cu,C)Ba <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub> (Cu-1223)の圧力下ホール係数の測定 | 〃    |
| 堀 家 竜 二 | 東京理科大基礎工学部<br>修士2       | 〃                                                                                          | 〃    |
| 三 浦 康 弘 | 桐蔭横浜大工学部<br>助教授         | 導電性ラングミュア・プロジェクト膜の高圧下の電気的性質                                                                | 〃    |
| 盛 田 伸 一 | 桐蔭横浜大工学部<br>学振特別研究員     | 〃                                                                                          | 〃    |
| 大 木 武 夫 | 武蔵工業大<br>非常勤講師          | 単結晶Fe <sub>2</sub> Pの圧力効果の研究                                                               | 〃    |
| 池 田 伸 一 | 産業技術総合研究所<br>研究員        | 層状ペロブスカイトCa <sub>3</sub> Ru <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 単結晶の高圧力下電気抵抗                       | 〃    |
| 白 川 直 樹 | 産業技術総合研究所<br>主任研究員      | 〃                                                                                          | 〃    |
| 松 田 達 磨 | 原研先端基礎研究センター<br>博士研究員   | ウラン化合物における圧力誘起超伝導の探索                                                                       | 〃    |
| 芳 賀 芳 範 | 原研先端基礎研究センター<br>研究員     | 〃                                                                                          | 〃    |

一 般

| 氏 名     | 所 属                            | 研 究 題 目                                                                                                     | 関係所員       |
|---------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 伊 藤 稔   | 信州大工学部<br>教 授                  | フェムト秒高調波レーザーを用いた内殻正孔の緩和ダイナミクス                                                                               | 渡 部        |
| 稲 部 良 行 | 信州大工学系研究科<br>修士1               | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 齋 藤 伸 吾 | 通信総合研究所関西先端研究センター<br>主任研究員     | 高強度超短パルス光を用いたInAsからのTHz光発生の励起光強度依存性                                                                         | 末 元        |
| 田 中 正 規 | 新エネルギー・産業技術総合開発機構<br>NEDO養成技術者 | II-VI族半導体量子構造、プラズマディスプレイ用蛍光体の共鳴ラマン散乱実験                                                                      | 〃          |
| 三 木 一 司 | 産業技術総合研究所<br>主任研究員             | X線回折を利用したSi単結晶の歪みの評価                                                                                        | 高 橋<br>(敏) |
| 矢 代 航   | 産業技術総合研究所<br>特別研究員             | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 石 井 晃   | 鳥取大工学部<br>助教授                  | GaAs(110)表面の結晶成長の動的モンテカルロシミュレーションと第一原理計算                                                                    | 秋 山        |
| 永 井 武 彦 | 奈良先端大物質創成科学研究科<br>博後2          | 半導体ナノ微粒子の光学応答に関する研究                                                                                         | 〃          |
| 淵 崎 員 弘 | 愛媛大理学部<br>助教授                  | 高圧下でのSnI <sub>4</sub> の液体構造                                                                                 | 藤 井        |
| 永 田 貴 志 | お茶の水女子大理学部<br>助 手              | 金属間化合物；Er(Ni <sub>0.9</sub> Co <sub>0.1</sub> ) <sub>2</sub> B <sub>2</sub> Cにおける超伝導と弱強磁性の共存に関する研究          | 吉 澤        |
| 古 川 はづき | お茶の水女子大理学部<br>助教授              | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 竹 下 晴 子 | お茶の水女子人間文化研究科<br>博前2           | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 矢 野 史 子 | お茶の水女子人間文化研究科<br>博前1           | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 永 田 貴 志 | お茶の水女子大理学部<br>助 手              | Sr <sub>2</sub> RuO <sub>4</sub> の輸送特性                                                                      | 〃          |
| 古 川 はづき | お茶の水女子大理学部<br>助教授              | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 浦 田 真理子 | お茶の水女子人間文化研究科<br>博前2           | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 川 端 和 重 | 北大理学研究科<br>教 授                 | 境界面のダイナミクスと摩擦現象                                                                                             | 高 山        |
| 根 本 幸 児 | 北大理学研究科<br>助教授                 | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 加 藤 秀 章 | 北大理学研究科<br>修士1                 | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 松 川 宏   | 阪大理学研究科<br>助教授                 | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 三本木 孝   | 北海道情報大<br>教 授                  | 〃                                                                                                           | 〃          |
| 神 藤 欣 一 | 東工大総合理工学研究科<br>助 手             | モンテカルロ法による合金の相変態、相安定性の研究と新物質の探索                                                                             | 〃          |
| 大 野 隆   | 徳島大工学部<br>教 授                  | 高温超伝導体YBa <sub>2</sub> (Cu <sub>1-x</sub> Ni <sub>x</sub> ) <sub>3</sub> O <sub>7</sub> の <sup>17</sup> O置換 | 上 田<br>(寛) |

## 物質合成・評価設備Pクラス

| 氏名    | 所属             | 研究題目                        | 関係所員       |
|-------|----------------|-----------------------------|------------|
| 稲辺 保  | 北大理学研究科<br>教授  | 分子性導体における強相関効果の研究           | 田 島        |
| 内藤 俊雄 | 北大理学研究科<br>助教授 | 〃                           | 〃          |
| 浅利 剛裕 | 北大理学研究科<br>博後2 | 〃                           | 〃          |
| 中川 光平 | 北大理学研究科<br>修士2 | 〃                           | 〃          |
| 松平和之  | 九州工業大工学部<br>助手 | パイロクロア酸化物の単結晶育成とスピニアイス状態の研究 | 廣 井        |
| 中山 則昭 | 山口大工学部<br>助教授  | 強相関系遷移金属酸化物の透過電子顕微鏡法による研究   | 上 田<br>(寛) |

## 物質合成・評価設備Gクラス

| 氏名     | 所属                  | 研究題目                                           | 使用実験室                             |
|--------|---------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 佐藤 博樹  | 阪大理学研究科<br>助教授      | ケイ酸塩単結晶の合成                                     | 物質合成室                             |
| 金澤 秀樹  | 京大人間・環境学研究科<br>修士2  | 〃                                              | 〃                                 |
| 秋重 幸邦  | 島根大教育学部<br>教授       | 鉛フリー機能性強誘電体の単結晶育成と物性評価                         | 〃                                 |
| 深野 勝洋  | 島根大教育学研究科<br>修士2    | 〃                                              | 〃                                 |
| 釜田 美紗子 | 島根大教育学研究科<br>修士1    | 〃                                              | 〃                                 |
| 横道 治男  | 富山県立大工学部<br>助教授     | 液相中で合成されたカーボンナノ物質の形状に関する研究                     | 化学分析室<br>電子顕微鏡室                   |
| 小暮 敏博  | 東大理学系研究科<br>助教授     | 電子顕微鏡による2成分ゲル中からのTiO <sub>2</sub> ナノ粒子形成のその場観察 | 電子顕微鏡室                            |
| 中山 則昭  | 山口大工学部<br>助教授       | Pt/Mn, Pt/Fe 人工格子膜の透過電子顕微鏡法による研究               | 〃                                 |
| 入江 浩之  | 山口大理工学研究科<br>博前2    | 〃                                              | 〃                                 |
| 和泉 充   | 東京商船大商船学部<br>教授     | ペロブスカイト型遷移金属磁性酸化物のスパッタ膜の磁化                     | 電磁気測定室                            |
| 荒井 雅人  | 東京商船大商船学研究科<br>博前1  | 〃                                              | 〃                                 |
| 吉田 隆   | 名大工学研究科<br>助手       | RE系酸化物系超伝導薄膜の微細組織とピンニング効果に関する研究                | 〃                                 |
| 須藤 公彦  | 名大工学研究科<br>博後2      | 〃                                              | 〃                                 |
| 一野 祐亮  | 名大工学研究科<br>博後1      | 〃                                              | 電磁気測定室                            |
| 西原 弘訓  | 龍谷大理工学部<br>教授       | バルクハウゼンノイズを利用した非破壊評価法の研究                       | 〃                                 |
| 藤井 光広  | 長崎総合科学大工学部<br>教授    | カーボンマイクロコイルの電気磁気特性                             | 〃                                 |
| 秦 鎌    | 長崎総合科学大工学研究科<br>修士1 | 〃                                              | 〃                                 |
| 佐々木 孝彦 | 東北大金属材料研究所<br>助教授   | 準2次元有機超伝導体の分光測定による電荷ゆらぎに結合した分子内振動モードの研究        | 光学測定室                             |
| 伊藤 功   | 東北大理学研究科<br>博前1     | 〃                                              | 〃                                 |
| 緒方 啓典  | 法政大工学部<br>専任講師      | 新規機能性カーボンネットワーク物質の構造と電子状態の解明                   | 光学測定室<br>電磁気測定室<br>X線測定室<br>化学分析室 |

# 平成14年度後期

## スーパーコンピュータ共同利用採択課題一覧

| 所 属             | 代 表 者  | タ イ ト ル                                        |
|-----------------|--------|------------------------------------------------|
| 福井工業大<br>助教授    | 利根川 孝  | 空間構造をもつ一次元量子スピン系の数値的研究                         |
| 京都大<br>助教授      | 池田 隆介  | パウリ常磁性の効果を持つ第二種超伝導体の高磁場に於ける相転移の数値的研究           |
| 東京理科大<br>教授     | 渡辺 一之  | 時間依存密度汎関数法の電界電子放射への応用                          |
| 上智大<br>教授       | 大槻 東巳  | 不規則電子系におけるスピン輸送現象                              |
| 千葉大<br>教授       | 夏目 雄平  | 量子反強磁性系の交換散乱スペクトルの数値計算による研究                    |
| 名古屋大<br>教授      | 平島 大   | 強相関量子粒子系の秩序とゆらぎ                                |
| 慶應大<br>教授       | 米沢 富美子 | 複雑液体のダイナミクス                                    |
| 山口大<br>助教授      | 尾形 修司  | ハイブリッド密度汎関数/分子動力学/有限要素法シミュレーションによるアルミナの破壊と環境効果 |
| 東京都立大<br>教授     | 岡部 豊   | 新しいモンテカルロアルゴリズムのスピン系の応用                        |
| 姫路工業大<br>助手     | 中野 博生  | 強相関電子系における強磁性の数値的研究                            |
| 埼玉大<br>助教授      | 飛田 和男  | 空間構造を持つ低次元量子磁性体の数値的研究                          |
| 産総研             | 小林 伸彦  | ナノ構造の電気伝導の第一原理計算                               |
| 愛媛大<br>助教授      | 淵崎 員弘  | 非平衡状態での遅い緩和過程                                  |
| 奈良先端科技大<br>教授   | 相原 正樹  | 高輝度レーザー照射による光誘起超伝導状態に関する研究                     |
| 東京都立大<br>助教授    | 川島 直輝  | 高い次数の相互作用のある量子スピン系のモンテカルロシミュレーション              |
| 東北大<br>助手       | 中村 統太  | XYスピングラス模型の非平衡緩和解析                             |
| 東京大<br>助教授      | 渡邊 聡   | 局所高電界場中の表面ナノ構造における電流関連現象の理論解析                  |
| 鳥取大<br>助教授      | 石井 晃   | 第一原理計算によるGaAs(110)結晶成長の研究                      |
| 大阪大<br>助教授      | 松川 宏   | 摩擦の計算機実験                                       |
| 電子技術総研<br>主任研究官 | 浅井 美博  | 強相関電子系及び電子格子系における量子相の数値研究                      |
| 東京大<br>教授       | 青木 秀夫  | ヘテロ界面における金属・非金属転移と界面超伝導の理論的研究                  |
| 大阪大<br>教授       | 広瀬 喜久治 | 実空間計算手法に基づく第一原理分子動力学シミュレーションプログラムの開発           |
| 鳥取大<br>教授       | 逢坂 豪   | 第一原理分子動力学計算によるSi(001)-(2×3)-Ag表面の研究            |
| 大阪府立大<br>教授     | 田中 芳雄  | カーボンナノチューブにおける水分子輸送の第一原理分子動力学法による解析            |
| 大阪大<br>教授       | 笠井 秀明  | 固体表面に飛来する水素の反応ダイナミクスの解析とデザイン                   |
| 大阪大<br>助教授      | 後藤 英和  | 第一原理に基づく金属ナノワイヤーの電子輸送現象の計算                     |

| 所 属                            | 代 表 者   | タ イ ト ル                                                        |
|--------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------|
| 大 阪 大 学<br>教 授                 | 川 村 光   | フラストレート磁性とカイラリティ秩序                                             |
| 電 気 通 信 大 学<br>助 教 授           | 黒 木 和 彦 | Sr <sub>2</sub> RuO <sub>4</sub> におけるスピン・トリプレット超伝導の微視的機構に関する研究 |
| 東 京 大 学<br>教 授                 | 塚 田 捷   | 第一原理電子状態によるナノ構造の物性予測                                           |
| 名 古 屋 大 学<br>助 教 授             | 田 仲 由喜夫 | 異方的超伝導体における量子干渉効果                                              |
| 新 潟 大 学<br>助 教 授               | 草 部 浩 一 | 磁気付与されたナノグラファイトとナノチューブの電子状態                                    |
| 東 京 大 学<br>助 手                 | 赤 木 和 人 | 低温アモルファス氷中の化学反応                                                |
| 東 京 工 業 大 学<br>助 手             | 尾 関 之 康 | 非平衡緩和法の拡張：一次転移を中心として                                           |
| 東 北 大 学<br>教 授                 | 宮 本 明   | 高速化量子分子動力学法を活用した複雑多成分触媒系の理論設計                                  |
| 物 質 ・ 材 料 研 究 機 構<br>特 別 研 究 員 | 安 田 千 寿 | 擬二次元ハイゼンベルグ反強磁性体における相転移                                        |
| 群 馬 大 学<br>助 教 授               | 相 原 智 康 | ナノレベルでの構造制御による金属間化合物の高機能化に関する理論的研究                             |
| 北 海 道 大 学<br>教 授               | 武 藤 俊 一 | 歪量子ドットにおける原子拡散の研究                                              |
| 物 質 ・ 材 料 研 究 機 構<br>研 究 員     | 前 園 涼   | 量子拡散モンテカルロ法を用いた周期系の第一原理計算                                      |

関係各研究機関長 殿

< 外 来 研 究 員 >

東京大学物性研究所長  
福 山 秀 敏 (公印省略)

### 平成15年度前期共同利用の公募について (通知)

このことについて、下記のとおり公募しますので、貴機関の研究者にこの旨周知くださるとともに、申請に当たっては遺漏のないようよろしくお取り計らい願います。

記

#### 1 公募事項 (添付の要項参照)

- (1) 共同利用 (一般、物質合成・評価設備) (平成15年4月～平成15年9月前期実施分)
- (2) 共同利用 (スーパーコンピュータ) (平成15年4月～平成16年3月実施分)
- (3) 共同利用 (中性子散乱: 東海村) (平成15年4月～平成16年3月実施分)
- (4) 短期研究会 (平成15年4月～平成15年9月前期実施分)

#### 2 申請資格

国公立大学及び国公立研究機関の教員、研究者並びにこれに準ずる者。

#### 3 申請方法

東京大学物性研究所ホームページ「平成15年度前期共同利用公募要項」  
(<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/kyoudou/h15kyoudou.html>) をご覧ください。

申請書は、ここからダウンロード(印刷)し、記入・押印のうえ、下記まで郵送してください。

送付先: 〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5  
東京大学物性研究所 庶務課共同利用掛  
電話 (04) 7136-3209

#### 4 申請期限

- (1) スーパーコンピュータの共同利用 平成14年12月6日(金) 必着
- (2) 中性子散乱研究施設の共同利用 平成14年11月30日(土) 必着
- (3) その他の共同利用 平成14年12月16日(月) 必着

#### 5 採否の決定

平成15年3月下旬

物性研究所においては、共同利用研究業務として、全国物性研究者の研究遂行に資するため、各種研究員制度が設けられています。これらの研究員の公募は、半年毎に行っており、外来研究員制度は、個々の申請を検討の上、実行されており、特別な事情のある場合を除いて、あらかじめ共同利用施設専門委員会の了承を得る建前をとっておりますので、下記を参照の上、期日までに応募されるようお願いいたします。

その他、外来研究員制度の内容あるいは利用する設備等に関しておわかりにならないことがあれば、外来研究員等委員会委員長 龍川 仁 (04)7136-3225までご連絡ください。

「共同利用」又は「留学研究員」に申請される場合は、事前に必ず利用される研究室等の教官と打ち合わせのうえ、申請書を提出してください。

なお、「一般の共同利用」の場合は、1 研究課題に許される修士課程の学生数は1名を原則とします。

なお、申請時点で学部学生であっても修士課程に入学予定である者は申請可能とします。<sup>注1)</sup> 各申請書様式は、ダウンロードして必要事項を記入・押印の上、下記2の送付先まで郵送してください。

<sup>注1)</sup> 申請時は、入学先指導教官から入学予定である旨の一筆(記名・押印)を申請書に添付してください。また、入学後に研究科長の押印された申請書を再度提出していただきます。

記

#### 1 各種外来研究員

- (1) 一般研究員
  - 一般の共同利用  
所外研究者が研究の必要上、本研究所の施設を利用したい場合は、その便宜を提供できるようにしております。申請には、別紙(様式1)の申請書を申請してください。
  - スーパーコンピュータの共同利用 (4 ページ要項に従ってください)
  - 中性子散乱研究施設の共同利用 (6 ページ要項に従ってください)
  - 物質合成・評価設備の共同利用 (9 ページ要項に従ってください)
- (2) 留学研究員
  - ① 長期留学研究員  
半年以上の期間、本研究所の所員に指導を受けながら研究を行う大学院学生を対象としています。

ただし、原則として、本研究所からの旅費の支給はなく東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設の利用もできません。

② 短期留学研究員

数ヶ月程度の期間、本研究所に滞在して、若手研究者や大学院学生が研究することにより、新技術の修得などを行うことを主な対象としています。期間中は東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設の利用の便宜を供します。

採用人数は、予算及び宿泊の制約から、若干名となりますので、不採択に備えて他の区分への併願も認めています。採択された場合には、次期に続けて申請することはできません。

③ 申請は、別紙（様式2）の申請書を提出してください。

なお、「短期留学研究員」への申請の場合は、別紙（様式2）とともに、「短期留学研究員」として行う研究内容及び研究計画の具体的スケジュール等をA4版1枚（様式任意）に詳細に記入したものを併せて提出してください。

(3) 嘱託研究員

① 所外研究者に、本研究所の研究計画及び共同研究計画の遂行上、必要な研究を委嘱することを目的としています。

② 嘱託研究員の委嘱は、本研究所員の申請に基づいて、研究計画等を検討のうえ、決定します。

2 申請期限及び送付先

申請期限：平成14年12月16日（月）必着

送付先：〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学物性研究所 庶務課共同利用掛

電話 (04) 7136-3209

※スーパーコンピュータ、中性子散乱研究施設、物質合成・評価設備は、各要項に従ってください。

3 採否決定及び経費

上記各種外来研究員受入れの可否及び経費の配分は、各部門、施設において、申請された研究計画、過去の共同利用実施報告・成果などに基づいて審査検討して原案を作成したのち、共同利用施設専門委員会で承認の上、教授会で決定します。ただし、長期留学研究員については、経費の援助はありません。

採択された共同利用研究の中で、放射線施設を利用される方には、「外来研究員等の放射線管理内規」に従って、別紙（様式6）の「放射線業務従事承認書」を提出していただきます。

4 実施報告書

一般研究員及び留学研究員で来所の方は、1期（半年又は1年）毎に終了後30日以内に別紙5による外来研究員実施報告書を必ず提出してください。報告書は、共同利用施設専門委員会へ回覧するとともに、次回以降の経費配分において参考資料といたします。

5 研究成果の報告と公表

外来研究員（嘱託、一般、短期・長期留学）として行った研究に関する論文が出版された場合は、別紙1部を共同利用掛へお送りください。また、定期的に共同利用における成果報告書を刊行する予定ですので、当方からの問い合わせがありましたら論文題目、著者、雑誌（巻・号）等をご回答ください。

また、論文を発表される場合、謝辞のところに東京大学物性研究所の共同利用による旨の文章をいれていただくことを希望します。英文の場合の参考として、次のような例文をあげておきます。

(例1) This work was carried out under the Visiting Researcher's Program of the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

(例2) This work was carried out by the joint research in the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

(例3) This work was performed using facilities of the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

6 宿泊施設

東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設が利用できます。

（ただし、長期留学研究員は利用できません。）

7 学生教育研究災害障害保険の加入

大学院学生は「学生教育研究災害障害保険」に加入されるようご配慮願います。

8 その他

(1) 予算の支出、諸施設の利用、設備の管理等については、関係する所員の指示に従ってください。

(2) 申請書は、必ず所定の様式を使用してください。

## スーパーコンピュータの共同利用について

物性研究所では、物性物理学の研究のための共同利用スーパーコンピュータを運用しています。他の計算機センターではできないような大規模計算による研究プロジェクトや先端的な計算手法の開発などに重点を置いて運用しており、利用課題の審査に際しても、研究プロジェクトの目的、その計画と方法、特色を重視します。

システムの性能、キュー構成、利用課金等の詳細は、「物性研究所スーパーコンピュータシステム共同利用案内」をご参照ください。

同案内については、物性研のwwwホームページ

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/super/riyou.html>

をご覧ください。

### 1 利用課金

利用課金は差し当たり所外利用者からは徴収しませんが、予算の関係上場合によっては、消耗品等を何らかの方法で負担していただくことがあります。

### 2 申請課題クラス

申請課題は、二つの計算サーバ申請利用金額の和に対して以下のクラスA,B,C,D,Sに分けて受け付けます。全く異なる課題を並列して行う場合は、同一の研究者が複数の課題を行うこととなりますが、類似した課題は一つにまとめようとしてください。利用金額に対応する二つの計算サーバのCPU時間や各クラスの申請利用金額の上限等については、「共同利用案内」を参照ください。

A (小型) : 各月の末日が締め切りで翌月の10日から年度末まで利用できます。本クラスへの申請は一学期毎に1回だけとします。また、A以外のクラスですすでに利用している研究者代表者(グループ)の申請は受け付けません。

B (中型) : 一般の共同利用申請期限の約2週間前(注:平成15年度前期は12月6日)に締め切り、4月1日から年度末まで利用できます。なお、一研究者代表者(グループ)が本クラス課題を複数申請する場合には、その総ポイント数は指定の上限値以下とします。

C (大型) : 一般の共同利用申請期限の約2週間前(注:同上)に締め切り、4月1日から年度末まで利用できます。なお、一研究者代表者(グループ)の本クラス課題の複数申請は受け付けません。

D (緊急) : 研究の進捗が著しく、緊急の計算を要すると判断される課題のためのクラスです。申請利用金額に制限はありません。随時受け付け、採択後6ヶ月利用できます。

S (特別) : 計算物理による物性研究の分野において特に重要な課題で、かつ、大規模な計算を伴うものを重点的に支援するためのクラスです。

申請利用金額に上限はありません(下限がある。)

一般の共同利用申請期限の約2週間前(注:同上)に締め切り、4月1日から1年間利用できます。

なお、本クラス課題については、スーパーコンピュータ共同利用委員会において研究代表者に申請課題の説明を行っていただきます。

### 3 利用申請

利用を希望するときは、「物性研究所スーパーコンピュータシステム共同利用申請の手引き」に従って課題申請を行ってください。

同手引きについては、物性研のwwwホームページ

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/super/shinsei.html>

をご覧ください。

### 4 申請期限

平成14年12月6日(金) 必着

### 5 採用決定

プロジェクト課題の採否、利用金額の割り当ては、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審査を経て、教授会で決定します。

### 6 利用

所外からインターネットを経由してスーパーコンピュータを利用することができます。また、利用が許可された期間中は、物性研究所電子計算気室がオープンしているかぎり、随時来所利用されてもかまいません。(旅費は支給されません。)

### 7 利用報告書

次年度初めに利用報告書をスーパーコンピュータ共同利用委員長あて提出していただきます。書式は別途連絡します。

### 8 研究成果の出版

スーパーコンピュータの共同利用による研究の成果が出版される場合には、必ず「物性研究所スーパーコンピュータを利用した。」旨を論文中に明記し、また、その別刷1部を物性研究所電子計算気室あて送付してください。

(例1) The authors thanks the Supercomputer Center, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo for the use of the facilities.

(例2) The computation in this work has been done using the facilities of the

Supercomputer Center, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo.

## 中性子散乱研究施設の共同利用について

- (1) 中性子散乱研究施設の共同利用は、通年公募方式（毎年1回）によって行われています。
- 申請期限：平成14年11月30日（土）必着**
- (2) 申請用紙は中性子散乱研究施設のホームページ（下記URL）よりダウンロードしてください。

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/neutron/index-j.shtml>

- (3) 研究課題申請書は、下記の課題申請専用アドレスに電子メールに添付して提出するか、郵送にて締切り期日までに提出してください。なお、郵送の場合には下記住所あてに、8部（7部は複写でも可）を提出してください。

電子メールの場合：[nsl-app1@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:nsl-app1@issp.u-tokyo.ac.jp)

郵送の場合：〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方106-1  
 東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設  
 TEL (029) 287-8900 FAX (029) 283-3922

- (4) 申請された研究課題は、中性子散乱研究施設運営委員会の審査を経て、教授会で決定された後、結果を実験責任者あて通知します。

- (5) 研究課題の申請は、原則として上記のとおり年1回ですが、特に緊急を要する課題が生じた時は、その理由を付して、上記中性子散乱研究施設運営委員会委員長あて随時申請することができます。

- (6) 実験終了後、所定の様式で成果報告書を提出することが求められます。

### (7) 受付課題の種類

中性子散乱装置の共同利用研究課題として次の2種類の課題を受け付けます。

- 1) 一般課題  
各研究者が各自の研究計画に基づき申請する課題です。
- 2) 装置開発研究チームIRT※(IRT: Instrumentation and Research Team)課題  
各IRTチームが申請する課題です。担当する分光器の開発目標と運営方針、それを用いたプロジェクト研究の内容、メンバー構成などに関して記述します。中性子散乱実験審査委員会(NSPAC)※および中性子散乱研究施設運営委員会では、この申請書に基づき、IRTとしての適性を判断し、マシニングタイム配分比率を決定します。IRT課題にならない研究については、IRTメンバーも一般課題に申請して審査を受ける必要があります。

※IRT課題については、第III、②項を参照してください。

IRT課題の申請者は、IRT課題専用書式を中性子散乱研究施設のホームページよりダウンロードしてください。

※中性子散乱実験審査委員会(NSPAC: Neutron Scattering Program Advisory Committee)は中性子散乱装置の共同利用研究課題の審査実務を分担する組織で中性子散乱研究施設運営委員会の下部機構です。

- (8) 共同利用に供されている中性子散乱実験設備については、参考資料「改造3号炉中性子散乱実験設備の概要」を参照してください。特に、超伝導マグネット・希釈冷凍機等の特殊装置を使用する研究課題の場合は、施設の担当者に事前相談が必要です。また、試料容器・寒剤等の消耗品は原則として実験者の負担です。詳しくは「改造3号炉中性子散乱実験設備の概要」をご覧ください。本参考資料は、中性子散乱研究施設のホームページからダウンロードできます。
- (なお、URLアドレスは②項に示した通りです。)

### (9) 一般課題の採択手順

- 1) 装置開発研究チーム(IRT)による課題の技術的検討
- 2) 3人のレフリーによる課題の学術的内容の審査
- 3) 中性子散乱実験審査委員会(NSPAC)による審査を経て、運営委員会で審議・決定

### (10) 課題審査スケジュール

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| 10月中旬 | 公募の手引き配布                           |
| 11月末日 | 公募の締め切り                            |
| 12月中旬 | IRTによる技術的審査, IRT間での意見交換            |
| 12月下旬 | 課題申請書とIRTの技術的コメントを3人のレフリーに送付       |
| 1月中旬  | レフリーの判定報告締め切り                      |
| 2月上旬  | 中性子散乱実験審査委員会(NSPAC)で審査し、運営委員会で審議決定 |
| 3月中   | 審査結果を課題申請者に通知                      |

### (II) 装置開発研究チーム(IRT)について

JRR-3Mに設置した中性子散乱実験装置の開発・維持管理に責任をもち、担当装置を用いた高度な研究を推進する組織として、装置開発研究チーム(IRT: Instrumentation and Research Team)を編成しています。IRTは原則として実験装置を所有する研究機関の研究者を代表者として組織されますが、NSPACおよび中性子散乱研究施設運営委員会の承認を受けて、外部の研究者に代表者を委託する場合があります。IRTの任務と権利は以下の通りです。

- (a) 分光器・付属装置および測定方法の開発と整備
- (b) 実験スケジュールの管理

## 物質合成・評価設備の共同利用について

物質設計評価施設の物質合成・評価部では、下記の6実験室および各種合成・評価設備を、全国共同利用として運営しています。利用を希望される方は下記の要領で申請してください。なお、申請にあたっては、事前に必ず利用実験室担当者と打ち合わせの上、申請書を提出してください。問い合わせ先：物質合成・評価設備共同利用委員会委員長 上田 寛 (04) 7136-3435

### 1 利用実験室と設備

| 実験室                                   | 利 用 設 備                                                                                                              |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質合成室<br>担当：北澤 恒男<br>電話：04-7136-3455  | ブリッジマン炉、引き上げ炉、ハロゲンランプ四槽円型帯域溶融炉、キセノンランプ四槽円型帯域溶融炉、アーク溶融炉、精密ダイヤモンドカッター、フラックス炉、真空蒸着装置                                    |
| 化学分析室<br>担当：坂井富美子<br>電話：04-7136-3436  | SEM-EPMA (波長分散型X線分析装置および高精度画像記録システム付)、ICP-AES、各種実体顕微鏡、電子天秤 (0.1(g)(240g)、純水製造装置)                                     |
| X線測定室<br>担当：山浦 淳一<br>電話：04-7136-3461  | 粉末X線回折装置 (封管型)、単結晶四軸回折装置 (封管型、回転対陰極型)、ラウエカメラ、ワイセンベルグカメラ、極低温単結晶イメージングプレート                                             |
| 電子顕微鏡室<br>担当：市原 正樹<br>電話：04-7136-3462 | 300kV高分解能電子顕微鏡、200kV分析電子顕微鏡 (電界放射型、エネルギー分散形X線分析装置、試料加熱・冷却ホルダ、FIB装置)                                                  |
| 電磁気測定室<br>担当：小黒 勇<br>電話：04-7136-3468  | 15テスラ超伝導磁石 (異方性磁場効果測定システム)、5ステラヘリウムフリー超伝導磁石 (多目的用)、振動式磁力計、2テスラ電磁石、16テスラ高均一超伝導磁石、磁化測定装置 (7T MPMS)、物理特性測定装置 (9T PPMMS) |
| 光学測定室<br>担当：田島 裕之<br>電話：04-7136-3235  | ラマン分光装置 (顕微ラマン、クライオスタット)、エキシマレーザ (波長可変パルスレーザ、連続発振レーザ)、フーリエ赤外分光器 (含顕微鏡ユニット)、透過・反射・発光・FTラマン分光装置、近赤外(紫外分光器 (含顕微鏡ユニット))  |

### 2 申請課題クラスと申請手続き

利用課題の申請は以下の三つのクラスに分かれます。申請にあたっては、それぞれのクラスに該当する申請書 (コピーで可) を使用してください。

- (1) 研究提案型課題申請 (Pクラス)

- (c) 担当する分光器を用いたプロジェクト研究と教育の推進  
 (d) 担当する分光器を用いた共同利用実験の支援  
 (e) 試料チェック、テスト実験および緊急課題の遂行  
 (f) 担当する分光器の高度化のための競争的資金の獲得  
 (g) その他、NSPACが必要と認めた事柄

IRTのメンバー構成およびIRTの使用するマシンタイムの配分比率 ( $p \leq 50\%$ ) は、IRT申請書に基づき、NSPACおよび中性子散乱研究施設運営委員会が審議決定されます。IRTメンバーは、IRT代表者の許可のもとで配分されたIRTマシンタイムを使用することができます。

### (2) 一般課題とIRT課題の間のマシンタイムの配分比率

(1-p) : 一般課題に割り当てられるマシンタイムの比率。一般課題は装置責任者・IMTメンバーも含めて、各研究者が各自の研究計画に基づき申請書を提出し、ピークタイムの配分は、実験審査委員会 (NSPAC) 及び運営委員会の審議により決定されます。

(p) : IMTに割り当てられるマシンタイム。

なお、比率 (p) の値は各IMTの申請に対し、実験審査委員会 (NSPAC) 及び運営委員会が審査して年度毎に決定されます。また、pの値の上限値は50%に制限されています。

本クラスは、物性研究所との共同プロジェクト研究として位置付けられるもので、利用者が物質合成・評価部の設備を利用しての独創的な研究を提案し、本施設のスタッフと協力して、比較的長期にわたって遂行する研究が対象となり、旅費や設備の利用時間等について、優先的便宜が図られます。

申請にあたっては、所外及び所内の研究代表者を一人ずつ設け、所外研究代表者は所内研究代表者とあらかじめ研究内容や遂行計画等について相談・検討の上、研究組織を構成してください。なお、研究組織には、研究協力者として、若干の学生を入れることができます。申請は一期（半年）毎に受け付けます。

申請は、物質合成・評価設備共同利用申請書（様式3）及び外来研究（共同利用）申請書（様式1）（「物質設計評価施設希望実験室名」欄には、上記1のうち利用希望実験室名を記入する。また、右上のクラスチェックする。）を提出してください。

(2) 一般課題申請（Gクラス）

従来の一一般の共同利用で、共同研究と施設利用を含み、所外研究者が研究の必要上、本設備を利用したい場合の便宜を提供するものです。申請は一期（半年）毎に受け付けます。申請にあたっては、外来研究員（共同利用）申請書（様式1）（「物質設計評価施設希望実験室名」欄には、上記1のうち利用希望実験室名を記入する。また、右上のクラスチェックする。）を提出してください。

(3) 緊急課題申請（Uクラス）

研究の進捗上、緊急に本設備の利用を必要とする課題です。申請は随時受け付けます。その際、緊急性を明示の上、外来研究員（共同利用）申請書（様式1）（「物質設計評価施設希望実験室名」欄には、上記1のうち利用希望実験室名を記入する。）を提出してください。

3 送 付 先 〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5  
東京大学物性研究所 庶務課共同利用掛  
電話 04-7136-3209

4 申 請 期 限 平成14年12月16日（月）必着

5 採 否 決 定

申請課題は物質合成・評価設備共同利用委員会の審査を経て、教授会で決定します。

6 実 施 報 告 書

一期（半年）毎に、終了後30日以内に様式5の実施報告書を物質合成・評価設備共同利用委員会委員長あて提出していただきます。

7 研究成果の出版

物質合成・評価設備の共同利用による研究の成果が出版される場合には、必ず「物性研究所物質合成・評価設備を利用した。」旨を論文中に明記し、また、その別刷1部を物性研究所物質合成・評価設備共同利用委員会委員長あてに送付してください。

(例1) The authors thank the Materials Design and Characterization Laboratory, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo for the facilities.

(例2) This work was performed using facilities of the Materials Design and Characterization Laboratory, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo.

＜短期研究会＞

短期研究会は、物性研究上興味深い特定のテーマについて全国の研究者が1～3日間程度研究会を開き、集中的に討議するもので、提案代表者は内容、規模等について関係研究者と十分検討の上、申請してください。

1 申請方法

提案代表者は、別紙申請書（様式4）を庶務課共同利用掛へ提出してください。  
なお、提案者の中に、本研究所周員が1名以上必要です。

2 申請期限

平成14年12月16日（月）必着

3 提案理由の説明

提案代表者は、内容、規模等について共同利用施設専門委員会で説明していただきます。

4 採否決定

共同利用施設専門委員会の審議を経て、教授会で決定します。

5 経費

共同利用施設専門委員会で査定・審査し、教授会の決定に基づき共同利用施設運営費から支出します。（1件当たりの申請金額については、50～100万円を目安としてください。なお、100万円を超えるものを承認する場合があります。）

6 報告書

提案代表者は、研究会終了後速やかに「物性研だより」に掲載する研究会報告書を提出してください。執筆に関する要領は庶務課共同利用掛から別にお知らせします。

共同利用施設専門委員会委員

|       |                          |            |                        |
|-------|--------------------------|------------|------------------------|
| 熊谷 健一 | 北海道大学（大・理）               | 高島 敏郎      | 広島大学（大・先端物質）           |
| 佐藤 英行 | 東京都立大学（大・理）              | 山田 和芳      | 京都大学（化学研）              |
| 酒井 治  | 東京都立大学（大・理）              | 岩佐 義宏      | 東北大学（金材研）              |
| 後藤 輝孝 | 新潟大学（大・自然科学）             | 太田 仁       | 神戸大学（分子フォトサイエンス研究センター） |
| 宇田川真行 | 広島大学（総合科学）               | 巨海 玄道      | 九州大学（大・理学研究院）          |
| 矢ヶ崎克馬 | 琉球大学（理）                  | 畑 徹        | 大阪市立大学（理）              |
| 高柳 邦夫 | 東京工業大学（大・総合理工）           | 谷口 雅樹      | 広島大学（大・理）              |
| 野上 隆  | 電気通信大学（電気通信）             | 樽茶 清吾      | 東京大学（大・理）              |
| 佐藤 直樹 | 京都大学（化学研）                | 阿知波洋次      | 東京都立大学（大・理）            |
| 葉師 久彌 | 岡崎国立共同研究機構（分子科学研究所）      | 五神 真       | 東京大学（大・工）              |
| 大隅 一政 | 高エネルギー加速器研究機構（物質構造科学研究所） | その他物性研究所所属 |                        |

## 外来研究員等の放射線管理内規

(昭和57.7.21制定)

放射線障害予防規程第44条第3項に定める外来研究員等の放射線管理については以下のとおりとする。

### 1. 柏 地 区

- (1) 物性研究所放射線管理室(以下「管理室」という。)は、外来研究員等の共同利用申込が承認された時に、その所属する大学又は事業所に対し「物性研究所の放射線施設を利用する外来研究員等の派遣についての了解事項」及び「放射線業務従事承認書」を送付する。
- (2) 外来研究員等は、放射線取扱いに先立って「放射線業務従事承認書」を管理室に提出するものとする。
- (3) 本所の放射線施設及び放射線発生装置等を初めて利用する外来研究員等に対し、当該施設の放射線管理責任者は、放射線取扱いの開始前に放射線発生装置あるいは放射性物質等の安全取扱い、立入記録の記入等についての教育訓練を実施する。
- (4) 放射線管理責任者は、外来研究員等について、フィルムバッジ等の着用の有無を確認し、それ等を持たない場合は、個人被曝線量計を貸与し被曝線量当量を測定し記録するものとする。

### 2. 日本原子力研究所内(東海村) - 中性子散乱研究施設

中性子散乱研究施設を利用する外来研究員等は、日本原子力研究所で定める放射線管理上の所要手続きをしなければならない。

3. 高エネルギー加速器研究機構(以下「機構」という。)内設置の軌道放射線物性研究施設分室を利用する外来研究員等は、機構が定める放射線管理上の所要手続きをしなければならない。

## 物性研究所の放射線施設を利用する 外来研究員等の派遣についての了解事項

1. 外来研究員等及び所属機関の責任者は、物性研究所の放射線施設の利用に際して、以下の事項を承諾するものとする。
2. 外来研究員等は、本所放射線障害予防規程及び当該放射線施設の管理内規に従う。
3. 外来研究員等が利用する放射線施設等に係る管理責任(放射線発生装置、放射性物質の安全取扱い、管理区域等の線量当量の測定等の管理)は、物性研究所にあるが、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」等で定める放射線業務従事者としての認可及び個人管理は、外来研究員等の所属機関の責任において行う。
  - (1) 教育訓練(物性研究所における放射線発生装置等の安全取扱いに係る教育訓練は除く)の受講
  - (2) 血液検査などの健康管理
  - (3) 個人被曝線量当量の測定
  - (4) 放射線業務に従事することの可否の判定
4. 放射線業務に従事する外来研究員等は、所属機関の放射線取扱主任者及び管理責任者が認める放射線業務従事承認書を、物性研究所放射線管理室に提出する。
5. 個人被曝線量計(フィルムバッジ等)は、原則として所属機関より持参し、着装して放射線業務に従事するものとする。
 

但し、個人被曝線量計のない場合は、当該施設又は放射線管理室が貸与する。

外来研究員（共同利用）申請書

|   |   |
|---|---|
| P | G |
|---|---|

No.

|                                                 |                                                              |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 東京大学物性研究所長 殿                                    | 平成 年 月 日                                                     |
| 所属(和) (英)                                       |                                                              |
| 職名又は学年                                          |                                                              |
| 氏名(和) (英)                                       |                                                              |
| 級号簿発令年月日(年 月 日) 級 号簿                            |                                                              |
| 申請者の連絡先 電話 内線                                   |                                                              |
| FAX                                             |                                                              |
| eメールアドレス                                        |                                                              |
| 下記研究計画により外来研究員として貴研究所で研究したいので申請します。             |                                                              |
| 研究題目(和) (英)                                     | グループで研究する場合は代表者名を記入すること ※研究内容がわかるような具体的なテーマを記入すること           |
| 研究目的(和) (英)                                     | グループで研究する場合は代表者のみ記入すること                                      |
| ○研究の実施計画(使用装置・方法等詳細に) (グループで研究する場合は代表者のみ記入すること) |                                                              |
| ○放射線業務に従事することの有無                                | 有・無 (○で囲むこと)                                                 |
| ○希望部門・研究室名(研究室)                                 | 部門 研究室                                                       |
| ○物質設計評価施設 希望実験室名( )                             |                                                              |
| 他の研究室又は実験室へ共同利用を同時に申請していただけますか                  | <input type="checkbox"/> していない <input type="checkbox"/> している |
| 申請している場合の研究室又は実験室名( )                           |                                                              |

(注) 所属・氏名・研究題目の英文については、必ず記入してください。

※ 選択された共同利用研究の中で、放射線施設を利用される方には、「外来研究員等の放射線管理内規」に従って、「放射線業務従事承認書」(様式6)を提出していただきます。

|                                        |                                                                                                    |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ① 宿泊を必要としない利用者(日帰り)                    | 月 日 ~ 月 日 の期間中 (週・月 日) 合計 日                                                                        |
| • 用務先                                  | <input type="checkbox"/> 物性研(柏) <input type="checkbox"/> 物性研(つくば) <input type="checkbox"/> 物性研(東海) |
| ② 宿泊を必要とする利用者                          | 月 日 ~ 月 日 (泊 日)                                    |
| • 用務先                                  | <input type="checkbox"/> 物性研(柏) <input type="checkbox"/> 物性研(つくば) <input type="checkbox"/> 物性研(東海) |
| ③ この共同利用の際、貴所属機関から、鉄道賃、日当、宿泊料が支給されますか。 | <input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない                                         |
| 利用頻度 :                                 | ① 新規 ② 過去5年間何回申請していますか ( 回)                                                                        |
| 略 歴 (大学院生は学歴を記入すること)                   |                                                                                                    |
| 上記のとおり、申請者が貴研究所において研究に従事することを承諾します。    |                                                                                                    |
| 平成 年 月 日                               |                                                                                                    |
| 申請者の所属長 職・氏名                           | 印                                                                                                  |

外来研究員（留学研究員）申請書

※ 選択された共同利用研究の中で、放射線施設を利用される方には、「外来研究員等の放射線管理内規」に従って、「放射線業務従事承認書」（様式6）を提出していただきます。

No.

|                                                               |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|
| 東京大学物性研究所長 殿                                                  | 平成 年 月 日 |
| 所属(和) (英)                                                     |          |
| 職名又は学年                                                        |          |
| 氏名(和) (英)                                                     |          |
| 番号 姓 名 年 月 日 ( 年 月 日 ) 級 号 簿                                  |          |
| 申請者の連絡先 電話 内線                                                 |          |
| e メールアドレス FAX                                                 |          |
| 下記研究計画により（長期留学研究員・短期留学研究員）として貴研究所で研究したいので申請します。（申請する方を○で囲むこと） |          |
| 研究題目 ※研究内容がわかるような具体的なテーマを記入すること<br>(和)<br>(英)                 |          |
| 研究目的                                                          |          |
| ○研究の予定期間 平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日                                  |          |
| ○研究の実施計画の概要                                                   |          |
| ○放射線業務に従事することの有無 有 ・ 無 (○で囲むこと)                               |          |
| ○長期留学研究員 希望指導教官名                                              |          |
| ○短期留学研究員 希望部門・研究室名                                            |          |
| ○併願の有無 有 ・ 無 (○で囲む)<br>併願している場合の研究室等名 ( )                     |          |

注) 所属・氏名・研究題目の英文については、必ず記入してください。

|                                                                                                                                                                        |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| ○ 滞在・宿泊場所について<br>● 長期留学研究員（東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設の利用はできません）<br>滞在場所（予定）所在地・名称<br>● 短期留学研究員<br><input type="checkbox"/> 東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設 <input type="checkbox"/> その他 ( ) |   |
| ○ この共同利用の際、貴所属機関から、鉄道賃、日当、宿泊料が支給されますか。<br><input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない                                                                   |   |
| 略 歴（大学院学生は学歴を記入すること）                                                                                                                                                   |   |
| 上記のとおり、申請者が貴研究所において研究に従事することを承諾します。                                                                                                                                    |   |
| 平成 年 月 日                                                                                                                                                               |   |
| 指導教官の所属・職・氏名                                                                                                                                                           | 印 |
| 申請者の所属長 職・氏名                                                                                                                                                           | 印 |

物質合成・評価設備共同利用申請書 (P-クラス)

短期研究会申請書

|              |                                                                                                                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 申請代表者所属・職・氏名 |                                                                                                                         |
| 申請研究課題       | 使用希望実験室 (1) 物質合成室 (2) 化学分析室 (3) X線測定室 (4) 電子顕微鏡室<br>(複数可) (5) 電磁気測定室 (6) 光学測定室<br>(研究の目的・背景, 実験計画・方法・利用機器等について記入してください) |

平成 年 月 日

東京大学物性研究所長 殿

提案代表者  
 所属  
 職名  
 氏名  
 連絡先電話  
 FAX  
 eメールアドレス  
 印  
 内線

下記のとおり短期研究会の開催を提案したいので申請します。

記

- 1 研究会の名称
- 2 提案理由  
 理由は、400字以上600字まで (A 4 版横書き) とし、提案理由及び研究内がよくわかるように記載してください。  
 特に物性研で開催することの必要性や意義を明記してください。
- 3 開催期間  
 平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日 ( 日間)  
 開催時間 : \_\_\_\_\_ 名
- 4 参加予定者数 約 \_\_\_\_\_ 名
- 5 希望事項 (○で囲む)  
 予稿集 : 有 ・ 無      その他希望事項  
 公開 ・ 非公開
- 6 その他 (代表者以外の提案者: 所属機関・職名を記入のこと)

(裏面使用可)

様式 4 - 2

7 旅費の支給を必要とする者

|    | 氏名 | 所 | 属 | 職 | 名 |
|----|----|---|---|---|---|
| 1  |    |   |   |   |   |
| 2  |    |   |   |   |   |
| 3  |    |   |   |   |   |
| 4  |    |   |   |   |   |
| 5  |    |   |   |   |   |
| 6  |    |   |   |   |   |
| 7  |    |   |   |   |   |
| 8  |    |   |   |   |   |
| 9  |    |   |   |   |   |
| 10 |    |   |   |   |   |
| 11 |    |   |   |   |   |
| 12 |    |   |   |   |   |
| 13 |    |   |   |   |   |
| 14 |    |   |   |   |   |
| 15 |    |   |   |   |   |
| 16 |    |   |   |   |   |
| 17 |    |   |   |   |   |
| 18 |    |   |   |   |   |
| 19 |    |   |   |   |   |
| 20 |    |   |   |   |   |

様式 4 - 3

8 その他主要参加者

|    | 氏名 | 所 | 属 | 職 | 名 |
|----|----|---|---|---|---|
| 1  |    |   |   |   |   |
| 2  |    |   |   |   |   |
| 3  |    |   |   |   |   |
| 4  |    |   |   |   |   |
| 5  |    |   |   |   |   |
| 6  |    |   |   |   |   |
| 7  |    |   |   |   |   |
| 8  |    |   |   |   |   |
| 9  |    |   |   |   |   |
| 10 |    |   |   |   |   |
| 11 |    |   |   |   |   |
| 12 |    |   |   |   |   |
| 13 |    |   |   |   |   |
| 14 |    |   |   |   |   |
| 15 |    |   |   |   |   |
| 16 |    |   |   |   |   |
| 17 |    |   |   |   |   |
| 18 |    |   |   |   |   |
| 19 |    |   |   |   |   |
| 20 |    |   |   |   |   |
| 21 |    |   |   |   |   |
| 22 |    |   |   |   |   |
| 23 |    |   |   |   |   |
| 24 |    |   |   |   |   |
| 25 |    |   |   |   |   |



# 平成14年度外部資金の受入れについて

(平成14年4月1日～平成14年9月30日)

## 1. 奨学寄附金

(1) 500万円を超える奨学寄附金

該当なし

(2) 500万円以下の奨学寄附金

| 件数  | 金額         |
|-----|------------|
| 10件 | 6,353,140円 |

## 2. 民間との共同研究

| 研究題目                                     | 相手方機関名    | 共同研究経費         |        | 研究担当職員   |
|------------------------------------------|-----------|----------------|--------|----------|
|                                          |           | 相手方負担分         | 本学負担分  |          |
| 量子流体の表面物性の研究                             | 理化学研究所    | 円<br>2,700,000 | 円<br>— | 教授 石本英彦  |
| 高輝度光源用ビームラインの開発・研究                       | (株)トヤマ    | 420,000        | —      | 教授 柿崎明人  |
| ポリオレフィン混合系におけるポリプロピレン系結晶材料と同系非晶材料の相互作用解析 | サンアロマー(株) | 1,000,000      | —      | 教授 柴山充弘  |
| 材料の水素脆性、輻射率の特性把握                         | カシオ計算機(株) | 1,000,000      | —      | 助教授 上床美也 |
| 合計                                       |           | 5,120,000      |        |          |

## 3. 受託研究

| 研究題目                              | 委託者            | 受入金額           | 研究担当職員   |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------|
| 接触燃焼式COセンサーにおける触媒上のCOガス選択現象の理論的解明 | (財)千葉県産業振興センター | 円<br>2,100,000 | 助教授 小森文夫 |
| NMR測定技術の新展開：4 Gpa級圧力下での圧力誘起超伝導の研究 | 日本原子力研究所       | 1,500,000      | 助手 藤原直樹  |
| 合計                                |                | 3,600,000      |          |

## 編集後記

物性研が柏キャンパスに全面移転してから2年と8ヶ月になります。柏では地域との交流が大変盛んになり、研究所一般公開、一般講演会や高校生向けのサイエンススクールなどが毎年、行われています。去る11月1-2日に柏で3回目の一般公開が行われました。初日の小雨模様の悪天候にもかかわらず、2日間の入場者数は柏キャンパス全体で5000人を越え、そのうち物性研見学者は署名数だけで2320人に達しました。アンケート調査によると、ほとんどの人が公開内容を「面白い」、「勉強になる」との印象を持つ反面、内容のレベルについては半数近くが「難しい」と感じていることがわかり、分かりやすく説明することの難しさを改めて感じます。さて、第4号では研究会報告や物性研ニュースに加えて、研究トピックスとして瀧川所員らによる直交ダイマースピン系における強磁場 NMR の興味深い研究結果を紹介します。今後もこのようなトピックスや解説を随時掲載いたしますのでご期待ください。

次号の締切は12月20日です。

所属または住所変更の場合等は事務部共同利用掛までご連絡願います。

榊原俊郎