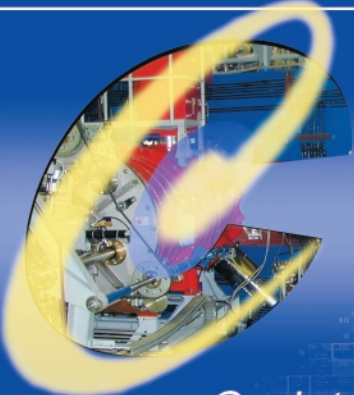



 東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター

CYRIC News

Cyclotron and Radioisotope Center, Tohoku University

No. 37 2005.5 東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター

巻 頭 言

——ライフサイエンス分野での CYRIC——

福井大学高エネルギー医学研究センター 井 戸 達 雄

1980年8月放射線医学総合研究所から東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター RI 製造部に教授として赴任して25年が過ぎ、今年3月定年を迎えました。東北大学では全国に先駆けて比較的加速エネルギーの高いサイクロトンが多目的利用を目指して設置されました。全学共同利用設備として、理学・工学・医学・薬学・農学の分野において新しい研究分野の創成と促進をその目的としたものでした。当初は理学・工学系の研究部（加速器部、測定器部、RI部）によって発足しましたが、加速器のライフサイエンス領域への利用促進のため、RI部をRI管理部とRI製造部に分割し、RI製造部がサイクロトンを利用した短寿命核種の製造技術の開発研究と製造した核種の医学生物領域への利用開発を担当しました。医学への利用に関しては、特に短寿命ポジトロン放出核種で標識した放射性薬剤の開発とそれを利用して臓器の機能診断を横断画像で行う方法の開発を重点目標としました。そのために臨床診断用機器として商業機であった ECAT を日本で初めて導入しました。当時は装置を CAT (computer assisted tomography) とか PECT (positron emission computed tomography) と称しておりましたが、最終的には現在の PET に落ち着きました。この分野では放射線医学総合研究所が日本において草分けですが、大学としては東北大が最初でありました。医療施設ではない研究所で人を対象とした臨床研究を進めることにいろいろ難しさがありましたが、医学部、附属病院、加齢研（当時は抗酸菌病研究所）、文部省、厚生省の関係者のご理解と努力により、病院の出張診療所として機能することになりました。1982年より PET を手段とする臨床診断の研究が、まず C-11 や O-15 で標識した気体吸入法で始まり、同年注射剤である FDG による診断を始めることができました。その後一、二年のうちに秋田脳研、国立中野病院、京都大学、九州大学、群馬大学、千葉大学の附属病院に相次いでサイクロトン・PET 施設が整備され、PET 診断応用への本格的な幕開けとなりました。

東北大学では癌の診断を手始めに心筋機能診断、脳機能診断と展開し、それに応じた薬剤の開発を進め、外国に先駆けて各種薬剤の自動合成装置を開発し、サイクロトンメーカーに技術移植し

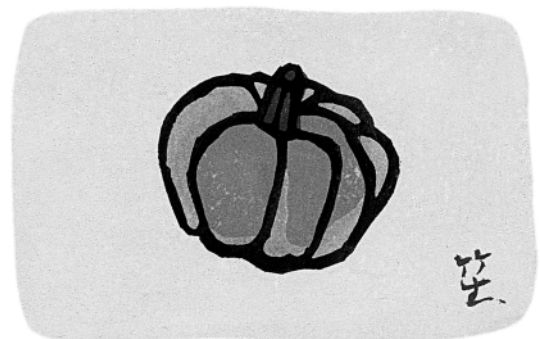
てきました。癌の診断応用で特記すべきは加齢研との共同研究にあります。加齢研の精力的かつ系統的な研究により、FDG が癌診断に最も有効な薬剤であることを世界に発信したことであります。これがきっかけとなり、今日の爆発的な PET ブームへと繋がったと考えております。

PET 臨床診断研究をさらに強化進展させるために新たにサイクロترون核医学研究部を発足させ、それに伴い各部門も研究部体制をとることとし、名称もそれぞれ加速器研究部、測定器研究部、核薬学研究部、放射線管理研究部となり、現在の体制が出来上がりました。サイクロترون核医学研究部の誕生により、定量的診断・動態解析診断が一段と強化されるとともに、医学部共同利用者の診断利用がよりスムーズに進行できています。また医療被曝低減を目指した計測データの解析研究や独自設計による PET 装置の開発研究なども、対応する研究部と共同で進められています。

サイクロترون本体については理学・工学分野の要望により、より高いエネルギー加速と重粒子加速を可能にするよう性能アップが図られ、さらに短寿命 RI 製造専用の小型サイクロترونが導入されました。これにより多目的共同利用がさらに効率的にすすめられるようになっていきます。また大学病院にも臨床診断専用の PET 施設が設置されています。センターとしてインフラ整備を着々として進めてきましたが、大学を取り巻く環境の変化は、センターに特色のある研究成果や新しい加速器利用の方向性を示すことを求めています。特にライフサイエンスの領域では他の PET 施設にはない特色を活かした成果が期待されています。内照射療法に利用できる核種の開発、加速ビームの直接利用、診断と治療の直結などがこれにあたるでしょう。研究費の獲得には、目先の短期的資金の獲得も必要でしょうが、水平線の先を見つめた計画をセンター中心に進めること、5 研究部が一丸となって進められる研究課題を追求することでしょう。この意味で加速器によるホウ素中性子捕捉療法の開発研究を COE の課題として提案してきましたが、実現できなかったことは残念です。私としては、これは別の機会に別の方法で実現を図ることを考えております。

センターの抱えるこれらの課題についてはセンター内で十分話し合われており、理解されておりますが、あえて OB のたわ言として書かせて頂きました。

長い期間に亘って皆様からご協力を戴いたことに感謝するとともに、センターの進む方向に陽が輝き続けることを期待しております。



阿部笙子先生作

• 巻頭言	
	福井大学 高エネルギー医学研究センター 客員教授 井戸達雄…………… 1
• 研究紹介	
脳を守る血液脳関門の輸送機構	
東北大学大学院薬学研究科 医療薬学専攻 薬物送達学分野 大槻純男…………… 4	
• 新しい機器の紹介	
大強度高速中性子ビームコース	センター 測定器研究部 岡村弘之
	放射線管理研究部 馬場 護……………12
• 共同利用の状況	……………15
• センターからのお知らせ	……………22
• 研究交流	……………24
• 留学生便り	……………25
• RI 管理メモ	……………27
• 組織図・分野別相談窓口	……………34
• 委員会名簿, 人事異動, 職員名簿, 学生・院生名簿	……………35
• CYRIC 百科	……………41
• 編集後記	……………42

脳を守る血液脳関門の輸送機構

東北大学大学院薬学研究科 医療薬学専攻 医療薬学講座 薬物送達学分野
大槻 純 男

1 はじめに

血液脳関門 (blood-brain barrier, BBB) は、1913年に Goldman が色素の血中投与では、脳は染まらず、逆に脳内への投与では、脳は染まるが他の臓器は染まらないことから、血液と脳を隔てる関門が存在するとして、その概念が提唱された。当初、血液脳関門は血液と脳を隔てる単なる物理的障壁として考えられていた。しかし、過去10年の研究によって血液脳関門は、その機能が分子レベルで解明されつつあり、現在では、血液から脳に必要な栄養素を供給し、脳内で産生された代謝物を血中に排出し、さらには、脳内への異物の侵入を防ぐ、というきわめて積極的に脳を維持し守る監視網としての機能を司っていることが明らかになりつつある。さらに、この脳を守る機能は「薬」という異物の脳移行を制限しており、中枢疾患治療薬の開発を難しくしている大きな原因である。従って脳に効く薬を作るには、この「脳を守る」仕組みの抜け道を知る必要がある。

2 血液脳関門の構造と機能

図1に示すように、脳内には神経細胞をはじめとする様々な細胞が存在する。それら細胞の間を縫うように毛細血管が非常に密な網の目を形成している。この脳毛細血管を構成している細胞 (内皮細胞) が血液脳関門の実体である。

脳は、神経活動のため環境が厳密にコントロールされている必要があり、環境変化が神経障害に結びつく極めてデリケートな器官である。末梢組織の毛細血管には間隙が存在するために、血液と組織間の物質の移動は比較的自由である。しかし、脳毛細血管には内皮細胞の間隙が存在しない

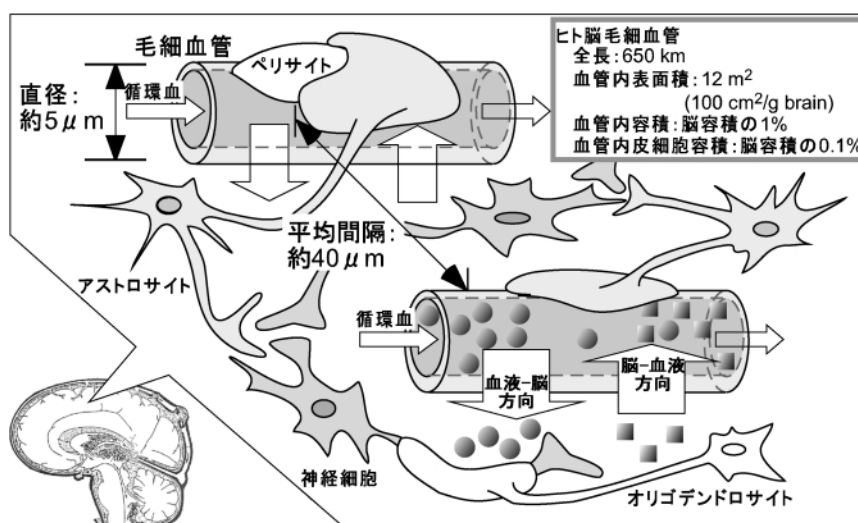


図1. 脳内の神経系と血液脳関門の構造

脳内の毛細血管を構成する内皮細胞が血液脳関門の実体である。血液脳関門は毛細血管内を流れる血液と脳との間の物質の移動を制御している。(大槻他, 未来材料 3: 2-6 (2003) を改変)

めに、図1に示すように血液から脳へ、そして、脳から血液の物質の移動を血液脳関門である脳毛細血管内皮細胞が厳密にコントロールしている。また、毛細血管の網目構造のため、血液脳関門を介した物質移動は脳全体で効率的に行われる。以上のような構造的、機能的な特徴によって血液脳関門は、中枢環境の維持に重要な働きを果たしているのである。

3 血液脳関門の輸送機構とトランスポーター

血液脳関門を介して行われる物質の輸送を可能にしている分子がトランスポーターである。トランスポーターは、生体膜に存在する膜蛋白であり、特定の基質を輸送する能力を持っている。特に、細胞の最も外側を構成する細胞膜に発現するトランスポーターは、細胞外から細胞内、もしくは、細胞内から細胞外へ基質となる物質を輸送する能力を有している。ヒトゲノム解析の結果、ヒトにおいてトランスポーター分子は、1000種類近く存在すると予想されている。それぞれが独自の基質認識性、輸送方向性、発現局在性を持つことによって独自の機能を発揮していると考えられる。血液脳関門を構成する脳毛細血管には、血液側と脳側の細胞膜が存在し、トランスポーターが、それぞれの細胞膜に発現していることが明らかとなっている。図2に血液脳関門に発現する代表的なトランスポーターを示した。これらトランスポーターが、連携し巧妙に物質輸送を行うことで、血液脳関門のコントロールされた物質交換を可能にしている¹⁾。

グルコースを輸送するトランスポーターである GLUT1 は、脳毛細血管内皮細胞の両側の細胞膜に発現している (図2)。GLUT1 はエネルギーを消費しないで濃度勾配に従ってグルコースを輸送する。つまり、グルコースは GLUT1 の輸送によって供給元である血液から消費先である脳へ濃度勾配に従って供給され、中枢神経活動のエネルギー源として用いられる。我々は、血液脳関門は単にエネルギー源を供給するだけではなく、エネルギーを貯蔵するクレアチンも血中から脳にトランスポーターを利用して供給していることを明らかにしている^{2,3)}。同様に、血液脳関門はアミノ酸や核酸の輸送系を発現することによって、脳の活動に必要な分子を選択的に供給している。この供給輸送系に薬物を認識させることによって効率的に脳へ薬物を送達することが可能になる。

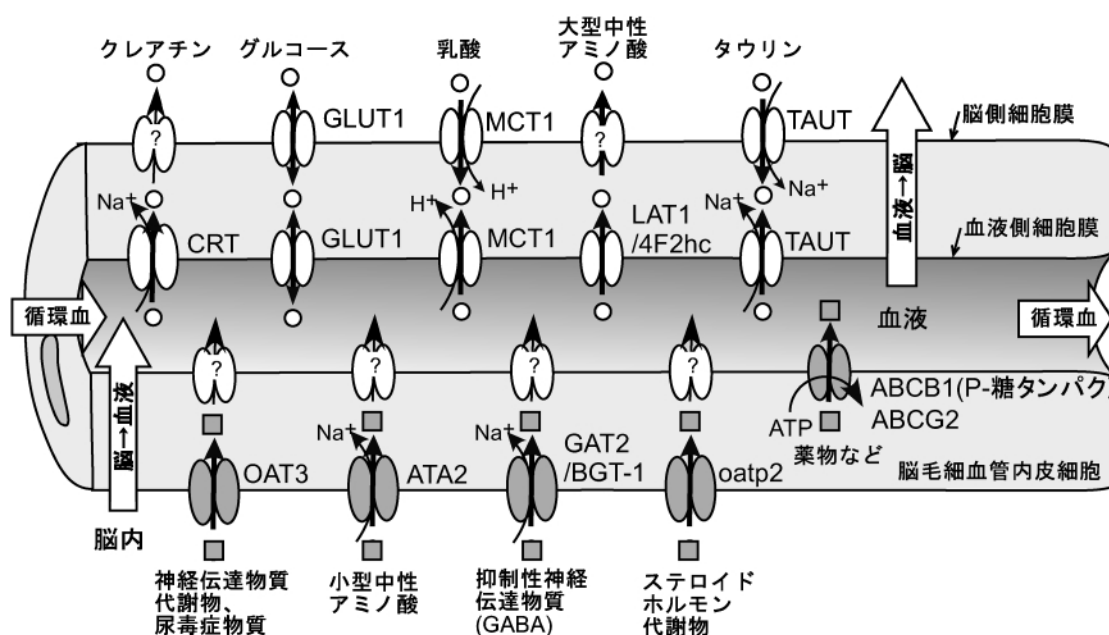


図2. 血液脳関門に存在する代表的な輸送系とトランスポーター
大槻他, 未来材料 3: 2-6 (2003) を改変

実際に、アミノ酸類似構造を持つパーキンソン病治療薬レボドパは血液脳関門のアミノ酸輸送系を利用して脳への分布を可能としている。

4 脳から血液方向の排出輸送系

血液脳関門には、供給輸送系とは逆方向である脳から血液方向の排出輸送系も存在する。排出輸送に関わるトランスポーターである P-糖タンパクは図 2 に示すように血液側の細胞膜に発現し、ATP の加水分解エネルギーを直接利用して細胞内から細胞外へと輸送する機能を有している。このような排出輸送系が血液から内皮細胞内に侵入した基質を速やかに血中へ排出することで、拡散によって関門を透過してしまう物質の脳への侵入を防いでいる。従って、排出輸送は薬物の脳への分布を制限する重要な機構であり、従来から薬物輸送という観点から解析が行われてきた。

血液脳関門の排出輸送は、薬物分布という観点以外にも、生理的にも重要な機能を担っていると我々は考えている。脳は、神経活動のために多くのエネルギーと神経伝達物質を用いる。その結果、多くの代謝物が脳内で作られる。この代謝物が血中に排出されない場合は、脳内に蓄積し中枢神経活動に影響を及ぼす可能性がある。従って、血液脳関門排出輸送機構は、異物の脳への侵入を防ぐだけではなく、脳内で産生された代謝物や毒物を血中に排出することで脳内の環境を維持していると考えられる。血液脳関門の輸送機能を多面的にとらえることが、新たな輸送機能の解明につながり、そして将来的に中枢への薬の開発につながると考え、我々は従来とは異なる中枢における生理機能という観点から脳から血液方向の排出輸送の解析を行っている。

5 血液脳関門排出輸送系の解析方法

我々は、in vivo 及び in vitro の両面から独自の手法を用いて血液脳関門の排出輸送を解析している。Brain Efflux Index (BEI) 法は、1996年に寺崎らにより開発された血液脳関門を介した物質の排出輸送速度を in vivo で直接測定する手法である⁴⁾。図 3 に示すように放射標識された測定化合物を非透過化合物（インスリン等）とともにラットの脳内に微量投与する。一定時間後に脳内に残

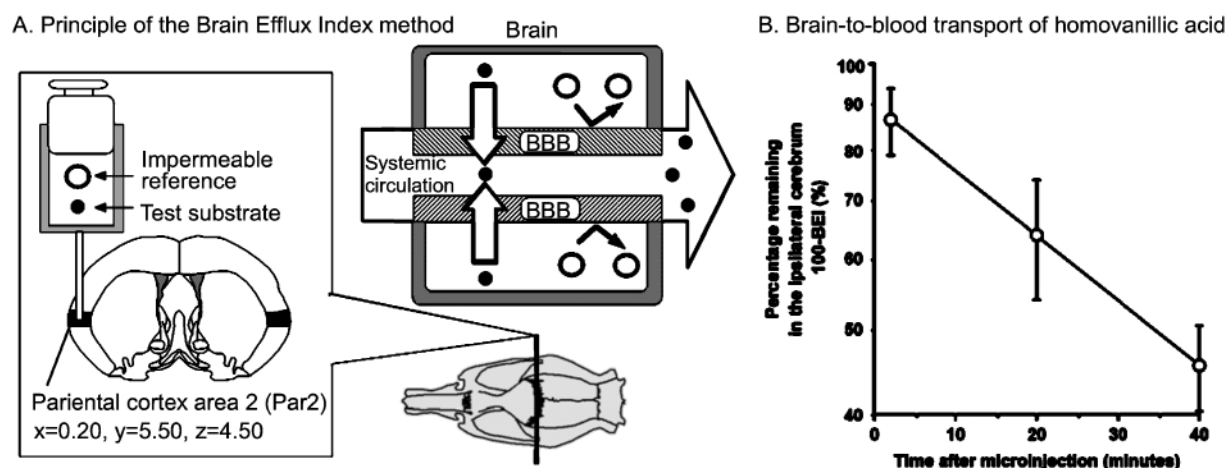


図 3. Brain Efflux Index (BEI) 法による血液脳関門排出輸送の解析

A : BEI 法の原理。放射標識した目的化合物を非透過化合物と共に脳内に投与する。一定時間後の目的化合物の残存率を測定することで、血液脳関門排出輸送速度を求める。

B : BEI 法を用いたホモバニリン酸の血液脳関門排出輸送の測定。横軸は脳内投与後の時間、縦軸は脳内残存率を示す。グラフの傾きが排出速度定数 ($1.69 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$) に相当する。(Mori et al. J. Cereb. Blood Flow Metab., 23: 432-40 (2003) から引用)

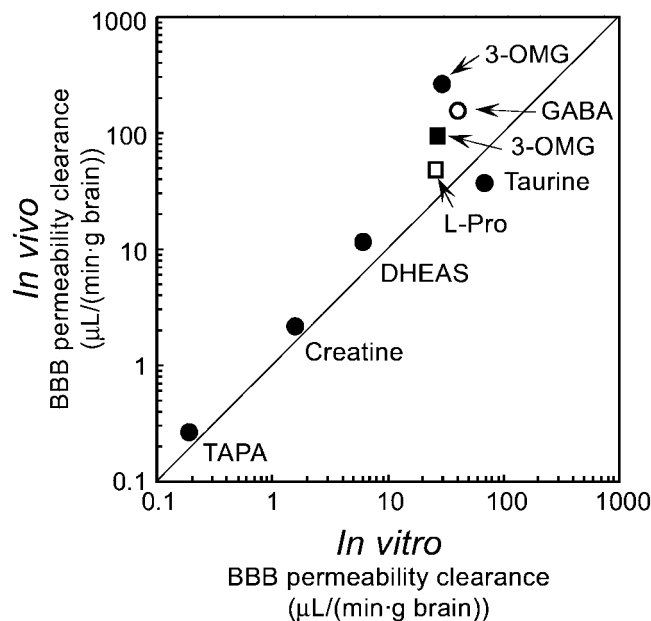


図4. 条件的不死化脳毛細血管内皮細胞株を用いた in vivo 血液脳関門透過速度の予測法の信頼性
 条件的不死化脳毛細血管内皮細胞株 (TM-BBB (●, ○), TR-BBB (■, □)) の各化合物の細胞内取り込み速度から外挿した血液脳関門透過クリアランス (横軸) を, in vivo 解析で測定された influx (●, ■) および efflux (○, □) クリアランス (縦軸) と比較した。3-OMG: 3-O-methyl-D-glucose, DHEAS: dehydroepiandrosterone sulfate, GABA: γ -aminobutylic acid, L-Pro: L-proline, TAPA: H-Tyr-D-Arg-Phe- β -Ala-OH。 (Terasaki et al. Drug Discov. Today., 8: 944-954 (2003) から引用)

存する放射活性を測定することにより、脳内に残存している化合物の量を算出し、時間に対してプロットする。図3Bには、ドパミン代謝物であるホモバニリン酸 (HVA) のBEI法によって測定された脳内残存率の時間推移を示している⁵⁾。血液脳関門を介して脳から血中に排出される場合は、時間依存的に脳内残存率が低下する。図3Bに示すグラフの傾きが排出速度定数に相当する。関与するトランスポーターは、トランスポーター阻害剤を測定化合物と同時に投与もしくは前投与することで、排出輸送阻害による脳内残存率の上昇によって評価する。

BEI法は、in vivoにおいて排出輸送特性を直接解析する非常に有用な系であるが、分子レベルの輸送機構解明には、培養細胞を用いた解析が必要不可欠である。従来から血液脳関門の実体である脳毛細血管内皮細胞の培養細胞が開発されてきたが、in vivoの輸送活性を保持していないという問題点があった。我々は、この問題点を克服するために温度感受性SV40 T抗原遺伝子導入トランスジェニックラット及びマウスから条件的不死化脳毛細血管内皮細胞 (TR-BBB細胞及びTM-BBB細胞) を樹立した^{6,7)}。本遺伝子導入動物を用いた条件的不死化細胞株は、in vivoの機能を保持しやすく、TR-BBB細胞とTM-BBB細胞において、図4に示すように細胞を用いて測定した輸送速度とin vivo解析で得られた輸送速度は、よい相関関係を示した⁸⁾。条件的不死化脳毛細血管内皮細胞は、密着結合がin vivoと比較して十分に形成されていない等、in vivoの機能を完全には再現してはいないが、輸送機構の分子レベルの解析に活用することによって、以降に述べる様々なトランスポーターの同定と解析が初めて可能となった。

6 神経伝達物質の血液脳関門排出輸送機構

血液脳関門は、従来、神経伝達物質を脳に保持するバリアーとして機能していると考えられてい

た。我々は血液脳関門が神経伝達物質を排出する機能を有することを明らかにし、血液脳関門は神経伝達物質に対して単なるバリアーではなく制御機構としての新たな生理機能を示唆した(図5)⁹⁾。

TM-BBB 細胞は抑制性神経伝達物質である γ アミノ酪酸 (GABA) を Na^+ および Cl^- 依存的に取り込む活性を示した。GABA トランスポーター (GAT) の発現を検討したところ、TM-BBB 細胞においては GAT2/BGT-1 が発現していたが、神経細胞やグリア細胞に発現する GAT1 や GAT3 の発現は検出されなかった¹⁰⁾。このことは、血液脳関門では神経やグリアとは異なる GAT が発現していることを示唆している。実際、BEI 法を用いて測定した [^3H] GABA の脳関門排出速度は GAT1 と GAT3 の阻害剤である nipecotic acid によって阻害されず、逆に促進された¹¹⁾。この促進は、nipecotic acid により脳内に投与した [^3H] GABA の神経細胞やグリア細胞への取り込みが阻害され、一方で脳関門 GABA 排出輸送は阻害されなかった結果と考えられる。また、免疫染色によって GAT2/BGT-1 がマウス脳毛細血管内皮細胞に局在していることを示した。これらの結果は、脳関門に発現する GAT2/BGT-1 が GABA の脳関門排出輸送分子として働いていることを示唆している。

モノアミンに関しては、ノルエピネフリンやセロトニンが単離脳毛細血管に取り込まれることが報告されていた¹²⁾。我々は、TM-BBB 細胞にノルエピネフリントランスポーター (NET) 及びセ

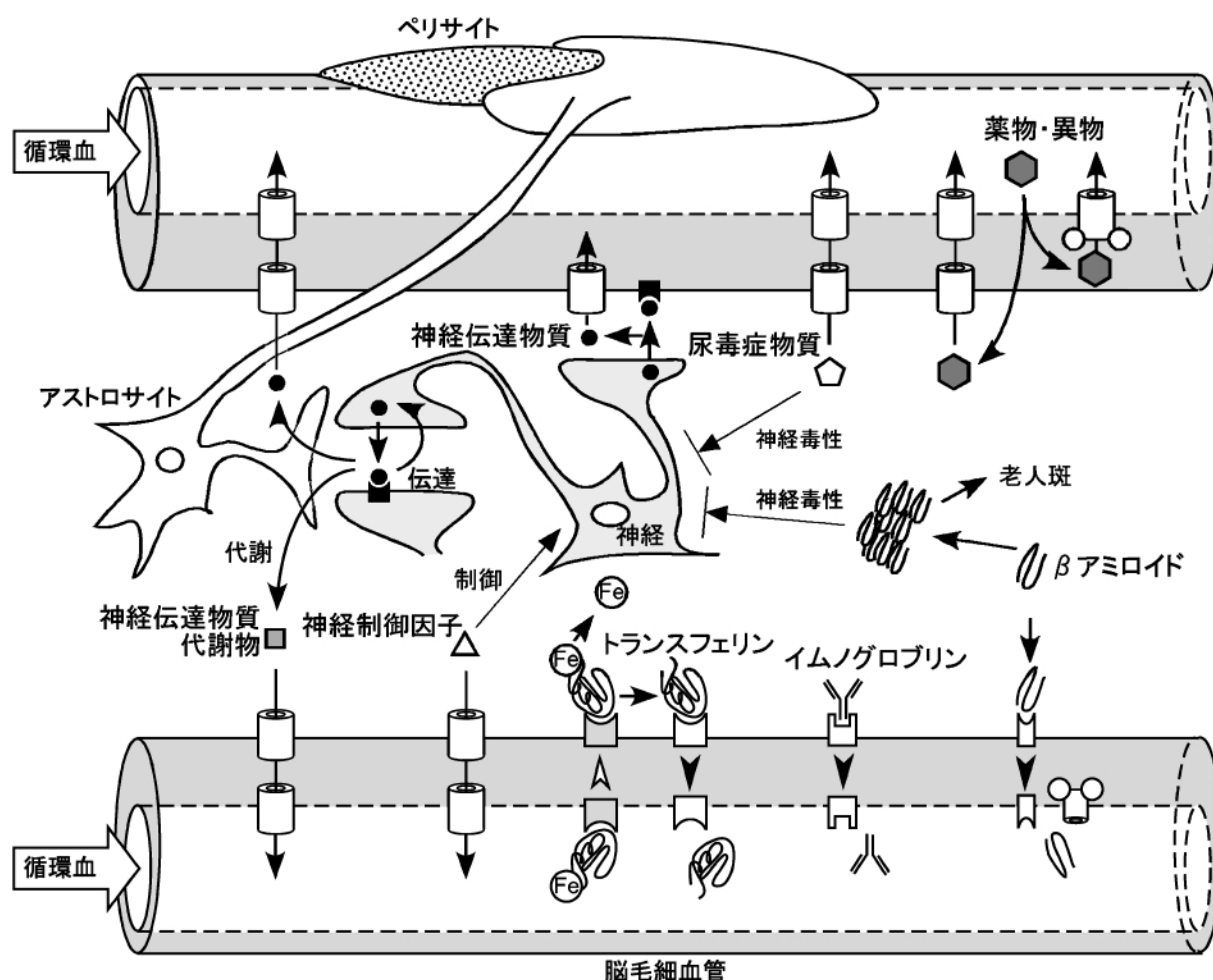


図 5. 血液脳関門存在する排出輸送系とその生理機能
Terasaki et al. NeuroRx 2: 63-72 (2005) を改変

ロトニントランスポーター（SERT）が発現していることを明らかにした¹³⁾。さらに、マウス脳切片の免疫染色によってNETが脳毛細血管内皮細胞の脳側細胞膜に、SERTが脳側及び血液側細胞膜に局在していることを報告した¹³⁾。脳血管系はセロトニンやアドレナリン作動性神経によって支配を受けている。従って、脳側細胞膜に発現するNETとSERTは神経伝達物質を内皮細胞に取り込むことによって毛細血管周囲の神経伝達物質の不活性化機構として機能していると考えられる。

神経伝達物質は、シナプスから放出された後に再取込及び代謝によって速やかに不活化される。神経伝達物質の代謝物が尿中に排泄されること、さらに有機アニオントランスポーターの阻害剤によってドパミンやセロトニンの代謝物の脳内濃度が上昇することから¹⁴⁾、血液脳関門にこれら代謝物の排出輸送系が存在していると考えられていた。しかし、輸送系の存在は直接示されてはいなかった。我々は、ドパミンの最終代謝産物であるホモバニリン酸（HVA）の排出輸送系が血液脳関門に存在し、その輸送系に有機アニオントランスポーター3（OAT3）が関与していることを明らかにした⁵⁾。放射標識されたHVAを脳内にmicroinjectionし、投与後の放射標識HVAの脳内残存率をBEI法によって、血液脳関門を介したHVA排出輸送をin vivoで直接測定することに成功した。その結果、投与したHVAは半減期41分で脳から消失し（図3）、その消失はOAT3に選択的な阻害剤によって阻害されることが明らかとなった。また、発現系を用いた解析によって、HVAはOAT3によって輸送されることが示され、免疫組織学的解析によってOAT3は脳毛細血管内皮細胞の脳側の細胞膜に局在していることが示唆された⁵⁾。以上から、脳内で産生されたHVAは脳毛細血管内皮細胞の脳側細胞膜に発現するOAT3によって脳細胞間液中から内皮細胞内へ取り込まれ、さらに血液側細胞膜に存在するトランスポーターによって循環血中に排出されることが考えられる。このOAT3を介した排出輸送系は、神経伝達物質の代謝物のみではなく、尿毒症物質や抗腫瘍薬の排出にも関与していることを明らかにしており、生理的に複数の機能を血液脳関門において果たしている^{15,16)}。

以上の神経伝達関連物質以外にも神経機能の制御に関わるプロリン等の小型中性アミノ酸、L-アスパラギン酸やL-グルタミン酸等の酸性アミノ酸、デヒドロエピアンドルステロン硫酸等のステロイド硫酸抱合体が血液脳関門に発現するATA2, ASCT2, oatp2によってそれぞれ脳から血中に排出されることを明らかにしている¹⁷⁻¹⁹⁾。このように、血液脳関門の排出輸送は、単に薬物等の異物の脳への分布を制限するだけではなく、神経活動に影響を与える内在性生理活性物質やその代謝物を積極的に脳から除去することによって脳内の環境を維持しているという中枢における血液脳関門の生理機能像が、我々の解析から明らかになりつつある（図5）。

7 ペプチドと血液脳関門輸送

血液脳関門にはトランスポーターを介した低分子化合物の輸送機構に加えて、受容体によるトランスサイトーシスを介した高分子化合物の輸送機構が存在する（図5）。インスリンや鉄結合型トランスフェリンは、この受容体介在型輸送機構によって脳内に供給される。また、イムノグロブリンや鉄非結合型トランスフェリンは、受容体介在型輸送機構によって脳から血中に排出される機構も近年、報告されている^{20,21)}。

我々が現在注目し、解析を行っているペプチド排出輸送は、 β アミロイドペプチドの排出輸送である。 β アミロイドは、アルツハイマー病患者の脳内に蓄積し、その蓄積が神経の脱落と関係していると考えられている。従って、 β アミロイドの脳内蓄積を防ぐことがアルツハイマー病の治療及び予防に重要であり、これまで β アミロイドの生成機構とその抑制が注目されてきた。しかし、現在、抗A β 抗体を利用したワクチン療法が最も有望視されており、この治療法は生成の抑制ではなく、 β アミロイドの分解もしくは脳内からの排出を促進することによって β アミロイドの脳内蓄

積を抑制していると考えられている。血液脳関門には、 β アミロイドを排出する輸送系が存在する。Zlokovic らは、LDL 受容体関連タンパク質 (LRP-1) がこの輸送系に関与していることをマウスを用いた実験によって報告している²²⁾。しかし、我々はラットを用いた解析から LRP-1 は、 β アミロイドの排出輸送の一部に関与しており、大部分は未知の分子の関与であることを示唆している²³⁾。 β アミロイドの血液脳関門輸送機構を解明し、その排出を促進することはアルツハイマー病発症の予防効果や進行抑制効果などが期待される重要な課題であり、現在、未知の関与分子の同定を進行している。

8 おわりに

血液脳関門の輸送分子機構を理解することは中枢作動薬の開発にとって重要なことである。しかし、血液脳関門機能における薬物輸送は、その生理機能の一部でしかすぎない。本稿で述べてきたように、我々は脳関門輸送機構を中枢環境の維持に必要なシステムとしての観点から解析を行った結果、内因性物質の輸送機構といった血液脳関門の機能の新たな一面を明らかにすることができた。さらに、これらの結果は、単に内因性物質の輸送系の解明にとどまらず、新たな薬物輸送系の解明につながり、さらに血液脳関門の輸送機構と中枢疾患の関連性を示唆する結果となった。このことは、今後、脳関門研究は神経科学分野を含むさらに多くの分野の研究者と技術を投入する必要がある薬学や脳科学領域における重要領域と考えられる。このような異なる分野と観点からの解析は、脳関門機能に関する知見を充実させ、そして、将来、脳への薬物送達の実現と中枢作動薬の開発に大きく貢献できるであろう。

参考文献

- 1) 大槻純男. 中枢支援防御システムとしての血液脳関門輸送の生理機能. 薬学雑誌, 24: 791–802, 2004.
- 2) Ohtsuki S, Tachikawa M, Takanaga H, Shimizu H, Watanabe M, Hosoya K, et al. The blood–brain barrier creatine transporter is a major pathway for supplying creatine to the brain. *J Cereb Blood Flow Metab*, 22: 1327–1335, 2002.
- 3) Tachikawa M, Fukaya M, Terasaki T, Ohtsuki S, Watanabe M. Distinct cellular expressions of creatine synthetic enzyme GAMT and creatine kinases uCK–Mi and CK–B suggest a novel neuron–glial relationship for brain energy homeostasis. *Eur J Neurosci*, 20: 144–160, 2004.
- 4) Kakee A, Terasaki T, Sugiyama Y. Brain efflux index as a novel method of analyzing efflux transport at the blood–brain barrier. *J Pharmacol Exp Ther*, 277: 1550–1559, 1996.
- 5) Mori S, Takanaga H, Ohtsuki S, Deguchi T, Kang YS, Hosoya K, et al. Rat organic anion transporter 3 (rOAT3) is responsible for brain-to-blood efflux of homovanillic acid at the abluminal membrane of brain capillary endothelial cells. *J Cereb Blood Flow Metab*, 23: 432–440, 2003.
- 6) Hosoya K, Tetsuka K, Nagase K, Tomi M, Saeki S, Ohtsuki S, et al. Conditionally immortalized brain capillary endothelial cell lines established from a transgenic mouse harboring temperature-sensitive simian virus 40 large T-antigen gene. *AAPS PharmSci*, 2: E27, 2000.
- 7) Hosoya KI, Takashima T, Tetsuka K, Nagura T, Ohtsuki S, Takanaga H, et al. mRNA expression and transport characterization of conditionally immortalized rat brain capillary endothelial cell lines; a new in vitro BBB model for drug targeting. *J Drug Target*, 8: 357–370, 2000.
- 8) Terasaki T, Ohtsuki S, Hori S, Takanaga H, Nakashima E, Hosoya K. New approaches to in vitro models of blood–brain barrier drug transport. *Drug Discov Today*, 8: 944–954, 2003.

- 9) Ohtsuki S. New aspects of the blood-brain barrier transporters; its physiological roles in the central nervous system. *Biol Pharm Bull*, 27: 1489–1496, 2004.
- 10) Takanaga H, Ohtsuki S, Hosoya K, Terasaki T. GAT2/BGT-1 as a system responsible for the transport of gamma-aminobutyric acid at the mouse blood-brain barrier. *J Cereb Blood Flow Metab*, 21: 1232–1239, 2001.
- 11) Kakee A, Takanaga H, Terasaki T, Naito M, Tsuruo T, Sugiyama Y. Efflux of a suppressive neurotransmitter, GABA, across the blood-brain barrier. *J Neurochem*, 79: 110–118, 2001.
- 12) Hardebo JE, Owman C. Characterization of the in vitro uptake of monoamines into brain microvessels. *Acta Physiol Scand*, 108: 223–229, 1980.
- 13) Wakayama K, Ohtsuki S, Takanaga H, Hosoya K, Terasaki T. Localization of norepinephrine and serotonin transporter in mouse brain capillary endothelial cells. *Neurosci Res*, 44: 173–180, 2002.
- 14) Emanuelsson BM, Paalzow L, Sunzel M. Probenecid-induced accumulation of 5-hydroxyindoleacetic acid and homovanillic acid in rat brain. *J Pharm Pharmacol*, 39: 705–710, 1987.
- 15) Mori S, Ohtsuki S, Takanaga H, Kikkawa T, Kang YS, Terasaki T. Organic anion transporter 3 is involved in the brain-to-blood efflux transport of thiopurine nucleobase analogs. *J Neurochem*, 90: 931–941, 2004.
- 16) Ohtsuki S, Asaba H, Takanaga H, Deguchi T, Hosoya K, Otagiri M, et al. Role of blood-brain barrier organic anion transporter 3 (OAT3) in the efflux of indoxyl sulfate, a uremic toxin: its involvement in neurotransmitter metabolite clearance from the brain. *J Neurochem*, 83: 57–66, 2002.
- 17) Asaba H, Hosoya K, Takanaga H, Ohtsuki S, Tamura E, Takizawa T, et al. Blood-brain barrier is involved in the efflux transport of a neuroactive steroid, dehydroepiandrosterone sulfate, via organic anion transporting polypeptide 2. *J Neurochem*, 75: 1907–1916, 2000.
- 18) Takanaga H, Tokuda N, Ohtsuki S, Hosoya K, Terasaki T. ATA2 is predominantly expressed as system A at the blood-brain barrier and acts as brain-to-blood efflux transport for L-proline. *Mol Pharmacol*, 61: 1289–1296, 2002.
- 19) Tetsuka K, Takanaga H, Ohtsuki S, Hosoya K, Terasaki T. The l-isomer-selective transport of aspartic acid is mediated by ASCT2 at the blood-brain barrier. *J Neurochem*, 87: 891–901, 2003.
- 20) Zhang Y, Pardridge WM. Mediated efflux of IgG molecules from brain to blood across the blood-brain barrier. *J Neuroimmunol*, 114: 168–172, 2001.
- 21) Zhang Y, Pardridge WM. Rapid transferrin efflux from brain to blood across the blood-brain barrier. *J Neurochem*, 76: 1597–1600, 2001.
- 22) Shibata M, Yamada S, Kumar SR, Calero M, Bading J, Frangione B, et al. Clearance of Alzheimer's amyloid-ss (1–40) peptide from brain by LDL receptor-related protein-1 at the blood-brain barrier. *J Clin Invest*, 106: 1489–1499, 2000.
- 23) Shiiki T, Ohtsuki S, Kurihara A, Naganuma H, Nishimura K, Tachikawa M, et al. Brain insulin impairs amyloid-beta (1–40) clearance from the brain. *J Neurosci*, 24: 9632–9637, 2004.

大強度高速中性子ビームコース

センター 測定器研究部 岡 村 弘 之
放射線管理研究部 馬 場 護

中性子は、陽子と共に原子核を構成する基本粒子であり、中性子で引き起こされる反応は、基礎科学の研究対象としてばかりでなく、半導体ソフトエラーや非破壊検査などの応用分野でも非常に重要である。しかし、単独の中性子は約15分の寿命で崩壊する不安定な粒子であり、自然には存在しないため、原子炉や加速器による反応を用いて二次的に得るしか方法がない。また、中性子は電荷を持たず、曲げたり加速したりできないので、強いビームを得るのは容易ではない。特に数10 MeV以上のエネルギー領域では、中性子をビームとして供給できる施設は世界でも数ヵ所しか存在しない。

当センターの930型 AVF サイクロトロンは、負イオンの加速により大強度の陽子ビームが得られるという特徴を持つ。これを生かす装置として、中性子ビームコースの整備を2004年度に行った。装置は、サイクロトロンから最も直線的に、従って少ないロスで効率良くビームを輸送できる32コースというビームラインに設置されている(図1)。中性子は、陽子ビームをターゲットに当てて(p, n)反応で生成される。エネルギーの揃った強い中性子ビームが得られる事から、通常は数mm程度の薄いLiターゲットが用いられる。Li(p, n)は反応確率が高いという利点も持つが、それでも大部分の陽子ビームは反応せずにターゲットを通過してしまう。ビームは中性子と分離するため電磁石で曲げられ、壁の中のストッパーで止められる。ここで発生する不要な放射線を抑えるため、ストッパーは炭素で作られ、鉄とコンクリートで遮蔽されている。一方、(p, n)反応で生成された中性子は磁石で曲がらず直進し、目的の照射体に当てられる。照射体の前にも鉄とコンクリートの遮蔽壁を築き、向きの揃った中性子を選ぶとともに、壁や床から回り込むバックグ

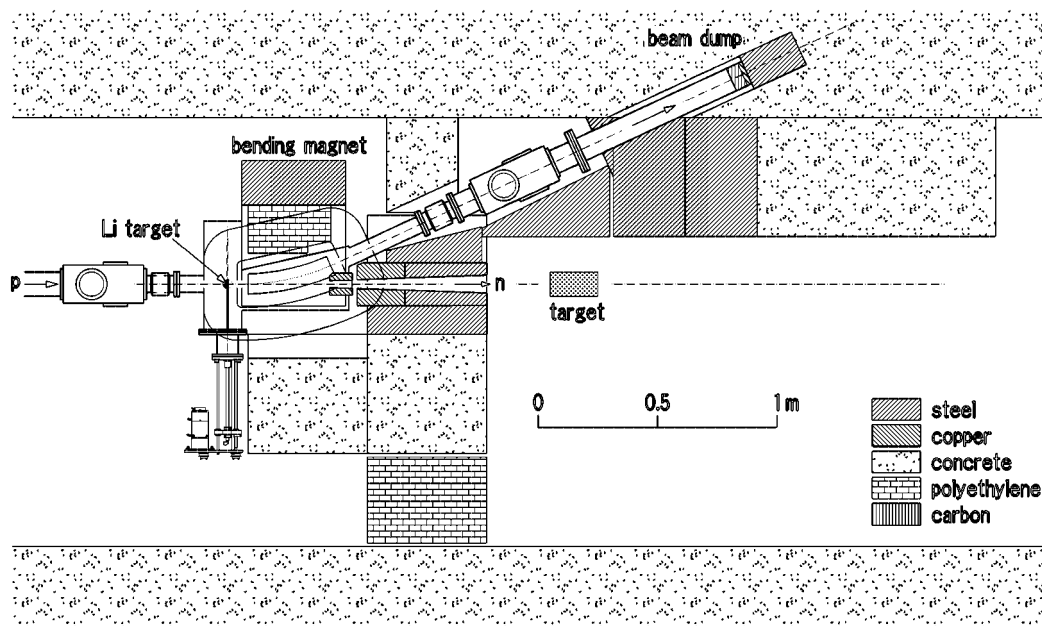


図1. 大強度高速中性子ビームコースの概略図

ラウンドを防いでいる。Li ターゲットとビームストッパーは水冷され、 $10\ \mu\text{A}$ 以上のビーム電流（約 $1\ \text{kW}$ の発熱）でも実験できるように設計されている。

中性子ビーム強度を上げるには、陽子ビームの強度もさることながら、Li ターゲットと中性子照射体の間の距離を短くすることが重要である。本施設では、バックグラウンドを実用レベルに保ちながら、他の類似施設と比べて距離を $1/3$ 程度に抑えるよう、電磁石や遮蔽体の配置を工夫した。その結果、エネルギー幅 $1\ \text{MeV}$ で陽子 $1\ \mu\text{A}$ 当り毎秒 10^6 個と、他施設の約 10 倍以上の中性子強度が達成可能となっている。以下で、本装置の利用を計画している実験から幾つかを紹介する。

近年の半導体メモリー素子は、プロセスルールの微細化が進んだことから、放射線によるソフトエラーを起こし易くなっており、信頼性確保にとって重大な問題となりつつある。ソフトエラーを起こす放射線には、低エネルギー α 線、熱中性子、高エネルギー宇宙線などがある。低エネルギー α 線は、パッケージ材に含まれるウランやトリウム、はんだ中のポロニウムなどの放射性不純物から放出されるが、最近は不純物を低減する技術が進み、ソフトエラーに対する寄与は小さくなっている。熱中性子は $0.025\ \text{eV}$ のエネルギーしか持たないが、ホウ素 ^{10}B と (n, α) 反応を起こして $2\ \text{MeV}$ 弱の α 線を放出し、ソフトエラーの原因となる。これまでの LSI は、製造工程で BPSG と呼ばれるホウ素の入ったシリカガラスが使用されたため、熱中性子がソフトエラーの主な原因であった。しかし次世代 LSI では BPSG が使われなくなり、また熱中性子は遮蔽方法が確立していることから、残る主な問題は宇宙線に含まれる高エネルギー中性子になると考えられている。高エネルギー中性子は遮蔽することができないので、影響を受け難い設計の研究が進められているが、実験的にソフトエラーの加速試験を行うには、加速器からの大強度中性子ビームが必要であり、その需要が非常に高まっている。

加速器などの放射線発生装置では、運転によって高速中性子が発生し、装置の構成材や空気・コンクリートなどの物質中に放射性核種を生成する。これは放射化と呼ばれ、安全な運転のためには、施設の設計において放射化の影響を正しく評価しなければならない。しかし、現在のところ適当な中性子源が少ないことから、放射化データは中性子エネルギーに関し散発的で、誤差も非常に大きいため、マージンを大きくとって設計することが必要になっている。エネルギーの揃った中性子による放射化の測定データが整備されれば、設計の信頼性が上がり、施設建設のコストダウンにもつながると期待される。

原子核物理に関する利用計画としては、核力の多体効果の研究がある。陽子と中性子はあわせて核子と呼ばれ、原子核は核子の間に働く核力で束縛されている。核子は更に三つのクォークから構成され、励起状態を持っている。核力の情報は、核子と核子の散乱実験で十分に調べられると思われるが、三つ以上の核子が集まると、中間に核子の励起状態を経由する反応が可能となり（図 2）、基底状態である二核子の散乱で得た知識だけでは、原子核の性質を十分に説明できないこと

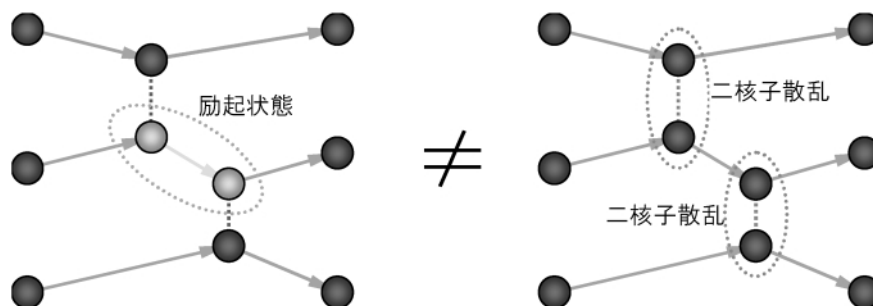


図 2. 核力の多体効果の例。中間に励起状態を経由して相互作用する三核子（左）は、二核子散乱の情報の組み合わせ（右）では表現できない。

がわかっている。このような多体効果は、古くから原子核物理の基本課題であったが、最近の計算機能力の進歩により、核子数の少ない場合については、多体効果を取り入れた厳密な計算が可能になって来た。しかし、クーロン力まで取り入れるのは本質的な困難があるため、厳密に計算と比較できる実験は、例えば中性子-重陽子散乱などの、クーロン力が働かない場合に限られる。多体効果の正確な情報を引き出すためには、大強度中性子ビームを用いた高精度の測定が大きな役割を果たすと期待される。

この他にも様々な利用が考えられるが、興味を持たれた方は是非、共同利用のご相談を頂けると幸いである。最後に、本装置の開発はセンター測定器研究部・放射線管理研究部および理学研究科中間エネルギー核物理グループの共同で行われた。実際の作業に当たっては、センターのマシニンググループおよび住重加速器サービスのスタッフに多大なご協力を頂いた。関係各位に深く感謝致します。

共同利用の状況

RI 棟部局別共同利用申込件数

(平成16年 4 月 1 日～平成17年 3 月31日)

CYRIC	理学部	医学部 (病院)	薬学部	工学部	農学部	加齢研	その他	合計
7	3	2	7	1	1	7	1	29

サイクロトロン共同利用実験申込課題件数(平成16年度)

分 野	98回 (4 月～7 月)	99回 (7 月～11月)	100回 (11月～3 月)
物 理 ・ 工 学	26	16	18
化 学	4	0	0
医学・生物(基礎)	19	19	19
医学・生物(臨床)	34	36	38
計	83	71	75

サイクロトロン共同利用実験参加者数(平成16年度)

分 野	98回 (4 月～7 月)	99回 (7 月～11月)	100回 (11月～3 月)
C Y R I C	221	178	156
理 学 部	13	8	13
医学部(病院)	116	114	130
工 学 部	205	195	209
金 研	3	0	0
加 齢 研	29	25	24
先 進 医 工 学	0	9	9
そ の 他	37	11	24
計	624	540	565

平成16年度サイクロトロン共同利用研究課題名

研 究 課 題 名	課 題 申 込 者	実験責任者
PET 診断用 ¹⁸ F]FDG の製造	井 戸 達 雄 (サイクロ)	岩 田 錬 (サイクロ)
PET 診断用 ¹¹ C-標識レセプターリガンドの製造	井 戸 達 雄 (サイクロ)	岩 田 錬 (サイクロ)
PET 診断用 ¹¹ C]メチオニンの製造	井 戸 達 雄 (サイクロ)	岩 田 錬 (サイクロ)
PET 診断用 ¹⁵ O-標識薬剤の製造	井 戸 達 雄 (サイクロ)	岩 田 錬 (サイクロ)
臨床利用を目指す ¹⁸ F-標識 FRP-170の自動合成法の開発	岩 田 錬 (サイクロ)	岩 田 錬 (サイクロ)
[¹⁸ F]フルオロメチルトリフレートによる[¹⁸ F]メチル化反応の基礎的検討	岩 田 錬 (サイクロ)	岩 田 錬 (サイクロ)
O-[¹¹ C]メチルタイロシンのルーチン合成法の開発	岩 田 錬 (サイクロ)	岩 田 錬 (サイクロ)
Cognitive flexibility に関連する脳機能の研究	福 土 審 (医)	福 土 審 (医)
摂食障害におけるヒスタミン H1 受容体機能	福 土 審 (医)	福 土 審 (医)
ヒト脳腸相関に関与する脳機能モジュールとその治療的修飾	福 土 審 (医)	福 土 審 (医)
初期アルツハイマー病の神経心理学的研究	森 悦 朗 (医)	目 黒 謙 一 (医)
前頭側頭型痴呆とアルツハイマー病の鑑別に関する神経心理学的研究	森 悦 朗 (医)	目 黒 謙 一 (医)
¹⁸ FDG による分子標的薬剤制癌効果評価の可能性に関する基礎的研究	石 岡 千加史 (加)	吉 岡 孝 志 (加)
制癌剤投与下における ¹⁸ FDG の臓器集積性に関する臨床的研究	石 岡 千加史 (加)	吉 岡 孝 志 (加)
¹⁸ FDG の腫瘍集積性と癌患者の予後に関する臨床研究	石 岡 千加史 (加)	吉 岡 孝 志 (加)
¹⁸ FDG-PET による Stage I b-III 食道癌に対する放射線化学治療効果の早期診断の可能性に関する臨床研究	石 岡 千加史 (加)	吉 岡 孝 志 (加)
難治性てんかんの局所脳代謝に関する研究	飯 沼 一 宇 (医)	萩野谷 和 裕 (医)
神経変性疾患の局所脳代謝に関する研究	飯 沼 一 宇 (医)	萩野谷 和 裕 (医)
¹⁸ FDG を用いた脳性協調障害の病巣診断	飯 沼 一 宇 (医)	萩野谷 和 裕 (医)
神経膠腫再発と放射線壊死鑑別のための FDG 及び MET-PET, 1H-MRS, 201Tl-SPECT による総合的検討	富 永 悌 二 (医)	隈 部 俊 宏 (医)
難治性てんかん外科治療における発作焦点同定に関する研究	富 永 悌 二 (医)	日 下 康 子 (医)
¹⁸ F-FDG の炎症および腫瘍集積性に関する基礎的研究	山 口 慶一郎 (サイクロ)	山 口 慶一郎 (サイクロ)
¹⁸ F 標識アミノ酸および ¹⁴ C-deoxyglucose を用いた炎症および腫瘍の鑑別に 関する基礎研究	山 口 慶一郎 (サイクロ)	山 口 慶一郎 (サイクロ)
FDG による脳ブドウ糖代謝正常データベースの作成：MRI 拡散テンソル画 像および segmentation 画像との統合データベースの臨床応用	福 田 寛 (加)	伊 藤 浩 (加)

平成16年度サイクロトロン共同利用研究課題名(つづき)

研 究 課 題 名	課 題 申 込 者	実験責任者
^{18}F -標識 FLT の合成と細胞増殖の画像化に関する研究	福 田 寛 (加)	福 田 寛 (加)
炭素 ^{11}C 標識コンプレタスタチン類似体の実用的標識合成法の確立	福 田 寛 (加)	古 本 祥 三 (先進医工学)
薬物の血液脳関門透過性とトランスポーターの遺伝子多型に関する PET 研究	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
^{11}C -ドネペジルを用いた健常人および痴呆患者における PET 臨床研究	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
PET によるヒスタミン受容体の画像化に関する基礎研究	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
新規 ^{18}F -標識アセチルコリンエステラーゼ阻害剤の開発	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
運動が脳活動および腫瘍疾患に与える影響に関する基礎研究	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
音楽によるヒーリング効果の脳内メカニズムに関する PET 研究	谷 内 一 彦 (医)	田 代 学 (医)
統合失調症および薬物精神病における脳内ヒスタミン神経系の動態研究-病態および非定型抗精神病薬の作用機序の検討	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
^{18}F -標識アミロイドイメージング用プローブの開発	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
脳神経受容体機能の非侵襲的測定法の開発に関する研究	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
全身 PET を利用した運動と消化に関する研究	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
全身 PET による癌炎症鑑別診断に関する研究	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
FDG-PET を利用した自律神経に関係した脳活動の研究	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
^{15}O - H_2O 静注法による迅速脳ふかつ化法の試行	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
PET によるエピソード記憶と意味記憶の再生過程の研究	藤 井 俊 勝 (医)	藤 井 俊 勝 (医)
PET による文脈記憶の研究	藤 井 俊 勝 (医)	藤 井 俊 勝 (医)
PET による嘘と情動に関する研究	藤 井 俊 勝 (医)	藤 井 俊 勝 (医)
睡眠障害に対する鍼灸治療の有効性と作用機序の研究	佐々木 英 忠 (医)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
老年期痴呆の臨床所見と脳糖代謝に関する研究	佐々木 英 忠 (医)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
^{18}F 標識2-nitroimidazole 誘導体； ^{18}F FRP170を用いた腫瘍、心臓・脳の画像化に関する基礎研究	山 田 章 吾 (医)	金 田 朋 洋 (医)
前十字靱帯不全膝における筋活動	国 分 正 一 (医)	大 沼 正 宏 (医)
心不全患者の骨格筋グルコース代謝の研究	白 土 邦 男 (医)	加賀谷 豊 (医)
右心負荷疾患におけるグルコース代謝の研究	白 土 邦 男 (医)	加賀谷 豊 (医)

平成16年度サイクロトロン共同利用研究課題名(つづき)

研 究 課 題 名	課 題 申 込 者	実験責任者
[¹⁴ C]ドネペジルの合成および臨床応用を目的とした基礎的検討	船 木 善 仁 (サイクロ)	船 木 善 仁 (サイクロ)
アポトーシス初期過程におけるエネルギー代謝	井 戸 達 雄 (サイクロ)	井 戸 達 雄 (サイクロ)
低強度運動負荷が高齢者の消化管諸機能、骨格筋代謝および脳の賦活レベルに及ぼす影響	藤 本 敏 彦 (医)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
PET を用いた身体運動時の骨格筋および脳活動の観察	藤 本 敏 彦 (医)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)
3DPET の散乱および吸収補正の研究	石 井 慶 造 (工)	山 崎 浩 道 (工)
PET画像再構成法の開発	石 井 慶 造 (工)	山 崎 浩 道 (工)
ジストニー患者におけるドパミン受容体およびアセチルコリン受容体に関する臨床研究	糸 山 泰 人 (医)	糸 山 泰 人 (医)
荷電粒子照射による半導体結晶の特性変化	石 井 慶 造 (工)	松 山 成 男 (工)
サブリミ PIXE カメラを用いた考古学試料の分析	石 井 慶 造 (工)	松 山 成 男 (工)
サブリミ PIXE カメラの開発とその応用	石 井 慶 造 (工)	松 山 成 男 (工)
PIXE による環境汚染監視網の開発	石 井 慶 造 (工)	山 崎 浩 道 (工)
PIXE による廃液分析システムの開発	石 井 慶 造 (工)	山 崎 浩 道 (工)
PIXE による歯学試料の分析	石 井 慶 造 (工)	石 井 慶 造 (工)
原子核制動輻射の研究	石 井 慶 造 (工)	石 井 慶 造 (工)
重荷電粒子衝撃による内殻電離	石 井 慶 造 (工)	松 山 成 男 (工)
植物に吸収された重金属類のサブリミ PIXE カメラによるマッピング	石 井 慶 造 (工)	山 崎 浩 道 (工)
環境中のテクネチウム動態の研究	関 根 勉 (理)	関 根 勉 (理)
超臨界水中におけるテクネチウムの挙動	関 根 勉 (理)	関 根 勉 (理)
(p, n)反応による ¹⁴ O ガモフ・テラー強度の探索	岡 村 弘 之 (サイクロ)	岡 村 弘 之 (サイクロ)
(p, n)反応のアイソバリック・アナログ遷移による原子核内核子密度分布の研究	寺 川 貴 樹 (サイクロ)	寺 川 貴 樹 (サイクロ)
粒子線治療用回転ガントリー照射装置開発の為の基礎研究	寺 川 貴 樹 (サイクロ)	寺 川 貴 樹 (サイクロ)
重元素製造とその核外電子状態に関する核化学的研究	大 槻 勤 (核理研)	大 槻 勤 (核理研)
EC 崩壊核種の半減期比較精密測定	大 槻 勤 (核理研)	大 槻 勤 (核理研)
BNCT の為の熱外中性子場の開発	馬 場 護 (サイクロ)	馬 場 護 (サイクロ)

平成16年度サイクロトロン共同利用研究課題名(つづき)

研 究 課 題 名	課 題 申 込 者	実験責任者
医療用放射性核種製造のための励起関数の測定	井 戸 達 雄 (サイクロ)	井 戸 達 雄 (サイクロ)
$^{40}\text{Ar}(\alpha, 2p)^{42}\text{Ar}$ 反応の励起関数の測定	井 戸 達 雄 (サイクロ)	結 城 秀 行 (核理研)
高エネルギービームを用いた核融合炉材料中の核変換ガス元素の機械的特性変化への影響に関する研究	阿 部 勝 憲 (工)	長谷川 晃 (工)
高純度鉄における固溶強化元素の拡散	山 崎 仁 丈 (工)	山 崎 仁 丈 (工)
重イオン PIXE による微量元素の化学状態分析	石 井 慶 造 (工)	山 崎 浩 道 (工)
質量数30領域原子核の高スピン状態の研究	篠 塚 勉 (サイクロ)	福 地 知 則 (東大・CNS)
数十 MeV 粒子による中性子生成・放射化断面積の測定	馬 場 護 (サイクロ)	馬 場 護 (サイクロ)
半導体素子に対する高速粒子線の影響とその素過程に関する研究	馬 場 護 (サイクロ)	馬 場 護 (サイクロ)
高速中性子による半導体素子メモリエラーと放射化に関する研究	馬 場 護 (サイクロ)	馬 場 護 (サイクロ)
強力単色中性子ビームコースの開発と特性測定	岡 村 弘 之 (サイクロ)	岡 村 弘 之 (サイクロ)
RF イオンガイド法を用いた ^{134}I 79.5 keV 単位の核 g-因子の測定	篠 塚 勉 (サイクロ)	藤 田 正 広 (サイクロ)
PET 診断用 ^{18}F FRP-170の製造	井 戸 達 雄 (サイクロ)	岩 田 鍊 (サイクロ)
^{18}F フルオロプロキシフェンの合成および臨床応用を目的とした基礎的検討	船 木 善 仁 (サイクロ)	船 木 善 仁 (サイクロ)
^{11}C -標識アミロイドイメージング用プローブの開発	谷 内 一 彦 (医)	岡 村 信 行 (医)
薬物の服薬時間と脳内神経受容体占拠率の関係：鎮静性抗ヒスタミン薬の測定	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
^{18}F FRP170を用いた健常人および癌・心筋虚血・脳虚血患者におけるPET 臨床研究	山 田 章 吾 (医)	高 井 良 尋 (医)
N=51同調体の高スピンアイソマー探索	篠 塚 勉 (サイクロ)	福 地 知 則 (東大 CNS)
鉄中の Sr, Rb の内部磁場の研究	篠 塚 勉 (サイクロ)	篠 塚 勉 (サイクロ)
生体物質の陽子飛程測定による X 線 CT 値-阻止能変換精度の改善	寺 川 貴 樹 (サイクロ)	寺 川 貴 樹 (サイクロ)
PET による情動が文脈記憶に及ぼす影響に関する研究	森 悦 朗 (医)	藤 井 俊 勝 (医)
気相法による高比放射能 ^{11}C ヨウ化メチル合成装置の開発	岩 田 鍊 (サイクロ)	岩 田 鍊 (サイクロ)
蛋白標識前駆体の ^{18}F SFB 合成法の確立とその応用	岩 田 鍊 (サイクロ)	岩 田 鍊 (サイクロ)
過敏性腸症候群に対する催眠療法の効果	福 土 審 (医)	福 土 審 (医)
脳神経受容体機能非侵襲的測定法による脳機能の画像的研究	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	伊 藤 正 敏 (サイクロ)

平成16年度サイクロトロン共同利用研究課題名(つづき)

研 究 課 題 名	課 題 申 込 者 責 任 者	実験責任者
金198の崩壊過程の測定(理学部物理 一般物理学実験)	大 津 秀 暁 (理)	大 津 秀 暁 (理)
ヒト自律神経機能に関するヒスタミン神経系受容体賦活試験：睡眠と食欲の 解明	谷 内 一 彦 (医)	谷 内 一 彦 (医)
乳がん患者に対する心理的介入の効果を検討するための PET 研究	辻 一 郎 (医)	福 土 審 (医)
細胞および生体組織内の病態変化による重金属類のサブリミ PIXE カメラ によるマッピング	谷 内 一 彦 (医)	岡 村 信 行 (医)
物理学基礎研究向け RI 製造および, RI の半減期の測定	宮 瀬 晴 久 (理)	前 田 和 茂 (理)
微小角散乱法による偏極 RI ビーム生成	篠 塚 勉 (サイクロ)	藤 田 正 広 (サイクロ)
ハイパー核精密分光実験用標的に対するビーム照射テスト	藤 井 優 (理)	藤 井 優 (理)

平成16年度 RI 棟共同利用研究課題名

研 究 課 題 名	課 題 申 込 者	実験責任者
血液脳関門機能解析	寺 崎 哲 也 (薬)	大 槻 純 男 (薬)
[¹⁸ F]標識2-nitroimidazole 誘導体：[¹⁸ F]FRP170を用いた腫瘍，心臓，脳虚血に関する基礎研究	山 田 章 吾 (医)	高 井 良 尋 (医病)
¹⁸ F 標識アミノ酸及び ¹⁴ C-deoxyglucose を用いた炎症および腫瘍の鑑別に関する基礎的研究	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	鈴 木 麻奈三 (サイクロ)
アルツハイマー病治療薬の開発研究	大 泉 康 (薬)	山 國 徹 (薬)
マイクロダイアリスを用いた随意運動時におけるラット線状体ドーパミン濃度の測定	藤 本 敏 彦 (高等教育開発推進センター)	藤 本 敏 彦 (高等教育開発推進センター)
物理学基礎研究向け RI 製造及び，RI の半減期の測定	宮 瀬 晴 久 (理)	神 田 浩 樹 (理)
[¹⁸ F]フルオロプロキシフェンの臨床応用を目的とした基礎的検討	船 木 善 仁 (サイクロ)	船 木 善 仁 (サイクロ)
農学部応用生物化学科生物化学系3年次学生実習 放射性同位元素の安全取扱法の基礎知識の習得および実習	五 味 勝 也 (農)	金 子 淳 (農)
理学部化学学生実験	関 根 勉 (理)	関 根 勉 (理)
¹⁸ F-FDG の炎症および腫瘍集積性に関する基礎的研究	伊 藤 正 敏 (サイクロ)	本 田 剛 (サイクロ)
¹⁸ FDG による腫瘍の質的診断と制癌剤効果評価に関する基礎的検討	吉 岡 孝 志 (加)	吉 岡 孝 志 (加)
¹⁸ FDG による分子標的薬剤制癌効果評価の可能性に関する基礎的研究	石 岡 千加史 (加)	吉 岡 孝 志 (加)
イメージングプレートを用いた積算線量計としての応用	大 内 浩 子 (薬)	大 内 浩 子 (薬)
イメージングプレート (IP) による IVR 室空間線量測定	大 内 浩 子 (薬)	大 内 浩 子 (薬)
Dosimeter としてのイメージングプレート (IP) の開発と応用	大 内 浩 子 (薬)	大 内 浩 子 (薬)
汚染 TLD リングバッジからの付着 RI 量の算出	大 内 浩 子 (薬)	大 内 浩 子 (薬)
PET における被ばく線量評価のための検討 ～イメージングプレートを用いて～	大 内 浩 子 (薬)	大 内 浩 子 (薬)

センターからのお知らせ

[放射線と RI の安全取扱に関する全学講習会]

- 第58回基礎コース：平成17年 5 月11日(水)～16日(月)，18日(水)～6 月 3 日(金)

講 義：工学部共通第Ⅱ講義室 5 月11日(水)，12日(木)，13日(金) 3 日間の内 1 日受講

〃 〃 青葉記念会館（英語クラス） 16日(月)

実 習：CYRIC RI 棟 5 月18日(水)，19日(木)，20日(金)，23日(月)，24日(火)，26日(木)，27日(金)，30日(月)，31日(火)，6 月 2 日(木)，3 日(金) 11 日間の内 1 日受講

- 第21回 SOR コース（基礎コースの講義のみを受講する）

場 所：工学部 共通第Ⅱ講義室

日 時	講 義 内 容	講	師
5 月11日(水)			
9：00～10：30	放射線の安全取扱(1)「物理計測」	CYRIC	馬場 護
10：40～11：40	放射線の安全取扱(2)「RI の化学」	金研	佐藤伊佐務
12：40～13：40	人体に対する放射線の影響	CYRIC	伊藤 正敏
13：50～15：20	放射線取扱に関する法令	CYRIC	馬場 護
15：30～17：00	放射線の安全取扱(3)	理学部	大槻 勤
17：00～17：20	小テスト		
5 月12日(木)			
9：00～10：30	放射線の安全取扱(1)「物理計測」	CYRIC	馬場 護
10：40～11：40	放射線の安全取扱(2)「RI の化学」	金研	佐藤伊佐務
12：40～13：40	人体に対する放射線の影響	医学部	山本 政彦
13：50～15：20	放射線取扱に関する法令	CYRIC	馬場 護
15：30～17：00	放射線の安全取扱(3)	農学部	佐藤 實
17：00～17：20	小テスト		
5 月13日(金)			
9：00～10：30	放射線の安全取扱(1)「物理計測」	CYRIC	馬場 護
10：40～11：40	放射線の安全取扱(2)「RI の化学」	理学部	関根 勉
12：40～13：40	人体に対する放射線の影響	医学部	山本 政彦
13：50～15：20	放射線取扱に関する法令	CYRIC	馬場 護
15：30～17：00	放射線の安全取扱(3)	農学部	佐藤 實
17：00～17：20	小テスト		
5 月16日(月) 英語クラス			
9：00～10：30	放射線の安全取扱(1)「物理計測」	CYRIC	馬場 護
10：40～11：40	放射線の安全取扱(2)「RI の化学」	理学部	関根 勉
12：40～13：40	人体に対する放射線の影響	CYRIC	田代 学
13：50～15：20	放射線取扱に関する法令	CYRIC	馬場 護
15：30～17：00	放射線の安全取扱(3)	理学部	大槻 勤
17：00～17：20	小テスト		

• 第44回 X 線コース

講 義：工学部青葉記念会館 4F 大研修室 5月9日(月)

〃 〃 共通第Ⅱ講義室 10日(火) 2日間の内1日受講

〃 〃 青葉記念会館 7F (英語クラス) 10日(火)

日	時	講 義 内 容	講 師
5月9日(月), 10日(火)			
9:00~10:30	X 線装置の安全取扱	医療短大	小原 春雄
10:40~11:10	X 線関係法令	CYRIC	馬場 護
11:20~12:00	安全取扱に関するビデオ	CYRIC	宮田 孝元
5月10日(火) 英語クラス			
13:30~15:00	X 線装置の安全取扱	工学部	山崎 浩道
15:10~15:40	X 線関係法令	CYRIC	馬場 護
15:50~16:30	安全取扱に関するビデオ	CYRIC	宮田 孝元

[運営専門委員会報告]

平成16年度第1回(6月21日開催)

- 理工学利用部会(旧第一専門委員会)現状報告, プロジェクトの進め方に関して議論
- 安全管理 RI 利用部会(旧第二専門委員会)動物実験推進を含む RI 棟利用計画を審議
- ライフサイエンス利用部会(旧第三専門委員会)各ワーキンググループの報告
- 課題採択部会(旧課題採択専門委員会)930利用に関しヒアリングに基づく評価と通年採択カテゴリを導入
- 平成15年度決算・平成16年度予算を審議
- 平成17年度概算要求を審議

平成16年度第2回(11月29日開催)

- 理工学利用部会, 負イオン加速による大強度ビーム引き出しなど現状報告
- 安全管理 RI 利用部会, 法令改正・法人化に対応するための研修会を開催
- ライフサイエンス利用部会, 新しい PET 診断薬の利用開始, 医療法改正に関する対応報告
- 旧680型サイクロトロン電磁石・電源の核理研への貸与, 理化学研究所との研究協力協定に関する報告
- 次期センター長候補者選考のための選挙管理委員会を設置
- サイクロトロン核医学研究部講師選考委員会を発足
- 工学研究科との連携協力について審議
- 新規研究教授として山口慶一郎・厚生病院放射線科科長の推薦を承認

平成16年度第3回(1月7日開催)

- 工学研究科との連携協力が成立
- RI 棟冷却棟・サイクロトロン棟本体室空調ファンコイル修理に関する総長裁量経費が認められた
- サイクロトロン核医学研究部講師として医学系研究科・田代学助手の任用を承認
- 次期センター長に石井慶造教授を候補者として選出, 学術基盤施設群運営委員会に推薦
- 寺川貴樹助手・遠藤卓哉講師(研究機関研究員)の異動, 研究教授・リサーチフェローの推薦を承認

平成17年度第1回(4月26日開催)

- 各部会新委員を選出

- 平成17年度予算配分の説明
- 加速器研究部および放射線管理研究部の将来計画を含む人事委員会を設置
- 平成18年度概算要求を審議

[平成17年度みやぎ県民大学における開放講座の開催について]

昨年度に引き続き、宮城県社会教育課からの委託に基づいて、県民大学を8月20日(土)、21日(日)の両日開催することになりました。募集期間は6月20日～7月29日です。内容は基本的には昨年度と同様、講義とサイクロトロンや放射性薬剤製造、PET等の見学・放射線測定実習からなります。募集人員は40名ですが、今年は参加者の便宜を考え、1日単位としましたので、多くの方の参加を期待しています。詳細は宮城県社会教育課または当センターのホームページをご覧ください。

[受賞のお知らせ]

- 平成16年度日本原子力学会奨励賞
「硼素中性子捕捉療法のための加速器中性子場の設計と実験的検証」
米内俊祐氏（放射線医学総合研究所，元センター放射線管理研究部）
- 平成17年度日本保健物理学会論文賞
「大線量被ばく用線量計としてのイメージングプレートの応用開発」
(保健物理, 39(2), 198-205 (2004))
大内浩子氏, (東北大学大学院薬学研究科), 山寺 亮氏 (弘前大学医学部, 元センター放射線管理研究部)

[講演会記録]

日 時 : 平成17年3月14日(月)
場 所 : サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター講義室
講 師 : 森 田 浩 介 (独立行政法人 理化学研究所)
講 演 : 新発見の113番元素

研 究 交 流

氏 名	Houshyar Noshad
所 属	イラン原子力機関 数学・物理学理論研究センター
役 職	助教授
研究題目	平行平板雪崩検出器 (PPAC) の開発および核分裂断面積に関する実験的研究
受入教官	馬 場 護 教授
研究期間	平成17年4月15日～平成17年12月27日

留 学 生 便 り

センター 測定器研究部 黄 穎（理学部 物理学科）

私が感じた日本——ランキング

私が日本に来てから5年も経ちました。自分の中ではどこが中国人らしいのか、どこが日本人らしいのか分らなくなっていました。それに中国人、日本人と韓国人の顔がそっくりなので、初めて会った人にはよく間違われています。と言ってもやはり日本に印象深いところがたくさんあります。それらをランキングしてまとめて見ました。

10—飲食について

- 私も海辺の都市で生まれたので海鮮物と生ものには抵抗ありませんが、生姜だけには未だになれません。
- 日本人は歩きながら、また、映画を見ながら物を食べる習慣がないようです。
- 様々な機会を利用して、よく飲み会をやるようです。
- 水道水は飲めるほど、比較的きれいだと思います。

9—面白いところ

- ゴミ箱は駅の中しかないようですが、お手洗いは充実しているようです。
- 若者が夜や週末、街に集まって歌ったりすることがよくあります。

8—不思議なところ

- チラシを配っている人が街にたくさんいます。特にティッシュに入れてお店を宣伝するのが多いようです。

7—街造りについて

- 街には色々なスタイルのビルが混じって造られているようです。しかし、札幌以外はどこに行っても同じような街造りをしているようです。

6—人について

- 日本人は礼儀正しいです。話をする時、中国人に比べると声が小さいと思います。
- 日本人は思った以上明るい方が多いと思います。昔、マクドナルドでアルバイトをした頃お店の方がほとんど活発で、いつもバイトの後集まって話していました。
- すみませんという言葉がよく使われています。

5—祝日について

- お正月に初詣という行事があるようです。
- お祭りが非常に賑やかだし、飾り物もユニークだと思います。大学祭も非常に楽しいです。
- 夏は女性が浴衣で花火を見に行き、それ以外の行事やお祭りには着物で出かけるようで、髪飾りから下駄まで個性が出ていますが、それ以外は洋服で過ごしているようです。

4—サービス業について

- サービス業は非常に素晴らしいと思いますが、たまに店員さんが熱心になりすぎると感じたこともあります。
- 包装も非常に綺麗だし、工夫されていると思います。

3—デパートについて

- 中国のエスカレーターは、ほとんど上行きと下行きがセットになっていて、つまり2回続いて上がりたいなら、真ん中の階で1回反対側に歩かなければならないのですが、日本のエス

カレーターは上行きと下行きがセットになっているので何回も乗り続けられます。

- 百貨店では電気製品を売っていませんが、電気屋さんが独自に経営しています。

2—電車について

- 電車には時刻表があり、雪、台風と人身事故以外は大抵時間通りに運転しているようです。
- 電車に乗る時、もし混んでいたらドアの近くにいる人はみんな外向きに立ち、まるで誰かを見送っているようですが、中国の場合は皆中向きで、人を押しやすいようです。
- 日本人は電車の中で本を読んだり、寝たりする人が多いようです。

1—共有施設について

- 特に図書館が非常に便利だと思います。すべての資料、ビデオやカセットテープなどが無料で借りられ、DVDなども館内で鑑賞できます。
- 小さい公園があちこちにあって、ブランコなどもそろっていて子供には非常に良いと思います。

(黄さんは、平成17年3月に卒業・就職されました。今後の御活躍を期待します。)

RI 管 理 メ モ

1. 自主点検

平成16年度第2回目の自主点検を3月14日～3月31日にかけて実施しましたが、特に異常は認められませんでした。

2. 定期健康診断

平成16年度第2回目の放射線業務従事者特別定期健康診断を行い、問診は10月1日全員に、検診は10月12日に18名、18日に1名が受診しましたが、全員異常なしでした。

3. 変更承認申請

今後、新たにビーム延長室に中性子を用いた研究進展のために ${}^7\text{Li}$ (p, n) 反応による強力な擬似単色中性子源を使用出来るように、また、第4ターゲット室の使用目的を荷電粒子専用に変更する申請を行っています。

4. 放射線障害防止法の改正

昭和35年の制定以来最大といわれる大がかりな改正を経た放射線障害防止法改正法令が昨年6月1日公布され、今年6月1日施行されました。法令改正の要点は次の3点にまとめられます。

(1) 規制対象下限値の変更

今回の改正では、放射性物質の規制下限値が、IAEA（国際原子力機関）などの機関が提唱した新しいBSS（Basic Safety Standard）の概念に基づいて、改められました。従来放射性物質は、濃度が74 Bq/gを超え、密封された放射線物質の場合は核種に関わりなく3.7 MBq、密封されていない場合は3.7 kBq（1群）、37 kBq（第2群）、370 kBq（第3群）、3.7 MBq（第4群）を超えるものと定義されて来ました。BSSでは、密封か非密封に関わりなく、核種ごとに下限数量を定めています。これは、廃棄処分などの段階では、密封といえども飛散してしまう可能性があることを考慮してのものです。

この結果、規制からはずれることになったものもあれば、新たに規制対象となったものもあります。問題なのは後者ですが、これによって著しい不都合が生じることのないように考慮がなされています。たとえば、校正用線源の中でCs, Coなどでは下限が下がっていますが、特定認証機器、すなわち製造者が許可を得るものとして、平成19年3月31日までに製造されたものであれば、そのまま使い続けることができ、廃棄するときのみ規制の対象となる（手続きが必要）こととなっています。トリチウムのように大幅に規制が緩くなったものもありますが、一方空気中濃度や排水中濃度の限度値は変わっておらず、実際上不整合の生じる可能性も考えられます。

(2) 安全性の一層の向上

a. 定期確認制度の導入：従来規模の大きな事業所に義務づけられている定期検査は施設・設備といったハードウェア面のみを対象としていましたが、記帳など安全管理のソフト面を確認する定期確認制度が新たに導入されました。これは定期検査と同時に受けることができます。

b. 主任者研修制度：放射線主任者が3年に一度リフレッシュのために研修を受ける制度が法令化されました。これは、主任者の義務というよりは使用者すなわち主任者の上司が研修を受けさせる義務があるという形の法令となっています。

c. 定期検査対象の見直し：a. とタイアップして定期検査の対象が見直されました。

(3) 廃棄物処理処分の規定の制定

従来、放射性廃棄物を埋設処理するための規定がなく、廃棄物の処理を困難にしていた。今回規定が定められたことによって条件整備が進み、問題解決の見通しが開けることが期待されます。

当センターの場合、法令改正に伴って変更になる事項は特にありませんが、上の変更に対応するためにセンターの障害予防規定を改める必要があります。

全学講習会基礎コース修了者

年 度	C Y R I C	極 低 温	未 来 科 学	文 学	理 学	医 学	歯 学	薬 学	工 学	農 学	国 際 文 化	情 報 科 学	生 命 科 学	環 境 科 学	金 研	加 齢 研	流 体 研	通 研	多 元 研	保 健 学 科	宮 教 大	年 度 計
51					9	31	9	7	12	17	2		1			33		1	11			133
52					45	90	16	3	10	52	15		1		5	43			21	1		302
53	5				20	74	9	13	31	60	4		5		14	16			11			262
54	3				49	147	15	14	24	41	2		1		10	8			6			320
55	1				43	119	10	24	20	52	2	1	3		20	4			9			308
56	4				54	143	10	21	18	51			1		11	10		3	3			329
57					65	134	10	21	13	65			2		20	11		2	6	1		350
58	5				51	120	20	29	20	51	1	2	2		11	9	1		18			340
59					80	117	15	29	22	78	2		4		13	19			12	1		392
60	1				65	95	7	29	21	52			2		18	14		2	9			315
61	4				81	112	4	34	38	64			1		17	12	1	2	6			376
62	8				59	89	5	27	33	48					11	20	1	2	5			308
63	10				93	121	5	31	33	72			2		21	14		8	8			418
1	7				112	145	1	35	31	79	1		3		15	19		5	13	2		468
2	5				92	137	15	35	31	78	1		1		19	15		10	14			453
3	6				97	126	9	32	20	84	1		8		27	19		8	17			454
4	4				104	113	5	37	57	82	2		4		25	7		9	26			475
5	6				96	112	9	39	29	96		2	8		25	16		9	28			475
6	8				110	133	6	40	38	71			3		26	7		8	27			477
7	6				117	110	5	54	51	104	1	2	2		24	21		4	20	1		522
8	7				79	128	7	63	67	84		1	1		22	18		6	27	1		511
9	5				96	144	10	44	74	94			9		24	25		1	26	1		553
10	10				86	112	16	47	69	91			11		18	17		2	20			499
11	7				75	133	22	47	69	87		3	2		6	16	1	6	21			495
12	14				77	95	25	68	100	95		1	8		15	17		6	16	2		539
13	6	2			76	104	23	75	69	104	1	1	56		12	21		4	22			576
14	8	4	1		57	118	19	49	75	103		2	52		24	13		6	25		1	557
15	8	2			62	120	20	64	79	108		2	59		16	19		6	27			592
16	5			1	77	109	20	94	102	71		2	51	2	29	16	6	7	30	1		623
合計	153	8	1	1	2,127	3,331	347	1,105	1,256	2,134	35	19	303	2	498	479	10	117	484	11	1	12,422

全学講習会 SOR コース修了者

年 度	極 低 温	学 際 研	理 学	医 学	歯 学	薬 学	工 学	農 学	環境 科学	金 研	流 体 研	通 研	多 元 研	年 度 計
7			8			1	11	2		1		3	12	38
8			17				2			4			13	36
9			19				50					2	16	87
10	1	1	12				29			7		11	15	76
11			11		1		9	1		1		4	21	48
12			15				24			4		1	16	60
13			14				31			13	1	4	19	82
14			18	1	2	7	35			17		1	20	101
15		1	15	3		3	38			20		3	15	98
16		1	12	2	5	1	29		1	11			27	89
合計	1	3	141	6	8	12	258	3	1	78	1	29	174	715

全学講習会 X 線コース修了者

年 度	C Y R I C	極 低 温	未 来 科学	学 際	ペン チャ ー	理 学	医 学	歯 学	工 学	農 学	国 際 文化	情 報 科学	環 境 科学	金 研	加 齢 研	流 体 研	通 研	多 元 研	年 度 計
58	1						3		3		1			7	1	1		3	20
59						23	18	3	69					25	2	5		12	157
60						55	12	8	65	6	2			32		1		14	195
61						51	11		65	8				41			14	9	199
62						22	14		71					38	3	1	23	28	200
63						45	4		72	1				54			22	19	217
1						58	15	3	54	2				59	4		20	44	259
2	1					26	12		52	1				31	1		19	24	167
3						52	18		46					61	2		13	34	226
4						30	7		58					54	1		9	67	226
5						35	7		62	1				49			14	46	214
6						20	15		75					44			16	49	219
7						27			100	1				34		2	30	60	254
8						25			92					38			24	40	219
9						31			75					29		2	18	58	213
10		1			3	20			102	1				25			19	68	239
11						32	2		91			1		28			21	60	235
12		1				27	4	1	130	5				30		2	19	60	279
13		3		3		14	2	2	97					19				75	215
14		2	7			18	2	3	115					29		7	26	54	263
15		2	3	2	4	16	1	1	112				16	45		1	25	90	318
16			21	1		37	6	1	194				38	29			25	58	410
合計	2	9	31	6	7	664	153	22	1,800	26	3	1	54	801	14	22	357	972	4,944

CYRIC 有資格者

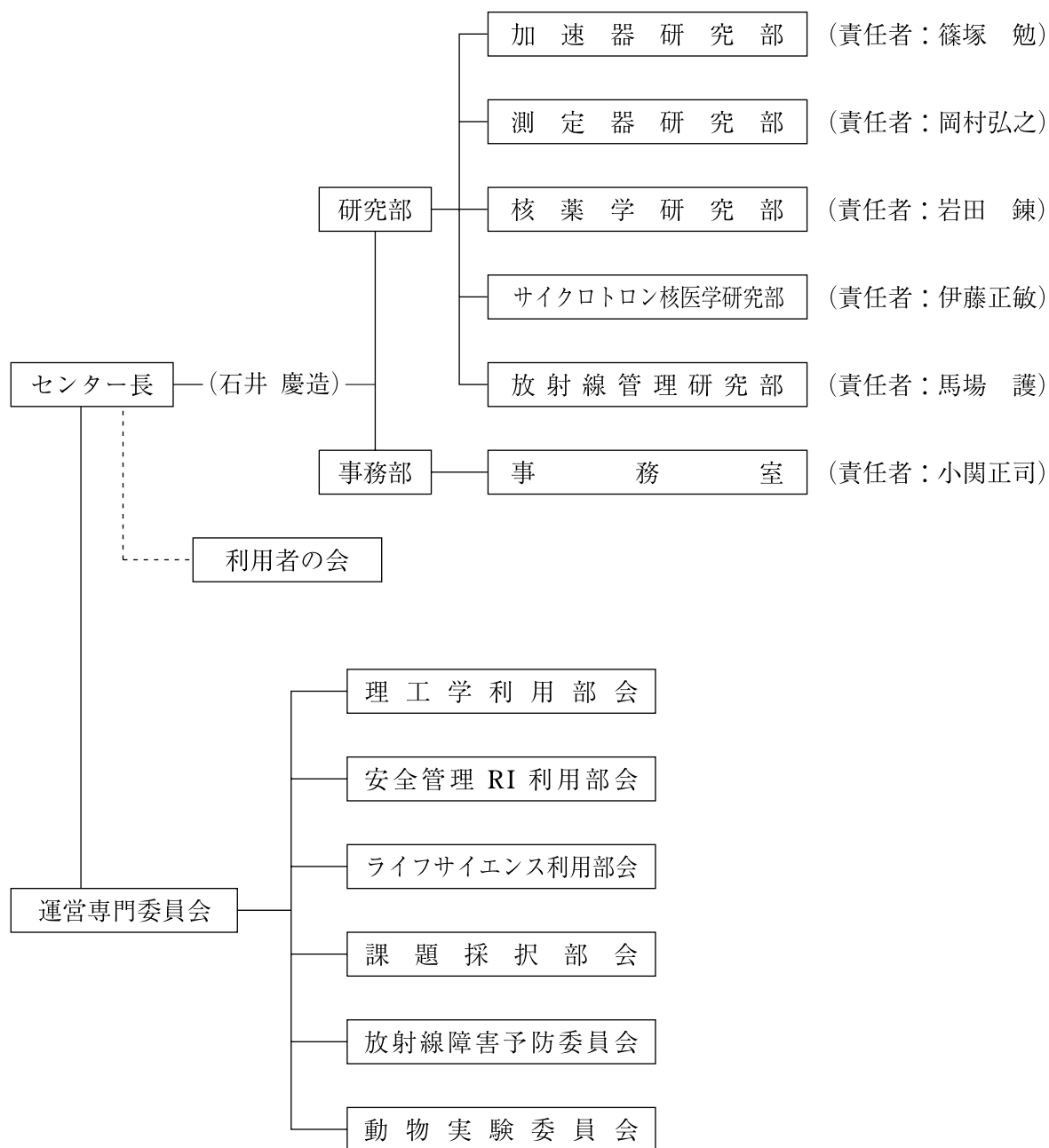
(平成17年 3 月31日現在)

部 局	人数	部 局	人数
理 学 部	49	金 研	2
医学部及び病院	38	加 齢 研	10
歯 学 部	3	生 命 科 学	13
薬 学 部	85	C Y R I C	60
工 学 部	29		
保健管理センター	2		
そ の 他	18		
合 計	309人		

年間非密封 RI 使用記録 (kBq)

核種	群	16 年 度	15 年 度	14 年 度
Sr-90	1	60.000	180.000	421.080
Ar-42	2	6.000	3.000	
Fe-55	2		16,100.000	30,128.000
Co-56	2	3,152.900		
Co-60	2	541.740		706.250
Ge-68	2	133.858		134,554.000
Cd-109	2		4,200.000	
I-125	2	47,165.908	40,135.690	232,454.200
Cs-137	2	5,786.310	1,001.000	6,848.200
C-11	3	1,085,058,300.000	312,313,800.000	270,769,700.000
N-13	3			1,000.000
O-15	3	11,285,000.000	12,765,000.000	28,712,000.000
Na-24	3		1.000	
P-32	3	945,777.600	1,587,887.177	1,159,677.926
Tc-99 ^m	3	2,915,600.000	9,701,800.000	1,673,300.000
Mo-99	3	2,915,500.000	9,885,100.000	
H-3	4	265,111.530	568,362.920	2,452,103.419
Be-7	4	987.070		
C-14	4	36,553.480	79,026.300	49,154.900
Cr-51	4	13,441.200		
F-18	4	831,246,770.000	939,295,500.000	1,281,263,410.000

組 織 図



分野別相談窓口（ダイヤルイン）

理 工 系	篠 塚 勉	795-7793	FAX 795-7997
ライフサイエンス系	岩 田 錬	795-7798	FAX 795-7798
R I 系	馬 場 護	795-7805	FAX 795-7809
事 務 室	小 関 正 司	795-7800(内3479)	FAX 795-7997
R I 棟 管 理 室	宮 田 孝 元	795-7800(内4399)	FAX 795-7809

委 員 会 名 簿

平成17年 5 月現在

運営専門委員会

委員長	石 井 慶 造 (センター長)	高 橋 昭 喜 (病 院)
委 員	庄 子 哲 雄	笠 木 治郎太 (核理研)
	橋 本 治 (理学研究科)	伊 藤 正 敏 (CYRIC)
	岩 佐 和 晃 (理学研究科)	馬 場 護 (CYRIC)
	高 橋 明 (医学系研究科)	岩 田 鍊 (CYRIC)
	佐々木 啓 一 (歯学研究科)	岡 村 弘 之 (CYRIC)
	大 泉 康 (薬学研究科)	篠 塚 勉 (CYRIC)
	阿 部 勝 憲 (工学研究科)	小 林 俊 雄 (理学研究科・兼)
	勝 亦 瞭 一 (農学研究科)	谷 内 一 彦 (医学系研究科・兼)
	西 谷 和 彦 (生命科学研究科)	小 野 哲 也 (環境・安全委員会原子科学 安全専門委員会委員)
	佐 藤 伊佐務 (金属材料研究所)	
	福 田 寛 (加齢医学研究所)	
	古 山 種 俊 (多元物質科学研究所)	

理工学利用部会

委員長	岡 村 弘 之 (CYRIC)	佐 藤 伊佐務 (金属材料研究所)
	小 林 俊 雄 (理学研究科)	齋 藤 正 男 (多元物質科学研究所)
	小野寺 秀 也 (理学研究科)	大 槻 勤 (核理研)
	田 村 裕 和 (理学研究科)	馬 場 護 (CYRIC)
	関 根 勉 (理学研究科)	伊 藤 正 敏 (CYRIC)
	前 田 和 茂 (理学研究科)	岩 田 鍊 (CYRIC)
	石 井 慶 造 (工学研究科)	篠 塚 勉 (CYRIC)
	長谷川 晃 (工学研究科)	

安全管理 RI 利用部会

委員長	馬 場 護 (CYRIC)	十 川 和 博 (生命科学研究科)
	岩 佐 和 晃 (理学研究科)	長谷川 雅 幸 (金属材料研究所)
	上 原 芳 彦 (医学系研究科)	福 田 寛 (加齢医学研究所)
	山 添 康 (薬学研究科)	金 田 朋 洋 (病 院)
	石 井 慶 造 (工学研究科)	岩 田 鍊 (CYRIC)
	山 口 敏 康 (農学研究科)	篠 塚 勉 (CYRIC)

ライフサイエンス利用部会

委員長	伊 藤 正 敏 (CYRIC)	石 井 慶 造 (工学研究科)
	大 内 憲 明 (医学系研究科)	山 本 和 生 (生命科学研究科)
	山 田 章 吾 (医学系研究科)	福 田 寛 (加齢医学研究所)
	高 橋 昭 喜 (医学系研究科)	後 藤 順 一 (病 院)
	富 永 悌 二 (医学系研究科)	高 井 良 尋 (医学部)

山 本 政 彦 (医学系研究科)
 工 藤 幸 司 (先進医工学研究機構)
 渡 邊 誠 (歯学研究科)
 大 槻 純 男 (薬学研究科)

岩 田 鍊 (CYRIC)
 田 代 学 (CYRIC)
 船 木 善 仁 (CYRIC)

課題採択部会

委員長 馬 場 護 (CYRIC)	佐 藤 伊佐務 (金属材料研究所)
橋 本 治 (理学研究科)	福 田 寛 (加齢医学研究所)
小 林 俊 雄 (理学研究科)	高 橋 昭 喜 (病 院)
田 村 裕 和 (理学研究科)	笠 木 治郎太 (核理研)
関 根 勉 (理学研究科)	大 槻 勤 (核理研)
前 田 和 茂 (理学研究科)	伊 藤 正 敏 (CYRIC)
谷 内 一 彦 (医学系研究科)	岩 田 鍊 (CYRIC)
高 橋 明 (医学系研究科)	岡 村 弘 之 (CYRIC)
阿 部 勝 憲 (工学研究科)	篠 塚 勉 (CYRIC)
山 崎 浩 道 (工学研究科)	

放射線障害予防委員会

委員長 馬 場 護 (CYRIC)	岩 田 鍊 (CYRIC)
橋 本 治 (理学研究科)	篠 塚 勉 (CYRIC)
関 根 勉 (理学研究科)	小 関 正 司 (CYRIC)
石 井 慶 造 (工学研究科)	宮 田 孝 元 (CYRIC)

動物実験委員会

委員長 笠 井 憲 雪 (医学系研究科)	馬 場 護 (CYRIC)
富 永 悌 二 (医学系研究科)	岡 村 弘 之 (CYRIC)
永 田 清 (薬学研究科)	田 代 学 (CYRIC)
福 田 寛 (加齢医学研究所)	船 木 善 仁 (CYRIC)
伊 藤 正 敏 (CYRIC)	

人 事 異 動

発令年月日	職 名	氏 名	異動内容
17. 1. 31	講師(研究機関研究員)	遠 藤 卓 哉	辞 職
17. 2. 1	助 教 授	寺 川 貴 樹	昇任(工学研究科へ)
17. 2. 1	講 師	田 代 学	昇任(医学系研究科から)
17. 2. 16	講師(研究機関研究員)	鵜 養 美 冬	採 用
17. 3. 31	教 授	井 戸 達 雄	定年退職
17. 3. 31	助 手	藤 田 正 広	辞 職
17. 3. 31	事 務 補 佐 員	荒 田 宏 美	辞 職
17. 4. 1	事 務 一 般 職 員	松 谷 昭 広	転 任

発令年月日	職 名	氏 名	異動内容
17. 4. 1	助 手	四月朔日 聖一	昇 任
17. 4. 1	助 手	三 宅 正 泰	昇 任
17. 4. 1	助 手	石 川 洋 一	昇 任
17. 4. 1	助 手	伊 藤 正 俊	採 用
17. 4. 1	研 究 教 授	川 島 孝一郎	称号授与
17. 4. 1	リサーチフェロー	本 田 剛	称号授与
17. 4. 1	リサーチフェロー	鈴 木 麻奈三	称号授与
17. 4. 1	リサーチフェロー	Sabina Khondkar	称号授与
17. 4. 1	事 務 一 般 職 員	菊 地 耕 輝	配 置 換
17. 4. 1	事 務 補 佐 員	遠 藤 愛	採 用
17. 5. 26	事 務 一 般 職 員	菊 地 耕 輝	辞 職
17. 5. 27	事 務 補 佐 員	助 川 芳 郎	採 用
17. 6. 13	事 務 補 佐 員	藤元 嵩理景子	採 用
17. 6. 16	事 務 補 佐 員	松 野 順 子	辞 職

職 員 名 簿

(平成17年 6 月現在)

センター長 石 井 慶 造 (併任 工学研究科)

加速器研究部

橋 本 治 (理学研究科)
篠 塚 勉
鵜 養 美 冬

測定器研究部

岡 村 弘 之
小 林 俊 雄 (理学研究科)
伊 藤 正 俊
四月朔日 聖一

核薬学研究部

岩 田 鍊
工 藤 幸 司 (先進医工学)
船 木 善 仁
石 川 洋 一
古 本 祥 三 (先進医工学)

サイクロترون核医学研究部

伊 藤 正 敏
谷 内 一 彦 (医学系研究科)
田 代 学
三 宅 正 泰
鈴 木 麻 希
武 田 和 子 (東北大学病院)

放射線管理研究部

馬 場 護
宮 田 孝 元
加 藤 守 夫
真 山 富美子
奥 村 由 里

事 務 室

吉 田 隆 幸
小 関 正 司
藤 澤 京 子
高 橋 喜 悦
阿 部 紀三子
伊 東 正 勝
遠 藤 愛
助 川 芳 郎
藤元 嵩理景子

放射線管理室（㈱日本環境調査研究所）

渡 邊 昇

制 御 室（住重加速器サービス㈱）

千 葉 静 雄
高 橋 直 人
大 宮 康 明
横 川 茂 永
松 村 秋 彦

センター長室

山 下 宥 子

図 書 室

遠 藤 みつ子

研究教授

織 原 彦之丞
中 村 尚 司
山 口 慶一郎
川 島 孝一郎

リサーチフェロー

山 崎 明 義
佐々木 雄 久
Mehedi Masud
Sabina Khondkar
鈴 木 麻奈三
本 田 剛

建屋管理（㈱日本環境調査研究所）

今 野 亮
川 上 修
鈴 木 滋
伏 見 武
斎 藤 勝 枝
新 海 美恵子

学 生・研究生名簿

平成17年4月1日現在

加速器研究部

D 3 鈴 木 智 和（理学研究科物理学専攻）
D 1 宮 下 裕 次（理学研究科物理学専攻）
M 2 佐 藤 望（理学研究科物理学専攻）
M 1 大 熊 三 晴（理学研究科物理学専攻）
B 4 武 田 将 人（理学部物理学科）

測定器研究部

D 3 杉 本 直 也（理学研究科物理学専攻）
M 2 福 島 信 吾（理学研究科物理学専攻）

M 1 寺 園 知 広 (理学研究科物理学専攻)
M 1 松 尾 亮 (理学研究科物理学専攻)
B 4 市 川 雅 治 (理学部物理学科)

核薬学研究部

M 2 佐 藤 公 彦 (薬学研究科生命薬学専攻)
M 1 本 田 芳 雄 (薬学研究科生命薬学専攻)

サイクロトロン核医学研究部

D 1 菅 原 昭 浩 (医学系研究科医科学専攻)
D 1 Margaretha Sulistyoningih (医学系研究科医科学専攻)

放射線管理研究部

D 3, JSPS 萩 原 雅 之 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
D 3 Md. Shuza Uddin (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
D 2 糸 賀 俊 朗 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
D 1 大 石 卓 司 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
D 1 M. Nakhostin (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
M 2 佐々木 隆 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
M 2 牧 野 高 紘 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
M 1 海 野 泰 裕 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
M 1 鎌 田 創 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
M 1 高 橋 渉 (工学研究科量子エネルギー工学専攻)
B 4 奥 地 俊 夫 (工学部量子エネルギー工学科)
B 4 山 口 庸 一 (工学部量子エネルギー工学科)
B 3 奥 山 修 平 (工学部量子エネルギー工学科)
B 3 笠 原 梓 司 (工学部量子エネルギー工学科)

学部学生 (B), 大学院生 博士課程後期 (D), 博士課程前期 (M),
JSPS (日本学術振興会特別研究員)

世界物理年〔物 理〕 物理学は、自然を理解する上で重要な基礎であり、また、今日の科学技術の進歩の基礎となっており、更なる発展に欠かすことのできない存在です。しかしながら、現在の一般社会において、日常生活における物理学の重要性に対する認識は低下しています。 こうした状況の原因の一端には、科学技術に携わる者からの働きかけが不足していることがあげられます。これを受け止め、2002年10月、ベルリンで開催された国際純粋・応用物理学連合総会(IUPAP)において、2005年を「世界物理年(World Year of Physics 2005, 略して WYP2005)」と設定することが正式決定されました。ユネスコをはじめとする数多くの国際組織で賛同され、国連においても2005年を「国際物理年」とすることが決議されました。 2005年は、アルバート・アインシュタインが、古典物理学から現代物理学への橋渡しとなる3つの偉大な理論、光量子説に基づく光電効果の理論、ブラウン運動の理論、特殊相対性理論、を発表した「奇跡の年」と呼ばれる1905年から、ちょうど百周年にあたります。これを記念して世界各国の賛同組織において物理学に関する認識、理解を深めるための催し物が行われています。日本においても世界物理年日本委員会を設立し、物理や関連する様々な科学技術分野にかかわる普及活動を通して、一般の人々の意識を高めようとする機関を支援し、世界物理年を契機として、このような活動を持続的に展開していくことを目指しています。	IgE〔化 学〕 IgEは花粉症などのアレルギー症状に関与する免疫グロブリンE (immunoglobulin E) というタンパク質の略号です。免疫グロブリンとは、抗体およびこれと構造上、機能上の関連をもつタンパク質の総称で、その性質によりいくつかのクラスに分類されますが、IgEはそのうちの1つです。普通の状態ではIgEの人の血中濃度は極めて低いのですが、アレルギー症状を引き起こす抗原物質(アレルゲン)が体内に進入するとIgEが生産され、濃度が上昇します。作られたIgEは皮膚や粘膜に存在するマスト細胞(肥満細胞とも呼ばれる)と結合します。マスト細胞と結合したIgEがアレルゲンを捕まえると、マスト細胞はヒスタミンなどの化学伝達物質を放出し、臓器や神経にアレルゲンを追い出す働きをするように命令を与えます。その結果、マスト細胞の周辺では、血管の拡張や白血球の活性化が起こりますが、それが過剰反応を示すことでアレルギー症状が現れます。スギ花粉症の場合は、アレルゲンであるスギ花粉が目や鼻の粘膜に接触することでIgEがつくられ、その結果として粘膜が炎症を起こし、くしゃみ・鼻水・目のかゆみなどの症状が現れます。
ITER (国際熱核融合実験炉)〔R I〕 International Thermonuclear Experimental Reactorの略で、「イーター」と読みます。現在国際協力によって建設が計画されている核融合実験装置です。核融合炉の実現には、出力エネルギーが入力エネルギーに等しい臨界プラズマ条件を達成し、さらに外部からのエネルギー注入なしで燃焼を継続できる自己点火プラズマの実現が必要です。第1世代核融合の燃料である重水素(D)と3重水素(T)については、臨界条件がJT-60(日本)など世界の3大トカマクで達成されていますので、これを発展させて実燃料によって自己点火プラズマと長時間燃焼を達成することがITERの目標です。それまでは、EU、米国、日本、ソ連(ロシア)が独自に核融合装置の開発を進めてきましたが、自己点火条件の達成には巨額の費用が必要であるため1988年、米、ソ連、EU、日本の4極で共同設計を開始し、途中米国が一時的に抜けたものの、2001年最終設計計画書をまとめました。費用総額は1兆3000億円と見積もられ、4極と中国、韓国が負担することになっています(立地域が半分を負担)。2005年事業体を設立し、2015年まで建設、2015年から2035年まで実験という計画になっています。建設地の選定では日本の六ヶ所村とフランスのカダラッシュがしのぎを削ってきましたが、最近カダラッシュに決定されました。	粒子線治療〔医 学〕 粒子線治療とは、サイクロトロンやシンクロトロンによって加速された陽子や重粒子など粒子放射線のビームを病巣に照射することによって、がんを治療する放射線治療の一種です。 放射線とはエネルギーの流れと考えることができますが、エックス線やガンマ線は電磁波であり、粒子線は原子の構成要素である原子核などの流れのことです。もっとも軽い水素原子核(陽子)を利用する「陽子線」治療、より重い原子核を利用する「重粒子線」治療があります。照射された粒子は、エネルギーによって体内組織中で止まる深さが決まり、止まる瞬間大量のエネルギーを放出します(ブラック・ピークといいます)。このエネルギーを治療に用いるわけです。しかし、ブラック・ピークは空間的にシャープなので、これをがん病巣の大きさに合わせてエネルギー幅を拡げる技術が必要です。二次元方向のみでなく深さ方向にも照射範囲を設定することが従来のX線治療と異なる長所であり、病巣だけをピンポイント照射して最小限の副作用でがん細胞を死滅させることができます。もっとも、これはコンピューターを駆使した最先端の画像診断と組み合わせることでのみ可能となります。 現在、世界各地で研究や臨床応用が進められており、眼球内の悪性黒色腫、中枢神経付近の脊索腫や軟骨肉腫、頭頸部がん、非小細胞肺癌、肝細胞がん、前立腺がんなどに対する有効性が明らかとなっています。陽子線治療と炭素線治療はすでに日本の一部の施設で高度先進医療の適用になっています。治療中も患者さんが痛みや熱を感じることはないため、麻酔や鎮痛薬も使わずに覚醒した状態で治療を受けることができます。

編 集 後 記

この春、東北に新たなプロ野球球団が誕生し、仙台の街も大いに活気づいてきたような気がします。老朽化著しかった宮城球場がわずか半年間でこれほど立派によみがえるとは、一年前の時点では誰も予想しなかったでしょう。多額の投資をしてくれた企業の力に負うところが大きいのは当然ですが、その影で、叶わぬ夢と思われた新球団誘致に長年尽力してきた市民の方々の努力を無視することはできません。

自然科学の研究においても同じようなことが言えます。多額の資金が得られれば良い研究が出来るのは当たり前ですが、多くの独創的な研究を歴史的に遡ってみると、成果に至るまでの過程において人目に触れない地道な努力が存在するものです。近い将来花開くであろう“技術の芽”が当センターで創出され、育てられていくことを切に願います。

(N. O. 記)

広 報 委 員

委員長 岡 村 弘 之 (CYRIC)

田 村 裕 和 (理学研究科)

高 山 努 (理学研究科)

岡 村 信 行 (医学系研究科)

馬 場 護 (CYRIC)

篠 塚 勉 (CYRIC)

田 代 学 (CYRIC)

船 木 善 仁 (CYRIC)

三 宅 正 泰 (CYRIC)

石 川 洋 一 (CYRIC)

伊 藤 正 俊 (CYRIC)

遠 藤 みつ子 (CYRIC)

題字デザイン：田代 学

CYRIC ニュース No. 37 2005年 5 月31日発行

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6 番 3 号

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

T E L 022 (795) 7800 (代 表)

F A X 022 (795) 7997 (サイクロ棟)

〃 022 (795) 7809 (RI 棟)

〃 022 (795) 3485 (研究棟図書室)

E-mail : koho@cyric.tohoku.ac.jp

Web page : <http://www.cyric.tohoku.ac.jp/>

