

ISSN 0916-3751



No.31 2001.11 東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

## 卷頭言

### —古きをたずねて新しきを知る—

理学研究科長 佐藤 繁

理学部は2001年9月11日、開講90周年を迎えた。仙台の理科大学、札幌の農科大学の二分科大学からなる東北帝国大学が創立されたのは明治40年（1907年）6月22日である。しかし、実際入学試験を行って26名の合格者を決め、入学式と講義を始めたのは明治44年（1911年）9月11日であったので、この日から起算して90年を経過したということである。

当時我国には、帝国大学としては、すでに東京帝国大学と京都帝国大学が設置されていた。東北帝大は仙台の地では理科大学から出発したが、ほぼ同時期に九州において急速に諸工業が発展しつつあったことから、九州帝大に工科大学が設置されるのは、ある意味では当然だった。しかし、理学の基盤がそれほど多いとは思えない仙台に理科大学が置かれたことは一見奇異に見えないこともない。しかしこの決定は東北地方の地道で着実な学問的風土や鉱工業が未開発であるという事情も踏まえていたと思われ、その後、基礎と創造性を重視するアカデミズムの確立や実学志向の重視に向かった本学の学問的発展の過程を振り返ってみると、非常に意義深い選択であったと言うことが出来る。

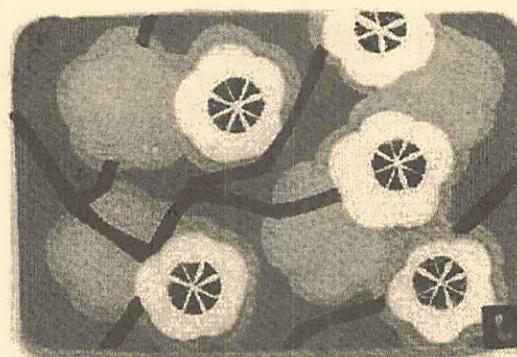
理科大学単独の創設という点から見ると、東北大学では、東京大学に次いで歴史的に二番目に設立されたということになる。当時すでに東京帝国大学には理科大学が設置されていたが、京都帝国大学には、理科大学ではなく理工科大学がおかれていた。京都帝大で理科大学が分離し独立したのは大正3年（1914年）だった。したがって東北帝大では、京都帝大より3年早く単独の理科大学が発足したことになる。本学を自然科学の基礎を学び研究する理科大学から始めたことは、その後の本学の学風の在り方に加えて、理学・理科の自立という点でも画期的な役割を果たした。当時

も、理学は実社会に実質的に役立つことが少ないと考えられていたことから、新設の理科大学への志望者も少なく、定員を充足出来るかどうかを懸念されていたほどだった。

46才の沢柳政太郎初代総長は新聞等を通して、東北帝国大学が9月11日をもって講義を開始することを宣言し、大学の目的は研究教育はもちろんのこと、社会貢献も重要であり、これらについて繰り広げられる東京、京都、東北3帝大間の競争に社会は注目し、比較、批判すべきだと訴えた。その頃の社会の新設大学に対する大きな期待と厳しい姿勢が伺える。これには、当時は、我が国の資本主義の勃興期であり、急成長する企業が人材を求め、高等教育に対する需要が大きくなってきたが、教育システムが対応できず、抜本的組み直しが求められていたという厳しい事情もあったということである。スケールは違うが、法人化問題等、現在日本の大学が直面している厳しい状況と酷似しているように感じられる。

創立初期の東北帝大が大きな業績を上げたことは言うまでもない。

本学における原子核実験関連のルーツは、1935年物理学科の三枝彦雄教授を中心になって建設した200万ボルトのバンデクラフ型加速器の利用に始まったと言われている。RI研究のルーツも同じ頃の時代ではないかと推測される。新しい組織の創設にあたっては、過去現在を問わず様々な困難があり、その後に大きな実りがあることは、多くの事例が物語っている。以来40余年、多くの先達の努力と苦労が嘗々と続けられ、様々な困難を乗り越えて昭和52年、理学、工学、医学、生物学等をカバーする総合学際的な学内共同教育研究施設のサイクロotron RIセンターが設置された。加速器分野とRI分野が有機的に運営される、他に例を見ない特徴的なこのセンターが、21世紀の様々な課題に取り組み、社会の注目と評価を受け、困難を克服しながらさらに大きく成長することを願ってやまない。



CYRIC ニュース No.31 目 次

・ 卷頭言	東北大学大学院理学研究科長	佐藤 繁	1
・ 研究紹介			
(1) 難治性の神経変性疾患 Parkinson 病の病態解明と薬物療法に関する基礎的研究			
東北大学薬学部 臨床薬学分野	村松 靖子		
東北大学大学院薬学研究科 臨床薬学分野 荒木 勉	4		
(2) 異原子内包フラーレンの可能性を探る			
東北大学大学院理学研究科			
附属原子核理学研究施設	大槻 勤	8	
・ 共同利用実験 第 22 回研究報告会プログラム			12
・ 930 型, HM12 型サイクロトロンの現状			
センター	藤田 正広, 篠塚 勉	18	
・ 放射線標準照射装置の利用について			
センター	山寺 亮	20	
・ 共同利用の状況			21
・ センターからのお知らせ			21
・ R I 管理メモ			23
・ 分野別相談窓口			24
・ 人事異動			24
・ C Y R I C 百科			25
・ 編集後記			26

## 研究紹介（1）

### 難治性の神経変性疾患 Parkinson 病の病態解明と薬物療法に関する基礎的研究

東北大学薬学部 臨床薬学分野

村松 靖子

東北大学大学院薬学研究科 臨床薬学分野 荒木 勉

#### はじめに

Parkinson 病は、振戦、固縮、無動・寡動、姿勢反射障害等を主症状とする運動性の神経変性疾患であり、わが国においては人口 10 万人あたり 100 人の有病率と推定されている罹患率の高い神経難病のひとつであります。超高齢化社会を迎えたわが国において、その罹患率は増大しつつあり、本疾患に対する新しい治療法及び新規薬剤の開発が強く望まれています。

Parkinson 病は、黒質・線条体系の dopamine 含有神経細胞の変性・脱落が責任病変であり、その発症原因について様々な方向から解析が試みられております。1983 年、Langston らは合成麻薬 meperidine 類縁体製造の際の副産物である 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine(MPTP)がヒトに対して Parkinson 病様の症状を引き起こすことを発見しました。この MPTP の発見を契機として、Parkinson 病の病態解明や新規薬剤の開発研究が動物実験レベルで精力的に実施されておりますが、本疾患の発症原因・機序について、未だ明確な結論が得られていません。そこで、私達の臨床薬学分野の研究室では、Parkinson 病の病態解明を目的とし、薬理学的なアプローチを中心に研究を進めております。今回はこれまでに得られました知見の一部について報告させていただきます。

#### Parkinson 病マウスモデルの生化学的検討及び薬物療法について

Parkinson 病は、黒質緻密層の dopamine 神経細胞の変性・脱落により dopamine が欠乏することが本疾患の主たる発症の原因であります。それゆえ、現在は dopamine の補充療法が臨床的治療方針の中心になっております。そこで、我々は MPTP 誘発 Parkinson 病マウスモデルを用いて、線条体中の dopamine 及びその代謝物である DOPAC, HVA 含量の定量化を試みました。その結果、MPTP の急性投与（10 mg/kg の用量を 1 時間間隔で 4 回腹腔内投与）により、線条体中の dopamine, DOPAC 及び HVA 含量の低下が、MPTP 投与後 1 日目から発現し、7 日目まで徐々に低下することを見出しました(Araki et al., Eur. J. Pharm. Sci., 12:231-238, 2001)。本研究成果は、MPTP の急性投与マウスモデルがヒトの Parkinson 病における線条体中の dopamine, DOPAC 及び HVA 含量の低下を反映する可能性を示唆しており、本疾患の病態把握の解明に有用であると推察されると思います。次に、各種薬剤を用いて本モデルに対する薬物療法を実施いたしました。今までに、本病態モデルに対して Monoamine oxidase (MAO)阻害剤 clorgyline, pargyline, neuronal nitric oxide synthase (nNOS)阻害剤 7-nitroindazole, 筋萎縮性側索硬化症(ALS)治療剤 riluzole, アストロサイト機能改善剤 ONO-2506, ACE(angiotensin converting enzyme)阻害剤 perindopril 等が有効性を示すことを明らかにしております (Araki et al., Metab. Brain Dis., 15:193-201, 2000; Araki et al., Brain Res., in press)。一方、Ca 拮抗剤 amlodipine, NMDA 受容体遮断剤 MK-801, 免疫抑制剤 FK-506, 非選択的 NOS 阻害剤 L-NAME 等はその有効性を確認できませんでした。本研究で有効性を示しました薬剤について、免疫組織化学

的検討を実施しました結果、黒質の tyrosine hydroxylase(TH)陽性細胞が充分に保持されていることが確認できました(Araki, Muramatsu et al., Neurosci. Lett., in press)。現在、これらの薬剤の作用機序の解明を研究中であります。

また、本 Parkinson 病マウスモデルに対する行動薬理学的検討を施行しました結果、ポールテスト、カタレプシーテストのいずれの評価系 (Araki et al., Eur. Neuropsychopharmacol., 11:125-133, 2001)におきましても明確な運動機能障害は確認できませんでした。そこで、MPTP の投与スケジュールを種々検討し、ヒトの Parkinson 病の病態を充分に反映する慢性期モデルの確立を目指して、現在さらに検討中であります。

#### レセプターオートラジオグラフィー法による検討について

MPTP 誘発 Parkinson 病マウスモデルにおきまして、dopamine D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>受容体及び dopamine transporter の結合部位の変動を調べました結果、線条体及び黒質における dopamine transporter の結合部位の著しい減少が MPTP の処置後の早期から出現し、次いで線条体における dopamine D<sub>2</sub>受容体、dopamine D<sub>1</sub>受容体がアップレギュレーションすることを明らかにしております(Tanji, Araki et al., Brain Res., 824:224-231, 1999)。また、dopamine 含有神経細胞体上に受容体を有し、その細胞活性を促進的に調節している脳腸ペプチドである neurotensin の結合部位の変動を検索した結果、dopamine transporter の結合部位と同様に MPTP 投与後の早期から線条体及び黒質における neurotensin の結合部位の著しい減少が観察されました(Tanji, Araki et al., Peptides 20:803-807, 1999)。以上の研究結果から、MPTP 投与後の早期から dopamine transporter, neurotensin 等の結合部位が機能的な異常をきたしている可能性を示唆いたしました。

また、神経毒である 6-hydroxydopamine を右腹側被蓋野に注入することにより、黒質・線条体の dopamine 神経系を破壊したラットモデルを用いて dopamine D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>受容体及び dopamine transporter の結合部位の変動を調べました。その結果、線条体及び黒質における dopamine transporter の結合部位の著しい減少が、破壊後の早期により出現し、次いで、線条体における dopamine D<sub>2</sub>受容体が長期にわたってアップレギュレーションすることを見出しましたが、一方、線条体における dopamine D<sub>1</sub>受容体のアップレギュレーションは軽度であり、その持続期間も短いことも明らかにいたしました(Araki et al., J. Neurol. Sci., 160:121-127, 1998)。さらに、細胞内情報伝達物質である second messenger の結合部位における変動も検討しました結果、線条体における adenylate cyclase system の異常が Parkinson 病の発症に関与している可能性を示唆いたしました(Araki et al., Eur. J. Pharm. Sci., 8:261-267, 1999; Araki et al., Acta Physiol. Scand., 169:71-78, 2000)。また、イミノフィリン、NOS における結合部位の変動の検討により、これらの結合部位が右腹側被蓋野の破壊後に有意に増加することも見い出し、nitric oxide (NO)が Parkinson 病の進行性の病変に関与している可能性を明らかにしております(Araki et al., Metab. Brain Dis., 14:21-31, 1999)。

現在は、これらの研究成果を踏まえまして、Parkinson 病における主たる発症機序の解明及び進行予防を目的として、神経伝達物質及び細胞内情報伝達物質の受容体レベルから解析を進めております。

## 神経病理学的検討について

脳内での神経変性に伴い脱落・変性した神経細胞数を復帰させることは極めて不可能であることから、現時点の治療法は疾患の進行の遅延すなわち神経細胞保護であると思われます。最近では、アルツハイマー病におけるマイネルト基底核ニューロンの萎縮防止に神経栄養因子 NGF 補充療法及び抗炎症療法が適応されており、Parkinson 病における黒質の神経細胞の脱落・変性には、神経栄養因子 BDNF や GDNF の有効性が期待されております。また、ALS における運動ニューロンの脱落・変性には、BDNF, NT-3, CNTF 等の神経栄養因子の臨床応用が企画されております。そこで、我々は Parkinson 病及び脳卒中の病態解明及び進行予防を目的として、MPTP 誘発 Parkinson 病マウスモデル及び砂ネズミの一過性脳虚血モデルを用いて、神経細胞、グリア細胞、インターニューロン等に対する特異的な抗体を用いた免疫組織化学的手法により検討を進めております。現在までの検討により、神経変性疾患の発症に関して、グリア細胞が重要な役割 (Araki, Muramatsu et al., Neurosci Lett., in press) を演じている可能性を示唆しておりますが、その詳細については、今後の研究により明確にする予定であります。また、神経難病で苦しんでいる患者さんの為にも、微力ですが新規な薬物療法の開発研究にも努力する所存です。

## 臨床薬学分野の紹介

臨床薬学分野は、1999 年 10 月に本学医学部から今井 潤先生が薬学研究科の教授に就任された後、2000 年 4 月にはじめての薬学部 4 年生、大学院生を迎えるました。共同研究者の本学医学部附属病院助手 松原光伸博士（薬学研究科 非常勤講師）の多大なるご協力・ご指導を賜りまして学生の指導及び研究を開始しました。また、本年 4 月には道又真理博士が薬学研究科の助手として就任され、我々の研究室では、高血圧の疫学的研究及び降圧剤の臨床的評価研究、高血圧の原因遺伝子の解明、腎臓・脳疾患モデル等を用いた病態解明と薬物療法を中心に研究を行っており、その研究の一端を中枢研究が担っております。このように、臨床薬学分野は幅広い観点から、種々の疾患に対する病態解明と新規薬物療法を研究開発するユニークかつ新しい研究室であると言えると思います。

## おわりに

以上、当臨床薬学分野においてこれまで得られました知見の概要の一部を紹介させていただきました。今後は、分子生物学及び遺伝子学レベルでの解明を含めて、神経変性疾患に対する病態解明及び新規薬物療法の開発研究と言う難解な研究課題に対して微力ながら努力したいと考えております。

## 謝辞

本研究を遂行する上で、多大なるご指導・ご鞭撻を賜りました臨床薬学分野教授 今井 潤先生に厚く御礼申し上げます。また、本研究に際して、貴重なご意見・ご指導を賜りました医学系研究科大学院神経内科学分野教授 糸山泰人先生、医学部附属病院薬剤部長 水柿道直先生、医学系研究科神経病態制御学分野助教授 加藤宏之先生、医学部附属病院助手（薬学研究科 非常勤講師） 松

原光伸先生及び臨床薬学部分野助手 道又真理先生に心から御礼申し上げます。さらに、これまで我々の研究にご協力頂きました核薬学、核医学及びサイクロトロン RI センターの皆様にこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。最後に、私どもの研究紹介の機会を与えていただきましたサイクロトロン RI センター長 織原彦之丞先生に心から深謝申し上げます。

## 異原子内包フラーレンの可能性を探る

東北大学大学院理学研究科 附属原子核理学研究施設 大槻 勤

籠型炭素分子（フラーレン）は炭素の第三の安定な構造体として注目されているが、その中でも特に大量合成が可能なサッカーボール型の  $C_{60}$  分子やラグビーボール型の  $C_{70}$  分子に異種原子を内包させようとする実験的試みがある。フラーレンやナノチューブに異種元素を内包させることができれば、原子レベルでの有害物質の閉じ込めや安定な原子レベルのデバイス、生体などへの応用、新しい磁性や超電導の出現などの可能性が生まれる。しかし、残念ながら金属内包フラーレンの実験的な生成技術はまだ大量合成には至っていない。

これまでに異原子を内包したフラーレンやヘテロフラーレン、そして異原子がケージの外に結合したフラーレンなどの実験的あるいは理論的な研究が多く報告してきた。これらの化合物のほとんどはアーク法やレーザー蒸発法などの手法を用いて生成されたものであるが、すでに作られたフラーレンに後天的にドープする方法も考え出されてきている。 $C_{60}$  にアルカリ金属を後天的に内包させる実験的な試みは Wan 等により最初に報告された。彼らは、イオン衝突を用いて  $Li@C_{60}$  や  $Na@C_{60}$  が生成されるという実験的証拠を示した。その後、Saunders 等によって高温・高圧下において希ガス原子を  $C_{60}$  などのフラーレンに押し込む実験が報告されている。また中性子照射によって生成された放射性同位元素の  $\gamma$  線による原子の反跳を利用することも試みられているが、今まで実験手法やその結果についての報告は少ないと言わざるをえない。これらの背景から、我々は高エネルギー  $\gamma$  線や荷電粒子照射により物質中で直接異原子をフラーレンと衝突させる実験を試みたので紹介する。

高エネルギー  $\gamma$  線や荷電粒子による原子核反応は、その生成された不安定原子核から数 MeV の中性子や  $\gamma$  線放出を伴って崩壊するが、崩壊に伴い生成された放射性原子核は反跳を受ける。その反跳エネルギーは数百 keV にも及ぶが、これは原子間結合エネルギーよりもケタ違いに大きいエネルギーである。このエネルギーを利用して原子と分子（フラーレンケージ）の衝突を実現するものである。反跳された原子は強い衝突やイオン化などによりフラーレンの籠は破壊や放射線重合が起こり、不安定な化合物が生成されると考えられる。そして最終的にマトリックス（ターゲット）物質中で反応に適当なエネルギーまで減速し、衝突が起こる。このメカニズムでフラーレンへ放射性同位元素を内包することやヘテロフラーレンを合成ることが可能となる。照射の後、化学的に処理をすることによって、内包化やヘテロ化されたフラーレンを得ることができる。この方法は核的反跳法と呼ばれる。

$C_{60}$  などのフラーレンを最大エネルギー 30MeV 程度の制動放射線（ $\gamma$  線）で照射すると、ヒットされた炭素は  $^{12}C(\gamma, n)^{11}C$  のような核反応を起こして放射性の  $^{11}C$  が生成する。生成された  $^{11}C$  は 511keV の消滅放射線を放出して半減期 20 分で  $^{11}B$  に崩壊する。照射された試料をフィルターを通して後、高速液体クロマトグラフ装置（HPLC）を用いてフラーレンの溶出挙動を UV 検出器で、 $^{11}C$

の溶出挙動を BGO 放射線検出器で、それぞれ調べると両者の挙動はほぼ一致していることがわかった（図1）。これはフラーーゲン骨格に  $^{11}\text{C}$  が存在する  $^{11}\text{CC}_{59}$  の様な放射性フラーーゲンが生成されたと見なすことができる。放射性フラーーゲンの生成メカニズムを調べるために、ホウ素化合物を均一にフラーーゲンと混合し、 $12\text{MeV}$  の陽子で照射すると図1と同じクロマトグラムの結果が得られる。これは、フラーーゲンケージ外で  $^{11}\text{B}(\text{p},\text{n})^{11}\text{C}$  という核反応を引き起こし、反跳された  $^{11}\text{C}$  が試料中に適当なエネルギーまで減速されて、最終的にフラーーゲンを構成する1個の炭素と玉突き衝突をして置き変わることを示している。ここで特記すべきは、 $\text{C}_{60}$  の試料を  $\gamma$  線で照射した場合には、核反応で生成されたすべての  $^{11}\text{C}$  の量の 60%以上がフラーーゲンの骨格と置き変わっていること、また、かなりの確率で二量体化することである。これはフラーーゲンの構造に関係した耐久性や柔軟性を示しているのかもしれない[1]。また、フラーーゲンとさまざまな異種元素を混合した試料を放射化すると、元素の種類によっては放射性のヘテロフラーーゲンや放射性同位元素内包フラーーゲンが生成される。たとえば、臭素やヨウ素の化合物をフラーーゲンと混合した試料を  $16\text{MeV}$  の重陽子で照射すると、臭素やヨウ素は(d,2n)反応を引き起こして原子番号の一つ大きい放射性の同位元素（ここでは主に  $^{79}\text{Kr}$  や  $^{127}\text{Xe}$ ）が生成される。HPLC で分離された後、フラーーゲンの UV クロマトグラムと  $\gamma$  線による  $^{79}\text{Kr}$  や  $^{127}\text{Xe}$  のクロマトグラムを比較してみると、フラーーゲンと  $^{79}\text{Kr}$  や  $^{127}\text{Xe}$  は非常に似かよった挙動を示すことが分かった。希ガス元素は化学的に不活性であり、これはフラーーゲンケージ内に  $^{79}\text{Kr}$  や  $^{127}\text{Xe}$  が内包されたとを示唆している[2,3]。図2は、Kr や Xe のような大きな原子でも外から内包化が可能であることが示した分子動力学シミュレーションである。

図3は我々が実験的に調べた元素を周期律表の中で示したものである。§は核的反跳法を用いて挿入を試みた元素を示す。ここで興味深い事実は遷移元素等はフラーーゲン籠となじみが悪いが、As, Se, Sb, Te などはフラーーゲンと籠と非常になじみが良いことである。フラーーゲンとの異原子衝突過程で分かったことは、アルカリ金属などのイオン結合性の強い元素は容易にフラーーゲンケージを破壊してしまい内包化は難しいが、4B～6B 元素などの共有結合性の強い元素はフラーーゲンケージを壊すことなくフラーーゲンと結合（内包化あるいはヘテロ化）できる可能性があることである。周期律表のどの元素がフラーーゲンにドープ可能かは、イオン結合性か、共有結合性か、希ガス類であるかに強く依存するように思われる。ここでは電気陰性度の小さい元素及び大きい元素はフラーーゲンにはなじめないように思われる[4]。よって異原子がドープされたフラーーゲンの大量合成は領域4B～6B 元素から取り組むべきかもしれない。これらの元素は半導体材料などに多く使われている元素で今後の大量合成法の開発が待たれる物質もある。核反応や放射壊変の特徴を活かしたフラーーゲンの研究は始まったばかりで、たとえば今後フラーーゲンを生体機能物質として用いられるようになった場合に生体中での挙動を  $\gamma$  線でトレースするなど、応用面での発展を望むものである。

## 文献

[1] T. Ohtsuki, K. Masumoto, K. Sueki, K. Kobayashi, and K. Kikuchi,

J. Am. Chem. Soc., 117, 12869(1995).

- [2] T. Ohtsuki, K. Masumoto, K. Ohno, Y. Maruyama, Y. Kawazoe, K. Sueki, and K. Kikuchi, Phys. Rev. Lett. 77, 3522(1996).
- [3] T. Ohtsuki, K. Ohno, K. Shiga, Y. Kawazoe, Y. Maruyama, and K. Masumoto, Phys. Rev. Lett. 81, 967(1998).
- [4] T. Ohtsuki, K. Ohno, K. Shiga, Y. Kawazoe, Y. Maruyama, K. Masumoto, J. Chem. Phys. 112, 2834(2000).

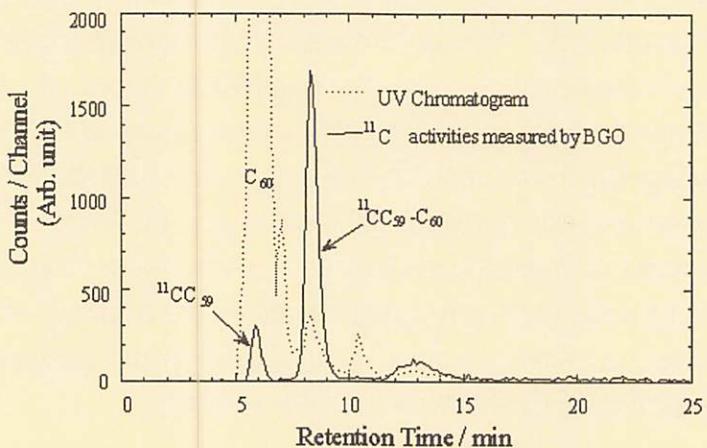


図1 <sup>11</sup>CでラベルされたC<sub>60</sub>のラジオクロマトグラム

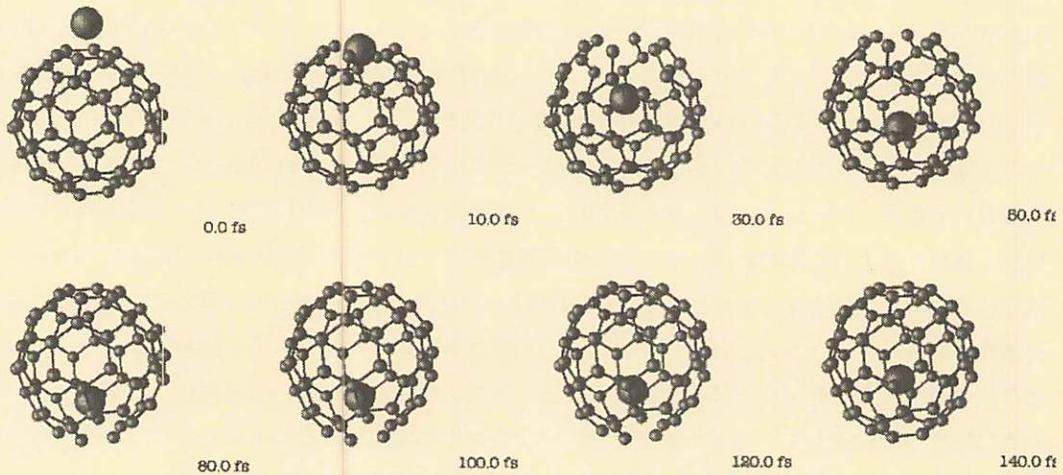


図2 <sup>127</sup>Xe原子が160eVでC<sub>60</sub>に衝突して内包される過程を示したシミュレーション  
140fs(フェムト秒)で内包が確認された。

図3 周期表中において核的反跳法により異原子挿入が試された元素(§)

共同利用実験  
第 22 回研究報告会プログラム

平成 13 年 12 月 10 日(月)

はじめに (9:30~9:40)

<< あいさつ >>

センター長 織原彦之丞  
利用者の会会長 阿部 勝憲

第 1 セッション 加速器・ビームライン (9:40~10:52)

座長 小林 俊雄 (理学研究科)

1-1 930 型サイクロトロンの現状

センター 藤田 正広

1-2 14.5GHz 全永久磁石型 ECR イオン源の開発とテスト運転状況

センター 山崎 明義

1-3 Big - IGISOL の開発

センター 園田 哲

1-4 同位体分離器用テープトランスポートシステムの開発

センター 大島 龍明

1-5 高速中性子飛行時間分析装置の整備

センター 伊藤 和也

1-6 高速中性子飛行時間分析装置用データ処理・データ解析ソフトウェア

センター 上森 高志

— 休憩 (10:52~11:00) —

第 2 セッション 検出器・工学 (11:00~12:00)

座長 前田 和茂 (理学研究科)

2-1 Low - Pressure MWPC の開発

理学研究科 大関 和貴

2-2 高速中性子飛行時間分析装置用中性子検出器の応答関数

センター 藤澤 宏明

2-3 (p,n),(d,n)反応による厚いターゲットからの放出中性子スペクトル

センター 青木 伯夫

2-4 p-Li 中性子による軽元素の放射化断面積と半導体メモリのソフトエラーの測定

工学研究科 照沼 和孝

2-5 透明導電膜と試作ダイオードの放射線損傷

東北工業大学・工学部 菊田 崇

— 昼 食 (12:00~13:00) —

第3セッション 核物理 (13:00~13:48)

座長 笠木 治郎太 (理学研究科)

3-1  $^{42,44,48}\text{Ca}(\text{p},\text{n})^{42,44,48}\text{Sc}$  反応における原子核のアイソスピントル起の研究

センター 鈴木 啓司

3-2  $^6\text{Li}(\text{p},\text{n})^6\text{Be}$  反応における原子核のアイソスピントル起の研究

センター 熊谷 和明

3-3 Cyric における In-beam  $\gamma$  Spectroscopy

九州大学・理学研究科 郷農 靖之

3-4 Sc(A=44m,46,47,48) の NMR-ON による磁気モーメント測定

新潟大学・理学部 大矢 進

— 休憩 (13:48~13:55) —

第4セッション 臨床医学 (1) 脳 (13:55~14:55)

座長 福士 審 (医学系研究科)

4-1 A PET study of episodic memory encoding

医学系研究科 藤井 俊勝

4-2 経頭蓋磁気刺激療法による脊髄小脳変性症の臨床症状変化と脳血流および脳糖代謝の検討

医学系研究科 津田 丈秀

4-3  $^{15}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$  PET を用いた自動車運転に関わる脳機能の解析

医療技術短期大学部 堀川 悅夫

4-4 大腸伸展刺激による局所脳血流の変化：内臓知覚および情動との相関について

医学系研究科 濱口 豊太

4-5 顔表情呈示時の alexithymia と対照群の局所脳血流量の違い

医学系研究科 鹿野 理子

4-6 かゆみの認知メカニズムに関する PET 研究

医学系研究科 望月 秀紀

— 休憩 (15:07~15:15) —

第5セッション 臨床医学・全身PET (15:15~16:27)

座長 岩谷 力 (医学系研究科)

5-1 進行・再発胃がんのFDG・PET像

医学部附属病院 吉岡 孝志

5-2 神経膠腫治療におけるメチオニン・ポジトロンエミッショントモグラフィーの有用性

医学部附属病院 隅部 俊宏

5-3 精巣腫瘍の組織型によるFDG集積の差異の検討

センター 萩沢 茂

5-4 心不全患者の運動耐容能と骨格筋糖代謝の関連の検討

医学部附属病院 大谷 宏紀

5-5 肺高血圧患者の心筋糖代謝の検討

医学系研究科 及川美奈子

5-6 持久的トレーニングが骨格筋および心筋の糖取り込みに与える影響

医学系研究科 藤本 敏彦

利用者の会総会 (16:30~17:15)

平成13年12月11日(火)

第6セッション PIXE (9:30~10:06)

座長 横田 聰 (農学研究科)

6-1 PIXEによる大気汚染監視システムの開発

工学研究所 杉原 謙

6-2 PIXEに基づいた河川水汚染監視システムの基礎開発

工学研究科 アマルタイバン

6-3 マイクロPIXEのための細胞試料の調整方法の開発

工学研究科 小森 祐嗣

6-4 高エネルギービームを用いた核融合炉材料の核変換ガス元素の挙動に関する研究

工学研究科 長谷川 晃

— 休憩 (10:06~10:12) —

第7セッション 化学 (10:12~11:00)

座長 工藤 博司 (理学研究科)

7-1 1コースを用いた重核の核化学的研究の準備状況

理学研究科 大槻 勤

7-2  $^{95m}\text{Tc}$  の調整とその利用

理学研究科 関根 勉

7-3  $^{82}\text{Sr}-^{82}\text{Rb}$  ジェネレーターの開発： $^{85}\text{Rb}(\text{p},\text{4n})^{82}\text{Sr}$  の励起関数の再測定

センター 井戸 達雄

7-4 BNCT を目的とする含ホウ素ニトロイミダゾール化合物の合成

センター 結城 雅弘

第8セッション 生物学・薬学(1) (11:00~11:48)

座長 谷内 一彦 (医学系研究科)

8-1 フッ素 18 標識マトリックスメタロプロテアーゼ阻害剤の開発

センター 古本 祥三

8-2 [ $^{11}\text{C}$ ]Donepezil の合成と臨床応用に向けた基礎的検討

センター 船木 善仁

8-3 Methamphetamine(MAP)逆耐性形成ラットにおける MAP 脳内集積性の変化

医学部附属病院 中川 直人

8-4 ラット唾液腺における  $^{18}\text{F}$ -FDG 集積

歯学研究科 藤原 幸也

—昼食 (11:48~13:00) —

第9セッション 生物学・薬学(2) (13:00~14:00)

座長 水柿 道直 (医学系研究科)

9-1 フェノールスルホトランスフェラーゼ, STIA 分子種の酵素学的解析

薬学研究科 本間 渉

9-2 パーキンソン病マウスモデルにおける病態解析－免疫組織学的検討

薬学部 村松 靖子

9-3 降圧剤の MPTP 誘発 Parkinson 病モデルマウスに対する検討

センター 田中 克幸

9-4 神経細胞膜のガングリオンド組成はアルツハイマー病初期過程の重要な因子である！

センター ヴァルデス・ゴンザレス・タニア

9-5 初老期のマウスにおける Nilvadipine の運動能改善作用の検討

センター 赤坂 恵

— 休憩 (14:00~14:05) —

第 10 セッション 医用工学 (14:05~15:05)

座長 伊藤 正敏 (センター)

10-1 「SQID」による脳磁波測定のためのアルミニウム簡易磁気シールドの開発

工学研究科 鈴木 敦郎

10-2 神経回路の数理モデルを用いた脳波スペクトルの解析法の開発

工学研究科 小沢 岳人

10-3 脳磁波と脳波の同時計数データ解析法の基礎研究

工学研究科 相川 潔

10-4 半導体検出器を用いた PET の開発

工学研究科 菊池 洋平

10-5 陽電子断層撮影装置の信頼性 (CTI:PT931/Φ4-12 の故障記録から)

センター 四月朔日聖一

— 休憩 (15:05~15:10) —

第 11 セッション 基礎医学 (1) PET 解析 (15:10~16:10)

座長 福田 寛 (加齢医学研究所)

11-1 フーリエ・リビニングアルゴリズムに基づく PET 画像再構成

工学研究科 大石 幸裕

11-2 SPM におけるテンプレートの違いによる解剖学的標準化の差異

センター 力丸 尚

11-3 40MBq FDG を用いた全身 PET の性能比較

センター 山口慶一郎

11-4 最軽度痴呆(CDR0.5)老人の大脳糖代謝

医学部附属病院 山口 智

11-5 アルツハイマー病患者の BPSD と PET 所見

医学系研究科 田中 康裕

— 休憩 (16:10~16:15) —

第12セッション 基礎医学(2) 動物実験 (16:15~17:05)

座長 山田 章吾 (医学系研究科)

12-1 FDG INTESTINAL UPTAKE – ARG & TISSUE DISTRIBUTION STUDY.

加齢医学研究所 アハマド・クレッシー

12-2  $[^{18}\text{F}]$ FRP-170 による低酸素腫瘍細胞と虚血心筋のイメージング

医学部附属病院 高井 良尋

12-3 オゾン注入法による抗腫瘍効果の判定

(財)環境化学技術研究所 本田 剛

12-4  $^{18}\text{F}$ -FDG および  $^{18}\text{F}$ -FDAG を用いた腫瘍 PET の試み

(財)環境化学技術研究所 本田 剛

まとめ (17:05~17:10)

課題採択専門委員長 中村 尚司 (工学研究科)

## 930型, HM12型サイクロトロンの現状

センター 藤田 正広, 篠塚 勉

2000年3月のファーストビーム加速に成功してから、早いもので1年半が経過しました。共同利用も再開されて、様々なユーザーにビームを提供できるようになりました。本稿では、この1年半の間に行なわれてきた開発の現状とこれから予定されている計画について報告します。

930型サイクロトロンに更新されたことによる利点の一つとして、外部イオン源を利用することができますようになった点が挙げられます。これまでの旧 680型サイクロトロンでは内部イオン源を使用していたため、生成できるイオンの種類には大きな制限がありました。930型ではその制限が無くなつた為、イオン源の開発次第で様々なイオンビームを加速することが可能となっています。特に、最近の ECR(電子サイクロトロン共鳴)型イオン源の進歩によって、陽子・ヘリウムのような軽イオンからアルゴン・キセノンのような重イオンまで様々なイオンを生成することが可能となっています。本センターでも ECR型イオン源の第一号機として、高性能永久磁石を使用したコンパクトな ECR型イオン源を設計・製作しました。これまでのところ、この新イオン源から供給された炭素イオンなどの重イオンビームが、共同利用で利用されています。現在も、アルゴンの多価イオンの生成を目指した調整が続けられています。来年度以降はさらに大型の ECR型イオン源を製作して、キセノンまでの重イオンの生成を目指したいと考えています。また、今年度後半からは負イオン源の調整・運転も始める予定です。この負イオン源から供給される、負水素イオンや負重水素イオンを利用して、本サイクロトロンの目玉である”負イオン加速”的試験を行なう予定です。また、イオン源から取り出されたイオンビームを、ロスすることなくサイクロトロンに入射するためのビームラインの調整も進んでいます。現状では、イオン源から引き出されたビームのうち約5%がインフレクター電極を通過して、サイクロトロン内部で加速されるところまで調整が進みました。今後、入射ライン上にビームバンチャーと呼ばれる装置を設置することによってさらに輸送効率を上げる努力をしていく予定です。新サイクロトロンで計画されていたビームのタイムシェアリング化は振り替え電磁石用の交流電源の調整、入射系でのビームチョッパー増設作業も終了し、平成14年初頭からテスト実験を行います。順調に調整が進めば、同時に3つのコースでの実験が進められることになり、より効率的なビーム利用が可能になると期待されます。

サイクロトロン本体に関しては、予想以上に順調に稼動しています。最大加速エネルギーは、陽子の場合で 90 MeV、ヘリウムで 110 MeVですが、現状では陽子 70 MeVまでの加速に成功しています。これ以上のエネルギーに加速する際には、加速電極や引出し電極での放電が大きな問題となるため、充分なエイジング(慣らし運転)が必要となります。現在は、このエイジング作業の最中ですが、近いうちに最大エネルギーでの加速試験を行なえるように調整を進めています。

サイクロトロン本体・入射系・BT系などの制御系も、順調に稼動しています。当初の目的である、全ての機器において PLC を利用した計算機制御を行なうという点は達成されました。今後は扱い易さを念頭に入れた改良を行なっていく予定です。現状では、マウス・キーボードを使用しているため、マルチパラメーターを同時に制御することができません。ビーム輸送の際などには、いくつか

のマグネットの電流値を同時に制御できた方が調整しやすいため、この目的に合った多点入力デバイスの開発を進めています。

このように、イオン源・入射系・サイクロトロン本体・制御系において、各々順調に作業が進んでいます。今後、負イオン加速や最大エネルギーでの加速試験など様々な調整・試験が行なわれていく予定です。

RI 製造専用として利用されている HM12 型サイクロトロンも順調に稼動しております。イオン源の改造、RF 系の真空管交換、制御系の改良など、日常業務の間を縫った改良も行われ、安定した運転が行われています。

## 新しい機器の紹介

### 放射線標準照射装置の利用について

センター 山寺 亮

#### 1. はじめに

CYRIC センターニュース No.30 p.17 に紹介した「 $\gamma$ 線の放射線標準照射装置」が使えるようになりましたので、サーベイメータや個人被曝線量計の校正にご利用下さい。

#### 2. 装置の概要

密封線源 4 個を内蔵し、遠隔操作で線源を出し入れできるガンマ線照射装置と標準電離箱となる標準照射装置一式で、RI 棟のホットラボに置かれています。

線源は  $^{60}\text{Co}$ , 1.48 GBq, 185 MBq と,  $^{137}\text{Cs}$ , 3.7 GBq, 111 MBq の 4 線源で、遠隔操作でホットラボの中央部に引き出され、 $4\pi$  方向に照射ができます。線源格納容器は鉛の厚さで 10 cm 以上あり、 $^{60}\text{Co}$  の  $\gamma$  線を 1/250 に遮蔽する能力があります。照射線量は高精度線量計 RAMTEC1000 (A6 型検出器、容積 80 cc) で校正します。この線量計は放射線計測協会で校正した 2 次基準測定器であり、これと比較測定した測定器は実用基準測定器に当たります。校正範囲は  $^{60}\text{Co}$  線源を使用した時には  $6 \mu\text{Sv}/\text{h} \sim 1.8 \text{ mSv}/\text{h}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  線源の場合には、 $1.2 \mu\text{Sv}/\text{h} \sim 1.4 \text{ mSv}/\text{h}$  です。

サーベイメータは 1 回の照射で 1 台、ドーズミニは 10 台まで可能です。他のタイプの個人線量計は現在照射架台が用意されていないので、どうするかは現場で考えます。

#### 3. 装置使用の条件

装置の運転もやっていただきますので、原則として CYRIC の有資格者になっていることが必要です。ただし、有資格者でなくとも測定器の台数が少なく校正の時期を選ばない場合には、当方でまとめて校正することも考えています。相談に応じますのでご連絡下さい。

#### 4. 校正実験日

原則としてホットラボは毎週火曜日と木曜日はサイクロトロンの共同利用のため使えませんので、それ以外の日になります。

#### 5. 連絡先

校正を行う測定器の型番と台数、校正希望日、有資格者かどうか等を書いて、Fax または E-mail で下記の連絡先までお願いします。

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター、放射線管理研究部、山寺 亮

Fax. 217-7809

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

## 共同利用の状況

RI 棟部局別共同利用申込件数

(平成 13 年 4 月 1 日～9 月 30 日)

CYRIC	医学部 (病院)	歯学部	薬学部	合 計
5	4	1	5	15

サイクロトロン部局別共同利用実験課題申込件数

(平成 13 年 4 月 1 日～9 月 30 日)

CYRIC	医学部 (病院)	歯学部	理学部	工学部	農学部	加齢研	その他	合 計
41	85	2	10	25	2	14	2	181

## センターからのお知らせ

### 「放射線と RI の安全取扱いに関する全学講習会」

- ・ 第 51 回基礎コース：平成 13 年 11 月 5 日(月)～14 日(水)

講義：CYRIC 講義室 11 月 5 日(月), 6 日(火)の内いずれか 1 日

実習：CYRIC RI 棟 11 月 12(月), 13 日(火), 14 日(水) の内いずれか 1 日

講義場所：サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター 講義室

### 時間割

日 時	講 義 内 容	講 師
11 月 5 日(月)		
9:00～10:30	放射線の安全取扱(1) 「物理計測」	CYRIC 馬場 譲
10:40～11:40	放射線の安全取扱(2) 「RI の化学」	理学部 関根 勉
12:40～14:10	放射線取扱に関する法令	工学部 中村 尚司
14:20～15:20	人体に対する放射線の影響	医学部 山本 政彦
15:30～17:00	放射線の安全取扱(3)	CYRIC 山寺 亮
17:00～17:20	小テスト	

日 時	講 義 内 容		講 師
11月6日(火)			
9:00～10:30	放射線取扱に関する法令	工学部	中村 尚司
10:40～12:10	放射線の安全取扱(1) 「物理計測」	CYRIC	馬場 譲
13:10～14:10	放射線の安全取扱(2) 「RIの化学」	理学部	関根 勉
14:20～15:20	人体に対する放射線の影響	医学部	山本 政彦
15:30～17:00	放射線の安全取扱(3)	CYRIC	山寺 亮
17:00～17:20	小テスト		

・ 第 14 回 SOR(放射光)コース：基礎コースの講義のみ

・ 第 37 回 X 線コース：CYRIC 講義室 11月 7 日(水)

講義場所：サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター 講義室

時間割

日 時	講 義 内 容		講 師
11月7日(水)			
9:00～10:30	X 線装置の安全取扱い	医療短大	小原 春雄
10:40～11:10	X 線関係法令	CYRIC	山寺 亮
11:20～12:00	安全取扱いに関するビデオ	CYRIC	宮田 孝元

[運営委員会報告]

第 162 回 (平成 13 年 9 月 3 日)

- ・ 科学技術週間に際し、センターの一般公開の報告。
- ・ 国立大学アイソトープセンター長会議の報告。
- ・ 第 90 回共同利用の課題採択を承認。
- ・ 第 90 回共同利用から 930 型サイクロトロンの共同利用が開始。
- ・ R I 棟共同利用経費による線源昇降装置と標準線源の整備報告。
- ・ P E T 931 装置の経年変化による故障多発の報告。
- ・ 平成 12 年度決算を承認
- ・ 平成 13 年度予算を承認。
- ・ センター規定の一部を改定
- ・ フィンレイ研究所（キューバ）との部局間学術協定の締結。
- ・ 外国人研究者 2 名の受け入れを承認。
- ・ 教官の外国出張 8 件を承認。
- ・ リサーチアシスタント 1 名の採用を承認。

## R I 管理メモ

### 1. 自主点検

自主点検平成13年度第1回目の自主点検を9月18日～21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13年度第2回目の放射線業務従事者特別定期健康診断を10月1日に行いました。問診は全員に対して行い、検診は14名が受診しましたが全員異常なしでした。

## 研究交流

新しくセンターにこられた共同研究者を紹介します。

氏　　名　　TARKANY,Ferenc  
出　身　地　　ハンガリー  
所　属　機　関　　ハンガリー科学アカデミー原子核研究所  
研　究　題　目　　サイクロトロンの医学利用に関する研究  
受　入　教　官　　井戸達雄教授  
研　究　機　関　　平成13年5月8日～5月28日

氏　　名　　Varga,Jozsef  
出　身　地　　ハンガリー  
所　属　機　関　　デブレツエン大学  
研　究　題　目　　脳機能画像の統計的画像再構成法アルゴリズムの最適化に関する研究  
受　入　教　官　　伊藤正敏教授  
研　究　機　関　　平成13年10月23日～11月12日

## 分野別相談窓口(ダイヤルイン)

理	工	系：	篠塚 勉	217-7793	FAX 217-7997
ライフサイエンス	I	系：	井戸 達雄	217-7797	FAX 217-3485
R	I	系：	馬場 護	217-7909	FAX 217-7809
事	務	室：	専門職員	3479	FAX 217-7997
R	I	棟 管 理	室：	宮田 孝元	4399 FAX 217-7809

### [人事異動]

下記の職員の異動がありました。

発令年月日	官職	氏名	異動内容
13.11.16	非常勤研究員	伊藤和也	辞職

## C Y R I C 百科

<p>原子核は自然界で天然に水素からウランまで約 300 種存在します。しかし、今日では実験技術の発展により、2000 を越える原子核の存在が明らかになっています。この原子核の存在領域の拡大を通じて、原子核の非常に多様な姿を見る事ができるようになりました。従来は既知とされていた原子核の性質に関する常識が覆され、新しい現象も発見されています。そのうちの一つが中性子ハローです。原子核は陽子と中性子でできており、天然の軽い原子核はほぼ同じ数の陽子と中性子からなっています。ところが最近、人工的に中性子が陽子よりもたくさん存在する原子核をつくれるようになりました。こうしてつくられた原子核は天然に存在する原子核とは違った性質を示します。中性子が多くなりすぎて中性子が原子核からはみ出し、原子核のまわりを雲のようにまとわりつきます。「宇宙誕生から長年の間に亘って生成された元素が、このように中性子をたくさん吸った原子核を媒介にして作られていったかもしれない？」ミステリーはまだまだ続いています。</p>	<p>一般的にドーピングという言葉はスポーツ競技における不正な薬物使用のこととして認知されています。初期のドーピングには麻薬・興奮剤が使用されていましたが、1960 年代から筋肉増強剤である蛋白同化ステロイドが使われはじめ、それも合成ステロイドから天然ホルモンの使用へと進歩しています。その結果、現在では化学合成した薬物ばかりではなく、生体に元来存在する天然物質もドーピング行為の禁止対象に含まれるようになっています。</p> <p>一方、半導体製造の場面では結晶に少量の不純物(キャリヤー)を添加することに対して、ドーピングという言葉を使います。不純物の種類とその量を変えることにより、半導体の性質を制御することができます。ドーピングには合金法、拡散法および加速器を利用したイオン注入法が用いられます。また、白川英樹博士が導電性プラスチックの研究で今年のノーベル化学賞を受賞しましたが、この研究ではポリアセチレンにヨウ素をドーピングすることにより、導電性の制御を実現しています。</p>
--	--

中性子ハロー	ドーピング	太陽風		
人間や家畜の体内に存在するたんぱく質の一種です。正常のプリオントのアミノ酸のらせん構造が原因不明の何らかの理由で $\beta$ シート構造に変化したものを異常プリオントと呼び、これが様々な脳疾患を引き起こすと考えられています。異常プリオントは、主に脳、目、脊髄に蓄積し、正常なプリオントを次々に異常型に変えて雪ダルマ式に増殖して脳機能を障害します。異常プリオントが病原体となって脳をスponジ状にするプリオント病には、狂牛病、羊のスクレイパー、人間の痴呆症の一種であるクロイツフェルト・ヤコブ病、アフリカ風土病のクルーなどがあります。主に脳・脊髄・神経を食べることによって感染しますが、感染に時間がかかり種の壁を超えないといわれていました。発症年齢が若い新型クロイツフェルト・ヤコブ病は、牛の異常プリオントが引き起こす狂牛病が、種を超えて 100 名以上の人間（主にヨーロッパ）に急速に感染して多くの社会問題を引き起こしています。これに関係してヨーロッパ長期滞在者は献血することができません。クロイツフェルト・ヤコブ病の PET 研究も報告されています。	プリオント	太陽風	太陽風	
			1958 年パーカーによって理論的に予測され、1962 年にマリーナ 2 号の直接観測によって確認されました。また、アボロが持ち帰った月の岩石の表面に太陽起源と考えられる粒子が観測されており、太陽風によって打ち込まれたものと考えられています。	

## 編 集 後 記

昨年の白川英樹博士のノーベル化学賞受賞に引き続き、本年度は野依良治博士がノーベル化学賞を受賞されました。ノーベル賞というと、なんとなく日本人には縁遠い感じがしていましたが、これからはますます日本人の受賞者も増えていくことでしょう。日々、センターで行なわれている研究の中からも、近い将来世界を驚かせるような成果が出てくるかも知れません。

今年はこんな明るいニュースがあったと思えば、先日残念なニュースも飛び込んできました。日本が世界に誇るニュートリノ検出器である「スーパーカミオカンデ」が、光電子増倍管の大量破損事故の影響で当分の間実験中断を余儀なくされてしまいました。「ニュートリノの質量は存在するか?」という大問題の答えは、実験再開後のお楽しみとなってしまいました。個人的には質量があった方がいろいろ面白いと思っていますが、実際はどうなのでしょうか。一日も早い復旧が望まれています。

(M.F. 記)

### 広 報 委 員

篠	塚	勉	(CYRIC)
馬	場	護	(CYRIC)
井	戸	達	雄
谷	内	一	彦
高	山		(医学系研究科)
田	村	努	(理学研究科)
山	口	裕	(理学研究科)
寺	川	慶	和
船	木	一	郎
藤	田	貴	(CYRIC)
三	宅	善	(CYRIC)
水	戸	正	仁
遠	部	正	(CYRIC)
	藤	幸	廣
		み	(CYRIC)
		つ	泰
		子	(CYRIC)



CYRIC ニュース No. 31 2001年11月30日発行

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉  
東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

TEL 022 (217) 7800 (代表)

FAX 022 (217) 7997 (サイクロ棟)

022 (217) 7809 (R1棟)

022 (217) 3485 (研究棟図書室)

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

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