

## 第2回 放射線生物学日仏ワークショップ



2月2～6日にパリの南にあるフランス原子力庁（GEA）フォントネオローズ研究所において第2回放射線生物学日仏ワークショップが開催された。本ワークショップは、放射線医学総合研究所とGEAライフサイエンス研究部門との覚書に基づく研究交流会であり、第1回目は一昨年9月に放医研で行った。今回は科学技術庁科学技術振興調整費、国際共同研究総合推進制度における国際ワークショップ開催課題に採用されて、放医研からの13名の研究者に加えて、嶋昭紘東京大学教授、田ノ岡宏国立ガンセンター研究所前部長が参加できた。また、当初からこの日仏研究交流会に関わってこられた青木芳朗原子力安全委員と在仏日本大使館の加藤善一書記官も参加された。フランス側からは事前登録されていた29名のGEAライフサイエンス研究部門の研究者に加えて、約60名の研究者が自由参加し、フランス側の本ワークショップに対する関心の高さが感じられた。



今回は各々の機関の研究体制の紹介後、放射線毒物学－放射線病理学、遺伝影響－細胞影響、画像化、植物、線量推定－細胞遺伝学－粒子線、総合討論と総括というセッションで40題に及ぶ学術成果の報告と討論を行った。また、各自の研究テーマに応じた研究者間交流及び研究室訪問を実施して、双方の研究の最新情報を交換し合うと同時に親睦を深めることができた。研究室訪問では小人数に別れてGEAフォントネオローズ研究所、GEAブルエールルシャテル研究所、GEAオルセー研究所、パリのキュリー研究所、パリのがん研究所、等の研究室を訪問し、セミナーや討論を行った。前回のワークショップに比べて発表数も増えたが、内容的にも討論と発言の数が

非常に増え、第1回をふまえて相互の理解が進んできていることが明らかに認められ、継続性のあるワークショップであるがゆえの積み重ねられていく成果があった。本ワークショップの成果は「The Second Japan-France Workshop on Radiobiology and Isotopic Imaging」(ISBN: 2-7272-0193-1)という公式出版物としてフランスで出版された。

今回は研究分野としてはかなりテーマを絞り、イメージングと遺伝子発現を中心課題とし、ヨーロッパ、米国などの研究機関も加えてより大きな放射線生物学の国際ワークショップを数年以内に放医研で開催することが提案されている。また、両研究機関の研究者の長期交換訪問を実施してさらに密度の濃い研究交流を実施することが提案され、その実現に向けて今後協議を進めることになった。

ご援助頂いた科学技術庁、仏CEA、JISTEC、在日フランス大使館、在仏日本大使館、パリ日本文化会館及び放医研の関係者各位に感謝します。

(企画運営委員長 早田 勇)

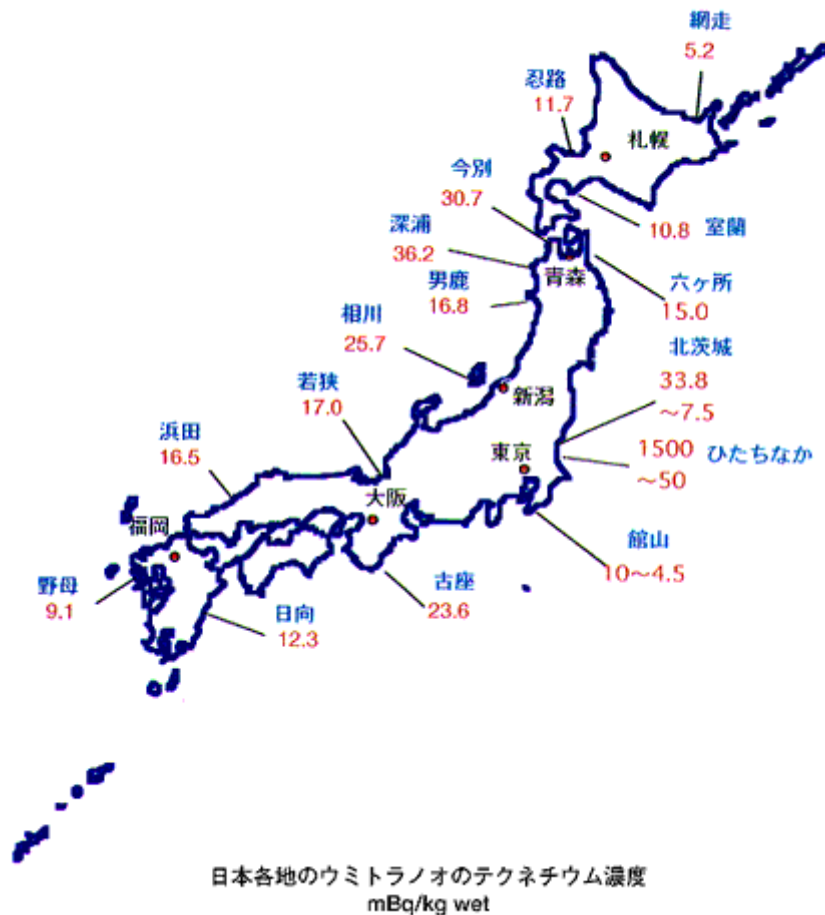
## 海藻とテクネチウム

テクネチウムは全ての同位体が放射性の元素であり、周期律表には原子量が記載されてなく通常は一番長い半減期の同位体の質量数98が代わりに載っている。

1937年にイタリアの科学者セグレが人工的に作り新元素として確認されて以来、ウランの核分裂により比較的大きな割合で生成することが知られた。その後、主に米ソの核実験により他の核分裂生成物と共に地球上で広く存在するようになり、また、原子力の平和利用が進み使用済み核燃料の再処理の廃液として放出されるため、地域により濃度が異なることも知られるようになった。約30の同位体がこれまでに知られているが、その多くは短寿命であり、質量数97、98及び99が長寿命でそれぞれ、 $2.6 \times 10^6$ 、 $4.2 \times 10^6$ 及び $2.1 \times 10^5$ 年の半減期である。この中でも99の質量数の同位体はウランあるいはプルトニウムの核分裂により高い収率で生成するため、テクネチウムと言う場合にはこのテクネチウム-99を指すことが多い。

この元素の性質についてはその発見以来多くの人々により研究され、いろいろなことがわかってきた。その中でも重要なことは水によく溶けて存在し、地上に降ったものも雨で洗い流されて河川水に入り、最終的には海に集まると予想されている。そして、海藻に高い濃度で濃縮されることが知られてきた。日本人は海藻を食品として多く消費するので、それらに含まれる量を知ることが重要になる。また、日本の各地から集めた試料中の濃度を測定することにより地域差を知ることができる。

海藻の中でも褐藻類に高い濃度で濃縮され、ヒジキでは海水の約5,000倍、アラメでは2,000倍、また食用にはならないがウミトラノオやヒバマタ等は1万から3万倍のテクネチウムを含有するが、現在の海水中のテクネチウムの濃度が低いので人体に及ぼす影響はほとんど無い。しかしながら、将来このテクネチウムが海洋に今より更に増加することも考えられるので、我々は日本各地からウミトラノオを採集して濃度を測定し、その分布を調査した。



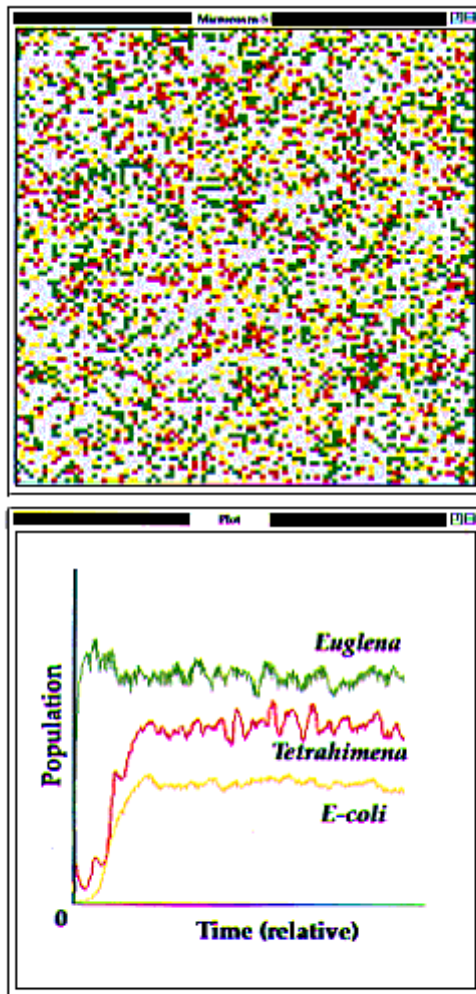
ウミトラノオはホンダワラの類で九州から北海道まで日本各地の岩礁の有る海岸に生育しており、成長すると1m以上になる海藻である。日本地図に各地のウミトラノオのテクネチウム濃度を記入してある。単位はmBq/kg wetである。これを見ると多少の変動があるものの大きな差ではない。日本海側の青森県で高く千葉県南房総で低い傾向がみられた。これは日本海が陸地に囲まれた内海であるため、陸地に降ったものが集められて濃度が高くなったと考えられる。茨城県ひたちなか市の海岸ではこれより少し高い濃度が観察されており、1,500mBq/kg wetに達した時期もある。ヒジキの濃度はウミトラノオの2分の1くらいであるから、この時には7~800mBq/kg wetのテクネチウムを含有していたと思われるが、それでも通常の食事を取っている人々に与える線量は無視できる。

(那珂湊放射生態学研究センター 平野 茂樹)

## 環境生態系（エコ・システム）の コンピュータ・シミュレーション

科学技術の発展は、物質的に恵まれた豊かな生活水準をわれわれにもたらしたが、その発展に伴って環境中に放出された様々な物質のいくつかは、環境汚染（大気汚染、水質汚濁など）の原因となり、直接に人間の健康を脅かす「負のフィードバック」となった。しかし、近年では、温室効果ガスとしての二酸化炭素などのように、それ自身には化学的・生物学的な毒性がなくても、過度に環境中に放出されることによって、環境のもつ自己制御機構に直接・間接に作用し、環境そのものをつくり変える機能をもった物質に、大きな関心が集まっている。われわれ人間は、自ら生を受け、資源を消費し、子どもを産み育て、やがて死んでいくプロセスにおいて、ささやかな豊かさを享受することを願っている。それは、個々人のレベルにおいてはささやかなものであるが、人間活動全体を総じてみれば、様々な形で地球環境に負荷（因果）を与え、環境を徐々に作りかえてしまうことにより、環境生態系（エコ・システム）を構成するすべての生物種に影響を及ぼすことがある。われわれ自身もまた、システムを構成する生物種の一つとしてその影響（応報）を受けることになる。

このように、「環境生態系（エコ・システム）は、環境と生物との相互作用によって自己組織化された非線形システム（フォン・ベルタランフィ、1949年）」であり、これらを数学的に解くことは困難であった。しかし、近年のコンピュータを用いた数値解析法や、確率論的な計算機シミュレーション法の発展により、非線形システムについても定量的に解析できるようになってきた。本研究でも、環境生態系コンピュータ・シミュレーションの開発をめざして研究をすすめている。



制御実験生態系シミュレーション出力  
 (上：グラフィック・ウインドウ)  
 (下：プロット・ウインドウ)

上図は、セル・オートマトン理論に基づいて開発している制御実験生態系シミュレータのグラフィック・ウインドウである。モデルにしているのは、生産者として *Euglena*、消費者として *Tetrahimena*、分解者として *E-coli* の 3 種類の微生物で構成された水系制御実験生態系（川端マイクロコズム）を用いた環境負荷実験である（第 4 研究グループ・府馬、武田、宮本他）。X-Y 軸に、それぞれ 101（-50 から +50）セル、ぜんぶで 10,201 セル（正方形）が「仮想環境」として定義され、各セルに含まれる栄養分と老廃物の量が示される。個々のセルの上で、*Euglena*（緑色）、*Tetrahimena*（赤色）、*E-coli*（黄色）のそれぞれの個体は、・「親から継承した」寿命をもち、・ランダムにセルを移動してエネルギーを消費し、・セル（環境）から栄養を捕食し、・セル（環境）に老廃物を排出し、・加齢し、・蓄えたエネルギーがしきい値に達した個体は繁殖し、・寿命が尽きたときとエネルギーを失ったときに各個体は死骸として各セル（環境）に固定されるのである。特に *Euglena* は、光合成によりエネルギーを得ることができ、*E-coli* は、各セル（環境）の老廃物や死骸を分解して栄養に変えてエネルギーを得ることができる。これがゲームのルールである。

下図は、各パラメータを任意に設定して、生態系シミュレータを稼働し、各生物種の総個体数の変動を調べたものである。各生物種は、確率論的なゆらぎをもちながら、動的な定常状態を示しているが、一部のパラメータを変えることにより、不安定になることがわかってきた。今後、さらに高度化をめざして開発をすすめていきたい。

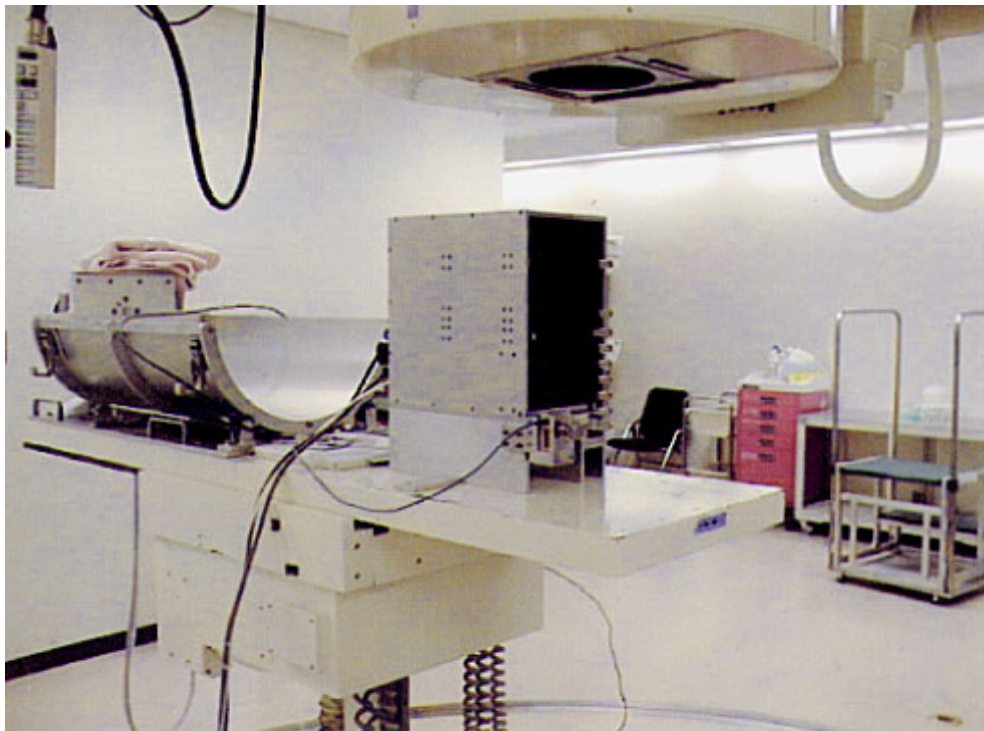
(第4研究グループ 土居 雅広)

HIMAC news

## HIMAC照射系の線量測定

HIMACには3つの治療室があります。それぞれA室は垂直専用、B室は水平／垂直共用、C室は水平専用となっています。シンクロトロンは上下リングが2つありますので、同時に2部屋にビームを導入して治療及び各種測定等を行うことができます。現在のところ、治療は炭素ビーム（各290、350、400MeV/uの3つのエネルギーを使用、290MeV/uは垂直・水平、350MeV/uは垂直、400MeV/uは水平での使用）にて行っています。照射系では治療計画に基づいた正確な照射線量の確保のために線量率（Gy/Count）の測定・算出、ビーム飛程距離の確認、SOBP（拡大ブラックピーク）レンジの確認を各部屋及びエネルギー毎に行っています。

線量測定には標準線量測定や新患測定（新規患者さん毎の治療データに基づいた事前の測定で5回測定とSOBP測定がある）等がありますが、少しでも多くの治療がスムーズにできるように朝8時30分より治療各室にて測定準備を行い、まず標準測定を行っています。この測定時間は1ポート当たり約30分で、測定結果の確認も含め9時10分頃には1ポート終了します。当日のスケジュールにもよりますが1室は9時15分頃より治療が可能な状態に、そして10時前には全ての部屋で治療ができるように準備しております。（A、C室はビームラインが1本、B室は2本のためB室は2回線量測定を行う必要があるためこの差が生じます）



A治療室内にて垂直ビームの線量測定準備が完了したときの状態。  
上方は垂直ビーム照射口、その直下アイソセンター上に指頭型線量計がバイナリーフィルターと共にセットされている。

ここで線量測定について少し詳細に説明します。照射系で行っている線量測定は毎



日ビームエネルギー切り替え毎に行っており、標準線量計（指頭型で各治療室毎用意されている）と9種類の厚みのアクリルを持つバイナリーフィルターを用いてビームの深さ方向の線量分布を測定します。測定ポイントはアイソセンターに標準線量計、その手前にバイナリーフィルターを設置します。この測定ではビームライン機器はエネルギー毎に定めた標準設定で使用します。測定するデータはアイソセンターでの線量率（Gy/モニタCount）3回の平均値とSOBPグラフ、正モニター、SEM（2次電子型モニター）、X-SHIFT（ビームエネルギーの変化量、水等価厚で表しているの単位はmmで表示）のトレンドグラフでその結果は放射線技師によって最終確認を行ってまいります。

その他治療の合間や終了後に新患測定を放射線技師の指示に従い、治療スケジュールに合わせて効率よく行うように努めています。

（加速器エンジニアリング（株） 武石 泰夫）



## 細胞増殖因子のバイオロジー

宮園浩平 著 羊土社発行 定価1,900円



本書は、まえがきに刊行の趣旨がわかりやすく紹介されているように、本格的に細胞生物学の研究を行っている者にとってはもの足りないかも知れない。しかし、初心者にとっては細胞増殖因子の発見にいたる歴史的背景、研究の発展及び展開といったことが把握でき本格的の研究に取り組んで行く際のよいガイドとなるであろう。

また、ちょっとしたきっかけが大発見につながるエピソードなど大変興味深く読むことができる。

内容は5章からなり、1.細胞増殖因子とは何か。増殖因子がどのようにして、発見され注目を浴びるようになっていったかを、動脈硬化やがん遺伝子を例にあげて述べている。2.増殖因子のプロフィール—具体的にいくつかの増殖因子についてより詳しく説明されている。（増殖因子の先駆け：EGF、血小板より得られた増殖因子：PDGF、インスリン様増殖因子：IGF、内皮細胞の増殖因子：FGF、増殖抑制因子とし

てのTGF- $\beta$ )。3. 動物の形態を決定する増殖因子—動物の形態形成に調節因子として深く関わるTGF- $\beta$  (心臓形成)、PDGF (神経)、FGF, PD-ECGF (血管新生)、BMP (骨の形成) について。4. ヒトの病気と増殖因子。5. 臨床への応用に向けて—血管、肝臓、エイズ、損傷修復と増殖因子の関係から、どのように治療に役立てていくか。

以上基礎研究から臨床応用まで幅広く取り上げられている。細胞生物学、発生学に関連した研究に携わろうとする者に読んで欲しい本である。

(第3研究グループ 大平 知佐)



## 画像診断技術の高度化と疾病の 早期診断、病態生理の解明に取り組む

### 高度診断機能研究ステーション

当ステーションは平成8年度の組織改革によって、画像診断学部門が集約されたものであり、伝統あるポジトロン断層撮影（PET）を始めとしてシングルフォトン断層撮影（SPECT）、X線CT、磁気共鳴撮影（MRI）などの診断技術の高度化を図ることと、これらによる疾病の早期診断や病態生理の解明を主たる研究目的として活動している。ステーションは3つのユニットにより構成され、放射性薬剤の合成と製造、計測技術開発、PET維持管理、新規放射性薬剤の開発、生体機能測定法の開発、そしてそれらによる臨床利用法の開発を目指して、各ユニットが連携を図りながら高度診断機能研究を進めている。このように多岐にわたる研究をすべて紹介することは不可能であるので、現在、放医研でも力を入れつつある脳科学研究と密接に関係した神経伝達機能のPETによる画像診断の試みを略述する。

今後、日本でも大きな社会問題になるであろうアルツハイマー型痴呆では、古くより脳内ムスカリン様コリン作動性ニューロンの関わりが論議され、この神経受容体を画像化する種々の放射性薬剤が開発され、PETやSPECTにより検討されてきたが、病態解明には程遠い状況であった。しかし、放医研では神経受容体そのものの画像化を試みるのではなく、神経伝達物質であるアセチルコリンの分解酵素である脳内アセチルコリンエステラーゼ（AChE）の活性が低下していることに着目して、アセチルコリンの類似物質を炭素-11で標識した [C-11] MP4Aを開発して、世界に先駆けてヒト脳においてアセチルコリン活性の分布をPET画像として表すことに成功した（図1）。

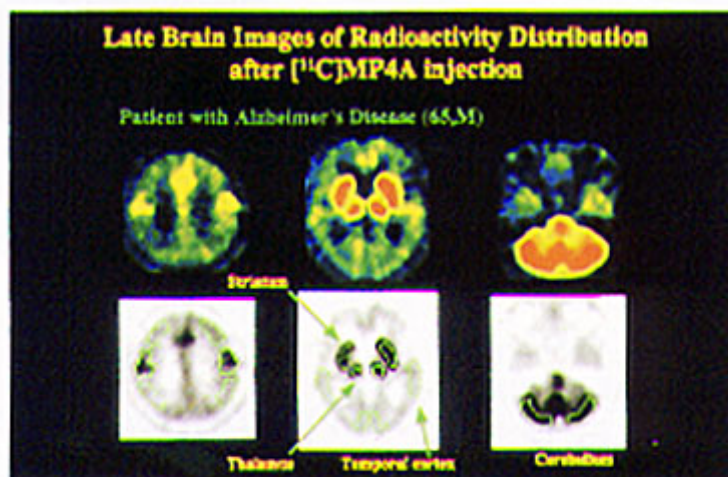


図1 アルツハイマー病患者における  
脳内アセチルコリンエステラーゼ活性を表すPET画像（詳細は本文参照）

この放射性薬剤を用いたアルツハイマー型痴呆症例における検討では、正常者と比較して大脳皮質全体でAChE活性が低下していることが判明した。今後、さらなるアルツハイマー型痴呆の病態解明や、治療薬の選択など臨床利用が大いに期待されるトレーサーと思われる。

一方、精神病の中で大きなウエートを占める精神分裂病では、脳内ドーパミンの神経伝達機能異常が存在することが知られているが、異常の詳細については不明な点が多かった。そこで、ドーパミン受容体の5つのサブタイプの内、D1受容体に着目して、この受容体に選択的に結合する炭素-11標識放射性薬剤である [C-11] SCH23390を製造合成して、精神分裂病患者においてPET画像により正常者と比較検討したところ、線条体では変化を認めなかったものの、前頭葉ではD1受容体の結合能が明らかに低下していることが示された（図2）。

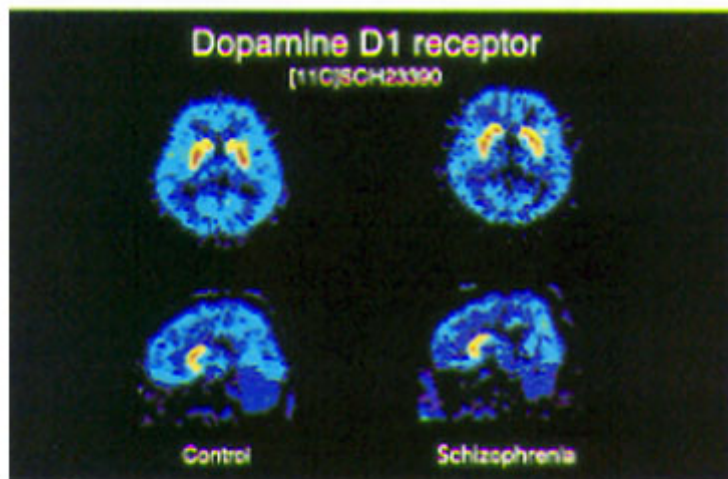


図2 正常者と精神分裂病患者における脳内ドーパミンD1受容体分布を表すPET画像（詳細は本文参照）。

しかも、この低下の程度は治療効果の期待しにくい無気力、無表情、寡黙などの陰性症状や認知機能異常の程度と相関していることが初めて示された。これらの知見は精神分裂病の陰性症状の治療としてドーパミンD1受容体作動薬の有効性を示唆するものとして注目されている。

このように、種々の精神神経疾患の病態解明や早期診断のために、神経伝達機能の画像解析を始めとして、さらに癌、動脈硬化性疾患などの老年病の早期診断を目指した画像診断技術の高度化と臨床利用への進展を図っている。

（総合研究官 棚田 修二）



## 花粉症を予防しよう！



スギ花粉症は予防が大切です。症状が出てからでは強い薬を使ったりしなければなりません。今回は花粉症の人が日常生活で何を注意したら良いかお話ししたいと思います。

- ・花粉情報をチェックしましょう。  
新聞やテレビなどで発表される花粉の予想飛散量をチェックしましょう。
- ・良く晴れて風の強い日、乾燥した日の外出はできれば控えましょう。
- ・外出の時はメガネやマスクを忘れずに、できれば帽子をかぶりましょう。
- ・帰宅時には玄関前で花粉をはたき落としましょう。洗眼、うがいも忘れずに。
- ・洗濯物や布団はできれば乾燥機を利用する。  
やむをえず外に干す場合は取り込む際に十分花粉をはたき落としましょう。
- ・部屋の換気は必要最低限に。  
飛散の少ない夜半が換気の狙い目です。室内に浮遊している花粉はエアークリーナーが効果的です。
- ・花粉の飛散時期には普段よりこまめに部屋を掃除しましょう。  
電気掃除機を使うときは窓を開けて噴出口を室外に向け、室内にほこりが舞わないようにします。
- ・毎年花粉症になる人は早めに医師の診断を受けて予防薬の内服を始めましょう。

花粉が飛び始める前から症状をひどくしないための治療が効果的です。

■ また、薬によって症状を抑えるだけではなく、花粉に反応しにくくするためにアレルギーに負けない体質を作りましょう。

- ・ 体を鍛え規則正しい生活と十分な睡眠
- ・ 部屋はいつも清潔に
- ・ 風邪をひかないように
- ・ バランスの取れた食事
- ・ 酒、タバコ、香辛料は控えめに
- ・ 花粉症は医師の指導の元で根気よく

(健康管理室 海老原 幸子)

## ◆お知らせ◆

### 国際宇宙会議のサテライト・ワークショップ

本年7月9日(木)～10日(金)に放医研重粒子治療推進棟大会議室において「重粒子イオンの作用(副題:これから取り組むべき課題)」と題する国際ワークショップを開催します。これは7月12日(日)～19日(日)に名古屋市で開催されるCOSPAR(国際宇宙会議)総会のサテライト会合として実施するもので、HIMAC利用を念頭におき、さらに火星ミッションのような長期宇宙滞在も念頭において、いろいろな観点から講演、ポスター、ディスカッションを行います。生物系研究ではマイクロビーム、染色体、発がん、及びモデルに関するトピックスを扱い、物理系研究では線量計測、リスク、防護基準等を取り上げる予定です。このワークショップには放医研のほか、日本のNASDA、米国のNASA、欧州のESA等の宇宙機関や大学の研究者が参加する予定。公開、無料。