

## 新年を迎えて

明けましておめでとうございます  
それぞれに希望を抱いて新春を迎えられたことと思います。



昨年は、サッカーワールドカップ予選通過や土井隆雄さんの宇宙遊泳成功など明るいニュースがあったとはいえ、社会・経済活動では沈滞ムードが支配的でした。世紀末という人工的な節目に当たって人々の気持ちが湿りがちなのでしょうか？それなら新しい世紀に入れば気持ちが高揚し、人類社会が光輝くのでしょうか？大部分の人々にとって初めての経験である世紀の変わり目が近づき、思いは様々でしょう。

日本にとっては半世紀を経た戦後体制の抜本的改革が必要とされ、行政改革と財政改革が進行しています。簡素・効率的・透明な組織の実現、企画・立案機能と実施機能の分離、分担管理原則から協力・協調原則への転換が行政組織の改革の理念と目標に掲げられるキーワードですが、そのまま40年を経た当研究所の組織にも適用できそうです。世の中全体が裁量型規制からルール型規制への転換を迫られていると言えるでしょう。それが国際社会において名誉ある地位を占める条件なのでしょう。

科学技術の世界も変わりつつあります。19世紀に近代科学が確立して以来、個人に内発する好奇心に動機付けられて行われてきた科学研究は、今世紀後半に至ってより請け負いの的になってきたといわれます。好奇心駆動型 (curiosity-driven) から使命誘導型 (mission-oriented) への転換は、科学技術の開発研究が人間社会の発展に不可欠であると認識されている証左でもあります。この動向は科学技術を推進する人々が社会に対して説明をし、評価を受ける事を要請します。専門家集団の中での仲間評価 (peer review) の世界からの脱却を求められているのです。

医療の世界では医師の患者への説明義務、説明した上での同意 (informed consent) が定着しつつあります。その難しさの議論をここでする余裕はありませんが、専門用語を使って理解したつもりになることが如何にはかない幻影であるかは、それを使わずに説明してみてもよくわかることを実感しています。

研究所運営体制の改革と個人個人の行動パターンと発想の転換は多大のエネルギーを要することではありますが、人間の作った共同体の成熟と進化のために、取り組む価値があると思います。私達自身と後に続く人々にとって快適で働きがいのある研究所とするために所員が一丸となって努力できればと願っています。行財政改革の荒波を乗り越えて、ナショナルセンターとして誇りと品格をもって、日本のそして世界の放射線医学を推進するために今年も頑張りましょう。

(放射線医学総合研究所長 佐々木 康人)

## ● 研究最前線

## 原子間力顕微鏡による微細重粒子線飛跡解析

放射線医学総合研究所では重粒子線照射によるがん治療が行われています。がん細胞は、細胞当たり1～2個の重粒子線があたると死滅すると考えられており、この照射量は $10^6$ 個/cm<sup>2</sup>に対応します。これを治療時に正しくモニタすることが非常に重要になります。

固体飛跡検出器（CR-39プラスチック）は古くから、宇宙線などの測定に、あるいは個人線量モニタ用に用いられてきた粒子線の検出器です。

CR-39は重粒子線を照射した後、エッチングと呼ばれる化学処理を施すと、重粒子線が通過した位置にエッチピットと呼ばれるコーン状の穴ができます（図）。ある重粒子線が一定のエネルギーで照射された場合、ほぼ同じ大きさでかつ同じ深さのエッチピットが形成されるために、あらかじめ様々の種類の様々のエネルギーの重粒子線を照射して、そのエッチピットの大きさを測定しておくことで、未知粒子が入射した場合でも、その粒子の電荷とエネルギーを予測することが可能になります。

表 観察法の違いによる照射密度の比較

観 察 顕 微 鏡	照射密度		エッチング (時間)	エッチピット	
	細胞 (100 $\mu$ m <sup>2</sup> ) 当り	cm <sup>2</sup> 当り		直径 ( $\mu$ m)	深さ ( $\mu$ m)
光 学	～0.01	～10 <sup>4</sup>	数～数十	>5	>1
(治療に必要)	約 2	2×10 <sup>6</sup>			
原子間力	～100	～10 <sup>8</sup>	0.1	<0.5	<0.1

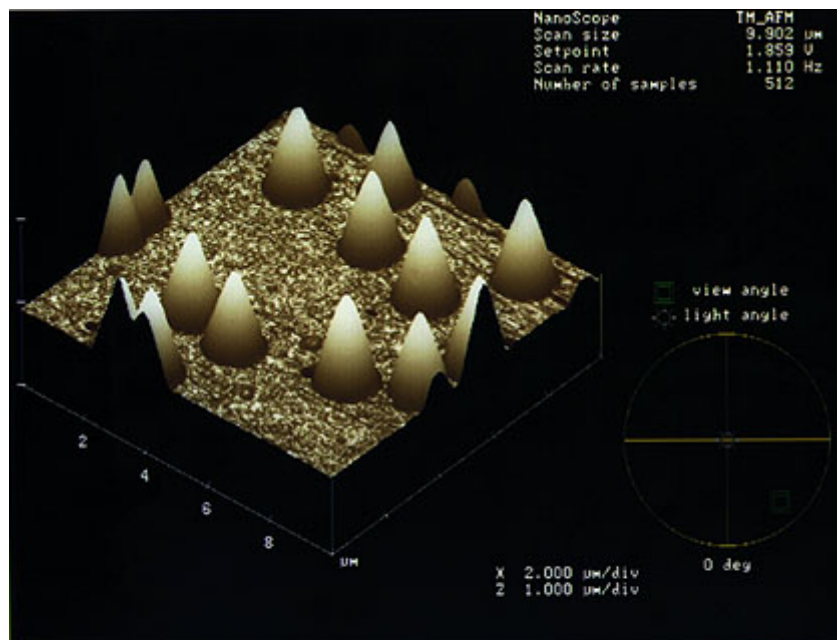


図 重粒子線飛跡のエッチピットの原子間力顕微鏡画像

細胞の大きさ（ $10\mu\text{m}$ 平方）に約10個の重粒子線（シリコンイオン490MeV/核子）によるエッチピットが観測されている。深さ情報を反転させ、強調して表示している。

光学顕微鏡などを用いてこのエッチピットを測定する方法により、宇宙線などの測定が行われてきました。光学顕微鏡を用いる場合には、エッチピットの大きさが数ミクロンから数十ミクロンになるまで何十時間も化学処理を続けます。したがって、エッチピット同士がつながってしまわないようにするためには、照射密度を少なくしてやらないと観測できないという欠点がありました。照射密度と化学処理に要する時間の関係は表に示すようになっており、原子間力顕微鏡を用いることでこの欠点を克服し、さらに高密度照射環境下においても重粒子線の測定が可能になるような手法の研究を推進しています。

原子間力顕微鏡は探針と呼ばれる小さな針で試料表面をたどり、その凹凸をナノメートルスケールで画像化、測定のできる装置です。図は細胞の大きさ（ $10\mu\text{m}$ 平方）に約10個のエッチピットが観測されていて、原子間力顕微鏡を用いることで高密度環境下においてもCR-39を用いての線量計測が可能であることを示しています。

この手法が確立すれば、次のようなことが応用可能になると考えています。1) がん治療では、分割照射という、重粒子線照射の効果を確認しながら照射を進める方法を用いており、その度に腫瘍あるいはその近傍でどのくらい重粒子線が照射されているかが生体内で測定できるようになる。2) 宇宙ステーションなど宇宙環境における線量モニタは、長期滞在になるほど被曝線量が増えるため、個人線量モニタとして使用できる。3) 細胞に重粒子線が照射された場合に、細胞のどこに重粒子が当たっているか確認することができ、重粒子が当たった場所に対する細胞への影響をより微細に研究できるようになる。

このような応用法を念頭におきながら基礎的な手法確立を所内外の研究者の協力を得て進めています。

(放射線科学研究部 第3研究室 山本 幹男、安田 仲宏、他)

## 宇宙実験報告

## 宇宙環境における骨代謝の変化

昨秋スペースシャトル「コロンビア」を用いたOregon Health Science University（米国）との共同研究「宇宙飛行後のカルシウム（Ca）代謝と血管機能」において、日本グループは骨、骨格筋および尿成分の分析を分担した。この実験の特徴は、搭載された高血圧自然発症ラット（Spontaneously Hypertensive Rat:SHR）が、我々が約10年前に初めて見出した骨粗鬆症を自然発症する系統であること、7週齢の雄SHRのFlight群を2群に分けて、低Ca（0.2%）と高Ca（2%）飼料を与えた（標準量の0.75%）ことである。飛行期間は、1996年11月20日から12月7日の18日間であった。

本実験から得られた骨の分析結果と宇宙生物医学研究分野で活躍されている奈良県立医科大学医学部大西武雄教授にお願いした骨格筋の分析結果（紙面の都合上、次号に掲載）を含めたこれまでの成果の概要を紹介する。

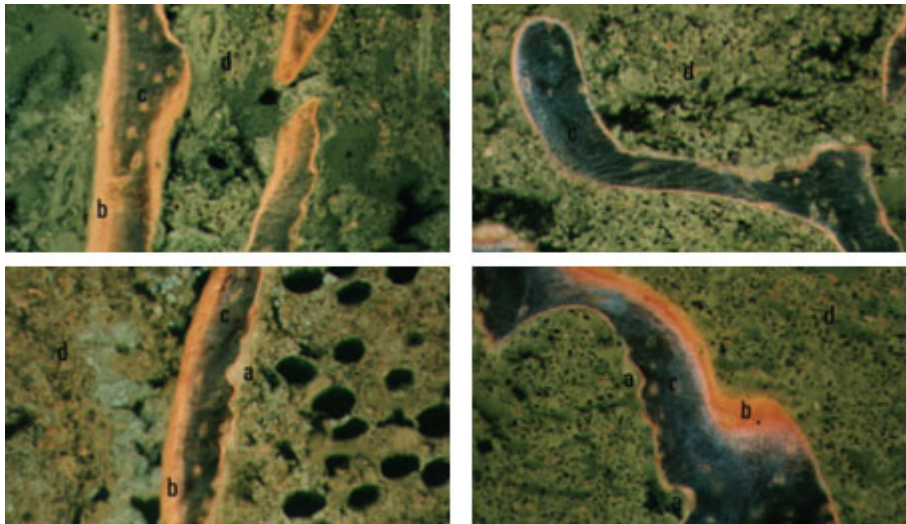


写真 脛骨骨幹端の海綿骨の非脱灰組織像

（右：Flight群、左：地上群、上段：低Ca飼料投与群、下段：高Ca飼料投与群）Flightの両群とも吸収窩（a）が多くみられ、高Ca飼料投与群では類骨（b）蓄積がみられる。c：骨梁骨、e：骨髓

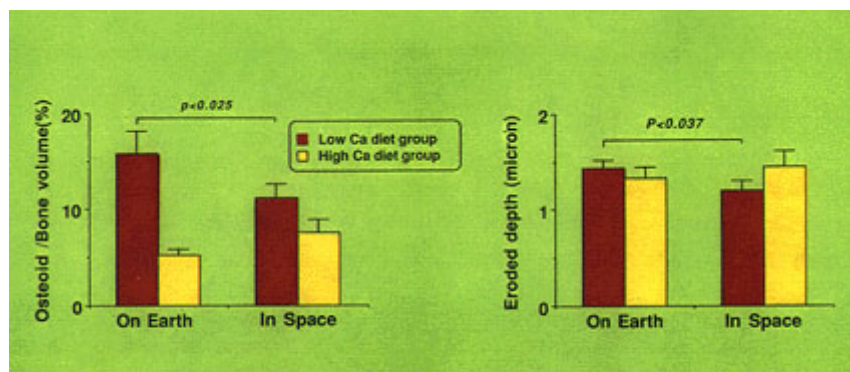


図 脛骨骨幹端の海綿骨領域の形態計測によって、低Ca飼料投与のFlight群では対照の地上（Control）群に比べて類骨量の減少（右）と骨吸収窩が浅くなっている（左）ことが認められる。

骨分析は大腿骨および脛骨について骨塩濃度や形態の詳細な分析を行ない、尿分析とあわせて興味深い結果が得られた。その一部として、脛骨骨幹端の海綿骨領域にお

ける骨密度は両群ともに減少したが、非脱灰組織標本（写真）を作成してほぼ同じ領域の形態計測を行なった結果では、地上群に対して高Ca飼料を投与したFlight群では各測定項目とも有意な変化がみられなかったが、低Ca飼料投与したFlight群では石灰化前の類骨量が有意に減少し、また骨吸収窩が有意に浅くなっていることが認められ（図）、骨塩量の減少は骨形成と吸収の両方の抑制によることが示唆された。宇宙環境における骨量減少のメカニズムについては、実験条件や期間の制限も加わり論議の多い点である。短期間の実験でも明瞭な結果が得られたのは、骨粗鬆症の遺伝的素因を有する可能性が高いSHRを用いた成果かもしれない。直前となった宇宙基地の長期滞在における健康維持には骨量減少の原因解明と同時にCa補給を含めた予防研究の重要性が再認識された。

（第3研究グループ 福田 俊）

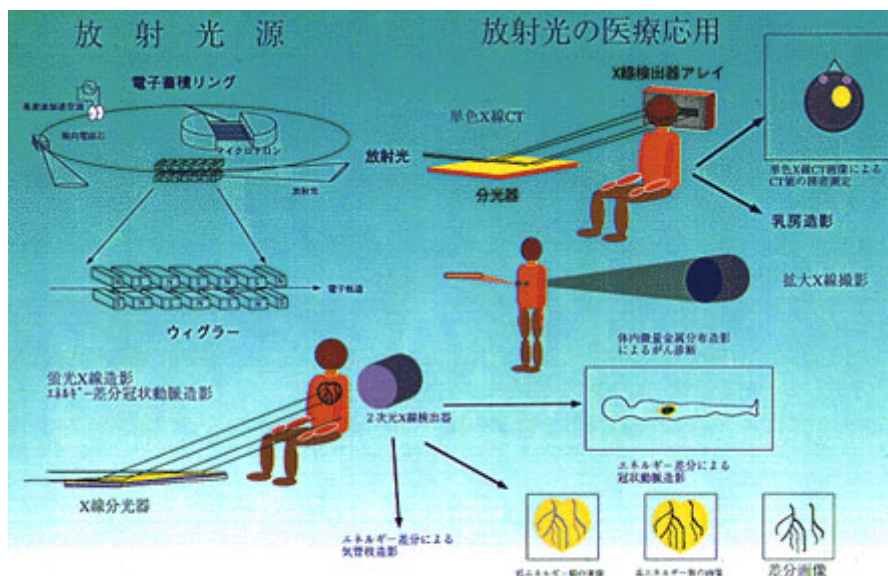


# 放射光の医学利用

— SR医学利用研究会の報告 —

シンクロトロン放射光の医学利用は、その生物効果などの基礎的研究を除いて純粋に技術的な面から言えば、放医研にとっては未知の分野である。しかし、X線診断学の立場から見れば、甘い芳香を放つ蜜の様な存在として研究者を魅惑し続けている。放医研では以前より放射光を診断に用いるために、医療用の放射光装置を建設したいという希望があり、一昨年度より具体的に放射光診断設備として検討が始まった。その後計画はハードウェアの検討が先行する形で進められてきた。これに対しソフトウェア、つまり医学応用面、を検討するために8月25日に放医研講堂にて「放医研SR計画利用系研究会」と題して、従来の放射光医学応用の研究のレビューや、放医研としての放射光の医学応用などの提案が行われた。

研究会は村田重粒子治療センター長の挨拶で始められた。最初のセッションでは放医研の放射光との関わりを総括する意味で放医研研究者による報告が行われた。重粒子物理学工学研究部の河内部長より放医研の計画がレビューされたのを皮切りに、第3研究グループの古澤氏から放医研での放射光による生物研究として、KEKのPFで行われた実験的研究をもとに真空紫外光による内殻電離の放射線増感作用の研究と今後の方向に関する報告が行われた。医学応用として治療診断部の加藤氏より、がんの精密診断（超難治性がんと言われている膵がんや神経膠芽腫の浸潤範囲の診断など）における放射光の可能性について、摘出標本を用いてKEKで行った基礎研究の結果が報告された。治療システム開発室の遠藤氏は現状のX線診断の限界と放射光による診断が提案された。



KEK：高エネルギー物理学研究所 SP8：大型放射光施設

午後の最初のセッションではKEKとSP8での放射光の生物医学応用の現状と計画などが報告された。KEKの小林氏は紫外から軟X線に亘る広い領域の光を用いた生体にお



ける放射線損傷の生成機構と、オージェーカスケードによる細胞不活性化などの研究のアクティビティーに関する報告があった。また、国立循環器病センターの宇山氏からは、SP8での医学応用計画が紹介された。エネルギー差分冠動脈造影、単色X線CTなどを当面の目標として研究開発を進めるが、ビームライン建設については来年度予算に要求中である。

午後の第二のセッションでは、関西医大の木原氏からX線顕微鏡によるがんの早期発見の可能性について提案があった。DNAにシスプラチンをマーカーとして取り込ませることでがん・非がん組織をコントラスト良く識別し、がんの早期発見を促すと共に周辺部の浸潤の診断などへの適用の可能性が示された。次にKEKでの現在の医学応用のアクティビティーの報告が2件あった。KEKで放射光を用いた静注法による冠動脈造影の臨床診断が昨年6月に実施されたが、その成果がKEKの兵藤氏により報告された。特にエネルギー差分を取らなくても臨床判断が可能な動画像が得られた。また、被験者と医師共に身体的負担が大幅に軽減できるというものであった。東海大の盛氏から、選択的冠動脈造影ではあるが微小血管造影の可能性とその重要性について発表があった。直径100 $\mu$ m程度の血管は現在見る手段がなく、放射光を用いてこれらの診断が可能になることで、心臓疾患の新たな局面を明らかにできる可能性のあることが示唆された。

この研究会は所内・所外ほぼ同数で約50名の参加者を得て行われた。質疑応答ともに活発に行われた。特に医学分野で放射光を利用している研究者の間には、医学応用専用の放射光施設を希求する気持ちの強いことが印象的であった。

(医用重粒子物理・工学研究部 取越 正己)



## 関心を集めた画像診断の最先端報告

—— 放医研シンポジウム「画像診断の最前線」を終えて

第29回放医研シンポジウムは「視覚でとらえる機能と診断」の副題のもとに11月18日大宮市のソニック市民ホールで開催された。今年は放医研のキャンパスを出て、第37回日本核医学総会の前日に会場も核医学会と同じ所で行った。これは、シンポジウムのテーマを核医学を中心とした画像診断に絞ったために核医学会会員の方々にも多く聴講して頂きたかったからである。



話題を紹介すると、先ず特別講演はMemorial Sloan Kettering Cancer Centerの少壮研究者Macapinlac H. A., MD.による「Radioimmunodetection and radioimmunotherapy of cancer」であったが、第一線での豊富な経験をもとにした熱のこもったものであった。

指定講演は脳、心、がんの3部に分けて行われた。

脳のセッションでは、精神科疾患におけるSPECTによる脳血流量定量評価（精神・神経センター・松田）、PETを用いた精神科領域の神経伝達機能評価（放医研・須原）、中枢アセチルコリンエステラーゼ活性測定法の開発（放医研・入江）、そして超高磁場MRの神経科学への応用（新潟大学・中田）が報告された。

心では、核医学の循環器領域への応用に関する新しい話題がPET（放医研・吉田）とSPECT（横浜労災・西村）の両面から述べられた。この他に、放医研で進められている医療用放射光施設の計画が紹介された（放医研・取越）。放射光については現在、冠状動脈造影が検討されている段階であるが、今後X線顕微鏡、超拡大X線撮影などへの発展が期待されよう。

がんの関連では、先ず放医研の大きなプロジェクトである重粒子治療について医療用重イオン加速装置（HIMAC）が紹介されたが（放医研・取越）、初めてHIMACの実態にふれた聴衆も多かったように見受けられた。また、重イオンのがん照射の際に生ずる自己放射化放射能を用いたPETによる照射野の確認（放医研・吉川）にも関心が集まった。さらには、中性子捕獲療法（東北大・福田）やコーンビーム方式による三

次元CTの開発（放医研・神立）も報告された。

今回のシンポジウムの特徴は、SPECT、PETによる核医学の最前線の話題とともに、超高磁場MR、放射光、三次元CTといった将来画像診断の分野で大きな役割を果たすであろう機器や、重イオンによるがん治療など最先端の話題が豊富であったことであるといささか自負しているが、大学、研究所、病院など多くの機関、および放射性医薬品メーカー、医療機器メーカーの方々など計107名のご出席を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げる。

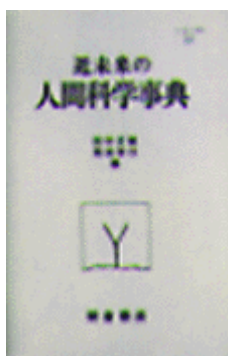
放医研では現在、SPECT、PETを中心とする高度画像診断推進研究棟を建設中であるが、これと相俟って、全国の専門家の方々のご協力を得て「高度診断機能研究ネットワーク会議」を組織し、その中にいくつかの研究班を作って共同研究を推し進めつつある。皆様のご支援を賜われれば幸いである。

（重粒子治療センター長 村田 啓）



## 近未来の人間科学事典

田中 正敏・菊池 安行 編 朝倉書店



近未来とは現在から50～100年先を意味している。今世紀の科学文明の発展は人の活動の場を広げこれらを便利なものに変えてきた。しかし、同時にこれらは人間に本来備わっている適応能力の範囲を超えた状態（特殊な環境や自然環境の破壊）を作り出してきた。本書は急速に進みつつある生活様式や生活環境の変化および自然環境の破壊が近未来の人類の身体や生理的適応に及ぼす影響について述べたものである。

全体は10章からなる。1. 人口の世界的な分布と動向。これと関連した福祉教育レベルが人に及ぼす影響。2. 食料に関する生産と分配。食料の過剰と不足。食事と年齢および健康との問題。3. 成人病の推移と対策。難病および職業病等これからの病気と対策について。4. 体力と健康の考え方。都市化と体力について。5. 労働と人間の生理的なリズム。疲労とストレスについて。6. 物理的環境（温熱、光、音、振動、加速度、圧力）に対する人間の反応。7. 様々な居住環境について。特殊な居住環境の可能性について。8. 衣服と作業および衣服の素材について。9. 物質循環と廃棄物。土壌、空気、水の汚染について。10. これからの人類の姿について（適応行動、情報化社会、便利さと人）。以上のような内容で構成されている。

各章で扱う内容はいずれも現代と未来の人類にとって重要な課題であり興味深い。本書は生理人類学の立場から、人類の過去から現在までにに関する資料や文献を豊富に

紹介して本来人間が備えている性質や能力を述べると共に近未来の人間や人の生活の動向を考察している。

(第4研究グループ 柳澤 啓)

## NIRS TOPICS

## 第25回放医研環境セミナーを終えて

第25回放医研環境セミナー「宇宙と地球の放射線環境—その未来予測への挑戦—」が平成9年12月4～5日に放医研講堂で開催された。今回は第3研究グループ、第4研究グループ、日本保健物理学会の共催であり、自然放射線をメインテーマとしたものである。演者は所内15名、所外10名で、参加者総数は約200名であった。



特別講演は「宇宙・物質・生命」（小田 稔・東京情報大学長）と「宇宙・地球環境の変貌と生命」（桜井邦朋・神奈川大学長）の二つで、宇宙と生命の進化に関して大スケールの展望が論じられた。招待講演は7題あり、登場順に「閉鎖系における生命活動」（小口 美津夫・航空宇宙技研）、「地球・太陽系の過去と未来」（阿部 豊・東大地球物理）、「人間活動が環境に与える影響—酸性雨問題」（佐竹研一・国立環境研）、「地殻環境変化と地球磁場」（伊勢崎 修弘・千葉大地球科学）、「宇宙ステーション計画」（阿部貴宏・宇宙開発事業団）、「地球大気圏環境の変貌」（岩坂泰信・名古屋大太陽地球環境研）、「宇宙飛行士の被曝」（高木俊治・三菱総合研）と様々な分野からの講演があった。この顔ぶれとテーマは今までにない新しい方向と言える。

放医研職員による講演は11課題あり、登場順に「宇宙・地球の放射線環境の進化」（藤高和信・3G）、「地球規模のバックグラウンド放射線」（古川雅英・企画）、「ミール宇宙ステーション実測結果」（保田浩志・3G）、「色々な環境に対する生物の適応性」（山内正剛・2G）、「地球規模の放射性物質の分布と移動」（村松康行・4G）、「大気圏の非電離放射線—太陽紫外線」（古澤佳也・3G）、「宇宙の微小重力による生体影響」（福田 俊・3G）、「人間活動と地球放射線環境」（中村裕二・4G）、「宇宙放射線の各成分の重要度」（高田真志・3G）、「JEM搭載実験計画」（安藤興一・3G）、「制御実験生態系の構築に向けて」（武田 洋・4G）と、これも新しいメンバーの多い構成とホットなテーマで行われた。いずれも宇宙・地球規模の視点で見たものである。締めくくりに総合討論パネルを開き、佐々木康人・放医研所

長を座長として「人類生存環境の未来」というテーマを扱った。これに参加したパネラーは5名で、大気（岩坂泰信・名古屋大）、宇宙（富田 二三彦・郵政省通信総合研）、地表（藤元憲三・放医研人間環境）、海洋（山田正俊・放医研那珂湊）、生物（齊藤俊行・放医研2G）の各観点からこの大きなテーマを論じた。このパネルは終了が惜しいほど熱気のあるものであった。

当セミナーでは特に時間軸を入れて放射線環境を眺めたが、講演によって天体史、生物進化史、人類史など様々なスケールであった。約半分を若手に担当して貰い、生物部門の協力を得られたことも特徴である。やや未消化なところもあったが全体として意図した方向で成功したと考える。

（第3研究グループ 藤高 和信）