

# 金沢大学市民公開講座

## － 市民のための放射能・放射線の話 －

### 要 旨 集

日 時 平成16年6月19日（土）

場 所 金 沢 市 観 光 会 館

主催 金沢大学放射性同位元素委員会  
金沢大学学際科学実験センター

# 金沢大学市民公開講座

## 「市民のための放射能・放射線の話」の開催にあたって

大 村 明 雄（金沢大学理事・副学長）

ある辞書によれば、「元素」とは「化学的にこれ以上他の成分に分解できないと考えられる要素」と書かれています。地球を含む自然界は100種以上（現在のところ109種が知られている）の元素で構成されています。例えば、酸素は一つの元素ですが、その中にも、放射線を出すものと出さないものがあります。放射線は、原子核が壊変する時に放出される粒子の流れですから、放射線を出す同位元素（放射性同位元素）は不安定な（壊れる）元素であり、逆に放射線を出さないものは、いつまでも壊れることがない安定なもの（安定同位元素）です。1986年に発刊されたある専門書には、それまでに知られている同位元素の総数はおよそ1700種で、その内の安定同位元素は約260種とされています。その後も、新しい放射性同位元素が発見され続けていますので、天然の放射性同位元素数は、安定同位元素数の6倍以上なのかもしれません。さらに、現在の地球上には、以前の核爆発実験などの影響で生じた人工放射性同位体も在り、天然放射性同位元素と合わせると、3000種を越す放射性同位元素が存在すると言われます。

このような放射性同位元素から放出されるすべての放射線は、私達の五感（視覚・聴覚・臭覚・味覚・触覚）で感じる事ができない事と、多量に浴びる（被ばくする）と身体的な障害を受け、場合によっては死に至る事もあるため、危険なものと考えられています。しかし、このようなリスクを伴いながらも、放射線は、私達の日常生活に浸透し欠く事の出来ないものになっています。具体的には、診療や治療あるいは生産工場での製品管理など、利用例を数えあげれば切りがありません。また、多くの研究分野でも利用され、最近は、とくに、生命科学・物質科学・環境科学・医学・薬学などの基礎研究で、放射線を利用して得られた、注目される研究成果が数多く発表されています。

今日の市民公開講座では、とくに、医療において、放射線がどのように利用されているのかに関する3例の講演とパネル討論、そして、今も痛ましい事件として記憶に残るビキニ環礁における一核実験被災事件から50年—と題したパネル展示と実験・演示が企画されました。人類にとっての”両刃の剣”として、悪玉にも善玉にもなりうる放射線の事を、この市民公開講座を通して、より深く理解していただければ幸いです。



## 目 次

### /パネル討論－放射線と医療－

講演 1 痴呆の予防・早期発見・早期治療 ..... 5

小林 克治（金沢大学大学院医学系研究科脳情報病態学（神経精神医学）助教授）

講演 2 生活習慣病と心疾患 ..... 9

清水 賢巳（金沢大学大学院医学系研究科血管分子遺伝学（循環器内科）助教授）

講演 3 がんの診断と治療－放射線診療の役割－ ..... 13

三輪 晃一（金沢大学大学院医学系研究科がん局所制御学（消化器内分泌移植再生外科）教授）

津川浩一郎（金沢大学医学部附属病院消化器内分泌移植再生外科助手）

見学コーナー ..... 17



## 講演 1

# 痴呆の予防・早期発見・早期治療

小林 克治

(金沢大学大学院医学系研究科脳情報病態学(神経精神医学)助教授)

## 1. はじめに

高齢化社会を迎え、痴呆は心疾患や悪性腫瘍と並ぶ重要な医学的問題になった。痴呆は中枢神経系の障害から起こる病態であり、臨床的には慢性の経過と不可逆的な認知機能障害と定義されてきた。痴呆を呈する多くの疾患は未だに原因不明であるが、痴呆の病態が少しづつ明らかになるにつれて、認知障害への治療の取り組みが始まっている。今回、痴呆の代表的疾患であり、最も頻度の高いアルツハイマー病について、予防、早期発見、早期治療について述べたい。

痴呆の病態に関する研究は神経生理学、神経薬理学、神経病理学の領域を中心としてさかんに行われてきた。代表的疾患であるアルツハイマー病においては、1970年頃から脳内のアセチルコリンの低下が見いだされ、1982年に前脳基底部のコリン作動性神経細胞の選択的脱落が報告され、これ以降、中枢神経内のコリン活動を高める薬剤が開発されてきた。また、近年、ベーター蛋白抗体を用いたワクチン治療も試みられている。

アルツハイマー病の確定診断は死後の剖検による。病理学的には老人斑と神経原線維変化で特徴づけられる。病理診断は老人斑が一定の密度に達していることが必要であるが、疾患段階は神経原線維変化の分布に相関し、6つの段階に分類される(図1)。この6つの段階が臨床症状の重症度とほぼ比例する。1段階は10年とされ、このため、例えば初老期に発病する人は青年期から既に疾患が始まっていることになる。アルツハイマー病患者の9割以上は非家族性であるため、発病には多くの遺伝子の関与を考えられている。この中で、非家族性発病にはコレステロールに関連したApo-E4遺伝子との関連が強いのではないかと推定されている。家族性に発症するアルツハイマー病は極めて希であるが、3種類の遺伝子(APP、PS-1、PS-2)が発見されており、この遺伝子を用いたtransgenic mouse(トランスジェニックマウス、特定の遺伝子を受精卵に導入して形質を転換したマウス)から多くの知見が得られている。

## 2. 早期発見・早期治療

抗痴呆薬が開発され、実用段階に入り、痴呆の早期発見が必要となった。臨床症状の評価に加え、MRIによる解像度の高い画像情報とSPECT、PETをはじめとする核医学検査は早期発見に重要である。病理学的研究からアルツハイマー病の大脳変性は海馬傍回の内側(内嗅領野)から始まることがわかり、画像診断に応用される。

① 痴呆の認知障害（中核症状）と非認知障害（辺縁症状）について（図2）

② 大脳内側底面からみたアルツハイマー病のMRI画像（図3）

③ 金沢大学附属病院でのSPECT検査と臨床診断の一致率

頭頂葉病変から生じる構成失行を持つ患者ではSPECTでのアルツハイマー病パターンを示し、診断可能である。構成失行は45%の患者にみられた。逆に構成失行などの巢症状のない患者、特に高齢者に多いアルツハイマー型老年痴呆、では、診断できない。精神病症状は側頭葉底面、自発性の障害は前頭葉の病変に関連している。うつ病の症状は脳幹のセロトニン神経細胞群の病変が関連するのではないか推定されている。当教室での死後脳を用いた研究では、大脳辺縁系ではタウ蛋白のリン酸化のパターンは鍍銀法でみられる神経原線維変化とパラレルであったが、連合野では一定のパターンを示さないことがわかった。アルツハイマー病では連合野の神経原線維変化は皮質部位による強弱がみられるが、辺縁系ではstereotypedなパターンをしめすことがわかる。また老人斑は症状形成には神経原線維変化ほどの意味はないと思われる。

④ 金沢大学附属病院での海馬体の三次元解析

抗痴呆薬服用患者の海馬体積と形態変化に関し、徐々にデーターが集積しつつある。2003年のKrishnanらの論文では、ドネペジル服用者では海馬体の萎縮が24週で0.4%の萎縮しかみられなかつたの対し、プラセボ群では8.2%の萎縮を示している。金沢大学附属病院神経科精神科における検討では、まだ症例数は少ないが、ドネペジル未服薬患者では年に18.6%の萎縮を示すの対し、服薬患者では1.4%の萎縮しかみられなかつた。海馬の萎縮がみられないことは今後の研究課題である。

### 3. 予 防

痴呆に至る前段階として、近年、軽度認知障害（mild cognitive impairment: MCI）の概念が提唱された。九州大学の管理する久山町研究、東北大学での田尻プロジェクトではMCIからアルツハイマー病での進行について公衆衛生学的研究が進められている。MCIからアルツハイマー病への進行にはいくつかの鍵となる臨床徴候があるとされる。統計学的には、年齢、頭部外傷の既往、女性、うつ病の既往、あがり性の病前性格などが発病の危険因子として挙げられ、発病前から存在する病理学的変化との関連が推定される。ハンセン病患者にはアルツハイマー変化がみられないことが多く、抗炎症剤が疾患の発症を止めるのではないかと考えられている。しかし、脳の病理学的変化だけがアルツハイマー病の発病や重症度を決定しているわけでもない。島根県での研究では、同程度の大脳の変化があつても、施設入所者のほうが在宅患者よりも痴呆がひどいことが証明されている。活動的、創造的な生活を送る人は痴呆になりにくくとも知られている。

図1 アルツハイマー病における神経原線維変化の段階

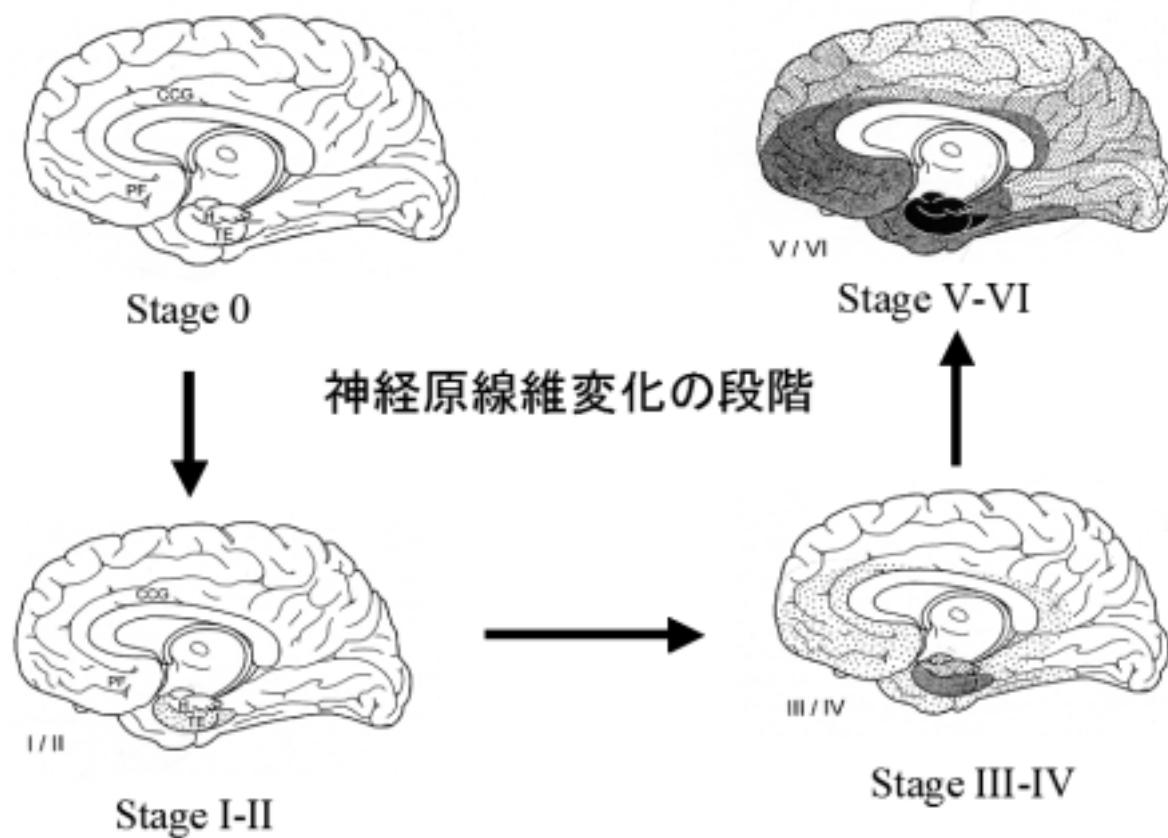


図2 痴呆の認知障害と非認知障害

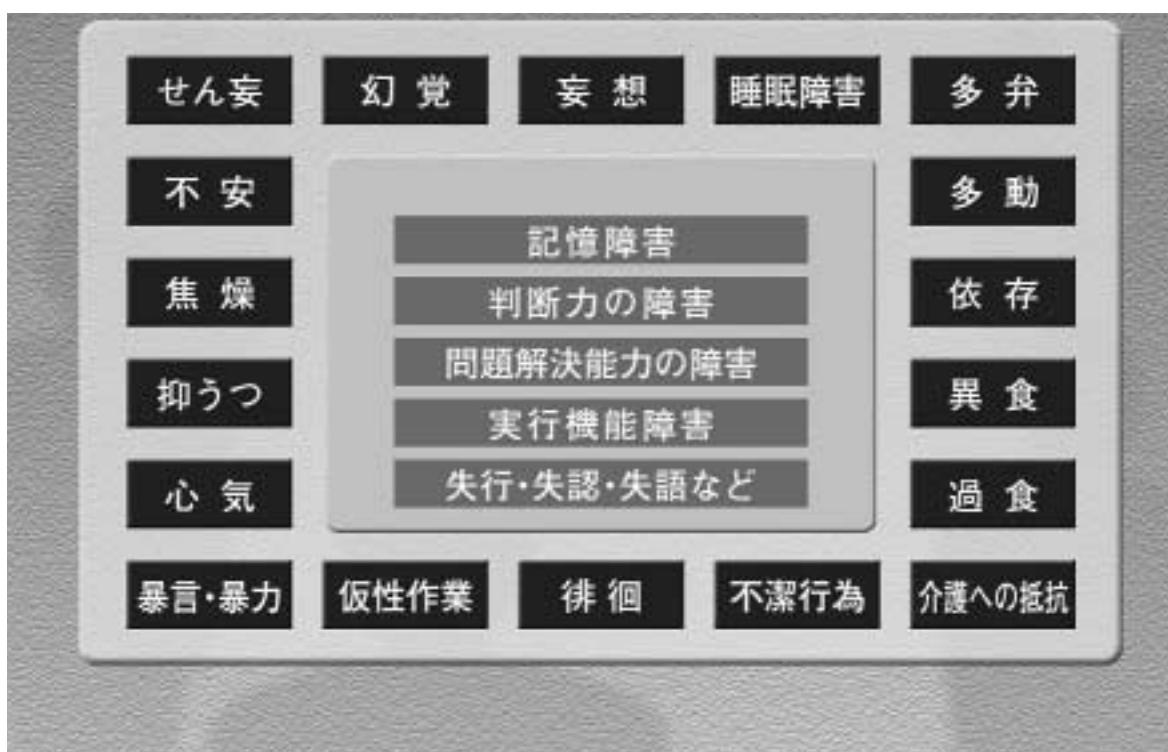
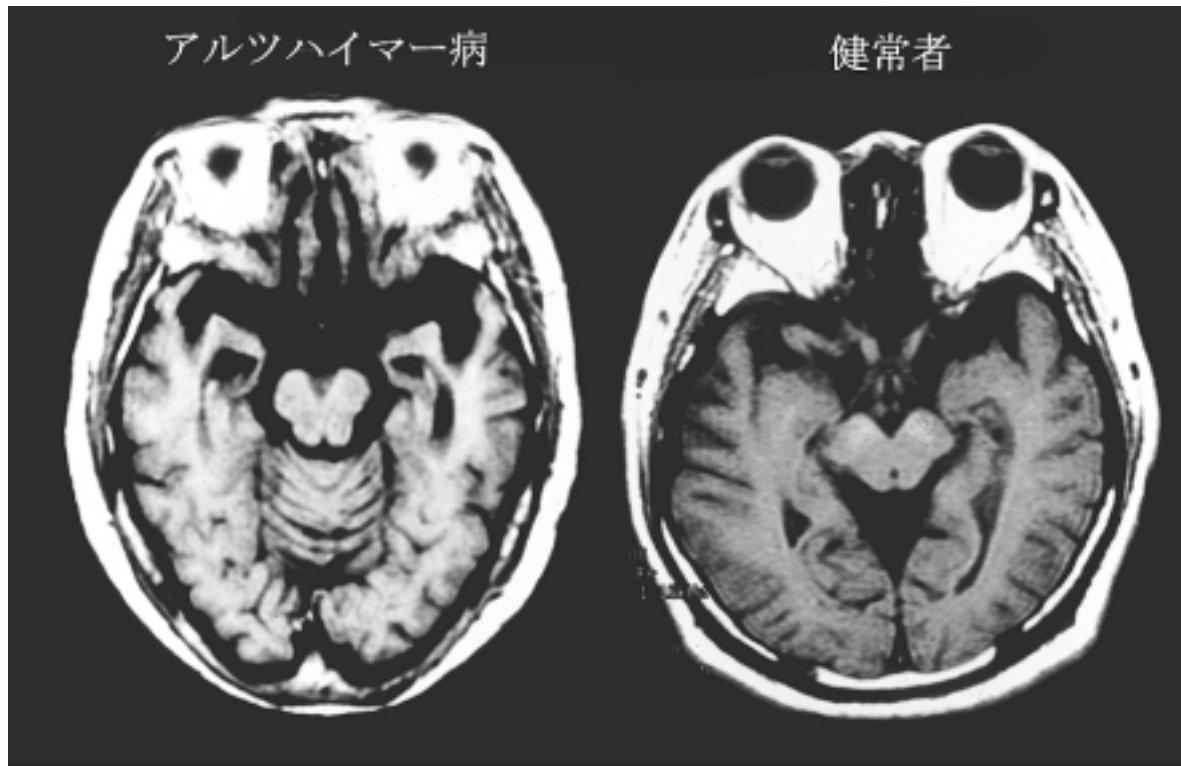


図3 大脳内側底面からみたアルツハイマー病のMRI画像



## 講演 2

# 生活習慣病と心疾患

清水 賢巳

(金沢大学大学院医学系研究科血管分子遺伝学（循環器内科）助教授)

### 生活習慣病とは

病気には、1) 先天性心疾患などのように生まれつきの素因によって起こるもの、2) 先天的な素因の上に食事などの環境因子が加わっておこるもの、3) 交通事故のように後天的素因によって起こるものがあります。2) の中で、後天的な因子として特に食事や運動などの生活習慣と密接に関係する糖尿病、高血圧、高コレステロール血症などをまとめて生活習慣病と呼んでいます。

生活習慣病になると、いったいどのようなことが心配なのでしょうか。生活習慣病では動脈硬化を起こしやすく、狭心症・心筋梗塞といった心臓病や、脳梗塞・脳出血といった脳血管障害を発症しやすいのが大きな問題です。脳卒中（脳梗塞や脳出血）はがんに次いで日本人における死因の2番目、心臓病は3番目を占め、その管理や治療が私達にとって極めて重要です。

### 狭心症と心筋梗塞

狭心症や心筋梗塞とはどのような病気でしょうか。心臓は筋肉からできている臓器で肺や全身に24時間休まず血液を送っています。この心臓の外側を冠動脈あるいは冠状動脈と呼ばれる血管が走っており、この冠動脈によって心臓の筋肉に酸素や栄養が運ばれています。冠動脈に動脈硬化が起こると、アテロームと呼ばれる病変が血管の壁に生じて血管の内腔は狭くなり、血液の流れが悪くなります。そのために坂道を登ったり早足で歩いたりしたときに胸が苦しくなる病気を狭心症といいます。朝方や寒い日に起こりやすく、「胸が圧迫される」、「胸やのどが締めつけられる」といった症状が出現します。さらにこのアテロームに亀裂や断裂が起こって血栓とよばれる血液の塊ができ、血管が閉塞する（つまること）と、血液の流れは途絶して心臓の筋肉細胞は死んでしまいます。これを心筋梗塞といい、心臓の働きが悪くなったり（心不全）、不整脈を生じたり、場合によっては心臓が破れて（心破裂）あっという間に命を落としてしまいます。

### 狭心症と心筋梗塞の予防

狭心症や心筋梗塞から身を守るには、早期の正確な診断と治療が必要です。診断は主に、1) レントゲン写真、2) 心電図、3) 血液検査、4) 心臓超音波検査、5) 核医学検査、6) 冠動脈造影検査、によってなされます。このうち、1) 5) 6) は放射線被曝を伴い

ますが、被曝をできるだけ少なくするよう工夫をして行っています。最も確実な診断は6)の冠動脈造影検査によってなされ、この検査によって狭くなったりつまつたりしている冠動脈の部位や程度がわかります。

狭心症・心筋梗塞の治療には、薬物治療、インターベンション治療、バイパス手術がありますが、最近は狭くなったりつまつたりした冠動脈を風船付の細い管（カテーテル）で拡げたり、ステントと呼ばれるもので補強しながら拡げるインターベンション治療が盛んに行われています。

一番大切なことは狭心症や心筋梗塞の原因である冠動脈硬化症を起こさないようにすること、すなわち生活習慣病の管理と治療を十分に行うことです。自分の体質にあった食事をする（食事療法）、適度な運動を行う（運動療法）、酒やタバコをひかえる（嗜好品の制限ないし禁止）といった生活習慣の改善に努めましょう。

図1 前からみた心臓

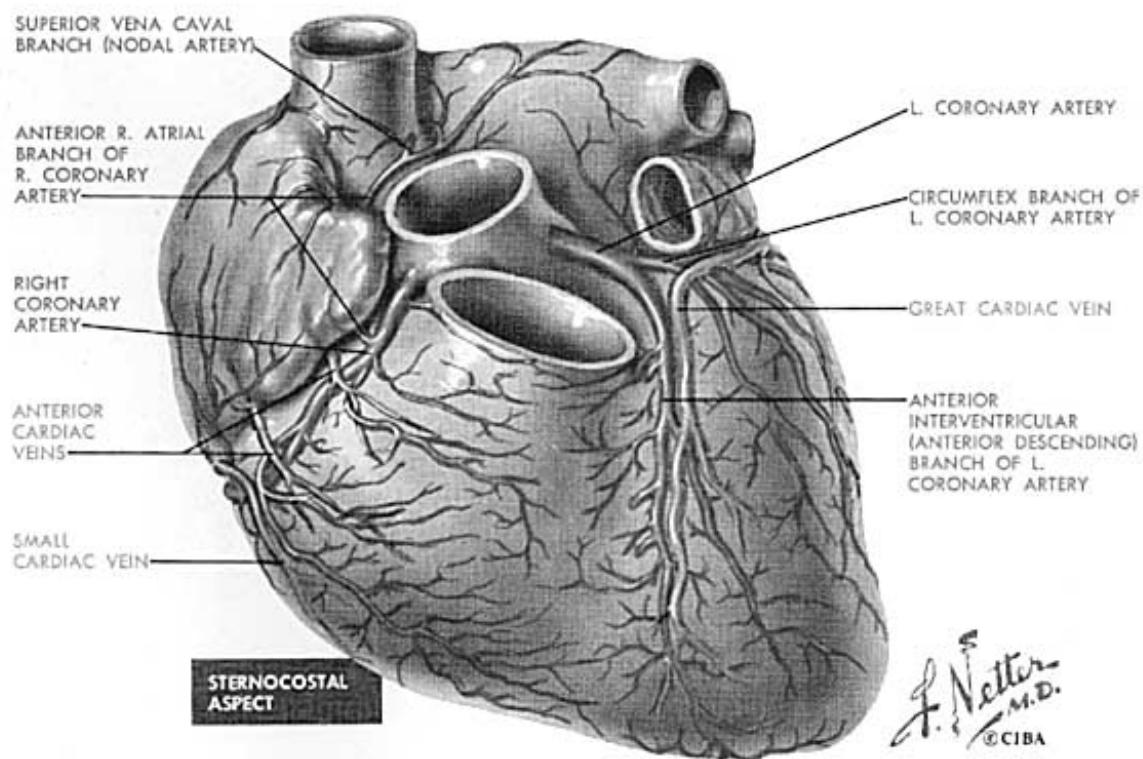
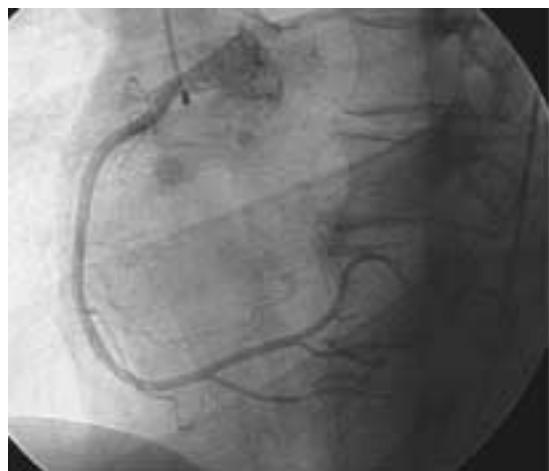


図2 狹心症の起こり方をわかりやすく表した絵



図3 正常な冠動脈と狭くなった冠動脈

正常な右冠動脈



狭 心 症

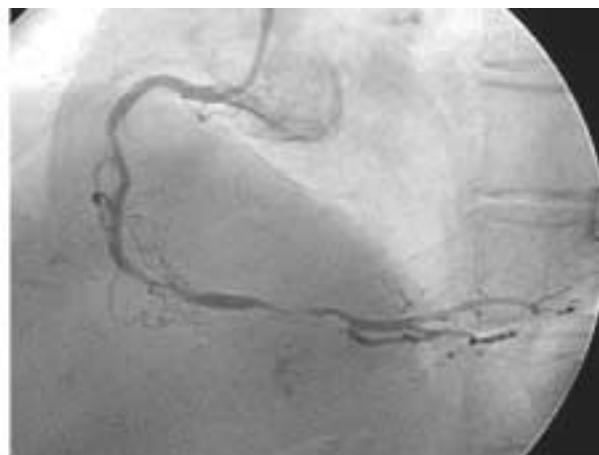
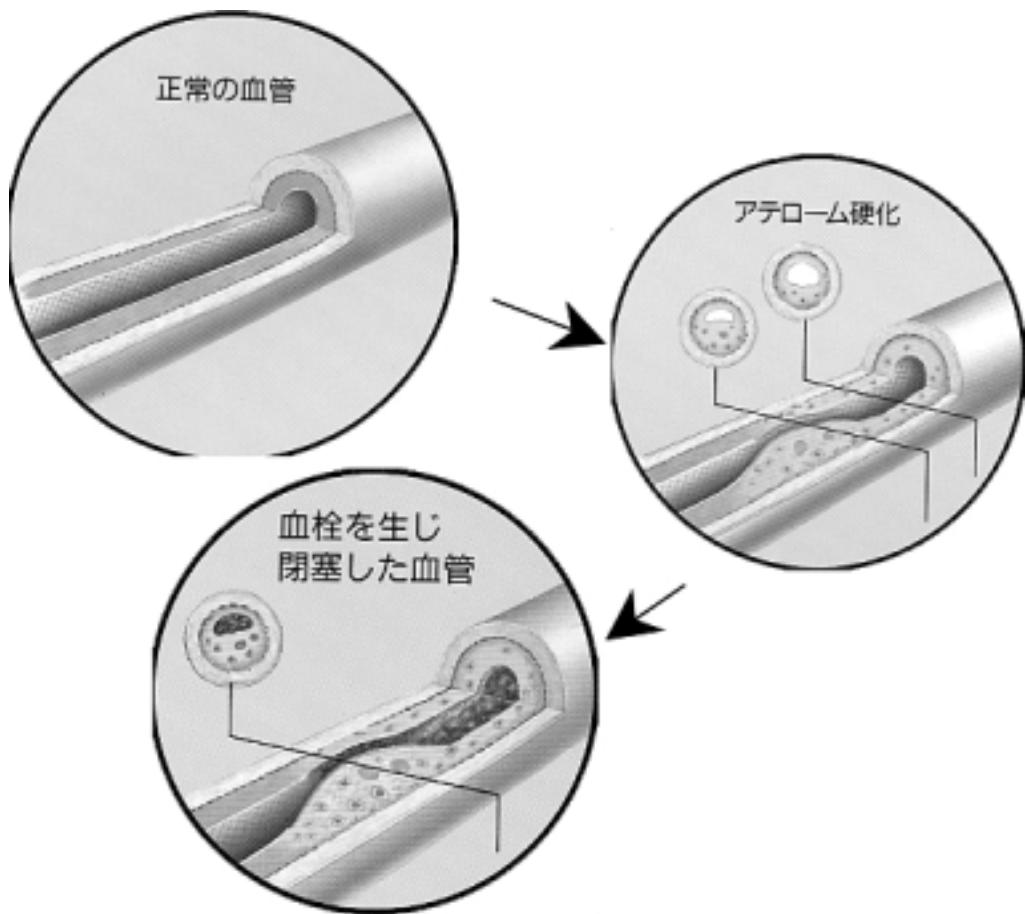


図4 冠動脈硬化症



### 講演 3

## がんの診断と治療－放射線診療の役割－

三 輪 晃 一

(金沢大学大学院医学系研究科がん局所制御学（消化器内分泌移植再生外科）教授)

津 川 浩一郎

(金沢大学医学部附属病院消化器内分泌移植再生外科助手)

がんは、現在、日本人の死因の第1位である。その中でも、乳がんは、日本人女性のがん罹患率が第1位で、罹患率、死亡率ともに増加傾向にあり、極めて重要な疾患となりつつある。したがって、乳がんの放射線診療も重要なものとなってきている。今回、放射線とがん、ということで、乳がん診療を例に、放射線診療の現状と展望を概説する。特に、最近の進歩の著しい分野について、トピックスとして紹介したい。

### 1. 乳がんの早期発見

乳がんは自己発見されることが多い。しかし自己発見された乳がんは、検診などで発見される乳がんに比べ病期が進行していることが多い。マンモグラフィ（乳房X線撮影）を用いた乳がん検診は50歳以上では、死亡率減少効果を示す十分な根拠があり、40歳代については死亡率減少効果を示す相応な根拠があるとされている。マンモグラフィ検診が普及することにより早期乳がんの比率がふえ、乳がん死亡率の上昇に歯止めがかかることが期待される。

### 2. 乳がんの生検診断[ステレオガイド下生検]

マンモグラフィ検診が普及すると、触診や超音波検査では検出することのできない微細な石灰化病変の診断が乳がん早期発見に重要となる。最近は、ステレオガイド下の吸引針生検（マンモトーム生検）<sup>注1</sup>が普及し、1回の穿刺で多方向から多検体の採取が可能となつたため、石灰化病変を確実に病理組織検査することが可能となった。

### 3. 乳がんの進行度診断

[乳房内の拡がり診断] 乳房温存手術の普及に伴い、術前診断にもより高い精度が求められるようになってきた。すなわち、乳房内の多発病巣や乳管内進展巣の描出である。現在、ヘリカルCT<sup>注2</sup>あるいはダイナミックMRI<sup>注3</sup>がほぼ同等の診断能を持つとして多くの専門施設で導入されている。どちらも「癌は周囲よりも造影増強効果が高くかつ早い」という理論で行われている。空間分解能と時間分解能はCTが優るが、組織間コントラストはMRIが優れているため、ほぼ同程度の診断精度を示すと考えられている。

#### 4. センチネルリンパ節生検

腫瘍から直接リンパ流を受けるリンパ節を「センチネルリンパ節」という。リンパ節転移はセンチネルリンパ節から始まり、そこからさらに他のリンパ節へと転移していくと考えられる。そこで、センチネルリンパ節を同定し、生検することで、リンパ節転移の有無を正確に診断し、領域リンパ節の切除術（リンパ節郭清術）の適応決定などに役立たせることができる。センチネルリンパ節の同定方法として、現在、RI法<sup>注4</sup>と色素法がある。RI法は、<sup>99m</sup>Tc標識のコロイドを腫瘍近傍に注入し、リンパ流に乗せ、RI粒子が集積したリンパ節をセンチネルリンパ節として同定、摘出する方法である。手術前には、ガンマカメラでリンパ節シンチグラムを撮影し、その局在を知ることができ、手術中には携帯型ガンマプローブを用いてRI粒子が集積したリンパ節を同定することができる。

#### 5. 転移、再発の診断

乳がん診療を行う上で遠隔臓器への転移の有無、有ればその部位を把握することは、治療方針を決定する上で極めて重要である。現在、その診断の中心的役割は、一般レントゲン撮影、超音波検査、CT、MRIなどの形態学的診断法が担っている。また、乳癌に比較的多い骨転移の検出には、<sup>99m</sup>Tc標識のMDP(methylene diphosphonate)を使用した骨シンチグラフィ<sup>注5</sup>が広く用いられている。一方、最近では、グルコースやアミノ酸、核酸、水など生体の代謝に関する物質をF-18、C-11、O-15などのポジトロン（陽電子）核種にて標識し、投与した後PET(positron emission tomography、ポジトロンCT、陽電子放出断層撮影)カメラにて撮像するとこれらの物質の体内動態を知ることができ、腫瘍組織の代謝や機能を反映した情報を得ることができるようになってきた。転移巣の検出、化学療法や内分泌療法の効果判定などに役立つことが期待される。

注1：マンモグラフィや超音波画像で病変を確認しながら針を刺し入れるので、ねらった部分を確実にとらえられる。皮膚を切開して行う外科的生検に比べて短期間に済み傷もほとんど残らない。確実な診断と、安心感・小さな傷痕を両立させるという点でQOL（Quality of Life）上の貢献度も大きい。

注2：ヘリカルの意味は「らせん」。X線のビームをらせん状に動かすことで、従来のCTよりも短時間に死角の少ない撮影が行え、より小さな病変も見つけることができる。

注3：MRI（Magnetic Resonance Imaging、核磁気共鳴画像）検査において、造影剤を静脈注射し、その後から連続的に超高速度撮影することをダイナミックMRI（動態MRI）という。造影の時間的变化は悪性腫瘍の診断や、微小な腫瘍の発見に役立つ。

注4：RI（Radioisotope、ラジオアイソotope、放射性同位元素）を用いた方法であり、色素法よりも精度が高い。センチネル（sentinel=見張り、歩哨）リンパ節を同定するために、術前は固定式のガンマカメラ、術中は携帯型の小型ガンマ線検出装置（ガンマプローブ）を用いる。なお、ガンマカメラは、体内に投与されたRI（<sup>99m</sup>Tcが代表的）またはその化合物が放出するガンマ線を被検体に対し固定した検出器で測定し、その体内分布や臓器内分布を記録し、画像情報を提供する装置である。

注5：骨シンチグラフィは、全身の骨転移をエックス線検査よりも早期に診断でき、骨転移の高リスク患者の評価（前立腺、肺、乳、腎、胃癌など）に広く用いられている。

図1 がんは死因の第1位

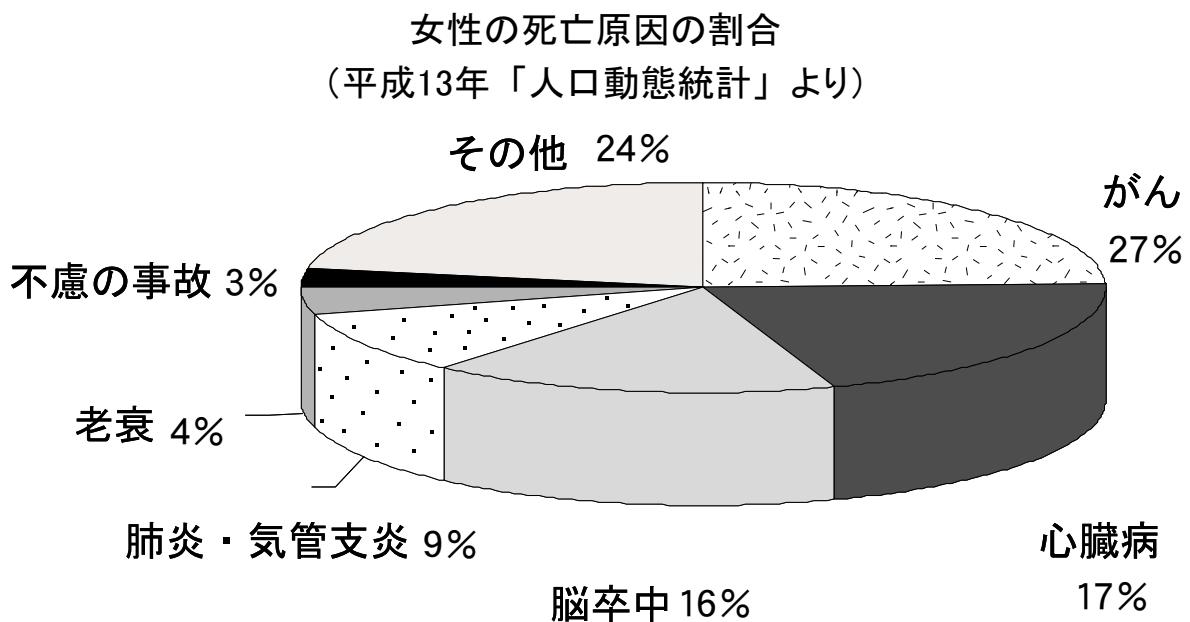


図2 乳房の構造と乳がんの発生

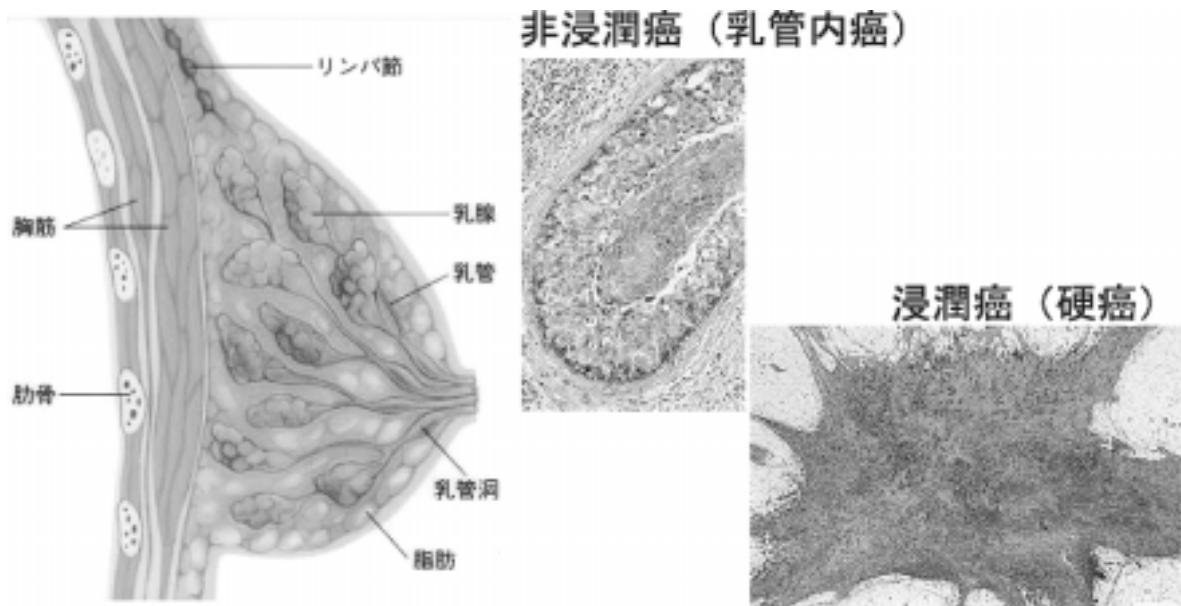
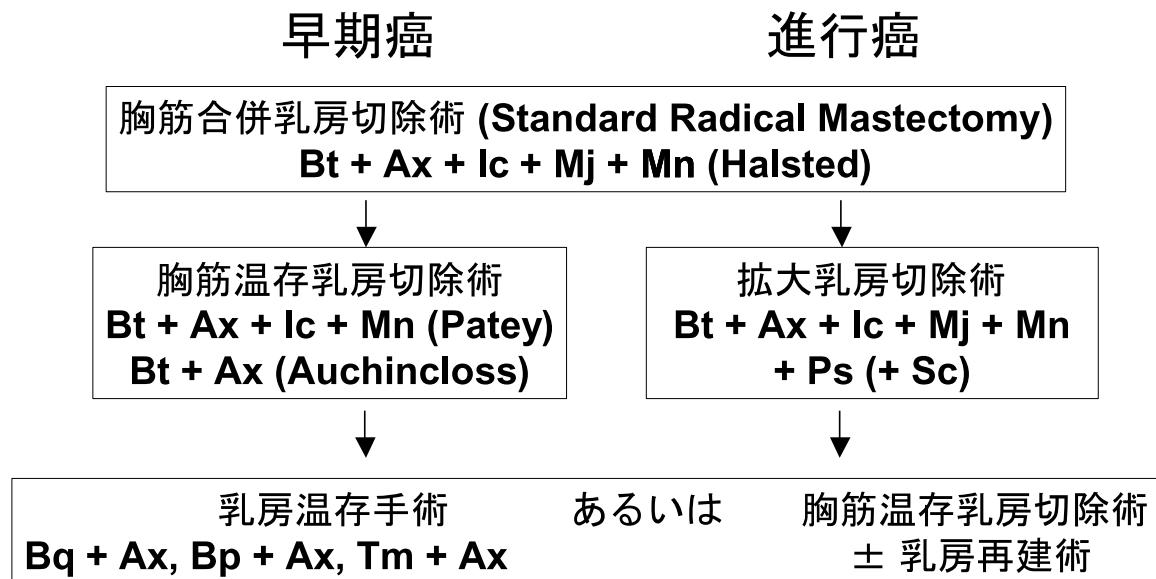
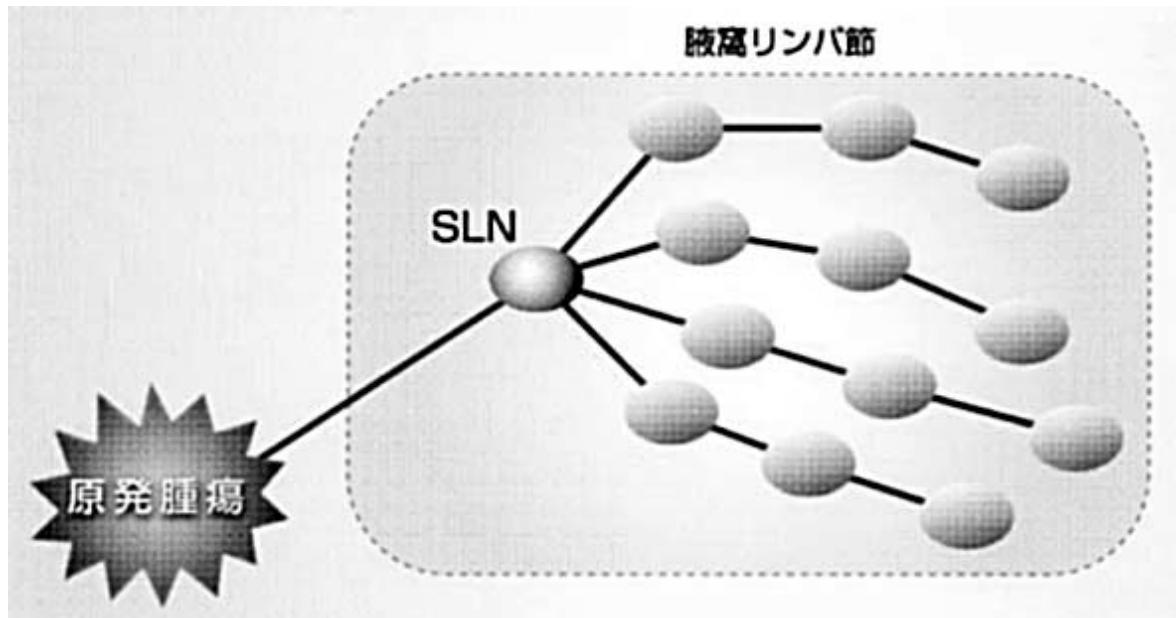


図3 手術療法の変遷



**Bt:** 全乳房、**Ax:** 腋窩リンパ節、**Jc:** 鎖骨下リンパ節、**Mj:** 大胸筋、**Mn:** 小胸筋

図4 センチネルリンパ節 (SLN)



## 見学コーナー（16:00 – 17:00）

今回の公開講座は放射能（放射性物質）と放射線を利用して進められている先端医療を主題にしています。放射能・放射線を上手に利用すれば病気の的確・迅速な診断と効果的な治療が可能になり、我々は計り知れない利益を得ることができます。しかし、過度の放射線被ばくは人体に悪い影響を与えるので、医療分野に限らず、放射能・放射線を利用する全ての分野では、放射線に対する安全確保のために細心の注意が払われています。

放射線が人体に影響を与えることが分かる前（今から80年ほど前）までは世界中で医療用X線の過剰照射による障害の発生がありました。また放射線大量被ばくが目の前で起こり日本国民に衝撃を与えたのは、1945年（昭和20年）の広島・長崎の原爆、**1954年（昭和29年）のビキニ原爆被災事件**、そして1999年（平成11年）のJCO臨界事故でした。

**ビキニ原爆被災事件（第五福竜丸事件）**：1954年3月1日未明、太平洋のビキニ環礁で行われた米国の水爆実験で、実験地の東北東約160km地点で漁場調査を行っていた第五福竜丸（母港：静岡県焼津港）の乗組員23人が「死の灰」を浴びた。同年9月、無線長の久保山愛吉さんが死亡。他にも近海にいた多数の遠洋マグロ漁船が被災した。放射能が検出されたマグロは「原爆マグロ」と呼ばれて廃棄された（金沢市や小松市では墓地に埋められた）。

今年（2004年）はビキニ原爆被災事件から50年になります。50年に特別な意味は無いかも知れませんが、このような事件の真実を語り継ぐ機会ではないでしょうか。大量の放射線に被ばくされた方々の犠牲の上に今日の放射線安全基準が築かれ、被ばく医療が進歩したのです。

ところで、金沢大学（1949年創立）で放射能・放射線を利用して研究が行われるようになったのは1952年（昭和27年）のことでした。日本の大学の中では極めて早い取組でした。今から考えると本当に貧弱なものしかありませんでしたが、金沢大学には放射性物質を取り扱う専用の実験室と放射線測定器がありました。そのような体制ができばかりのときにビキニ原爆被災事件が起こり、原爆マグロが金沢市の近江町市場など県内の魚市場にも入荷してきました。当時の金沢大学の先生方は原爆マグロに付いている放射能の分析等を不眠不休で行い事件の科学的真実の解明に尽くされました。

今回の公開講座の見学コーナーでは、ビキニ原爆被災事件の貴重な資料の展示を行います。また、我々の身の回りで放射線が飛び交っている様子を特殊な装置を使って観ていただこうと思います。時間の許す限りじっくりご覧いただき、日頃疑問に感じておられることについてのご質問も受けてお答えしたいと思います。

#### 解説者

中西 孝（金沢大・自然科学研究科）

山本 政儀（金沢大・自然計測応用研究セ）

柴 和弘（金沢大・学際科学実験セ）

横山 明彦（金沢大・自然科学研究科）

### 資料とパネルの展示 一ビキニ原爆被災事件から50年一

- ・第五福竜丸の甲板に降下した放射性降下物（死の灰）
- ・原爆マグロのウロコ
- ・ビキニ原爆被災事件のパネル

（これらの展示物は、東京都立第五福竜丸展示館 のご厚意により貸し出していただいたものと金沢大学に保存されてきましたものです。）

放射性物質は一定の半減期で減少するので、ここに展示する「死の灰」や「原爆マグロのウロコ」には現在では放射能がほとんど無く（精密な測定によって辛うじて検出される程度）、危険なものではありません。

携帯型の放射線測定器を置いておきますので、どの程度の放射線が出ているか調べてみてください。

### 実 演

- ・大型の霧箱（きりばこ）で放射線の飛跡を観ていただきます。

（この霧箱は、（財）金沢子ども科学財団 のご厚意により貸し出していただいたものです。）

霧箱の密閉された空間にはアルコールの蒸気が充満しています。アルコールの蒸気が充満している中を放射線が通過すると、その跡（飛跡）にスジ状の霧が発生します。ちょうど飛行機雲のように見えます。太く、数センチメートルの長さのものは、アルファ線による飛跡です。アルファ線は空気中を数センチメートルしか飛ばないことをお分かりいただけると思います。注意深く観察する必要がありますが、細い糸クズのような飛跡はベータ線によるものです。ガンマ線は見えません。



金沢大学放射性同位元素委員会  
放射能・放射線に関する広報小委員会

---

森 厚文（金沢大学学際科学実験センター教授）（委員長）  
稻部 勝幸（金沢大学大学院自然科学研究科教授）  
加藤 将夫（金沢大学大学院自然科学研究科助教授）  
高山 輝彦（金沢大学医学部教授）  
中西 孝（金沢大学大学院自然科学研究科教授）  
松永 司（金沢大学大学院自然科学研究科教授）  
村上 尚（金沢大学大学院医学系研究科助教授）  
山田 正仁（金沢大学大学院医学系研究科教授）  
横山 明彦（金沢大学大学院自然科学研究科助教授）  
米倉 秀人（金沢大学大学院医学系研究科助教授）

---