

金沢大学市民公開講座
- 金沢大学アイソトープ利用 50 周年記念講演会 -

要 旨 集

日 時 平成 14 年 6 月 22 日 (土)

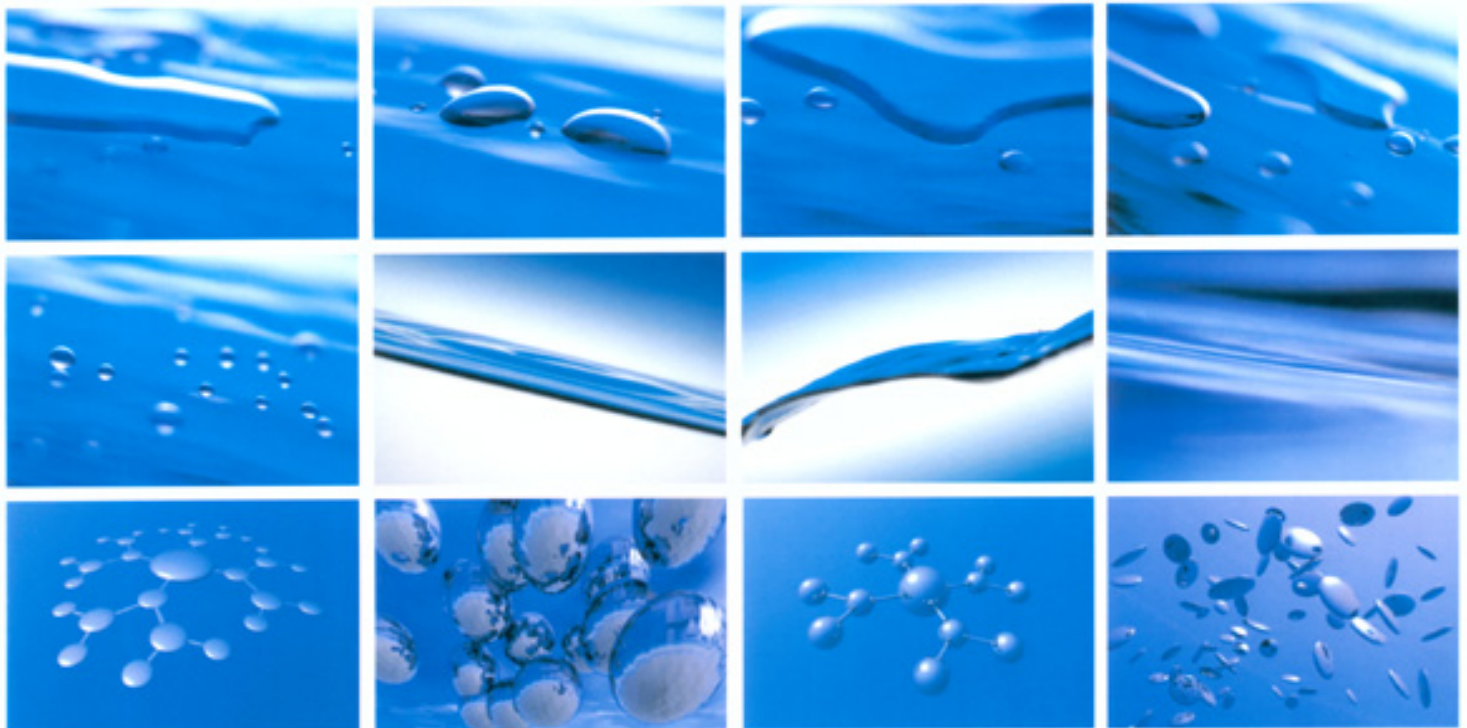
場 所 金 沢 市 観 光 会 館

主催 金沢大学放射性同位元素委員会
金沢大学アイソトープ総合センター

●参加費無料

金沢大学市民公開講座

— 金沢大学アイソトープ利用50周年記念講演会 —



開催日：平成14年6月22日(土)

開催場所：金沢市観光会館 2階大集会室

講演（14時～16時）

司会 中西 孝（金沢大学理学部教授）

森 厚文（金沢大学アイソトープ総合センター教授）

1. がんの謎を探る

佐藤 博（金沢大学がん研究所教授）

2. サンゴ礁から地球の動きを考える

大村 明雄（金沢大学理学部教授）

見学コーナー

パネル展示、実験・実演（13時～14時、16時～17時）

小村 和久（金沢大学自然計測応用研究センター教授）

天野 良平（金沢大学医学部教授）ほか

主催：金沢大学放射性同位元素委員会

金沢大学アイソトープ総合センター

後援：石川県・石川県教育委員会・金沢市・金沢市教育委員会
（社）日本アイソトープ協会

お問い合わせ先：金沢大学アイソトープ総合センター 森 厚文
TEL 076-265-2470. FAX 076-234-4245

金沢大学市民公開講座

「金沢大学アイソトープ利用 50 周年記念講演会」の開催にあたって

中 村 信 一（金沢大学副学長）

1895 年のレントゲンによる X 線の発見、1896 年のベクレルによるウラン放射能の発見、1898 年のキュリー夫妻による新元素ラジウムの発見から 100 有余年、この間、放射線・放射能科学が飛躍的に発展し、科学技術・産業・医学の進展をもたらし、人類に多大の貢献をしてきました。

金沢大学でアイソトープの研究がスタートしたのは 1952 年のことであり、従って本年が 50 周年と言うこととなります。金沢大学はわが国において最も早くアイソトープ研究に着手した伝統ある大学であります。1954 年の“原爆マグロの研究”以来の成果をもとに、理学部放射化学講座（全国で 2 番目）、薬学部放射薬品講座（全国で 3 番目）、医学部核医学講座（わが国最初）、理学部附属低レベル放射能実験施設（わが国最初）、医学部保健学科放射線技術科専攻（全国で 3 番目）が次々と設置され、現在ではこれらの講座・施設等は大学院部局化などの組織・再編に伴い発展・拡充されております。

最初の研究は今から振り返りますと随分と単純なものでしたが、その後医学・薬学・理学等の様々な研究分野においてアイソトープを利用した研究が広がり、かつ高度化してきました。利用者もまた、当初の 10 年間と比較しますと 10 倍以上にもなっております。現在、金沢大学ではアイソトープ総合センター（全国で 7 番目）などのアイソトープ施設においてアイソトープ実験が行われており、最先端の研究が行われています。

また、市民の皆様は放射線・放射能に対する理解を深め、放射線・放射能がかかわる科学と技術に興味を持っていただくために、金沢大学では 1996 年（平成 8 年）「放射能発見 100 周年記念講演会」、1998 年（平成 10 年）「キュリー夫妻ラジウム発見 100 周年記念講演会」、2000 年（平成 12 年）「市民のための放射能・放射線の話」と題して市民公開講座を開催して参りました。

本年度は先述のように金沢大学でのアイソトープ利用が始まって 50 周年となることから、今回それを記念して、金沢大学で行われているアイソトープを利用した代表的な研究についてお聞き頂く機会を作りました。あわせて市民の皆様は放射線・放射能についてよりよく理解して頂くために、パネル展示、実験・実演などの見学コーナーを設けました。講演・パネル展示などを通じて、金沢大学に対してより深い御理解を賜るとともに、「科学の不思議および面白さ」などについて興味を持って頂ければ幸甚です。

目 次

講 演

1 . がんの謎を探る.....	5
佐 藤 博 (金沢大学がん研究所教授)	

2 . サンゴ礁から地球の動きを考える.....	9
大 村 明 雄 (金沢大学理学部教授)	

見学コーナー.....	14
-------------	----

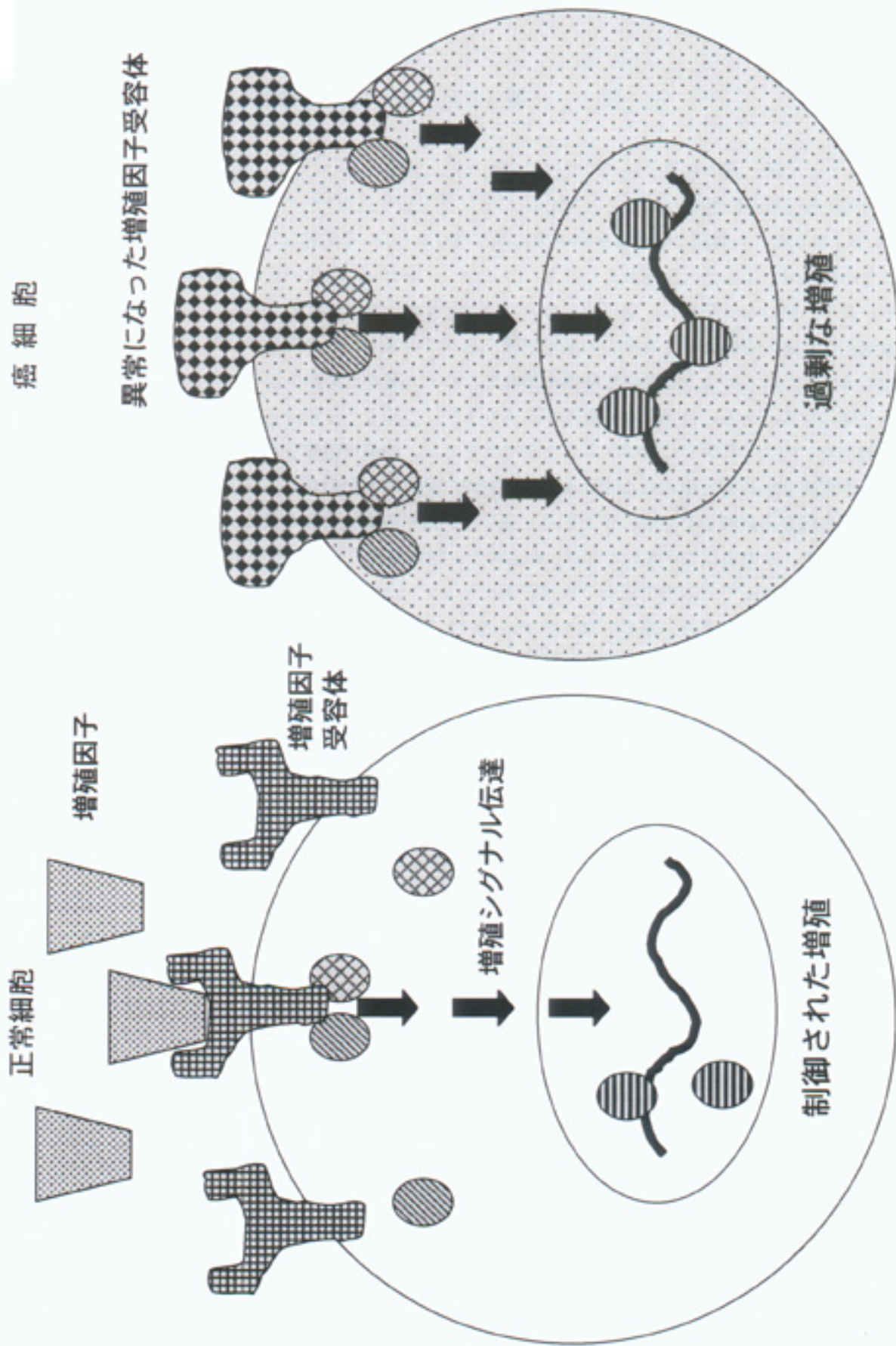
M E M O

1 . がんの謎を探る

佐 藤 博（金沢大学がん研究所教授）

癌（がん）は心臓、脳の疾患と並んで現代の主要な死亡原因の一つです。先進国では5人に一人が癌で死にます。1970年代初めに当時のニクソン大統領は「月に人を送り込む」アポロ計画の後を受けて「癌戦争（War on Cancer）」を宣言し大規模な研究費を癌研究に振り向けました。その結果、癌研究は飛躍的な進歩を遂げ、さらに生命科学的研究にも多大な貢献をしました。しかし、残念なことにいまだに癌は「不治の病」と言われ続けています。癌はなぜ発生し、なぜ治らないのでしょうか。癌とはひとくちに言えば「遺伝子の病気」です。遺伝子は私達の身体をつくる全ての遺伝情報を持っています。その遺伝子に間違い（変異）が生じると癌になります。たばこのような発癌性物質を摂取したり、大量の放射線を浴びたり、発癌性のウイルスに感染すると癌になる、あるいは癌になる確率が高まります。このように癌は自分の細胞が変化したものであるために細菌などのように容易に排除することができません。治療が困難な理由はここにあります。どのような遺伝子の変異を起こすと癌になるのかという研究から発見されたのが「癌遺伝子」「癌抑制遺伝子」です。正常な細胞は環境と調和して増殖・停止をくり返し、何回かの細胞分裂の後に、寿命が尽きて死にます。一方、癌細胞はまわりの事はおかまいなしに、寿命のない無限増殖をくり返します（図1）。試験官の中で行う癌化と身体の中で癌ができるのではやや事情が異なります。身体の中ではポリープのような前癌状態から癌、さらに組織内に浸潤した悪性の癌まで様々です。このように身体の中で立派な癌になるためには遺伝子の変異の蓄積が必要となります。これを「多段階発癌」と呼びます（図2）。最終的に身体の中で増殖した癌は1個の細胞に由来することがわかっています。治療の面から言えば癌の治療を困難にしている原因は「転移」です。外科的に取り除くことができる癌は治療が可能ですが臓器深く浸潤し、さらに遠隔臓器にまで転移してしまった癌は外科的に切除することができません。現在、新規抗癌剤の開発から遺伝子治療までさまざまな治療法が開発が行われています。また、癌には多くの種類があり、個人差もあることから遺伝子診断による最適な治療法を選択するオーダーメイド医療も現実のものとなりつつあります。

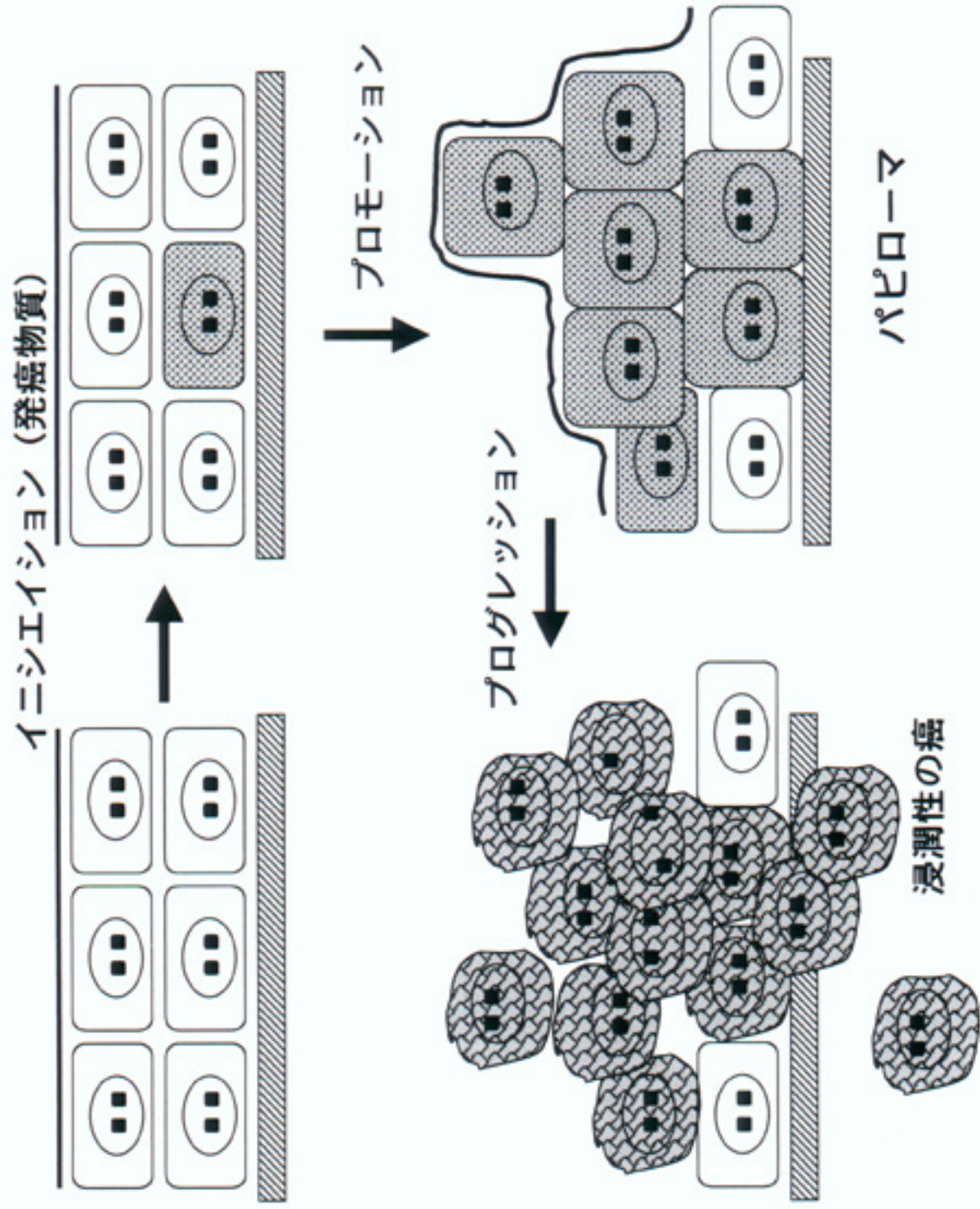
図1 正常細胞と癌細胞との違い



増殖因子の結合した受容体からシグナルが伝わり増殖が制御されている。

異常になった増殖因子受容体では増殖因子の結合なしにシグナルが過剰に伝わる。

図2 多段階発癌



M E M O

2 . サンゴ礁から地球の動きを考える

大 村 明 雄（金沢大学理学部教授）

．陸に上がったサンゴ礁（サンゴ礁段丘）

1 . サンゴ礁

“ 礁 ” は reef (リーフ) の訳語で、もともと浅瀬を意味する言葉ですが、激しい波浪にも耐えることができるほど堅固な海中につくられた生物構築物のことをいいます。実は、長い地質時代を通して、礁をつくる生物（造礁生物）の種類はいろいろ変化し、中生代三畳紀（およそ1億5000万年前）から、その骨組みが、今と同じ、石サンゴ（六放サンゴ類）とサンゴ藻（石灰藻類）でつくられるようになりました。

礁を造るサンゴ類は、共生する藻類が光合成に利用する太陽光線が必要とするため、光がとどく深さの海（透光帯）にしか生息できません。多くのサンゴが海面直下（水深 1～5m）を好む点で、もう一つの重要な造礁生物であるサンゴ藻と同じです。造礁サンゴとサンゴ藻は、波によってこわされることがないように、そして太陽光を有効利用するのに適した形の群体をつくりながら成長します。また、造礁生物の生育には、太陽光だけでなく、適度な水温と塩分濃度が必要です。これらすべての条件を満たすのが熱帯～亜熱帯地方の海で、西太平洋に位置する我が国では、種子島が、現在のサンゴ礁形成にとって北限とされています。

2 . サンゴ礁段丘

サンゴ礁には様々な形があり、6種類（エプロン礁・裾礁・堡礁・環礁・卓礁・離礁）に分類されています。進化論の提唱者として有名なダーウィンは、海洋島のまわりにつくられているサンゴ礁の形が、海洋底の沈降と礁の上方成長の速度によって決まると考えました。礁の成長速度と同じか、それより遅い速度で沈降している所では、サンゴ礁が連続的に成長することができますが、沈降速度と成長速度とのバランスによって、裾礁から堡礁、さらに環礁へとサンゴ礁の形が変化するというのです。海洋底の沈降速度が礁の成長率より早ければ、それまでに形成されたサンゴ礁は、成長することができず海中に没してしまいます。

およそ 170 万年前から現在までのもっとも新しい地質時代（第四紀）は氷河時代ともよばれ、この時代には、寒い氷河期と暖かい間氷期が繰り返されました。地球全体が寒冷化すると、地球上の水の一部が極地方や山岳地域の氷になる（氷河の発達）ため海水の量が減り、海面が下がります。逆に、気候が温暖な間氷期には、氷河をつくっていた氷がとけ出すため海面が上がります。このような氷河の消長によって地球規模で起こる海面変化が氷河性海面変動です。

サンゴ礁が発達する南西諸島を含む日本列島は、世界でもっとも地殻変動の激しい“変動帯”として知られ、なかには最近 10 数万年間に隆起しつづけてきた所があります。

サンゴ礁は、礁嶺から礁原や礁池を含めた陸側の部分が全体として平坦なため、比較的温暖な海面高度が高い時期に形成された裾礁は、隆起運動や海水面の低下によって、海岸沿い平坦面（海成段丘）として海面上に姿を現すことがあります。こうして形成されたのがサンゴ礁段丘で、長い期間を通し、早い速度で隆起してきた地域ほど、階段状に何段ものサンゴ礁段丘が発達します。

・サンゴ礁段丘からみた地殻の動き

1．海面高度計や変動計としてのサンゴ礁段丘

熱帯や亜熱帯地方の海面下につくられた裾礁が陸上に姿を現したサンゴ礁段丘は、温暖な気候のため、海面高度が比較的高かった時期の海面高度や形成された後の隆起量を知るのに役立ちます。サンゴ礁段丘から復元できるのは隆起後の海面高度であり、現在の分布高度をそのままサンゴ礁形成当時の海面高度と考えることはできません。昔の海面高度を正しく知るには、サンゴ礁段丘の形成にかかわった隆起量を求め、古海岸線高度からそれを差し引かなければなりませんし、それぞれのサンゴ礁段丘が今から何年前につくられたサンゴ礁かを知らなければなりません。

2．サンゴ礁段丘の年令を測る

サンゴ礁段丘を構成する石灰岩は、放射性炭素法やウラン系列法と呼ばれる放射性元素を用いる年代測定に利用できるサンゴ化石を多く含むため、それぞれの段丘の形成年代(年令)を求めることができます。

放射性炭素(^{14}C)法は、サンゴ骨格(化学組成は炭酸カルシウム、 CaCO_3)をつくる炭素同位体の一つで、質量数 14 の放射性炭素が、骨格形成後の時間経過とともに次第に窒素(^{14}N)に壊変していくことを利用するものです。すべての放射性核種は、それぞれ固有の速度で壊変しますが、放射性炭素の半減期は 5,730 年です。形成時にサンゴ骨格に取り込まれた放射性炭素の半分が 5,730 年後には窒素になってしまうということです。したがって、初めに骨格中に取り込まれた放射性炭素数($^{14}\text{C}_0$)を見積ることができれば、試料中に現在も残っている数(^{14}C)との比($^{14}\text{C}/^{14}\text{C}_0$)から、化石サンゴの年令を求めることができます。しかし、半減期のおおよそ 7 倍に当たる 4 万年より古い化石試料には、放射性炭素数が少なくなってしまうため、正確に測定することが難しくなります。

そこで、それより古いサンゴ化石については、ウラン系列法とよばれる方法を使って年令を測ります。この方法では、サンゴ骨格中にごくわずかに含まれるウラン同位体とその娘核種を利用します。天然には、質量数が異なる 3 つのウラン同位体がありますが、それらは壊変して娘核種に変わります。たとえば、質量数が 234 のウラン(^{234}U)は、その原子核からアルファ()粒子を放出して、娘核種(質量数 230 のトリウム同位体、 ^{230}Th 、別名イオニウム)に変化することを利用するのです。サンゴ類が骨格をつくる時には、その中にトリウム同位体を取り込まないため、化石サンゴに含まれるイオニウムは、ウラン同位体(^{234}U)の壊変によって生成されたもので、古いものほど多くのイオニウムを含むことになります。すなわち、この年代測定法では、娘核種と親核種の含有比(具体的には、 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 放射能比)から年令を求めます。この方法は、イオニウムの半減期が 75,200 年と長いことから、有効に利用できる年代範囲が放射性炭素法より長く、おおよそ 40 万年までの年代を測るのに適しています。

3．サンゴ礁段丘から隆起量を知る

前にも述べたように、サンゴ礁段丘を海面指示者として推定された古い海岸線の高度が、そのまま段丘形成時の海面高度を示すわけではありません。パプアニューギニア北東部ヒュオン半島の海岸地域に発達するサンゴ礁段丘は、次々と訪れた高海面期における裾礁の形成と長期間の連続的な隆起運動によって形成されました。したがって、それぞれのサンゴ礁が離水してから現在までの隆起量を知らなければ、それぞれのサンゴ礁が形成された当時の海面高度を推定することができません。

一般にサンゴ礁段丘からは、次のような手順で、その地域の隆起量を求めます。

- (1) 段丘形成当時の海岸線を認定し、その高度(H)を正確に測ります。それには高精度の高度計や光波測量計などを用いて測量するか、あるいは正確な地形図から高度を読み取ります。
- (2) 段丘を構成する石灰岩からサンゴ化石を採集し、それを放射性炭素法やウラン系列法によって、サンゴ礁の形成年代(T)を測定する。

(3) 変動していない地域で求められた T 年前と現在の海面高度との差 (S) を知ることができれば、次の式から、その地域の隆起量と隆起速度を計算することができます。

$$\text{隆起量 (m)} = H - S$$

$$\text{隆起速度 (m/年)} = (H - S) / T$$

4 . 南西諸島の更新世サンゴ礁段丘

南西諸島のサンゴ礁段丘は、ウラン系列法などによる年代測定によって同時代に形成されたことが確かめられたものでも、その分布高度が島ごとで違います。この事実は、私達に、段丘形成後の隆起量が地域によってことなることを教えてくれました。

たとえば、今から 12 万 5,000 年前の最終間氷期とよばれる時代のサンゴ礁が、現在、喜界島では島の最高地点 (海拔 224m) を含むサンゴ礁段丘をつくっていますが、同じ時代のサンゴ礁段丘は、波照間島で最高 41m、与那国島では高度 30m、南北両大東島で、高度 10 ~ 12m のところにあることがわかりました。また、10 万 5,000 年前につくられたサンゴ礁が、現在、喜界島で 195m、波照間島では 30m の高度の段丘をつくっています。しかし、与那国島をはじめとする他の島々では、その時代やそれより新しいサンゴ礁段丘はみつきりません。

下の表は、南西諸島の 5 つの島に分布するサンゴ礁段丘の形成年代・分布高度・当時の海面高度・各段丘形成後の隆起量を示しています。同じ時代に海面直下で形成されたサンゴ礁段丘の高度がそれぞれの島で違うことと、隆起量が大きい島にほど多くの段丘があることに注目して下さい。それらを隆起量 (あるいは、隆起速度) が大きい (早い) 順に並べれば、喜界島 波照間島 与那国島 南北両大東島となります。

南西諸島，喜界島・波照間島・与那国島・北および南大東島上に分布するサンゴ礁段丘から推定された過去 12 万 5,000 年間の隆起量に関する比較

ウラン系列年代 (年前)	当時の海面高度* (m)	[サンゴ礁段丘の分布高度] (m) 形成後の推定隆起量 (m)				
		喜界島	波照間島	与那国島	北大東島	南大東島
210,000	- 5		[> 60] > 65	[54] 59	?	?
125,000	+ 6	[> 224] > 218	[41] 35	[30] 24	[約 10] 約 4	[約 12] 約 6
105,000	0	[195] 195	[30] 30	[4] 4	—	—
82,000	- 9	[185] 194	[23] 32	—	—	—
60,000	- 30	[70] 100	—	—	—	—
42,000	- 41	[50] 91	—	—	—	—

* パプアニューギニア・ヒュオン半島のサンゴ礁段丘などから推定された海面高度。

印は、各時代のサンゴ礁が隆起して形成されたサンゴ礁段丘が未確認であることを示す。



写真1. 飛行機上からみた沖縄県石垣島のサンゴ礁



写真2. 鹿児島県喜界島のサンゴ礁段丘

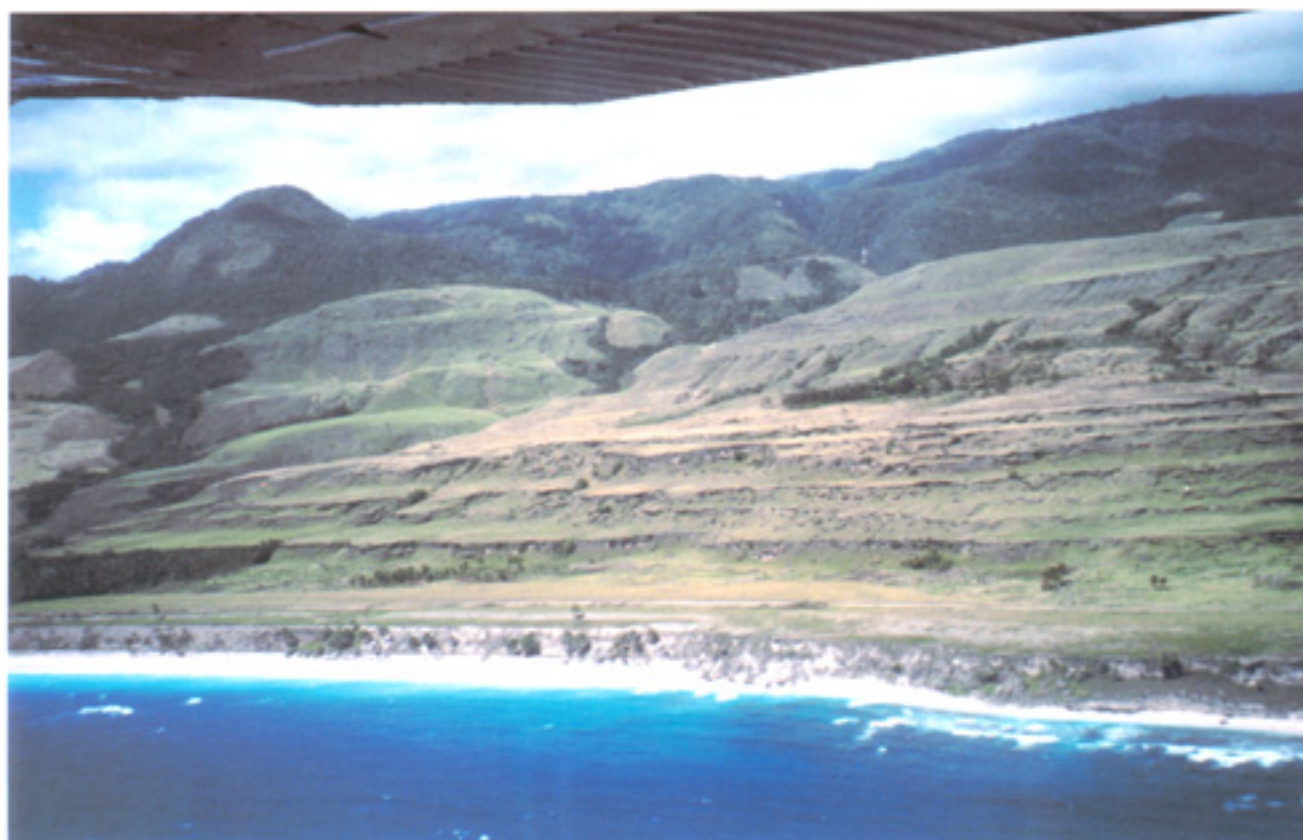


写真3. パプアニューギニア北東部ヒュオン半島に発達するサンゴ礁段丘

見学コーナー（13:00 - 17:00）

今回の公開講座では、本年が金沢大学においてアイソトープが利用されて50周年にあたるので、「金沢大学におけるアイソトープを利用した代表的な研究」について講演が行われます。講演についてより深く理解していただくために、パネル展示のコーナーやいくつかの測定器を利用した実演・体験コーナーを設けました。時間の許す限りご覧いただき、体験や質問もしていただきたいと思います。

（天野良平、他）

パネル展示のコーナー

金沢大学におけるアイソトープ利用の歴史

解説者

中西 孝（金沢大・理）

森 厚文（金沢大・アイ総セ）

がんの謎を探る

佐藤 博（金沢大・がん研）

サンゴ礁から地球の年代を考える

大村明雄（金沢大・理）

実演と体験のコーナー

霧箱（きりばこ）で放射線を観る

放電箱（ほうでんばこ）で放射線を観る

身の回りにある物から放射線が出ている放射線を検出してみよう

その他

解説者

天野良平（金沢大・医）

小村和久（金沢大・自然計測研セ）

山本政儀（金沢大・自然計測研セ）

柴 和弘（金沢大・アイ総セ）

横山明彦（金沢大・理）

鷲山幸信（金沢大・医）



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

中西	孝	(金沢大学理学部教授)	(委員長)
天野	良平	(金沢大学医学部教授)	
稲部	勝幸	(金沢大学工学部教授)	
小村	和久	(金沢大学自然計測応用研究センター)	
利波	紀久	(金沢大学医学系研究科教授)	
松井	修	(金沢大学医学系研究科教授)	
松永	司	(金沢大学薬学部教授)	
森	厚文	(金沢大学アイソトープ総合センター教授)	
