

## 東京大学アイソトープ総合センター

ニクス

VOL. 40 NO. 2 2009. 9. 25

## 生命科学研究とラジオアイソトープ

山 本 正 幸

アイソトープ実験に自分の手を動かさなくなっていて久しい。私が最も多量にRIを使っていたのは、30年以上も前の米国でのポストドク時代である。外来DNAから作られるわずかなRNAを標識するのに、1試験管あたり10mCi (370MBq) の $^{32}\text{P}$ 無機リン酸を投入していた。私の友人はRIラベルされたATPを自分で準備するために、一回に100mCiの $^{32}\text{P}$ 無機リン酸を使っていた。これくらいの量になると飛沫が一滴飛ぶだけでガイガーカウンターが振り切れる汚染になるので、非常に緊張を強いられる実験であった。しかし、きちんと実験を進めるとRIは決して裏切らなかった。その当時は、目指す物質にどれだけ $^{32}\text{P}$ が取り込まれたか、最終的な結果を液体シンチレーションカウンターが表示する $10^2 \sim 10^3$  cpmといった数値で判定することが多かった。機器まかせにして自動計測できるのだが、大事な実験の時は200本ほどのバイアルをまずは1本当たり30秒程度の短時間測定にかけて次々表示される数値を見守り、ピークの出方に一喜一憂したものである。このような実験を始めとして、当時の分子生物学はRIなしには進めようのないものであり、今日我々の眼前にある生命科学の発展はまさにRIのおかげであるといっても過言ではない。

日本から米国に留学した者として、日本におけるRIの取り扱い教育と研究者の健康管理システムが非常にきちんとしたものであることもよく実感できた。米国時代のエピソードとして、クリスマスパーティーのための七面鳥がRI保管用の大型冷蔵庫に一時保存されていたことがあった。もちろん責任者は米国でも大目玉を食ったのであるが、RIに対する全般的な意識の低さを象徴するような出来事であった。

生命科学研究において、トレーサーとしてのRIの利用は昨今大きく様変わりした。検出法の改良によりRIの使用量はミニマムに抑えられるようになり、さらには蛍光色素など、非RIによる検出法に置き変わった実験も多い。かつて簡便に使っていた、水溶液試料と有機溶媒を混合したシンチレーションサンプルは、処理の難しい廃液として処分に手間と費用がかかる負の遺産となっている。しかし、生命科学には感度の鋭敏なRI実験に頼るしかない研究がまだまだ残されている。RIの利用にあたっては、最小限の負荷とリスクで最大限の効果が得られるよう、よく練り上げた研究を進めて頂きたいと思う。

(東京大学生命科学ネットワーク長・大学院理学系研究科教授)

## 研究紹介

# ルミネッセンス年代測定法を用いた火山噴火年代の決定

宮 入 陽 介

日本列島は非常に地質学的に不安定な環境にあり、火山活動や地震活動を繰り返している。その活動史を研究することは、将来の火山活動や地震活動の予期につながるであろう。たとえば火山噴火のマグマの噴出量とその噴火間隔を比較すると階段状のグラフ(階段ダイアグラムという)が描ける。そのグラフの傾きは長期的に見れば一定していることが多い。つまり火山のマグマの噴出量は1回ごとの噴火では規模の差があるが長期的に見ればマグマの供給量は一定しており、中長期的視点で考えれば、火山噴火の規模と時期を非常に大まかではあるが予測できる。したがって、火山噴火の予知をする上で過去の噴火史を詳細に知ることは非常に重要であり、火山の将来の活動を知ることにもつながる。

また、火山噴火は古環境研究のタイムマーカーとなる。大規模噴火では、火山噴出物の飛散する範囲は非常に広範なものとなる(一例を図1に示す)。その火山噴火の堆積物層は各地域を覆う同時時間面を形成し、その同時時間面を元に考古遺跡の年代決定や、古環境学や地質学上のタイムスケールとしても使われている。つまり火山の噴火年代測定は、その他の分野では時間的基準として使われることになり、そういう方面からも高精度年代測定が要求されている。

火山噴火年代の測定法によく用いられる方法として、放射性同位元素を用いた年代測定法がある。それには $^{14}\text{C}$ 年代測定法やカリウムアルゴン(K-Ar)法などがある。しかし、これらの年代測定法で十分な精度が得られない期間(およそ5~10万年前)がある(図2)。これは $^{14}\text{C}$ の半減期が5730年と比較的短く、 $^{14}\text{C}$ 法は若い火山噴火に適しているのに対し、K-Ar法は $^{40}\text{K}$ の半減期が $1.2 \times 10^9$ 年と非常に長いことから比較的古い火山噴火の年代測定に適しており、これらの適用年代範囲の狭間の5~10万年前という期間が年代測定の難しい期間となるためである。しかし、その期間にも火山噴火は数多くあったことが地質学的研究によりわかっており、その空白期間をいかにして埋めるかが重要となってくる。

そこで、放射線損傷を用いた年代測定法が着目される。放射線損傷を用いた年代測定法の原理は、蓄積放射線量を定量し、その蓄積放射線量を試料の存在していた場所の年間の天然放射線量で除して年代を求める(下式)。

$$\text{年代} = \text{蓄積放射線量} \div \text{年間放射線量}$$

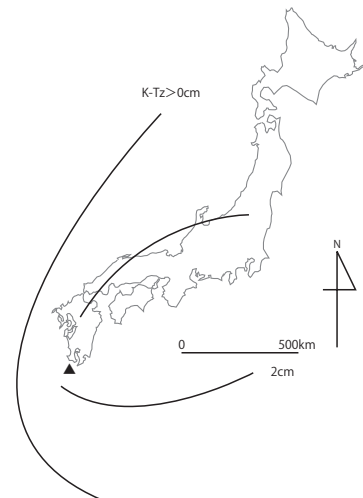


図1 鬼界葛原(略称:K-Tz)火山灰の分布範囲とその層厚

九州の南端の鬼界火山(黒三角)の噴出物は、本州全域を覆うほどの広範囲に分布している。その堆積層は1000km程度離れた関東でも数cmの厚さで観測される。

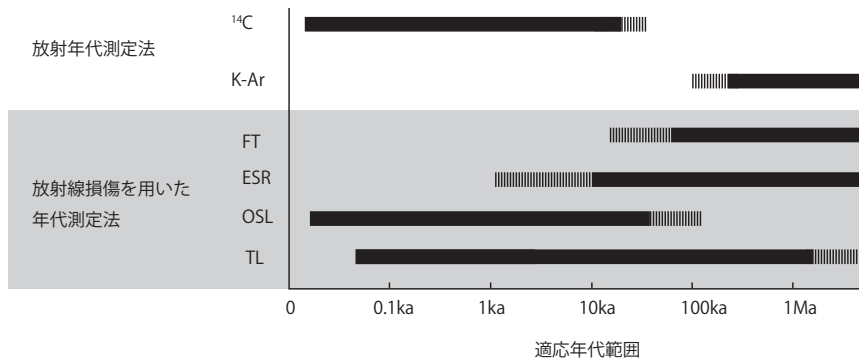


図2 各年代測定手法間の適用年代範囲

第四紀(約180万年前に人類が誕生した以降の時期)の火山噴火の年代測定に使える年代測定法とその適用範囲(横軸の単位kaは千年前、Maは百万年前の意)

放射線損傷を定量化する手法として、フィッシュン・トラック (FT) 法、電子スピン共鳴 (ESR) 法、光励起蛍光 (OSL) 法、そしてここで取り上げる熱ルミネッセンス (TL) 法などがある。これらの適用年代範囲は(図2)に示したとおりであり、前述の5～10万年の空白期間を埋めることができる。ただし試料中に含まれる放射性同位元素を直接定量して年代を測定する $^{14}\text{C}$ 法やK-Ar法にくらべ、年代の算出過程が複雑になる分、信頼性に劣る点があるのではないかとすることも指摘されてきた。しかし、近年の放射線損傷を用いた年代測定法の測定精度の向上は著しく、特にTL年代測定法は海外では一般的な年代測定法として認められつつある。

筆者は赤色ルミネッセンス (Red thermoluminescence; RTL) 年代測定法に着目し、数万年前の火山噴火年代測定として利用しようと考えた。TL年代測定法は、天然に存在する鉱物などを放射線検出素子として利用し、鉱物の堆積以降の被曝線量(蓄積線量という)を求め、その試料採取地点の自然放射線量を定量しその値で除することによって堆積年代を算出する。ルミネッセンスを用いた被曝線量測定自体は、ルクセルバッジやTLD (Thermoluminescence Dosimeter) 等々として広く利用されているため、本稿をお読みの皆さんには身近なものと思う。ただし、それを年代測定に利用しようとした場合、ルクセルバッジやTLD素子のように放射線量を定量に適した素子をあらかじめ用意できるわけではない。そのため、堆積物中から放射線検出素子として特性のよい鉱物を選択する必要がある。そこで火山起源の石英に着目する。火山起源の石英は380°Cにピークを持つ赤色のTL発光 (RTL) が放射線量の定量に適していることがHashimoto<sup>1)</sup>などによって指摘されている。また、TLの測定法も近年大きな技術革新があった。Single Aliquot Regenerative dose (SAR) 法の登場である。Murray & Wintle<sup>2)</sup>は、試料測定時の感度変化の問題を解決するために、試料のルミネッセンス測定直後に、弱い一定量の放射線照射(テストドーズ)を行って再び測定を行い、本測定のルミネッセンス強度をテストドーズのルミネッセンス強度で割ることによってそれを補正することを提案した(図3に解説)。SAR法の登場により単一試料で蓄積放射線量を求めることが可能になり、精度よい蓄積放射線量が求められるようになった。

筆者はこのRTL法にSAR法を組み合わせた、RTL-SAR法を日本の火山噴火年代測定に適用した<sup>3)</sup>。その結果6～600ka (ka: 千年) までの期間について、放射性同位元素を用いた年代測定法とほぼ同程度の精度で年代測定が可能であることを確認した(図4)。

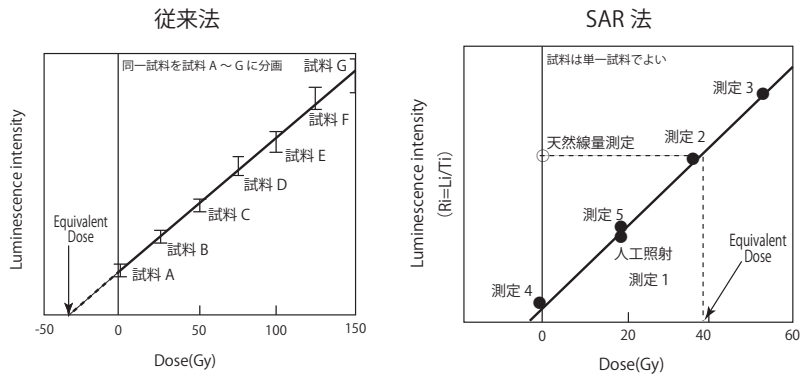


図3 SAR法の概略

左図は従来法での蓄積放射線量(等価線量Equivalent Doseともいう)の求め方。一度ルミネッセンス測定をした鉱物はルミネッセンス感度の変化を起こすため照射線量を変えて再度測定することはできない。そのため同一試料を複数に分割し(この例では7分割)、それぞれに違った放射線量を人工照射しルミネッセンス強度を測定する。そして求められたルミネッセンスの感受性曲線を元に等価線量を計算する。

この手法の欠点は等価線量を外挿で求めるためルミネッセンスの感受性曲線の測定精度が等価線量の見積りに大きく効いてくることである。また分割試料量も正確である必要があり、また測定試料内の鉱物間のルミネッセンスの感受性もそろっていることが前提である。

SAR法は単一試料を用い感度変化を補正しながら鉱物のルミネッセンスの感受性曲線を求める。等価線量は内挿で求められ精度良い見積もりが可能である。この手法を用いるためには試料の感度変化量を規格化するために、テストドーズと呼ばれる一定量の微量な放射線の照射を一試料の測定で何回も繰り返す必要がある。そのため小型の放射線源が内蔵された装置を用いる必要がある。

現在筆者らのグループは、まだ噴火年代が高精度で決まっていない日本の火山について、RTL-SAR法をもちいた年代測定を進めているところである。今まで年代測定が難しかった火山噴火について年代測定が進められることにより、火山発達史の研究のみでなく古環境研究や考古学研究に広く貢献できることを願っている。

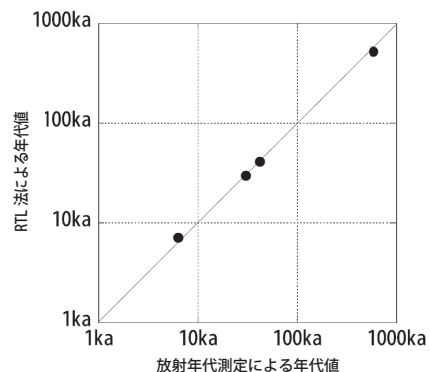


図4 同一火山灰試料の放射年代測定とRTL年代測定とによる比較結果

## 引用文献

- 1) Hashimoto T., Koyanagi A., Yokosaka K. and Sotobayashi Y. (1986) *Geochem. J.*, **20**, 111-118.
- 2) Murray A. and Wintle A (2000) *Radiat. Meas.*, **32**, 579-583.
- 3) 宮入陽介 (2007) 『第四紀後期に噴出した火山灰の年代測定法—高精度放射性炭素年代測定法及び赤色熱ルミネッセンス年代測定法の改良と第四紀年代層序への応用—』、東京大学 平成十八年度博士学位論文、p168.

(大学院工学系研究科)

## 自己紹介



福島 まり

この7月1日に庶務係勤務として、本年度4月1日に本部安全衛生グループ保健・健康推進チーム(本郷保健センター)という長い名称に改組されたところから異動してまいりました。昨年度定年を迎え、今年度からは再雇用職員として働かせていただいております。

これまでは、長い間、経理系の仕事に携わっておりました。庶務係は昭和40年代以来となります。久々の庶務係ということへの期待に胸を含ませています。

アイソトープという今まで馴染みのなかった分野にも、皆様のご理解を頂き、取り組んでまいりたいと存じます。

東京大学での勤務はとても長いのですが、こちらの浅野地区は初体験です。本郷地区・病院地区勤務が殆どでした。浅野地区はとても静かな所に感じております。

これから、最長で4年弱という期限付きではありますが、出来る限り頑張らせていただきますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

### ○センター日誌

平成21年4月6日 平成21年度第1回共同利用ガイダンス実施

平成21年5月18日 平成21年度第2回共同利用ガイダンス実施

教育訓練の実施(新規放射線取扱者講習会) ※は柏で実施

|                 |                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|
| X線コース(223名修了)   | 4月13日、5月1日、5月14日※、5月15日、5月26日、<br>6月6日、6月24日、7月16日、9月15日、        |
| RIコース(147名修了)   | 4月20日～22日、5月14日※～19日、6月6日～11日、<br>6月26日～30日、7月16日～17日、9月15日～16日、 |
| RIXコース(175名修了)  | 4月20日～22日、5月14日※～19日、6月6日～11日、<br>6月26日～30日、7月16日～17日、9月15日～16日、 |
| 英語X線コース(19名修了)  | 4月13日、5月1日、5月15日、5月26日、6月24日、<br>7月16日、9月15日                     |
| 英語RIコース(9名修了)   | 4月20日～22日、5月14日～19日、6月26日～30日、<br>7月16日～17日、9月15日～16日、           |
| 英語RIXコース(15名修了) | 4月20日～22日、5月14日～19日、6月26日～30日、<br>7月16日～17日、9月15日～16日            |

(学生実習)

工学部システム創成学科 7月9日・14日(2日間)

理学部化学科 9月1日～11日(9日間)

## ○人事消息

平成21年7月1日付け

配置換 一般職員 増田みゆき(大学院理学系研究科地球惑星科学専攻一般職員へ)

配置換 一般職員 福島 まり(本部安全衛生グループより庶務係へ)

内部配置換 事務補佐員 鈴木ミツ子(庶務係より業務係へ)

## ○委員会だより

センター運営委員会 臨時4月27日(月)、第120回7月27日(月)

放射線・安全衛生管理委員会 4月13日(月)、4月27日(月)、5月11日(月)、  
5月25日(月)、6月22日(月)、7月6日(月)、  
7月27日(月)、9月7日(月)

センターニュース編集委員会 6月2日(火)、7月31日(金)

国立大学アイソトープ総合センター長会議 6月3日(水)～4日(木)

北海道大学アイソトープ総合センター



## 東京大学アイソトープ総合センターニュース

## 目 次

|                       |       |   |
|-----------------------|-------|---|
| 生命科学研究とラジオアイソトープ…………… | 山本 正幸 | 1 |
|-----------------------|-------|---|

## 研究紹介

|                                |       |   |
|--------------------------------|-------|---|
| ルミネッセンス年代測定法を用いた火山噴火年代の決定…………… | 宮入 陽介 | 2 |
|--------------------------------|-------|---|

|           |       |   |
|-----------|-------|---|
| 自己紹介…………… | 福島 まり | 5 |
|-----------|-------|---|

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| センター日誌…………… |  | 5 |
|-------------|--|---|

|           |  |   |
|-----------|--|---|
| 人事消息…………… |  | 6 |
|-----------|--|---|

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| 委員会だより…………… |  | 6 |
|-------------|--|---|

## センターニュース編集委員会名簿(平成21年度)

|        |        |                              |
|--------|--------|------------------------------|
| 委員長    | 榎森 康文  | 大学院理学系研究科生物化学専攻              |
| 委 員    | 榎本 敦   | 大学院医学系研究科疾患生命工学センター放射線分子医学部門 |
| 〃      | 田野井慶太郎 | 大学院農学生命科学研究科放射性同位元素施設        |
| 〃      | 角野 浩史  | 大学院理学系研究科地殻化学実験施設            |
| 〃      | 埜 和之   | アイソトープ総合センター研究開発部生物部門        |
| 〃      | 富田 正明  | アイソトープ総合センター事務室主査            |
| オブザーバー | 秋光 信佳  | アイソトープ総合センター研究開発部            |
| 幹 事    | 鈴木ミツ子  | アイソトープ総合センター事務室業務係           |