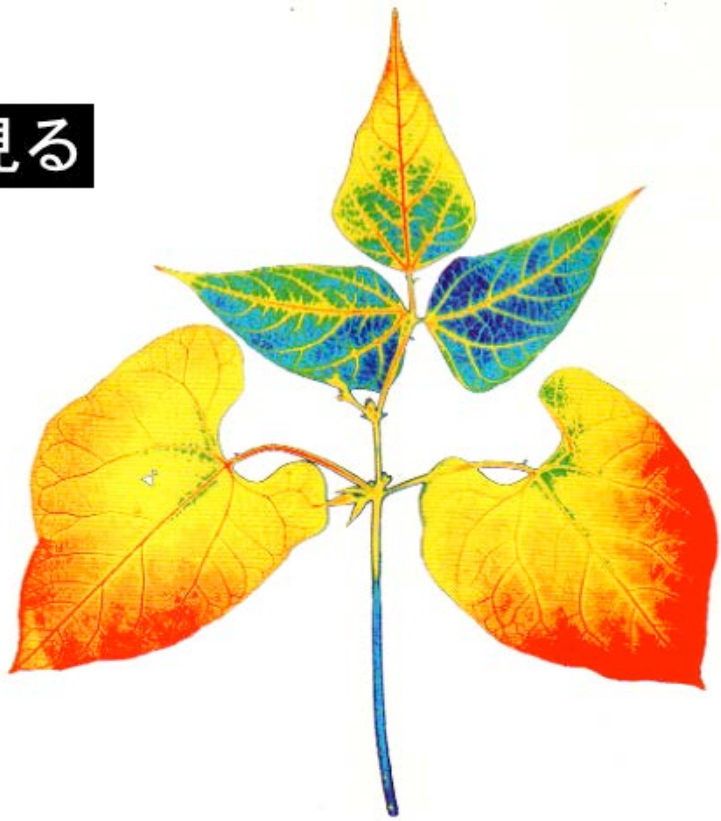


光合成を目で見る

放射化された $^{14}\text{CO}_2$ ガス中で育成されたインゲン豆の葉。根から上がってきた水と、葉の気孔から取り入れた CO_2 ガスが葉緑体のクロロフィルと日光によりデンプンと酸素が作られる。



赤い部分ほど放射線量（デンプン量）が多い

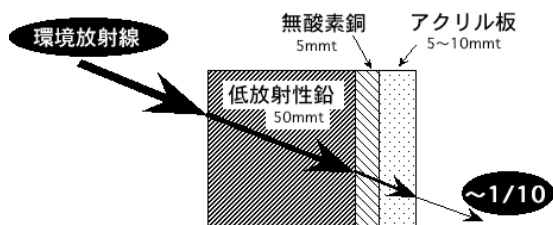
光合成を目で見る

植物の葉で光合成によってデンプンが作られると言うことは知識ではわかっているし、そのデンプンが根の方に送られるということも知っている。しかし実際に目で見えた人はいない。これは葉の中でデンプンが作られ、葉脈を通じてまさに移動しているデンプンをとらえた画像。

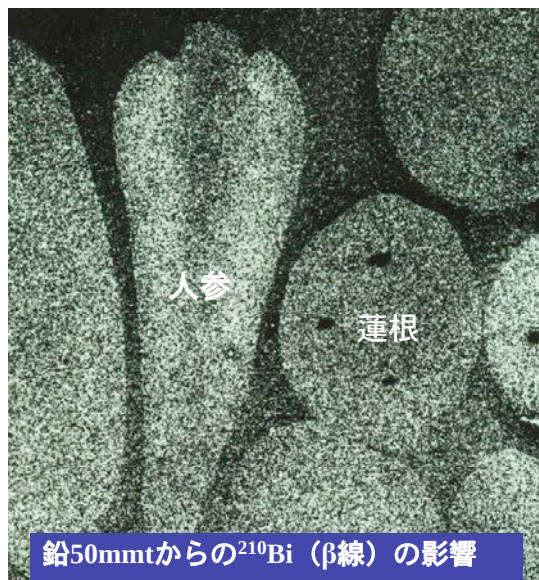
放射化した炭酸ガス中でインゲン豆を育てる。そのインゲン豆の葉を切り取り、放射線画像センサー「イメージング・プレート」に暗箱中で密着させて露光し、そのイメージング・プレートからレーザー走査により放射線画像情報を取り出して、画像化したもの。日本原子力研究所と共同実験。

環境放射線の遮蔽

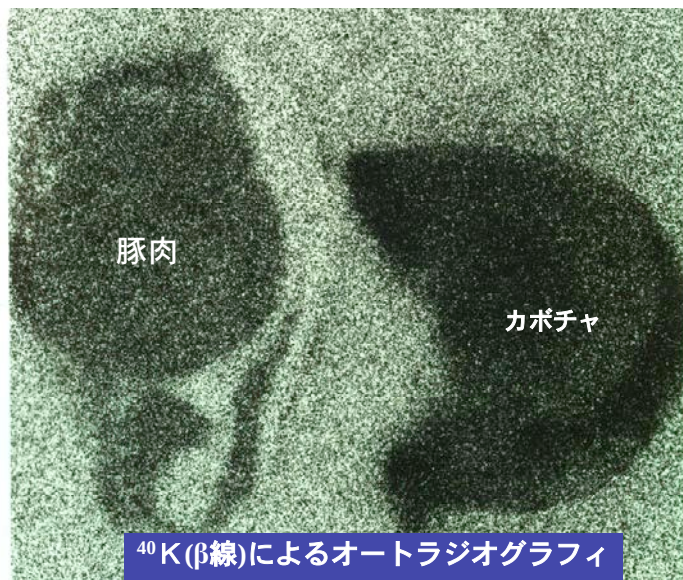
極微量の放射線によるイメージングでは、“低放射性鉛”による環境放射線の遮蔽が必要になる。



環境放射線の遮蔽壁の例



鉛50mmからの ^{210}Bi (β線) の影響



^{40}K (β線) によるオートラジオグラフィ

環境放射線の遮蔽

自然環境放射線はあらゆるところにあるため、ごく微量の放射線による画像を作るには、環境放射線を遮蔽する必要がある。しかし、ただ単に鉛の厚い板で遮蔽すればよいというものではない。若い鉛はそれ自体が自然放射能を含んでいる。左の図は、本来は野菜から放射される放射線による画像をとりたかったのであるが、遮蔽に用いた鉛からのβ線の方がはるかに強いためにできた野菜の影絵。つまり失敗した画像。

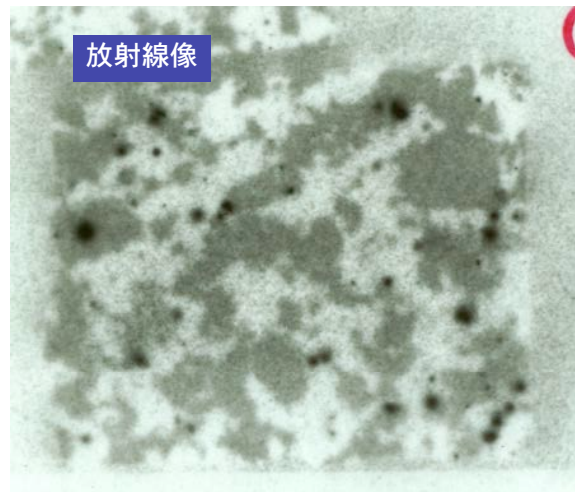
環境放射線を遮蔽するには、1) 枯れた特殊な鉛、2) 高エネルギー放射線が鉛で吸収された時に発生する二次粒子線を吸収するための無酸素銅の厚板（銅は放射性同位体がない）、3) さらに銅で発生した低エネルギーのX線などを吸収するためのアクリルの厚板 という3層構造の遮蔽をする。それでも環境放射線は1/10程度しか減らない。

右の図はそのようにして得られた豚肉とカボチャに含まれているカリウム40からの放射線による画像。肉の脂肪部分にはカリウムが含まれていないことがよくわかる。

花崗岩の自然放射線像 (アレナローズ、スペイン)

<写真> : <放射線像>

- ・ 見えず : 極黒 ジルコンなどのアクセサリ鉱物
- ・ 黒色 : 灰色 黒雲母
- ・ 赤味 : 灰色 カリ長石 (KAlSi_3O_8)
- ・ 白色 : 白色 斜長石 ($x\text{NaAlSi}_3\text{O}_8/y\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
- ・ 透明 : 白色 石英 (SiO_2)



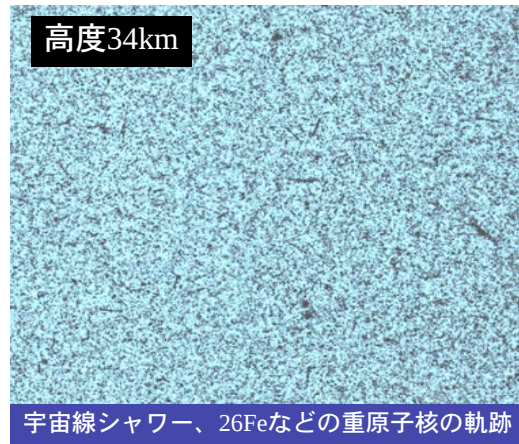
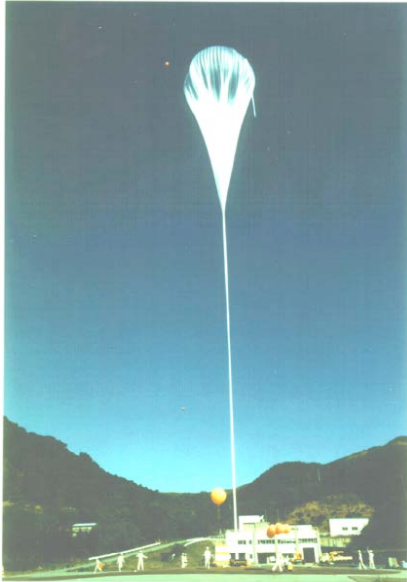
花崗岩の放射線像

もちろんごく微量であるが、岩石中にはさまざまな放射性同位体が含まれる。花崗岩を研磨し、イメージング・プレートと密着して露光し画像化すると、目に見える結晶模様と対応した放射線画像が現れる。通常の写真では見えない部分が黒い画像となって見えてくる領域もある。主たる放射線は岩石中に含まれる K40 からであるが、雲母とかジルコンからの強い領域もある。七宝焼きの模様も放射線画像として容易に検出される。

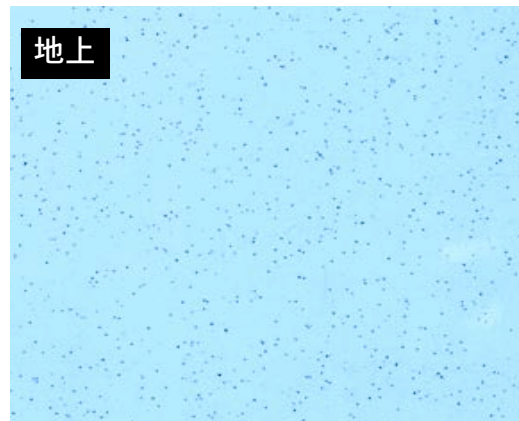
コンクリートの壁・天井・床・包装用の紙・机などの木材からも K40 の β 線が出てくるので、ごく微量の放射線画像を作るにはこれらの影響を避けるための配慮が必要である。

大気球による宇宙線観測

三陸海岸から打ち上げ、偏西風に乗せて高度34kmの太平洋上空で10時間、その後高度を上げ偏東風で日本海に戻し落下させ、回収して画像化。



宇宙線シャワー、 ^{26}Fe などの重原子核の軌跡



大気球による宇宙線観測

イメージング・プレートを大気球に乗せ、地上と高空の宇宙線を観測したもの。東大の航空宇宙研究所と共同。

たった高度34kmになっただけで、実に多量の宇宙線が検出される。鉄の原子核などの粒子が飛び込んでくる様子（細長い軌跡）がよくわかる。地上にいる人類は宇宙線の影響を大気によって防がれていることがよくわかる。

気球は偏西風で太平洋方向に流されるが、ある時間経過後にバラストを落とし、さらに高度を上げて偏東風に乗せ、日本海側まで持っていく、落下させて回収する。

旅客機中の宇宙線の画像化

JAL#005 (NY-NRT) : 14hr
消去から画像化まで : 40hr
1984.8.20~22

- ・宇宙線の影響は赤道よりも極に近いほど大きい。
- ・成田/NY往復 : $92.1\mu\text{Sv}$
- ・パイロット(700~900hr/y) : 3mSv/y
- ・原発 : 1mSv/y
- ・日本の自然放射能 : 1.14mSv/y 、
- ・ICRP勧告 : 職業人 20mSv/y 、一般人 1mSv/y

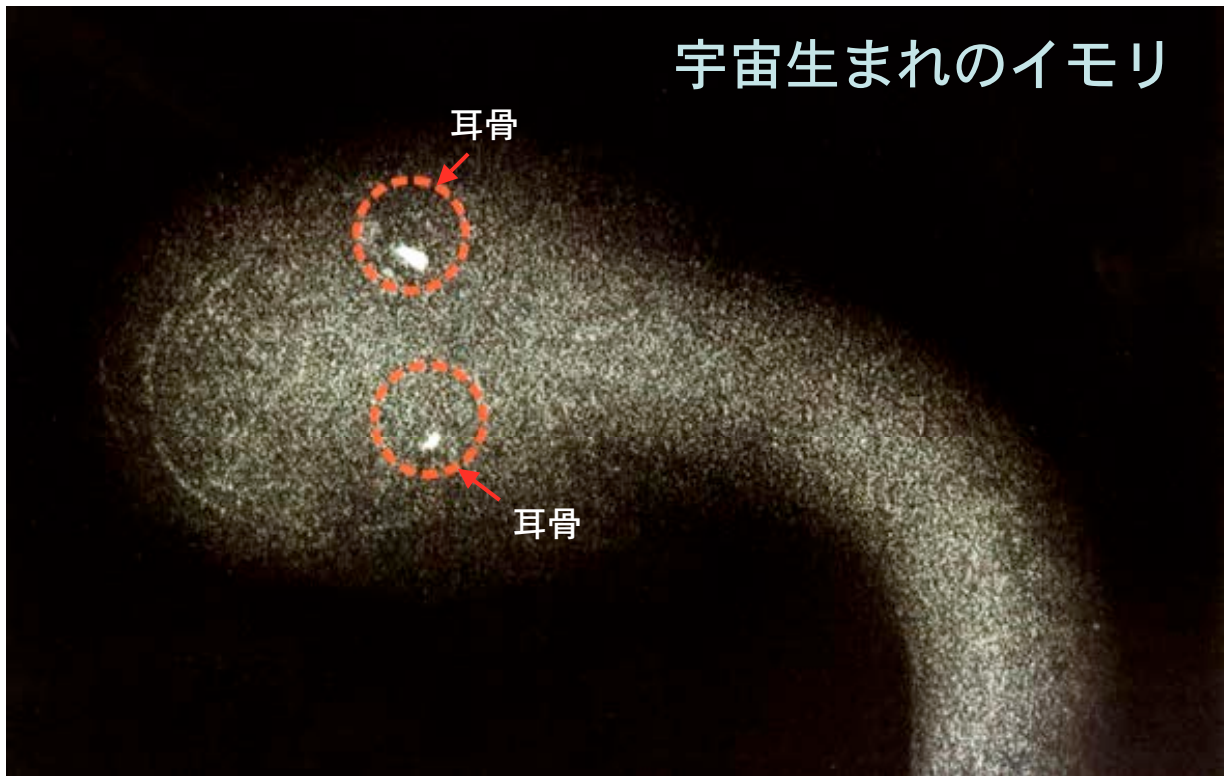
旅客機中で受ける宇宙線

NYのケネディ空港から成田空港までの間、座った座席の下に遮光したイメージング・プレートを置き、帰着後に画像化した宇宙線の画像。頭から入って全身を透過した高エネルギー宇宙線が如何に多いかがよくわかる。

一般人が受ける自然放射能に比べたら、成田/NY往復しても宇宙線の影響はまったく問題はない。しかしパイロットなどは問題になる。最も高い高度を飛んだかったの「コンコルド」は最も被爆量が多かった。

- ・宇宙線の影響は赤道よりも極に近いほど大きい。
- ・成田/NY往復 : $92.1\mu\text{Sv}$
- ・パイロット(700~900hr/y) : 3mSv/y
- ・原発 : 1mSv/y
- ・日本の自然放射能 : 1.14mSv/y 、
- ・ICRP勧告 : 職業人 20mSv/y 、一般人 1mSv/y

宇宙生まれのイモリ



無重力空間で生まれたイモリにおいて、最初に発生した骨は耳骨だった。
(スペースシャトル”コロンビア”での実験。イメージング・プレート/X線拡大撮影)

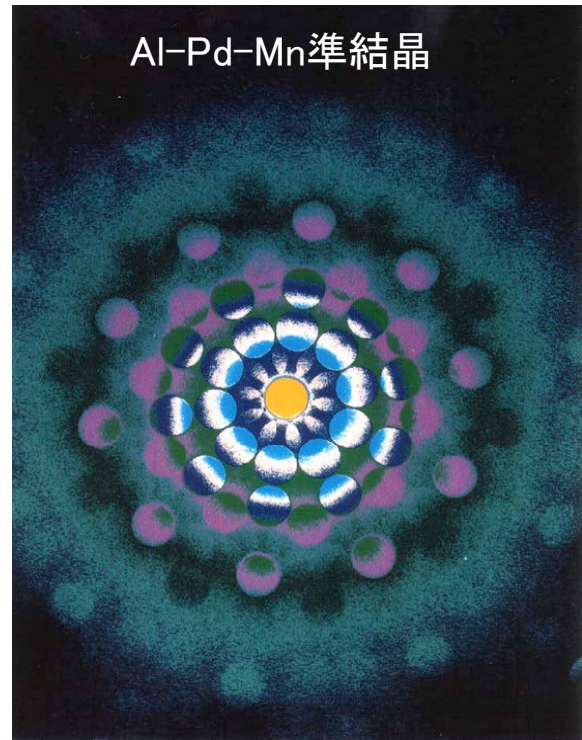
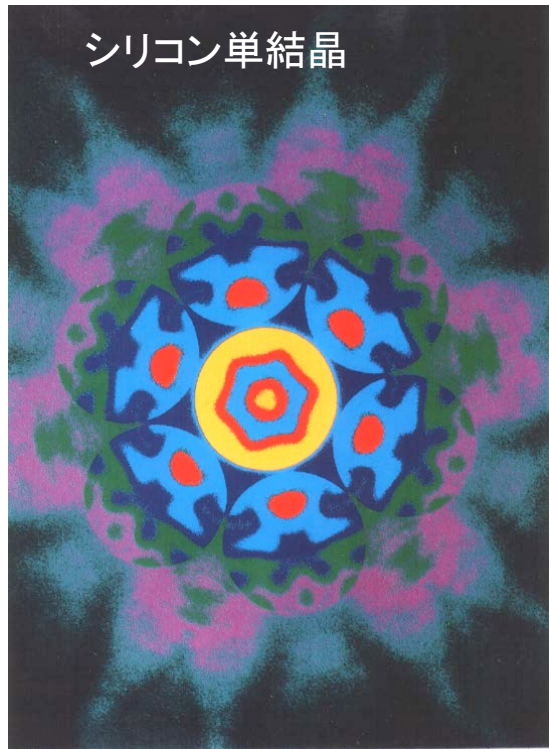
宇宙生まれのイモリ

宇宙の無重力空間で生まれたイモリで最初に発生した骨は耳骨だった。

地球上では、耳骨は重力を検知し、身体のバランスをつかさどる重要な器官でもある。無重力状態で、耳骨はどのように発生して成長するかとの実験。

スペースシャトル”コロンビア”での実験。イメージング・プレート/X線拡大撮影。神奈川歯科大学との共同。

収束電子線回折像



収束電子線回折像

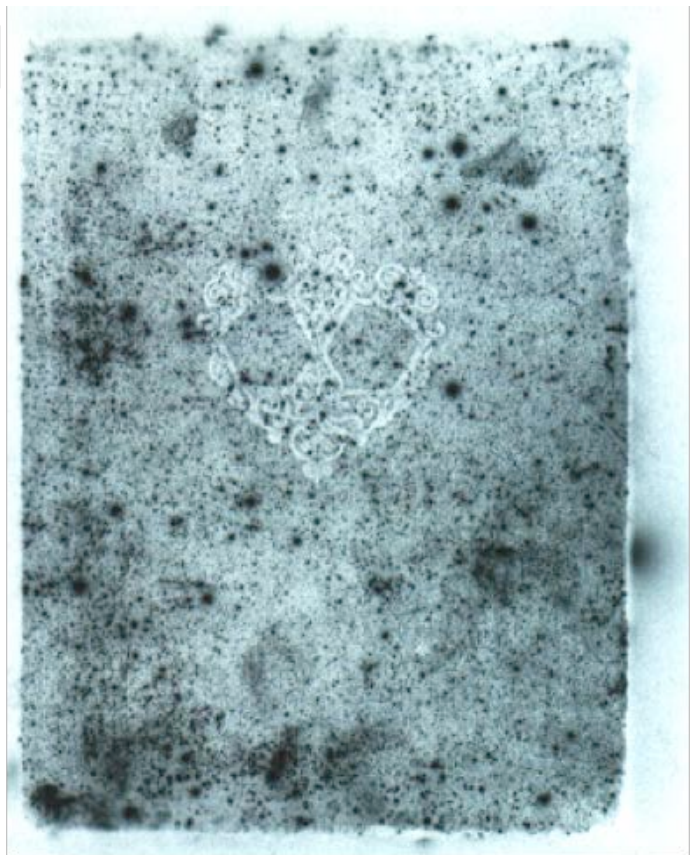
透過型電子顕微鏡を用いて、シリコン単結晶とAl-Pd-Mn準結晶を試料として検出された収束電子線回折像。回折強度に応じて、色彩を変えている。

結晶学的に貴重なデータであるが、アートとしても美しい。

日本電子（株）との共同。

キュリー夫人の実験ノート

(1919-1933)



表紙の放射線画像

キュリー夫人の実験ノート

明星大学に保管されているキュリー夫人の実験ノートを借り受け、その実験ノートの放射能汚染の程度をイメージング・プレートによって画像化したもの。この写真は朝日新聞第1面に掲載された。汚染はひどかったが、彼女の死因は下記の記事のようにRaによるのではなく、実用になったばかりのX線によるものである。

・1934年、偉大な科学者マリー・キュリーは白血病に冒され永遠の眠りについた。享年67歳であった。当時の医師たちは、白血病の原因はラジウムによる放射線障害であると発表し、今日までそれが定説とされてきた。われわれもキュリー夫人の伝記などを通じて、放射能の研究に捧げたその生涯の象徴として白血病を受け止め、深い感銘を受けていたわけである。ところが、その定説に疑問が投げかけられたのである。フランスでは国家に大きな貢献をなした国民的英雄を奉る偉人廟「パンテオン」があることをご存知だろうか。去る1995年、キュリー夫人はそのパンテオンに女性として初めて奉られることになり、夫ピエールとともにパリ郊外にある墓地から遺体を移された。100年目にして改めて、キュリー夫妻の偉業が国家的にみとめられたことになる。1995年4月20日の式典は当時のフランス大統領・ミッテラン氏をはじめ、マリーの母国であるポーランド大統領、キュリー夫妻の遺族らが列席して盛大に催されたという。

問題はその後、フランス放射線防護局が夫人の遺体を納めた棺内部の放射能測定を行ったことに端を発する。測定された放射能値は360Bq/ccと高めではあったが、一般人の許容濃度限度の1/20程度だったのである。キュリー夫人は1896年から十数年間ラジウムの研究を続けたが、 ^{225}Ra の半減期は1600年であることから、被曝が致死量とはとても考えられない。100年目にして定説が覆されてしまったのである。

そこで注目されたのが、X線による被曝である。キュリー夫人は第一次世界大戦の折、自家用車を改造したX線車を製造し、前線を駆け巡ったという話は有名である。別名プチ・キュリー車とも呼ばれた。夫人の熱意と努力、そして、犠牲的献身により、多くの兵士が救われたのである。このときの放射線被曝が約20年後に白血病を引き起こした原因ということになる。

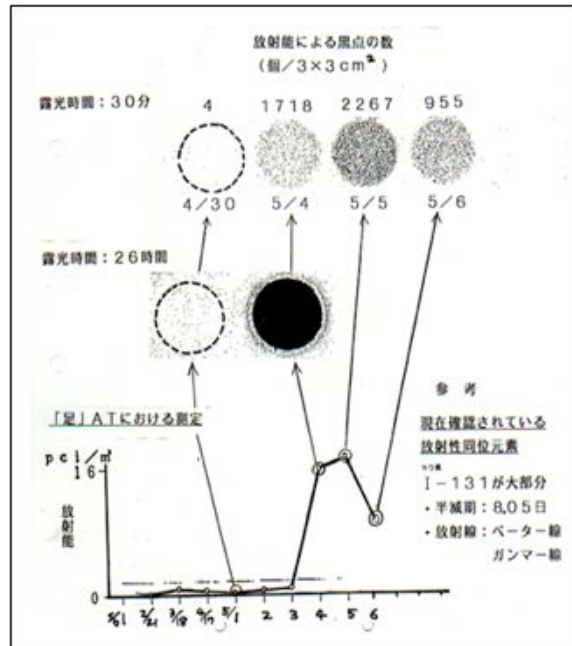
はからずもパンテオンへの埋葬をきっかけに、科学者としての功績のみならず、人間としてのキュリー夫人の偉大さが改めて浮き彫りにされたと言えよう。感慨深い100年目の真実である。(Nature, 374, 27, Apr., 1995. & Nature, 377, 14, Sep., 1995.)

チェルノブイリ原発事故

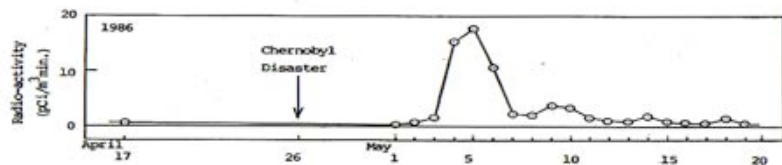
- ・事故は4/26に発生
- ・日本での報道は4/29
- ・測定は4/30から開始

＜サンプル＞大気を24時間吸引し、チリを付着させたフィルター
 ＜露光時間＞フィルターをイメージング・プレートと密着し、最初は26時間としたが、強度が強すぎたため30分に変更
 ＜画像化＞通常のレントゲン撮影の20倍の高感度で画像化

1986年5月8日報告レポート



比例計数管による計測



チェルノブイリ原発事故

1986年のゴールデンウィークに入った4/29に、ソ連の原発事故（4/26発生）が日本に伝えられた。直ちに富士写真フイルムの足柄工場では放射能汚染に対する24時間態勢の緊急対策に入った。放射能測定は空気中のチリをフィルターに集めて通常の比例計数管で計測する他に、フィルターをイメージング・プレートに密着露光して計測する方法をとった。

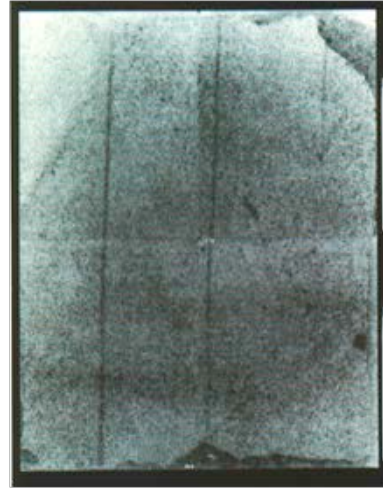
5/4になって突然にフィルターの画像は真っ黒になった。放射能汚染されたチリが日本に到達したのだ。5/5に最高値（通常の500～1000倍）になった。もとのレベルに戻るのに約1ヶ月かかっている。

広島原爆の黒い雨にはやはり放射能があった

1945年8月6日の朝、原爆投下直後に大量の黒い雨が降った。黒い雨には大量の放射能が含まれていたと推定されているが、確認されていなかった。イメージング・プレートを黒い雨の跡が残った白壁に約3日間密着露光したところ、雨跡に対応した放射線像が検出された。その放射能は自然環境よりも約一桁低いレベル（約0.1pCi/g）に減衰していることが確認された。



白壁に残った黒い雨の跡（写真）



黒い雨の放射線像（ARG）

広島原爆の黒い雨

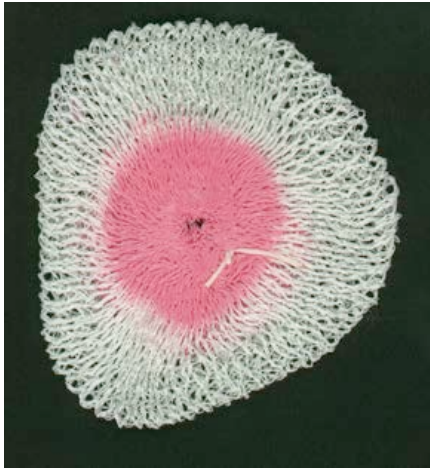
1945年8月6日、広島に原爆が落とされた。その直後に黒い雨が降り出したと言い伝えられていたが、その証拠はなかった。その黒い雨の跡が残された白い壁が50年近くたって爆心地に近いある民家で見つかった。NHKはこの黒い雨の話を取り上げ、黒い雨の跡に放射能が残っているかどうかを理化学研究所に依頼したが、検出できなかった。その話が富士フイルムに持ってこられ、イメージング・プレートによる画像化を試みた。たしかに黒い雨の跡は放射線画像として検出された。

検出された幸運は、自然放射能の主要原因であるK40をまったく含まない漆喰の上に黒い雨が流れたことにあった。下地である土壁に含まれる多量のK40からのベータ線は漆喰によって遮蔽されたからだ。もしも土壁に黒い雨跡が残っていたら、自然放射能ノイズで黒い雨の画像は検出できなかったであろう。その意味でも、原爆の残存放射能は自然放射能以下に低下していることが確認されたと言える。

この結果は「黒い雨」として、NHK特集で放映された。

ガスマントルには放射能が含まれていた

アウトドア用のガスランプに用いられているマントルには、酸化トリウムが含まれているものがある。このマントルは1891年von Welsbachの発明になるもので、それまでのガス灯の輝度を一挙に5倍も上げた。その結果、1881年エジソンの発明による白熱電球の事業化は12年も遅れた。現在ではトリウムを含まないマントルが発明（東邦ガス）され、市販されている。



カラー写真



放射線像

ガスマントルには放射能が含まれていた

アウトドアで使うガスランタンは、ガスの炎を網目模様になったセラミックスのマントルで覆って使う。これによってガスの黄色い炎は強烈な白い光に変換される。このマントルは1891年にオーストリアのウェルスバッハによって発明され、今日まで長く使われて来ている。

まったく知られてはいないが、日常生活で何気なく使われている製品の中にはごく微量の放射能を発するものがある。このマントルもその一つであって、放射性同位元素であるトリウムを含んでいた。イメージング・プレートと市販のマントルを密着すると放射線画像が得られた。1990年代の中頃まで、この放射能を持つマントルが一般的であったが1990年代の終わり頃には、放射能を持たないマントルが市販されるようになった。このこともまったく知らされていない。