

# 特別講演

---



---

特別講演 1

T.T. Sugihara

特別講演 2

西 脇 安

招待講演(3A04~3A05) L.R. Morss

## ION BEAMS AND PHOTONS: NATURAL EXTENSIONS OF RADIOCHEMISTRY

T. T. Sugihara  
Lawrence Livermore National Laboratory  
Livermore, CA 94550

The background and experience of radiochemists and nuclear chemists make it relatively easy for them to become involved in areas of materials science that emphasize the use of ion and electron accelerators for the characterization and modification of materials. In this paper I examine some of the connections between radiochemistry and the interactions of ions and x-rays with solids. My intent is to provide an overview that will familiarize radiochemists with a growing field.

Accelerator sources of ions, neutrons, electrons, and photons are now extensively used for both basic research and technology in materials science. In the case of ion beams, accelerator usage has evolved in several stages. At keV energies the emphasis has been on ion implantation and ion mixing in near-surface regions. At MeV energies with light ions, analytical methods such as Rutherford backscattering (RBS), particle-induced x-ray emission (PIXE), and nuclear reaction analysis (NRA) have been developed. In current work, heavier ions at MeV energies and highly charged heavy ions are under investigation.

The basic science involved in the interaction of moving ions with matter, the stopping process, is a topic well-known to nuclear scientists from studies of recoil phenomena in a nuclear reaction and range-energy relationships. Since the kinetic energies of the moving ions are typically less than the Coulomb barrier, the interactions are atomic rather than nuclear. The stopping process microscopically is very complex and can include the ionization and electronic excitation of atoms in the stopping medium, the breaking of chemical bonds, the emission of electrons and photons, the displacement of atoms from their normal location in a lattice, the amorphization of crystalline systems, the erosion of surfaces, and the implantation of foreign ions in an otherwise homogeneous system.

Virtually any element in the periodic table that can be ionized can also be implanted. The substrate can be a metal, a semiconductor, an insulator, a ceramic, or a plastic; it can be crystalline or amorphous. Examples of properties investigated after implantation are catalytic behavior, adhesion, corrosion, hardening, diffusion, and subsurface modification. The use of ion beams in materials processing and modification is thus a vast field; a few recent examples will be cited.

Analytical applications of ion beams are likely to be known already to radiochemists. Recent work has emphasized the use of highly collimated beams (as in an ion microprobe) so that analytical determinations by RBS, PIXE, or NRA are resolved in space to a few  $\mu\text{m}$ .

Research with synchrotron radiation is another area in which radiochemists would feel at home. Electron synchrotrons provide very intense and highly collimated beams of x-rays that can be tuned continuously over a wide energy spectrum. X-ray absorption spectra known as EXAFS (extended x-ray absorption fine structure) and XANES (x-ray absorption near-edge structure) are element specific and sensitive to short-range order in the absorbing medium. The analysis of these spectra leads to information such as oxidation state, bond distance, coordination number, and type of neighboring atoms. When combined with high spatial resolution and the methods of tomography, three-dimensional images can be obtained. A few recent applications will be given.

In the laboratory the radiochemist will find many of the experimental methods of ion-beam science such as energy analysis, coincidence methods, particle identification, and multiparameter event recording to be essentially identical to those used in experimental nuclear science. Of course, any endeavor concerned with the properties of surfaces and bulk solid matter may involve also less familiar techniques such as surface spectroscopies (for example, Auger spectroscopy), x-ray diffraction, electron microscopies, and a variety of other methods used to characterize the mechanical, chemical, and electromagnetic properties of matter.

I conclude that a radiochemist or nuclear chemist may find interesting new challenges in materials science areas such as ion beams or synchrotron radiation that will make substantial use of his previous nuclear and chemical training.

This work was done under the auspices of the U. S. Department of Energy under contract W-7405-ENG-48.

# ヨーロッパにおける最近の環境放射能問題

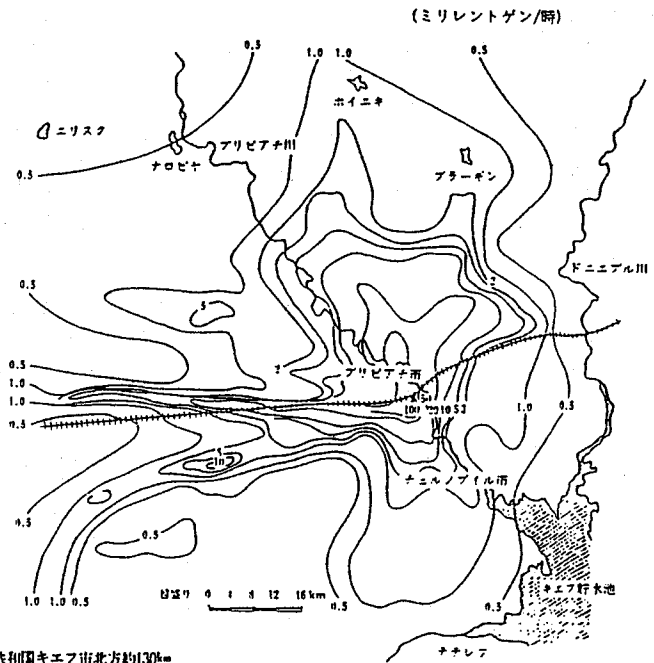
西 脇 安

国際原子力機関原子力安全部リスク評価部  
(ウィーン大学名誉教授、近畿大学原子力研究所顧問)

1986年4月26日にソ連ウクライナのチェルノヴィリ原子力発電所4号炉、黒鉛減速軽水冷却型炉「RBMK-1000」が事故を起こし、大量の放射能を放出し、ソ連のみならず中部ヨーロッパ各地をも強く汚染した。

1986年8月末にソ連がIAEAに提出した報告書、8月末から9月にかけてIAEAで開かれた専門家会議の報告書、WHOの報告書、OECD/NEAの報告書などにもとづき、ヨーロッパにおける最近の環境放射能問題を紹介します。

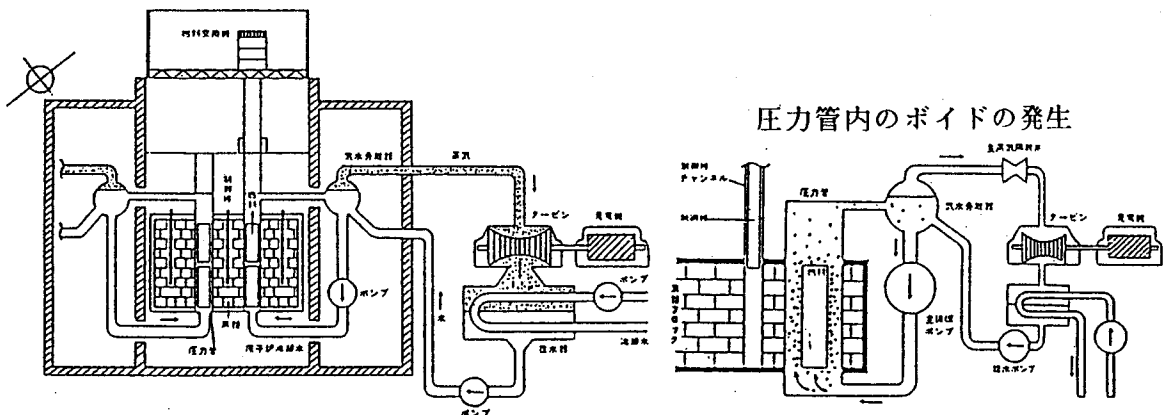
5月29日時点での地表面の空間線量率分布



## RBMK型炉のしくみ

場所：ソ連ウクライナ共和国キエフ市北方約130km  
炉型：黒鉛減速軽水冷却型炉(RBMK-1000)  
電気出力 100万kW(熱出力320万kW)  
運転開始：昭和59年3月

(ソ連報告書より)



CORE INVENTORIES AND TOTAL RELEASES (IAEA)

Element	Half-life (d)	Inventory <sup>a</sup> (Bq)	Percentage released
85-Kr	3930	$3.3 \times 10^{16}$	-100
133-Xe	5.27	$1.7 \times 10^{18}$	-100
131-I	8.05	$1.3 \times 10^{18}$	20
132-Te	3.25	$3.2 \times 10^{17}$	15
134-Cs	750	$1.9 \times 10^{17}$	10
137-Cs	$1.1 \times 10^4$	$2.9 \times 10^{17}$	13
99-Mo	2.8	$4.8 \times 10^{18}$	2.3
95-Zr	65.5	$4.4 \times 10^{18}$	3.2
103-Ru	39.5	$4.1 \times 10^{18}$	2.9
106-Ru	368	$2.0 \times 10^{18}$	2.9
140-Ba	12.8	$2.9 \times 10^{18}$	5.6
141-Ce	32.5	$4.4 \times 10^{18}$	2.3
144-Ce	284	$3.2 \times 10^{18}$	2.8
89-Sr	53	$2.0 \times 10^{18}$	4.0
90-Sr	$1.02 \times 10^4$	$2.0 \times 10^{17}$	4.0
239-Np	2.35	$1.4 \times 10^{17}$	3
238-Pu	$3.15 \times 10^4$	$1.0 \times 10^{15}$	3
239-Pu	$8.9 \times 10^6$	$8.5 \times 10^{14}$	3
240-Pu	$2.4 \times 10^6$	$1.2 \times 10^{15}$	3
241-Pu	4800	$1.7 \times 10^{17}$	3
242-Cm	164	$2.6 \times 10^{16}$	3

<sup>a</sup> Decay corrected to 6 May 1986 and calculated as prescribed by the Soviet experts.

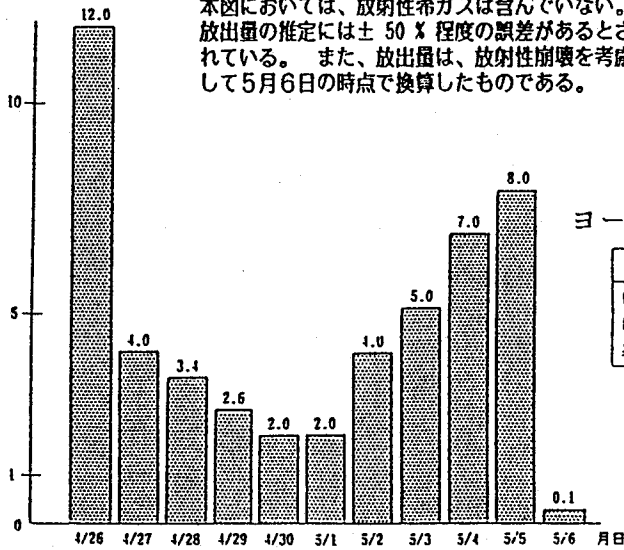
運転員の6つの規則違反

No.	違反	動機または誘因	結果
①	反応度操作余裕が許される種よりも著しく少なかった。	キセノンが中性子を吸収して反応度が低下するのを防ぐ対策。	炉の緊急保護システムが有効でなくなった。
②	出力が実験計画で想定されているものより低かった。	局部自動制御を切った際のアベレータのミス。	炉は制御困難な状態になった。
③	待機中の主循環ポンプを追加起動させることにより、主循環流量を規定値以上にした。	実験プログラムを実行するため。	主循環回路の冷却材の温度が飽和温度に近くなった。
④	2基のタービン発電機の停止信号に基づいた炉の保護信号をシャ断した。	実験を繰り返す必要があるかもしれないと考えたため。	炉の自動停止の可能性を失った。
⑤	気水分離器内の水位レベルと蒸気圧に関する保護信号をシャ断した。	炉が不安定な状態でも実験を遂行しようとした。	熱パラメータによる保護信号はすべてシャ断された。
⑥	最大の想定事故を保護するシステム (ECCS) が切り離された。	実験を遂行中に ECCS の誤作動をさけるため。	事故の規模を小さくする可能性を失った。

(ソ連報告書より)

## 放射性物質の1日ごとの放出量

放出量(百万キュリー)



本図においては、放射性希ガスは含んでいない。放出量の推定には±50%程度の誤差があるとされている。また、放出量は、放射性崩壊を考慮して5月6日の時点で換算したものである。

## ヨーロッパのOECD加盟国国民の被曝線量当量

	実効線量当量	甲状腺線量当量
個人平均	4~110 ミリレム	4~290 ミリレム
個人最大	10~600 ミリレム	20~1,500 ミリレム
集団線量	10 <sup>6</sup> 人・レムのオーダー	4×10 <sup>6</sup> ~5×10 <sup>6</sup> 人・レム

(NEA CRPPH 資料より作成)

(ソ連報告書より)

## 各地でとられた防災措置

(●は実施：○は一部実施)

防災措置	西ドイツ	フランス	イギリス	オーストリア	スウェーデン	フィンランド	ポーランド	チェコ	ユーゴ	アメリカ
<b>外出など</b> ・戸外に出ない ・子供を砂場で遊ばせない				○	○					
<b>牛乳</b> ・摂取制限 ・乳牛に生草を与えない	○		○	○	○	○	○	○	○	
<b>雨水</b> ・飲まない ・乳牛に与えない			○	○	○	○			○	
<b>生鮮野菜</b> ・食べない ・洗って食べる	○	○	○	○	○		○		○	
<b>ヨード剤</b> ・服用する ・服用しない	○				○		○	○		
<b>食料品輸入</b> ・ソ連から禁止 ・東欧から禁止	○	○	○		○					
<b>旅行者</b> ・ソ連・東欧へ旅行しない ・ソ連・東欧からの帰国者を検疫	○				○	○			○	○
備考	EC諸国、5/12~31までソ連・東欧諸国からの食料品輸入を制限				5/17、西産食品の流通禁止				5/12 検疫	

(資料) WHO: Chernobyl Reactor Accident 6 May 1986.

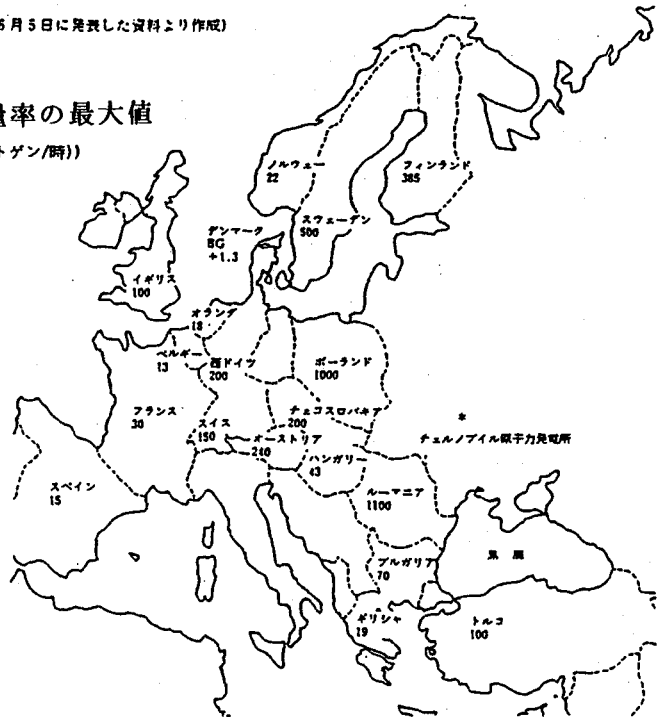


ヨーロッパ諸国の牛乳中ヨウ素131濃度の最大値  
 (ナノキュリー/ℓ (=0.001 マイクロキュリー/ℓ))



(WHOが6月5日に発表した資料より作成)

ヨーロッパ諸国の空間線量率の最大値  
 (マイクロレントゲン/時 (=0.001 ミリレントゲン/時))



(WHOが6月5日に発表した資料等より作成)

