



## 【連載】

## 放射線化学事始め

4. 放射線化学の名付け親 ミルトン・バートン  
(Milton Burton) : G 値と  $\rightarrow$  の導入

勝村 庸介

Katsumura Yosuke

はじめに：マンハッタン計画

第二次世界大戦中に原爆製造を目的として米国ではマンハッタン計画（1942～1945年）が実施された。このプロジェクトに先立つ、1939年にアインシュタインは、レオ・シラードの要請を受け、ルーズベルト大統領宛の原爆の開発をうながす手紙に署名した。3年経過した1942年にルーズベルト大統領は原爆開発計画に署名し、このプロジェクトが開始され、マンハッタン計画と呼ばれた。1942年12月に世界で初めて臨界に到達した原子炉（シカゴパイプ）開発もマンハッタン計画に組み込まれ、 $^{235}\text{U}$ の濃縮と原子炉で生産された $^{239}\text{Pu}$ を原料とした二つの方法で原爆を開発し、1945年7月16日にニューメキシコ州アラモゴードで後者の原爆実験に成功した。直ちに1945年8月6日に $^{235}\text{U}$ 濃縮型が広島に、8月9日にPu型が長崎に原爆投下された<sup>1)</sup>。

## G 値の誕生

マンハッタン計画の主目的は原爆の開発、製造であった。当初、化学部門は、(1) 原子炉で製造されるPuの分離と特性評価、(2) 核分裂連鎖反応で生ずる核分裂片の特性評価とPuの分離操作に必要な知見の蓄積、(3) 分析技術の開発と応用（これは後に分離後のPuの吸着操作へと拡大する）、の三部門であったが、多量の放射線を扱うことになり、電離放射線の物質への効果研究も重要であるとの認識から、新研究部門が設置された。この新部門には(a) 有機物、(b) 黒鉛と無機固体、(c) 水と水溶液、

の三つの放射線効果研究のセクションが設けられた。前述の三化学部門を統括していたジェームズ・フランクは1942年7月にミルトン・バートンを新部門長に起用した<sup>2)</sup>。

研究部門の活動は、秘密保持の観点から、情報管理部門から派遣された機密管理官（セキュリティオフィサー）により常に厳しく監視されていた。研究者は照射実験のデータを持ち寄り議論していたであろう。“ $\gamma$ 線照射による収量”などの言葉が頻繁に使用されていたと想像される。管理官は放射線を容易に想起するような言葉の使用をやめるよう指示した。その時、直ちにバートンはG値（G-value）を提案したと言われている。G値は物質に吸収された放射線のエネルギー100 eVあたり、何個の生成物が生まれた（分解した）かを示す単位である。 $\text{H}_2$ 生成のG値が1と記す場合は、100 eVの放射線エネルギー吸収で水素分子が一つ生まれることを示す。それ以来、G値は放射線化学で最も頻繁に使用される単位となった。さらに、一般の化学反応は矢印（ $\rightarrow$ ）を使って記すが、放射線が引き起こす反応では、矢印とギザギサを組み合わせた $\rightarrow$ を用いる。この化学記号を提唱し、定着させたのもバートンである。実例として、水の放射線分解で $\text{H}_2$ と $\text{O}_2$ ガスが生成する時には、以下のように記す。



同時に、従来、この分野は放射化学として扱われていたが、1942年に放射線化学と命名したのもバートンである。それ以来、彼は“the Godfather of Radia-

tion Chemistry”と呼ばれるようになった。マンハッタン計画で放射線化学研究は大きく前進し、水の放射線分解の機構、水分解の空間分布やG値、線質効果などについても理解が進んだ。残念ながら、このとき得られた研究結果は、極秘扱いであった<sup>3)</sup>。

マンハッタン計画は多額の予算と全米からの優秀な科学者を集めて実施され、原爆の開発製造だけでなく、関連する分野が大きく進展した。第二次世界大戦後、計画に関わった研究者を集めて、シカゴ郊外のアルゴンヌ国立研究所、ニューヨーク郊外のブルックヘブン国立研究所、テネシー州のオークリッジ国立研究所が開設され、現在でも米国の最重要の国立研究所である。

#### ノートルダム大学放射線研究所と Radiation Research Society の設立

バートンは1946年にインディアナ州サウスベント近郊のノートルダム大学での学究生活に戻った。翌年に当大学に放射線研究所を開設し、初代所長に着任、1971年に名誉教授になるまで、その職を務めた。以来、現在に至るまで、ノートルダム大学の放射線研究所は、放射線化学研究のメッカである。

第二次大戦後、米国内の放射線研究の4つの分野、物理、化学、生物学、および医学を束ねた学会を設立する動きにも積極的にに関わり、1952年にRadiation Research Societyが設立された。彼は、学会やシンポジウムで“Godfather”, “Mr. Radiation Chemistry”と呼ばれることになった<sup>4)</sup>。

#### 理研サイクロトロンとバートン

実はバートンは仁科芳雄が1937年、さらに1944年に理化学研究所に製作した2台サイクロトロンの終戦直後の海洋投棄と大きな関わりがある。終戦を迎え、仁科芳雄は1945年10月15日に連合軍司令部(GHQ)に出向き、生物学、医学、化学、金属学分野でのサイクロトロンの利用の許可を求めた。直ちに(10月25日)許可は与えられたものの、生物学、医学分野での使用に限るもの、との制約が付いた。しかし、11月20日に研究室のGHQによる

査察、22日にサイクロトロンの使用許可の取り消し、23日には破壊命令が出され、強い抗議にもかかわらず、5日間に渡る解体撤去作業後、東京湾に投棄された。この事件は今でもよく知られている。

1945年の晩秋、オークリッジで会合が開かれ、バートンも出席していた。この折、日本での進駐軍によるサイクロトロンの破壊の話題が出た。この話を聞いて、出席していた科学者は憤慨、激昂し、直ちに抗議文書を作成し、バートンは知り合いのマスコミ関係者に流した<sup>5)</sup>。これが11月26日のニューヨークタイムズの紙面に掲載された。これを軍の蛮行とみなし、その記事は“研究装置としてのサイクロトロンの有用性と兵器としての16インチの大砲の重要性との区別もつかない者は為政者たる資格はない”と結ばれていた。この記事は、当時の米国科学界はもちろん、一般の国民にも大きな波紋をおこした<sup>6)</sup>。

バートンは1980年の彼の最後となった日本訪問で、理化学研究所の放射線化学グループ(現在は解散、当時は今村昌主任研究員)への講演で、その時のことを思い出して話をはじめたという。この放射線化学の名付け親は、終戦直後の理化学研究所のサイクロトロンの海洋投棄を通じて、日本とも深く関わっていた<sup>5)</sup>。

それにしても放射線化学研究が原爆開発計画と密接な関係があったとは・・・

#### 参考文献

- 1) ジム・バゴット, 原子爆弾 1938~1950年, 作品社 (2015)
- 2) Gordon, S., *Early Developments in Radiation Chemistry*, Ed. Kroh, J., The Royal Society of Chemistry, 163-204 (1989)
- 3) 井口道生, 放射線化学, **69**, 60-61 (2000)
- 4) Magee, J.L., *Radiat. Phys. Chem.*, **32**, 1-2, (1988)
- 5) Imamura, A., *Early Developments in Radiation Chemistry*, Ed. Kroh, J., The Royal Society of Chemistry, 245-255 (1989)
- 6) 今村昌, 経営情報科学 **3**, 171-180 (1991)
- 7) Burton, M., *Chem. Eng. News* **10**, 86-96 (1969)

(日本アイソトープ協会)