

## 原子炉級プルトニウムについて考える 核兵器に利用して核実験した報告はない

エネルギー問題に発言する会会員 武藤 正

現在、わが国だけで43.1トンものプルトニウム(Pu)を持っているが、これらのPuは、軽水炉でウラン燃料の燃焼で発生、核燃料サイクルでリサイクルするいわゆる原子炉級Pu (Reactor Grade Pu=RPuと略記)である。この核兵器への転用可能性については、国際的にいろいろな見方がある。そこでこうした見解をインターネットなどで収集した。その結果を以下に紹介する。ちなみに最近のインターネット上では大量の情報が流れており、このRPuの英文名で検索すると、驚いたことに約27万5000個のアイテムが出現した。

### 原子炉級プルトニウムとは

核兵器に普通用いられる兵器級プルトニウム(WPuと略記)は、RPuとは性質が違い、今までRPuを使って核兵器を作った国は知られてない。

しかし、米国は『原子炉級』Puを使った1962年の核実験が成功であったと1977年に公表したが、1994年になってこれが別規格の核燃料級のPuであって、英国の商業炉から得られたものであることを初めて明らかにした。しかし、核拡散者に便宜を与えるという理由で、同位体組成や20キロトン以下とした爆発力については現在も公表されていない。

この商業炉が黒鉛型ガス炉であったことは、当初これを報じた英国Financial Timesの報道のみであり、ガス炉の運転時期から考えれば、実際は上記の燃料

級よりも兵器級により近い組成であったと推定されている。米国は1996年に1970年以前と以後で原子炉級の等級表示が変わったことを述べて、使用したPuが古い定義の原子炉級(>7% Pu-240)であることをほめかけたが、この紛らわしい発表ぶりは、米国人のなかからも批判を浴びる結果となった。

### プルトニウムの等級と同位体組成

DOEの現行のPu等級分類を表1に示した。表のスーパー級は、初期の長崎型のPu兵器に用いられたと思われるもので、その後の兵器には運転中に燃料交換が可能な黒鉛型ガス炉や重水炉で作られるWPuが用いられている。RPuはより燃焼度の高い燃料を使う軽水炉で生成するPuである。

Puには15の同位体があるが、通常存在するのは、質量数が238, 239, 240, 241, 242の5種類である。表1で下の方向に燃料の燃焼が進むと、Pu中の高次同位体が増える。最初にできるPu-239に中性子が1個加わったPu-240は核分裂しにくいので、この含有量で等級の分類がされている。

表1には、発熱量と自発核分裂数も示したが、両者

表1 プルトニウムの等級と同位体組成

等級(Grade)	Pu-240 含有量	同位体組成例(%)					SF (g·s) <sup>-1</sup>	崩壊熱 (W/kg)
		Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241*	Pu-242		
スーパー級(Super)	2-3%	—	98	2	—	—	20	2.0
兵器級(Weapon)	<7%	0.012	93.8	5.8	0.36	0.022	66	2.3
燃料級(Fuel)	7-19%	0.1	80	16.9	2.7	0.3	165	2.8
原子炉級(Reactor)	≥19%	1.3	60.3	24.3	9.1	5.0	360	10.5
MOX級	~40%	1.9	40.4	32.1	17.8	7.8	570	13.7
FBRブランケット	~4%	—	96	4	—	—	36	—

等級は [DOE 公表資料(1994/6)]、同位体組成例は C.Mark(1993/1) 等から引用。SF:自発核分裂率  
1970年以前の米国における等級は兵器級と原子炉級のみで、兵器級≤7% Pu-240、原子炉級>7% Pu-240

表2 原子炉級プルトニウムに関する意見(発表年順)

公表者・出典・年	抄 訳
INFCE WG 4 Rept. (Reprocessing, Plutonium Handling, Recycle) IAEA(1980)	(前略) 核兵器を作るナショナルプロジェクトでは、高次のPu同位体をかなり含むRPuの使用を避けるようである。国や国以下のグループによる急ぎの単純な計画では、高度の爆発力を持つ兵器をRPuから作るのは、極度に困難であることに気づくであろう。(中略) 従ってどんな目的で作られたにせよ一定量の Pu-239 が、等量のRPuよりもずっと深刻な核拡散のリスクがあるが、これは兵器設計の詳細な知識が無くては定量化できないし、このグループはこれを持っていない。
IAEA H.Blix P.Leventhalの問い合わせに 対する書簡 (1990/11)	(前略) 回答は以下の通りであることを通知する。IAEA は、その加盟国によるおよび保障措置実施に関する常任諮問グループ (SAGSI)による勧告を基礎として、高燃焼度原子炉級プルトニウム、および、一般に、Pu-238を80%以上含むPuを例外とするいかなる同位体組成のPuも核爆発装置に使用することが可能であると考えている。この問題に関しては当機関の保障措置局に何らの論争も無い。(中略) SAGSIは現在発効中の多数の保障措置手順をレビューしているが、中でも直接使用する核物質の保障措置の意味を考慮に入れて現状業務を見直し中である。
ウラン協会 in panel of Proc. of 18th Intern. Sympo.by Uranium Inst.	(前略) 過去20年以上の経験で少なくとも半ダースの国が核兵器開発を試みたが、どれもRPuを使おうとはしなかった。(中略) 真の核拡散ルートは、これを試みた南ア、パキスタン、インド等の国々を見れば良くわかる。一つのルートは短い照射で原子力から燃料を取り出し、WPuを作るものであり、他のルートは遠心分離法で濃縮ウランを作ることである。従って、20年以上にわたって真実でないことが証明された、RPuは核拡散のリスクがあるということを言うのは止めるべきである。
英国 P.Jones (Aldermaston 核兵器研究元所長 Proc. of NATO Ad. Research Workshop, London	RPuは転用される可能性が少なく、特に、完全な爆発システムを得るには核分裂特性を計算するだけで済まず、他の工学的な問題を考えなければならない。この50年世界で核兵器用にはRPuを避けてきた歴史的証拠を考えるべきである。(中略) また、英国で実施された最初の核実験の中で2回高純度Pu以外の核物質を用いたが、結果は成功しなかった。(下線部分は口頭で発表、電気新聞)(中略) hindsight では単純に見えても、foresight で考えるには大きな努力が必要である。米国では1945年の最初の実験までに 2500 人も的人员が必要であったし米国のノウハウを多少受け継いだ英連邦でもやはり約 2500 人が関与した。これらはいずれも当初の予想とはかけ離れていた。
オーストラリア J. Hill et al. (オーストラリア 保障措置室ASNO) (1994/7) INMM, 1994	現在、異なる同位体組成のPu (Pu-238が非常に高いPuを除く) の間で保障措置上では区別をしていない。(中略) それは保障措置当局が核兵器目的に極端に魅力的なWPuと、否定できないほど反魅力的なRPuとを区別する機会を拒否しているのである。(中略) 我々は、C.Mark(1993)の論文がRPuはWGuよりも有意に魅力的でないことを、全く単純に示していると信じる。(中略) 従って、しばしば濃縮技術は原子炉および再処理をマスターするよりもずっと困難であると言われるが、核兵器へのウランルートがPuルートよりもよりポピュラーであるということになる。そして、Puルートを取るものは高い Pu-239を含む核物質を生産する専用原子炉を用いることになる。
フランス J-P.Rougeau(1995/9)	原子炉級プルトニウムは現実には潜在的な兵器物質ではない。それは、実際的な意味で原子炉級プルトニウムを軍用に転換することは事実上不可能であるからである。(Global 1995で A.F.von Hippel が論文に引用)
USDOE(1997) Final Nonproliferation and Arms Control Assessment of Weapons-usable Fissile Material Storage and Excess Plutonium Disposition Alternatives' (1997 pp38-39) アメリカ公式意見	原子炉級プルトニウムから、潜在的核拡散国やサブ国家グループは第一世代の核兵器用以上には精緻化 (Sophistication) されていない設計と技術を用いて、保証され信頼できる数千キロンの爆発力(多分それよりもかなり高い爆発力)の核兵器を作ることができよう。一方、先進的核兵器国は、原子炉級プルトニウムから信頼すべき爆発力を持ち、重量や他の特性が兵器級プルトニウムから作られたものと匹敵しうる兵器を作ることができよう。中程度精緻化された拡散国は、単純な第一世代の核装置で可能なキロン範囲よりも相当高い爆発力を保証された爆弾を製造できよう。 核兵器の有効性について原子炉級プルトニウムの不利な点は、それから作りうる兵器が、設計、加工、および取扱い上の複雑性にあるが、それほど大きなものではない。十分な兵器級プルトニウムのストックが容易に利用できなければ、国やサブ国家グループは原子炉級プルトニウムを用いる方を選ぶ可能性は軽視することはできない。簡単に言えば、原子炉級プルトニウムは、精緻化されていない拡散者であろうと先進核兵器国であろうと、兵器利用可能である。
ASNO Annual Rept. (1998-99) オーストラリア公式意見	IAEAは、同位体組成に関係なくすべてのプルトニウムに対して同様な保障措置手段を適用している。その結果、現行の実施状況では核兵器に用いられる品質そのものであるかそれに近い低燃焼度のプルトニウムにもっと厳重な保障措置手段が適用されるべきなのにそうになっていない。(中略) 兵器級乃至それに近いプルトニウムの生産、すなわち、再処理による分離の禁止は、核不拡散の枠組みを維持しながらその手段を作ることで重要な信頼を与えるであろう。

ともに多いのがPuの特徴で、このために特殊で設計の困難な爆縮型と呼ばれる核兵器構造が必要となっている。RPuになると、WPuよりさらに自発中性子が多く発生するため、初期設計では満足な爆発力が得

られない。

すなわち、分離していた核物質が合体のため近づいて臨界量を超えると、この中性子で勝手に点火して連鎖反応が始まり、十分反応が進む前に分解して

しまい、爆発力が小さくなると言われている。RPuでは高次同位体の半減期が短いため、発熱量や放射線が数倍以上になり、普通の設計では熱がこもって、コア表面で190℃に達する。一方、合体用の高性能火薬は100℃以上で分解し、機能しなくなると言われる。この点、米国が実験した燃料級のPuは、通常のRPuよりも発生熱が1/3で、兵器級の5割増し程度であり、設計や保管が困難ではなかったと思われる。

他方、広島で使われた高濃縮ウラン核兵器は、原産大会(1994)で、Richard Roseが「テロリストが30の塊を別の塊に落下させるだけで核爆発を起こせる」と指摘したほど、原理、構造とも簡単で、単に爆薬で未臨界状態の2つに分けた高濃縮ウランを合体させ、Ra-Beで中性子点火するという構造の砲身型(Gun-Barrel Type)が用いられたが、高濃縮ウランを作る技術は難度が高い。1998年のパキスタンの核実験がウラン型であったことは、ユレンコの濃縮技術模倣を基礎にしたため、同時開発のPu兵器の高度の爆縮技術を獲得できていなかった可能性が高い。

ちなみに北朝鮮は、合計140回も爆縮の実験を実施済みという情報があり、Pu兵器の獲得は近い感がある。

## 原子炉級プルトニウムに対する見解

歴史的には、RPuは核爆発装置の製造には役に立たないという見解が、米国でも一般的であったが、RPuも核爆弾に使える(Weapon-usable)という一部的見解が、カーター大統領の登場で米国内では一遍に支配的となった。現在はDOEのみならず、一部の例外を除いて、政府機関や大学、研究機関がほとんど同じ表現で、同じ見解を公表している状態である。

これに対し、他国の核兵器関係者は、かなり違う意見を出しており、わが国でも今井隆吉氏は、いろいろ疑問を提示し、「アメリカが主張するWeapon-Usableの技術的根拠は示されていない」と指摘している<sup>1)</sup>。オーストラリアの核不拡散や保障措置を担当する政府部門(ASNO)も、表2に示す批判的意見を公表している。

さらに、アメリカ人の少数意見としては、例えば、A.de Volpiは「現実の代わりに可能性に置き換えるこ

とは、核物質を管理するために推奨できる熱意によって正当化されることにはならない」とDOEの政策を批判しているなど、少数の批判例はある。

最近のインターネット情報(Jim Green 2005)によれば、英国は米国より古く1953年にオーストラリアで同様にMagnox炉から得られたプルトニウムを用いて原爆実験を行っているが、爆発力は9.1kトンおよび7.1kトンTNTであったと公表している。

原爆の製造施設である英国Aldermastonの所長であったP. Jonesが、ガス炉のPuを用いた実験は失敗に終わったと述べているが(表2参照)、これがこの実験を意味しているのかどうかは不明である。

## おわりに

- 以上、RPuの核兵器利用の難点についてまとめると、
- 1) RPuの核兵器利用上の技術的困難性として、①臨界量の増大、②放射線の増大による加工の困難、③発熱量の増大による火薬等の劣化、④自発核分裂中性子による爆発力の大きな低下、⑤核物質の交換頻度の増大—などが指摘されている。
  - 2) 米国はほとんどすべての関連論文で、多少製作に困難があっても核兵器に転用可能であるとし、さらに、Sophisticated Designを用いれば、兵器級と同等に利用できるとしているのに対し、欧州、豪州の公的機関では、理論的にはRPuで核兵器を作れても、WPuと作りやすさと性能で根本的な差があり、誰もこのようなPuを使って核爆弾を作ろうとはしないであろうとしている。
  - 3) RPuの問題は、単なる核物理を中心とした問題よりも、むしろ核兵器製造、取扱および保管上の工学的な問題、特に温度上昇による火薬の劣化や放射線被ばくの影響が極めて大きい。
  - 4) 現在までどの国もRPuを直接核兵器に利用して、核実験に使用した例は知られていない。

### 重要参考文献

- 1) 今井隆吉；原子炉級プルトニウムと兵器級プルトニウム調査報告書、Plutonium No.34 Summer 2001(ほかに英文のものがある。)
- 2) C.Mark; Explosive Properties of Reactor Grade Plutonium, Science & Global Security, Vol.4, p.1(1993).