

## 文献紹介；インドのウラン濃縮計画

2007.3.2

日本原子力研究開発機構

戦略調査室 小林孝男

核不拡散に関する国際ネットワークである inesap (International Network of Engineers and Scientists Against Proliferation) の第 24 報 (2004/12) に、インドのウラン濃縮計画 (M.V. Ramana<sup>\*1</sup>; India's Uranium Enrichment Program) が報告されているので、その概要を紹介する。

\* 1 : 著者はインドの CISED (Centre for Interdisciplinary Studies in Environment and Development) の特別研究員である。

### 1. インドのウラン濃縮の概要

インドは 1970 年代後半からウラン濃縮に興味を持ち始めたが、インド原子力委員会が初めてウラン濃縮に成功したと発表したのは 1986 年である。1985 年から Bhabha 原子力研究センターでパイロットプラントが操業されていた。1990 年からは Karnataka の Rattehalli で、より大規模な遠心分離プラントの操業が開始された。本プラントは現在もインドの中心的な濃縮施設であるが、操業開始以来、機器の腐食や故障により何度も運転中断を繰り返したと報告されている。

Rattehalli プラントの主な目的は、インドの原子力潜水艦 ATV (The Advanced Technology Vessel) 用の濃縮ウランを製造するためと公式に言われている。1998 年 5 月の水爆 (核熱爆弾) 実験用の濃縮ウランも本プラントで製造した可能性が高い。1990 年代初期の非公式資料によると、本プラントは「国産のマレージング鋼で作られた数百機の遠心機からなり」、「3SWU/機・年の設計」とあり、濃縮容量は 1,000~2,000SWU/年であったということになる。また、1997 年にインド原子力局 (DAE) は、設計改良した回転集合体を建設・設置する計画を報告している。

本報告は、原潜計画と水爆用に必要な濃縮ウラン量を試算することにより、Rattehalli プラントの濃縮容量の下限値 (おそらく実質容量) を推定することを目的とするものである。

### 2. 原潜用の原子炉に必要な濃縮ウラン

原潜計画は 25 年前に開始されて以来、幾多の変更、失敗を経て、1990 年代末頃に設計が決まり、Kalpakkam で原型炉の実験が開始された。Rattehalli プラントは、少なくともこの原子炉心燃料製造に必要な濃縮ウランを、1990 年から 1990 年代末までの間に製造したものと推定される。ATV 原潜炉の燃料のウラン濃縮度は 6~45% まで様々な報告がなされているが、おそらく 30~45% と推定される。炉心のライフタイムは 10 年間と報告されている。

原潜炉に必要な濃縮ウラン量は、パワーレイト、濃縮度、燃料交換インターバル、燃焼度、稼働率など多くのファクターによって決まるが、どれひとつとして明らかにされているものは

ない。

最低限必要な設定条件として、ATV は 30～35 ノットの速度が要求されており、このためには、90～150MWth の原子炉出力が必要である。

米国の原潜に必要な U-235 の必要量は、0.6～0.7g/shp-year、また、ロシアの原潜の場合 0.315～0.35g/shp-year と推定されている。Charlie Class 原潜の推進パワーレイトは 20,000shp である。ATV の航行距離はさほど長くないことから、ATV の U-235 の必要量は 0.3g/shp-year 程度と推定される。これらの様々な前提条件に基づき、筆者は ATV 炉心が使う U-235 の量は 40～160kg（中間値として 90kg）と推定する。

### 3. 水爆用の高濃縮ウラン

原潜用以外の用途として、濃縮ウランは水爆の核融合を誘発するための雷管として使用されたものと思われる。弾頭のブランケットとして使用される可能性もあるが、1998 年の実験の場合、爆発エネルギーは近隣の村へのダメージを最小限に抑えるよう設計されたと発表されており、そのとおりとすればブランケットには使用されていないと考えられる。この場合、雷管用に必要な高濃縮ウランは 5kg 程度であり、実際にはプロセスロスや実験室用を含めて、10kg 程度の U-235 が生産されたと推定される。

したがって、Ratthalli プラントは、1999 年までに少なくとも 100kg の U-235 を生産したことになる。

### 4. 濃縮容量の推定

1kg の U-235 を生産するための異なった濃縮度、テール濃度での濃縮作業量、フィードウラン量等は表 1 に示すとおりである。

表 1 濃縮ウラン生産に必要な SWU

Enrichment	Tails	SWU/kg	Kg-EU/ kg-U-235	kgSWU/ kg-U-235	kg-feed*/ kg-U-235
30	0.3	59.8	3.3	199.3	240.9
40	0.3	81.5	2.5	203.7	241.5
45	0.3	92.4	2.2	205.3	241.7
40	0.2	96.6	2.5	241.5	194.7
40	0.5	64.4	2.5	161.0	468.0

\*Feed is assumed to be natural uranium.

表 1 から、テール濃度が同じである限り、単位当たりの U-235 を生産するために必要な濃縮作業量は濃縮度のレベルにあまり左右されないことがわかる。テール濃度を 0.3% と仮定する

と、1kg の U-235 を生産するための作業量は約 200kgSWU であり、原潜用の 90kg を生産するためには、18,000kgSWU が必要とされることになる。

濃縮が開始された時期とテール濃度に関する合理的な前提に基づく濃縮容量の推定は表 2 に示すとおりである。1990 年から容量がリニアに拡張され、最近になってカーブを描くように収束してきたと仮定すると、2004 年時点の濃縮容量は 4,800kgSWU/年と推定される。しかし、大きな不確定要素を勘案すれば、3,900~10,400kgSWU/年と推定するのがより妥当と考えられる。

表 2 濃縮容量の推定

Requirements	Average enrichment capacity (1991-1999)	Enrichment capacity in 1999*	Current enrichment capacity (2004)*
Submarine core (90 kg U-235)	2,250 kgSWU/y	3,000 kgSWU/y	3,900 kgSWU/y
Submarine core (160 kg U-235)	4,000 kgSWU/y	6,500 kgSWU/y	9,600 kgSWU/y
90 kg submarine core + 1998 thermonuclear test (10 kg U-235)	2,500 kgSWU/y	3,500 kgSWU/y	4,800 kgSWU/y
160 kg submarine core + 1998 thermonuclear test (10 kg U-235)	4,250 kgSWU/y	7,000 kgSWU/y	10,400 kgSWU/y

\*assuming linearly increasing capacity and rounded off

インドが国産の濃縮ウランを LWR の燃料に使用するという計画はどこにも示されていないが、推定された濃縮容量からみてもそれは明らかである。10,000kgSWU/年の容量では、3.3% の濃縮ウランを年間 2.6 t しか生産できない。インドがロシアから輸入している VVER-1000 の初装荷燃料が 66 t 必要であることと比較すれば歴然である。

以上