

MOX燃料の輸送は臨界事故の危険性をもつ

—差し迫る九州・四国・中部電力のMOX輸送に緊急ストップをかけよう—

2009年1月31日 美浜の会

九州電力、四国電力及び中部電力のMOX燃料が、同時に2隻の船でフランスから輸送されることが、3電力会社から1月28日に発表された。九州電力は1月28日に安全協定に基づく事前了解願を佐賀県と玄海町に提出、四国電力は同日に愛媛県と伊方町に安全協定に基づく燃料輸送計画の提出（一次連絡）を行った（電気新聞1月29日）。中部電力は輸送に必要な書類を1月30日までに原子力安全・保安院に提出し、約1ヶ月の審査で保安院から承認を得た後に輸送を行うことになり、輸送開始は3月初旬以降になるという（静岡新聞1月29日）。

しかし、それら輸送容器内のMOX燃料は臨界事故を起こす危険性があるという疑義がある。この疑義は、昨年12月24日の国土交通省との話し合いで明らかにされた資料（2007年10月開催の「放射性物質の梱包と輸送に関する国際シンポジウム」PATRAM2007での発表論文）によって新たに浮上した。また、この論文を踏まえて事業者が新たな輸送物落下試験を実施したことも明らかになった。

この危険性に対する憂慮は、私たちだけでなく、輸送ルートにつらなる国々の人たちにも共通するものである。そのため、この危険性に対する疑義が払拭されるまで輸送を許可しないことが求められる。このことを国土交通省や地元自治体に緊急に要望していく必要があり、その運動は「MOX燃料輸送中の臨界事故を憂慮する全国の市民」によって準備されている。

ここでは、この臨界の危険性とはどういう問題なのかを明らかにしたい。

1. 国土交通省の安全審査をすでにパスした事業者の臨界解析

今回輸送されるMOX輸送物（MOX燃料+輸送容器）は、少なくとも九州電力と四国電力に関しては、すでに2007年より前に国土交通省の安全審査をパスしており、これら2電力の輸送容器はTN-12P（M）型である。

MOX燃料の輸送に関しては、9メートル落下試験をしたという条件の下で、MOX燃料が水に漬かった場合でも臨界に達しないことが要求されている（注1）。実際、電気事業者は放射性輸送物設計承認申請書の輸送物安全解析書の中でそのような臨界解析を実施している。

その際問題になるのは、国土交通省の告示（注1）第9条第二項の規定である。そこでは、「放射性物質等は中性子増倍率が最大となる配置及び減速状態にあること」という条件が課せられている。

上記規定では、「中性子増倍率が最大となる配置」を想定することが要求されているのに、事業者が行った安全解析書では、9メートル落下した後でもMOX燃料集合体には何らの変形もないと頭から仮定していた。臨界には達しないとの結論はその仮定のもとで導かれ、それによって2007年より前に安全審査を通過していたのである。

（注1）

◆ 「船舶による放射性物質等の運送基準の細目等を定める告示」第十四条 規則第八十一条第二号の告示で定める場合は、次の各号に掲げる場合とする。

三 当該核分裂性輸送物と同一のものであつて別記第十に掲げる条件の下に置いたものを、別記第九に掲げ

る条件の下に置くこととした場合（引用者注：別記第十の条件とは9 m落下試験等の実施のこと）

◆「危険物船舶運送及び貯蔵規則」第八十一条 核分裂性輸送物は、第七十四条第一号、第七十五条第一号及び次の各号に適合するものでなければならない。

二 告示で定める場合に臨界に達しないものであること。

◆告示・別記第九（第一四条関係）核分裂性輸送物に係る条件

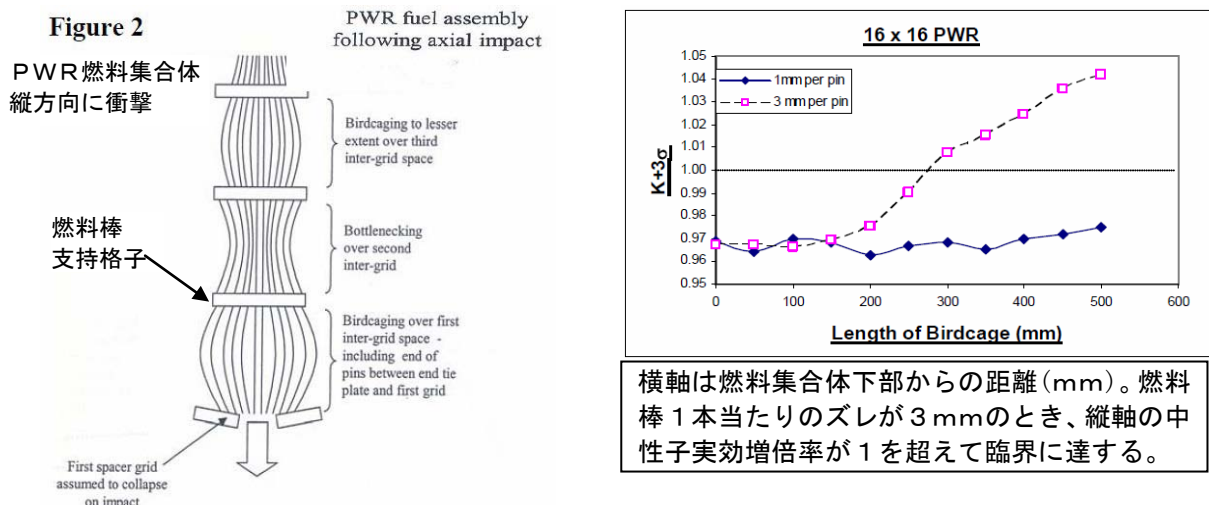
二 放射性物質等は中性子増倍率（原子核分裂の連鎖反応において、核分裂により放出された一個の中性子ごとに、次の核分裂によって放出される中性子の数をいう。）が最大となる配置及び減速状態にあること。

2. 新たな問題を提起した2007年10月の論文

上記のような、落下しても変形なしという解析の前提に対して、2007年10月、新たな問題が提起された。それは核燃料輸送事業者の国際団体WNTI（World Nuclear Transport Institute）のシンポジウムPATRAM2007において発表されたファリントン（Lyn M. Farrington）の論文である。

この論文によると、加圧水型（PWR）燃料集合体の場合、9メートル落下によって最下部区分の燃料棒が鳥かご型に膨らみ（下図左）、燃料棒間に介在する水による中性子の減速が進むために中性子増倍率が增大することが指摘されている。燃料集合体の最下部の支持格子が壊れて燃料棒1本当たり3mmの変形が生じた場合には、中性子実効増倍率 $K_{eff}+3\sigma$ が1以上となって臨界を超える。また、1mm変形の場合でも中性子実効増倍率は0.96を超えている（下図右）。日本原子力学会の標準（2006年）（注2）では、臨界の危険性の基準を0.95にとっているため、わずか1mm変形の場合でも重大な問題が起こる可能性があると考えられるべきである。

なお、沸騰水型炉（BWR）の場合は、一番下の区分はむしろへこみ、下から2番目の区分が鳥かご型になるが、その燃料棒1本当たりの変形量は最大で0.6mmにしかならない。中性子実効増倍率は0.78より小さい値になるので、臨界の問題は起こらないとされている。



(注2) 日本原子力学会標準「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性廃棄物輸送容器の安全設計及び検査基準 2006」

4.2.3 臨界防止設計

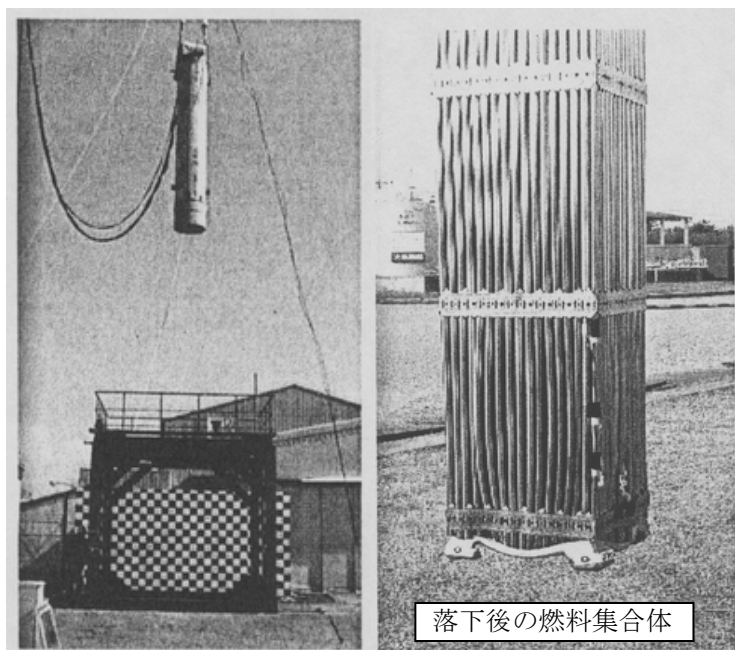
b)設計基準 輸送法令に定める通常輸送時、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下及び特別の試験条件下で技術的に想定されるいかなる場合においても、中性子実効増倍率が0.95を超えてはならない。

3. 事業者による緊急の試験と解析

この2007年10月の問題提起を受け止めて、電気事業者は直ちに2007年12月から2008年3月までの間に新たな輸送物落下試験等を実施している。このことが、昨年12月24日の近藤正道参議員レクにおける国土交通省検査測度課長の説明で明らかになった。電気事業者が直ちに試験等に着手し、安全審査の前提が崩れていないかどうかをチェックしようとしたこと自体は、ファリントンの論文をそれだけ重く受け止めたことを意味している。

その試験等に関する公表資料「TN-12P(M)型輸送物 特別の試験条件下における臨界評価について」によれば、それは次のような内容になっている(ただし、この公表資料には作成者と日付が書かれていないので、いったい誰がこの内容に責任をもっているのか明らかでない)。

◆試験：PWR17×17型燃料集合体の模擬物1体を収納した容器を9メートルの高さから落下させる(右図)。ペレットは鉛-アンチモンで重量を模擬。その結果、燃料集合体の変形パターンは上記のファリントンの論文と同様であったが、最下区分の燃料棒1本当りの変形量は約0.5mm程度だったという。



◆解析：九州電力や四国電力のMOX燃料集合体8体を収納した輸送容器について、燃料棒1本当りの変形が最下区分のどこ

でも1mmとして臨界解析を実施。その結果、中性子実効増倍率は九州電力ベースで0.864、四国電力ベースで0.862となり、臨界には達しないことが確認できたという。なお、その資料によれば、燃料集合体の変形を考慮しない場合の中性子実効増倍率($K_{eff}+3\sigma$)は、九州電力ベースで0.850、四国電力ベースで0.846なので、増加割合はそれぞれ1.6%と1.9%である。

この試験結果によって、それ以前に終了していた審査の前提は崩れていないと判断したと、検査測度課長は12月24日に説明した。しかし、この結論には下記のような疑問が湧いてくるのである。

4. 事業者の試験と解析に関する疑問点

(1) ファリントンの論文は、落下によって3mmの変形が起こりうることを理論的に提起しているので、そのような場合を告示別記第9条のいう「中性子増倍率が最大となる配置」として捉え、審査をやり直すべきである。この理論的指摘を事業者が重視したからこそ、緊急に試験

と解析を実施したものと考えられる。規制当局である国土交通省は事業者の解析結果を鵜呑みにせず、告示別記第9条に基づいて、ファリントンが提起した解析結果を踏まえて新たに独自の解析を行うべきではないか。すでに実施した以前の審査結果を再検討するような措置を講ずるべきではないだろうか。

(2) 事業者が実施したことは上記のような試験と解析であるが、試験は変形パターンと変形の上限を確認するにとどまっており、安全性の確認は主に解析によってなされている。その解析ではファリントンが想定したような燃料棒1本当たり3mm変形は排除されている。この場合を排除するために試験結果が利用されている。しかし、その一度の試験で、最下部の支持格子が壊れなかったからと言って、ファリントンの理論的提起を排除することができるのだろうか(特に熱の効果が考慮されていないことについては次項参照)。

ここではそれはさておき、なぜか解析で中性子実効増倍率が相当に低い値になっていることについて、疑問を呈しておきたい。

(a) 中性子実効増倍率は前記のように、燃料棒の変形がない場合に0.850(九州電力)、0.846(四国電力)と、比較的低い値になっている。基本的に同じ仕様のMOX燃料を収納したはずの関西電力の解析では、この値(最大値)は次のようになっている。

- ・1998年12月24日設計承認申請のEXCELLOX-4(M)型では0.948。
- ・1999年4月5日申請のTN-12P(M)型では0.947。
- ・2001年8月23日申請のEXCELLOX-4(M)R型では0.899。

すなわち、なぜか時の経過に伴って値が下がっているのだ。そして、2006年8月21日に設計承認を受けた四国電力の値は上記のように0.846とさらに格段に下がっている。この値をベースにして変形を仮定してもそれほど大きな値にはならないのは当然である。

同じ仕様のMOX燃料でありながら、なぜこのようにだんだんと甘い解析になってきたのか、なぜ規制当局である国土交通省がこのような結果を鵜呑みにしているのだろうか。非常に恣意的な臭いが感じられるのである。

(b) ファリントンの論文では、部分的な1mm変形でも中性子実効増倍率が0.96を超えている(第2項のグラフ参照)。ところが今回事業者が行った解析では、全体的な1mm変形でも0.862と低い値になっている。なぜこのような違いが起こっているのかについて、国土交通省はいったいどのような見解をもっているのだろうか。事業者の今回の低い値について、独自の解析を実施して検証するべきではないだろうか。

(3) この試験では、燃料ペレットとして鉛+アンチモンを用いているため、実際運ばれるMOX燃料のように温度が高くなることを考慮していない。輸送中のMOX燃料集合体の温度は約300℃になり、その場合MOX燃料集合体の強度が4割～9割にまで落ちることが北海道庁ホームページにある北海道電力の資料に明記されている(注3)。燃料集合体の強度が落ちると落下によって最下部の支持格子が壊れ、燃料棒1本当たり3mm程度の変形が起こり得る。それゆえ、試験では燃料集合体を約300℃の温度に保って落下させる必要がある。なぜなら、告示第1条第一項では「試験しようとする放射性物質等をできるだけ模擬した供試物を九メートルの高さから落下させること」と規定しているからだ。今回の試験はこの要求を満たしてい

ないがゆえに法的に有効とは言えないのではないだろうか。

(注3) 北海道庁の資料

「北電(株)のプルサーマル計画に関する安全性に係る検討項目 論点 2-2-1 輸送時の安全対策」

http://www.pref.hokkaido.lg.jp/NR/rdonlyres/72EAF3C-35DC-40A3-9F53-B3FF0D125ACD/0/200803_rontenn221.pdf

- ・輸送中の燃料集合体の温度は最大で300℃程度になる。
- ・金属材料は温度の上昇に伴い、材質に応じて強度が低下する。燃料集合体の構成部材の強度は、場所により4割～9割程度に低下する。

5. 結論

前項に記述した疑問点が解消されない限り、少なくとも加圧水型である九州電力と四国電力のMOX燃料については、輸送中に臨界事故を起こす危険性があると考えざるを得ない。輸送中に輸送ルート近くの国、あるいは日本の港に到着したときに臨界事故を起こす危険性があるのに、それを無視して輸送を強行するのは決して許されることではない。

それゆえ、次のような点を国土交通省や立地自治体に要望する必要があると考える。

1. 第4項で記述した疑問点に答えること。
2. 臨界の疑義が完全に払拭されるまで、決してMOX燃料の輸送を許可または了解しないこと。