

## TCA（軽水臨界実験装置）施設の検討書

## 1. 施設の概要

### (1) 施設の概要

TCAは、我が国最初の軽水型動力試験炉JPDRの核特性についてより深く研究することを目的として、昭和37年に設置された最大出力200Wの臨界実験装置である。また、昭和55年頃からは、我が国における核燃料サイクルの成熟を背景として、原子炉以外の燃料取扱施設に関する臨界安全性の研究に着手するとともに、平成7年からは、炉物理教育研修実験にも利用されている。

本実験装置は、直径1.8mの炉心タンク内に燃料棒を直立させて装荷し、燃料支持板及び上下の格子板で固定する構造である。燃料棒間には安全板を挿入する。また、下部から減速材と反射材の役目をする軽水を給水することにより炉心を構成し、主たる反応度制御を炉水位の調整によっている（タンク型）。

なお、本装置用燃料要素には、天然<sup>2</sup>酸化ウラン・ペレット型燃料要素、2.0w/o～3.2w/o濃縮<sup>2</sup>酸化ウラン燃料要素、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料要素がある。

TCAの運転（臨界到達及び停止）は、安全板を全て引抜き、炉心タンク内に給水し、所定の水位で臨界に到達させる。また、炉心タンク内の水を排水するとともに安全板を挿入することで、停止させる。

安全板は、炉心タンクの上方に設置されている電動機による駆動でワイヤをドラムに巻き取ることで、引き抜きを行う。スクラム時には電磁石が消磁され、安全板が自重で炉心に挿入される。

運転していない場合には、TCAの炉心タンクは水がなく、運転時には炉室地階のダンプタンクから給水ポンプによって炉室1階の炉心タンク内に給水する。また、停止時には通常排水弁により炉心タンクから重力により排水する。スクラム時には、全排水弁が解放し、急速に排水が行われる。

TCAの場合は、出力が低く崩壊熱が無視できるため、炉心タンク内の水を排水しても問題ない。また、運転時の熱発生による水温上昇も無視できるため、設置許可上、原子炉冷却系統施設は装備していない。

### (2) 地震に対する安全性

TCAのスクラム条件に地震があり、地震計は水平及び垂直加速度 $25\text{cm/s}^2$  (gal)でスクラムが発生するように校正している。

TCAにおいては、スクラムの発生により安全板の全てについて、電磁石が消磁され、自重により炉心タンク内に挿入される。また、炉心タンクの全排水弁が開状態となり、炉心タンク内の水が急速に排水される。これらのことにより炉は瞬時に未臨界状態となる。

安全板は電源の喪失時にも電磁石が消磁され、自重により炉心内に挿入され、安全板1枚の挿入でも炉心を未臨界にすることができる。

排水弁は圧縮空気作動のダイヤフラム弁であり、スクラム時、電源喪失、操作空気

圧低下時にすべて開状態（フェイルオープン機構）となり、炉心タンクから自然落下により排水される。

炉心タンクよりも上方には、水の貯留槽はない。また、炉心タンクの横には位置可変式のオーバーフロータンク及び水位微調整装置があり、これらは炉心タンクと連通管構造となっていて、その内部の水は炉心タンクと同じレベルとなる。

また、ダンプタンクと同じレベルにある浄化装置は、イオン交換樹脂を内蔵した容器であり、ダンプタンク内の水を浄化する場合に、ダンプタンク水をポンプを用いて通じさせ、水の浄化を行うものである。この浄化装置や配管が破損した場合も、炉心タンク内に水が供給されることは構造上あり得ない。

原子炉運転中に地震が発生した場合、次の理由により原子炉は安全側に向かうため、炉心溶融に至ることはない。

- ・ T C Aの排水弁は、地震時においても直ちにかつ確実に動作するよう設計対応がなされており、大きな地震動を受けている最中であっても開動作<sup>\*1</sup>あるいは給排水系配管等の破損により炉心タンク内の水が自然落下により排出される<sup>\*2</sup>ことによっては、原子炉は確実に停止する。
- ・ 炉心タンク水（T C Aの場合、制御材であり反射材でもある）の揺動が生じて、炉心に正の反応度が印加されることはない。
- ・ 炉心タンクよりも上方には水の貯留タンクは無く、漏えいした水は、構造上再給水されることはなく、再臨界となることはない。

なお、燃料を貯蔵する施設について、地震時においても、燃料の未臨界性は維持される。

## 2. 地震想定影響の算定

### (1) 想定した条件

地震に起因して発生すると思われる事故の中から、放射性物質放出による放射線影響が最も大きい「運転直後の燃料破損事故」をとり上げ、技術的に考えられる最大の放射性物質の放出量を仮定し、次の条件のもとに地震想定影響の評価を行う。

- ① 週間最大積算出力で1年間運転した直後に、地震が発生して、炉心タンク内の燃料の全量が破損し、燃料内に蓄積された希ガス及びハロゲンが瞬時に原子炉建屋内に放出するものとする。なお、1年間の運転により生成する希ガス及びハロゲンは、その全量が炉心タンク内の燃料中に保持されているものとする。
- ② 燃料破損事故発生と同時に、希ガス及びハロゲンは、燃料内の保有量全量が瞬時に炉室雰囲気へ放出されるものとする。
- ③ 地震発生に伴い閉じ込め機能の全喪失を想定し、燃料から炉室に放出された希ガ

\*1 排液弁は、スプリング反力駆動フェイルオープン機構のダイヤフラム弁（3系統）であり、その開動作は単純である。仮に弁棒が折損し弁部が固着するような外力が加わった場合には、弁箱が変形し封水機能を維持することができない。また、そのようなときには、排水弁の構造部や溶接部よりも先に、配管とのフランジ接続部が破断する可能性が高い。

\*2 配管が閉塞するような折損は、フランジ接続部が破断しない限り発生し得ない。

ス及びハロゲンは、1時間以内にその全量が大気中に放出されるものとする。

④ 炉室から敷地境界外被ばく線量地点までの時間減衰は考えない。

## (2) 地震想定影響の算定結果

TCAについて、以下の手順により、運転に伴い発生する希ガス及びハロゲンの放出量を算出し、敷地境界外における一般公衆の希ガス及びハロゲンの $\gamma$ 線外部被ばくによる実効線量、よう素の吸入摂取による実効線量を評価する。

なお、TCAの設置許可申請書において、敷地境界外における一般公衆の実効線量評価が行われていないため、気象条件及び拡散条件については、TCAに隣接するFCA施設の設置許可申請書添付書類十に記載された条件で評価した。また、相対濃度( $\chi/Q$ )及び相対線量( $D/Q$ )についても、FCAで使用した値(相対濃度:  $1.1 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ 、相対線量:  $3.3 \times 10^{-18} \text{Gy}/(\text{Mev} \cdot \text{Bq})$ )を用いた。

### ① 希ガス及びハロゲンの $\gamma$ 線外部被ばくによる実効線量

燃料破損事故発生時の希ガス及びハロゲンの量については、週間最大積算出力150Whで20回運転、運転間隔は7日として運転を継続した直後の量を算出した。評価核種については、「原子力安全委員会指針集(第11版・2003年) 一被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について一」に記載の希ガス及びハロゲンの全核種を対象とした。希ガス及びハロゲンの燃料から炉室への移行割合は100%、炉室からの漏洩率は100%/hとし、全量が地上放出されたとした。なお、相対線量に本評価の結果、敷地境界外における希ガス及びハロゲンの $\gamma$ 線外部被ばくによる実効線量は、0.01mSvであった。

### ② よう素の吸入摂取による実効線量

燃料破損事故発生時のよう素の放出量は、①と同様の方法により算出した。評価核種については、「原子力安全委員会指針集(第11版・2003年) 一被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について一」に記載のよう素の全核種を対象とした。よう素の吸入摂取による実効線量については、原子力安全委員会指針集に基づき、線量換算係数が最大となる小児(1才)を対象とし算出した。

本評価の結果、敷地境界外におけるよう素の吸入摂取による実効線量(小児を対象)は、0.04mSvであった。

敷地境界外における地震想定影響の評価の結果、上記①、②の合計値は0.05mSvである。

## 3. まとめ

以上の結果から、地震想定影響は小さく、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがないため、耐震設計上、重要度分類Sクラスとして検討を行う原子炉に相当しない。