



# 「もんじゅ」の破損燃料検出システム

須藤 孝幸\* 山崎 修

動力炉建設運転本部 \*現在 (株)東芝

資料番号：65-4

Fuel Failure Detection and Location System of MONJU

Takayuki Sudo Osamu Yamazaki  
(Reactor Construction and Operation Project,  
\* Presently, Toshiba Corporation.)

「もんじゅ」の破損燃料検出システムは、遅発中性子法、カバーガス法、タギング法の3つのサブシステムから構成される。このうち、遅発中性子法及びカバーガス法は、燃料破損を検出するシステムであり、タギング法は破損した燃料集合体の位置を同定するためのシステムである。本システムの設計にあたっては、各種のR&D結果及び実験炉「常陽」での経験を反映している。

## 1. まえがき

「もんじゅ」の破損燃料検出システム (FFD/L : Fuel Failure Detection and Location) は、燃料集合体の健全性を監視するためのシステムであり、図1に示すように3種類のサブシステムから構成される。万一、燃料ピンが破損した場合に、破損の発生

を確実に検出するため、遅発中性子法破損燃料検出システム (DN法 FFD、DN : Delayed Neutron、FFD : Fuel Failure Detection) 及びカバーガス法破損燃料検出システム (CG法 FFD、CG : Cover

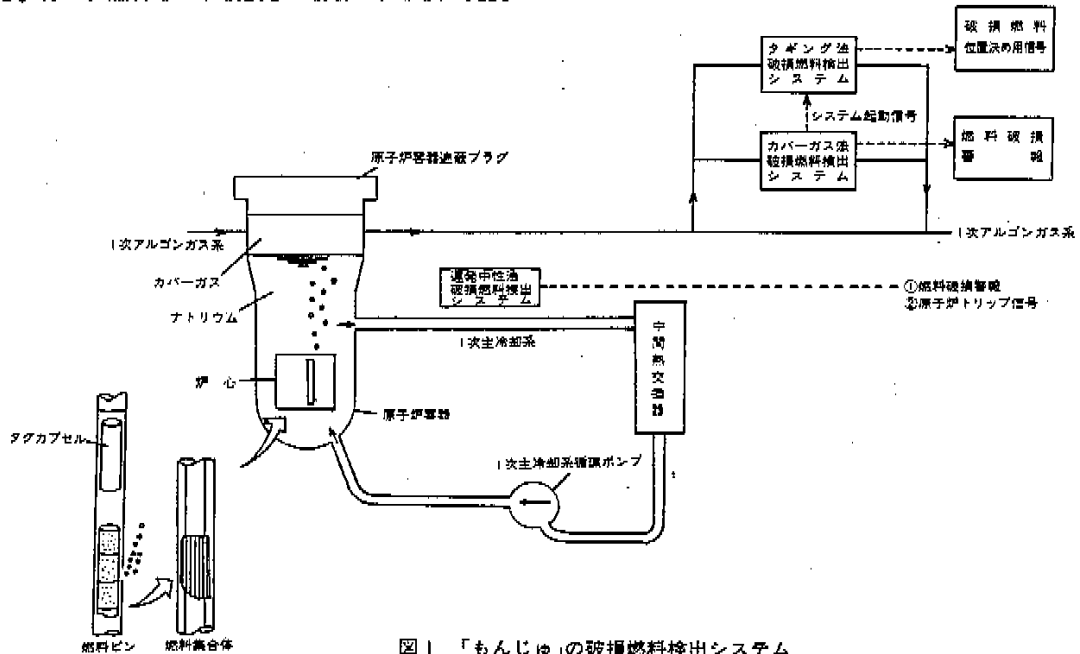


図1 「もんじゅ」の破損燃料検出システム

Gas)の2つのサブシステムが設けられ、破損した燃料集合体の位置を同定するためにタグging法破損燃料検出システム(タグging法FFDL、FFDL: Failed Fuel Detection and Location)が設置される。

2. 各サブシステムの特徴

DN法FFDは、燃料破損時に燃料ペレットから冷却材(「もんじゅ」ではナトリウム)中に放出される遅発中性子先行核(DN先行核)からの遅発中性子(DN)を、中性子検出器で計測して燃料破損を検出するシステムである。DN先行核は、炉心からの冷却材の流れによって検出器の設置位置まで運ばれる。このため、DN法FFDは、検出感度は、CG法FFDに比べて劣るが、燃料破損発生から検出までの時間が短いという特徴がある。

CG法FFDは、燃料破損時、燃料ピンから冷却材を經由して原子炉カバーガス(「もんじゅ」ではアルゴンガス)に移行した核分裂生成物(FP: Fission Product)のうち希ガスFPをサンプリングラインを介してサンプリングし、これを検知することによって燃料破損を検出するシステムである。このため、前述のDN法FFDに比べて検出時間は長くなるが、ガス状FPを検出対象としているため、検出感度は優れている。

さらにタグging法FFDLは、燃料集合体毎に異なる組成の識別ガス(タグガス)を各集合体のピン内に封入しておき、燃料ピンが破損した時、ピンから冷却材を經由して原子炉カバーガスに移行するタグガスを回収・分析し、タグガス種類と燃料集合体番号の対比表から、破損した燃料集合体を同定するシステムである。「もんじゅ」の場合、タグガスとしてはKrとXeの安定同位体を組み合わせたガスが用

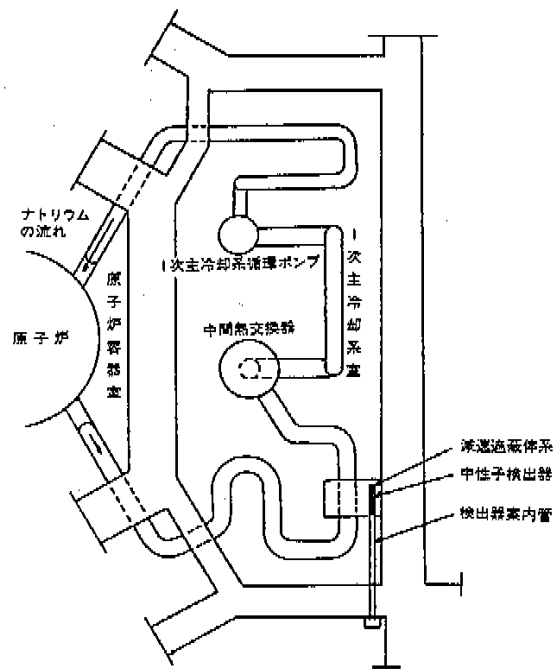


図2 遅発中性子法破損燃料検出システム

いられ、タグガスの種類は約200種である。

3. 各サブシステムの構成

DN法FFDの検出器配置を図2に示す。「もんじゅ」のDN法FFDは安全保護系に属し、各冷却ループ毎に2 out of 3 ロジックを組むため、1ループあたり3個の検出器が設置される。各検出器は、冷却系配管の側面に配管と平行におかれ、その周囲を

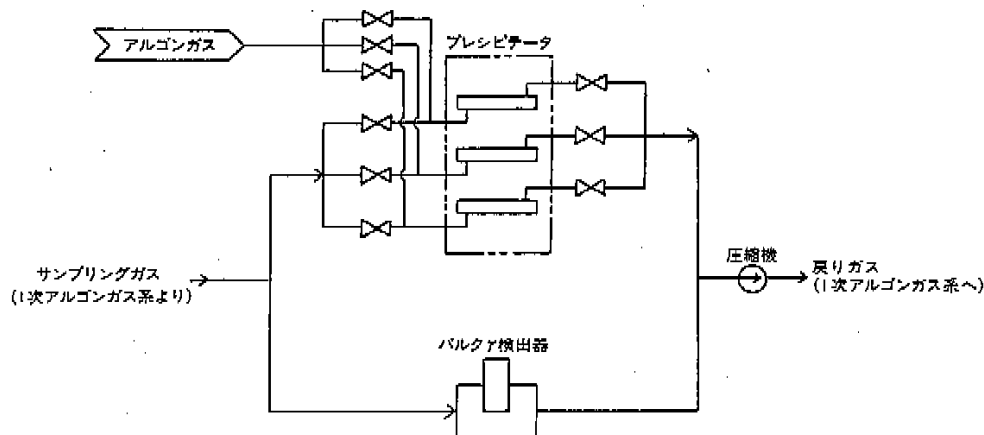


図3 カバーガス法破損燃料検出システム

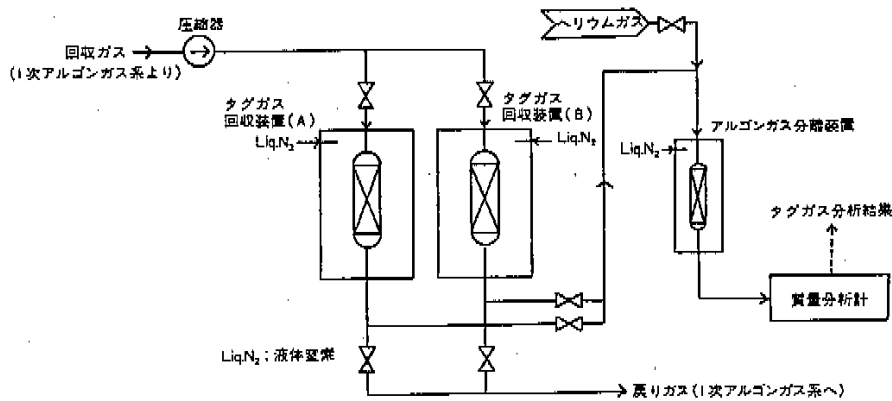


図4 タギング法破損燃料検出システム

減速・遮蔽体で覆っている。減速・遮蔽体は、DN先行核からのDNを減速して熱中性子とするため、また、設置室内の中性子及びガンマ線によるバックグラウンドを低減するために設置する。

次に、CG法FFD及びタギング法FFDLのフローを図3、図4に示す。

CG法FFDでは、原子炉カバーガスを1次アルゴンガス系を介してサンプリングし、プレシピテータ及びバルクガンマ検出器でFPからの放射線強度を測定する。プレシピテータは、バックグラウンドとなる放射性アルゴン等の影響を受けにくい検出器であり、ピンホール程度の微小破損の検出が可能である。バルクガンマ検出器は、プレシピテータのバックアップとして設置される。

タギング法FFDLはCG法FFDと同様、1次アルゴンガス系から分岐して設置され、原子炉カバーガス中のタグガスを回収する。原子炉カバーガスは、液体窒素で約 $-180^{\circ}\text{C}$ に冷却されているタグガス回収装置を通り、1次アルゴンガス系に戻される。この時タグガスは、タグガス回収装置にトラップされ、回収操作後、アルゴンガス分離・ヘリウム置換のプロセスを経て質量分析計で組成分析される。この分析結果はコンピュータに送られ、演算処理をして破損燃料集合体が割り出される。

#### 4. システムの運用

「もんじゅ」FFD/Lの運用は現在検討中であるが、運用案を図5に示す。プラント運転中、DN法

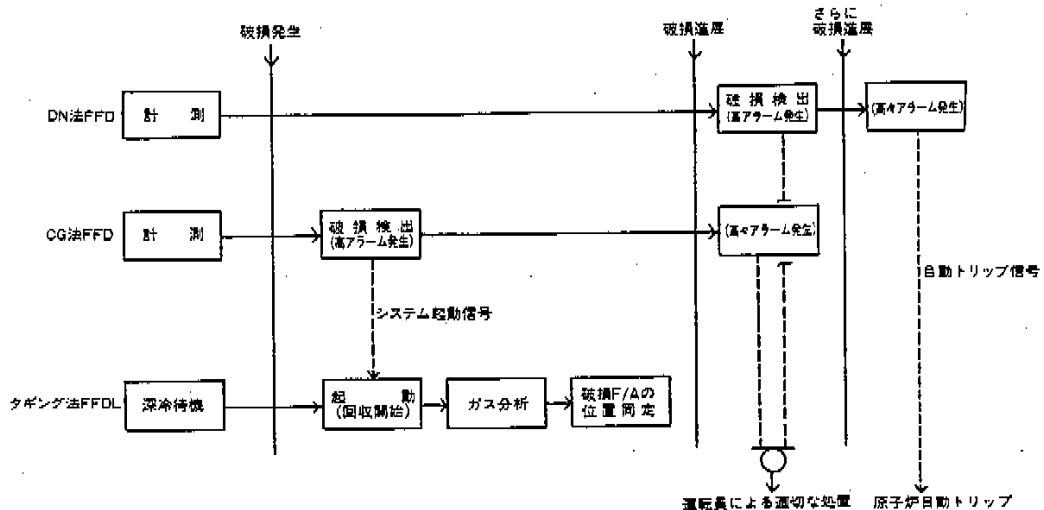


図5 破損燃料検出システムの運用案

FFD及びCG法FFDは連続運転し、タギング法FFDLは深冷待期状態（ガスを流さず、回収装置を冷却している状態）にある。燃料破損が発生すると、CG法FFDがこれを検知し、アラームが発生するとともにタギング法FFDLを起動させる。タギング法FFDLは、所定の操作により破損燃料位置を同定する。破損が進展してCG法FFDの「高々アラーム」が発生するか、あるいはDN法FFDのアラームが発生すると運転員の判断で適切な処置がなされる。万一破損がさらに進展した場合でも、DN法FFDの「高々アラーム」で原子炉は自動的にトリップされる。

5. FFD/Lの研究開発

「もんじゅ」のFFD/Lの開発のため、動燃事業団では各種のR&Dを実施してきた。

DN法FFDについては、高速中性子減速材の最適寸法を決定するための試験を実施し、CG法FFDについては、実験炉「常陽」での従来型プレシピテータの運転経験も踏まえて、新型のガス置換型プレシピテータを開発した。このプレシピテータは、FPを検出する際、バックグラウンドとなる放射性アルゴン等をガスバージ操作で除去するもので、微小FPの検出に有利な検出器である。開発したプレシピテータの検出部を写真1に示す。

タギング法FFDLに関しては、タグガスの回収、分離、分析の各プロセスについて、基礎試験から実機サイズの試験までを実施してきている。写真2に試験装置の外観を示す。

破損燃料検出システムにとっては、機器の開発と

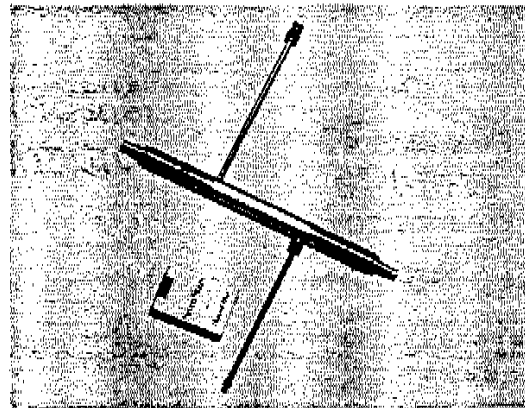
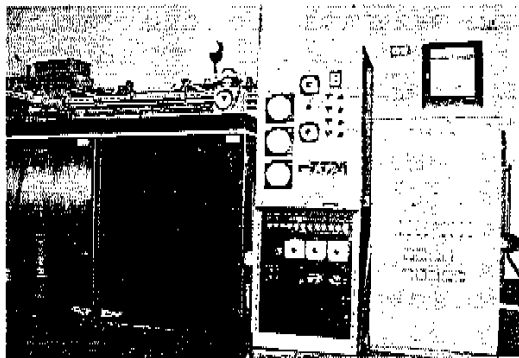


写真1 プレシピテータ試験装置  
(写真は、プレシピテータ検出部の1式分を示す)

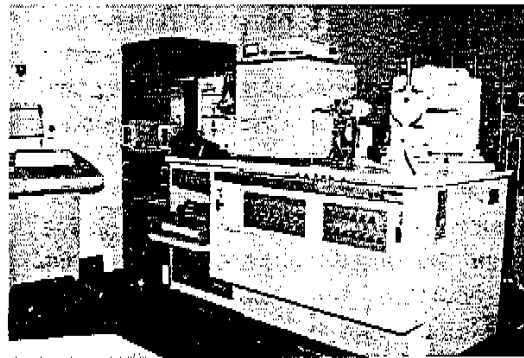
ともに、FPが発生してから検出器位置に届くまでの移行挙動解析、あるいはタギング法FFDLにおける位置同定解析等のコード開発も重要であり、これらについても長年にわたって開発を行ってきている。

6. あとがき

以上述べたように、高速原型炉「もんじゅ」においては、3つのサブシステムから成る破損燃料検出システムにより、常に燃料集合体の健全性を監視し、また破損が発生した場合には、破損した集合体を同定することができるようになっており、炉の安全確保に役立っている。



(タグガス回収装置、アルゴンガス分離装置)



(質量分析計)

写真2 タギング法破損燃料検出システム試験装置