

沸騰水型原子力発電所の信頼性向上の最近の動向

Current Status of Reliability Improvement in Boiling Water Reactor Plants

沸騰水型原子力発電所(BWR)を中心に、原子力発電所の信頼性向上の最近の動向と日立製作所の活動状況について概説した。

三木 実* Miki Minoru

高島義衛** Takashima Yoshie

およそ10年近く蓄積された我が国の商業用原子力発電経験と20年にわたる米国でのそれとを基にして、故障の低減と保守性の改善とを柱とする信頼性向上を目指した総合的な改善が現在行なわれつつある。

これら地道で実務的な改善と並行して、大規模な信頼性実証試験が進められ、設備の信頼性向上への反映が意図されている。

信頼性工学の分野でも信頼性解析の系統評価への応用と品質保証の確立とが図られている。ことに品質保証はメーカーとして日立製作所の重視するところであり、よりいっそうの充実を期している。

1 緒言

設備の高い信頼性は、高レベルの設備利用率を生み出す源である。原子力発電所の場合、安全性の確保が高利用率の重要な前提となっていることが、他産業との比較の上で大きな特徴となっている。したがって、原子力発電での信頼性向上の努力は、設備本来の発電機能と安全確保の機能とを同時に安定して、保持することに向けられてきたといえることができる。

原子力発電所の建設及び運転の経験が蓄積されるにつれて、信頼性向上のための重点の所在がいっそう具体的に把握されるようになった。これらの点を整理し、現在行なわれている改善の動向を以下に概説する。

2 運転経験からの信頼性向上対策

原子力発電の建設・運転の経験は、米国の初期をも含めると既に20年に達する。この間経験された故障もかなりの数に達し、米国の実例を整理すると図1に示すようになっている。これらの故障はすべて公衆に放射能の影響を及ぼすようなものではなく、多くの場合、機能チェックのための定期動作試験で故障が発見されたのであるが、安全性重視の立場からこれらのうちおよそ1割程度は発電所を停止し補修を行なっている。原子力発電の場合には、小さな故障といえども設備利用率低下の大きな要因になり、高い信頼性が要求される。このため、原子力発電の高信頼性確保を目的として、各種の大規模な実証試験・研究が行なわれるとともに、上記の故障低減と保全性の向上とを指向した地道で実務的な改善を重視する傾向が高まってきている。図2に運転経験に基づく信頼性の改善項目を沸騰水型原子力発電所(以下、BWRと略す)関係についてまとめたが、これらについて日立製作所は関係官庁、ユーザーの指導と支援を得ながら改善に努めている。

3 信頼性実証研究の動向

燃料、安全、耐震と弁、ポンプなどの主要機器については、実証試験と実物大研究設備での実験解析による信頼性評価を行なって、その成果を製品の信頼性向上に反映してゆく活動

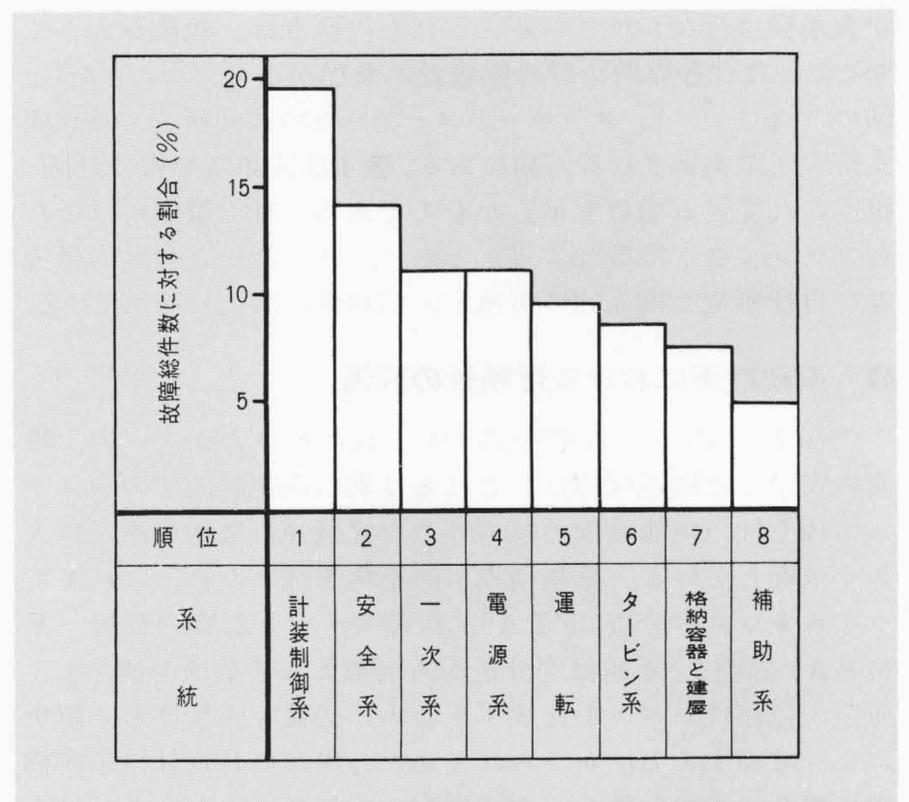
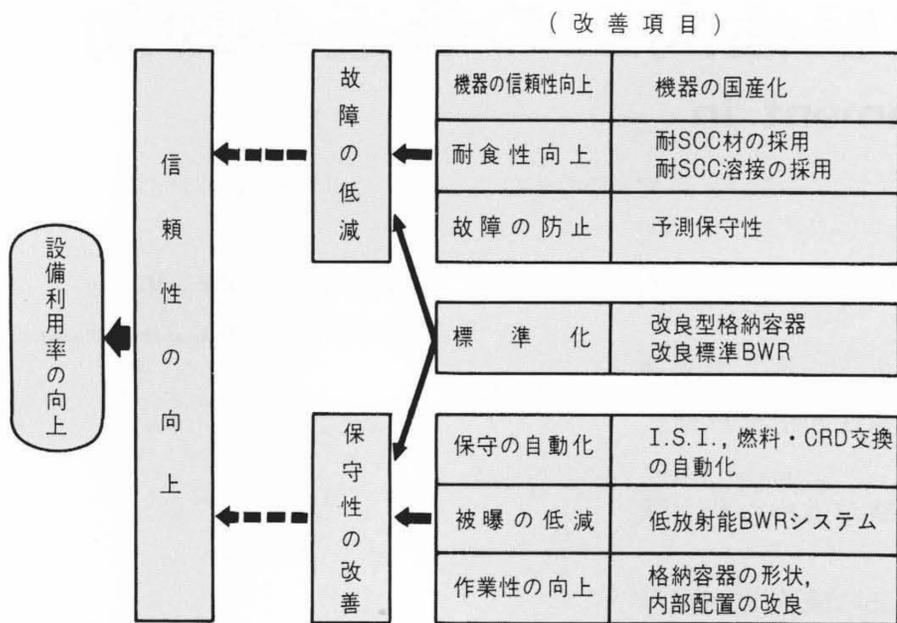


図1 系統別故障分類(米国) 1961~1975年の間に運転された、米国BWR36基(運転時間累計1,541基・月)について調べた結果を示す。故障総件数のおよそ1割は原子炉を停止している。

表1 通商産業省信頼性実証試験項目 電源開発促進対策特別会計法などに基づき原子力発電安全等対策の一環として昭和50年度から着手されている。

No.	信頼性実証試験項目	設備概要
1	原子力発電施設耐震	大型高性能振動台
2	蒸気発生器(PWR)	蒸気発生器大型熱流動試験ループ及び腐食シミュレーションループ
3	バルブ	環境試験、作動性能及び漏洩試験、逃し安全弁試験を行なう装置
4	燃料集合体	モニタリング燃料の製作・照射
5	溶接部など熱影響部	総合模擬試験ループと加速試験ループ
6	ポンプ	ポンプループ設備と実規模ループ

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所電力事業本部



注：略字説明

I. S. I. = 供用期間中検査, SCC = 応力腐食割れ, CRD = 制御棒駆動機構

図2 運転経験に基づく信頼性改善項目 故障の低減と保守性の改善は、信頼性向上の2本の柱であり、改善はこの両者の面から考えられている。

が大規模に行なわれている。これらの研究は、規模が大きくなること及び各専門分野の権威者の参加が不可欠なことから、国のプロジェクト、ユーザーとメーカーとの共同研究、及び国立研究所で実施される方向にある。表1は通商産業省で計画・推進されている項目を示したものである。日立製作所はこれらプロジェクトに参加するとともに、ユーザーとの共同研究及び自社研究を積極的に実施し、信頼性の向上に努めている。

4 系統計画における信頼性の評価

これまでは機器の信頼性について述べてきたが、一方、設備の安定した機能保持は、これとは別に系統計画でのシステムの独立性、機能原理の多様性及び冗長性の適切な選定に大きく依存している。系統構成の適正化を図るため、これまでフォルトツリー分析(FTA)、故障モードと影響の分析(FMEA)などによる組織的分析から弱点となる箇所を摘出し、所定の信頼性レベルを達成するために必要な冗長性を、解析により確認する方法がとられてきた。現在のBWRの系統構成は表2に示す信頼性への考慮がなされているが、これは上記の分析・解析によっても、その妥当性が示されている。

表2 系統信頼性の基本方針 常時運転が行なわれる常用系と、工学安全系のように常時待機、非常時運転の非常用系とに分けて基本方針を示した。

常用系	非常用系 (工学安全系)
(1) 信頼性ある機器による構成	(1) 2系統設置による信頼性の向上 (可能な限り原理の異なる系統で構成)
(2) 冗長性をもった構成	(2) 動力源は常用系と異なる独立設備
(3) 故障検出の確実性向上とともに、誤信号による停止の防止	(3) 間欠使用に対して、信頼性のある機器による冗長性をもったシステム構成
	(4) 定期的機能試験が可能な系統構成

5 品質保証システムの重要性

品質保証システムは、原子力発電機能、安全及び耐震機能に対する仕様とこれらの重要度から決められた機器の設計・品質の要求水準とを明確化するとともに、計画、製作及び据付の全過程にわたってそれらの品質を確認・記録し、必要に応じて修正指示を行なう機構である。図3に品質保証システムの概念図を示す。信頼性確保のため決められた各種要求水準が、実際の製品の中に確実に反映されない限り、高信頼性は確保されない。品質保証システムの実施は、信頼性向上の基礎として重要である。日立製作所はこのシステムの充実を図るとともに、設計、製造部門から独立した品質保証部門が品質保証計画、監査、確認などを行なう体制をとり、ユーザーの期待に沿えるよう万全を期している。

6 結 言

信頼性向上の動きをBWRを中心に概説したが、この分野の活動は多岐にわたるので、具体的記述は紙面の関係から割愛せざるを得なかった。日立製作所は信頼性の向上を目指して具体的に活動を進めており、この特集論文「沸騰水型原子炉(BWR)燃料に対する信頼性向上の研究現状」、「原子力用ステンレス鋼配管の耐食性向上」、「沸騰水型原子力発電所の耐震性研究」、「沸騰水型原子炉用制御棒の制御及び監視装置」、及び「大容量タービン用1,800rpm 43in長翼の開発」でその一端が詳細に述べられている。今後も各界の御指導を仰ぎながら、なおいっそうの改善に向けて努力を重ねる考えである。

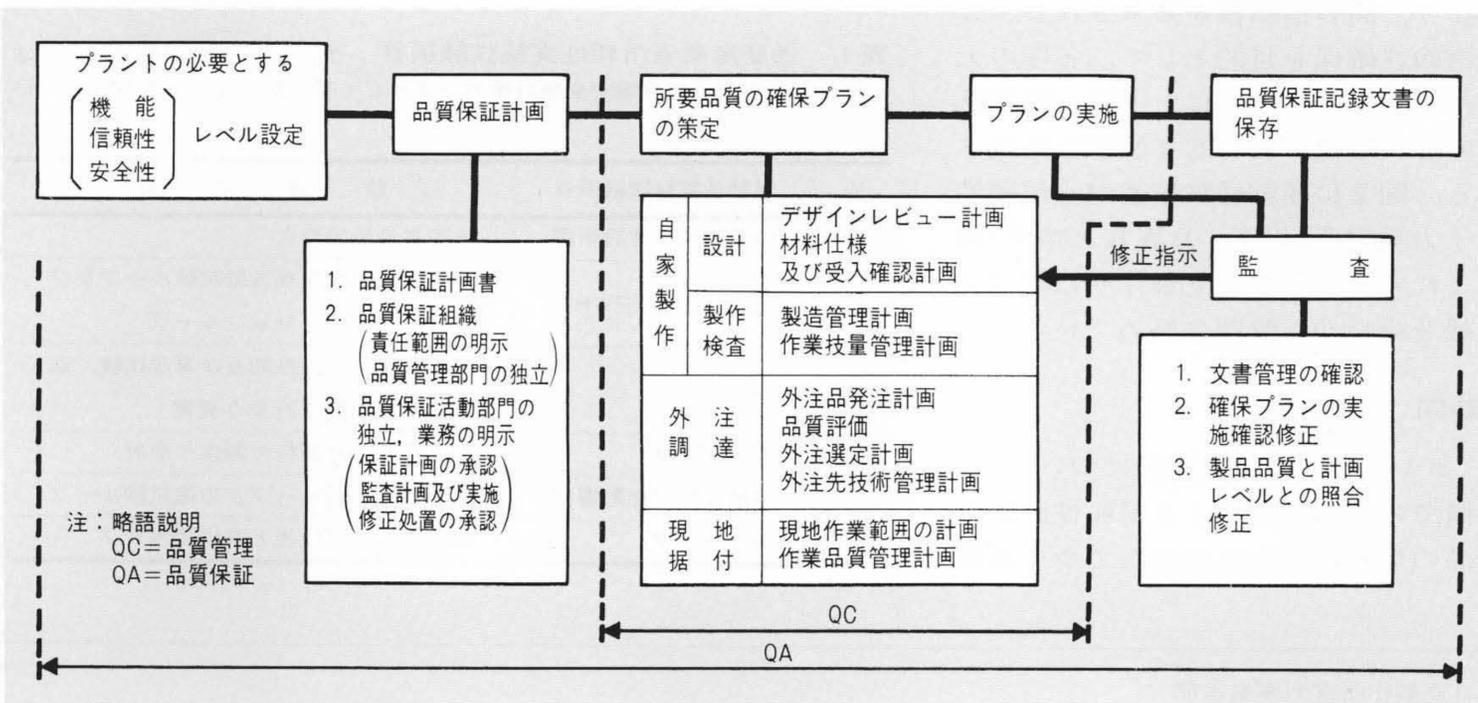


図3 品質保証システム概要 品質保証システムの流れと、各段階で実施する内容とを示した。品質保証(QA)の中での品質管理(QC)の位置付けを明らかにした。