

原子力発電所の稼働率向上の最近の動向

Recent Progress of Plant Capacity Factor of Boiling Water Reactor

最近、軽水炉の稼働率低下が問題となっている。この報告は、軽水炉の中でも特にBWRを中心に稼働率向上の諸対策について述べる。稼働率向上対策は、機器系統の信頼性向上、燃料の健全性向上及び定期検査期間の短縮の諸対策に分けて考えることができる。これらの最近の動向を紹介するとともに、稼働率向上対策と表裏の関係にあるプラント放射能低減対策の動向についても言及した。

三木 実* Miki Minoru
池田雅臣** Ikeda Masaomi

1 緒 言

最近、原子力発電設備の稼働率低下が問題となってきているが、世界の原子力発電の主流を軽水炉〔沸騰水型原子炉(以下、BWRと略す)及び加圧水型原子炉(PWR)〕が占めることは間違いなく、この型式の稼働率を上げることが重要な課題となっている。我が国での原子力発電は、昭和53年1月現在稼働中のもので14基799.4万kWであるが、そのうち13基782.8万kWは軽水炉であり、また建設中、建設準備中の軽水炉は15基1,389.7万kWに達している。ここでは、これら軽水炉の6割を占めるBWR型原子力発電設備を中心に稼働率向上対策について述べる。

2 原子力発電設備の設備利用率

BWRの設備利用率は、我が国では法律で義務付けられた年1回の定期検査、及び燃料健全性維持のための出力上昇率制限(PCIOMR)により、無故障で理想的に運転された場合、図1に示すように実現可能な上限値があり、80%程度となる。しかし、最近の軽水炉設備利用率の実績は、50%前後に落ち込んでいるのが実情である。この設備利用率低下の要因として、次の三つを考えることができる。

- (1) 機器・系統の故障に伴うプラント停止
- (2) 燃料破損防止などに伴う出力制限
- (3) 定期検査の長期化

これらの要因の減少、期間の短縮を最重要課題として対策を立て、改善の努力を行なっている。次にその概要を述べる。

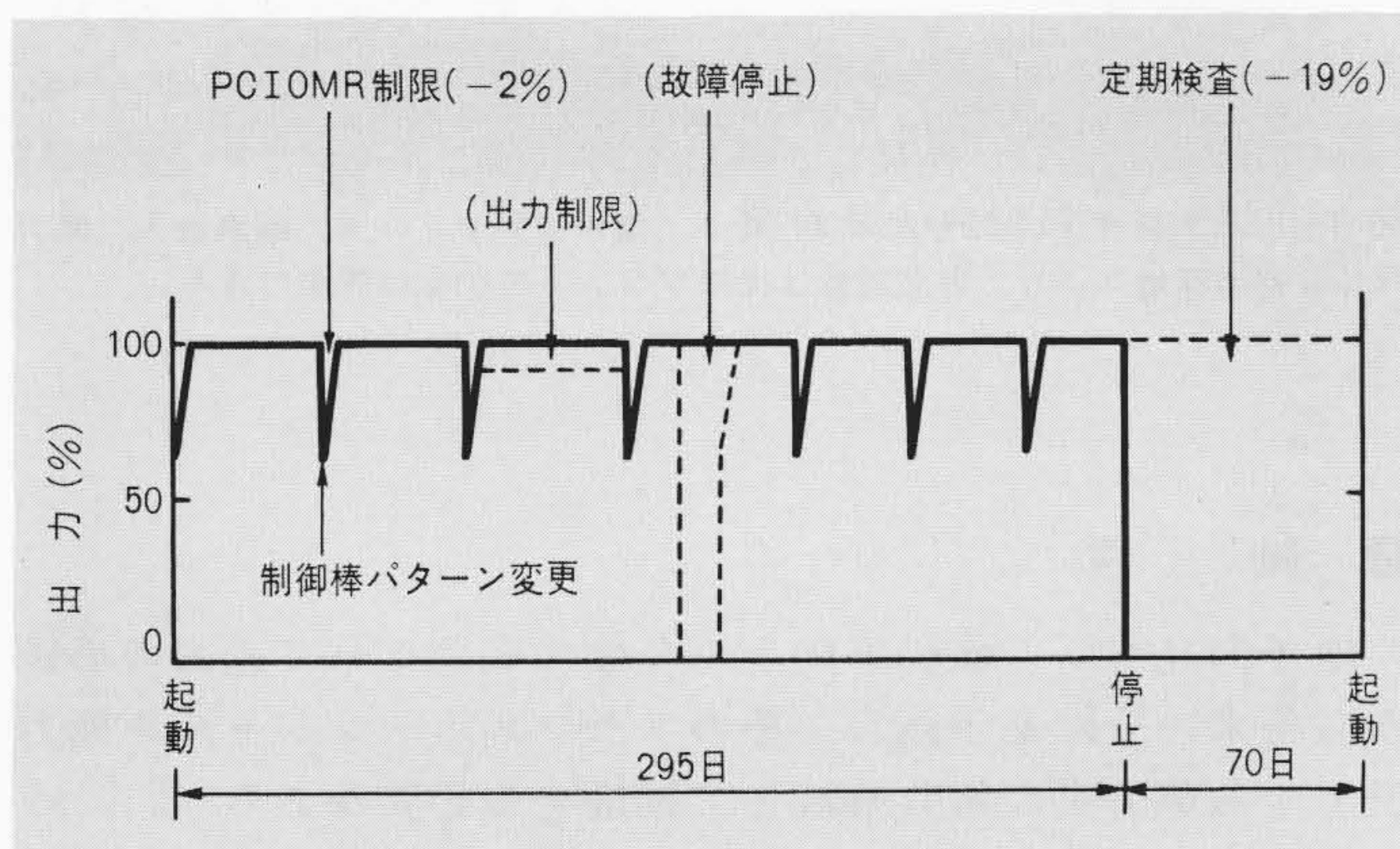


図1 年間運転履歴モデル図 無故障の場合の設備利用率は、100% - 2%(PCIOMR制限) - 19%(定期検査70日) = 79%となる。

3 設備利用率の向上対策

3.1 機器・系統の信頼性向上

原子力発電設備は、他の産業設備に比べると特に安全性が要請され、小さな故障でもプラント停止や点検保守を行ない安全確保に努めている。また、同種のプラントに故障が発生すると、炉を停止し点検を行なっている。近年のBWRの稼働率低下はこの事情によるが、最近発生した故障及びその対策を表1に示す。

我が国の軽水炉技術は、米国で開発された導入技術に対して、火力や水力発電設備などの国産工業技術を基盤として発展してきた。日立製作所は、プラントの総合的な信頼性向上を図るには、この軽水炉技術の改善方向として耐震性、環境保全などについて、国情に合った改良開発を行ない、我が国の高い工業技術水準に支えられた国産機器、材料の使用など、自主技術の確立が急務であると考え、電力会社、官庁などの指導のもとに鋭意努力している。これらの具体的活動は、その一端がこの特集論文(本誌p. 5掲載「沸騰水型原子力発電所の信頼性向上の最近の動向」)で述べられているので、参照されたい。

3.2 燃料の健全性向上

燃料に漏洩が発生すると炉水が汚染され、オフガスの放射能上昇をきたし、原子炉の出力制限を招くと同時に定期検査期間も長引くことになる。したがって、燃料の健全性確保は原子力発電設備の最も重要な問題である。

BWR燃料は、米国ドレスデン1号機が運転を開始した1960年以來、総数約100万本の使用実績がある。日立製作所は、

表1 国内原子力発電所(BWR)における最近の故障例 いずれも原因を究明し、対策法を確立している。

故 障	原 因	対 策
ステンレス鋼配管の微細ひび	応力腐食割れ(SCC)	1.耐食性向上材に変更〔SUS304から低炭素鋼(304Lなど)〕 2.溶接法の改善(水冷溶接など)
制御棒駆動機構水圧ノズル微細ひび	冷水注入による熱サイクル疲労	冷水経路変更
給水ノズル微細ひび	内面肉盛表面の冷水による熱サイクル疲労	溶接タイプ又は構造の改善
制御棒駆動機構のコレトリティナチューブ微細ひび	応力腐食割れ	構造及び材質の改善

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所原子力技術本部

これらの運転経験を生かし、燃料構造、炉心及び炉心運転の改良開発を行なってきたおり、日立製作所の納入燃料は、極めて良好な運転実績となっている。最近の燃料の健全性向上の具体的技術動向は、本特集論文(本誌p. 7 掲載「沸騰水型原子炉(BWR)燃料に対する信頼性向上の研究現状」)で詳細に述べているので、これを参照されたい。

3.3 定期検査期間の短縮

設備利用率を向上するには、定期検査期間を短縮するのが効果的である。このための対策としては、(1)定期検査工事機器の自動化・遠隔操作化、及び(2)作業環境の改善の二つに大別して考えられる。

機器の自動化・遠隔化としては、工程のクリティカルパスを短縮、又は並行作業可能とするため、次の開発を行なっている。

- (a) 燃料体検査(シッピング)を、炉水サンプリング法の改良と放射線分析の自動化により時間短縮
- (b) 主蒸気隔離弁のラッピング作業、漏洩試験を炉内作業と並行させるため、原子炉圧力容器の主蒸気出口ノズルを内側よりプラグする水封プラグ(図2)
- (c) 燃料交換作業を従来の人による運転から、遠隔制御室で制御可能な自動遠隔交換装置
- (d) 制御棒駆動機構の取外し・点検作業を、作業の省力化被曝低減する自動交換装置

などが、クリティカルパスから見た主な開発機器である。これらの自動化・遠隔化機器は試作試験の段階を終わり、一部は既に実機プラントに納入され成果を上げつつある。以上のことから定期検査期間は、1,100MWe級で70日以下が可能と考えられる。

更に、定期検査作業の環境改善として、原子炉格納容器形状を大きくし、格納容器内機器配管配置を改善することを検討しており、今後の発電設備に採用される予定である。また、インサートインスペクションの検査機器の自動化・遠隔化なども併行して行なっている。

4 プラント放射能の低減

設備利用率の向上とプラントの低放射能化とは表裏一体の関係にあり、保守点検作業の容易な低放射能プラントにすることにより信頼性の高い原子力発電設備を維持することができる。

プラント放射能レベルの運転実績の一例として、原子炉停止直後の再循環配管表面線量の経年変化をみると、図3に示すように運転年数が長くなるにつれ線量は漸増する傾向にある。この主な原因は、炉水中に発生するクラッド(鉄さび)が炉心で放射化され、各部に付着することによる。この放射能を実測すると、70%以上がクラッド中に含まれる Co^{60} に帰因していることが分かる。

したがって、プラント放射能低減対策としては次のことが考えられる。

- (1) 復水プレフィルタによるクラッド除去
 - (2) 酸素(O_2)注入による給水系中のクラッド発生抑制
 - (3) コバルト放射能の低減
 - (a) 低コバルト含有ステンレス鋼の採用(給水加熱器チューブ、炉内構造物など)
 - (b) ステライト代替材の使用(弁、ポンプなど)
 - (c) 原子炉冷却材浄化系の容量増大によるコバルト除去
- これらにより、従来プラントに比べ、約一桁以上の低減が期待できる。

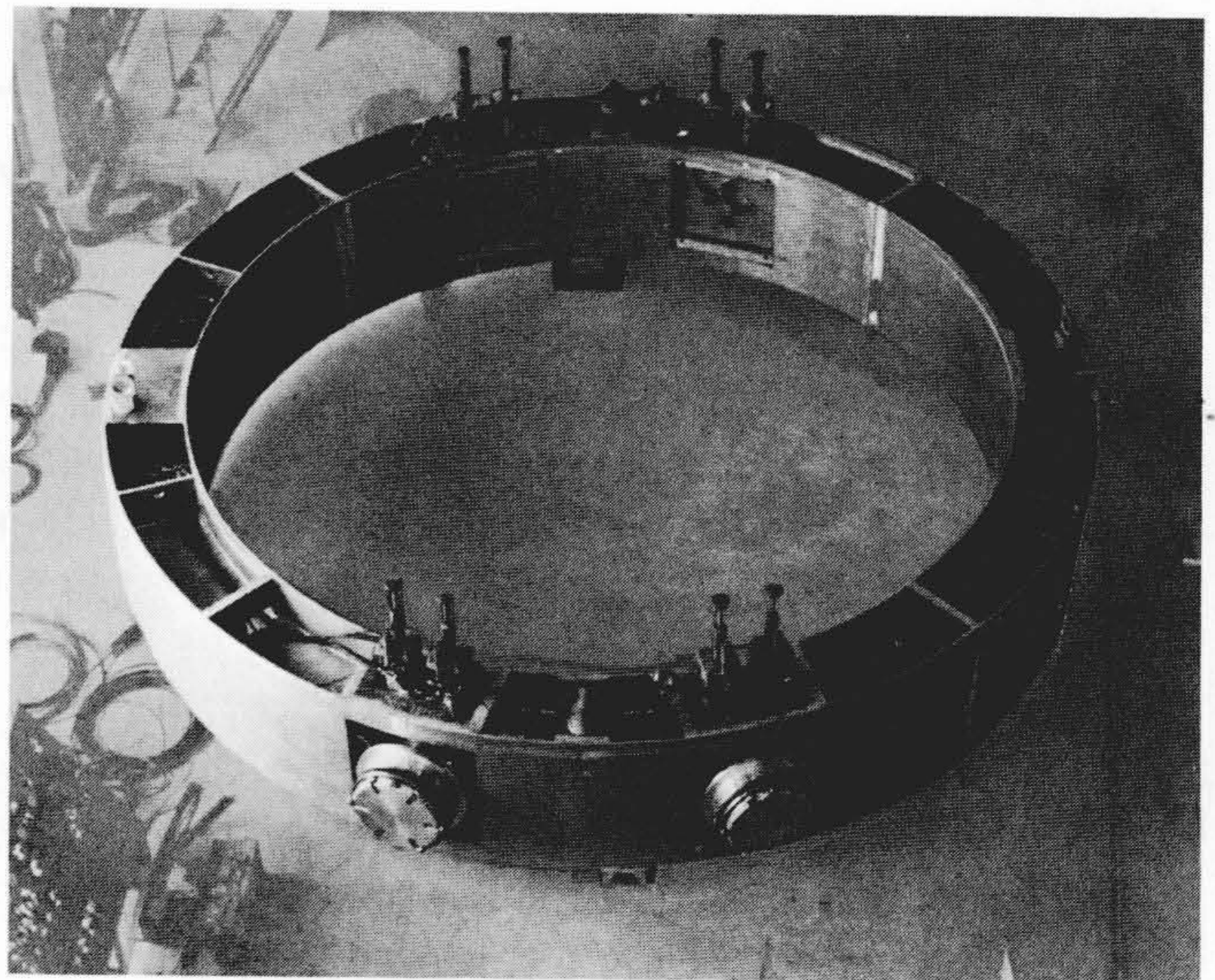


図2 主蒸気出口ノズル水封プラグ 図は実機大試作製品で、圧力容器主蒸気出口ノズルの模擬試験により性能を確認した。

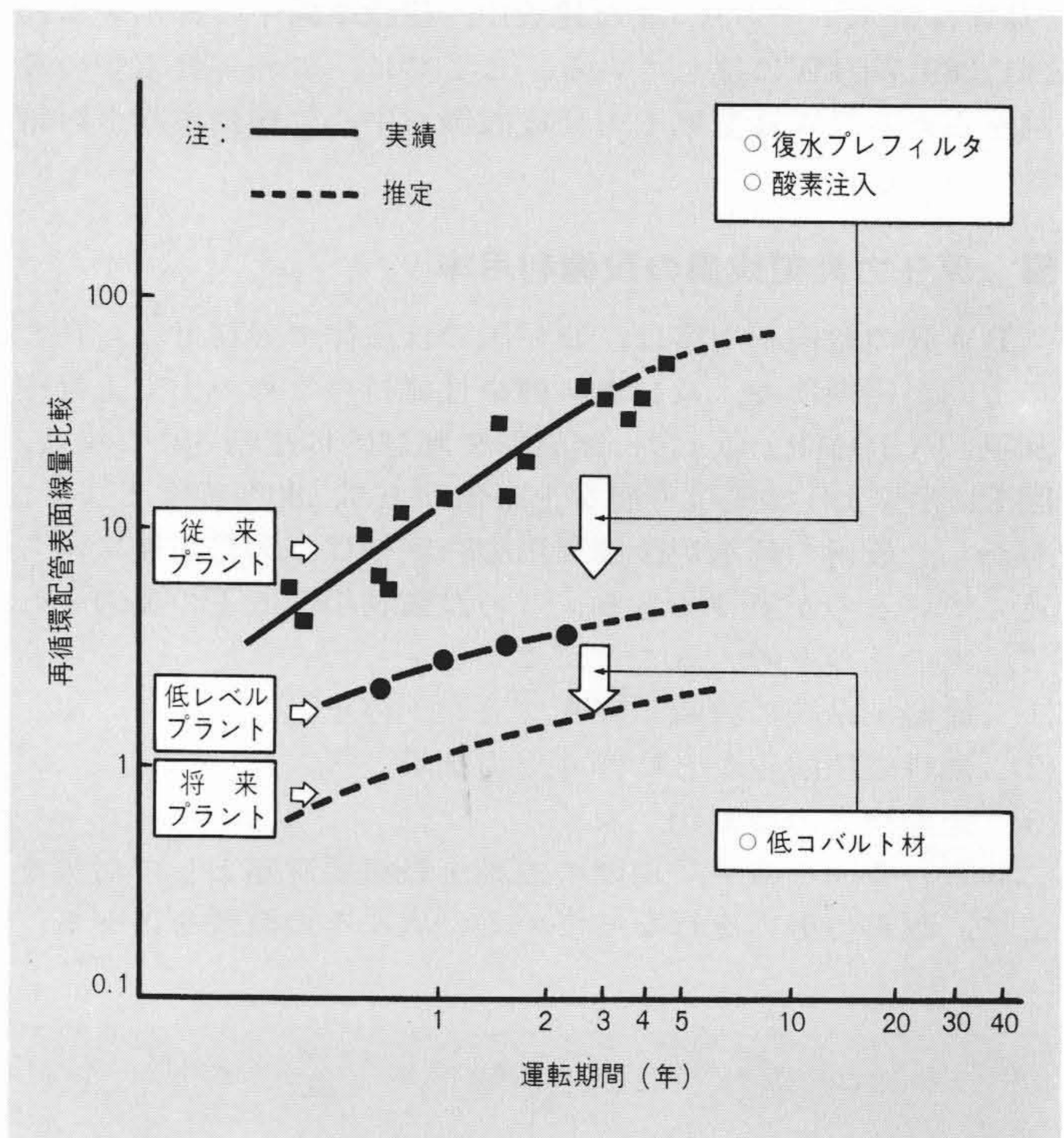


図3 プラント放射能低減対策 復水プレフィルタ、酸素注入、低コバルト材の採用により、表面線量は従来プラントの約1/10に低減できる。

5 結 言

原子力発電所の稼働率向上の今後の問題として過去の事例から将来の故障を予測し、そのトラブルポテンシャルを極力低くする努力を今後共継続して推進する必要がある。こうした原子力機器の信頼性向上の研究開発の必要性は、今後ますます大きくなると思われる。このためにも、原子力機器改良標準化を促進し、定着化を図ることが重要である。また、各専門分野の参加による共同開発体制を確立し、各方面からの指導を得て安全で稼働率の高い原子力発電所の建設を目指し、安定したエネルギー確保に寄与する考えである。