

米国原子力発電所における運転認可更新に関する分析

Analyses of Operating License Renewal for Nuclear Power Plants in USA

千葉 吾郎 (Goro Chiba) *

要約 米国の原子力発電所は、当初の認可された運転期間は40年であるが、これまでに多くのプラントが運転認可更新により運転期間を20年延長している。一方、我が国においては、プラントの長期運転を想定した高経年化対策を行っており、電力会社は高経年化技術評価等報告書を作成し、国の評価を受けている。本報では、経年劣化対策の状況を調査し、日米比較を行った。その結果、日米で進め方、背景、労力、審査期間等に相違があるが、日米とも、60年間の長期運転を想定した機器等の健全性の確認を目的としている面で違いはない。また、INSSの海外不具合データベースを用いた傾向分析を行い、運転認可更新申請の有無が機器等の経年劣化に及ぼす影響について、分析評価を行った。その結果、認可更新未申請ユニットに、経過年数の増加に伴い経年劣化不具合発生件数が増加する傾向があることがわかった。このことにより、米国の認可更新制度が発電所の高経年化対応に有効に機能しているものと考えられ、同等の制度を運用している我が国の高経年化対策の有効性を示唆するものであった。

キーワード 原子力発電所、運転認可更新、高経年化対策、傾向分析

Abstract Although the originally-approved operating period for nuclear power plants in the U.S. is 40years, the operating periods of many plants have been extended by license renewal for another 20 years. On the other hand, in Japan, plant life management is carried out assuming long-term operation of the plant, and the electric power company submits reports, such as aging technology assessment, and receives evaluation by the authorities. In this paper, the situation regarding plant life management was investigated and a Japan-U.S. comparison was made. As a result, differences were found in the procedure, the background, the manpower, the review period, etc. in Japan and the U.S., but there is no difference between Japan and the U.S. in aiming for a check of the integrity of components, assuming long-term operation for 60 years. Moreover, trend analysis using the overseas fault database of INSS examined the effect on the preservation activities of a license renewal. As a result, there is a tendency for license renewal not to be applied for in units in which the number of aging faults increases with the increase in elapsed years. The U.S. license renewal system was considered to be effective in plant life management, and suggested the validity of plant life management in Japan which is employing the equivalent system to the U.S.

Keywords nuclear power plant, license renewal, plant life management, trend analysis

1. はじめに

米国の運転中の原子力発電所において、合計104基中47基が運転開始以降30年を超えている(2007年5月末現在)。米国では、原子力プラントの運転認可期間を当初40年とし、その後最長20年の認可更新が可能であり、これまでに48基が更新の認可を受けている。

また、我が国においては、合計55基の原子力発電所のうち12基が運転開始以降30年を超えている(2007年5月末現在)。我が国では、運転開始以降30

年経過するまでに、60年間の運転を想定した高経年化評価を行い、以後10年毎に最新の知見等を踏まえた再評価を実施する必要がある。

本報告では、原子力発電所の高経年化対策の重要性に鑑み、米国の運転認可更新の状況と、2005年12月に更新が認可されたPoint Beach発電所の申請書等を調査し、我が国の高経年化対策との比較検討を行った。また、これまでに原子力安全システム研究所(以下「INSS」という)が入手した不具合情報に基づき、米国の発電所における経年劣化に係る不具合の傾向分析を行い、運転認可更新申請の有無が機

* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

器等の経年劣化に及ぼす影響について、分析評価を行った。

2. 高経年化への対応の状況

2.1 米国の運転認可更新の状況

米国原子力規制委員会（NRC）は、1991年に運転認可更新に対する安全要件を定めてパイロットプラントへ適用し、その結果を踏まえて規則（10 CFR 54）⁽¹⁾を制改定するとともに、申請と審査を効率的に行うための規制指針（Reg. Guide 1.188）⁽²⁾、標準審査計画（SRP-LR）⁽³⁾、経年劣化知見報告書（GALL 報告書）⁽⁴⁾を発行した。

2000年3月に、Calvert Cliffs 1,2号機の運転許可の更新が認可され、その後これまでに48基（PWR 32基、BWR 16基）が認可を受け、10基が申請済となっている。運転認可更新の申請、認可の状況を表1に示す。

2.2 Point Beach 発電所運転認可更新申請書の概要

運転認可更新の審査では、プラントの安全問題（10 CFR 54）と環境問題（10 CFR 51）とが平行して行われる。ここでは、安全問題に関する審査状況に着目し、Westinghouse型加圧水型原子炉（PWR）として至近（2005.12）に認可されたPoint Beach 発

表1 米国の運転認可更新の申請、認可の状況

プラント名	炉型	申請年月日	認可年月日
Calvert Cliffs 1, 2号機	CE-PWR	1998年4月10日	2000年3月23日
Oconee Nuclear Station 1, 2, 3号機	B&W-PWR	1998年7月7日	2000年5月23日
Arkansas Nuclear One 1号機	CE-PWR	2000年2月1日	2001年6月20日
Edwin I. Hatch Nuclear Plant 1,2号機	BWR	2000年3月1日	2002年1月15日
Turkey Point Nuclear Plant 3, 4号機	WH-PWR	2000年9月11日	2002年6月6日
North Anna 1, 2号機, Surry 1, 2号機	WH-PWR	2001年5月29日	2003年3月20日
Peach Bottom 2, 3号機	BWR	2001年7月2日	2003年5月7日
St. Lucie, Units 1, 2号機	CE-PWR	2001年11月30日	2003年10月2日
Fort Calhoun Station 1号機	CE-PWR	2002年1月11日	2003年11月4日
McGuire 1, 2号機, Catawba 1, 2号機	WH-PWR	2001年6月14日	2003年12月5日
H.B. Robinson Nuclear Plant 2号機	WH-PWR	2002年6月17日	2004年4月19日
R.E. Ginna Nuclear Power Plant 1号機	WH-PWR	2002年8月1日	2004年5月19日
V.C. Summer Nuclear Station 1号機	WH-PWR	2002年8月6日	2004年4月23日
Dresden 2, 3号機, Quad Cities 1, 2号機	BWR	2003年1月3日	2004年10月28日
Farley 1, 2号機	WH-PWR	2003年9月15日	2005年5月12日
Arkansas Nuclear One 2号機	B&W-PWR	2003年10月15日	2005年6月30日
D.C. Cook 1, 2号機	WH-PWR	2003年10月31日	2005年8月30日
Millstone 2, 3号機	WH-PWR	2004年1月22日	2005年11月28日
Point Beach 1, 2号機	WH-PWR	2004年2月26日	2005年12月22日
Browns Ferry 1, 2, 3号機	BWR	2004年1月6日	2006年5月4日
Brunswick 1, 2号機	BWR	2004年10月18日	2006年6月26日
Nine Mile Point 1, 2号機	BWR	2004年5月27日	2006年10月31日
Monticello	BWR	2005年3月24日	2006年11月8日
Palisades	CE-PWR	2005年3月31日	2007年1月17日
Oyster Creek	BWR	2005年7月22日	
Pilgrim 1号機	BWR	2006年1月27日	
Vermont Yankee	BWR	2006年1月27日	
James A. FitzPatrick	BWR	2006年8月1日	
Susquehanna 1, 2号機	BWR	2006年9月15日	
Wolf Creek	WH-PWR	2006年10月4日	
Harris	WH-PWR	2006年11月16日	
Indian Point 2, 3号機	WH-PWR	2007年4月30日	

電所 1, 2号機の運転認可更新申請書 (LRA) ⁽⁵⁾ および, 同ユニットに対する NRC の安全評価報告書 (SER) ⁽⁶⁾ の概要を紹介する。

Point Beach 発電所は, 1号機が 1970年12月, 2号機が 1972年10月の営業運転開始で, いずれも電気出力 509MW の 2ループで, 1号機は関西電力美浜発電所 2号機のモデルプラントである。2002年11月には, 計測精度向上による 1.4% の出力増強が認可されている。

(1) スコーピング

下記に該当する系統, 構築物, 機器 (SSC) を抽出する。

- a. 安全系 SSC 10 CFR 54.4(a)(1) (Criterion1)
- b. 安全系 SSC 10 CFR 54.4(a)(2) (Criterion2)
高エネルギー配管, 安全系に接続する配管, 損傷した場合に安全系に影響を及ぼす SSC 等
- c. その他 10 CFR 54.4(a)(3) (Criterion3)
 - (a). 火災防護 (FP) 10 CFR 50.48
 - (b). 環境認定 (EQ) 10 CFR 50.49
 - (c). 加圧熱衝撃 (PTS) 10 CFR 50.61
 - (d). スクラム失敗事象 (ATWS) 10 CFR 50.62
 - (e). 所内電源喪失 (SBO) 10 CFR 50.63

(2) スクリーニング

a. 静的機器

- ・原則として以下の機器構築物を含む。

原子炉容器, 原子炉冷却材圧力バウンダリ, 蒸気発生器, 加圧器, パイプ, ポンプケーシング, 弁箱, 炉心シュラウド, 機器支持構築物, 圧力バウンダリ, 熱交換器, 換気ダクト, 格納容器, 格納容器ライナ, 電気および機械ペネトレーション, 機器搬入口, 耐震カテゴリ I 構築物, 電気のケーブルとコネクタ, ケーブルトレイ, キャビネット

- ・また, 原則として以下を含まない。

ポンプ (ケーシング以外), 弁 (弁箱以外), モータ, ディーゼル発電機, 空気圧縮機, スナバ, 制御棒駆動部, 排気ダンパ, 圧力送信機, 圧力表示器, 水位表示器, 開閉装置, 冷却ファン, トランジスタ, バッテリ, ブレーカ, リレー, スイッチ, 出力変換器, 回路基盤, 充電器, 電源

b. 長期間供用機器

周期的な取替を行わない機器を対象とする。

c. 予備の設備

安全系設備の予備品は対象とする。

(3) 総合プラント評価結果 (IPA)

- a. 経年劣化管理レビュー (AMR) 対象の機器構造物と機能の確認
 - ・材料, 運転環境の整理と劣化メカニズムの抽出
 - ・運転経験を反映
 - ・Westinghouse Owners Group レポートの要求に対する対応状況
- b. 管理が必要な経年劣化影響の確認
 - ・GALL 報告書の劣化管理要求に対する追加の検討
 - ・時限経年劣化解析 (TLAA) が必要な項目の抽出
- c. 経年劣化管理プログラム (AMP) の適用の妥当性
 - ・GALL 報告書で今後の評価が必要とされる項目の検討
 - ・GALL 報告書と一致しているものから発電所固有

表 2 Point Beach 発電所の経年劣化管理プログラム (AMP)

No.	項目	GALL AMP_No.
1	クラス1~3機器 ISI プログラム	M1,3
2	格納容器・ライナ ISI プログラム	S1,2,4
3	支持構築物 ISI プログラム	S3
4	ボルト健全性	M18
5	Boraflex モニタリング	M22
6	ほう酸腐食	M10
7	埋設配管サーベイランス	M34
8	ケーブル状態監視	E1,2,3
9	閉サイクル冷却水系	M21
10	火災防護	M26,27
11	流れ誘起腐食	M17
12	燃料油化学	M30
13	一回の検査	M32,33
14	開サイクル冷却水系	M20
15	周期的監視と予防保全	固有
16	Alloy 600 検査	M11
17	炉内構築物	M13,16
18	炉容器サーベイランス	M31
19	蒸気発生器健全性	M19
20	構築物検査	M23,S5,6,7
21	系統外観検査	M29
22	容器内面検査	固有
23	シンプルチューブ検査	M37
24	水化学	M2
25	環境性能保証	E1

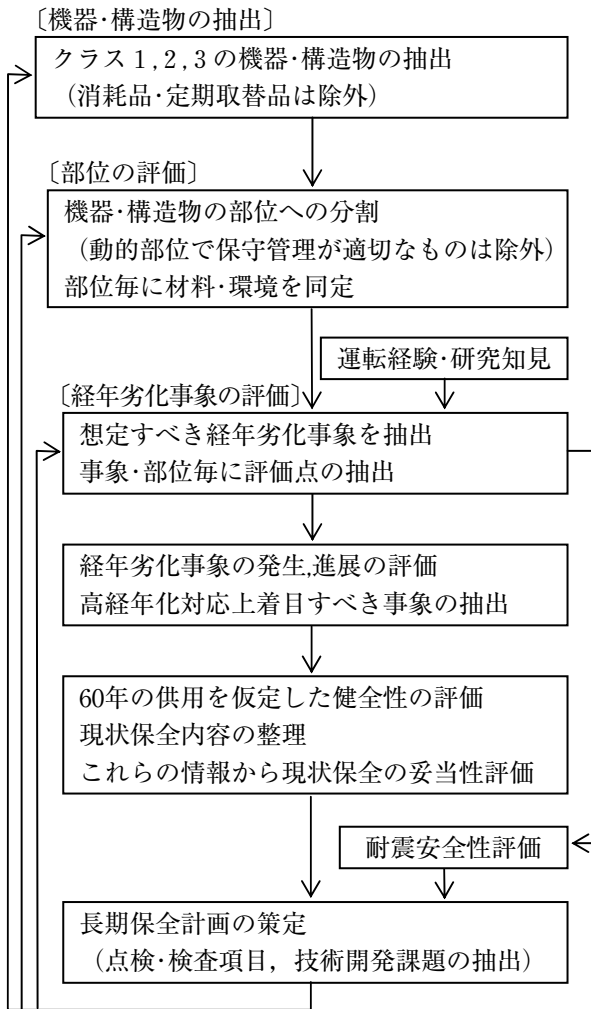


図1 我が国の高経年化対策評価の流れ

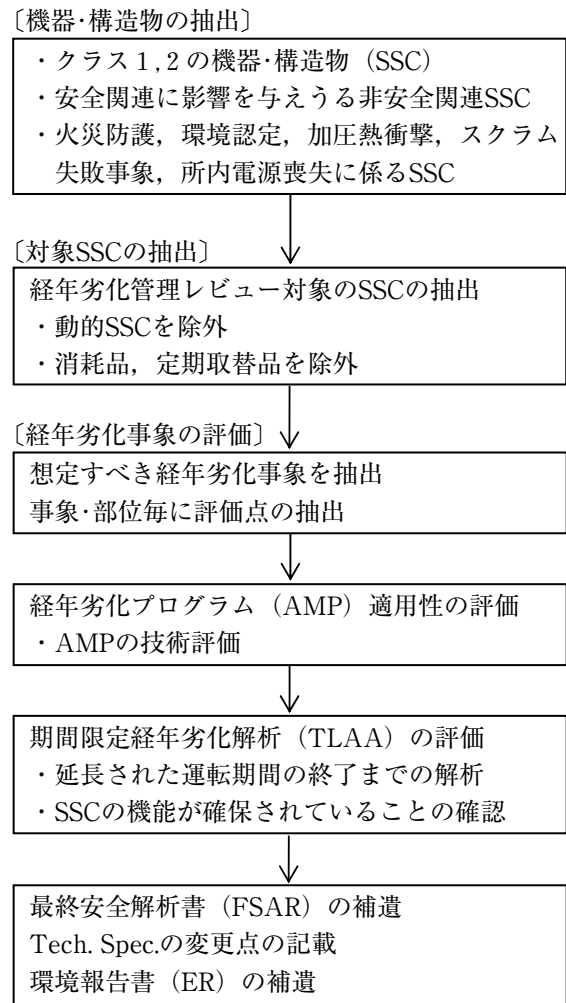


図2 米国の運転認可更新評価の流れ

有のものまで、経年劣化管理が必要な項目に対する AMP の技術的評価

なお、Point Beach 発電所の AMP の項目を表2に示す。

(4) 時限経年劣化解析 (TLAA)

延長された運転期間の終了まで有効な解析を行い、機器構造物の機能が適切に確保されていることを確認する。

Point Beach 発電所の運転認可更新の審査は、環境評価も含めて約 22ヶ月の期間を必要とした。審査の状況は、NRC が安全評価書 (SER) を公開している。審査に当たり、NRC は追加情報要求 (RAI) を事業者に発行し、事業者は技術情報を提出する。それらの対応状況がすべて公開され、透明性が確保さ

れている。

2.3 我が国における高経年化対策の状況

我が国においては、1996年に当時の通商産業省資源エネルギー庁が「高経年化に関する基本的な考え方」⁽⁷⁾を示し、事業者は高経年化対策として、運転開始以降30年以内に技術評価と長期保全計画の策定、報告を行い、定期的(10年毎)に再評価を実施することとしている。

その後、高経年化対策の実施に当たり、経済産業省原子力安全・保安院(NISA)はガイドライン⁽⁸⁾および標準審査要領⁽⁹⁾を定め、審査を行っている。また、NISAの審査に当たり、原子力安全基盤機構(JNES)は高経年化技術評価審査マニュアル⁽¹⁰⁾を制定し、技術的妥当性の確認を行っている。これまで

に12基が報告書の審査を受けた。

2.4 高経年化対応の日米比較

我が国の高経年化対策と米国の運転認可更新との比較検討を行った。

我が国の高経年化対策の流れを図1に、米国の運転認可更新の流れを図2に示す。

我が国においては、事業者は発電所を構成する安全上重要な機器・構造物を選定し、それらすべてについて材料、環境、損傷メカニズム等の検討を行い、60年の供用を想定した健全性の評価、課題の抽出を含む長期保全計画の策定を行う⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

一方、米国においては、事業者は我が国と同様、安全上重要な機器・構造物に対して材料、環境、損傷メカニズム等の検討を行い、それらの経年変化管理プログラム（AMP）の適用の妥当性を評価する。

米国は、これまでの運転認可更新の審査経験を反映し、ガイダンス文書の導入により申請者の準備とNRCの審査両方の合理化を図ってきた。制度の開始当初は審査に多くのマンパワーを必要としたが、近年では標準的に22ヶ月（行政審判が必要となる場合で30ヶ月）の期間と、フルタイムのプロジェクトマネージャ4名程度にスタッフを加えた体制で審査が行われる。

なお、2005年2月にFirstEnergy社はBeaver Valley発電所の運転認可更新を提出したが、記載内容が一般的過ぎることと、いくつかの技術的な記載不備の指摘を受けて、申請書は受理されなかった。

同社は再度申請を準備中である。

高経年化対応の日米の状況を比較すると、対象とされる機器構造物は、米国がクラス1、2の機器等に加え、故障時に安全系の機能に支障を来す機器等としているのに対し、我が国ではクラス1～3のすべての機器を対象としている。また、日米ともに動的機器は対象外とすることができるが、近年の高経年化評価報告書においては、各社（東京電力、中部電力、関西電力）共に動的機器も含めて検討の対象としている。

我が国の高経年化対策において、これまでの審査経験と最新の知見、諸外国の動向等を踏まえて2005年にガイドライン等⁽²⁾⁽³⁾が制定された。国は、事業者からの報告書に基づき、技術評価、審査、および必要に応じて現地確認を行い、評価に抜けのないことを確認している。一方、米国の運転認可更新は、劣化の検討対象とする機器等の評価と保全計画が、標準審査計画（SRP-LR）と経年劣化知見報告書（GALL報告書）の要求が満たされていることを確認している。

日米とも、60年間の長期運転を想定した機器等の健全性の確認を目的としているが、進め方、背景、労力等に相違があり、審査期間は、関西電力美浜3号機の場合で一部変更分の審査を含んで約6ヶ月であったのに対し、米国では約4倍の期間を必要としている。一方、米国では申請書の標準化により事業者側の労力が軽減され、ページ数で見ると我が国が約五千頁であるのに対し、米国は千数百頁となって

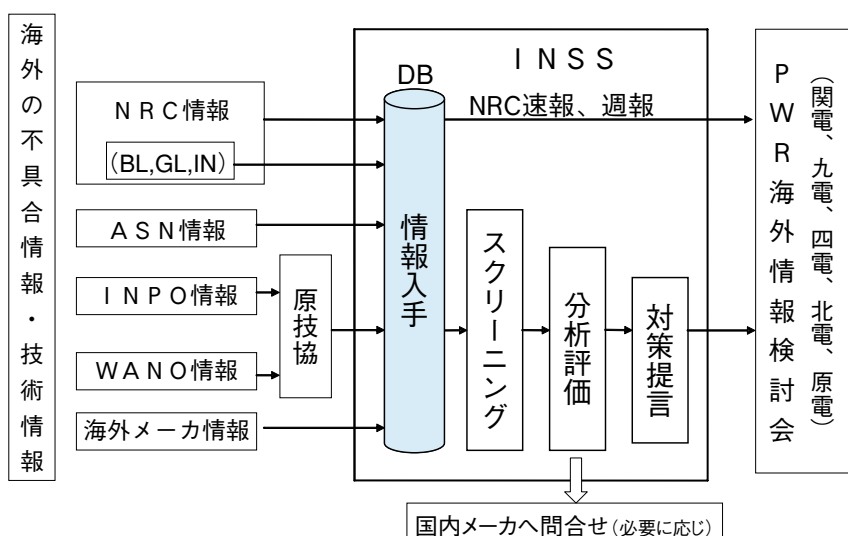


図3 INSSにおける海外情報分析の流れ

いる。我が国の制度では、営業運転開始後30年までの時期と、以降10年毎の報告が必要となるが、高経年化対策の検討に当たって、審査項目のひとつとして社内の実施体制が明確にされているので、先行ユニットの報告書を参考にして業務の定型化を行うことにより、技術力の継承は十分に図られてゆくものと考えられる。

3. 米国の運転認可更新の不具合傾向からの分析

3.1 不具合情報の抽出

INSSでは、海外の不具合情報を分析し、PWRを保有する電力会社に対して提言活動を行っており⁽¹³⁾、その流れを図3に示す。

今回の分析に使用したデータベース(DB)には、米国の原子力規制委員会(NRC)と、原子力発電運転協会(INPO)、世界原子力発電事業者協会(WANO)などから入手した情報を蓄積している。このDBには、2006年1年間で約3,100件の情報を入力している。

2006年に入手した不具合情報から、原因が「経年劣化」とされたものについて、260件の事象を抽出した。図4に国別発生状況を示す。経年劣化事象の国別の発生状況については、米国の不具合状況が多

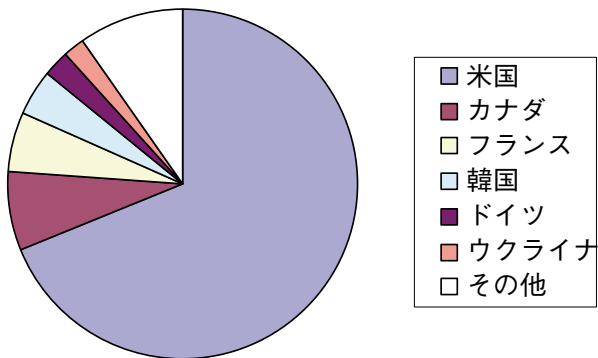


図4 海外の経年劣化事象の国別報告状況

く(173件)を占めている。次いで、カナダ(19件)、フランス(14件)の不具合が報告されている。

米国の発電所における運転認可更新の比較検討を行う観点から、米国の経年劣化事象(173件)により以降の分析を行った。

図5に米国の設備別の発生状況を示す。なお、設備別の分類区分については、我が国における典型的な高経年化対策報告書の、主要設備評価時のカテゴリ(15種類)とした。

設備別の発生状況については、配管、弁、電気設備、計測制御設備の順で発生しているが、際だって不具合件数が突出した設備はなく、広く発生している。

3.2 米国の運転認可更新と経年劣化事象発生状況

米国では、これまでに認可更新を受けたユニットは48基(2007.5まで運転休止中のBrowns Ferry 1号機を含む)、申請・受理され、審査中のユニットが10基、未申請のユニットは46基である。これら運転中ユニット104基を、申請済・認可済の58基と未申請の46基とに分け、申請済・認可済のユニットが、両者で近年の不具合発生傾向に違いがあるのかどうかを分析した。

申請済・認可済と未申請のユニットについて、運

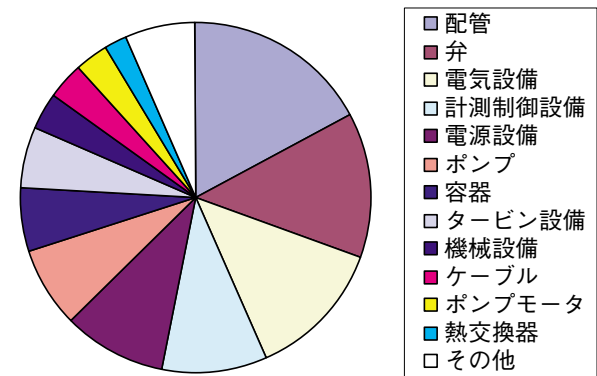


図5 米国の経年劣化事象の設備別報告状況

表3 米国原子力発電所の運転状況と不具合発生状況

	運転認可更新認可済・申請済			運転認可更新未申請			全体	
	PWR	BWR	小計	PWR	BWR	小計		
運転中ユニット数(基)	36	22	58	33	13	46	104	
平均経過年数(年)	29.7	31.8	30.4	23.0	22.6	22.9	26.8	
2006年 不具合報告件数	(件)	63	34	97	46	30	76	173
	(件/基)	1.75	1.55	1.67	1.39	2.31	1.66	1.66

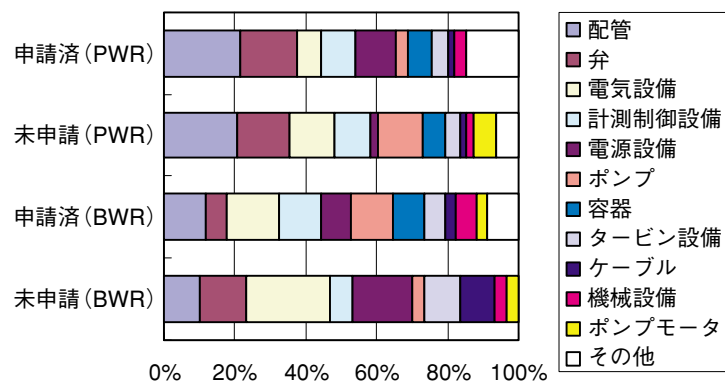


図6 認可更新申請の有無による経年劣化事象の設備別発生状況

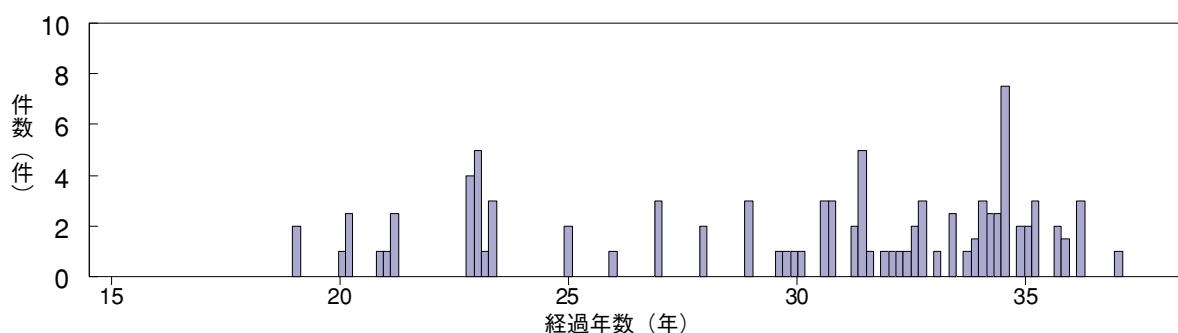


図7 認可更新申請済発電所の経年劣化事象時期別発生件数

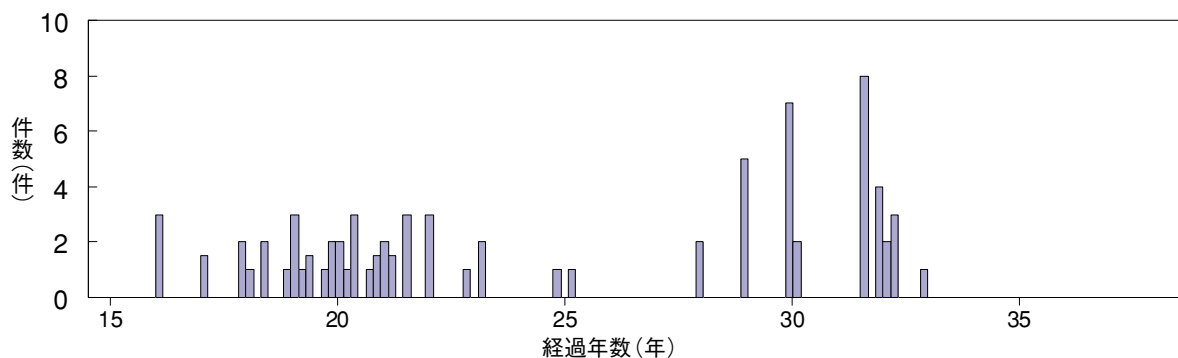


図8 認可更新未申請発電所の経年劣化事象時期別発生件数

転開始以降の平均経過年数、2006年不具合報告件数について、表3にまとめた。なお、経過年数は2007年5月末段階の値を計算により求めた。

運転開始以降の平均経過年数は、認可申請ユニットが約30年であるのに対し、未申請ユニットは約23年であった。これは、高経年化ユニットで運転認可更新が必要となった段階で適切に申請しているためと考えられる。

2006年の経年劣化不具合報告件数は、バラツキは

あるものの、炉型、認可申請の有無に係わらず、全体平均で1.66件/基程度発生している。なお、2006年1年間で経年劣化不具合の報告がなかったユニットが、認可申請ユニットで14基、未申請ユニットで14基あった。

図6に、炉型毎、認可更新申請の有無毎の、経年劣化事象の設備別発生割合を示す。

炉型でみた場合、PWRでは配管と弁が、BWRでは電気設備、電源設備の構成比率が高い傾向がある。

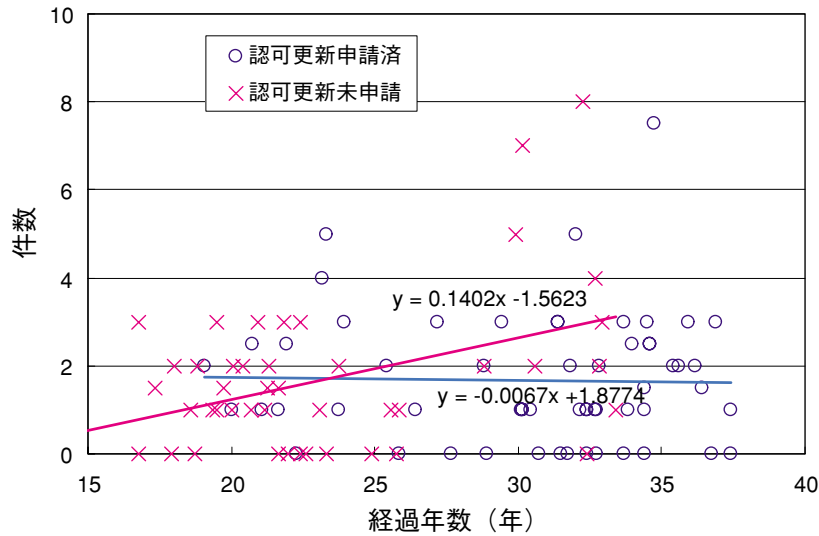


図9 経過年数と経年劣化事象発生件数

表4 認可更新申請済ユニットのF分布検定結果

回数	自由度		平均平方		分散比
N	ϕ_R	ϕ_{yx}	V_R	V_{yx}	F_0
58	1	56	0.06562	2.24	0.03

表5 認可更新未申請ユニットのF分布検定結果

回数	自由度		平均平方		分散比
N	ϕ_R	ϕ_{yx}	V_R	V_{yx}	F_0
46	1	44	26.20	2.53	10.36

しかしながら、不具合発生設備構成比率を運転認可更新申請の済と未とで比較した場合、PWRとBWRとに共通した有意な差は認められない。

3.3 傾向分析

入手した「経年劣化」に係る不具合情報を、運転認可更新申請の有無により2つのグループに分け、分析評価を行った。

経年劣化事象の発生件数を運転開始からの経過年数で整理し、グラフを作成した。図7に認可更新認可済・申請済ユニット、図8には未申請ユニットを示す。なお、横軸の経過年数はおおまかな値である。

ここで、運転認可更新申請の有無の、経年劣化不具合の発生への寄与について考察するために、図7と図8それぞれのデータにF分布関数による検定を行った。まず、図7と図8のデータを経過年数と件数との相関を図9に示し、図中にそれぞれの回帰直線をあわせて表示する。

認可更新申請済のデータは、回帰直線の勾配がほぼ0であり、報告件数と経過年数に有意な関係は認められない。F分布関数による検定の結果を表4に示す。

F分布関数表から、自由度50の場合、危険率5%、1%の数値はそれぞれ4.03、7.17であり、計算により求めた分散比はいずれよりも小さいので、発生件数は経過年数の影響を受けない。

認可更新未申請のデータについてもF分布関数による検定を行った。結果を表5に示す。

計算結果の分散比 F_0 は、自由度50、危険率5%、1%のF分布関数表から得られた4.03、7.17のいずれよりも大きく、未申請ユニットについては、経年劣化事象が経過年数と共に多くなっていることが推定される。

以上の検討から、経年劣化不具合発生件数について、認可更新申請済ユニットでは運転経過年数との相関は認められないが、認可更新未申請ユニットでは経過年数の増加に伴い件数も増加する傾向があることがわかった。

事業者は、適切な保守管理によって機器・構造物の性能低下傾向を評価、予測してゆく必要がある。認可更新の申請の過程において、事業者が保全計画を具体化し、そのことが発電所の高経年化対策に有効に機能し、不具合発生の抑制に寄与しているものとする。

米国の認可更新制度では、事業者が発電所の安全上重要な機器・構造物に対して材料、環境、損傷メカニズム等の検討を行い、事業者の経年変化管理プ

プログラムで網羅されていることの確認を行っている。一方、我が国においても高経年化対策で細分化された機器・構造物に対して検査、評価、保守方法に抜けないことの確認を行っており、今回の米国の分析結果は我が国の高経年化対策の有効性を期待させるものである。

4. まとめ

米国の運転認可更新の状況と、Point Beach 発電所の申請書等を調査し、我が国の高経年化対策との比較検討を行った。対象とする機器に一部相違があり、進め方についても、我が国では最終的に長期保全計画を策定するが、米国は経年劣化プログラムの適用の妥当性を評価する。日米とも、60年間の長期運転を想定した機器等の健全性の確認を目的としている面で違いはない。また、評価に当たって必要となる資源量は、審査側では我が国よりも米国が、申請者側では米国よりも我が国が、より多く投入していることがわかった。高経年化対応の制度は、日米ともに軌道に乗り、今後さらに実効的な評価等が行われてゆくものと考えられる。

米国の発電所における経年劣化に係る不具合の傾向分析を行い、運転認可更新申請の有無が機器等の経年劣化に及ぼす影響について、分析評価を行った。その結果、認可更新未申請ユニットに、経過年数の増加に伴い経年劣化不具合発生件数が増加する傾向があることがわかった。このことにより、米国の認可更新制度が発電所の高経年化対応に有効に機能しているものと考えられ、同等の制度を運用している我が国の高経年化対策の有効性を示唆するものである。

文献

- (1) 10CFR Part 54, "Requirements for Renewal of Operating Licenses for Nuclear Power Plants", 米国連邦規則, (1995).
- (2) Regulatory Guide 1.188 Rev. 1, "Standard Format and Content for Application to Renew Nuclear Power Plant Operating Licenses", USNRC, (2005).
- (3) NUREG-1800 Rev. 1, "Standard Review Plan for Review of License Renewal Applications for Nuclear Power Plants", USNRC, (2005).
- (4) NUREG-1801 Rev. 1, "Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report", USNRC, (2005).
- (5) Point Beach Nuclear Plant Application for License Renewed Operating Licenses, WEPCo, (2004).
- (6) NUREG-1839, "Safety Evaluation Report Related to the License Renewal of the Point Beach Nuclear Plant, Units 1 and 2", USNRC, (2005).
- (7) 資源エネルギー庁, 「高経年化に関する基本的な考え方」, (1996).
- (8) 原子力安全・保安院, 「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドライン (NISA-167a-05-1)」, (2005).
- (9) 原子力安全・保安院, 「実用発電用原子炉施設における高経年化対策標準審査要領 (NISA-167c-05-1)」, (2005).
- (10) 原子力安全基盤機構, 「実用発電用原子炉施設における高経年化対策技術資料集 (JNES-SS-0507 ~ 0514)」, (2005, 2006).
- (11) 関西電力株式会社, 「美浜発電所3号機高経年化技術評価等報告書」, (2006).
- (12) 原子力安全基盤機構, 「高経年化技術評価等報告書に対する技術審査報告書 (美浜発電所3号機)」, (2006).
- (13) 宮崎孝正, 西岡弘雅, 佐藤正啓, 千葉吾郎, 高川健一, 島田宏樹, 「海外原子力発電所における不具合事象の傾向分析 (2004年)」, INSS JOURNAL, Vol.12, p.82 (2005).