

●特集 転機期にある原子力発電



# 原発の老朽化問題と事故統計

野 淳

政府は「高経年化対策」と称して原発の寿命60年容認を図っている。電力会社も経済性を求めて寿命延長を望んでいる。原発事故の統計からいっても、また政府資料から見ても、老朽化に起因する事故は増大する事が予想される。中小事故の増大は巨大事故の発生につながる。開発初期の原発は欠陥を抱えており、30年を超えた原発は廃炉にすべきである。

## 1 老朽化問題とは

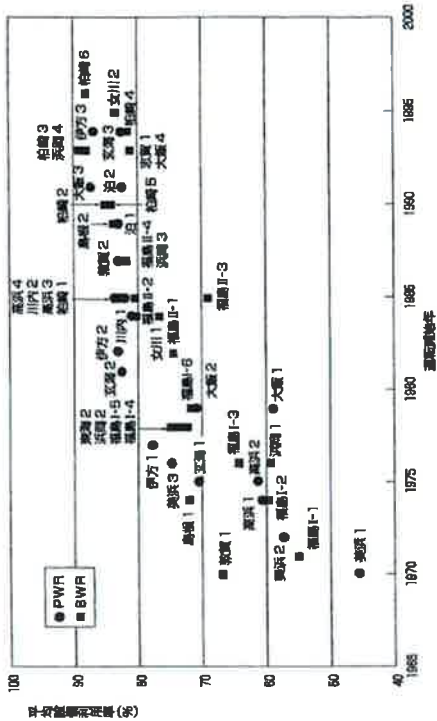
原発の寿命はどれだけあるのだろうか。70年代初期の開発初期段階では、寿命を設定せずに原発の設計・製作が行われ、20年ぐらいいは稼働可能ともされていた。その後、30年、40年と延長が可能であるといわれ始め、昨年原子力安全・保安院は技術評価を行うことなどを前提に、60年運転可能のお墨付きを与えたり、原発の老朽化は後述のように事故の重大な原因となる可能性があり、安全確保の上から重要視されなければならない。同時に、ランニングコストに比べて建設費が極めて大きい原発では、いかに運転期間を長く取るかが電力会社の収益に大きな影響を与える。この意味で老朽化問題は安全性と経済性という、相反する要因が正面衝突するテーマであり、企業の姿勢が問われる問題でもある。

諸外国の老朽化対策を見てみよう。米国では運転認可が40年有効として与えられており、さらに20年運転延長の認可を得るためには、経年変化管

●野 淳 (たの・じゅん) ● 日本原子力1986年生まれ、東京大学工学部応用科学専攻、原子力工学専攻。著書に『地球をまわる放射能』(市川富士夫共著、大月書店)、『歴代時代が何だった』(朝日新聞社)ほか。

キーワード：原発老朽化 (overaging of nuclear power station)、事故統計 (statistics of accident)、廃炉 (decommissioning of nuclear power station)

原発の平均設備利用率 (PWR=加圧水型炉, BWR=沸騰水型炉)



故の例を見てもわかるように、多くの大事故は中小事故をきっかけに起こるといふ事実に基づけば、中小事故を繰り返してきたこれら初期原発の一群は、巨大事故発生の前触れとも言えるものであり、一般の寿命問題とは切り離して、早急に運転停止、廃炉にすべきであることを筆者は主張してきた。確かに蒸気発生器などには改良が加えられ、初期原発の機器も多くは交換された。しかし、これらの交換は設計の段階で予定されたものではない。安全性は原発システム全体として確保されなければならぬ。こうした部品の逐次的・部分的交換ではどうしても見落としや整合性の欠如が生じてしまう。蒸気配管の減肉の見落とし・破断によって生じた美浜3号炉の死傷事故はまさにこのことを証明している。

## 3 国の「高経年化対策」

上記60年寿命を保證した原子力安全・保安院報告書の付属文書「主要経年劣化現象の性状分析と対策」(以下「報告書付属文書」)では、①原子炉压力容器の中性子照射脆化、②応力腐食割れ、③疲労、④配管減肉、⑤ケープルの絶縁低下、⑥コンクリート構造物の中子化、を主な技術問題と

して特に取り上げかなり詳しい分析を加えている。以下これらについて、内容を簡単に紹介しておく。

①中性子脆化の問題、原子炉、特に加圧水型炉の压力容器壁は大量の中性子によって照射されるが、その結果压力容器は脆くなり、衝撃を受けた際に容易に破壊される(ガラスジャー破壊)。低温では脆く破壊されやすく、高温では粘りが出て破壊されにくい。その境界の温度つまり脆性遷移温度は、照射量の増加とともに次第に上昇される。冷却材喪失事故の際、緊急炉心冷却水が注入された場合、脆性遷移温度以下であれば、熱衝撃により压力容器は破壊され、冷却水は压力容器内から漏れ出し、炉心溶融が起これ、内部の放射能が飛散する可能性がある。この問題はきわめて重要である。報告書付属文書は、各プラントについて評価を行った結果、60年運転後の脆性遷移温度の上昇、遷移温度以上でのuse (破壊の際に必要な吸収エネルギー)の低下などの点で、いずれも

条件をクリアしている。ただし美浜1号、高浜1号、玄海1号ではuseが米原子力委員会の規制値68Jを下回るとして、追加的な評価が必要としている。



第1表 部位別事故発生率 (%)

年	蒸気発生器	燃料	再循環ポンプ	タービン	原子炉	制御棒	配管	弁	計装	その他	総計
71~90*	14.2	10.0	7.8	3.4	5.4	4.1	8.3	6.7	12.6	27.5	100
91~92	39.3	0	3.0	21.2	0	6.0	0	6.0	21.2	3.6	100
93~94	31.0	3.4	17.2	13.7	3.4	0	6.8	10.3	10.3	3.9	100
95~96	24.1	3.4	13.7	3.4	3.4	0	3.4	34.4	3.4	10.8	100
97~98	11.5	7.6	3.8	7.6	0	7.6	7.6	7.6	15.3	23.8	100
99~00	25.8	6.4	9.6	3.2	9.6	3.2	29.0	6.4	3.2	3.6	100
01~02	9.5	9.5	14.2	0	19.0	4.7	19.0	14.2	9.5	0.4	100
03~04	25.0	0	7.1	0	0	7.1	35.7	10.7	3.5	10.9	100

\*赤塚氏のデータによる

第2表 原因別事故発生率 (%)

年	材料	製作・メンテナンス不良	人為ミス	経年劣化	外部要因	その他	総計
71~90*	48.6	9.4	12.8	13.6	6.0	9.6	100
91~92	38.2		14.7	8.8	2.9	6.0	100
93~94	41.9	38.7	12.9	3.2	0	3.3	100
95~96	29.6	48.1	7.4	7.4	3.7	3.8	100
97~98	28.0	36.0	4.0	16.0	4.0	12.0	100
99~00	42.4	36.3	3.0	12.0	3.0	3.3	100
01~02	31.8	31.8	4.5	27.2	4.5	0	100
03~04	29.0	25.8	3.2	41.9	0	0	100

\*赤塚氏のデータによる

②応力腐食割れ (SCC) 問題について、SUSステンレス製の部品などに粒界型応力腐食割れ (IGSCC) が70~90年代に多発した結果、SUS316Lなどの低炭素鋼への交換が進められた。この低炭素鋼でもIGSCCは発生しているが、経年劣化とともに大きく増加する傾向は認められない。しかしながらPWRの1次側冷却水においてニッケル合金に発生する1次冷却水応力腐食割れ (PWSCC) は、運転年数などに応じて発生頻度が増加する可能性がある。また大量に中性子照射を受ける部位に発生する照射誘起応力腐食割れ (IASCC) は当然照射量に応じて発生頻度が増加するので、高経年化に際しては適切に評価することが必要である。

③の繰り返し応力による疲労破壊について、運転期間の長い、いくつものプラントについて60年運転時の繰り返し応力回数を予想して、疲労評価

ている。

以上の報告について筆者の立場から若干コメントしておく。①の照射脆化の進行具合は、圧力容器と同じ材質で作った試験片を圧力容器壁にふら下げておき、これを取り出して試験を行い実測するのであるが、運転開始時に入れている試験片の数が少なく、使い切ってしまう、もう実測できない炉も出現しつつある (このことから、当初の寿命予測は20~30年程度であったことがわかる)。このような脆化に関しては実測値なしの手探り運転ということになる。②、③、④についてはこの報告書でも、経年劣化とともに増大する要因があり、点検・監視・検査が必要であることを認めており、60年運転可能なお墨付きを与える根拠としては、はなはだ薄弱であるように思える。つまり見逃す危険性のある事故原因が、老朽化の進行とともに増大することを認めているともいえる。

4 事故統計の示すもの

軽水炉の老朽化について検討するためには当然どのような事故が発生しているか検討する必要がある。わが国の原発で発生した事故の統計的分析としては、1970年~1990年については故赤塚夏樹氏の事故例を原因別、発生箇所別に分類した仕事があるが、しかしその後の事故例についてのこのような分類検討は行なわれていなかった。そこで本報告を書くに当たって、1991年から2004年のデータを、赤塚氏が行なった区分にしたがって、筆者が分類してみたのが第1表および第2表である。この表から見ただけの場合「昔 (70~90年代)」と「最近 (90~2000年代)」とでどのような傾向の違いが出てくるのだろうか。事故の分類の仕方が赤塚氏と筆者ではどうしても個人差が出てしまうので厳密な比較はできないが、おおよその傾向は見出すことができよう。

表には載せていないが、年間の平均事故数は70~90年では36.5件であり、91~04年では平均28.5件である。原子炉数が異なるので簡単に比較はできないが、70~90年のデータに関して赤塚

氏はかななり小さい事故まで丹念に調べ上げてリストアップしている。一方91~04年のケースでは「原子炉等規正法および電気事業法に基いて届出のあった事故」のみを拾ったため、小事故は落ちている。この点を考慮すると、いずれのケースでも年間の事故総数はあまり変わらないと見てよいであろう。また90~04年の区間ではほぼ一定数で推移している。

第1表にしたがって発生部位別に検討してみると、「昔」は蒸気発生器細管と燃料被覆管に材料上の欠陥があり、破壊事故が多発していたが、改良が加えられ、これらの事故はほとんどなくなつた、というのがいわば常識であった。ところが事故発生割合に関しては激減している (もちろん破損した細管本数として続いている (もちろん破損した細管本数。燃料棒本数に關しては激減しているが)、再循環ポンプ、制御棒の破損も依然として続いている。「昔」と比べて増加した部位は、配管、弁などであり、これらは明らかに経年劣化が原因と考えることができよう。

第2表の事故原因についてみると、多少減っているあまり変わらないのは材料の項目である。人為ミスは減少傾向にあり、これは教訓を学んだ結果と考えられる。増加しているのは、製作・メンテナンス不良と経年劣化の項目であり、メンテナンス不良と経年劣化の差異が微妙である点を考慮すれば、実際に発生する事故原因として経年劣化の項目は大きく浮かび上がって来る。

5 老朽化原発と地震

老朽化問題で見落としてはならないことは、老朽化と他の事故要因が重なったときの効果である。老朽化で脆くなった配管などに、たとえば人為ミスで力が増加したケースなど考えられるが、最大の問題は地震との関連であろう。老朽化した原発に地震動が加わった場合、新品の原発に比べ、破壊や機能喪失のリスクが大きくなることは誰が見ても明らかである。やや古い話になるが阪神淡路大震災の後、資源エネルギー庁は「耐震安全検査委員会報告書」を作成して個々の原発に關しての



●特集 転機期にある原子力発電



立石雅昭

# 地震と原子力発電所

1995年の兵庫県南部地震は「原発の安全神話」を根柢から覆した。以降も大きな被害を伴う直下型地震が頻発する中で、2005年には宮城県沖地震で女川原発が緊急停止した。こうした流れの中で2006年3月、金沢地方裁判所は北陸電力志賀原発の運転差し止めを認める画期的判決を下した。秋には新しい耐震設計審査指針が決定される予定である。

## はじめに

死者6400人以上、全壊建物10万棟以上という甚大な人的・物的被害を引き起こした1995年1月の兵庫県南部地震(M7.3 深さ14km)は、災害に対する大都市の脆弱性をあらためて浮き彫りにした。同時に、この地震は地球上でもっとも地震変動の激しい日本列島に原子力発電所を次々に建設してきた日本政府・電力会社の無謀な原発偏重エネルギー政策に大きな警鐘を鳴らし、意図的に醸成された「原発の安全神話」を根柢から覆した。

原発建設地の地元住民はもとより、広く国民の間にも広がった不安と疑問に対して、原子力安全委員会は同年9月、「兵庫県南部地震を踏まえた原子力施設耐震安全検討会」による「今回の地震を踏まえても、我が国の原子力施設の耐震安全性を確保する上で基本となる指針の妥当性が損なわれ

るものではない」との報告を了承、さらに指針策定前に設置許可を得た28基の原子力発電所などについても、「現行審査指針に照らして耐震安全性

●立石雅昭(たていし・まさあき) ●理学博士(京都大学)、共著「日本列島の地震防災」大月出版(1995)、「地震と原子力発電所」新日本出版(1997)、「自然の謎と科学のロマン」新日本出版(2003)ほか。

キーワード：原子力発電所(Nuclear power station)、地震(Earthquake)、耐震設計審査指針(Safety guideline for seismic design)、志賀原子力発電所(Shika Nuclear Power Station)、女川原子力発電所(Ongatwa Nuclear Power Station)

増加することは間違いない。確率的にいうと、中小事故の増大は、危険な巨大事故発生率の増大につながる。さらに地震などの要因が加われば、危険性はさらに増大する。老朽化に対する対策としては、政府の報告書のように点検・維持管理の強化があるが、もっとも抜本的な対策は老朽化原発の廃止措置である。特に欠陥を抱える初期原発に対しても有効な措置は廃炉以外にはないと

## 参考文献

- 1) 原子力安全・保安院「実用発電用原子炉施設における高齢年化対策の充実について」平成17.8.31
- 2) 窪野 淳「廃炉時代が始まった」朝日新聞社、2000年
- 3) 赤塚重樹「日本の原発は安全か」大月書店、1992年

## 6 老朽化原発の早急な廃炉を

事故発生に関するバスタブ曲線という経験則がある。一般にある機器の寿命初期においては、製作不良などによるいわゆる初期故障が多発し、寿命末期においても、経年劣化による故障が多発するため、故障頻度と運転年数をプロットすればバスタブの形になるというものである。このような経験則から見ても、政府の「高齢年化」に関する報告書から見ても、また事故統計から見ても、老朽化が進むにつれて、老朽化に起因する事故が

## 『日本の科学者』(JJS)へふるってご投稿ください

日本科学者会議(JSA)の委員は『日本の科学者』(JJS)に投稿する権利があります。ただし、原稿の内容上の責任は筆者が負うこととなります。

JJSでは、現在、以下の欄の原稿を募集しています。各欄の内容・執筆要領についての詳細は編集委員会にお問い合わせください。( )内は原稿の字数です。  
レビュー(9,680字)；フロンティア(6,160字)；談話室(2,900字)；研究室から(3,146字)；オビニオン(1,825字)；読者のひろば(1,955字)；若手奨励論文(20,240字)；委員の新聞紹介(最近1年間に刊行したもののについて、著者名、書名、発行年、および価格を記載)。なお、原稿のことは、特許論文、レポート、本などの欄の編集は編集委員会が行います。

原稿は、JJS編集委員会に到着後に受理されますが、掲載は必ずしもその順序に従うとは限りません。投稿原稿については、論稿の内容・構成・叙述の適否などに関して複数の審査員により審査されます。著者は、通知された審査結果にたいして理由をのべて反論することができます。以上を経てJJS編集委員会は投稿原稿の掲載可否を決定することになっています。

会員の皆さまの積極的なご投稿をお待ちしております。

