

「原子炉プラント標準化の動向」

座長 豊田 正 敏

(東京電力(株)取締役)

「原子炉プラント標準化の動向」



通商産業省 公益事業部

原子力発電課

課長 高橋 宏

1. 標準プラント

(1) 標準プラントの基本的な考え方

標準プラントは今後、わが国の原子力発電所の中核となっていくものであり、安全性、信頼性を向上させ稼働率の向上、従業員被曝低減、保守点検の確化を十分考慮したプラントであることが要求される。従って、標準プラントはすでに国内で運転または建設中の実証済の軽水炉プラントをベースとし、改良策を十分勘案したプラントとする。

また、このプラントに採用する設備はすでに十分な運転実績があるか、またはここ1,2年の技術開発により実用化可能であると確信できるものに原則として限定すべきである。

しかし、新技術についても積極的に開発を続け標準プラントの見直し時点ではこの開発の成果を可能な限り採用していくことが望ましい。標準プラントの出力は、国内での運転建設経験、電力系統容量、経済性などを総合的に勘案し、当面電気出力80万KW級および110万KW級の2種類の出力レベルで標準化することが適切と考えられる。

各出力レベルでの標準プラントの具体的な熱出力については、原子炉設備、燃料などについてBWR、PWRそれぞれの特性を考慮して安全性、信頼性、運転特性などの面から十分な検討を加え、適正な余裕を持った値を選定するものとする。

標準プラントの設計を進めるに当たっては、標準化すべき設備の範囲およびその程度について明確にしておく必要がある。標準化すべき設備の範囲については、わが国では、各プラントの立地条件に大きな差異があるため、まず、これらの立地条件に比較的左右されない、原子炉蒸気発生設備(NSSS)を先行して標準化し機器配置、建屋設計、建設工法など立地条件によって大きく影響される部分の標準化は、将来の課題とする。

(2) 設置許可関連事項の標準化

標準プラントに係る設置許可の審査に当たっては、最初の標準化プラントについては従来通りの審査が行われるが、第2号プラント以降については、第1号標準プラントと異なる点、すなわち立地条件の差異に起因する設計の相違点を重点的に審査するなど、審査の効率化が期待される。

これによって実際のプラントの安全審査および許認可手続の効率化を可能にさせ、設置許可申請から運転開始までの期間を短縮できるものと考えられる。

わが国においては原子炉安全専門審査会のもとに軽水炉安全審査標準化検討会が設置され、わが国の国情に適した方式を採用することで安全審査の標準化についての検討作業が開始されている。設置許可関連事項の標準化の進め方およびその対象範囲は下記に示す内容が適切と考えられる。

① 標準化対象機種はBWRおよびPWR共に80万KW級、110万KW級プラントとし、福島第二、2号機をベースとした110万KW級BWRプラント、川内1号機をベースとした80万KW級PWRプラントを当面の標準化対象とする。

なお、80万KW級BWRプラントおよび110万KW級PWRプラントは追って標準化されるものとする。

② 標準化対象項目は当面原子炉蒸気発生設備(NSSS)に限定し、立地条件に左右されない安全設計を中心とする以下の基本設計事項とすることが望ましい。

- 基本的な設計方針
- 主要系統の系統構成
- 機器設備の基本仕様、主要機器の概念設計

標準化を図る項目については、原子炉設置許可申請書添付書類8および10の記載項目をベースに「標準化対象項目」として表1に掲げてあるが、その考え方は(1)に記した通りである。

(3) 工事計画認可関連事項の標準化

① 沸騰水型軽水炉(BWR)

① 標準化の進め

BWRの工事計画認可関連事項の標準化は次の通り行うことが望ましい。

- (a) 第一ステップとして、工事計画認可申請書および同添付書類の用語、単位等の統一を行い、フォーマットの標準化を図る。
- (b) 第二ステップとして、工事計画認可申請書および同添付書類の記載内容の標準化を行う。
対象機種は、福島第二、2号機で採用予定の110万KW級プラントとし、軽水炉安全審査標準化検討会における標準化の範囲に対応する機器、設備のうち可能なものとする。
- (c) 第三ステップとして80万KW級BWRを対象とし上記と同様の標準化を行う。

② 標準化の範囲

工事計画認可申請書および同添付書類の作成に当たっては、記載内容およびフォーマットの標準化が可能と考えられる。

標準化の範囲は表2に示す内容が考えられる。

③ 標準化作業の現状

当面の標準化作業は工事計画認可申請書および同添付書類のフォーマットの標準化を図ることを目標として、下記の作業が進められている。

(a) 標準工事計画認可申請書および同添付書類の基本作成要領の作成

- 110万KW級BWRの設備区分の詳細の検討
- " " 標準フォーマットの作成
- " " 記載内容、範囲の検討

- (b) 標準工認図書の作成
- (c) 第3・第4種容器電算化強度計算書作成要領
- (d) 上記計算書作成例
- (e) 第3・第4・第5種管工認計算書電算化要領書

② 加圧水型軽水炉（PWR）

④ 標準化の進め方

PWRの工事計画認可関連事項の標準化は、次の通り行うことが望ましい。

- (a) 第一ステップとしてはBWRと同様のことを行う工事計画認可申請書および同添付書類のフォーマットの標準化を図る。
- (b) 第二ステップでは工事計画認可申請書および添付書類の記載内容について3ループ80万KW級プラントを対象に標準化を図る。標準化の開始時期は3ループ80万KW級プラントの軽水炉安全審査標準化検討会における審議が終了し、かつ川内1号機の工事計画認可が終了した時点からとし、標準化対象範囲は上記軽水炉安全審査標準化検討会における標準化の範囲に対応する機器設備の内、可能なものとする。
- (c) 第3ステップとして4ループ110万KW級プラントに対し80万KWの後に同様の標準化を図る。

⑤ 標準化の範囲

工事計画認可申請書および同添付書類の作成に当たっては、記載内容およびフォーマットの標準化が可能と考えられる。

標準化の範囲は表2に示す内容が考えられる。

⑥ 標準化作業の現状

当面の標準化作業は工事計画認可申請書および同添付書類のフォーマットの標準化を図ることを目標とし、下記の標準化原案が作成されている。

(a) 工事計画書

工事計画書の標準フォーマット

(b) 添付書類

- 補機類および補助系配管の強度、耐震計算の標準フォーマットおよび標準計算マニュアル
- 第一種容器および第一種管の応力解析の標準フォーマットおよび標準応力解析マニュアル
- 機器構造図の標準化
- フローシートの標準化

(4) 耐震設計の標準化

原子力発電設備の耐震設計に当たり、設計条件、解析条件、解析手法および機器配管類とその支持方法の仕様を標準化することは、耐震信頼性の向上、工期の短縮、経済性の向上および許認可業務の効率化などにつながるものと期待されるが、耐震設計は立地条件に大きく左右されるものであり、その標準化については今後標準入力条件、標準解析手法、標準地震荷重等の具体的な検討を進めていく必要がある。

2. 今後の改良・標準化のあり方

(1) 今後の改良・標準化

わが国の軽水炉の改良標準化の進め方については、わが国に蓄積された軽水炉技術を踏まえ、第1段階、第2段階と数次のステップで改良してゆき、一方では、それぞれの段階における成果を標準仕様として一定期間建設し続け、最終的には、わが国の国情に適した日本型軽水炉標準プラントを定着させるという方が妥当である。このような軽水炉の改良・標準化の進め方の例を図1に示す。

第1段階の改良・標準化は、ここ1,2年間の技術開発により確信をもって適用し得るものを出力80万KW級と110万KW級の2種類のプラントに採用し、52年度以降計画の発電所に適用できるよう努める。

第2段階の改良・標準化においては第1段階の成果を基に自動化遠隔操作化等、技術的により高度な改良を目標とするとともに、標準化の範囲を原子炉蒸気発生設備(NSSS)から原子炉建屋や、プラントの耐震設計等に応じていくことが必要である。

従って、比較的長期の技術開発を要する第2段階の改良・標準化についても早急に目標を策定し、これに備えて不断の研究開発を行いその成果をとり入れることが重要であり、55年頃には日本型軽水炉標準プラントの仕様を作成することを目標とすべきである。

その後においても技術進歩に応じた改良・標準化を引き続き実施することが望ましい。

(2) 改良・標準化推進の諸施策

① 許認可関係の標準化

④ 設置許可時の審査

設置許可関係の標準化については、1.で述べたように原子炉安全専門審査会のもとに軽水炉安全審査標準化検討会が設置され安全審査の標準化についての検討作業が開始されている。

当面の標準化範囲は立地条件に比較的左右されない原子炉蒸気発生設備(NSSS)を中心としているが、今後は、可能な限り標準化の範囲を拡大していくことが望ましい。

⑤ 工事計画認可時の審査

工事計画認可関連事項の標準化の進め方、標準化の範囲及び標準化作業の現状については(3)に記述されている通りであるが、今後はその詳細につき鋭意検討を進める。

標準プラントに関する工事計画認可時(燃料体申請を含む)の審査および工事計画認可関連事項の標準化等に関し、留意すべき事項として以下の点が挙げられる。

(a) 工事計画認可申請書と審査

標準プラントの申請書は、第1号プラントについては、従来通りの審査が行われるが、第2号以降のプラントについては設置許可時の審査と同様に、第1号標準プラントと異なる点を重点的に審査するなど審査の効率化を図るべきである。

(b) 試験・検査

従来から実施されている試験・検査については、設置許可時や工事計画認可時の審査において担保された安全性を具体的に実証する手段であるので、従来通り厳密に実施することはもちろんであるが、プラントの標準化の進展に伴い、試験・検査の方法、運用・基準などの整備についても検討すべきである。

(c) 事前製作承認（型式承認）

主要機器について従来申請者からの申請に基づき審査し認可した後、工場において製作がなされてきたのであるが、この方式では認可申請と製作スケジュールが非常に厳しくなる場合がある。標準プラントの設計仕様書に基づき製作される主要な機器（压力容器、熱交換器、タンク、大型弁、炉内構造物など）およびプラント運転に必要な予備用機器（制御棒、同駆動系機器、中性子計装ほか計装用機器など）については機器メーカーからの申請がある場合、たとえ使用プラントが特定されていなくても製作承認立会検査が行われれば工場ラインの流れの円滑化により品質管理がより徹底される製品の信頼性向上のメリットも生ずる。従って、今後プラントの標準化の進展に伴い事前製作承認を行えるよう考慮を払う必要がある。

② 標準化と技術革新との調和

これまでに軽水型原子力発電所の改良・標準化について検討を行い、それに基づく標準化の考え方について述べてきた。わが国においても前述のように現在の軽水炉技術をこれまでに得られた建設・製作ならびに運転保守の経験に基づき、被曝低減、保守点検的確化、機器の信頼性、稼働率および経済性の向上などの観点から見直しを行い自主技術に基づく技術開発により改良を図り、標準化を進める必要があるが、その推進のためには標準プラントの設計を原則として一定期間固定することが必須である。しかしながら、標準設計を固定する期間が短かすぎると標準化のメリットが期待できなくなる反面、長すぎるとその間の技術進歩がおり込めないことになり、技術開発の意欲もそがれることとなるのでその調和を図るとともに技術の多様性についても考慮する必要がある。

③ 標準化推進策

① 現行法規制と標準化

わが国の現行法体系は、その制定以来十数年におよんでいる。その間、国内外の原子力発電の進展、各種研究開発による技術の確立に伴い、法令に逐次改訂され、また、技術基準などは逐次整備されており、許認可にあっても先行プラントと同一仕様部分については、行政効率の観点からも審査事務の効率化など、標準化への規制のアプローチは徐々に進められている。

② 技術基準等と標準化

標準化を推進し前述のような標準化に伴うメリットを得るためには、ある一定期間標準プラントが建設される必要があるが、このためには技術基準、とくに安全基準の整備充実を図り、これを一定期間固定化する必要がある。すなわち、安全設計について新しい知見に基づいてとくに問題となる場合を除いては、一定期間同じ設計に基づく標準プラントを採用することとすべきである。この一定期間とは4～5年後に次世代におけるプラントの標準化の見直しを行うことを考えればそれまでの期間とすることが合理的である。この期間に、わが国独自にまた諸外国と共同で安全研究の推進を図りまた安全解析手法の充実に努め、これらの成果に基づき次世代標準化に当たって技術基準等の見直しを図るべきであり、このために必要と判断される安全性確認試験は、国が中心となって積極的に実施すべきである。これとともに原子炉設計および安全解析手法の開発に積極的に力を注ぎ、わが国独自の安全設計基準を確立すべきであり、これにより自主技術に基づく標準設計の定着化が図られる。

④ 標準化推進に当たっての官民の役割

軽水型原子力発電プラントの標準化推進のためには、国、設置者およびメーカーがそれぞれの役割を明確化するとともに、緊密な協力体制の下に一致協力して改良・標準化のための諸方策を進めることによつてのみ所期の目的が達成されるものとする。

このため、国、設置者およびメーカーの果たすべき役割について次のとおり。

① 国の役割

標準化に当たって国の果たすべき役割としては、前述の規制面よりみた標準化および許認可業務の効率化について僅力その実現に努めるべきであるが、これとともに国としての改良・標準化への具体的指標を明示し、さらに具体的政策として次の項目を実施しなければならない。

従来に増して財政投融資など政府資金の一層の活用を図るための具体的方策の検討や、さらに安全研究の推進と規制基準の一層の整備充実および標準化への対応を図り、標準プラント確立のための研究開発への援助協力など、改良・標準化への一層の推進が要請される。

② 設置者の役割

標準プラントの採否の最終的に決定するのは設置者たる電気事業者であり、この意味から各電気事業者がプラントの各方面にわたり、仕様および要求事項を確立し、標準プラントを採用する方針に踏み切ることが必要である。

さらにこの基本的役割に加えて下記の諸項目についても電気事業者の協力が必要である。

- (a) プラント標準化に係る、各社間の基準等の整備および統一
- (b) 運転保守の標準化
- (c) 広域共同開発の推進と、それに対する標準プラントの採用
- (d) メーカーの行う改良・標準化のための技術開発への協力

③ メーカーの役割

標準化の推進はメーカーにおいてもその必要性を認識しているものであり、メーカーが今後わが国の標準とするに適した信頼性の高い標準プラントを提案していくことが望ましい。この観点からメーカーとしての努力の当面の目標は、下記諸点に集中して行うべきである。

- (a) 標準プラントの確立およびそのための研究開発
- (b) 上述に関連し安全解析手法の確立およびこのために必要とする安全研究の推進
- (c) 許認可申請資料の標準化への協力

表 1. 標準化対象項目

i 安全設計の方針

ii 原子炉および炉心

a 機械設計

燃 料

炉内構造物

反応度制御設備

b 核設計（運転およびEGCS関連事項は除く）

c 熱水力設計（ECCS関連事項は除く）

iii 一次冷却設備

BWR

a 原子炉圧力容器

b 冷却材循環系

c 主蒸気系

PWR

a 原子炉容器

b 蒸気発生器

c 一次冷却材ポンプ

d 加圧器

e 配 管

f 支持構造物（設計基準，基本構成を標準化する）

IV 工学的安全施設

BWR

a 原子炉格納施設

b 可燃性ガス濃度制御系

c 原子炉建屋櫛

d 非常用ガス処理系櫛

e 非常用炉心冷却設備

f 格納容器スプレィ冷却系

（櫛は設計方針を標準化する。）

PWR

a 原子炉格納施設

b 原子炉格納容器スプレィ設備櫛

c アニュラス空気再循環設備櫛

d 非常用炉心冷却設備

V 原子炉補助施設

BWR

a 燃料取り扱および貯蔵設備櫛

b 燃料プール冷却浄化系櫛

c 原子炉冷却材浄化系

d 残留熱除去系

e 原子炉隔離時冷却系

（櫛は設計方針を標準化する。）

PWR

a 化学体積制御設備（ほう素再生設備はオプション）

b 余熱除去設備

VI 計測制御施設

(安全性の評価に重要な設計方針, 系統構成について標準化する。)

BWR

- a 原子炉制御系
- b 安全保護系
- c 原子炉核計装
- d 原子炉プラント・プロセス計装

PWR

- a 原子炉制御設備
- b 原子炉保護設備
- c 工学的安全施設作動設備
- d 原子炉計装

VII 運転時の異常な過渡変化および解析

VIII 事故解析

IX 安全評価(評価基準, 解析方法について標準化する。)

(解析の項目, 評価基準, 解析方法および一般的な解析結果を標準化する。)

表 2. 工認図書標準化の範囲

	<u>フォーマットの標準化</u>	<u>記載内容の標準化</u>
(a) 工事計画書	<ul style="list-style-type: none"> ○標準フォーマット原案に基づき標準化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○立地条件の影響を受ける設計値および標準化対象外設備はプラント毎に申請する。
(b) 添付書類		
○フローシート	<ul style="list-style-type: none"> ○許認可要件外の情報は含まないよう簡表化されたもので標準化する。従って従来のエンジニアリング・フローシートは参考扱いとし工事計画書の変更を伴う場合以外は差換えないこととする。 	<ul style="list-style-type: none"> ○配置建築設計, 標準化対象外設備とのインタフェースの影響を受ける事項は標準化に含めないよう配慮する。
○構造図	<ul style="list-style-type: none"> ○標準フォーマット原案に基づき標準化する。 ○立地条件 メーカーの差異により機器の形状支持方式が変りうる場合は作成要領および見本図を標準化する。 	
○強度計算書	<ul style="list-style-type: none"> ○補機類 補助配管の計算マニュアルと電算機プリントアウト標準フォーマット原案に基づき標準化する。 	
○耐震性についての計算書	<ul style="list-style-type: none"> ○第一種容器および第一種管の応力解析についても同様とする。 	
○その他の添付書類	<ul style="list-style-type: none"> ○標準フォーマット原案に基づき標準化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○立地条件 標準化対象外事項などの影響を受ける記述, 設計値はプラント毎に申請する。

(a) BWR

改良・標準化の段階	第 1 段階	第 2 段階	軽水炉の定着化
改良策の検討	BWR/5・マークⅠ 改良(1次) BWR/5・マークⅡ 改良(1次)	BWR/5・マークⅠ 改良(2次) JBWRⅠ 改良(2次)	JBWR2
標準化の実現 (標準プラントの実機建設)	BWR/5・マークⅠ改良型(1次) BWR/5・マークⅡ改良型(1次)	BWR/5・マークⅠ改良型(1次) BWR/5・マークⅡ改良型(1次)	JBWRⅠ JBWR2

(注 JBWR: 日本型BWR標準プラント)

(b) PWR

改良・標準化の段階	第 1 段階	第 2 段階	軽水炉の定着化
改良策の検討	3ループ改良(1次) 4ループ改良(1次)	3ループ・改良(2次) 4ループ・改良(2次) JPWRⅠ	JPWR2
標準化の実現 (標準プラントの実機建設)	3ループの改良型(1次)	3ループ改良型(1次) 4ループ改良型(1次)	JPWRⅠ JPWR2

(注 JPWR: 日本型PWR標準プラント)

図 1. 軽水炉の改良・標準化の進め方