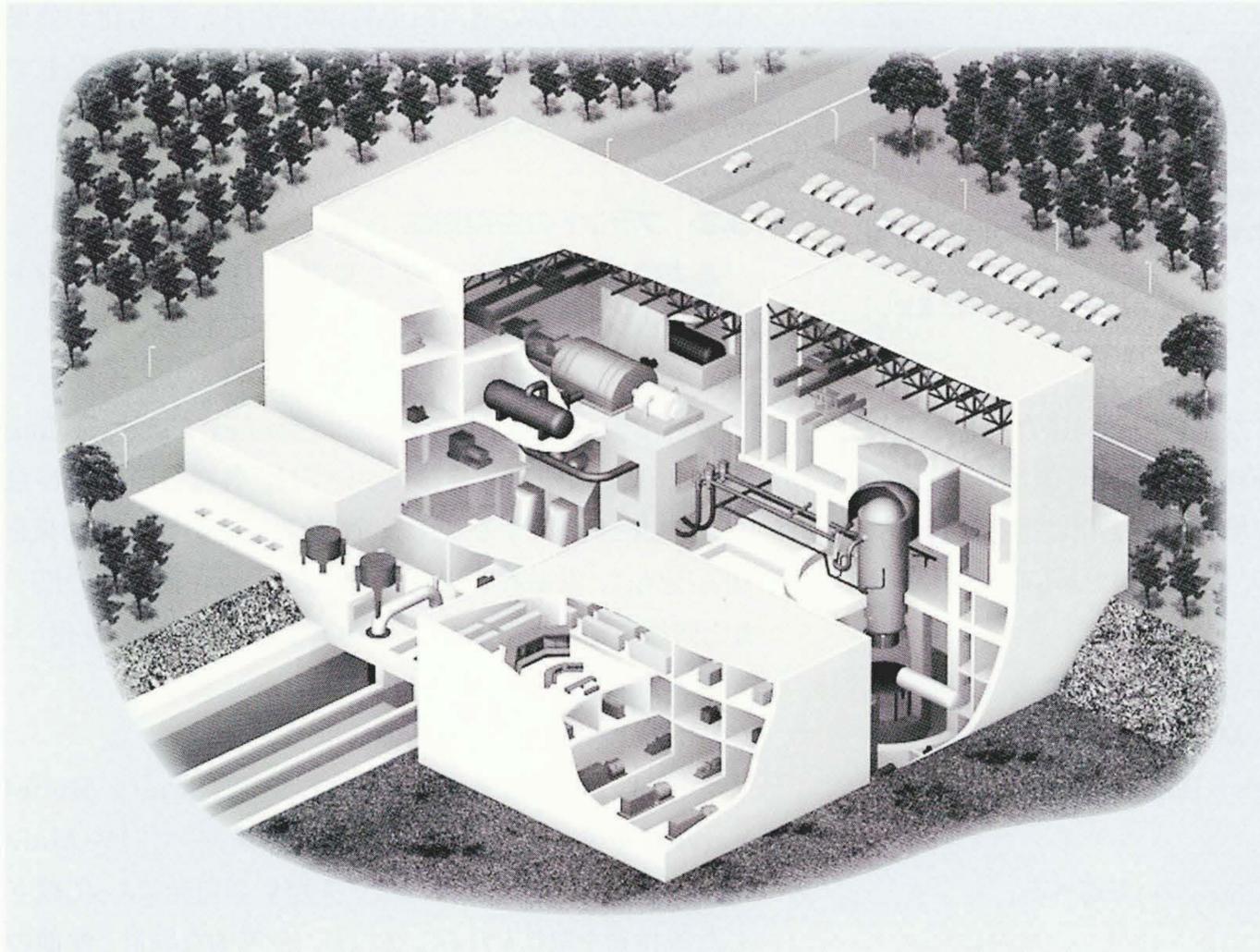


# 設備投資の分散性と投資額の抑制を可能にする 中型ABWR“ABWR-600”

Development of Medium-Size ABWR "ABWR-600" Aiming at Diversification and Amount Control of Plant Investment

木下詳一郎 Shôichirô Kinoshita  
安藤浩二 Kôji Andô

守田俊也 Shun'ya Morita  
小山和人 Kazuhito Koyama



## 中型ABWR“ABWR-600” プラント全容のイメージ

経済性向上のニーズに対応するために、電力需要の動向に合わせた設備投資の分散性と投資額の抑制を可能とする電源として、“ABWR-600”の開発を行った。これにより、分散電源としての適用性、至近の市場投入への可能性など、電力自由化を背景とした多様な市場の要求にもこたえることができる。

注：略語説明

ABWR (Advanced Boiling Water Reactor)

基幹電源としての普及、経済性の向上、市場動向への迅速な対応など、原子力発電所へのニーズは多様化している。日立製作所は、このようなニーズにこたえるため、原子力発電プラント“ABWR-600 (Advanced Boiling Water Reactor-600)”を開発した。

これは、電気出力として600 MWe級を選定し、第3世代として位置づけられる改良型軽水炉としては世界

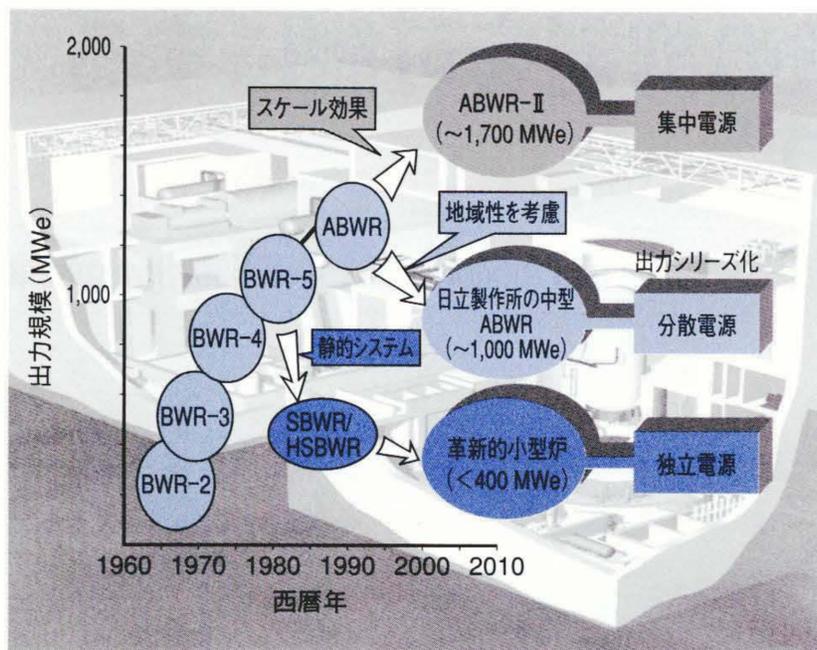
で唯一の建設・運転実績を持つ現行のABWR (1,350 MWe級)の特長を生かしつつ、(1)システムの簡素化、(2)大型炉で開発した技術の活用、(3)配置設計の集中化などを反映することにより、設備の合理化、適正化を図ったものである。新たな開発を必要としない機器・システムを基本にしていることから、発電所の建設・運転にかかわる許認可の取得期間も含めて、市場での早期実用化が可能である。

## 1 はじめに

世界的に見た電力需要は、今後も堅実な伸びが見込まれていることから、基幹電源としての原子力発電の重要性は不変であり、国内だけでなく海外にも引き続き広く普及、拡大させていくことが重要である。一方、すでに原子力発電を導入

している国や地域では、電力市場の自由化を背景とした原子力発電設備の経済性の向上におけるニーズの一環として、新規の建設設備への投資リスクの低減(投資額の抑制・投資の早期回収など)が求められるようになってきた。

原子力発電の普及・拡充の観点からは、発展途上国など、充実した送電網が期待できない地域での、分散型電源として好適な設備が必要となる。一方、経済性の向上へのニ



注：略語説明 BWR (Boiling Water Reactor), SBWR (Simplified BWR)  
HSBWR (Hitachi Simplified BWR)

図1 日立製作所が考える将来の原子力発電設備の方向性と、中型ABWRの位置づけ

多様化する市場ニーズにこたえるため、電気出力として600 MWe級を選定し、ABWRのシリーズ化と出力メニューの拡充を図った。

ズ対応という観点からは、電力需要の動向に合わせた設備投資の分散性と、投資額の抑制の双方を可能とする設備が必要となっている。さらに、市場動向の変化に迅速に対応するために、至近の市場へ投入することができる可能性も併せ持つ必要がある。

これらの多様化する市場ニーズにこたえるため、日立製作所は、中規模電気出力(650 MWe)を持つ原子力発電プラント“ABWR-600 (Advanced Boiling Water Reactor-600)”を開発した(図1参照)。

ここでは、ABWR-600の特徴について述べる。

## 2 ABWR-600での基本設計の方針

前述した市場ニーズに適するソリューションとして、ABWR-600での基本設計の方針を以下のとおりとした。

- (1) 電気出力域として中規模出力(1,000 MWe以下)を選定し、現行のABWR(1,350 MWe級)と合わせてABWRのシリーズ化と出力メニューの拡充を図る。
- (2) ABWRに匹敵する経済性を達成する。
- (3) ABWRと同等の安全性を堅持する。運転性・保守性については、出力規模に応じて適正なものとする。
- (4) ABWRでの建設・運転実績を持つ実証済みの技術を活用し、設備の適正化、合理化、および設計の標準化を行う。
- (5) ABWRでの適用実績を持つ技術の採用を基本とすることにより、発電所の建設・運転に必要な許認可の取得でも対応が容易なものとする。
- (6) 地域的な事情や資本力の違い、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる、自由度の高い設計とする。

## 3 プラントの主要構成と主要設備の特徴

### 3.1 プラント出力規模の設定

一般的に、プラントの出力規模を小さくすると、単位出力当たりの設備費は増加することが知られている。この規模の経済性をいかに克服するかが、経済性の向上を図るうえで重要なポイントとなる。このため、中規模出力の範囲で最も高い経済性を達成できるプラント出力規模として、ABWRを中心とした主要機器の適用限界範囲を検討し、省力化が効果的に図れる条件で最大限のプラント出力を出せる範囲として600 MWe級を設定した。

### 3.2 プラントの主要構成

基本設計方針とプラント出力規模に対応したプラントの主要構成とその特徴は次のとおりである(図2参照)。

#### (1) システムの簡素化

非常用炉心冷却系“ECCS(Emergency Core Cooling System)”などの特殊機器については、各機器の単機容量をABWRと同等とすることによって機器設計の標準化効果を図るとともに、系統構成の適正化によって現在運転中の原子炉と同等の安全性を確保しながら、設備の大幅な合理化(主要機器員数を約50%減)を可能にした。

#### (2) 大型炉で開発した技術の活用

大容量の主蒸気逃がし安全弁“SRV(Safety Relief Valve)”や低圧力損失型の主蒸気隔離弁“MSIV(Main Steam Isolation Valve)”など、大型炉の開発によって確立した新技術を取り入れることにより、合理的な設計と性能の向上を図った。また、タービン設備の構成では、ABWRで採用の実績がある「52インチ長翼タービン」を用いた1車室設計にするとともに、復水器を1胴化、給水加熱器を1系列化した。

#### (3) 配置設計の合理化

設備の大幅な合理化と、機器の集中配置などによる配置適正化の効果により、建屋容積比でABWRの約50%の低減を可能にした。

### 3.3 主要設備の特徴

ABWR-600の主要設備の特徴について以下に述べる(表1参照)。

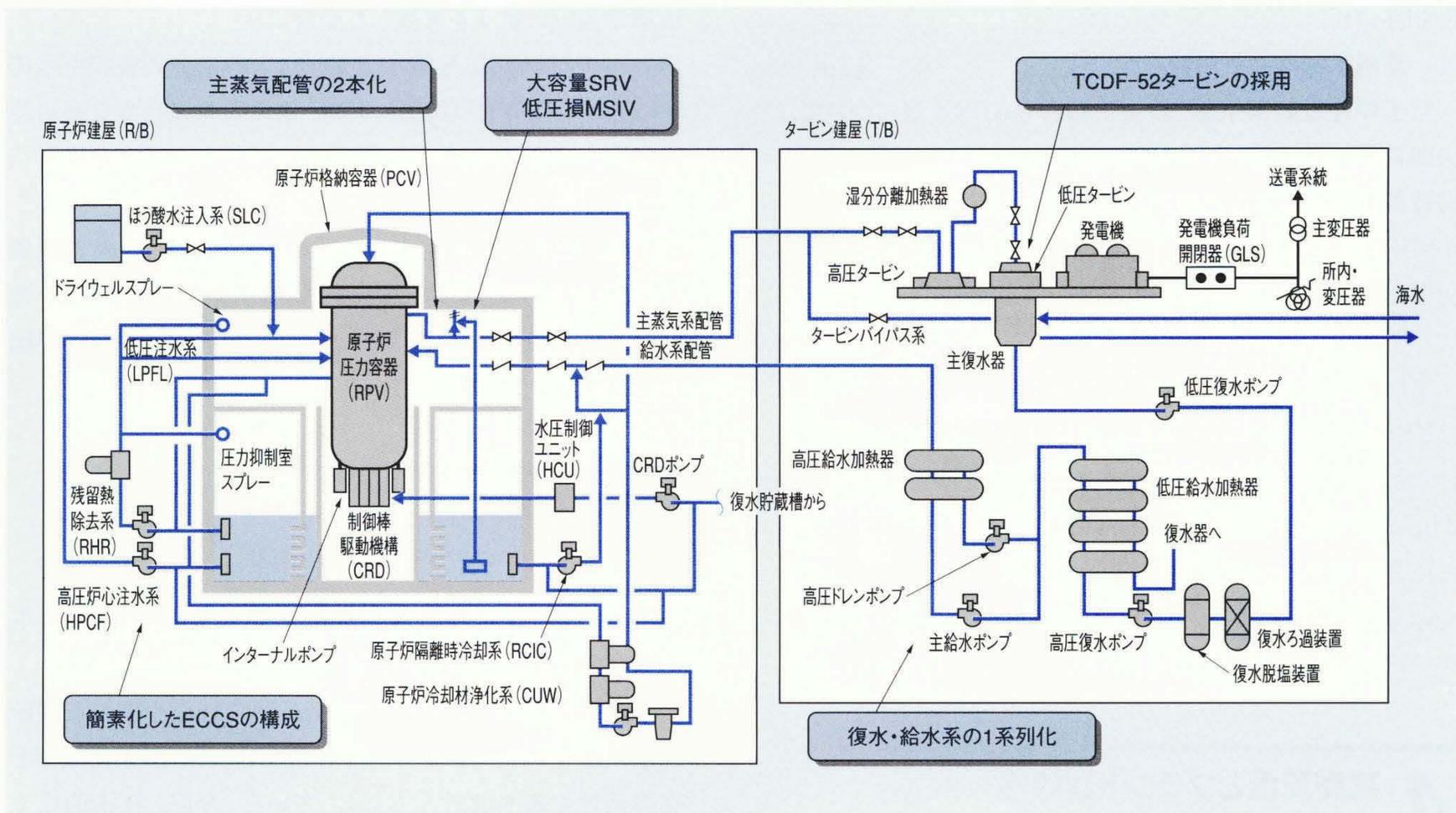
#### 3.3.1 原子炉系設備

##### (1) 炉心と原子炉の仕様

電気出力600 MWeを達成するために、最適炉心配置と実用化のめどがつく範囲での出力密度の増加により、燃料集合体数を適正化し、熱出力1,862 MWt、電気出力650 MWeを可能にした。

##### (2) 原子炉圧力容器と原子炉格納容器

原子炉圧力容器は、炉心体数・炉心高さ、蒸気乾燥器・



注：略語説明 SRV(逃がし安全弁)、MSIV(主蒸気隔離弁)、TCDF-52(Tandem Compound Dual Flow, 52 inch)、ECCS(非常用炉心冷却系)

図2 ABWR-600 プラントの主要構成と特徴

中出力規模に応じた設備の合理化、適正化を図り、規模による経済性での不利を克服したプラント主要構成としている。

汽水分離器高さなどに照らして適正なサイズとした。また、原子炉格納容器は、ABWRのコンクリート製格納容器をベースとして主蒸気配管本数を2本に低減するとともに、出力規模を考慮した安全設計面での検討を行ったうえで適正なサイズとした。この結果、いずれもABWRに比べて、高さをほぼ同等とし、内径を80%以下に縮小することができた。

表1 主要設備仕様におけるABWR-600と現行のABWRの比較

現行のABWRと比較し、出力規模の相違以上の設備合理化、適正化を実現している。

項目	単位	ABWR-600	ABWR
電気出力	MWe	650	1,356
RIP	台	4	10
主蒸気管	—	700A×2本	700A×4本
非常用炉心冷却系	—	ADS HPCF LPFL (RHR) LPFL (RHR) D/G	ADS RCIC LPFL (RHR) HPCF LPFL (RHR) D/G
タービン型式	—	TCDF-52 (高圧1車室, 低圧1車室)	TC6F-52 (高圧1車室, 低圧3車室)
復水器	—	1胴式	3胴式
給水加熱器	—	高圧2段1系列 高圧4段1系列	高圧2段2系列 高圧4段3系列

注：略語説明

RIP(Reactor Internal Pump)、D/G(Diesel Generator)  
 ADS(Automatic Depressurization System; 自動減圧系)  
 HPCF(High Pressure Core Flooder System; 高圧炉心注水系)  
 LPFL(Low Pressure Flooder System; 低圧炉心注水系)  
 RHR(Residual Heat Removal System; 残留熱除去系)

### 3.3.2 安全系設備

#### (1) 設備構成

出力規模に応じた設備の合理化により、ABWRに対応して次の安全系設備の変更を行った。

(a) 自動減圧系“ADS(Automatic Depressurization System)”機能を強化し、所要員数のSRVにADS機能を持たせることで、高圧系ECCSの簡素化を図った。

(b) ECCSを高圧炉心注水系1系統、低圧注水系2系統、原子炉隔離時冷却系1系統とし、単機容量の増加とADS機能の強化により、ABWRから高圧系1系統・低圧系1系統を簡素化した。

#### (2) 安全性能評価

ABWRと同様の評価手法に基づき、設備構成・仕様の変更などを反映し、解析によるECCS性能・原子炉格納容器性能の評価を行った結果、いずれもABWRと同等であることを確認した。

### 3.3.3 タービン設備

熱効率と設備費のトレードオフを配慮し、タービン熱サイクルとして湿分分離加熱器を用いた2段再熱方式を採用した。また、給水加熱器段数を6段(高圧2段、低圧4段)とし、系列数を1系列とすることにより、給水・復水系設備の合理化を図った。

### 3.3.4 計測制御設備と電気設備

設備の合理化に合わせて、計測制御設備と電気設備についても、以下に述べる一部設備・システムの簡素化、適正

化を図った。

#### (1) 常用系制御装置の統合化

原子炉流量制御系などの主要制御系制御装置について、制御装置の高機能化、高速処理化を活用し、系統間での制御装置共用化による設備の合理化と、配置スペースの低減を図った。その他の常用系制御装置についても複数系統の制御を統合化した。

#### (2) 予備変圧器の削除

主回路の電気事故が発生した時は、原子炉スクラム事象などと同様に給復水系の運転を期待せず、かつ主回路のメンテナンス時に対応できる小容量の変圧器を設置することにより、大容量の予備変圧器を削除した。

#### (3) 非常用ディーゼル発電機容量の低減

非常用炉心冷却系の簡素化を図ったことから、非常用ディーゼル発電機の容量をABWRに比べて約40%減とした。

## 4 建屋配置とプラント建設性

耐震設計・建屋構造は現行ABWRの設計条件と既存技術を踏襲し、設備の合理化とコンパクトな機器配置により、ABWRに比べて建屋容積比と主要系統物量比で約50%の低減を達成した。また、建設工期は、初号機は34か月、2号機以降は31.5か月(原子炉建屋基礎コンクリート工事着手～燃料装荷)で達成する見通しを得た。

建屋配置では、設備物量の低減・標準化、建設工程の短縮を達成するために、次の点を重点に検討し、実現した。

(1) コンパクトな配置：設備の合理化に加えて、機器の集中配置による長尺物(配管・ケーブル・換気空調設備用ダクトなど)の物量低減と建屋のコンパクト化

(2) 標準化：立地点の固有条件による変動要因に対応し、標準化の阻害範囲を考慮した配置計画

(3) 工程の短縮：建屋の階層数低減、据付け工程上のクリティカルパスを構成する設備の低層階配置とモジュール工

法適用範囲の拡大を考慮した配置計画

(4) 投資分散対応配置：立地点ごとの電源の規模を維持するため、ABWRの1基分の本館建屋設置に必要な面積範囲内に、ABWR-600では2基分の設置を可能とする建屋構成と配置

特に、標準化を達成するための施策としては、固定配置エリアと変動配置エリアに分けて、原子炉建屋とタービン建屋の収納設備を限定し、立地点の固有条件などの変動要因に左右されない配置としている。

## 5 おわりに

ここでは、日立製作所が開発した原子力発電プラントABWR-600の特徴について述べた。

ABWR-600は、ABWRでの実証済み技術や優れた運転実績に基づく習熟度の高い技術を活用した、適正化設計と高経済性を基本設計の方針としている。今回、技術的成立性ととともに、目標とする経済性についての見通しが得られたことから至近の市場投入が可能となった。

また、実証済み技術・習熟技術の採用を基本としていることから、建設・運転にかかわる許認可取得の観点からも優れており、米国におけるABWRでの公的設計認証の取得実績や、わが国における建設・運転実績などの点からも、近い将来の実用化が期待できる。

日立製作所は、さらなる経済性の向上へのニーズに対応するために、900 MWe級ABWR“ABWR-900”も開発済みであり、今後も、原子力発電プラントにおける多様化するニーズにこたえられるように開発を推進していく考えである。

### 参考文献

- 1) K. Moriya, et al. : Development Study of Nuclear Power Plants for 21st Century, HITACHI REVIEW, Vol. 50, No. 3(2001)

### 執筆者紹介



木下 詳一郎

1981年日立製作所入社、原子力事業部 原子力プロジェクト部 所属  
現在、新設原子力発電所のプロジェクトマネジメントに従事  
E-mail : shouichirou\_kinoshita @ pis. hitachi. co. jp



安藤 浩二

1992年日立製作所入社、原子力事業部 原子力計画部 所属  
現在、新設原子力発電所の原子炉まわり系統設計に従事  
E-mail : kouji\_andou @ pis. hitachi. co. jp



守田 俊也

1995年日立製作所入社、原子力事業部 原子力制御計画部 所属  
現在、新設原子力発電所の電源計画業務に従事  
E-mail : shunya\_morita @ pis. hitachi. co. jp



小山 和人

1985年日立製作所入社、原子力事業部 原子力計画部 所属  
現在、原子力発電所のコンセプト計画および配置・耐震・放射線防護設計に従事  
E-mail : kazuhito\_koyama @ pis. hitachi. co. jp