中部電力の安全対策強化の取組み

Safety upgrading activities against Tsunami, Earthquake, and Severe Accident at Hamaoka NPPs

中部電力 子力部 運営 G	渡辺	哲也	Tetsuya WATANABE	Member
中部電力 子力部 設備設計 G	涌永	隆夫	Takao WAKUNAGA	
中部電力 子力部 設備設計 G	石田	卓久	Takahisa ISHIDA	Member

Abstract: As the lessons learned by the Fukushima Daiichi NPPs accident, Chubu Electric Power carried out the Emergency Safety Measures at Hamaoka NPPs immediately, and announced the plan for tsunami countermeasures including the construction of 18m-height tsunami protection wall in July 2011. Furthermore, the company announced the additional severe accident and tsunami countermeasures, and etc. in December 2012 and in April 2013, such as the installation of Filtered Containment Venting System and increasing the height of the tsunami protection wall from 18m to 22m. In this paper, we present major safety upgrading activities against tsunami, earthquake and severe accident at Hamaoka NPPs.

Keywords: Hamaoka NPP, safety upgrades activities, tsunami, earthquake, severe accident

1．緒言

東北地方太平洋沖地震（平成 23 年 3 月 11 日）を起因とした福島第一原子力発電所の事故を踏まえ，浜岡原子力発電所では，直ちに緊急安全対策を行うとともに，同年 7 月には津波に対する安全性を一層高める対策を公表した。また，平成 24 年 12 月には防波壁の嵩上げ等による浸水防止対策の強化やフィルタベント設備の設置をはじめとするシビアアクシデント対策を，平成 25 年 4 月には取水槽他の溢水対策を公表し，引き続き対策を積み重ねることで安全性をより一層高めている。本稿では，同発電所において進めているこれら安全対策強化の取り組みについて説明する。

2．浸水防止対策

浜岡原子力発電所では，津波による「全交流電源喪失」及び「海水冷却機能喪失」を確実に回避し，炉心損傷を防止するために，津波に対し，以下の対策を図っている。

2.1 浸水防止対策 1

内閣府の南海トラフ巨大地震モデル検討会による津波高さの検討結果を踏まえ，防波壁（天端高さ T.P.（東京湾平均海面）+22 m）を設置することにより，発電所敷地内への津波の直接浸入を防止する。この防波壁は，敷地前面約 1.6 km にわたって設置し，その両端部を嵩上げした盛土（T.P. +22～24 m）に接続することにより，敷地前面及び側面からの津波の浸入を防止することがきる。（Fig.1） また，取水槽の周囲に溢水防止壁を設けるなどの「取水槽他の溢水対策」を実施することにより，取水槽・放水路からの津波の浸入を防止する。さらに敷地への浸水に備えて原子炉機器海水取水ポンプエリアにも防水壁を設置する。（Fig.2）

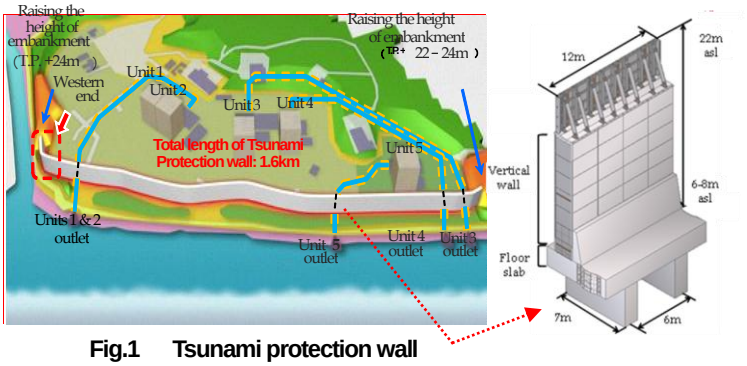

Fig.1 Tsunami protection wall

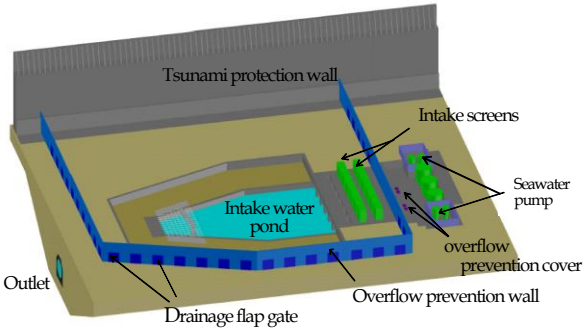

Fig.2 Overflow countermeasure of Intake water pond

2.2 浸水防止対策 2

仮に，津波が防波壁を越流し発電所敷地内が浸水したとしても，緊急時海水取水設備（EWS）の設置により原子炉機器冷却海水系ポンプの機能を代替し，かつ，建屋内浸水防止対策等により，建屋内にある非常用電源設備

連絡先：渡辺哲也，〒461-8680 愛知県名古屋市東区東新町 1 番地，中部電力(株) 原子力本部 原子力部 運営 G
E-mail:Watanabe.Tetsuya@chuden.co.jp

を含む炉心冷却機能及び燃料プール冷却機能に関連する設備の浸水を防止する。

①緊急時海水取水設備（EWS）の設置

原子炉機器冷却海水系ポンプの機能を代替し，海水冷却機能を確保するためにEWSを各号機に設置する。多重性を考慮して，各号機ともポンプ２台を耐波力及び水密性を考慮した防水構造の建屋の中に設置する。EWSポンプは，中央制御室からの遠隔操作により速やかに起動できるようにすることで，原子炉機器冷却海水系ポンプの機能が喪失した場合でも，これとは独立に，速やかに海水冷却機能を確保することを可能にする。また，EWSポンプの交流電源は，原子炉建屋内にある非常用ディーゼル発電機はもとより，後述する敷地内高台に設置するガスタービン発電機からも供給可能なものとした。EWSポンプの水源は，発電所各号機の各取水槽を結んでいる取水槽連絡トンネルから，同ポンプ室の取水ピットに海水を取り入れることとしており，これにより，各号機のEWSポンプは，他号機の取水槽のいずれからも取水することが可能となる。（Fig. 3～5 ）

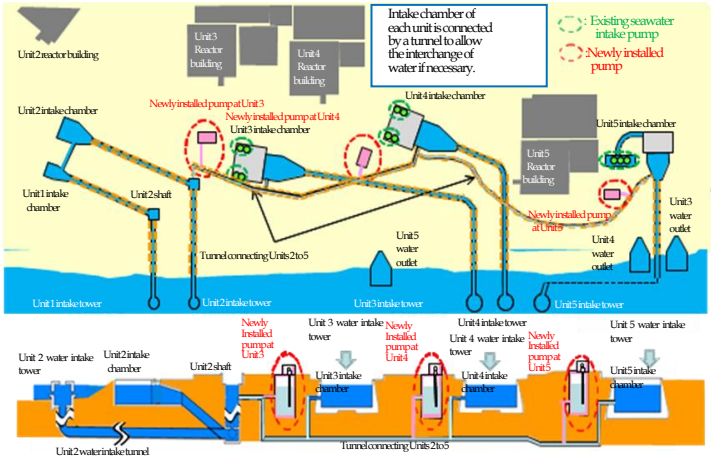

Fig.3　Overview of EWS system

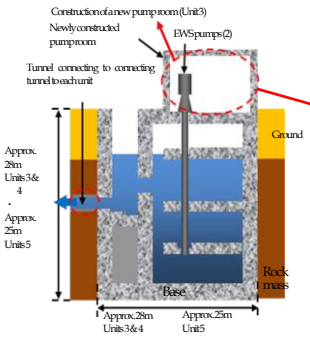

Fig.4　EWS Pump

Fig.5　EWS pump building

②建屋内及び機器室内浸水防止対策

原子炉建屋等の浸水防止対策については，建屋外壁の扉は，水密扉へ取り替えを行うとともに，その外側に強化扉を設置し，扉を二重化する。また，建屋開口部については，開口部の変更等により浸水防止を図るとともに，配管等の建屋貫通部についても信頼性の高い止水や閉止板を施す。５号機建屋開口部については，自動閉止装置を新たに設置することで信頼性を高める。（Fig.6）

さらに，安全上重要な設備が設置されている原子炉建屋等の機器室については，水密扉の補強や追加設置を行うとともに，機器室貫通部に閉止板の設置等を行い，また，万一の原子炉建屋内浸水時に備え，仮設排水ポンプを配備するなどの対策を講じる。

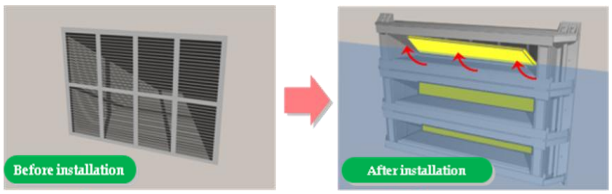

Fig.6　Automatic closure system

2.3 緊急時対策の強化

「全交流電源喪失」及び「海水冷却機能喪失」を仮定した場合でも，より確実に原子炉を安定した高温停止状態に維持し，その後，安全に冷温停止の状態に導くことができるよう，電源・注水・除熱機能の強化対策を図る。

2.3.1 電源の強化

①ガスタービン発電機の高台設置

緊急安全対策において，災害対策用発電機を用いた電源確保対策を講じたことにより，炉心及び使用済燃料の損傷を防止するために必要な電源を確保することができるが，さらに，非常用交流電源装置として大容量（4,000 kVA）の空冷式ガスタービン発電機を，浸水の影響を受けない発電所敷地内高台（T.P. +40 m）に合計６台設置する。

これにより，炉心冷却機能及び燃料プール冷却機能に関わる系統の運転に必要な容量の電源を確保するとともに，原子炉隔離冷却系の運転に必要な直流電源設備への充電も行うことができるようにする。このガスタービン発電機は免震建屋内に設置し，外部電源喪失により自動起動するとともに，中央制御室からも遠隔起動できるようにする。ガスタービン発電機の燃料については，外部電源の復旧期間等も見込み十分な量として１週間分の燃料を地下式タンクに貯蔵する。（Fig.7）

②緊急時電源盤の高台設置等

発電所敷地内高台に緊急時電気品建屋を設置し，ガスタービン発電機から各機器に電力を供給するための緊急

時電源盤を設置するとともに，既設建屋上層階にも同電源盤等の増設を行う。これらの電源盤等の間を接続するケーブルを常設し中央制御室から遠隔起動により電源を速やかに各機器に供給することを可能にする。また，直流電源設備は，ガスタービン発電機や災害対策用発電機からも緊急時電源盤と充電器等を介して直流電源を供給できるようにしていることに加え，既設蓄電池と同容量の予備蓄電池（８時間）を各号機毎に追加設置する。

③外部電源の信頼性向上

外部電源については，異なる３つのルートで６回線の送電線があり，どの回線からでも各号機に外部電源からの送電を可能とする。また，浸水の影響を受けることがないよう，T.P. +25 m の発電所敷地内高台に緊急時変圧器の増設や移動式変圧器の配備等を実施することで信頼性向上策を講じている。（Fig.7）

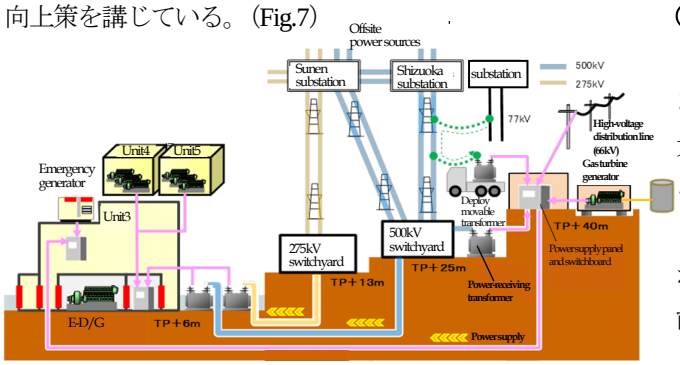

Fig.7　Power source configuration

2.3.2 注水機能の強化

①原子炉への高圧注水機能の強化

原子炉隔離冷却系のバックアップとして高圧炉心スプレイ系の運転を可能とする改造を施すことで，高圧注水手段の多様化を図る。

原子炉機器冷却海水系のバックアップである EWS の機能喪失をも仮定し，高圧炉心スプレイ系ポンプの軸受け等を冷却するための空冷式熱交換器を原子炉建屋中間屋上に設置する。運転に必要な交流電源は，高台設置のガスタービン発電機から供給できるようにする。（Fig.8）

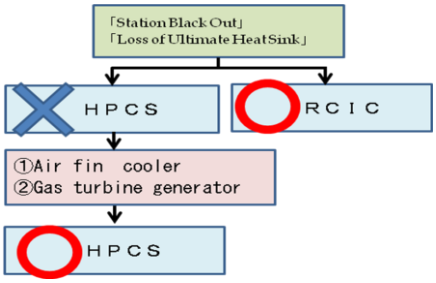

Fig.8　Enhancement of high pressure coolant function

②原子炉への低圧注水機能の強化

緊急安全対策において，補給水系及び可搬式動力ポンプを用いた注水機能を確保する対策を講じたことに加えて，敷地内高台（T.P. +30 m）にガスタービン発電機から受電して運転する電動駆動ポンプ及びディーゼル駆動ポンプ各１台（共用緊急時淡水ポンプ）を設置するとともに，可搬式の緊急時大容量送水ポンプも配備する。また，原子炉機器冷却海水ポンプ等の予備品確保により緊急時の復旧作業の迅速化を図る。

③燃料プール冷却機能の強化

緊急安全対策において，補給水系及び可搬式動力ポンプを用いた燃料プールへの代替注水機能を確保した。さらに燃料プール補給水ポンプをガスタービン発電機からの受電を可能となるよう改造する。また高台に設置する共用緊急時淡水ポンプによる注水も可能にする。

④水源の強化

原子炉及び燃料プールへの注水水源は，既設の復水タンク，復水貯蔵槽等に加え，敷地内高台（T.P. +30 m）に大容量の共用緊急時淡水貯槽（容量 9,000 m3）を設置する。これに加え，試掘トンネルに淡水を満たすことにより，約２週間分の淡水を確保する。さらに，可搬式動力ポンプを用いて新野川や取水槽（海水）からの取水も可能である。

2.3.3 除熱機能の強化

①格納容器ベントの遠隔操作化

緊急安全対策において，窒素ボンベを現場に配備し格納容器ベントを速やかに行える対策を講じたが，ガスタービン発電機からの受電によって，格納容器ベント弁を中央制御室から遠隔操作できるようにして格納容器ベントを確実かつ速やかに行うことを可能にする。

３．シビアアクシデント対策

浜岡原子力発電所では，万一，シビアアクシデント（炉心の重大な損傷）が発生した場合でもその影響を緩和するため，「放射性物質の大規模な放出の防止対策」，「格納容器の破損防止対策」を実施するとともに，「非常用直流電源対策」について強化を行う。（Fig. 9）

3.1 フィルタベント設備の設置

福島第一原子力発電所では，格納容器の破損によって，大量の放射性物質が大気に放出され，これによる土壌汚染が深刻な問題となった。これを踏まえ，格納容器の破損防止のため格納容器ベントを確実に実施するとともに，

ベントの際に放出される放射性物質の低減を目的に，新たにフィルタベント設備を設置する。

3.2 格納容器ペデスタル注水ラインの設置

炉心の重大な損傷が発生し，圧力容器が破損に至った場合，溶融した燃料が圧力容器下部の格納容器ペデスタルに落下する。格納容器ペデスタルに直接注水する配管を設置することで溶融燃料を冷却し，溶融炉心・コンクリート相互作用（MCCI）によるペデスタル床のコンクリート浸食や MCCI により発生する非凝縮性ガスに起因する格納容器の圧力・温度上昇を抑制する。

3.3 格納容器代替スプレイ機能の強化

格納容器内に流出した高温の冷却材や溶融燃料の崩壊熱等による水蒸気の発生，水－ジルコニウム反応等による非凝縮性ガスの蓄積により圧力・温度が上昇し，格納容器破損に至ることを防止するため，可搬型注水ポンプの配備及び専用配管を設置する。

3.4 格納容器トップヘッドフランジ冷却機能確保

圧力容器上部からの放熱により格納容器トップヘッドフランジ部が過温され，シール機能が喪失するのを防止するため，格納容器トップヘッドフランジ部外側を冷却するための原子炉ウェル注水専用配管を設置する。

3.5 長期冷却のための代替熱交換器配備

原子炉機器冷却海水系の機能喪失だけでなく，原子炉機器冷却水系の機能喪失をも仮定した場合においても除熱機能を確保し，長期の循環冷却に確実に移行できるよう，原子炉機器冷却熱交換器等を代替する可搬型の熱交換器（プレート式熱交換器）及びポンプを配備する。また，可搬型の熱交換器等を接続するための，専用配管の設置，フレキシブルホースの配備を行う。

3.6 非常用直流電源の強化

直流電源の喪失により，計器類の機能喪失や弁の操作ができなくなる可能性があることから，直流電源の強化として蓄電池容量の大容量化を実施する。具体的には，不必要な負荷の切り離しを行わずに少なくとも８時間，さらに不必要な負荷の切り離しを実施した上で少なくとも 24 時間の電源供給が可能な蓄電池容量とする。このほか，各重要計器に直流電源を供給するための蓄電池や専用の可搬型測定器を配備する。

４．まとめ

浜岡原子力発電所では，平成 23 年７月に津波対策を公表して以来，一貫して発電所の安全性の向上に取り組んできた，今後もシビアアクシデント対策，取水槽の溢水対策など，必要な対策を早期に実現できるよう全力で取り組んでいく。　（平成 25 年６月 20 日）

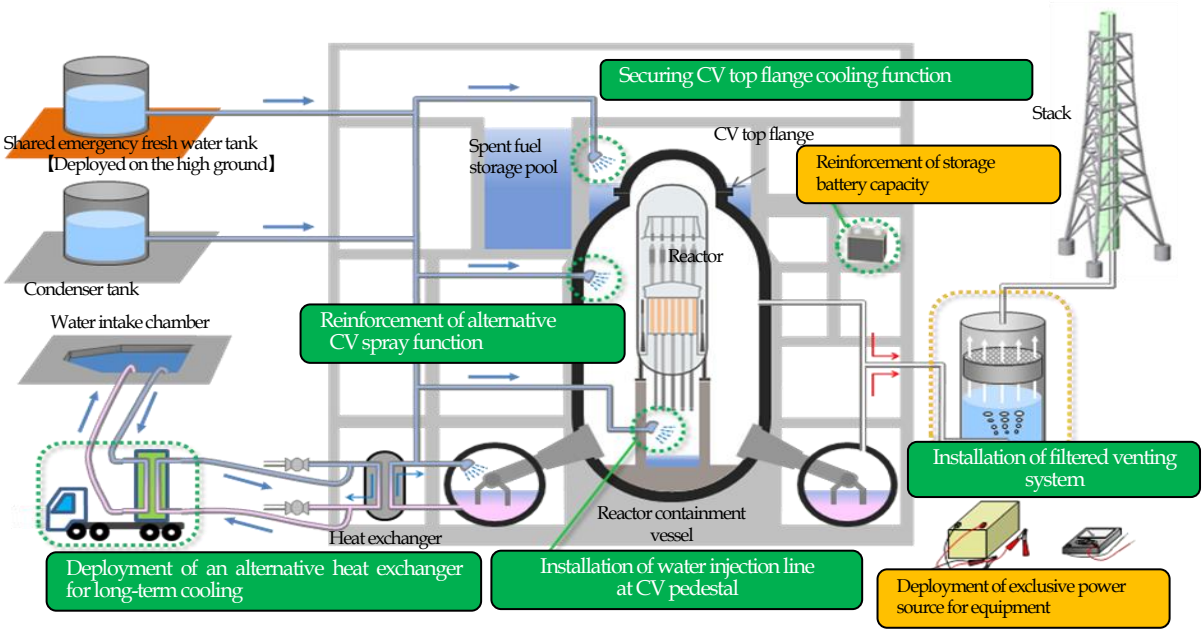

Fig.9　Severe accident management measures to be implemented