
安全性向上に向けた電気事業者の取組み

2012年4月19日

電気事業連合会

電気事業連合会

1

福島第一原子力発電所における事故 の概要と安全確保対策

電気事業連合会

- ◆地震により原子炉は正常に自動停止、非常用電源も確保。
- ◆その後、津波が襲来し、非常用を含めた全ての電源が喪失、原子炉の冷却機能も喪失。

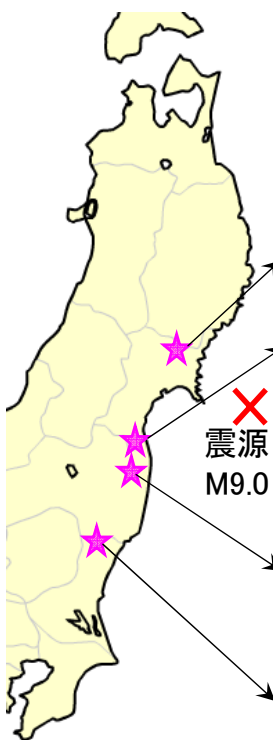
【地震による影響】

- 地震発生により原子炉は正常に自動停止
- 非常用ディーゼル発電機は全て正常に自動起動
(地すべりによる送電鉄塔の倒壊等により外部電源は喪失)
- 原子炉の冷却に必要な機器は正常に動作



【津波による影響】

- 非常用ディーゼル発電機、配電盤、バッテリー等の重要な設備が**被水**
- 海水ポンプが損壊し、最終ヒートシンクが**喪失(原子炉冷却機能喪失)**
- **全交流電源**(外部電源+非常用ディーゼル発電機)が**喪失**



	地震		津波				大規模な燃料損傷	
	電源 (外部電源/ 非常用発電機)	冷却 機能	津波 高さ (m)	敷地高さ (m)	電源			冷却 機能
		海水 ポンプ			外部 電源	非常用 発電機		
○:定検中								
女川 1,2,3	○ (○/○)	○	13	13.8	○	○	○	健全
福島第一 1,2,3,4 5,6	○ (×/○)	○	15.5 (浸水高)	10 (1~4号) 13 (5, 6号)	× 地震	1~5号 × 6号 ○	1~4号 × 5,6号 ×→○ (数日後)	1~3号 (損傷) 4~6号 (健全)
福島第二 1,2,3,4	○ (○/○)	○	14.5 (浸水高)	12	○	1,2号 × 3,4号 ○	1,2,4号 ×→○ (数日後) 3号 ○	健全
東海第二 1	○ (×→○/○) (数日後)	○	5.3	8	地震 ×→○ (数日後)	○	○	健全

- ◆福島第一原子力発電所では、津波による電源・冷却機能の喪失が長期に亘り継続し、燃料の重大な損傷、格納容器の破損など、深刻な事態に陥った。
- ◆決して二度と、同様の事故を起こさない観点から、電源確保・冷却確保・浸水対策について、多重化・多様化を図る。

【安全確保対策】

対策の視点

決して二度と、今回と同様の事故を起こさない



冷やす・閉じ込めるの
「**多重化**」と「**多様化**」

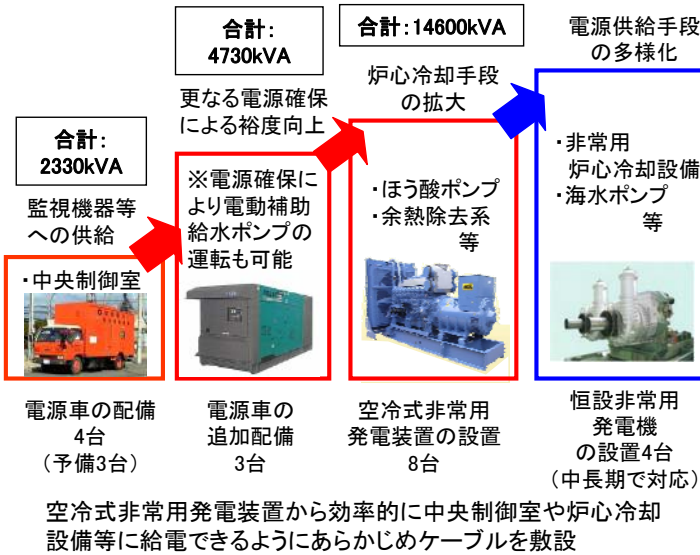
- 電源確保
- 冷却確保
- 浸水対策

安全確保のためのこれまでの対策
(緊急安全対策等)

- ◆ 電源確保対策として、電源車や空冷式非常用発電装置を配備し、今後、さらに恒設の非常用発電装置の設置を予定。
- ◆ 非常時において速やかに対応できるよう体制を確立し、訓練を実施。

ハード対策(海拔30m以上に配備)

燃料:重油(発電所外からの支援なしで約85日間給電可能)
さらに発電所外からタンクローリーで補給可能



ソフト対策

配備した電源車や空冷式非常用発電装置をすみやかに必要な箇所に接続するための対策

- 体制の確立 休日・夜間 常に8名確保
- マニュアルの整備
- 訓練の実施
 - ・電源車の配置、電源ケーブル接続、電源車の運転
- 訓練の反映
 - ・夜間のヘッドランプの配備
 - ・作業性向上のため接続端子形状の改善 他
- 接続時間の短縮
 - ・電源車: 135分⇒空冷式非常用発電装置: 78分 (全号機への給電が完了するまでの訓練実績)
 - ・接続部の改造により、接続を簡略化



空冷式非常用発電装置の設置状況(関西電力 大飯発電所の例)

空冷式非常用発電装置

海拔30m以上の地点に配置
接続盤、ケーブルの敷設により迅速な接続

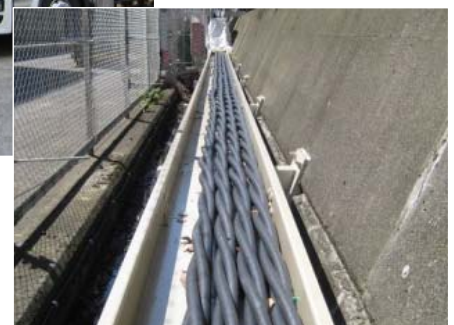


容量: 3,650 kVA
(1,825 kVA × 2台)

接続盤



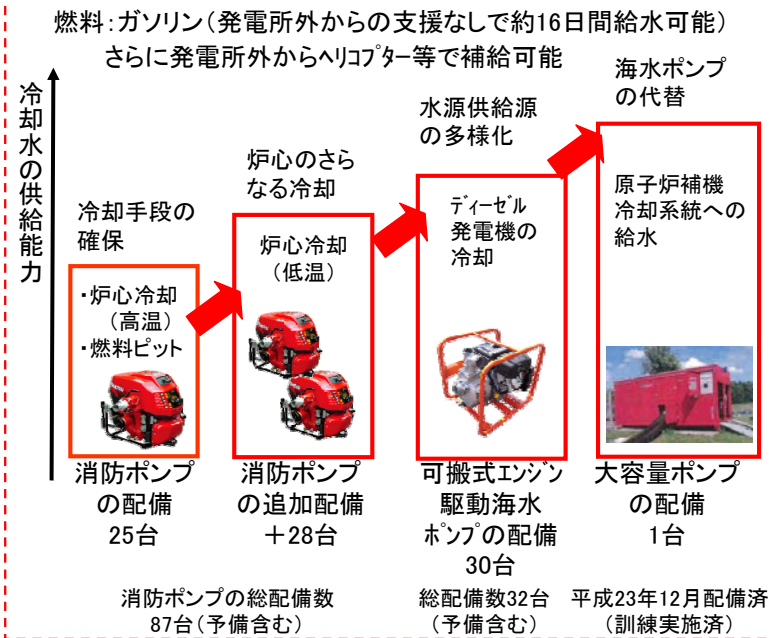
ケーブルの敷設



- ◆ 冷却確保対策として、消防ポンプ、可搬式エンジンポンプ、さらには大容量ポンプを配備し充実を図った。
- ◆ 非常時において速やかに対応できる体制を確立し、訓練を実施。

ハード対策

ソフト対策



配備した消防ポンプ等をすみやかに必要な箇所に敷設するための対策

- 体制の確立
- マニュアルの整備
- 訓練の実施

SG給水訓練
SFP給水訓練
CSD訓練

- ・ポンプの配置、ホースの敷設
- ・ポンプの運転、ポンプへの給油



○訓練の反映

- ・ポンプ設置箇所へのマーキング
- ・連絡を密とするため無線機を配備 他

○資機材の予備

- ・消防ポンプ 必要台数53台／総数87台
- ・ホース 必要本数631本／総数670本

大容量ポンプの設置状況（関西電力 大飯発電所の例）

大容量ポンプ



海拔30m以上の地点に配置
取水箇所へ移動し、海より取水する

大容量ポンプ起動作業



容量：1,320 m³/hr

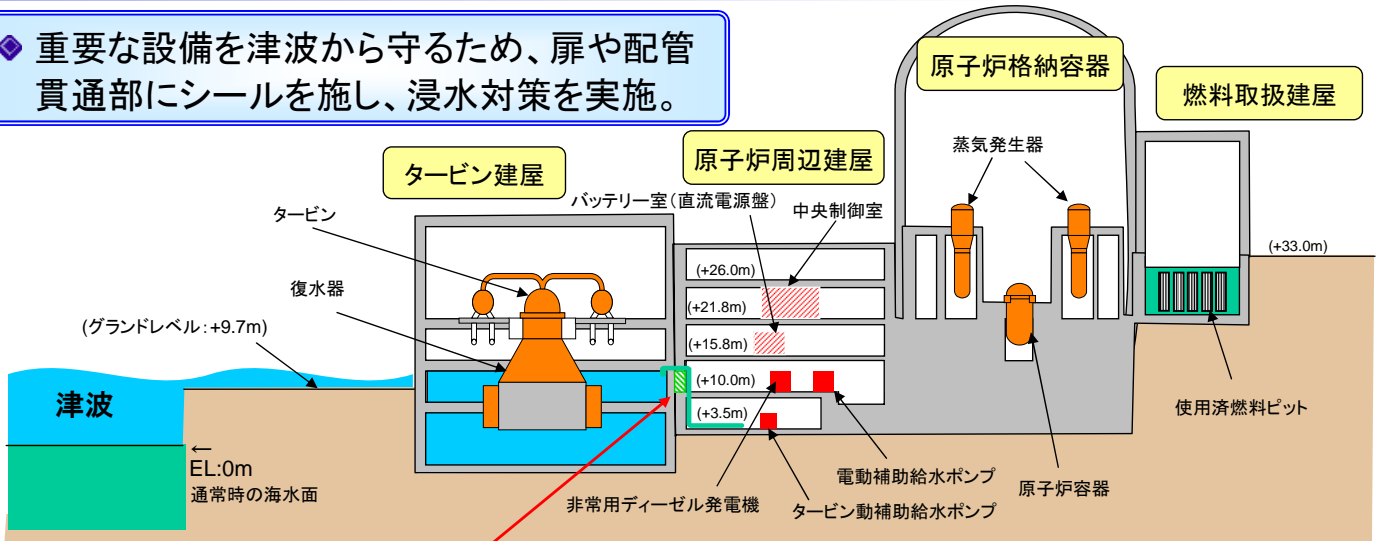
海水吐出口



海水取水口



◆ 重要な設備を津波から守るため、扉や配管貫通部にシールを施し、浸水対策を実施。



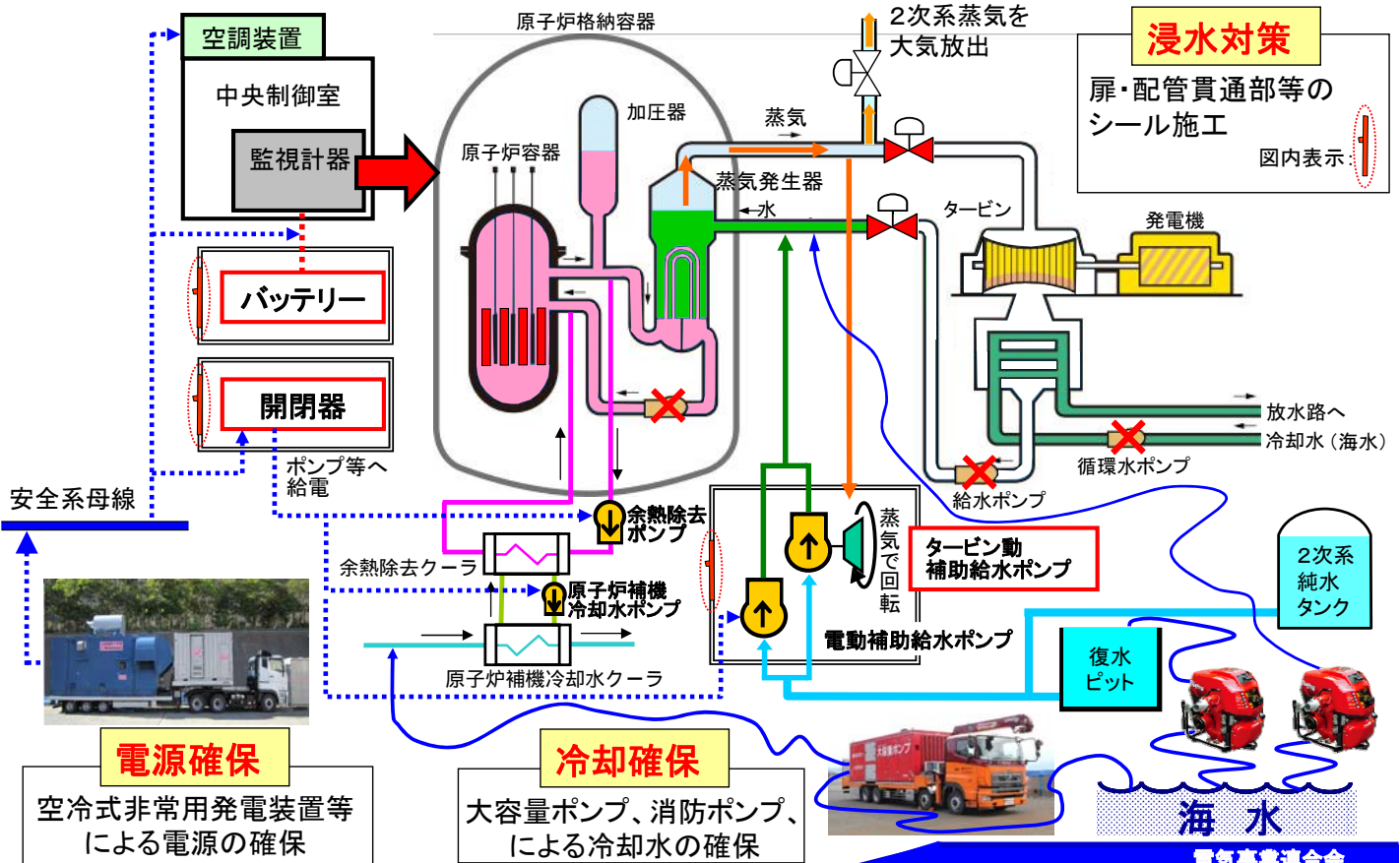
津波から守るため浸水対策を実施



浸水対策を行った設備(例)

- 中央制御室に給電するために必要な設備
(バッテリー室/高電圧用開閉装置室)
- 蒸気発生器に給水するために必要な設備
(ポンプ室/高電圧用開閉装置室)

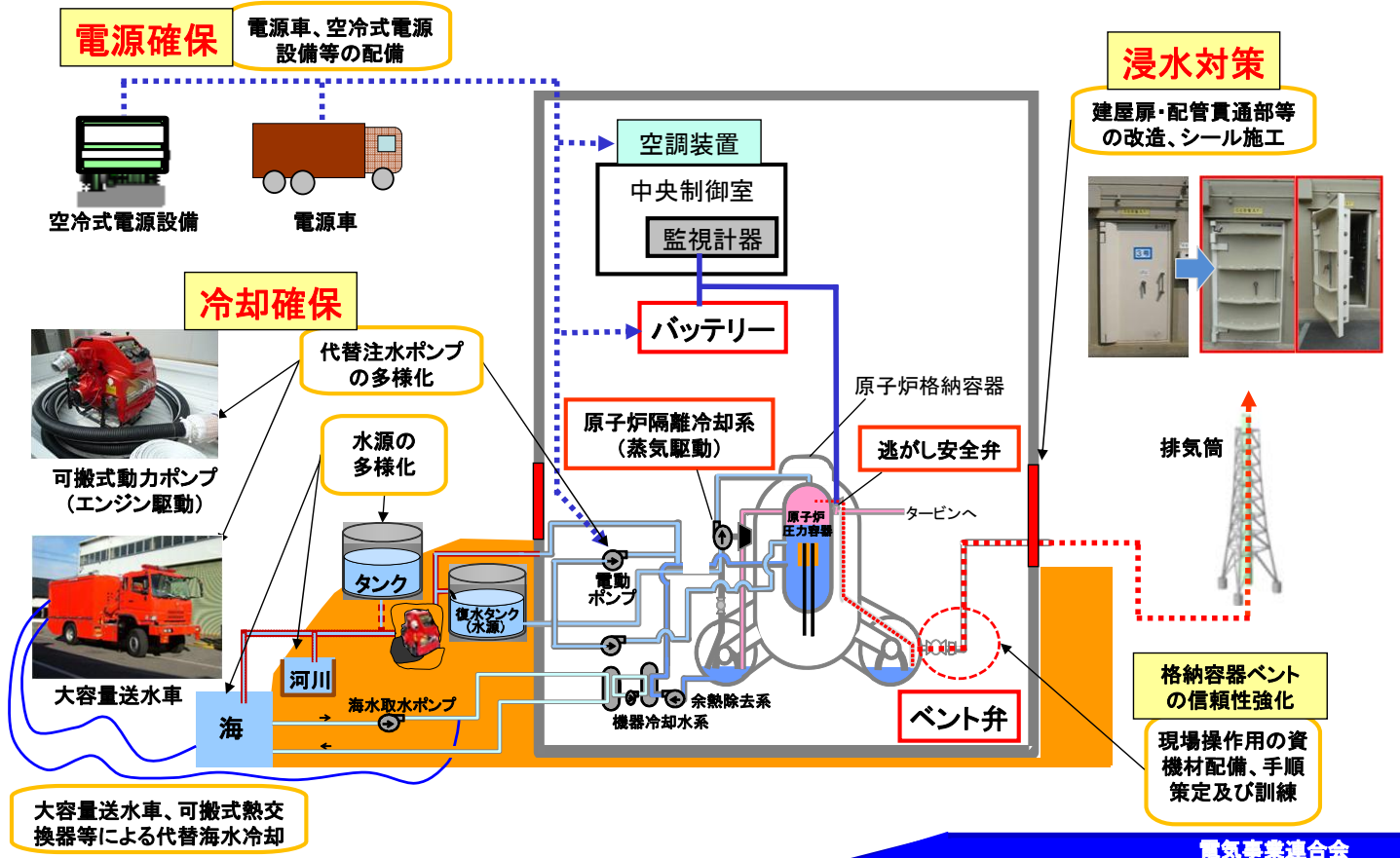
これまでに取り組んだ緊急安全対策をはじめとする諸対策 (加圧水型原子炉(PWR)の例)



電源確保
空冷式非常用発電装置等による電源の確保


冷却確保
大容量ポンプ、消防ポンプ、による冷却水の確保

浸水対策
扉・配管貫通部等のシール施工
図内表示



安全確保対策の効果を確実にするための措置(関西電力の例)

◆ 安全確保対策の効果を確実なものとするため、福島第一原子力発電所での事故を経験した方々の生の声を反映して、確実な作業遂行に必要な各種措置を実施。

作業環境	所内通信手段	放射線管理	水素爆発防止	がれき撤去
<ul style="list-style-type: none"> 事故時の中央制御室換気系(再循環系)の着実な運用手順を整備 中央制御室横の会議室に必要な機材を配備し、緊急時の指揮所としての機能を確保 	<ul style="list-style-type: none"> トランシーバ 携行型通話装置 衛星電話 	<ul style="list-style-type: none"> 高線量対応防護服 事業者の資機材相互融通 	<ul style="list-style-type: none"> 事故時のアナユラスからの着実な排気手順を整備 <p>(大飯1.2号機は、イグナイタへの電源確保を確認)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 配備済 <p>ホイールローダ</p> 
	<p>さらなる緊急時ソフト面の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> 緊急時対応体制、支援体制の強化(大飯発電所の例) 合計 約800名による支援体制構築【発電所常駐要員の強化】29名 → 54名【支援要員の強化】 <ul style="list-style-type: none"> 緊急参集要員(160名) プラントメカによる支援体制強化(500名) 若狭原子力統括センター設置+本社要員 協力会社による支援体制強化(150名) 通信手段の強化 他 			

ストレステストによる安全性向上結果の確認 (一次評価)

ストレステスト(一次評価)の評価内容

◆安全確保対策の有効性を定量的に評価するためにストレステスト(一次評価)を実施

【評価の視点】

- 想定を超える事象に対する、プラント全体の有する安全裕度、脆弱性の認識
- 想定を超える事象に対する、収束手段の多重性の確認
- 緊急安全対策等による安全性向上度合いの提示

【主な評価の項目】

- 地震: 想定を超える地震にどの程度まで燃料損傷せずに耐えられるか
- 津波: 想定を超える津波にどの程度の高さまで燃料損傷せずに耐えられるか
- 全交流電源および最終ヒートシンク喪失:
発電所が完全に停電(全交流電源喪失)および燃料から除熱するための海水を取水できない場合(最終ヒートシンク喪失)に、外部からの支援なしでどの程度まで燃料損傷せずに耐えられるか
- シビアアクシデントマネジメント:
これまでに整備してきたシビアアクシデントマネジメント策について、多重防護の観点からその効果を明示

◆ 緊急安全対策により、電源、炉心の冷却手段が「多重化」「多様化」され、プラントの安全性が向上したことが確認された。

福島第一での事故の概要

地震発生(Ssの1.26倍)に伴い原子炉は自動停止。鉄塔の倒壊等により外部電源が喪失したが、非常用発電機が正常に機能し、原子炉の冷却に必要な機器は正常に動作



地震の後、想定2.6倍(15.5m)の津波により、非常用ディーゼル発電機、海水ポンプ、分電盤等が被水



全交流電源喪失、最終ヒートシンク喪失が発生。その備えが十分でなかったことから事故が進展・拡大し、燃料損傷に至った

関西電力大飯3/4号機での安全性の確認・評価結果

緊急安全対策として実施した諸対策により、

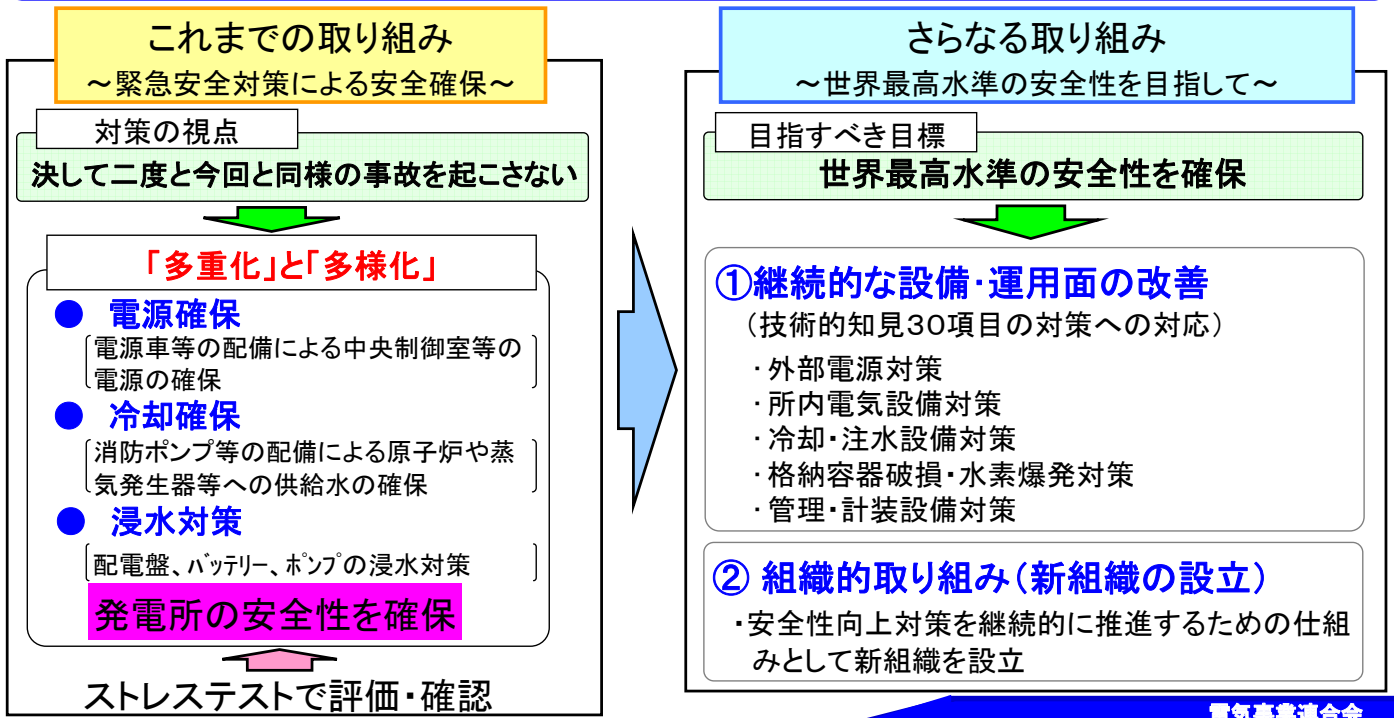
想定している**基準地震動Ssの1.8倍の大きさの地震**が発生しても発電所の安全性は確保される

設計津波高さ(2.85m)の**約4倍(11.4m)の大きさの津波**が発生しても発電所の安全性は確保される

全交流電源喪失、最終ヒートシンク喪失が発生した場合でも、**発電所外部からの支援なしで、原子炉を約16日間、使用済燃料ピットを10日間冷却することが可能**

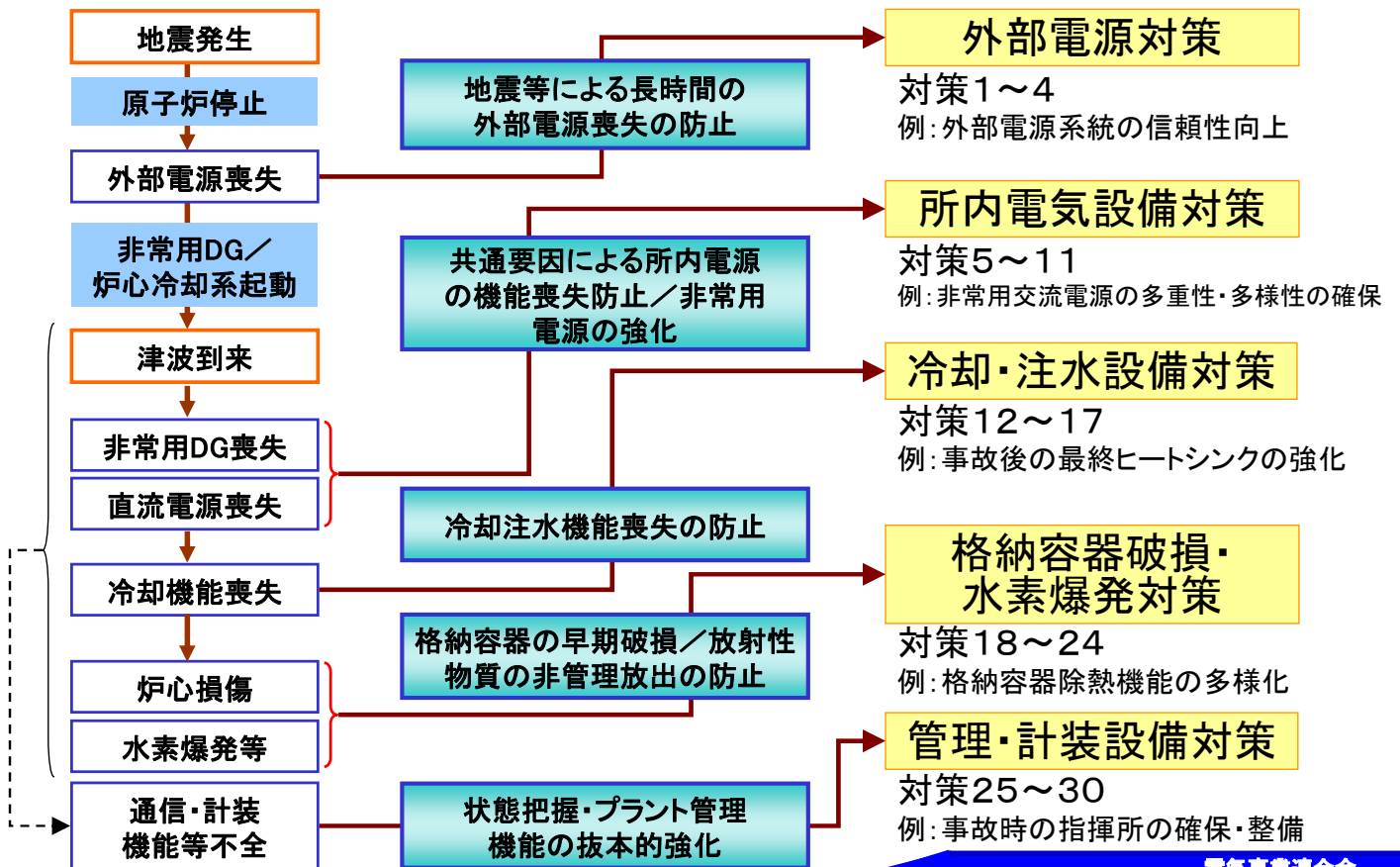
さらなる安全性向上のための取組み

◆ これまで行ってきた緊急安全対策による安全確保に加え、世界最高水準の安全性を目指して、継続的な設備・運用面の改善と組織的な取組みを実施していく。



福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する30の安全対策

(原子力安全・保安院による中間とりまとめ)



◆ 福島第一原子力発電所事故の技術的知見※を踏まえて、さらに安全性を高めるため、継続的な設備・運用面の改善に着実に取り組んでいく。

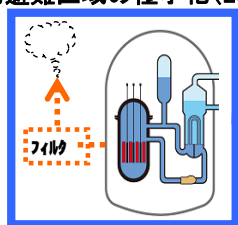
	技術的知見(30の対策)	短期対策:実施済み	中長期対策
①外部電源対策	対策1: 外部電源系統の信頼性向上	1ルート喪失しても外部電源を喪失しないことを確認	大飯3,4号機の安全系所内高圧母線に77kV線路を接続
	対策2: 発電所設備の耐震性向上	ガス絶縁開閉装置により耐震性を強化した回線と2回線確保	発電所において耐震性強化を図るため、高強度がいしへ取替
	対策3: 開閉所設備の耐震性向上	開閉所電気設備の安全強度を確認	基準地震動Ssによる評価を行い、必要に応じ耐震性向上対策を実施
	対策4: 外部電源設備の迅速な復旧	損傷箇所を迅速に特定できる設備を導入されることを確認	復旧手順を定めたマニュアルを整備、必要な資機材を確保
②所内電気設備対策	対策5: 所内電源設備の位置的な分散	空冷式非常用発電装置を津波の影響を受けやすい高所に配備	既存発電設備で使用できない場合も想定し、緊急用高所発電設備を設置
	対策6: 浸水対策の強化	重要な機器が機能喪失しないよう建屋の浸水防止対策を実施	水密扉への取替えの実施、防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置
	対策7: 非常用交流電源の多重性と多様性の強化	空冷式非常用発電装置の設置、ディーゼル発電機用海水供給用可搬式エンジン駆動ポンプの設置などにより多様化、多様化	大容量の恒設非常用発電機を津波の影響を受けやすい高所に設置
	対策8: 非常用直流電源の強化	空冷式非常用発電装置の設置により蓄電池への充電が可能(6時間以内)	新電池を追加設置
	対策9: 個別専用電源の設置	重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測機器等を手配	重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等を手配
	対策10: 外部からの給電の容易化	空冷式非常用発電装置の配備、マニュアル整備、訓練を実施	緊急用高所発電設備の設置
	対策11: 電源設備関係予備品の備蓄	海水ポンプモーターなどの予備品を保管	緊急用高所発電設備の設置
③冷却・注水設備対策	対策12: 事故時の判断能力の向上	事故時操作所にて判断基準が明確化されている	現場操作機器などのマニュアルへの情報追加、教育の実施、経量予測回線の作成・シリアクシデント対応マニュアルへの反映
	対策13: 冷却系設備の耐浸水性・位置的分散	重要な機器が機能喪失しないよう建屋の浸水防止対策を実施、消防ポンプなどの資機材を津波の影響を受けやすい場所にて保管	水密扉への取替えの実施、防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置
	対策14: 事故後の最終ヒートシンクの強化	主蒸気逃がし弁から大気へ原子炉の排熱を放出する手段の多様性を確保	水源となるタンク周りに防護壁を設置、防波堤のかさ上げ、防潮堤の設置
	対策15: 隔離弁・SRVの動作確実性の向上	主蒸気逃がし弁の自動操作性、アクセス性を確保	弁作動用空気確保のためのコンプレッサー等の確保
	対策16: 代替注水機能の強化	代替注水設備の駆動源の多様化として、エンジン駆動の消防ポンプを配備、水車の多量化・多様化	さらに吐出圧力の高い中圧ポンプの配備・配管の恒設化
④格納容器破損・水素爆発対策	対策17: 使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上	海水を含む複数の水源から複数の給水手段を確保	使用済燃料ピット広域水位計の設置
	対策18: 格納容器の除熱機能の多様化	大容量ポンプ、空冷式非常用発電装置により原子炉格納冷却機能を確保、ディーゼル着火ネットによる格納容器クワを用いた減圧機能を確保	フィルタ付ベント設備の設置
	対策19: 格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策	-	-
	対策20: 低圧代替注水への確実な移行	主蒸気逃がし弁による減圧手段の手順の確立	SG注水機能のさらなる改善に合わせたマニュアルの充実
	対策21: ベントの確実性・操作性の向上	PWRでは炉心冷却を蒸気発生器からの冷却で行うための、主蒸気逃がし弁の自動操作が可能	フィルタ付ベント設備の設置の際にベント弁の操作性を考慮
⑤管理・計装設備対策	対策22: ベントによる外部環境への影響の低減	格納容器スプレイによる除熱除去	フィルタ付ベント設備の設置
	対策23: ベント配管の独立性確保	格納容器排気管はユニット毎に独立	フィルタ付ベント設備はユニット毎に排気筒を設置
	対策24: 水素爆発の防止(濃度管理及び適切な放出)	水素がアンモニアスリムに漏れ出ること想定し、アンモニア排気ファンを運転手順を整備	静的触媒式水素再結合装置の設置
	対策25: 事故時の指揮所の確保・整備	中央制御室などで指揮所機能の確保	事故時の指揮機能を強化するため、免震事務棟の設置
	対策26: 事故時の通信機能確保	電源車等の電源から供給された通信設備(トランシーバー、衛星携帯電話など)を確保するとともに分散配備	衛星携帯電話の外部アンテナの設置、免震事務棟への通信手段移設
	対策27: 事故時における計装設備の信頼性確保	重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測機器等を手配	重要なパラメータを監視する予備の可搬型計測器等を手配
	対策28: プラント状態の監視機能の強化	非常用電源から電源供給される使用済燃料ピット監視カメラの設置	使用済燃料ピット広域水位計の設置、格納容器内監視カメラの活用検討
対策29: 事故時モニタリング機能の強化	モニタリングがスタットの電源対策として、非常用電源からの供給、バッテリー容量の増加、専用のエンジン発電機を設置	モニタリングデータの伝送ラインの2重化、可搬型モニタリングポストの追加配備	
対策30: 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施	消防ポンプなどの必要な予備品の確保、マニュアルの整備、要員の発電所常駐体制・召集方法の強化、訓練の継続実施	協力会社による支援要員派遣体制の構築、プラントメカ技術者の若狭地区への常駐、さらに必要な資機材や予備品の検計・確保	

さらに安全性を向上


※:「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について」平成24年3月 原子力安全・保安院

◆ 継続的な設備・運用面の改善として、中長期的にフィルタベントの設置や免震事務棟の設置、防波堤のかさ上げなどを実施していく。


■ フィルタベントの設置
長期的避難区域の極小化(2015年度)




■ 水素爆発防止対策
・静的触媒式水素再結合装置の設置(2013年度)




■ 免震事務棟の新設
(2015年度)
(イメージ)



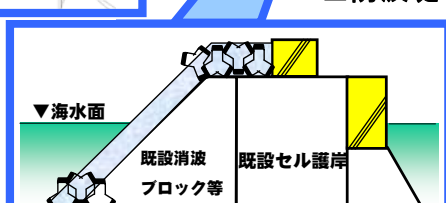
■ 発電所アクセス道路の整備
(中長期)



■ 送電線の強化
(建替など中長期で対応)



■ 防波堤のかさ上げ(2013年度)



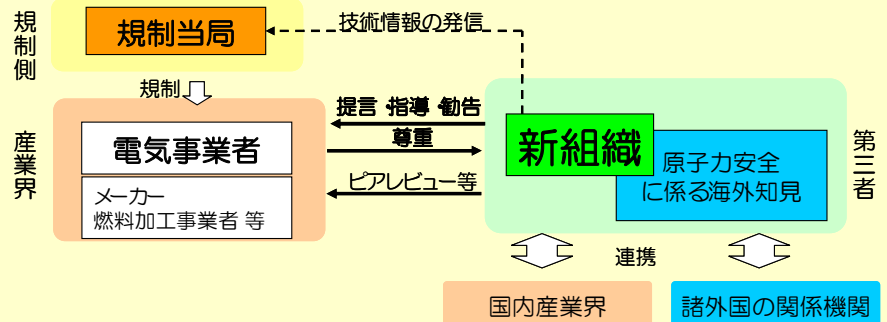
防潮堤他高さ

- ・放水路ピット: T.P.+15m
- ・防波堤: T.P.+8m
- ・取水設備周り: T.P.+6m

◆ 安全性向上対策を継続的に推進するための仕組みとして、2012年内に新組織を設立し、国内外の優良事例や最新知見を反映していく。

新組織の概要

- ◆ 諸外国の動向も踏まえた最先端の安全対策の推進
 - 海外機関(INPO※1、WANO※2等)との密接な連携
 - 諸外国の情報等を収集・分析し、最新知見を各発電所の安全性向上へ展開
- ◆ 各事業者トップのコミットメントに基づく体制
 - 自己規制を行うために、独立性と強い権限を有し、事業者に提言、指導、勧告
- ◆ 高度な技術力を有する人材を確保
 - 産業界の技術力を結集



※1: 米国の原子力発電運転協会: Institute of Nuclear Power Operations
 ※2: 世界原子力発電事業者協会: World Association of Nuclear Operators

新組織のミッション

◆ 安全性向上活動についての教訓

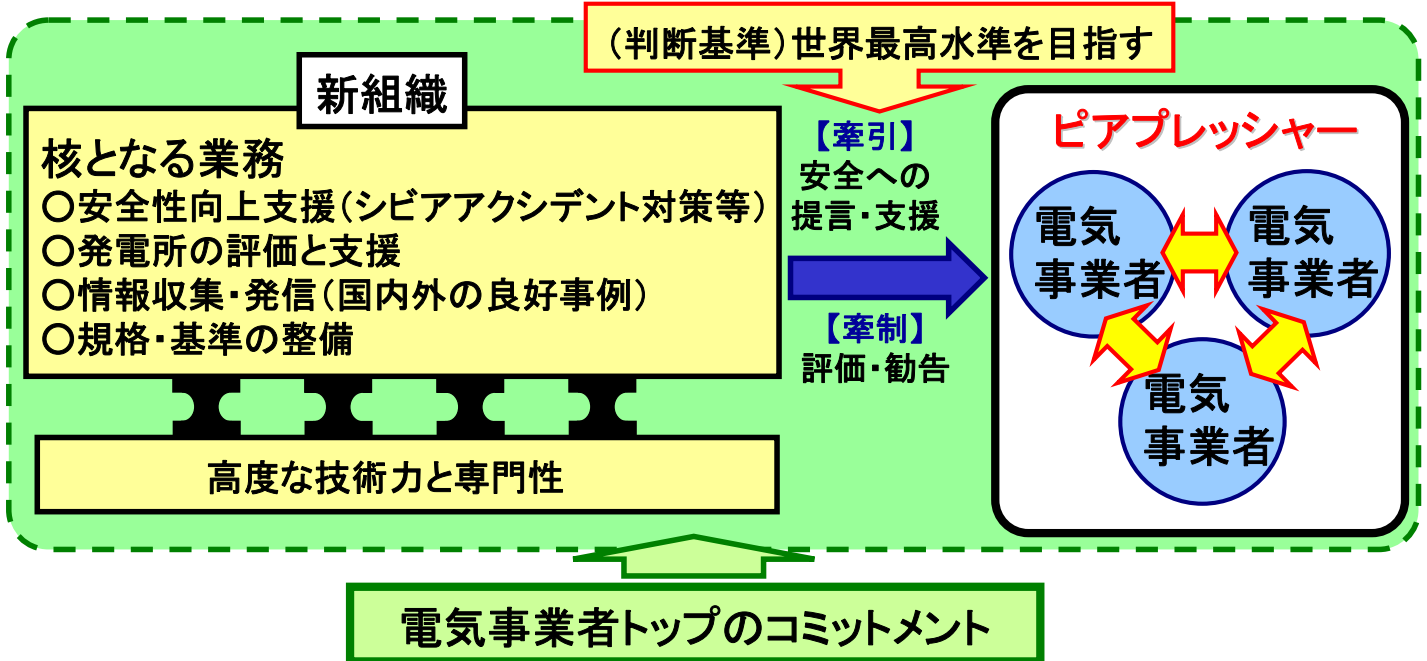
- これまで電気事業者として、自然現象も含め、原子力安全の向上に取り組んできたものの、
- 大地震、大津波のような、発生確率が極めて小さくても、大きな影響を与える自然現象などに対して、想定を超えた事態に対処する観点での取組みについては、不十分だったのではないか
 - 諸外国の安全性向上活動を調査、検討した上で反映する取組みに、不足はなかったか
 - これまでの安定した運転実績や不祥事の経験などから、ルール遵守を徹底する一方で、これに満足せず、常に産業界全体としてエクセレンスを追求できていたか
 - 事業者の安全性向上活動を支援するために設立した日本原子力技術協会を、事業者は十分に活用してこなかったのではないか

事業者が自ら世界最高水準の安全性を確保する仕組みの構築が重要

ミッション

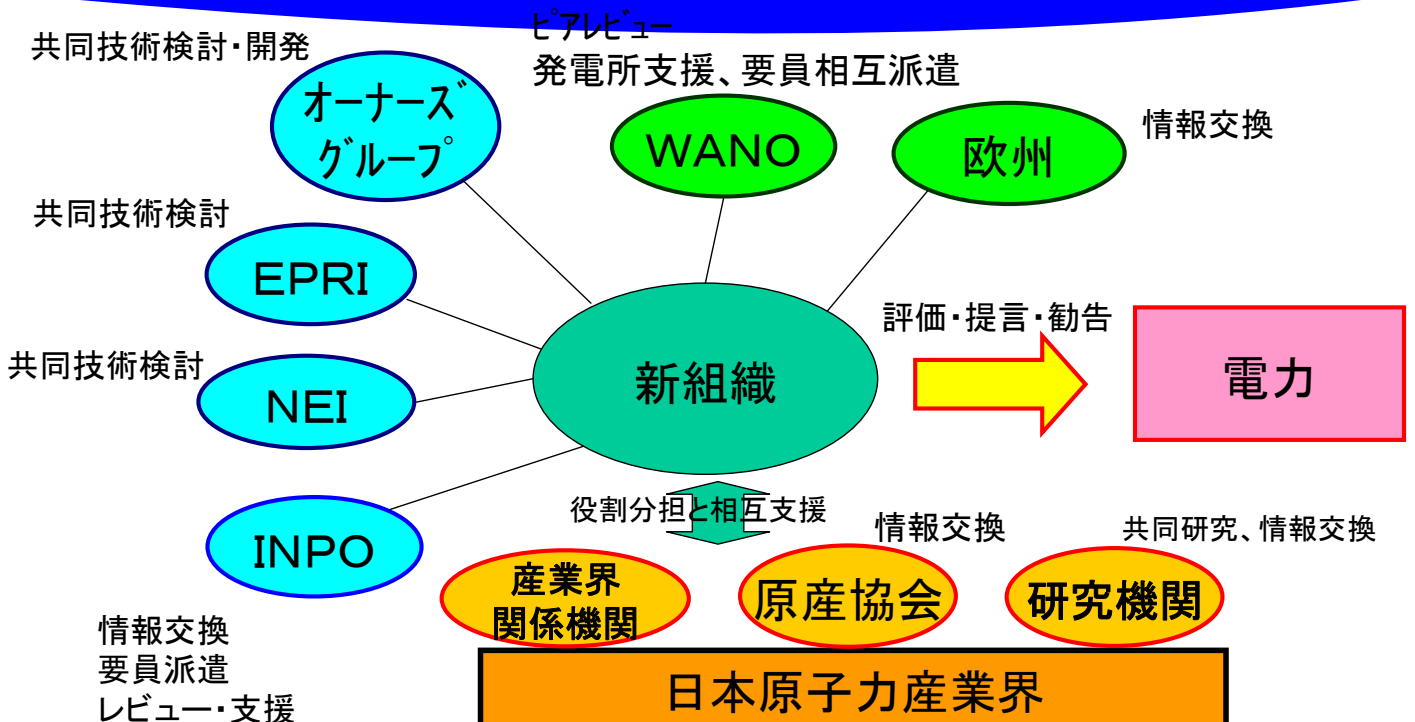
日本の原子力産業界における、世界最高水準の安全性の達成
 ～たゆまぬ最高水準(Excellence)の追求～

- ◆ 新組織は、最高水準(エクセレンス)を達成するために、シビアアクシデント対策等の業務を核として、電気事業者を「牽引」するとともに「牽制」していく。
- ◆ 電気事業者トップは新組織の実効性を高めるため、確実にコミットしていく。

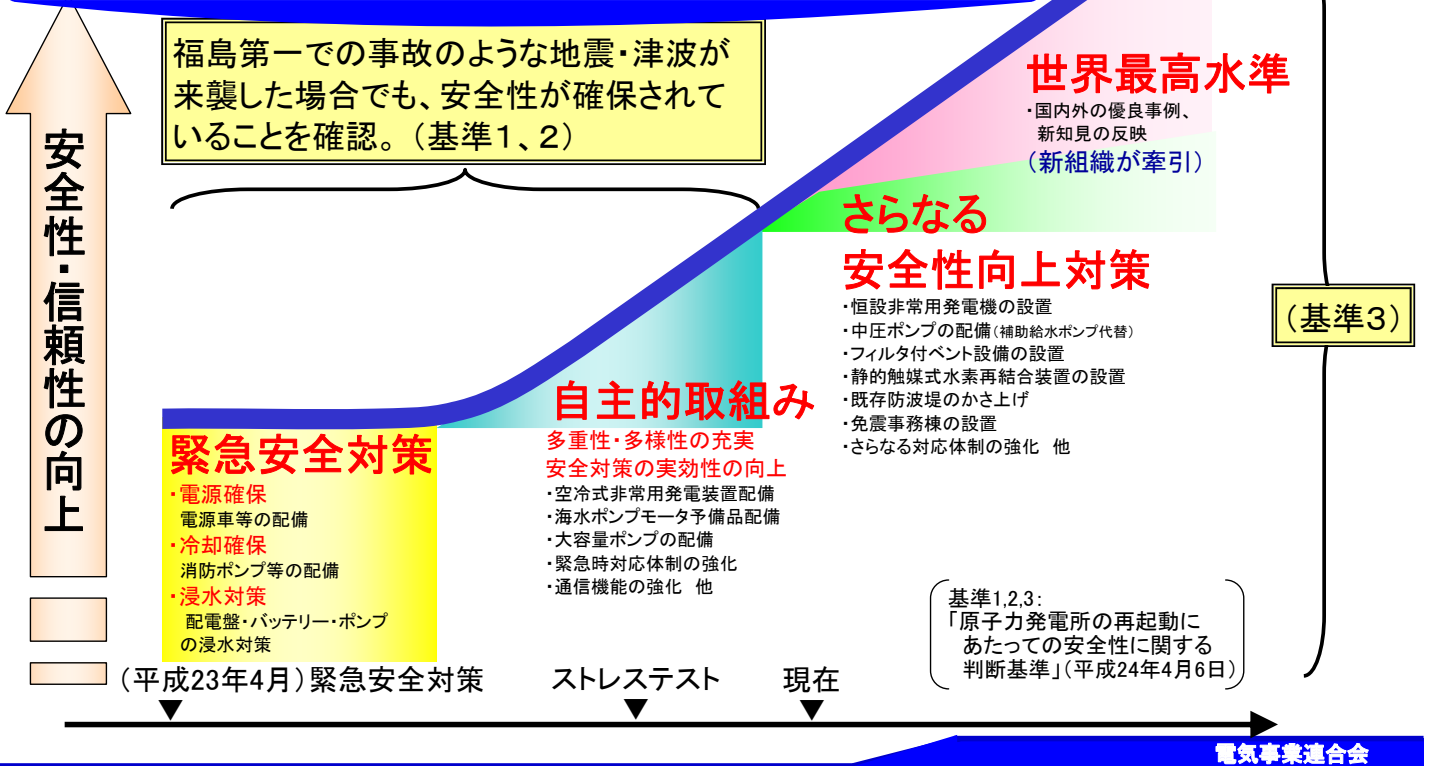


新組織の取組み 他の機関との連携

- ◆ 新組織は、国内外の機関との連携を深め、一元的な情報収集と共同活動を実施していく



◆ 新組織とともに、安全性向上対策を自主的かつ継続的に進め、世界最高水準の安全性を目指していく。



原子力の信頼回復に向けての取組み

- ◆ 原子力の信頼回復のためには、我々の活動の透明性を確保した上で、まずは発電所立地地域の皆様に、安全性向上の取組みを丁寧に説明するとともにご意見を伺うことが第一歩となると考え、地道に取り組んできた。
また、事業者の取組みを広く皆様にお知らせする広報活動も積極的に展開してきた。皆様のご理解を賜れるよう、今後も継続実施していく。

◆ 発電所立地地域の皆様への直接的な理解活動の取組み

○ 福井県内での理解活動

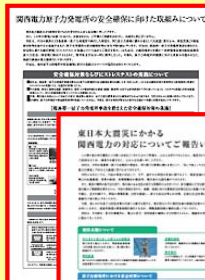
オピニオンリーダーの方々、ご要請のあった様々な団体の方々、各区の皆様などを対象に、幅広く実施

○ 各戸訪問(美浜町)

【新聞広告】

【折込情報誌・広報誌】

【各戸訪問の様子】



◆ 広報活動の主な取組み

- 新聞折込情報紙の発刊(計14回)
- テレビCMの放映
- ケーブルテレビでの番組放映
- 地元テレビ局での番組放映
- 新聞への全面広告の掲載
- 広報誌の発行(発電所便り)

まとめ

- ◆ 今回と同様な事故を、決して二度と起こさないという強い決意のもと、種々の安全対策を実施し、発電所の安全性を確保
 - 改めて多重性・多様性を強化した各種安全対策を実施
- ◆ 世界最高水準の安全性を目指して
 - 事業者の自主的かつ積極的な取組みを推進
 - 規制の枠組みにとらわれない、終わりなき、継続的な安全性向上の努力
 - 組織的な取組みとして新組織を設立し、事業者を牽引
 - シビアアクシデント発生を前提とした緊急時対策の充実
- ◆ 原子力への信頼回復
 - 透明性の確保と、理解活動の誠実な継続
- ◆ 世界の原子力産業はひとつの船の乗員
 - 我々の知見を世界の原子力産業界にフィードバックすることが今回の事故を経験した日本の事業者の使命