



2011年5月9日

福島第一原子力発電所事故からの教訓

一般社団法人日本原子力学会  
「原子力安全」調査専門委員会 技術分析分科会

福島第一原子力発電所の事故は、原子力安全に対する信頼を根底から覆すとともに、原子力発電所の持つ潜在的な危険性を改めて浮き彫りにしました。事故終息に向けて、懸命の努力が続けられています。

今回の事故から教訓をくみ取り、世界で稼働中の原子力発電所で同じような事故を二度と起こさないようにすることが重要です。日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会 技術分析分科会では、公開されている情報を元に、今回の事故とその対応を、下記12項目に分けて分析し、その中から得られる教訓をまとめ、考えられる対策の例を提言としてとりまとめました。提言としては、1年程度の短期に行うべき対策の例と、2、3年をかけてじっくり改革すべき中期対策の例にまとめています。これらの教訓は、世界中の原子力発電所の安全性向上に役立つだけでなく、原子力分野以外の人工物システムの安全性向上に役立つと考えています。今後、状況の変化に合わせて、適宜、改定していく予定です。

記

1. 地震 .....	2
2. 津波 .....	3
3. 全電源喪失 .....	4
4. 全冷却系喪失 .....	5
5. アクシデントマネジメント .....	6
6. 水素爆発 .....	8
7. 使用済み燃料貯蔵プール .....	9
8. 安全研究 .....	10
9. 安全規制と安全設計 .....	11
10. 組織・危機管理 .....	13
11. 情報公開 .....	14
12. 緊急時安全管理 .....	15

ご質問などは、[QandA\\_gb@aesj.or.jp](mailto:QandA_gb@aesj.or.jp) まで



## 1. 地震の揺れに対する教訓

### a. 地震の揺れに対する従来の対策は、おおむね有効であった可能性が高いと推定される。

2006年改訂の耐震指針に関するバックチェックなどにより、基準地震動  $S_s$  が見直され、さらには、耐震補強などが実施されていた。今回の地震の規模は、おおむね基準地震動  $S_s$  の範囲内であったと推定される。さらに、機器構造としての余裕が十分に見積もられていたこと、及び、津波が来るまでの1時間は安定して冷却が継続されていたことから、Sクラス機器についてはおおむね健全であったと推定される。但し、福島第二発電所1号機で地震後に格納容器圧力上昇が観測されるなどの事象もあり、今後詳細な耐震評価を行う必要がある。

一方、Cクラス機器や配管などについては、一部損傷していたものと推定され、今後、詳細な評価や、破損の影響についても調査の必要がある。

### b. 外部電源系の地震対策が十分でなく、事故の拡大を防げなかった。

地震によって架線が揺れたり、鉄塔（Cクラス）が損傷したりし、外部電源が喪失した。

## 提言(短期)

- (1) 一部基準地震動  $S_s$  を越えた女川原子力発電所、東海第二原子力発電所については、地震の揺れによる影響について、定量的な評価を実施することが必要である。再起動に向けて、必要があれば安全強化を行うこと。
- (2) 福島第一及び福島第二原子力発電所について、今回の地震に対する耐震評価を実施し、得られた知見を耐震設計の改善に資すること。

## 提言(中期)

- (3) 日本国内の発電所について、今回の地震のメカニズムから、必要があれば基準地震動  $S_s$  の見直しを行い、バックチェックを急ぐこと。
- (4) 外部電源の耐震性の考え方について、再度検討する必要がある。



## 2, 津波に対する教訓

- a. 耐震設計で考慮していた津波の規模が不十分であった。  
耐震設計で考慮していた高さ(5m 程度)を大幅に超える津波(15m 程度)が襲った。
- b. 海水の浸水により、安全上重要な機器が停止し、事故の拡大を防げなかった。  
5m 程度の津波高さを想定して海側に配置されていた、海水ポンプやタンクなどが津波により破壊された。結果として海水冷却式の非常用ディーゼル発電機が停止し、全交流電源喪失に陥った。また、海水冷却系の機能が失われ、全冷却系喪失に陥った。標高 10m 程度に設置されていた建屋の浸水防止が不十分であり、多くの機器が水没した。特に電源盤が津波により水没し損傷した事により電気系の復旧が困難となった。
- c. 地下構造物の浸水防止が不十分であり復旧作業を妨げている。  
トレンチやピットなど、地下構造物に海水が大量に流れ込み、電源ケーブルや海水冷却系電気品が浸水するとともに、海水の排水作業などが必要になり復旧作業を妨げている。

### 提言(短期)

- (1) 津波が襲った場合にも、安全上重要な機器の損傷を防ぐため、これらが配置されている建物に海水が入らないようにするなどの、ハードウェア対応が必須である。具体的には、扉のシールを行う、ケーブルトレイや電線管のシール性をチェックし必要に応じて強化する、トレンチなど地下構造物から建屋への浸水経路をチェックし水密性を高める事などがあげられる。

### 提言(中期)

- (2) 今回の知見に基づき、津波の想定を見直す。  
リスク評価手法を取り入れるとともに、想定する津波に対する標準化を進める。
- (3) 津波が敷地内に浸入しないように、防潮堤を作る。
- (4) 想定以上の津波が襲った場合にも、安全上重要な機器を守るように、建物の水密性を高める。水密扉だけではなく、電線管や小口径配管など、すべての浸水経路を塞ぐ事を徹底する。
- (5) 津波によって機器、構造物や瓦礫が流され、建屋に障害を与える可能性を考慮した対応を考える。
- (6) 排水ポンプをあらかじめ設置しておく。
- (7) 津波で流出もしくは故障する可能性のある機器の予備品を、津波に影響を受けない場所に準備しておく。
- (8) 津波により散乱する瓦礫を除去する重機などをあらかじめ準備しておく。
- (9) 安全重要度が低いピットであっても、海岸に近いものについては水密性を高め、津波が侵入しないようにする。必要があれば耐震性についても見直す。



### 3. 全電源喪失に対する教訓

a. 安全審査が不十分であった。

安全審査指針で短時間の全交流電源喪失しか想定しないこととしていた。

b. 全電源が長期間喪失してしまう事態となり、事象の進展が防げなかった。

交流電源である外部電源、非常用ディーゼル電源が喪失したことに加えて、電源盤も機能喪失し、復旧が困難となった。また、電源車などの手配や電源車からのつなぎ込みに時間がかかった。

直流電源であるバッテリーの容量が約8時間であり、それ以降は、制御盤や計測器に加え、タービン駆動給水系や各種弁を動かすことが困難になった。

結果として安全上重要なシステムが十分に動かなかった。

c. 原子炉内の状況把握が困難となった。

計測器の電源が無くなり、炉の情報が十分に得られなくなった。

d. 電源が一部でも残っていれば、事象の進展を食い止められる可能性がある。

空気冷却式ディーゼル発電機が動いたため、5,6号機の原子炉及び燃料プールは冷却ができた。

#### 提言(短期)

- (1) すべての交流電源を喪失することの無い様、電源車、小型発電機など多様な方法で電源を供給する。
- (2) 交流電源がすべて喪失した場合を想定し、重要な機器および炉心の監視系への電力供給を行えるようにする。特にアクシデントマネジメントで利用する弁などへの電源供給をあらかじめ考えておくことが必須である。
- (3) 発電機を複数機設置する場合は、あらかじめ電源ケーブルを接続しておく。

#### 提言(中期)

- (4) 安全審査指針などの見直しをすすめる。
- (5) ガスタービン発電機など、多様な発電機を導入する。配置にも多様性を求め、固定式のものには免震床などを考慮する。
- (6) 海水冷却に頼らない、空冷式発電機を準備する。
- (7) 予備の電源盤を準備する。高圧分電盤などの浸水防止と、万一の場合に制御電源を速やかに切るなどの対応策の策定を行う。
- (8) 他の発電所（例えば水力）との電源融通を行う。また、常設の電源融通ケーブルや電源車のケーブル接続用の端子盤を常設しておく。
- (9) 蒸気タービン駆動炉心注水ポンプには小型の発電機を取り付け、制御用のバッテリーの充電を行う。



#### 4. 全冷却系喪失に対する教訓

a. 海水冷却は津波に対して脆弱性がある。

海水ポンプが使えなくなったため、炉心除熱機能が喪失した。現状、福島第一原子力発電所では、海水冷却が困難なため、空気冷却が検討されている。

b. 電源があれば炉心損傷までの時間的余裕が比較的ある。

福島第二原子力発電所では海水ポンプが使えなくなったが、外部電源が使えたため、原子炉への注水を安定かつ継続的に行うことができた。この時間的余裕を活用し、海水ポンプモータを交換もしくは修理することで冷却が実施できた。

#### 提言(短期)

- (1) 消防車などを用いた冷却系への注水訓練の実施とハードウェア整備。

#### 提言(中期)

- (2) 海水ポンプモータなどの予備品をあらかじめ、津波の影響を受けない場所に準備しておく。
- (3) 海水ポンプに対する浸水防止対策、例えば防水壁や専用建屋の設置を行う。
- (4) 海水に頼らない冷却システムを準備し冗長性を担保する。海水冷却系が全く使えなくなることを想定して、崩壊熱除去が可能な容量の空気冷却機などを設置しておく事も重要である
- (5) 動力の要らない自然循環冷却システムを考案する。これによりいかなる場合でも崩壊熱を受動的に除去できる。過去のさまざまな設計研究や次世代炉の研究が参考となる。
- (6) 水源を多様化しておく。(河川、ダム、防火用水など)。必要に応じて送電線をさらに多重化する。



5. アクシデントマネジメントに対する教訓

a. アクシデントマネジメント(AM)対策が事故の大幅な悪化を防いだ。

あらかじめ AM 対策をしていたことにより、代替注水系が整備されており、消防車・消防ポンプによる淡水/海水注入が可能であった。この注入系統が無かった場合、事故はもっと深刻であったと推定される。なお、津波による瓦礫等がホース敷設の妨げになったので、ピット内へのホースの設置をしておく等の事前準備は必要であった。

b. 全電源喪失を考慮したアクシデントマネジメント(AM)が不十分であった可能性がある。

淡水/海水注入と格納容器ベントにより除熱を行う事となっていたが、十分に実施できていない。電源が無かったため、ベントラインの弁を開けるのに手間取った。これらの弁を開けるために必要な、空気圧縮機や電磁弁には多量の電源は不要であるが、それを準備することが困難であった。電源喪失によって原子炉や格納容器内のパラメータ計測(温度、圧力、水位など)が十分機能していなかった。

なお、隔離時復水器、隔離時冷却系などの非常用冷却システムがどのように機能していたのかを調査し、AM 対策の改善に繋げることが重要である。

c. 炉心が損傷した後、放射性物質が放出された後の AM 対策が十分に検討されていなかった。

炉心損傷を起こさないための AM 対策は事前にある程度検討されていた。炉心損傷が起きた後の AM 対策や、実際に放射性物質が放出された後の AM 対策の検討が必ずしも十分ではなく、混乱が生じたように思われる。

提言(短期)

- (1) シビアアクシデントの AM 対策として、下記目的のため、数日間使用可能な予備電源を準備する。また、空気作動弁操作のために窒素ポンペを常備しておくことも有効である。
  - i) 炉心の重要なパラメータおよび排気塔放射線モニター計測用電源。  
ベントラインの制御が行えるように電源ラインを準備する。例えば電磁弁開閉用、モータ弁用および予備コンプレッサ用の予備電源。
  - ii) 水素再結合機及び非常用ガス処理系電源。
- (2) ベント実施が現地責任者の判断でできるようにする。
- (3) AM 対策の訓練を実際の状況(津波により瓦礫が散乱している状況など)を想定して実施する。なお、瓦礫の散乱を考慮し、ピット内へ炉心給水用ホースの設置をしておく等の事前準備が必要である。

提言(中期)

- (4) 全電源喪失以外の起因事象による AM を見直すとともに、必要な常設の設備対応を実施する。なお、今回の事故における具体的な AM 対応やプラントの挙動を評



価し、AMの改善に繋げることが重要である。

- (5) ベントラインにゼオライトの砂と水を入れたフィルタードベント等を設置する。
- (6) 同一敷地内に複数立地している場合のAM同時対応策について評価する。
- (7) 大量の汚染水が発生する可能性がある事を考慮し、移動式汚染水処理設備をあらかじめ準備しておく。(事故後に発災事業所に輸送)
- (8) 炉心損傷が起きた後の、炉心冷却手法や閉じ込め手法を系統的に検討する。また、必要なハードウェア対応を考慮する。
- (9) 放射性物質を放出した後の、炉心冷却手法や閉じ込め手法を検討する。また、必要なハードウェア対応も考慮する。





6. 水素爆発に対する教訓

a. 水素爆発により原子炉建屋が破損した。

閉じ込め機能の一部が損なわれ、また復旧作業に支障が生じた。

b. 格納容器外の水素爆発は考慮されていなかった。

格納容器内の水素爆発については、多くの研究があるが、原子炉建屋内での水素爆発は考慮されていなかった。水素結合器や水素濃度計なども、電源喪失時は稼動していなかったと考えられる。

c. 格納容器外への水素漏洩経路が不明。

ベントラインからの漏洩、過圧による格納容器ヘッドフランジやハッチなどシール部からの漏洩などが考えられており、今後の検証が必要である。

提言(短期)

- (1) 格納容器パラメータ計測システムや水素結合器などへ、予備電源を供給できる仕組みと、パラメータの遠隔モニターができるようにする。
- (2) ベントラインの再チェックと漏洩検査を行う。また、ベントの訓練を実施する。

提言(中期)

- (3) 格納容器外水素爆発のメカニズムを評価する。
- (4) 格納容器外に水素が漏れないような AM 対策を行う。例えば、静的触媒再結合器の設置などが考えられる。





## 7. 使用済み燃料貯蔵プール冷却に対する教訓

### a. 使用済み燃料貯蔵プールの冷却に失敗した。

全電源喪失後、使用済み燃料貯蔵プールの水位が低下し、使用済み燃料の除熱が不十分となり、燃料破損に至るまでには最低数日間の時間的余裕がある。

使用済み燃料の崩壊熱によりプールの水が沸騰、被覆管が酸化し水素が発生した可能性がある。使用済み燃料の発熱量はわかっていたため、時間的余裕を見誤ったか、他号機の事故対応に手一杯で対応できなかった可能性がある。

なお、4号機原子炉建屋破壊の原因は、現状ではまだ特定されていない。

### b. 建屋が破損した後の使用済み燃料の閉じ込めに課題がある。

水素爆発で建屋が破損し、使用済み燃料が万一破損した場合、放射性物質が大気に直接放出される。この場合、水位を確保することが重要となる。

## 提言(短期)

- (1) 使用済み燃料貯蔵プールに対する AM を見直す。具体的には、電源喪失直後に、消防車による注水ができるように準備する、プールのある運転床にある消火栓から注水ができるように準備する、あらかじめフレキシブルホースなどを設置して地上からの注水が容易になるようにしておくことなどが考えられる。
- (2) 電源喪失しても予備電源などで燃料プール温度及び漏洩監視モニターを監視できるように電源を準備する。

## 提言(中期)

- (3) 使用済み燃料貯蔵プールの自然循環冷却システムを導入する。電源が無くても崩壊熱除去が可能となる。
- (4) 空冷の中間貯蔵設備を導入する。
- (5) シミュレーションによって事故挙動を評価し、4号機建屋破損の原因を調査・特定する。またファイバースコープなどを用いて、使用済み燃料貯蔵プールの状況を調査する。



8. 安全研究の推進に対する教訓

a. シビアアクシデント研究と成果の活用が不十分であった。

炉心損傷状況の推定がはっきりしていない。

緊急時対策支援システム(ERSS)や緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)が、電源喪失によるデータ不足などで想定していたほど活用できていない。(独)日本原子力研究開発機構(JAEA)において安全基盤研究が重視されておらず、今回の事故に対して、十分に対応できたかどうかは今後検討を行う必要がある。

b. 国家予算の使い方に無駄が多い。

国家プロジェクトにより研究開発したものが、予算の関係から目的外使用を認めておらず、研究終了後に廃棄されることが多い。災害時での活用を想定し、開発品の有効な活用が可能ないように、重要な成果は維持していくことが必要であった。

提言(短期)

- (1) JAEA や(独)原子力安全基盤機構(JNES)を通じた、既存のシビアアクシデント研究成果の規制への反映。

提言(中期)

(2) 人材育成

シビアアクシデントを含む安全研究、安全設計に係わる人材育成を体系的に実施する。

(3) シビアアクシデント研究の推進

特に、水素挙動解析、水素燃焼、使用済み燃料プール評価など。

(4) モデリング・シミュレーション技術の推進

特に、原子力安全の高度化、V&V(Verification & Validation : シミュレーションの検証と妥当性確認)など。

- (5) 災害時に必要な研究成果については、予算措置を行い、維持していくことが必要である。場合によっては法律改正も必要である。



## 9. 安全規制と安全設計に対する教訓

- a. 外的事象に対する安全設計の考え方が不十分であった。
- b. 極まれに発生するが、影響が大きな事象に対する評価が不十分であった。
- c. 共通要因故障への備えが不十分であった。

津波など、影響が大きい、不確実性の高い事象への対応が十分に考慮されていなかった。内的事象については、共通要因故障の原因となるのは、ヒューマンファクターなどソフト的な課題が主であり、これらに対する研究は、TMI以降大きく進歩した。また、研究の成果として、内的事象に対する多重防護思想(深層防護思想)は、十分に確立されてきた。この内的事象に対する多重防護思想を、外的事象にも同様に適用してきたが、ここに共通要因故障への認識の甘さがあったと考えられる。

外的事象においては、ハード的な共通要因故障が主となりえる。また、外的事象は、発生確率は格段に低い、その確率の不確実性が大きい。このような場合は、従来の3層の多重防護では不十分であり、シビアアクシデントのアクシデントマネジメント(AM)、防災までを含めて十分な対策を取っておくことが重要である。

外的事象に対しては、定量的なリスクを中心とした、確率的リスク評価(PSA)によって評価を実施することが必要と考えられる。但し、PSAの不確かさに関する議論を行うことが必要になる。この不確実性をカバーするのは、やはりアクシデントマネジメントである。さまざまな天変地変を想定し、AMと防災を含めた、原子力発電所の安全論理を再構築する必要がある。

- d. 日本の安全規制の仕組みが不十分であった。

具体的には、プラントの現状設計を審査する仕組みが無い事や、確率的リスク評価の取り込みが遅れたこと、新知見の反映が十分でなかったことなどがあげられる。

なお、シビアアクシデントを規制に取り入れようとする動きが始まっていたが、間に合わなかった。さらに、今回の事故では、原子炉等規制法の規制範囲が狭く、直ぐに原災法の対象領域となった。

基本設計(設置許可申請)の審査が、運転管理との結びつきが弱く、また変更要件が本文事項の変更と形式的に定められ、変更された設置許可申請書がプラントの状態を反映していない。さらに、設置許可や工事計画認可と使用前検査が、構造強度規制に重点がおかれ、機能性能や解析/確率的リスク評価(PSA)が軽んじられた。

安全研究や諸外国の規制動向などの新知見の反映が遅れた。また、規制の無謬性にこだわるあまり、前例踏襲主義に陥り、安全性を常に追及するという規制の見直しに消極的であった。



提言(短期)

- (1) 津波に対するアクシデントマネジメント(AM)対策を評価する。

提言(中期)

- (2) 外的事象に対する定量的リスク評価手法の確立。  
特に、起因事象として地震及び津波を考慮した、確率論的リスク評価手法を確立すること。津波の発生確率に関する標準化を進めること。
- (3) 内的事象に対する深層防護の再確認と定量的リスク評価の高度化。
- (4) 不確定性が大きく、影響が巨大な事象に関するリスク評価手法確立。
- (5) 定量的リスク評価でカバーできない事象に対する AM 対応策策定。
- (6) 安全重要度・多様性多重性の見直し。特に電気系の見直し。
- (7) 日本の安全規制システムの全面的な見直し。
  - i) 法律体系を見直し、原子炉等規制法に電気事業法を統一する。
  - ii) 原子炉等規制法の目的や許可の基準を、「国民を放射線障害から防止すること」と改め、シビアアクシデントを原子炉等規制法の規制範囲に取り込むとともに、AM 手順の実効性（組織、役割、多数号機への対応、手順の妥当性・実現可能性、訓練、資機材等）を確保する。
  - iii) 設置許可に包括的安全解析書を導入し、運転管理の条件を前提とした解析を重視するとともに、その変更要件を原子炉安全の観点から定め、プラントの変更を包括的安全解析書に反映することにより、常にアズビルトされた図書とする。
  - iv) 構造強度に関する工事計画認可や使用前検査に民間第三者認証制度を導入し、その実施状況及び包括的安全解析報告書の遵守状況を監査的に検査する統合された検査制度を導入する。



## 10. 組織・危機管理に対する教訓

### a. 責任体制が不十分であった。

縦割り行政のため、原子力の各分野における専門的な知識を持った人材が分散し責任者がいない。

法規制が分散化されており、全体を統括する専門組織が無い。

特に、放射線規制と原子力規制の組織が分離されている。

専門家の活用が不十分であった。

### b. 停電や情報伝達の問題などにより緊急時の円滑な対応がうまくいかなかった。

例えば、緊急時対応要員の連絡や集合が遅れた。また海外の声が大きく、日本の優れた知識が使えていない。(例えばロボットや水処理など)

緊急時対策支援システム(ERSS)が停電で動かなかった。

### 提言(短期)

- (1) 専門性を持った責任者がすべての責任を統括する。

### 提言(中期)

- (2) 専門性を持った規制組織を作る。例えば、
  - i) 原子力安全委員会を三条機関化し、保安院、文科省に分かれた原子力及び放射線規制を三条機関のもとに統合・一元化するとともに、原子力安全基盤機構(JNES)や核管センターなどの専門家を要している機関も統合し、日本版NRC(米国原子力安全規制委員会)のような専門性の高い規制組織を作る。
  - ii) 原子力規制機関の統合一元化により、隙間のない、網羅的な安全規制が実施可能となる。また、環境放射線モニタリングを原子炉等規制法に取り込み、都道府県が法定受託事務として実施することで、原子力施設の第三者の監視を強化し、かつモニタリングの質と透明性の向上を図るとともに、放射線計測体制の原災法への円滑な橋渡しを図る。
  - iii) 規制の一貫性を保ち高い専門性を維持するために、同機関の役職に応じた資格制度を導入するとともに、職員の人事の固定化を図る。
  - iv) 原子力安全委員会の法定ダブルチェックを廃止するとともに、三条機関に、NRCのACRSのような規制監査機関を作り、委員会の意向をも踏まえ事務局の監査を行う。
  - v) 同機関は、最新の海外の知見を我が国に生かしていくために、諸外国の規制機関との連携を緊密に保つとともに、IAEAの活動に能動的に参画する。



## 11. 情報公開に対する教訓

a. 情報公開が十分ではないと見られている。

緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)の公開が遅れた。まだ十分な情報は公開されていない。これらの背景から、統合本部が情報を隠していると見られており信頼性を失っている。

b. 技術的な説明が不十分であった。

データを羅列するだけでその評価がなされていない情報が提示されている。

c. 放射線安全に対する説明性が低い。

放射線安全に関しては、もともと考え方が複雑でわかりにくい。緊急時と通常時、線量率と線量さらには人に対する放射線の健康影響の考え方が正しく伝わっておらず、無用な混乱を招いている。

d. 避難区域の設定が段階的に拡大した。

当初 3km を 10km, 20km と順次拡大した。

e. 避難区域などの設定に関する自治体との連携不足

計画的避難区域や自主避難など、わかりにくい説明で自治体を混乱させた。

一方、米国は 80km(50mile)を設定し、これらの情報が錯綜することで、より混乱を増大させた。

f. 自治体と災害本部の意思疎通が無い。

関連する自治体が多くなっているため、必ずしも十分な意思疎通ができていないと思にくい。

### 提言(短期)

- (1) SPEEDI の全面的な公開。
- (2) プレス発表における技術的な説明の改善。
- (3) 統一された放射線安全の考え方に基づいた防護措置の発表。

### 提言(中期)

- (4) 原子力災害対策法の見直し。特に国と自治体の役割を実態に合わせて明確化。
- (5) 見直された原子力災害対策法にのっとり、事故が起こることを前提とした訓練の実施。
- (6) ERSS や SPEEDI の高度化と利用法に関する議論を明確化。
- (7) 原子力透明化法の制定。



## 12. 緊急時安全管理に対する教訓

### a. 構内の放射線量に関する情報一元化、共有化に課題がある。

緊急時の従業員・作業員に対する、安全管理、労務管理、被ばく管理が不十分であったと考えられる。具体的には、3号機タービン建屋での電源復旧作業中の水たまりでの被ばく事故や、当初、個々の作業員が放射線量計を携帯できなかった事などが挙げられる。緊急時だからこそ、安全に留意した作業が必要と考える。

### b. 免震重要棟の設計条件に放射性物質の流入は想定されていなかった。

震災後2週間、免震重要棟内での放射性物質濃度を測定していなかった。

免震重要棟での緩衝エリア設定（防護服を脱ぐところ）の遅れ。

女性職員の被曝（内部被曝が外部被曝より多かった）。

### c. 緊急事態での従業員・作業員への健康等への影響の認識が不足。

衣食住の劣悪な状態が当初より相当期間継続した。

健康（メンタル面を含む）上の不調への対応の不足や遅れ。

## 提言(短期)

- (1) 情報共有化の徹底。

## 提言(中期)

- (2) 緊急時における放射線管理要員の確保および資機材の調達の前計画と実行可能性確認。
- (3) 緊急時の人間行動など行動科学および健康科学面からの分析とその知見の反映。