

福島から導き出される帰結への初所見

ドイツ国内の原子力発電所の安全検査と再評価
2011年3月16日付

2011年3月11日から日本の原子力発電所で生じている事故のシナリオは、ドイツにおいても原発の安全状況を新たに評価しなおす契機を与えている。これを福島シナリオ(I)、類似の被害シナリオ(II)、そして原則的なリスクの再評価(III)、それぞれについて実施するものとする。安全検査の実施は、従来の点検結果を単に追認する以上のものでなければならない(IV)。ここで求められる安全検査と措置実施は、早期に、現在の科学技術水準に則って、全原発を対象として行う。法律による残存稼働期間延長に基づき、総発電量を引き上げ利用する場合には、この実施を**前提条件**とする。

以下に掲げるリストは、現在の認識に基づく暫定的な所見である。特に、日本の原子力発電所の状況の今後の展開と、安全検査措置の中間報告に基づきながら、必要であれば今後変更を加えてゆくものとする。

I. 福島シナリオ - ドイツ国内の原子力発電所にもたらされる帰結

1. 設計上の耐震性と土質力学

- a) 現下の地震負荷に鑑み、現在の科学技術水準に則して設計上の耐震性を早急に計算しなおす。増強措置が必要な場合にはただちにこれを実施する。
- b) 陥没、地下侵食、地すべり等、あらゆる種類の地盤変位の形で土質力学上のプロセスから生じる影響を、直接の現象と、地震に続き副次的に生じる現象の双方について考慮する。増強措置が必要な場合にはただちにこれを実施する。
- c) 特に、地震の発生中と地震後に、安全な運転のために必要な、四つの安全レベル全てのコンポーネントについて検査し、必要とあれば相応に取替え、補強する。

2. 洪水耐性設計

- a) 設計上の洪水耐性は、現在の科学技術水準に則して、気候変動も考慮に入れながら早急に計算しなおし、増強措置が必要な場合にはただちにこれを実施する。洪水計算に際しては、例えば地震や暴風雨によって引き起こされる津波（北海）、隣接水域の高波についても考慮する。

- b) 特に、洪水が生じた際の安全な運転に必要な、四つの安全レベル全てのコンポーネントについて検査し、必要とあれば相応に取替え、補強する。

3. その他の外的事象

- a) さらに外的事象を考慮した原子力発電所の設計と運転規則について、早急に検査する。（極端な気象条件、航空機墜落、サイバー攻撃、パンデミックへの耐性について等。）これは現在の科学技術水準に則して、また気候変動も考慮しながら行う。増強措置が必要な場合にはただちにこれを実施する。その場合、設計上の想定（例えば地震、洪水）がどの程度システム上の設計に盛り込まれているか、そしてその際、他のシステムやコンポーネントが喪失された場合に生じる可能性のある影響について、十分に考えられているか（バックアップシステム等）について検査する。

4. 外的事象の組み合わせ作用

複数の事象（例えば地震と大規模な電力停止）のどのような組み合わせについて、現在の科学技術水準に則り設計上考慮すべきかを検査する。増強措置が必要な場合にはただちにこれを実施する。

5. 具体的措置

- a) 耐震性、とりわけ非常用電源装置や、その運転に必要な補助設備、供給設備について、現在の科学技術水準に則して検査する。
- b) 保安技術上重要な補助的冷却水供給に関しては、異物（藁、貝、クラゲ等）による共通原因故障の可能性にも考慮しながら検査し、必要があれば補強する。
- c) 原発施設の状況把握のために、システム上重大な運転中のトラブルや事故データ測定値は、制御室や緊急制御所が集めそこからさらに保全されなければならない。さらに、これらのデータが恒常的に監督当局へ伝達されるよう担保しなければならない（緊急時計画のチェック。）そのためには、リダンダント式に測定を行い、物理的に隔絶されたルートで送ることが必要である。
- d) 炉心内等の各種計測装置、トラブル時計測装置は、現在の科学技術水準に則して点検し、設計上の想定を超える範囲についても、信頼の置ける測定値が得られるよう担保する。

- e) それぞれの原子炉各号機に緊急制御所を設け、相応のコンクリート防護を施す。原子力発電所の敷地内に大規模な放射能漏れが生じても、常駐可能であるように設置する。
- f) 非常用電源による自足が72時間分確保されること。
- g) 緊急時の原子炉圧力容器への注水システム（原子炉圧力容器の外部冷却）について、現在の科学技術の水準に則して検査する。必要であればただちに補強措置をとる。
- h) 原子炉格納容器からの漏出を、沸騰水型原子炉(BWR)の場合には原子炉建屋から、加圧水型原子炉(PWR)の場合にはアニュラス部から、回収できるよう措置をとる。
- i) トラブルあるいは事故により水素爆発が生じても、非常用系統が機能可能であるようその影響を抑制するための措置をとる。
- j) 沸騰水型原子炉(BWR)の場合：TJやTMに加え、加圧状態（10バール以上）での原子炉圧力容器に向けた注水の可能性をさらに補強し、自動減圧系や低圧系への依存度を低める。
- k) 加圧水型原子炉(PWR)の場合：一次冷却系への注水の可能性を、沸騰水型原子炉(BWR)のような蒸気駆動型ポンプにより補強し、制御電流のみに依存させ、作業電流からは独立したものとする。

II. 類似の破損シナリオ

- a) 航空機の墜落（偶発またはテロ攻撃による）の際に、非常用炉心冷却装置の停止や、非常電源の喪失を回避することができるかどうかを検査する。
- b) 非常用炉心冷却装置と非常用電源（非常用ディーゼル発電機、バッテリー）の効果の信頼性と有効時間を、長期的にインフラ（たとえば外部電源）が喪失した場合を想定して検査する。
- c) 非常用ディーゼル発電機全てにコンクリート防護を施す。
- d) 非常用系統の冷却水配管は、アクセスを可能にしつつコンクリート防護を施す。
- e) 非常用冷却系及び残留熱（余熱）除去系は、100%の残留熱（余熱）冷却キャパシティを有する四経路をもって補強する。この四経路は、2+2

ダイバーシティの形をとる。全経路は外因からコンクリート防護され、場合により物理的に別の空間に分離して設置する。

- f) それぞれの設備には、蒸気駆動で、緩衝バッテリーを伴う高圧注入系を補足的に設置し、ドイツの「バウリーニエ69」沸騰水型原子炉、および「ビブリスA」加圧水型原子炉の持つシステムに準拠させる。これらシステムは、全交流電源喪失に耐え得るよう設計されている。
- g) 使用済燃料貯蔵プール冷却のため、このために利用される、現在の非常用冷却系及び残留熱（余熱）除去系二経路に加え、 $2 \times 100\%$ のキャパシティを持つさらに二つの冷却経路を求める。新たな二経路のうち少なくとも一経路は、常時、完全にコンクリート防護され、洪水耐性を持つ設計とする。
- h) 非常用炉心冷却系に電力を供給する非常用電源系は、常時、 $4 \times 100\%$ の非常用電源キャパシティを有するよう補強する。四系統はダイバーシティ構造とする。アクティブな非常用電源コンポーネントに、構造の異なる 100% キャパシティの系統二つを二対設置。
- i) 非常用移動電源、またそのための固定引き込み地点を設置し、遅滞なくこれを接続して安全技術上重要な電力を供給できるようにする。
- j) 全ての原発施設において、一貫して、さらなる非常用系統を補強する。前コンボイ型原発においても、コンボイ型原発においてもこれを基準とする。補強すべき非常用系統は、同じく補強される非常用冷却系及び残留熱（余熱）除去系、非常用電源系とバランスのとれた、強固なものでなければならない。したがってコンボイ型原発において現在見られる、単に $4 \times 50\%$ キャパシティは、ここでもダイバーシティ構造により $4 \times 100\%$ に増強させ、それぞれ $2 \times 100\%$ プラス $2 \times 100\%$ で、設計構造の違うアクティブ・コンポーネントを伴うものとする。非常用系統にはコンクリート防護を施す。
- k) 沸騰水型原子炉においては、冷却材貯蔵タンクを拡張して、トラブルや事故に影響されない形とし、冷却材備蓄を増やす。加圧水型原子炉においては、燃料取替用水ピット容量を増強する。
- l) 加圧水型原子炉においては、天井からの蒸気放出による二次系減圧により三つ目のバリアを確保するため、二次系に復水器を補強する。復水器には水を備蓄し、沸騰水型原子炉の場合と同じように、まずこれが蒸発するようにする。この備蓄水はまた、蒸気発生器へ注水可能で

なければならない。加圧水型原子炉の二次系復水器には、加熱系を設置する。

- m) 使用済燃料貯蔵プールは、原子炉格納容器内に設置するか、原子炉格納容器と同等レベルのバリアによって、放射能漏れを予防する。
- n) ホウ酸水貯蔵槽を、地震・洪水耐性とコンクリート防護を施した上、物理的に隔離された箇所に設ける。さらにそこに移動電源とポンプを設置する。

III.一般的なリスクの再評価

- a) 原子力技術上の新規則を即時に発効させる。（「原子力発電所の保安条件」）
- b) 個々のエラー・コンセプトをチェックし、場合によっては、複数の個別のエラーが同時に発生することを想定する。
- c) 今日の科学技術水準により、設計上想定されるトラブルが制御可能であることを証明する。（保安条件モジュール3）
- d) 効果的なITセキュリティ・コンセプトを、ドイツ国内全ての原子力発電所において早急に実行する。これにより、原発の安全な運転がサイバー攻撃により影響を受け得ないよう担保する。
- e) 原子炉保護分野におけるデジタルシステムの利用は、操作される恐れに対する安全度が、現在使われているアナログ技術と同程度である場合に限る。
- f) 電力供給インフラに対する同時サイバー攻撃などから生じる電力網喪失により、原子力発電所の安全に影響が及ぼされる可能性は排除されなければならない。
- g) 複数の原子力発電所に対する同時サイバー攻撃等が引き金となり、同時に各原発が緊急停止する可能性があるかどうかについて検査。
- h) 連邦環境省による「補強リスト」に従った安全性の改善を早期に行う。その際、発生確率に関する考慮（P2ポイント）により補強要求を条件づけることは行わない。この改善をもって、残存稼働期間延長措置によりさらに総発電量を増やす場合の前提条件とする。

- i) 従来、稀な現象であり安全性レベル4aと分類されてきた事象をコントロールするための設備と措置のクォリティーを、安全性レベル3まで引き上げる。
- j) 安全性レベル4bおよびcに分類されるケースに関し、設備と措置のクォリティーと効果に対する点検を、現在の科学技術水準に則して行う。
- k) 「バウリーニエ69」に属する沸騰水型原子炉の、原子炉圧力容器の設計と設置は、現在の科学技術水準に則して、あらゆる負荷の可能性（現在の核燃料投入量、濃縮、減衰、振動）に鑑み、金属疲労や脆化等の弱点を考慮した上で検査する。その際、亀裂が生じてもこれを検査する可能性に限界があること、さらに腐食についても考慮する。
- l) 圧力のかかる容器や配管には、今日の科学技術水準に則して、考えうる負荷状況（航空機墜落、地震、トラブル、過渡変化時のスクラム不作動）を想定し、予定される稼動期間中に破断が生じないことを担保する。状態（材料の疲労、変位、振動、ひずみ）は常時調査し、分析する。
- m) 全ての容器と配管に関し、安全技術上重要なシステムの固定（特殊釘等）が、あらゆる負荷に耐えうるよう、現在の科学技術水準に則って行われていることを証明する。
- n) 予防保守の目的で、通常運転中に非常用冷却系を作動させることは許されない。それは、査察において行うものとする。

IV.検査の実施方法

- a) 個々の施設にそれぞれ鑑定チームを設ける。鑑定チームは、当該設備の主要鑑定機関として従事してこなかった鑑定機関のメンバーによって構成するものとする。つまり、それ以外のTÜV（テュフ）機関、GRS（ドイツ原子力安全協会）、Öko-Institut（エコ研究所）、Physikerbüro（物理学者事務所）、ESN（エネルギーシステム・ノルト）等からということになる。
- b) 連邦監督機関による資料・文書の入手にはいかなる制約もかけられず、さらに上位的問題については原子力安全委員会の関与を求めるものとする。
- c) ここに求められる措置は、全原子力発電所に早期に実施されるものとし、残存稼動期間の延長により総発電量を増やす場合には、この実施をその前提条件とする。