

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）に係る説明書

（その 1：外部からの衝撃による損傷の防止に係る設計

（耐竜巻設計、耐降下火砕物設計及び耐外部火災設計を除く。））

2020 年 9 月 29 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大洗研究所高速実験炉部

1. 要求事項の整理
2. 要求事項への適合性
 - 2.1 基本方針
 - 2.2 外部からの衝撃による損傷の防止に係る設計（竜巻、火山の影響、森林火災及び近接工場等の火災を除く。）
 - 2.3 要求事項（試験炉設置許可基準規則第6条）への適合性説明

（別紙）

別紙1：自然現象（地震及び津波を除く。）並びに敷地及びその周辺において想定される原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の選定

別紙2：自然現象の組合せ（地震及び津波を除く。）

別紙3：重要安全施設の選定の考え方

別紙4：洪水・降水の考慮

別紙5：落雷の考慮

別紙6：航空機落下に係る影響評価

別添4：最新知見の反映

別紙7：ダムの崩壊の考慮

別紙8：有毒ガスの考慮

別紙9：船舶の衝突の考慮

別紙10：「JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊」の知見を踏まえた対応

1. 要求事項の整理

試験炉設置許可基準規則第6条における要求事項等を第1.1表に示す。本要求事項は、新規制基準における追加要求事項に該当する。

第1.1表 試験炉設置許可基準規則第6条における要求事項及び本申請における変更の有無 (1/2)

要求事項	変更の有無
<p>1 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <ul style="list-style-type: none">第6条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等への措置を含む。第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等から適用されるものをいう。第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として試験研究用等原子炉施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。	有

第 1.1 表 試験炉設置許可基準規則第 6 条における要求事項及び本申請における変更の有無 (2/2)

要求事項	変更の有無
<p>2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <ul style="list-style-type: none"> 第 2 項に規定する「重要安全施設」については、「水冷却型試験研究用原子炉施設に関する安全設計審査指針」（平成 3 年 7 月 18 日原子力安全委員会決定）の「添付 水冷却型試験研究用原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する基本的な考え方」の「4. (1) 自然現象に対する設計上の考慮」に示されるものとする。水冷却型研究炉以外の炉型についても、これを参考とすること。 第 2 項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にし、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。 第 2 項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。 	有
<p>3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される試験研究用等原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <ul style="list-style-type: none"> 第 3 項は、設計基準において想定される試験研究用等原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設、設備等への措置を含む。 第 3 項に規定する「試験研究用等原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況をもとに選択されるものであり、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。なお、上記の「航空機落下」については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成 14・07・29 原院第 4 号（平成 14 年 7 月 30 日原子力安全・保安院制定））等に基づき、防護設計の要否について確認する。 	有

2. 要求事項への適合性

2.1 基本方針

安全施設は、**設計上の考慮を要する自然現象**（洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災）**又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として試験研究用等原子炉施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なわないように設計する【自然現象（地震及び津波を除く。）並びに敷地及びその周辺において想定される原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の選定：別紙1参照】【自然現象の組合せ（地震及び津波を除く。）：別紙2参照】。**

重要安全施設については、**科学的技術的知見を踏まえ**、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して、適切に組み合わせるものとする。

また、**安全施設は、敷地及びその周辺において想定される原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（航空機落下、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害）**に対して、**安全機能を損なわないように設計する。**

想定される自然現象及び原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるものに対しては、必要に応じて、設備と運用による対策を組み合わせた措置を講じることにより、安全施設が安全機能を損なわない設計とする。また、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等への措置を含める。

「研究炉の重要度分類の考え方」を参考に、その機能、構造及び動作原理を考慮し、その機能喪失により周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えるおそれのある施設として、以下の施設を外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設とする（第2.1.1表参照）【重要安全施設の選定の考え方：別紙3参照】。

第 2. 1. 1 表(1) 外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系
P S - 1	原子炉冷却材バウンダリ機能	① 原子炉容器 1) 本体 ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）	
	炉心形状の維持機能	① 炉心支持構造物 1) 炉心支持板 2) 支持構造物 ② 炉心バレル構造物 1) バレル構造体 ③ 炉心構成要素 1) 炉心燃料集合体 2) 照射燃料集合体 3) 内側反射体 4) 外側反射体 (A) 5) 材料照射用反射体 6) 遮へい集合体 7) 計測線付実験装置 8) 照射用実験装置	

第 2. 1. 1 表(2) 外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系*
MS-1	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	① 制御棒 ② 制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管 ③ 後備炉停止制御棒 ④ 後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管	① 炉心支持構造物 1) 炉心支持板 2) 支持構造物 ② 炉心バレル構造物 1) バレル構造体 ③ 炉心構成要素 1) 炉心燃料集合体 2) 照射燃料集合体 3) 内側反射体 4) 外側反射体 (A) 5) 材料照射用反射体 6) 遮へい集合体 7) 計測線付実験装置 8) 照射用実験装置
	1次冷却材漏えい量の低減機能	① 原子炉容器 1) リークジャケット ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管(外側)又はリークジャケット ③ 1次主冷却系 1) 逆止弁 ④ 1次補助冷却系 1) サイフォンブレイク弁 ⑤ 1次予熱室素ガス系 1) 仕切弁	① 関連するプロセス計装(ナトリウム漏えい検出器)
	原子炉停止後の除熱機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプポニーモータ 2) 逆止弁 ② 2次主冷却系 1) 主冷却機(主送風機を除く。)	① 原子炉容器 1) 本体 ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。) ③ 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系 1) 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁(ただし、計装等の小口径のものを除く。)
	放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器 ② 格納容器バウンダリに属する配管・弁	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	① 原子炉保護系(スクラム) ② 原子炉保護系(アイソレーション)	① 関連する核計装 ② 関連するプロセス計装
	安全上特に重要な関連機能	① 中央制御室 ② 非常用ディーゼル電源系(MS-1に関連するもの) ③ 交流無停電電源系(MS-1に関連するもの) ④ 直流無停電電源系(MS-1に関連するもの)	① 関連する補機冷却設備

* : 上記関連系は、当該系と同位の重要度を有するものとする。

第 2. 1. 1 表 (3) 外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系
PS-2	原子炉冷却材 バウンダリに 直接接続されていない ものであって、 放射性物質を 貯蔵する機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備 1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池	
	燃料を安全に 取り扱う機能	① 核燃料物質取扱設備	
MS-2	燃料プール水 の保持機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備 1) 水冷却池 2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク弁	
	事故時のプラント状態 の把握機能	① 事故時監視計器の一部	
	安全上重要な関連機能	① 非常用ディーゼル電源系 (MS-1に属するものを除く。) ② 交流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。) ③ 直流無停電電源系 (MS-1に属するものを除く。)	

2.2 外部からの衝撃による損傷の防止に係る設計（竜巻、火山の影響、森林火災及び近隣工場等の火災を除く。）

安全施設については、以下の事象を想定し、安全機能を損なわないように設計する。

（1）洪水・降水

敷地は鹿島台地にあり、地形的にみて洪水・降水による被害は考えられない。したがって、洪水・降水を考慮する必要はない【洪水・降水の考慮：別紙4参照】。

（2）風（台風）

敷地付近で観測された瞬間最大風速は、水戸地方気象台の観測記録（1937年～2013年）によれば44.2m/s（1939年8月5日）である。屋外に位置する安全施設のうち、風（台風）により安全機能を損なうおそれのあるものは、風荷重に対する設計を、日本の最大級の台風を考慮した建築基準法に基づいて行い、安全機能を損なわないように設計する。

（参考）2014年～2019年までの水戸地方気象台の観測記録における瞬間最大風速は28.2m/s（2014年2月15日）である。

（3）凍結

敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃（1952年2月5日）、月平均最低気温は-3.1℃（1月）である。屋外に位置する安全施設のうち、凍結により安全機能を損なうおそれのあるものは、上記の最低気温に、適切な余裕を考慮し、凍結を防止することで、安全機能を損なわないように設計する。

（参考）2014年～2019年までの水戸地方気象台の観測記録における最低気温は-7.9℃（2018年1月27日）である。

（4）積雪

水戸地方気象台の観測記録（1897年～2013年）によれば、積雪量の日最大値は32cm（1945年2月26日）である。屋外に位置する安全施設のうち、積雪により安全機能を損なうおそれのあるものは、茨城県建築基準法関係条例に基づく積雪単位重量指定値により設計を行うことで、安全機能を損なわないようにする。

（参考）2014年～2019年までの水戸地方気象台の観測記録における積雪量の日最大値は19cm（2018年1月22日）である。

（5）落雷

雷害防止として、屋外に位置する安全施設のうち、建築基準法に基づき高さ20mを超える安全施設には避雷設備を設ける。また、避雷設備の接地極として、接地網を布設して接地抵抗の低減を図る【落雷の考慮：別紙5参照】。

（6）地滑り

大洗研究所（南地区）の敷地には、設置許可申請書添付書類六 3.4.2.1項において「変動地形学的調査結果によると、敷地には地すべり地形及びリニアメントは認められない」としており、安全施設の安全機能を損なうような地滑りが生じることはない。したがって、地滑りを考慮する必要はない。

（7）生物学的事象

海より取水していないため、海生生物等による影響はない。補機冷却設備及び脱塩水供給設備は、適宜、点検・清掃するとともに、必要に応じて、薬液注入を行い、微生物等の発生

による影響を軽減し、関連する安全施設の安全機能を損なわないようにする。また、小動物の侵入については、屋外に設置される端子箱貫通部等をシールすることで、これを防止する。

(8) 航空機落下

航空機の落下確率は、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成14・07・29原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院制定））等を準用して評価した結果、約 8.8×10^{-8} 回/炉・年であり、防護設計の要否を判断する基準である 10^{-7} 回/炉・年を下回る。これにより、航空機落下による損傷の防止は、設計上考慮しないものとする【航空機落下に係る影響評価：別紙6参照】。

(9) ダムの崩壊

原子炉施設の近くに、崩壊により安全施設に影響を及ぼすようなダムはない。したがって、ダムの崩壊を考慮する必要はない【ダムの崩壊の考慮：別紙7参照】。

(10) 爆発

原子炉施設の近くに、爆発により安全施設に影響を及ぼすような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。したがって、爆発を考慮する必要はない。

(11) 有毒ガス

中央制御室については、外気の取り込みを遮断する措置により、その居住環境を維持できるものとする。また、敷地内外において、有毒ガスが原子炉施設に到達するおそれが確認された場合には、原子炉を停止する。

なお、原子炉施設の近くに、石油コンビナート等の大規模な有毒物質を貯蔵する固定施設はない。また、敷地内にあっては、有毒ガスの発生源になると考えられる有毒物質を、屋内で取り扱っており、屋外の固定源（屋外タンク）及び可動源（タンクローリー）を有しない。敷地に隣接する国道51号線では、予期せず発生する有毒ガスを想定する。原子炉施設には、空気呼吸器を配備し、定期的に装備装着訓練を実施することで、これらの機材の使用に係る習熟度向上を図る。空気ボンベの容量は、5名の要員を想定し、6時間の対応が可能なものとする。【有毒ガスの考慮：別紙8参照】

(12) 船舶の衝突

原子炉施設は、港湾等を有していない。また、原子炉施設の東側に海岸があるが、原子炉施設からは十分離れている。したがって、船舶の衝突を考慮する必要はない【船舶の衝突の考慮：別紙9参照】。

(13) 電磁的障害

安全機能を有する安全保護回路は、施設内で発生する電磁干渉や無線電波干渉等により機能が喪失しないよう、絶縁回路の設置によるサージ・ノイズの侵入を防止するとともに、鋼製筐体の適用等により電磁波の侵入を防止し、電磁的障害の発生を防止する設計とする。

2.3 要求事項（試験炉設置許可基準規則第6条）への適合性説明

（外部からの衝撃による損傷の防止）

第六条 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される試験研究用等原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

1 について

安全施設は、**設計上の考慮を要する自然現象（洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災）又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として試験研究用等原子炉施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なわないように設計する。**

（1）洪水・降水

敷地は鹿島台地にあり、地形的にみて洪水・降水による被害は考えられない。したがって、洪水・降水を考慮する必要はない。

（2）風（台風）

敷地付近で観測された瞬間最大風速は、水戸地方気象台の観測記録（1937年～2013年）によれば44.2m/s（1939年8月5日）である。屋外に位置する安全施設のうち、風（台風）により安全機能を損なうおそれのあるものは、風荷重に対する設計を、日本の最大級の台風を考慮した建築基準法に基づいて行い、安全機能を損なわないように設計する。

（3）竜巻

【竜巻に係る評価は、第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その4：耐竜巻設計）で提示】

（4）凍結

敷地付近の水戸地方気象台での記録（1897年～2013年）によれば、最低気温は-12.7℃（1952年2月5日）、月平均最低気温は-3.1℃（1月）である。屋外に位置する安全施設のうち、凍結により安全機能を損なうおそれのあるものは、上記の最低気温に、適切な余裕を考慮し、凍結を防止することで、安全機能を損なわないように設計する。

（5）積雪

水戸地方気象台の観測記録（1897年～2013年）によれば、積雪量の日最大値は32cm（1945年2月26日）である。屋外に位置する安全施設のうち、積雪により安全機能を損なうおそれのあるものは、茨城県建築基準法関係条例に基づく積雪単位重量指定値により設計を行

うことで、安全機能を損なわないようにする。

(6) 落雷

雷害防止として、屋外に位置する安全施設のうち、建築基準法に基づき高さ 20m を超える安全施設には避雷設備を設ける。また、避雷設備の接地極として、接地網を布設して接地抵抗の低減を図る。

(7) 地滑り

大洗研究所（南地区）の敷地には、地滑りの素因となるような地形の存在は認められないことから、安全施設の安全機能を損なうような地滑りが生じることはない。したがって、地滑りを考慮する必要はない。

(8) 火山の影響

【火山の影響に係る評価は、第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その 3：耐降下火砕物設計）で提示】

(9) 生物学的事象

海より取水していないため、海生生物等による影響はない。補機冷却設備及び脱塩水供給設備は、適宜、点検・清掃するとともに、必要に応じて、薬液注入を行い、微生物等の発生による影響を軽減し、関連する安全施設の安全機能を損なわないようにする。また、小動物の侵入については、屋外に設置される端子箱貫通部等をシールすることで、これを防止する。

(10) 森林火災

【森林火災に係る評価は、第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）（その 2：耐外部火災設計）で提示】

2 について

重要安全施設については、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して、適切に組み合わせるものとする。重要安全施設は、「研究炉の重要度分類の考え方」を参考に、その機能、構造及び動作原理を考慮し、その機能喪失により周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えるおそれのある施設として、以下の施設を外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設とする。

(i) クラス 1

(ii) クラス 2 のうち、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えることを防止するための安全機能を有し、特に自然現象の影響を受けやすく、かつ、代替手段によってその機能の維持が困難であるか、又はその修復が著しく困難な構築物、系統及び機器（「過度の放射線被ばくを与えるおそれのある」とは、安全機能の喪失による周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり 5mSv を超えることをいう。）

耐竜巻設計、耐降下火砕物設計、耐外部火災設計においては、安全機能の重要度分類がクラス 1、2、3 に属する構築物、系統及び機器を竜巻防護施設、降下火砕物防護施設、外部火災防護施設とし、このうち、外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設に該当する構築物、系統及び機器を影響評価の対象とする。当該影響評価にあっては、当該重要安全施設の外壳施設を評価対象とする場合がある。これらの重要安全施設以外の安全施設は、竜巻、火山の影響及び外部火災（森林火災及び

近隣工場等の火災)により損傷するおそれがある場合に、代替措置や修復等により、安全機能を損なわないものとする。

3 について

安全施設は、敷地及びその周辺において想定される原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(航空機落下、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害)に対して、安全機能を損なわないように設計する。

(1) 航空機落下

航空機の落下確率は、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」(平成14・07・29原院第4号(平成14年7月30日原子力安全・保安院制定))等を準用して評価した結果、約 8.8×10^{-8} 回/炉・年であり、防護設計の要否を判断する基準である 10^{-7} 回/炉・年を下回る。これにより、航空機落下による損傷の防止は、設計上考慮しないものとする。

(2) ダムの崩壊

原子炉施設の近くに、崩壊により安全施設に影響を及ぼすようなダムはない。したがって、ダムの崩壊を考慮する必要はない。

(3) 爆発

原子炉施設の近くに、爆発により安全施設に影響を及ぼすような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。したがって、爆発を考慮する必要はない。

(4) 近隣工場等の火災

【近隣工場等の火災に係る評価は、第6条(外部からの衝撃による損傷の防止)(その2:耐外部火災設計)で提示】

(5) 有毒ガス

中央制御室については、外気の取り込みを遮断する措置により、その居住環境を維持できるものとする。また、敷地内外において、有毒ガスが原子炉施設に到達するおそれが確認された場合には、原子炉を停止する。

なお、原子炉施設の近くに、石油コンビナート等の大規模な有毒物質を貯蔵する固定施設はない。また、敷地内にあつては、有毒ガスの発生源になると考えられる有毒物質を、屋内で取り扱っており、屋外の固定源(屋外タンク)及び可動源(タンクローリー)を有しない。敷地に隣接する国道51号線では、予期せず発生する有毒ガスを想定する。原子炉施設には、空気呼吸器を配備し、定期的に装備装着訓練を実施することで、これらの機材の使用に係る習熟度向上を図る。空気ボンベの容量は、5名の要員を想定し、6時間の対応が可能なものとする。

(6) 船舶の衝突

原子炉施設は、港湾等を有していない。また、原子炉施設の東側に海岸があるが、原子炉施設からは十分離れている。したがって、船舶の衝突を考慮する必要はない。

(7) 電磁的障害

安全機能を有する安全保護回路は、施設内で発生する電磁干渉や無線電波干渉等により機能が喪失しないよう、絶縁回路の設置によるサージ・ノイズの侵入を防止するとともに、

鋼製筐体の適用等により電磁波の侵入を防止し、電磁的障害の発生を防止する設計とする。

※【「JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊」の知見を踏まえた対応：別紙10参照】

自然現象（地震及び津波を除く。）並びに
敷地及びその周辺において想定される原子炉施設の安全性を
損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの
（故意によるものを除く。）の選定

「常陽」では、自然現象（地震及び津波を除く。）及び敷地又はその周辺において想定される原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「人為事象」という。）について、「Specific Safety Requirements (No. SSR-3)^[1]」の「5. SITE EVALUATION FOR RESEARCH REACTOR FACILITIES」及び「APPENDIX I SELECTED POSTULATED INITIATING EVENTS FOR RESEARCH REACTORS」（以下「IAEA 安全基準」という。）を参考に、以下の事象を選定した（第 1.1 表及び第 1.2 表参照）。

なお、これらは、設置許可基準規則の解釈第 6 条第 2 項及び第 8 項において、「自然現象（地震及び津波を除く。）」と「人為事象」として例示された事象と一致している。

【自然現象】

洪水・降水／風（台風）／凍結／積雪／落雷
地滑り／生物学的事象／竜巻／火山の影響／森林火災

【人為事象】

航空機落下／ダム崩壊／爆発／有毒ガス／船舶の衝突／電磁的障害／近隣工場等の火災

[1] Specific Safety Requirements (No. SSR-3) “Safety of Research Reactors ” (IAEA September 2016)

第 1.1 表 IAEA 安全基準を参考とした自然現象（地震及び津波を除く。）の選定結果

○：選定した自然現象

IAEA 安全基準	「常陽」	検討結果
気象現象（風）	○	「風（台風）」として評価対象とする。
気象現象（降水）	○	「降水」として評価対象とする。
気象現象（積雪）	○	「積雪」として評価対象とする。
気象現象（高温）	—	外気温が急激に上昇することはなく、原子炉の停止等について、時間的余裕を有し、十分な対応が可能であること、また、屋内機器は、常時、換気空調設備で管理された雰囲気中に設置されており、安全施設の機能に影響が生じることはないことから、評価対象外とする。なお、最終ヒートシンクにあつては、水戸地方気象台の観測記録における最高気温（38.4℃）を超える外気温 40℃にて設計している。
気象現象（低温）	—	「凍結」の評価に包含される。
気象現象（高潮）	—	第 5 条（津波による損傷の防止）に係る評価に包含される。
竜巻	○	「竜巻」として評価対象とする。
熱帯低気圧（台風）	○	「風（台風）」として評価対象とする。
洪水	○	「洪水」として評価対象とする。
傾斜不安定性（地滑り）	○	「地滑り」として評価対象とする。
傾斜不安定性（岩崩れ）	—	第 3 条（試験研究用等原子炉施設の地盤）に係る評価に包含される。
傾斜不安定性（雪崩）	—	地域の特性上、積雪が長期間継続し、雪崩の原因となる層構造に至ることは考え難いことから、評価対象外とする。
液状化	—	第 3 条（試験研究用等原子炉施設の地盤）に係る評価に包絡される。
火山	○	「火山の影響」として評価対象とする。
落雷	○	「落雷」として評価対象とする。
砂嵐	—	原子炉施設の周辺に砂漠はなく、評価対象外とする。なお、関東ローム層等による砂塵については、フィルタにより大部分を捕集でき、安全施設の機能に影響が生じることない
雹（ひょう）	—	「竜巻」における飛来物衝突評価に包含される。
地表下の凍結	○	「凍結」として評価対象とする。
生物学的事象	○	「生物学的事象」として評価対象とする。

第 1.2 表 IAEA 安全基準を参考とした人為事象の選定結果

○：選定した人為事象

IAEA 安全基準	「常陽」	検討結果
航空機落下	○	「航空機落下」として評価対象とする。
爆発	○	「爆発」として評価対象とする。
有毒ガス	○	「有毒ガス」として評価対象とする。
交通機関の事故 (航空機を除く。)	○	「船舶の衝突」として評価対象とする。 なお、主要幹線道路からの影響は、「有毒ガス」の評価に 包含できる。
近隣施設からの影響	○	「近隣工場等の火災」として評価対象とする。
外部供給ラインの 電力、電圧上昇	—	万一、外部電圧が異常に上昇した場合には、大洗研究所南 受電所の過電圧継電器が動作し、外部電源が遮断される。 外部電源喪失の影響は、第 13 条（運転時の異常な過渡変 化及び設計基準事故の拡大の防止）に係る評価に包含され る。

<参考：IAEA 安全基準 (Specific Safety Requirements (No. SSR-3)) 以外の文献を参考とした検討>

自然現象（地震及び津波を除く。）及び人為事象の選定に当たっては、IAEA が研究炉に対して発行した安全基準「Specific Safety Requirements (No. SSR-3)^[1]」を参考に選定している。

ここでは、当該文献に加え、IAEA が原子力発電所に対するレベル 1PRA の開発及び適用のために発行したガイド「Specific Safety Guide(SSG-3)^[2]」、米国 NEI が設計基準を超える外部事象が原子力発電所に対してもたらず課題に対処するために発行したガイド「DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE^[3]」、米国 NRC が原子力発電所の PRA の実施のために発行したガイド「NUREG/CR-2300 “PRA PROCEDURES GUIDE”^[4]」から抽出された事象を参考に、「常陽」において想定する自然現象（地震及び津波を除く。）及び人為事象について検討した。当該検討結果を第 1 表及び第 2 表に示す。

第 1 表及び第 2 表に示すとおり、上記の原子力発電所のために発行されたガイドを参考とした場合においても、選定した事象は、設置許可基準規則の解釈第 6 条第 2 項及び第 8 項において、「自然現象（地震及び津波を除く。）」と「人為事象」として例示された事象と一致する。

[1] Specific Safety Requirements (No. SSR-3) “Safety of Research Reactors ” (IAEA September 2016)

[2] Specific Safety Guide(SSG-3) “Development and Application of Level1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010

[3] DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI 12-06 August 2012)

[4] NUREG/CR-2300 “PRA PROCEDURES GUIDE”, NRC, January 1983

第1表 抽出した自然現象及び検討結果 (1/2)

丸数字は、自然現象を抽出した文献を示す。

自然現象	①	②	③	「常陽」	検討結果
強風	レ	レ	レ	○	「風(台風)」として評価対象とする。
竜巻	レ	レ	レ	○	「竜巻」として評価対象とする。
ハリケーン	—	レ	レ	—	台風と同一の気象条件であるため、「風(台風)」の評価に包絡される。
高温(気温)	レ	レ	レ	—	外気温が急激に上昇することはなく、原子炉の停止等について、時間的余裕を有し、十分な対応が可能であること、また、屋内機器は、常時、換気空調設備で管理された雰囲気中に設置されており、安全施設の機能に影響が生じることはないことから、評価対象外とする。なお、最終ヒートシンクにあっては、水戸地方気象台の観測記録における最高気温(38.4℃)を超える外気温40℃にて設計している。
低温(気温)	レ	レ	レ	—	「凍結」の評価に包含される。
異常圧力(気圧高低)	レ	—	—	—	「竜巻」において、気圧差による圧力を考慮しており、当該評価に包含される。
降水(豪雨)	レ	レ	レ	○	「降水」として評価対象とする。
積雪	レ	レ	レ	○	「積雪」として評価対象とする。
雹(ひょう)	レ	レ	レ	—	「竜巻」における飛来物衝突評価に包含される。
靄(もや)・霧(きり)	レ	レ	レ	—	靄・霧により、その機能に影響が生じる安全施設を有しないことから、評価対象外とする。
霜(しも)	レ	レ	レ	—	霜により、その機能に影響が生じる安全施設を有しないことから、評価対象外とする。
干ばつ	レ	レ	レ	—	干ばつの事象進展は遅く、十分な対応が可能であることから、評価対象外とする。
塩害	レ	レ	レ	—	塩害による腐食の進展は遅く、十分な管理が可能であることから、評価対象外とする。
砂嵐	レ	レ	レ	—	原子炉施設の周辺に砂漠はなく、評価対象外とする。なお、関東ローム層等による砂塵については、フィルタにより大部分を捕集でき、安全施設の機能に影響が生じることはない。
落雷	レ	レ	レ	○	「落雷」として評価対象とする。
隕石	レ	レ	レ	—	安全施設の機能に影響を及ぼす規模の隕石が衝突する可能性は、極めて小さい*1と考えられるため、評価対象外とする。
地面の隆起	レ	—	—	—	第3条(試験研究用等原子炉施設の地盤)に係る評価に包絡される。
地面の陥没	—	レ	—	—	第3条(試験研究用等原子炉施設の地盤)に係る評価に包絡される。
土壌の収縮・膨張	—	レ	レ	—	第3条(試験研究用等原子炉施設の地盤)に係る評価に包絡される。
凍結(地表下を含む。)	レ	レ	レ	○	「凍結」として評価対象とする。
晶氷	レ	—	—	—	海水を取水源としていないことから、評価対象外とする。

① Specific Safety Guide(SSG-3) "Development and Application of Level1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010

② DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES(FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI 12-06 August 2012)

③ NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983

*1: NUREG-1407 "Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant External Events(IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities"によると、隕石や人工衛星については、衝突の確率が 10^{-9} と非常に小さいため、起因事象頻度は低く IPEEE の評価対象から除外する旨が記載されている。

第1表 抽出した自然現象及び検討結果 (2/2)

丸数字は、自然現象を抽出した文献を示す。

自然現象	①	②	③	「常陽」	検討結果
氷壁	レ	—	—	—	影響は、凍結と同じと考えられるため、「凍結」の評価に包絡される。
生物学的事象	レ	レ	—	○	「生物学的事象」として評価対象とする。
火山	レ	レ	レ	○	「火山の影響」として評価対象とする。
雪崩	レ	レ	レ	—	地域の特性上、積雪が長期間継続し、雪崩の原因となる層構造に至ることは考え難いことから、評価対象外とする。
地滑り	レ	レ	レ	○	「地滑り」として評価対象とする。
外部火災 (森林火災、草原火災)	レ	レ	レ	—	「森林火災」として評価対象とする。なお、「森林火災」に係る評価では、敷地の植生を考慮しており、「草原火災」は、当該評価に包絡される。
地震	レ	レ	レ	—	第4条(地震による損傷の防止)で評価する。
カラスト地形	レ	—	—	—	第3条(試験研究用等原子炉施設の地盤)に係る評価に包絡される。
地下水による浸食	レ	—	—	—	第3条(試験研究用等原子炉施設の地盤)に係る評価に包絡される。
水面高	レ	レ	レ	—	海の影響は、第5条(津波による損傷の防止)に係る評価に包含される。また、湖及び河川の影響は、洪水と同じと考えられるため、「洪水」の評価に包絡される。
水面低	レ	レ	レ	—	海水を取水源としていないこと、並びに湖及び河川の水位の低下の進展は遅く、十分な管理が可能であることから、評価対象外とする。
高温(水温)	レ	—	—	—	海水を取水源としていないこと、並びに湖及び河川の水温の上昇の進展は遅く、十分な管理が可能であることから、評価対象外とする。
低温(水温)	レ	—	—	—	海水を取水源としていないこと、並びに地域の特性上、湖及び河川が凍結することはないことから、評価対象外とする。
水中の有機物	レ	—	—	—	「生物学的事象」の評価に包含される。
津波	レ	レ	レ	—	第5条(津波による損傷の防止)で評価する。
満潮、高潮	—	レ	レ	—	第5条(津波による損傷の防止)に係る評価に包含される。
波浪、高波	—	レ	レ	—	影響は津波と同じと考えられるため、第5条(津波による損傷の防止)に係る評価に包絡される。
海岸浸食	—	レ	レ	—	事象進展が遅く、また、敷地は海岸から離れていることから、評価対象外とする。
洪水(外部洪水)	—	レ	レ	○	「洪水」として評価対象とする。
河川の迂回	—	レ	レ	—	影響は洪水と同じと考えられるため、「洪水」の評価に包絡される。
静振	—	レ	レ	—	影響は洪水と同じと考えられるため、「洪水」の評価に包絡される。なお、大洗研究所の夏海湖(水位:T.P.+約29m)に対して、原子炉施設は、T.P.+約35m~+約40mに位置している。
磁気嵐	—	レ	—	—	日本では、磁気緯度、大地抵抗率の条件より地磁気変動が影響を及ぼす可能性は極めて小さいと考えられることから、評価対象外とする。

① Specific Safety Guide(SSG-3) "Development and Application of Level1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010

② DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES(FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI 12-06 August 2012)

③ NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983

第2表 抽出した人為事象及び検討結果

丸数字は、人為事象を抽出した文献を示す。

人為事象	①	②	③	「常陽」	検討結果
衛星の落下	レ	レ	—	—	安全施設の機能に影響を及ぼす規模の人工衛星が衝突する可能性は、極めて小さい*1と考えられるため、評価対象外とする。
ダムの崩壊	レ	—	—	○	「ダムの崩壊」として評価対象とする。
航空機落下	レ	レ	レ	○	「航空機落下」として評価対象とする。
電磁的障害	レ	—	—	○	「電磁的障害」として評価対象とする。
船舶の衝突	レ	レ	—	○	「船舶の衝突」として評価対象とする。
敷地内外での掘削作業	レ	—	—	—	敷地内での掘削作業は、適切に管理される。また、敷地外での掘削作業は、原子炉施設に影響を及ぼさないことから、評価対象外とする。
船舶から流出される 固体液体不純物	レ	—	—	—	海水を取水源としていないこと、及び敷地は海岸から離れていることから、評価対象外とする。
水中への化学物質の流出	レ	—	—	—	原子炉施設で使用する水の水質は、適切に管理していることから、評価対象外とする。
敷地内での化学物質の流出	レ	レ	レ	—	影響は有毒ガスと同じと考えられるため、「有毒ガス」の評価に包絡される。
敷地外での化学物質の流出	レ	—	—	—	影響は有毒ガスと同じと考えられるため、「有毒ガス」の評価に包絡される。
交通事故	レ	レ	レ	—	影響は有毒ガス又は爆発と同じと考えられるため、「有毒ガス」及び「爆発」の評価に包含される。
パイプライン事故	レ	レ	レ	—	敷地内及び敷地周辺にパイプラインはないことから、評価対象外とする。
敷地内外での爆発	レ	レ	—	○	「爆発」及び「外部火災」として評価対象とする。
軍事活動でのミサイル	レ	—	—	—	敷地周辺に軍事施設はないことから、評価対象外とする。
敷地内の他施設の 内部火災の拡大	レ	—	—	—	影響は外部火災と同じと考えられるため、「外部火災」の評価に包絡される。
敷地内の他施設から のミサイル	レ	—	—	—	安全施設の機能に影響を及ぼす規模のミサイルが発生する敷地内の他施設はないことから、評価対象外とする。
敷地内の他施設から の内部溢水の拡大	レ	—	—	—	影響は洪水と同じと考えられるため、「洪水」の評価に包絡される。
工業施設又は軍事施設 の事故	—	レ	レ	—	敷地周辺に軍事施設はないこと、及び工業施設の事故の影響は、近隣工場等の火災と同じと考えられるため、「近隣工場等の火災」の評価に包絡される。
タービンミサイル	—	レ	レ	—	試験研究用等原子炉施設である「常陽」では、蒸気タービン、大型回転機器を有しないため、評価対象外とする。
内部溢水	—	—	レ	—	第9条（内部溢水による損傷の防止等）で評価する。

① Specific Safety Guide(SSG-3) "Development and Application of Level1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010

② DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES(FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI 12-06 August 2012)

③ NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983

*1 NUREG-1407 "Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant External Events(IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities"によると、隕石や人工衛星については、衝突の確率が 10^{-9} と非常に小さいため、起回事象頻度は低く IPEEE の評価対象から除外する旨が記載されている。

洪水・降水の考慮

敷地は、茨城県東茨城郡大洗町南部の太平洋に面した丘陵地帯の台地（標高：約 38m）にあり、原子炉施設は、T.P. + 約 35m～+ 約 40m に位置する。敷地内には、窪地をせき止めて造成した夏海湖があり、その水位は、T.P. + 約 29m である（水深：約 6m）。敷地に降った雨水等の表流水のほとんどは夏海湖に集まり、敷地の北側から一般排水溝に流れる経路となる。また、構内雨水排水管は、雨水マンホールから流入した雨水を内径 900mm のヒューム管に集約し、構外に排出する機能を有する。内径 900mm のヒューム配管は、水戸地方気象台の観測記録（1906 年～2013 年）による 1 時間降水量の最大値 81.7mm/h を上回る 90mm/h の降雨強度に対して、十分な排水量を有する*1。なお、大雨等により万一夏海湖から溢れた場合でも、地形的な関係から敷地北部の谷地を流れる経路となり、谷地や水路を伝って涸沼に流れる（第 1 図及び第 2 図参照）。

また、夏海湖は、必要に応じて那珂川から中継ポンプ場を介して、ポンプ（停止時：バルブ閉）により取水しているため、河川の増水等の影響により夏海湖へ流入することはない（第 3 図参照）。さらに、大洗町及び鉾田市が作成したハザードマップによると、敷地は、土砂災害警戒区域に指定されていない（第 4 図及び第 5 図参照）。

上記地形及び表流水の状況を踏まえ、原子炉施設において、洪水・降水による被害は考えられない。

*1 90mm/h の降雨強度に相当する流出量 (1.71m³/s) 及びヒューム管 (内径：900mm) の排水量 (1.81 m³/s) は下記の式を用いて評価した（出典：構内舗装・排水設計基準）。

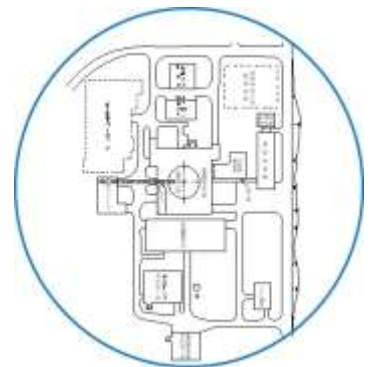
【流出量】 $Q = 1 / (3.6 \times 10^6) \cdot C \cdot I \cdot A$

Q：雨水の流出量 (m³/s)

C：流出係数 ※ 0.85（アスファルト）を使用

I：降雨強度 (mm/h) ※ 90mm/h を使用

A：集水面積 (m²) ※ 80424.77m²（保守的に、原子炉施設を包絡する直径 320m の円を想定：右図参照）を使用



【排水量】 $Q_p = A_p \cdot V$

$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$

Q_p：排水量 (m³/s)

A_p：通水断面積 (m²) ※ 0.636 m²（内径 900mm の全断面積）を使用

V：平均流速 (m/s)

R：径深 (=A_p/P) (m)

i：勾配 ※ 保守的に 0.01 を使用（ヒューム管施工部勾配：0.2～0.5）

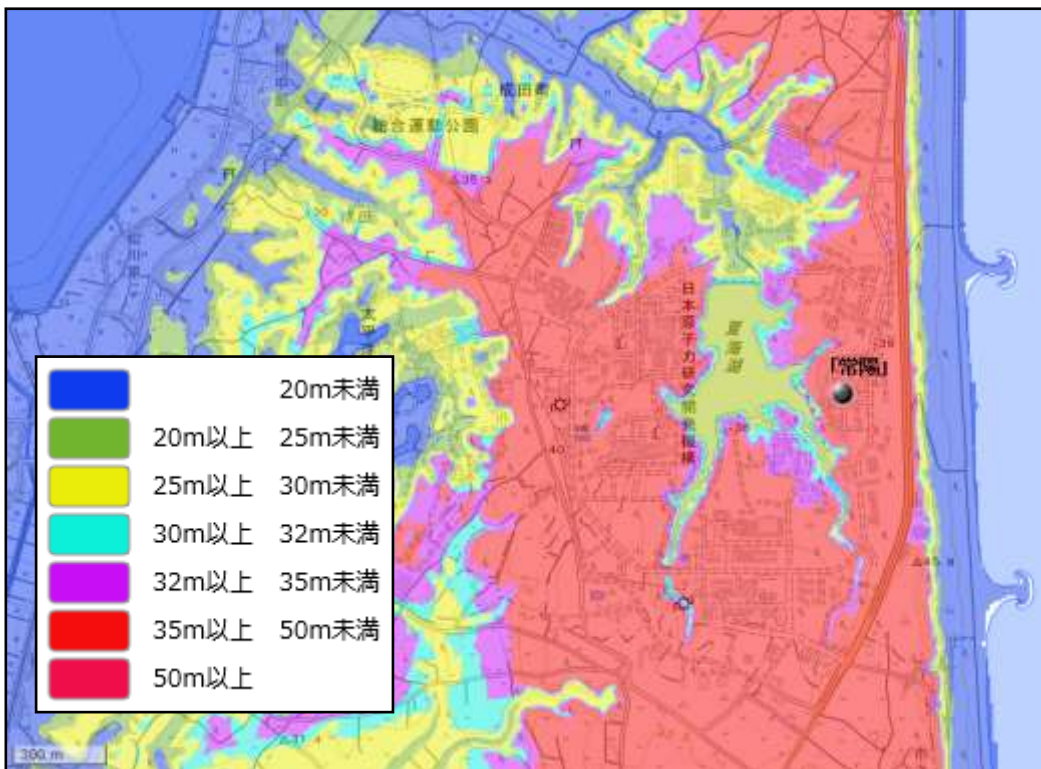
n：粗度係数 ※ 0.013（ヒューム管）を使用

P：潤辺長 (m) ※ 2.827m（内径 900mm の円周長さ）を使用



「国土地理院地図（電子国土web）」に加筆

第1図 大洗研究所（南地区）における雨水等の流れ



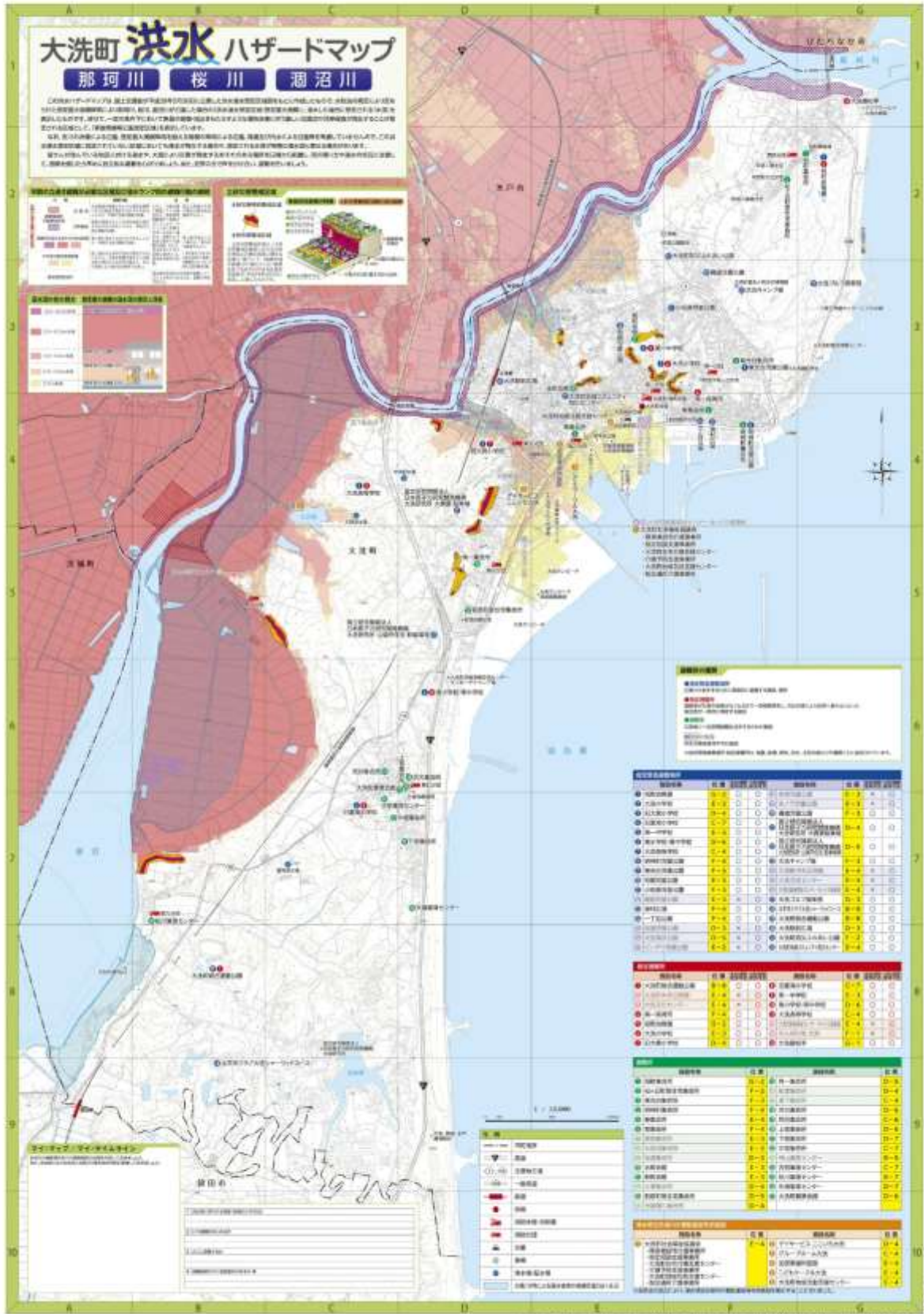
「国土地理院地図（電子国土web）」に加筆

第2図 原子炉施設周辺の地形

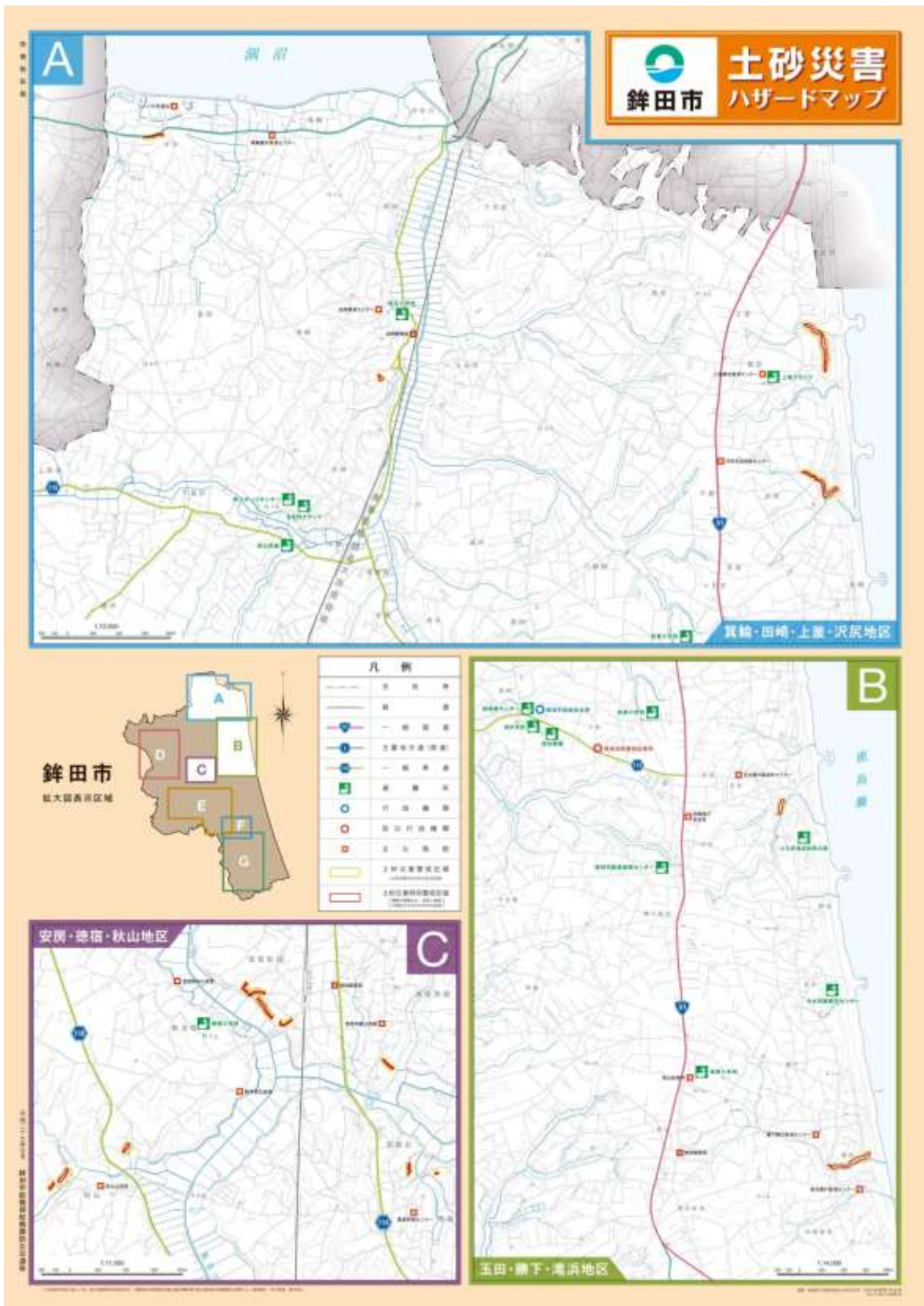


「国土地理院地図（電子国土web）」に加筆

第3図 夏海湖の取水口及び中継ポンプ場



第4図 大洗町のハザードマップ

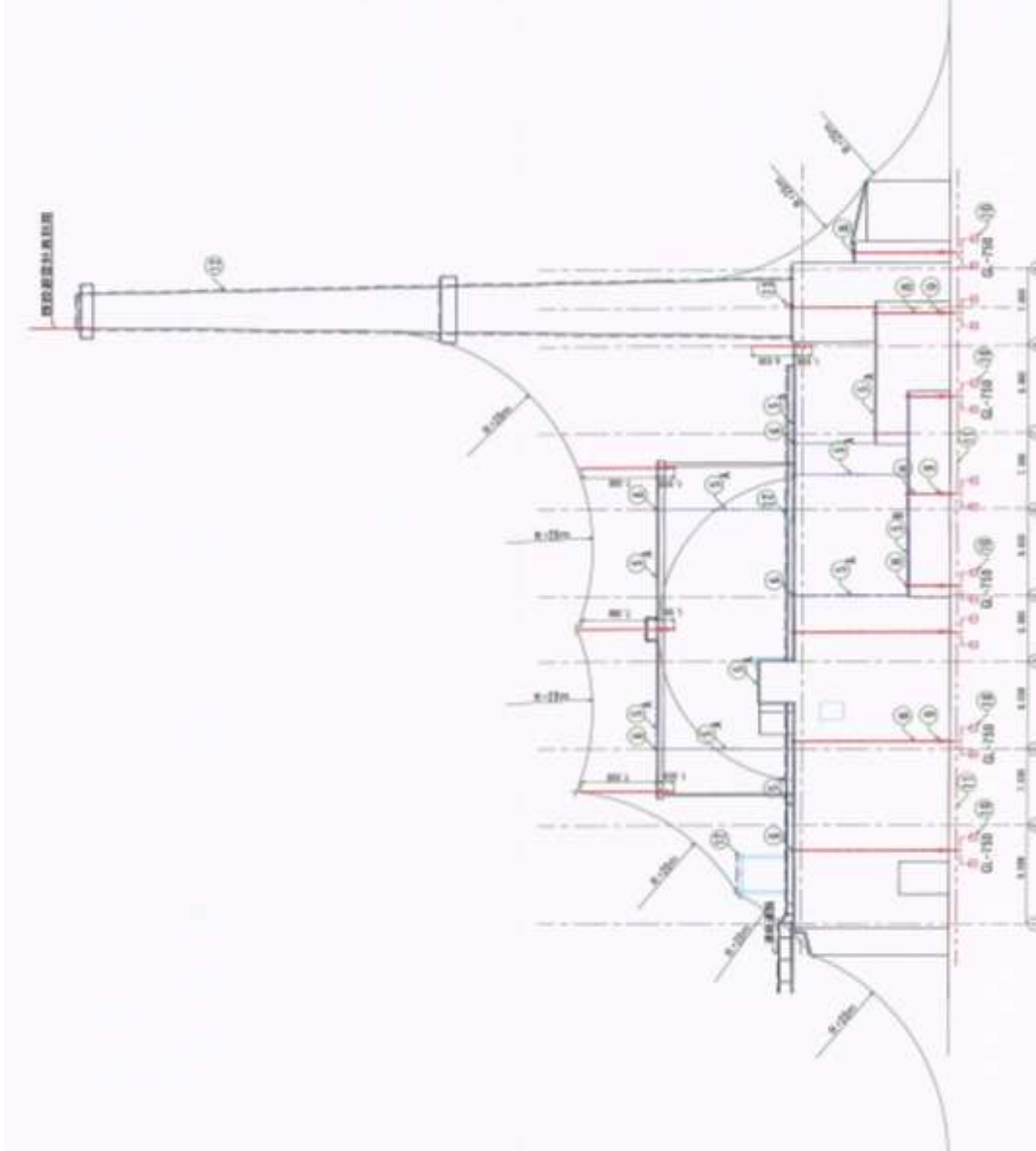


第5図 銚田市のハザードマップ

落雷の考慮

落雷の直撃防止については、屋外に位置する安全施設のうち、建築基準法に基づき高さ 20m を超える安全施設には避雷設備を設ける。建築物等の避雷設備（避雷針）については、建築基準法及び消防法の関連法規により設置が義務づけられているが、避雷設備の技術上の基準として指定している JIS 規格については、2003 年に JIS A 4201-1992「建築物等の避雷設備（避雷針）」（以下「旧 JIS 規格」という。）から JIS A 4201-2003「建築物等の雷保護」（以下「現行の JIS 規格」という。）に改正されている。「常陽」にあつては、避雷設備について、現行の JIS 規格に適合するものに更新する。原子炉建物（格納容器を含む。）及び原子炉附属建物並びに主冷却機建物への避雷設備の設置イメージを第 1 図に示す。現行の JIS 規格では、保護レベル（Ⅰ～Ⅳ）に応じて雷保護システムを規定しており、「常陽」にあつては、保護レベルⅠを適用する。避雷設備の接地極として、接地網を布設し、接地抵抗を低減するとともに、電位分布を平坦化し、雷サージ電流を抑制する。

雷サージの侵入に対して、原子炉保護系のロジック盤における計装ケーブル及び制御ケーブルには、鋼製管体（鉄筋コンクリートトレンチ、金属製トレイ又は金属製電線管を含む。）や金属シールド付ケーブルの適用により雷サージ侵入を抑制する。屋外に位置する安全施設における屋外布設制御・計測ケーブルについても同様とする。なお、雷サージに起因して外部電源を喪失した場合、原子炉はスクラム（自動停止）するため、原子炉は安全に停止される。原子炉冷却材バウンダリの機能を損なうこともなく、放射性物質の閉じ込め機能は確保される。



原子炉建物（格納容器を含む。）及び原子炉附属建物

第1図 原子炉建物（格納容器を含む。）及び原子炉附属建物並びに主冷却機建物への避雷設備の設置イメージ（1/2）



主冷却機建物

第1図 原子炉建物（格納容器を含む。）及び原子炉附属建物並びに主冷却機建物への避雷設備の設置イメージ（2/2）

雷サージの侵入により屋外に位置する安全施設が停止した場合の影響

原子炉施設では、落雷に対して、落雷の直撃防止、雷サージ電流の抑制及び原子炉保護系への雷サージ侵入の抑制に係る措置を講じている。ただし、屋外に位置する安全施設については、雷サージの侵入により、機器が停止するおそれがある。当該安全施設には、以下のものが該当するが、機器の停止が生じた場合にあっては、安全機能は維持できる。

補機冷却設備のうち非常用ディーゼル電源系に関連する冷却塔のブロワ

雷サージ電流の侵入により、当該侵入が生じた系統の冷却塔のブロワが停止する。冷却水の冷却能力が低下するものの、原子炉施設は、2基の冷却塔を有し、当該機能は多重化されているため、他方の系統で必要な安全機能を維持できる。

使用済燃料貯蔵設備の水冷却浄化設備に関連する冷却塔のブロワ（原子炉附属建物）

雷サージ電流の侵入により、当該侵入が生じた系統の冷却塔のブロワが停止する。冷却水の冷却能力が低下するものの、原子炉施設は、2基の冷却塔を有し、当該機能は多重化されているため、他方の系統で必要な安全機能を維持できる。なお、当該冷却塔のブロワは、離隔距離が小さく、ブロワが同時に停止する懸念がある。ブロワが同時に停止した場合にあっては、「燃料プール水の保持機能」により、使用済燃料の健全性は確保され、その間に冷却機能を復旧することができる。

使用済燃料貯蔵設備の水冷却浄化設備に関連する冷却塔のブロワ（第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備、第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備）

雷サージ電流の侵入により、当該侵入が生じた系統の冷却塔のブロワが停止する。冷却水の冷却能力が低下するものの、当該使用済燃料貯蔵設備は1年以上冷却した使用済燃料を保管しており、「燃料プール水の保持機能」により、使用済燃料の健全性は確保され、その間に冷却機能を復旧することができる。

航空機落下に係る影響評価

最新知見の反映

平成 29 年 3 月 30 日付けで申請した原子炉設置変更許可申請書における第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）に係る航空機落下にあつては、主に平成 25 年までのデータに基づき航空機落下確率を評価している。

これに対し、原子力規制庁より令和元年 12 月に平成 10 年 1 月から平成 29 年 12 月までの 20 年間に国内で発生した航空機事故データについて、報告されたことを踏まえ、最新の知見を反映した場合の航空機落下確率を評価する。

第 1 表に計算条件の対比を、第 2 表に計算結果の対比を示す。

第 2 表に示すとおり、最新の知見を反映した航空機落下確率の総和は、 8.7×10^{-8} （回／炉・年）であり、最新の知見を反映した場合にあつても、既申請の値との差はわずかであり、基準値である 10^{-7} （回／炉・年）を超えない。

第1表 航空機落下確率の評価における主な計算条件の対比 (1/2)

[計器飛行方式民間航空機の落下事故 (飛行場での離着陸時における落下事故)]

項目	最新知見	申請時
国内での離着陸時事故件数(件)	2 ^[1]	4
国内での離着陸回数(離着陸回)	36,378,238 ^[1]	32,780,942
当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)	5,692 ^[2]	4,202

[計器飛行方式民間航空機の落下事故 (航空路を巡航中の落下事故)]

項目	最新知見	申請時
巡航中事故件数(件)	0.5 ^[1]	0.5
延べ飛行距離(飛行回・km)	11,327,599,138 ^[1]	10,132,601,674
評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)	・航空路(直行経路を 含む。):912.5 ^[3] ・RNAV経路:36,865 ^[3]	・航空路(直行経路を 含む。):365 ・RNAV経路:36,865

[有視界飛行方式民間航空機の落下事故]

項目	最新知見	申請時
対象航空機の落下事故件数(件)	・大型固定翼機 0.5 ^[1] ・小型固定翼機 29 ^[1] ・大型回転翼機 2 ^[1] ・小型回転翼機 18 ^[1]	・大型固定翼機 0.5 ・小型固定翼機 35 ・大型回転翼機 1 ・小型回転翼機 25
全国土面積 (km ²)	372,969 ^[1]	372,000

第1表 航空機落下確率の評価における計算条件の対比 (2/2)

[自衛隊機又は米軍機の落下事故 (訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故)]

項目	最新知見	申請時
訓練空域外での落下事故件数(件)	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛隊機 9^[1] ・米軍機 4^[1] 	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛隊機 8 ・米軍機 5
全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積 (km ²)	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛隊機 294,881^[1] ・米軍機 372,472^[1] 	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛隊機 295,000 ・米軍機 372,000

[自衛隊機又は米軍機の落下事故 (基地－訓練空域間を往復時の落下事故)]

項目	最新知見	申請時
基地と訓練空域間を往復中の落下事故件数(件)	0.5 ^[1]	0.5

[引用元]

- [1] 「航空機落下事故に関するデータ(平成10～29年)」 NTEN-2019-2001 原子力規制庁
- [2] 「暦年・年度別航空管理状況調書」 平成26年 国土交通省 航空局
- [3] 国土交通省 航空局への問い合わせ結果 (平成29年下半期のデータ)

第2表 航空機落下確率の評価における計算結果の対比

項目		最新知見 の反映	申請時
(1) 計器飛行方式民間 航空機の落下事故	① 飛行場での離着陸時における落 下事故	4.84×10^{-10}	7.93×10^{-10}
	② 航空路を巡航中の落下事故	9.06×10^{-10}	9.94×10^{-10}
(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故		9.65×10^{-9}	1.01×10^{-8}
(3) 自衛隊機又は米軍 機の落下事故	① 訓練空域内で訓練中及び訓練空 域外を飛行中の落下事故	2.06×10^{-8}	2.03×10^{-8}
	② 基地－訓練空域間を往復時の落 下事故	5.51×10^{-8}	5.51×10^{-8}
合計		8.7×10^{-8} (8.67×10^{-8})	8.8×10^{-8} (8.72×10^{-8})

有毒ガスの考慮

茨城県内で石油コンビナート等特別防災区域に指定されている地区は、鹿島臨海地区石油コンビナート等特別防災区域のみである。当該区域と原子炉施設までの距離は約 35 km である（第 1 図参照）。大洗研究所（南地区）敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設は存在しない。

敷地内にあつては、有毒ガスの発生源になると考えられる有毒物質（苛性ソーダ、塩酸及び硫酸等）を屋内で取り扱っている。有毒物質の特性に応じて、労働安全衛生法（特定化学物質障害予防規則等）に基づき適切に管理している。さらに、苛性ソーダは揮発性が低く、硫酸は不揮発性のため、漏えいした場合にあつても、屋外（大気中）に多量に放出されることはない。また、揮発性を有する塩酸にあつても、取扱場所が、屋内であり、蒸発量が小さいことから、屋外（大気中）に多量に放出されることはない。また、屋外の固定源（屋外タンク）及び可動源（タンクローリー）を有しない。

原子炉施設の周辺において、屋内に苛性ソーダ（タンク容量：3,300 L）及び塩酸（タンク容量：1,750 L）を貯蔵している。苛性ソーダは、揮発性が低く、漏えいした場合にあつても、屋外（大気中）に多量に放出されることはない。また、揮発性を有する塩酸にあつても、取扱場所が、屋内であり、蒸発量が小さいことから、屋外（大気中）に多量に放出されることはなく、中央制御室に影響を及ぼさない。

敷地に隣接する国道 51 号線では、予期せず発生する有毒ガスを想定する。原子炉施設からの距離は、約 150m である（第 2 図参照）。当該ガスの発生は、臭気による異常の認知、又は敷地内の発見者や敷地外からの情報入手者による中央制御室への連絡で検出する。

中央制御室については、外気の取り込みを遮断する措置により、その居住環境を維持できるものとする。また、敷地内外において、有毒ガスが原子炉施設に到達するおそれが確認された場合には、原子炉を停止する。

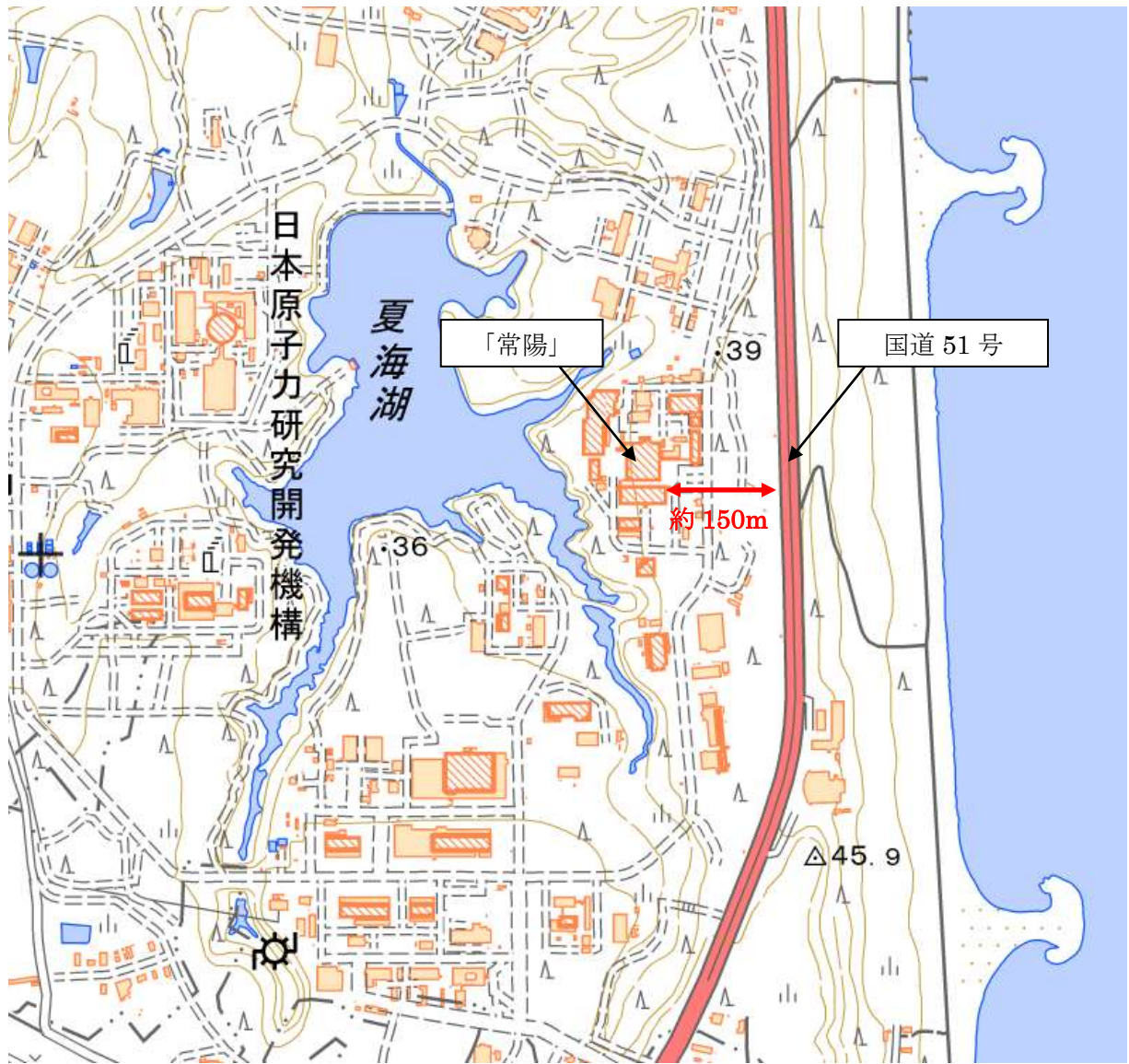
さらに、原子炉施設には、空気呼吸器を配備する。空気ボンベについては、充填可能容量が 12000 以上のものを選定する。要員 1 名の呼吸率を $24\text{l}/\text{min}^{*1}$ とした場合に、1 本の空気ボンベにより 50 分の活動時間を確保できることから、対応時間：6 時間に対して、8 本の空気ボンベを使用する。ここでは、対応要員として 5 名を想定するため、必要とする空気ボンベは、合計 40 本以上とする。運転員等は、定期的に空気呼吸器の装備装着訓練を実施することで、機材の使用に係る習熟度向上を図る。なお、空気ボンベは敷地内他施設のものもバックアップとして活用する。

*1 成人の「歩行」時の呼吸量（出典：空気調和・衛生工学便覧）



「国土地理院地図（電子国土web）」に加筆

第1図 大洗研究所と鹿島臨海地区石油コンビナート等特別防災区域の位置



「国土地理院地図（電子国土web）」に加筆

第2図 敷地に隣接する幹線道路と原子炉施設との距離

「J M T R (材料試験炉) 二次冷却系統の冷却塔倒壊」
の知見を踏まえた対応

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔が倒壊に至った根本的な原因は、当該施設が、屋外にあり、かつ、建築基準法に基づく一般的な木造建築とは異なる構造である木造の原子力施設であったことである。「常陽」において、木造の建築物はなく、同様の事象が生じることはない。

令和 2 年 2 月 27 日付け令 01 原機（環材）013「JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について」では、JMTR（材料試験炉）の二次冷却系統の冷却塔が倒壊に至った原因を以下のように推定している。

- (1) 冷却塔は、水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$ （最大瞬間風速 63m/s 相当）に耐えられるように設計されていた。一方、冷却塔の主構造部材は木材であるが、冷却塔は一般的な木造建築とは異なり、「水平荷重（風荷重）を構造部材のうち筋かいのみが負担し、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面の筋かいの荷重が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造（以下「特殊な構造」という。）」であった。
- (2) 平成 18 年 8 月の JMTR の運転停止以降、長期間にわたり当該冷却塔を使用していないことにより乾湿を繰り返し、構造部材である木材の腐朽を促進する条件が整い、木材内部の腐朽が進行した。特に、冷却塔の東西方向の 17 構面（No. 1～No. 17）のうち、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状況であった。
- (3) (1)に示す特殊な構造について十分把握できておらず、また、木材の腐朽に関するリスクや定期的な点検の必要性についてメーカーと十分共有できていなかったため、これらが設定した点検項目や方法、並びに部材等の更新計画に反映されていなかった。
- (4) (3)に示す状況により、筋かい等の構造部材に対しては、目視による点検を行い、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行っていた。目視による点検では木材内部の腐朽が把握できなかったため、(2)に示す木材内部の腐朽の進行により、特に、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、著しい耐力低下が生じた。
- (5) 水平荷重（風荷重）に対する耐力低下を把握していない状況において、台風 15 号による、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風（最大瞬間風速 30.9m/s）により、残存耐力を上回る水平荷重（風荷重）が発生した。これにより複数の筋かいが破断し、(1)に示した特殊な構造のため隣接する構面にその現象が連鎖して冷却塔の倒壊に至った。

この冷却塔の倒壊に至った経緯の推定に基づき、原因分析を行った結果、以下に示す 4 つの原因が重なって生じることにより冷却塔の倒壊に至ったと特定した。

- (1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。
冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、これに見合った保守・点検計画になっていなかった。
- (2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。
冷却塔については目視による点検を実施していたが、木材内部の腐朽を考慮しておらず、このような点検方法では、木材内部の腐朽が把握できなかった。

(3) 使用環境が大きく変わったこと。

冷却塔を長期間使用しないことにより木材の腐朽の条件が整いやすくなり、使用環境が大きく変わった。また、その際に、保守・点検計画の見直しを行っていなかった。

(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重（風荷重）を受けたこと。

台風 15 号により、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風を受けた。

原子力機構では、原子力施設の倒壊事象の再発を防止するため、原子力機構の各拠点に対し、以下の水平展開を行う。

- ・ 屋外にあり、かつ、建築基準法に基づく一般的な木造建築とは異なる構造である木造の原子力施設の設備に対し、既存の点検方法により構造部材（柱、梁、筋かい等）の劣化（腐朽、腐食等）の状態（兆候含む。）が把握できるか否かを確認する。
- ・ 劣化の状態を把握できない箇所がある場合は、当該設備に対して、今回の原因分析に対する対策に基づき、必要な措置を講ずる。
- ・ さらに、原子力機構内にある木造の建家・設備が倒壊して安全上重要な設備に影響を与えるおそれがある場合は、必要な措置を講ずる。