

HTTR 原子炉施設の設置変更許可申請に係る
審査会合質問回答
(第6条 竜巻)

令和元年5月22日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高温ガス炉研究開発センター
高温工学試験研究炉部

竜巻防護設備に対して想定している竜巻飛来物（鋼材）の代表性や防護対象設備が建家外壁で防護できない場合の具体的な防護対策を説明すること。

<回答 1（想定している竜巻飛来物（鋼材）の代表性）>

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下「竜巻ガイド」という。）に設計飛来物の選定の基本的な考え方として以下の内容が記載されている。

- (1) 設計対象施設に到達する可能性がある飛来物を検討する範囲は、原子力発電所の敷地内を原則とすること。
- (2) 選定する設計飛来物は以下の項目を満たすこと。
 - ①大きな運動エネルギーを持つ飛来物（自動車等）
 - ②施設の貫入抵抗を確認するための固い飛来物（鉄骨部材等）
 - ③開口部等を通過することができる程度に小さくて固い飛来物（砂利等）

(1) については、HTTR 敷地内の飛来物に係る現地調査（プラントウォークダウン）を行い、評価対象施設に影響を与える可能性があるものを抽出している。なお、原子力規制庁による視察は平成 30 年 7 月に行われた（参考資料 1）。(2) については、(1) で抽出した飛来物のうち、剛性が高く、かつ、飛散時の運動エネルギーが大きい鋼製材及び鋼製パイプを設計飛来物として選定した。（選定方法は平成 27 年 12 月 18 日審査会合資料に記載、記載内容は参考資料 2 に再掲）。

ここで、設計飛来物の形状は、竜巻ガイドにて設計飛来物の設定例として記載されている鋼製材及び鋼製パイプの形状とし、飛散時の運動エネルギーが設計飛来物を超える飛来物については離隔、撤去等の対策を行うこととしている。なお、設計飛来物の選定に当たり、(2) ①～③の飛散については、以下のように考慮している。

- ①については、離隔、撤去、固縛、固定による対策を行う。また、分解されて飛散するものは鋼製材に包絡される。
- ②については、飛散時の運動エネルギーの最も大きな飛来物が鋼製材であり、鋼製材及び鋼製パイプを設計飛来物として選定している。
- ③については、砂利等が通過することができるシャッター等の開口部は鋼製材が貫通するものとして評価しているため、鋼製材の評価に包絡される。

以上より、竜巻ガイドの記載を参考に鋼製材及び鋼製パイプを代表飛来物として選定している。

<回答2（防護対象設備が建家外壁で防護できない場合の具体的な防護対策）>

竜巻防護施設の外殻となる施設の外壁の厚さは、設計飛来物の貫通を生じないための必要な厚さを有しており、設計飛来物が貫通することはない。しかし、外壁の一部に裏面剥離が生じる箇所がある。（図1参照）そのような場合でも竜巻防護施設に影響のないことを以下のように確認している。

- （1）原子炉建家1Fの燃料取扱フロアでは、壁面から発生した裏面剥離コンクリートが使用済燃料貯蔵プール、貯蔵ラック及び竜巻防護施設を内包する原子炉格納容器に衝突する可能性があるが、以下により竜巻防護施設は防護される。
 - ①使用済燃料貯蔵プール及び貯蔵ラックは、使用済燃料貯蔵プールの貯蔵ラック遮へいプラグの蓋板により防護される。
 - ②原子炉格納容器は燃料交換ハッチ蓋により防護される。
- （2）使用済燃料貯蔵建家の1Fでは、壁面から発生した裏面剥離コンクリートが使用済燃料貯蔵セル及び貯蔵ラックに衝突する可能性があるが、使用済燃料貯蔵セルの貯蔵ラック遮へいプラグの蓋板により防護される。

このことから、建家の外壁で裏面剥離を防護できない場合の防護対策は必要無い。

なお、竜巻防護施設の外殻となる施設の開口部に対する飛来物の貫通については、原子炉建家については貫通先の区画に竜巻防護施設が無いことから影響は無い。また、使用済燃料貯蔵建家については、開口部を貫通した飛来物が使用済燃料貯蔵セル及び貯蔵ラックに衝突する可能性があるが、使用済燃料貯蔵セルの貯蔵ラック遮へいプラグの蓋板により防護されるため、影響は無い。

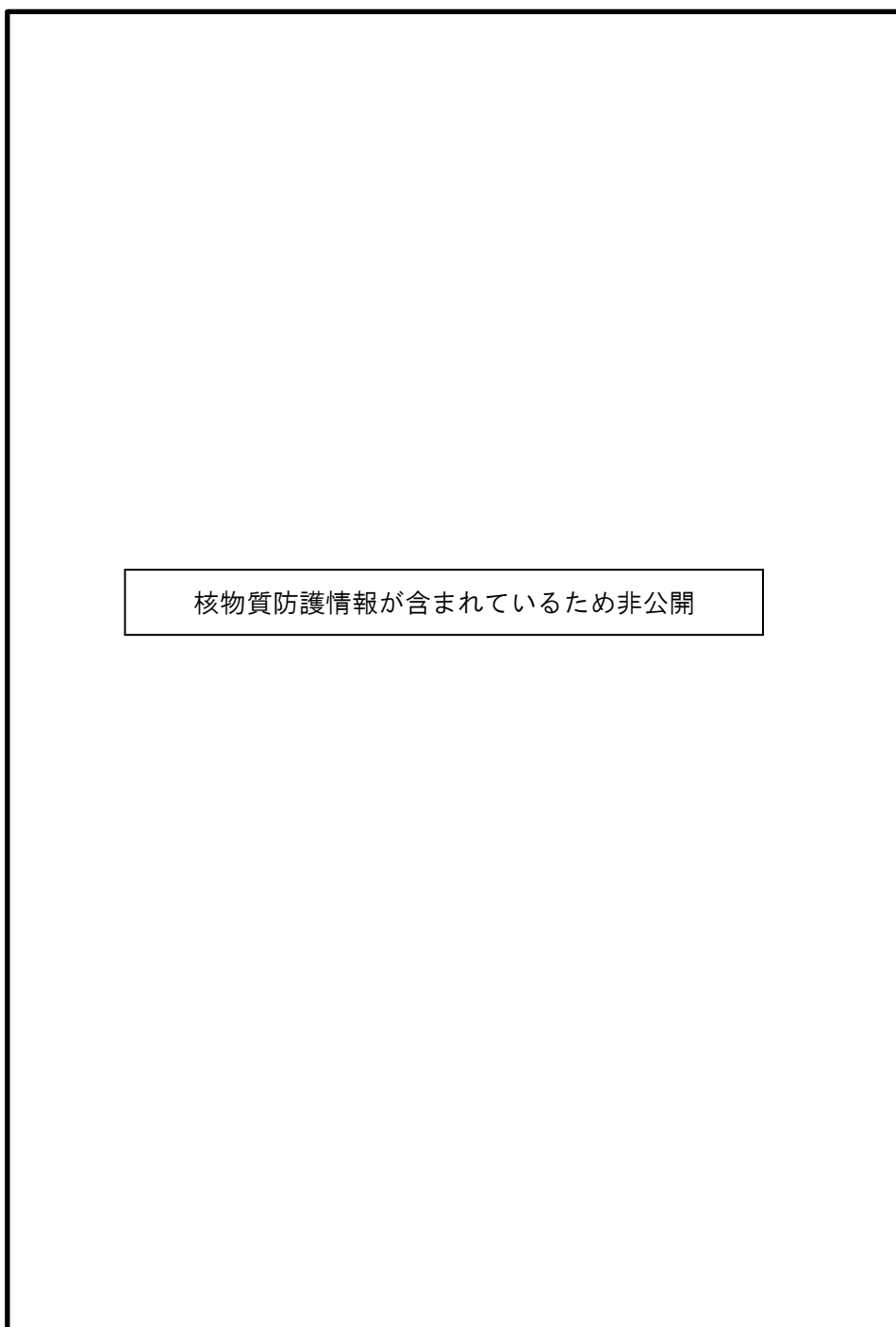


図1 裏面剥離コンクリートが衝突する可能性のある竜巻防護施設

竜巻や火山による外部事象に対して、その発生を検知し事前に原子炉を停止することとしているが、原子炉の停止手段、及び停止後の監視の手段について具体的に説明すること。

1. 火山及び竜巻に対する防護の基本的考え方について

HTTR では、平成 29 年 4 月 18 日の審査会合において、外部からの衝撃による損傷の防止に関する基本的考え方として、試験研究炉である HTTR は、実用炉と比較して潜在的リスク（エネルギー、インベントリ、崩壊熱）、事故発生時の潜在的な影響の度合いに極めて大きな違いがあり、HTTR の固有の安全特性と相まったグレーデッドアプローチを適用し、第 6 条の要求事項に適合するための考え方を示した。

発生頻度が極めて稀と考えられる火山及び竜巻に対しては、設備と運用による対策を組み合わせ、安全確保上重要な原子炉の「停止」、「冷却」、「閉じ込め」及び「使用済燃料冷却」機能を損なわない設計とする。このため、火山や竜巻に対して防護する安全機能として、HTTR の固有の安全性を考慮した、①原子炉の緊急停止機能、②放射性物質の閉じ込め機能（原子炉冷却材圧力バウンダリ及び周辺公衆に過度の被ばくを与える可能性のある系統）、③それらに必要な監視機能、及び④使用済燃料の貯蔵機能を抽出した上で、これらの安全機能を有する安全施設を防護対象施設として、影響評価を行い、安全機能を損なわないよう設計する。

火山及び竜巻に対しては、原子炉施設に影響が及ぶ前に原子炉の停止操作を講じるとともに、停止後の状態及び使用済燃料冷却の状態を監視する。監視するために必要な電源は、火山防護施設である直流電源設備の蓄電池から供給する設計とし、さらに蓄電池の枯渇後（60 分以降）は、可搬型計器、可搬型発電機等を用いて、必要な監視を商用電源が復旧するまでの間継続して行う措置を講じる。

防護対象施設以外の安全施設は、火山や竜巻による損傷を受けたとしても原子炉は安全に停止・維持でき、また放射性物質の閉じ込め及び使用済燃料の貯蔵は確保できることから、火山や竜巻による影響を評価する対象とせず、損傷した場合には代替措置や修復する等の対応により必要な機能を確保する。可搬型発電機の保管場所を図 2 に示す。

次項に竜巻発生時における原子炉の事前停止及びその後の対応措置について述べる。

2. 竜巻に対する対応

竜巻に対する対応フローを図 3 に示す。

（1）大洗研究所の対応

①竜巻情報の確認

大洗研究所では、竜巻注意情報^{※1}を受信することにより情報を入手するとともに、茨城県内に竜巻注意情報が発表された場合は、気象庁のホームページにより監視を強化することとしている。

②竜巻対応準備指示及び竜巻対応指示の発令

大洗研究所では、竜巻発生確度ナウキャスト^{※2}の1時間後までの予測図に「竜巻発生確度^{※3}2」が出現して、その移動方向に大洗研究所が含まれる予測を確認した場合に、避難、車両移動等の対応準備が必要と判断した場合は、大洗研究所長は「竜巻対応準備指示」を発令し、大洗研究所内に周知することとしている。

さらに、大洗研究所長は、竜巻発生確度ナウキャスト及び雷ナウキャスト^{※4}の1時間後までの予測図に「竜巻発生確度2」及び「雷活動度^{※5}3以上」が出現し、これらの移動方向に大洗研究所が含まれる予測を確認した場合は、「竜巻対応準備指示」から切り替え「竜巻対応指示」を発令することとしている。また、「竜巻対応指示」を発令した場合には、大洗研究所の現地対策本部を設置し、竜巻情報の進展状況及び各施設対応状況を確認することとしている。

(2) HTTR 原子炉施設の対応

①事前措置

竜巻の発生に備え、事前に以下の措置を実施する。

建家周辺の資機材類について、事前に固縛等の飛散防止対策を実施する。

また、気象情報から、発達した低気圧や大雨などにより竜巻などの激しい突風が予想される場合、「竜巻などの激しい突風に注意」という予報が発表される。その場合、車両等については、事前にHTTR敷地外の範囲(車両の飛散距離約170m以遠の範囲)に駐車する。さらに、竜巻の前兆として確認される、空の変化(急に暗くなる、雷鳴が聞こえる、ひょうが降ってくる等)に注意し、その兆しがあった場合、レーダー・ナウキャストにより監視強化を行う。

②竜巻対応準備指示発令及び竜巻対応指示発令時の対応

竜巻対応準備指示が発令された場合は、屋外作業の実施状況を確認するとともに、避難場所(原子炉建家内等)、車両の移動先等を周知する。

竜巻対応指示が発令された場合、原子炉運転中の時は、手動スクラムにより原子炉の停止操作を行う。屋外作業は禁止させるとともに、原子炉建家内等へ避難させる。また、原子炉運転中又は使用済燃料貯蔵中にある場合は、竜巻による車両の飛来によって原子炉建家等が損傷することを防止するため、HTTR敷地外の範囲(車両の飛散距離約170m以遠の範囲)に車両を移動する。なお、原子炉運転員の車両については、竜巻による飛来の影響を考慮する必要がないよう、予め原子炉建家等に影響を及ぼさない範囲に駐車する措置を講じる。車両の移動先の範囲を図4に示す。

③竜巻により商用電源等が喪失した場合の対応

竜巻により商用電源が喪失し、さらに非常用発電機による電力供給を行わない場合でも、原子炉を停止した後は、HTTR固有の安全特性により、炉心は自然に冷却されるとともに、原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性は維持され、原子炉は安全に停止・維

持が可能である。このため、竜巻による商用電源喪失時等においては、補助冷却設備等への動力源としての電源供給は不要であり、蓄電池からの供給により停止後に必要な監視を継続して行う。また、第42条（全交流動力電源喪失）に係る対応措置を行うことで、蓄電池の枯渇後（60分以降）についても、原子炉停止後に必要な監視を可搬型計器、可搬型発電機等により継続する。蓄電池の枯渇後に必要な監視項目は、以下に示す第42条に係る監視項目と同様であり、可搬型計器、可搬型発電機等による監視体系は蓄電池枯渇前までに構築する。

- 1) 炉心冷却機能及び原子炉冷却材圧力バウンダリの閉じ込め機能の監視
原子炉圧力容器上鑑温度及び補助冷却器出口ヘリウム圧力
- 2) 使用済燃料貯蔵プールの貯蔵機能の監視
使用済燃料貯蔵プール水位

※1：「竜巻注意情報」とは、積乱雲の下で発生する竜巻、ダウンバーストなどの激しい突風に対して注意を呼び掛ける情報で、雷注意報を補足する情報として、各地の気象台等が担当地域を対象に発表する情報。

※2：「竜巻発生確度ナウキャスト」とは、竜巻の発生確度を10km格子単位で解析し、その1時間後（更新は10分間隔）までの予測を気象庁が行うもの。

※3：「竜巻発生確度」とは、気象ドップレーダーなどから「竜巻が今にも発生する（又は発生している）可能性の程度」を、気象庁が表1のように推定したもの。

表1 竜巻発生確度ごとの内容

発生確度2	竜巻などの激しい突風が発生する可能性があり注意が必要である。予測の適中率は7～14%程度*、捕捉率は50～70%程度*である。発生確度2となっている地域に竜巻注意情報が発表される。
発生確度1	竜巻などの激しい突風が発生する可能性がある。発生確度1以上の地域では、予測の適中率は1～7%程度*であり発生確度2に比べて低くなるが、捕捉率は80%程度*であり見逃しが少ない。

*：適中率及び捕捉率は平成30年12月時点の値であり、過去30か月の検証により見直される。

※4：「雷ナウキャスト」とは、雷の激しさや雷の可能性を1 km格子単位で解析し、その1時間後（更新は10分間隔）までの予測を気象庁が行うもの。

※5：「雷活動度」とは、雷監視システムによる雷放電の検知及びレーダー観測などを基にして、表2に示す活動度1～4で気象庁が表すもの。

表2 雷活動度ごとの雷の状況

活動度	雷の状況	
4	激しい雷	落雷が多数発生している。
3	やや激しい雷	落雷がある。
2	雷あり	雷光が見えたり雷鳴が聞こえる。落雷の可能性が高くなっている。
1	雷可能性あり	現在、雷は発生していないが、今後落雷の可能性はある。

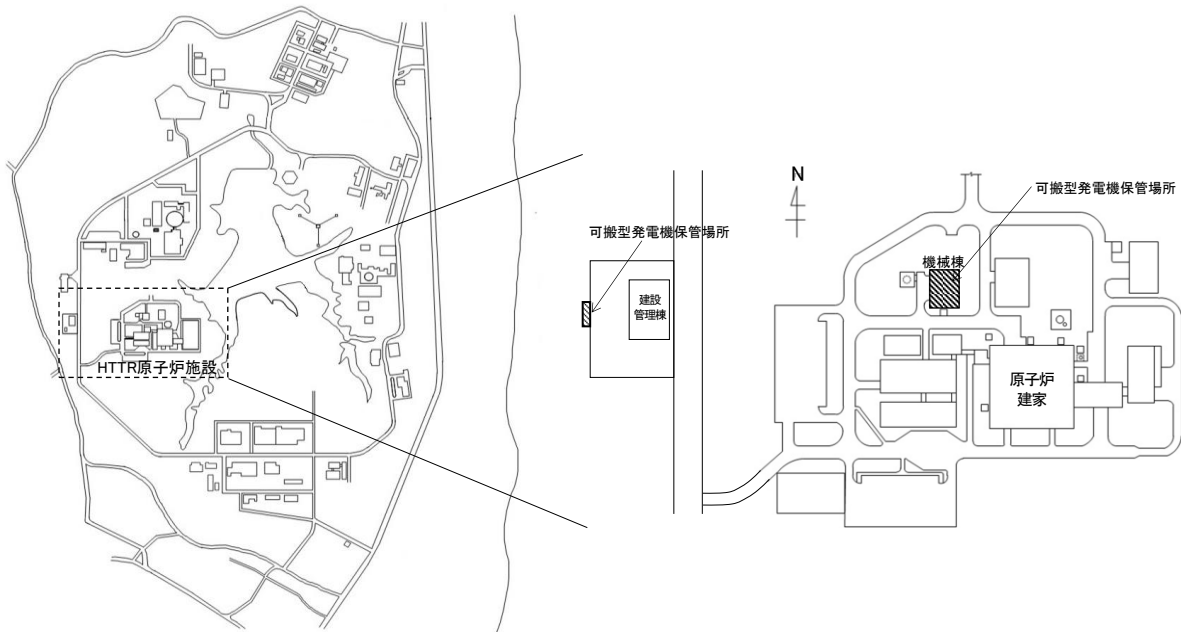


図2 可搬型発電機の保管場所

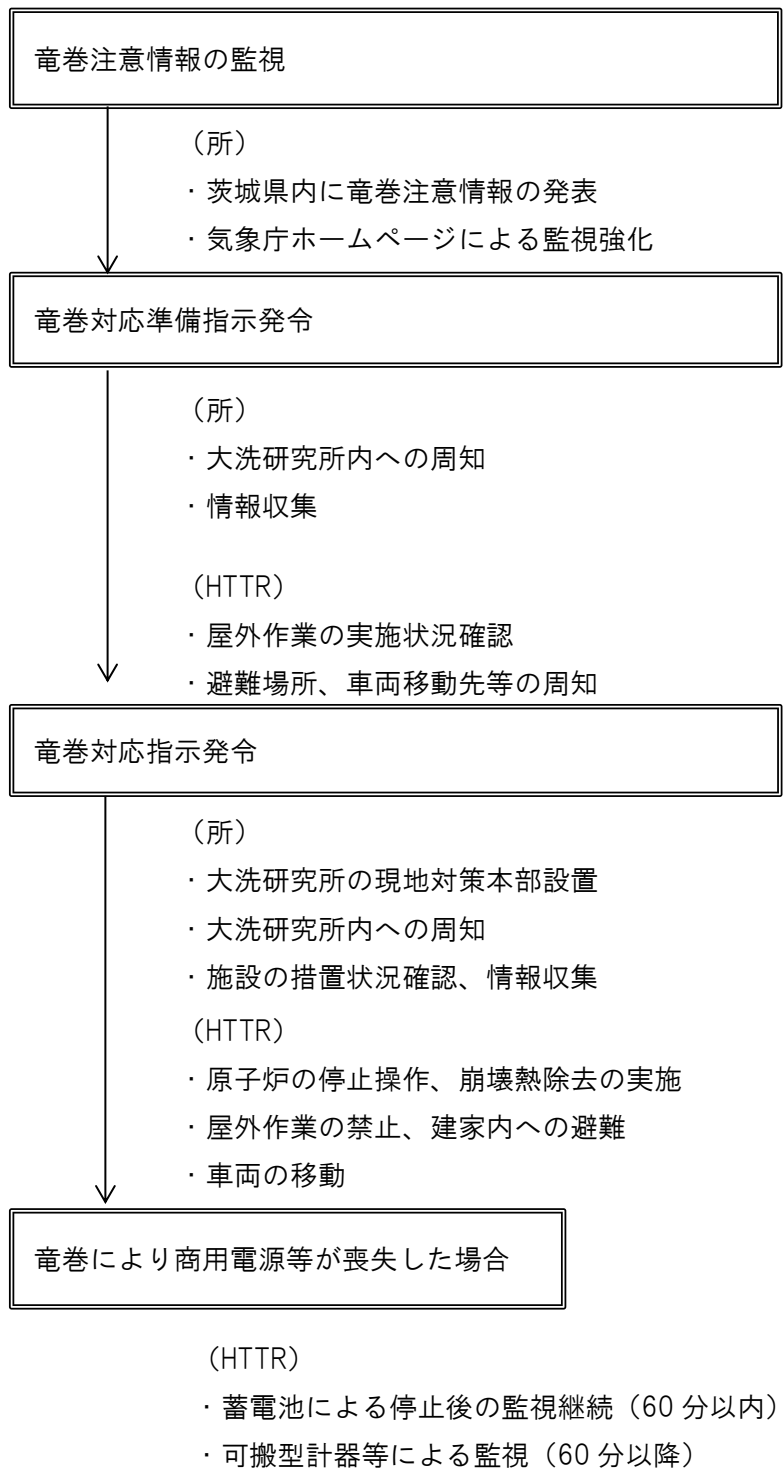


図 3 竜巻に対する対応フロー

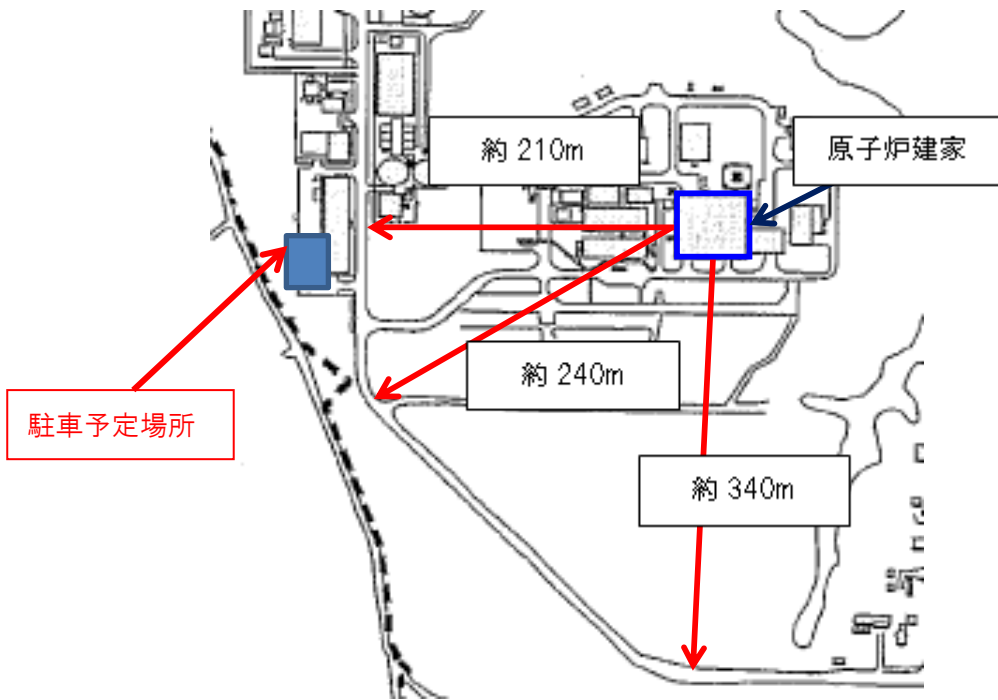


図 4 車両の移動先の範囲

