

第三者検証委員会(第3回)

2023年2月16日

(ご質問を踏まえて、以下のように説明内容を整理)

資料3-1: 提出した報告書について

- ・茨城県からの要請文書に係る当社の受け止め
- ・報告書作成時点での考慮事項
 - ・ 拡散シミュレーションの実施内容
 - ・ 設定した事故について
- ・事故設定について、頂いたご質問への対応について

資料3-2: システム・解析コードの信頼性及び気象条件の妥当性に係る補足説明

- ・R-Cubic, 気象条件に関するご質問・コメント
 - ・ R-Cubic : 事故実績との比較の可否, 他コードとの比較等
 - ・ 気象条件: 大気安定度を考慮した気象条件による評価

資料3-3: ご質問回答(個別事項)

提出した報告書について

2023年2月16日

本報告書は、茨城県からの要請に応えるため、東海第二発電所に係る放射性物質の拡散シミュレーションを一定の条件を置いて実施し、その結果を取りまとめたものである。

【茨城県からの要請(要旨)】

国の防災基本計画においては、東海第二発電所からおおむね半径30km圏内の地方公共団体に広域避難計画の策定を義務づけているが、避難計画の策定に当たり想定すべき事故・災害が具体的に示されていない。

このため、茨城県は最悪の事態も念頭に事故・災害を想定のうち、事故の進展や放射性物質の拡散等に関するシミュレーションなどにより、避難計画の実効性を検証することとしており、東海第二発電所における事故を想定した放射性物質の拡散シミュレーションを下記の条件を踏まえ実施するよう要請する。

記

国の新規制基準に基づき新たに設置する安全対策が十分に機能せず、東海第二発電所から30km周辺まで避難・一時移転の対象となる区域が生じ、かつその区域が最大となると見込まれる事故・災害を想定すること。

①茨城県からの要請文書に係る当社の受け止め



本報告書は、茨城県からの要請に応えるため、東海第二発電所に係る放射性物質の拡散シミュレーションを一定の条件を置いて実施し、その結果を取りまとめたものである。

【茨城県からの要請(要旨)】

国の防災基本計画においては、東海第二発電所
地方公共団体に広域避難計画の策定を義務づけ
り想定すべき事故・災害が具体的に示されていない。

このため、茨城県は最悪の事態も念頭に事故・災害を想定し、事故の進展や放射性物質の拡散等に関するシミュレーションなどにより、**避難計画の実効性を検証すること**としており、**東海第二発電所における事故を想定した放射性物質の拡散シミュレーション**を下記の条件を踏まえ実施するよう要請する。

30キロメートル周辺まで、避難等の対象となる最大の区域を想定したうえで、避難・一時移転を行う際に必要な資機材数等を確認(2022年9月22日 令和4年予算特別委員会での議会答弁など)

仮想的な事故条件であることを対外的に説明することを念頭に、分かり易さにも配慮して事故を設定(③で説明)

記

上記目的のため、原子力災害対策指針(以下、指針という)の考え方にに基づき、OILの初期設定値をもとに避難・一時移転の範囲の評価を実施(②で説明)

国の新規制基準に基づき新たに設置する安全対策が十分に機能せず、東海第二発電所から30km周辺まで避難・一時移転の対象となる区域が生じ、かつ**その区域が最大となると見込まれる事故・災害を想定すること。**

複数の気象に対して評価を行うことによつて、最大と見込まれる事故・災害を想定した

②拡散シミュレーションの実施内容

指針の記載に基づき、OILの初期設定値をもとに避難・一時移転の範囲の評価を実施

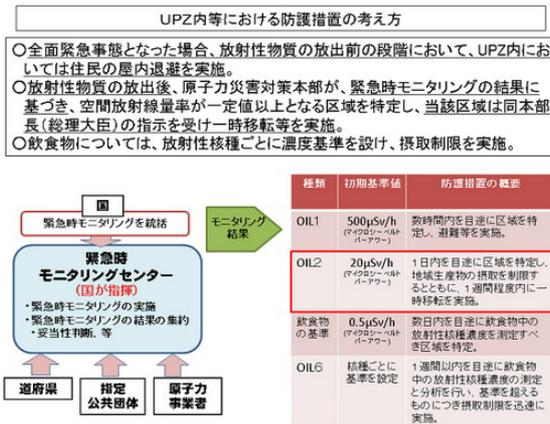
- UPZ内における避難・一時移転の範囲を評価するために、原子力災害対策指針におけるOIL1,2の初期設定値を参照した【報告書P31】

【参考】内閣府HPより (https://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/faq/faq.html)

Q5. UPZでは、いつ避難するのですか。

A. 原子力災害対策指針では、全面緊急事態となった場合、UPZ内の住民は、屋内退避することにより、放射性物質や放射線の影響を低減することにしています。さらに、放射性物質が環境中に放出された後の緊急時モニタリングの結果、空間放射線量が一定以上に上昇した場合には、一時移転などの防護措置を行います。このための判断基準としてOIL(Operational Intervention Level:運用上の介入レベル)を定めています。

【UPZ圏内における防護措置の考え方】



(補足)

- 全面緊急事態となった場合、UPZにおける防護措置の基本は屋内退避である。
- UPZの避難／一時移転は、放射性物質の放出後、地表面からの放射線による継続的な被ばくを出来る限り低減する観点で実施するとされている。仮に、プルームが通過中に避難／一時移転を開始した場合には、かえって被ばくが増加する可能性がある。
- 今回評価では指針の考え方に基づき、地表面からの空間放射線量を対象に評価を行っている。

Q10. UPZの住民は屋内退避することになっていますが、被ばくが心配です。どのように対応するのですか。

A. 全面緊急事態に至った場合、UPZ内の住民は、屋内退避を実施することになります。これは、放出された放射性物質が通過する時に車中内を含めて屋外にすることで、かえって被ばくすることを回避するためです。また、戸締りをする等密閉性を高めた建物内に退避することにより、放射性物質からの放射線が一定程度遮へいされるとともに、屋外からの放射性物質の流入が抑制されることにより、放射性物質の体内への吸入等が低減されることで、放射線の影響を低減することができます。

【屋内退避による被ばく線量低減の試算例】

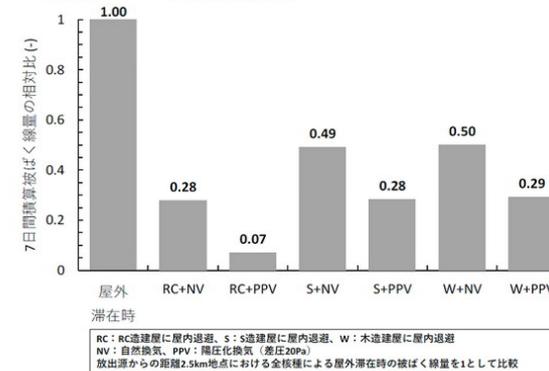


図 放出源からの距離2.5 km地点における、屋外滞在時の被ばく線量を1とした場合の建屋種類ごとの換気別(自然及び扇任化)の7日間積算被ばく線量の相対比(全核種)(原子力災害発生時の防護措置—放射線防護対策が講じられた施設等への屋内退避—について【暫定版】(内閣府原子力防災作成)より抜粋)

②拡散シミュレーションの実施内容

拡散シミュレーションでは、地表沈着した放射性物質からの空間放射線量率が、避難・一時移転の対象となる区域の特定のために設定された運用上の介入レベル(OIL)を超える範囲を評価した。

- ・放射性物質の放出後、継続的に高い空間放射線量率が計測された地域：
 - ⇒ 地表面からの放射線等による被ばくの影響をできる限り低減する観点から、数時間から1日以内に住民等について避難等の緊急防護措置 } OIL1
- ・それと比較して、低い空間放射線量率が計測された地域：
 - ⇒ 無用な被ばくを回避する観点から、1週間以内に一時移転等の早期防護措置 } OIL2

OILと防護措置について(原子力災害対策指針 表3より抜粋)

基準の種類	基準の概要	初期設定値	防護措置の概要
OIL1 緊急防護措置	地表面からの放射線，再浮遊した放射性物質の吸入，不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため， <u>住民等を数時間内に避難や屋内退避等させるための基準</u>	<u>毎時500マイクロシーベルト</u> (地上1mで計測した場合の空間放射線量率)	<u>数時間内を目途に区域を特定し，避難等を実施。(移動が困難な者の一時屋内退避を含む)</u>
OIL2 早期防護措置	地表面からの放射線，再浮遊した放射性物質の吸入，不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため， <u>地域生産物の摂取を制限するとともに，住民等を1週間程度内に一時移転させるための基準</u>	<u>毎時20マイクロシーベルト</u> (地上1mで計測した場合の空間放射線量率)	<u>1日内を目途に区域を特定し，地域生産物の摂取を制限するとともに，1週間程度内に一時移転を実施。</u>

仮想的な事故条件であることを対外的に説明することを念頭に、分かり易さにも配慮して事故を設定

- 東海第二発電所では福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえて様々な安全対策を追加。環境中に大量の放射性物質が放出されることないように、これらの安全対策を徹底していくことが当社の使命と認識。
- 一方、茨城県からの要請を受けて、30km周辺まで避難・一時移転の範囲が生じる事故条件の検討を開始。安全対策の強化を考慮した場合には茨城県の要請を満足しなかった（シミュレーションⅠ）。このため、仮想的な事故条件での拡散シミュレーションを実施した。
- 仮想的な事故条件であることが住民の皆様にも分かり伝わることを念頭に、「福島第一原子力発電所の事故以降に強化した安全対策のほとんどが機能せずに、福島第一原子力発電所と同等の事故が発生して可搬型設備のみで対応する」との設定とした。
 - ① 多重性・多様性のある常設の原子炉注水設備／格納容器除熱設備が事象発生後に一斉に機能喪失する
 - ② フィルタ付ベント装置が機能せずに格納容器破損に至る
 - ③ 可搬型設備については、更なる高台に保管していることや複数のアクセスルートを整備して発電所の状況に応じた柔軟な対応が可能なため使用する。注水開始時間などについて国の審査を超えた検討を行う。
- 第1回の検証委員会では、設定した事故が「仮想的な条件」であることを確認頂くため、①新たに設置する対策の有効性評価の例示、②重大事故等対処設備を考慮した確率論的リスク評価結果、③自然現象に関する対策／分析例をご説明。

仮想的な事故条件であることを対外的に説明することを念頭に、分かり易さにも配慮して事故を設定

- 評価しているのが1つの事故であることについてご質問を頂いており、説明性を向上すべく、対応を検討中。

対応（例）

- 米国NRCによる更新ソースターム（NUREG-1465）を活用し、核種の比率の違いによる影響を確認して異なる事故条件に関する説明性を向上する など

NUREG-1465の概要

- 米国NRCが1995年に発行
- 5つの原子炉施設の確率論的安全評価結果を取り纏めたNUREG-1150の分析結果等から標準的なソースタームを策定

Accident Source Terms for
Light-Water Nuclear Power Plants

Final Report

U.S. Nuclear Regulatory Commission

Office of Nuclear Regulatory Research

L. Soffer, S. B. Burson, C. M. Ferrell,
R. Y. Lee, J. N. Ridgely



	Gap Release***	Early In-Vessel	Ex-Vessel	Late In-Vessel
Duration (Hours)	0.5	1.5	3.0	10.0
Noble Gases**	0.05	0.95	0	0
Halogens	0.05	0.25	0.30	0.01
Alkali Metals	0.05	0.20	0.35	0.01
Tellurium group	0	0.05	0.25	0.005
Barium, Strontium	0	0.02	0.1	0
Noble Metals	0	0.0025	0.0025	0
Cerium group	0	0.0005	0.005	0
Lanthanides	0	0.0002	0.005	0

* Values shown are fractions of core inventory.

** See Table 3.8 for a listing of the elements in each group

*** Gap release is 3 percent if long-term fuel cooling is maintained.

仮想的な事故条件であることを対外的に説明することを念頭に、分かり易さにも配慮して事故を設定

＜米国の更新ソースターム（NUREG-1465）の活用先の例＞

- ・「原子力災害事前対策の策定において参照すべき線量のめやすについて」（平成30年10月17日 原子力規制委員会）で引用されるなど国内外で活用されており、リファレンス解析に使用可能と判断。

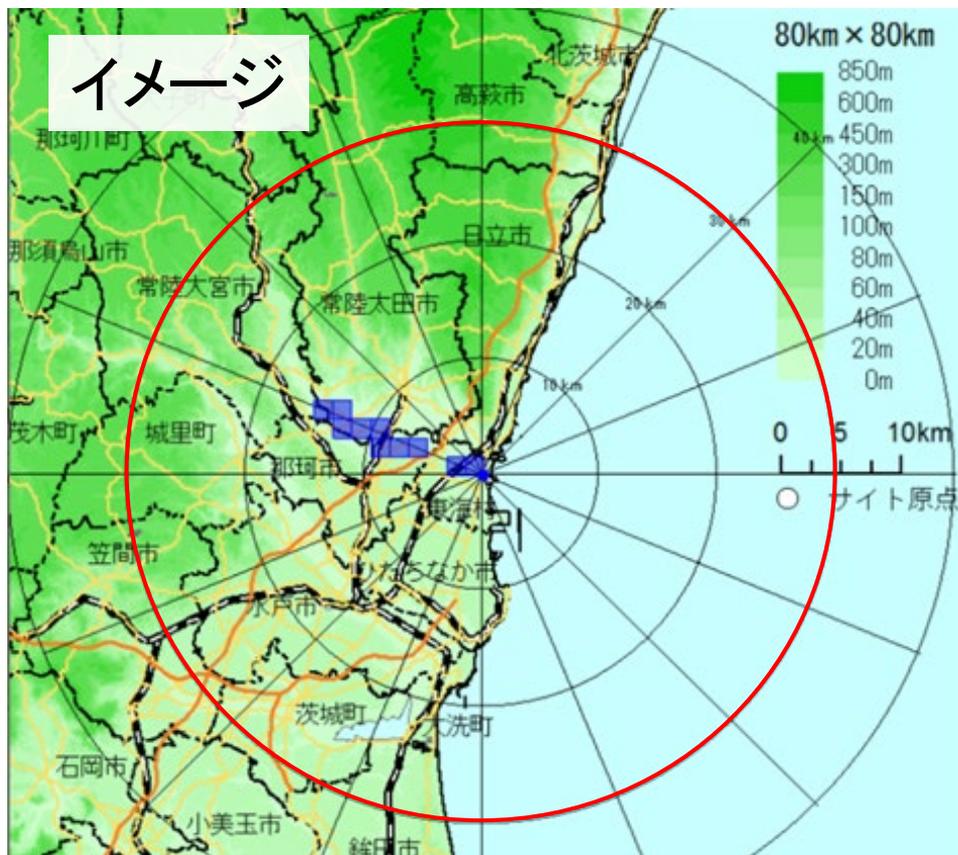
4. 事前対策において備えておくことが合理的であると考えられる事故は、深層防護における各層間の独立性にも留意し、適合性審査において評価された重大事故シナリオを超える Cs-137 の放出が 100TBq に相当するもの（ただし、希ガスは全量放出）とする²。

なお、その発生確率が極めて低く、具体的な緊急時計画を策定することが合理的であるとは考えられない極端な事故に対しても、当該事故が万が一発生した場合には、既に定められている防護措置に加えて追加の対策を実行するなど、その時点において取り得る最善の対策を講じることにより、可能な限り影響を緩和するよう取り組む。

² 環境中に放出される放射性物質の量は、具体的な事故のシーケンスに関係なく、Cs-137 については 100TBq とし、その他の核種については、米国 NRC の NUREG-1465 から得られた各核種グループ（ヨウ素類等）の格納容器への放出割合に応じて比例計算して算出する。希ガスは全量が放出されるものとする。また、原子炉停止から放出開始までの時間は 24 時間とする。

検討のイメージ

Cs-137の放出量を100TBqとした場合の評価結果



- OIL範囲が30kmに達するまで、Cs-137等の放出量を増加（NUREG-1465の比率ベース）
- 報告書の評価結果と比較

放出割合の違いが評価に与える影響を確認し、事故条件の違いに対するの考察を実施

	NUREG1465 (Cs-137が100TBqの場合)	報告書の評価に 用いた放出割合
I	2.3E-04	6.6E-04
Cs	2.3E-04	1.0E-03
Te	1.2E-04	1.1E-05
Ba	4.6E-05	9.6E-10
Ru	1.9E-06	4.2E-09
Ce	2.1E-06	5.2E-11
La	2.0E-06	1.5E-11

第三者検証委員会
(第3回)
システム・解析コードの信頼性及び気象条件の
妥当性に係る補足説明

2023年2月16日
日本原子力発電株式会社

	項目	ご質問・コメント概要	説明概要
1	システム・解析コードの信頼性	・1F事故の実績と比較 ・他のコードと比較	・1F事故の実績との比較について ・MACCS2との追加比較 ・ガウスプルーム/パフプルームの比較等
2	気象条件(抽出の考え方等)の妥当性	・大気安定度(F型の時が一番範囲が広がる)も考えて抽出	・大気安定度を変更した場合 ・大気安定度を考慮した気象条件の抽出 ・安定型の出現頻度等

1. システム・解析コードの信頼性：1F事故の実績との比較

R-Cubicにおける1F事故との比較の可否

- R-Cubicは、納入されたサイトごとにプラントデータ・地形データを設計しており、当社所有のR-Cubicにおいて福島第一原子力発電所のデータは整備されておらず、同事故と比較することは困難。また、メーカにおいても福島第一原子力発電所への適用実績が無いため、地形モデルの整備から実施する必要がある。
- 当社所有のR-Cubic(東海第二サイト)にて同事故のソースターム及び気象条件による評価を行うことは不可能ではないが、上記のとおり地形データの差異から福島第一事故の拡散状況と比較し同等の結果が得られる保証はない。また、R-Cubic入力用のデータ整理には、相応の時間を要する。



- 以上の点から、今回は1F事故による拡散状況を再現した検証は実施していない。

- 放射エネルギー評価の再現性については、「福島第一原子力発電所事故の推定解析, INSS JOURNAL Vol. 19 2012 NT-19」や「原子力災害時事象進展予測技術の開発ーこれまでの開発状況と今後の課題ー, INSS JOURNAL Vol. 21 2014 RV-1」にて、福島第一原子力発電所のプラントを模擬したモデルを用いた解析を行い、国の公表値と概ね一致するとの記載がある。

表 18 国および東京電力が発表した放射性物質放出量との比較 (単位: Bq)

		希ガス 0.5MeV 等価	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137
本研究	IPPS 推定結果	1.27E + 18	8.48E + 15	7.08E + 14	5.99E + 14
	R-Cubic 推定結果	4.68E + 18	2.78E + 17	1.91E + 16	1.88E + 16
原子力安全委員会 公表値	H23.4.12 ⁽¹⁸⁾	-	1.50E + 17	-	1.20E + 16
	H23.5.12 ⁽¹⁹⁾	-	1.50E + 17	-	1.30E + 16
	H23.8.22 ⁽²⁰⁾	-	1.30E + 17	-	1.10E + 16
日本原子力研究開発機構推定値 ⁽²¹⁾		-	1.20E + 17	-	9.00E + 15
原子力安全・保安院 概算値	H23.4.12 ⁽²²⁾	-	1.30E + 17	-	6.10E + 15
	H23.6.6 ⁽¹⁾	-	1.60E + 17	1.80E + 16	1.50E + 16
	H24.3.28 ⁽²³⁾	-	1.50E + 17	-	8.20E + 15
東京電力推定値 ⁽²⁴⁾		5.00E + 17	5.00E + 17	1.00E + 17	1.00E + 17

INSS JOURNAL Vol. 19 2012 NT-19より引用

他のコードとR-Cubicによる評価結果の比較

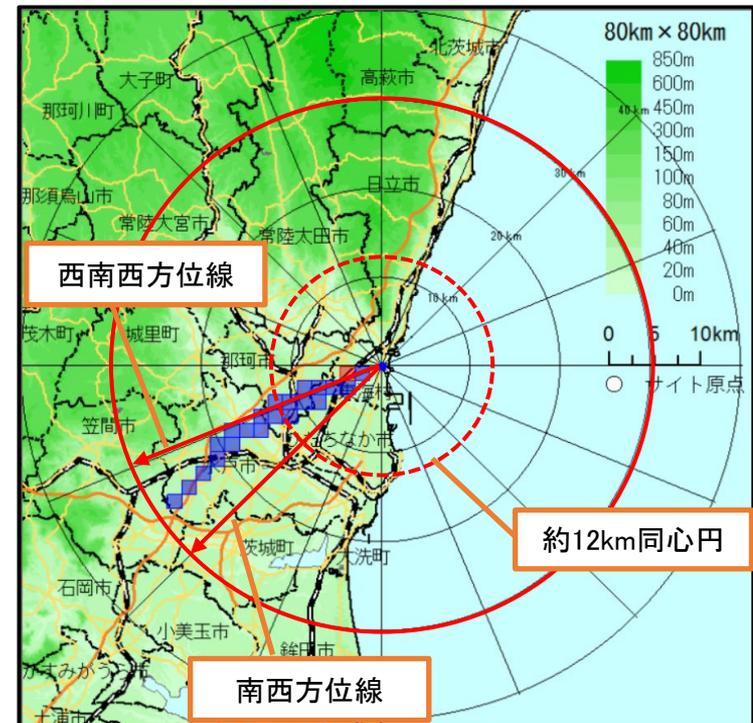
- R-Cubicに関する公開文献は、主に事故解析に基づく放射エネルギー評価機能に関するものであり、拡散評価機能について個別に評価したり、他コードと比較したという文献はない。
- 第2回において2020年度気象を用いた評価を提示したMACCS2を対象とし、評価条件(気象条件)をR-Cubicと近似させ、以下の比較を行った。
 - ① MACCS2の気象条件をR-Cubicへ入力
 - 第2回にて提示したMACCS2の評価に使用した気象データから開始日時を抽出し、R-Cubicにて空間線量率(防護措置範囲)を評価
 - ② 気象条件①②をMACCS2へ入力
 - R-Cubicによる評価に用いた気象条件①②で抽出された日時を開始日時とし、MACCS2の空間線量率を評価

1. システム・解析コードの信頼性: 他コードとの比較

① MACCS2の気象条件をR-Cubicへ入力した場合の防護措置範囲

- 第2回にて参考提示したMACCS2(グランドシャイン97%値の空間線量率)を評価した際の気象条件を用いて, R-Cubicで評価した。
- 模擬的に求めたMACCS2の空間線量率の方位別97%値から, 空間線量率の評価にて $20 \mu\text{Sv/h}$ となる距離が陸側で最遠となった距離(南西12km)を算出した際の23時間の積算線量を与える気象条件(日時)を確認し, R-Cubicの気象条件として使用した。
- R-Cubicに入力する風向は, MACCS2における該当日時の風向にて一定とし, その他気象条件は実気象の時系列変化と同一の仮想条件とした。

- OIL1が1地点, OIL2が20地点となり, 最遠で約28km地点にOIL2が生じた。
- 風向を一定としたものの, 地形の影響を受け, 南西に対し1方位ほどそれた分布となったと考えられる。
- $20 \mu\text{Sv/h}$ の分布方位・到達距離ともMACCS2とは一致しない。

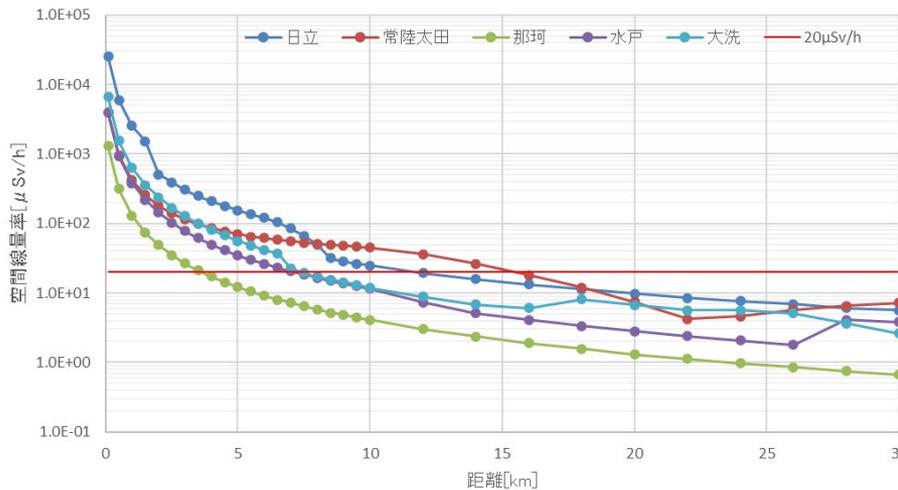


1. システム・解析コードの信頼性: 他コードとの比較

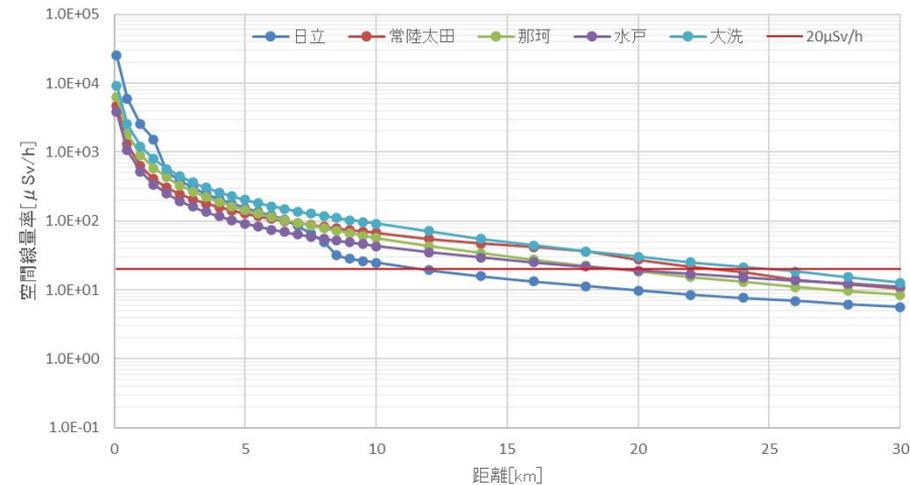
② 気象条件①②をMACCS2へ入力した場合のMACCS2における方位別空間線量率

- MACCS2にて、気象条件①②として抽出された日時を評価開始日時とした場合の評価を行った。
- 第2回にて提示した結果と同様に、入力データの設定を工夫することにより求めた23時間後と24時間後の積算線量の差分から、放出から24時間後における疑似的な空間線量率として算出した。
- 風上方位は、気象条件①②の開始日時における風向が継続したとして評価。

方位別空間線量率【気象条件①】



方位別空間線量率【気象条件②】



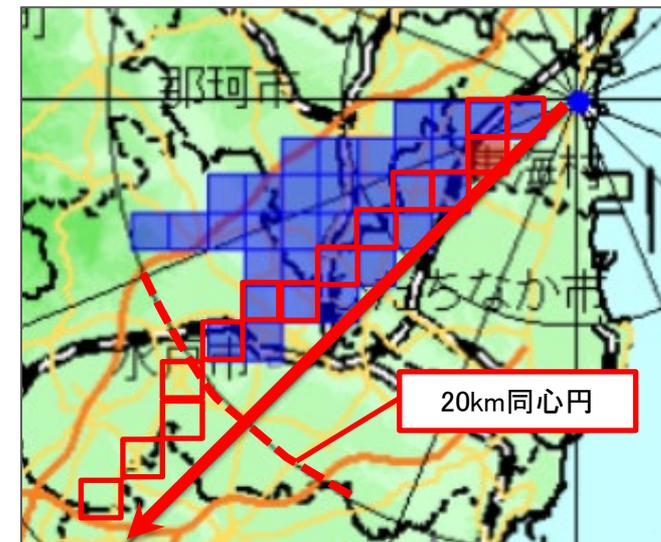
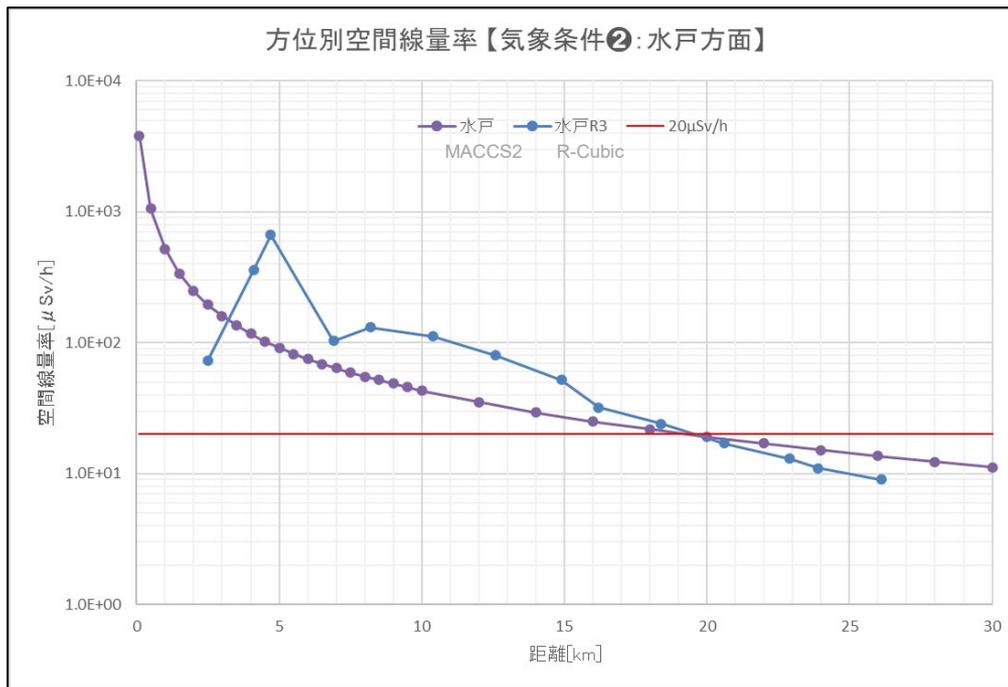
	方面	日立※	常陸太田	那珂	水戸	大洗
気象条件①	風上方位	SSW	SSE	ENE	NE	N
	到達距離[km]	12	15	3.5	7	7
気象条件②	風上方位	SSW	SSE	ENE	NE	NNE
	到達距離[km]	12	22	18	18	24

※: 日立方面は、気象条件①②で同一日時

1. システム・解析コードの信頼性: 他コードとの比較

気象条件②をMACCS2へ入力した場合の空間線量率(R-Cubicとの比較)

- 気象条件②(水戸方面)のR-Cubicにおける空間線量率と、MACCS2における距離毎の空間線量率を示す。
- 風向が固定(風下南西)での評価となるMACCS2と、R-Cubicの空間線量率が上昇した地点(防護措置範囲及びOIL2未満の空間線量率の上昇した範囲)の拡がる方位ではずれがあることから、R-Cubicについては比較的空間線量率の大きいセルを風下方位に直線的に選択した。(右下図の赤枠セルの空間線量率の値をR-Cubicから抽出)



20 μSv/h到達距離は同程度となったものの、地形の考慮の有無等から、直接的な比較が困難。

1. システム・解析コードの信頼性: 他コードとの比較

- **R-CubicとMACCS2では、拡散モデル(地形の考慮の有無を含む)、気象データ、線量換算の取扱い等が異なり、出力結果(評価結果)による直接比較は困難。**
 - 地形を考慮できるコードとして代表的なSPEEDIと比較した場合においても、評価計算を行うメッシュサイズや、計算モデルの違いにより、同等の結果が得られるとは限らない。(なお、ソースタームや気象条件の整理等を新たに実施する必要があるため、今回比較対象としていない。)
- R-Cubicユーザに配布されるマニュアルでは、R-Cubic用の濃度線量計算プログラムにおけるガウスプルームモデルとパフモデルについて、規格化した気象条件、放出率、および地形を考慮しない状態における地表空气中濃度の計算結果を比較している。

R-Cubicのユーザマニュアル内での検証内容

(1) パフ地表空气中濃度計算プログラムの検証

- パフ濃度計算式の計算結果と、R-Cubicのパフ地表空气中濃度計算プログラムの計算結果を比較し、計算プログラムの数値誤差を除き一致することを確認している。

(2) プルーム地表空气中濃度計算プログラムの検証

- プルーム濃度計算式の計算結果と、R-Cubicのプルーム地表空气中濃度計算プログラムの計算結果を比較し、計算プログラムの数値誤差を除き一致することを確認している。

- (1)(2)の計算の妥当性を確認したうえで、双方の計算結果の一致を確認している。

1. システム・解析コードの信頼性: 他コードとの比較

- 今回は、マニュアルに記載されているパフモデルの計算結果と、別途ガウスプルームモデルの計算をした結果を比較することで、評価計算の妥当性を確認した。

- 核となる拡散計算部分

- MACCS2: ガウスプルームモデル

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left(-\lambda\frac{x}{U}\right) \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$

- R-Cubic : パフモデル

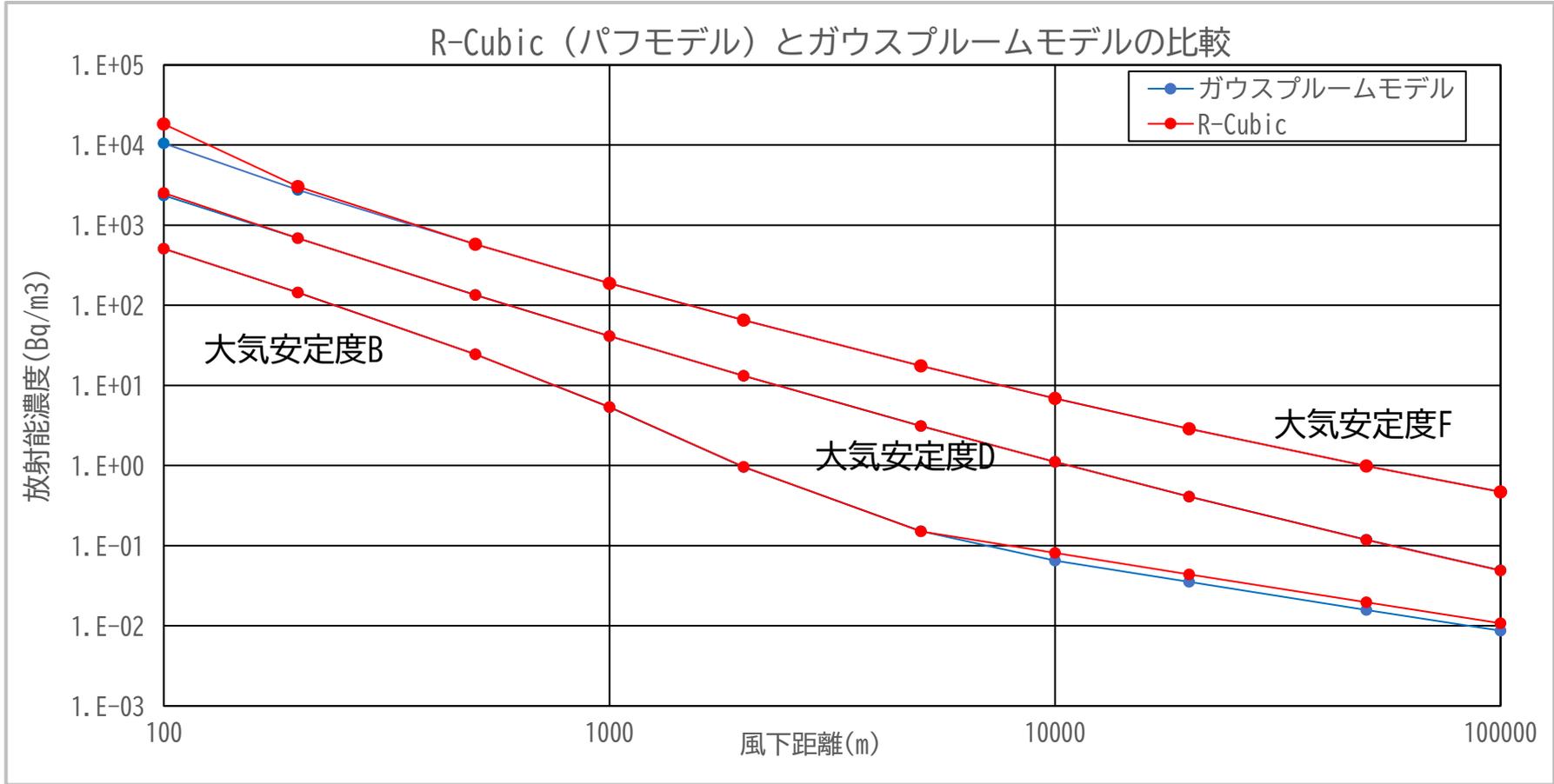
$$\chi_i(x, y, 0) = \frac{Q_i}{(\sqrt{2} \cdot \pi^{3/2} \sigma_y^2 \sigma_z^2)} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{h}{\sigma_z}\right)^2\right]$$

ガウスプルームモデルとの比較のため

- 標準気象（風速1m/sで一定）
- 放出率（1GBq/h）に相当するようパフを連続放出
- 地形を考慮しない

1. システム・解析コードの信頼性: 他コードとの比較

○比較結果



放出高さ0m, 放出率 1GBq/h, 風速 1m/s

両者で良い一致を示しており、拡散評価機能は同等の性能と言える

R-Cubicへ入力する気象データを変更し、その影響を確認した。

R-Cubicにおける気象データ

- 風向
- 風速
- 降雨
- 大気安定度 ← 今回の着目点: 安定, 不安定時の差異

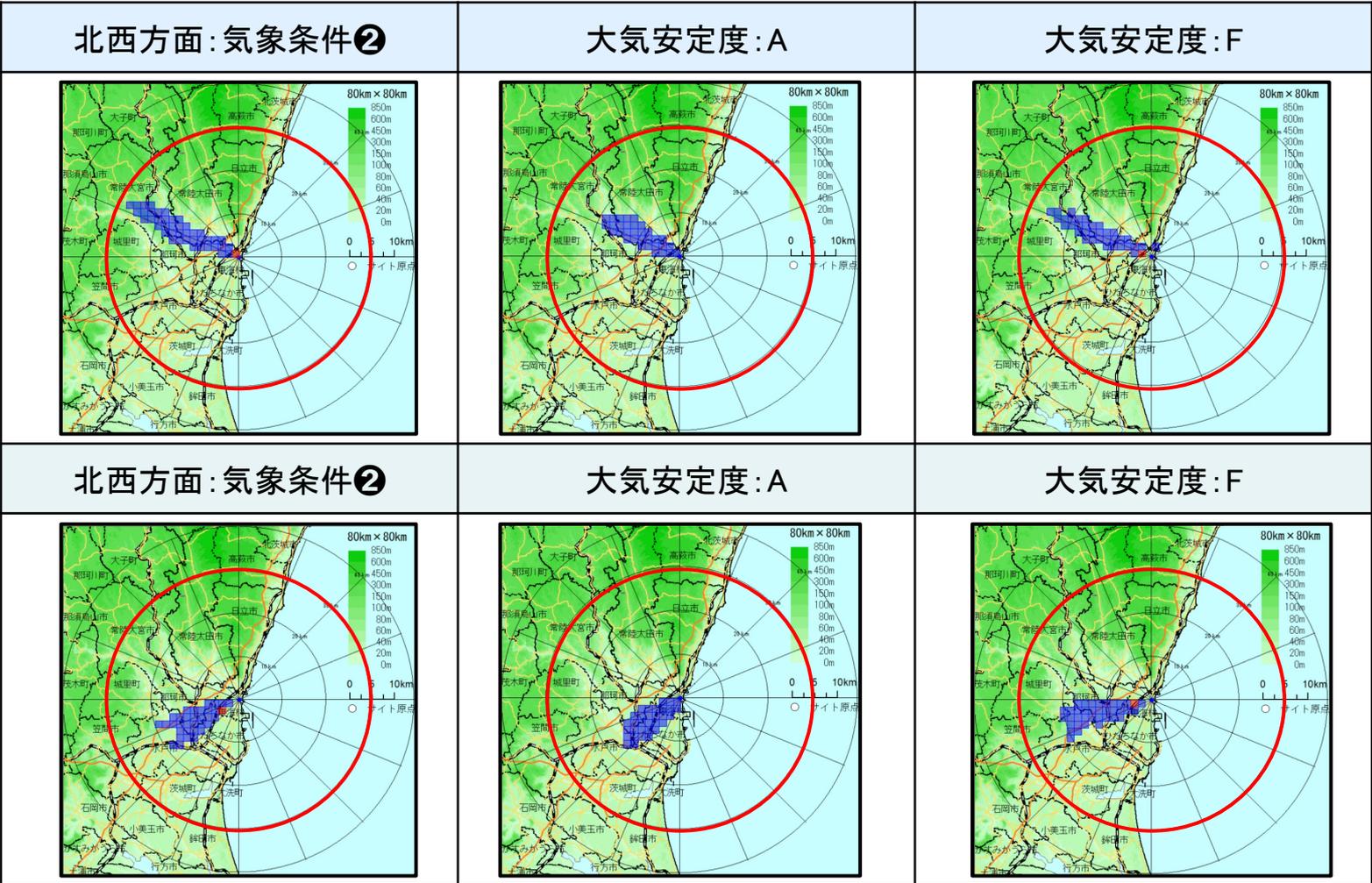


- 大気安定度をA(不安定)またはF※(安定)に固定した場合
 - 評価に使用した気象条件において、大気安定度を変更(A, Fのそれぞれで固定)
 - 大気安定度は地上風速により定まるが、今回の評価では無条件で固定値とした。
 - その他の気象条件は、実気象と同一とした。

- 気象条件①②に、大気安定度E, F(安定)を考慮した場合
 - 風向の継続+大気安定度(E,F)の継続
 - 風向の継続+降雨の継続+大気安定度(E,F)の継続
 - それぞれの出現頻度と、実際に評価した結果

※ データ処理上、GはFとして処理している。

2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合



- 気象条件②の大気安定度のみを, A(不安定) またはF(安定)に変更した仮想条件を用いてR-Cubicにて評価した。
- 大気安定度以外の気象条件は, 気象条件②と同一。大気安定度は地上風速により定まるが, 本仮想条件では考慮していない。

2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合

・ 防護措置範囲の地点数による比較

地点数	北西方面: 気象条件②	大気安定度: A	大気安定度: F
OIL1, OIL2	1, 42	0, 32	1, 35
	南西方面: 気象条件②	大気安定度: A	大気安定度: F
OIL1, OIL2	1, 33	0, 32	1, 36

大気安定度をA(不安定)またはF(安定)に固定した場合

- ・ A(不安定)に固定した場合
 - ・ OIL1が生じず, 北西方面では到達距離が減衰した。
- ・ F(安定)に固定した場合
 - ・ 南西方面, 北西方面とも, 到達距離に大きな差はなかった。
- ・ 防護措置範囲の地点数
 - ・ 不安定な状態が継続すると到達距離や範囲は, 気象条件②に対しやや減衰傾向。
 - ・ 安定な状態が継続しても, 気象条件②に比べ, 到達距離や範囲に大きな影響は限定的と考えられる。



- ・ 実気象データにおいて大気安定度を考慮して抽出した場合の出現回数
- ・ 大気安定度を考慮した条件でのR-Cubicの評価を実施

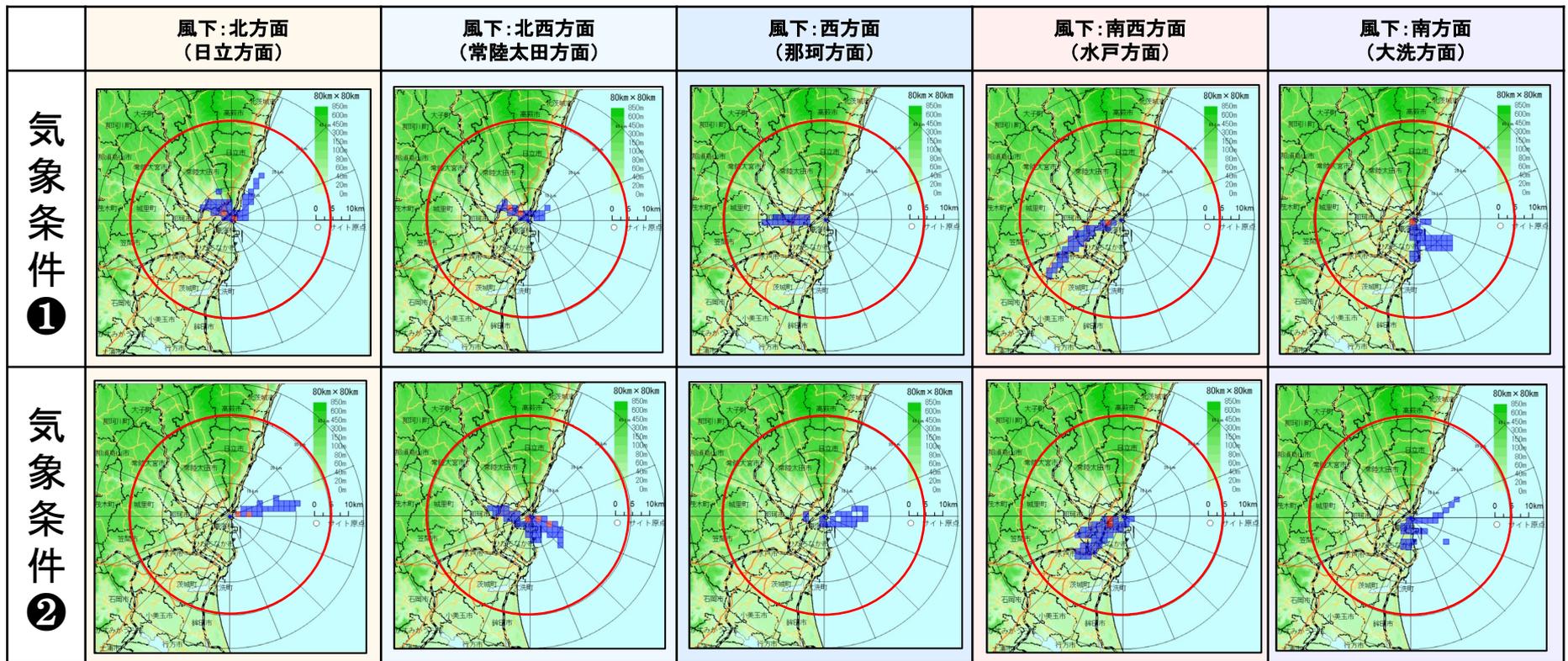
2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合

• 2020年度の気象データから、大気安定度E, Fの継続期間を対象として抽出した場合

	大気安定度 E,F	E,F+気象条件①※	E,F+気象条件②※	E,F+降雨
継続時間[hr]	最大14	5~8	1~2	4
出現回数	39	1~5	1~3	1

※ 5方面における継続時間と出現回数の幅を示す

- E,Fが10時間以上継続する頻度は高い(年間100回以上)が、主に夜間において出現する。
- 夜間は、陸風(風下海側)の出現頻度が高い。
- 大気安定度E, Fが、陸側風下となる気象条件①②や降雨と重複する頻度は低め。



2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合

防護措置範囲の地点数(セル数)による比較

		風下:北方面 (日立方面)		風下:北西方面 (常陸太田方面)		風下:西方面 (那珂方面)		風下:南西方面 (水戸方面)		風下:南方面 (大洗方面)	
		報告書	EF考慮	報告書	EF考慮	報告書	EF考慮	報告書	EF考慮	報告書	EF考慮
気象条件 ①	OIL1	1	2	1	2	0	0	0	1	0	1
	OIL2	28	20 (31)	15	11 (15)	2	16	9	30	16	15 (32)
気象条件 ②	OIL1	-	0 (2)	1	1 (3)	0	0	1	2	1 (2)	0
	OIL2	-	0 (20)	42	23 (38)	26	5 (23)	33	39 (40)	10 (19)	13 (24)

()内は海上を含む地点数

気象条件①②に、大気安定度が安定となる状態を考慮した評価

- 放射線物質の拡散が抑制され、パフの地表空気中濃度が上昇することで、地表沈着濃度が大きくなる傾向となる。
- 気象条件①②(風向の継続, または風向・降雨の継続)との複合条件とした場合の出現頻度は多くない
 - 大気安定度を考慮しない場合に比べ風向の継続時間が短く, 放出点からの到達距離が短くなる場合もあることから, 30km圏内での最大化する条件を得にくい。
 - 風向の継続時間が短くとも, 再度対象方位の風向となる場合など, 防護措置範囲がより広くなる場合がある。
- 大気安定度を考慮することで, 気象条件①②のみでの評価より, 防護措置範囲がより広くなり得る。

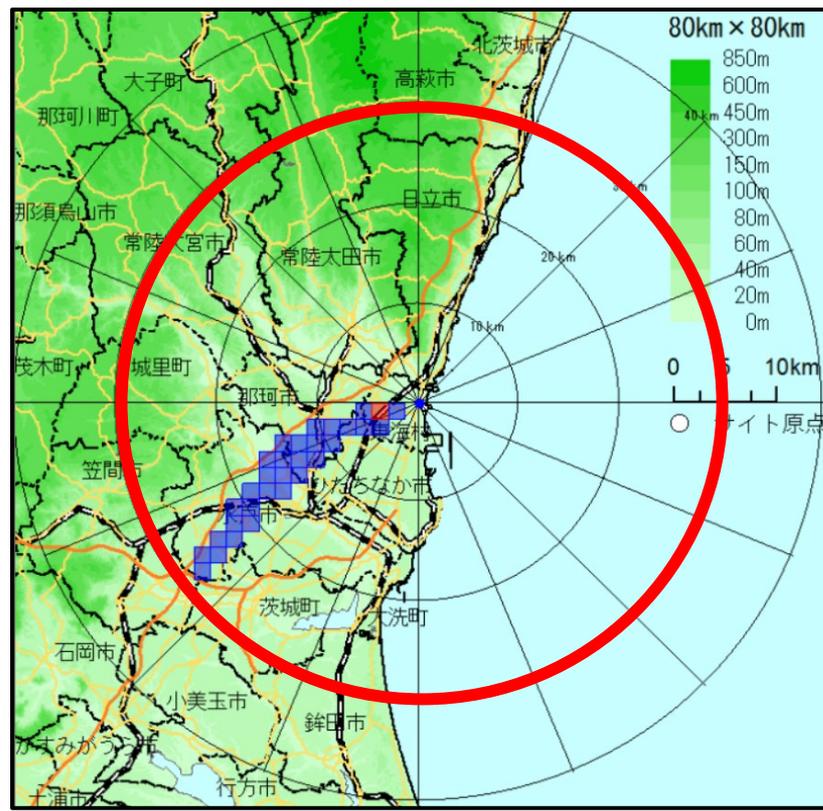
大気安定度を考慮することで, 気象条件①②による評価より, 防護措置範囲が広くなり得る場合がある。

2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合

気象条件①: 水戸方面

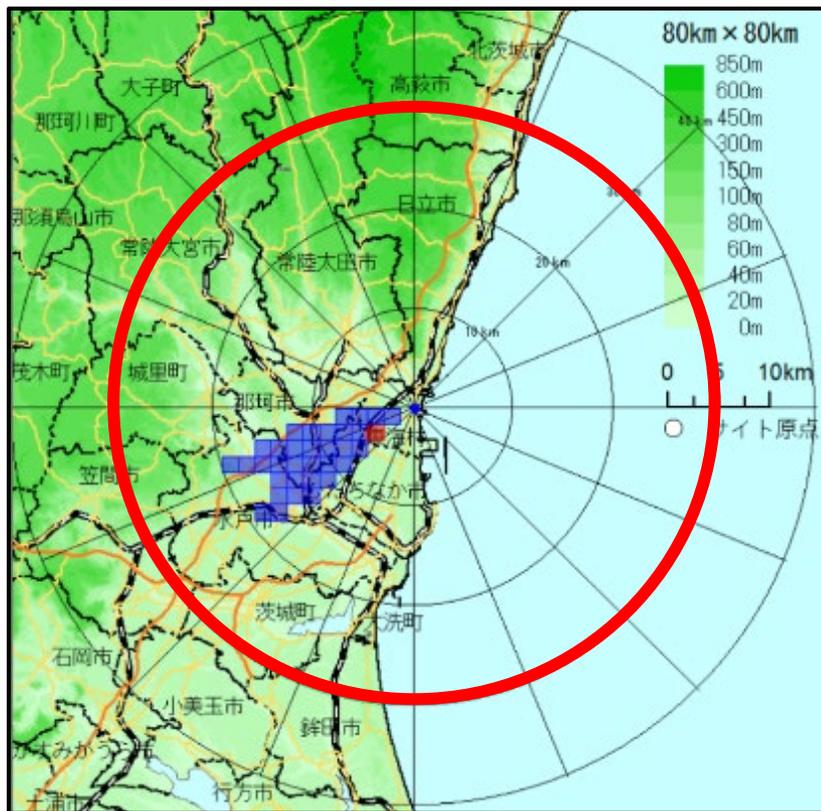


気象条件① + 安定度EF: 水戸方面

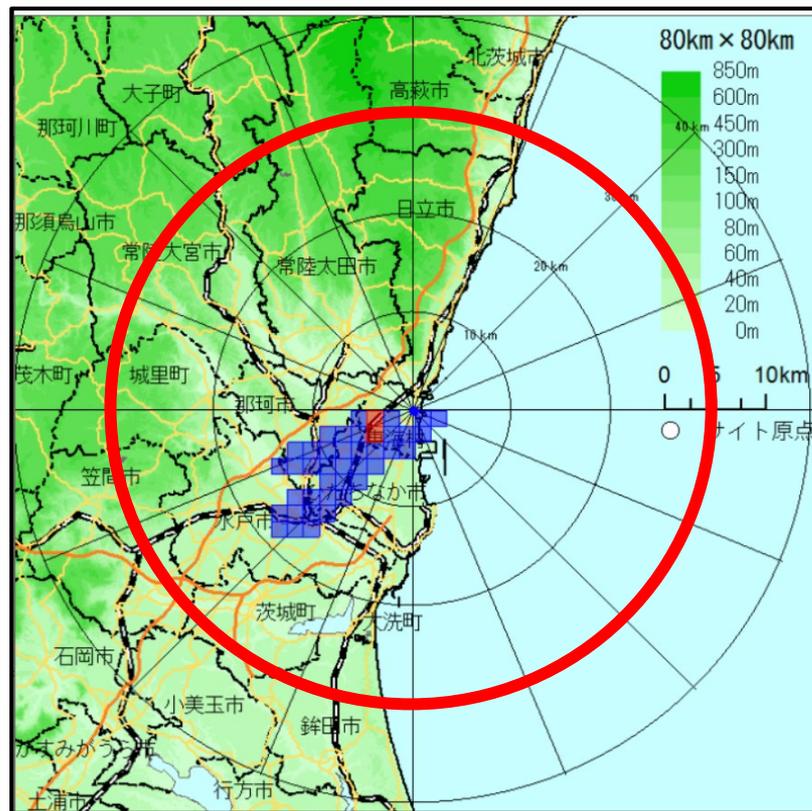


2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合

気象条件②: 水戸方面



気象条件② + 安定度EF: 水戸方面

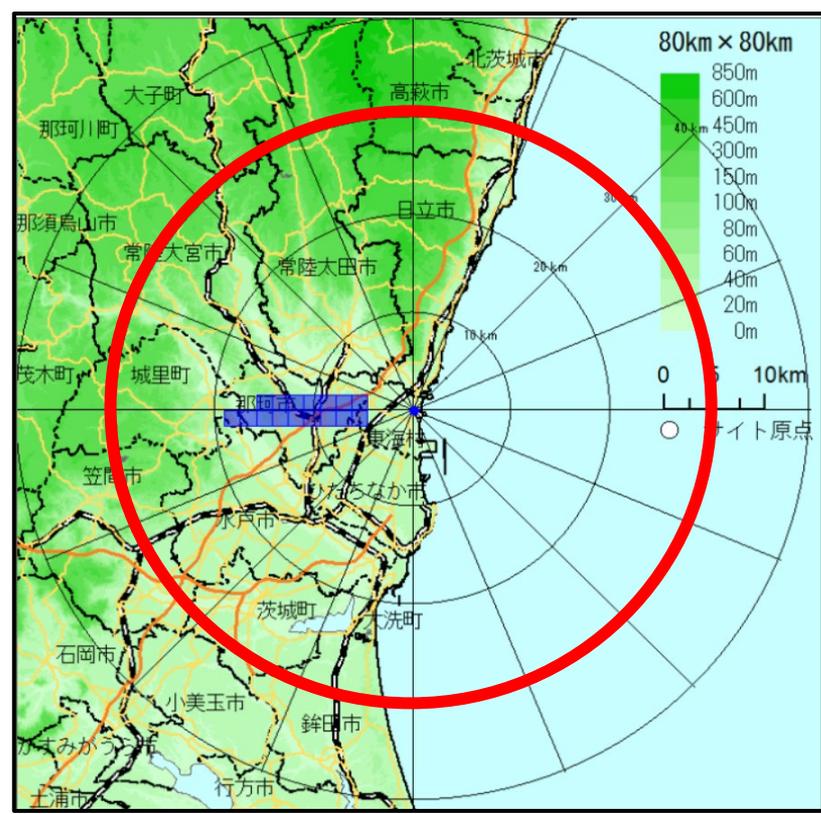


2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合 

気象条件①: 那珂方面



気象条件① + 安定度EF: 那珂方面



2. 気象条件(抽出の考え方等)の妥当性: 大気安定度を考慮した場合 

気象条件②: 大洗方面



気象条件② + 安定度EF: 大洗方面



2. 気象条件: 大気安定度を考慮した場合【参考資料】

付表9-1 大気安定度別風向出現頻度表 (全年)

観測地点: 東海・東海第二発電所 (E.L18m地点)
2020年 4月~2021年 3月

安定度	A型	B型	C型	D型	E型	F型	G型
陸側方位 NNE	0.0	0.8	1.5	6.1	8.4	4.4	2.8
NE	0.0	1.3	14.3	29.9	15.2	4.0	3.4
ENE	1.7	10.3	26.0	14.8	7.7	1.9	2.4
E	5.8	7.8	4.0	2.6	1.8	1.1	2.0
ESE	22.0	10.2	1.6	1.7	0.4	0.4	1.4
SE	41.0	8.0	0.5	1.4	0.0	0.1	1.6
SSE	6.9	11.2	11.2	4.2	0.9	1.9	2.5
S	1.2	1.0	1.7	2.4	1.3	1.8	3.2
SSW	1.7	1.2	0.7	0.9	0.2	0.4	1.9
SW	1.7	5.4	4.7	3.3	2.0	2.8	5.0
WSW	2.9	6.5	2.0	2.1	1.3	2.1	6.3
W	5.8	8.9	5.3	5.6	12.1	14.6	15.6
WNW	3.5	11.9	11.7	13.0	32.5	51.8	33.3
NW	3.5	10.3	10.6	6.2	8.8	8.5	11.0
陸側方位 NNW	1.2	3.6	2.3	1.5	1.1	1.3	3.4
N	1.2	1.6	1.9	4.3	6.4	3.0	4.1
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注: 風速0.5m/s未満の風向は風速0.5-2.0m/s時の風向出現頻度に応じて比例配分した。

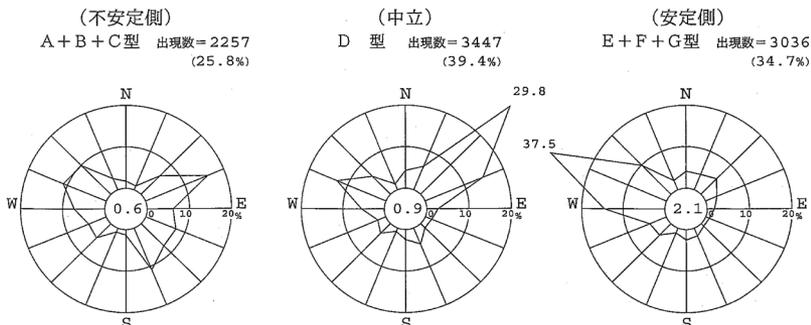
(単位: %)

第3-4表 同一大気安定度の継続時間別出現回数表

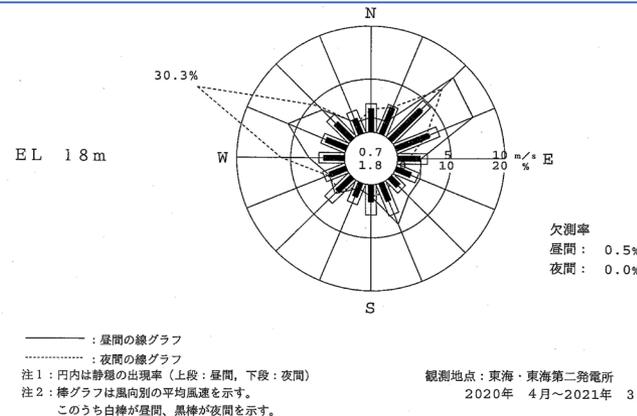
観測地点: 東海・東海第二発電所
観測期間: 2020年04月~2021年03月

安定度	1時間	2時間	3時間	4時間	5時間	6時間	7時間	8時間	9時間	10時間以上	合計
A型	85 70.2%	23 19.0%	11 9.1%	1 0.8%	1 0.8%						121
B型	201 40.0%	126 25.0%	74 14.7%	42 8.3%	25 5.0%	17 3.4%	13 2.6%	3 0.6%	1 0.2%	1 0.2%	503
C型	347 65.7%	96 18.2%	42 8.0%	20 3.8%	10 1.9%	8 1.5%	3 0.6%	2 0.4%			528
D型	418 45.4%	184 20.0%	87 9.4%	49 5.3%	38 4.1%	22 2.4%	16 1.7%	11 1.2%	9 1.0%	87 9.4%	921
E型	236 73.1%	57 17.6%	18 5.6%	9 2.8%	3 0.9%						323
F型	253 58.0%	96 22.0%	35 8.0%	26 6.0%	18 4.1%	4 0.9%	1 0.2%	3 0.7%			436
G型	209 36.2%	104 18.0%	75 13.0%	56 9.7%	42 7.3%	31 5.4%	20 3.5%	15 2.6%	13 2.2%	13 2.2%	578
A・B・C型	120 26.0%	52 11.3%	30 6.5%	24 5.2%	25 5.4%	30 6.5%	51 11.1%	41 8.9%	45 9.8%	43 9.3%	461
E・F・G型	88 18.8%	56 12.0%	34 7.3%	29 6.2%	16 3.4%	21 4.5%	25 5.3%	21 4.5%	26 5.6%	152 32.5%	468

注: 上段が回数、下段が回数と合計回数の比 (%) を示す。



第3-9図(1) 大気安定度型別の風配図 (全年)



第3-10図 昼夜別風向出現頻度及び平均風速図 (全年)

2020年度 東海・東海第二発電所 気象観測年報より抜粋

ご質問回答 (個別事項)

2023年2月16日

核種ごとの炉心内蔵量の算出に用いたORIGENコードのバージョン及びライブラリの詳細について

【回答】

評価に用いたORIGENのバージョン、ライブラリは次のとおり。

- ・コードバージョン：2.2
- ・核データライブラリ：JENDL-3.2

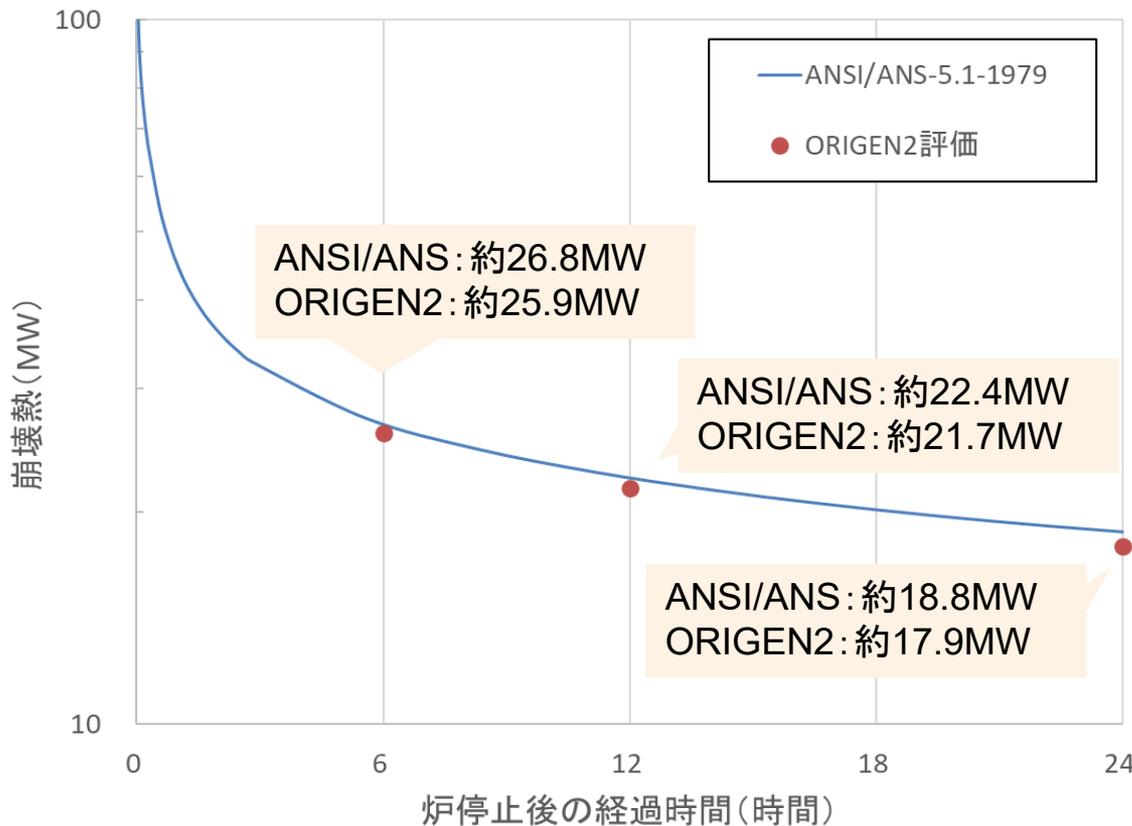
MAAP解析では、ANSI/ANS-5.1-1979の崩壊熱曲線を用いてサイクル末期（炉心平均燃焼度33GWd/t）の崩壊熱を算出しているとのことだが、ORIGEN等との比較により、その妥当性を確認しているか？

【回答】

- ・ANSI/ANS-5.1-1979は、MAAPに標準装備されている崩壊熱評価の計算式であり、デフォルトのまま使用している。
- ・サイクル末期を想定して、ORIGEN 2により評価した崩壊熱との比較を実施した。結果を次頁に示す。

今回の事故進展解析で用いた崩壊熱（ANSI/ANS-5.1-1979）は、サイクル末期を想定して評価したORIGEN2による崩壊熱よりも保守的な値であることを確認した。

崩壊熱の比較（ANSI/ANS-5.1-1979 vs ORIGEN2）



ANSI/ANS-5.1-1979

- ・MAAP解析使用値（燃焼度33GWd/t）

ORIGEN2

- ・東海第二発電所の平衡炉心サイクル末期を想定
- ・燃料タイプは9×9燃料（A型）
- ・燃料構成は下表のとおり

燃料グループ	体数	崩壊熱 (MW) 【6時間】
5サイクル照射	92体	3.300
4サイクル照射	168体	5.851
3サイクル照射	168体	5.706
2サイクル照射	168体	5.589
1サイクル照射	168体	5.475
合計	764体	25.921

※吹き出し内のANSI/ANS崩壊熱は前後の2データからの内挿で算出した

注水に必要な水源(海水以外)は、どの程度確保されているでしょうか。

【回答】

新設する代替淡水貯槽・西側淡水貯水設備は5,000m³の容量を有している（事故発生後3日以内までに必要な注水量4,300m³を上回る容量を確保）

水源の容量等の考え方

設備名称	容量	台数,予備	設定根拠
代替淡水貯槽	約5,000m ³	1基*	代替淡水貯槽への水の補給開始(事象発生後3日以内)までに必要な淡水量4,300m ³ を上回る容量 *7日間で約5,490m ³ を使用する。
西側淡水貯水設備	約5,000m ³	1基	代替淡水貯槽と同様の容量を確保

【参考】

- 代替淡水貯槽, 西側淡水貯水設備は地下に設置することで, 竜巻や敷地に遡上する津波等の外部事象に対しても確実に水源を確保可能としている。
- また, その他の淡水タンクや海水からの補給するための手段等を整備する。

R-Cubicにおける領域メッシュを1.6km × 1.6kmとしている。このメッシュはコードに組み込まれたデータか、それともユーザ指定か。

【回答】

- コード組み込みであり、ユーザ指定は不可。
- 選択可能な3種類の計算領域について、それぞれ50 × 50分割する。高さ方向は20分割。
- 今回使用している計算領域(80km × 80km)では1.6km × 1.6kmだが、別の計算領域では違うサイズとなる。

計算領域	メッシュサイズ
20km × 20km	0.4km × 0.4km
80km × 80km	1.6km × 1.6km
120km × 120km	2.4km × 2.4km

地形情報のメッシュの大きさとR-Cubicでの領域メッシュの大きさは整合しているか。

【回答】

- 基にした地形情報(国土地理院 数値地図50mメッシュ(標高))と、R-Cubicのメッシュと同サイズではない。
- 国土地理院のデータは、50m間隔であり、R-Cubicのメッシュサイズは評価領域により異なる。国土地理院のデータに基づき、R-Cubicのメッシュサイズの地形データ(ブロック積地形データ)を作成している。