

環境中空間線量率統合マップデータの妥当性評価と
LASSO活用等による経時変化解析作業

仕様書

目次

第 I 部	契約に関する一般事項	2
1	作業の実施形態	2
2	作業項目	2
3	納期	2
4	納入物品	2
5	提出場所	3
6	検収条件	3
7	貸与品	3
8	協議事項	3
9	産業財産権等	3
10	グリーン購入法の推進	3
第 II 部	技術仕様	4
1	概要	4
2	作業内容	5
2.1	環境中空間線量率統合マップデータの特徴分析作業	5
2.2	環境中空間線量率統合マップデータの異常経時変化抽出作業	6
2.3	各地点単位での線量率経時変化（環境半減期と除染時期とその効率）抽出作業	6
2.4	土地利用毎の環境半減期モデル（特に森林モデル）導出作業	6
2.5	除染時期とその効率と実際の除染情報との比較評価作業	7
2.6	土地利用毎の減衰モデル導出と人口動態モデル導出作業	7
2.7	作業報告書・打合せの議事録の作成	7
	産業財産権特約条項	8

本発注仕様書は、国立研究開発法人・日本原子力研究開発機構・システム計算科学センター（以下、原子力機構）の「環境中空間線量率統合マップデータの妥当性評価と LASSO 活用等による経時変化解析作業」に関する発注作業について記述するものである。本仕様書において、第 I 部は契約に係わる一般事項を定め、第 II 部は本作業の目的および技術仕様を定めるものである。

第I部 契約に関する一般事項

1 作業の実施形態

本作業は、原子力機構の発注により受注者が実施し、その成果は第4項に定める納入物品として、機構に納めるものとする。

2 作業項目

第II部「技術仕様」に従い、以下の作業を実施する。

- [1] 統合マップデータの特徴分析と環境放射能データとしての妥当性評価作業
- [2] 環境低減に係るLASSOを用いた半減期の導出と除染に係る階段状低減モデルを用いた除染時期及びその効率の導出作業
- [3] 土地利用毎の環境半減期分布の導出作業
- [4] 土地利用毎の人口動態が環境半減期に与える関係式の導出
- [5] 土地利用毎の環境半減期及び人口動態との関係式を利用した予測モデルの導出
- [6] 作業報告書・打合せの議事録の作成

3 納期

令和 6 年 12 月 27 日(金)

4 納入物品

次に掲げるものを提出期限までに提出すること。また、本業務に係る成果物として、1～5 すべてを紙および電子データ(CD-R 等)で納品すること (2,4 については電子データのみ)。なお、カラーを使用する場合は、白黒でも印刷できるよう配慮すること。

No.	名称	提出期限	部数
1	受注者情報	契約締結日後速やかに	1
2	作成したコード一式	納品時	2
3	マニュアル、作業報告書	納品時	2
4	動作確認に用いた計算の入出力データ	納品時	2
5	打合せ議事録	実施後速やかに	2

※1.受注者情報は、受注者の資本関係・役員の情報、本契約の実施場所、作業従事者の所属・専門性（情報セキュリティに係る資格・研修等）・実績及び国籍についての情報を記した書類。なお、提出した内容に変更が生じた場合は、その都度提出すること。

3および5はマイクロソフト社Office製品（Word、Excel等）で作成すること。

5.打合せ議事録は、担当者等へメール等で提出すること。

5 提出場所

〒277-0871 千葉県柏市若柴 178-4 柏の葉キャンパス 148 街区 4

東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト 4F

日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター

6 検収条件

「4.納入物品」の納品並びに、原子力機構が仕様書に定める作業が実施されたと認めた時を以て検収とする。

7 貸与品

機構が本作業で必要と認めた文献、資料、データ及びプログラム類は無償貸与する。ただし、作業完了時に全て返却すること。

8 協議事項

本作業を的確に実施するために、機構及び受注者は必要に応じ密接に協議を行う。本仕様書に関して疑義が生じた場合、または仕様書に規定されていない事項等については、相互合意に基づき協議を実施する。協議内容は受注者側で簡潔に議事録としてまとめ原子力機構に送付すること。

9 産業財産権等

産業財産権等の取扱いについては、別紙-1「産業財産権特約条項」に定められたとおりとする。

10 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様で定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

第II部 技術仕様

1 概要

国立研究開発法人・日本原子力研究開発機構・システム計算科学センター（以下、原子力機構・CCSE）では、原子力機構・福島廃炉安全工学研究開発部門及び関連する研究機関と連携し、環境中での空間線量率分布データを基に放射性物質の環境動態を推定するための研究開発を実施してきた。

一般に、空間線量率は、放射性物質の物理半減期により減衰する他、空間内での同物質の移動等によって経時変化することが知られており、特に、その移動等は、環境（自然及び人為的環境）条件により大きな影響を受けるため、環境半減期による減衰と定義され、その分析が重要な研究課題となっている。実際、もし、環境半減期による減衰過程が明確となれば、将来予測モデルが開発され、空間線量率の経時変化予測が可能となり、住民を始めとして、放射性物質汚染地域に関係する人々への重要な情報になると考えられ、その研究開発は急務な課題となっている。

上記目的達成のため、原子力機構では、これまで収集整備してきた空間線量率のデータを機械学習等の手法を用いて分析することで、環境半減期を導出するための研究開発を進めてきた。尚、福島第一原発事故は、これまでの原発事故と異なり、様々なモニタリング手段が開発され、データの収集に対しても、最新のIT技術を活用したことで、統計的な分析が可能となる程、多くのデータが集積していることが特徴である。

以上の背景下、本件では、機構が作成・提供する環境中空間線量率統合マップデータの特徴（フォーマット、全レコード数、地点数、経時変化数、欠損数等）を分析した後、各地点単位で空間線量率の経時変化データを抽出・整理する。その際、少数の異常なデータを取り除く必要があるため、経時変化データを類型化し、異常値を切り出す。異常な経時変化データの切り出しには、クラスター解析等を行い、類型化が困難な少数のデータを除外し、除外データを計算する際に用いたデータ（統合マップ作成のために用いた元データ）を分析する。

次に、分析・整理したデータから、機械学習法の一つであるLASSOを用いて、環境半減期を決定する分析と除染時期とその効率（除染により低減した空間線量率）をパラメータとして導出する分析を併せて行い、除染実施情報（環境省等が公開している情報と原子力機構が提供する局所地点での情報）との関係について分析評価する。その際、森林等については、放射性物質の垂直方向の特徴的動態があるため、その変化傾向（経時変化モデル）を別途導出し、除外する等の操作が必要となることに注意する。

その後、各地点単位で得られた妥当な環境半減期分布を導出した後、土地利用毎に環境半減期分布モデルを導く他、土地利用毎に人口動態（受注者が別途入手）との関係式も導出し、土地利用毎の人口動態に依存する環境半減期モデルを構築する。モデル構築に当たっては、環境半減期分布情報を基に、そのピーク値と分散を求め、経時変化モデルを分布関数として導出し、実際の経時変化傾向との比較評価を行う。

以下、上記作業を実施する仕様書の構成について記す。2.以下は具体的作業内容であり、2.1では、原子力機構が有する環境中空間線量率統合マップデータの特徴分析作業について記し、2.2では、異常経時変化の抽出作業の仕様について記す。2.3では、異常経時変化分を除外した統合マップデータから各地点単位で線量率の経時変化（環境半減期と除染時期とその効率）を抽出する作業について記し、2.4では、

土地利用毎の環境半減期モデル導出（特に森林等のモデルを導出し除染区域から除外する）方法について記す。2.5では、除染時期とその効率と実際の除染情報との比較評価について記す。2.6では、2.3-4にて得られた各地点の線量率の環境半減期分布に対し、土地利用毎のモデル導出と人口動態によるモデル導出作業の仕様について記す。2.7は、作業報告書・議事録作成について記す。

2 作業内容

受注者は1. 概要にて記した内容に際し、以下の具体的作業を実施する。項目毎に作業内容を各節にて説明する。

環境中空間線量率統合マップデータの特徴分析作業	⇒ 2.1
環境中空間線量率統合マップデータの異常経時変化抽出作業	⇒ 2.2
各地点単位での線量率経時変化（環境半減期と除染時期とその効率）抽出作業	⇒ 2.3
土地利用毎の環境半減期モデル（特に森林モデル）導出作業	⇒ 2.4
除染時期とその効率と実際の除染情報との比較評価	⇒ 2.5
土地利用毎の減衰モデル導出と人口動態モデル導出作業	⇒ 2.6

2.1 環境中空間線量率統合マップデータの特徴分析作業

受注者は、原子力機構が作成した環境中空間線量率統合マップデータを取得（原子力機構が指示）し、その特徴分析を実施する。その際、原子力機構は、受注者に上記データに関する作成方法等を含むドキュメント情報（報告書及び論文等）のマップ作成に用いたデータ一式を提供する。受注者は、それらのデータ・情報を基に、マップ作成方法の詳細について、考察及び分析（手法の持つ特徴や課題）を加える。その際、2.2以下で用いる機械学習手法（LASSO）により、環境半減期を各地点で導出することを念頭に考察及び分析すること。具体的には、以下の観点について詳細分析（LASSOによる環境半減期導出の観点より）を実施すること。

- ・フォーマット
- ・全レコード数
- ・地点数
- ・経時変化数（地点に依存し欠損等に注意）
- ・考察i（特徴ポイント：経時変化年数（地点毎の点数）と環境減衰関数数との関係）
- ・考察ii（特徴的ポイント：異常経時変化を示す地点）
- ・分析i（ベイズ統計活用法の詳細）
- ・分析ii（改良ポイント）

上記、考察 i では、LASSO 利用の際に、重要となる Candes-Tao の関係式に基づき、分析を実施する（LASSOにより、回帰解析に用いる環境減衰関数と精度よく選択される環境減衰関数数の関係に鑑みデータを分析すること）一方、考察 ii では、異常経時変化の特徴と、その特徴を示す地点に対し考察を加えること。分析 i では、統合マップ作成方法を詳細に分析し、統合の特徴と経時変化を取得する上での妥

当性について分析を加え、改良すべきポイントについて記すこと。本作業は、受注後、直ぐに実施する必要があり、受注者は速やかに、作業計画（以降の作業予定等も含む）について原子力機構に報告し、協議の上、原子力機構の指示に従うこと。

2.2 環境中空間線量率統合マップデータの異常経時変化抽出作業

2.1 にて取得・整備した環境中空間線量率統合マップデータ（経時変化を含む統計解析に必要な十分なデータ）に対し、データ存在地点毎に、地点毎の経時変化データを取得し、原子力機構に提出する。その際、受注者は、下記のデータを作成し、経時変化傾向について、分析を実施する。その際、LASSOによる環境半減期導出を考慮し、環境半減期の空間分布解析に用いることを想定し抽出すること。

- ・全地点にて位置情報を有する経時変化データ
- ・全地点の経時変化データに対し土地利用毎に分類したメタデータ
- ・地点毎の経時変化の整理（行政区域単位での整理：各単位平均経時変化の導出）
- ・上記行政区域単位の経時変化の特徴分析（クラスター分析等）

以上、受注者は各地点の位置情報と経時変化データを整理する。上記の事項について整理した後、異常経時変化抽出作業を行うこと。異常経時変化中作業は、クラスター分析等を行い、主要クラスターから大きく外れた経時変化を取り出し、それらの特徴を詳細に分析すること。その際、その地点近傍の元データ（原子力機構がデータ一式を提供予定）に立ち返り、異常経時変化を与えた原因を分析すること。受注者は、本分析の結果を原子力機構に報告し、原子力機構の確認の後、下記以下の次作業に着手する。

2.3 各地点単位での線量率経時変化（環境半減期と除染時期とその効率）抽出作業

2.2 で抽出した異常経時変化を示すデータを除外した、各地点の経時変化データに対し、LASSOを用いて環境半減期分布の導出（作業に際し、用いるモデルについては受注後に指示する：指数関数及び階段状関数（除染実施の有無の検知に対応するため）から成るモデルを用いる）と除染時期とその効率の導出を実施し、どの地点でどの様な環境半減期分布を示すかと、除染の実施時期と効率について導出し、得られた結果をまとめ、その詳細を原子力機構に報告すること。尚、特徴を抽出するためには、先ず、土地利用から、森林や水域の除染は実施されていないことから、除染モデルの適用は除外する一方、それ以外については、除染実施域に対する情報（環境省情報）を基に、地域を限定し、環境半減期モデルと除染時期及び効率を含むモデルを基に、LASSOによる分析を実施すること。作業実施時は、原子力機構と協議の上、原子力機構の指示に従うこと。以上より、受注者は、環境放射能の減衰傾向について、豊富な知見を有するだけでなく、本件にて取り扱うデータ等に対しても、十分な作業実施経験を有する必要がある。

2.4 土地利用毎の環境半減期モデル（特に森林モデル）導出作業

2.3 の作業により取得が可能となった環境半減期に対し、地点毎の環境半減期分布（除染実施の有無と有の場合の検知時期等も併せて含む）から、土地利用毎の環境半減期分布の導出作業を行う。更に、土地利用だけでなく、初期線量率の違いや経時変化傾向が異なる地点を、その他の地点と分別する等、上

記導出作業の実施区域を限定する等の工夫も併せて実施すること。実施時に、原子力機構と協議の上、原子力機構の指示に従うこと。尚、特に以下の点が着目すべきポイントとなる。

- 1) 森林：森林は林縁 20m以外除染対象外である
⇒ 森林地点の多くでは、森林内動態（占有樹種にも依存）にのみ依存する環境半減期の特徴的分布の取得が可能である。特に、常緑樹林、広葉樹林とでは、森林内の動態が異なっている一方、混交樹林では、両者の性質を有することに注意すること。
- 2) 帰還困難区域：人為的影響（除染が未実施で人口動態影響も少ない）が殆どない
⇒ 分布は他の区域と異なる
- 3) 農地及び都市：除染等の実施が考えられる
⇒ 除染実施時期とその効率と共に環境半減期との関係分析が可能

2.5 除染時期とその効率と実際の除染情報との比較評価作業

2.4 の作業結果を基に、除染時期とその効率が得られた地点については、実際の除染情報との比較評価作業を行う。除染情報としては、環境省の情報がある他、原子力機構が提供する局所的な除染実施時期を示す地理情報がある。受注者は、上記の情報と取得できた除染時期とその効率との関係について詳細に関係分析調査を行い、原子力機構に報告すること。なお、当作業に当たっては、原子力機構と協議の上、原子力機構の指示に従うこと。

2.6 土地利用毎の減衰モデル導出と人口動態モデル導出作業

上で記した作業結果を基に、土地利用毎の環境半減期分布を求め、減衰モデル（減衰確率分布関数形式）を導出する。また、土地利用毎に、人口動態依存性に係る減衰モデル（減衰確率分布関数形式）の導出作業を行うこと。その際、初期線量率や除染実施時期もモデルに違いを与えることが知られており、減衰モデル作成に当たり、それらを考慮すること。なお、当該作業に当たっては、原子力機構と協議の上、原子力機構の指示に従うこと。

2.7 作業報告書・打合せの議事録の作成

作業報告書は、Microsoft Word (docx 形式)で作成する。原子力機構が確認し指示した作業計画を記した後、その計画に沿って実施した分析作業結果を詳細に記すこと。また、本作業で使用するために開発したプログラムやツールについては、その詳細な解説および使用方法について記述する。特に、使用方法についてはチュートリアルのような、実際に計算する際の具体的な手順も記すと共に、用いたプログラミング言語、ライブラリ等のバージョンなど、動作に必要な情報はすべて記述する。また、動作確認でおこなった検証解析とその結果についても記述すること。

また、本発注に関する打ち合わせを実施した際には、打合せの議事録を作成し、打合せ終了後、速やかに機構担当者の確認を取ること。

以 上

産業財産権特約条項

(乙が単独で行った発明等の産業財産権の帰属)

第1条 乙は、本契約に関して、乙が単独でなした発明又は考案（以下「発明等」という。）に対する特許権、実用新案権又は意匠権（以下「特許権等」という。）を取得する場合は、単独で出願できるものとする。ただし、出願するときはあらかじめ出願に際して提出すべき書類の写しを添えて甲に通知するものとする。

(乙が単独で行った発明等の特許権等の譲渡等)

第2条 乙は、乙が前条の特許権等を甲以外の第三者に譲渡又は実施許諾する場合には、本特約条項の各条項の規定の適用に支障を与えないよう当該第三者と約定しなければならない。

(乙が単独で行った発明等の特許権等の実施許諾)

第3条 甲は、第1条の発明等に対する特許権等を無償で自ら試験又は研究のために実施することができる。甲が甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に再実施権を許諾する場合は、乙の承諾を得た上で許諾するものとし、その実施条件等は甲、乙協議の上決定する。

(甲及び乙が共同で行った発明等の特許権等の帰属及び管理)

第4条 甲及び乙は、本契約に関して共同でなした発明等に対する特許権等を取得する場合は、共同出願契約を締結し、共同で出願するものとし、出願のための費用は、甲、乙の持分に比例して負担するものとする。

(甲及び乙が共同で行った発明等の特許権等の実施)

第5条 甲は、共同で行った発明等を試験又は研究以外の目的に実施しないものとする。ただし、甲は甲のために乙以外の第三者に製作させ、又は業務を代行する第三者に実施許諾する場合は、無償にて当該第三者に実施許諾することができるものとする。

2 乙が前項の発明等について自ら商業的实施をするときは、甲が自ら商業的实施をしないことにかんがみ、乙の商業的实施の計画を勘案し、事前に実施料等について甲、乙協議の上、別途実施契約を締結するものとする。

(秘密の保持)

第6条 甲及び乙は、第1条及び第4条の発明等の内容を出願により内容が公開される日まで他に漏洩してはならない。ただし、あらかじめ書面により出願を行った者の了解を得た場合はこの限りではない。

(委任・下請負)

第7条 乙は、本契約の全部又は一部を第三者に委任し、又は請け負わせた場合においては、その第三者に対して、本特約条項の各条項の規定を準用するものとし、乙はこのために必要な措置を講じなければならない。

2 乙は、前項の当該第三者が本特約条項に定める事項に違反した場合には、甲に対し全ての責任を負うものとする。

(協議)

第8条 第1条及び第4条の場合において、単独若しくは共同の区別又は共同の範囲等について疑義が生じたときは、甲、乙協議して定めるものとする。

(有効期間)

第9条 本特約条項の有効期限は、本契約締結の日から当該特許権等の消滅する日までとする。