

地形変化評価コードにおける河川侵食の
高精度化および高速化作業

仕 様 書

目 次

1. 一般仕様	1
1.1. 件名	1
1.2. 目的	1
1.3. 契約範囲	1
(1) 契約範囲内	1
(2) 契約範囲外	1
1.4. 納期	1
1.5. 納入場所および納入条件	1
1.6. 検収条件	2
1.7. 保証	2
1.8. 契約不適合責任	2
1.9. 提出書類および納入物品	2
1.10. 支給品	3
1.11. 貸与品	3
1.12. 品質管理	3
1.13. 適用法規・規格基準	3
1.14. 産業財産権等	3
1.15. 機密保持	3
1.16. 安全管理	3
1.17. グリーン購入法の推進	44
1.18. 協議	4
1.19. その他	4
2. 技術仕様	5
2.1. 側方侵食における河川幅の考慮	5
2.2. 高速化のためのコード改良	5
2.3. 作業報告書の作成	6

1. 一般仕様

1.1. 件名

地形変化評価コードにおける河川侵食の高精度化および高速化作業

1.2. 目的

日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）では、万年スケールの長期の地形変化を表現できる特許 5422833「地形変化シミュレーション法」を用いたプログラムを用いた地形変化シミュレーションによって、将来の地形変化を評価するための検討を進めている。本業務の目的は同コードに対し、河川の側方侵食における河川幅の考慮、および、高速化のためのコード改良を行うことである。

1.3. 契約範囲

（１） 契約範囲内

- | | |
|-------------------|-----|
| 1) 側方侵食における河川幅の考慮 | 1 式 |
| 2) 高速化のためのコード改良 | 1 式 |
| 3) 作業報告書の作成 | 1 式 |

（２） 契約範囲外

第 1 章 3 項 1 号記載の契約範囲内に記載なきもの

1.4. 納期

令和 8 年 2 月 27 日

1.5. 納入場所および納入条件

（a） 納入場所

茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

原子力安全・防災研究所

安全研究センター

廃棄物・環境安全研究グループ 安全研究棟 西 305 号室

（b） 納入条件

持ち込み渡し

（c） 部分使用

原子力機構は、検収前においても、必要がある場合は製作目的物の全部または一部を受注者と協議のうえ使用することができる。

1.6. 検収条件

第 1 章 5 項に示す納入場所において第 1 章 9 項に示す提出書類および納入品目を原子力機構が検収し、合格をもって検収とする。不合格な場合は修正を指示し、提出期限までに修正を加えたものを再提出するものとする。

・検査員及び監督員

(1) 一般検査（検査員） 管財担当課長

(2) 技術検査（監督員） 安全研究センター 廃棄物・環境安全研究グループ

1.7. 保証

第 2 章に定める技術仕様を満足することを保証すること。

1.8. 契約不適合責任

検収後 1 年以内に契約不適合が発見された場合は、受注者の責において無償で速やかに必要な措置を講じるものとする。

1.9. 提出書類および納入物品

	書類名	提出時期	部数 *1	確認	備考
1	実施体制図	受注時	1	不要	
2	実施計画書(工程表を含む)	受注後 1 週間以内	1	要	
3	情報セキュリティ等に関する書面	受注後 1 週間以内	1	要	*2
4	打合せ議事録	打合せ後 1 週間以内あるいは最終のものは納期まで	1	要	Gr リーダー押印不要
5	作業報告書	納期までに	1	要	1 部は押印記入欄不要 *3
6	ソースコード	納期までに	1	要	
7	入出力ファイルの例	納期までに	1	要	
8	プログラムマニュアル	納期までに	1	要	Gr リーダー押印不要
9	上記提出書類及び納入品すべてを収めた電子媒体 (DVD 等)	納期までに	1	不要	*4

*1) 提出部数には、承認返却分を含まない。

*2) 資本関係・役員の情報、委託事業の実施場所、委託事業従事者の所属・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(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) ドラフト版を納期日の1週間前までに提示する。

*4) 作業報告書、参考文献、データ集(検討に使用した入出力データ・プログラム一式を含む)他提出図書を収めたもの。

1.10. 支給品

なし

1.11. 貸与品

本調査の実施に必要な以下の物品は、原子力機構が貸与するものとする。その利用は本作業の範囲内に限る。また、貸与の期間は契約期間内を原則とし、契約満了時に速やかに返却する。

- | | |
|------------------------------------|-----|
| 1) 原子力機構安全研究センターで開発中の最新版の地形変化評価コード | 1 式 |
| 2) 対象地域における地形変化評価のための入力データ | 1 式 |

1.12. 品質管理

なし

1.13. 適用法規・規格基準

なし

1.14. 産業財産権等

産業財産権等の取扱いについては、別紙「産業財産権特約条項」に定められたとおりとする。この業務により作成された目的物に係る著作権その他この目的物の使用、収益及び処分(複製、翻訳、翻案、変更、譲渡・貸与及び二次的著作物の利用を含む。)に関する一切の権利は甲に帰属するものとする。

1.15. 機密保持

受注者は、本業務を実施することにより取得した当該業務および作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料および情報を原子力機構の施設外に持ち出して発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価を受け、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。

1.16. 安全管理

なし

1.17. 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の推進等に関する法律）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) 本仕様に定める提出図書（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。

1.18. 協議

- (1) 受注者と原子力機構とは定期的に今後の作業の進め方に関する打ち合わせを行い、都度原子力機構の了承を得た上で、作業を進めることとする。
- (2) 本仕様に記載されていない事項および記載事項の内容について疑義が生じた場合は、原子力機構担当者と協議し、その決定に従うものとする。受注者が疑義解消を怠ることにより生じた遅延等の損害は、一切受注者の負担とする。
- (3) 原子力機構への報告、原子力機構との打ち合わせ、協議等については、受注者が議事録を作成し、原子力機構の了解を得るものとする。

1.19. 特記事項

受注者は異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、結果について機構の確認を受けること。

1.20. その他

- (1) 本作業にあたって引用する文献は公開資料に限る。
- (2) 提出図書は Microsoft Word 2016 相当にて作成すること。提出図書に貼り付ける図表については Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint 等を用いること。その他のアプリケーションを用いる場合には事前に確認を得ること。

2. 技術仕様

以下に、地形変化評価コードの改良に関する作業内容について示す。動作確認の対象地域は、原子力機構が提示する流域（流域面積：約 50 km²、作業範囲：22.9×13.7 km²）とする。具体的な作業内容は機構と協議の上決めることとする。

2.1. 側方侵食における河川幅の考慮

本コードではこれまで河川侵食に対し、垂直方向の侵食は Detachment-limited model/Transport limited model の混合モデル、側方侵食は Suzuki(1982)ⁱⁱに基づく河川の曲率を考慮したモデルを用いているが、河川幅の影響については考慮していない。

一方既往の地形変化評価コード Landlabⁱⁱでは、同様の河川侵食モデルを採用した上で、以下の方法で河川幅の影響を考慮している。

$$E_v = K_v A^{1/2} S \quad (1)$$

$$E_l = K_l \frac{AS}{r_c} \quad (2)$$

$$K_l/K_v \propto k_w, W = k_w Q^{1/2} \quad (3)$$

ここで、 A は流域面積、 S は河床勾配、 R は流出率、 r_c は曲率半径、 K_v 、 K_l は垂直、側方侵食の大きさを表す係数、 W は河川幅、 Q は流量（ $\propto A$ ）を表す。 $W = k_w Q^a$ （ a は定数）は河川幅と流量の一般的な関係式で（Leopold and Maddock(1953)ⁱⁱⁱ）、同モデルにより河川幅を考慮することで、側方侵食の再現性が向上する可能性がある。

本項目ではまず、機構で開発中の地形変化評価コードに対し、側方侵食において河川幅を考慮できるよう改良を行う。なおモデルはユーザーがオプションとして選択できるように整備する。次に改良したコードにより対象地域で最終氷期－間氷期 1 サイクル（12.5 万年）の再現解析を行い、改良前後での現地形の再現性の違いを整理する。特に河川侵食（谷底侵食低地の幅、埋没谷の 3 次元的な形状、河床縦断形）に着目し、河川の縦断図および横断図、実地形との標高差等に基づき検討する。なお必要な入力データは原子力機構が提示し、詳細は原子力機構と協議の上決定するものとする。

2.2. 高速化のためのコード改良

本コードは万年スケールの評価期間を対象とするが、対象地域の流域面積が広い場合には計算コストが非常に大きくなる。特に解析時間の多くを占める流路の計算（標高の平滑化（窪地の除去）、および、排水方向の抽出）について、高速化が必要である。一方既往の地形解析ソフトウェア SAGA^{iv}では、平滑化のアルゴリズムの 1 つとして穴埋め法（Planchon and Darboux, 2022^v）を採用しており、これを高速化するための改良法も提案されている（Wei et al., 2019^{vi}）。

本項目では、高速化のためのコード改良として、流路計算に対して穴埋め法を導入する。流路の処理については、従来の方法もオプションで選択できるように整備する。次に改良したコードを対象地域に適用して、判定した流路の位置および計算時間について、改良前後の

違いを整理する。詳細は原子力機構と協議の上決定するものとする。

2.3. 作業報告書の作成

上記の作業内容について記した報告書を作成する。ただし、使用する用語の統一に留意し、整理の仕方等は機構と協議の上決定する。

ⁱ Suzuki, T.: Rate of lateral planation by Iwaki River, Japan, Trans. Jpn. Geomorphol. Union, 3, 1–24 (1982).

ⁱⁱ Langston, A. L. and Tucker, G. E., Developing and exploring a theory for the lateral erosion of bedrock channels for use in landscape evolution models, Earth Surf. Dynam., 6, 1–27 (2018).

ⁱⁱⁱ Leopold, L. B. and Maddock, T., The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications: Professional Paper 252, Tech. rep., US Geological Survey (1953).

^{iv} Conrad, O. et al., System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991–2007 (2015).

^v Planchon, O. and Darboux, F., A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models, CATENA, 46(2), 159–176 (2002).

^{vi} Wei, H. et al., A variant of the Plachon and Darboux algorithm for filling depressions in raster digital elevation models, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 8(164), 1–11 (2019).