

# マルチ数値気候モデルによる流域の土砂生産に関する影響評価

福島大学大学院共生システム理工学研究科 正会員 川越 清樹  
東北大学大学院工学研究科 学生会員 小野 桂介  
東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 聡

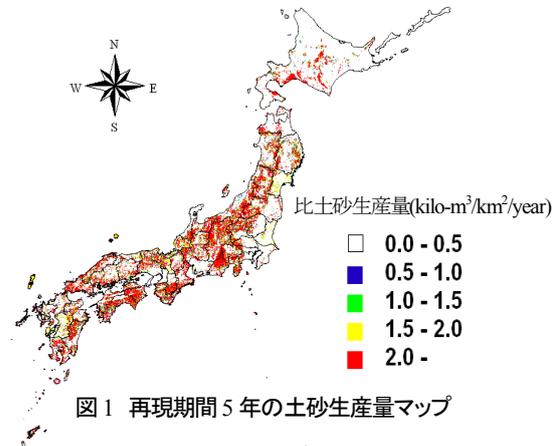
## 1. はじめに

気候システムの温暖化に伴い極端な気象事象(豪雨、無降雨期間長期化の増加等)の出現が指摘されており、水に係わる社会システムへの負のインパクトが危惧されている。これに対し、世界各国の研究機関は Special Report on Emission Scenario(以下 SRES)に対応する GHG 濃度を基にした数値気候モデルを開発し、気候システムの温暖化に対する気温や降水量等に示される気象要素の展望値を推計している。また、このデータを利用し、温暖化に対する影響を定量かつ分布的に評価する取り組みがなされている<sup>1)</sup>。従来は、高解像度による特定の数値気候モデルを影響評価に利用していた。しかしながら、展望値のバイアス補正や解像度のダウンスケーリング技術の向上により、多くの数値気候モデルを影響評価に利用できる環境が整備されつつある<sup>2)</sup>。この結果として、不確実性の多い数値気候モデルの展望値を統括的に評価する試みがなされている。本研究では、解像度 1km×1km の地域特性を再現するメッシュ気候値 2000(発行：気象業務支援センター)を利用して、世界各国の数値気候モデルの粗解像度(100km×100km から 300km×300km)出力データを比例分配でダウンスケーリングしたデータを用い<sup>1)</sup>、流域に対する斜面崩壊による土砂生産量を推計した。気候システムの温暖化による豪雨の量と頻度の増加は、斜面の間隙水圧上昇に起因する崩壊現象を活発化させる可能性を有する。そのため、流域内の生産土砂量を飛躍的に増加させ、貯水池の堆砂増加による有効貯水量の低下、河道閉塞、河床上昇に伴う洪水リスクの増加を生じさせる危険を有する。本研究の斜面崩壊に起因する土砂生産量推計の取り組みを以下に示す。

- ① 流域毎の土砂生産ポテンシャルの解明
- ② 数値気候モデルに応じた土砂生産量推計

## 2. 解析方法

川越らが開発した斜面崩壊発生確率モデル<sup>1)</sup>を利用し、秋本らは斜面崩壊による土砂生産量モデルを開発し、日本列島を対象に斜面崩壊による土砂生産量マップを作成した<sup>3)</sup>。斜面崩壊発生確率モデルは、降雨量に従う動水勾配をパラメータするため、降雨量変化に応じた斜面崩壊発生確率を



求めることができる。本研究では、これらのモデルを利用することで、降雨量変化に従う各流域の土砂生産量変化率を求めることで、斜面崩壊に起因する土砂生産量ポテンシャルを求めた。また、流域に応じた降水量をダウンスケーリングした世界各研究機関の SRES に応じた数値気候モデルの出力結果から求めることにより、気候システムの温暖化に応じた降水量展望値に対応する土砂生産量を推計した。以下の(1)式は斜面崩壊発生確率モデル式、(2)式は斜面崩壊による土砂生産量モデル式である。図1は斜面崩壊による再現期間5年の土砂生産量マップである。この結果は、再現期間5年の降雨極値を基に作成したものである。図1より断層発達し脆弱な地質を呈する糸魚川静岡構造線の周辺、日本列島において相対的に降水量の多い静岡から鹿児島県に至る南海地域、出羽山地周辺に 2,000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/year の土砂生産量グリッドセルが集中することが明らかにされている。

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\sigma + \sigma_h x_h + \sigma_r x_r)]} \quad (1)$$

$$SY = 0.1051 \exp(0.0301P) \quad (2)$$

ここで、 $P$ :発生確率、 $\sigma$ :切片、 $\sigma_h$ :動水勾配係数、 $x_h$ :動水勾配、 $\sigma_r$ :起伏量係数、 $x_r$ :起伏量、 $SY$ :比土砂生産量(kilo-m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/year)である。

## 3. 土砂生産ポテンシャル評価

各流域に対する再現期間5年の降雨極値を50%から250%まで増減させることで、斜面崩壊による土砂生産量の変化を求めた。図2には流域面積2,000km<sup>2</sup>以上の流域、および大都市圏を含む流域の

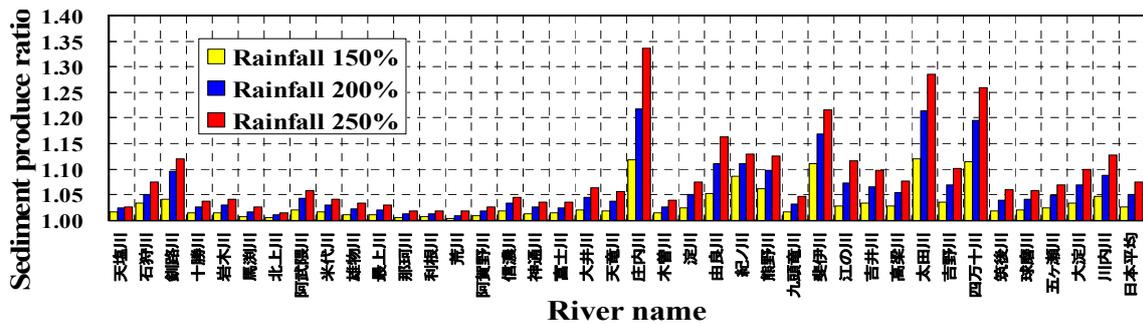


図2 流域毎の降雨極値による土砂生産量変化率 (ただし流域面積 2,000km<sup>2</sup>以上の流域を中心とする)

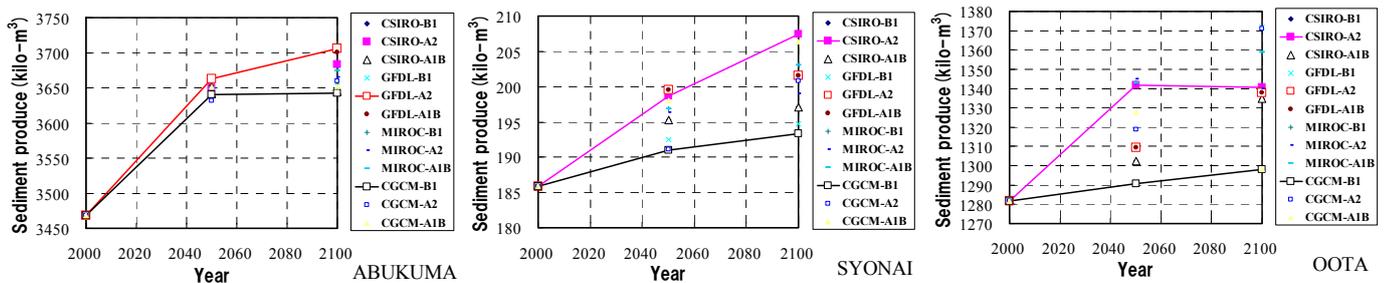


図3 流域毎の数値気候モデルおよび SRES に応じた斜面崩壊による土砂生産量の推計(再現期間 5 年)

土砂生産量変化率(例えば再現期間 5 年の降雨極値 250%の場合、再現期間 5 年の降雨極値 250%の比土砂生産量 / 再現期間 5 年の降雨極値時の比土砂生産量)を求めた結果図である。各流域の土砂生産量変化率を比較すると、相対的に日本アルプス西側、近畿地方、中国・四国地方の流域における土砂生産変化率の大きくなることが明らかである。これらの地域は、四国地方を除いて、主に緩やかな丘陵地形を呈している。そのため、降雨極値増大により緩やかな地形で斜面崩壊が増加し、土砂生産量が増加することを示唆している。四国地方は概ね急峻な地形を呈するものの、その縁辺部の比較的緩やかな傾斜を呈する斜面で崩壊が進むことを示唆している。特に著しい土砂生産ポテンシャルを示すのは庄内川であるが、この流域も美濃三河高原を水源とした、緩傾斜面を呈する地形である。総じて、丘陵等の緩傾斜を呈する地形を含んだ流域で斜面崩壊による土砂生産量ポテンシャルが高いことを示している。

#### 4. 数値気候モデルに応じた土砂生産量推計

気候モデルとして MIROC-Medres(Japan), MRI-CGCM2.3.2(Japan), GFDL-cm2.1(USA), CSIRO-MK3.0(Australia)の SRES-A1B(化石・非化石燃料バランスによる高成長型社会), A2(多元型社会), B1(持続発展型社会), 期間として 2045 年から 2064 年(以上 中間気候), 2081 年から 2100 年(以上 将来気候)を利用し、数値気候モデルのアウトプットを利用した土砂生産量推計に取り組んだ。対象河川として、ここでは各地方において比較的土砂生産量の多い阿武隈川(東北地方), 庄内川(中部地

方), 太田川(中国地方)を取り上げ、流域全体の土砂生産量を求めた。図3は各流域の推計結果である。結果として、各モデルおよび SRES とともに気候変動に従い土砂生産量は増加することを示す。また、GHG 濃度の極限シナリオである SRES-A2 が上限、環境重視である SRES-B1 が下限に位置する。なお、異なる地域を取り上げたが、北日本に位置する阿武隈川のみ GFDL-cm2.1 の SRES-A2 が上限に位置しており、各数値気候モデルで降雨の空間的特徴が異なることを示唆していることも明らかにされた。なお、各評価

#### 5. 今後の展開

今後は、マルチ気候モデルで各流域の土砂生産量を求め、モデルの時空間的なばらつきを考慮しながらマルチアンサンブルによる解析を行い、土砂生産の特徴を明らかにする意向である。

**謝辞:** 本研究は、環境省地球環境研究総合推進費(S-4):「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合評価に関する研究」から支援を受けた。ここに謝意を示す。

#### 参考文献

- 1) 川越清樹, 風間聡, 脇岡靖明, 高橋潔, 土砂崩壊リスク評価に対する気候モデルの適用, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.661-666, 2009.
- 2) 例えば Yuji Masutomi, Kiyoshi Takahashi, Hideo Harasawa and Yuzuru Matsuoka : Impact assessment of climate change on rice production in Asia in comprehensive consideration of process/parameter uncertainty in general circulation models, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 131, Issues 3-4, pp. 281-291, 2009.
- 3) 秋本嗣美, 川越清樹, 風間聡, 数値気候モデルを用いた土砂生産量予測, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.655-660, 2009.