

豪雨イベントに伴う斜面崩壊頻発後の流域環境変化に関する調査分析

鈴木 健¹・LE THI THANH THUY¹・誼高一将²・川越 清樹^{2*}

¹福島大学大学院環境システム理工学研究科（〒960-1296福島県福島市金谷川1）

²福島大学共生システム理工学類環境システムマネジメント専攻（〒960-1296福島県福島市金谷川1）

* E-mail: kawagoe@sss.fukushima-u.ac.jp

本研究では、2016年8月に気象観測史上で東北地方太平洋側から上陸した台風10号に関する斜面崩壊と流域河川水の変動を分析した中間の結果をまとめたものである。調査、および解析として、現地調査と並行して衛星画像による斜面崩壊、浸食の領域判読を進めた。また、斜面崩壊した領域からの物質輸送の変動性を水質分析により解析することを進めている。結果として、衛星画像判読より、植生被覆と関連付けられる領域で裸地化を示唆するNDVI現象が示された。特に、人為的植生に関連付けられる樹種での斜面崩壊の可能性を示唆する結果を得た。水質分析は、現在、調査実施中であるが、傾向として流域の特徴が反映されたイオン分析値が示されている。今後も調査実施を継続し、土砂流出による流域環境改善を進める意向である。

Key Words : Typhoon, Landsat8, NDVI and sediment control planning

1. はじめに

2016年8月19日に八丈島の東約150km海上で発生した台風第10号は、日本の南域を南西に進み、沖縄近海で停滞した後、北東に進路を変えて29日には小笠原近海に達するなど複雑な経路をたどった。30日18時前には1951年の気象観測以降初となる東北地方太平洋側からの台風上陸が認められ、岩手県北部沿岸域に死者20名、行方不明者3名を含む甚大な被害を与えた。戦後以降の社会基盤の整備により着実に治水安全度は向上しているものの、台風などによる甚大な豪雨をもたらすイベントは依然として被害に伴う被災を生じさせる。その一方で、気候変動による台風予測研究によると、将来の台風強度増加を示唆する結果が示されている¹⁻³⁾。そのため、社会基盤の設計基準値を超過する強度、規模の台風の上陸も示唆され、現状以上の治水安全度も見据えた強化策も検討する必要がある。また、流域管理を考慮すれば治水のみに特化せずに利水、環境保全との関係性も明らかにしていくことが肝要と思われる。自然の回復、流域における水供給の系統等の関係性を把握することで流域として適切な水マネジメントの適応が進展すると考えられる。こうし



図1 小本川流域図

た準備を行うため、被災時の現象の普遍性と固有性をよく把握するとともに、回復までの推移を整理していくことも重要である。

以上の背景を踏まえて、気象観測史上初めての台風上陸となった岩手県沿岸域の流域を対象に調査解析を進めた。本書では、以下の調査解析結果を示す。

- ① 衛星画像判読によるマスマーブメントポイントの抽出とエリアの特性把握
- ② 河川流出水の化学成分の分析と特性把握



写真1 小本川被災状況

これら①、②を進めることで台風免疫の少ない流域における土砂動態による影響を把握するための試みを進めている。治水面に対しては河床変化の素因となる土砂供給源の空間的な分布と特性を把握できること、利水面に対しては濁質変化の他、水質の動態が把握できること、環境保全に関しては推計に接する斜面の植生管理の検証を検討できること、等を想定して本調査を実施した。

なお、対象とした流域は小本川である(図1 参照)。小本川は水源を岩手県岩泉町国境峠付近として、南東方向流下して太平洋を流末にする平洋に注ぐ、流域面積約731km²、流路延長約65kmの二級河川である。台風10号時には、多量の斜面崩壊、洪水氾濫により流域では甚大な被害が認められている(写真1 参照)。

2 衛星画像判読方法

衛星画像観測に関しては、正規化植生指標(NDVI : Normalized Difference Vegetation Index)を用いてマスマーブメントの生じた領域の抽出を試みた。NDVIによる植物による光の反射の特徴を生かすことで、NDVIの急激な低下に伴う土地被覆変化が把握できる。したがって、広域の斜面崩壊個所の抽出に対する解析にも多く利用されている⁴⁾。本解析では被災前後の衛星画像比較より裸地化の判別を進めた。

NDVIの導出式は以下の式(1)に示すとおりである。

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (1)$$

ここで、 R : 衛星データ(可視域赤)の反射率、 IR : 衛星データ(近赤外域)の反射率である。求められるNDVIは-1から1の間で求めることができる。なお、衛星画像データとしてはLandsat8を利用し、台風10号の上陸に伴い被災した時期(2016年8月29,30日)を挟んだ、2016年5月29日、2016年10月4日のNDVIの比較より裸地化の領域を抽出し

た(図2 参照)。なお、衛星画像は空間解像度30m×30mのグリッドセル情報となる。

また、NDVIの情報のみであれば植生の種類による特性が不明である。以上より、環境省自然局生物多様性センター(https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html)による第6回植生調査(平成11年～16年)による植生分布データ(図3 参照)を利用して植生の種別分析も進めた。

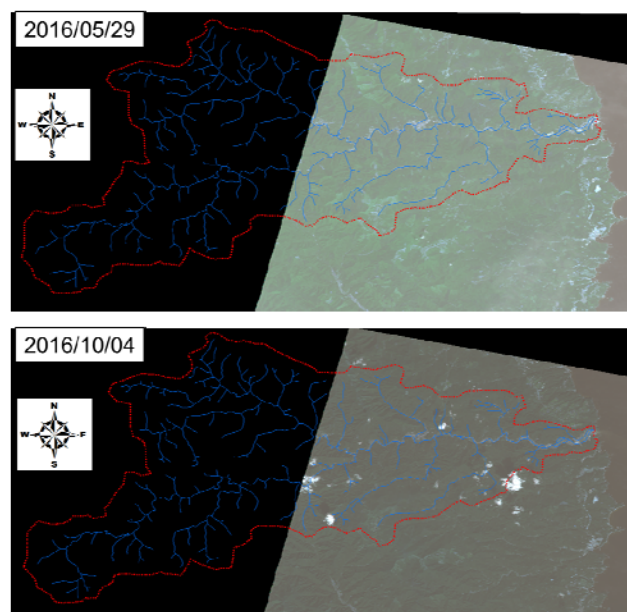


図2 小本川衛星画像

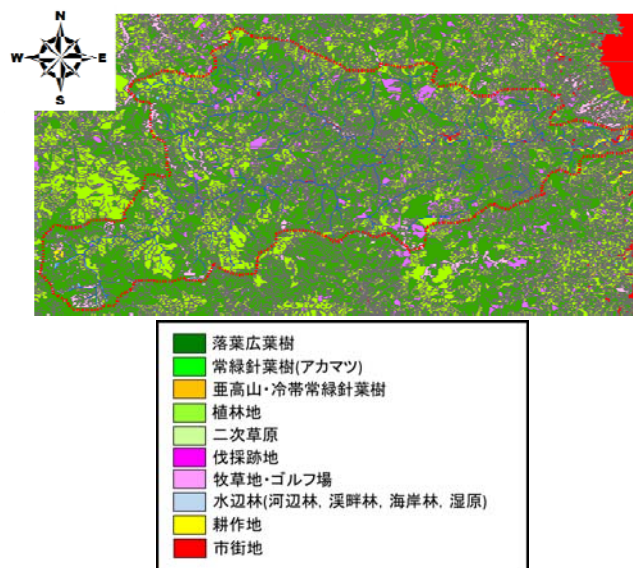


図3 流域植生分布図

3 水質分析方法

水質分析に関しては、イオンクロマトグラフ法より小本川流域により採水した試料の分析を進めた(図4 参照)

P1～11の11箇所). 河川の流出した水の成分を把握することで物質輸送のバックアップデータの把握を試みている. イオンクロマト法による溶解性イオンとともに土砂の懸濁態物質の分析も進めているが, 現段階の結果は溶解性物質のみの結果が得られている. そのため, 今回はこの結果のみを示すこととする.

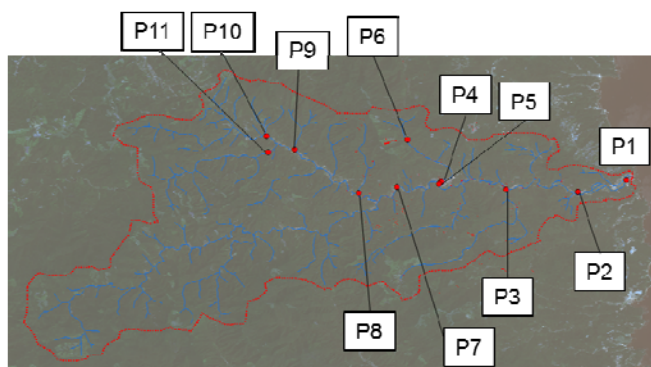


図4 小本川採水位置図

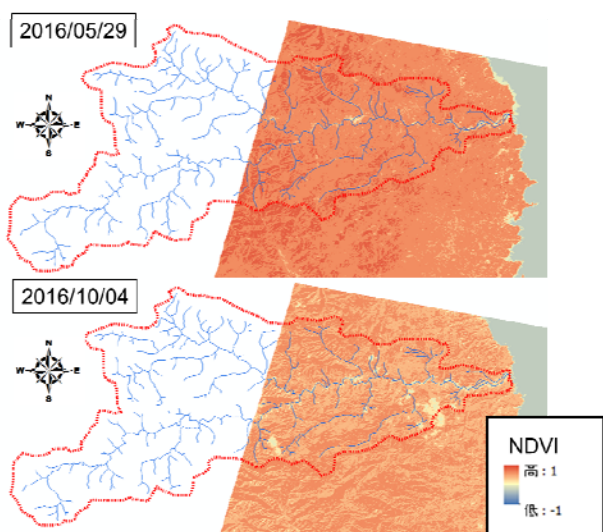


図5 小本川 NDVI 分布図

4. 衛星画像判読結果

図5は2016年5月29日, 2016年10月4日のNDVIの分布図である. また, 図6, 図7は植生種別に応じた同期間のNDVI関係図である. 相対的に春季のNDVI値が高く, 秋季のNDVIが示されており, 植生活性に矛盾のない傾向が画像解析より求められていて. また, 環境省自然局生物多様性センターの第6回植生調査による植生分布データとの重ね合わせより, 植生種類に応じてNDVIの変化傾向が明瞭になる結果を得た.

結果として, 落葉広葉樹林地帯(自然度の高いもの)のオニグルミ, コナラ, 植林地帯のスギ・ヒノキ, アカマツ, 河辺林, 湿原でNDVI値が1以下になる領域が多く認

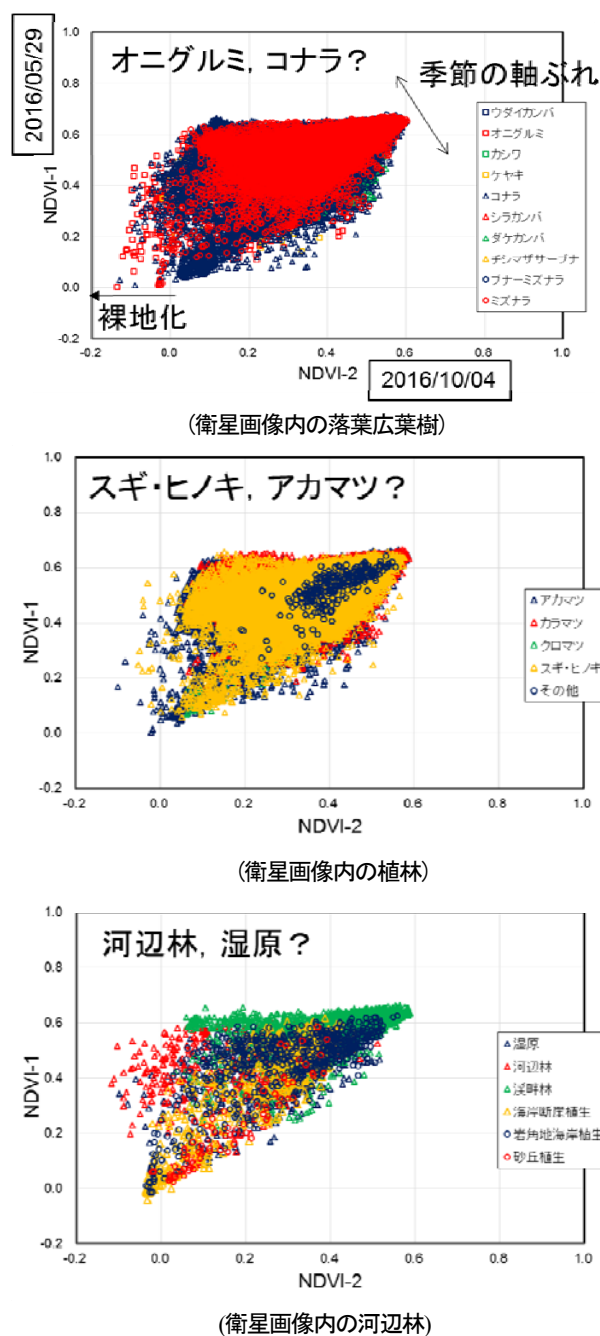


図6 衛星画像内の NDVI 変化関係図(1)

められた. 河辺林, 湿原は, 河岸, 水域付近に分布するため, 流出増大に伴う浸食の影響を受けやすいことが推測される. したがって, おおよそ今回の台風に伴う豪雨により, 浸食などの影響でNDVI値1以下に変化する地域が頻出したと考えられる. また, 植林地帯は生産活動に伴い開発された人為的な造林地であるが, 林道開発された近隣に位置していること, 樹齢も自然林よりも若い傾向にあることの特徴が挙げられる. 林道開発された近隣に位置することに関しては路面を通過による表面流出水の流入の影響を受けやすい. また, 樹齢の若い傾向は, 比較的に未熟な落葉層の形成になり, 浸透能が他の林地

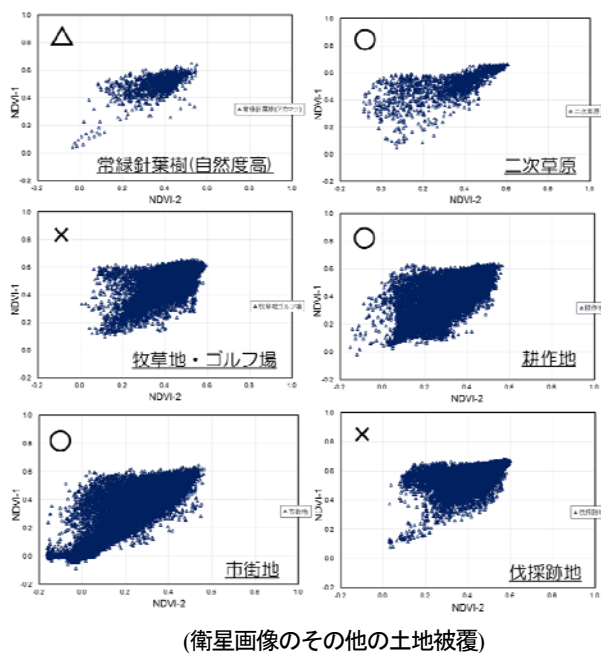


図7 衛星画像内のNDVI変化関係図(2)

※ NDVI2<0が存在する場合○, 存在しない場合×

より低くなることで表面流出を受けやすい可能性を示唆している。双方とも表面流出の影響を受けやすい要因と関連付けられ、豪雨に伴い浸食や斜面崩壊の出現の多くなる可能性を含んだ土地被覆となることが示唆される。落葉広葉樹林地帯のオニグルミ、コナラに関しては、その繁殖や造林の過程から土地改変しうる可能性が明瞭に理由づけられる樹種である。オニグルミ(*Juglans mandshurica*)はクルミ科クルミ属(落葉高木)に属し、元々は人為起源の造林に位置づけられる。そのため、他の落葉広葉樹林地帯よりも自然度が低く、歴史の浅い樹木となる。特徴として河川沿岸、適湿な地に繁茂し、水的作用による影響も受けやすい。樹木自体は、太い枝で開出しているが、アレロパシー(他感作用)のため木の下では他の木が育たない傾向もある。そのため、外的な営力も受けやすいと解釈できる。コナラ(*Quercus serrata*)はブナ科コナラ属(落葉高木)に属し、この樹種も元々は人為起源の造林に位置づけられる。日当たりの良い山野に分布し、薪炭材としての里山の代表樹種である。里山ではコナラ・クヌギなどの薪炭材だけを10~20年周期で萌芽更新させていた歴史を持つが、薪炭材の使用減とともに近年は管理がなされなくなっている。放置されたコナラの里山がシラカシなどの照葉樹林に代わりつつある傾向も認められている。よって、オニグルミ、コナラともに自然度の高い落葉広葉樹林地帯に分布するものの人為起源の影響の大きな樹種として位置づけられる。そのため、現在、植林地帯として分類された地域と同様に表面流出の影響を受けやすいことと関連付けられる。その他の土地

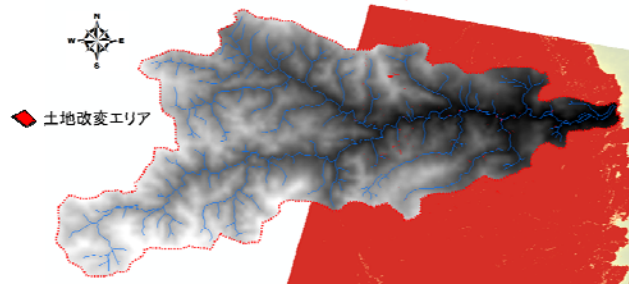


図8 土地変化箇所分布図

被覆でもNDVI値が1以下になる領域が認められるが、主に平坦地に位置する土地被覆であり、土砂堆積等の影響が推測される。

以上の検討よりNDVI値1以下を判断基準に土地被覆変化箇所を抽出した分布図が図8である。今後、現地調査の結果とともに地形、地質、そして土壌雨量に関連する情報も重ね合わせ検討して、斜面崩壊、浸食、土砂堆積、得意な現象の区分を進める意向である。

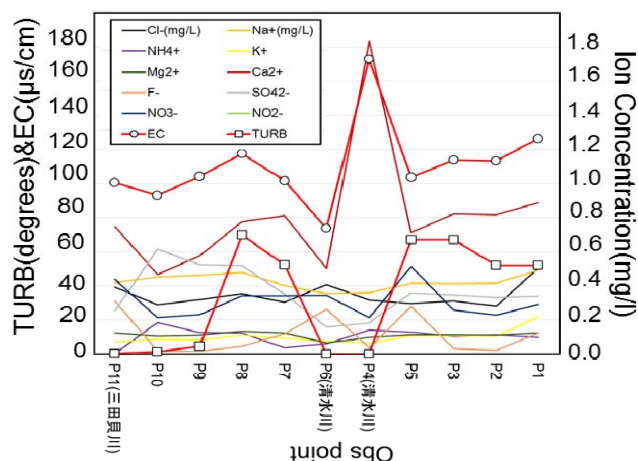


図9 水質分析結果グラフ

5. 水質分析結果

水質分析に関する結果を図9に示す。現段階の結果としては、龍泉洞も存在する小本川支川の清水川では北上山地中古生層の石灰岩の影響もあり Ca^{2+} の濃度が高い結果が認められており、露頭した地質に影響されているのが特徴である。ただ、その一方で、岩泉市街地よりもやや上流側も Ca^{2+} の濃度が高いことに加えて、濁度も高まっている結果が示されている。この結果は土砂流出に伴う濁度上昇と露頭による岩盤からの流出による双方の現象が発生している可能性を示唆している。そのため、小流域として土砂生産の割合が高い可能性も含まれている。今後、懸濁物質の分析と継続の採水試料の分析を試みる

こと、土地改変領域との比較より、検証を継続する予定である。

6. まとめ

気象観測史上初めての台風上陸となった岩手県沿岸域に分布する小本川流域を対象に調査解析を進めた。調査、および解析として、現地調査と並行して衛星画像による斜面崩壊、浸食の領域判読を進めた。また、斜面崩壊した領域からの物質輸送の変動性を水質分析により解析することを進めている。結果として、衛星画像判読より、植生被覆と関連付けられる領域で裸地化を示唆するNDVI現象が示された。特に、人為的植生に関連付けられる樹種での斜面崩壊の可能性を示唆する結果を得た。水質分析は、現在、調査実施中であるが、傾向として流域の特徴が反映されたイオン分析値が示されている。今後も調査実施を継続し、土砂流出による流域環境討を進める意向である。

謝辞：本研究は土木学会水工学委員会、東北支部 平成28 年台風 10 号水害調査団の活動より実施された。また、本研究の一部は、河川環境財団研究助成と文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)によって実施された。また、ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) Tsuboki.K et al, Future increase of super typhoon intensity associated with climate change, *Geophys.Res. Lett*, Vol.42, pp.646-652, 2015.
- 2) Knutson et al, Tropical cyclone and climate change, *Nat. Geosci.*, Vol.3, pp.157-163, 2010.
- 3) NAM-YOUNG KANG, Climate Mechanism for Stronger Typhoons in a Warmer World, *Journal of climate*, Vol.20, pp.1051-1056, 2016.
- 4) JaewonChoi et al: Combining landslide susceptibility maps obtained from frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models using ASTER images and GIS, *Engineering Geology*, Vol.124, pp.12-23, 2012.