HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Modelling hydrological processes and 137Cs load responses to climate and land use changes in Hiso River watershed, Fukushima, Japan [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	彭, 石磊
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第14660号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/83257
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	eng_shilei_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　　氏名 Shilei Peng

審査担当者　主査　教　授　当真　要
副査　教　授　石黒　宗秀
副査　教　授　平野　高司
副査　教　授　信濃　卓郎
副査　名誉教授　波多野隆介

学位論文題名

Modelling hydrological processes and ^{137}Cs load responses to climate and land use changes in Hiso River watershed, Fukushima, Japan

（福島県比曽川流域における気候と土地利用の変化に対する水文過程と^{137}Cs負荷応答のモデル化）

本論文は英文 186 頁、図 34、表 21、8 章からなり、参考論文1編が付されている。

2011 年 3 月 11 日の東京電力福島第一原子力発電所の事故で放出された放射性セシウムの内セシウム 137（^{137}Cs）は、半減期が 30.2 年と長いため、その流域への沈着は生態系と人間の健康への深刻なリスクになる可能性がある。流域に沈着した ^{137}Cs は植物吸収、固液反応、溶脱、侵食等の土壌過程を通して流域内で再分配し河川へ流出する。したがって長期間の監視とそれに基づく将来予測が望まれる。^{137}Cs の沈着により汚染された流域の農地は放棄され、荒れ地となりその後除染作業が行われてきた。このような土地利用変化が ^{137}Cs 流出に及ぼす影響を評価する必要がある。さらに将来予測には気候変動の影響も関わるため気候変動シナリオの適用も検討する必要がある。

以上から本研究は、^{137}Cs 汚染が顕著であった比曽川上流域を対象に（1）流域の気象要素の将来予測、（2）流域の ^{137}Cs 流出観測に基づく予測モデルの有効性の検討、（3）気候変動と土地利用変化による流域の水収支の長期予測を行った。

1.気温と降水量の予測

本研究では CanESM2、HadCM3、MIROC5 の 3 つの全球気候モデルにダウンスケール手法を適用して比曽川流域の毎日の降雨量と最高気温と最低気温を校正し、IPCC が提示した気候シナリオにより 2010-2099 年の変化を予測し、1980-2009 の観測値と比較した。観測値に対し 2010 年から 2099 年の間の最高気温と最低気温の予測値は CanESM2 の温室効果ガス排出抑制シナリオでわずかに低下傾向がみられるが、その他のシナリオはいずれも上昇を予想した（それぞれ-0.6～4.2ºC および-0.1～3.9ºC）。一方、降水量の予測では、MIROC5 は 11.6～13.3％の増加が予測されたが、CanESM2 と HadCM3 はそれぞれ 17.4％と 0.2％の減少が予測され、

大きな不確実性を示した。以上 3 つの全球気候モデルから生成された結果を総合すると、気温の上昇（4.5%）、降水量の減少（-2.0%）となり、比曽川流域は将来より暖かく乾燥した気候になると予想された。

2. ^{137}Cs 流出のモデル化

アメリカ農務省が開発した SWAT モデルに、2013 年から 2017 年の河川流量、土砂流出量と ^{137}Cs 流出量の観測から得た回帰式を組み込み、土砂流出から ^{137}Cs 流出を予測するモデルを構築した。SWAT モデルの校正精度は十分であることを認めた。^{137}Cs は降雨時に大きな流出があったが、除染後の流出は小さくなった。平水時は過小評価、降雨時に過大評価する傾向があった。このモデルを用い土地利用変化（農地、荒れ地、裸地）による河川流量と土砂流出量の変化をシミュレートした。農地から荒れ地への転換では、河川流量はほとんど変化しなかった（-0.8%）が、土砂流出量は有意に減少した（-21%）。裸地への変化は河川流量、土砂流出量ともに増加した（農地から 3.8%および 28%、荒れ地から 4.6%および 63%）。

3.気候と土地利用の変化に対する水文学的プロセスの応答

SWAT モデルを用い気候変動と土地利用変化による水収支要素（河川流量、表面流出量、地下水流出量、側方流出量、蒸発散量）の変化について、1980 年から 2009 年をベースラインとして 2010 年から 2099 年の間でシミュレートした。気候シナリオでは、将来の気温上昇が最も小さく降雨量の減少が最も大きい CanESM2 ですべての水収支要素の大きな減少が認められた（4.8～94.0%）。一方、気温上昇が大きく降雨量の増加が最大の MIROC5 では、蒸発散量は 2.4～9.5%減少したが、その他の水収支要素は有意に増加した（17.3～29.8%）。土地利用変化シナリオでは、農地や野草地が裸地に変わると表面流出量と地下水流出量が大きく増加し（160%および 83%）、河川流量が増加する。最大の流出は MIROC5 の最大温室効果ガス排出の気候シナリオで土地利用を裸地に変化させるシナリオで生じる。

本研究の結論として、SWAT モデルは気候と土地利用に合理的に反応し、水収支、土砂流出、^{137}Cs 流出の将来予測に有効なツールであり、今後本モデルに ^{137}Cs の物理的減衰過程を組み込むことにより長期予測が可能になる。また、降雨量は気候変動のシナリオにより大きな変動があり、SWAT モデルは降雨時の不一致が大きいことから、将来予測のためにはモデルの精度を向上させるとともに、さらなる観察と監視に関する研究の重要性を指摘している。

以上の研究は気候変動下の流域の土壌管理の研究のあり方を示唆するものであり、関連学会においても高く評価されている。

よって審査員一同は、Shilei Peng が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。