

研究課題名：全球スケールの陸域モデル開発による気候変動研究

課題代表者：国立環境研究所地球環境研究センター 横畠 徳太
共同研究者：国立環境研究所地球環境研究センター 伊藤 昭彦
国立環境研究所地域環境研究センター 仁科 一哉
茨城大学農学部 増富 祐司
北海道大学工学部 山田 朋人
エネルギー総合工学研究所地球環境グループ 加藤 悦史

実施年度：平成 28 年度～平成 30 年度

1. 研究目的

将来の気候変動は、人間社会と生態系に大きな影響を与える。気候変動に対する適応策・緩和策を立案するためには、我々が土地・水資源・生態系をいかに効果的に利用するかということが非常に重要な課題であるが、地球環境システムにおいて土地・水資源・生態系が果たす役割、それぞれの間の相互作用までを考慮した研究は、十分に行われていない。特に、気候変動緩和策が土地利用に及ぼす影響の評価、土地・水資源・生態系の環境制約を考慮した土地利用シナリオの構築など、グローバルレベルでの陸域モデリング研究には、まだ多くの課題が残されている。そこで本研究では、生態系・水資源・土地利用・作物成長を評価できるモデルを結合することで、気候変動影響下における土地・水・生態系間の相互作用を、不確実性を含めて定量的に評価するグローバルな陸域統合モデルを開発し、各種シナリオについてシミュレーション分析を行う。

2. 研究計画

国立環境研究所低炭素プログラムなどの研究課題のため、陸域における気候・生態系・水資源・農作物・土地利用などの将来予測を行うことのできるモデルを高度化すると同時に、それらのモデルを結合した「陸域統合モデル」の開発を行う。また、環境省環境研究総合推進費の研究課題のため、凍土融解過程の高度化を行う。開発した様々なモデルを利用して、全球スケールのシミュレーションを行い、気候変動がもたらすリスクや気候変動対策の有効性についての解析研究を行う。

3. 進捗状況

今年度は、陸域統合モデルに、既存の気候データ（気候モデルによる過去再現や将来予測）を入力することにより、過去の再現および将来予測のシミュレーションを行った。これにより、気候・生態系・水資源・農作物・土地利用の間の相互作用に関する分析を行った。

陸域統合モデルによる将来予測実験の結果を図 2 に示す。将来気候シナリオとして、全球平均気温の上昇を 2 度で安定化させることを目指す RCP2.6 と、成り行きシナリオに近い RCP8.5 を与えて実験を行なった。

気候シナリオとしては ISIMIP によって提供された 4 気候モデルの結果を利用している。気候・水資源・陸域生態系・作物・土地利用のすべてのモデルを結合させて走らせた結果である。水資源モデルによって計算した灌漑供給量(図 1-a)は、将来増加する傾向にある。これは、将来乾燥化が進む地域で、灌漑需要が増えるためである。土壌水分(図 1-b)は、気候シナリオを計算する気候モデルの違いによっても結果が異なるが、RCP2.6 に比べて、RCP8.5 の方が、土壌水分の減少幅が大きい。作物収量の計算では、PRYSBI2 において施肥効果を考慮し、将来の国別 GDP の増加に応じて、技術発展による収量増加の効果を計算に含めている(過去の収量増加と国別 GDP 増加の関係から、将来の技術発展による収量増加を推定)。このため、穀物は基本的に RCP2.6 シナリオでは収量が増加する傾向がある。この一方で、RCP8.5 では、気候変化の効果によって、収量が減少する。このため、各グリッドにおける収量の最大値(図 1-g)も、RCP2.6 では増加傾向にあるが、RCP8.5 では、21 世紀後半に、気候変化の影響によって収量が低下する。基本的に、将来の土地利用は、収量が多いほど、農地の増加は少なくて済む。このため、将来の穀物面積の変化(図 2-h)では、RCP2.6 に比べ RCP8.5 で穀物面積の変化が大きくなる。さらに、生態系正味生産量(Net Primary Production=NPP, 図 2-i)は、21 世紀後半で、RCP2.6 に比べて RCP8.5 で少なくなる。

気候変化と土地利用変化の影響によって、生態系が正味で吸収する二酸化炭素量は、RCP2.6 に比べて RCP8.5 でより小さくなり、温暖化を加速する正のフィードバックが働く可能性がある。すなわち気候変化が作物生産に影響を与え、より耕作地が広がり、より生態系生産が減少することで、気候変化に影響を与えるという形での相互作用が、RCP2.6 に比べて RCP8.5 でより大きくなることが示された。ここでは、社会経済シナリオ(SSP)を固定しているが、特に土地利用モデルの結果は、SSP の違いや、社会経済シナリオを予報する統合評価モデルの結果にも依存する。今後は、ここで示されたようなサブモデル間の相互作用を考慮した上で、気候モデル予測以外の不確実性について考慮することが重要である。



図 1. 陸域統合モデルによる将来予測実験の結果。RCP8.5 (赤) および RCP2.6 (青) シナリオを与え、気候データとして5つの気候モデル(実線=GFDL, 破線=MIROC, 点線=HadGEM, 一点鎖線=NorESM, ドット=IPSL)の結果を与えた結果を示す。a) 灌漑による水供給量 (kg/sec, 1度グリッドの平均値), b) 150cmの土壌水分 (m), c) 大豆収量 (t/ha), d) 冬小麦収量 (t/ha), e) とうもろこし収量 (t/ha), f) 春小麦収量 (t/ha), g) 5穀物のグリッド最大収量 (t/ha), h) 穀物面積 (グリッドにおける割合), i) 生態系正味生産量 (Net Primary Production, MgC/ha/mon)。作物収量 (c-g) は、陸面のすべてのグリッドで作物を栽培したと仮定した場合の、全陸面の平均値を表す。

4. 今後の計画

様々な人間活動を考慮したすべてのモデルを結合したシミュレーションを行うことができたので、今後は、人間活動が地球システムの変動に与える影響を評価するために、人間活動がなかった場合のシミュレーションを行う。同様に、穀物収量の変化に対する施肥効果や技術係数の寄与を評価するため、温室効果ガスを一定にした場合や、技術係数を変化させない場合のシミュレーションを行う。さらに、モデルにおいて不確実性の大きいパラメータを変化させて多数のシミュレーションを行うことにより、モデル予測の不確実性を評価する。さらに、現在のモデルは陸面の過程だけを評価するモデルであるが、大気と海洋における過程を計算することを計画している。このため、大気・海洋・陸面の気候と物質循環を計算する地球システムモデルに様々な人間活動モデルを結合させる。

5. 昨年度終了研究課題名

全球スケールの陸域モデル開発による気候変動研究

6. 計算機資源の利用状況 (2016年10月1日～2017年11月30日)

実行ユーザ数: 6

CPU 時間 v_deb: 162.96 hours, v_32cpu: 283,373.07 hours, v_96cpu: 69,730.24 hours, v_160cpu: 801.69 hours, 計: 354,067.96 hours