

研究課題名：地球システムにおける陸域モデルの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システム領域 横島徳太
共同研究者：国立環境研究所地球システム領域 伊藤昭彦
国立環境研究所地球システム領域 佐藤雄亮
茨城大学農学部 木下嗣基
北海道大学大学院工学研究院 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：令和2年度～令和4年度

1. 研究目的

将来の気候変動は自然生態系や人間社会に大きな影響を与える。気候変動によって影響を受ける部門は非常に幅広く、ある部門への影響が別の部門への影響を引き起こすといった「影響の連鎖」が存在する。気候変動に対応するための効果的な方策を立案するためには、気候変動によって生じる様々な影響について明らかにすると同時に、気候変動に対する緩和・適応策の有効性を評価することが重要である。そこで私たちは、気候変動によって大きな影響を受ける水資源・農業・生態系における影響評価を行うと同時に、これらに関連する自然環境と人間活動（特に人間による土地利用など）の変化が地球システムに及ぼす影響（フィードバック作用）の評価を行う。さらに、水資源・陸域生態系・作物成長・土地利用を記述するモデルの高度化を行う。これらの研究活動を通して、国際的な気候変動に関する統合評価を行う IPCC 評価報告書などへの貢献を果たすことを目指している。

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、地球システムにおける気候・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、陸面過程モデルにこれらのモデルを結合した「陸域統合モデル」、さらに大気海洋結合モデルにこれらのモデルを結合した「地球システム統合モデル」の開発を行う。また、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

今年度の研究では、陸面モデルに生態系・水資源・農作物・土地利用モデルを結合した陸域統合モデル MIROC-INTEG-LAND (Yokohata et al. 2020, Geophysical Model Development) を利用し、温暖化影響評価のモデ

ル間相互比較プロジェクト Intra-Sectoral Impact Model Inter-comparison Project (ISIMIP) Phase 3 へ貢献を行ための数値実験を行なった。また、MIROC-INTEG-LAND を含め、ISIMIP Phase 2 で提出された数値実験結果を利用した将来の干ばつ予測に関する研究を行った。

本研究では河川流量の変化に注目し、年間干ばつ日数の将来変化を調べた。この研究では、「それぞれの領域での干ばつ頻度が過去の参照期間(1865-2005年)の最大値を継続して何年も超過するようになる最初のタイミング (TFE: Time of First Emergence of consecutive unprecedented drought)」を、「これまでの異常が常態化してしまう時期」と定義した(図1)。例えば、「過去最大の干ばつ頻度を少なくとも5年以上継続して超える時期」を TFE5 と表記する。論文では流域を元に定めた全球 59 地域について、複数の最低超過継続期間を設定し、各地域の TFE を推定した。解析には、ISIMIP に提出されたシミュレーションデータセットを用い、1861年から2099年の全球河川流量データを解析している。ここでは、それぞれ4つの気候モデルの将来気候予測を入力データに用いて計算した、5つの全球水モデルの将来予測データを用いた。可能な限りの温暖化対策を施した場合の脱炭素社会実現シナリオ (RCP2.6) と、CO₂ 排出削減などの温暖化対策を今以上に施さなかった場合の地球温暖化進行シナリオ (RCP8.5) の2種類の温暖化シナリオについて調べ、温暖化対策の選択による結果の違いを評価した。

私たちの将来予測の結果は、温暖化影響の強さとその時間発展の速さに顕著な地域差があることを示す。

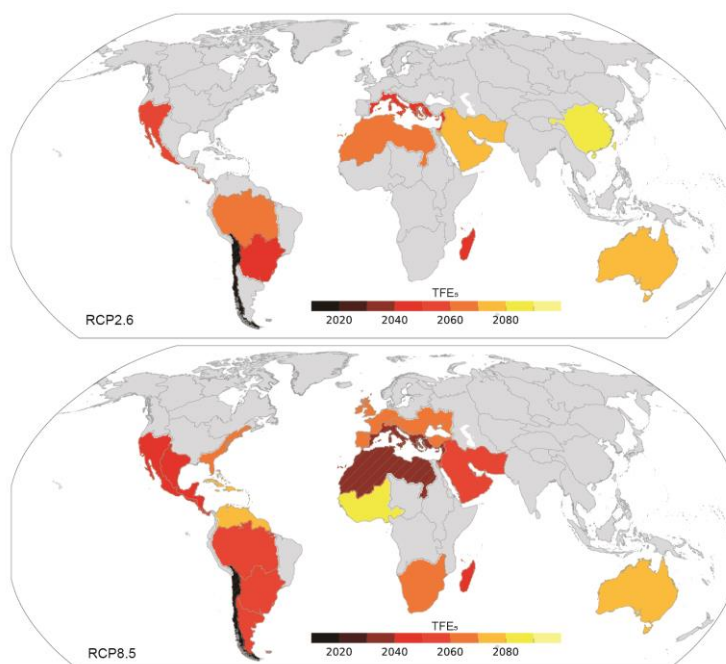


図 1. 気候変動に伴う干ばつの高頻度化および長期化により、領域の干ばつ頻度が 5 年以上連続して過去最大値を超える時期 (TFE5: Time of the First Emergence of consecutive unprecedented regional drought conditions consecutively longer than five years)。 (上) RCP2.6 および (下) RCP8.5 の結果。複数モデルによって得られた TFE 予測の中央値を示す。モデル予測の不確実性幅を考慮し、±5%の有意範囲で今世紀末までに TFE を迎える地域についてのみ色で示す。

図 1 はシナリオごとに推定された TFE5 の全球分布であり、暖色が濃いほど早期に TFE5 を迎えることを示す。ここでは 2100 年までに TFE5 を迎えることが有意な地域のみに着色している。解析の結果、RCP8.5 シナリオにおいては今世紀のうちに全 59 地域中の 18 地域で TFE5 が検出された。温暖化緩和策の推進を想定した RCP2.6 シナリオでも、11 地域で今世紀中に TFE5 が検出される結果となった。さらに重要なことに、7 地域 (RCP8.5) と 5 地域 (RCP2.6) では、今後 30 年程度のうちに TFE5 に達する予測となっている。特に南米南西部、地中海ヨーロッパおよび北アフリカでは、どちらのシナリオでも特に早期の TFE5 の値をとる。一方、TFE5 の推定結果に見るシナリオ間の違いは、総じて 2 つの温暖化経路の選択が TFE の時期やその確信度に大きな違いをもたらすことを示す。つまり、脱炭素社会の実現 (RCP2.6) が未曾有の干ばつ状態の発生確率を低く抑える、もしくはその発生を遅らせるために重要であることも示された。

4. 今後の計画

本研究課題では継続して、地球システムモデル (MIROC-ES2L) に水資源・作物・土地利用モデルを組み込んだ「地球システム統合モデル (MIROC-INTEG-

ES)」の開発を進める。MIROC-INTEG-ES によって、本報告書で示したような将来の水資源や土地利用の変化が、陸域生態系や大気状態に与える影響を評価することが可能となる。現在、MIROC-ES2L に水資源・作物・土地利用モデルを組み込んだモデルの実行を行っている。地球システムモデルによる将来予測実験を行い、地球-人間システム相互作用の分析を進める予定である。

5. 計算機資源の利用状況 (2021 年 11 月 1 日～2022 年 10 月 31 日)

実行ユーザ数: 6

VE 時間積 v_debug: 296.47 hours, v_normal: 31,460.16 hours, 計: 31,756.63 hours (全体の VE 時間積に対する占有率: 2.5%)