

B-11 地球温暖化の高山・森林・農業生態系への影響、適応、脆弱性評価に関する研究

(4) 影響の変動性・地域性を考慮した農業生態系のリスク評価に関する研究

② 東アジアにおける農業生産量変動に対するリスクの評価

独立行政法人農業環境技術研究所

地球環境部

陶 福 祿 (E F フェロー)

地球環境部

林 陽 生 (現筑波大学)

＜研究協力者＞独立行政法人農業環境技術研究所地球環境部 横沢正幸

平成14年～16年度合計予定額 4,259千円
(うち平成16年度合計予算額 1,269千円)

〔要旨〕気候変動に関する国際連合枠組条約はその第2条で、気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを目的としている。それに対応し本研究では、東アジアにおける食料生産に影響を与える温暖化の危険な水準を策定するための基礎研究を実施した。特に中国における作物生産に対する気候変動の影響の危険性を時間的空間的に評価するために、農耕地における水分ストレス指数(WSI)および純一次生産力(NPP)を指標として用い、その変動について考察した。その結果、華北平原ならびに東北平原が将来予想される気候変動に対して特に影響を受けやすいことが分かった。2001～2080年までの年々変動に着目すると、A2温暖化シナリオ条件下で、これらの地域で2021～2040年の期間には干ばつの危険性が大きくなると予測された。またNPPは一般に増加する傾向が見られるが、A2シナリオの2005～2035年の間ではやや減少するトレンドが見られた。

〔キーワード〕農業生産、気候変化、土壌劣化、干ばつと洪水、東アジア

1. はじめに

気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)第2条では、気候系に対する危険な人為的干渉を、食糧生産が脅かされないよう早期に措置を講じて防ぐように求めている。気候系に対する「危険な人為的干渉」¹⁾を構成する恐れのある気候変動のリスクを緩和するための課題として、気候変動に対して脆弱な一部の地域および部門における気候変動に対する受容限界をUNFCCCの第2条の枠内で確認することがますます重要になっている。農業部門は、気候変動に対してもっとも脆弱な部門のひとつである。中国の農業生産は、多くの耕作地が天水耕作地であり、そのような耕作地で作物全体の約30%を生産するため気候変動に対して非常に脆弱であり、また水資源は農業にとってもっとも重要な資源である。

2. 研究目的

本研究では中国における農業生産の気候変動に対する受容閾値を確認するために、もっとも重大な側面、すなわち天水耕作地の水資源と生産量の観点から着手する。すなわち、中国において予測される気候変動から農業と水資源が受ける影響を解析し、そして特に気候変動に対して脆弱

な地域と未来の異なる時期(例：2020年代期と2050年代期)における影響の確認を試みることを目的とする。また気候変動が及ぼす予測影響に対する中国の農業と水資源の適応可能な潜在的限界(制度上の限界、社会的限界、財政的限界、物理的限界、生態学的限界またはその他の限界)の確認を併せて試みる。

3. 研究方法

中国の耕作地を緯度/経度0.5°で区分し、2001～2080年の予測気候変動下での水分ストレス指数(WSI)と純一次生産力(NPP)の年々変動を推定し、ベースライン期間(1961～1990年)、2011～2040年(以下、2020年代期と略す)、および2041～2070年(以下、2050年代期と略す)の3期間の臨界WSI(臨界閾値が0.5未満のWSI)の発生確率を算定した。3期間の臨界WSIの発生確率と平均NPPの変化を用いて気候変動に対して脆弱な地域を抽出し、また臨界WSI発生確率と農耕地のNPPの年々変動を用いて危険な期間を決定した。IPCC-SRESシナリオの中のア2/B2シナリオをベースにした英国ハドレーセンターのHadCM3モデルによる気候変動シナリオを使用した。ベースライン期間(1961～1990年)の、降水量・平均気温・日射・蒸気圧、および風速を含む月気候データは、East Anglia大学気候研究ユニットが作成した緯度/経度0.5°の地表面気候グリッドデータを利用した。耕作地のWSIは作物別水分収支モデルを使用して、蒸発散量(ET)と最大蒸発散量(PET)の比率(%)として算定した。また筑後モデル²⁾とマイアミモデル³⁾を用いて、それぞれの農耕地におけるNPPを算定した。

4. 結果・考察

(1) 2020/2050年代期における農耕地土壌水分ストレスと農業生産量の変化

農業生産に対する土壌水分ストレスは、WSIが0.5を下回ると臨界に達する。ベースライン期間中には、主に北西部において農業生産に対する深刻な水分ストレスが発生し、すなわち、中国北部平原(NCP)と中国北東部平原(NECP)において当該期間の年々の50%未満でWSIが臨界に達する。しかし、2020年代期と2050年代期には、中国華北平原(NCP)と中国東北平原(NECP)において、WSIが臨界に達する地域の範囲が急激に拡大し、臨界到達確率もまた急上昇すると予測される。したがって、農業水資源量の面からでは、NCPとNECPにまたがるエリアが気候変動に対してもっとも脆弱な地域ということになる。またベースライン期間中の農耕地農業NPPは、数t/ha/yrから20 t/ha/yr超の範囲にあった。空間的に見ると、北西から南東に向かって増加した。2020年代期中には、中国南東部において農耕地農業NPPが4.0 t/ha/yrまで増加すると予測されるが、NCPとNECPにおいては2.0 t/ha/yrまで減少すると予測される。2050年代期には改善されると見られるが、NECPではやはり減少すると予測される。NPPを気候の観点から見ると、NCPとNECPにまたがる地域が予測される気候変動に対して脆弱な地域となる。

(2) 農耕地土壌水分ストレスと農業生産の経年変動

上に挙げた脆弱地域は、中国における主要農業生産地帯でもある。したがって、この地域(北緯34.25～47.75、東経110.25～126.25)に含まれる815グリッドセル(緯度/経度5°)をに分けて詳しく解析した。

①気候変動

この地域の気候予測によれば、顕著な温暖化トレンドが現れる一方、降水量は2001～2080年の期間中における降水量は変動が大きい(図1)。

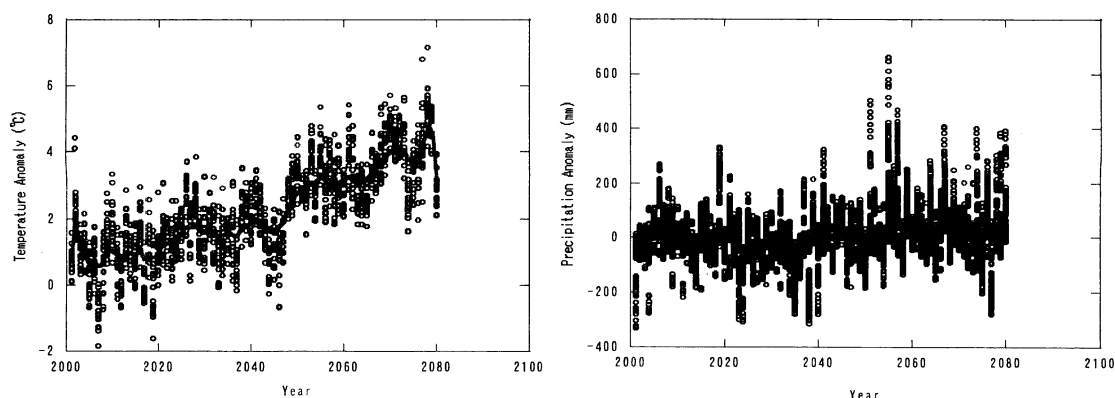


図1 A2シナリオによる脆弱地域の気候変動予測
(北緯34.25～47.75、東経110.25～125.25、815グリッド)

②農耕地土壌農業水分ストレス

脆弱地域の臨界水分ストレス(SWI、0.5未満)が発生するグリッドの数を年毎に合計して、図2にまとめた。全般的に、臨界水分ストレスが発生するグリッドの数は将来において増加するとともに、この地域の水分環境は当該期間中に変動する。いずれにせよ、気候シナリオに応じて複数の期間において水資源が逼迫すると結論付けることができる(図2)。たとえば、A2シナリオ条件下での2021～2040年の期間には深刻な干ばつが多発する。

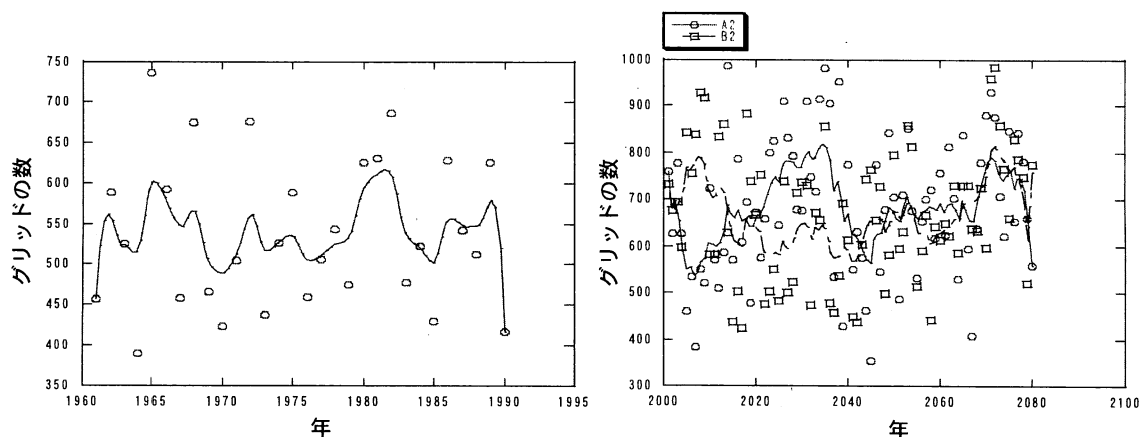


図2 脆弱地域(北緯34.25～47.75、東経110.25～126.25)の臨界水分ストレスが発生するグリッドの数の経年変動

③農耕地農業NPP

筑後モデルは、NPPシミュレーションの経年変動でマイアミモデルと十分に一致するが、筑後モデルによってシミュレートされたNPPは概してマイアミモデルのそれを下回る(図3)。この地域における1961～1990年のNPPは全体として減少傾向にあり、A2シナリオ条件下では2005～2035年の期間にも減少する。それでもなお2001～2080年の期間を通じて、NPPは全体的に増加傾向にあると予

測される。

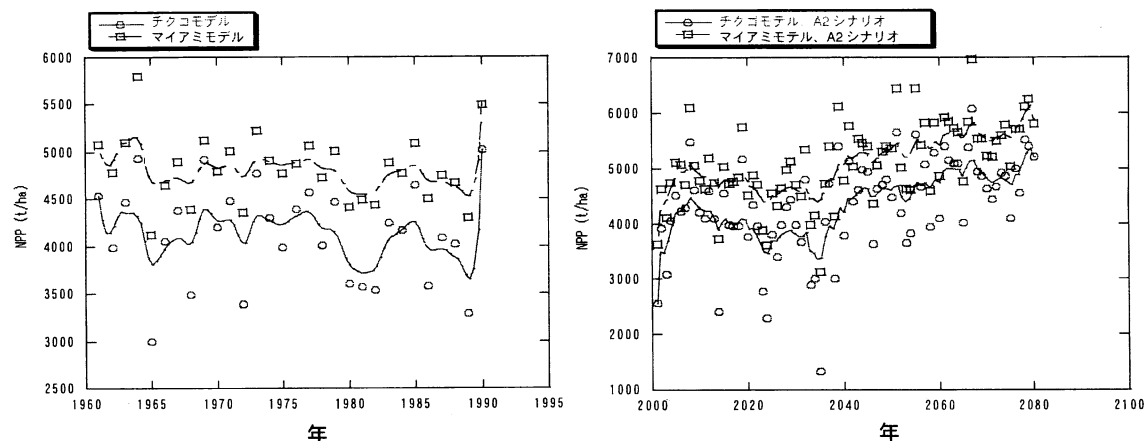


図3 脆弱地域（北緯 34.25～47.75、東経 110.25～126.25）の 1961～1990 年（左）と 2001～2080 年（右）のシミュレーション農耕地 NPP の経年変動

5. 本研究により得られた成果

本研究では、SWIと農耕地農業NPPを指標として用い、予測気候変動に対する農業生産の空間的・時間的脆弱性を評価した。具体的には脆弱地域を空間的に確認して、脆弱地域におけるSWIと農耕地農業NPPの経年変動を解析した。農業部門には、食料と繊維への需要増加に応じる必要性、土壌、森林や水資源のような天然資源の劣化、さまざまな環境変化をはじめとする数々の圧力が加えられている。気候変動は、人口成長と人口移動、経済成長、都市化、土地利用改変や資源の劣化を含む地球の他の変動と連動しがちである。したがって将来の研究では、より統合的な評価モデルを開発して、影響が及ぶ危険閾値を確認する必要がある。

6. 参考文献

- 1) UNFCCC (1992): UN Framework Convention on Climate Change, available at: <http://www.unfccc.de/index>.
- 2) Uchijima, Z. and H. Seino (1985): Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetations (1) Chikugo model for evaluating net primary productivity. *J. Agric. Meteorol.*, 40, 353-352.
- 3) Lieth, H (1975): Modeling the primary productivity of the world. In: Lieth, H. and R. H. Whittaker eds., *Primary productivity of the biosphere*. Springer-Verlag, Berlin, 237-263.

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<学術誌（査読あり）>

- ① F. Tao, M. Yokozawa, Y. Hayashi and E. Lin: Agricultural Forest Meteorology, 118, 251-261 (2003)
“Changes in agricultural water demands and soil moisture in China over the last half-century and their effects on agricultural production”
- ② F. Tao, M. Yokozawa, Y. Hayashi, and E. Lin: Agriculture, Ecosystems and Environment, 95, 203-215 (2003)
“Future climate change, the agricultural water cycle, and agricultural production in China”
- ③ F. Tao, M. Yokozawa, Y. Hayashi, and E. Lin: Ambio, 32, 295-301 (2003)
“Terrestrial water cycle and the impact of climate change”
- ④ F. Tao, M. Yokozawa, Z. Zhang, Y. Hayashi, H. Grassl, and H. Fu: Climate Research, 28, 23-30 (2004)
“Climatological and agricultural production variability in China in association with East Asia summer monsoon and El Nino southern oscillation”
- ⑤ F. Tao, M. Yokozawa, Y. Hayashi, and E. Lin: Climatic Change, 68, 169-197 (2005)
“A perspective of water resources in China: Interactions between climate and soil degradation”
- ⑥ F. Tao and M. Yokozawa, Z. Zhang, Y. Xu, and Y. Hayashi: Ecological Modeling, 183, 385-396 (2005)
“Remote sensing of crop production in China by production efficiency models: models comparisons, estimates and uncertainties” T. Suzuki and J. Yamada: Nature, 101, 3, 323-326 (2000)

<学術誌（査読なし）>

なし

（２）口頭発表（学会）

- ① F. Tao, M. Yokozawa, Y. Hayashi, E. Lin; The 6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Changes, Tsukuba, Japan (2004)
“Future agricultural water resources and agricultural production in China -- Interaction between climate change and soil”
- ② F. Tao, M. Yokozawa, Z. Zhang, Y. Hayashi, H. Grassl, C. Fu: International Symposium on Food Production and Environmental Conservation in the Face of Global Environmental Deterioration, Fukuoka, Japan (2004)
“Climatological and agricultural production variability in China in association with East Asia summer monsoon and El Nino southern oscillation”

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

IPCC第4次報告書において、特にアジアの章への貢献が期待できる成果である。