

機関番号：12608

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2008～2010

課題番号：20686033

研究課題名（和文）

バイオ燃料の増産は世界の水危機状況においても許容されるか？

研究課題名（英文）

Biofuel crop production under the world water crisis

研究代表者

鼎 信次郎（KANAE SHINJIRO）

東京工業大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：20313108

研究成果の概要（和文）：

本研究は全球統合水資源モデル H08 を用いて、世界のバイオ燃料ポテンシャルの推定を行ったものである。7 種類バイオ燃料作物として想定し、栽培地には（i）休耕地（ii）牧草地を除いた草地（iii）森林の一部を選んだ。その結果、世界のバイオ燃料ポテンシャルは最大約 1000EJ と推定した。これには栽培地選定が大きく影響し、灌漑水や地下水は直接使わないものの、食料生産や生態系保持とバイオ燃料生産との非灌漑土地および Green Water に関する競合は大であった。大規模バイオ燃料生産が許されるかは、上記のような土地を全て人類のために使ってしまうかどうかの判断に依存する。全球統合水資源モデルを用いて、水循環と食料とバイオ燃料とを同時に評価できる数値モデル・フレームワークが構築されたことは大きな進展である。

研究成果の概要（英文）：

Bioenergy is regarded as clean energy due to its characteristics and expected to be a new support of world energy demand, but there are few integrated assessments of the potential of bioenergy considering sustainable land use. We estimated the global bioenergy potential with an integrated global water resources model, H08. Seven major crops in the world were considered; three different land-cover types were chosen as potential area for cultivation of biofuel-producing crop: fallow land, grassland, and portion of forests. Estimate maximum is about 1000EJ. Irrigation water and groundwater are not consumed for biofuels, but the competition of Green Water and non-irrigated land between food production and biofuel production is severe. The key of large-scale bio-crop production is whether it is relevant to use most fallow land and grassland for human beings. Significant achievement of this study is that water resources, food production, and bioenergy can be evaluated in the same framework.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2009 年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2010 年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
年度			
年度			
総計	15,700,000	4,710,000	20,410,000

研究分野：水工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：水資源モデル、世界水危機、バイオ燃料

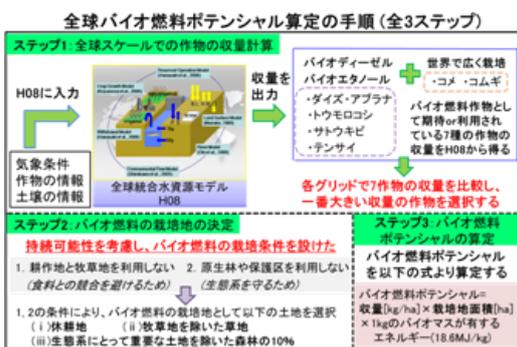
### 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化とエネルギー問題を背景として、バイオ燃料の生産が急激に伸びつつある。21世紀の基幹燃料との意見もある。ここでのバイオ燃料とは、サトウキビや大豆やトウモロコシなどを畑で生産し、エタノール等に変換したものである。バイオ燃料は、石油や天然ガスなどと比べたときに、地球環境に優しいエネルギー原料であるかのように見える。しかしながら、実は、「地球にやさしい」かどうかは不透明であり、国際政治、経済をも巻き込んだ論争の種となっている。地球に善かれと思ってバイオ燃料を増産することが世界の水危機を促進し、結果として食糧の安定供給や生態系保全をも揺るがすとしたならば、人類全体に関わる大問題である。

### 2. 研究の目的

一見したところ地球にやさしいバイオ燃料であるが、その増産は、世界水資源の不安定化や、それによる食糧セキュリティの不安定化などの恐れを孕んでいる。本研究では、世界水資源の持続安定を踏まえた上で受容可能なバイオ燃料作物の増産可能量を示したい。すなわち本研究は、「今後の想定される人口増加、経済発展、気候変動の下で、食糧セキュリティも踏まえた上で、どの程度までのバイオ燃料の増産ならば水資源の持続可能性の面から見て acceptable であるか？」に何とか答えようと試みるものである。まずは、そのための統合的な数値シミュレータの構築が最大の目標である。

### 3. 研究の方法



研究方法の概略を上図に示す。具体的には、  
・ 全球統合水資源モデルの農業・食糧関連部分を改良するとともに、その出力から適切なバイオ燃料作付可能量やエネルギーポテンシャルを計算可能とする数値モデルシステムを構築する。

・ 将来のバイオ燃料 (= そのための作物栽培量) のシナリオを複数策定する。

・ 準備したシナリオを構築されたモデル・シ

ステムに導入し、様々なシナリオについて予測計算を行なう。

・ 各シナリオにおいて世界全体が受ける影響、特に水資源への影響度などを評価する。

### 4. 研究成果

先行研究においては自然植生によるバイオマスや木本や牧草を植えることを想定している。しかし、バイオ燃料作物を大規模に栽培するとなると、作物の病気・経済的・社会的等の様々な要因が関わるため、実社会において上記の作物がバイオ燃料として選択されるとは限らず、そこで本研究では、すでにバイオ燃料として栽培されている作物に、世界で広く栽培されている作物を加えた7種類をバイオ燃料作物とした。

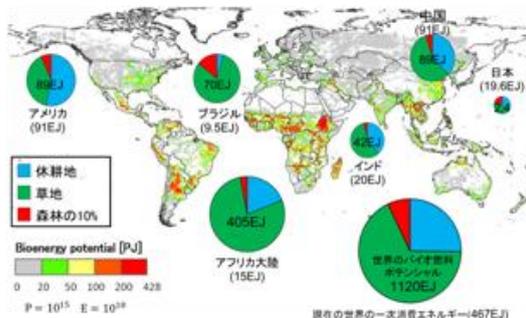
バイオ燃料ポテンシャルの推定における根幹部分は以下の2点である。一つは「バイオ燃料として何を栽培するか」、もう一つは「バイオ燃料をどこで栽培するか」である。特に後者については、食料との競合や生態系の保全の観点から非常に重要である。以下に、この2点に関する研究経過を示す。バイオ燃料の原料となる作物に関しては、すでに概略は述べたとおりであるが、バイオ燃料として栽培されている作物 (アブラナ・サトウキビ・ダイズ・テンサイ・トウモロコシ) に、世界で広く栽培されている作物 (コムギ・コム) を加えた7種類をバイオ燃料作物とした。H08においてこれら7種の作物のうち、一番収量が大きい作物がグリッド内に一様に植えられているとした。

統合水資源モデル H08 においてこれら7種の作物の作付けを各グリッドで行い、ポテンシャルを求めるため一番大きい収量が得られる作物がグリッド内に一様に植えられていると仮定した。また作付地としては持続可能性を考慮し i) 休耕地 (ii) 牧草地を除いた草地 (iii) 生態系保護のため原生林や保護区を除いた森林の一部、をバイオ燃料作物の栽培地とした。上記の3つの土地利用面積は、どこかの機関によってデータが公開されているわけではないので、様々な GIS データや統計データを駆使することによって算定した。

世界のバイオ燃料ポテンシャルの推定において以下の2つのケースを想定した。ケース1では、3つの土地においてバイオ燃料の栽培を想定した際のポテンシャル量の推定を行う。ケース2では、先行研究である WBGU とできる限り同じ栽培地条件でバイオ燃料を栽培した際のポテンシャル量の推定を行う。WBGU は耕作地や生態系にとって重要な地域、炭素の貯蔵庫である森林を除き、残る土地の中で生態系の保全の程度を幾つか変えて、バイオ燃料の栽培を想定している。

ケース1に関して、現在の一次消費エネルギーが467EJであるのに対し、世界のバイオ燃料ポテンシャルはその2.4倍の1120EJ(残余256EJ)にのぼり、過去2つの研究に比べると4~33倍と本研究の推定値は遙かに大きい値である。アメリカ・中国・ヨーロッパを除く国と地域において、バイオ燃料ポテンシャルが一次消費エネルギーを上回り、特にアフリカ大陸には多くのバイオ燃料ポテンシャルが存在することを示す結果となった。自国の一次消費エネルギーが多いため、アメリカ・中国ではエネルギー比が1を下回っているが、有しているバイオ燃料ポテンシャルは大きい。バイオ燃料ポテンシャルの内訳を見ると、ほとんどの国・地域において草地が一番のバイオ燃料の供給源となっており、とりわけアメリカ大陸とアフリカ大陸は草地から得られるポテンシャル量が大きい。ケース2において、世界のバイオ燃料ポテンシャルは70~233EJと推定され、WBGUの100~120EJと近い値となった。ケース1とケース2の推定値の差(887~1050EJ)の主な要因は、786~1023EJ(約90%以上)が栽培地面積の変化による影響であり、劣化土壌を考慮した事による影響は27~101EJ(約10%以下)である。また、上記の2シナリオに加え、将来の将来の食料需要推定量に基づいた将来のバイオ燃料と食料生産との競合度合についても試算した。

これら上記の様々な推定には、栽培地選定が大きく影響し、灌漑水や地下水は直接使わないものの、食料生産との非灌漑土地およびGreen Waterに関する競合は大であった。結果としては、全球統合水資源モデルを用いて、水循環と食料とバイオ燃料とを同時に評価できる数値モデル・フレームワークが初めて構築されたことは大きな進展であるといえる。大規模バイオ燃料生産が許されるかは、上記のような一見無駄な土地を全て人類のために使ってしまうかどうかの判断に依存するといえる。



得られたポテンシャル(EJ)を上図に示す。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[雑誌論文] (計 10件)

- ①萩原健介, 花崎直太, 鼎信次郎 (2011): 農作物の栽培を想定した世界のバイオ燃料ポテンシャル推定, 水工学論文集, 第55巻, pp. S\_265-S\_270. (査読有)
- ② Homdee, T., Pongput, K., Kanae, S. (2011): Impacts of Land Cover Changes on Hydrologic Responses: A Case Study of Chi River Basin, Thailand, Annual J. Hydraulic. Eng., 55, pp. S\_31-S\_36. (査読有)
- ③ Kanae S., (2009): Global warming and the water crisis, J. Health Science, 55, 860-864. (査読有)
- ④ Y. Hirabayashi, S. Kanae, K. Motoya, K. Masuda, P. Doll (2008): A 59-year (1948-2006) global near-surface meteorological data set for land surface models. Part I: Development of daily forcing and assessment of precipitation intensity, Hydro. Res. Lett., 2, 36-40. (査読有)
- ⑤ Y. Hirabayashi, S. Kanae, K. Motoya, K. Masuda, P. Doll (2008): A 59-year (1948-2006) global near-surface meteorological data set for land surface models. Part II: Global snowfall estimation, Hydro. Res. Lett., 2, 65-69. (査読有)

[学会発表] (計 6件)

- ① Hagiwara, K., N. Hanasaki, S. Kanae: Modeling the global potential of energy crop in Asia, The 5th Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conferences, Hanoi (Vietnam), November 9, 2010.
- ② Homdee, T., Pongput, K., Kanae, S.: An Assessment of Climate Change Impacts on Drought Intensity using the Standardized Precipitation Index (SPI) in Northeast of Thailand, The 5th Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conferences, Hanoi (Vietnam), November 9, 2010.
- ③ Hagiwara, K., N. Hanasaki, S. Kanae: Modeling the global potential of energy crop, 2nd Hydrology delivers Earth System Science to Society, Tokyo, June 24, 2010.
- ④ Kanae, S.: A State-of-the Art Global Water Resources Assessment and its Future Extension for Sustainability, 現代社会における「自然」概念を問う: 文理融合的フィールド科学からのアプローチ [第3回 GCOE 国際シンポジウム], 京都, December 16,

2009.

⑤ 鼎信次郎, 花崎直太, 沖大幹: Virtual Water と Water Footprint: 日本の食料輸入に伴う仮想的な取水とその起源, 第 12 回日本水環境学会シンポジウム, 東京, September 15, 2009.

[図書] (計 1 件)

① Kanae, S. (2010) Measuring and Modeling the Sustainability of Global Water Resources, in “Linkage of Sustainability”, (Ed. Thomas, E. G. and Ester van der, V.) pp.291-306, MIT Press, Cambridge.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鼎 信次郎 (KANAE SHINJIRO)

東京工業大学・大学院情報理工学研究  
科・准教授

研究者番号: 20313108