

■ 研究論文 ■

世界土地利用エネルギー・モデルによるバイオエネルギー資源とCO₂排出量のシナリオ分析

Scenario Analysis of Bioenergy Resources and CO₂ Emissions with a Global Land Use and Energy Model

山本 博巳*・山地 憲治**・藤野 純一***

Hiromi Yamamoto Kenji Yamaji Junichi Fujino

(原稿受付日1997年4月14日, 受理日10月14日)

Abstract

The purpose of the present study is to evaluate bioenergy potentials, land use changes, and CO₂ emissions in the world, using a global land use and energy model (GLUE) including land use competitions and overall biomass flows.

Through a set of simulations, the following results were obtained. (1) Potential of energy crops produced from surplus arable lands will be strongly affected by food supply and demand parameters in the future, such as animal food demand per capita. (2) The policy option in the world, large-scale introduction of modern fuelwood by felling and planting existing forest, will cause drastic reduction of the mature forest area but will cause little reduction of the accumulated CO₂ emissions coming from both energy and forest sectors. One reason for this is that the additional CO₂ emissions owing to the land use conversion from the mature forest to the growing forest will partly cancel out the CO₂ reduction owing to the fuel substitution from fossil fuel to fuelwood. (3) When energy recovery of paper scrap is given priority to material recycling, bioenergy will substitute a part of fossil fuels; however the decrease in recycled paper scrap will cause the increase in roundwood felling demand. Hence, the results will be similar to those at (2).

1. はじめに

バイオマスは、食料および紙、用材などの原材料として人類活動に不可欠であるばかりでなく、エネルギー資源としても重要である。適切に管理されたバイオエネルギーは、再生可能でありかつネットでCO₂を排出しないため、人類の持続可能な発展のための主要なエネルギー資源の一つとして期待されている。

ただし、将来のバイオエネルギー・ポテンシャルは、土地利用制約、食料や原材料の用途との競合、および黒液、穀物残さ（もみ殻など）、家畜糞などのバイオマス残さの用途などの要因に影響される。このようなバイオマス資源の総合的な評価のために、著者らは土地利用競合とバイオマス・フローを考慮した世界土地利用エネルギー・モデル（GLUE）を開発し、その分析結果を報告してきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

本論文の目的は以下の2つである。(1) バイオマス需給の変動がバイオエネルギー・ポテンシャルへ与え

る影響の評価。(2) バイオエネルギー利用政策が森林資源とCO₂排出へ与える影響の評価。

これらを実現するため、著者らはGLUEを用いたシナリオ分析の手法を採用した。具体的には、リファレンス・ケース¹⁾³⁾に対して、食料需給、エネルギー木材導入量、紙スクラップ利用の各パラメータを変化させた比較ケースを設定し、シナリオ分析を実施した。

以下の章では、GLUEの概要、ケース設定、分析結果の順に説明する。

2. 世界土地利用エネルギー・モデル（GLUE）の概要

本論分では紙面の制約のためモデルの概要だけを説明する。その詳細に関しては、文献1)3)を参照して欲しい。

世界土地利用エネルギー・モデル（GLUE）は、SD手法で記述されており、土地利用サブモデルとエネルギー・サブモデルから構成されている。まず、土地利用サブモデルは、土地利用競合と包括的なバイオマス・フローを考慮して、エネルギー作物だけでなく、バイオマス残さのエネルギーポテンシャルを評価することに特徴を持つ。土地利用サブモデルでは、商業エ

* (財)電力中央研究所 経済社会研究所主任研究員

〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1

** 東京大学工学系研究科電気工学専攻教授

*** “ ” “ ” 博士課程

〒113-8656 東京都文京区本郷1-7-3

エネルギーの新型バイオエネルギー（高効率で使用される）と、非商業エネルギーの在来型バイオエネルギー（低効率で使用される）の両方を評価する。一方、エネルギー・サブモデルは、Edmonds-Reilly モデルに基づいて開発され、商業エネルギーだけを検討する¹⁾³⁾⁸⁾。

計算期間は1975年から2100年までの125年間で、1年を1期として計算を行う。地域区分は、先進地域と発展途上地域の2地域である。

3. ケース設定

リファレンス・ケースと本研究でシナリオ分析のために設定した比較ケースの、主にバイオマスに関するケース設定を説明する。

3.1 リファレンス・ケース（ケース a）のデータ設定の概要

リファレンス・ケース（ケース a）に関する主要データ設定を表 1 に示す。これらのデータは、FAO 統計⁹⁾や文献10, 11, 12) のデータと世界銀行¹⁰⁾、IPC C^{14, 15)}、および文献16, 17) などの中位ケース、標準ケース、基準ケースなどに基づいて設定された¹⁾³⁾。これらのデータ設定の詳細は、文献3) を参照して欲しい。ただし、このようにデータ設定には客観性を配慮しているが、設定したデータは長期的なものであるため、多くの不確実性が残されている。

3.2 比較ケースのデータ設定

本研究では、表 2 に示す 5 種類の比較ケースを設定し、シナリオ分析を行った²⁾⁴⁾⁶⁾。

表 1 主要データ設定（リファレンス・ケース）a

	先進地域	途上地域
人口 b (億人)	2050年 14.8 2100年 15.0	2050年 85.8 2100年 101.6
一人当たりバイオマス需要 c ・植物性食料 ・動物性食料 ・紙(板紙を含む) ・用材 ・在来型エネルギー木材 ・新型エネルギー木材	・1990年レベルで一定 ・1990年レベルで一定 ・1990年レベルで一定 ・1990年レベルで一定 ・1990年レベルで一定 ・導入なし	・2050年以降先進地域並 ・2100年に先進地域の40% ・2100年に先進地域の34% ・2100年に先進地域の56% ・1990年レベルで一定 ・導入なし
森林保護 d (完全な再植林, 非持続的な焼き畑の廃止)	すでに達成	2050年まで
耕地面積 e	2025年までに休耕地 (68Mha)を耕地化	・森林減少の面積の3割が耕地に転用される。 ・2100年までに劣化地756Mhaを耕地化
耕地食料生産性 f (1990年を1.0とする)	・2050年 1.74 ・2100年 1.77	・2050年 2.19 ・2100年 2.49
肉類生産性(熱量換算, %) g (肉類生産量/投入飼料量)	1990年 11 2050年 13 2100年 13	1990年 9 2050年 13 2100年 13
魚介類生産量 h	1990年レベルで一定	1990年レベルで一定
森林データ i ・成熟林蓄積量 (t-C/ha) ・蓄積速度 (t-C/ha/yr) ・蓄積期間 (yr)	・100 ・2.5 ・40	・150 ・5.0 ・30
バイオマス輸出 j ・穀物 ・穀物以外	・食料需要に応じて決定 ・1990年の輸出率で一定	・食料需要に応じて決定 ・1990年の輸出率で一定
リサイクル率 k ・紙(板紙を含む) ・原材料木材 ・化学工業製品	・2050年以降65% ・ゼロと仮定 ・ゼロと仮定	・2050年以降65% ・ゼロと仮定 ・ゼロと仮定

a. データ設定の詳細は文献3)を参照して欲しい。 b. 文献13)の中位ケース。 c. 途上地域の一人当たり需要に関して、植物性食料は80年代の伸び率で先進地域のレベルまで増加した後一定、動物性食料は文献14)の基準シナリオに基づき、紙と用材はIS92aの一次エネルギー消費の伸び率で増加を仮定した。また、先進、途上の両地域で新型エネルギー木材を導入しないと仮定し、それ以外のデータは、1990年レベルで一定と仮定した。 d. 途上地域は文献15)の植林シナリオに基準した。 e. 先進地域は文献17)のRIGES (Renewable-Intensive Global Energy Scenario) から作成した。 f. 文献16)のCWS (Conventional Wisdom Scenario) に準拠した。 g. 1990年の効率率は文献3)の推計に基づく。将来のシナリオは文献16)のCWS (Conventional Wisdom Scenario) から作成した。 h. 文献10)に基づく。 i. 文献11)などから作成した。 j. 穀物以外の輸出率は文献9)の1990年実績値に基づく。穀物の輸出入率は、食料需給を考慮してGLUE中で決定される。 k. マテリアル・リサイクル率を意味する。紙のリサイクル率は文献12)に基づく。その他のリサイクル率はゼロと仮定した。

表2 シナリオ設定のためのケース設定の一覧 [a]

ケース		食料バイオマス			木材バイオマス	
ケース名	略称	一人当たり動物性食料需要	累積追加耕地面積	耕地生産上昇性	新型エネルギー木材	紙スクラップ利用率
リファレンス・ケース	ケース a	・1990年レベルで一定(先進) ・先進の0.4倍(途上, 2100年) [b]	・68Mha (先進) ・756Mha (途上) [b]	1990年に比べて ・77%増(先進, 2100年) ・149%増	導入しない	リサイクル率65% エネルギー利用率10% (世界, 2100年) [e]
動物性食料需要増	ケース b	ケース a の25%増(途上, 2100年)				
追加耕地面積減	ケース c		ケース a の25%減(途上, 2100年)			
耕地生産性上昇減	ケース d			ケース a の25%減(世界, 2100年)		
新型エネルギー木材導入	ケース e				・26EJ/年(先進, 2100年) ・46EJ/年(途上, 2100年)	
紙スクラップ・エネルギー利用	ケース f					リサイクル率0% エネルギー利用率75% (世界, 2100年)

[a]: 表中の空欄はケースaと同一であることを意味している。また、表中の“先進”は先進地域，“途上”は途上地域を意味する。

[b]: 文献14) のIS92aシナリオに準拠した。

[c]: 文献17) のCWS (Conventional Wisdom Scenario) に準拠した。

[d]: 文献16) RIGES (Renewable-Intensive Global Energy Scenario) から作成した。

[e]: 文献12) から作成した。

ケース b, c, および d は、食料バイオマス需給パラメータの変動がバイオエネルギー・ポテンシャルへ与える影響の評価のために設定された。一方、ケース e および f は、バイオエネルギー利用政策が森林資源とCO₂排出に与える影響を調べるために設定された。以下に各ケースを説明する。ただし、全比較ケースとともに、2000年から、指定するバイオマス・パラメータの値が、ケース a の値から乖離を始めると仮定した。

まず、ケース b (動物性食料需要増) は、ケース a に比べて、2100年の途上地域の一人当たり動物性食料需要が25%大きいケースである。ケース b の2100年の途上地域の一人当たり動物性食料需要は、先進地域の0.5倍の水準に達する。

次に、ケース c (追加耕地面積減) は、ケース a に比べて、2100年の途上地域の累積追加耕地面積が25%小さいケースである。

次に、ケース d (耕地生産性上昇減) は、ケース a に比べて、2100年の世界の耕地生産性上昇が25%小さいケースである。

次に、ケース e (新型エネルギー木材導入) は、新

型エネルギー木材の導入の影響評価を目的として作成された。なお、本研究では、「新型エネルギー木材」は、植林から伐採までの育成期間が30年から40年必要な、通常の森林から生産される木材と仮定した。そして、数年程度の短期育成期間の木質バイオマス(ハイブリッド・ポプラなど)は、農業的な作物管理を必要とするため、エネルギー作物のカテゴリーに含めた。ケース e では、2000年から新型エネルギー木材の導入が始まり、2050年以降は全一次エネルギー需要の5%が新型エネルギー木材で満たされると仮定した。その導入量は2050年の先進地域で22EJ/年、途上地域で22EJ/年、2100年の先進地域で26EJ/年、途上地域で46EJ/年である。

最後に、ケース f (紙スクラップ・エネルギー利用) は、紙スクラップのリサイクル用途とエネルギー用途の得失の比較のため作成された。まず、全ケースとともに、紙スクラップの総合利用率(リサイクル用途とエネルギー用途の合計)は同一で、2050年以降75%に達すると仮定した³⁾。そして、ケース f では、2050年以降、紙スクラップのエネルギー利用率が75%に増加し、

反面、リサイクル率が0%に低下すると仮定した。一方、ケースaでは、2050年以降のエネルギー利用率は10%、リサイクル率は65%である(表1参照)。

4. シナリオ分析の結果

3章で設定した6ケースのシミュレーション結果を比較して、バイオエネルギー・ポテンシャル、森林資源、CO₂排出に関するシナリオ分析を実施した。

4.1 食料バイオマス需給の変動の影響

食料バイオマス需給に関する3種類の比較ケース(ケースb, c, d)のシミュレーション結果を分析し、食料バイオマス需給のパラメータ変動が食料系のバイオエネルギー・ポテンシャル(エネルギー作物、食料系バイオマス残さ)に与える影響を評価した。

まず、図-1に2100年における各ケースのエネルギー作物生産ポテンシャルを示す^{注1)}。2100年における世界のエネルギー作物生産ポテンシャルは、ケースaでは154EJ/年であるが、ケースbでは80EJ/年、ケースcでは96EJ/年、ケースdでは64EJ/年に低下する。言い換えるなら、食料需給のパラメータの一つが25%変化することにより、エネルギー作物生産ポテンシャルは40%から60%減少する。更に、2100年の途上地域のエネルギー作物生産ポテンシャルに関しては、ケースaでは54EJ/年だが、ケースb, c, dではいずれも食料輸入地域になって、そのポテンシャルはゼロになる。

注1) GLUEでは、耕地の用途の優先順位を、1) 自地域への食料供給, 2) 他地域への食料供給, 3) エネルギー作物生産、と仮定した。つまり、エネルギー作物は、世界の食料需要を満たした後の、余剰耕地から生産されると仮定した。

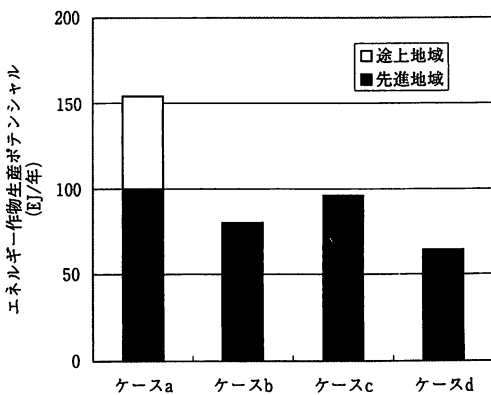


図-1 エネルギー作物の生産ポテンシャル(ケースa, b, c, d, 2100年)

次に、図-2に2100年における各ケースの食料系バイオマス残さの究極バイオエネルギー・ポテンシャルを示す^{注2)}。ケースa, c, dでは同一の食料需要シナリオを使用するため、そのポテンシャルはいずれも160EJ/年になる。一方、ケースbでは途上地域の動物性食料需要の増加を仮定したため、飼料用の穀物生産が増加し、主に穀物収穫時残さの量が増加する。このため、そのポテンシャルは、その他のケースよりも16%大きい、186EJ/年になる。

以上をまとめると、世界のエネルギー作物生産ポテンシャルは、食料需給のパラメータ変化に大きく左右される。将来の食料需給のパラメータに不確実性が大きいことを考慮すると、エネルギー作物生産ポテンシャルの不確実性は更に大きく、その評価には注意が必要である。一方、食料系バイオマス残さの究極エネルギー・ポテンシャルは、食料需給のパラメータ変化に対する変動が小さい。

4.2 新型エネルギー木材の導入の得失

ケースe(新型エネルギー木材導入)のシミュレーション結果をケースaと比較して、新型エネルギー木材の大規模な導入のオプションが、森林面積とCO₂排出量に与える影響を分析する。

分析の前提として、本研究では、森林を「成熟林」と「成長林」の2種類に分類した。植林された森林は、成長林として一定期間成長した後で成熟林にシフトする。成長林では、森林の成長の速度と、森林の落葉・

注2) バイオマス残さの「究極バイオエネルギー・ポテンシャル」は、バイオマス残さの全発生量の持つエネルギー量と定義した¹³⁾⁴⁾。ただし、バイオマス残さの一部は、回収ロスや肥料用途などでエネルギー利用出来ないもので、実際の利用可能量は「究極バイオエネルギー・ポテンシャル」を下回る。

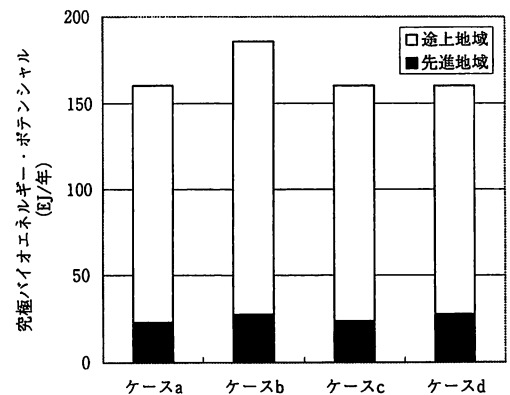


図-2 食料系バイオマス残さの究極エネルギー・ポテンシャル(ケースa, b, c, d, 2100年)

枯死の速度が釣り合い、単位面積当たりのバイオマス・ストック量は変化しない。また、成熟林の減少は生物多様性の保護の観点から問題視されている¹⁾⁴⁾。以下に、森林面積、CO₂排出の順に説明を行っていく。

まず、将来の全森林面積（成熟林面積と成長林面積の合計）に関しては、先進地域ではほぼ一定、途上地域では完全な再植林の達成される2025年以降一定である（表1参照）。ただし、ケースaとeの結果の差は、先進地域、途上地域ともに、ほとんどない（図-3、図-4）。

しかし、森林面積の内訳を見ると、ケースaに比べてケースeでは、先進地域、途上地域ともに、成熟林面積が減少し成長林面積のシェアが増加する。2100年の先進地域の成熟林面積は、ケースaの1,550Mhaから、ケースeの1,100Mhaに減少する（図-3）。同様に、途上地域の成熟林面積は、ケースaの800Mhaから、ケースeの450Mhaに減少する（図-4）。まとめると、ケースaに比べてケースeでは、2100年の世界の成熟林面積は34%（800Mha）減少する。

次に、累積CO₂排出量に関して、ケースaに対するケースeの増減量を図-5に示す。

化石燃料からの累積CO₂排出量は、ケースaに比べてケースeでは、2100年までに先進地域で34Gt-C、

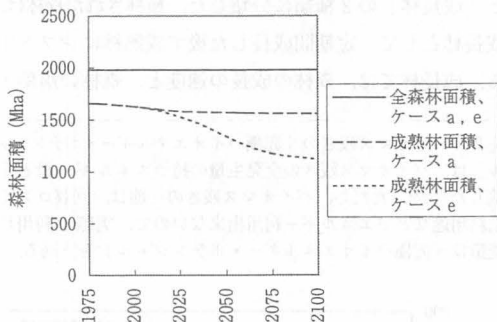


図-3 先進地域の森林面積変化（ケースa, e）

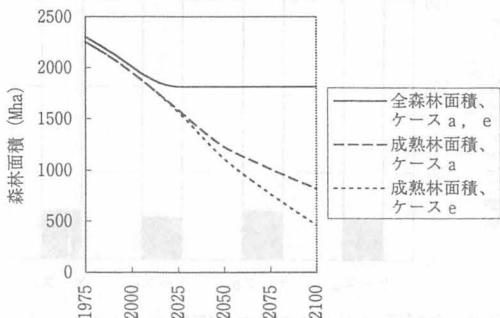


図-4 途上地域の森林面積変化（ケースa, e）

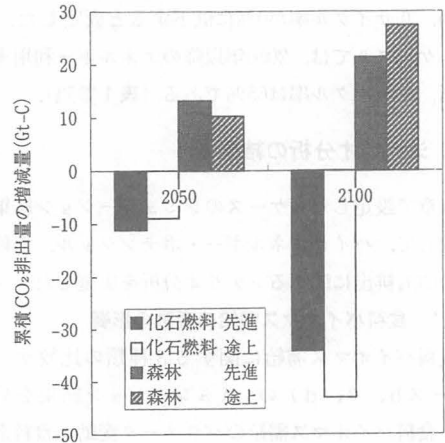


図-5 累積CO₂排出量の増減量（ケースaを基準とするケースeの増減量）

途上地域で43Gt-C、世界で77Gt-C減少する。この理由は、新型エネルギー木材導入により、化石燃料消費が代替・削減され、化石燃料からのCO₂排出量が減少することによる^{注3)}。

一方、森林からの累積CO₂排出量は、ケースaに比べてケースeでは、2100年までに先進地域で21Gt-C、途上地域で27Gt-C、世界で48Gt-C増加する。この理由は、ケースaに比べてケースeでは、成熟林面積が減少するためである。森林面積が一定でも、成熟林が成長林に置き換わると、森林のバイオマス・ストック量が減少し、大気中にCO₂が放出される。

このように、化石燃料からのCO₂排出削減量の一部が森林からのCO₂排出増加量で相殺されるため、ケースaに対するケースeの2100年までの世界の累積CO₂排出の削減量は29Gt-Cに、総排出量に対する削減率は2.3%に留まる^{注4)}。

まとめると、新型エネルギー木材を大規模に導入するオプションは、成熟林を大幅に減少させるため、正味のCO₂排出削減量が相殺される。

4.3 紙スクラップのエネルギー利用の得失

ケースf（紙スクラップ・エネルギー利用）のシミュレーション結果をケースaと比較して、紙スクラップのエネルギー利用とスクラップ利用の得失を、森林面

注3) GLUEでは、土地利用サブモデルで計算された新型バイオエネルギー供給量が、エネルギーサブモデルの一次エネルギー-石炭の需要量を代替する。ただし、CO₂原単位は石炭23.9kg-C/GJ (1.00t-C/TOE)、バイオマス30.0kg-C/GJ (1.26t-C/TOE) を用いている³⁾。

注4) 参考のため示すと、ケースaの1990年から2100年までの世界の累積CO₂排出量は、森林から90Gt-C、化石燃料から1,160Gt-C、合計1,250Gt-Cである。

積とCO₂排出量に関して評価する^{注5)}。

まず、木材需要に関しては、ケースaに対してケースfでは、紙リサイクル率が低いため、古紙パルプ供給が減少し、パルプ用木材需要が増加する。このため、2100年の世界のパルプ用木材需要は、ケースaの0.5Mトン（百万トン＝空気乾燥バイオマス）に対して、ケースfでは1.4Mトンである。

次に、全森林面積に関しては、4.2で説明したように、両ケースの結果の差はほとんどない。

しかし、森林面積の内訳に関しては、ケースfの木材需要の増加のため、2100年の成熟林面積が、先進地域ではケースaの1,550Mhaからケースfの1,450Mhaへの減少、途上地域では800Mhaから700Mhaへの減少、世界では約1割（200Mha）の減少になる。

次に、CO₂排出量に関して、本研究ではGLUEを用いて、ダイナミックかつシステム的な分析を試みた。GLUEでは、木材パルプと古紙パルプへのエネルギー投入がエネルギー・サブモデルの二次エネルギー需要を増加させ、黒液および紙スクラップのエネルギー供給が一次石炭需要量を代替する。更に、GLUEでは森林面積変化による、森林からのCO₂排出量を考慮する^{注6)}。

化石燃料からの累積CO₂排出量は、ケースaに比べてケースfでは、2100年までに先進地域で8Gt-C、途上地域で11Gt-C、世界で19Gt-C減少する。紙スクラップのエネルギー利用は、総合的に、化石燃料消費を代替・削減する（図-6）。

森林からの累積CO₂排出量は、ケースaに対してケースfでは、2100年までに先進地域で4Gt-C、途上地域で7Gt-C、世界で11Gt-Cそれぞれ増加する。この理由は、4.2で説明したように、成熟林面積が減少し、森林のバイオマス・ストック量が減少するためである。

従って、ケースaに対してケースeでは、世界の2100年までの累積CO₂排出量の減少は8Gt-Cに留まる。

まとめると、紙スクラップのリサイクル利用よりも

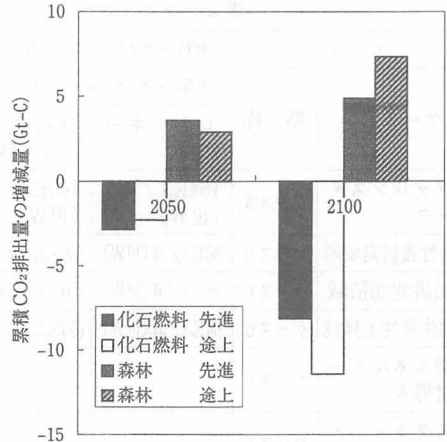


図-6 累積CO₂排出量の増減量（ケースaを基準とするケースfの増減量）

エネルギー利用を促進した場合、正味でCO₂排出量の削減になる。ただし、その効果は成熟林減少による森林からのCO₂排出により相殺される。

最後に、本章のまとめとして、表3に本章で検討した主要項目の一覧を示しておく。

5. まとめ

本研究では、世界土地利用エネルギーモデル（GLUE）を用いて、食料需給の変動に対するバイオエネルギー・ポテンシャルの変化、木材系バイオマスのエネルギー用途の使用に対する得失などを、シナリオ分析の手法で評価した。

分析結果を以下に示す。(1) 余剰耕地で生産されるエネルギー作物生産ポテンシャルは将来の食料需給推計に大きく影響される。将来の食料需給推計には不確実性が大きく、エネルギー作物生産ポテンシャルの不確実性は更に大きいと考えられる。このため、エネルギー作物を世界エネルギー・シナリオ中で位置づける際には、この不確実性に留意して、食料需給シナリオを含めて検討する必要がある。一方、食料需給に対する食料系バイオマス残さの排出量は安定的であり、むしろ、回収率やコストを含む利用技術を考慮した、バイオマス残さのエネルギー利用可能率の評価が今後の課題になる。(2) 既存の森林の伐採・植林による新型エネルギー木材の大規模な導入は、化石燃料節約によるCO₂排出の削減効果を持つが、その効果の一部は成熟林減少によるCO₂排出により相殺される。また、成熟林減少が生物多様性に与える負の効果も考慮する必要がある。(3) 紙スクラップのエネルギー利用を促進

注5) 文献18)では、紙スクラップの用途に関して、木材(バージン)パルプ・システムと古紙パルプ・システムのエネルギー原単位の比較により、黒液と紙スクラップのエネルギー回収を含んだ木材パルプ・システムは、古紙パルプ・システムに比べて、CO₂原単位が低いという興味深い結論を導出している。

注6) 木材パルプと古紙パルプの生産時のエネルギー投入の原単位は、文献18)の値を使用した。

表3 シミュレーション結果の主要項目の一覧(2100年) [a]

ケース		食料バイオマスのシナリオ分析		木材バイオマスのシナリオ分析			
ケース名	略称	究極バイオエネルギー・ポテンシャル		累積CO ₂ 排出量の増減量 [b]			
		エネルギー作物	食料系バイオマス残さ	成熟林面積	森林から	化石燃料から	合計
リファレンス・ケース	ケースa	154EJ/年(世界)	160EJ/年(世界)	1,550Mha(先進) 800Mha(途上)	基準 [c]	基準 [c]	基準 [c]
動物性食料需要増	ケースb	80EJ/年(世界)	186EJ/年(世界)	—	—	—	—
追加耕地面積減	ケースc	96EJ/年(世界)	160EJ/年(世界)	—	—	—	—
耕地生産性上昇減	ケースd	64EJ/年(世界)	160EJ/年(世界)	—	—	—	—
新型エネルギー木材導入	ケースe	—	—	1,100Mha(先進) 450Mha(途上)	+48Gt-C (世界)	-77Gt-C (世界)	-29Gt-C (世界)
紙スクラップ・エネルギー利用	ケースf	—	—	1,450Mha(先進) 700Mha(途上)	+11Gt-C (世界)	-19Gt-C (世界)	-8Gt-C (世界)

[a]: 表中の“—”は検討しないことを示す。

[b]: ケースaを基準とする増減量。

[c]: 基準となるケースaの2100年までの世界の累積CO₂排出量は、森林から90Gt-C、化石燃料から1,160Gt-C、合計1,250Gt-Cである

し、リサイクル率を低下させることは、正味のCO₂削減効果を持つ。ただし、その効果の一部は、パルプ木材需要の増加によって生じる、成熟林減少によるCO₂排出により相殺される。

今後は、モデルを世界10地域以上の多地域型モデルに拡張し、各地域のバイオマス需給シナリオと地域間のバイオマス輸出入を考慮して、地域毎のバイオエネルギー・ポテンシャルの分析を実施する計画である。

最後に、本研究に対する住友財団のご支援に謝意を表します。

参考文献

- 1) 山本博巳, 山地憲治, 藤野純一; SD手法の世界土地利用エネルギー・モデルによる総合的なバイオエネルギー資源評価, エネルギー・資源, 18巻, 2号(1997).
- 2) 山本博巳, 山地憲治, 藤野純一; 世界エネルギー・土地利用モデルによるバイオマス利用と土地利用変化のシナリオ分析, エネルギー・資源学会第15回研究発表講演論文集(1996), 269~274.
- 3) 山本博巳, 山地憲治; バイオマス・フローを考慮した世界土地利用エネルギー・モデル(GLUE)の開発(1996), 電力中央研究所研究報告Y96001.
- 4) 山本博巳, 山地憲治; 世界土地利用エネルギー・モデル(GLUE)によるバイオエネルギー・ポテンシャルの評価(1996), 電力中央研究所研究報告Y96002.
- 5) Yamamoto, H. and Yamaji, K.; An Evaluation of Biomass Energy Potential with a Global Energy and Land Use Model, Proceedings of Developments in The rmochemical Biomass Conversion, Banff, Canada (1996).
- 6) Yamamoto, H., Yamaji, K. and Fujino, J.; Dynamic Analysis of Biomass Resources with a Global Land Use and Energy Model, Proceedings of Joint IEW/JSER International Conference on Energy, Economy, and Environment, Osaka, Japan (1996).
- 7) 藤野純一, 山地憲治, 山本博巳; バイオエネルギー評価のためのバイオマスバランス表の作成, エネルギー・資源, 18巻, 6号(1997).
- 8) Edmonds, J. and Reilly, J.; A Long-term Global Energy-economic Model of Carbon Dioxide Release from Fossil Fuel Use, Energy Economics, Vol. 5, No. 2 (1983), 74~88.
- 9) Food and Agriculture Organization of the United States (FAO); Agrostat PC on diskette (1993), FAO, Rome.
- 10) 森島昭夫, 加藤久和監修, 世界資源研究所(WRI)編; 世界の資源と環境 1992-93 (1993), ダイアモンド社
- 11) 依田恭二; 大気中の二酸化炭素濃度に対する陸上生態系の影響, 地球化学, Vol.16, No.2 (1982), 78~85.
- 12) 資源ハンドブック編集委員会(委員長 富永博夫)編; 資源ハンドブック(1989), 丸善.
- 13) Bos, E. et al.; World Population Projections 1992-93 Edition (1993), The John Hopkins University Press.
- 14) Pepper, W. et al., "Emission Scenarios for IPCC An Update", IPCC Working Group 1 (1992).
- 15) U.S. Environmental Protection Agency (EPA); Report of the Expert Group on Emissions Scenarios of the Response Strategies Working Group of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Appendix (1990), EPA, Washington D.C.
- 16) Alcamo, J. ed., IMAGE 2.0 Integrated Modeling of Global Climate Change (1994), Kluwer Academic Publishers.
- 17) Johansson, T.B. et al. eds.; Renewable Energy (1993), Island Press.
- 18) 石川雅紀, 猪瀬秀博, 小松真弓; 紙製飲料容器の環境プロフィール分析, 第10回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集(1994), 273-278.