

世界林産物貿易モデルの現状と課題

持田, 亮

九州大学大学院生物資源環境科学府農業資源経済学専攻農業関連産業組織学講座食料産業システム解析学
分野

狩野, 秀之

九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門農業関連産業組織学講座食料産業システム解析学分野

前田, 幸嗣

九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門農業関連産業組織学講座食料産業システム解析学分野

<https://doi.org/10.15017/13171>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 63 (2), pp.215-223, 2008-10-29. 九州大学大学院農学
研究院

バージョン：

権利関係：

世界林産物貿易モデルの現状と課題

持田 亮^{1*}・狩野 秀之・前田 幸嗣

九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門農業関連産業組織学講座食料産業システム解析学分野
(2008年6月27日受付, 2008年7月16日受理)

A Survey on World Forest Products Trade Models

Ryo MOCHIDA^{1*}, Hideyuki KANO and Koshi MAEDA

Laboratory of Food Industrial System Analysis, Division of Industrial Organization of Agribusiness,
Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

はじめに

本稿は、これまで開発・応用されてきた世界林産物貿易モデルを概観し、その問題点を明らかにすることにより、今後の世界林産物貿易モデルの発展方向を探ることを課題とする。

世界林産物貿易モデルは、1960年代に利用された輸送モデルを、主に、その原型としている。しかし、当時は、国際貿易よりも各国国内における林産物輸送の効率化に分析の主眼が置かれており、Holland and Judge (1963) および Holley (1970) により、米国における製材の最適な流通構造および製材産業の立地についての分析がなされていた。

1980年代に入ると、林産物貿易モデルは、これまでの輸送モデルに替わり、林産物市場を考慮した空間均衡モデルへと発展した。Adam *et al.* (1980) による The Timber Assessment Market Model (TAMM) は、空間均衡モデルを林産物市場の分析に応用した最初のモデルであり、Takayama and Judge (1971) の空間均衡モデルに基づいている。また、TAMM は、分析対象国として米国とカナダを含み、若干の国際的視野を持っている。その後、TAMM は、Boyd (1983), Boyd *et al.* (1987) および Boyd *et al.* (1988) により、当時の米国-カナダ間における製材の貿易摩擦

に関する分析に用いられた。

その後、林産物貿易の自由化の進展を背景に、TAMM よりも広範囲の国と地域および林産物を扱うことが可能な世界林産物貿易モデルの必要性が高まり、世界で最初の世界林産物貿易モデルとして、Kallio *et al.* (1987) により The Global Trade Model (GTM) が開発され、さらに、CINTRAFOR-GTM (CGTM) や EFI-GTM へと拡張された。そして、GTM を直接引き継いだモデルではないものの、様々な点で GTM と同じ構造を持つ、The Global Forest Products Model (GFPM) が世界食糧機関 (FAO) の委託により米国ウィスコンシン大学の Joseph Buongiorno 教授らのグループにより開発された (FAO, 1997)。現在、GFPM は最も利用されている世界林産物貿易モデルとなっている。

以上が、輸送モデルから世界林産物貿易モデルへの発展の概略である。これには含まれないものの、世界林産物貿易モデルとしては、世界食料需給モデルである International Food Policy Simulation Model (IFPSIM) を基礎とする The World Forest Products Model (WFPM) がある。

本稿では以下、GTM, GFPM および WFPM について詳細な検討を加えることにしたい。

本稿の以下の構成は次の通りである。第 2 節で

¹九州大学大学院生物資源環境科学府農業資源経済学専攻農業関連産業組織学講座食料産業システム解析学分野

¹Laboratory of Food Industrial System Analysis, Division of Industrial Organization of Agribusiness, Department of Agricultural and Resource Economics, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

*Corresponding author (E-mail: be305034@s.kyushu-u.ac.jp)

GTM, 第3節でGFPMについて検討を行う。第4節で両モデルの問題点を明らかにした後, 第5節でその他の世界林産物貿易モデルとしてWFPMについて言及する。そして最後に, 第6節で本稿をまとめる。

The Global Trade Model (GTM)

1. GTMの構造

GTMは, 国際応用システム分析研究所: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) の Kallio *et al.* (1987) により空間均衡モデルとして展開されたモデルであり, 16種類の林産物および18地域を対象とするモデルである¹。GTMにおける林産物の技術的關係は図1で示される。GTMでは, 図1の()内では示されるように, 林産物を中

間財と最終財の2つに分類している。しかし, 本稿では, 後述するGFPMとの対応関係を考慮して, 林産物を便宜上, 原材料, 中間財および最終財の3つに分類し, GTMを説明する。

GTMの説明にあたり, 用いる記号は以下の通りである。なお, n は最終財を, k は中間財を, h は原材料をそれぞれ表す。さらに, i および j は国および地域を表す。

- D_i^n : 第 i 国の第 n 最終財の需要量
- $P_i^n(D_i^n)$: 第 i 国の第 n 最終財の逆需要関数
- T_{ij}^n : 第 i 国から第 j 国への第 n 最終財の輸出量
- T_{ij}^k : 第 i 国から第 j 国への第 k 中間財の輸出量
- T_{ij}^h : 第 i 国から第 j 国への第 h 原材料の輸出量
- c_{ij}^n : 第 i 国から第 j 国への第 n 最終財の(関税費

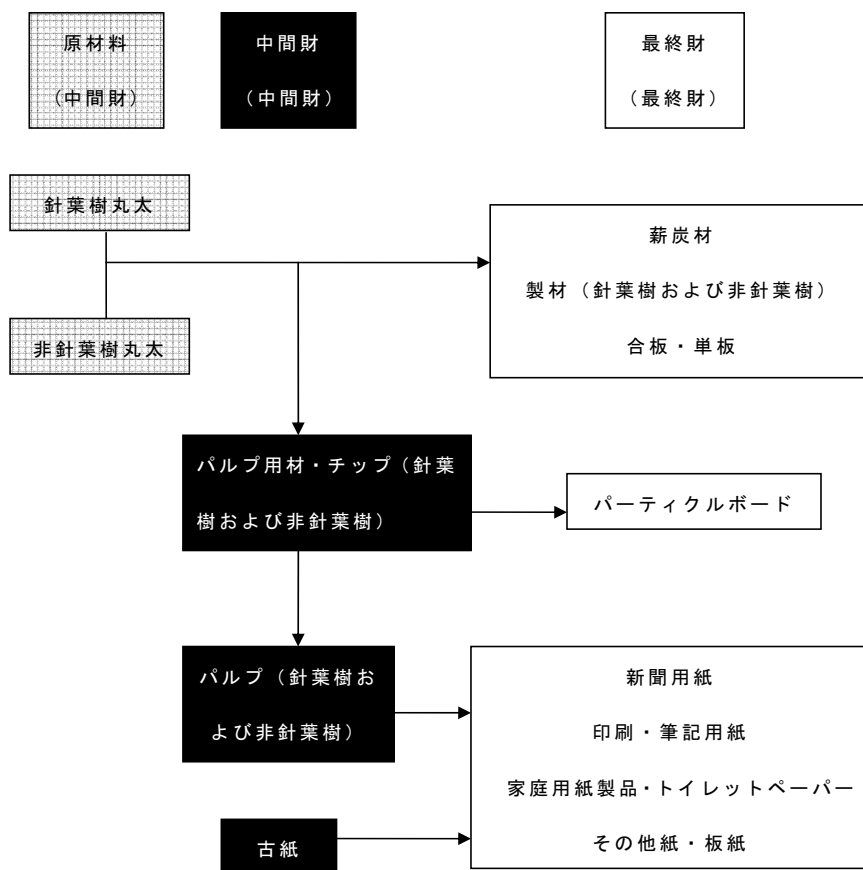


図1 GFPMにおける林産物の技術的關係
資料: Buongiorno *et al.* (2003)

¹IIASAは, オーストリーのラクセンブルクに本部を置く, 非政府ベースの学際的な国際研究機関であり, 環境, 経済, 社会等の相互作用を, 応用システム分析を用いて研究している。

- 用を含む) 単位輸送費
- c_{ij}^k : 第 i 国から第 j 国への第 k 中間財の (関税費用を含む) 単位輸送費
- c_{ij}^h : 第 i 国から第 j 国への第 h 原材料の (関税費用を含む) 単位輸送費
- T_{ij}^{nLo} および T_{ij}^{nUp} : 第 n 最終財の貿易量に設けられた上限値および下限値 (貿易慣性)
- T_{ij}^{kLo} および T_{ij}^{kUp} : 第 k 中間財の貿易量に設けられた上限値および下限値 (貿易慣性)
- T_{ij}^{hLo} および T_{ij}^{hUp} : 第 h 原材料の貿易量に設けられた上限値および下限値 (貿易慣性)
- Z_i^n : 第 i 国の第 n 最終財の生産量
- $C_i^n(Z_i^n)$: 第 i 国の第 n 最終財生産の限界費用関数
- Z_i^k : 第 i 国の第 k 中間財の生産量
- $C_i^k(Z_i^k)$: 第 i 国の第 k 中間財生産の限界費用関数
- S_i^h : 第 i 国の第 h 原材料の生産量
- $C_i^h(S_i^h)$: 第 i 国の第 h 原材料生産の限界費用関数
- A_i^{hk} : 第 i 国の第 h 原材料から第 k 中間財への変換係数
- A_i^{hn} : 第 i 国の第 h 原材料から第 n 最終財への変換係数
- A_i^{kn} : 第 i 国の第 k 中間財から第 n 最終財への変換係数
- Z_i^{nUp} : 第 i 国の第 n 最終財の生産許容量
- Z_i^{kUp} : 第 i 国の第 k 中間財の生産許容量
- S_i^{hUp} : 第 i 国の第 h 原材料の生産許容量

GTM は、1980年を基準年とし、5年間を1期間として、動学的に毎期の均衡解を求めるが、各期の均衡解は、以下の非線形計画問題として定式化される。

$$\begin{aligned} \max_{\substack{\hat{D}_i^n, \hat{Z}_i^n, \hat{S}_i^h, \\ T_{ij}^n, T_{ij}^k, T_{ij}^h}} & \sum_i \sum_n \int_0^{\hat{D}_i^n} P_i^n(D_i^n) dD_i^n - \sum_i \sum_n \int_0^{\hat{S}_i^n} C_i^h(S_i^h) dS_i^h \\ & - \sum_i \sum_n \int_0^{\hat{Z}_i^n} C_i^n(Z_i^n) dZ_i^n - \sum_i \sum_k \int_0^{\hat{Z}_i^k} C_i^k(Z_i^k) dZ_i^k \quad \langle 1 \rangle \end{aligned}$$

$$- \sum_i \sum_j \sum_n c_{ij}^n T_{ij}^n - \sum_i \sum_j \sum_k c_{ij}^k T_{ij}^k - \sum_i \sum_j \sum_h c_{ij}^h T_{ij}^h$$

$$s.t. \hat{Z}_i^n - \hat{D}_i^n - \sum_j (T_{ij}^n - T_{ji}^n) = 0 \quad \forall i, n \quad \langle 2 \rangle$$

$$\hat{S}_i^h - \sum_k \frac{1}{\hat{A}_i^{hk}} \hat{Z}_i^k + \sum_n \frac{1}{\hat{A}_i^{hn}} \hat{Z}_i^n - \sum_j (T_{ij}^h - T_{ji}^h) = 0 \quad \forall i, h \quad \langle 3 \rangle$$

$$\hat{Z}_i^k - \sum_n \frac{1}{\hat{A}_i^{kn}} \hat{Z}_i^n - \sum_j (T_{ij}^k - T_{ji}^k) = 0 \quad \forall i, k \quad \langle 4 \rangle$$

$$0 \leq \hat{Z}_i^n \leq Z_i^{nUp} \quad \forall i, n \quad \langle 5 \rangle$$

$$0 \leq \hat{Z}_i^k \leq Z_i^{kUp} \quad \forall i, k \quad \langle 6 \rangle$$

$$0 \leq \hat{S}_i^h \leq S_i^{hUp} \quad \forall i, h \quad \langle 7 \rangle$$

$$T_{ij}^{nLo} \leq T_{ij}^n \leq T_{ij}^{nUp} \quad \forall i, j, n \quad \langle 8 \rangle$$

$$T_{ij}^{kLo} \leq T_{ij}^k \leq T_{ij}^{kUp} \quad \forall i, j, k \quad \langle 9 \rangle$$

$$T_{ij}^{hLo} \leq T_{ij}^h \leq T_{ij}^{hUp} \quad \forall i, j, h \quad \langle 10 \rangle$$

ここで、〈1〉は、第 i 国における第 n 最終財の消費者余剰から、第 h 原材料、第 n 最終財および第 k 中間財の生産費用と第 n 最終財および第 k 中間財の輸送費用を差し引いたものであり、世界全体の純社会的余剰を表している。また、〈2〉～〈4〉はそれぞれ、最終財、中間財、原材料の需給均等式を表しており、〈5〉～〈7〉はそれぞれ、最終財、中間財および原材料の生産量の制約を表している。さらに、〈8〉～〈10〉は、貿易慣性 (trade inertia) による貿易量の制約を表している。ここで、貿易慣性とは、貿易量を規定する様々な要因を総合したものである。

なお、市場価格は、制約条件〈2〉～〈4〉のシャドウ・プライスとして求められる。

また、GTM では、従価税が考慮されており、前期の均衡価格に今期の従価税率を乗じることで従量税換算し、今期の輸送費に加えることで、輸送費の一部としている。

さらに、動学的に均衡解を求めるにあたって、最終財の需要関数、丸太生産の限界費用関数は、以下の変化により每期シフトするものとしている。

- 最終財の需要関数：1人当たり GDP、人口および為替レート
- 丸太生産の限界費用関数：森林資源量

需要関数のシフト要因については、その変化率が外生的に定められている。また、丸太生産の限界費用関数のシフト要因である森林資源量は、前期の丸太の生産量および外生的に定められた森林の成長率に基づいて変化する。さらに、貿易慣性は、各国ごとに外生的に定められた変化率で每期変化する。

2. GTM の応用

Kallio *et al.* (1987) は、GTM を用いて、以下のシナリオに基づくシミュレーション分析を行った。

- 1) ベース・シナリオ…1980年を基準に、1990年以降は、年間人口増加率、経済成長率 (1人当たり年間 GDP 成長率) が減少していくシナリオ。
- 2) 経済成長…経済成長率において、高成長 (ペー

ス・シナリオと比較して、先進国は同水準、途上国は50%増の経済成長率)および低成長(ベース・シナリオと比較して、全地域で50%減の経済成長率)が達成されるシナリオ。シミュレーションの結果、経済の高成長は、需要が増大した単板・合板および印刷・筆記用紙の生産量の増加により、丸太の伐採を拡大させる。一方、経済の低成長は、世界全体の林産物の生産量にほとんど影響を与えない。

- 3) 貿易自由化…2000年までに、林産物に関する全ての関税を撤廃するシナリオ。シミュレーションの結果、丸太を含む原材料の貿易が縮小し、紙類や木質パネル等の高付加価値の林産物の貿易が拡大する。また、西欧と日本の輸入量、カナダや米国の輸出量の増加が顕著になる。
- 4) 酸性雨…酸性雨の影響を受け、東欧(ソ連とスカンディナヴィア諸国を除く)および西欧の森林の成長が減退するシナリオ。シミュレーションの結果、東欧および西欧において、林産物生産が打撃を受けることにより、輸入量が増加するものの、生産量の減少を相殺するまでには至らず、市場価格は長期的に高騰する。
- 5) 地球温暖化…地球温暖化により、北方に位置する分析対象国の森林の成長が促進されるシナリオ。シミュレーションの結果、これらの国の丸太生産量が増加し、世界全体の林産物需給が緩和されることで、市場価格が下落する。

3. CGTM, EFI-GTM

GTMは、ワシントン大学木材製品国際貿易研究センター:The Center for International Trade in Forest Products (CINTRAFOR)により、CGTMへと再構築された。CGTMは、GTMと比較してより詳細な地域を含むことを目的とし、世界を43の林産物産地と33の林産物消費地に区分している。しかし、モデルの構造はGTMと同様である。また、分析対象の林産物は、GTMとは異なり10種類である。

Perez-Garcia *et al.* (1997)は、CGTMを応用し、丸太の一大供給地域である米国の太平洋側北西地区に対する輸出規制および輸出税政策が、環太平洋地域の林産物市場に与える影響を分析した。その結果、両政策とも、この地域の国際競争力を低下させ、海外での

シェアを失わせることを明らかにした。

さらにGTMは、European Forest Institute (EFI)のKallio *et al.* (2004)により、欧州に焦点をあてたEFI-GTMとして再構成された。欧州諸国は、GTMでは分析対象国・地域中5区分にすぎなかったが、EFI-GTMでは61地域の分析対象国中、半数の30地域となっている。分析対象林産物は、6樹種、26林産物および4リサイクル品であり、GTMより広範囲となっている。しかし、モデルの構造は、GTMと同様である。

Kallio *et al.* (2006)は、EFI-GTMを用いて、欧州および北米の生産林での森林保全政策による世界の林産物市場への影響を分析した。欧州の森林保全政策は、西欧の丸太価格を上昇させ、パルプの生産量を減少させること、ロシアの森林伐採を急増させること、一方、米国の森林保全政策は、欧州に対して大きな影響を与えないことを明らかにした。

The Global Forest Products Model (GFPM)

1. GFPMの構造

GFPMは、2010年に向けた林産物長期見通しの改訂のため、国連食糧農業機関:Food and Agriculture Organization (FAO)により、米国ウィスコンシン大学のJoseph Buongiorno教授をリーダーとするチームに開発が委託されたモデルである。

GFPMは、Price Endogenous Linear Programming Model (PELPS)を基礎とする空間均衡モデルであり、GTMを直接引き継いだモデルではないものの、貿易慣性や関税の取り扱いでGTMと同じ構造を持つ²。また、動学的に均衡解を求めるという点に関しても、GTMと同様である。GFPMの分析対象国は世界180ヶ国であり、分析対象林産物は14種類である。林産物の技術的関係は図2で示される。

GFPMの説明にあたり、用いる記号は以下の通りである。ここで、 i および j は国および地域を、 n は最終財を、 k は中間財を、 h は原材料を、 r はリサイクル品をそれぞれ表す。

- D_i^n : 第 i 国の第 n 最終財の需要量
- $P_i^n(D_i^n)$: 第 i 国の第 n 最終財の逆需要関数
- S_i^h : 第 i 国の第 h 原材料の供給量
- $C_i^h(S_i^h)$: 第 i 国の第 h 原材料の逆供給関数

²PELPSは、Buongiorno *et al.* (1985)により林産物貿易モデルに初めて利用された。その一方で、Gillesse *et al.* (1985)およびGillesse *et al.* (1987)により、北米の紙・パルプ産業についての計量分析であるPAPYRUSに適用されている。

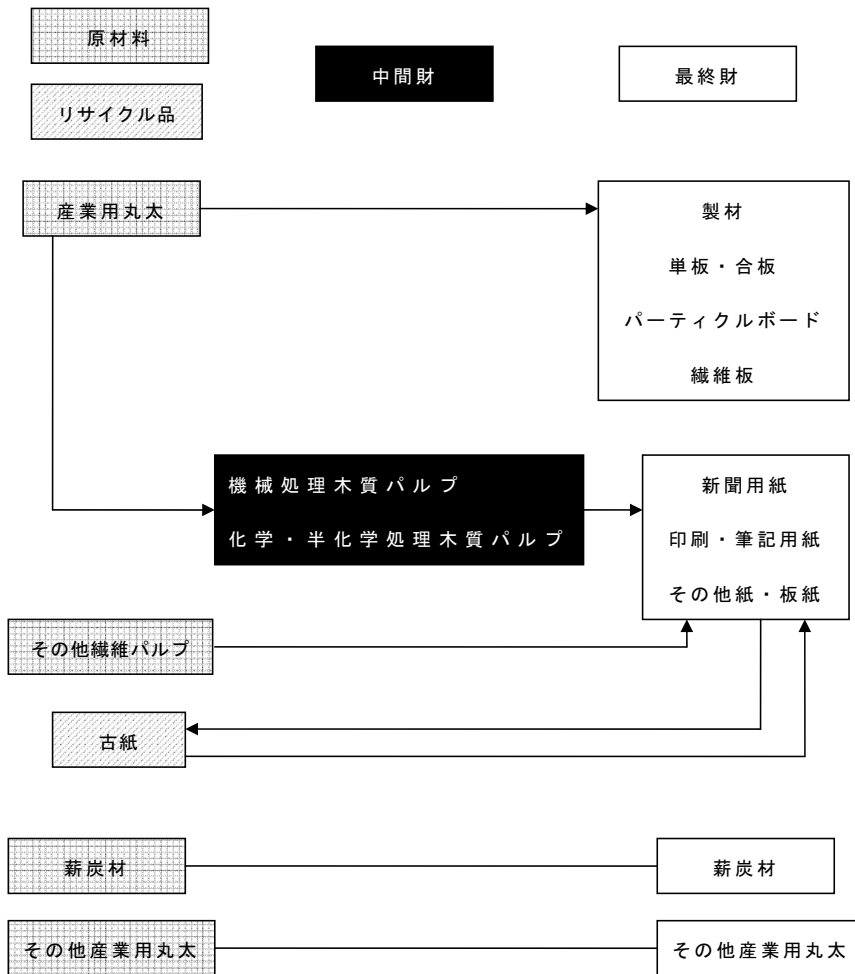


図2 GPFMにおける林産物の技術的関係
 資料: Buongiorno *et al.* (2003)

- S_i^r : 第 i 国の第 r リサイクル品の供給量
- $C_i^r(S_i^r)$: 第 i 国の第 r リサイクル品の逆供給関数
- Y_i^n : 第 i 国の第 n 最終財の生産量
- Y_i^k : 第 i 国の第 k 中間財の生産量
- m_i^n : 第 i 国の第 n 最終財の生産に必要な単位加工費用
- m_i^k : 第 i 国の第 k 中間財の生産に必要な単位加工費用
- T_{ij}^n : 第 i 国から第 j 国への第 n 最終財の輸出量
- T_{ij}^k : 第 i 国から第 j 国への第 k 中間財の輸出量
- T_{ij}^h : 第 i 国から第 j 国への第 h 原材料の輸出量
- T_{ij}^r : 第 i 国から第 j 国への第 r リサイクル品の輸出量
- c_{ij}^n : 第 i 国から第 j 国への第 n 最終財の (関税費用を含む) 単位輸送費
- c_{ij}^k : 第 i 国から第 j 国への第 k 中間財の (関税費用を含む) 単位輸送費
- c_{ij}^h : 第 i 国から第 j 国への第 h 原材料の (関税費用を含む) 単位輸送費
- c_{ij}^r : 第 i 国から第 j 国への第 r リサイクル品の (関税費用を含む) 単位輸送費
- A_i^{hk} : 第 i 国の第 h 原材料から第 k 中間財への変換係数
- A_i^{hn} : 第 i 国の第 h 原材料から第 n 最終財への変換係数
- A_i^{kn} : 第 i 国の第 k 中間財から第 n 最終財への変換

係数

- A_i^n : 第 i 国の第 r リサイクル品から第 n 最終財への変換係数
- T_{ij}^{nLo} および T_{ij}^{nUp} : 第 n 最終財の貿易量に設けられた上限値および下値 (貿易慣性)
- T_{ij}^{kLo} および T_{ij}^{kUp} : 第 k 中間財の貿易量に設けられた上限値および下値 (貿易慣性)
- T_{ij}^{hLo} および T_{ij}^{hUp} : 第 h 原材料の貿易量に設けられた上限値および下値 (貿易慣性)
- T_{ij}^{rLo} および T_{ij}^{rUp} : 第 r リサイクル品の貿易量に設けられた上限値および下値 (貿易慣性)
- Y_i^{nUp} : 第 i 国の第 n 最終財の生産許容量
- Y_i^{kUp} : 第 i 国の第 k 中間財の生産許容量
- S_i^{hUp} : 第 i 国の第 h 原材料の生産許容量
- S_i^{rUp} : 第 i 国の第 r リサイクル品の生産許容量

GFPM は、以下の 2 次計画問題として定式化される。

$$\max_{\substack{\hat{D}_i^n, \hat{S}_i^n, Y_i^n, Y_i^k, Y_i^h \\ T_{ij}^n, T_{ij}^k, T_{ij}^h, T_{ij}^r}} \sum_i \sum_j \int_0^{\hat{D}_i^n} P_i^n(D_i^n) dD_i^n - \sum_i \sum_h \int_0^{\hat{S}_i^h} C_i^h(S_i^h) dS_i^h - \sum_i \sum_r \int_0^{\hat{S}_i^r} C_i^r(S_i^r) dS_i^r - \sum_i \left(\sum_n Y_i^n m_i^n + \sum_k Y_i^k m_i^k \right) \quad \langle 11 \rangle$$

$$s.t. \sum_j T_{ji}^n + Y_i^n - D_i^n - \sum_j T_{ij}^n = 0 \quad \forall n, i \quad \langle 12 \rangle$$

$$\sum_j T_{ji}^k + Y_i^k - D_i^k - \sum_j T_{ij}^k = 0 \quad \forall k, i \quad \langle 13 \rangle$$

$$\sum_j T_{ji}^h + S_i^h - D_i^h - \sum_j T_{ij}^h = 0 \quad \forall h, i \quad \langle 14 \rangle$$

$$\sum_j T_{ji}^r + S_i^r - D_i^r - \sum_j T_{ij}^r = 0 \quad \forall r, i \quad \langle 15 \rangle$$

$$T_{ij}^{nLo} \leq T_{ij}^n \leq T_{ij}^{nUp} \quad \forall n, i, j \quad \langle 16 \rangle$$

$$T_{ij}^{kLo} \leq T_{ij}^k \leq T_{ij}^{kUp} \quad \forall k, i, j \quad \langle 17 \rangle$$

$$T_{ij}^{hLo} \leq T_{ij}^h \leq T_{ij}^{hUp} \quad \forall h, i, j \quad \langle 18 \rangle$$

$$T_{ij}^{rLo} \leq T_{ij}^r \leq T_{ij}^{rUp} \quad \forall r, i, j \quad \langle 19 \rangle$$

$$Y_i^n \leq Y_i^{nUp} \quad \forall n, i \quad \langle 20 \rangle$$

$$Y_i^k \leq Y_i^{kUp} \quad \forall k, i \quad \langle 21 \rangle$$

$$S_i^h \leq S_i^{hUp} \quad \forall h, i \quad \langle 22 \rangle$$

$$S_i^r \leq S_i^{rUp} \quad \forall r, i \quad \langle 23 \rangle$$

〈11〉は、世界全体の純社会的余剰を表している。〈12〉～〈15〉は、物質収支式と呼ばれるものであり、GTM の需給均等式に対応している。物質収支式における D_i^k 、 D_i^h および D_i^r はそれぞれ中間財、原材料およびリサイクル品の需要量を表しており、均衡解を求めるにあたっては、最終財もしくは中間財の生産量、

各国の変換係数により得られる $D_i^k = A_i^{kn} Y_i^n$ 、 $D_i^h = A_i^{hk} Y_i^k + A_i^{hn} Y_i^n$ および $D_i^r = A_i^{rn} Y_i^n$ に置き換えられる。また、〈16〉～〈19〉および〈20〉～〈23〉は、それぞれ貿易慣性、生産量の許容量に関する制約条件である。

なお、各国、各林産物の均衡価格は、物質収支式〈12〉～〈15〉のシャドウ・プライスとして計測される。

GFPM では、毎期の均衡解を求めるにあたり、各国の最終財の需要関数、原材料とリサイクル品の供給関数および貿易慣性が、以下の変化に基づき每期シフトする。

- 最終財需要関数：需要の GDP 弾力性
- 丸太供給関数：森林蓄積量
- リサイクル品供給関数：古紙リサイクル率
- 貿易慣性：需要の GDP 弾力性、貿易慣性係数

ここで、丸太の供給関数における森林蓄積量の変化は、GTM と同様に前期の丸太の生産量に関する均衡解および外生的に与えられた森林の成長率に基づく。その他のシフト要因については、外生的に与えられた変化率に基づく。なお、単位輸送費は、従量税に換算された従価税率の変化に伴い変化する。また、世界全体の生産許容量の変化量は、過去の生産量の均衡解に基づき決定される。

以上のように、GFPM は、そのモデルの構造において、概ね GTM に類似している。しかし、GFPM は、最終財の需要関数、加工品の限界費用関数および原材料の供給関数を線形関数として特定化することにより、2 次計画問題として定式化されており、比較的容易に均衡解を求めることができるという特徴を持っている。

2. GFPM の応用

Buongiorno *et al.* (2003) は、GFPM を用いて、以下のシナリオに基づきシミュレーション分析を行った。

- 1) ベース・シナリオ…世界銀行による、各国の 1 人当たり GDP の成長率の予測に基づいて GDP が変化するシナリオ。
- 2) アジア経済危機…アジア経済危機が起きた場合のシナリオ。シミュレーションの結果、林産物の市場規模がアジアのみならず世界全体で縮小する。
- 3) 貿易自由化…関税を完全に撤廃するシナリオ。シミュレーションの結果、世界の林産物の生産量および需給量に対する影響はほとんどない。
- 4) 古紙リサイクル政策…米国における国内の古紙

リサイクル政策が推進されるシナリオ。シミュレーションの結果、世界全体の紙・パルプの生産量が増加し、市場価格が下落するものの、丸太や製材等の他の林産物への影響はほとんどない。

- 5) 米国の丸太伐採規制…米国で丸太の伐採が規制されるシナリオ。シミュレーションの結果、米国における丸太の生産量は減少するものの、その減少分を補う形で、南米、アフリカの丸太生産量が急増する。つまり、米国の丸太伐採規制は、これら森林保有国の森林減少を促進させる。

また、FAO (1997) や、USTR (1999) および Zhu *et al.* (2001) は、GFPM を応用して、林産物の関税撤廃による貿易自由化推進に関する分析を行い、特に、世界の森林資源への影響に注目した。その結果、林産物の貿易自由化は、世界全体の生産量および消費量に大きな影響を与えず、森林資源への影響は小さいことを明らかにした。

GTM および GFPM の問題点

GTM および GFPM は、モデルの構造上、同様の問題を抱えている。1 点目は、貿易慣性である。Kallio *et al.* (1987) および Buongiorno *et al.* (2003) では、林産物貿易が、地理的、政治的、文化的、歴史的要因によって規定されることを理由に、貿易慣性に基づく貿易量の制約が重要であると述べている。しかし、その制約の具体的な値を決定する根拠が明確でない。

林産物貿易では、各国における林産物の品質差や非関税障壁といった経済的な要因が、各国間貿易量に大きく影響していると考えられる。実際に、輸入林産物に対する、我が国の製品規格や、韓国の化学物質付着(発散)量の基準が非関税障壁であり、撤廃すべきであるという米国からの要求がある。今後は、これら貿易量を規定する要因をモデルに具体的に導入すべきであろう。

2 点目は、関税の取り扱いである。GTM および GFPM では、積分可能性の問題に直面し、従価税を直接取り扱う事ができないため、従価税率を前期の均衡価格に乗じるにより従量税換算したものが用いられる。しかし、この方法では、価格が下落した場合、関税額を過大に、価格が上昇した場合、関税額を過小に評価することになり、貿易政策の変更による影響を適切に評価できない。以上は、モデルが非線形計画問題および 2 次計画問題として定式化されているために起こる問題である。今後はモデルを相補性問題として

定式化していくことが必要であろう。

3 点目は、森林の環境面の欠如である。現在、森林は、地球温暖化ガスの吸収源という環境財の側面について注目されている。しかし、GTM および GFPM は、森林の伐採に基づく林産物という貿易財の側面のみを考慮したモデルであり、森林を保全することによる環境財としての側面を考慮していない。したがって、世界林産物貿易モデルにおいては、トレード・オフの関係にあるこの両面を同時に考慮することが必要である。

最後に、4 点目は、市場構造の仮定である。GTM および GFPM では、完全競争市場を仮定しているものの、現在、国際林産物市場において、林産物加工品生産者の寡占化が進んでいる。従って、国際林産物市場を不完全競争市場として考慮する必要がある。

The World Forest Products Model (WFPM)

GTM, GFPM 以外の世界林産物貿易モデルとしては、我が国の森林総合研究所 (2003) による WFPM があげられる。WFPM は、国際農林水産業研究センター: Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS) の協力の下、世界食料需給モデルである IFPSIM を基に開発されたモデルであり、連立方程式モデルとして定式化されている。

森林総合研究所 (2003) は、WFPM を応用して、中国の経済成長が世界の林産物貿易構造に与える影響を分析した。その結果、今後中国で高い経済成長率が続けば、世界の丸太の消費量が2020年までに2000年の1.5倍に増加し、世界の林産物需要(丸太換算)に占める中国のシェアが20%に増大する可能性があることを明らかにした。また、長期的に世界の森林面積は減少していくものの、森林蓄積量はほとんど変化しないことを明らかにした。

空間均衡モデルとして定式化された世界林産物貿易モデルと WFPM では、最終財の需要関数および原材料の供給関数が用いられ、加工の際には変換係数が用いられるという点で共通しているものの、後者の方が森林資源量の変動と丸太生産量との間の双方向の影響をより詳細に考慮することが可能になっている。しかし、WFPM は、連立方程式体系として定式化されているが故に、各国間の貿易量の均衡解を求めることができず、各国ごとの純輸出量のみが求められる。これにより、貿易政策の変化が各国間の貿易構造に与える

影響を考察することができない。

ま と め

本稿では、これまで開発されてきた世界林産物貿易モデルについて概観し、その課題を明らかにした。

世界林産物貿易モデルは、1960年代に始まる輸送モデルに起源を持ち、その後、林産物市場、複数財および複数国を考慮した空間均衡モデルへと発展した。その後、1987年に世界で初めて世界林産物貿易モデルとして構築された GTM は、貿易慣性や関税の取り扱いに大きな特徴を持っており、その特徴は、後発の世界林産物貿易モデルに引き継がれている。

現在最も有名な世界林産物モデルである GFPM は、世界180カ国を網羅した大規模なモデルであり、2次計画問題として定式化されている。GFPM は、GTM における貿易慣性や関税の取り扱い等の特徴を採用しており、FAO (1997) や USTR (1999) 等の林産物貿易に関する政策分析に利用されている。

しかし、このように様々な研究機関および国際機関等により開発・応用されてきた GTM や GFPM にも、いくつかの問題点が残されている。それは、貿易慣性や関税の取り扱い、市場構造の仮定および森林における環境面の欠如である。これらの問題を克服することで、より現実に即した分析が可能な世界林産物貿易モデルの発展が期待できるであろう。

文 献

- Adams, D.M. and R.W. Haynes 1980 The 1980 Softwood Timber Assessment Market Model: Structure, Projections, and Policy Simulations. *Forest Science Monograph*, **22**
- Boyd, R. 1983 Lumber Transport and the Jones Act: A Multicommodity Spatial Equilibrium Analysis. *The Bell Journal of Economics*, **14** (1): 202-212
- Boyd, R., K. Krutilla 1987 The Welfare Impacts of U.S. Trade Restrictions against the Canadian softwood Lumber Industry: A Spatial Equilibrium Analysis. *The Canadian Journal of Economics*, **20** (1): 17-35
- Boyd, R., K. Krutilla 1988 The Politics and Consequences of Protectionism: A Case study in the North American Lumber Market. *Journal of Policy Modeling*, **10** (4): 601-609
- Buongiorno, J. and J.K. Gilless 1984 A Model of International Trade of Forest Products, with An Application to Newsprint. *Journal of World Forest Resource Management*, **1**: 65-80

Buongiorno, J., S. Zhu., D. Zhang., J. Turner., D. Tomberlin 2003 *The Global Forest Products Model: Structure, Estimation, and Applications*. Academic Press.

FAO 1997 *FAO Provisional Outlook for Global Forest Products Consumption, Production and Trade to 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

古家 淳・小山 修 2002 IIASA 世界林産物貿易モデルの構造と弾力性. *国際農業研究情報*, **27**: 51-80

Gilbert, J. 2000 *Trade Policy, Processing and New Zealand Forestry*. Ashgate, Aldershot.

Gilless, J.K. and J. Buongiorno 1985 Simulation of future trade in wood pulp between Canada and the United States. *Annals of Regional Science*, **19**: 47-60

Gilless, J.K. and J. Buongiorno 1987 PAPER-RUS: A Model of the North American Pulp and Paper Industry. *Forest Science Monograph*, **28**

Holland, I.I. and G.G. Judge 1963 Estimated Interregional Flows of Hardwood and Softwood Lumber. *Journal of Forestry* **61**: 488-497

Holley, D.L. 1970 Location of Softwood Plywood and Lumber Industries: A Regional Programming Analysis. *Land Economics* **46**: 127-133

Kallio, M., D.P. Dykstra and C.S. Binkley 1987 *The Global Forest Sector: An Analytical Perspective*. John Wiley and Sons, New York.

Kallio, M., A. Moiseyev and B. Solberg 2004 The Global Forest Sector Model EFI-GTM — The Model Structure. *EFI Internal Report*, **15**

Kallio, M., A. Moiseyev and B. Solberg 2006 Economic Impacts of Increased Forest Conservation in Europe: A Forest Sector Model Analysis. *Environmental Science & Policy*, **9** (5): 457-465

Oga, K. and K. Yanagishima 1995 *International Food and Agricultural Policy Simulation Model (User's Guide)*. Research Information Division Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCUS). Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Tsukuba.

Perez-Garcia, J., B. Lippke and J. Baker 1997 Trade Barriers in the Pacific Forest Sector: Who Wins and Who Loses. *Contemporary Economic Policy*, **15**

森林総合研究所編 2003 森林・林業・木材産業の将来予測—データ・理論・シミュレーション—. 日本林業調査会, 東京

- Takayama, T. and G.G. Judge 1971 *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. North-Holland Publishing
- USTR 1999 *Accelerated Tariff Liberalization in the Forest Products Sector: A Study of the Economic and Environment Effect*. Office of the United States Trade Representative
- Zhu, S., J. Buongiorno and D.J. Brooks 2001 Effects of Accelerated Tariff Liberalization on the Forest Products Sector: A Global Modeling Approach. *Forest Policy and Economics*, 2: 57-78

Summary

The purpose of this paper is to make clear the direction of development of the world forest products trade model in the future by tracing history and revealing problems of the existing models.

The transportation model is the root of the world forest products trade model, which does not have international views and consideration for forest product markets. The Timber Assessment Market Model (TAMM) was constructed in 1980 as a spatial equilibrium model which was able to take forest product markets into account. TAMM, however, did not include worldwide region. At 1987, The Global Trade Model (GTM), the first world forest products model, was built. GTM includes worldwide region and many forest products. Then, The Global Forest Products Model (GFPM), having same characters of GTM, is one of the most famous models now.

GTM and GFPM possess several problems. Trade inertia works to decide bilateral trade volumes but it lacks the economic grounds to be introduced into these models. *Ad valorem* tariff is converted to specific tariff in these models. Because of this method, it is difficult to appreciate effects of trade policy change, such as trade liberalization. Imperfect competition has been accelerating in international forest products market but these models assume perfect competition. Forest Products and forest resources had been recognized as economic trade goods in these models. They, however, draw attention on the side of environmental goods as carbon dioxide sink. Hence it should be required to consider of both economic trade goods and environmental good on forest resources.

The World Forest Products Model (WFPM) is based on the simultaneous equations model by IFPSIM. A problem of WFPM is not to analyze bilateral trade because the model solves net export as a solution in each country.

By improving above problems, it is expected to develop the world forest products trade model.