

マレーシア国サバ州の森林生態系サービス機能の経済的価値

——森林認証制度とアブラヤシ農園事業の費用便益分析比較——

長谷川 弘・三谷 和臣

(受付 2011 年 10 月 31 日)

要 旨

生産林に対する森林認証制度の適用は、違法伐採の抑制だけでなく、生態系サービス維持に貢献することが期待されている。本研究は、生態系サービス維持によって得られる効果を経済的に評価することにより、森林認証制度の普及に結びつけることを目的として行った。マレーシア・サバ州の森林保護地区を対象地として、①熱帯林の利用形態毎（天然林、生産林、農地）に生態系サービスを評価し、②生態系サービスの評価結果をもとにして森林保護区における認証プロジェクトの費用便益分析を行った。森林認証プロジェクトの純現在価値を算出した結果、アブラヤシ農園プロジェクトの純現在価値を上回ることが明らかになった。

1. 研究の背景と目的

マレーシアは、2000年のFAO森林資源評価によると、1990年代にもっとも森林減少の進んだ国の一つとして報告されている。1970～1980年代、マレーシア・サバ州では外資導入のための新経済政策によって森林開発が盛んに行われた。また1990年以降、ヤシ油の需要増加にともなうアブラヤシ農園の拡大により、天然林の減少が著しく進行した。サバ州の生物種数は、木本植物2,500種、鳥類600種、は虫類200種、昆虫類数千種など世界有数の多様性を誇っているが、それらの生息域である天然林が森林開発により分断化されている（立花2003a）。無計画な森林開発は、生物多様性を喪失させるだけでなく、森林生態系のもつ多様なサービスに悪影響をおよぼす。ミレニアム生態系評価（Millennium Ecosystem Assessment, MA）は、熱帯林の場合、森林生態系機能劣化の大きな要因は、生息地の改変、特に農地への転換による影響が大きいと報告された¹⁾。

乱伐抑制を目的にして、1992年、国際熱帯木材機関（International Tropical Timber Organization, ITTO）が設立され、持続的森林経営のための基準と指標が定められた。これを契機に、サバ州森林局（Sabah Forestry Department, SFD）が管理するデラマコット森林保護

1) Millennium Ecosystem Assessment（横浜国立大学21世紀COE翻訳委員会翻訳）（2007）『ミレニアムエコシステム評価 生態系サービスと人類の将来』オーム社、pp. 24-25

区 (Deramakot Forest Reserve, DFR) では、持続可能な森林管理のモデル地区として低インパクト伐採 (Reduced Impact Logging, RIL) とよばれる施業法が適用されてきた。RIL は、環境負荷軽減への配慮や伐採地の自然的更新を推進するなど、森林生態系への負荷を抑制する伐採手法である。そのような背景から、1997年、同地区がサバ州で初めて森林管理協議会 (Forest Stewardship Council, FSC) による認証を取得した²⁾。生物多様性の保護意識が高まる中で、天然林伐採抑止力としての森林認証制度への期待は高い。しかしながら、認証の取得には、環境に配慮した森林管理方法の採用などに追加的費用が発生するため、森林認証制度の普及を遅らせている。追加的費用に見合うだけの便益が不透明であることが原因としてあげられる。認証木材は、非認証木材と比較して10~20%高い価格で販売されている³⁾。しかし、認証林においては、伐採可能な樹種や樹径が規定されるなど加工用途が限られるため、企業側にとって認証材採用のインセンティブとなりにくい。したがって、いかに森林認証制度の意義を対外的に伝えていくかが制度普及のための課題となっている。

本研究の目的は、マレーシア・サバ州の森林保護区を対象として、認証プロジェクトによって得られる効果を定量的に評価することにより、森林認証制度の普及への意義付けを行うことである。具体的課題として、①熱帯林における土地利用形態毎 (天然林、生産林、農地) の森林生態系機能を経済的に評価し、②この評価結果をもとに DFR における認証プロジェクトの費用便益分析を行う。

2. 森林生態系の経済的評価の既往研究

森林生態系機能の代表的な評価事例に、日本学術会議の答申 (2001) での、①生物多様性を保全する機能、②地球環境を保全する機能、③土壌の侵食を防止し保全する機能、④水資源を涵養する機能、⑤快適な生活環境を形成する機能、⑥都市住民への保健休養・リクリエーション機能、⑦文化的な機能、⑧国内木材生産・バイオマス生産の経済的評価がある。これらの機能の評価は、主に市場価格で置き換え可能な代替法を用いて行われた。

一方、市場価格で置き換え困難な非利用価値の評価事例については、Bennett and Carter (1993) の仮想的評価法 (CVM) を用いたオーストラリアにおける森林の価値の評価、栗山・北畠・合田 (1999) の同じく CVM を用いた屋久島の生物多様性の価値の経済的評価がある。また、国立環境研究所 (2001) がコンジョイント分析を用いて、マレーシア半島部の保護林・生産林・農地を対象に熱帯林の経済的価値の評価を行った。

2) Deramakot Forest Reserve (2001). Implementation of Reduced Impact Logging (RIL) in Sabah

3) フタバガキ科 *Selangan batu* 種の2002年 DFR 平均価格: 645 RM/m³, サバ州輸出木材 FOB: 493-551 RM/m³

森林保全プロジェクトを扱った評価には、Fleming (1983) のネパールの森林管理計画についての評価や Ruitenbeek (1994) のインドネシアのマングローブ林保全のための評価がある。Fleming (1983) は、森林が農地に転換された場合の土壌浸食・洪水を想定し、プロジェクトを実施した場合と実施しない場合の生産高を比較して費用便益分析を行った。Ruitenbeek (1994) は、マングローブ林を伐採した場合の生態系への影響を、マングローブ林の商業利用、漁業などの間接的利用、生物多様性の面から費用便益分析を行った。

本研究ではこれらの既往成果を踏まえ、マレーシア・サバ州を対象にして、森林生態系機能の利用価値・非利用価値を含めた経済的評価を行う。経済的評価に当たっては、天然林、生産林、農地の土地利用形態毎に各機能の評価に適した手法を用いる。さらに、評価結果を用いて、森林認証プロジェクトの効果についてアブラヤシ農園と比較して費用便益分析を行う。

3. 研究対象および方法

3.1 研究対象地域の概要

表3-1は、マレーシアの森林面積および主な土地利用分布である。2006年時でマレーシア全土では44.8%、サバ州では57.5%が森林に覆われており、東南アジア諸国でもっとも森林率の高い国となっている。

サバ州における土地利用は、360万 ha の永久保存林 (Permanent Reserved Forest, PRF)⁴⁾ に次いで、天然ゴム・ヤシ油・ココアなどの農園が占める。PRF のうち生産林 (Production Forest) では、持続的森林管理 (Sustainable Forest Management, SFM) による生産活動が推進されている。また、保護林では生産活動が一切行われず、土壌・水保全や生物種の保護、研究・教育などを促進するための措置がとられている。その他、生物多様性保護を目的に、27万 ha の国立公園・野生鳥獣保護区が設けられている。これらの地区では、土地利用の転換を厳しく規制している。

しかしながら、1990年から2006年の間に半島マレーシアでは、森林が 630万 ha から 589万 ha に減少、サバ州では 444万 ha から 430万 ha に減少した。特にアブラヤシ農園は 98万 ha 増加し、土地利用において高い増加率を示している。その要因として、1990年代からインド、中国の食用油の需要の高まりにより、輸出用ヤシ油の増産されたためと考えられる。近年のバイオ燃料需要拡大や食用油の高騰により、ヤシ油の経済的な価値が一層高まっている。

4) サバ州の PRF は、7つのクラスに分類されている (Class I: Protection Forest, Class II: Commercial Forest, Class III: Domestic Forest, Class IV: Amenity Forest, Class V: Mangrove Forest, Class VI: Virgin Jungle Forest, Class VII: Wildlife Reserves)。

表3-1 マレーシアの森林面積および土地利用の分布 (100万 ha)

	土地面積	永久保存林 (PRF)			国立公園・野生鳥獣保護区	森林面積		森林面積割合 (%)		アブラヤシ農園		天然ゴム農園	
		保護林	生産林	合計		1990	2007	1990	2007	1990	2007	1990	2007
		2007	2007	2007									
半島マレーシア	13.16	2.09	2.83	4.92	0.58	6.30	5.89	47.87	44.76	1.70	2.37	1.54	1.04
サバ州	7.48	0.61	2.99	3.60	0.27	4.44	4.30	60.24	57.49	0.28	1.26	0.09	0.07
サラワク州	12.32	0.00	6.00	6.00	0.50	8.71	8.06	70.64	65.42	0.05	0.61	0.21	0.16
合計	32.86	2.70	11.82	14.52	1.35	19.45	18.25	59.19	55.75	2.03	4.24	1.84	1.27

(出所) Ministry of Plantation Industries and Commodities. <http://www.wildlife.gov.my/>, Sabah Wildlife Department. <http://www.sabah.gov.my/jhl/>, Department of Wildlife and National Parks, Peninsular Malaysia. Forest Department Sarawak. <http://www.wildlife.gov.my/>, <http://www.forestry.sarawak.gov.my/forweb/homepage.htm>

そのため、サバ州政府もヤシ油増産を政策目標として掲げており、森林の農園転換は今後も続くと推測される (岩佐 2001)。

マレーシア政府は森林資源の減少を背景に、州政府の協力によって適正な森林管理を行うための国家林業政策を1972年に制定した。①一定水準の森林資源を維持し、水源涵養と土壌保全の推進、河川の洪水や農業用地への浸食被害を最小限に留める、②リクリエーション、教育、研究、動植物相の保護を目指した森林に転換する、③持続的に木材を供給することにより、地域社会や国家経済の発展を図ろうとした。この政策は、1992年に ITTO の枠組みに沿った形に改定され、植林、生物多様性と遺伝資源の保全、地域住民の役割などを含む持続的森林管理への取り組みがより重視されるようになった (立花 2003b)。

ITTO の基準と指標による森林管理のモデルケースとして、サバ州の DFR では、RIL とよばれる管理を行ってきた。1997年同地区では、永久保存林の 55,083 ha がサバ州で初めて

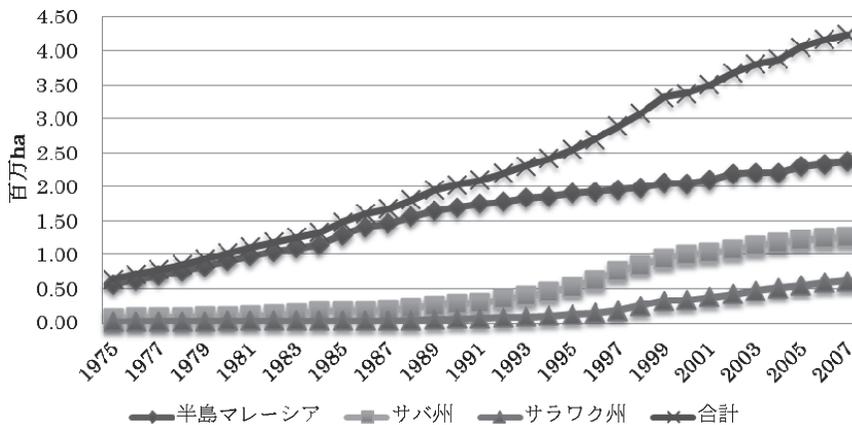


図3-1 アブラヤシ農園面積の推移

(出所) Malaysian Palm Oil Board (2007)

FSCによる森林認証を取得した。これは、適正管理された森林から産出した木材などにたいして認証ラベルを付すことによって、森林の保護を図ろうとする制度である。非持続的管理の下で生産された安価な木材や違法伐採により生産された木材の流通の抑制が期待されている。

3.2 研究方法

本研究では、表3-2に示す①木材、食料、工業原料、工芸材料、燃料を生産する物質生産機能、②光合成により温室効果ガスを吸収する地球温暖化緩和機能、③降雨時の表層の崩壊や土砂災害を防止し、雨水を徐々に浸透させることにより河川の水量を調整する土壌浸食防止・洪水防止機能、④雨水を地下に貯留する水資源涵養機能、⑤森林が水質汚染物質を吸着浄化することにより安全な生活用水を供給する水質浄化機能、⑥自然景観の鑑賞、森林浴、ハイキングなどのスポーツを体験する場を提供するリクリエーション機能、及び⑦固有種など希少動植物を保護する生物多様性保全機能を、評価の対象とした。

天然林はサバ州の代表的な保護地区であるキナバル公園、生産林はサバ州のPRFを対象とした。一方、農地は、農業開発により森林が伐採された後の裸地を想定した。

木材や食料を供給する物質生産機能の経済的価値は、市場をモニタリングして評価することが可能である。しかし、その他の機能によって得られる財やサービスの価値は、市場での評価は困難である。そのため、同等の効果をもたらす財・サービスの価値に置き換えることによって評価する手法を用いることができる。生産高変化法、取替原価法、防止支出法、旅行費用法などがこの手法に分類される。

生産高変化法は、事業が何らかの生産システムに対し変化をもたらす場合、その生産財の市場価格を用いて評価する手法である。取替原価法は、森林開発によって損なわれる財・サービスを代替するための費用により評価する手法である。防止支出法は、森林開発による環境

表3-2 森林生態系機能と経済的評価手法

機 能	評 価 手 法
①物質生産機能	市場価格による評価
②地球温暖化緩和機能	取替原価法
③土壌浸食防止・洪水防止機能	取替原価法・生産高変化法
④水資源涵養機能	取替原価法
⑤水質浄化機能	取替原価法
⑥リクリエーション機能	旅行費用法
⑦生物多様性保全機能	コンジョイント分析

悪化を未然に防ぐために必要な費用によって評価する。旅行費用法は、公園のような公共施設が利用者にもたらすリクリエーション効果の評価に用いられる。利用者が費やした交通・宿泊費や機会費用をベースに価値を算出する（長谷川 1998）。

一方、代替する財・サービスが存在しない場合は、アンケートにより支払意志額（Willingness to Pay, WTP）を尋ねる手法により評価が可能となる。CVM やコンジョイント分析がこの手法に分類される。

4. 森林生態系機能の経済的評価

本研究では、マレーシア・サバ州を対象地として、天然林、生産林、農地の異なる土地利用形態毎の森林生態系機能の経済的評価を行った。

4.1 物質生産機能

物質生産機能は、統計情報をもとにして市場価格による経済的評価を行った。天然林、生産林においては、河川、湖沼での内水面漁業による漁獲高による評価を行った。それぞれ、Javanese carp, Grass carp, Catfish などの漁獲高として 1.45 RM/ha/年、0.36 RM/ha/年と算出された⁵⁾。また、生産林においては、林業による White Seraya, Yellow Seraya, Oba Suluk, Selangan Batu などからの林産物の生産高による評価を行い、1,320 RM/ha/年と算出された⁶⁾。

農地においては、アブラヤシ、天然ゴム、ココアなどのプランテーション農業による農産物の生産高による評価を行い、49,495 RM/ha/年と算出された⁷⁾。これらを合計した物質生産機能の経済的価値は、天然林 1.45 RM/ha/年、生産林 1,320 RM/ha/年、農地 49,495 RM/ha/年と算出された。

4.2 地球温暖化緩和機能

地球温暖化緩和機能の評価には、取替原価法を適用した。本機能は、森林が二酸化炭素 (CO₂) を吸収する機能を代替する経費を用いて評価する。植物組成の一つのセルロース C₆H₁₂O₆ は、植物の細胞壁をつくる糖類である。式(1)に示すとおり、セルロースは植物の光合成によってつくられる。光合成の過程において、光エネルギーは電気・化学エネルギーに

5) Department of Fisheries Sabah (1994). Statistic of Agriculture, Livestock and Fisheries Sector, Sabah

6) Sabah Forestry Department (2000). Annual Report 2001

7) MINISTRY OF PLANTATION INDUSTRIES AND COMMODITIES, MALAYSIA (2008). Statistics on Commodities 2007

変換され、大気中のCO₂と水からセルロースと酵素を生成する。



このことから、森林によって吸収されるCO₂の価値は、温室効果ガスとしてのCO₂の削減費用として計上される。

セルロースの年間生産量は、マレー半島における生産林の場合 12 t/ha/年、天然林の場合 11 t/ha/年となる⁸⁾。(1)式を用いてCO₂の重量比を計算すると、264となる。CO₂の重量比およびセルロースの年間生産量より、CO₂の年間排出量は生産林の場合は 17.6 t/ha/年、天然林の場合は 16.13 t/ha/年となる。CO₂の市場価格 110.03 RM/t⁹⁾から地球温暖化緩和機能の価値を計算すると、生産林では 1,936 RM/ha/年、天然林では 1,775 RM/ha/年と算出された。

4.3 土壌浸食防止機能・洪水防止機能

土壌浸食防止機能および洪水防止機能の評価には、取替原価法と生産高変化法を適用した。土壌流出・洪水を軽減するための治水ダム建設費用、および農業被害から守るための機能に置き換えて評価する。

土壌浸食による費用は、損害を受けた道路を復旧、住居を移転するための費用として計算する。1件の洪水発生にたいして、①水道設備の復旧費用 1,094 RM、②住宅の復旧費用 2,280,000 RM、③道路の復旧費用 5,909,760 RMにより算出した。①から③の加算値に、洪水の年間発生回数0.2件/年¹⁰⁾、土壌浸食・洪水の推定削減率（天然林0.44、生産林0.11）、流域の裸地率0.03を掛け合わせると、評価額は天然林 20,802 RM/ha/年、生産林 5,201 RM/ha/年と算出された¹¹⁾。

また、生産高変化法による評価は、サバ州の代表的農産物の天然ゴム、ココア、アブラヤシの農園が、洪水によって被害を受けた場合の損失額から算出した。その結果、天然林は 290 RM/ha/年、生産林は 73 RM/ha/年と算出された¹²⁾。

8) JICA (2002). The Study on Critical Land & Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Indonesia. Table L.3.4

9) 海外投融資情報財団『排出権取引プラットフォーム』<http://www.joi.or.jp/carbon/>, 2008年8月価格

10) Dartmouth Flood Observatory. Global Flood Detection, Mapping, and Measurement. <http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html>

11) JICA (2002). The Study on Critical Land & Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Indonesia. Table L.3.1

12) DSMS (2004). Yearbook of Statistics Sabah 2003, DASM (2002). Agricultural Statistics of Sabah 2000–2001, MPIM (2001). Statistics on Commodities 2001

4.4 水資源涵養機能

水資源涵養機能の評価には、取替原価法を適用した。森林の地下水を貯留する機能を灌漑ダムの機能に置き換えて評価する。乾季における水の河川への流出量は、植生タイプ毎の地下水の平均流量に等しいと仮定した。各植生タイプの貯水量は、同じ貯水量をもつ灌漑ダムの建設費と維持管理に必要な費用で評価する。

地域毎の年間降水量と植生タイプ毎の浸透率から、1 ha 当たりの地下水の涵養量を算出する。平均地下水河川流出率27%を用いて計算すると、地下水秒間流出量は、天然林の場合表4-1の通りである。

表4-1 地下水の河川流出量

	天然林	商業林	農地
雨水浸透力 (%)	60	45.7	9.4
年間降水量 (mm/年)	2,400	3,500	3,500
地下水涵養量 (m ³ /年/ha)	14,400	15,995	3,290
地下水流出量 (m ³ /s/ha)	0.000123	0.000137	0.000028

次に、同等の貯水能力を持つ灌漑ダムの建設費用と維持費用を算出する。灌漑ダムの減価償却費用は、平均的な建設費用 8,417,760 RM/m³/ha、灌漑ダムの平均原価償却期間20年、平均割引率15%を用いて計算すると、1,419,799 RM/m³/s/年と算出された。また、維持管理費用は、原価償却費用の 1/100 であると仮定して求めると、14,198 RM/m³/s/年となる¹³⁾。

灌漑ダムの減価償却費用と維持費用を用いて計算すると、天然林 177 RM/ha/年、生産林 196 RM/ha/年、農地 40 RM/ha/年と算出された。

4.5 水質浄化機能

水質浄化機能は、水質浄化処理の代替機能として評価する取替原価法を適用した。水質の価値は、住民が河川の下流域で使用する水を浄化処理するための追加的費用として評価される。森林が水質汚濁物質を浄化する機能は、植生毎に削減される汚濁物質 (T-N:窒素, T-P:リン, SS:浮遊物質) を別の方法で除去するための費用を用いて評価する。浄化処理の水準は、下流域での水の用途に依存する。たとえば農業用水は、飲料水と同等の水質レベルを必要としないので、飲料水の処理費用より少ないと仮定する。また、水質汚濁にともなう健康被害による経済的損失も少ないと仮定する。

13) Department of Agriculture, Sabah (2002).

裸地化した農地からの SS, T-N, T-P 流出量を基準として¹⁴⁾、天然林と生産林の SS, T-N, T-P 削減量を算出した。SS, T-N, T-P の水質浄化費用は、それぞれ 0.015 RM/kg, 0.02 RM/kg, 22.8 RM/kg である¹⁵⁾。農地と比較した場合の汚濁物質削減量分の浄化費用が、森林の水質浄化機能の評価額となる。天然林 29,693 RM/ha/年、生産林 7,240 RM/ha/年と算出された。

4.6 リクリエーション機能

リクリエーション機能は、キナバル国立公園を対象として旅行費用法を適用した。東南アジア最高峰のキナバル山 (4,101 m) を有するキナバル公園は、生物多様性保全にとって重要な自然生息地を含んでいることから、2000年に世界自然遺産に登録された。この公園に訪れる旅行者は、山岳景観や野生動植物の観賞、森林浴、ハイキングなどを楽しむ。キナバル公園には、ビジターセンター、宿泊施設、レストラン、博物館などの施設や、ハイキングを行うための自然道や山小屋などが整備されている。リクリエーション機能の価値は、訪問者が支払う旅行費用（公園施設への移動費用、滞在費用など）と年間訪問者数をもとに算出した。

旅行費用を求めるために、2004年9月～10月、キナバル公園への観光客を対象にアンケート調査を実施した。サンプル数は外国人97、マレーシア人が76である。外国人およびマレーシア人のキナバル公園への訪問に費やした往復時間と滞在日数より機会費用を算出した。それにキナバル公園での宿泊費用と交通費用を加算した値を旅行費用とした。平均的年間旅行費用総額をキナバル公園面積 68,082 ha で割ると、経済価値 8,085 RM/ha/年が算出された¹⁶⁾¹⁷⁾。

4.7 生物多様性保全機能

生物多様性機能の評価には、コンジョイント分析を採用した。評価対象は、サバ州における代表的な森林保護地区を含むキナバル公園周辺とした。アンケート調査での仮想市場のシナリオは、開発により将来的に天然林が減少すると仮定し、保護地区内の生物多様性を保全するために寄付金を募り、管理経費に充当するとした。プロフィールでは保護地区の割合毎に生態系の状態（代表樹種数の変化）を提示し、生物多様性保護のための寄付金への支払意志をたずねた。

14) 太田誠一 (2002) 「東南アジア熱帯林の土壌生態——森林伐採と土壌」『日本学術会議シンポジウム 世界の土壌資源の現状と問題点』, pp. 3-17

15) JICA (2002). The Study on Critical Land & Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Indonesia. Table L.3.2

16) K. Kitayama (1991). Actual Vegetation of Mount Kinabalu Park

17) International Labor Office. Labor cost in manufacturing. <http://laborsta.ilo.org/>

WTP の推計には、選択肢 V_i ($i: 1 = \text{対策案 1}, 2 = \text{対策案 2}, 3 = \text{対策なし}$) について、(2)～(4)式のような線形効用関数を仮定した条件付きロジットモデルを用いた。

$$V_1 = \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{21} \quad (2)$$

$$V_2 = \beta_1 X_{12} + \beta_2 X_{22} \quad (3)$$

$$V_3 = \beta_1 X_{13} + \beta_2 X_{23} \quad (4)$$

ここで、 X_{1j} は保護地区の割合 (%), X_{2j} は寄付金額 (RM), β_1 と β_2 は推定係数である。限界支払意志額 (Marginal Willingness to Pay: MWTP) は、 $-\beta_1 / \beta_2$ によって求める。

2006年 8 月～10 月、キナバル公園周辺農村 (Ranau) において、アンケートを実施した。公園スタッフが各世帯にアンケート用紙を配布し、後日回収した (回答者数87)。

表4-2は、抵抗回答を排除して (有効回答数74), (2)～(4)の各係数の推計を行ったものである。推定値の t 検定を行った結果、保護地区割合が 1 %水準、寄付金が10%水準で、統計的に 0 との有差が求められた。各係数は保護対策案の賛否に影響を及ぼしているといえる。また、Adj $-\rho^2$ はモデルの適合度 (自由度調整済み McFadden の疑似決定係数) を表す指標であり、Hensher and Johnson (1981) によれば、この値が0.2～0.4を超えれば適合度が高いとされる。推計係数から求めた MWTP は 567 RM/%/年となった。キナバル公園の総面積 68,082 ha から 1 ha 当たりの価値を計算すると、0.8328 RM/年となる。キナバル公園周辺の Ranau 地域を母集団とし、MWTP に世帯数19,513を掛け合わせると、生物多様性保全機能の経済価値は、16,250.8 RM/ha/年という結果となった。

表4-2 生物多様性機能の評価結果

	推定値	信頼度
保護地区割合 (β_1)	0.253344	>0.99
寄付金額 (β_2)	-0.02633	>0.9
Adj $-\rho^2$	0.40232	

4.8 結果の考察

表4-3は各機能の 1 ha 当たりの年間評価額である。水資源涵養機能については、生産林>天然林>農地の順に高い評価額を得ている。農地の評価額は低く、生産林と天然林との評価額の差は小さいことから、水資源を確保するためには一定規模の森林保全を行うことが経済的に好ましいことを示している。地球温暖化緩和機能の評価額についても、生産林>天然林であることから、一定量の森林伐採を行うことより CO₂ の吸収を促進しているといえる。水資源涵養機能と地球温暖化緩和機能については、生産林と天然林との評価額の差が小さいことから、保護措置をとらなければ天然林での生産活動が促進される可能性がある。

水質浄化機能や土壌浸食防止機能・洪水防止機能については、天然林の方が高い評価を得ていることから、自然植生を維持することにより、下流域の洪水被害や土壌流出の被害を未然に防ぐという経済効果があることを表している。

リクリエーション機能は、キナバル公園のハイキングなどの利用価値として評価した。開発による天然林の伐採は、リクリエーションの場の喪失による経済的損失ととらえることができる。しかし、リクリエーション機能は、他の機能と比較して評価額が高くないことから、農地や生産林への転換をくい止める要因にはなりにくい。

生物多様性保全機能の評価額は、天然林に生息する生物種に対する非利用的な経済価値を表している。本研究では母集団をキナバル公園周辺住民に限定して、控えめの評価を行った。

表4-3 森林機能の1 ha当たりの年間評価額

機 能	評価額 (RM/ha/年)		
	天然林	生産林	農 地
物質生産機能	1.45	1,320	49,495
地球温暖化緩和機能	1,162	1,267	対象外
土壌浸食防止・洪水防止機能	21,391	5,348	対象外
水資源涵養機能	167	186	38
水質浄化機能	29,693	7,240	N.A.
リクリエーション機能	8,085	N.A.	N.A.
生物多様性保全機能	16,250	N.A.	N.A.

5. 森林認証プロジェクトの費用便益分析

本章では、前章の評価額をもとに、マレーシア・サバ州 DFR 州有林の森林認証プロジェクトの費用便益分析を行った。

5.1 評価の概要

DFR の認証林は、保護林 (4,000 ha) と生産林 (51,083 ha) に区分されている。認証林は、木材を生産するための生産林であるが、天然林を保護するために保護林を設置することが義務づけられている。保護林では一切の伐採活動が禁止されており、天然林の生態系を保護するための措置がとられている。一方、生産林では森林生態系への負荷をかけない RIL 方式の林業が行われている。したがって、保護林を天然林、生産林をそのまま生産林として DFR 認証林の評価を行った。

保護林についてはサバ州の代表的な自然保護区であるキナバル公園周辺の天然林のデータを、生産林についてはサバ州の代表的な生産林のデータを援用して評価を実施した。森林認証制度では、違法伐採が監視され、土地利用の転換が禁止されているため、永続的に木材生産が行われると仮定する。

比較プロジェクトの評価は、森林認証プロジェクトが実施されず、アブラヤシ農園に転換された場合に見込まれる便益と費用を用いて評価を行った。

5.2 評価の方法

費用便益分析を行うための式(5)は、環境的便益および費用を含めた純現在価値 (net present value, NPV) の算出式である。森林認証プロジェクトの場合、 B_d は木材生産によって得られる直接的便益、 B_e は森林の環境的便益、 C_d は生産活動の直接的費用、 C_p は環境保全対策にかかる直接的費用、 C_e は環境保全対策を講じても生じる環境的費用である。

森林認証プロジェクトによって生じる C_d は、初期投資、伐採や木材搬出のために必要な道路・施設整備費、機械・燃料費などを含む。 C_p は、下刈り作業やりハビリテーションなど環境保全に必要な費用を含む。 C_e は森林機能の低下にともなう環境的費用であるが、認証林の管理費用 (C_d) や環境対策費 (C_p) をかけることで生じないものとした。

一方、森林認証プロジェクトを実施せずアブラヤシ農園の開発プロジェクトを行う場合、 B_d は生産物によって得られる直接的便益、 C_d は初期投資、施肥・収穫・運搬・加工費などの生産費用、 C_p は環境保全対策費用、 C_e は環境的費用として評価した。

$$NPV = B_d + B_e - C_d - C_p - C_e \quad (5)$$

プロジェクト実施年数が n 年の場合の NPV は式(6)で算出される。 t 年度の NPV は、 t 年度の費用と便益を割引率 r で割り引いた値となる。初年度から n 年度までの NPV を加算することにより、プロジェクト全期間の NPV が算出される。 NPV が 0 以上になればプロジェクトを実施すべきと判断することができる。

$$NPV = \sum_{t=1}^n (B_{dt} + B_{et} - C_{dt} - C_{pt} - C_{et})(1+r)^{-t} \quad (6)$$

5.3 森林認証プロジェクトの評価結果

表5-1に示すのは、DFRにおける森林管理費用である。SFDはFSCの認証機関の一つであるSGS (Société Générale de Surveillance) に、1997-2005年までの9年間に105,000 RM/年の認証手続き費用を支払っている¹⁸⁾。伐採費用は、管理、道路建設・整備、保全費用

18) DFRは、SGSの基準に基づいたQUALIFORプログラムやマレーシア独自の基準・指標 (Malaysia Criteria, Indicator and Standards of Performance for Forest Management Certification, MC&I) へ

を含む。1995-2002年までの総伐採費用 22,263,063 RM から平均費用 2,782,883 RM/年を算出した。施行経費とは、樹木の成長に悪影響をおよぼす竹やつる植物の除去作業を行うための費用である。1996-2001年までの総施行経費 1,362,884 RM から平均費用 337,724 RM/年を算出した。リハビリテーション費用とは、育苗および強化植林を行うための費用である。1996-2001年までの総費用 2,970,529 RM から平均費用 452,088 RM/年を算出した。

認証材による販売収入 (*Bd*) は、プロジェクト開始から5年目より発生するとする。認証木材販売による年間便益は、1995-2002年の DFR の総収入 26,174,052 RM から平均収入 3,271,756 RM/年を算出した。

表5-1 DFR の森林管理費用

	費用 (RM/年)
伐採費用*	2,782,882.89
Cd 合計	2,782,882.89
施行経費*	337,723.58
リハビリテーション費用*	452,088.23
認証費用*	105,000
Cp 合計	894,811.82

(出所) *Sam Mannan et al. “The Sabah Forestry Department Experience from Deramakot Forest Reserve: Five years of practical experience in certified sustainable forest management” Sabah Forestry Department, 2002

表5-2 森林認証プロジェクトの環境的便益 (RM/年)

機能	保護林 (4,000 ha)	生産林 (51,083 ha)
物質生産機能	5,800	67,429,560
地球温暖化緩和機能	704,000	9,501,438
土壌浸食防止・洪水防止機能	118,772,000	369,840,920
水資源涵養機能	85,564,000	273,191,884
水質浄化機能	4,648,000	64,722,161
リクリエーション機能	32,339,733	N.A.
生物多様性保全機能	65,003,200	N.A.
小計	307,036,733	784,685,963
合計		1,091,722,696

に基づいて管理されている。MC&I は、天然熱帯林における持続的経営のための ITTO の基準・指標を基本とする 7 基準・64 指標からなる。

表5-2は、サバ州における森林機能の評価額をもとに算出したDFRの*Be*である。保護林307百万RM/年、生産林785百万RM/年より総便益は1,092百万RM/年と算出された。

DFRの森林管理費用(*Cd*, *Cp*)、認証材による販売収入(*Bd*)、認証プロジェクトの環境的便益(*Ce*)の結果より、認証プロジェクトのNPVを式(6)より算出した。プロジェクト実施期間を50年として割引率が5%、10%、15%について計算すると、それぞれ19,816百万RM、10,801百万RM、7,258百万RMと算出された。

5.4 アブラヤシ農園プロジェクトの評価結果

DFR 55,083 haと同面積の森林が、アブラヤシ農園に転換された場合を想定しての費用と便益を評価した。

一般的なアブラヤシ農園において、アブラヤシの植替え周期は25年である。果実は、植栽後3年目あるいは4年目から収穫可能となり、12年目の最大30 t/haをピークに減少していく。ここでは、4年目～25年目にかけて同等の産出量を得ることができると仮定する。評価期間は、森林認証プロジェクトと同様に50年とした。2周期目にも、アブラヤシ植替えのための初期投資がかかるとし、収穫可能時期は1周期目と同様に4年目からとする。アブラヤシ農園開発の*Cd*は、初期投資と管理費用より算出した。*Cp*は搾油の処理水から排出される汚染物質SS、T-Nの浄化費用より算出した。*Ce*についてはデータ不足のため対象外とした。

初期投資としては、農地整備費用、道路整備費用、施設建設費用などを含む。管理費用には、農薬・肥料費用、収穫・輸送費用、労働費用、搾油加工費用などを含む。初期投資は1,915 RM/ha、管理費用は2,611 RM/haとした¹⁹⁾。総面積全体としては、それぞれ105,483,945 RM、143,821,713 RMと算出された。

処理水1リットル当たりSSは18,000 mg/l、T-Nは750 mg/lが排出される。アブラヤシ1 t当たり5 tの処理水が使用されるとすると、SSは330.8 kg/ha、T-Nは13.8 kg/haが排出されることになる²⁰⁾。*Cp*は、処理水から排出されるSS、T-Nの浄化費用として17,584,691 RMが算出された。アブラヤシ農園の*Bd*は、天然ヤシ油の1 ha当たり平均産出量と平均価格から求めると、267,941,442 RM/年が求められた²¹⁾。

以上の結果より、式(6)を用いて割引率5%、10%、15%のNPVを計算すると、それぞれ1,848百万RM、880百万RM、409百万RMと算出された。

19) リム・テック・ギー、スミタ・ガネーシャラトナム(赤嶺淳訳)(1998)「マレーシアのアブラヤシ農園」『ヤシの実のアジア学』コモンズ、pp. 281-297

20) Ma, A.N. (2000). Environmental management for the palm oil industry. *Palm Oil Dev.*, 30, pp. 1-10.

21) Malaysian Palm Oil Board (2007)

5.5 結果の考察

森林認証プロジェクトおよびアブラヤシ農園プロジェクトのNPV（評価期間50年，割引率5%，10%，15%）を算出した。森林認証プロジェクトの場合，木材産出による収入より森林管理に必要な費用が上回っている。

Be を考慮しない場合，アブラヤシ農園プロジェクトの便益が森林認証プロジェクトの便益を上回ることが明らかになった。さらに，アブラヤシ農園は生産費用を低く抑えることができることから，企業は森林認証プロジェクトよりも，このように目先の利益をもたらす農地開発を選択するであろう。すなわち，環境サービスといった外部経済効果を含まず内部経済のみで評価した時，森林認証プロジェクトは実施されず開発だけのための土地利用へと転換される可能性が高い。

一方，*Be* を考慮した場合，森林認証プロジェクトがアブラヤシ農園プロジェクトのNPVを上回った。環境保全機能の評価結果が，全体の評価に影響を与えているといえる。したがって，森林認証プロジェクトにおける保護林の設定や生産林でのRIL適用は，環境的サービス機能の維持という点からも重要な意義をもっているといえる。とりわけ，測定が難しいとされる森林生態系のもたらす生物多様性の非利用価値を正当に評価する必要がある。

表5-3 両プロジェクトの純現在価値（NPV）

割引率 (%)	NPV (RM)	
	森林認証	アブラヤシ農園
5	19,816,229,010	1,848,237,272
10	10,800,535,735	879,525,939
15	7,258,383,404	409,142,598

6. 結 論

本研究では，森林生態系機能の経済評価を行い，森林認証に関する費用便益分析を行った。NPV（評価期間50年，割引率5%，10%，15%）を算出した結果，森林認証プロジェクトのNPVは，アブラヤシ農園プロジェクトのNPVを上回ることが明らかになった。したがって，天然林の保護や生産林で環境負荷の少ない林業を促進することは，森林生態系の維持において重要な意義をもっているといえる。以上のことから，環境保全機能の経済的評価は，認証林の総合評価に大きな影響をおよぼしているといえる。

グリーンコンシューマーズの高まりから，認証木材の需要が増すことが予測される。しかしながら，仮に今回の評価対象地区をアブラヤシ農園に転換した場合，認証林での収入

を越えることが明らかになった。森林認証プロジェクトの評価において環境的便益が考慮されない場合、プロジェクトは実施されず土地利用転換へのインセンティブが働く可能性が高くなる。また、単一早生樹種植林による炭素吸収源プロジェクトやバイオ燃料増産のための土地利用の転換も、熱帯天然林の減少を一層加速させるであろう。森林の利用は、生態系全体を視野に含めた資源管理下において推進すべきである。したがって、森林開発プロジェクトにおいては、森林生態系機能の定量的評価の役割が重要になってくるであろう。

付記

本研究は、大学共同利用機関法人人間文化研究機構 総合地球環境学研究所『持続的森林利用オプションの評価と将来像』（2003-2007）（研究者代表：市川昌広）の成果の一部である。

参 考 文 献

- 岩佐和幸（2001）「途上国における国際農業開発プロジェクトとアグリビジネス——オイルパーム開発事業とグローバル・パーム・コネクション——」『グローバリゼーションと国際農業市場』筑波書房, pp. 225-251
- 太田誠一（2002）「東南アジア熱帯林の土壌生態——森林伐採と土壌」『日本学会議シンポジウム 世界の土壌資源の現状と問題点』, pp. 3-17
- 栗山浩一・北島能房・大島康行（1999）CVMによる「屋久島」の価値評価とその信頼性——パイロットとファイナルサーベイの比較』林業経済研究, 45(1), pp. 45-50
- 国立環境研究所（2002）『熱帯林の持続的管理の最適化に関する研究』独立行政法人国立環境研究所
- 社団法人国際農林業協力協会（1998）『アブラヤシとココヤシの生産、加工と流通』, pp. 12-24
- ジョン・ディクソン他（環境経済評価研究会訳）（2002）『新環境はいくらか』築地書館
- ジョン・ディクソン・メイナード・ハフシュミット（長谷川弘訳）（1993）『環境の経済評価テクニク』築地書館
- 立花 敏（2003a）「木材産業の地域経済への貢献——マレーシアの事例」『アジアにおける森林の消失と保全』中央法規, pp. 202-218
- 立花 敏（2003b）「森林認証制度の可能性——国際的森林認証の動向とインドネシア・マレーシアの試み」『アジアにおける森林の消失と保全』中央法規, pp. 272-292
- 長谷川弘（1998）『環境経済アセスメント』東京出版株式会社
- 長谷川弘, 三谷和臣, 岡野千裕（2004）『開発途上国における農林業プロジェクトの環境経済評価手法と事例』（客員研究員報告書）国際協力機構
- 三菱総合研究所（2001）『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価に関する調査研究報告書』
- リム・テック・ギー・スミタ・ガネーシャトナム（赤嶺 淳訳）（1998）「マレーシアのアブラヤシ農園」『ヤシの実のアジア学』コモンズ, pp. 281-297
- Bennett, Jeffrey W. & Carter, M. (1993). Prospects For Contingent Valuation: Lessons From The South-East Forests. Australian Journal of Agricultural Economics, Australian Agricultural and Resource Economics Society, vol. 37(02), pp. 1207-1254
- Deramakot Forest Reserve (2001). Implementation of Reduced Impact Logging (RIL) in Sabah
- Fleming, W.M. (1983). Phewa Tal Catchment Management Program: Benefits and Costs of Forestry and Soil Conservation in Nepal, in L. Hamilton (ed.), Forest and watershed development and conservation in Asia

- and the Pacific. East-West Environment and Policy Institute, Honolulu. pp. 217–288
- Hensher David A. and Johnson Lester W. (1981). Applied Discrete-Choice Modelling, John Wiley and Sons, p. 52
- Jack Ruitenbeek, H. (1994). Modeling economy-ecology linkages in mangroves: Economic evidence for promoting conservation in Bintuni Bay, Indonesia. *Ecological Economics*, Elsevier, vol. 10(3), pp. 233–247
- JICA (2002). The Study on Critical Land & Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Indonesia
- K. Kitayama (1991). Actual Vegetation of Mount Kinabalu Park
- Ma, A.N. (2000). Environmental management for the palm oil industry. *Palm Oil Dev.*, 30, pp. 1–10.
- Millennium Ecosystem Assessment (横浜国立大学21世紀 COE 翻訳委員会翻訳) (2007) 『ミレニアムエコシステム評価 生態系サービスと人類の将来』 オーム社
- Research Institute for Humanity and Nature (2007). Sustainability and Biodiversity Assessment on Forest Utilization Options
- Sam Mannan, Yahya Awang (1997). SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN SABAH. SEMINAR ON SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT
- Sam Mannan et al. (2002). The Sabah Forestry Department Experience from Deramakot Forest Reserve: Five years of practical experience in certified sustainable forest management. Sabah Forestry Department