

2006 年度
学位論文

国連気候変動枠組条約に基づく森林保護への
経済的インセンティブ導入に関する研究

所 属：地球環境学研究科
地球環境学専攻
博士前期課程

氏 名：杉山圭記
指導教官：鷺田豊明教授

目 次

国連気候変動枠組条約に基づく森林保護への.....	1
経済的インセンティブ導入に関する研究.....	1
1. はじめに.....	1
1-1 研究背景.....	1
1-2 研究目的.....	2
2. 京都議定書における森林等吸収源の取り扱い.....	3
2-1 森林等吸収源が抱える問題点.....	3
2-2 京都議定書における森林等吸収源の取り扱い.....	4
2-2-1 森林の定義.....	5
2-2-2 附属書 I 国における森林等吸収源の取り扱い.....	5
2-2-3 非附属書 I 国における森林等吸収源の取り扱い.....	6
2-3 考察：気候レジームにおける森林等吸収源の役割と森林保護.....	7
3. 「森林減少由来の排出削減」という考え方.....	9
3-1 PNG 提案の内容.....	9
3-2 PNG 提案の背景にあるもの.....	10
3-3 現在の交渉に見る森林減少に由来する排出削減の論点.....	12
3-3-1 科学的側面からの論点.....	13
3-3-2 政策的側面からの論点.....	16
3-4 森林減少に由来する排出削減に関する国際交渉の構図.....	17
3-4-1 先進国と発展途上国の関係.....	17
3-4-2 <i>Coalition for Rainforest Nations</i> とブラジルの関係.....	18
3-5 考察.....	20
4. 森林保護とその補償問題の理論的分析.....	21
4-1 森林保護をめぐる先進国と発展途上国の状況.....	21
4-2 熱帯林保護とその補償に関する貨幣測度.....	26
4-3 考察.....	27
5. 回帰分析による森林保護の機会費用の推定.....	29
5-1 森林減少の過程と土地利用変化への注目.....	29
5-2 分析手法.....	30

5-2-1	森林面積の減少と農地の増大の関係 (回帰分析 1)	30
5-2-2	土地利用形態と GDP の関係 (回帰分析 2)	30
5-3	データ	31
5-4	結果.....	32
5-5	考察.....	34
6.	森林保護への補助金制度導入に関する検討.....	38
6-1	仮定と理論的背景.....	38
6-1-1	基本となる考え方.....	39
6-1-2	森林保護に対する補助金制度の導入.....	41
	所有する森林全体に補助金を与える場合	41
	補助金の付与にベースラインを設ける場合.....	44
6-1-3	分析に用いた効用関数の性質.....	46
6-2	分析手法.....	48
6-3	データ	48
6-4	分析結果.....	49
6-4-1	回帰分析の結果から見える発展途上国の効用関数.....	49
6-4-2	森林保護の機会費用と補償額の推定結果.....	51
6-5	考察.....	52
6-5-1	森林保護に補助金を与えることの効果.....	52
6-5-2	発展途上国の森林開発に対する留保生産性.....	54
6-5-3	本分析の問題点.....	56
7.	結論.....	58
8.	参考文献.....	61
8-1	引用文献.....	61
8-2	参照サイト	63
8-3	経済学の参考文献.....	63
9.	謝辞.....	65

1. はじめに

1-1 研究背景

FAO の調査によると、2000 年から 2005 年の間に世界で消失した森林面積は毎年およそ 732 万 ha にもなる¹。1990 年から 2000 年までの年平均森林消失面積が約 887 万 ha であったことを考えれば全体的には鈍化傾向にあるとも言えるが、依然として森林破壊は大規模に行われていることは間違いない。こうした森林破壊の多くは発展途上国で起きている問題であり、生物多様性の保全や砂漠化、国土保全・保水機能など多くの視点から、その解決が望まれている。

これだけでなく、森林は地球温暖化問題においても重要な存在であり、地球上の森林が減少することによって大気中の CO₂ を固定する機能が損なわれることに大きな懸念が集まっている。しかし、実は森林はこうした CO₂ を吸収する吸収源としての役割を担っている半面、森林が破壊される時には長年かけて固定してきた CO₂ を一気に大気中に放出する排出源としての顔も持ち合わせている。そのため、地球温暖化問題について考えていく上で森林破壊は対策を講じるべき分野の一つとして重要な一角を占める問題である。実際に 1990 年代において森林減少 (deforestation) を主因とする土地利用の変化に伴って大気に放出された温室効果ガスの量は世界全体の排出量の 10~25% を占めると報告されており²、森林破壊と地球温暖化問題の間には因果関係が存在する。

けれども現在の気候問題の体制の起点となっている国連気候変動枠組条約では森林は、森林の存在は必ずしも肯定的に取り扱われてこなかった。とくに発展途上国は当初森林による温室効果ガスの吸収を先進国の排出削減に組み込むことに大反対であった。森林等吸収源の存在は先進国の排出削減義務を緩和すると見なされていたからである。したがって、京都メカニズムにおいても、森林を利用して炭素クレジット (CER) 獲得できる上限が設定されており、なおかつ新規植林 (afforestation)、再植林 (reforestation) を目的とした植林事業だけが対象事業としての適格性を与えられている。したがって、現状では森林減少を食い止めることで回避される温室効果ガス排出量を炭素クレジットとすることは認められていない。

ところが最近になり、Coalition for Rainforest Nations (以下、CRN) という熱帯林保有国の連合が登場したことによって UNFCCC において森林を巡る状況が変わりつつある。2005 年にカナダのモントリオールで開催された COP11 において、この連合の中心国でもあるパプア・ニューギニアが森林減少に起因する温室効果ガスの排出抑制を経済的インセンティブによって推進するための提案を行ったからである。この提案によって現在熱帯林破壊な

¹ FAO (2005) 数値は 2000 年から 2005 年の平均である。

² IPCC (2000) “Land Use, Land-Use Change, and Forestry”

ど発展途上国における森林減少問題は地球温暖化問題の中でも注目を集めている。

具体的な交渉の状況としては、国連気候変動枠組条約では、COP11 の決定に基づいて科学および技術の助言に関する補助会合 (Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice 以下、SBSTA) でこの問題の技術的課題等について検討することが決まり、各国の意見表明をたたき台とした協議が 2007 年の SBSTA27 を期限として進められている。その一端を覗き見ると、「共通だが差異ある責任」に端を発する南北の意見相違、森林の定義や土地利用状況の正確なモニタリングの問題、技術的側面の課題克服と発展途上国でのキャパシティ・ビルディングなど、制度として森林保護プロジェクトを国連気候変動枠組条約で取り扱うためには解決すべき多くの課題が残されていることが浮かび上がってくる。

このような課題は残されつつも、この森林減少を回避することに経済的なインセンティブを導入しようという提案は、森林の持つ環境サービスへの対価を支払うという外部性の内部化ということを可能にする試みでもあり、市場原理を通じて環境を適切に管理保護していくことが可能であるかを占う重要な試金石とも言うべき動きであり、非常に興味深いものである。

1-2 研究目的

そこで、本論では地球温暖化問題という切り口から森林保護を進める仕組みとして経済的インセンティブを付与する制度の実行可能性を検証することを目的とする。

その前段として、本論では第 2 章において地球温暖化問題における森林等吸収源の交渉経緯を整理する。これにより、この分野において重要となる森林の性質と、それに対するこれまでの国際社会の対応の歴史を明らかにし、とくに本論が取り扱う森林減少の回避 (avoided deforestation) がなぜ京都メカニズムに含まれなかったのかを議論する。

それを受けて、第 3 章では再度この森林減少の取り扱いが議論される契機となった COP11 の状況やその後の SBSTA での議論を分析し、主要国の見解や森林保護に対してクレジットを与えるために議論されている論点を捉え、森林保護を気候変動問題の文脈の中で推進する上での課題を整理する。

第 4 章以降は、視点を変えて経済的側面からこの問題を捉えることにしている。とくに第 4 章は森林保護を巡る先進国と発展途上国の間の補償構造、第 5 章は森林保護による機会費用、第 6 章では森林保護に経済的インセンティブを与えた時の状況の分析に焦点をそれぞれ当てた分析を行う。

最後に、前半の国際交渉の整理を通じて導いた論点と、後半の経済的側面からの検討を交え、森林保護を地球温暖化問題という観点から進めることの可能性について考察する。

2. 京都議定書における森林等吸収源の取り扱い

本章では、国連気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change: 以下、UNFCCC）の締約国会議において見られたこれまでの国際交渉の歴史を振り返る。とくに京都議定書の中で森林等吸収源がどのように取り扱われているのかを見ていき、発展途上国における森林保護が対象から洩れている事を示す。

その際、出発点としてそもそも地球温暖化対策に森林等吸収源を利用する際に生じる科学的な側面から捉えた問題点を説明する。その後、それらの問題点ゆえに出来上がった現行ルールでの森林等吸収源の取り扱い方を整理する。最後に交渉で果たしてきた重要な役割について説明すると共に、なぜ非附属書 I 国で起こる森林減少「Deforestation」が UNFCCC 体制から除外されてしまっているのかを議論する。そのことにより、本章では現在の気候レジームにおいて熱帯林の減少問題を取り扱うことができない理由を明らかにする。

2-1 森林等吸収源が抱える問題点

森林等吸収源の持つ問題点は国際交渉を左右する源泉となった。政治交渉を支えるための科学的知見が必要だとされ、COP からの依頼で IPCC の特別報告書³が作成されたが、それでも解決を見ない点もある。森林等吸収源の主な問題点としては不確実性、非永続性、追加性および人為性、そして炭素吸収源以外の多面的機能、の 5 つが挙げられる。以下でこれらを簡単に説明する。

- 不確実性

不確実性は、森林の吸収源としての能力の正確な算定が困難であることに起因する。森林は段階において二酸化炭素の固定量が異なり、最終的に成熟すると二酸化炭素の排出源になってしまう。また、森林が伐採された後に、土壌の分解に伴う温室効果ガスの排出量についても十分な科学的知見が蓄積されているわけではない。とくに、気候帯、樹種、森林の構成によってこれらの値は変動する上に、気象要因による年ごとの変動も大きい。そのため、森林全体として吸収源/排出源としての能力を高い信頼性を持って推定を行うことには大きな困難が伴う。これが不確実性である。

³ IPCC(2000) “IPCC Special Report Land Use, Land-Use Change, and Forestry”

- 非永続性

非永続性とは、森林等の吸収源活動による炭素吸収は永続的に維持されなければ将来的には排出源になる性質のことである。非永続性がある限り、森林等吸収源プロジェクトは常に人為的な管理を施していかなければならず、実質的な温室効果ガス吸収量が減少する危険性がある。したがって、現在京都議定書の中では吸収源を利用して獲得した排出権は一定期間後に失効することになっている。現在吸収源 CDM で獲得できる排出削減クレジットは、t-CER と l-CER⁴という有効期限の異なる 2 種類であるが、いずれのクレジットであっても、失効後に再度同量の排出権を確保しなければならないという補填義務が発生する。また、この非永続性の問題が鍵となり、t-CER、l-CER は約束期間をまたいで利用することはできず、バンキング⁵は規定により認められていない。

- 追加性及び人為性

人為性と追加性を分離する実際的な方法を IPCC が開発し、その結果を COP10 に提出する予定であったが、IPCC からはそのような方法は現時点では確立することが極めて困難であるとの判断⁶もあり、マラケシュ合意では追加性に関する規定は盛り込まれず、交渉の論点からは外れた。しかし、森林等吸収源そのものの取り扱いを考えていく上ではその重要性は変わらない。

- 炭素吸収源以外の機能

森林には二酸化炭素固定効果以外にも多面的機能が備わっており、森林等吸収源の取り扱いは気候変動枠組条約だけでなく、砂漠化対処条約や生物多様性条約などの領域とも重なり合う複雑な分野である。したがって、気候変動枠組条約においては、森林の取り扱いが吸収源としての効率性を重視するあまりにその他の環境的機能の発揮を損なうことがないように留意することが求められている。

2-2 京都議定書における森林等吸収源の取り扱い

⁴ temporary Certified Emission Reduction と long-term Certified Emission Reduction の略。

⁵ 附属書 I 国は、約束期間中の総排出量が、割当量を下回った場合、自国の登録簿内に保持されているクレジットについて、一定の制限の元で、次の約束期間に繰り越すことができる仕組みのこと。(浜中編(2006) pp.238)

⁶ IPCC(2000)

本節では、京都議定書における森林の定義、国別報告書における排出量の計算方法、並びに京都メカニズムにおける取り扱いの3点から UNFCCC において森林がどのように見なされているかを明らかにする。

2-2-1 森林の定義

京都議定書における森林の定義を紹介する。現在の京都議定書による森林の定義は、COP9 のマラケシュ合意で決定された後、2005 年の COP/MOP1 で正式に採択された。尚、附属書 I 国に適用される森林の定義と京都メカニズムの活用の際に必要な非附属書 I 国における森林の定義⁷はそれぞれ別に議論されたが、結論としては同一の定義を採用することになった。

- 最低樹冠率が 10～30%
- 最低の土地面積が 0.05～1ha
- 最低樹高が 2～5m

UNFCCC の各締約国は自国の事情に合わせて、上記 3 項目についてそれぞれの閾値の中から数値を選んで森林を定義できる。このように、一定の幅を持たせて森林を定義せざるを得なかった理由は、全ての国が納得できるように各国における多様な植生を反映した森林の定義を導くことができなかったからである。

2-2-2 附属書 I 国における森林等吸収源の取り扱い

京都議定書の根拠法となる UNFCCC では、その締約国に対して定期的に（5 年に 1 度）温室効果ガスの排出量を報告する義務を課している。その際に用いる排出目録では、森林による温室効果ガスの吸収や伐採による温室効果ガスの排出は、「土地利用、土地利用変化及び林業（Land Use, Land-Use Change, and Forestry、以下 LULUCF）」という項目で取り扱われることになっている。

しかし、UNFCCC の第 2 条の目的を果たす具体的な指針を示した京都議定書における森林の扱いは特殊である。森林等吸収源の取り扱いに関する原則は京都議定書 3 条 3 項及び 4 項で定められている。3 条 3 項は、京都議定書が対照とする森林活動の種類とその算定方法を定めており、グロス・ネット方式と呼ばれる考え方が採用されている。グロス・ネット方式では、各締約国は温室効果ガス排出目標の基準となる 1990 年の排出量を算出す

⁷ UNFCCC(2001) pp.58

際には、人為的活動による排出量から森林による吸収量を控除しない。しかし、約束期間（第1約束期間であれば2008年～2012年）における温室効果ガスの排出量を計算する際は、人為的活動による排出量から森林からの吸収量を控除することができる。この時に森林の吸収量は、基準年（1990年）から純変化量として計算され、これらの計算対象は新規植林（afforestation）、再植林（reforestation）、森林減少（deforestation）とすることが定められている。

このような計算方法が採用された背景にも森林の持つ不確実性の影響がある。森林の炭素貯蓄量を計算する方法を議論している時期に、先進国のほとんどの国では国内の森林が基準年において、吸収源ではなく排出源になっているとの見通しが高まったため、基準年に森林を含めることを嫌がった結果採用された方式だからである。それゆえ、附属書I国は自国内にある森林⁸が成長することによって大気中から固定したCO₂量の分を目標年の排出量から除去するために用いることが可能になっている。

この計算方式の意味するところは、附属書I国における森林の吸収力の増加分は実質的な目標値を引き下げるために活用できるということである。そのため、この計算方法と森林等吸収源の存在が、先進各国で大きく異なる温室効果ガス排出削減費用の差を埋め合わせるような緩衝材の役割を果たし、COP3では第1約束期間の排出量を1990年比でEU-8%、日本-6%、米国-7%にするという「大きな」成果を得ることができたのである。

2-2-3 非附属書I国における森林等吸収源の取り扱い

次に非附属書I国における森林等吸収源の扱いを整理する。京都議定書では非附属書I国には排出目標が課されていないため、森林に限らず全ての排出源並びに吸収源の動態について京都議定書は直接規定していない。しかし、京都メカニズムにおけるクリーン開発メカニズム（以下、CDM）を通じて、附属書I国は非附属書I国において森林等吸収源に関する活動（吸収源CDM）を行うことができる。しかし、京都議定書の運用細則を定めたマラケシュ合意で吸収源CDMとして活動が認められているのは、上節で紹介した3つの森林の変化のうち新規植林と再植林だけに限定されている。

吸収源CDMで森林減少（の回避）が活動対象から外れた理由は何であろうか。その理由の一つに、非附属書I国における体制整備が遅れていることが挙げられる。とくに、発展途上国の森林インベントリが不足していることが関係している。

京都議定書の条文を見てみると、そもそも非附属書I国において吸収源事業を実施すること自体に抵抗があったことが窺える。同じ京都メカニズムでも、共同実施（JI）を規定する議定書第6条では第1項の文言において、JIの対象となる事業に吸収源が盛り込まれ

⁸ 全ての森林が対象になるのではなく、全く人為的な介入がない天然林は対象とならない。日本では主に育成林や保安林がIPCCの定義により算定可能な対象となる。

ている。その一方で、クリーン開発メカニズム（CDM）の規定条項である第 12 条には対象となる活動の中に吸収源は明記されていない。

JI は附属書 I 国同士の間で行われるプロジェクトである。プロジェクトのホスト国となる附属書 I 国は概して自国の森林インベントリを整備しており、ある程度の精度を持った把握が可能であると考えられていた。その反面、プロジェクトのホスト国が非附属書 I 国となる CDM では、多くの発展途上国が自国の森林インベントリをきちんと整備していない。そのため、吸収源を CDM として認めた場合の温室効果ガス削減効果を立証する条件が整っていないわけである。最終的に交渉におけるパワーバランスの結果として、吸収源 CDM は、最も影響が少ないとの理由で新規植林と再植林に限定する現行ルールに落ち着いた。ここで、森林減少の回避が対象から洩れた理由として木村（2006）は、森林の規模の問題によるクレジットの大量発生が懸念されたことを挙げている。大量のクレジットが非附属書 I 国からもたらされることは、附属書 I 国に課されている数値目標を骨抜きにすることを意味し、とりわけ、上述のように森林等吸収源の動態には科学的に不透明な点が多く、非附属書 I 国における森林減少の存在は京都体制そのものを脅かしかねない影響力を持つのである。

こうして、発展途上国における森林減少の問題は京都体制の領域外に置かれることになり、これを別の角度から捉えれば、京都議定書を維持するために必要だったのは新規植林、再植林までという判断が当時の交渉着地点であったと解釈できる。

表 2-1 森林の所在地と京都議定書対象範囲との関係

活動の種類 森林の所在	新規植林 (Afforestation)	再植林 (Reforestation)	森林減少 (Deforestation)
附属書 I 国（先進国）	○	○	○
非附属書 I 国（発展途上国）	△	△	×

（凡例）○：対象 △：京都メカニズムを通じて一部対象 ×：対象外

2-3 考察：気候レジームにおける森林等吸収源の役割と森林保護

本章では、森林の持つ科学的な側面から見た問題点と京都議定書による現在の森林等吸収源の取り扱いについて論じてきた。そして、森林の不確実性と規模の問題が作用して京都体制を脅かしかねない非附属書 I 国における森林減少の問題は除外されることになったことを示した。

森林を始めとする吸収源に関する議論は、京都議定書が策定された COP3 以降、京都メカニズムの運用ルールであるマラケシュ合意が出来上がるまでの COP6 に至る交渉のプロ

セスの中で大きな課題として継続的に議論されてきた⁹。その背景には、森林の不確実性と規模の問題が存在したわけであり、一方で各締約国は自国の国益、とくに経済的利益を守るために森林等吸収源の取り扱い方について議論を白熱させてきた。最終的には、こうした議論で生じる各国の軋轢を森林の不確実性を玉虫色に解釈することによって、結果として各国を京都議定書につなぎとめておくことに成功することになる。

議定書につなぎとめられたその典型例が日本である。クリントン政権からブッシュ政権へと移行した米国が2001年に京都議定書を離脱したことによって、にわかに京都体制の命運を握ることになった日本が、森林等吸収源について妥協の余地を持たない交渉ポジションを明示していたため、それまで吸収源の活用に反対していたEUが態度を改め、日本に歩み寄ることによって京都議定書に留まらせたからである。

また、森林等吸収源の存在が功を奏した端的な例として、産油国の存在を挙げることができる。産油国は気候変動対策を進めないためにUNFCCCを批准し、合議制による合意形成にこだわり続けていた。そのため、気候変動に関する多くの分野で合意形成を妨害する動きを見せているのだが、吸収源についてはとくに反対しなかったと言われる。その理由として木村(2006:194)は、「吸収源の活用が認められればそのぶんだけ化石燃料の利用の抑制が回避できるとの読みがあった」ことを指摘している。

このように、森林等吸収源は重要な論点となったと同時に京都議定書の困難な数値目標への合意のためのきわめて重要な「レジーム維持機能」を持っていた¹⁰と言われている。その一方で、活用の仕方によっては京都議定書の存在意義を形骸化するだけの影響力を持っているため、森林等吸収源は京都議定書にとっての「諸刃の剣」¹¹である。そのために、その活用に関しては補填義務や数量キャップなど様々な制約条件が設けられたわけである。

このように、森林等吸収源は多様な利害を抱えた締約国が自国の経済的な利益を追求しながら温暖化交渉に臨む中で生じる激しい対立点を緩和し、最終的な体制のバランスを取るための重要な緩衝材として機能してきた。この機能は、科学的な不確実性を持っていたからこそ発揮されたわけだが、その反面、森林を安易に活用することは大量のクレジットを生み出すことにつながり、ひいては人為的活動に伴う温室効果ガスの排出削減活動が一向に進まない状況に陥る危険性を持ち合わせている。

この二面性に対処するため、京都議定書の下では非附属書I国における森林減少をCDMの対象から除外することにし、一定程度の削減努力を先進国に課しながらも過剰な負担を避けるという均衡の実現を図ったと考えられる。

⁹ 山形・石井 (2002) pp.121

¹⁰ 山形・石井 (2002) pp.127

¹¹ 山形・石井 (2002) pp.136

3. 「森林減少由来の排出削減」という考え方

第2章で分析したように、UNFCCC では交渉の末に体制崩壊を防ぐ意味で吸収源 CDM の対象となる活動に森林減少の回避（Avoided Deforestation）を除外することで合意し、マラケシュ合意が採択された。それゆえ、少なくとも第1約束期間終了時までは UNFCCC では発展途上国の森林減少を抑制するような仕組みを持たないのだが、第2約束期間以降については、吸収源 CDM として既に認められている新規植林・再植林以外の活動についても CDM の対象に含めるかについて COP11 までに検討を開始することになっていた¹²。

パプア・ニューギニアはその機会を活かし、COP11 において「発展途上国における森林減少に由来する排出削減」（以下、PNG 提案）を提案したことによって UNFCCC における発展途上国での森林減少の問題が再び交渉の議題に取り上げられることとなった。しかも、現在 UNFCCC ではその補助機関である SBSTA において森林減少の処遇について、科学的側面、政策的側面を含むあらゆる側面から包括的な議論を行われ始めている。この案は、提出当初からボリビア、中央アフリカ、チリ、コンゴ、コスタ・リカ、コンゴ人民共和国、ドミニカ共和国、ニカラグアの 8 カ国から支持されているだけでなく、その他多くの非附属書 I 国の支持を得ている。

しかし、COP3 開催当時では彼らは G77+中国の一員として先進国の削減努力を鈍化させるとして COP3 当初から吸収源そのものに反対していたのであり、この間にどのような変化が生じたのであろうか。本章では 2005 年以降の森林減少に関する議論を分析することにより、この疑問に対する答えを探るとともに、森林減少の回避を促進する制度設計に関して現在どのような論点と課題が取り上げられているのかを洗い出す。その後、これらの分析を踏まえて見えてくる先進国と発展途上国との立場の違い、ならびに発展途上国同士の交渉ポジションの違いに焦点を当てた議論を展開していく。

3-1 PNG 提案の内容

まず、導入として PNG 提案の内容を紹介する。PNG 提案は、パプア・ニューギニアがコスタ・リカと共同で UNFCCC 事務局に提案した「発展途上国における森林減少由来の排出削減：行動を促す取組み」¹³のことである。核となる考え方は、市場メカニズムの活用によって森林減少を回避する行為を推進するというものである。そのための具体的な方策として、1) 別途新しい議定書（optional protocol）を作るか、2) マラケシュ合意による CDM の規定を改正し、森林減少の回避も CDM の活動対象に含める「CDM の拡大」のいずれかを提案している。また、このメカニズムの設計を議論する際の論点として、追加性、リー

¹² 林野庁 CDM ヘルプデスク: <http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/cdm/2003L27.pdf>

¹³ UNFCCC (2005c)

テージ、クレジットの永続性、モニタリングの4点を挙げている。追加性とは社会経済的にはそのような事業は起こらず、CDM事業として行うことによってその事業を実施しなかった場合（ベースライン・シナリオ）よりも温室効果ガスの排出量を下回ることが可能となることを意味している。また、リーケージとはプロジェクト実施以外の地域にプロジェクトの影響（正・負とも含む）が及ぶことである。

しかし、この両論点に関して PNG 提案は国別森林減少率(National Deforestation Baseline)を設定することで、追加性やリーケージの有無に関する判定が容易になると主張している。加えて、モニタリングについては、衛星技術を利用したリモートセンシングの発達によって十分に可能であるというのが彼らの論拠である。

一方、クレジットの永続性に関しては、マラケシュ合意で定められた吸収源 CDM によって発行されたクレジット¹⁴への有効期限の撤廃を主張するものである。さらに、これにより一般のクレジットと同様に将来的な約束期間にも繰り越すことができるバンキング制度を適用できるようにし、各国の早期取り組みを奨励する仕組みを設けることを意図したものである。

3-2 PNG 提案の背景にあるもの

このような内容を持つ PNG 提案は、環境保護の観点からは非常に興味深い取り組みである。すなわち、立ち木の持つ炭素固定機能に対して環境サービスに対する対価の支払いが市場メカニズムを通じて行うことがこの提案には盛り込まれており、これまで市場の外に置かれてきた森林の非経済的価値を内部化する可能性を持っているからである。

しかし、こうした提案が行われた背景にあるものとは一体何であろうか。この提案書の立脚点は、マラケシュ合意で吸収源 CDM に含まれないことになった非附属書 I 国における森林減少が、気候変動問題を引き起こす原因となっている温室効果ガスの排出内訳では、化石燃料の燃焼に次ぐ第 2 の原因であるということにある。より正確には、土地利用の変化（LULUCF）が全体の温室効果ガス排出の 10～25%を占めており、その主要な原因が熱帯地域における森林破壊なのである。熱帯林は当然その多くが非附属書 I 国に分布しており、このように重大な排出源となっている非附属書 I 国における森林減少を抑制する仕組みを UNFCCC が設けていないという点は問題だというわけである。

この提案におけるもう一つの注目すべき主張は、公平かつ公正な炭素排出権市場へのアクセスを求めているという点である。これが意味するところは、現在の CDM のルールの下で生じている CDM のホスト国となる非附属書 I 国の偏りであり、いわゆる地域バランスの問題である。表 3-1 は、2007 年 1 月時点で UNFCCC 事務局に登録されている CDM プロジ

¹⁴ t-CER、I-CER の 2 種類が存在する。

エクト数を受け入れホスト国別に示したものである。この表から分かるように、現在ホスト国として CDM 案件を多く抱えているのは、インド (147 件)、ブラジル (88 件)、メキシコ (73 件)、中国 (36 件) であり、この 4 カ国だけで全体の約 71.6%を占めている。これらの国は言うまでもなく、昨今 BRICs として紹介されることが多い現在急成長を遂げている経済圏である。地域別に捉えても偏りがあり、全体の半数近くをアジア (49.4%) が占めている。それに対し、アフリカは全体で 13 件しかない上に、うち 5 件を南アフリカがホストしている。このような現状から、CDM の恩恵に預かることができている非附属書 I 国は限られているということが分かる。そのうえさらに、CDM プロジェクトによってホスト国が獲得できるクレジットの量で比較すると全体の約 70%をアジアが獲得しており、残り 30%のうちの半分をブラジルが占めていることが分かり、CDM プロジェクトの偏在が一目瞭然である。

こうした CDM プロジェクト偏在の裏には、例えばアフリカの場合そもそも温室効果ガスの排出量が少なく排出源での CDM プロジェクトを実施できる削減余地がないという事情が考えられる。これは最貧国と呼ばれる締約国で起こりうる事態であり、排出源の CDM に期待できないこうした国々は、過去に CDM の活動対象を議論している際にも、森林等吸収源を組み込むことを支持していた¹⁵。

しかし、現状で新規植林・再植林の CDM を呼び込もうとしても、吸収源事業そのものが排出源 CDM よりも体制の整備が遅れている。したがって、CDM の方法論開発も順調に進んでいないため¹⁶、どの国でも吸収源 CDM は浸透していない。

そのため、現在 CDM による利益を享受しているのは排出源 CDM を呼び込むことができる中進的な位置づけの発展途上国に偏っており、最貧国は CDM を通じて開発資金を呼び込むことができていない。そこで、こうした国々は新たに気候変動問題を通じて開発資金を呼び込む手段を渴望している。筆者が参加した COP11 でも、COP11 で設置された「発展途上国における森林減少に由来する排出削減の問題」に関するコンタクトグループ¹⁷では、アフリカ諸国が口々に開発資金の必要性を強調している場面が見受けられた。

こうした最貧国の多くは、一方で森林資源を国内に多く有し同時にその多くを伐採によって失っている。その森林減少に歯止めをかけることで「森林減少の回避」としてクレジットを得ることは、気候変動への対処という UNFCCC の目的と開発のための資金獲得という最貧国自身の目的を両立する手段であり、そのことに改めて注目した国々の思惑がこの提案の背景にあるということが言える。

¹⁵ 木村(2006),pp.168

¹⁶ 初めての吸収源 CDM に関する新規方法論が CDM 理事会で承認されたのが 2005 年 11 月で、2007 年 1 月末現在 (32 件の申請中) 7 件の方法論が承認されている。

¹⁷ 個別の案件の議論に対して必要と思われる場合に本会議が設置する下交渉の場。関心を持つ締約国のみがコンタクトグループに参加し、最終的な本会議にかける決議案の策定に努める。

表 3-1 CDM プロジェクトの分布状況

地域	ホスト国	案件数	割合 (%)	獲得クレジット (t-C/年) (平均)	割合 (%)
アジア	インド	147	30.6	15,359,472	13.8
	中国	36	7.5	46,389,933	41.7
	マレーシア	12	2.5	1,682,653	1.5
	韓国	7	1.5	11,085,301	10.0
	その他のアジア	42	8.8	4,337,519	3.9
	小計	237	49.4	78,854,878	70.9
北中米	メキシコ	73	15.2	5,566,398	5.0
	ホンジュラス	10	2.1	205,251	0.2
	その他	27	5.6	1,412,125	1.3
	小計	100	20.8	7,183,774	6.5
南米	ブラジル	88	18.3	15,846,288	14.2
	チリ	14	2.9	2,183,123	2.0
	その他の南米	23	4.8	2,750,262	2.5
	小計	125	26.0	20,779,673	18.7
アフリカ	南アフリカ	5	1.0	225,446	0.2
	その他のアフリカ	8	1.7	3,844,604	3.5
	小計	13	2.7	4,070,050	3.7
経済移行国	モルドバ	3	0.6	47,343	0.0
オセアニア	フィジー	1	0.2	24,928	0.0
	パプア・ニューギニア	1	0.2	278,904	0.3
	小計	2	0.4	303,832	0.3
合計		480	100.0	111,239,550	100.0

(出典) <http://cdm.unfccc.int/Statistics/>より筆者作成(数値は 2007/1/15 時点)

3-3 現在の交渉に見る森林減少に由来する排出削減の論点

さて、この PNG 提案が議題に上った COP11 以降、森林減少に由来する排出削減に関する議論は SBSTA にその場を移し、科学的な立場からの実行可能性並びに可能な政策的アプロ

一ちに力点を置いた検討が進められている。したがって、現在交渉そのものがどのような方向へと向かうかを議論するには時期尚早の感があるが、この時点での議論を整理することにより、どのような論点が各国の関心事となっているのかを洗い出すことは、この制度を導入することの可能性を分析する上で異議のあることだろう。そこで本節では、2006年3月から4月にかけて各締約国がUNFCCC事務局に提出した意見書¹⁸および、2006年の8～9月にローマで開かれた森林減少に由来する排出削減に関するワークショップと2006年3～5月に各国からUNFCCC事務局に提出された意見書を基に、1) 科学・社会経済・技術的な方法論に関する論点と、2) 政策アプローチおよび積極的インセンティブの付与に関する論点とに分けて整理する。尚、全体的な交渉と各国の交渉ポジションに関する分析はEbeling(2006)に詳しい。

3-3-1 科学的側面からの論点

まず、科学的側面から見た森林減少の回避を地球温暖化問題の観点から取り扱う際に生じる問題点を見ていく。全体としては、科学的側面から見た森林のモニタリングに関する評価は、先進国と発展途上国で大きな違いが見られるのが特徴である。

● 森林減少「Deforestation」の定義

現在の森林減少の定義はマラケシュ合意により、「直接人為的に引き起こされた森林地から非森林地への転換」¹⁹となっている。しかし、森林劣化や植生劣化(Devegetation)も含めたいと考えている非附属書I国が存在し、森林減少の定義を改正しようとの動きがある。しかし、森林劣化の問題を取り扱うには技術的問題点が伴うだろう。ただ、このように自国の状況に照らし合わせて森林に関する定義の重要性を指摘する発展途上国²⁰がいる一方で、議論を円滑に進めるために既存の体制に近い定義を採用すべきであると唱える国もあり、足並みは依然として揃わない。また先進国は定義の問題をとくに大きな問題にしていけないという点で既存の定義を活用する立場に近いと考えられる。

● モニタリング技術と体制整備

科学的な面からの論点として最も関心を集めているのが、モニタリングの精度とその実行可能性である。森林減少の回避をモニタリングするために必要となる情報としては、そ

¹⁸ UNFCCC/2006/SBSTA/misc.05, UNFCCC/2006/SBSTA/misc.05/add.1

¹⁹ FCCC/CP/2001/13/Add.1 pp.55

²⁰ ボリビアなど。UNFCCC(2006a) 参照。

の地域で起きている森林破壊の過程の特定と森林の単位面積当たり炭素固定量の 2 つがある。これらは、仮に森林減少を抑制する制度ができた場合に、基本となる排出量（ベースライン）を計算する際にも非常に重要な情報となる。

森林破壊の過程には 2 種類あり、一つは森林が他の土地利用へと変わるために面積が減少していく「森林減少(Deforestation)」である。もう一つは、土地利用の変化は伴わないが森林密度が低くなっていく過程で「森林劣化(Degradation)」と呼ばれる。森林減少の回避問題は、前者を主眼とした提案を基に議論がなされているが、後者の取り扱いについても議論に含めようとする国が存在する²¹。

森林減少による温室効果ガス排出抑制量の不確実性を高める要因は、この過程を適切にモニタリングする技術が高度であることと、炭素固定量の推測が相当程度の幅を持っているという点にある。

前者に関しては、衛星技術の進歩によってリモートセンシングの精度は高まっており、国単位や世界レベルで土地被覆の変化を測定することは可能であると 2006 年 8～9 月にローマで開かれたワークショップでは報告されている。こうしたモニタリング技術の向上は、森林等吸収源に関わる不確実性を低くする上で朗報となるが、その精度と費用の間にはトレード・オフの関係があることが知られている²²。とくに、国土面積の広い国は、全域を限なく観測する体制を整えるための費用が嵩むため、費用効率的なモニタリング体制を支える技術の向上が必要となる。このトレード・オフ関係の打開策として、CRN は、高解像度衛星でサンプルとなる複数の地点を精緻に観測した結果をベースにし、中級程度の解像度衛星を用いて国土全域を網羅する観測体制を整えることで、低費用かつ高精度のモニタリング体制を実現できると考えている²³。しかし、実情としてこの体制を整えている国はブラジルとインドの 2 カ国だけであることが指摘されており、このことから先進国の支援がなければ、森林減少の回避への経済的インセンティブ付与は実現できず、発展途上国におけるキャパシティ・ビルディングもモニタリング技術に匹敵する重要な課題として位置づけられる。

また、衛星画像技術そのものにも課題が残されている。それは二次林と成熟林の識別や、森林が劣化している状況を把握すること、そして、択伐が行われている森林の特定に関する技術的限界である。したがって、現段階では「森林減少」の様子を観測することはさほど難しくないが、「森林劣化」の様子を精確に観測することは技術的に確立されていないわけである。また、雲の存在によってデータの欠落がリモートセンシングには付きものであり、安定的に連続的な観測を行うことができない可能性が根本的にある。

さらに、もう一つの課題は、リモートセンシング技術を用いてバイオマス中に含まれる

²¹ 中央アフリカやマレーシアなど。(FCCC/SBSTA/2005/Misc.05 による)

²² FCCC/SBSTA/2005/Misc.05, CRN (2006) など

²³ CRN (2006), pp.3. 具体的に LANDSAT クラスのものを挙げている。

炭素の量および森林に貯留される炭素量を直接的に測定することは現段階でできないということである。そのため、実地調査によるサンプリングデータを元に作成した森林インベントリを用いて推定する方法が一般的である²⁴。したがって、精度の高いモニタリング体制を整えるためには、リモートセンシング技術そのものだけでなく非附属書 I 国側の人材育成や林業分野における行政の体制充実が不可欠となる。しかしながら、こうした体制を発展途上国は十分に有していないのが現状であり、附属書 I 国の支援なしに実現は難しい。

ただ、森林等吸収源による温室効果ガスの除去量/排出量は、現在国別報告書において森林を含む土地利用、土地利用変化および林業部門の温室効果ガス排出量（吸収量）が UNFCCC に報告されることになっており、この報告に附属書 I 国が用いている算出方法の優良事例（Good Practice Guideline）を活用する方法を検討することも可能であることが EU から指摘されている。

● リークージ

最後に、不確実性と関連して森林減少の回避に関するリークージの問題も論点の一つである。森林減少を回避することによるリークージの発生についてはいまだ多くの意見があり、まとまっていない。最も危惧されるのは、この枠組みに参加した非附属書 I 国は木材の輸出量を減らすと、その分不参加国の木材輸出量が増えるだろうという点である。しかし、これを現在の京都議定書体制と照らし合わせてみると全体としてのリークージを抑制することができる可能性もある。

例えば、現在附属書 I 国は、自国における木材伐採を止めて UNFCCC 3 条 3 項による除去量を獲得できる上に、非附属書 I 国から木材を輸入することで従来の需要を満たすことができってしまう²⁵。これは現行ルールによって理論上発生しうるリークージの一つである。この種のリークージの発生を防ぐためには、多くの国、そして大量に森林を伐採している非附属書 I 国が参加することが必要である。

尚、PNG 提案では国別に森林減少率を設定するため、国内においてリークージが発生する可能性はないと考えられる。そのうえ、この議論とは別に CDM 理事会ではリークージの証明を簡素化する方向に働いており、木材の輸出入に伴うリークージの発生については考慮の対象外となることが決まった。この決定が森林減少の回避に関する議論におけるリークージの取り扱いにも影響を与える可能性は十分に考えられる。

²⁴ UNFCCC “Report on a workshop on reducing emissions from deforestation in developing countries”, pp.5 (FCCC/SBSTA/2006/10)

²⁵ Santilli et al. (2005)

3-3-2 政策的側面からの論点

政策的アプローチについては、既述の PNG 提案に加えて、ブラジル提案と中央アフリカ提案の合計3つが議論の卓上にある。

ブラジル提案は、発展途上国に対して森林減少の回避に正のインセンティブを与えるような各国の自発的参加による基金の設立を提案している。ただし、この枠組は将来にいかなる義務ももたらさず、また附属書 I 国の排出削減目標の達成に計上することも無いという条件がついており、この基金へは UNFCCC の附属書 B 国（発展途上国）が任意で資金を拠出し、参加した発展途上国の間で削減寄与率に応じて配当される。この基金の問題点は、基金に拠出をしにくい小国は大国に勝てないということであり、また国土が広く森林を多く抱える国には多くの配当が行くため、ブラジルにとって相当有利な条件であり、小国には極めて不利な状況を生み出す提案である。

一方、中央アフリカ共和国提案は、持続可能な森林管理と森林保全に関して地方の森林減少に由来する排出の削減を目的とした基金を UNFCCC の元に創設することを提案しているものである。この提案は、中央アフリカなどコンゴ流域で実際に行われている持続可能な森林管理を基準とした取り組みを土台にしているもので、コンゴ流域のアフリカ諸国から支持されている。この基金では森林管理補助（forest management grant）と気候規制補助（climate regulation grant）という二つのタイプの補助金を提供し、前者はある国において国内で持続可能な森林経営が行われた森林の面積に応じ、後者は森林減少率に加重して与える補助金制度である²⁶。したがって後者はほぼ PNG 提案と同等の考え方であり、そこに森林管理による排出量の回避にもインセンティブを与えることにしたものと捉えることができる²⁷。

まだこれら3種類の政策アプローチの検証は行われておらず、第2回ワークショップにおいてこれらの検討が行われることが COP12 で決議された程度の段階にすぎないが、いずれにしてもこれらの提案に共通するのは、発展途上国が自発的な参加制度の創設を主張しているという点である。森林減少の回避による排出目標を設定すると将来的に附属書 I 国が発展途上国に対する排出目標の設定に結びつけてくるとの懸念を発展途上国が強く抱いているからであり、非附属書 I 国は、ことあるごとに「共通だが差異ある責任」について言及している。また、それと共に各国それぞれの持続可能な発展に対するニーズの決定を尊重するように訴えており、暗に排出削減目標等、開発の足枷となるような仕組みとの抱き合わせは受け入れられないとの主張が読み取れる。

それに対して先進国は参加問題について明言をしていないが、それでも地球全体での取り組みの重要性を述べる国もあり、これまでの過去の議論全体を振り返れば、附属書 I 国

²⁶ UNFCCC(2006_) pp.10-11

²⁷ 実際に中央アフリカは PNG 提案を支持した上でこの提案を行っており、両者は非常に近いと考えられる。

が発展途上国についても何らかの形で排出目標を課したいと考えていることは明白である。敢えて言明せずに議論の成り行きを注視していると言えるだろう。また、議論されているのはこうした自発的参加メカニズムだけではなく、ODAによる二国間協力など様々な政策的可能性についてかなり広範な議論が行われているのが実情であり、実際のところはこの先どのような方向に議論が進んでいくのかを検討するのはまだ早いと言える。こうしたメカニズムの設計に付随してモニタリング体制の整備等々を支援するために資金をどこから拠出するかということも論点の一つとなっている。

3-4 森林減少に由来する排出削減に関する国際交渉の構図

本節では、上記の議論から見てきた先進国と発展途上国の間にある利害関係、および発展途上国同士の利害関係について簡単な整理を行い、国際交渉の状況を俯瞰的に捉えることにする。

3-4-1 先進国と発展途上国の関係

UNFCCC(2006a)、UNFCCC(2006b)を調べると、先進国、そして発展途上国ともにこの問題を議論すること、並びに森林減少の回避に対する何らかの積極的なインセンティブの付与に否定的な意見を持っていないということが分かる。しかし、先進国と発展途上国の間に関心事のずれが介在する。とくに発展途上国側（G77+中国）は、SBSTA25においても政策アプローチと積極的なインセンティブを重点的な議題として捉えており、政策面での焦点を絞った上で技術的な問題やデータの利用可能性に関する検討を行うという考えを持っている²⁸。このG77+中国の主張に対して日本とEUは技術的な問題を取り上げることの重要性も指摘しており、米国も技術的問題を明確にすることの重要性を強調している²⁹。

UNFCCC（2006a）で述べられている各国の森林減少問題に対する意見を整理すると、先進国は現在のモニタリング技術の進歩を評価しながらも、その精度に関しては慎重な考えを持っていると言える。また、衛星技術の精度を補完する仕組みとしての森林インベントリの有用性を挙げている。しかし、そのために必要な森林インベントリをきちんと整備している国が非附属書I国、とくに熱帯諸国においては稀少であることが新たな問題として指摘されている。ただ、モニタリング技術に対して同じような考えを持ちながらも、その中でEUは途上国寄りの立場を取っており³⁰、パイロット・プロジェクトの実施により、具体的な知見の蓄積を図ることも提案している。

²⁸ Earth Negotiation Bulletin 和訳 (<http://www.iisd.ca/climate/COP12/japanese/enb12311j.pdf>)

²⁹ Earth Negotiation Bulletin 和訳 (<http://www.iisd.ca/climate/COP12/japanese/enb12311j.pdf>)

³⁰ ACP-EC (2006)

これに対し、発展途上国の主張は反対の立場にあり、モニタリングに必要な技術は基本的に既にあるというものである。そして、森林保護を適切にモニタリングするためには、技術的な問題よりも、モニタリングを行うだけの体制整備に向けた支援、資金援助の必要性を訴えている点に特徴がある。

この認識の違いは、発展途上国は国内政策において森林保護への経済的インセンティブ導入が森林保護に効果を発揮していることを強調しているのに対し、先進国はインセンティブ導入によって発生するクレジットの質に対して強い懸念を抱いているからだと考えられる。

3-4-2 Coalition for Rainforest Nations とブラジルの関係

さて、森林減少に由来する排出削減に関する交渉を追っていると、上記のような先進国と発展途上国の間に見られる交渉ポジションの相違だけでなく、発展途上国同士の間にも存在する興味深い関係が見えてくる。それは PNG 提案を行ったパプア・ニューギニアなどが加盟している Coalition for Rainforest Nations(CRN)という新たなグループと、世界最大の森林保有国であるブラジルの交渉ポジションが大きく異なっているということである。CRN には現在 26 カ国³¹が参加しており、基本的には第 2 約束期間以降に設定されるポスト京都体制の下で、国別のベースライン設定と排出権市場での取引を可能にした制度を森林減少に関して導入することを掲げながら、それぞれの国が様々な提案や交渉ポジションを取っている。CRN が PNG 提案を支持し、そして市場メカニズムの活用を主張している背景には、第 2 章で述べた CDM の地域格差の問題があり、森林資源を活かした資金獲得手段を目指しているからである。それゆえ、市場メカニズムを通じた取引によって先進国にクレジットを売却する仕組みを導入したいと考えることは理に適った戦略であると言える。

一方でブラジルは特異な交渉ポジションを取っている。PNG 提案を拒否した上で、既述の基金設立を提案しているからである。森林減少を回避すること自体に反対の意を表明しているわけではなく、その取り組みが京都議定書、およびポスト京都と結びつき、そして附属書 I 国の排出目標達成に用いられることに対して強い拒否姿勢が見えてくる。実際、森林減少の回避に関する用語の使い方も京都議定書で用いられるベースラインやリーケージに替わる用語の使用を求めるなど、意識的に森林減少の回避に関する議論を京都議定書から切り離そうとかなり神経質になっている様子が窺える。したがって、国別にベースラインを設定するということに対しても否定的である。

Fearnside (2001)によれば、ブラジルは元々京都議定書における森林等吸収源の議論を行っ

³¹ ボリビア、中央アフリカ共和国、カメルーン、コンゴ、コロンビア、コスタ・リカ、コンゴ人民共和国、ドミニカ共和国、エクアドル、フィジー、ガボン、ガーナ、グアテマラ、ホンジュラス、インドネシア、ケニア、レソト、ニカラグア、ナイジェリア、パナマ、パプア・ニューギニア、ペルー、サモア、ソロモン諸島、ウガンダ、バヌアツ (<http://www.rainforestcoalition.org/eng/about/index.php> 参照)。

ている時からアマゾンに対して森林保護を名目とした他国の介入を嫌がっており、アマゾンの管理利用に関しての意思決定権を保持することに強い関心があった。これと同じ考え方をブラジルが今日も抱いているとした場合、PNG 提案のように市場原理を通じて自由に先進国がアマゾンの森林保護に介入してくることは受け入れがたい状況になる。反対に京都議定書から切り離された基金を設立し、各国の森林保護の実績に応じて配当を行うという提案がなされた事にも合点が行く。また、このように附属書 I 国や京都議定書との関連を断ち切ることによって、将来的に森林減少の回避を端緒とした非附属書 I 国への排出目標に関する議論が発展しないように予防線を張っているとも考えられる。とくに PNG 提案は国別の森林消失率を設定するという提案をしているだけに国別の排出目標に近い発想を受け入れることによって将来的な排出削減目標と結び付けやすくされないための戦略とも考えることも可能である。

いずれにせよ、両者の考え方は大きくずれがあり、今後の交渉に大きな影響を与える可能性が高い。だが、資金獲得という点で CRN は交渉上不利な立場に立たされている。ブラジルは既に CDM によって先進国からの資金をある程度獲得できているため、森林減少の回避による収益が不可欠だという状況ではない。だが、CRN に加盟している国々は、現状ではほとんど獲得できていない先進国からの資金をこのメカニズムを導入することによって少しでも多く獲得したいと考えているはずであり、相対的に妥協を迫られる弱い立場にあると考えられる。しかも、交渉が難航すれば森林はその間減少するばかりであり、潜在的な収益機会を失うことになる。そうすると CRN はますます弱い立場になり、多少の妥協には目をつぶらなければならない状況になる。その環境を補完するため、CRN に加盟している国々は EU とこの問題に関して協力体制を敷くことに成功しており、また EU の力を借りて、早期取り組みを既成事実として進めることができ、また排出権市場を通じた買い手を獲得できるため、自らの交渉力を高めることに成功していると言える。

一方、ブラジルの提案は少なくとも非附属書 I 国への排出目標が課されることを拒否している点で先進国からの支持は得られないだろうが、G77+中国のうち大国であるインドや中国、その他の支持を集めることは考えられるシナリオである。ただ、今のところはこうした非附属書 I 国における大国は森林減少の問題について静観の立場を取っており³²、この問題が果たして自国にとって益するのかどうか様子を伺っているものと思われる。

こうした状況を踏まえると、総論としては経済インセンティブを与えることによって森林減少を回避することには賛同していても、先進国へのクレジット提供をカードとして先進国を味方につけて交渉力を高めようとする CRN と、PNG 提案が排出目標への足がかりとして先進国に利用されるのを拒むブラジルを中心とした中進国の間で利害が対立する可能性が見えてくる。この利害対立は、森林の不確実性やモニタリングに関する技術的課題等

³² Ebeling (2006) pp.53

に加えてこの交渉を複雑化させる因子となるだろう。

3-5 考察

本章では、森林減少に由来する排出削減に関する国際交渉の状況から、議論の起点となった PNG 提案の説明と共に、その科学的な側面と現在提案されている三つの政策アプローチを簡単に紹介した。次にこれらを通して、現在国際社会で論じられている森林保護に対する経済的インセンティブ制度を適切に取り扱うための課題を整理した。

とくに森林のモニタリング体制の問題の背景には、森林等吸収源特有の不確実性の高さの問題が横たわっており、その不確実性が京都議定書体制そのものの実効性をも左右する威力を持っているために慎重な立場を取る先進国と、自国に森林が多く残存するうちにいち早く制度を作り上げて、CDM に替わる新たな開発資金獲得手段を得たいと考える発展途上国側との見解の差が見て取れた。そのような状況下で自国の潜在的な交渉力の低さを補うべく EU とうまく手を組みつつある CRN と、中途半端な制度を創設して不用意に非附属書 I 国における排出削減目標とつながる議論がなされないように神経を尖らせるブラジルとの対峙状況も、今後の森林減少に関する交渉において注目すべき切り口となると考えられる。

4. 森林保護とその補償問題の理論的分析

これまでの章では、UNFCCC における過去の森林の取り扱いと現在進行中の国際交渉を分析することによって、発展途上国に分布する森林の保護活動に対して経済的インセンティブを付与する制度を創設するために解決されなければならない問題を明らかにした。

これ以降、本研究では少し視点を動かし、経済学的な側面から発展途上国における森林保護という問題の性質について分析を試みる。とくに森林保護を行った場合の機会費用の推計と森林保護への経済的インセンティブとして補助金制度を導入した場合に起こりうる状況について分析をしていくことにする。UNFCCC における交渉においても、森林保護をすることによって失われる収益機会の程度を分析することの重要性を挙げている締約国もある。しかし、とくに国単位でこうした森林保護の機会費用を研究している例はこれまであまり見られず、今年になり、スターンレポートとして有名な Stern (2006) とそのレポートの基となった Grieg-Gran (2006) が森林保護の機会費用に関する包括的な分析を行っている。

そこで、本研究ではまずこの第 4 章で発展途上国に分布する熱帯林を国際社会が保護していくということが経済学的にどのような構造を持っているのかを理論的に示し、その後の 5 章、6 章において実証的な分析に移ることにする。

尚、この章以降とくに断る場合を除き、前章までの「森林減少の回避 (Avoided Deforestation)」の意で森林保護という語を用いることにする。

4-1 森林保護をめぐる先進国と発展途上国の状況

前提として、国際社会が先進国 A と熱帯林を保有する発展途上国 B という 2 主体で構成されていると考える。また、森林保護の対象として熱帯林を想定することにする。ほとんどの先進国が熱帯林を自国に持たないために、先進国 A は熱帯林の持つ環境的価値を自国内の森林とは別に評価しており、熱帯林のもたらす公的便益を享受するために自らの所得 (I^A) の中からいくらかの費用を捻出して、熱帯林の保護費用を負担してもいいと考えている。一方、発展途上国 B は現在 Q_0 だけ熱帯林を保有している。B 国は、この森林を保護することもできるし、伐採して経済的利益を得ることもできる。

ここで、この国際社会が熱帯林保護を巡ってどのような状況に置かれているのかを整理する。

まず、先進国 A が合成私的財 (x^A) の消費と公共財としての熱帯林の量 (Q) から効用を得ている状況は (4-1) 式で表わせる。

$$U^A = U^A(x^A, Q) \quad \dots (4-1)$$

この U^A を一定に保った時に得られる無差別曲線の形について考えてみると、図4-1のようになっていると考えることが可能である。図4-1における無差別曲線の傾きは右下がり（負）で表現されているが、その傾きが急になっている。森林を1単位犠牲にする場合は、普通よりも多くの収入を得られなければ同じ満足度を得られないようなA国の選好をあらわしており、それだけ森林に対する評価が高いことを示している。実際にEUはアフリカとの関係を強化し、森林保護プロジェクトによる温室効果ガス排出抑制のパイロット・プロジェクトをアフリカで実施する支援をしようとしている。したがって、これはあながち非現実的な仮定ではないだろう。あるいは、熱帯林を保護することによって回避される温室効果ガスの排出量を目当てに排出権を獲得したいと考えているとしてもよい。また、費用負担の具体的な例として挙げられるのは、モニタリングに用いるリモートセンシングの運用胎生の整備や森林監視員の育成などである。

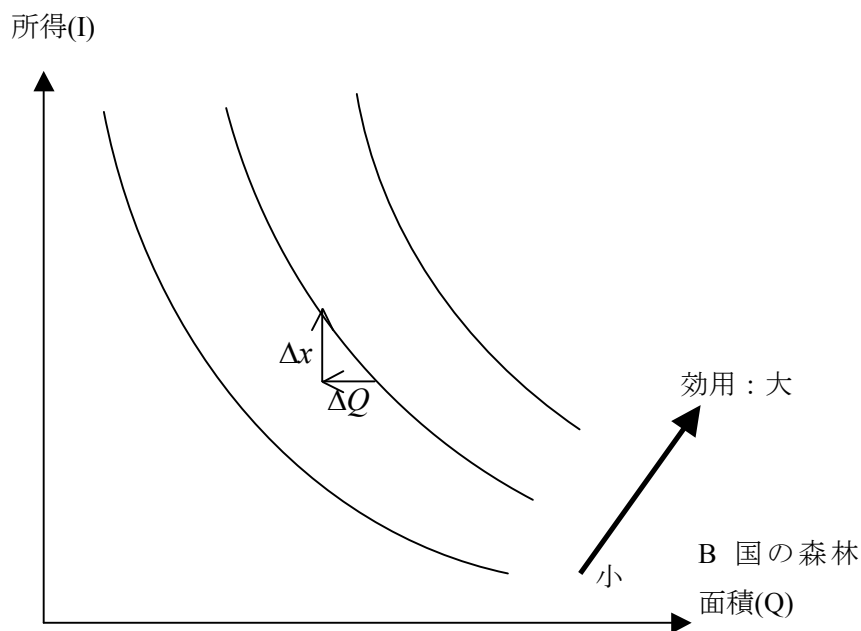


図 4-1 先進国にとっての所得と熱帯林に関する無差別曲線

ここで、 I^A は先進国の所得であり、 C^A は単位面積当たりの森林を保護する時に先進国Aが負担する費用、先進国が保護する熱帯林の面積は Y^A で表現されるとする。ニューメレール財としての合成私的財 x^A は価格を1として考える。この時、先進国Aは x^A を消費しながら、所得の一部を使って熱帯林の保護面積を Q_0 から増やすための費用に充てることができる。一方、熱帯林の保護面積が Q_0 よりも減っていく場合には、先進国の所得には何の変化もない。この状況を反映した予算制約式が、(4-2-1) および(4-2-2)式である。

$$i) Q \geq Q_0 \text{ の時は、 } I_0^A = x^A + C^A Y^A \quad \dots (4-2-1)$$

$$ii) Q < Q_0 \text{ の時は、 } I_0^A = x^A \quad \dots (4-2-2)$$

今、先進国 A は熱帯林に対する評価が高く無差別曲線の傾きが急だと仮定している。そのため、A 国にとっての効用最大化点は常に i) の状況において達成されると考えられるため、A 国は熱帯林を追加的に保護する行動を取る。

次に、発展途上国の効用関数と予算制約について考える。効用関数については、先進国と同様にして (4-3) 式で表される。

$$U^B = U^B(x^B, Q) \quad \dots (4-3)$$

この効用関数で表現される無差別曲線の形を描いたものが、図 4-2 である。現実の世界では、多くの発展途上国が環境保護よりも経済発展を重要視する政策を取っている。そこで、発展途上国はわずかでも所得 (Δx) を増やすためであれば、多くの熱帯林 (ΔQ) を犠牲にしてもかまわないと思っていると考えられる。つまり、先程の A 国とは異なり、所得に対する熱帯林の評価は相対的に低いため、無差別曲線の形が平坦になっている。

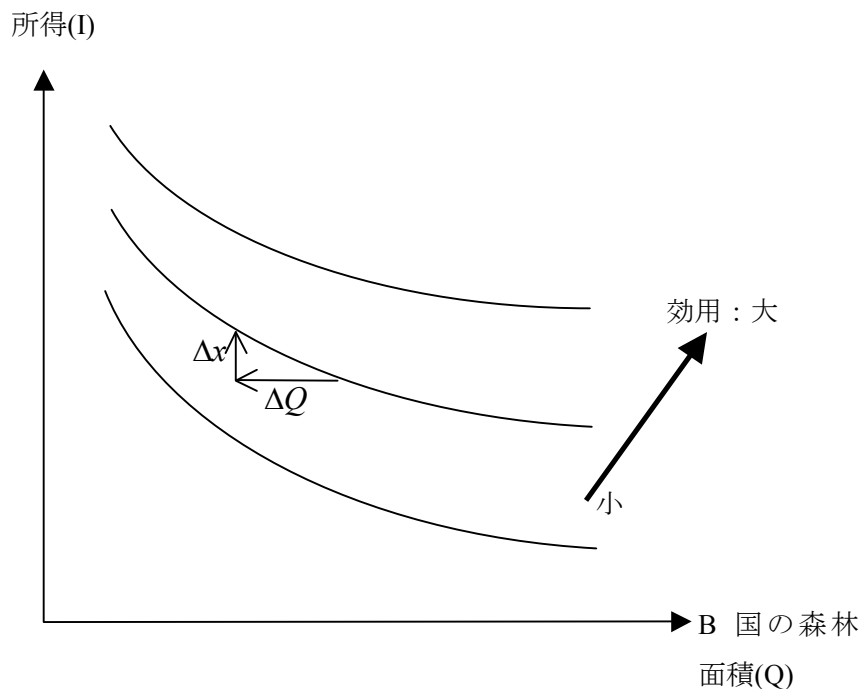


図 4-2 発展途上国にとっての所得と熱帯林に関する無差別曲線

一方、B国における予算制約は(4-4)式で表される。 I^B はB国の初期状態で得られる所得、 x^B は合成私的財の消費、 C^B は森林を1単位切り開くことによって得られる利益、そして Y^B はB国が望んでいる森林の開発面積であり、負の値を取る。この場合はとくに場合分けを考える必要はない。

$$I^B = x^B + C^B Y^B \quad \dots (4-4)$$

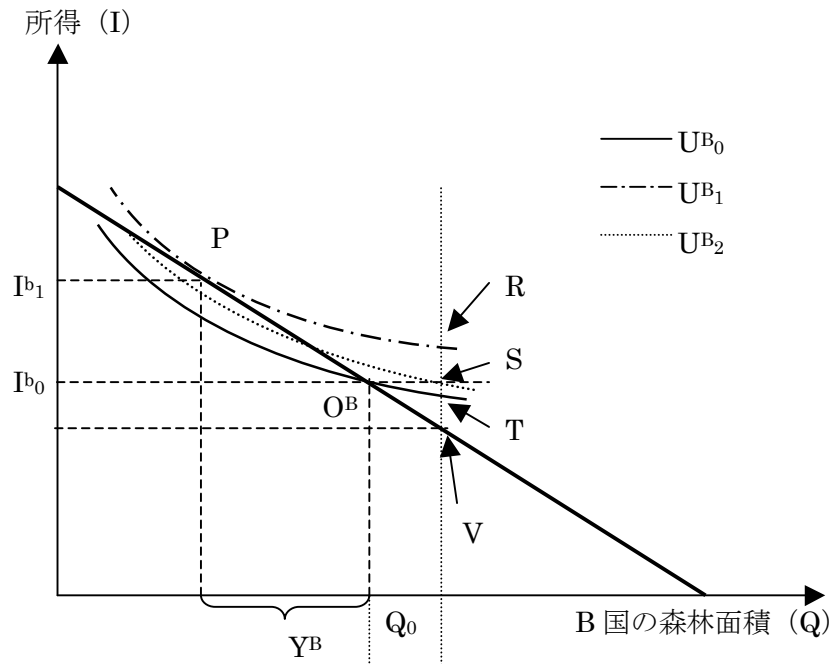
さて、A・B両国の状況を図で表現してみると図4-3のようになる。

発展途上国は初期状態 $O^B (Q_0, I_0^B)$ にいて、効用水準 U_0^B を実現している。しかし、同時に熱帯林を Y^B だけさらに開発して、最適点 (Q_1, I_1^B) を実現し、効用を U_1^B まで上げたいと考えている。

一方A国は初期状態 $O^A (Q_0, I_0^A)$ にいて、効用水準 U_0^A を達成しているが、彼らの無差別曲線の形状から、現状の熱帯林の Q_0 からさらに保護面積を Y^A だけ増やし、彼らにとっての最適な効用水準 U_1^A を実現したいと考えている。

そこで今、A国がB国に追加的な Y^A の森林保護を提案したとする。B国がA国のこの提案を受け入れる場合、B国の状態は点Sに移る。B国の所得が変化しない理由は、この場合先進国の費用負担によって森林保護を行うからである。その時A国の費用負担は $I_0^A - I_1^A$ になる。この時のB国の効用は若干上がり、 U_2^B となるが、最適効用水準 U_1^B までは届いていない。仮に森林面積が $Q_0 + Y^A$ のままB国が U_1^B と同じ効用水準が得られるとするならば、点Rで示された状態を実現しなければならない。したがって、B国はA国からの提案を受け入れるためには先進国に対してRS間の補償が必要であると申し出るだろう。

i) 発展途上国 B 国の状況



ii) 先進国 A 国の状況

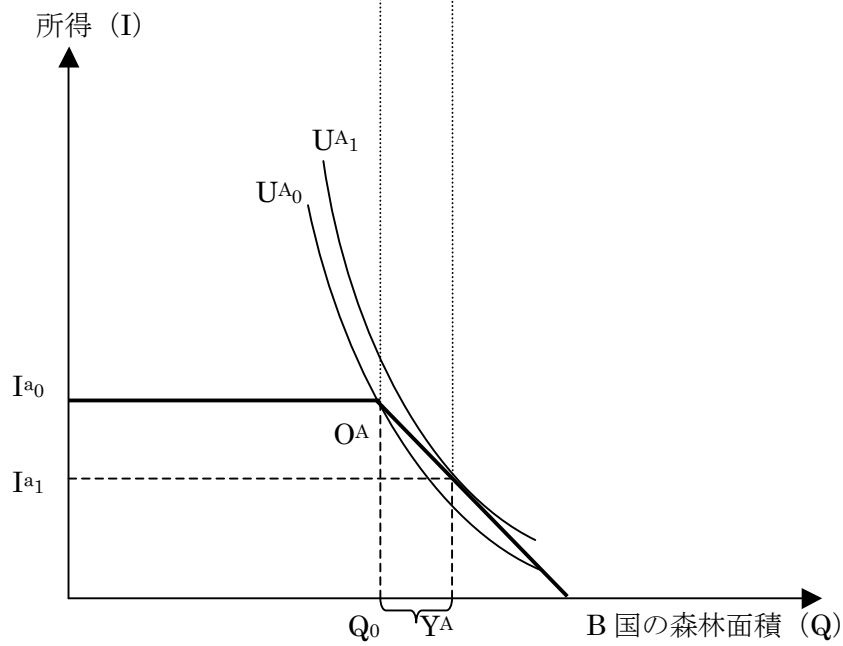


図 4-3 熱帯林保護を巡る先進国と発展途上国の関係

4-2 熱帯林保護とその補償に関する貨幣測度

ある環境の変化が生じた場合、その変化の前後に感じるある主体の効用の変化に注目することによって、その環境の変化がその主体にとってどれだけの価値があるのかを探ることができる。環境の変化に伴う効用の変化の測り方には2つのアプローチ—等価余剰と補償余剰—が存在する。補償余剰 (Compensating Surplus: CS) とは、ある個人の環境財の消費量が変化した場合 (変化後) のその個人の効用水準から見て、その個人が元の効用水準 (変化前) を実現するために必要な金額のことを言う。一方、等価余剰 (Equivalent Surplus: ES) は、ある個人の環境の消費量に変化がない場合 (変化前) のその個人の効用水準から見て、新しい効用水準 (変化後) を個人にもたらすのに必要な金額のことを指す。この考え方をを用いて再度先進国が発展途上国に支払うべき補償額について検討してみる。

まず、現状 O^B 点から S 点への変化を説明する。熱帯林の保護量が Q_0 から Y^A だけ増えた時に得られる効用水準 U_2^B から見て、熱帯林保護をする前の効用 U_0^B を実現するために必要な金額が補償余剰となり、これは図 4-4 でいう CS_1 、図 4-3 でいう線分 ST に相当する。この時この補償余剰 CS_1 は支払い意志額 (Willingness to Pay: WTP) になる³³。その理由は、 B 国は CS_1 だけ支払っても O^B 点で実現できるのと同じ水準の効用を得ることができるからである。しかし、その額は B 国自身が自力で達成した時に必要な費用よりは少ない。一方、等価余剰は、変化前の O^B 点における森林面積 Q_0 を維持したまま、 S 点における効用水準 U_2^B を実現するための所得の大きさであることから図 4-4 の ES_1 となる。この ES_1 は森林を現状のまま受け取り意志額である。

次に、 S 点から最適消費点 P の変化の貨幣測度について考えてみる。 B 国の初期状態は S 点で効用水準は U_2^B である。しかし、森林を Y^B 開発して P 点まで行けば、実現される効用水準は U_1^B である。したがって、補償余剰は P 点において残っている森林面積 $Q_0 - Y^B$ で S 点と同じ効用を実現する点との差、すなわち CS_2 となる。この時、 CS_2 は B 国が森林を Y^B 開発してより高い効用を実現するために支払ってもいいと思う金額 WTP を表している。一方、森林面積は $Q_0 + Y^A$ のまま P 点と同じ効用 U_1^B を実現するための金額が、この場合の等価余剰となる。これは図 4-4 で ES_2 として示されており、 B 国が森林を開発しないことを受け入

³³ 正確な等価余剰・補償余剰額はそれぞれの線分の長さを合成私的財の価格で割ったものになるが、ここではその価格を1として議論しているため、線分の長さそのものがそれぞれ等価余剰と補償余剰に基づいた補償額の大きさを表現している。

れるために必要な額 WTA であり、A 国は森林保護を行っても B 国の最適効用水準を実現させるために、B 国に対して線分 RS に相当する金額を払う必要がある。これは、前節の最後で述べた結論と同義である。

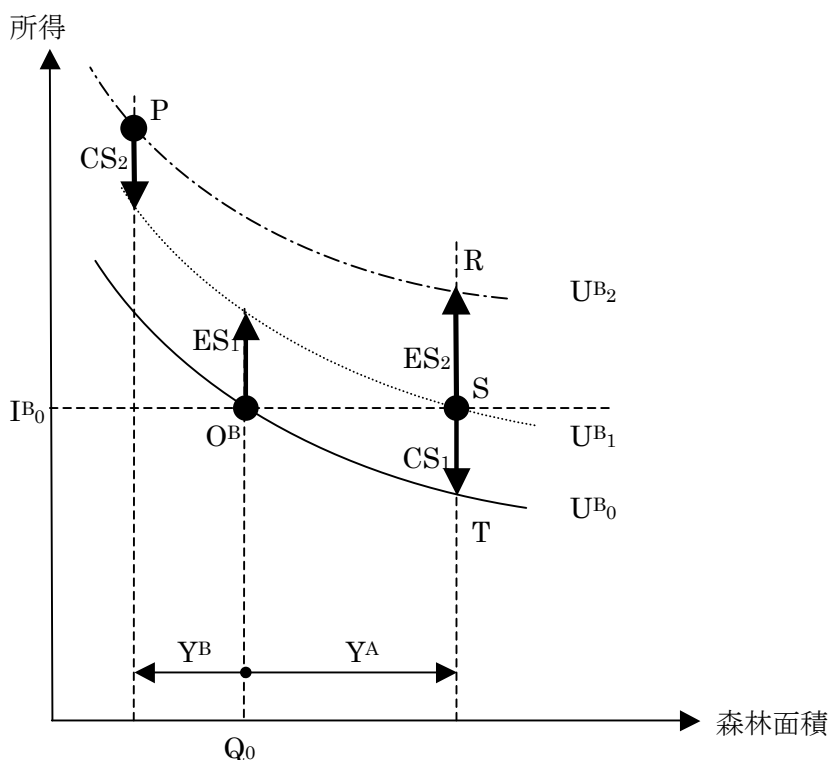


図 4-4 熱帯林保護による B 国の効用変化とその貨幣測度

4-3 考察

本章では先進国が発展途上国の熱帯林を保護する場合、理論的に考えるとどのような補償構造になっているかを論じた。それにより、発展途上国に分布する熱帯林の保護を先進国の力によって進めることは、発展途上国にとって非常に得な状況を作り出すことが示された。

発展途上国にとっての最適な森林開発水準を考慮しない場合、つまり発展途上国がさらに Y^B だけ森林を開発したいということを考えず森林保護にのみ注目した場合は、発展途上国は先進国の提案を受け入れることで何ら補償を必要とはしておらず、むしろその森林保護水準を達成できるならば CS_1 だけ支払ってもいいと考えていることが分かった。すなわち、

発展途上国は自国の熱帯林を保護することに対して多少なりとも積極的である可能性があるということである。そのうえ、先進国の提案を受け入れた場合に達成できる森林保護水準を発展途上国が自力で実現するためには CS_1 よりもさらに多くの費用 (図 4-3 における線分 TV の長さ) に相当) が必要となるため、先進国の助けを受けながら自らも多少の費用負担をしてでも森林を保護することで高い効用を実現しようという考えはありうるものである。

しかし、彼らは本来 Y^B だけ森林開発を追加的に実行することで最適効用水準を満たしたいと考えている。その実現を発展途上国があきらめる費用も含めると先進国は ES_2 だけ発展途上国に支払わなければならないことになる。現実には照らし合わせて考えてみても、発展途上国は森林を開発することで経済発展をしなければならない状態にあると言え、その機会を熱帯林保護によって失うことになる。この機会費用を補償するためには先進国は森林保護費用に上乗せした費用を発展途上国に支払わなければならない状況は納得が行く結論である。

けれども、そもそも発展途上国は Q_0 よりも Y^A だけ自国の森林が増加することに対して CS_1 だけの支払い意志額があるわけであり、実は O^B 点から R 点への変化を発展途上国が実現する費用の全てを先進国が負担する必要はない。しかし、発展途上国は実際には何の費用負担もしないので彼らはこの CS_1 の分だけ得をするが、理論上は発展途上国自身にその分を負担させることが可能である。

むしろ、先進国が補償すべきは、一旦 $Q_0 + Y^A$ の森林保護水準を達成した後に発展途上国が森林を開発しなくても Y^B だけ森林を開発した時と同じ効用を得るために必要な金額、すなわち ES_2 なのである。

この時、先進国は森林保護に必要な費用 $C^A Y^A$ と ES_2 に相当する補償額の合計を支払わなければならないが、このような状況は発展途上国の側が持続可能な開発という名目で自国の開発政策の自由を主張した場合に起こりうることであり、そのような主張は現実の国際交渉で見られる。

このように先進国の主導によって熱帯林を保護することは発展途上国にとって有利な状況を作り出す。しかし、この費用負担の合計額 ($C^A Y^A + ES_2$) が先進国にとって自国内の温室効果ガス削減費用や将来的な排出権取引を通じたクレジットの獲得費用よりも低く見込める場合、先進国は森林保護を率先して支援することによって温暖化対策を進めようとするだろう。この点を分析することはこのモデルでは不可能だが、次章において判断材料の一つとして重要な森林保護の機会費用、すなわち発展途上国への補償額の推定を行うことにする。

5. 回帰分析による森林保護の機会費用の推定

本章では前章の理論的な側面からの議論では検討できない発展途上国において森林保護を行う場合の機会費用について議論する。その際、土地利用変化に注目した 2 つの回帰分析を用いることによって 1ha 当たりの熱帯林を保護する際の機会費用を算出した。

5-1 森林減少の過程と土地利用変化への注目

本節では、熱帯林が開発されて農地利用されることがどれだけの経済的利益に結びついているのかを検討する。そのために、土地利用に注目することにした理由を FAO による熱帯林破壊に関する調査を踏まえて説明する。

FAO では『Forest Resource Assessment 2000』において、熱帯林の減少をテーマにした調査を行っている。そこでは、1980 年、1990 年、そして 2000 年の 3 時点における衛星画像を用いて森林であった土地がどのような土地利用に転換されているかを分析しており、地域で見られる特徴や地域間の相違を考察している。それによると、南米やアジアでは森林が伐採された後に直接都市に発展していく例が見られるが、アジアでは農地への転換も同様に観測されており、結論として、1990 年から 2000 年にかけて消失した熱帯閉鎖林(tropical closed canopy forests)はほとんど農地への転換によるものと指摘している³⁴。

この指摘に基づいて、本研究では森林を保護することによって熱帯林保有国が失う経済的収益は、森林を開発した時に得られる農業収益と考えることにする。そこで、具体的にこの農業収益を推計するために、2 期間における森林と農用地の間に起きた土地利用の変化と、その間におけるその国の農林水産部門における GDP の変化の關係に注目することにした。すなわち、本章では回帰分析の第一歩として、第 1 期には森林であった土地が、その後開発を経て第 2 期までにどれくらいの割合で農業用地（耕作地、永年作物地、永年牧草地）へと転用されているのかを推定した（回帰分析 1）。その後、このような森林から農用地への土地利用形態の変化と第 1 次産業の GDP の変化（伸び）との關係を回帰分析し、耕作地、永年作物地、永年牧草地がそれぞれ 1ha 増加した時にどれだけの経済的収益の増加に結びついているのかを推定した（回帰分析 2）。

尚、土地について取り扱う場合は各国の国土の規模の影響を考慮しなければならない。同じ回帰分析を用いて森林破壊の要因分析を行った永田・井上（1998）では、この規模の問題を解消するために、各土地利用の面積を人口で割って分析を行っているが、本研究における本章の目的は、1ha の森林が開発された結果獲得される収益を推計することであり、敢えてこの規模の影響を残したまま土地利用の面積そのものを回帰分析の被説明変数およ

³⁴ FAO(2003),pp.310

び説明変数に利用することにした。

5-2 分析手法

5-2-1 森林面積の減少と農地の増大の関係（回帰分析 1）

回帰分析 1 では、森林が開発された後にどのような土地利用へと転用されているのかを調べた。用いた回帰式は以下のとおりである。

$$\Delta F = \alpha_A \Delta A + \alpha_C \Delta C + \alpha_P \Delta P + \varepsilon \quad \dots (5-1)$$

ΔF : 森林面積の変化（単位：1000ha）

ΔA : 耕作地面積の変化（単位：1000ha）

ΔC : 永年作物地面積の変化（単位：1000ha）

ΔP : 永年牧草地の変化（単位：1000ha）

※ Δ は 2000 年値から 1990 年値を引いたことを表す。

この推定式の意図は、1990 年から 2000 年の間に減少した森林面積と、同時期に増減した耕作地、永年作物地、永年牧草地それぞれの面積との間に関係があるかを調べるということにある。例えば耕作地面積が 1 単位変化した時に森林面積がどれだけ変化しているかを係数 α_A から算出できる。以下これと同様に考え、 α_C は永年作物地が 1 単位変化する時に変化する森林面積、 α_P は永年牧草地が 1 単位変化する時の森林面積の変化量を意味している。本来、森林が切り開かれることによる収益を推定する場合は、森林から転換される土地利用形態の傾向だけではなく、二次的な土地利用の変化も考慮すべきである。すなわち、この回帰分析 1 の例では耕作地から永年作物地、あるいは永年牧草地への転換や、永年作物地から農地や永年牧草地への転換なども現実には起きていることが十分に考えられる。しかし、回帰分析によるこれらの転換の分析は決定係数が低く、なんら相関関係を示さなかったため、ここでは分析の対象としては取り扱わなかった。一方でこの事実は、(5-1)式において、それぞれの説明変数は相関関係がなく、説明変数同士が相関を持つことによって推定結果に大きな誤差を生じる多重共線性が生じる可能性が低いことを示していると考えられることができるだろう。

5-2-2 土地利用形態と GDP の関係（回帰分析 2）

回帰分析 1 に続いて、回帰分析 2 では土地利用形態の変化とそれに伴う一次産業の GDP

の変化の関係について分析を行った。1990年と2000年における農林水産部門 GDP の変化とその間の土地利用の変化がどのように関係しているのかを用いて調べた。回帰式は以下の通りである。この式に農業人口の変化が含まれているのは、この回帰式がある種の生産関数のようなものを表しているからである。この発想を基に、経済学における生産関数の考え方によって、説明変数の選択を行うことにした。生産関数には、土地、資本、労働が変数として入ってくるが、農林水産部門の GDP を変化させる要因としては、農地面積以外の資本量の変化、技術の向上による農業生産性の改善、そして農業に投入される労働力が考えられる。FAO では農業における資本ストックの総額を推計しているが、その精度についてついでに労働力としての農業人口のみを説明変数に加えることとした。

$$\Delta Y = \beta_F \Delta F + \beta_A \Delta A + \beta_C \Delta C + \beta_P \Delta P + \beta_L \Delta L + \varepsilon \quad \dots (5-2)$$

ΔY : GDP (農林水産部門) の変化 (1995年換算の100万USドル)

ΔF : 森林面積の変化 (1000ha)

ΔA : 耕作地面積の変化 (1000ha)

ΔC : 永年作物地面積の変化 (1000ha)

ΔP : 永年牧草地の変化 (1000ha)

ΔL : 農業人口の変化 (1000人)

※ Δ は2000年値から1990年値を引いたものを表す。

5-3 データ

2つの回帰分析で用いたデータの出典をここで示す。森林面積についてはFAOが5年ごとに公表している Forest Resources Assessment の2005年版に載っている1990年と2000年の値である。農用地に関するデータは、同じくFAOのオンラインデータベース FAOSTAT から、耕作地面積、永年作物地面積、永年牧草地面積の1990年と2000年のデータを用いた。各国の第1次産業のGDP値は、国連統計局で得られる農林水産・狩猟部門のGDPデータを代用した。

また、二つの回帰分析を行う対象として設定したのは、熱帯林を保有する国である。したがって、FAOの State of the World's Forest 2003 の森林の種類に関するデータを用いて熱帯林を保有している国を選別し、上述のデータが全てそろった101カ国を最終的な分析対象とした。最後に、この分析に用いたFAOによる土地利用区分の定義を表5-1に示しておく。

表 5-1 FAO による農地の分類と定義

耕作地 (Arable land)	短年性作物の収穫が行われている土地（二毛作の土地は重複計算をしない）。採草又は放牧のための牧草地、一時的（5年未満）休閑地。
永年作物地 (Permanent cropland)	ココア、コーヒー及びゴムなどのように収穫後に植替えの必要のない永年性作物を長期間にわたり栽培・収穫している土地。かん木地、果樹園、ナッツ樹木及びつる性作物の土地を含む。木材用の樹木の土地は含まない。
永年牧草地 (Permanent pasture)	草本性飼料作物の収穫が永続的に行われている土地。栽培されているものと自然のものを共に含む。

出典:FAO, (訳は世界の統計より引用)

5-4 結果

回帰分析 1 の結果を表 5-2 に示す。全体の決定係数は十分高いとは言えない結果となったが、各説明変数の有意水準を見てみると、耕作地と永年作物地において 1% の有意水準を得ている。また、永年牧草地については、残念ながら全く相関がないとの結果になった。実際は、森林伐採の跡地は牧草地へと転用される例が多いと考えられる。しかし、FAO における土地区分で牧草地が含まれる永年牧草地の定義は、国によってばらつきがありデータとして分析するのにふさわしくない可能性がある。

さて、具体的な係数の解釈を試みる。 $\alpha_A \approx -2.15$ より、耕作地が 1ha 増加すると森林は 2.15ha 減少するという関係にあることが読み取れる。この結果の解釈として考えられるのは、森林が 2.15ha 切り開かれると 10 年後にはその 1ha が耕作地として利用されているという捉え方である。ただ、今回の分析だけでは残りの約 1.15ha がどのような土地利用へと転用されているのかを考察することはできない。

次に永年作物地の場合は、 $\alpha_C \approx -2.95$ より 1ha 果樹園やプランテーションなどの面積が増加することによって森林は約 2.95ha 減少すると言えらる。しかし、森林破壊の原因として過剰な焼畑農業と共に頻繁に言及される過剰放牧の舞台になっていると考えられる永年牧草地と森林面積の変化の間には何の相関も見出せなかった。その理由として、各国の定義のずれにより様々な土地被覆が含まれているために、永年牧草地という区分にあるデータが必ずしも分析に資する性質を備えていなかった可能性が指摘できる。

さて、これと同様の回帰分析を地域別に各国をそれぞれアフリカ、アジア、北中米・カリブ海、南米、オセアニアの 6 つに分けて行ったところ、総じて有意な結果を得られず、

とくにアフリカとアジアについては決定係数の値が非常に悪かった。アフリカにおいては唯一永年牧草地の説明度が1%の有意水準を満たしている。また、係数 α_3 の符号も負であり、森林が減少すると永年牧草地が増加する傾向にあることを示している。したがって、アフリカで起きている森林の減少に端を発する土地利用の変化は永年牧草地への転換と相関が高く、生産性はあまり高くないと考えることが可能である。

一方アジア地域ではどの説明変数についても10%有意水準を満たしておらず、この分析手法ではアジアにおける森林減少と土地利用形態との関係を合理的に説明することは叶わなかった。その一つの可能性として考えられるのは、アジアでは経済成長が進んでおり、森林の減少が都市の拡大に結びついているということである。北中米とオセアニア地域においても有意な結果が得られなかった。この地域は分析対象とした国の数そのものも多くない上にカリブ海諸国や太平洋上の島国などの小国とメキシコなどのある程度の国土を持つ国が混在しているため、国土のばらつきが攪乱要因となってしまった可能性がある。最後に南米では、永年作物地と永年牧草地の二つが、それぞれ10%と5%の有意水準を満たし、森林減少の面積とある程度の相関を持つ様子が見られた。係数を見てみるととくに新たにできた永年作物地の裏でおよそその10倍の森林面積が減少していることが読み取れ、永年作物地の拡大は南米における森林減少の大きな要因の一つとなっている可能性がある。

次に回帰分析2の結果を示したのが表5-3である。熱帯林保有国全体では自由度修正済決定係数が約0.74とある程度説明度を得た。また、各説明変数の係数についても耕作地が10%有意水準である以外は、全て1%の有意水準であった。したがって、全体としてこの回帰式はそれなりの説明力を持っていると言えるだろう。

そこで各説明変数の係数を見ていくと、森林面積の変化の係数が約-0.192となっている。この回帰分析では被説明変数が100万USドル、説明変数が1000haで表現されているので、この係数の意味は、森林が1ha減少すると第1次産業のGDPが約192ドル増加するということになる。これは、森林を1ha切り開くことによって直接的に得られる収益が約192ドルであると解釈することができる。すなわち、木材の伐採による利益と捉えることができる。これと同様にして分析結果を解釈すると、耕作地は1ha増えるごとに約253ドル、永年作物地は約3015.5ドルのGDPの増加をもたらすということになる。

地域別に分析を行ったものにおいても、全体的にGDPの増加と森林面積の減少の関係をある程度説明することができているが、意外にもアマゾンの分布する南米においてはこの関係に相関が全く見られなかった。示す残念ながらアフリカが有意ではなかったが、それでも森林面積の減少に関しては5%の有意水準の信頼性を持つ結果を得た。その他の地域では全体の説明度は非常に高かったものの、アジアと北中米地域では、GDPと森林面積の間に有意な関係を見出すことはできず、必ずしも地域間の様子を比較するに適した結果を得るに至らなかった。

5-5 考察

回帰分析 1 により、耕作地と永年作物地が 1ha できるにはどれだけの森林面積が犠牲になっているかを推定できた。加えて、回帰分析 2 により、森林、耕作地、永年作物地の 1ha あたりの収入を推定することができた。そこで、今この二つの回帰分析の結果を用いて、森林が 1ha 切り開かれた場合に獲得できる収益について考えてみたい。

ここに、切り開かれようとしている森林が約 2.15+2.95ha あったとする。回帰分析 1 の結果によれば、この森林は伐採時に 1 ha あたり 192 ドルの収益を上げた後、一部が転用されて 1ha の耕作地と 1 ha の永年作物地になったと考えることができる。すると、この森林 5.1ha はまず伐採により、 $US\$192/ha \times 5.1ha = US\981.01 の収益を得ることができる。

次にこの 5.1ha のうち、1ha が耕作地となり、 $US\$253.04/ha$ の収益を上げ、別の 1ha が $US\$3015.50/ha$ の収益を上げる。よって、この 5.1ha の森林は開発されることによって合計で $US\$4,249.56$ の収益を上げられることになり、これを 1ha 当たりに換算すると、 $US\$831.82$ という結果を得ることができる。この回帰分析は 1990 年から 2000 年の 11 年間の変化に注目しているため、1 年当たりの数値に直さなくてはならない。ここでは 1990 年と 2000 年において共通の通貨基準（1995 年の US ドル換算）を用いているため、現在価値換算をする必要はなく、 $US\$831.82$ を単純に 11 で割ると約 $US\$75.6/年$ となる。したがって、森林を切り開かずに保護する場合、その熱帯林保有国は 1 年間でそれだけの収入を断念しなければならず、これが森林保護の機会費用にあたる。

それでは、森林減少を回避することによって炭素クレジットを得られるとした場合、森林を 1ha 保護することで見込める収入はどの程度になるのであろうか。森林の単位面積当たりの温室効果ガス貯蓄量の推定結果には大きなばらつきがあるが、IPCC（2000）によれば熱帯林の減少によって大気中に放出される炭素は平均して $120t-C/ha$ である。これを CO_2 に換算すると $440t-CO_2/ha$ になる。仮に排出権取引価格を $US\$4-20/t-CO_2$ と考えた場合、1ha の森林を 1 年保護することで得られる収益は $US\$1,760 \sim 8,800/ha$ と計算される。これが森林保護によって獲得が期待できる収益であり、現在熱帯林保有国が森林を 1ha 開発することによって獲得している収益年間約 $US\$75.6$ とは比較にならない程の高い収益を見込むことができる。この結果から、発展途上国にとって森林保護プロジェクトを実施する方が森林を開発して利用するという選択よりも十分に高い収益を見込むことが可能である。

しかし、回帰分析 1 の結果は、当初開発された森林の半分以上は 10 年後に農地として活用されていないという発展途上国の状況を示唆するものである。その原因は耕作放棄やそれに伴う砂漠化などが考えられるが、転換された農地が生産性を長く維持できず、荒廃していく様子がこの一面からも読み取れ、それによって森林保護の機会費用が小さくなっていると考えることもできる。

表 5-2 回帰分析 1(森林面積と農用地増大の関係)の結果概要

地域	観測数	自由度修正済 決定係数		切片 ε	判定 ³⁵	耕作地 α_A	判定	永年作物地 α_C	判定	永年牧草地 α_P	判定
熱帯国全体	101	0.437600244	係数	-337.8322		-2.153968	*	-2.95479	*	9.585E-05	
			標準誤差	276.15874		0.2727174		0.7880686			
			t 値	-1.223326		-7.898169		-3.749407		0.0018737	
			p 値	0.2241701		4.414E-12		3.01E-04		0.9985088	
アフリカ	41	0.138185421	係数	-997.0286	*	0.3677799		-0.775679		-0.735412	*
			標準誤差	254.32609		0.3519948		1.9236598		0.2612134	
			t 値	-3.920276		1.0448448		-0.403231		-2.81537	
			p 値	0.0003684		0.3028732		0.689099		0.0077641	
アジア	19	0.004877265	係数	-980.5054		-2.651517		-2.37426		0.0457885	
			標準誤差	1229.7809		1.6747574		1.8608057		0.0935325	
			t 値	-0.797301		-1.583225		-1.275931		0.489546	
			p 値	0.4377158		0.1342226		0.221384		0.631537	
北中米	23	0.695426566	係数	-132.8233		0.6697727		-5.058928		-0.347221	
			標準誤差	108.71976		0.6335917		4.2854994		0.9572898	
			t 値	-1.221703		1.0571046		-1.180476		-0.362713	
			p 値	0.2367621		0.3037199		0.2523792		0.7208231	

³⁵ *1%有意水準 **5%有意水準 ***10%有意水準

表 5-2 (続き) 回帰分析 1 (森林面積と農用地増大の関係) の結果概要

地域	観測数	自由度修正済 決定係数		切片 ε	判定	耕作地 α_A	判定	永年作物地 α_C	判定	永年牧草地 α_P	判定
オセアニア	8	0.580937472	係数	38.5023		1.5667577		-11.55652		-11.41533	
			標準誤差	157.72103		8.7103781		9.5133505		17.774776	
			t 値	0.2441165		0.1798725		-1.214769		-0.642221	
			p 値	0.8191507		0.8659973		0.2912577		0.5556871	
南米	10	0.981981863	係数	-679.0842		-0.82908		-9.814361	***	-1.01446	**
			標準誤差	401.85494		0.5852351		4.9113856		0.4046025	
			t 値	-1.689874		-1.416661		-1.998288		-2.5073	
			p 値	0.1420106		0.2063478		0.0926459		0.0460711	

表 5-3 回帰分析 2 (土地利用形態と GDP の関係) の結果概要

地域	観測数	自由度修正済 決定係数		切片	判定 ³⁶	森林	判定	耕作地	判定	永年作物地	判定	永年牧草地	判定	農業人口	判定
熱帯国全体	101	0.74108227	係数	-119.9741		-0.192027		0.2530451		3.0155037		0.06456682		0.1042824	
			t 値	-1.050415		-4.132191	*	1.7866645	***	5.13223957	*	3.11706035	*	3.0128352	*
			p 値	0.2961923		7.737E-05		0.0771815		1.5151E-06		0.00241682		0.0033174	
アフリカ	41	0.14633614	係数	-152.9292		-0.177708		-0.192079		0.1849257		0.02669674		-0.007213	
			t 値	-1.281542		-2.365147	**	-1.333157		0.25274076		0.2256221		-0.101168	
			p 値	0.2084288		0.0236956		0.1910933		0.80194706		0.82280767		0.9199941	
アジア	19	0.96190970	係数	379.82055		0.0804099		0.3672028		3.37246312		0.03829012		0.0857073	
			t 値	2.3476833	**	1.8326452	***	1.4027522		6.54747815	*	3.14440088	*	2.6847289	**
			p 値	0.0353785		0.0898518		0.1841195		1.8608E-05		0.00775478		0.0187313	
北中米	23	0.92914543	係数	109.09263		0.1396399		-0.409665		13.1379272		-0.7286692		1.2801957	
			t 値	1.3898152		0.871586		-0.885585		4.25662778	*	-1.0513376		4.6648961	*
			p 値	0.1825183		0.395577		0.3881964		0.00053246		0.30781947		0.0002222	
オセアニア	8	0.98108718	係数	1.0710438		-0.168814		0.4793079		0.15767446		0.20188019		-0.032002	
			t 値	0.1382513		-2.947905	***	1.5065359		0.39636954		0.23464632		-0.24223	
			p 値	0.9027054		0.0983838		0.2709063		0.73012401		0.83631774		0.8311761	
南米	10	0.95522699	係数	620.48558		-0.114044		0.1757728		4.45891692		-0.4663841		-1.788994	
			t 値	1.6029971		-0.351287		0.3204994		0.85761641		-0.8810067		-2.40703	***
			p 値	0.1841977		0.7430959		0.7646345		0.43945081		0.428069		0.0737919	

³⁶ *1%有意水準 **5%有意水準 ***10%有意水準

6. 森林保護への補助金制度導入に関する検討

前章では、森林保護を発展途上国で進めた場合の機会費用そのものを推計した。本章では、消費者行動の考え方をを用いた効用最大化問題を解くことによって、発展途上国が国内に保有したいと考える森林面積の需要関数を求め、森林保護に補助金を支払うことによってどれだけの森林が保護できるかを議論する。

6-1 仮定と理論的背景

熱帯林が減少していく過程には、様々な要因が複雑に絡み合っていることは言うまでもない。しかし、森林減少の主原因は農業であることが指摘されているので³⁷、ここでは森林減少は農業によって引き起こされるという単純な仮定を採用して議論を進めることにする。またそれ以外に本分析を行うに当たって前提とした仮定は以下の通りである。

【仮定】

1. 熱帯林保有国は、森林を開発して農地にすることによって経済的な収入を得ているとする。
2. 農地開発する際の森林の伐採益は農地化の費用で相殺されるものとし、ここでは考慮しない³⁸。
3. 熱帯林保有国は、森林開発とその農業生産において常に最適水準を実現している。
4. 熱帯林保有国は、現時点での森林面積と農業の土地生産性を判断材料として 2000 年(将来)の開発水準を決定する。
5. 発展途上国にとって森林は正常財である。
6. 各熱帯林保有国は農業収入と森林の保有量に対し同じ選好を持っている。

仮定 3 は、本分析が消費者行動理論を基にしており、各国は農業収入と保有する森林面積との間における効用を最大化するという目的に沿って行動していることを意味する。

仮定 4 は入手できた森林のデータが 1990 年と 2000 年のデータであるために置いた。また、本来異時点間における消費行動の分析には割引率の考えを用いて将来の収入を現在価値に置き換える必要がある。しかし、本分析では 1990 年と 2000 年の農業生産額に関するデータは共に同時期の米ドルを基準とした購買力平価換算をした値であるため、現在価値に換算する必要がないと判断し、この議論を省略している。

³⁷ FAO(2000) pp.310

³⁸ 先行研究の中にもこの仮定を設けているものがある。Stern(2006)でも Grieg-Gran(2006)を受けてこの仮定を採用している。

仮定 5 は、熱帯林保有国にとって森林は、所得が増えるともっと消費（ここでは保有の意）をしたいと思うような性質を持った財だということを意味する。

仮定 6 は非常に強い仮定である。一般には消費者によって選好はそれぞれ異なるものだが、国の時系列データ、とくに森林面積に関する比較可能な時系列データの入手は困難であるため、本研究ではこの仮定を採用し、熱帯林を保有している国の「平均的」な効用関数を推定することにした。

最後に、式中で用いられる記号はそれぞれ以下を表す。式中に登場する添え字の 0 は初期状態（1990 年）を表しており、添え字の 1 は実際の消費点（2000 年）を表している。

x : 購買力平価換算による農業生産額 (IS1000³⁹)

Q : 森林面積 (1000ha)

r : 1 ha 当たりの農業生産高 (IS/ha)

q : 森林減少面積

s : 森林保護補助金 (\$/ha)

6-1-1 基本となる考え方

さて、上記の仮定に基づいて熱帯林保有国は新規に森林開発を行うことによって得られる農業収入と過去に開墾した農地からの収入によって自国の農業生産額の水準を決めると考える。また、 x は購買力平価に換算されているため、ニューメレール財と同様に考えることができる。そこで x 1 単位の収入を 1 と設定すると、熱帯林保有国の予算制約式は以下のように表せる。

$$x_0 = x - rq \text{ より、}$$

$$x_0 + rQ_0 = x + r(Q_0 - q)$$

ここで、左辺を I_0 とすると、 $Q = Q_0 - q$ より、

$$I_0 = x + rQ \quad \dots (6-1)$$

次に、この熱帯林保有国が森林を開発して農業収益を上げることによって得ている効用関数をコブ＝ダグラス型を用いて以下のように設定する。

$$u = \alpha \cdot \ln(x) + \beta \cdot \ln(Q) \quad \dots (6-2)$$

³⁹ 1999-2001 年を基準とした購買力平価換算の US ドル。International Dollar。本文中では以下 IS と表記する。

この時、この熱帯林保有国は(6-2)式を(6-1)式を制約条件とした効用最大化問題に直面する。ラグランジュ関数 L を用いてこの問題を解くと以下のようなになる。

$$L = \alpha \cdot \ln(x) + \beta \cdot \ln(Q) + \lambda(I - x - rQ) \quad \cdots(6-3)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\alpha}{x} - \lambda = 0 \quad \cdots(6-4)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Q} = \frac{\beta}{Q} - r\lambda = 0 \quad \cdots(6-5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = I - x - rQ = 0 \quad \cdots(6-6)$$

ここで、(6-4)式は $\lambda = \frac{\alpha}{x}$ と変形でき、これを(6-5)式に代入して整理すると、 $x = \frac{\alpha}{\beta} \cdot rQ$ を得る。これを(6-6)式に代入して整理すると以下の(6-7)、(6-8)式を得る。

$$I = \frac{\alpha}{\beta} \cdot rQ + rQ = \frac{\alpha + \beta}{\beta} \cdot rQ \text{ より、}$$

$$\therefore Q = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \cdot \frac{I}{r} \quad \cdots(6-7)$$

$$\therefore x = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \cdot I \quad \cdots(6-8)$$

したがって、仮定 3 に基づいてこの国が常に最適水準を実現しているとする、(6-7)式はこの国が国内に残しておきたい森林の量、すなわち森林の需要関数を表していることになる。その状況を示したものが図 6.1 である。農業収入と森林面積の初期状態 (Q_0, x_0) から森林を開発して農地にするたびに r だけ収入が増え、初めに保有している森林を全て切り開いて農地にした場合に獲得できる最大の農業収入が I_0 であることが右下がりの直線 AB で表されている。この直線 AB がこの国の予算制約を表しており、これを含むそれより下の領域が、この国が実現できる農業収入と森林面積の組み合わせの集合になっている。この領域の中から発展途上国が実際に選択するのは、自分の効用を最大にするような組み合わせを表す点である。無差別曲線は原点から離れるほど高い効用を表しているため、この国は実現可能集合に属する点の中から無差別曲線が最も原点から遠くなる点を選択する。このような点は予算制約線と無差別曲線が接するような点であり、図 6.1 中における (Q_1, x_1) である。

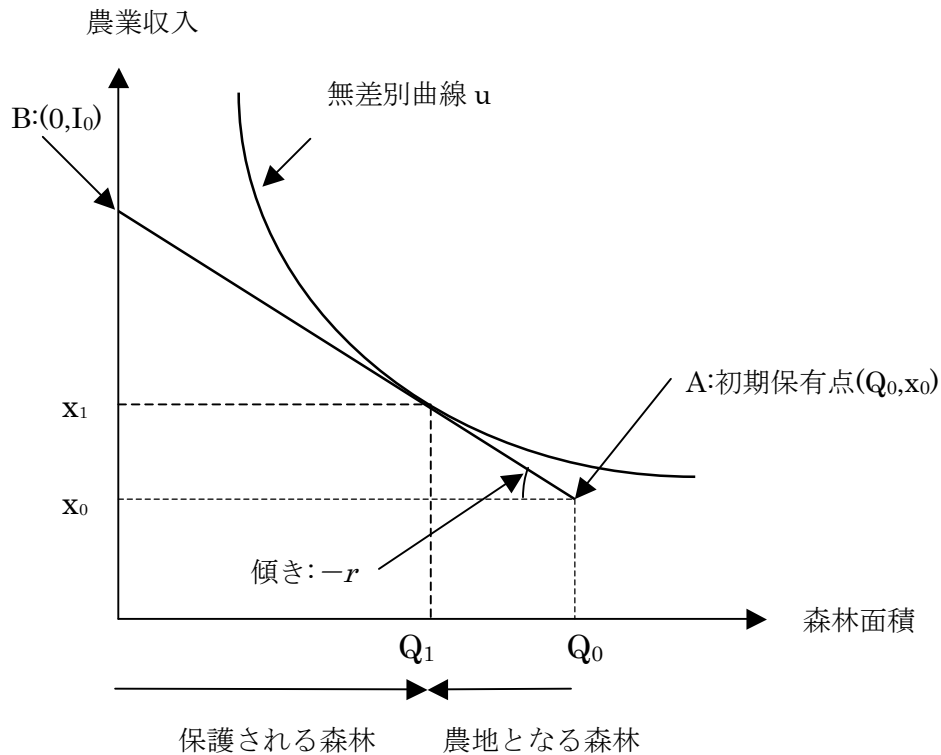


図 6-1 熱帯林保有国の森林開発と農業収入の関係

6-1-2 森林保護に対する補助金制度の導入

前項の考え方を基にして本項では森林保護に対する経済的インセンティブを導入した場合を検討する。経済的インセンティブの付与には様々な手法を応用することが考えられるが、本研究では補助金制度を導入した場合を分析することにする。また、補助金の与え方についてもいくつか方法が考えられるが、本分析では制度導入時に森林の面積に応じて補助金を与える先払い方式を採用する。先払い方式は発展途上国の希望でもある⁴⁰。

また、森林面積に応じて予め与えられる補助金は、森林を開発した場合にその開発面積に応じて減額されていくとする。

所有する森林全体に補助金を与える場合

⁴⁰ CRN(2006), pp.4

まず、初期に存在した森林全体を保護することに補助金が与えられていた状況を考えてみる。1ha の森林に対する補助金を s とすると、図 6.1 においてこの国は初期に Q_0 ha だけ森林を保有しているので、補助金の額は sQ_0 になる。

この時、この国は森林を 1ha 開発することによって得られる農業生産性 r とその 1ha を保護し続けた場合に維持できる補助金 s のどちらを選択するかを迫られる状況下に置かれている。

この時(6-1)の予算制約式は次のように変化する。

$$\begin{aligned} x_0 + sQ_0 &= x - rq + sq \\ &= x - (r - s) \cdot (Q_0 - Q) \\ x_0 + sQ_0 + (r - s)Q_0 &= x + (r - s)Q \end{aligned}$$

$$\therefore x_0 + rQ_0 = (I_0) = x + (r - s)Q \quad \cdots(6-9)$$

(6-1) 式とこの (6-9) 式を比べると左辺に補助金額を表す sQ_0 が加わる一方、右辺には開発面積に応じて減額される補助金額 sq が表現されている。

ここで、この(6-9)式がどのように図で表されるかを考えてみる。(6-1)式と(6-9)式を比べてみると、所得 I_0 の大きさに変化がないことから、補助金を森林面積全体に与えた場合の予算制約線も常に(0, I_0)を通ることになる。また、実際予算制約線の傾きは s の大きさに応じて 3 通りの場合分けが考えられる (図 6.2 参照)。

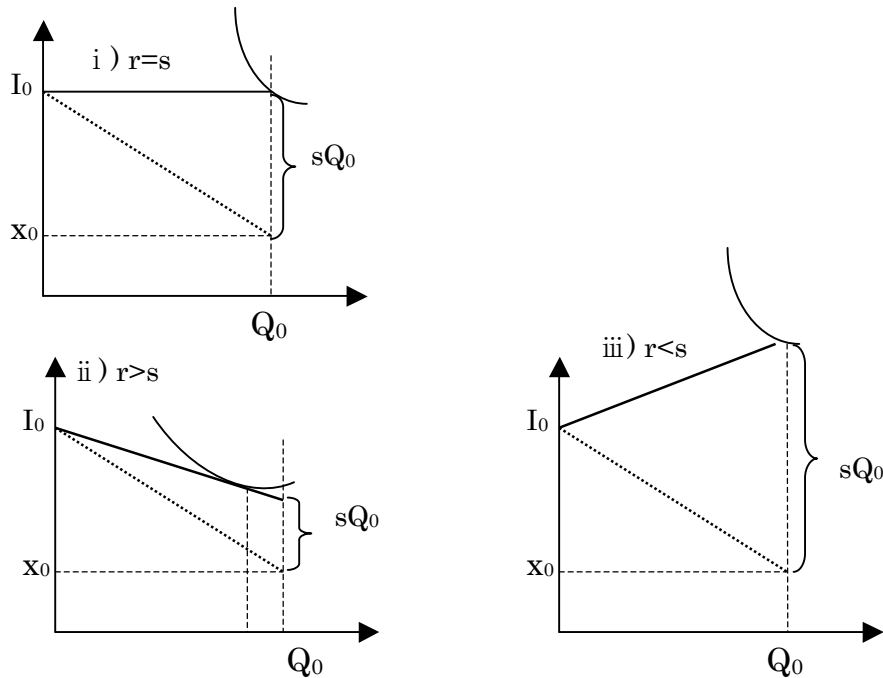


図 6-2 森林保護への補助金率と予算制約の変化

図 6.2 では元々の予算制約線を点線で、補助金を与えた後の新しい予算制約線を実線で表している。

今、農業生産性 r と同じ水準の補助金を熱帯林保有国に与えている場合を考えてみる。すると当然、 $r = s$ となるから、森林を Q_0 点から 1 単位切り開いた時に r だけ農業収入を得られる一方、 s だけ補助金が打ち切られるので、この国が得られる総収入の額には変化がない。したがってこの国が獲得できる補助金と農業収入の合計値は常に I_0 で一定になり、 $y = I_0$ という傾きゼロの直線が予算制約線になる（図 6.2 の i）。この時、発展途上国が選択する森林面積は Q_0 となる。収入は森林面積とは無関係に一定だが、無差別曲線が右にシフトするほど高い満足度を得ることができるため、選択する森林面積も大きくなるからである。

次に、 s が r よりも小さい場合を見てみる（図 6.2 の ii）。すると、新しい予算制約線は最初の予算制約線よりも少し傾きが緩くなった形で表現できる。若干の補助金が最初に与えられているが、1 単位の森林を切り開くと補助金の減少分よりも多い農業収入を新たに獲得できるため、森林を切り開くと少しずつ所得が上がっていく。その結果、算制約線が初期よりも上にシフトするからである。最後の場合分けとして、補助金 s が農業収入 r よりも高い場合（図 6.2 の iii）は、新しい予算制約線が I_0 から右上がりになる。したがって、初期に保有している森林をそのまま保護した方が農地にするよりも高い所得を獲得できることに

なるので、同じく Q_0 を選択する。

このように場合わけをして考えてみると、 $s \geq r$ である時は森林を保護したままの方が得られる収入の方が開発によって期待される農業収入よりも大きいので、森林を全く伐採しないことが効用最大化につながる。一方、 $s < r$ の時は、森林保護を続けた場合の収入よりも開発した場合の期待収入の方が大きいため、引き続き開発が行われることになるが、どの水の森林保護が発展途上国にとって効用最大化点となるかは再びラグランジュ未定乗数法を用いて検討する必要がある。そこで、(6-9)式を制約条件として再び(6-2)式による効用最大化問題を解くと、森林保護に対する補助金制度が存在する場合の森林面積が計算される。

すなわち、ラグランジュ関数 $L' = \alpha \cdot \ln(x) + \beta \cdot \ln(Q) + \lambda \{I_0 - x - (r - s)Q\}$ を解いて、

$$Q_s = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \cdot \frac{I_0}{r - s} \quad \dots(6-10)$$

となる。(6-10)式が森林保護に対して補助金を受け取れる場合の発展途上国の森林の需要関数になり、この式で求まる森林面積 Q を区別するために Q_s で表すとする。

また、(6-10)式と(6-7)式との違いは、分母の r と $r - s$ であり、補助金を与えるほど ($s < r$) 得られる Q は大きくなる。したがって、森林保護に補助金を与えることは発展途上国が選択する森林保護水準を引き上げることに貢献することが分かる。

補助金の付与にベースラインを設ける場合

上述の補助金制度を基にして、現実に SBSTA で議論が行われる契機となった PNG 提案の考え方を今までの議論に近づけるとどうということになるだろうか。

第3章で詳述したように、PNG 提案では、まず過去の森林減少率を参考に将来の目標年(期間)における森林減少率のベースラインを設定する。その後森林保護政策などを導入して森林減少率をベースラインよりも低く抑えられた国は、ベースラインとの差を森林減少が回避されたことによって効果ガスの排出量を抑制したことになり、その抑制量に応じた経済的インセンティブによる報酬を獲得することができる。

現実的な観点からすると、ベースラインの設定方法一つを取っても非常に繊細な論点であるが、ここでは1990年から2000年の間に実際に減少した森林面積をベースラインと見立て、森林保護に補助金制度を導入した場合に回避できたであろう森林減少面積を分析することにした。

次に、補助金の与え方であるが、ベースラインとなる森林減少面積 ($Q_T - Q_0$) を2000年まで全て減少させずに済んだ場合に相当する額の補助金を1990年の段階で与えることにす

る。このことはつまり、発展途上国は先に森林減少面積を 0 にできた場合に獲得できる補助金額を 1990 年の段階で与えられ、その後彼らの森林開発に応じてその補助金額を減じていくということを意味する。

この補助金の与え方はあまり現実的ではないかもしれないが、少なくとも 1990 年から 2000 年という期間に森林保護への補助金制度が存在した場合、発展途上国はどの程度の森林面積を保護することができたはずかを考えることはできるだろう。

さて、この考え方の元で発展途上国に初期に与えられる補助金は $s(Q_0 - Q_1)$ になる。この時の予算制約式(6-10)は次のように変化する。

$$\begin{aligned} x_0 + s(Q_0 - Q_1) &= x - rq + sq \\ &= x - (r - s) \cdot (Q_0 - Q_1) \end{aligned}$$

ここで、 $I_0 - sQ_1 = I_s$ とおくと、

$$\therefore x_0 + rQ_0 - sQ_1 = I_0 - sQ_1 = I_s = x + (r - s)Q \quad \dots(6-11)$$

この(6-10)式と(6-9)式を比べると、当然ではあるが I_0 よりも sQ_1 だけ少なくなった I_s が総所得となる。ここで再び(6-10)式を制約条件する効用最大化問題を解くと、森林保護に対する補助金制度が存在する場合の森林面積が計算される。

ラグランジュ関数 $L' = \alpha \cdot \ln(x) + \beta \cdot \ln(Q) + \lambda \{I_s - x - (r - s)Q\}$ を解いて、

$$Q_s = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \cdot \frac{I_s}{r - s} \quad \dots(6-12)$$

を得る。この時、この補助金制度によってもたらされる森林減少が回避された面積は、 $Q_s - Q$ として計算できる。この状況を示したものが図 6-3 である。尚、この図では $s < r$ のケースのみを描いている。補助金を与える対象が初期保有量 Q_0 からベースライン Q_1 の部分に対してのみ与えられることによって、発展途上国の予算制約線が、 Q_1 を境に折れ曲がり、傾きが $-r$ から $-(r - s)$ へと緩やかに変化している。この変化によって、無差別曲線と予算制約の接点は右にシフトし、その分森林が伐採されることが分かる。これは、補助金の導入によって相対的な農業生産性が r から $(r - s)$ へと低下していることを意味しており、発展途上国は低い生産性の下では新規の農業開発を見送り、その結果として森林伐採量が鈍化することを示している。

これまでの流れをまとめると、このモデルでは補助金 s は外生的に与えることになるので、場合分けにより $s < r$ の範囲で s の値を動かすと、それぞれの補助金額によって実現される

熱帯林の保護面積 Q_s が求まり、回避される森林減少面積が変化するが、補助金額が高くなるほど Q_s は Q_0 に近づき、 $s \geq r$ となると森林面積は Q_0 のままで維持されることになり、初期に補助金を与えることは金額に関わらず森林保護に功を奏することを示している。

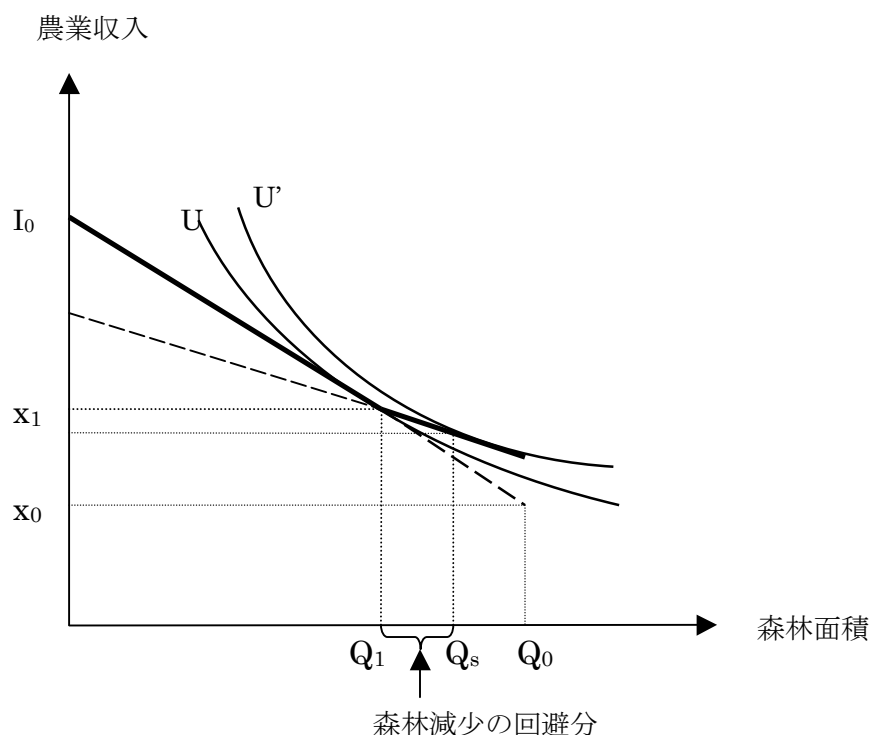


図 6-3 補助金制度が存在した場合の熱帯林保有国の森林面積

6-1-3 分析に用いた効用関数の性質

さて、分析そのものに入る前に本研究では森林の需要関数として設定したコブ=ダグラス型効用関数を基にした効用関数の性質について述べる。

まず、コブ=ダグラス型効用関数を対数形にした今回の効用関数は(6-13)式で表現される。

$$u = \alpha \ln(x) + \beta \ln(Q) \quad \cdots(6-13)$$

この時、効用をある一定の水準 \bar{u}_0 に保った時に(6-13)式を満たす x と Q の組み合わせが無差別曲線となる。この無差別曲線は、効用関数を全微分することで求めることができる。ここで、例えば u_x は、効用 u を農業収入 x で偏微分したことを表している。

$$du = u_x dx + u_Q dQ \quad \dots(6-14)$$

ある一本の無差別曲線では効用を一定なので、効用の微小な変化分 du は 0 になる。したがって、 $du = u_x dx + u_Q dQ = 0$ となり、これを变形して(6-15)式を得る。

$$\frac{dx}{dQ} = -\frac{u_Q}{u_x} \quad \dots(6-15)$$

さて、一般に効用関数においても限界代替率逓減の法則が成立するが、その条件は効用関数の 2 階偏導関数が負になることである。(6-13)式において森林面積 Q に関して考えると以下が成り立つ。

$$-\frac{d}{dQ} \left(\frac{u_Q}{u_x} \right) < 0 \quad \dots(6-16)$$

これは実際には、(6-17)式を示せばよいことになる。尚、例えば u_{xQ} は u を x で偏微分したものをさらに Q で偏微分していることを意味している。

$$u_{xx}u_Q^2 - u_{xQ}u_xu_Q - u_xu_Qu_{Qx} + u_{QQ}u_x^2 < 0 \quad \dots(6-17)$$

実際に(6-13)式を代入して(6-17)式を解くと、最終的に

$$\alpha\beta(\alpha + \beta) > 0 \quad \dots(6-18)$$

が満たされる時に(6-17)式が成立することになる。

ここで、この α と β の持つ意味について考えてみることにする。冒頭で述べたように、 $u = \alpha \cdot \ln(x) + \beta \cdot \ln(Q)$ という関数は元々コブ=ダグラス型効用関数 $u = x^\alpha Q^\beta$ の対数形で

あり、 $\ln u = \alpha \ln x + \beta \ln Q$ の左辺を新たに u と置いたものである⁴¹。 α の持つ意味を考えるためには、この $\ln u = \alpha \ln x + \beta \ln Q$ に戻って考えてみる必要がある。

まず、 $\ln(u) = \alpha \ln x + \beta \ln Q$ を $\ln x$ で偏微分すると以下のように表せる。

$$\frac{\partial \ln u}{\partial \ln x} = \frac{\partial u(\ln x)'}{\partial x(\ln x)'} = \frac{\partial u/u}{\partial x/x} = \alpha \quad \dots(6-19)$$

(6-19)式の分母は x の微小な変化量が x 全体に占める割合を表しており、分子も同様に効用の微小な変化量が効用全体の大きさに占める割合を表している。したがって、この式は x が1%変化した時に u がどれだけ変化するかという、農業収入の効用に対する弾力性を表現したものであり、それが α で表されていることを示している。 β についても同じように考えると、森林面積が1%変化した時の効用の変化量を指していることになる。

6-2 分析手法

本分析では上記の考え方に沿って、各国の1990年の農業生産額(x_0)と森林面積(Q_0)を初期状態とし、2000年の1ha当たりの農業生産性を傾き($-r$)とする右下がりの予算制約線を考え、仮にその国の2000年の農業生産額と森林面積がその国にとっての効用最大化行動であると仮定した場合に推定できる効用関数を求め、そこから導出される森林の需要関数を推定した。具体的には、上記(6-7)・(6-8)式を用いて $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ および $\frac{\beta}{\alpha + \beta}$ を推定するため、表計算ソフトExcelを用いて熱帯林保有国のデータを用いた回帰分析を行った。なお、この回帰分析は、モデルで定数項を設定していないため、切片ゼロの単回帰分析である。

次に、上記の分析で推定された $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ 、 $\frac{\beta}{\alpha + \beta}$ から得られる森林の需要関数を用いて、補助金が存在する場合の森林の需要関数(6-12)式において s の値を動かすことにより、森林1haの保護に対する補助金額とそれによって保護される森林面積の関係を求めた。

6-3 データ

上述の分析を行う際に用いたデータは以下のとおりである。

各国の森林に関するデータは、第5章でも使用したFAOのForest Resources Assessment 2005から1990年と2000年の森林面積を用いた。各国の農地と農業収入に関するデータは

⁴¹ このようにおいても両関数の選好順序には変化がなく、効用関数として同じ働きを持つ。

FAO のオンラインデータベース FAOSTAT を利用し、農地面積および購買力平価換算の農業生産額を用いた。尚、1ha あたりの農業生産額はここで得られた 1990 年の農地面積と農業生産額を元に算出した。

なお、分析対象とした国は熱帯林を保有している国であり、かつ統計上森林が減少している国である。尚、熱帯林を保有する国であっても森林面積に占める熱帯林の割合が 50% に満たない国⁴²は除外した。このモデルでは森林を開発することを前提としていることに加え、森林面積に変化がない国の中には、統計データの最新情報が得られていない場合もあり、分析対象としてふさわしくないと判断したためである。最終的に 72 カ国を分析対象とした。

また、分析を行った年は本分析に用いるデータが揃った 1990 年と 2000 年の 2 期である。森林面積を含む一年ごとの土地利用変化のデータは FAO に存在するものの、1994 年から森林についての分類が変更されたため、データの一貫性の観点から分析に用いることはできず、そのため FAO が別途公開している FRA から入手可能な 1990 年と 2000 年を用いた。なお、FRA には森林に関して 2005 年のデータも掲載されているが、農業に関する 2005 年のデータが必ずしも揃っていなかったため、本分析では取り上げないことにした。

6-4 分析結果

6-4-1 回帰分析の結果から見える発展途上国の効用関数

回帰分析の結果をまとめたものが表 6-1 である。まず熱帯林保有国全体を見てみると、自由度修正済決定係数は $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ 、 $\frac{\beta}{\alpha + \beta}$ とともに 0.8 以上あり、この回帰分析で用いた需要関数の推定式は、熱帯林保有国全体の状況を説明する上で十分な説明度を有していると言える。また、推定されたそれぞれの係数について見ていくと、 $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ が約 0.265、 $\frac{\beta}{\alpha + \beta}$ が約 0.658 となっている。熱帯国全体の回帰分析における自由度は 71 であるが、自由度 70 の時の t-値の 1%水準は 2.648 であり、共に大きくこの値を超えている。また、p-値も 1%有意水準も完全に満たしており、両係数についても統計学的に有意であるとの結果を得た。

次に地域別に分析結果を見ていくと、アフリカと中米・カリブ海地域における $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ の自由度修正済決定係数が良くないため、その地域全体に対する説明力は不足している。しかし、これらの地域でも各係数の t-値と p-値を見てみるとおおよそ 1%の有意水準を満たし

⁴² 具体的には、中国とオーストラリアである。

ている。

表 6-1 森林需要の推定に関する回帰分析の結果概要

地域 (観測数)		$\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$	$\frac{\beta}{\alpha + \beta}$	$\frac{\beta}{\alpha}$
熱帯国全体 (72)	係数	2.65E-01	6.58E-01	2.48122
	修正済 R ²	8.18E-01	9.48E-01	
	標準誤差	1.41E-02	1.56E-02	
	t-値	1.87E+01	4.22E+01	
	p-値	3.31E-29	4.78E-52	
アフリカ (36)	係数	4.16E-01	5.39E-01	1.296033
	修正済 R ²	6.92E-01	8.36E-01	
	標準誤差	4.32E-02	3.60E-02	
	t-値	9.62E+00	1.50E+01	
	p-値	1.71E-11	8.75E-17	
アジア (12)	係数	2.66E-01	6.40E-01	2.406819
	修正済 R ²	6.86E-01	8.88E-01	
	標準誤差	4.29E-02	2.81E-02	
	t-値	6.20E+00	2.28E+01	
	p-値	6.74E-05	1.31E-10	
中米カリブ (15)	係数	2.00E-01	4.54E-01	2.266448
	修正済 R ²	3.28E-01	8.80E-01	
	標準誤差	6.56E-02	2.73E-02	
	t-値	3.05E+00	1.66E+01	
	p-値	8.63E-03	1.32E-10	
南米 (9)	係数	2.66E-01	6.90E-01	2.594412
	修正済 R ²	8.06E-01	8.61E-01	
	標準誤差	2.55E-02	2.95E-02	
	t-値	1.04E+01	2.34E+01	
	p-値	6.19E-06	1.19E-08	

回帰分析の結果より、 $\alpha + \beta = 1$ として α 、 β をそれぞれ求めると $\alpha \doteq 0.287$ 、 $\beta \doteq 0.713$ となる。これにより、熱帯林保有国は全体として農業収入が 1% 増えると効用は約 0.287% 上がり、森林面積が 1% 増えると効用が約 0.713% 上昇するような選好を持っているということにな

る。換言すれば、農業収入が 1%増える時よりも森林面積が 1%増える時よりも高い満足度を感じるため、発展途上国にとっては森林面積よりも農業収入を増やすことへの評価が高いことを意味している。

さらに、この結果は本研究における回帰分析の上記結果は(6-18)式の条件を満たすものであり、したがって発展途上国が持つ農業収入と森林面積の間に感じる効用関数には限界代替率逓減の法則が成立することが分かる。この時、このコブ=ダグラス型効用関数は、強い準凹関数となる。効用関数が強い準凹関数である時、無差別曲線は原点に対して凸で、右下がりの曲線を描くため、本研究で前提とした無差別曲線の形は妥当であったと言える。

森林面積と農業収入の間に限界代替率逓減の法則が成り立っているということを具体的に説明すると、森林が全くない状態の時に発展途上国は森林を一単位獲得するためならば収入を多少多めに犠牲にすることになってもかまわないと考える。しかし、森林が徐々に増えていくにつれてこの国が犠牲にしてもいいと思う収入の額は減っていく。このように森林が増えれば増えるほど、森林を 1 単位獲得する時に得られる追加的効用が減っているため、その分犠牲にしてもいいと思う収入の大きさも減っていく。

さて、限界代替率を求めてみると、(6-15)式より $-\frac{u_Q}{u_x} = \frac{dx}{dQ} = -\frac{\beta \cdot x}{\alpha Q}$ となるが、 $\frac{\beta}{\alpha}$ の値

によって無差別曲線の形に変化が生じる。すなわち、 $\frac{\beta}{\alpha}$ が 1 よりも大きい場合は、相対的

に無差別曲線の傾きは急になり、森林に対する評価が農業収入に比して高いことを意味す

る。反対に $\frac{\beta}{\alpha}$ が 1 よりも小さい場合は無差別曲線の傾きは緩やかになり、農業収入に対し

て森林に対する評価は低いことになる。そこで、回帰分析で得られた結果を見てみると、発展途上国にとって森林の価値に対する評価は高いことが分かる。これは第 4 章において発展途上国は森林に対する評価が低いとの仮定を覆す結果であるが、森林保護に経済インセンティブを付与する提案がパプア・ニューギニアという発展途上国の側から行われたことを考えると、発展途上国では森林の価値に対する評価が高くなってきている可能性が指

摘できるだろう。しかし、地域的にはアフリカだけ $\frac{\beta}{\alpha}$ が約 1.2 と他地域よりも低く、相対

的に森林の開発を高く望んでいる可能性がある。

6-4-2 森林保護の機会費用と補償額の推定結果

回帰分析で得られた結果を用いて、補助金額 s を動かした時のそれぞれ森林保護面積 Q_s を計算した。そして、補助金制度導入の効果を見るために推計された 2000 年の森林面積との差を取って補助金導入によって実現される森林保護の面積を示したものが図 6-1 である。

点線で示されているのが 1990 年から 2000 年までの実際に減少した森林面積 123.3 百万 ha である。この分を全て保護できるような森林 1ha に対する補助金額は約 I\$24/ha である。分析対象とした国全体の 1ha あたり農業生産額がおおよそ I\$194.5/ha であることを考えると、森林の保護に必要な補助金の水準は相当低くなっている。また、補助金を I\$1/ha だけ与えると全体で約 4.5 百万 ha の森林が伐採を免れることができ、I\$10/ha の場合は全体で回避される森林の伐採面積は約 47.6 百万 ha となる。

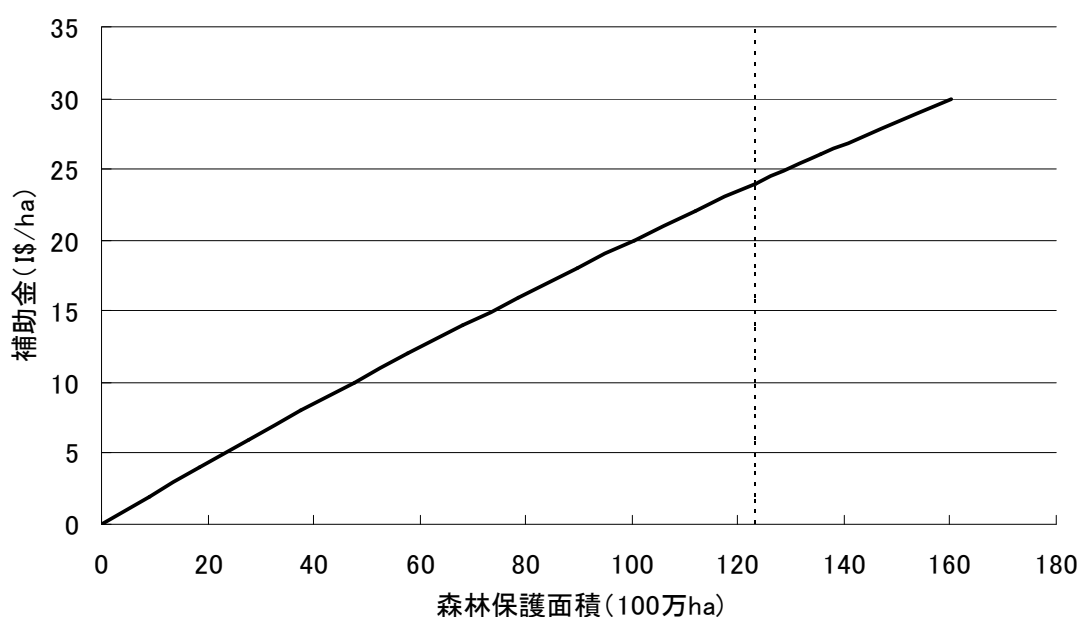


図 6-4 補助金価格と森林保護面積の関係（熱帯諸国全体）

6-5 考察

6-5-1 森林保護に補助金を与えることの効果

本章の推定結果に基づいて、森林の保護に補助金制度を導入し、経済的なインセンティブを与えた場合の効果ならびに森林保護によって温室効果ガスの排出権を獲得できるとした場合の CO₂ 1 トンあたりに要する費用を求めてみる。基本的な考え方にのみ沿った形で行われているため、森林破壊に関係する多くの複雑な要因は省略して考えている。したがって、最終的に求められた補助金と森林保護面積の関係は必ずしも精度の高いと言えないが、結果として 1ha の森林に対し \$1 を与えるだけでも、1990 年から 2000 年の 11 年間に 4.5 百万 ha の森林が伐採を免れる。これはこの 11 年間に失われた森林面積の約 3.7% が伐採を逃れたことになる。5 章でも参照したように IPCC が熱帯林の減少による炭素の排出量を

120t-C と推計しているので、この場合の補助金の額を CO₂ 1 トン当たりに直すと、\$1/440 ≒ 0.0023 という非常に微小な額になる。ただし、この\$1 という補助金は、一年当たりの農業生産性 r と同じように一年当たりの数値であり、4.5 百万 ha が 11 年間森林として残り続けるためには 11 年間毎年補助金を与え続けなければならない。それでも、CO₂ 1 t 当たりに換算すると 0.025 ドルにしか相当せず、非常に微小な費用で大量の CO₂ を固定し続けることが可能となってしまう。しかも、それによって発生するクレジットは約 20 億 t-CO₂ にも上る⁴³。実際には、モニタリング体制を整備し、運営していくための費用が加算され、それが各クレジットの価格に反映されることになるのでクレジットの最低取引価格は上がると考えられるが、それでも先行研究では森林 1ha につき年間 US\$4~15/ha 程度であると分析されている⁴⁴。この費用を補助金に加えても森林保護を通じて得られる排出権の費用は 1 t-CO₂ 当たり US\$0.27~0.95 と依然として安価になる。

この 20 億 t という規模は、2010 年において予想される附属書 I 国の温室効果ガス排出量と京都議定書による排出目標との乖離とほぼ同規模であり⁴⁵、それがわずかに \$1/t-CO₂ にも満たない出費によって全て賄われてしまうことになる。今回の分析では国単位での平均的な農業生産性を用いたので、各国国内における土地生産性のばらつきなどは考慮できない。そのため、この結果は必ずしも信頼性が高いとは言えないが、現実にブラジルなどでは 1ha 当たり年間 2 ドルしか収益を上げていないような牧草地も存在するため⁴⁶、20 億 t という発生規模は別としても 1t-CO₂ 当たり 1 ドル以下でクレジットが生産できるようになるということは言うことができる。つまり、それほど現時点での発展途上国にとっての森林保護の機会費用は小額であるということになる。

発展途上国にとって森林保護活動をより魅力的なものにするためには、市場で取引が可能な排出権とのリンクが不可欠になる。実際に COP11 におけるパプア・ニューギニアの提案は、市場メカニズムを活用するという点を強調しており、多くの発展途上国の賛同を得ている。本研究では、排出権取引市場を舞台にした既存メカニズムと森林保護を包括した分析を行うことはしなかったが、少なくとも本研究の結果からも森林保護に対して経済的なインセンティブを導入した場合は低コストのクレジットが大量に市場に出回る事態が予想でき、森林保護メカニズムを市場メカニズムに組み込む場合は、その他の排出源における排出削減対策を滞らせてしまう危険性が十分にある。したがって、森林保護を市場メカニズムと切り離すか、あるいは市場における取引可能量に上限措置を設けるなどくに排出源対策を下火にさせないための制限をつける必要性はあると言えるだろう。

⁴³ $440(\text{t-CO}_2/\text{ha}) \times 4,500,000(\text{ha}) = 1,995,727,000\text{t-CO}_2$

⁴⁴ Grieg-Gran(2006) pp.8

⁴⁵ 三菱総合研究所ホームページ:

「排出権市場構造の調査分析」(<http://www.mri.co.jp/KYOTO/result/index.html#02>)

⁴⁶ Grieg-Gran (2006) pp.11

また、本章では補助金という制度を用いて森林保護の可能性を議論したが、このモデルでは補助金を初期に与える必要があるということが実際には問題となる。事前に報酬を支払うことは、実際には森林を保護していないのに保護をしたように見せかけるモラルハザードを生み出す可能性があり、それを防ぐためには精度の高いモニタリング体制を持つことが前提条件となる。CDMでもクレジット（CER）が付与されるのはプロジェクトの事後評価が行われる後であり、森林保護政策についてもプロジェクト後の事後評価に基づいて付与される成功報酬型の経済的インセンティブを導入した場合の研究がなされなければならない。

6-5-2 発展途上国の森林開発に対する留保生産性

さて、ここで森林保護を行うことの経済的な合理性を検討してみる。そのために、本分析で用いたモデルから各国が森林を開発したいとちょうど思うような農業生産性を求める。この農業生産性を今仮に留保生産性と呼ぶことにすると、留保生産性は回帰分析で推定された効用関数において各国の農業収入と森林面積の初期値（ Q_0, x_0 ）における農業収入の森林面積に対する限界代替率 $\frac{\Delta x}{\Delta Q}$ を計算すれば求めることができる。これは、効用関数と予算制約線との接点がちょうど初期状態と同じ水準の森林面積になるような農業生産性を表している。本分析で用いたコブ＝ダグラス型の効用関数の場合、各国の留保生産性 r^* は、以下の式で求めることができる。

$$r^* = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{x_0}{Q_0} \quad \dots(6-20)$$

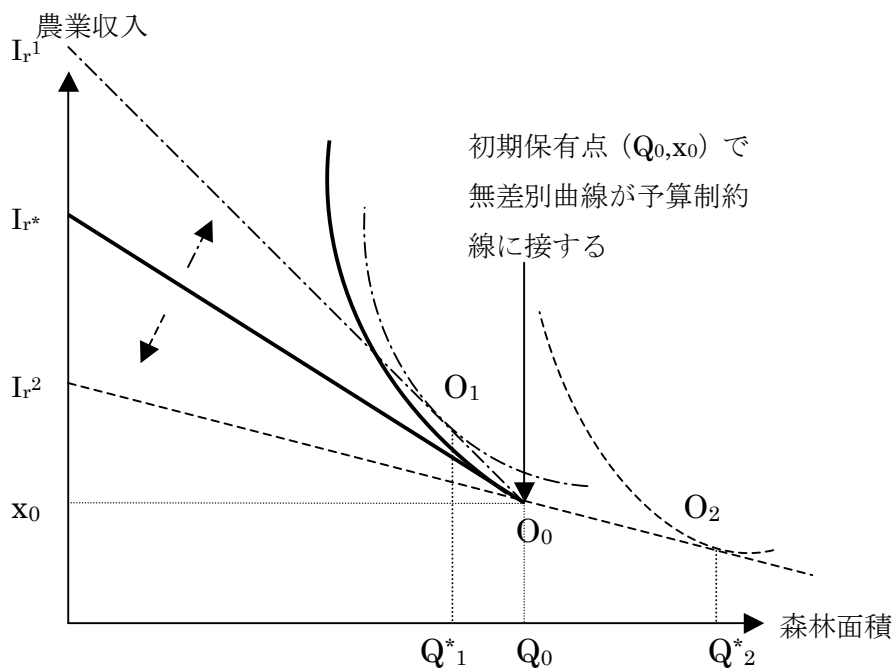


図 6-5 森林開発の留保生産性

ある国の農業生産性がこの留保生産性より低い場合、予算制約線の傾きは緩やかになり、図 6-2 でいう直線 $O-I_r^*$ から直線 $O-I_r^2$ へと変化する。この場合、無差別曲線が右下がりの性質を有している限り、その接点は O_2 のように必ず初期状態よりも右にシフトし、最適な森林面積は $Q_2^* > Q_0$ となる。したがって、こうした状況下ではこの国は森林を開発しないという選択肢を取ることが合理的な行動になる。

一方、予算制約線の傾きがこの留保生産性よりも高いような場合、予算制約線は反対に $O-I_r^1$ へとシフトする。この時、無差別曲線と予算制約との接点は O_1 になり、最適な森林面積は $Q_1^* < Q_0$ となる。したがって、この国は森林を開発することが望ましい選択肢となる。このように留保生産性はその国が森林開発を行うかどうかを判断するための指標となる。

そこで本分析の分析対象とした熱帯林保有国 72 カ国について、それぞれの留保生産性を計算してみると、現在の農業生産性 r の値がこの留保生産性 r^* より低い国が 44 カ国も存在した (表 6-2)。この結果をさらに地域的に見ていくと、森林を非効率的な農業を営んでいる国はアフリカに非常に多いことが目に付く一方で、その他の地域でも半数近くの国において現在の農業生産性が留保生産性を下回っている。

この状態は、本来彼らにとって森林を新たに開発することは効用を高める行動ではないということの意味する。また、熱帯諸国全体の農業生産性を計算してみると 194.5 になるが、留保生産性を求めてみると 312.1 であり、熱帯林保有国全体で見た場合でも彼らは必ずしも森林を開発することを望んでいないということが読み取れる。したがって、森林保護に対して経済的インセンティブを導入することは、彼らが現在やむを得ず森林を開発している

状況を改善する可能性がある。しかし、こうした国々が非効率的に森林開発をしている理由が例えば国内の食糧確保のためであった場合⁴⁷、森林保護に対して経済的インセンティブを導入しても最終的にいずれかの土地で森林を農地としてしようしなければならないため、森林保護に対する経済的インセンティブの効果は、リーケージの発生によって小さくなってしまっただろう。

表 6-2 地域別の留保生産性に見る経済合理行動

(単位:国)

地域 \ 経済合理的な行動	森林開発する ⁴⁸	森林開発しない ⁴⁹	整合なし	合計
アフリカ	6	29	1	36
アジア	7	5	0	12
中米・カリブ海諸国	4	7	4	15
南米	5	3	1	9
熱帯林保有国全体	22	44	6	72

6-5-3 本分析の問題点

残念ながら、本章における実証分析の結果は現実との整合性の低いものとなってしまったと考えられる。 $s=0$ の時の $Q_s (=Q_l)$ すなわち、補助金がない時の2000年における森林面積の推定結果が初期の森林面積 Q_0 よりも小さく収まった国は、分析対象とした72カ国中27カ国しかなく、多くの国で補助金を導入せずとも1990年時点の森林面積を超える値を示す結果となってしまったからである。こうした国では、留保生産性が実際の2000年における各国の農業生産性を上回っている。

この原因として考えられることは2つある。一つは、全ての熱帯林保有国が同様の効用関数を持っていると仮定したことである。もう一つはその効用関数の推定結果が、用いたデータの問題により森林に対して高い評価を持つような形に推定されてしまったことである。本分析では、初期の森林面積として1990年、そして2000年の森林面積を効用最大化点として推定を行っているが、この期間に分析対象とした熱帯林保有国全体で消失した森

⁴⁷ Grieg-Gran(2006)で分析されているデータを見ると、稲作やキャッサバの栽培など、国内の主食の生産と見られる農地の生産性が非常に低く、この仮定は十分あり得るものと言える。

⁴⁸ 回帰分析による最適森林面積の推定結果 Q^* が Q_0 より大きく、かつ $r > r^*$ であることを指す。

⁴⁹ 上記と反対に $Q^* < Q_0$ かつ $r < r^*$ であることを指す。

林面積は全体の約 6.6%に過ぎない。したがって、予算制約線上における 2000 年の位置は、全体的に見ると非常に初期値に近いところにあり、その点で予算制約線と接する効用関数を求めれば、第 4 章において説明した先進国の持つ無差別曲線の形 (図 4-1) のような状況になるのは必然的である。このような状況によって高く推定される森林への評価 (すなわち、 β) は各国の留保生産性を引き上げることになり、こうした国々では森林を開発せず、得てして初期保有量よりも広い森林面積を希望することになる。実際に発展途上国がこうした選好を持っている可能性もあるが、本分析では仮定として 2000 年の状態を最適とおき、1990 年を初期状態に置いた時点で、構造的に発展途上国の森林に対する選好を高く推定してしまう仕組みを持っていたことになる。実際に発展途上国にとっての最適な森林開発面積を推定することは非常に複雑な分析を要することになるだろう。

だが、仮に発展途上国の最適な森林開発面積 (裏を返せば、保護面積) が推定できた場合には、森林に対する評価が低くなることが予想されるため、 β の値は本研究における推定結果よりも小さくなり、 α の値は大きくなると考えられる。そうすると留保生産性はより小さくなり、多くの森林が開発の対象となるため、森林保護の需要は本研究で推定された Q_s よりも少なくなり、補助金制度の導入によって保護される森林面積も抑制される可能性がある。

加えて、別の問題点として挙げられるのが国によって農業生産性 r に著しい差が見られることである。本章で対象とした国の中では、ボツワナの IS6 からモーリシャスの IS1,457 までの開きが見られた。本研究で用いた森林の需要関数の式中にはこの r が分母に含まれている。とくにここで補助金制度の導入に関する議論で用いた (6-12) 式を再掲して見てみよう。

$$Q_s = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \cdot \frac{I_s}{r - s}$$

これを見れば分かるように s が r に近づいてくると、分母が非常に小さくなるために全体として Q_s が非常に大きな値を取る事になる。したがって、熱帯林保有国全体における森林保護への補助金制度導入の効果を測る際も、ボツワナのように国内の農業生産性が低い国が 1ha 当たり数ドルという非常に低い補助額でも多くの森林を保護する結果が得られるために、保護できる森林面積が過大に示されてしまった可能性がある。

熱帯林保有国全体の分析をより精緻に行うためには本分析では不十分であり、新たな手法を採用しなければならない。その一方で、本研究で想定した熱帯林国別に特化した研究を進め、それを統合することによって全体を俯瞰した分析を行うことも必要となる。

7. 結論

本論では、2005年から国連気候変動枠組条約で議論が行われるようになった「発展途上国における森林減少に由来する排出削減」に注目し、国際交渉の整理、および森林保護の機会費用の推定を行うことによって、森林保護を地球温暖化問題の観点から推進する際の課題と可能性について論じた。

まず、第2章、第3章においては、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）で行われてきた森林に関する国際交渉を分析し、その結果、森林の持つ吸収源としての不確実性とその温室効果ガス吸収量の規模の大きさによって、京都議定書体制を維持する重要な役割を果たしつつも、発展途上国における森林減少は京都議定書の対象から外れたことを議論した。さらに、2005年のCOP11におけるPNG提案を契機にして、再度取り上げられることとなった森林減少の回避を促進する際の論点を交渉経緯から洗い出し、発展途上国における森林減少を回避することを克服されるべき課題について述べた。この分析を通じて見えてきたことは、京都議定書やその運用ルールであるマラケシュ合意を決定するまでと現在では森林減少に対する各国の見方が変わってきているということであった。その理由の一つとして挙げられるのは、発展途上国とくに排出源 CDM を呼び込むことが困難な国が、森林減少を回避した量に応じて排出権を獲得することで新たな資金源を得られることに着目したことである。それにより、発展途上国の森林等吸収源に対する評価が、先進国の削減義務を緩和する抜け穴という見方から途上国が自国の資源を活用して開発資金を得るための交渉手段としての評価に変わったと捉えることができる。

もう一つの理由として、EUの立場の転換が考えられる。EUは、京都議定書策定当時森林等吸収源の活用に対処していた。その理由として、彼らは排出源のみの対策を他の先進国に課すような体制を設けることにより、とくに米国の国際競争力を落としたいと考えていたからである⁵⁰。しかし、現在のEUは森林減少の回避問題についてアフリカ・カリブ・太平洋諸国と協力していくことで合意しており、附属書I国の中でも森林減少に対して積極的な姿勢を打ち出している。先進国と発展途上国の両方において森林減少に関する肯定的な見方が生まれていることが大きいと言えるだろう。

次に本研究の後半部では発展途上国における森林保護を行う際の経済的側面に特化し、森林保護を発展途上国で行う際の機会費用について分析を行った。

その手始めに、第4章において先進国が発展途上国の森林を保護する場合の補償構造を理論的に分析し、補償余剰と等価余剰の二つの貨幣測度から、先進国が求められる補償の大きさを論じた。その結果、発展途上国は森林保護を行うこと自体に対しては費用負担をしてもいいと考えているが、森林保護によって獲得ができなくなる経済収益を先進国に補償してもらいたいと考えていることを明らかにした。その後、その具体的な補償額の大きさを検討するため、第5章において土地利用の変化とGDPに注目した回帰分析を行ったと

⁵⁰ Fearnside (2001) pp.173

ころ、1990年以降に開発された森林が2000年までの間にもたらした経済的収益は1ha当たりで約US\$830と推定された。これは現在のEU排出権取引市場での取引価格と比較しても森林保護に必要となる補償額は十分に小さく、基本的に森林保護にクレジットを与えることは熱帯林保有国にとっては現状より多くの収入機会をもたらすことになる。それと同時に先進国にとってもクレジットを低コストで獲得することが可能になる。このように、森林減少の回避をUNFCCC下で取り扱うことは両者にとって利益につながるため、PNG提案はスムーズに各国の賛成を得られたと考えられる。

さらに、森林保護に補助金という経済的インセンティブを与えた場合の発展途上国の行動を消費者行動理論に基づいて分析した結果、熱帯林保有国では、森林を農業収益よりも相対的に高く評価するような効用関数が推定された。その結果として、森林1haあたり1ドルの補助金を与えただけで熱帯地域72カ国において総面積450万haもの広大な森林が保護されうるという結論になった。これによって発生する炭素クレジットを排出権市場と結びつけた場合には、仮に森林のモニタリング費用を考慮した場合でも\$1/t-CO₂程度で収まり、なおかつその量は約20億t分の排出権になる。これは、2010年において附属書I国全体が京都議定書の目標を達成するために必要とされる排出権の量とほぼ同値の結果であり、森林保護に対して経済的インセンティブを与えることは、排出権の価格が暴落し、却って地球温暖化対策を停滞させる危険性が高い。

ただ、本分析で採用した仮定とデータの用い方では、森林に対する評価が高い効用関数が推計される可能性が高いと考えられる。そのため、補助金制度に対する熱帯林保有国の反応が実際以上によくなってしまうような結果となっていることが予想される。それに加えて、本分析では補助金をプロジェクトの前に支払った場合の分析を行ったため、発展途上国は森林開発をする際に減少する補助金の額と開発によって獲得できる農業収入を天秤にかけて行動することができた。しかし、現実にはCDMにより獲得できる炭素の排出権は、プロジェクトの効果が検証された後、すなわちプロジェクトの実施後となる。この場合生じる問題は、森林保護をし続ける間現金収入が全くないということの意味する。反対に従来どおり森林を切り開いて営農すれば、生産性は悪くとも生計を立てることが可能である。したがって、現状のCDMプロジェクトのようにクレジットの付与が事後に行われる場合は、森林保護を選択せずに森林開発を実行するケースが増え、森林保護面積は減少すると考えられる。

以上のこの2つの理由により、本分析で得られた森林保護面積は過大評価になっている恐れがある。しかし、熱帯林を保護することによる機会費用そのものは第5章により非常に低くなることが予測され、またそれと比較して1ha当たりの森林中に含まれる炭素量が非常に多い関係になっているので、森林減少を回避することによって獲得できるクレジットの価格は非常に低価格になると推測される。

この低価格のクレジットは排出権取引市場の安定性に悪影響を与える可能性があるが、吸収源プロジェクトを通じて獲得した排出権(CER)には補填義務が課されていることを利

用することで、発展途上国における森林減少の回避を図ることが可能になるだろう。すなわち、吸収源 CDM で認められている新規植林・再植林の場合は、初期費用が大きいのに発行可能なクレジットの量が少ない。そのためクレジット単価が高くなってしまい、排出源 CDM に対する市場競争力がなくなる上に、さらに補填義務によってクレジットの価値が減じられることで収益はあまり見込めない。しかし、森林減少の回避の場合は、排出権の発行にかかる費用が非常に低いため、補填義務によって低価格で取引されてもなお発展途上国は利益を上げることが可能である。先進国にとっても既に技術開発を進めるための限界費用は高くついており、この有効期限付きのクレジットは短期的にその経済負担を緩和することにつながる。したがって、短期的にしか利用できない特性を適切に活用すれば⁵¹、附属書 I 国の排出源対策に向けた技術開発に必要な期間の排出削減費用を低く抑えるための一時的なクレジットとして森林減少の回避によるクレジットは十分な価値を持つと考えられる。森林の不確実性と規模の問題が解決されたわけではない現時点では、森林減少の回避が将来的な気候レジームに取り入れるかどうかを判断することはできないが、今後の交渉の行方に期待したい。

⁵¹ 例えば、1年限りの有効期限を持つ「トン・イヤー」という考え方も過去の吸収源全体に関する交渉の中で出たことがある。

8. 参考文献

8-1 引用文献

- ◆ 木村祐二（2006）「吸収源に関する交渉経緯」、浜中裕徳編『京都議定書をめぐる国際交渉—COP3以降の交渉経緯』慶應義塾大学出版会、pp.155-196
- ◆ 国連統計局 GDP/breakdown at current prices in US Dollars (all countries)
URL: <http://unstats.un.org/unsd/snaama/downloads/GDPcurrentUS-countries.xls>
[閲覧日:06/9/23]
- ◆ 総務省統計局(2006) 「第4章 農林水産業」、『世界の統計 2006』
URL: <http://www.stat.go.jp/data/sekai/pdf/04.pdf>
[閲覧日:06/11/17]
- ◆ 永田信・井上真（1998）「森林資源と地球環境」、武内和彦・田中学『岩波講座地球環境学 6 生物資源の持続的利用』岩波書店、pp.23-58
- ◆ 橋本征二・高村ゆかり(2002)「京都議定書と森林等吸収源—COP3以降の交渉の経緯とボン合意・マラケシュ合意の評価および今後の課題—」、『環境と公害』Vol.31、No.3、pp.53-60
- ◆ 山形与志樹・石井敦（2002）「吸収源に関する主要論点と交渉経緯」、高山ゆかり・亀山康子編『京都議定書の国際制度』信山社、pp.121-145
- ◆ 米本昌平(1998)「知政学のすすめ—科学技術文明の読みとき」<中公叢書>、中央公論新社
- ◆ S.オーバーテュアー・H.E.オット著、岩間徹・磯崎博司監訳（2001）「京都議定書—21世紀の国際気候政策」、シュプリンガー・フェアラーク東京
- ◆ African, Caribbean and Pacific Group of States(ACP)& Council of the European Union, (2006) “Joint ACP-EU Declaration on Climate Change and Development”
URL:
http://www.rainforestcoalition.org/documents/EU-ACPDeclaration_ClimateChange_Development2006.pdf
[閲覧日:06/12/13]
- ◆ Coalition for Rainforest Nations(2006: online), “Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries A Policy Workshop for UNFCCC COP11 Agenda Item #6”
URL: <http://www.rainforestcoalition.org/documents/CfRNWorkshopSummaryV3.pdf>
[閲覧日:06/12/13]
- ◆ FAO(2006), “Global Forest Resources Assessment 2005: Progress Towards Sustainable Forest Management”
URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/A0400E/A0400E00.pdf>
[閲覧日:06/8/21]

- ◆ ____ (2005), ”State of the World’s Forest 2005”
URL: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y7581E/Y7581E00.HTM>
[閲覧日:06/8/30]
- ◆ ____ (2003), “Pan-tropical Survey of Forest Cover Changes 1980-2000”, in *Global Forest Resources Assessment 2000: Main Report*, 305-319
URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/Y1997E/FRA%202000%20Main%20report.pdf>
[閲覧日:06/9/25]
- ◆ Ebeling, J.(2006), “Tropical Deforestation and Climate Change: Towards an International Mitigation Strategy”
URL: <http://www.ecosecurities.com/ecows.nsf/vd/6%20Publications?OpenDocument&index=3>
[閲覧日:06/11/09]
- ◆ Fearnside, P.M. (2001),” Saving Tropical Forests as a Global Warming Countermeasure: An Issue That Divides the Environmental Movement”, *Ecological Economics* 39(2), 167-184
- ◆ Intergovernmental Panel on Climate Change, (2000) “IPCC Special Report Land Use, Land-Use Change, and Forestry: Summary for Policymakers”
URL: <http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/srl-e.pdf>
[閲覧日:06/8/21]
- ◆ Maryanne Grieg-Gran (2006), “The Cost of Avoiding Deforestation”, Report Prepared for the Economics of Climate Change
- ◆ Santillie, M. *et al*, “Tropical Deforestation and the Kyoto Protocol An Editorial Essay”, *Climatic Change*, (2005) 71: 267-276
- ◆ Stern, N., (2006: online) “Reversing Emissions from Land Use Change”, in “*Stern Review: The Economics of Climate Change*”, 537-553
URL: <http://www.rainforestcoalition.org/documents/Chapter25Reversingemissions.pdf>
[閲覧日:06/12/13]
- ◆ UNFCCC (2006a), “Issues Relating to Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries and Recommendations on Any Further Process”(FCCC/SBSTA/2006/MIC.5)
URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2006/sbsta/eng/misc05.pdf>
[閲覧日:06/8/21]
- ◆ _____ (2006b),” “Issues Relating to Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries and Recommendations on Any Further Process”(Addendum), FCCC/SBSTA/2006/MISC.5/Add.1
URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2006/sbsta/eng/misc05a01.pdf>
[閲覧日:06/8/21]
- ◆ _____ (2006c: online), “Report on a Workshop on Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries” FCCC/SBSTA/2006/10

URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2006/sbsta/eng/10.pdf>

[閲覧日:06/mm/dd]

- ◆ _____ (2005a), “United Nations Framework Convention on Climate Change”, FCCC/INFORMAL/103(国連気候変動枠組条約条文)

- ◆ _____ (2005b), “Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change”, FCCC/INFORMAL/104 (京都議定書条文)

- ◆ _____(2005c), “Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries: Approaches to Stimulate Action”

URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2005/cop11/eng/misc01.pdf>

[閲覧日:06/10/26]

- ◆ _____(2001), “Report of the Conference of the Parties on Its Seventh Session, Held at Marrakesh from 29 October to November 2001”(Addendum), FCCC/CP/2001/13/Add.1

URL: <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a01.pdf>

[閲覧日:06/12/26]

8-2 参照サイト

- ◆ 国連気候変動枠組条約事務局: <http://unfccc.int> [最終閲覧日:07/1/31]

- ◆ 三菱総合研究所:

「排出権市場構造の調査分析」 <http://www.mri.co.jp/KYOTO/result/index.html#02>

[閲覧日:06/12/19]

- ◆ 林野庁 CDM 植林ヘルプデスク <http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/cdm/cdmrule.htm>

[最終閲覧日:07/1/31]

- ◆ Coalition for Rainforest Nations: <http://www.rainforestcoalition.org/> [最終閲覧日:07/1/31]

- ◆ Earth Negotiation Bulletin : <http://www.iisd.ca/climate/COP12/> [最終閲覧日:07/1/31]

- ◆ FAOSTAT: <http://faostat.fao.org/> [最終閲覧日:07/1/31]

8-3 経済学の参考文献

- ◆ 佐藤隆三監訳 (2000) 『入門ミクロ経済学』(原著第5版) 勁草書房

- ◆ 西村和雄 (1982) 『経済数学早わかり』、日本評論社

- ◆ 細江守紀・藤田敏之監訳 (2003) 『環境経済学入門』(初版補訂)、有斐閣

- ◆ 牧厚志他 (2005) 『経済・経営のための統計学』、有斐閣

- ◆ 牧厚志他 (1997) 『数量経済分析シリーズ<第3巻>応用計量経済学Ⅱ』、多賀出版

- ◆ 三土修平 (1996) 『初歩からの経済数学』(第2版)、日本評論社

- ◆ 蓑谷千風彦著 (1997) 『数量経済分析シリーズ<第1巻>計量経済学』、多賀出版

- ◆ 鷺田豊明 (2004) 『環境政策と一般均衡』、勁草書房
- ◆ _____ (1999) 『環境評価入門』、勁草書房
- ◆ Katz, M.L. & Rosen, H.S.(1998) “The Household as Supplier”, in *Microeconomics International Edition* (third edition), Irwin/McGraw-Hill, Boston

9. 謝辞

この修士論文を作成するに当たって多くの方のお力添えを頂きました。この場をお借りしてお礼申し上げます。まず研究科入学以来、ゼミ等々を通じて本研究のご指導をしてくださった鷺田豊明教授に心から感謝の意を表します。

また、2005年のCOP11・COP/MOP1にインターンとして私を派遣していただき、貴重な経験を得る場と共にこのテーマを選ぶきっかけをも与えてくださった環境NGO コンサベーション・インターナショナル・ジャパンの職員の皆様にも厚く御礼申し上げます。

2007年1月

杉山圭記

「国連気候変動枠組条約に基づく森林保護への 経済的インセンティブ導入に関する研究」

日本語要旨

IPCCによれば、森林減少（deforestation）を主因とする土地利用の変化に伴って大気に放出された温室効果ガスの量は世界全体の排出量の10～25%を占めると報告されており、地球温暖化問題について考えていく上でも森林破壊は重要な一角を占める問題である。しかしながら、森林吸収源は国連気候変動枠組条約の中では必ずしも肯定的に取り扱われてこなかった。

ところが、最近 Coalition for Rainforest Nations という熱帯林保有国の連合が登場したことによって森林吸収源を巡る状況が変わりつつある。COP11において森林減少に起因する温室効果ガスの排出抑制を経済的インセンティブによって推進する提案を行ったからであり、今熱帯林破壊の問題は地球温暖化問題の中でも注目を集めるようになってきている。本論ではこうした動きに注目し、国連気候変動枠組条約において森林減少を抑制するメカニズムを創設することの実現可能性を分析した。

まず、国連気候変動枠組条約における国際交渉で森林吸収源が果たしてきた役割を分析し、発展途上国で起こる森林減少の回避が京都メカニズムの活動対象から除外された経緯とその背景を整理した。その後、COP11のPNG提案を契機に再度取り上げられることとなった森林減少の回避を促進する際の論点を交渉経緯から洗い出し、克服されるべき課題について述べた。その結果、マラケシュ合意を決定するまでと現在では森林減少に対する各国の見方が変わってきていることが分かった。その理由の一つは、発展途上国とくに排出源CDMを呼び込むことが困難な国が、森林減少を回避した量に応じて排出権を獲得することで新たな資金源を得られることに着目したことが挙げられる。もう一つの理由は、EUの立場の転換が考えられる。現在のEUは森林減少の回避問題についてアフリカ・カリブ・太平洋諸国と協力していくことに合意しており、附属書I国の中でも森林減少に対して積極的な姿勢を打ち出している。

その一方でマラケシュ合意当事りに問題視された森林の不確実性と規模の問題は、現時点で解決されたわけではない。そのため、森林減少の回避を将来的な気候レジームに取り入れるために解決されるべき問題は多いが、本研究ではその中から森林保護を行う際の経済的側面に焦点を当て、森林保護を発展途上国で行う際の機会費用の推定を行った。

その手始めに、先進国が発展途上国の森林を保護する場合の補償構造を理論的に分析し、補償余剰と等価余剰の二つの貨幣測度から、先進国が求められる補償の大きさを論じた。その結果、発展途上国は森林保護を行うこと自体に対しては費用負担をしてもいいと考えているが、森林保護によって獲得ができなくなる経済収益を先進国に補償してもらいたいと考えていることを明らかにした。その後、その具体的な補償額の大きさを検討するため、

第5章において土地利用の変化とGDPに注目した回帰分析を行ったところ、1990年以降に開発された森林が2000年までの間にもたらした経済的収益は1ha当たりで約US\$830と推定された。これは現在のEU排出権取引市場での取引価格と比較しても森林保護に必要なとなる補償額は十分に小さく、基本的に森林保護にクレジットを与えることは熱帯林保有国にとっては現状より多くの収入機会をもたらすことになる。

さらに、森林保護に補助金という経済的インセンティブを与えた場合の発展途上国の行動を消費者行動理論に基づいて分析した結果、熱帯林保有国では、森林を農業収益よりも相対的に高く評価するような効用関数が推定された。その結果として、1990年から2000年までの実際に減少した森林面積123.3百万haを全て保護できるような森林1haに対する補助金額は約I\$24/haである。分析対象とした国全体の1haあたり農業生産額がおおよそI\$194.5/haであることを考えると、森林の保護に必要な補助金の水準は相当低くなっている。また、補助金をI\$1/ha与えるだけでも熱帯林全体で約4.5百万haの森林が伐採を免れることができる。この補助金額で発生する炭素クレジットを排出権市場と結びつけた場合には、森林のモニタリング費用を考慮した場合でも1t-CO₂当たりのクレジットにかかる費用は\$1未満で済み、なおかつその量は約20億t分の排出権にもなる。ただ、本分析で採用した仮定とデータの用い方では、森林に対する評価が高い効用関数が推計される可能性が高いと考えられる。そのため、補助金制度に対する熱帯林保有国の反応が実際以上によくなってしまふような結果となっていることが予想される。それに加えて、本分析では補助金をプロジェクトの前に支払った場合の分析を行ったため、現状のCDMプロジェクトのようにクレジットの付与を事後に行うと短期的な利益を重視する国の場合は、森林保護面積が減少すると考えられる。以上の理由から、本分析で得られた森林保護面積は過大評価になっている恐れがあるが、熱帯林を保護することによる機会費用そのものは第5章により非常に低くなることが予測され、またそれと比較して1ha当たりの森林中に含まれる炭素量が非常に多い関係になっているおり、森林減少を回避することによって獲得できるクレジットの価格は非常に低価格になると推測される。この安価なクレジットが排出権取引市場全体、あるいは先進国における温暖化対策にどのような影響を及ぼすのかは今後の研究課題でもある。

“A Study on Introducing Economic Incentives to Avoided Deforestation under the United Nations Framework Convention on Climate Change”

Abstract

Tropical deforestation in developing countries has negative impacts on climate change as Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) estimates that 10 to 25 % of the total greenhouse gas emissions by anthropogenic activity during the 1990's would result from Land Use, Land-Use Change, and Forestry which is mainly driven by deforestation. In the context of international negotiations under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, hereafter), however, the issue on deforestation has not been addressed appropriately. It is primarily because the function of forests as “carbon sink” stands on its uncertainty.

One submission paper by Non-Annex 1 (i.e. developing) countries, titled as “Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action”, at COP11 held in Montreal, Canada in 2005 generated a new stream against the past negotiations on the carbon sink. The submission proposes to open up a dialog to consider through market mechanism.

The first part of this paper reviewed briefly such negotiations on the carbon sink to discuss how UNFCCC has treated it including “afforestation”, “reforestation”, and “deforestation” so far. As a result, it turned out that the carbon sink has played an important role to maintain the Kyoto Protocol because of its uncertainty. That is, each Annex- I Parties could substantially cut down her own emission target by make use of carbon sink. At the same time, including avoided deforestation in developing countries would yield a great deal of carbon credits, which may undermine its stability of carbon markets. Moreover, this paper analyzed the current international negotiation on issues related to the proposal to find disputed points, from viewpoints of both scientific limitation and possible policy approaches, on the inclusion of deforestation to the current climate regime.

The latter part of this paper focused on specific viewpoints for the feasibility study on the implementation of a compensation scheme to avoid deforestation in developing countries.

At first, this paper started at a simple analysis on the structure lies between industrialized countries and tropical countries when the developed countries are willing to pay the costs for protecting tropical forests. This analysis was based on both Compensating Surplus and Equivalent Surplus and the outcome showed that tropical countries want industrialized countries to compensate the cost for giving up forest developments.

Then, this paper estimated opportunity costs for avoiding deforestation by using regression models. It adopted two approaches to estimate them to tropical countries. The one is a regression model focusing on land use changes from forest to agricultural lands between 1990 and 2000, and the other is the model on land use change and the change in GDP from the agricultural sector between 1990 and 2000. The result derived from these two regression analysis showed that approximately US 830 dollars was generated after cutting down a hectare of tropical forest. This means that tropical countries earn US 830 dollars at the risk of one hectare of their tropical forests. Therefore, developed countries need to compensate at least this amount of money if they would like to prevent tropical countries from exploiting one hectare of forest.

As the second part of the feasibility analysis, the consumer behavior model was used to examine the effect of giving subsidy to protect tropical forests. The derived utility function of tropical countries, expressed in a Cobb-Douglas model, between agricultural income and domestic forest area showed that tropical countries feel the value of domestic tropical forest high relative to that of the agricultural income. In addition, the result showed that the implementation of such a subsidy scheme works well to avoid deforestation. Concretely, one dollar of subsidy per hectare on forests protects 4.5 million ha of tropical forests in total from being cut.

Finally this paper derived the “reserved productivity” of agriculture, which means the productivity each tropical country decide to start exploit their forests in order to obtain agricultural income. The outcome revealed that more than half of tropical countries analyzed by this study exploit their forests at lower productivity than “reserved productivity”. This means forest exploitation is not always effective in terms of the utility maximization.

In conclusion, the result of this paper showed that the opportunity costs for tropical countries to give up forest development was incredibly lower than current price of carbon credits. However, the method which this study used to estimate an effect of the subsidy for avoiding deforestation would have some problems to estimate precise area of avoided deforestation.