

B-52 木質系バイオマス・エネルギーの利用技術及び供給可能量の評価に関する研究

(2) 海外における木質系バイオマス・エネルギーのポテンシャル評価

①タイ東北部における木質系バイオマスの供給ポテンシャル評価

独立行政法人森林総合研究所

林業経営・政策研究領域 林業システム研究室 松本光朗

鹿又秀聡

森林管理研究領域 環境計画研究室 古家直行

鈴鹿国際大学 鈴木基義

平成12～14年度合計予算額 21,058千円

(うち、平成14年度予算額 6,136千円)

〔要旨〕本研究はCDM活動の一つとして早生樹種の造成とバイオマス・エネルギー利用を取り上げ、開発途上国におけるエネルギー資源としてのバイオマス供給量のポテンシャルを、より高い精度で推定する手法を構築することを目的としている。タイ東北部におけるユーカリ造林の現状をふまえ供給可能量評価手法を開発した。これは、土地利用と塩分土壌の分布から造林の対象となる農地を抽出し、さらに社会経済学的な調査から利用可能な農地面積を推定し、これに林分調査から推定された単位面積あたりの生産量を乗じて供給可能量を推定するものである。まず、土地利用図と塩分土壌図のGIS解析により、塩分の影響を受けていない農地・草地は716千haであった。次に、社会経済的調査の中で土地所有者の造林意欲に関する聞き取り調査を行ったところ、ユーカリ造林の意向の決定要因として土地所有規模が大きいことが判明した。聞き取り調査から得られた所有面積とユーカリ造林面積の関係を表す回帰式と、センサスから得られた所有規模別土地所有面積割合から、ナコン・ラチャシーマ県においては農地のうち13.7%がユーカリ造林に利用可能であると推定した。また、林分調査と、円板採取による容積密度の測定から収穫予想表を作成し当地方の生産性を推定したところ、当地域の標準伐期である5年生時の幹重量47t/haから平均生産量は9.4t/ha/yであった。これは炭素に換算すれば4.7tC/ha/yとなる。以上の結果から、当県においては98千haが造林可能面積であり、生産ポテンシャルは92万t/yと推定された。これは、炭素換算で46万tC/yに相当する。しかしながら、現状では地域におけるユーカリ造林の意向は飽和状態となっており、CDMによるユーカリ造林を広めるには、補助金などの造林推進施策と同時にバイオマス利用などの新しい需要を創出する必要がある。

〔キーワード〕 CDM、バイオマス・エネルギー、ユーカリ、意向調査、供給可能量

1. はじめに

京都議定書で示されたクリーン開発メカニズム(CDM)は、途上国との共同プロジェクトによるCO2削減量の一部を開発国の排出削減量としてカウントできるというもので、開発国においては具体的な排出削減策として注目されている。COP7におけるマラケシュ合意では、新規植林と再植林による森林による吸収量についても対象となることとなり、1990年排出量の1%

を上限として参入できることとなった。しかしながら、現状ではCDMの推定手法に関して不明な部分が多く、その手法開発は早急に取り組むべき課題となっている。

2. 研究目的

IPCCの2次報告書でも示されているように、バイオマス・エネルギーは化石燃料の消費節約に繋がり、排出削減のポテンシャルは高い。CDMにより早生樹種を育成し、その利用によりエネルギーを発生すれば排出削減に大いに寄与することが期待される。このような背景から、途上国におけるエネルギー資源としてのバイオマス供給量のポテンシャルを、より高い精度で試算するとともに、その推定手法を開発することを目的としている。

このような目的を遂行するため、研究対象地として、すでに早生樹であるユーカリの造林が盛んで、経済発展とともにエネルギー需要が高まっているタイを選び、土地利用、生産性、ユーカリ造林、経営者の意向といった実態をふまえながら、現実的な手法を開発することとした。

3. 研究方法

タイにおけるユーカリ造林の半数が行われている東北部（主としてナコン・ラチャシーマ県）を取り上げ、ユーカリ造林の実態を調査行い、それをふまえたバイオマス供給ポテンシャルの推定手法全体のフレームワークを開発した。

次に、フレームワークに従い個々の調査を進めた。具体的には、GISを利用した土地利用面積の推定、ユーカリ林分のバイオマス調査による生産量推定、土地所有者のユーカリ造林に対する意向調査、の3つを並行して進めた。

これらの結果を、バイオマス供給ポテンシャルの推定手法に関するフレームワークに基づいて統合し推定量を算出するとともに、フレームワーク自体の修正や当手法の適用可能性について議論した。

4. 結果・考察

(1) タイにおけるユーカリ造林の現状

①ナコン・ラチャシーマ県におけるユーカリ造林の現状

従来、タイ東北部ではキャッサバやサトウキビといった換金作物の生産が主流であった。しかしながら、タイの経済的発展により途上国中において相対的に価格が高くなった結果、国際的な競争力が低下し経営が難しくなった。そのため、行政は農業構造改善策として、ユーカリ造林への転換を促している。このようなユーカリ造林への転換の背景には、タイ東北部においてチップ生産を目的としたユーカリ造林が、市場も含めてすでに確立されていることがある。なお、郷土樹種を含む他の樹種による造林は、経営として成立していない。

ナコン・ラチャシーマ県におけるユーカリ造林は、主として民間企業と土地所有者である農家との契約造林によって進められている。ユーカリの苗は現地民間企業により大規模に生産・販売されており、農家は民間企業から苗を購入し造林を行う。収穫物は苗を販売した民間会社の関連仲介業者が買い取り、チップ工場のあるチェチェンサオ市、あるいはコンケン市のパルプ工場に輸送され、販売される。このような民間企業は2社あるが、いずれも品種改良が進み、その結果としてユーカリの生産性が急激に向上している。ただ、当地方からチップ工場、パルプ工場まで

は距離が遠く、輸送のための業者が仲介することから、輸送コストに分だけ現地での材の買い取り価格が抑えられる傾向があり、このことが弱点と考えられた。

当地方で造林されているユーカリは *Eucalyptus Camaldulensis* であり、以下のような特徴がある。まず、成長が極めて早く、5 年生前後で樹高が 15~20m に達し収穫が可能である。また、幹が通直で枝が細く、枝が枯れた後に落枝しやすい。これらの特徴は新しい苗において顕著であり、収穫時の生産性の高さに繋がる。いっぽう、林内植生が量、多様性ともに貧弱であり、林床がユーカリの落葉で覆われていることがほとんどである。

当地方におけるユーカリ造林での施業は以下のようにまとめられる。まず、植栽は一般に 3×3m の配置 (1111 本/ha) で行われている。植栽後は特に除間伐はなされず、植栽後 5 年で一斉皆伐により収穫される。伐採後は容易に萌芽更新される。一度植栽されれば、萌芽更新により数回収穫される。

ユーカリ造林はキャッサバやサトウキビなどの農耕地の転換利用として行われることが多く、このような立地であれば造林が可能である。調査した限りでは、塩分土壌以外であれば造林可能と考えられた。塩分土壌はタイ東北部の平野部において進行しているもので、土壌の塩分濃度が高いため、一般樹種のみならず塩分に強い性質を持つユーカリでさえ成長は極めて悪く、成林さえできない場合も多い。現在、より耐塩性の高いユーカリが開発途上であり、近い将来には塩分土壌へのユーカリ造林が可能となるだろうが、現状のユーカリ造林経営を考えれば塩分土壌を避けるのが好ましい。



図1 代表的なユーカリ造林地の林相（ナコン・ラチャシーマ県）

②コンケン県におけるユーカリ造林の現状

コンケン県においてもすでにチップ生産を目的としたユーカリ造林経営が確立されている。先のナコン・ラチャシーマ県では民間の苗生産会社との契約造林主流だったが、コンケン県では契約造林ではなく苗は無償で県から入手できるものを利用するのが一般的であると見られた。しかし、この苗の質はナコン・ラチャシーマでは民間会社の苗と比べて低いと見られた。

生産された材はコンケンのパルプ工場へ生産者が直接出荷するが、パルプ工場を買ってもらえない細い材は炭焼きに利用される事例が見られた。当地方ではこのパルプ工場の存在が経営上の基盤となっており、工場までの距離が近いことから輸送コストが少なくすみ有利な点となって

いる。

造林については、植栽間隔は1.5x1.5mから3x3mまで様々であった。除間伐はせず、一般的な林分では植栽後5、6年で収穫される。ユーカリ造林の対象地としては、主にキャッサバ、サトウキビなどの農耕地の転換利用が多い。

(2) バイオマス供給ポテンシャル推定のためのフレームワーク

バイオマス供給ポテンシャルを推定するためには、ユーカリ造林可能面積の把握が不可欠である。(1)で示したユーカリ造林の現状と新規造林・再造林が対象となる CDM の考え方をふまえると、造林可能地としては現在農耕地であり、塩分土壌以外の土地と考えることができる。

土地利用についてはグローバルマップによる GIS データを利用できることが分かった。塩分土壌に関しては、国土開発庁と国連により 1994 年に作成された 1/500,000 の塩分土壌分布図をデジタル化することにより GIS データを作成できる。したがって、これら土地利用図と塩分土壌図を利用した GIS 解析によりユーカリ造林の適地を抽出できることが分かった。

ここで、ユーカリ造林の適地をそのまま造林可能地と考えることは現実的ではない。というのは、タイの土地所有構造を見ると小規模な民有林が多く、ユーカリ造林の推進には土地所有者の意向が大きく影響するためである。したがって、社会経済的調査によりユーカリ造林に対する土地所有者の意向を調査し、その結果をふまえて造林可能面積を推定することとした。

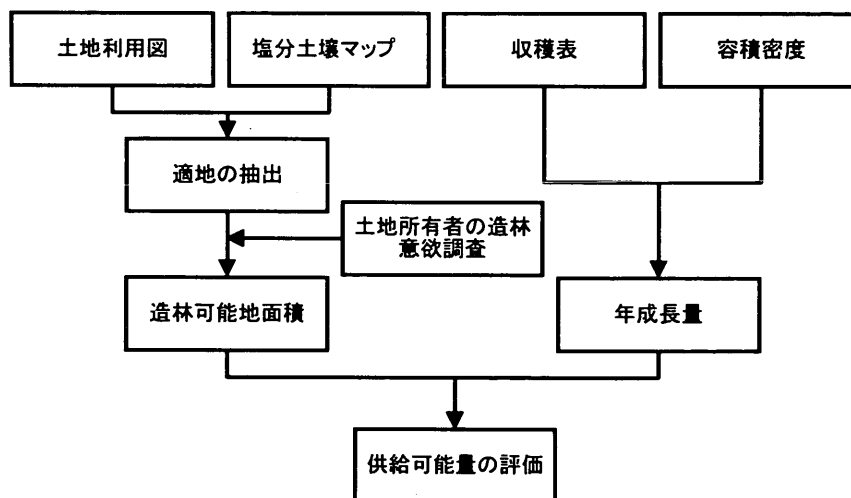


図1 供給量ポテンシャル評価のためのフレームワーク

その一方、ユーカリ造林地の生産性を推定するために、森林バイオマスを対象とした収穫予想表の作成が必要となる。そのため、現地での調査により林分調査と伐倒によるバイオマス調査を行った。

これらを統合することにより供給量のポテンシャルを評価することができる。以上をフレームワークとして図1に示した。

(3) GISによる適地の抽出

フレームワークにしたがい、ユーカリ造林の適地抽出をGIS解析により行った。CDMに対応した森林活動は新規植林と再植林に限られることから、ここで対象となるユーカリ造林は現在森林以外の土地利用で行われるものである。そのため土地利用図を利用し、森林以外の土地利用を抽出すればよい。ここで、国土交通省が進めている地球地図¹⁾の1km解像度土地利用データを利用することとした。これを図示すると図2のようになり、区分されている土地利用のうち混合地域、草地・低木林・疎林および農地といった3区分をユーカリ造林対象地とした。

一方、塩分土壌については、タイ東北部を対象とした1/500,000の4枚組の塩分土壌図がタイ国土開発省と国連によって作成された²⁾。これをデジタル化し、土地利用図と同等の1km解像度の土壌図データを作成した(図3)。この図では塩分濃度の高い土地から、塩分土壌の無い土地まで7段階に区分されており、それを造林不適地、中間地、造林適地の3区分に再分類した。

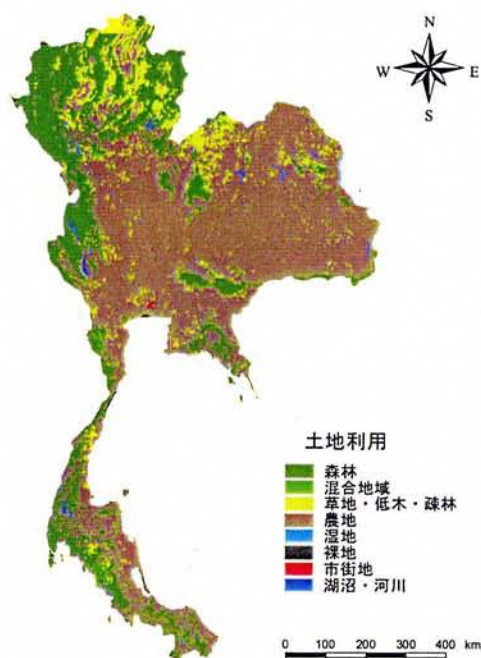


図2 グローバルマップによる土地利用図

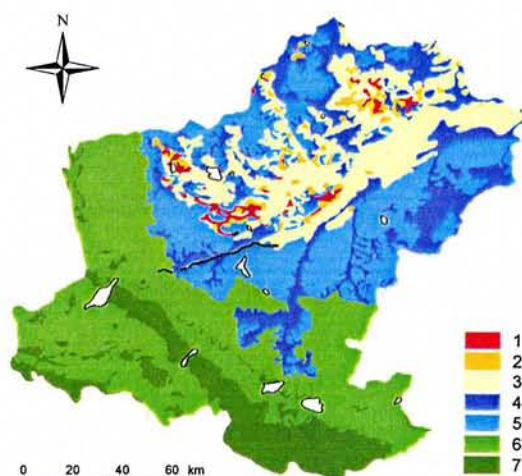


図3 塩分土壌図

さて、これら2つのGISデータをオーバーレイし、土地利用からみた造林対象地であり、なおかつ土壌塩分から見た造林適地である土地を造林適地と考えた。その結果、ナコン・ラチャシーマ県の面積210万haのうち、造林適地は71万6千ha(34%)であることが分かった(図4)。

(4) 林分調査およびバイオマス調査による生産力推定

ユーカリ造林地の生産量を推定するため、ナコン・ラチャシーマ県、およびコンケン県を対象に、植栽年が明らかなユーカリ造林地において林分調査を行い、収穫表を作成し、それによりユ

ユーカリの生産力を推定した。

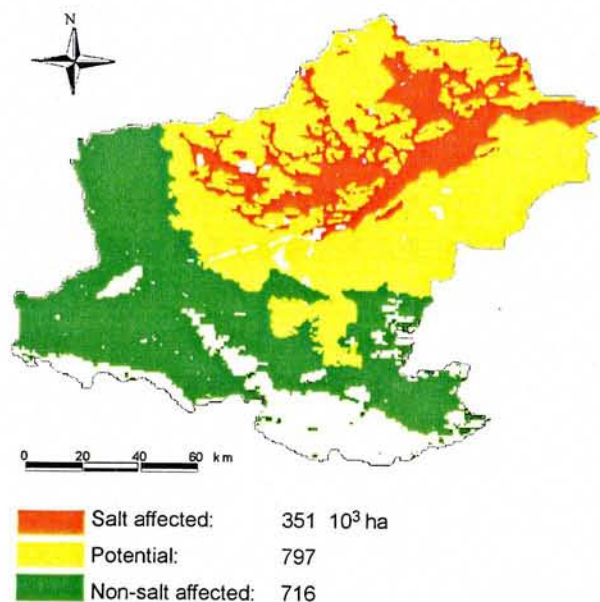


図4 ユーカリ造林適地図
(赤：造林不適地、黄：中間地、緑：造林適地)

①ナコン・ラチャシーマによる生産量推定

ナコン・ラチャシーマ県において、ユーカリ造林地20点を選定し林分調査を行った。林分調査においては20m四方の方形区を設定し、林木全数について胸高直径、樹高を測定した。林分調査を行った20点のうち4点においては加えて幹・枝・葉の重量測定によるバイオマス調査（計12本）と、円板採取（計36枚）による容積密度の測定を行った。

その結果、ユーカリ林の直径成長と樹高成長が明らかとなった（図5、6）。また、容積密度の平均値は0.509 ton/m³、標準偏差は0.0608 ton/m³であり、図7で見られるD²Hと樹幹重量Wの関係を表すアロメトリー式として、以下の式が得られた。

$$W = 160.49 * (D^2H)^{0.96138} \quad R = 0.996$$

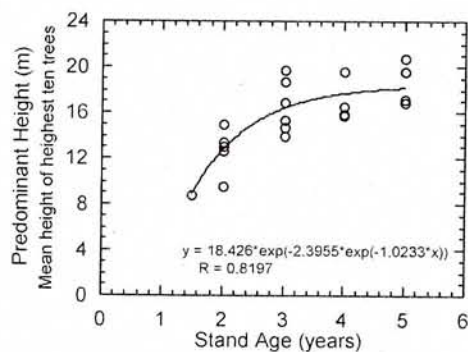
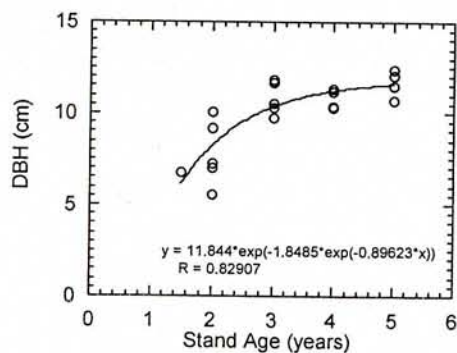


図5 直径成長

図6 樹高成長

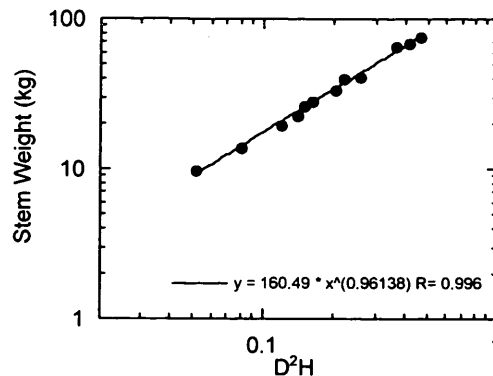


図7 ナコン・ラチャシーマ県における D²H と樹幹重量の関係

以上の結果から、林齢と総重量の関係を示した成長曲線（図8）と収穫予想表（表1）を導いた。これによれば標準的なユーカリ林では、5年生の収穫時には47 ton/haを収穫でき、したがって全期間にわたる平均成長量としては9.4 ton/ha/yと推定された。これは、炭素に換算すれば4.7tC/ha/y、CO₂換算では17tCO₂/ha/yとなる。

表1 収穫予想表

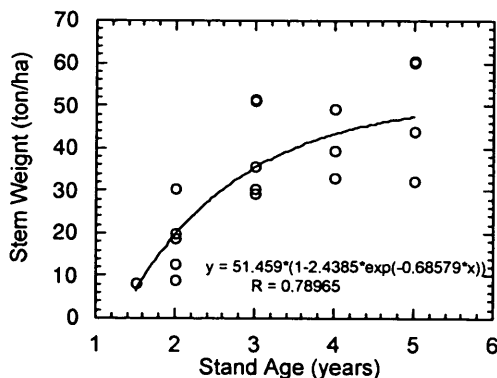


図8 成長曲線（樹幹重量）

Stand Age	Standard Site			
	Weight			Total
years	Stem	Branch	Leaf	
				ton/ha
2	20	2	2	24
3	35	5	3	44
4	43	6	4	53
5	47	7	4	58
6	49	7	4	61

②コンケン県における生産量推定

コンケン県においても同様に20点の林分調査を行った。また、そのうち4点においては伐倒によるバイオマス調査を行った。12本の伐倒調査で得られた36枚の円板の解析から、容積密度は0.575 (t/m³) と算出された。D²Hと総重量の関係は、次式のようなアロメトリー式で適切に表された。同様なアロメトリー式を幹、枝、葉についてもそれぞれ求めた。

$$W = 239.5 * (D^2H)^{0.998}$$

ここで、W：幹枝葉根を含んだ重量、D：胸高直径。

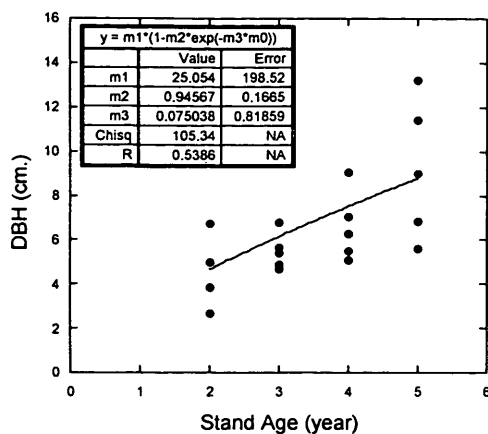


図9 直径成長

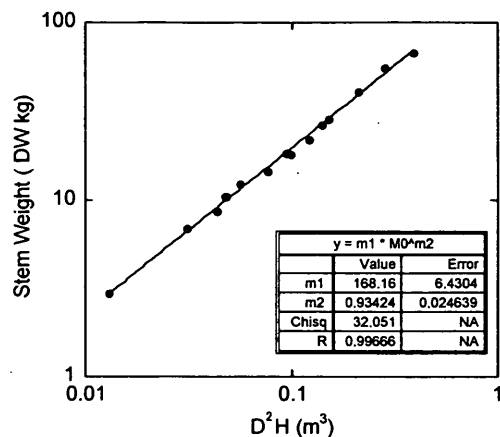


図11 D²Hと樹幹重量の関係

計20林分の林分調査結果から、コンケン県における標準的な収穫予想表（表2）を作成した。これによれば、コンケン県の標準的なユーカリ林では林齢5年生時、樹幹重量31t/haの収穫が見込まれ、全期間の平均成長量は6.2 ton/ha/yと推定された。ナコン・ラチャシーマでは収穫時の総重量は47t/haであり、両者の生産量の差が目立った。実際、現地では成林がままならない林分も見られ、これは地位の違いだけではなく、苗の品質の差が影響しているものと考えられた。

表2 コンケン県のユーカリ林における収穫予想表

Age	DBH(cm)	H(m.)	Dry Weight (ton/ha)			
			Stem	Branch	Leaf	Total
2	4.8	7.6	6.1	0.3	0.7	9.2
3	6.0	11.2	19.2	1.2	1.6	21.7
4	7.4	13.7	27.7	3.2	2.4	32.8
5	8.9	15.1	31.2	6.7	3.1	40.1
6	10.4	15.9	32.5	11.9	3.5	44.2
7	12.1	16.3	32.9	18.5	3.8	46.3

(5) 土地所有者への意向調査

①土地所有規模とユーカリ造林の意向の関係

現地住民の土地所有規模についてはおよそ（1）大規模所有者（30ha以上）、（2）中規模所有者（10-30ha）、（3）小規模所有者（-10ha）の3つに区分された（図11）。大規模土地所有者については抽出された対象者がユーカリ植林を行ったことがあるものに集中してしまったせいもあるが、広い所有面積の内の91%（ユーカリ植林は55%）までを植林に利用していた。また、これらの多くが都市域に居住しており、不在村の経営者であることが分かった。これに対し、農村一般の農民の多くを占めると考えられる小規模所有者については、生計を立てるための田んぼとしての土地利用が全体の平均として69%と最も多くなっており、ユーカリ植林はもともと狭い所有面積の8%程度を占めるに過ぎない。このことからユーカリ植林面積を大きく左右するものとして、所有規模別の土地所有者数についてさらに詳細な調査が必要ではあるが、大規模土地所有者の動向が非常に重要であることが分かった。

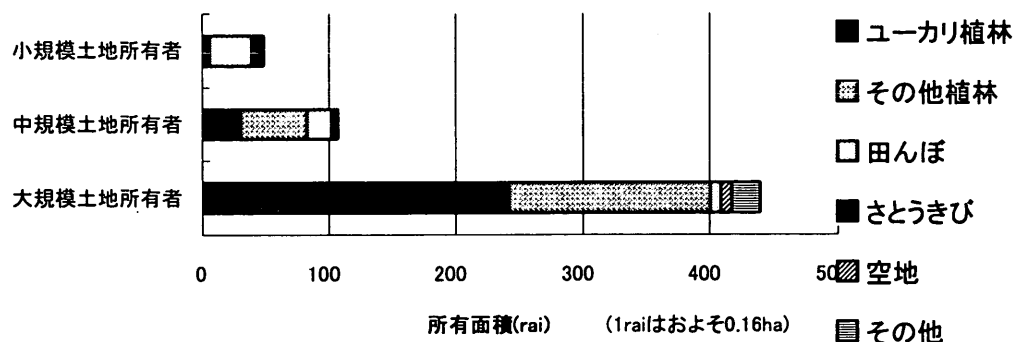


図11 所有規模別土地利用状況

これまでにユーカリが植林された土地の植林以前の土地利用については、キャッサバ植栽地が41.7%と大きな面積を占め、次いでさとうきびやケナフの植栽地がそれぞれ25.0%となった。ケナフについても以前はキャッサバやさとうきびの植栽地であったことを考えると、キャッサバとさとうきび植栽地で大半が占められることになる。この農地からのユーカリ植林地への転用の要因を考えるとキャッサバについては政府の転換奨励策の効果や純粋に農民の間でのキャッサバ植栽は土地を荒廃化させるとの認識の高まりが挙げられる。ケナフについては一時的な人気があったがパルプ原料としての需要の急速な減少がその大きな要因と考えられる。さとうきび植栽地についてはその経済性と不安定性を懸念しての転用と考えられるが、農民の間でもこれに対する見方は様々であり、今のところ拮抗した関係にあると推測され、さらなる調査が必要と考えられた。

土地所有者の今後のさらなるユーカリ植林についての意向についてであるが、これも土地所有規模ごとにはっきりとした違いがあった。まず、小規模土地所有者にとってはこれまでも困難であったように今後もよほどの条件の変化がない限りユーカリ植林の意向は非常に少ないことが明らかになった。一方の大規模土地所有者についてはまだまだユーカリ植林を行いたいという意向があった。しかしながら、大規模土地所有者についても実際に植えることが出来る土地は無くなってきているという意見が多く、これらのことから判断すると、当地域における第一陣の意思決定は終わっているものと考えることが出来る。よって今後ユーカリ植林がさらに拡大していくためには、ユーカリ植林を取り巻く環境（条件）の改善が見られることが必要と考えられた。

②パルプ工場への聞き取り調査

ユーカリ植林地のさらなる拡大を考えた時、その需要の予測が非常に重要となることから、コンケンにあるパルプ工場において需給の現況について聞き取り調査を行った。この結果、当工場においては現在の工場規模ではすでに供給過剰の状況であり、今後ユーカリ植林を経済的に成り立たせていくためにはさらなる需要の開拓が必須であることが分かった。

当工場の過去のデータとしてこの地域には100万ライ（およそ17万ha）が植林されているとされ、平均伐期5年、およその収穫が10ton/raiとして計算すると安定期には200万tonが供給されると予測され、現在の65万tonの利用量から考えると供給の過剰も裏付けられる。

③炭焼き窯経営者への聞き取り調査

以上のような状況の中で当地においてユーカリの炭焼き原料としての販路の開拓が進められていた。買い取ってもらえない小径木や端材などの販路として進められているものであるが、現地においては薪炭材の需要が現在でも大きいことを考えると、重要な販路となる可能性がある。この経済性について炭窯経営者へ聞き取りを行ったところ、1ton当たり833バーツであった。これはユーカリが林地での取引価格で735バーツ/tonであることを考えると中間の差し引きを考慮しても十分販路になり得る水準であると考えられる。今後は薪炭材のこの地域での需要などについてさらなる調査を行う必要がある。

④ナコン・ラチャシーマ県における土地所有者のユーカリ造林意向調査

ナコン・ラーチャシーマ県における25村の52農家・企業に対して聞き取り調査を行った。調査した52農家のうち65%がユーカ리를栽培しており、ユーカリ造林農家は非造林農家に比べて平均30倍の土地を保有していた。すなわち、ユーカリは収穫まで5年を有するため、ユーカリ造林を行うためには、十分な広さの土地を保有している必要があることが分かった。

表3 ユーカリ造林農家と非造林農家の土地利用形態(単位：ライ)

	土地保有 面積平均	ユーカリ 面積平均	キャッサバ 面積平均	サトウキビ 面積平均	ケナフ 面積平均	その他 面積平均
(A)ユーカリ造林農家	528.2	310.7	71.6	35.6	0.1	51.1
(B)ユーカリ非造林農	17.6	0.0	8.2	9.9	0.0	0.0
A/B	30.0		8.7	3.6		

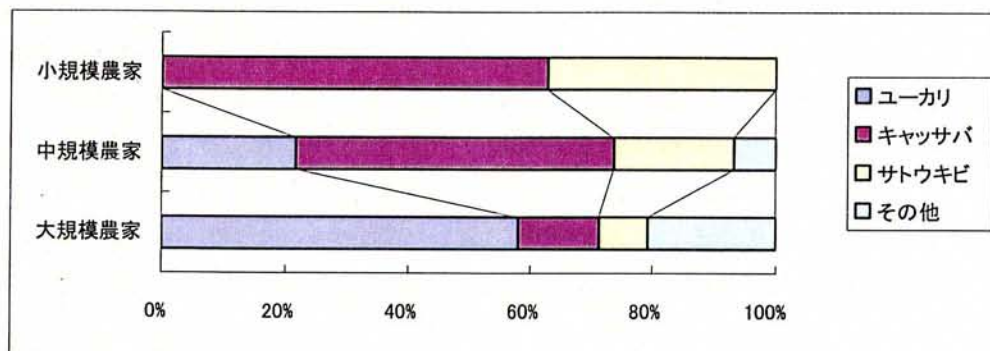


図12 所有規模別の土地利用形態の違い

【傾向1】農民は土地保有面積が大きければ大きいほど、ユーカリ造林に使用する面積を増大させる傾向を持っていることが分かった。検定結果は下記の通り、99%検定水準で有意、修正済み R^2 は94.9%の信頼度を示した。

(1) 観測値52

$$EU = -92.3749 + 0.828159 TL \quad R^2=0.893 \quad (1)$$

(-2.25214) (20.66581***)

(2) 観測値51(植林公社を除く)

$$EU = -15.5322 + 0.430059 TL \quad R^2=0.950 \quad (2)$$

(-1.83555) (30.83641***)

ここで、EU：ユーカリ造林面積、TL=土地保有面積、***99%検定水準で有意。(2)は植林事業を行う植林公社を異常値として除いた51観測値で推定したものである。

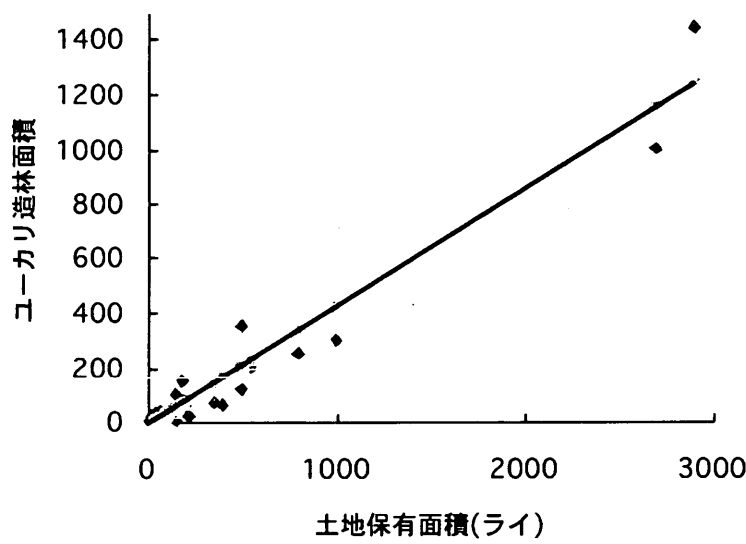


図13 土地保有面積とユーカリ造林面積の関係

【傾向2】小規模農家(土地保有面積<15ライ)は収穫までに時間を要するユーカリを栽培する財政的余裕を持たないことが分かった。小規模農家は天候の不順に抵抗力のあるキャッサバ(62.9%)を主に栽培していた。

表4 小規模農家の土地利用形態

	土地保有面積	ユーカリ	キャッサバ	サトウキビ	ケナフ	その他
保有地合計	35	0	22	13	0	0
平均	11.7	0.0	7.3	4.3	0.0	0.0
%	100.0	0	62.9	37.1	0	0

【傾向3】農民は一般に危険回避者であるため、ユーカリだけを栽培したり、キャッサバだけを栽

培したりすることではなく、複数の農産物を同時に栽培する傾向があった。

中規模農家(15≦x<50)では、農地の23%をユーカリに、キャッサバを56%, サトウキビを21%、大規模農家(x≧50)では、農地の58%をユーカリ, キャッサバを13%, サトウキビ8%、という土地利用の多様性をもつことにより、天候の不順や価格変動, 労働市場(労働入手困難)から起こりうるリスクを分散していることが分かった。同時に傾向1に示されるように、大規模農家(ユーカリ58%)は小規模農家(ユーカリ23%)よりもより多くの土地をユーカリ造林に利用する傾向があった。

表5 中規模農家の土地利用形態

	土地保有面積	ユーカリ	キャッサバ	サトウキビ	ケナフ	その他
保有地合計	499	117	282	106	5	31
平均	26.3	6.2	14.8	5.6	0.3	1.6
%	100.0	23.4	56.5	21.2	1.0	6.2

表6 大規模農家の土地利用形態

	土地保有面積	ユーカリ	キャッサバ	サトウキビ	ケナフ
保有地合計	18,021	10,446	2,408.6	1429.4	0
平均	600.7	348.2	80.3	47.6	0
%	100.0	58.0	13.4	7.9	0.0

⑤ナコン・ラチャシーマ県における造林可能地の推定

1993年の農業センサス³⁾⁴⁾のデータを利用して、土地所有規模別の戸数および面積の全体に占める割合をグラフ化したところ図14のように表された。図14から、所有規模が最も低い0-15ライのグループが占める個数割合は47%と最も多いものの、面積割合では12%にすぎず、面積割合で最も多い15-50ライのグループは43%を占めていることが分かった。このように、所有規模別に具体的な面積割合が数値として明らかとなった。

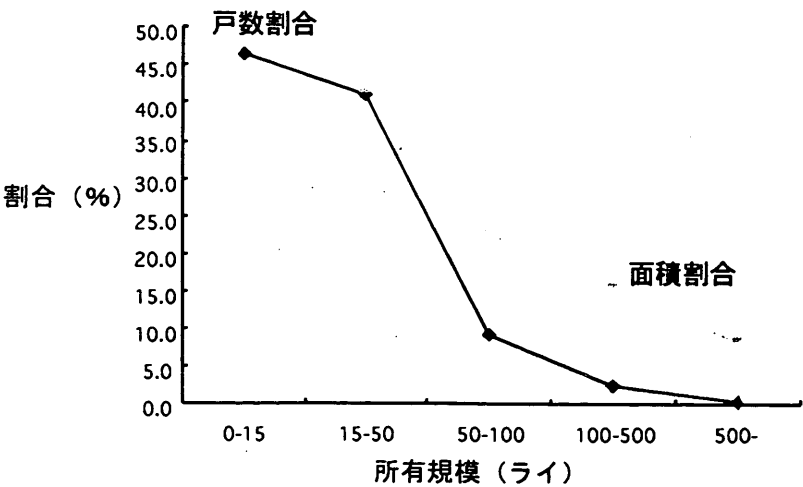


図14 所有規模別割合戸数および面積割合

先に土地保有面積とユーカリ造林面積の関係が(1)式として得られている。したがって、土地所有クラスごとの全体に占める面積割合と土地所有クラスごとのユーカリ造林への利用可能割合を算出し、これをかけあわせたものを以下の(3)式のように集計すれば全体の利用可能割合が推定できる。

$$\text{全体に占めるユーカリ造林可能割合} = \Sigma (\text{所有クラス別面積割合}) \times (\text{クラス別利用可能率}) \quad (3)$$

その結果、表7に計算表を示したように、ナコン・ラチャシーマ県においては農地のうち13.7%がユーカリ造林に利用可能であると推定された

表7 ユーカリ造林可能割合の算出

所有クラス から	戸数	面積	戸数割合	面積割合	所有クラス 平均所有面積	ユーカリ 造林面積	ユーカリ造林 利用可能率	総面積に占める ユーカリ造林の割合
0	2	41742	16395	4.47	0.07	1	-15.1	0.0
2	3	80720	198692	8.64	0.82	3	-14.2	0.0
4	5	82738	383546	8.86	1.59	5	-13.4	0.0
6	7	50362	327330	5.39	1.36	7	-12.5	0.0
8	9	41751	349349	4.47	1.45	9	-11.7	0.0
10	14	138109	1541487	14.79	6.39	12.5	-10.2	0.0
15	19	88117	1429278	9.43	5.92	17.5	-8.0	0.0
20	24	97132	2030434	10.40	8.42	22.5	-5.9	0.0
25	29	54690	1425906	5.86	5.91	27.5	-3.7	0.0
30	39	92688	3005806	9.92	12.46	35	-0.5	0.0
40	49	53703	2278666	5.75	9.44	45	3.8	8.5
50	59	39882	2065399	4.27	8.56	55	8.1	14.8
60	79	33855	2239023	3.62	9.28	70	14.6	20.8
80	99	14083	1203389	1.51	4.99	90	23.2	25.7
100	139	12718	1404932	1.36	5.82	120	36.1	30.1
140	179	3941	607219	0.42	2.52	160	53.3	33.3
180	249	3446	703399	0.37	2.92	215	76.9	35.8
250	499	2916	949498	0.31	3.94	375	145.7	38.9
500	1431	1968070	0.15	8.16	500	199.5	39.9	3.25
計	934024	24127818	100.00	100.00		総計		13.70

⑥ユーカリ造林選択の条件

現地での聞き取り調査から得られた具体的数値を用い、ユーカリ収穫物の買い取り価格や割引率を変化させながら、それぞれのケースでのユーカリ造林の年当たり利潤を算出し表8に示した。また、サトウキビ、キャッサバ、トウモロコシといった競合する農産物生産の年間利潤を表9に示した。

これらの比較から、現状のコスト、価格においても確実にユーカリ収穫物の市場があれば、収支の面からは土地利用の上で競合する他の農業生産の単位当たりの利潤と比較しても、価格および収穫の安定性やコストが少なくすむことから、ユーカリ造林は選択されうる水準であることが明らかとなった。しかしながら、最低でも850B/tonの価格水準を維持する必要がある。

表8 ユーカリ造林の年当たり利潤
(r=割引率)

	ケース1	ケース2	ケース3
総コスト	2,200	2,200	2,200
価格(Baht/ton)	850	850	1000
収穫(ton/rai)	12	15	15
r=0%	1000	1360	1810
r=5%	759	1055	1426
r=7%	678	953	1296
r=10%	570	816	1124

表9 農産物生産の年間利潤

	サトウキビ	キャッサバ	トウモロコシ
年間支出	2400	1140	2800
年間収入(良)	4329	2938	4956
年間収入(平均)	3410	2086	3850
年間収入(悪)	2590	1352	2875
年間利潤(良)	1929	1798	2156
年間利潤(平均)	1010	946	1050
年間利潤(悪)	190	212	76

しかしながら、1) に示したように現状においては当地域におけるユーカリの需要は供給過剰になりつつあり、単にユーカリ造林を推進すると現在のユーカリ材の市場を混乱させるおそれ大きい。したがって、ユーカリ造林の推進はユーカリのバイオマス・エネルギーとしての利用など市場の拡大を同時に進行させる必要がある。

このように、ユーカリのバイオマス・エネルギーとしての利用を進めるなどの市場の開発を進め、単位当たりの価格水準を最低で850Baht/tonで支持できた場合、当該地域においては農地面積の13.7%までがユーカリの造林地として利用することが可能と推定された。

(6) ナコン・ラチャシーマ県における供給可能量の評価

図1で示された供給量ポテンシャル評価のためのフレームワークに従い、ナコン・ラチャシーマ県において具体的な評価を行った。まず、GISによる解析から、塩分の影響を受けていない農地・草地は716千haであった。次に社会経済学的な調査から、推進策がなされれば、その13.7%がユーカリ造林に供されるものと推定された。

以上の結果から、当県においては、98千haが造林可能面積であり、92万t/yの生産ポテンシャルが推定された。これは、炭素換算で46万tC/y、二酸化炭素換算で169万tCO₂/yに相当する。

5. 本研究により得られた成果

早生樹種の造成によるバイオマス供給量のポテンシャルを、より高い精度で推定する手法を構築することを目的とし、供給可能量評価手法を開発し具体的な推定値を得た。当手法は、土地利用と塩分土壌の分布から造林の対象となる農地を抽出し、さらに社会経済学的な調査から利用可能な農地面積を推定し、これに林分調査から推定された単位面積あたりの生産量を乗じて供給可能量を推定するものである。

まず、土地利用図と塩分土壌図のGIS解析により、塩分の影響を受けていない農地・草地は716千haであった。次に、社会経済的調査から所有面積とユーカリ造林面積の関係を表す回帰式と、センサスから得られた所有規模別土地所有面積割合から、ナコン・ラチャシーマ県においては農地のうち13.7%がユーカリ造林に利用可能であると推定された。また、林分調査から平均生産量は9.4t/ha/y、炭素換算で4.7tC/ha/yであった。これらの結果から、当県においては98千haが造林可能面積であり、生産ポテンシャルは92万t/y、炭素換算で46万tC/yと推定された。

さて、ユーカリ材の需給の現状からすると、タイ東北部における需要は飽和しつつあり、パル

ブ原料以外の需要の掘り出しが急務である。このことは、現状の需給構造の上での造林は供給過剰をもたらすものであり、新規需要の開拓が必要を意味する。CDMを狙った造林は、その一方で木質系バイオマス・エネルギーによる需要開拓を行うことで初めて一貫性を持つものと考えられる。

当評価手法は、具体的なCDM事業を想定しユーカリ造林に注目したものであったが、従来行われていたような土地利用や造林条件による造林利用可能面積を推定するだけではなく、社会経済的な調査を加えることにより、より現実的な利用可能面積を推定するという特徴を持つ。対象地域や対象森林により適地抽出の条件など若干の修正が加えられるものと考えられるが、社会的経済的な調査を加味するという当手法の基本的な考え方は、一般的な評価手法として利用可能であると考えられる。

6. 引用文献

1) 国土地理院, 地球地図ホームページ,

<http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gsi/main.html>

2) Department of land development, UN Mekong secretariat, Distribution of salt affected soils in Korat plateau, 1994

3) National statistical office , 1993 Agricultural census, Central region

4) National statistical office , 1993 Agricultural census, Northern region

7. 国際共同研究等の状況

当研究課題はタイ王室林野局との共同研究であり、タイ側から2人の専門家がカウンターパートとして参画した。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表(学術誌・書籍)

<学術誌(査読あり)>

① 松本光朗、森林情報の現状と将来、日本森林計画学会誌、35、81-86、2001

<学術誌(査読なし)>

① 松本光朗、林業統計を利用した炭素蓄積推定手法の改善、林業技術、716、18-19、2001

② 松本光朗、森林GISの現状と課題、林業技術、732、8-11、2003

<書籍>

① 松本光朗、森林は地球の温暖化を防ぐためにどんな働きをしているのだろう、森と木の質問箱(林野庁監修)、26-27、日本林業技術協会、2002

② 松本光朗、地球温暖化と森林、木の家づくり(林業科学技術振興所編集)、216-218、海青社、2002

<報告書類等>

① 松本光朗、森林情報を基礎とした炭素の吸収・貯留量の評価と森林施業の影響、地球温暖化防止のための効果的な森林整備に関する調査報告書、4-50、林野庁、2002

② 松本光朗、多様な間伐に対応した収穫予測技術の活用、地域資源の循環利用に資する間伐

等に関する調査報告書、38-50、林野庁、2002

(2) 口頭発表

Suchat Kalyawongsa, Mitsuo Matsumoto, Construction of yield tables for Eucalyptus plantation in Northeastern Region, Thailand, Journal of Forest planning (平成15年度発表予定)

(3) 出願特許

なし。

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし。

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

代表担当者のうち松本は、IPCCグッドプラクティス・ガイダンス（土地利用、土地利用変化及び林業）の京都議定書に関わる章の執筆者として活動しており、本研究で得られた知見を背景に執筆作業を進めている。