

地域産業における竹資源活用の 環境・経済性評価 - 兵庫県淡路地域におけるケーススタディ -

池野 優子¹・松井 孝典²・加藤 悟³・町村 尚⁴

¹大阪大学大学院工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

E-mail: yuko.ikeno@ge.see.eng.osaka-u.ac.jp

²正会員 博 (工) 大阪大学助教 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 (同上)

³正会員 博 (学術) 大阪大学准教授 大学院工学研究科附属

サステイナビリティ・デザイン・オンサイト研究センター (同上)

⁴非会員 博 (農) 大阪大学准教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 (同上)

現在竹林の放棄が進み、様々な問題が生まれている。そこで本研究では、竹林の適正管理を支援する事を目的として、竹林に対するアプローチとその竹林管理手法を示し、竹林管理手法ごとに得られる竹原料の推計モデルの構築と資源特性にあわせた利用オプションの評価を行い、その社会・環境的評価を行った。結果、これによって各アプローチ、各管理手法を選択したときの影響予測が可能となり、竹林管理のアプローチごとの効果を示すことで意思決定に資する支援ツールを提供した。

Key Words :Bamboo, local management, multiple analysis, decision-making

1. 研究の背景と目的

現在、放置竹林が問題になっている。かつて竹林は竹材や筍生産のために栽培されたが、1960 年代以降の木質から化石燃料へのエネルギー源転換や、農山村の人口流出といった社会状況の変化により里山利用が減少、加えて価格の安い海外産の筍や竹材の輸入に伴い、竹林は放置されていった。放置された竹林は時間と共に分布を拡大、多くは竹の単純植生となって生物多様性の低下をもたらす上、竹林の炭素貯蔵量は森林と比べて低い。また、地滑りがおこりやすい、保水機能が低く水源涵養機能が低い等、竹林は広葉樹林に比べると調整サービスが低い。竹林は概ね人里近辺にあるが、筍や地下茎が猪の餌となりやすいため、農作物への獣害影響も発生している。栽培品種である竹の需要が減少した今、駆逐すべきだとする意見もあるが、成長の早い竹は再生産可能なバイオマスとして有効な資源であり、活用すべきだという意見もある。竹を駆逐するか活用するか意志決定には竹資源の隠れた環境・経済的価値を明確にする必要があり、持続的に生態系サービスを受け取るための多面的評価が必要である。

よって本研究では地域の竹林管理についての意思決定

を支援するために、竹林管理のための環境・経済評価を通した支援ツールの開発を行う。具体的には、アプローチ別竹林管理計画とそれぞれのアプローチにおける竹資源利用量推計モデルを構築し、竹資源の利用オプションの多次元評価を行う。最後に兵庫県淡路地域を用いたケーススタディを行い、需要と供給の釣り合いから、資源利用オプションの傾向を示す。

2. 竹林管理のアプローチ設計と管理手法の体系化

まず、エコシステムアプローチに定められるように、竹林管理は地域の人々の意思決定に関わる問題である。そこで第 1 に竹林管理の将来設計についてのアプローチの設計を行う。竹林については、大きく分けて駆逐、持続利用、放置の 3 つのアプローチがある。各アプローチでは、実際の竹林管理について、表-1 に整理する。

表-1 アプローチと管理方法の対応

	皆伐	択伐	輪伐	育成	(間伐)
駆逐	○				
持続利用		○	○	○	(○)
放置	—	—	—	—	—

(1) 駆逐アプローチ

竹林は迷惑で公益も低いと見做され、排除するというアプローチがあり、以下では駆逐アプローチと呼ぶ。メリットは、竹林を皆伐することで継続的な竹林管理のコストがなくなることで、また竹林が拡大するリスクが消えることがある。また、潜在植生である森林に戻すことで、炭素貯蔵量の増加や生物多様性の増加を見込むことができる。デメリットは皆伐のコストが大きいことである。

主目的は竹をなくすことであり、皆伐による管理が最適であると考えられる。この伐採方法では、伐採コストは他と比較して最小となるが、短期間に大量に出る不揃いかつ低質な竹材をいかに処分するかが課題となる。

(2) 持続利用アプローチ

竹の活用に金銭的、社会的な便益があるが、周辺の社会的・自然的環境の限界を考慮し、現在進んでいる竹林の増加を止め、持続的に利用するというアプローチがある。ここで、社会的環境の限界とは竹に関する需要が比較的小さい場合や竹林が他人の土地へ侵入して迷惑になる場合等であり、自然的環境の限界とは水土保全、炭素貯蔵、生物多様性、獣害等の問題が生まれる場合である。これを以下では持続利用アプローチと呼ぶ。このアプローチのメリットは持続的に竹資源を得られること、竹林に由来する文化の保全、地域産業の振興、食料やエネルギー自給率向上・安全保障等の波及効果があることである。デメリットは継続的な管理や、継続的に竹資源の活用方法を見つける必要があることである。

持続利用アプローチでは、択伐、輪伐、育成が想定される。高質の竹材を求める資源利用オプションの場合、竹林に入り、竹林密度を考慮しつつ得たい質の竹を選び

ながら伐採する択伐が望ましい。この場合、竹林密度は生産される稈の太さに応じて、5,000~12,000 本/ha に維持される¹⁾。竹材確保と竹林整備の両方が同時に行われるメリットがあるが、手間とコストは高くなるというデメリットがある。輪伐とは数年周期で特定の場所の竹を伐るスタイルである。そして筍を持続的に得たい場合は竹に肥料を与えつつ、約 3,000 本/ha の竹密度になるよう間伐するという育成が行われる。

(3) 放置アプローチ

竹林拡大の被害はあるが、竹林に手をかけるコストを考えればそれは小さく、放置することが最も良いというアプローチである。現状では BAU のアプローチともいえ、以下、放置アプローチと呼ぶ。メリットは竹林の管理コストはかからないことである。デメリットは現在の竹問題に等しい。

3. 竹林管理手法の評価

上記のアプローチの選択においては、竹林管理手法ごとの実行可能性や有効性の評価を行うことが極めて重要であるため、以下に駆逐の際に実行される皆伐、持続利用の際に実行される輪伐・択伐の利用可能竹資源推計モデルを示す。図-1 に、皆伐と輪伐の模式図を示す。竹林放置に関しては、輪伐、択伐、間伐の伐区面積が 0 となる特殊解であるため省略する。なお、以下のモデルでは、竹林の初期状態は年齢級が混在している放置竹林を設定しているが、初年度の伐採は考慮しないものとする。

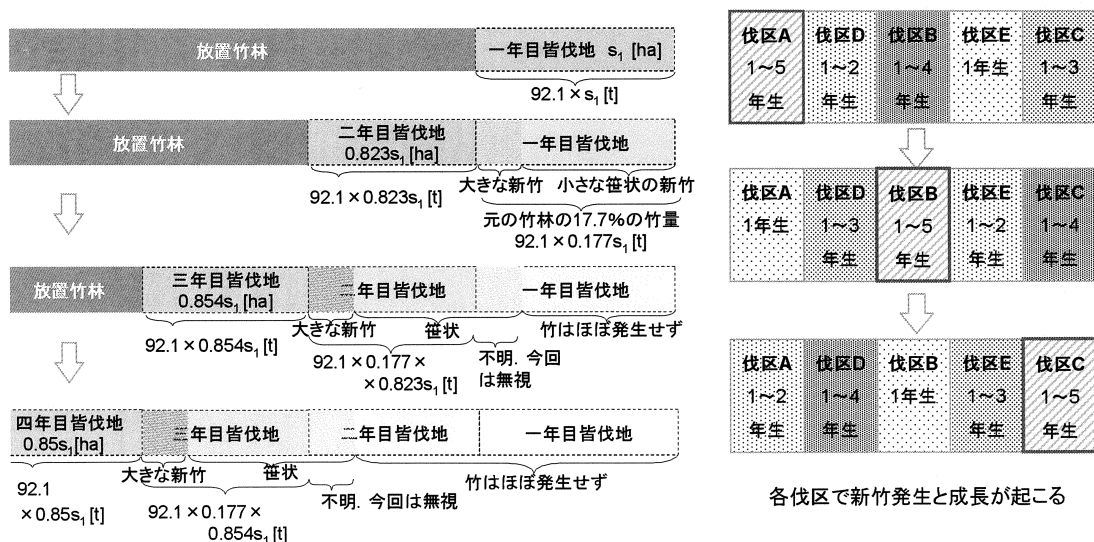


図-1 竹林伐採模式図 (左: 皆伐 4 年分, 右: 輪伐 3 年分)

(1) 竹材利用可能量

a) 竹材資源利用原単位のベースラインの算出

放置モウソウチク林の地上部現存量は約 100t~280t/ha の広い範囲にあるが²⁾、今回はその中央値である 170t/ha を用いる。また、モウソウチクの稈が全体重量に占める割合は 84%であるため³⁾、稈の現存量は 121.4t/ha となる。モウソウチクの含水率は湿量基準で 40%であることから³⁾、全体乾燥重量は 102dwt/ha (稈のみ 85.7dwt/ha) となる。一方、マダケの地上部現存量は 103.8t/ha (稈のみ 85.5t/ha)⁴⁾、含水率はモウソウチクと同様とすると、62.3dwt/ha (稈のみ 51.3dwt/ha) となる。本来竹林分布に地域特性はあるが、本研究では日本全体のモウソウチク：マダケ=3：1 という比率⁵⁾が一定であると仮定し、また竹林の外周への空間的な拡大分は地域依存性が大きいために無視する。よって竹資源利用原単位は 92.1dwt/ha、稈のみ用いる場合は 77.1dwt/ha と推定される。以下では、このベースラインを基に、管理方法別の竹資源利用原単位を算出する。

b) 皆伐における利用可能竹材量推計モデル

駆逐アプローチにおける皆伐について述べる。竹の駆逐には少なくとも二年かかる⁶⁾。駆逐の場合、1 年目の皆伐跡地には元の竹林に対して、モウソウチクで 11.9%、マダケで 19.6%の竹が再生する⁷⁾。同時にその他の草木も発生し混交林となるが、草木は残しながら竹のみを択抜することが駆逐には効果的である。よって、初年度の伐区面積当たりの竹資源利用原単位は放置竹林の地上部現存量における原単位と等しいが、次年度からは異なる。マダケとモウソウチクを加重平均すると、モウソウチク・マダケ混合竹林の再生率は 17.7%となる。t 年度目に新たに手を入れる放置竹林の面積を s_t とおく。常に同量の竹材を得ようとすると、t+1 年目に新たに手を入れる放置竹林面積は次式で表される

$$s_{t+1} = (1 - 0.177s_t)s_t \quad (1)$$

s_t は 0.85 s_1 に漸近する。よって 1 年あたり伐区面積は 1.7 s_1 とおける。これを標準年伐区面積 s とおく。また、この伐採方法はストックを減少させながら非持続的に利用するモデルであり、管理計画対象面積を S とすると、年伐区面積 s は皆伐を達成する伐採期間 T に応じた値となる。ここで管理計画対象面積 S とは、人が当該管理手法で管理する計画を立てた面積であり、ある年内で手を入れなくても、将来的に手を入れたと想定されている面積をさす。また初年度は 92.1dwt/ha (稈のみ 77.1dwt/ha) であるが、2 期目以降は毎年収穫される竹資源は放棄竹林の竹材と皆伐後再生した笹上の竹の混合となるため、利用可能な資源量はベースラインより小さくなる。1.7 s_1 の面積で、 s_1 分の蓄財を得ているため、ベースラインに 1/1.7 を乗じたものとなる。全期間共通でこの 54.2dwt/ha/年 (稈のみ 45.3dwt/ha/年) を用いる。

$$F = K_c s \quad (2a)$$

$$s = S \div (2 \times 0.85T) \quad (2b)$$

K_c : 皆伐時竹資源利用原単位

(全量 54.2 [dwt/ha/年], 稈のみ 45.3 [dwt/ha/年])

F : 年間竹材資源フロー量 [t/年]

s : 年伐採対象面積 [ha/年]

S : 管理計画対象面積 [ha]

T : 伐採時間 [年]

c) 輪伐における利用可能竹材量推計モデル

竹は通常 4~6 年で収穫されるので⁸⁾、輪伐期を 5 年と設定する。施行方法は皆伐と同じだが、5 年周期で伐竹の場所を変えながら持続利用することになる。この場合、当該伐区で再生した竹と周辺からの伐区内への拡散分によって、1~5 年生の成竹を常に伐採するため、ベースラインと同様の 92.1dwt/ha (稈のみ 77.1dwt/ha) となる。ただし、管理対象竹林面積が S であるとする、年伐区面積 s は S の 5 分の 1 であり、0.2 S が制約条件となる。

$$F = K_R s \quad (3a)$$

$$s = 0.2S \quad (3b)$$

K_R : 輪伐時竹資源利用原単位

(全量 92.1 [dwt/ha/年], 稈のみ 77.1 dwt/ha/年)

F : 年間竹材資源フロー量 [t/年]

s : 年伐採対象面積 [ha/年]

S : 管理計画対象面積 [ha]

d) 択伐における利用可能竹材量推計モデル

択伐を行う場合、竹林から年間の枯死分と増加分を伐採し、枯死もさせず増加もさせないことで面積を維持する。この場合には毎年混生のない 5 年生の成竹のみが安定供給される。マダケ林とモウソウチク林の地上部純生産量から⁹⁾、全量で 20.3 dwt/ha/年 (稈のみ：11.2 dwt/ha/年) の優良な竹資源が持続利用可能であるとする。

$$F = K_s s \quad (4a)$$

$$s = S \quad (4b)$$

K_s : 竹資源利用原単位

(全量 20.3dwt/ha/年, 稈のみ 11.2dwt/ha/年)

F : 年間竹材資源フロー量 [t/年]

s : 年伐採対象面積 [ha/年]

S : 管理計画対象面積 [ha]

択伐では管理するという計画を立てた面積全域に、毎年人手が入り、竹林伐採管理を行う。そして広範囲に分散している良材を伐ることになるため、他の手法に比べて原単位は小さくなる。

e) 間伐における利用可能竹材量推計モデル

間伐は混交区と作業はほぼ同様だが、間伐は竹密度の維持を優先しており、竹材は副産材である。よって純一次生産から伐採量を考える択伐とは異なり、伐採本数は求める竹密度から判断される。よって面積あたりの竹密度 A 本/ha とすると、利用可能竹材量は A の関数となる。

今回は筍林を目的とした間伐のみを評価するため、筍の育成に適した竹密度 3,000 本/ha を、5 年生を択伐しながら 1～5 年生が 20% ずつのバランスになるように維持する管理方法となる。また、竹は 30dwkg/本であるため、管理対象面積を S とすると次式が成り立つ。

$$F = 0.2K_r S \quad (5)$$

K_r : 間伐時竹資源利用原単位

(全量 $3000 \times 30 \div 1000$ [dw/ha/年],

稈のみ $0.84 \times 3000 \times 30 \div 1000$ [dw/ha/年])

F : 年間竹材資源フロー量[t/年]

S : 管理計画対象面積 [ha]

(2) 竹林管理手法別のコスト評価

同じ作業条件下で算出された、皆伐区と混交区の 1ha あたり伐採・集材コスト計算例を表-3に示す¹⁰⁾。ここで混交区とは天然林への拡大竹林(竹混交率 77.7%)であり、広葉樹も存在する。ただし、この表での皆伐区の 1ha は本研究の年伐区面積であり、混交区は管理対象面積であることに注意が必要である。

a) 皆伐にかかるコスト (C_c)

竹駆逐のためには、前年度皆伐区から発生した竹以外の草木は残しながら竹を択伐することが効果的である。よって、次年度における前年度皆伐区の管理には、竹林の皆伐に加えて、拓伐のコストが必要である。

$$C_c = \left\{ 2,313,958 \times \frac{0.85}{1.7} + 4,610,792 \times \frac{0.85}{1.7} \right\} S \quad (6)$$

b) 輪伐にかかるコスト (C_R)

輪伐の場合には択伐の必要がないため、伐区面積を皆伐した場合のコストに等しい。

$$C_R = 2,313,958S \quad (7)$$

c) 択伐にかかるコスト (C_S)

択伐は、経済的に成り立たないとしてコストを算出したデータがほぼないため、作業内容が近い混交区の管理にかかるコストと同値であると仮定する。

$$C_S = 4,610,792S \quad (8)$$

d) 間伐にかかるコスト (C_f)

作業内容は択伐と変わらないが、利用可能竹材量が択伐の竹材量と異なれば、それに依じてコストは異なる。コストは竹材量に比例すると考えられるので、次式が成り立つ。本研究では間伐は筍林の間伐のみを扱うので、

表-3 1ha あたりの伐採にかかる現地実測データによるコスト算出(山口県報告より¹⁰⁾)

	伐採経費 [円/ha]	集材経費 [円/ha]	その他 [円/ha]	総経費 [円/ha]
皆伐区	432,667	1,854,167	27,124	2,313,958
混交区	865,333	3,711,458	34,001	4,610,792

$A=3,000$ となる。

$$C_r = 4,610,792 \{ (0.2 \times 30A + 1000) \div 20.3 \} S \quad (9)$$

4. アプローチ別の資源管理オプションの評価

各アプローチで得られた資源の利用可能オプションを表-2に示す。皆伐では得られる竹材は幼竹、成竹が混在し、質が一定ではないため、竹材の質を問わず、ある程度大量の竹材を必要とする資源利用オプションである必要がある。輪伐で得られる竹の材質は、5 年生未満の竹で構成され、皆伐よりやや質が良いが、択伐には及ばない。筍林の間伐で得られた竹材は、肥料を与えているためにやや弱く¹¹⁾、竹材の強度が必要な利用用途には向かない。このように、得られる竹資源の質を考慮し、管理方法に応じた利用オプションの取捨選択が必要になる。

評価を地域計画に資するものにするためには多様な属性の利用オプションごとの評価が必要であるため、本研究では①生物多様性影響、②低炭素効果、③経済性の視点から評価する。ただし生物多様性影響は、利用方法による生物多様性への大きな影響変化はなく、全利用オプションで共通である。具体的な評価指標としては、②は炭素貯蔵効果(図-2)と LC-CO₂、③は経済効果とする。炭素貯蔵効果とは、バイオマス製品を長期間使うことによって、その製品が蓄積している炭素を固定し、大気中の二酸化炭素を増やさないという効果である。

また、以上の評価結果を表-4に纏めた。

(1) 駆逐・持続利用の共通で利用可能なオプション

a) 竹パルプ

パルプには竹の全量を用いる。一般的に 1g のパルプを作るためには約 6cm³ の丸太が必要だとされる¹²⁾。竹の気乾比重は 0.76g/cm³ であることより¹³⁾パルプの生産量が算出される。また炭素貯蔵については、パルプ固有の値

表-2 竹林資源管理のアプローチと竹林資源利用オプションの質の評価

		建材	竹炭 土壌改良	竹炭 小物	筍	竹 パルプ	竹飼料	バイオ エタノール
駆逐	皆伐	×	○	×	—	○	○	◎
	輪伐	×	○	×	—	○	○	○
	択伐	◎	○	◎	—	○	○	○
持続利用	筍育成	—	—	—	○	—	◎残渣利用(今回は扱わず)	—
		間伐材	×	○	×	—	○	○

◎:得られる材と製品が求める質が適切, ○:可能, △:可能だが製品の質が悪い, ×:不可能

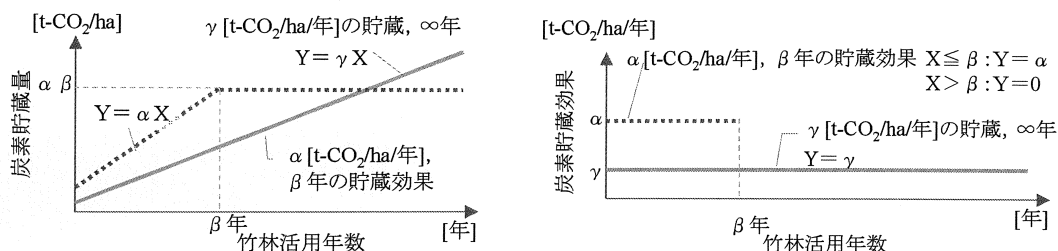


図-2 持続的に資源利用をした場合の炭素貯蔵効果

がないため、紙の値で代替する（半減期 3 年¹⁴⁾）。炭素含有率についても紙の平均値 41.07%を用いる¹⁵⁾。LC-CO₂は竹パルプのものは存在しないため、木由来の新パルプの値で代用する¹⁶⁾。経済効果については産業連関表のパルプ類の国内生産額を t あたりで割り、242,040 円/t を得た。これを竹林 1 ha 当たりの竹パルプで考える。

b) 竹ペレット（飼料）

飼料は愛媛県内子町の、「内子町バイオマスエネルギー活用調査事業報告書」¹⁷⁾の竹ペレット飼料を参考に、竹ペレットに換算した。炭素貯蔵については、ペレットの使用期限は3ヶ月から1年程度であり、炭素循環の周期が早く、経年的な炭素貯蔵効果は期待できない。一方 LC-CO₂ は内子町におけるペレット製造は、木質ペレットと同じプラントで作るとされているため、木質ペレットの値で代替する。旭川の事例ではあるが¹⁸⁾、木質ペレット 1t 製造あたり CO₂ 排出は 117kg であることから、算出した。竹ペレット生産にかかるコストが 25 円/kg であり、その内 10 円が人件費であることから、経済効果と雇用創出効果が算出される。

c) 竹炭（土壌改良用）

竹炭には稗しか用いることができない。製炭温度によって収炭率は大きく異なるが、今回は土窯もしくは工業用窯を想定し、28%とした¹⁹⁾。炭素貯蔵効果については、土壌改良用としては竹炭を1年に一度撒き、その都度消費されていると想定し、今回は無視する。LC-CO₂ だが、生物資源由来の CO₂ 排出はカウントせず、経済産業省のバイオ燃料の LC-CO₂ 評価²⁰⁾では、プラント建設を考慮されていないため、本研究では輸送の CO₂ のみを計上すると、駆逐アプローチで 0.30t-CO₂/ha/年となり、誤差を考えると無視できると判断できる。価格は植物質肥料で代替し、2005 年産業連関表の部門別品目別国内生産額表の 28,810 円/t の値を用いた。

d) バイオエタノール

静岡大学（2008）によれば、コスト 100 円/ℓ で、竹全量 1t からエタノールを 110ℓ 生産するとされる²¹⁾。ガソリンを代替すると仮定し、ガソリンと液体バイオマス燃料の発熱量がそれぞれ 34.6MJ/ℓ、23.9MJ/ℓ であることから²²⁾、ガソリン換算量を算出する。バイオエタノールは

化石資源を代替することから、代替分の CO₂ を永久に貯蔵する。ガソリンの炭素排出係数が 18.29t-C/TJ であることから²³⁾、貯蔵量が求められる。竹由来の LC-CO₂ もデータが存在しないため、廃木材由来のバイオエタノール製造の LC-CO₂ のデータを参考に²⁰⁾、10.1~23.1kg-CO₂/GJ とした。経済効果はコストが 100 円/ℓ であることから求め、ガソリン換算（150 円/ℓ）販売価格とした。バイオエタノールを機能面から評価し、ガソリンと同等の価格で販売すれば、赤字になることが分かる。

(2) 持続利用アプローチでのみ可能なオプション

a) 筍生産

筍生成を目的とした竹林の場合、竹密度を 3,000 本/ha として管理することになり、この場合、9,000kg/ha の発筍量が見込まれる²⁴⁾。筍の消費は生で 2、3 日（瓶詰め 3 年）程度であり、炭素貯蔵は考えられないものとする。竹林 1 ha 当たり筍生産にかかる LC-CO₂ は、5.42 t-CO₂/ha/年となる²⁵⁾。経済効果は産業連関表単価から、筍（生）241 円/kg を元に求め、粗収入はそこから肥料価格（15~20 円/m²）²⁶⁾を差し引いたものとした。

b) 竹炭（小物用）

部屋に調湿用として置く竹炭のような、輸出可能な程の高質の竹炭の生産を想定する。この場合、その生産過程は土壌改良用と同様である。高質の竹炭についての製品寿命等のデータが存在しなかったが、部屋の小物としての寿命を考えれば、数年以上は炭素貯蔵が可能だと考えられる。竹炭の炭素含有量は 87.47%であることから²⁶⁾、炭素貯蔵量が求められる。輸出統計によれば、竹炭価格は 1,139 千円/t である²⁷⁾ことから経済効果が求められる。

c) 建材

竹の建材利用の場合には、圧縮加工によって厚さ 15mm のフローリング材を作る。建材の歩留まりは 10%~70%と大きく異なるが²⁸⁾²⁹⁾、今回は中央値付近の 30%を採用する。建材として利用可能であるのは稗のみであり、製材の水に対する比重を 1.03 とすると³⁰⁾、建材量が求まる。木材建築物の半減期は 35 年であり¹⁴⁾、竹の炭素比重は 0.372 である³¹⁾ことから、建材利用による炭素固定量が算出される。製造までの LC-CO₂ は、竹の建材

表-4 アプローチ別利用オプションの多次元評価

			生物多 様性影 響	自給影 響	資源量[単 位/ha/年] 数量 単位	炭素貯 蔵時間	竹林面積あ たり炭素貯 蔵効果 [t-CO ₂ /ha/年]	竹林面積あ たり LC-CO ₂ [t-CO ₂ /ha/年]	CO ₂ 金額換 算[円] (1,450 円/t- CO ₂ の時)	加工プロ セスの経 済効果[千 円/ha/年]	伐採・集 材コスト [千円/ha/ 年]	備考		
駆逐	皆伐	パル プ	↗		11.9	t	3 年	17.9	2.8	4,099	615	3,462		
持続	輪伐		→		121.0			30.4	4.8	6,969	1,046	2,314		
	択伐		→		26.6			6.7	1.1	1,535	230	4,611		
	筍間伐		→		23.6			5.9	0.9	1,362	205	4,088		
駆逐	皆伐	竹飼 料	↗	○食 料	90.3	3 ヶ月 ～1 年		10.6	15,316	2,257	3,462	雇用創出 効果 [千円/ha/年]	903	
持続	輪伐		→		153.5			18.0	26,036	3,837	2,314		1,535	
	択伐		→		33.8			4.0	5,734	845	4,611		338	
	筍間伐		→		30.0			3.5	5,090	750	4,088		300	
駆逐	皆伐	竹炭 土壌 改良	↗	△食 料	12.8	t	1 年	0.3 (誤差の範囲内と判断)		368	3,462			
持続	輪伐		→		21.7					626	2,314			
	択伐		→		3.1					91	4,611			
	筍間伐		→		4.3					123	4,088			
駆逐	皆伐	バイオ エタノ ール	↗	○エ ネルギー	5,957	ℓ	無限	9,549	1.44 ～ 3.29	2,085 ～ 4,769	655	3,462	ガソリン換 算販売額 [千円/ha/年]	617
持続	輪伐		→		10,128			16,233	2.44 ～ 5.59	3,545 ～ 8,108	1,114	2,314		1,049
	択伐		→		2,230			3,575	0.54 ～ 1.23	781 ～ 1,785	245	4,611		231
	筍間伐		→		1,980			3,174	0.48 ～ 1.09	693 ～ 1,585	218	4,088		205
持続	筍間伐	筍	→	△食 料	9	t	2.3 日	5.4	7,856	2,165 ^{*1}	4,088	粗収入 ^{*2} [千円/ha/年]	2,015	
持続	択伐	竹炭 (小物)	→		3.1	t	数年	10.1	不明		3,581 ^{*1}	4,611		
持続	択伐	建材	→		216.5	m ²	35 年	4.6	1.1	1,637	2,598 ^{*1}	4,611		

^{*1}加工プロセスの経済効果は販売価格（竹炭は輸出価格） ^{*2}販売価格から肥料代を差し引いたもの

の LC-CO₂ のデータがないため、地場スギ集成材の LC-CO₂³²⁾ を参考に、 $3.48 \times 10^4 \text{ t-CO}_2/\text{m}^3$ であると仮定した。15mm フローリングの m² 単価は 10,500~14,000 円/m² と幅があるが^{29), 33)}、今回は 12,000 円/m² とした。ここから経済効果が算出される。

5. 兵庫県淡路島におけるケーススタディ

兵庫県淡路地域におけるケーススタディを行う。兵庫県淡路県民局(2008)によれば、2007 年の時点で竹林が 2,340ha 存在する³⁴⁾。この竹資源利用可能量を駆逐・持続利用それぞれのアプローチでそれぞれの利用オプションに全量用いるとして試算した結果が表-5 である。駆逐は仮に 20 年で全竹林を駆逐するとし、輪伐、択伐、タケノコ栽培については今ある竹林面積を維持するものと仮において試算を行った。

パルプ、竹炭、筍は、淡路地域特有のデータが存在しなかったため、全国消費量÷全人口×淡路人口から導いた。竹飼料は畜産累年統計（平成 19 年）より、淡路地域に存在する肉・乳牛 29,530 頭に 4kg/頭/日を給与するとして導いた。建築材については、建築統計 2009 の淡

路地域住宅延べ床面積である。バイオエタノールは平成 19 年度国土交通白書の淡路地域に存在する車に、日本の車が一台当たりに消費するガソリン量に乗じて求めた。淡路地域の総生産額 422,826 百万であり、この域内総生産額で加工プロセスでの経済効果と伐採・集材コストを足したものを除したところ、どのアプローチでも地域総生産を上回った。つまり、淡路地域において全竹林面積をこのまま維持することも、20 年で皆伐することも無理があるということが示唆される。このようにして、このツールを用いて竹林伐採計画年数や竹林維持面積についての意思決定を支援することができると考えられる。

6. まとめ

本研究では竹林拡大問題に対し、地域住民の意思決定を支援するツールを作ることとした。竹林駆逐、持続利用、放置アプローチがあるが、現在は放置をして問題になっており、問題解決のために、竹林駆逐、持続利用をする必要がある。そこで各アプローチ下で取りうる竹林管理手法を纏め、その管理手法によって得られる資源ごとの利用オプションを示した。その資源利用オプ

表-5 淡路地域における各利用オプションの経済・環境影響

			供給可能量 [単位/年]		域内需要 (単位は左に等しい)		貯蔵効果 [t-CO ₂ /年]	LC-CO ₂ [t-CO ₂ /年]	加工プロセスの経済効果 [千円/年]	伐採コスト [千円/年]	総経済効果 /GRP
			数量	単位	数量	供給需要					
駆逐 持続	皆伐	パル プ	1,387	t	12,836	0.11 倍	2,089	331	72,007	405,098	1.13 倍
	輪伐		9,435			0.74 倍	14,208	2,249	489,646	1,082,932	3.72 倍
	択伐		10,388			0.81 倍	15,644	2,477	539,132	10,789,253	26.79 倍
	筍間伐		9,223			0.72 倍	13,888	2,199	478,637	9,566,826	23.76 倍
駆逐 持続	皆伐	竹飼 料	10,562	t	43,114	0.24 倍		1,236	264,062	405,098	1.58 倍
	輪伐		71,825			1.67 倍		8,403	1,795,620	1,082,932	6.81 倍
	択伐		79,084			1.83 倍		9,253	1,977,093	10,789,253	30.19 倍
	筍間伐		70,210			1.63 倍		8,215	1,755,249	9,566,826	26.78 倍
駆逐 持続	皆伐	竹炭 土壌 改良	1,787	t	586,27876	3 倍			43,102	405,098	1.06 倍
	輪伐		12,151			21 倍			350,069	1,082,932	3.39 倍
	択伐		13,379			23 倍			385,449	10,789,253	26.43 倍
	筍間伐		11,878			20 倍			342,199	9,566,826	23.44 倍
駆逐 持続	皆伐	バイ オエ タノ ール	697,024	t	35,341,821	0.02 倍	1,117,200	168 ~ 385	72,221	405,098	1.13 倍
	輪伐		4,739,764			0.13 倍	7,596,958	1,144 ~ 2,617	491,100	1,082,932	3.72 倍
	択伐		5,218,785			0.15 倍	8,364,740	1,260 ~ 2,881	540,732	10,789,253	26.80 倍
	筍間伐		4,633,200			0.13 倍	7,426,156	1,118 ~ 2,558	480,058	9,566,826	23.76 倍
持続	筍間伐	筍	21,060	t	344	61.2 倍		12,678	5,065,836 ^{※1}	9,566,826	34.61 倍
持続	択伐	竹炭 (小物)	5,218,785	t	6.79	768,599 倍	23,598		34,074,072 ^{※1}	10,789,253	106.10 倍
持続	択伐	建材	506,621	m ²	6,284,939	0.08 倍	10,676	2,641	6,079,456 ^{※1}	10,789,253	39.90 倍

※1加工プロセスの経済効果は販売価格（竹炭は輸出価格）

ションの社会的・環境的評価を表-4のように示したことで、各アプローチ、各管理手法を選択したときの影響予測が可能となり、地域住民の選好に応じたアプローチによる影響評価を可能とし、意思決定に資するモデルを構築したと考えられる。

ただし、本研究でのコスト等は理想値で算出されている。自然物を相手にする以上、地域特性はあり、資源利用オプションの意味づけも変わるため、実際に地域に適用する際には、地域のその他の資源、産業と結びつけた評価が必要である。

参考文献

- 1) 柴田昌三：竹資源の新たな有効利用のための竹林施行，森林科学 No.58, pp.15-19, 2010
- 2) 奥田史郎，伊藤武治，鳥居厚志：タケ資源の持続的利用を目的とした管理技術の開発，『四国の森を知る』，No.10, pp.2-3, 2008
- 3) 藤本浩平，渡辺直史，今西隆男，板井拓司，山口達也，吉井二郎：モウソウチク林の管理に関する研究，平成 19 年度高知県立森林技術センター研究報告第 33 号，2008
- 4) 井鷲裕司：竹林の生産力 バイオマス資源として，林業試験場関西支場研究情報 No.5, 1987
- 5) 鳥居厚志，井鷲裕司：京都府南部地域における竹林の分布拡大，日本生態学会誌，47, pp31-41, 1997
- 6) 藤井義久，重松敏則：継続的な伐竹によるモウソウチクの再生力衰退とその他の植生の回復，ランドスケープ研究，71 (5)，pp.529-534, 2008
- 7) 藤井義久・重松敏則・西浦千春：北部九州における竹林皆伐後の再生過程，ランドスケープ研究 68, pp.689-692, 2005
- 8) 青木尊重：マダケ林の生産組織に関する研究，九州大学農学部演習林報告 33, pp.1-158, 1961
- 9) 廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック編集委員会 (1993/11)：廃棄物処理・再資源化ハンドブック，建設産業調査会，東京
- 10) 山口県：平成 16 年度森林バイオマス低コスト供給システム実証試験支援システム研究報告，2005
- 11) タケと竹を活かすタケの生態・管理と竹の利用一，内村悦三，p.196, 2005
- 12) 特定非営利活動法人活木活木森ネットワーク：木づかいポイントの計算方法（製品から算出する方法），http://www.kidukai.com/kankyout/pdf/point_keisan.pdf (2010.09 現在)
- 13) 鈴木寧：竹材の研究(第 3 報)，東京大学木材材料学教室業績第 32 号，pp.187-203, 1948
- 14) 外崎真理雄，恒次裕子，有馬孝礼，林和男：京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究（1）森林の炭素吸収量計測システム・評価モデルの開発 4) 木材利用部門における炭素貯蔵量評価モデルの開発，環境省 地球環境総合推進費，平成 14 年～18 年
- 15) 環境省：廃棄物分科会報告書，温室効果ガス排出量算定方法に関する検討結果，平成 12 年 9 月 環境庁温室効果ガス排出量算定方法検討会，1999
- 16) 清水印刷紙工株式会社：紙製 CD パッケージの LCA，<http://www.shzpp.co.jp/pdf/packageLCA.pdf> (2010.09 現在)
- 17) 愛媛県内子町：内子町バイオマスエネルギー利活用調

- 査事業報告書, 2006 年 3 月
- 18) 古俣寛隆: 木質ペレットの利用と環境負荷, 林産だより, 北海道立林産試験場, 2008 年 11 月号, pp.4-7
 - 19) 松永一彦, 新村孝善, 西和枝, 神野好孝, 國生徹朗: モウソウチクの炭化生成物と竹酢液の物性について, 鹿児島県工業技術センター研究報告 Vo.13, pp.23-30, 1999
 - 20) 経済産業省: 総合資源エネルギー調査会石油分科会石油部会燃料政策小委員会 (第 9 回) 配付資料, バイオマス燃料の CO₂ 排出等に関する LCA 評価について (2) <http://www.meti.go.jp/report/data/g30723aj.html> (2010.09 現在)
 - 21) 静岡大学: 静岡大学報道資料 竹の乾燥粉末から糖化効率 75% 生成にめど 竹からバイオエタノールを生産へ, 2008, <http://www.gpi.ac.jp/cgi-bin/bunya/pdf.php?tname=494a25151bb12.pdf&fname=08.12.18+%92%7C%83o%83C%83l%83G%83%5E%83m%81%5B%83%8B.pdf&chpdf=1> (2010.09 現在)
 - 22) 総合エネルギー統計, 2005 年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改訂値について, <http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/resource/pdf/070601.pdf> (2010.09 現在)
 - 23) 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果平成 22 年 3 月, 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会
 - 24) 福岡県森林林業技術センター: 中小形箇の生産技術～少ない労力でもうかるための栽培への道～, 2009.02 http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/38/38561_misc1.pdf (2010.09 現在)
 - 25) 味の素株式会社: “味の素グループ版「食品関連材料 CO₂ 排出係数データベース」(’90・’95・’00 年版 3EID 対応)”, <http://www.ajinomoto.co.jp/company/kankyo/> (2010.09 現在)
 - 26) 伊原靖二, 廣實利江側, 関由紀恵, 松原愛美 (2010.03): 竹炭および木質炭による環境阻害物質含有排水の吸着処理に関する研究, 山口県立大学学術情報, 第 3 号 [共通教育機構紀要]
 - 27) 農林水産省: 「特用林産物需給動態調査」, 平成 20 年特用林産基礎資料, 2008
 - 28) 江口よし子, 高知市市議会質問, 2007, http://shisei110.txt-nifty.com/jcp/2007/12/0712_89c8.html (2010.09 現在)
 - 29) 株式会社ユーケン, <http://www.u-ken.co.jp/bamboo2/index.html> (2010.09 現在)
 - 30) 優天鳳株式会社: 竹フローリングの特徴, <http://www.kohka.co.jp/pc/contents24.html> (2010.09 現在)
 - 31) 千葉県: バイオマス総合利活用マスタープランについて (平成 16 年 3 月 31 日), 参考資料, http://www.pref.chiba.lg.jp/syozoku/e_ichiha/bio/bioplan.html (2010.09 現在)
 - 32) 津田公平, 村上周三, 伊香賀俊治, 隈研吾, 本藤祐樹, 成田菜採: 現地調査に基づく地場産構造用集成材の環境影響評価, 日本建築学会技術報告集 (24), 249-253, 社団法人日本建築学会, 2006
 - 33) 竹資源開発: <http://www.takesigen.com/> (2010.09 現在)
 - 34) 兵庫県淡路県民局 洲本農林水産振興事務所 森林林業課 (2008.08): 『竹林をどうする?』, <http://web.pref.hyogo.jp/contents/000108032.pdf> (2010.09 現在)

THE DEVELOPMENT OF THE TOOL TO SUPPORT DECISION-MAKING TO BAMBOO FORESTS MANEGEMENT AT A ROCAL SCALE

Yuko IKENO, Takanori MATSUI, Satoru KATO and Takashi MACHIMURA

Today, bamboo forests have been abandoned and it causes many problems. Then to help people who are near bamboo forests make reasonable management, this study shows approaches to the bamboo forests and the way to manage them at each approach, construct the model to count the mount the volume of bamboo materials and evaluate the way how to use the materials considering the characteristic of them. As a result, this study make peple possible to predict the effects at the each approach and the each way of management. This study provide the tool to support decision-making to the bamboo forests management.