中山間地域の人工林維持・管理の 社会的必要性を評価する指標の提案

宮田 将門¹・亀谷 国大²・加藤 博和³・川瀬 康博⁴・林 良嗣⁵

¹正会員 名古屋大学助教 大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町D2-1 (510))
E-mail: miyata@corot.nuac.nagoya-u.ac.jp

²正会員 春日井市役所 上下水道部 (〒486-8686 愛知県春日井市鳥居松町5-44)
E-mail: kamegai_kunihiro@city.kasugai.lg.jp

³正会員 名古屋大学准教授 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2 (651))
E-mail: kato@genv.nagoya-u.ac.jp

⁴非会員 (社) 中部経済連合会 調査部 (〒461-0008 名古屋市東区武平町5-1)
E-mail: y.kawase@chukeiren.or.jp

⁵フェロー 名古屋大学教授 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2 (651))
E-mail: yhayashi@genv.nagoya-u.ac.jp

日本の中山間地域の多くを占める森林や農地は、経済的な生産力は低いものの、「社会的価値」をもたらす生態系サービスを有しており、保全は重要である。しかし、どの地区から優先して保全を行うべきか、定量的な検討がなされていない。そこで、中山間地域における人工林・農地を対象に、生態系サービスの価値とそれを発揮させるために必要な維持・管理費との比である「地域の社会的必要性=NOD(social Necessity Of Districts)」指標を提案する。三重県松阪市・多気町の人工林でNODの算出を行った結果、全域での生態系サービスの価値は1,011.2億円/年、維持・管理費は49.6億円/年と算出され、林業従事者配置の変更によって、生態系サービスの価値を約1.3倍大きく発揮できることが示された。

Key Words : land use, rural planning, district planning, forest management

1. はじめに

日本の国土面積の約7割を占める中山間地域は、そのほとんどが経済的な生産力の低い森林や農地で占められている。しかし、それらは、水源涵養、土砂災害防止、二酸化炭素吸収などといった生態系サービスを発揮するという、重要な「社会的価値」を有している。その定量評価については、日本学術会議¹⁾や日本林業協会²⁾などが試算を行っている例がある。また、その価値を守るべく、いくつかの地方自治体が「水源の里条例」や「森づくり条例」³⁾のような、生態系サービスを保持するための条例や、森林環境税のような法定外目的税を制定している。しかしながら、社会的価値の多くは、市場を経由しない外部経済効果として顕在化しているため、それらを発揮させるために必要な費用が果たしてどれだけかかるのか、十分な検討がなされていない。

加えて、中山間地域の森林や農地の大半は人の手が加わったものであり、それゆえにそれらが生み出す生態系

サービスも、そこに人が携わり、維持活動をすることで始めて十分に発揮できることに注意しなければならない。外部経済効果を持った社会的価値の高い森林・農地を有する地区からそれを維持する人がいなくなり、効果が発揮されなくなることが、中山間地域の過疎化がもたらす1つの重大な問題なのである。そして、市場原理だけでは正当化されにくい、中山間地域における集落の存在を国土政策として積極的に肯定する今日的な理由でもある。このことを科学的に検討するためには、中山間地域に人がいることの社会的必要性としての「人に携わってほしい」度合いを示す指標が必要である。この指標によって、どの地域を優先して維持・管理することが効率的かも把握できるようになる。

本研究では、森林や農地などを維持するための人の関わる必要性を定量的に表現するため、中山間地域における、生態系サービスを発揮する森林・農地の「社会的必要性=NOD (Social Necessity of Districts)」指標を提案する。三重県松阪市・多気町をケーススタディとして、森林の

生態系サービス価値を貨幣単位で算出するとともに、その維持・管理のために必要な費用も算出し、生態系サービス価値を費用で除した値としてNODを推計する。これを用いて、対象地域内の林業従事者が現在居住する集落の周辺の森林を維持・管理する場合と、NODの高い区域から優先的に維持・管理する場合とで、発揮される生態系サービスの価値にどの程度の差が生じるかを明らかにする。

2. 人工林維持・管理の社会的必要性指標の定義

(財) 静岡総合研究機構の報告⁴⁾は、農村部に住む人とその地区の農地・森林が発揮する生態系サービスの大きさとの間には関係があるとし、人がいる・いないによって生態系サービスが左右されることを述べているが、その関係の定量的な把握には至っていない。日本林業協会は、林野公共事業における事前評価の手引き⁵⁾において、公共投資に値する生態系サービスの価値を検討する方法を示しているが、人（林業従事者）との関わりを直接示していない。一方、林ら⁶⁾は、全ての農村（中山間）集落を残すことはもはや困難であり、集落の撤退および集約化を進めるべきとしている。しかしこのための集落の選定においては、生態系サービスの価値を考慮する必要性を認めてはいるものの、定量的な判断手法を示すには至っていない。また、川崎ら⁹⁾は、集落の存廃が生態系サービス発揮に影響する度合いを仮定し、集落消滅によって損失される生態系サービスを算出しているが、各集落について維持すべきかどうかを判断する方法は示されていない。

これらの既往研究では、生態系サービスとそれを発揮させる費用・人員との関係、および発揮させやすい地域の判定が可能でないため、現在の集落構成が生態系サービス発揮にとって最良であるかの判断ができない。そもそも、森林の生態系サービスをミクロな区域で計測すること自体が不可能である。

著者らは既報⁷⁾において、中山間地域が有するストックとそれに伴い発生するインフロー・アウトフローの仕組みをとらえるフレームワークを提案した。その中で、中山間地域と都市地域は半自然資本の有無によって分別できるとした。半自然資本とは、人工林や農地など人手が入ったものを指し、中山間地域に広く分布する。木材生産や食料生産のために活用され、地域の経済活動を支える存在であったが、人口減少に伴う生産の担い手不足による供給力低下の一方、安い輸入木材・食料の消費増加に伴って、需要も低下している。結果的に、半自然資本の維持が困難となって、それらが付随的に有していた生態系サービスも低迷した⁸⁾ため、その恩恵を受けてい

た都市の安全・安心を支え切れなくなることが懸念されるところとした。

自然・半自然資本が発揮する生態系サービスの多くは、外部経済効果であるがゆえに、自然・半自然資本を維持・管理するための経済活動が直接的に発生しない。以前は木材等による収入があったため森林を維持・管理するインセンティブが働いていたが、木材価格の低迷でそれが不可能となり、森林所有者による維持・管理が期待できない。一方、生態系サービスは都市住民に対して大きな貢献を果たしているにも関わらず、それに見合った評価がされてこなかった。中山間地域には財政的に厳しい自治体が多く、都市部からの所得移転で支えられており、自立的な経済活動が成立しない。そのため、都市部が森林の価値を認識し、負担をしてくれることがない限りは、自然・半自然資本の維持・管理は困難である。近年、森林保全・環境税のような目的税による所得移転の導入事例が出てきているものの、今後、都市部でも財政状況が厳しくなり、人口減少がそれに拍車をかけることから、所得移転が更に限定的になることが懸念される。

そこで、単独での経済的自立が困難である中山間地域には、都市部に対して自らの地域の社会的必要性を示すことが求められる。それは、中山間地域が社会的必要性に見合う所得移転を受ける、逆に都市部から見ると共存のために手を組む（例えば、森林保全・環境税を導入する）に値する地区か否かを評価する尺度ともなる。その尺度として本研究が提案するNODは、人が地域に携わることで半自然資本の生態系サービスを顕在化させ、都市や国土に好影響を与える（逆に言えば、人が携わらないと生態系サービスが得られなくなるという意味で外部不経済が生じる）ことを想定して、その機能が発揮する効果・価値と、それを定常的に発揮させるために必要な投入との比で表される効率性指標である。具体的には式(1)で定義する。なお、NODは農地など他の半自然資本も対象となるが、これ以降で扱う半自然資本は人工林に限るものとする。

$$NOD_i = ES_i / COST_i \quad (1)$$

ここで、

ES_i (Ecosystem Services)

: 地区（区画） i における維持・管理に伴い半自然資本が発揮する生態系サービスの価値（アウトフロー）

$COST_i$: 地区（区画） i におけるESの効果を発揮させるために必要な維持・管理費用（インフロー）

式(1)は一種の費用便益比である。本来ならば便益側には森林の経済的価値（例えば木材の価値や観光価値な

ど)も計上する必要があるが、現状の木材市場では国産木材そのものの経済的価値は見込めない状態である。また観光価値も一般の人工林で見込むことは難しい。そのためここでは、主に都市域住民が便益を享受する生態系サービスに絞ってNODを評価し、その見返りに都市部が維持・管理費用を負担することを想定する。

NODを各地区別に算出することによって、地区が人に携わってほしいかどうか判定可能となり、中山間地域のメリハリある支援が可能となる。NOD値の大小は、そこが人にとって住みやすい魅力的なところかどうかとは無関係に決まるので、政策としてはNOD値の大きい地区を優先して管理すること、あるいはその周辺に既存の居住地があるとすれば、住みやすく魅力ある地区にして人口を誘致することで、常に近くで人が管理できる状態にすることが考えられる。一方、NOD値が小さい地区は、多くの投入を必要とする(そもそも人が携わりにくい)か、あるいは生態系サービスが期待できないと考えられるため、仮に現在人が住んでいたとしても、人口定着・増加策は控えるべきであることになる。以下、対象地域の概要を説明した後、ESおよびCOSTIについて掘り下げて検討する。

3. 対象地域の概要

本研究の対象地域は、図-1に示す三重県の松阪市・多気町である。大部分が、一級河川の橿田川(全長約87km)の流域圏に属する。松阪市は2005年の合併によって、橿田川の上流から下流までの多様なエリアを有するようになった。上流部にあたる市西部には森林が広がっている。一方の多気町は橿田川中流部の右岸に位置しており、西側には森林が多く見られる。松阪市北東部の嬉野地区などは他流域圏に属するが、今回はデータの都合上、行政区単位で扱っているため、それら地区も含むものとする。地域内総人口は184,766人、林業従事者は207人(いずれも2005年国勢調査)である。総面積は72,694haで、平成21年度版森林・林業統計書⁹⁾によると、森林が47,225ha(65%)を占める。その内人工林は33,351haで、森林に占める割合は71%と全国平均の41%を大きく上回っている。

4. 森林簿を用いたデータ取得

本研究では、森林地域の詳細な状況の把握に森林簿を利用する。また、それが存在する地域を中山間地域として扱う。森林簿とは、民有林の森林資源についての台帳であり、所有者、樹種、林齢、面積等が記載されてい

図-1 対象地域

図-2 森林の空間単位と傾斜角の例

る。区分の最小単位は小班であり、基本的には所有者別に分かれている。その上に準林班(約5ha程度)、林班(約50ha程度)がある。これらを図面に載せたものが、森林計画図として存在している。対象地域では約10万の小班が存在する。小班を用いることで最もミクロな空間単位で森林のデータを得ることが可能となる。

森林簿によって、人工林と天然林とに分けることができる。人工林は一般に、維持・管理作業を行わないと、いわゆる「山が荒れる」状況を招き、良質な木材が得られなくなるばかりか、生態系サービスも低下してしまう。日本は第2次大戦直後の拡大造林¹⁰⁾によって、急峻な山岳地帯においても植林が行われてきた。結果的に人工林であっても維持・管理が困難な所が多い。そのため、例えば急斜面における集材を可能とする新たな機器の開発・検討も行われているが¹¹⁾、普及には至っていない。そこで天然林化(針広混交林化)の促進など、別途施策を検討する必要があると考えられるが、その適用期間及び技術に関しては、今後の課題といえる^{12), 13)}。また、低炭素社会に向けて、人工林を維持・管理することでより大きな二酸化炭素吸収源となること、バイオマス発電の燃料と

しての貢献も期待できることから、本研究では、可能な限り人工林を維持・管理するべきであるという考えに立つ。

大橋・岡橋¹⁴⁾は、人工林の維持・管理が可能かどうかを検討し経験則を導き出している。今回はそれを参考に、傾斜角38度以下の区域に関しては、人工林を維持・管理し継続利用するものとする。一方で、傾斜角38度以上の区域に関しては、維持管理すら困難な状態にあるために、天然林化技術、急斜面の集材技術などの成熟を待ち、いずれは天然林化すべきであると考えることとする。

10mメッシュ単位で傾斜角を算出した結果、人工林の76%が維持・管理の対象地域となった。以後、この地域を対象人工林として扱う。図-2は対象地域内の一部を切り出し、林班、準林班、小班の関係と傾斜角の分布を示している。

5. 生態系サービス（アウトフロー）の算出

日本学術会議が農林水産省に答申した内容¹⁾によると、日本の森林の生態系サービス（答申の中では、多面的機能と表記）を8系（生物多様性保全、地球環境保全、土砂災害防止、水源涵養、快適環境形成、保健・レクリエーション、文化、物質生産）56項目に分類し、その中から定量評価が可能な8項目について、貨幣価値を合計で約70兆円と試算している。ただし、祖田¹⁵⁾が指摘しているように、定量評価が可能な部分についてもデータ不足は否めず、その研究と国民の理解促進が課題である。また、各都道府県はこの指標を用いて圏域単位での算出を試みているものの、市町村単位での算出は全く行われていない。

本研究は、森林簿を利用して、小班単位での1年あたりES値（維持・管理が適切に行われた場合に発揮される量）算出を、日本学術会議の方法に基づいて行う。ここで扱う生態系サービスの定量評価の対象は、日本学術会議と同様の8項目とする。8項目それぞれについて算出を行い、合計をとる。各項目の計算式等は、日本学術会議から作業委託を受けた三菱総合研究所の報告書¹⁶⁾を参考に以下のように定義している。

(1) 二酸化炭素吸収機能

森林が吸収する二酸化炭素量を、火力発電所で炭素固定を行う際に利用されている化学的湿式吸着法を用いて固定させる場合に必要となる費用 $COST_{CO_2}$ を用いて評価し、森林の二酸化炭素吸収機能の価値とする。

$$ES1_i = (a_i \cdot b \cdot c \cdot d) \cdot g \cdot h \cdot COST_{CO_2} \quad (2)$$

ここで、

$ES1_i$ ：小班 i における二酸化炭素吸収機能の評価額 (円/年)

a_i ：小班 i の面積 (ha)

b ：枝葉・幹換算係数=1.7

c ：容積密度換算係数 (t/m^3)=0.4(人工林), 0.6(天然林)

d ：1年あたりの幹材生産量 ($m^3/年 \cdot ha$)=7.3(人工林), 1.7(天然林)

g ：炭素含有係数=0.5

h ：二酸化炭素換算係数=44/12

$COST_{CO_2}$ ：二酸化炭素回収費用 (円/t)=12,704

(2) 化石燃料代替機能

現在建てられている木造住宅全てがRC造などで建設されたとした場合に放出される二酸化炭素の量と、木造住宅を建設する際に発生する二酸化炭素の量の差を、化学的湿式吸着法で固定したときにかかる費用で評価し、化石燃料代替機能の価値とする。ただし、本算出を行うにあたり、住宅に関わる数値データが存在しないため、三重県環境森林部が行っている県単位での試算結果¹⁷⁾を参考に、地域面積および世帯数を用いて比例配分した。

$$ES2_i = PES2 \cdot \frac{DH}{PH} \cdot \frac{a_i}{A'} \quad (3)$$

ここで、

$ES2_i$ ：小班 i における化石燃料代替機能の評価額 (円/年)

$PES2$ ：三重県全域での化石燃料代替機能の評価額 (円/年)=3,800,000,000

DH ：対象地域の総世帯数=66,973

PH ：三重県の総世帯数=675,459

A' ：対象地域の全森林面積 (ha)

(3) 表面浸食防止機能

有林地と無林地における土砂の年間浸食量の差を森林の浸食防止能力として、この能力を堰堤で代替させるときにかかる建設費用を表面浸食防止機能の価値とする。なお、傾斜が 5%未満の森林はこの機能を考慮しないものとしている。

$$ES3_i = (a_i \cdot 10000) \cdot (j_i - k_i) \cdot l \quad (4)$$

ここで、

$ES3_i$ ：小班 i における表面浸食防止機能の評価額 (円/年)

j_i ：小班 i が無林地の場合の年間浸食量 ($m/年$)=50(花崗

岩, 火山灰), 20(第三世紀堆積岩, 變成岩),

10(中・古生層堆積岩, 火山岩)

k_i : 小班 i が有林地の場合の年間浸食量 (m/年) = 0.1(花崗岩, 火山灰), 0.05(第三世紀堆積岩, 變成岩), 0.01(中・古生層堆積岩, 火山岩)

l : 堰堤建設費用 (円/m³)=5,475

(4) 表層崩壊防止機能

有林地と無林地との崩壊面積の差から森林による崩壊軽減面積を推定し, 森林が存在する場合と同程度に崩壊面積を軽減させるために必要な山腹工事を行うときにかかる費用を用いて, 表層崩壊防止機能の価値を計算している。

$$ES4_i = \frac{a_i}{100} \cdot (m - n) \cdot \frac{o}{3} \quad (5)$$

ここで,

$ES4_i$: 小班 i における表層崩壊防止機能の評価額 (円/年)

m : 3 年毎に起こるとされている有林地の崩壊面積 (ha/km²)=1.23

n : 3 年毎に起こるとされている無林地の崩壊面積 (ha/km²)=2.38

o : 山腹工事費用 (円/ha)=8,758

(5) 洪水緩和機能

100 年確率雨量における, 森林と裸地の雨水の流出量を比較し, 森林と裸地の流出量の差を森林が持つ洪水緩和機能とし, その流量を治水ダムで制御するとしたときにかかるダムの建設・維持費用を用いて, 森林が持つ洪水緩和機能の価値を計算している。

$$ES5_i = (a_i \cdot 10000) \cdot p \cdot q \cdot r \quad (6)$$

ここで,

$ES5_i$: 小班 i における洪水緩和機能の評価額 (円/年)

p : 100 年確率雨量強度 (m/sec)=341

q : 森林と裸地の流出係数の差=0.3

r : ダムの建設費用+維持費用 (円/(m³/sec)・年)=5,030,000

(6) 水質源貯留機能

森林土壌と裸地の土壌における水質源貯留量の差を森林が持つ水質源貯留量として, その量を治水ダムで貯留するとしたときに発生する治水ダムの減価償却費と年間維持費用を用いて, 水質源貯留機能の価値を計算してい

る。

$$ES6_i = a_i \cdot (s \cdot t - u) \cdot (v + w) \quad (7)$$

ここで,

$ES6_i$: 小班 i における水質源貯留機能 (円/年)

s : 平均降雨量 (m/sec)=2069.6

t : 裸地の流出係数=0.9

u : 平均蒸発散量 (m/sec)=749

v : 治水ダム減価償却費用 (円/年・(m³/sec)) = 1,460,000,000

w : ダムの維持費用 (円/年・(m³/sec))=14,600,000

(7) 水質浄化機能

森林が雨水中の不純物を取り除き利用可能にできる水量を, 雨水利用施設で代替する場合の建設維持費用を用いて, 水質浄化機能の価値としている。ただし, 生活用水中炊事等に利用する水の量には, 水道水並の水質の確保が必要と仮定し, 生活用水量には水道料金を乗じている。雨水利用施設の建設費用で代替する価値と水道水の料金で代替する価値を合計した価値を, 水質浄化機能の価値としている。

$$ES7_i = \left\{ a_i \cdot (s \cdot t - u) - x \cdot \frac{a_i}{A'} \right\} \cdot y + x \cdot \frac{a_i}{A'} \cdot z \quad (8)$$

ここで,

$ES7_i$: 小班 i における水質浄化機能の評価額 (円/年)

x : 生活用水利用量 (億 m³/年)=0.00165

y : 集水量あたり減価償却費及び年間維持運転費用 (円/年)=68.73

z : 水道料金 (円/m³)=180

(8) 保養機能

自然風景を観光することを目的とした日帰り旅行・宿泊旅行費用を推定し, 評価額としている。

$$ES8_i = C \cdot \left(\frac{D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H +}{D' \cdot E' \cdot F' \cdot G' \cdot H'} \right) \frac{a_i}{A'} \quad (9)$$

ここで,

$ES8_i$: 小班 i における保養機能の評価額 (円/年)

C : 15 歳以上の人口 (人)=147,538

D : 宿泊観光の参加率 (%)=55.7

E : 宿泊観光の参加平均回数 (回/年)=2.22

F : 宿泊観光時に自然風景を見る者の割合 (%)=44.3

G : 宿泊観光の補正係数=0.791

H : 宿泊観光の平均旅行費用(円/人・回)=41,790
 D' : 日帰り観光の参加率(%)=60.0
 E' : 日帰り観光の参加平均回数(回/年)=5.26
 F' : 日帰り観光時に自然風景を見る者の割合(%)=15.9
 G' : 日帰り観光の補正係数=0.791
 H' : 日帰り観光の平均旅行費用(円/人・回)=8,259

以上, 8項目を合計することによって, 小班単位でのES値が把握できる. 対象地域のES値は表-1のとおりであり, 人工林の総評価額は約1,011.2億円/年, 天然林(参考)で約495億円/年となった. また, 人工林のES値の分布を小班毎に示すと図-3のようになる.

ここでは人工林と天然林とに分けてES値を示している. 人工林ES値は, あくまで維持・管理を適切に行うことによって発揮される値である. 一方, 天然林ES値は維持・管理等が無いメンテナンスフリーの状態が発揮されるものである. すなわち, 天然林へのインフローは0であり, NOD値は ∞ となるが, 人が維持・管理に関わることでES値は増加しない(むしろ減少するかもしれない)ため, 人が関わるべきでない地域と判定できる.

6. 維持・管理費用(インフロー)の算出

4章で設定した, 人工林として維持・管理する傾斜角38度以下の区域について, 各種費用を算出し, 持続可能な営林に必要なインフロー=総費用を算出する. 本研究では木のサイクルを60年と設定し, その維持・管理に関わる費用を算出する. 費用として考えるのは, 1)人件費, 2)作業道・路建設費, 3)木材搬出費である. そして, この総費用を投入することではじめて生態系サービスの十分な発揮が期待できるものとする. 費用は1年あたりで算出する. 毎年発生するわけではない2), 3)の費用については, 減価償却の考え方(定額法)で各年に割り振っている. 一方, 天然林および傾斜角38度以上の人工林は, 維持・管理費用は発生しないものとする.

(1) 人件費

人工林の適切な間伐時期および間伐量が安藤¹⁸⁾の林分密度管理図によって示されている. 三重県では森林組合などがこれを維持・管理の参考値として利用している. 表-2には, 経年毎1haあたりの維持・管理に必要な人・日が示されている. この値に1日あたり日当を乗じたものが, 1日, 1haあたりに必要な人工林の人件費となる. 必要人数は三重県環境森林部の森林計画担当者および松阪飯南森林組合, 大紀森林組合の林業従事者へのヒアリングと, 人工林の標準的な施業計画についてまとめられているハンドブック¹⁹⁾を参考に算出した. 間伐作業などに含まれる機械の使用等については必要人数内に含むと

表-1 対象地域の森林の生態系サービスの価値評価額

多面的機能の種類	人工林評価額 (億円/年)	天然林評価額 (億円/年)
土砂災害防止・土壌保全		
表面侵食防止	411.2	189.3
表層崩壊防止	81.7	42.3
水源涵養		
洪水緩和	139.2	72.8
水資源貯留	119.2	63.8
水質浄化	212.4	111.5
地球環境保全		
二酸化炭素の吸収	29.1	6.0
化石燃料代替	2.1	1.0
保健・レクリエーション		
保養	16.2	8.3
合計	1,011.2	495.0

図-3 生態系サービスの1haあたりの評価額推計値の分布
(円/年・ha)

した.

$$M_{Cost} = \frac{\sum_{t=1}^{60} Ht \cdot Dp}{60} \quad (10)$$

ここで,

M_{Cost} : 1年, 1haあたり人件費

Ht : 年度における累積1haあたり必要人数(人・日)

Dp : 日当(円/人・日)

年間所定労働日数は250日とした. また, 日当の値は, 厚生労働省「平成16年林業労働者職種別賃金調査報告」の地域別賃金(東海地区)より, 13,380円とした.

(2) 作業道・路の建設費用

現在, 多くの人工林では, 木を伐採して山から下ろすだけの十分な作業道がない. その結果, 切り捨て間伐が行われる状況となっている. 切り捨て間伐はCO₂の排出源になり得るとされる²⁰⁾ため, それを防ぐためには間伐

した木を作業道・路を通して持ち出すべきである。
そこで、必要となる作業道・路の距離を算出し、その建設費を式(11)で求める。

$$Ra_i = \frac{D_i \times R_{Cost}}{T} \quad (11)$$

ここで、

i ：森林区画

Ra_i ： i における作業道建設費用（1年あたり換算値）

D_i ：最寄りの道路から i までの距離

R_{Cost} ：1mあたり作業道建設費用

T ：供用期間

まず最寄りの道路から各森林区画 i までの作業道の距離 D_i は森林簿に記載されているためそれを使用する。作業道1mあたりの建設単価 R_{Cost} はヒアリングを参考に2,000円/mと設定する。また、供用期間 T は60年とする。

また、各森林区画内の作業路については、山田²⁰⁾は、200m/ha程度の高密な作業路が整備されていれば、単木単位での取り扱いが可能であるとしている。これに倣い、作業路を1haあたり200m建設すると設定した式(12)を用いる。1mあたり単価は作業道と同等の R_{Cost} を用いる。

$$Rb_i = \frac{200 \times R_{Cost}}{T} \quad (12)$$

ここで、

Rb_i ：森林区画1haにおける1年あたり作業路建設費用

(3) 木材搬出費用

木のサイクル60年のうちでの木材搬出日数は、除伐を除く間伐計7回分（表-2に示すように、16・19・25・29・35・40・50年目）と皆伐1回分（同じく60年目）の計8回である。その8回分の木材搬出の総費用は式(13)で表される。

$$Ca_{Cost}^{Total} = \frac{Vk \cdot Ca_{Cost}}{T} \quad (13)$$

ここで、

Ca_{Cost}^{Total} ：森林1haの木材搬出総費用（1年あたり換算値）

Vk ：間伐期・皆伐期における1haあたり総伐採量

Ca_{Cost} ：立木材積あたり木材搬出費用

木材搬出費の単価 Ca_{Cost} を2,000円/m³とする。8回の搬出で運び出す総材積 Vk は三重県森林組合連合会の「森林施策推進ハンドブック」内の育林計画図の間伐率（表-2の間伐率と等しい）を参考に、604.7m³とする。

表-2 森林維持・管理のライフサイクル（60年間）における諸データ（1haあたり）

年度	作業種	内容	工程 (人・日)	累計	立木材積 (m ³)	間伐率 (%)	残存 本数
1	地拵	再造林	30	30			
1	植付	250本/日	24	54			6000
1	下刈	1回刈り	12	66			
2	補植	100本/日	5	71			
2	下刈	2回刈り	23	94			
3	下刈	2回刈り	25	119			
4	下刈	2回刈り	25	144			
5	下刈	1回刈り	14	158			
6	下刈	1回刈り	13	171			
7	林内掃除	除伐	5	176			
7	下枝払		20	196			
10	林内掃除		14	210			
10	除伐	除伐500-1000本	5	215			
10	背丈打	160-185本/日	30	245			
13	林内掃除		10	255			
13	除間伐	除伐500本	5	260	30		5000
13	枝打	100本/日	45	305			
16	林内掃除		10	315			
16	間伐	間伐800本/日	5	320	46	16	4200
16	枝打	70-80本/日	55	375			
19	林内掃除		10	385			
19	間伐	間伐700本/日	7	392	75	17	3500
19	枝打	70-80本/日	55	447			
22	林内掃除		6	453			
25	林内掃除		6	459			
25	間伐	間伐500本/日	10	469	118	14	3000
29	林内掃除		6	475			
29	間伐	間伐500本/日	10	485	168	17	2500
35	林内掃除		6	491			
35	間伐	間伐500本/日	10	501	221	20	2000
40	林内掃除		10	511			
40	間伐	間伐500本/日	10	521	264	25	1500
44	林内掃除		10	531			
50	間伐	間伐400本/日	8	539	321	27	1100
54	林内掃除		10	549			
60	皆伐	主伐	22	571	350	100	

(4) 総費用

(1)(3)によって把握された、人工林を維持・管理するために必要な費用を合計すると、式(14)の通りである。

$$MN_i = Ra_i + Rb_i + (M_{Cost} + Ca_{Cost}^{Total}) \cdot area_i \quad (14)$$

ここで、

MN_i ：1年、1haあたりに森林区画に必要な総費用

$area_i$ ：森林区画の総面積

(5) 計算結果

対象地域の人工林に対して必要な維持・管理費用は、1年あたり49.6億円となり、それによって発揮される年間の生態系サービスの総評価額（ES）の約5%（言い換えると、費用便益比は約20）という結果となった。なお、人件費が全体の約65%を占めており、小班毎にそれほど大きな差が発生しなかったと考えられる。図-4に単位面積あたりの維持・管理費の分布を、表-3にそれらの内訳を示す。

7. NODを考慮した人工林の維持・管理シナリオの分析

(1) NOD値の算出

5章、6章の結果から、NOD値が小班規模で算出できる。対象地域のNOD値算出結果は図-5のようになる。これを用いることで、森林区画の大小や地区の属性などに関わらず、生態系サービスを費用効率的に得られるかどうかという観点から、優先して維持・管理すべき、「人が携わってほしい」地区を選定することが可能となる。

(2) 林業従事者の配置の検討

前述の表-2より、1人が年間維持管理可能な面積は年間所定労働日を250日と設定すると、26haと計算される。これをもとに、対象地域内の林業従事者が現在居住する地域内の森林を維持・管理すると仮定した場合（現状配置シナリオ）のES値と、NODが高い地域から順に林業従事者を配置し維持・管理を行った場合（最適配置シナリオ）のES値の差を算出する。なお、本章では、林業従事者の配置を集落単位で考える。集落の規模は大字単位とし、小班毎の算出結果をそれぞれ、対象地域内の75の集落に分配する。

図-6、図-7は各シナリオで維持・管理が行われる森林が属する集落とそれぞれのES値を示している。図-8に示すように、207人という現状の非常に少ない林業従事者数では、現状配置シナリオの場合は、208.6億円/年（5章で推計した潜在的ES値の約21.0%）、最適配置シナリオでは280.0億円/年（同じく約27.6%）のES値が期待できるに過ぎない。ただし、シナリオ間の差は71億円/年であり、最適配置シナリオの方が約1.3倍ES値を大きくできることが分かった。一方、維持・管理費用の差は図-9のように約2千万円/年となり、ES値の差に比べて小さい値であった。

図-4 維持・管理費用の1haあたりの評価額推計値の分布
(円/年・ha)

表-3 1年あたりに必要な維持・管理費の内訳

維持・管理項目	維持・管理費用 (億円/年)
人件費	32.0
作業路建設費	10.8
林内路網	1.7
搬出費用	5.1
維持・管理費合計	49.6

図-5 NOD値の分布

8. まとめ

本研究では森林の生態系サービスがもたらす外部経済効果を定量評価するとともに、その機能を発揮させるために必要な維持・管理費を算出する手法を構築した。この2つの比を、「人が携わってほしい」地区であるかどうかを表す指標であるNODと定義し、対象地域において値を算出し、小班レベルでのNOD値の分布を分析した。NOD値の大きい人工林から順に、現在の林業従事者数で維持・管理ができる人工林を選択していった結果、林業従事者が住んでいる集落内の人工林を維持・管理する場合と比較して、約1.3倍程度のES値増加が見込まれ

た。また、本方法によって、林業従事者の増加によるES値増加を評価することも可能である。

本稿では、NOD値を1年あたりでのESとCOSTの比として計算した。これは、毎年COSTを投入することでESが得られるということを暗に仮定している。しかし実際には、ある時期のCOSTをかけないことで森林が劣化し、後のESが得られなくなること考えられる。すなわち、森林のNODは1年単位ではなく、ライフサイクル全体で評価することが必要であるとも考えられる。その場合は、林齢分布による費用変動の考慮や、将来のES・COSTの現在価値での評価などについて考慮する必要が出てくる。この点については、森林経営の理論などを踏まえ、今後検討する必要があると考えられる。

今後は、生態系サービスの評価手法の改良、特にまだ定量評価できていない項目の評価に取り組むことでESを再評価する。また、傾斜角38度以上の人工林として維持・管理することが困難な区域の天然林化を行うにあたっての維持・管理費を検討する。更に、NOD値の大きい人工林が存在する地区について、本稿のように維持・管理でのみ人が携わる（つまり、その地区に住むか通うかは問わない）のではなく、既存集落ストックを活用し、集落を整備・維持するための費用も勘案してどのような見直しをすればそこに人を住まわせることが可能であり、費用効率的であるかを定量評価していく。以上の検討によって、半自然資本の維持と集落の人口定着を合わせた持続可能な中山間地域の方向性の提示を目指す。

謝辞：本研究は科研費（21057041）の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表する。また、三重県、松阪飯南森林組合、大紀森林組合の方々にはヒアリング調査及び貴重なデータのご提供を頂きました。お礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本学術会議：地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について，2001。
- 2) 日本林業協会：林野公共事業における事前評価の手引き，平成19年度版，2007。
- 3) 西川卓男：先進・ユニーク条例 綾部市水源の里条例，自治体法務研究(9)，ぎょうせい，pp.57-63，2007。
- 4) （財）静岡総合研究所：特集 変革の時代における地域経営—自治体間・地域間の「格差」を超えて 中山間地域問題への新たなアプローチ，SRI，No.95，pp.3-20，2009。
- 5) 林 直樹，齋藤 晋，江原 朗：撤退の農村計画—過疎地域からはじまる戦略的再編，学芸出版社，2010。
- 6) 川崎秀明，鈴木 学，門間俊幸，大橋幸子：地域社会の持続性に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，No.520，2009。
- 7) 宮田将門，戸上昭司，加藤博和，川瀬康博，林 良嗣：ストック・フロー構造の把握による中山間地域

図-6 現状配置シナリオにおけるES値の分布（円/年・ha）

図-7 最適配置シナリオにおけるES値の分布（円/年・ha）

図-8 生態系サービス値(ES)の比較（円/年）

図-9 維持・管理費用(COST)の比較（円/年）

- の持続可能性検討フレーム, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.2, pp.265-272, 2010.
- 8) 恩田裕一: 人工林荒廃と水・土砂流出の実態, 岩波書店, 2008.
 - 9) 三重県: 平成21年度版森林・林業統計書, 2009.
 - 10) 依光良三: 日本の森林・緑資源, 東洋経済新報社, 1984.
 - 11) 田坂聡明, 有賀一広, 西川 明, 山崎敏彦: 木材受け渡し機構を持つ集材用搬器開発に関する研究, 森林利用学会誌, Vol.23, No.3, pp.149-156, 2008.
 - 12) 新山 馨, 小川みふゆ, 九島宏道, 高橋和規, 佐藤 保, 酒井 武, 田内裕之: 人工林の広葉樹林化に向けた広葉樹の更新に関する文献の収集と評価, 日本森林学会誌, Vol.92, No.6, pp.292-296, 2010.
 - 13) 石川県農林水産部農業政策課: 強度間伐による針広混交林化と機能評価, 石川県農林水産研究成果集報, 第11号, pp.20, 2009.
 - 14) 大橋慶三郎, 岡橋清元: 写真図解 作業道づくり, 全国林業改良普及協会, 2007.
 - 15) 祖田 修, 佐藤晃一, 太田猛彦, 隆島史夫, 谷口 旭: 農林水産業の多面的機能, 農林統計協会, 2006.
 - 16) 三菱総合研究所: 地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価に関する調査研究報告書, 2001.
 - 17) 三重県: 三重の環境と森林<2011年2月20日最終閲覧> <http://www.eco.pref.mie.jp/shinrin/02/report/2007/03.htm>
 - 18) 安藤 貴: 同齢単純林の密度管理に関する生態学的研究, 林業試験場研究報告 210, pp.1-153, 1968.
 - 19) 三重県森林組合連合会: 森林施業推進ハンドブック
 - 20) 酒井佳美ほか: 材密度変化による主要な針葉樹人工林における枯死木の分解速度推定, 森林立地, Vol.50, No.2, pp.153-165, 2008.
 - 21) 山田容三: 森林管理の理念と技術, 昭和堂, 2009.

(2011.2.25 受付)

A PROPOSAL OF THE SOCIAL NECESSITY INDICATOR FOR ARTIFICIAL FORESTS IN HILLY AND MOUNTAINOUS AREAS

Masato MIYATA, Kunihiro KAMEGAI, Hirokazu KATO, Yasuhiro KAWASE
and Yoshitsugu HAYASHI

In hilly and mountainous areas in Japan, there are many economically underproductive forests and farmlands that could have ecosystem service and produce social values. It is necessary to give quantitative evaluation of these areas with respect to their efficiency under severe financial situations.

This paper proposes the NOD (social Necessity Of Districts) indicator, which is the ratio of values of those artificial forests and farmlands to their maintenance cost at the forest ownership compartment level in Matsusaka City and Taki Town, the total value of ecosystem service level of artificial forests all over the areas has been estimated at 101 billion yen per year and the total maintenance cost at 5 billion yen per year. The optimal placement of foresters based on the distribution of NOD values can increase the total value of ecosystem service level approximately by 30 percent.