

公共工事における間伐材利用の可能性

- 間伐材を用いたU字溝の提案 -

和歌山大学システム工学部

山本 将功

中島 敦司

吉田 正典

株式会社山田組

小倉 和

岡田産業株式会社

岡田 卓三

1. 持続可能な社会とは

現在、人類は多くの問題を抱えている。多くの問題とは、水質汚染、大気汚染、酸性雨等の公害問題や、温暖化や熱帯雨林の減少、オゾン層の破壊に代表される環境問題等である。あるシュミレーションの極めて悲観的な結果によると、このような様々な環境問題によって、人類は2030年から2040年には地球上から絶滅するという予測すらなされている。さらに、別のシュミレーションの結果では、2040年には石油が涸渇してしまい、人類は現在のような社会を維持できなくなるという予測もなされている。

我々人類が物質的豊かさを諦めるなら、問題解決は容易であると言える。何故なら、上記のような問題は、人間の生産活動や消費活動が主な原因となっているからである。では、物質的豊かさを維持しながらの問題解決は不可能なのであろうか。

藤森は、持続可能な社会とは、「将来の世代のニーズを満たす能力を損ねること無く、現代の世代のニーズを満たすこと」としている^[1, 2]。つまり、持続可能な社会とは、物質的豊かさを維持し、自然と共生共存の道を歩み、問題解決を行う社会であると言える。そのため、持続可能な社会を構築することは、物質的豊かさを維持しながらの問題解決につながると考えられる。

2. 森林の役割と重要性

2.1. 森林の成り立ちと森林の持つ機能

国連食糧農業機関（FAO）によると、世界の森林面積は38億7000万haとされている。これは、南極を除く陸地面積の3割に相当する広さである^[4]。このように森林が世界中に広がったのは、約4億年前と考えられている。約4億年前、原始の海から陸上に進出した植物は、その後進化しながら森林を形成し、陸地を覆っていったと考えられている。森林が陸上に形成されることで、陸地は湿潤になり、地表の温度変化も緩和されるなど、生物にとって棲みやすい環境が形成されてきた。そのため森林は、生物にとって非常に重要な存在だといえる^[8]。

古くから形成されてきた森林はO₂の生産、CO₂の固定、生物の生息場所、水源涵養機能、材の生産、大気汚染の緩和、環境教育の場となりうることなど多くの公益的機能を持つことが現在では明らかとなっている（表1）^[5]。

こういった背景から、森林と公益的機能を持続させることは、持続的な社会を構築するためにも人類の重要な課題の一つであるといえる。また、1992年6月、ブラジルで開催された国連環境開発会議で採択された「森林に関する原則声明」において、「森林資源及び林地は、現在及び将来の世代

の社会的、経済的、生態学的、文化的、精神的な人類の必要を満たすため持続的に経営されるべきである」とあるように、森林を持続させることは世界的にも重要な課題となっている^{〔7〕}。

表1 森林の多面的な機能の種類

生物多様性保全機能	遺伝子保全，生物種保全，生態系保全，
地球環境保全機能	地球温暖化の緩和 地球気候システムの安定化
土砂災害防止機能	表面侵食防止，表層崩壊防止
土壌保全機能	その他の土砂災害防止 雪崩防止，防風，防雪
水源涵養機能	洪水緩和，水質源貯留，水量調節， 水質浄化
快適環境形成機能	気候緩和，大気浄化， 快適生活環境形成
レクリエーション 機能保護	療養，保護，行楽，スポーツ
文化機能	景観，風致，学習，教育，芸術， 宗教，崇礼，伝統文化， 地域の多様性維持
物質生産機能	木材，食料，工業原料，工芸原料

2.2. 日本人と森林との関わり

日本では、長い歴史の中で人々の暮らしと森林が深くかかわってきた。言い換えると、森林を保全しながら有効に利用する考え方とそのための知恵、技術、制度、生活のあり方が育まれてきたと言える^{〔8〕}。例えば、縄文時代の遺跡から、木の船や落葉広葉樹の堅果が多数出土していることから、日本の森林と人との関係を伺い知ることができる^{〔8〕}。

森林と深く関わりながら文明を発達させた日本人は、17世紀頃から建築材料や燃料の採取、宮殿、神社仏閣の建造などのために森林を過渡に伐採し始めたと言われている。こうした過渡の伐採によって燃料や木材の不足とともに、土壌浸食、沈泥、洪水、灌漑施設の荒廃が日本国土にもたらされた。このため17世紀以降、日本で植林と森林保護が行われるようになったと考えられている^{〔3〕}。その後、伝統と慣習、それに戦後の経済発展により、現在の日本の一人当りの木材消費量は世界で最も高い水準になったといわれている^{〔3〕}。

17世紀以降、日本における人と森林との関わり

方は、植林と森林保護の両面からとなっている。このような2つの関わりの中で、植林という関わり方から日本の林業が生まれたといえる。つまり林業は、人と森林の関わりを持続させる上で、非常に重要な役割を担っていると考えられている。

しかし一方で、1960年代以降の外材の大規模な輸入は、森林所有者の森林管理を経済面から大きく制約し、人工林の本数管理に必要な不可欠な森林の間伐作業などを困難とし、その多くを放置させる事態をもたらしている^{〔10〕}。具体的な例をみると、1997年の世界全体の木材貿易量は丸太換算で4億6400万立方メートルであるが、日本はその19%、数量にして8700万立方メートルの輸入を行っている。この輸入量は、2位のアメリカの輸入量3800万立方メートル、3位のイタリアの2700万立方メートルの2倍から3倍を上回っており、世界最大の木材輸入国となっている^{〔10〕}。さらに、1997年の日本の木材需要（用材）は1億990万立方メートルであるが、その80%が外材によって賄われている。これは自給率の低さが問題となっている農産物の自給率をさらに下回り、自給率20%という低位な水準にある。また、1970年代半ば以降、国内の木材生産は毎年3000万立方メートル台で推移してきたが、1990年代には2000万立方メートルを割り込む状況になっている^{〔10〕}。木材受自給率が低いということは、国土に降り注いでいる太陽エネルギーをみすみす見逃していると同じ意味を持ち、資源やエネルギーの循環の面からも、自給率の低さは持続可能な社会の構築において大きな問題である。

日本の森林の育成管理の担い手としての林業をめぐる状況は、外材輸入による国産材価格の長期低迷、林業に要する諸経費の増大、林業就業者の減少や高齢化の進行など、年々悪化の傾向をたどってきている^{〔7〕}。日本の林業の衰退により、森林の内部崩壊という間伐などの人工林の手入れの遅れを起因とする森林環境問題が起こっていると考えられている^{〔10〕}。

2.3. 間伐の重要性と間伐材の利用

現在、日本の人工林や天然林といった森林は、適切に整備されず、森林の持つ国土保全や水資源の涵養等の重要な機能の確保に支障をきたしているのではないかと考えられている。そのため、持

続可能な森林経営の考えを明確とし、国内の森林を健全で活力あるものにするとともに、そこから生産される国産材を積極的に利用する仕組みを総合的に展開する必要がある^{〔8〕}。

森林を持続させるために、特に人工林では管理が必要とされており、人工林において計画的な植林と適正な密度を保つための間伐を行うことは重要であることが知られている。全国林業普及協会は、間伐を行うことにより、木が大きく育つ、下層植生が育ち、土壌が保全される、風雪害に強くなる、景観や生物多様性の向上につながる等の効果があるとしている。さらに、森林を育てる過程で生じる間伐材は、有効利用できる資源であり、間伐を適切に行うことで、持続的な森林の経営と半永久的な木材の供給が可能であると考えられている。しかし、間伐材の需要は少なく、採算が取れない状態の中、建築用材等の生産過程の先行投資としての間伐すら行われていないのが現状である。したがって、年々悪化の傾向をたどる森林育成と林業をめぐる状況に歯止めをかけるべく、切り出した間伐材を用いる社会を形成することは重要だと考えられる。

間伐材を用いた事業の事例は数多くある。例えば北海道では、環境に配慮した治山工法開発の一環として、カラマツ間伐材を使用した護岸工等を実施している。この護岸工事は、自然の岸辺を残すため、丸太を組んだログブロックをつなぎ合わせて設置し、これを櫛形に連続的に配置することにより、直線的で単調な流れに変化（瀬並びに淵の創出）を与えている^{〔9〕}。また、佐賀県では、林道の法面に草などが繁茂すると、通行車両の視界を遮り、安全上大きな問題となるという理由から、新設林道の切土法面に丸太を伏せ込み、交通安全と草刈り経費の削減を行っている。工事には間伐材を丸棒加工したものが使用され、木材のもつ暖かみや柔らかさが感じられる景観を醸し出している^{〔9〕}。さらに、和歌山県では間伐材を有効活用した環境配慮型木製型枠（図1）等が製品化されている^{〔6〕}。

2002年度間伐・間伐材利用コンクールは、間伐の実施及び間伐材の利用に係る斬新かつ積極的な取組の普及を図るため、間伐推進中央協議会によって平成12年度から実施されているコンクールであり、平成14年度の実賞作品には次のようなものがある^{〔11〕}。



図1 和歌山県花園村の砂防工事に用いられている環境配慮型木製型枠



図2 ヒノキ間伐材を利用した畳床



図3 スギ間伐材を利用した暖房製品



図4 地域の間伐材を利用した家具

飛驒フォレスト株式会社

<http://www.hida-f.co.jp/>

地域のヒノキ間伐材を利用し、自然素材を活かした畳床を開発（図2）。製品はヒノキの持つ天然の防ダニ効果により殺ダニ材を用いる必要がない。

また、接着には化学物質を用いておらず廃棄しても腐葉土化して土に還ることから環境に優しい製品。

(株)ハイエコロジーツカモト

<http://www.yukadanbou.jp/main.html>

地元産スギ間伐材を使用した暖房製品(イス、床暖房)、施設を考案並びに制作(図3)。化石燃料の削減と間伐材の有効利用に着目した製品。健康を考えたエコ製品として老人ホーム等の福祉施設(全国で約60箇所)で施工。

協同組合ウッドワーク

<http://www.woodwork.or.jp/>

地産地消を目的とし、地元産間伐材を使用して家具類を製作、全国的に販売(図4)。NPO 法人と連携し、利用者に産地証明シールを購入してもらい、森林整備をPRし、その代金を地域の森林整備に還元。

株式会社イーエムシー

<http://www.eco-materials.com/kaisya.html>

ディーキューブと呼ばれる、土木工事等に利用される資材を開発。これは丸棒加工した製品で、設置場所、使用目的に応じた形への対応が可能。公共工事での利用が多い。花壇への利用も可能。

先に述べたように、持続可能な社会とは、物質の豊かさを維持し、自然と共生共存の道を歩み、問題解決を行う社会である。そのため、持続可能な森林経営を行うには、単に林業が持続するだけでなく、自然環境も同時に持続する必要があると考えられる。そこで、筆者らは、他所と同様に、間伐材の有効的な利用方法の一つについて検討し、間伐材を用いたU字溝を考案した。さらに、考案したU字溝用い、水路の材質と形状の違いがカエル2種の登壁に及ぼす影響について検討したので紹介する。

3. 間伐材を用いたU字溝の提案

3.1. 実験背景と目的

近年、道路等の構造物を建造する場合、周辺の動植物に与える影響を最小限にする配慮が求められている。その配慮とは、動植物の生存や生育環境、移動といったことを阻害せず、なるべく影響を及ぼさないようにすることである。最近では、そういった考えが少しずつ普及してきており、エ

コブリッジやエコトンネルといったものが造られるようになってきている。しかし、依然として蔓延しているコンクリート製のU字溝に代表される水路では、依然として工事と給排水の効率が重視されており、水路に落下した小動物への影響が懸念されている(図4, 5, 6, 7)。そのため、生物保護の観点からは、小動物の生息や移動を妨げない材質、形状の水路が求められている。

U字溝は、施工が比較的簡易であることから、広く公共事業に使われている。さらにコンクリート製の水路の中でも特に表面が平滑で、生物にとって最も危険度の高い製品のひとつである。そのため、本研究ではU字溝を用いた実験を行った。また、木質資源が循環資源であることに加え、U字溝に木質資源を用いることが新たな間伐材の有効利用につながると考えたため、コンクリートに替わるU字溝の材料として間伐材を使用した。

本研究では、和歌山県内の水路内での死滅の目立つトノサマガエル *Rana nigromaculata* およびツチガエル *Rana rugosa* に注目した。トノサマガエルは関東以西の、ツチガエルは本州以西の、いずれも平地や低山地の水田周辺に生息している。いずれもアマガエルのように手足の吸盤によって壁面を登ることができず、最近では、コンクリート製の農業用水路内で死滅している光景が各地で多見されている。つまり、両種ともコンクリート製の水路によって、生存の制約を多大に受けると考えられる。そこで本研究では、コンクリート製のU字溝と木製のU字溝の模型を用い、材質や壁面の形状、傾斜角度の違いによるカエルの登壁能力について調査した。

3.2. 実験材料および実験方法

供試したトノサマガエルおよびツチガエルは、和歌山県伊都郡かつらぎ町内の水田およびその周辺で、体長2~3cmの1歳の個体を全20頭前後捕獲することで用意した。

本研究に用いたトノサマガエルおよびツチガエルは、初夏から夏にかけて水田周辺に産卵を行う種であることが知られている。そのため、初夏から夏にかけて、U字溝が多く用いられている水田周辺に現れる可能性が考えられた。さらに、供試したような体長2~3cmの1歳の個体は、成熟していないために壁面を登る力が足りず、夏季の暑さによってコンクリート製のU字溝内で死ぬ可能



図4 水田沿いの水路

日本各地で一般的に見られるコンクリート製の水路。水路は深く、数十センチはあると思われる。



図5 コンクリート製の集水マス

このような集水マスは、垂直な壁面であるため、小動物が落下すれば脱出することが困難だ。

性が考えられた。そこで、実験を8月中旬に行うことで重要な知見が得られると考え、本研究は、2002年8月13, 14, 15日に行った。

実験1として、和歌山大学構内の人工池内に、コンクリート製のU字溝と、木板および楕円面の幅が8cmと10cmの2種類の丸太で制作した木製U字溝模型3種類(図8)を設置し、その中に両種のカエルを放ち、その後全個体が落ち着いた状態での選好位置を調べた。

午前、正午、夕方の計3回カエルを水路内に放った。その際、U字溝と3種の模型において壁面の表面温度、水路内の気温、湿度、光量子束密度、および水温を10cmメッシュで計測し、環境条件と供試個体の選好性との関係について検討した。なお、水深は10cm以上とし、供試個体が底部で安静にできないようにした他、丸太については、水面



図6 水路内のカエル

カエルが水路に落下し、脱出できない様子。この個体はおそらく溺れ死ぬことが予想される。



図7 水路内のイモリ

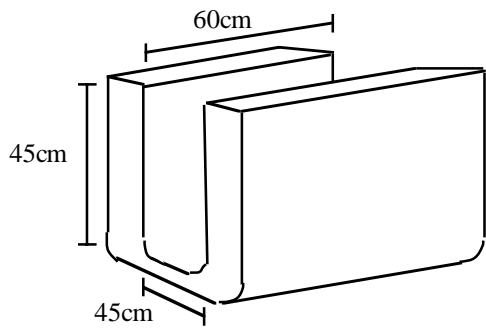
集水マスに落ち込んだ個体が他の水域へ移動することは困難であろう。

が丸太の中間点に来る場合と、丸太と丸太の継ぎ目に来る場合のそれぞれを用意した(図9)。

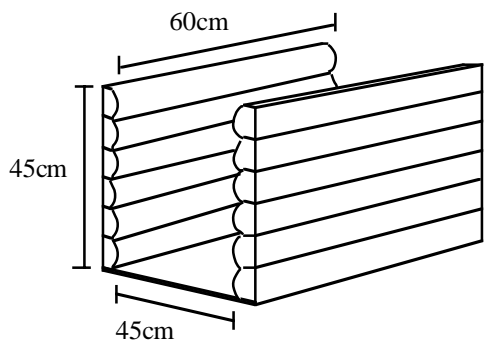
次に実験2として、コンクリート製のU字溝と木板および楕円面の幅が10cmの丸太による模型の壁面の片側の傾斜角を、90, 75, 60, 45°と段階的に変化させ、材質、傾斜角の違いがトノサマガエルの登壁行動に及ぼす影響について検討した(図10)。水深は実験1と同様とし、供試個体の30秒ごとの到達距離を5分間調べた。

3.3. 実験結果

実験1で行った、材質の違いと各種カエルの環境選好性との関係については、気温、湿度および水温は各計測ポイントで差が認められなかったため、その影響は明らかにならなかった。また、その他の環境条件についても両種の環境選好性に明

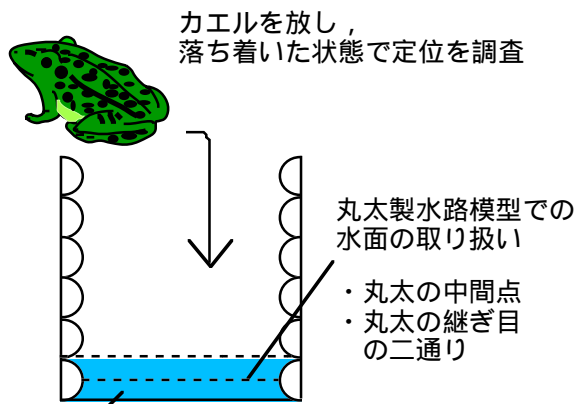


コンクリート製の水路模型



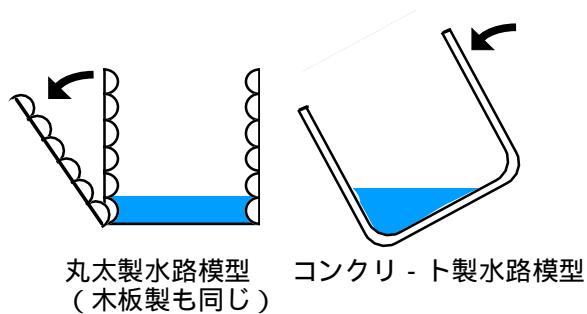
丸太を配置した水路模型（木板も同様）

図8 実験で用いたU字溝の模型



水深10cm（各カエルの底部での安定を阻害）

図9 実験1における水面の取り扱い



丸太製水路模型（木板製も同じ） コンクリート製水路模型

図10 傾斜角度を変化させた壁面の様子



図11 コンクリート製U字溝模型内でのカエルの様子

壁面につかまることができず、浮いたままの個体が多い。



図12 木板製U字溝模型内でのカエルの様子
たとえ木板壁面につかまることができても、勾配が急な場合は登ることはできない。



図13 丸太製U字溝模型内でのカエルの様子
避難場所であるはずの丸太のラウンドが、逆に小型の個体の登壁を妨げることがある。

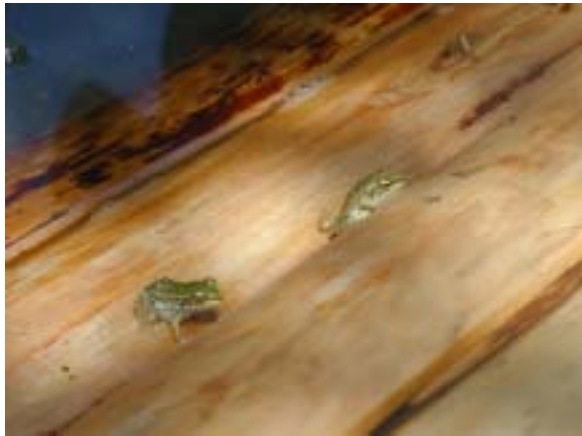


図 14 カエルが丸太製のU字溝模型を登っている様子

傾斜角が 45° の場合、多くの個体が壁面を登ることができた。

らかな偏りは確認できず、本研究の範囲内では材質の違いと両種の環境選好性との関係は認められなかった。

しかし、丸太製のU字溝模型は、丸太の継ぎ目がかエルの避難場所となっていたのに対し、木板およびコンクリート製U字溝模型は、カエルのつかまる場所が無く、カエルは浮いたままの状態であった。特に、コンクリート製U字溝模型では、カエルは水際の壁面につかまるだけで、登るといった行動は見られなかった(図 11, 12, 13)。

本研究の結果から、カエルの環境選好性は確認できなかったものの、カエルの避難場所の確保という面から丸太製のU字溝は有用であると考えられた。

次に、実験 2 で行った、壁面の材質、形状、傾斜角度がトノサマガエルの登壁行動に及ぼす影響について示す。図 15 は、カエルが丸太製のU字溝模型を登っている様子を示している。また、図 14 は、壁面を登りきった個体数の割合を示している。全個体の内、木板製の 45° で 56%、60° で 42%、丸太製の 45° で 30%、60° で 15% の個体が壁面を登りきった。それに対し、コンクリート製では、登りきった個体は 1 個体もいなかった。さらに、傾斜角度が 75° 以上ではどのU字溝においても登りきった個体はいなかった。

図 16 に各材質、各傾斜角度でのカエルが登った高さを示す。これによると、壁面の傾斜角 45° の場合、木製では 50cm 以上登壁出来る個体が多く現れたが、コンクリート製では最高 20cm 程度しか登

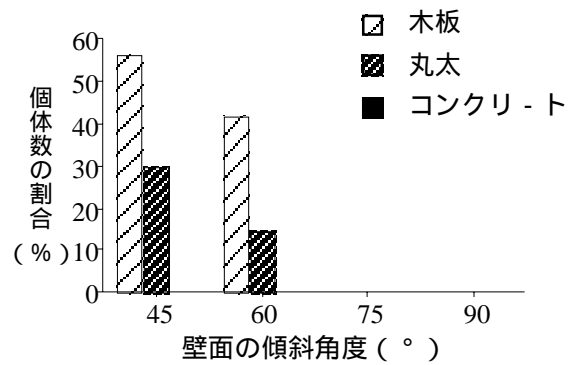


図 15 各水路模型の各傾斜度における壁面を登りきった個体数の割合

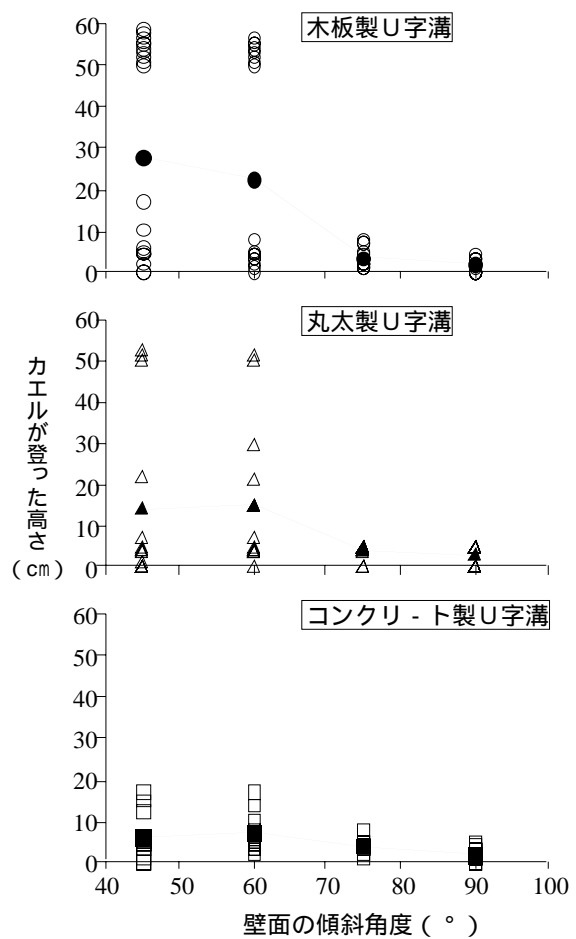


図 16 壁面の各材質、各傾斜度でのカエルが登った壁面の高さ

ることができず、途中で落下する個体が確認された。傾斜角 60° の場合、木製では 45° の場合とほぼ同じ結果が示されたが、コンクリート製では落下する個体が増え、うまく着水できない個体が多見された。傾斜角 75° 以上の場合、カエルは材質

の違いによらず 10cm 程度しか登ることができなかった。また、丸太製の水路では水面が継ぎ目の部分にある場合、丸太のラウンドが邪魔になり、カエルはうまく壁面を登ることができないことが明らかとなった。

3.4. 実験結果のまとめ

本研究の結果、コンクリート製のU字溝では、カエルは壁をほとんど登ることができず、生存の危険性が十分にあることがわかった。また、木製であっても、壁の傾斜角は 60°未満が望ましいこと、傾斜角 75°以上であれば、高さを 10cm 未満にするか、それ以内に階段上の構造を用意することが望ましいことが示された。さらに、丸太を使用する場合、丸太の直径が 10cm では大きすぎると考えられた。

4. おわりに

今回は、持続可能な社会に向けた森林管理という話から、間伐材を用いたU字溝を紹介した。今回提案したU字溝は、カエルに対する影響評価を行っただけで、経済性を考慮出来ていない。経済が成り立たなければ自然環境を考慮した持続可能な社会の形成は困難である。そのため、このような実験を行う上で、経済性を考慮することは今後の重要な課題である。

経済性を考慮しつつ、今回のような事例を多く積み重ねることは、日本の人工林や天然林といった森林が、適切に整備されることにつながると考える。つまり、森林環境は保全され、間伐を行うための新たな雇用が創出され、ひいては農山村地域の振興にも寄与することが期待できると考える。

引用文献

- [1] 藤森隆郎：新たな森林管理，全国林業改良普及協会（2003）
- [2] 藤森隆郎：持続可能な林業経営と環境問題，木材工業 Vol.54, No.11（1999）
- [3] Jack Westoby：森と人間の歴史，築地書館（1990）
- [4] 環境省：環境白書 平成 14 年度版，株式会社ぎょうせい（2002）
- [5] 西岡秀三・原沢英夫：地球温暖化と日本，古今書院（1997）
- [6] 岡田産業ホームページ
<http://www.okadasangyo.co.jp/>
- [7] 小澤 普照：森林持続政策論，東京大学出版会（1996）
- [8] 林野庁ホームページ：森林と国民との新たな関係の創造にむけて（2001）
<http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/sesakusyukai/13hakyuso/1syoun.htm>
- [9] 社団法人日本林業協会：平成 12 年度林業白書（2000）
- [10] 山岸清隆：森林環境の経済学，新日本出版社（2001）
- [11] 全国森林組合連合会ホームページ（2003）
<http://www.zenmori.org/kanbatsu/>