

胆振地域における海岸流木のリサイクルシステムの提案

斎藤直人, 石川佳生^{*1}, 北橋善範^{*2}, 清野新一^{*2}, 古俣寛隆^{*3}, 石河周平^{*3}

Proposal for the recycling of coastal driftwood in Iburi area

Naoto SAITO, Yoshio ISHIKAWA, Yoshinori KITAHASHI, Shinichi SEINO,
Hirotaka KOMATA, Shuhei ISHIKO

To process seashore driftwood efficiently, a recycling system based on the scale of driftwood generation was examined. The analytic hierarchy process (AHP) was effective as a decision-making procedure for treatment of driftwood among the various agencies involved. Volunteer work was considered to have an important role in reducing costs, in spite of the scale, size and area of the drift. By the AHP method, selection of the market, resource utilization and environment reduced the collection, crushing and transport costs of driftwood. Additionally, the utilization system selected driftwood for boards, litter and fuel. A constant supply of wooden materials from the drift district was necessary to stabilize the system. The recycling system for the driftwood was immediately adapted to the post-disaster situation. These results showed that cooperation with the municipal waste system in the Iburi district contributed to the successful handling of driftwood.

Key words: recycling, driftwood, analytic hierarchy process, handling cost, Iburi
リサイクル, 流木, AHP (階層分析法), 処理コスト, 胆振

海岸漂着物を効率的に処理するため、流木の発生規模に応じたリサイクルシステムを検討した。その際、AHP（階層分析法）は、様々な機関が関係する流木処理の決定手法として有効であった。流木処理では、規模、サイズおよびエリアにかかわらずボランティアによる作業が処理コストを低減する上で重要な役割と考えられた。AHPによって、市場、資源活用および環境等の要因から、分析した後に処理方法を選択することで、流木の収集、粉碎、運送コストを縮小することができた。さらに、流木の利用方法は、ボード、敷料、および燃料が有望と選択された。なお、リサイクルシステムを安定させるには、漂着地域における他の木質材料も含めて供給することが必要と思われた。また、数年に一度の規模を想定した流木による災害に対してリサイクルシステムを形成することで、大きな災害にも速やかに適応できると思われた。以上の結果から、胆振地域のような都市ゴミの広域連携は、流木処理のフロー形成にも寄与するものと思われた。

1. はじめに

北海道胆振地域では、海岸漂着物を効果的に処理するため、平成22年4月に胆振地域海岸漂着物推進協議会を発足し、継続的に回収事業を実施している。その際、漂着物量が多い流木については、流木にかかる関係機関と研究機関からなる検討会を設置して、流木の発生メカニズムの解明と、流木の回収を円滑に進めるための処理コストの低減化、発生量に応じたリサイクルシステムの形成を図っている。その中では、数年（7～10年）に一度発生する流木に対して優先的に対応策を検討することとしている。

ここでは、さらに①数十年に一度の雨量、②数年に一度の雨量、③平時の雨量の3パターンの流木発生量を想定した上で、各々の処理方策を検討した。これにより、いずれのパターンでも適切なリサイクルシステムを形成し、突如として発生する流木に速やかに対応できる体制の構築を目的とした。

なお、一般的な用材丸太の需要サイズは、長さ2.4 m以上で、製材用が直径20 cm以上、合板用が直径30 cm以上である。数十年に一度の雨量では、これらのサイズに相当する流木は少ない。平成15年台風10号による二風谷ダムでの流木の大量発生の際でも、該当するものが少なく、選別の煩雑さも

あつて用材としての利用は果たせなかった。

いずれの発生規模でもチップ化による敷料・堆肥、ボード、燃料への利用が想定されるため、ここでは規模に関わらず、チップ状の粉碎物を想定して、発生から処理までの各工程（集積、積込、整地、運搬、処理、維持）のコストや環境負荷等を算出しながらリサイクルシステムを提案することとした。

なお、胆振地域における海岸流木にかかる用途とその利用上の留意点は以下のとおりである。

①燃料：胆振地域には、木質バイオマスを熱利用する装置やシステムが多く、連携も期待される。塩素や灰分の多い流木を燃料とすると、クリンカの生成を増長し、燃焼装置、システムの損傷等を引き起こす可能性がある。そのため、塩素は燃焼施設での受け入れ基準値 0.4%を超えないようにするなど、その低減を考慮する必要がある。

②敷料：木材の粉碎物は優れた敷料となる。敷料では塩分量は問われないものの、使用後に堆肥化されることから、塩分は 1%以下に抑えるとともに、土砂、プラスチックなど異物も除去する必要がある。そのためには、屋外暴露による塩分の低減と、ふるいの使用やグラブによる土砂の振り落としが必要である。集積工程での乾燥により砂が脱落することから、粉碎等は集積以降にすることが適当である。

③ボード：低質な木材は粉碎することでボード原料に活用できる。しかし、成形装置、成形技術が必要で、既存のボード工場を受入対象として利用することとなる。

④その他（塩分の低減）：流木の塩分濃度を測定したところ、それは 1%以下のものが多くを占めていた。これは、海上を漂っても、海水の浸透は表面から 2 mm 程度に止まることが多く、さらに漂着後に降雨にさらされて塩分が溶出するためと考えられる。

なお、塩分を低減するためには、排水性が良く、再流出の可能性が低い、満潮時に海岸線よりも陸側の区域に集積して屋外暴露を行う必要がある。日降雨量 20 mm 程度が 5 回以上あれば概ね塩分の溶出が十分と考えられることから、気象庁の降雨量データ等を活用して暴露期間を判断することとなる。

2. リサイクルシステムの提案方法

2.1 リサイクルシステムの評価・選定

AHP (階層分析法 Analytic Hierarchy Process)^{1,2)}に基づいて流木の良好なリサイクルシステムを提案することとした。そこで以下に、AHP にかかるデータの作成、評価の流れを示す。地域の流木処理の実績、実態を基に、漂着・処理に関する条件を設定し、可能と考えられる「流木のリサイクルの代替案 (AHP による解析案)」を抽出した。次に、AHP による「評価項目の設定と階層図」を作成し、評価項目ごとに「各代替案の評価」を行った。「評価項目間の重みづけ (重要度)」については、胆振の流木処理に係る関係機関に対してアンケート調査を行い、その結果から決定した。これらを統合して「流木処理フロー代替案」を評価し、効果的なリサイクルシステムを選定した。

ここで、海岸流木の発生状態等は以下のとおり設定した。

流木の回収にかかる補助制度には、流木発生量の規模は 1,000 m³ 以上（国交省、農水省）と 150 m³ 以上（環境省）に分けられる。150 m³ は、11 トントラック数台分に相当し、集積状態で一山（長さ 10 × 幅 7.5 × 高さ 2 m）に該当する。これが処理されずに海岸に散乱したままの状態では、海岸がゴミだらけの印象となる。実際の調査結果から、流木の性状は、多くが乾燥・腐朽した質の悪いもので、平均長さ 70 cm、直径 7 cm とした。なお、直径 10 cm 以上の流木は機械を導入して作業するが、5 cm 以下はボランティア等で対応し、直径 5 ～ 10 cm の場合はその発生量の規模により判断する。1,000 m³ 以上は、ボランティアの作業だけでは限界であると思われる。集積により上記並の山が 10 以上形成され、大きな保管場所の選定も必要となるものである。

なお流木の発生規模は、以下の雨量が原因として 3 パターンの発生条件を想定した。

①数十年に一度の雨量（24 時間 200 mm 以上）：甚大な災害、被害が伴う場合で、崩落等による倒木の流木化が見られる。流木 3,000 m³ (6,000 空 m³) (空 m³ とは、木材を積み上げて空間があるままの容積) の流木が発生する。

②数年に一度の雨量（24 時間で 100 mm 以上）：主に河畔林を発生源とした流木に加えて、崩落等による倒木が含まれ、400 m³（800 空 m³）の流木が発生する。

③毎年起こる規模（通常の雨量）：河道内に漂着して腐朽した小径なものや河川周辺のヤナギなどが多い 90 m³（180 空 m³）の流木が発生する。

2.2 リサイクルシステム代替案の抽出

AHP による最初の作業として、流木の処理施設や受け入れが可能な再資源化施設等への聞き取りから、胆振地域において可能と考えられる処理「代替案の抽出」を行った（①から⑩）。代替案①、②は流木を海岸から陸域へ押し上げて再流出しないように集積する処理である。代替案③より以降は、集積した流木を一時保管場所へ運搬して破碎後、敷料、ボード原料、燃料として農家や木材工場で利用するリサイクルシステムである。②④⑥⑧⑩の代替案は、一時保管した流木を地元住民へ無償提供する機会を設け、処理量を減容した後、残りを破碎して利用するものである。住民への無償提供については、提供の方法や期間などにより減容率は異なるが 10%とした。また屋外暴露されることで、降雨により、代替案に適用できるまで塩分は溶出、低減するものとした。

聞き取りから、流木の敷料利用は過去に実績があり、当該地域の内外の農家を利用先と想定することで十分な需要が見込まれた。またボード原料への利用は、苫小牧市に所在するボード工場での利用が想定され、実績もあった。またボイラー燃料への利用は、白老町に所在する製紙工場が一定量以下の塩素濃度（0.3%）であれば受入を可能としており、大きな需要が見込まれる。

なお、流木のような大型の一般廃棄物をそのまま受け入れる焼却炉や埋立の処分場はないものの、処理フローを地域で検討することで、新たに設置も可能であり、焼却に伴って発生する熱利用もリサイクルの一環と考えられることから、焼却も代替案⑨⑩として設定した。

①海岸での集積

②集積し、その後一時保管場所へ運搬して住民へ無償提供する。その後も集積する。

③集積し、一時保管場所へ運搬して破碎後に敷料として利用する。

④集積し、一時保管場所へ運搬して住民へ無償提供した後、破碎して敷料として利用する。

⑤集積し、一時保管場所へ運搬して破碎後にボード原料として利用する。

⑥集積し、一時保管場所へ運搬して住民へ無償提供した後、破碎してボード原料として利用する。

⑦集積し、一時保管場所へ運搬して破碎後に燃料として利用する。

⑧集積し、一時保管場所へ運搬して住民へ無償提供した後、破碎して燃料として利用する。

⑨集積し、一時保管場所へ運搬した後、焼却する。

⑩集積し、一時保管場所へ運搬して住民へ無償提供した後、焼却する。

2.3 評価項目の設定および階層図

AHP にかかる評価項目とリサイクルシステムの階層図を検討した。大項目として「経済性・市場性」「資源の有効利用」「地域への貢献」「環境との共生」の 4 項目を設け、その下位の小項目は各々「需要」と「流木の処理コスト」、「流木の利用率」と「流木を使用した製品のリサイクル性」、「地域住民への還元」と「流木利用による地場産業への貢献」、「流木処理に係る CO₂ 排出量」と「沿岸域の景観維持・保全」の計 8 項目とした。

各項目を評価する方法には、評価項目ごとに一対比較を行う相対評価法と、一対比較を行わずに評価する絶対評価法があるが、相対評価法は代替案が追加または削除した場合に新たに一対比較をやり直さなければならない煩雑さから、ここでは絶対評価法を用いた。そこで「処理コスト」や「流木処理に係る CO₂ 排出量」のように定量化が比較的容易な評価項目については、結果を基に各代替案の算出値で評価することとし、定量化が難しい評価項目については 3 段階の評点づけ（1 点、3 点、5 点）による評価とした。ただし、AHP は比率尺度に依存して評価値（重み）が定まる手法であるため、「流木の利用率」のように定量化できる項目であっても、利用率 0% のような評価が想定される項目は算出値をそのまま用いることができないので、3 段階の評点づけとした。

2.4 代替案の評価

代替案の評価値は以下のとおりとした。

「経済性・市場性」

①需要：想定される利用方法（住民への無償提供を除く）に対して、地域内外を問わず需要・使用実績があるかを評価する。需要が多くあり、確実に組み込まれる場合は A：5 点，需要は少ないがほぼ確実な活用が見込まれる場合は B：3 点，需要が少なく，利用されない可能性がある場合は C：1 点とした。

②流木の処理コスト：集積，積込，整地，運搬，処理，維持までの処理コストを算出し，そのコストを評価値とした。

「資源の有効利用」

①流木の利用率：土砂，ボサ類（茎の太い笹やイネ科草本類の漂流物），腐朽材等を含む流木の処理量に対する利用率（流木利用量／流木処理量×100）を以下のとおり評価した。なお，土砂等の埋め戻し処理などは利用とみなさないものとした。利用率が 80% 以上の場合は A：5 点，利用率 30% 以上 80% 未満の場合は B：3 点，利用率 30% 未満の場合は C：1 点とした。

②流木を使用した製品のリサイクル性：流木を原料として作られた製品が，再生利用できる可能性を評価した。なお，用途が複数ある場合は，上位となる用途で評価した。製品の使用后，回収し元の製品として再生利用することが基本的に可能な場合は A：5 点（例えば，ボードを回収して再びボード原料に使用する）。製品の使用后，回収し，形を変えて再生利用することが可能な場合は B：3 点（例えば，家畜敷料として使用した後，堆肥として熟成させ利用する）。製品の使用后，回収し再生利用することは基本的に不可能な場合は C：1 点（例えば，燃料として使用する場合）とした。

「地域への貢献」

①地域住民への還元：広報・メディアで周知して，流木を地域住民に無償提供するなど，地域住民への還元を以下のとおり評価した。広報・メディア等で周知し，1 ヶ月以上の提供期間を設ける場合は A：5 点（減容率は 20% 以上を想定する）。広報・メディア等で周知し，数日～1 週間程度の提供期間を設ける場合は B：3 点（減容率は 10% 程度を想定する）。

住民への無償提供を行わない場合は 1 点とした。

②流木利用による地場産業への貢献：流木の利用による酪農・畜産業，製紙・ボード工業など地場産業に対する貢献度を以下のとおり評価した。なお，利用される産業間では評価に差はつけず，利用される工場や農家の所在地が地域の内か外かによって評価することとした。想定される利用先がすべて地域内（胆振管内）にある場合は A：5 点。想定される利用先の一部が地域外にある場合は 3 点。想定される利用先がすべて地域外にある又は流木の利用がない場合は 1 点とした。

「環境との共生」

①流木処理に係る CO₂ 排出量：流木の集積，積込，整地，運搬，処理，維持までの CO₂ 排出量を算出し，その排出量を評価値とした。なお，ボード・敷料・燃料はチップ製造・輸送までを，焼却は処分完了までとした。

②沿岸域の景観維持・保全：流木処理による沿岸域の景観維持・保全を以下のとおり評価した。流木を回収し，美観の保持，保全がなされる場合は 5 点。流木の多くが処理されて海岸の美観保持・保全がなされる場合は 3 点。なお，チェーンソーにより直径 10 cm 以上の材は残さないものとした。そして，流木が地域に残り，美観や保全が改善されない場合は 1 点とした。

2.5 コストと二酸化炭素（CO₂）に係る条件

2.5.1 リサイクルシステムのコストに係る条件

流木処理を行なう関係機関に対する聞き取りを基に，以下の条件として，工程別の作業コストを試算した。

輸送距離は，代替案①②の集積は輸送距離なし，代替案③④敷料の輸送は農家までの片道 80 km，代替案⑤⑥ボードおよび代替案⑦⑧燃料の輸送は片道 30 km とした。そして，代替案⑨⑩の焼却のための輸送は焼却場までの片道 10 km とした。

住民配布を行う場合，減容率は流木の 10% とした。配布場所は，集積場所で行うこととし輸送コストは無いものとした。集積作業では，規模により，発生量 90 m³ の場合はバックホウのみの使用として，発生量が 400 m³ と 3,000 m³ の場合はバックホウとレーキドーザを使用することとした。その際の

諸経費は以前の模擬実験³⁾を踏まえ、工事の総額に係数を乗じた金額とした。なお各係数は、共通仮設費 13.1%、現場管理費 24.0%、一般管理費 14.4%、消費税 5%とした。

2.5.2 リサイクルシステムの CO₂ 排出量に係る条件

環境負荷に関して、工程別に CO₂ 排出量を試算した。排出量は、作業機械の燃料消費量に LCA 実施支援ソフトウェア⁴⁾に搭載される CO₂ 排出原単位を乗じ、全工程の CO₂ 排出量を合算することで求めた。流木の集積、積込、運搬、現場片付・整地における燃料消費量は、重機等賃貸借報告書の稼働時間に文献⁵⁾の対応する作業機械の運転 1 時間当たり燃料消費率を乗じて求めた。破碎にかかる作業(破碎、破碎補助)の燃料消費量は、実際の使用機械および燃料消費量等の聞き取りから求めた。破碎は出力 650 HP のタブ式自走式破碎機で行ない、グラップルおよびスケルトンバケットアタッチメントを装着した 0.7 m³ 級バックホウ 2 台で補助作業(投入とふるい)を行うこととした。燃料消費率については、自走式破碎機はヒアリングより 100 L/h、バックホウは文献⁵⁾より設定した。作業時間はヒアリングより 2 日間(16 時間)として燃料消費量を求めた。重機移動の燃料消費量は、文献⁶⁾を参考に 14, 20, 30 トントレーラーの燃料消費率をそれぞれ 2.7, 2.0, 1.5 km/L として、実際の移動距離から求めた。最後に全工程を合算して流木材積で除し、流木処理 1 m³あたりの CO₂ 排出量を算出した。この段階の流木は、ボサやゴミ、土砂等の利用できないものも含むため、ボイラー燃料等に使用できる木質量は、見かけのかさ体積より小さい。今回見かけのかさ体積に含まれる利用可能な木質の実材積は 1/3 とした。

2.6 評価項目間の重みづけ(重要度)

評価項目間の重みづけは、関係機関等の対象者にアンケート用紙を配布して、規模ごとに評価項目間の一対比較をしてもらい、回答された一対比較表から固有値法により各評価項目の重みを算出した。聞き取りならびにアンケート調査においては、以下の前提条件を説明した上で行った。

①処理量は、前述した降水量に応じた 3 タイプの発生量 A から C を設定した。なお、住民への無償提

供(住民配布)でその 10%が減容するものとした。

A 90 m³ (180 空 m³), B 400 m³ (800 空 m³), C 3,000 m³ (6,000 空 m³)

②漂着地域は、胆振東地域は苫小牧市(厚真町、むかわ町 含む)、登別市、白老町として、西地域は室蘭市・伊達市とした。

③聞き取りは、管理者等(国、胆振総合振興局、市町村)、水面域にかかる関係機関(NPO、漁業関係)、処理にかかる関係機関(一般廃棄物処理関係、産業廃棄物処理関係)と、利用にかかる関係機関(燃料、ボード、敷料利用者)とした。

④流木の性状として、流木の含有塩分は溶出しやすく、破碎チップでは塩素濃度 0.3%未満で、流木の全乾比重は 0.45、その含水率は約 50%、実材積に対する空隙率は 1/2 とした。

各項目の重みは、一対比較表から固有値法により算出した。また、一対比較表の整合性を示す C.I. (consistency index) は、一対比較表から行列(一対比較行列)として求められる最大固有値を用いて計算し、C.I. が 0.1 ~ 0.15 を超えた場合は、整合性が低いと判断し、聞き取りをやり直した。

3. 結果と考察

3.1 処理コストならびに CO₂ 排出量

流木の発生規模と処理に応じて算出したコストならびに CO₂ 排出量との関係を第 1 表にまとめた。

処理コストの試算結果から以下のことが認められた。

- ・流木の処理コストは代替案により 1,853 ~ 28,260 円/t と幅があった。
- ・処理コストの割合は、発生量 90 m³ で重機を 2 台使用するフローを除く全てのケースにおいて、破碎工程の割合が大きく(表は割愛)、全処理工程の総額の 15 ~ 39%を占めていた。
- ・規模によるコスト差が見られたのは集積工程で、発生量 400 m³ は 90 m³ より 23%低く、3,000 m³ は 400 m³ より 48%低かった(同じく表は割愛)。
- ・規模は、大きくなるほど単価が低減されるものの、400 m³ のフローが大きな規模にも適用できるものと思われた。
- ・流木処理においては、破碎コストが高く、集積ま

第 1 表 代替案の処理コストならびに CO₂ 排出量

Table 1. Handling costs and carbon dioxide emissions of alternatives.

代替案 Alternatives	流木発生量 (処理)規模 Scale of driftwood	① 集積 Stock	② 配布+集積 Publication & stock	③ 敷料 Litter	④ 配布+敷料 Publication & litter	⑤ ボード Board	⑥ 配布+ボード Publication & board	⑦ 燃料 Fuel	⑧ 配布+燃料 Publication & fuel	⑨ 焼却 Incineration	⑩ 配布+焼却 Publication& incineration
評価項目 Evaluation items											
処理コスト (円/ton) Cost	90 m ³	4,644	4,644	28,260	20,522	26,655	19,077	26,655	19,077	26,332	18,786
	400 m ³	3,572	3,572	26,456	19,451	24,850	18,005	24,850	18,005	24,527	17,715
	3000 m ³	1,853	1,853	23,561	17,731	21,955	16,286	21,955	16,286	21,632	15,995
CO ₂ 排出量 (CO ₂ -kg/ton) Carbon dioxide emission	90 m ³	4.6	4.6	36.7	33.9	28.3	26.3	28.3	26.3	24.9	23.2
	400 m ³	5.7	5.7	37.8	34.9	29.4	27.3	29.4	27.3	26.0	24.2
	3000 m ³	5.7	5.7	37.8	34.9	29.4	27.3	29.4	27.3	26.0	24.2
輸送距離 Transport distance		集積のみ 0km		80km	80km	30km	30km	30km	30km	10km	10km
減容率 (%) Volume reduction ratio			10		10		10		10		10

* 流木発生量：見かけ容積の半分（実績）とした

*Scale of driftwood in effective cubic capacity: half of the apparent volume.

でにとどめておくことと処理コストは大幅に低減できる。しかし、集積されたままの流木は景観を悪化させるもので、後述の AHP の結果からも、活用を図る工程が必要と思われた。

CO₂ 排出量の結果からは、以下のことが認められた。

- ・流木の処理に伴う CO₂ 排出量は代替案により 4.6 ～ 37.8 kg と試算された。
- ・チップ化の現場から燃焼施設までの輸送距離が遠くなるにつれ、CO₂ 排出量は増加して、削減効果は減少した（表は割愛）。
- ・CO₂ 排出量は全てのケースにおいて、破碎工程の割合が大きく、全工程の 38 ～ 42% を占めた。次いで大きいのは、80 km のチップ輸送を想定した敷料輸送で 33 ～ 37% を占めた（表は割愛）。

住民配布による減容効果については、ここでは流木の 10% が住民に提供されると想定しているが、「破碎」および「チップ輸送」の算出値は住民配布を行わない場合よりも処理コスト、CO₂ 排出量が 10% 低減することから、住民配布による削減効果が 20% のように大きくなれば、さらに、有効な工程と思われた。今後は、住民配布の方法について、改善策が必要と思われた。

3.2 総合評価、最適リサイクルシステムの選定

代替案の評価結果をまとめた。項目ごとの評価値に重みを乗じて積みあげ（第 2 表）、第 1 図から第 9 図のような総合評価値が得られた。なお AHP は解

析過程の重みづけも重要な要因ではあるが、ここでは解析の有効性のみを示すこととして割愛した。

3.2.1.1 胆振の東西地域の総合評価

- ・東地域はボードを、西地域は集積、燃料、ボードをリサイクルシステムとして選定した。
- ・規模が 90 m³ では東地域は燃料を、西地域は集積を選定した。

3.2.1.2 胆振地域の全機関による総合評価

- ・基本的には同じ代替案が評価されたが、西地域は住民への貢献や環境との共生が評価された。
- ・住民（ボランティア）が参加するシステムを評価された。
- ・焼却は評価が低く、リサイクルとして抵抗感があることが示唆された。
- ・発生量が多い場合は、集積、燃料、ボードへの展開を選択された。
- ・補助金に頼ることなく、コスト抑制を図り、地域産業に貢献するフローが評価された。

3.2.2 規模別の総合評価

○ 90 m³（第 1 ～ 3 図）

- ・処理にかかる関係機関は集積を、それ以外のグループは住民配布、燃料やボード利用を評価した。コストに加えて、管理者はリサイクル性、需要、流木の利用率、あるいは地域住民・地域産業を、処理にかかる関係機関は需要を高く評価していた。水面域にかかる関係機関は景観、CO₂ 排出量を高く評価していた。

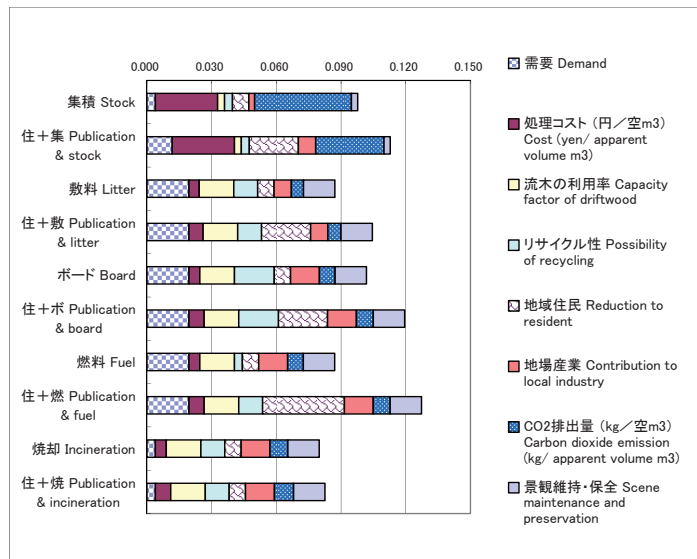
第 2 表 代替案の評価

Table 2. Evaluation of alternatives.

代替案 Alternatives	流木発生量 (処理)規模 Scale of driftwood	① 集積 Stock	② 配布+集積 Publication & stock	③ 敷料 Litter	④ 配布+敷料 Publication & litter	⑤ ボード Board	⑥ 配布+ボード Publication & board	⑦ 燃料 Fuel	⑧ 配布+燃料 Publication & fuel	⑨ 焼却 Incineration
評価項目 Evaluation item										
需要 Demand	1	3	5	5	5	5	5	5	1	1
処理コスト (円/空 m ³) Cost (yen/ apparent volume m ³)	1,190	1,190	6,754	5,885	6,192	6,473	6,192	6,473	5,000	5,000
流木の利用率 Capacity factor of driftwood	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5
製品のリサイクル性 Possibility of recycling	1	1	3	3	5	5	1	3	3	3
地域住民への還元 Return to residents	1	3	1	3	1	3	1	5	1	1
地場産業への貢献 Contribution to local industry	1	3	3	3	5	5	5	5	5	5
CO ₂ 排出量 (kg/空 m ³) Carbon dioxide emission (kg/ apparent volume m ³)	5.46	5.46	21.0	20.0	18.0	19.5	18.0	19.5	17.0	17.0
沿岸域の景観維持 ・保全 Locale maintenance and preservation	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5

* 敷料の利用先の一部には石狩、日高など胆振以外の農家も想定して B 評価とした。

*Since farms in areas other than Iburi, such as Ishikari and Hidaka, also use the litter, it was considered a “B” evaluation.

第 1 図 全機関による代替案の総合評価値（発生量 90 m³）

住：住民配布，
住+集：住民配布後に集積，
住+敷：住民配布後に敷料利用，
住+ボ：住民配布後にボード利用，
住+燃：住民配布後に燃料利用，
住+焼：住民配布後に燃料利用

Fig. 1. Comprehensive evaluation value of the alternatives by organizations (scale of driftwood: 90 m³) .

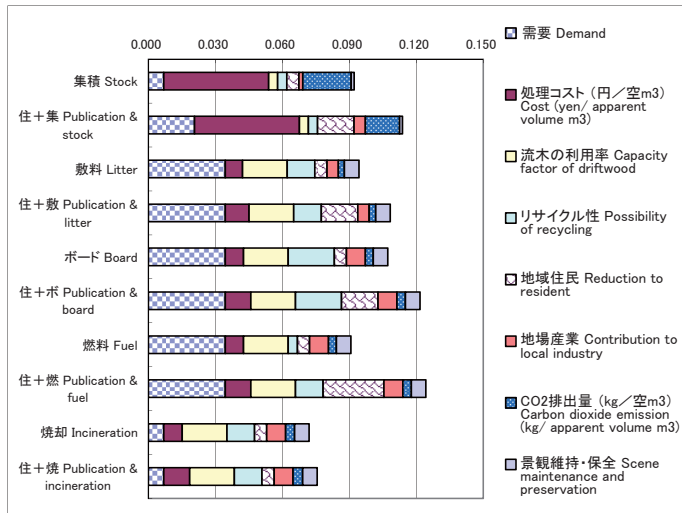
○ 400 m³（第 4～6 図）

・いずれのグループも住民配布の後に燃料とするリサイクルシステムの評価が高かった。管理者等は需要とコストあるいは利用率を、水面域にかかる関係機関は CO₂ 排出量に対する効果の高い代替案（集積）を選定し、景観への配慮を望んでいることが明

らかだった。

○ 3,000 m³（第 7～9 図）

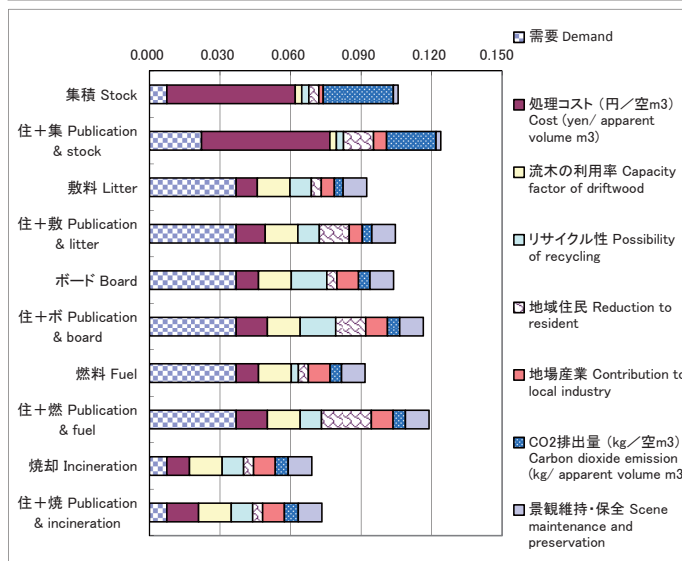
・住民配布や集積も評価は高かった。管理者等は需要とコスト，処理にかかる関係機関は需要と利用率と CO₂ 排出量，地域関係者はコスト，リサイクル性を高く評価していた。なお，水面域にかかる関係



第 2 図 胆振東地域の総合評価値
(発生量 90 m³)

用語は第 1 図と同様

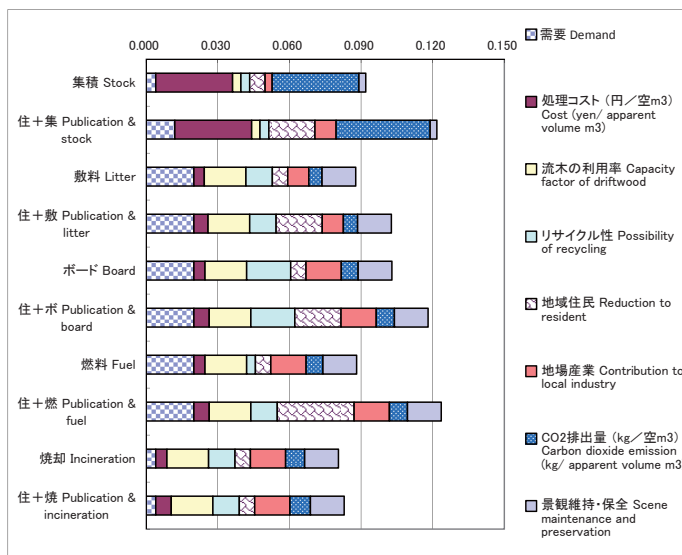
Fig. 2. Comprehensive evaluation of the alternatives by organizations in East Iburi (scale of driftwood: 90 m³) .



第 3 図 胆振西地域の総合評価値
(発生量 90 m³)

用語は第 1 図と同様

Fig. 3. Comprehensive evaluation of the alternatives by the organizations in West Iburi (scale of driftwood: 90 m³) .



第 4 図 全機関による代替案の総合評価値 (発生量 400 m³)

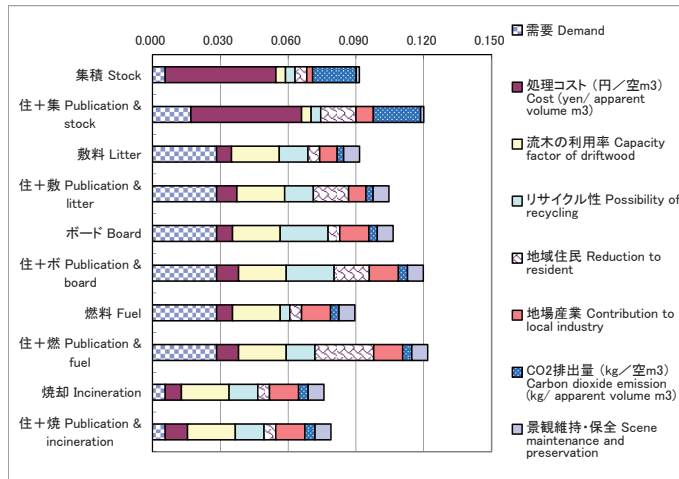
用語は第 1 図と同様

Fig. 4. Comprehensive evaluation value of the alternatives by organizations (scale of driftwood: 400 m³) .

機関内では、大量処理の捉え方が様々で、今後も情報共有が必要と思われた。

なお、流木を海岸に集積することも選定しうる代

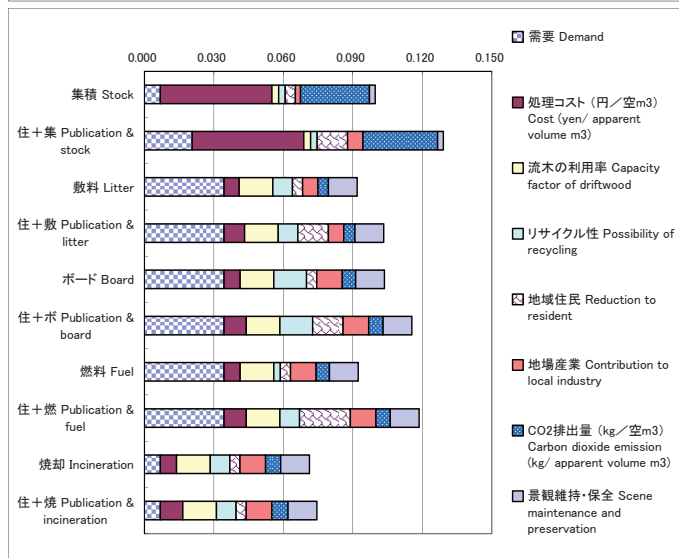
替案と捉えているが、費用と需要が確保されるなら、住民配布した後、ボードのようなカスケード利用の上位に位置する利用を優先することが望ましいと考



第 5 図 胆振東地域の総合評価値
(発生量 400 m³)

用語は第 1 図と同様

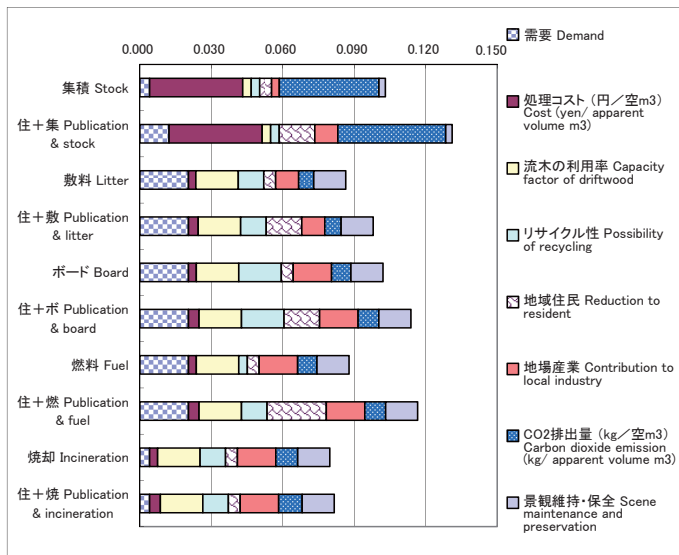
Fig. 5. Comprehensive evaluation of the alternatives by organizations in East Iburi
(scale of driftwood: 400 m³) .



第 6 図 胆振西地域の総合評価値
(発生量 400 m³)

用語は第 1 図と同様

Fig. 5. Comprehensive evaluation of the alternatives by the organizations in West Iburi
(scale of driftwood: 400 m³) .



第 7 図 全機関による代替案の総合評価値
(発生量 3,000 m³)

用語は第 1 図と同様

Fig. 7. Comprehensive evaluation value of the alternatives by organizations
(scale of driftwood: 3,000 m³) .

えていることが明らかであった。

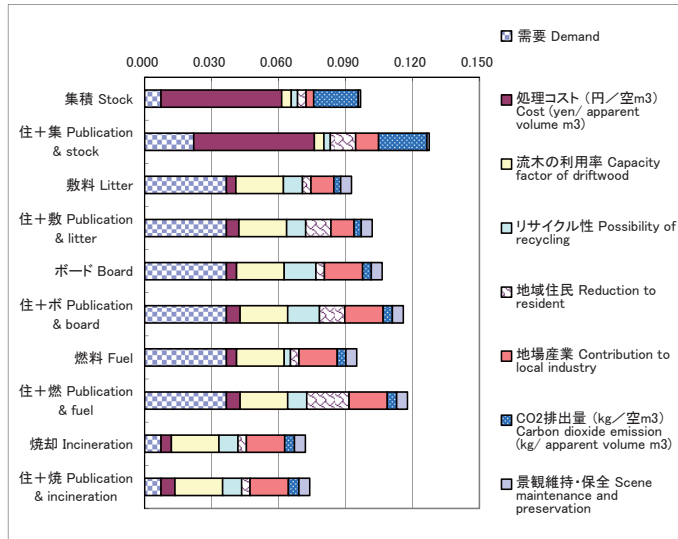
3.2.3 関係機関別の総合評価

○管理者等

- ・ 流木の発生量, 処理量が多いと, 需要を重視する

ことから, 結果として集積のみの代替案も評価が高かった。

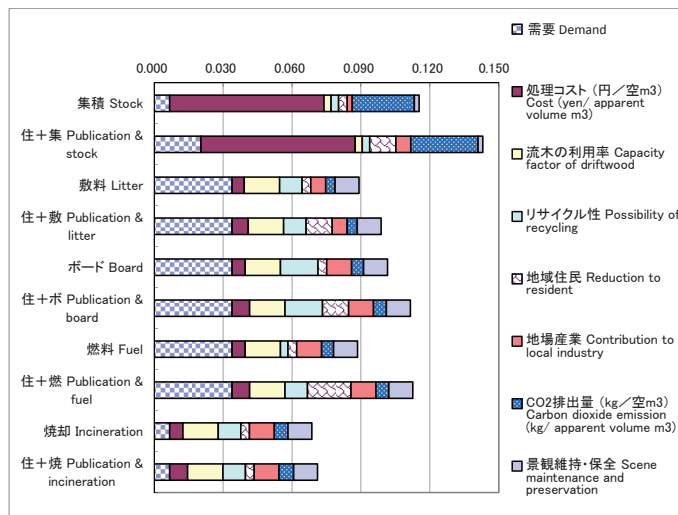
- ・ 地域への貢献にかかる項目を重く見て, 住民配布を評価しているものと思われた。なおバイオマス燃



第 8 図 胆振東地域の総合評価値
(発生量 3,000 m³)

用語は第 1 図と同様

Fig. 8. Comprehensive evaluation of the alternatives by organizations in East Iburi
(scale of driftwood: 3,000 m³) .



第 9 図 胆振西地域の総合評価値
(発生量 3,000 m³)

用語は第 1 図と同様

Fig. 9. Comprehensive evaluation of the alternatives by the organizations in West Iburi
(scale of driftwood: 3,000 m³) .

料が身近となったこともあり,燃料を高く評価した。

- ・処理量が少ない場合は, 地域住民への直接の影響または効果を重く見るフローを評価していた
- ・概ね規模に対するリサイクルシステムの評価は変化が少なかった。
- ・なお, 処理量が多い場合, 集積も必要とする結果であった。

○水面域にかかる関係機関

- ・リサイクル性を重視していることがわかった。
- ・90 m³ と 400 m³ のときは, CO₂ 排出量の低減を図る利用を評価している。
- ・処理量が多い場合は, コストを重視しており, 集積も評価されることとなった。
- ・地域連携により, 処理がスムーズになることを期待していることが明らかだった。

○処理にかかる関係機関

- ・処理量が少ない場合は, 需要を重く見ており, 集積も良好なフローとの認識であった。
- ・住民配布を高く評価していた。
- ・焼却よりも, 直接的な活用を望んでいた。
- ・処理量が多い場合, CO₂ 排出量や環境との共生を重視していることが明らかだった。

4. まとめ

AHP によるデータ解析は, 多様な機関が関係する漂着物処理の意思決定手法として有効と考えられる。処理量 400 m³ のリサイクルシステムがスムーズに機能するのであれば, 甚大な災害にも速やかに適応できるものと思われる。また, ボランティア等との連携は処理コストの削減に効果があり, その実行力を高める工夫が必要と思われた。

ここで, 選定したリサイクルシステムの可能性を

考察した。

まずは 400 m^3 がどの程度の資源量なのかを検討した。実際に重機により回収された流木は平均直径が 20 cm 、長さ 2 m で、1 本あたり 0.06 m^3 であった。従って、 400 m^3 は約 6,600 本の流木となる。これをボランティア 100 人で処理するには、計画的な実施が必要となる。また、大木も混入している場合には、チェーンソーの活用は不可欠である。なお、チェーンソーの使用には、安全を考慮した上で、人の確保が必要である。

また AHP から選定される燃料、ボード、敷料にかかる可能性は、広く木質系バイオマスが燃料として期待される今日では、その需要が減ることはないと思われる。また、ボード原料では、従来は南洋材一辺倒であったため、資源確保が重要な課題となっており、流木により安定した量が確保されるなら、十分活用されるものと思われる。一方、敷料も、農家にとって安定確保が経営に影響することから、日頃から家畜農家との契約等が必要で、他のバイオマス資源と並行した活用を図りたい。なお、 400 m^3 の敷料は、乳牛の場合は $1 \sim 2 \text{ kg/日}$ 程度の麦稈が敷料として使われる⁷⁾とすると、おが粉に換算して $1.7 \text{ kg/日} \cdot \text{頭}$ (=年間 0.62 t/頭) である。密度を 0.4 t/m^3 と仮定すると、年間 1.5 m^3 となる。すなわち、 400 m^3 の敷料は年間 250 頭分の需要量となる。現在、胆振全体では 12,000 頭が飼育されており、その 3% 程度を流木で自給することが可能となる。

以上、AHP による解析から選定したリサイクルシステムは、いずれも地域に適した活用が図られるものと思われ、その実効性も高い。

さらに、胆振地域には既に一般廃棄物に対しての広域連携も形成されていることから、流木処理に係る連携も速やかに強化されるものと思われた。今後は、規模に応じた収集・粉砕・輸送能力等を考慮した上で、市場性、資源の有効利用、地域貢献、環境などの視点から処理技術を選定し、地域の取り組みや支援制度のあり方と併せて、問題点を整理することによって、さらに良好なリサイクルシステムを形成し、その実効性を高めるものとしたい。

参考文献

- 1) 高萩栄一郎, 中島信之: “Excel で学ぶ AHP 入門”, オーム社, 東京, (2005).
- 2) 木下栄蔵: “入門 AHP”, (財) 日本科学技術連盟, 東京, (2000).
- 3) 斎藤直人, 清野新一, 加藤幸浩, 石川佳生, 古俣寛隆, 佐藤創, 阿部友幸, 南野一博, 菅野正人, 鳥田宏行, 真坂一彦, 長坂有, 福地稔, 山田健四, 長坂晶子: “平成 21 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金報告書, 海岸流木のリサイクルに向けたシステム提案 (漂着ごみ問題解決に関する研究)”, (2010).
- 4) 社団法人産業環境管理協会: “JEMAI-LCA Pro Ver.2.1.2”, (2007).
- 5) 社団法人日本建設機械化協会: “建設機械等損料算定表 (平成 18 年度北海道補正版)”, 東京, (2006).
- 6) 国土交通省自動車交通局技術安全部: “自動車の燃費性能に関する公表”, <http://www.mlit.go.jp/jidosha/nenpi/nenpikouhyou/index.html>.
- 7) 堀江秀夫: 北海道における家畜敷料の需給予測－間伐木の敷料としての可能性－, 林産試験場報 15 (5), 10-20 (2001).

－技術部長－

－ *1 : 利用部バイオマスグループ

－ *2 : 技術部生産技術グループ

－ *3 : 利用部マテリアルグループ

(原稿受理 : 11.11.28)