



図 3.2-41 (2) 流木の炭化処理の作業の流れ

「海の流木」を岩崎式炭焼き窯にて問題なく炭化することができた。炭化時間も標準どおりであったため、炭材・燃材として「海の流木」は不向きな材料ではないことがわかった。また、流木はほとんどのもので樹皮がはがれており、含水率も低いものが多いと考えられ、かえって炭材として適しているとも考えられる。

炭化処理の作業に関しても、熟練は必要なく、容易な操作で炭焼きが可能であった。注意する点は、燃焼部で絶えず薪を燃やし続けるということであり、多量に薪をいれることで、しばらく窯から離れることも可能である。

今回の実験では、炭窯一基一回の炭焼きで、使用する薪の重量は約 13kg、炭材は約 36kg、それから得られる炭の重量は約 10kg であった。種々雑多な樹種を含み、また含水率もまばらであるから、目安の量でしかないが、ほぼ乾いた材料を使ったので、気乾状態の重量と

見なしていいであろう。流木の樹種に関しては、組織学的に目視で導管の有無にて判別したところ、スギ・ヒノキと思われる針葉樹材が多くを占めていた。

漂着ゴミである流木の処理という観点からすると炭窯一基で一回に約 49kg の流木が処理できることになり、それにより約 10kg の黒炭をつくることができる。炭は炭化前の炭材にくらべて大きく収縮する。



38kg の炭材を 10kg の黒炭にすることで、漂着ゴミの重量と容積を減少させることができる上、ただの焼却処理ではなく、流木をバイオマスエネルギーとして利用しながら有価物に変えることができる。しかも、それが簡易な施設で可能である。

(b) 炭の利用・流通に関する検討

一般的な炭の利用方法としては、暖房や料理の燃料としての利用、アンモニア臭等の脱臭や新建材などから出る化学物質等の吸着など化学的吸着力を活かした利用、吸放湿性を活かした調湿材としての利用、土壌改良・中和剤としての利用がある（岩崎 眞理 2004、炭の基本について、平成 16 年度足利工業大学附属高等学校研究紀要）。

今回の炭焼き方法で製造した流木炭化処理物（以下「流木炭」と表記）を用いた用途別の製品を図 3.2-42 に示す。

床下調湿材としての利用は、地元建設業者からの協力があり、木造建築の増改築時に床下湿気の低減のために流木炭を敷設した。

燃料利用を考えた場合、一般的には、近隣のホームセンターなどで輸入炭などが安価に販売されている。それらの木炭と比べた場合、流木炭は脆く火持ちが悪い。それは、逆に着火性がよく、火力が調整しやすいことを表すが、一般消費者にとって脆く密度の小さい炭は「粗悪」との認識が根強い。そのため「着火性」の良さをセールスポイントとすればより消費の拡大が見込めると考えられる。実際に、レジャー時のバーベキュー用燃料としての利用では、通常販売されている木炭は、密度が高く着火しにくく食材が焼ける

火力に達するのに時間がかかるため使いづらいという意見があり、消費者からは流木炭の着火性が良いことへの好評価を得た。また、一部の安価な炭のなかには、燃焼時に刺激臭と煙を発するものがある。これらの炭と差別化をはかるため、流木炭の製造にあたっては、適正な温度管理を行い刺激臭など発生しないようにした。

炭は、農地土壌改良資材として政令認定され、土壌微生物(バクテリア)の生息・繁殖の場となるとともに、土壌の通気・透水・保水性の改善を促すものとして最近注目されており、試験的に畑地に撒布した。

室内装飾等については、脱臭効果や有害化学物質の吸着効果があるため、室内装飾品としての販売を実施した。また、燃材には流木を活用し炭材は山から切り出したモウソウチクを利用した「流木竹炭」についても販売した。

薪については、流木炭と同様に燃料としてキャンプ場で販売した。



<p>用途：床下調湿材</p> <p>木炭が多孔質で吸放湿性を持つことを活用。土のう袋に入れた流木炭を住宅床下に敷設して利用する。</p> <p>200 円/Kg</p>	
<p>用途：燃料</p> <p>着火性が良いことを生かしたバーベキュー用燃料</p> <p>2kg 入りで販売</p> <p>200 円/Kg</p>	
<p>用途：土壌改良材</p> <p>木炭は微生物などの好適な住処となり土壌改良材となる。あらかじめ粉碎したもの。</p> <p>200 g 入りで販売</p> <p>150 円/100g</p>	
<p>用途：室内装飾等</p> <p>木炭には脱臭効果やホルムアルデヒドなどの化学物質を吸着する働きが認められている。流木竹炭と流木を組み合わせた室内飾りなどを作製。</p> <p>竹炭のみ 150g 入り 200 円 飾り 300~500 円</p>	
<p>用途：薪</p> <p>キャンプ場の炊事棟の「かまど」で使用しやすいように流木を 45cm 程に切りそろえて束ねたもの。キャンプ場での利用を狙った製品。</p> <p>4kg 束を 300 円で販売</p>	

図 3.2-42 流木炭を利活用した製品

販路拡大の可能性を考える場合、流木炭の活動の趣旨の周知をはかることが重要である。漂着ゴミ有効活用の取り組みは、昨今の環境意識の高まりのなか、樋島海岸での本調査の趣旨と相まって注目を集めた。熊本日日新聞社や読売新聞、上天草市広報誌、熊本県内のテレビ局3社（TKU・KKT・RKK）でこの取り組みは取り上げられ、漂着ゴミの有効活用という活動の趣旨が上天草市内外に広く伝わった。また、市民フォーラムのような集まりで、取り組みの事例紹介をする機会もあった。これらのことで、活動の意義を製品の付加価値としてとらえてもらい、消費が伸びたこともあった。また、製品にも活動の趣旨を伝えるラベルを付けている。これらの結果、現在では地域の小売商店からの協力も増え、樋島の旅館では宿泊客への粗品としても利用が検討されはじめている。地域特有の課題に取り組む姿勢をアピールしての、地域ぐるみのイメージアップを狙った活動の輪がひろがりつつある。

以上のことから流木炭化処理物の販路拡大をはかるには、流木炭の特性（良着火性）と活動趣旨の周知が欠かせないものと考えられる。

(c) 事業の収支・採算性の検討

前項で示した製品と販路による売上量は、平成19年12月から平成21年1月までで、流木炭約740kg・流木竹炭約130kgになった。総売上額342,608円であり、経費（人件費含まず初期設備投資費と消耗品代含む）が223,398円であった。差額は119,210円となった。また、燃料として消費した薪と炭材（炭となる材量）合わせて約3.7トンの流木を使用した。

経費には、炭焼窯施設建設資材代や作業機械代等（チェーンソー・竹割り器など）ガソリン代・商品パッケージ袋代などが含まれている。今実験的事业で示した経費に人件費は含まれていないが、作業量と時間の目安を表3.2-13に示した。

表 3.2-13 単価処理の作業量

独自調査後、切り揃えられ海岸部に集積された流木の回収と運搬(片道約15分)に要する時間。軽トラックで約250kg回収	約1時間半/2人
一窯分の燃材・炭材合計49kgを木づくり(薪割りやチェーンソーで作業)するのに要する時間	約1時間半/1人
炭焼き時間	1回約7時間/1人
一窯分の炭の取り出し	1回約15分/1人

流木炭化処理を事業として根付かせるためには、商品の改良開発、省力化、規模の拡大、拡販を図る必要がある。例えば、炭化処理施設を海岸部に設置することで、自然の力で海岸に集まった流木を現地で炭化処理することができ、運搬作業を省けるので、理にかなった省力化が期待できる。

このように事業化するためには多くの課題があるものの、流木の炭化処理は、海岸の漂着ゴミで最も量の多い流木の簡便な適正処理が最大の目的であり、今後活用する価値があるものとする。

c. 流木の塩分

流木は海岸に漂着するまで海水の中を漂っており、また漂着しても潮風にさらされていることから、高濃度の塩分を含んでいると考えられている。また、塩分を多く含有している流木の焼却は、ダイオキシン等の有害物質を発生させる可能性があり処理が困難と考えられている。一方で、一度、雨に当たるとかなりの塩分は抜けて、流木には低濃度の塩分しか残らないとも言われている。

ここでは、山形県（赤川）の第5回調査（2008年7月）において、十里塚駐車場と赤川河口部の中間地点（地点2付近）から採取した流木（図 3.2-43）の含水率を「底質調査方法Ⅱ.3 乾燥減量」で、塩分を「第二改定詳解肥料分析法 5.5.1 硝酸銀法」によって化学分析を行った。その分析結果と家庭用ゴミの含水率および塩分を比較し、検討を行った。

回収した流木は陸側2検体（陸①、陸②）、海側2検体（海①、海②）の計4検体であった。分析結果として含水率（%）は、陸側の2検体（陸①、陸②）の方が、海側よりも低く、乾燥していた。また、塩分（mg/g）は海②以外は、同程度であった。

表 3.2-14 流木分析結果（山形県・赤川）

検体名	含水率(%)	塩分(mg/g)
陸①	19.7	1.2
陸②	12.8	1.0
海①	29.7	0.85
海②	46.8	5.2



海①の流木（汀線より 7m）



陸①の流木（汀線より 50m）



海②の流木（汀線より 5m）



陸②の流木（汀線より 45m）

図 3.2-43 採取した流木と漂着位置

「廃棄物循環型社会基盤施設整備事業計画」（平成 15 年、秦野市伊勢原市環境衛生組合）によると基準ゴミ（ごみ処理に当たり最も多いゴミ）の含水率は 48.5%、塩分は 9.5mg/g であった。この値と流木の分析結果を比較すると、含水率、塩分とも基準ゴミを下回った。陸側の流木における含水率は、基準ゴミの 26～46%、塩分は基準ゴミの 11～13% であった。一方、海側の流木における含水率は、基準ゴミの 61～96%、塩分は 9～55% であった（表 3.2-15、図 3.2-44）。

表 3.2-15 流木分析結果と基準ゴミの比較（山形県・赤川）

検体		含水率 (%)	検体/基準	塩分 (mg/g)	検体/基準
流木	陸①	19.7	(41%)	1.2	(13%)
	陸②	12.8	(26%)	1.0	(11%)
	海①	29.7	(61%)	0.85	(9%)
	海②	46.8	(96%)	5.2	(55%)
基準ゴミ		48.5	—	9.5	—

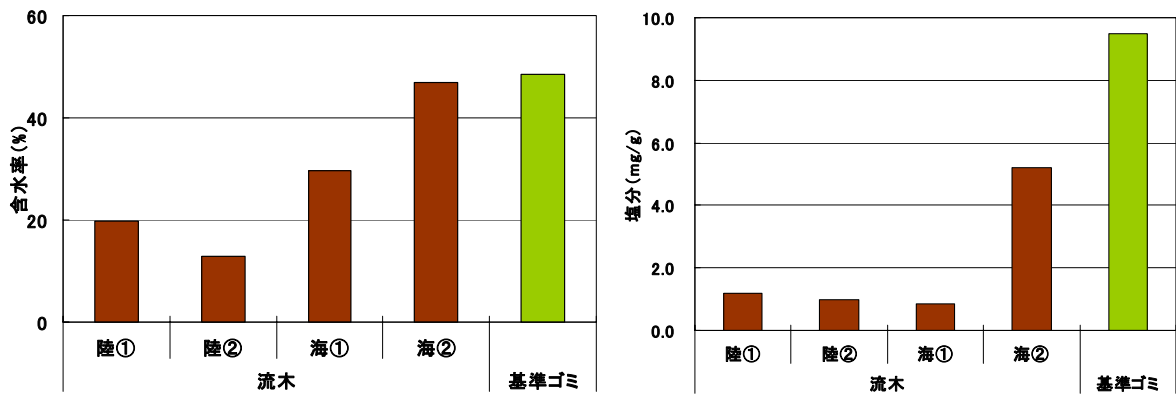
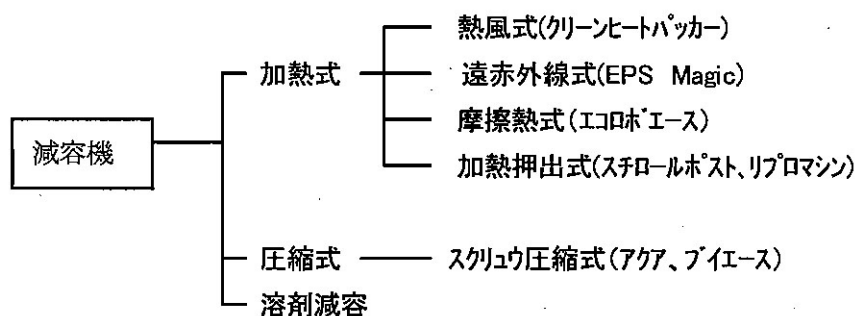


図 3.2-44 流木分析結果と基準ゴミの比較（左：含水率、右：塩分）

以上の結果から、海岸に漂着している流木は、汀線の近くで漂着して時間のたっていないと考えられる流木以外の含水率や塩分は、一般家庭から出る標準的なゴミ（基準ゴミ）と比較して低くなり、焼却炉等で処分する際は、焼却炉等への負担も少ないものと推測できる。

d. 発泡スチロールの減容化

各メーカーが販売している発泡スチロールの減容処理機は、多くの種類がある。それらの処理機は、「発泡スチロール処理機資料集〔第6回改訂版〕」（発泡スチロール再資源化協会 技術開発部、2008年3月）にとりまとめられている。この資料によると、ほとんどは加熱によって発泡スチロールを収縮減容させるものであり、その種類は、加熱方法の違い、減容されたものの形状の違いなど、いくつかのタイプに分けられ、加熱の他、圧縮とか溶剤で減容するものもあるとされている（図 3.2-45）。



出典：「発泡スチロール処理機資料集〔第6回改訂版〕」（発泡スチロール再資源化協会 技術開発部、2008年3月）

図 3.2-45 減容方法別による減容機の種類と代表的な機種名

(a) 加熱式減容機

発泡スチロールを 180℃以上に加熱し収縮させる形式のもので種類も多い。熱源は電気、灯油、プロパンガスが使われている。発泡スチロールの成形品をそのまま加熱するものと、粉砕機で粉砕してから加熱するものがある。減容された発泡スチロールは気泡が抜け受け皿に落下し、元のポリスチレン樹脂に戻る。これを受け皿のまま取り出し冷却固化させる。通常これをインゴット、ブロック或いはランプなどと呼んでいる。

この他にも加熱減容式のものでは、摩擦熱を利用するものがあり、これは回転するディスクで発泡スチロールを擦り、80℃～100℃の摩擦熱で顆粒状に減容するものである。又、遠赤外線を照射して加熱するタイプの減容機もある。この他、押し出し機形式の加熱シリンダーとスクリュウの組み合わせで減容する減容機も使われている。

(b) 圧縮式減容機

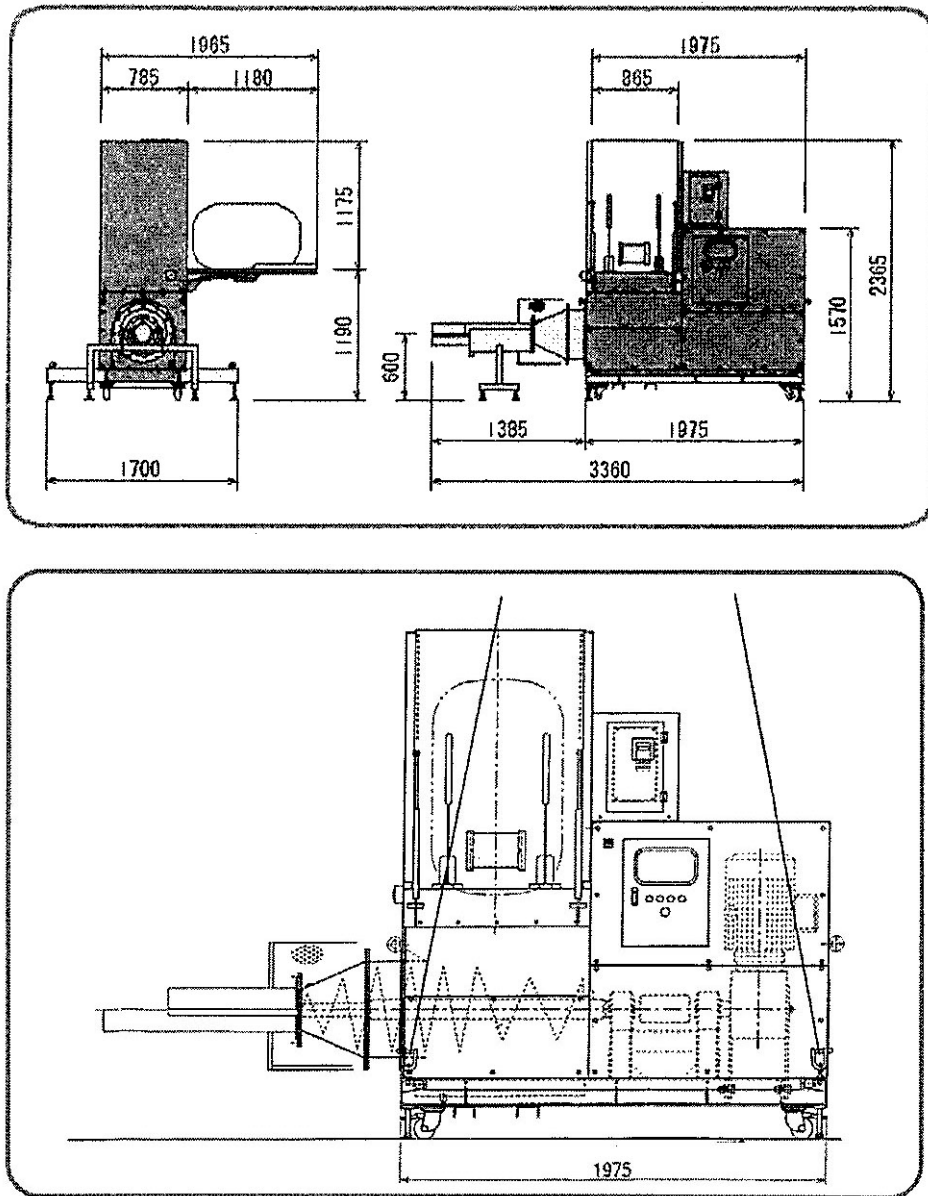
加熱をせず油圧やスクリュウの圧縮力だけで減容するもので加熱減容に比べて減容の割合は小さいが臭気の発生が少ない。

(c) 溶剤減容機

発泡スチロールを粉砕機で粉砕してから有機溶剤で溶解してゾル状にする減容機。使用される有機溶剤はリモネン、石油系、エステル系で各社特殊性を出している。比較的、高沸点(150～190℃)で引火点は 45℃～75℃を有しており、消防法 題4類 第2、第3石油類が適用される。溶解したポリスチレンゾルは分解プラントにて溶剤とポリスチレンに分離され、更に、押し出し機にかけられPSペレットに再生される。

e. 発泡スチロールの減容化（圧縮式）

発泡スチロールの減容に関しては、溶剤ではなく機械による減容も検討・開発されており、「The 1st NOWPAP Workshop on Marine Litter」(8-9 June 2006、NOWPAP MERRAC)において横浜康継もその一例を紹介している。この機械により破碎・圧縮後は、5～7%の減容が可能であり、フロート 30 個で約 150 kg を処理できたとしている(図 3.2-46: 発泡スチロールの減容機の外観・構造)。



出典：「The 1st NOWPAP Workshop on Marine Litter」(8-9 June 2006、NOWPAP MERRAC)

図 3.2-46 発泡スチロールの減容機の外観（上）及び構造（下）

f. 発泡スチロールの減容化（溶剤減容）

西表島において、減容剤の一つである SD 溶剤を用いて発泡スチロールの減容化試験を実施した。調査実施日及び実施場所は以下のとおりである

調査実施日：2007 年 10 月 11 日、14 日

実施場所：上原港（西表島）

(a) 試験方法

沖縄本島の溶剤取扱い業者より SD 溶剤 100 L 入りドラム缶を 2 本導入し、クリーンアップ調査により回収された発泡スチロールの減容を試みた(図 3.2-47)。

溶剤入りドラム缶 2 本のうち 1 本目は回収された発泡スチロールを選別せず無作為に投入し、減容を試みた。2 本目は、1 本目の減容において比較的溶けやすいと判断された発泡スチロールを選別し減容を実施した。なお、試験は 1m³ の発泡スチロールの減容に要する時間を測定しながら行った。試験は、溶剤の粘度が上がり減容時間が長くなったところで終了とした(図 3.2-48)。

また、SD 溶剤の提供元によれば、溶解物と SD 溶剤が分離すればさらに発泡スチロールを溶かすことができる。そこで、減容試験を実施した 3 日後に、減容能力の変化を確かめるため、再度減容試験を実施した。



図 3.2-47 溶剤入りドラム缶と手動式ドラム缶用減容機



図 3.2-48 減容化試験の状況

(b) 試験結果

i) 減容量と時間

試験により減容した発泡スチロール量と、減容に要した時間は以下のとおりである。ドラム缶 2 本目では、1 本目の試験に比べて溶けやすい発泡スチロールを選択して減容したため、減容時間が短くなった。(表 3.2-16)

表 3.2-16 減容試験の結果

試験条件	減容した量	減容時間 ※減容は 1m ³ ずつ実施
ドラム缶 1 本目 無作為に減容	約 2m ³	1 回目：約 25 分 2 回目：約 50 分
ドラム缶 2 本目 溶けやすい発泡スチ ロールを選別して減容	約 3.3m ³	1 回目：約 20 分 2 回目：約 30~40 分 3 回目：約 60 分

注：試験は 2 名で実施し、1 名が発泡スチロールの裁断(ドラム缶に入る程度の大きさに裁断)、もう 1 名が溶解を担当した。

ii) 発泡スチロールの性状について

減容試験を行った結果、目の粗い発泡スチロールほど減容時間が短い傾向が認められた。



図 3.2-49 減容時間が短い発泡スチロールの例

iii) 減容試験を実施後の減容能力の変化

減容試験を実施した 3 日後に、再度発泡スチロールの減容を実施したが、1 回目の試験の終了時と減容能力に変化は認められなかった。

(c) SD 溶剤の評価

i) 減容処理能力

今回の試験では、溶剤 100 L あたりの減容量が 3m³程度であったことから、通常の手扱の単位である 150 L 入りドラム缶で減容できる発泡スチロール量は 5m³程度であると考えられる。

試みに、西表島の調査対象海岸に 1 年間に漂着する発泡スチロール(約 102m³、第 II 章参照)を全て減容するため溶剤量を試算すると、150L 入りドラム缶で 21 本となる。また、減容に要する人員と時間は、3.3m³を減容するために 2 名で約 2 時間を要すると仮定すると、約 62 時間×2 名(1 日 7 時間の作業で約 9 日)となる。以上の試算から、溶剤減容する場合には、溶剤の購入費及び回収した発泡スチロールの保管場所以外に、減容するための時間及び人件費を考慮する必要があるといえる。

ii) 減容後のリサイクル

今回の試験終了後に、試験に使用した SD 溶剤をリサイクル業者へ搬出した結果、ドラム缶 1 本目、2 本目共にプラスチックへのリサイクルが可能であった。

iii) 溶剤の取扱い

SD 溶剤は消防法では第 4 類第 2 石油類に分類され、貯蔵量がドラム缶 5 本を経過又は取扱量がドラム缶 2 本以上の場合には、第 4 類乙種又は第 4 類丙種危険物取扱者の資格が必要となる。また、引火性の強い液体で、空気と爆発性混合ガスを形成するため、作業時は火気厳禁として、静電気、火気、アークを発生するものまたは高温点火源を付近で使用しない等、化学物質等安全データシート (Material Safety Data Sheet、MSDS) 等の情報に基づいて作業環境を整備する必要がある。

iv) 発泡スチロール減容によるコスト比較

SD 溶剤を使用した発泡スチロールの減容化を含む回収・処理コストの試算を第 II 章に示した。