

# 海岸流木の性状と利用の可能性について

北海道立林産試験場 企画指導部  
北海道立林業試験場 道南支場

斎藤 直人  
佐藤 創

北海道における漂着ごみの多くは、流木である。海岸流木は塩分を含み、樹種や形状が多様である。ここでは流木の性状とその利用適正を把握し、流木のリサイクルフロー形成を探った。その結果、塩分の含有量は流木の大きさ、損傷、腐朽、漂流状況により異なるものの、木材の表面に止まるものが多かった。これらの状況から用途としては、敷料・堆肥、燃料、緑化資材などが可能であるため、適正なフローが必要と思われた。

キーワード：流木、海岸、漂着、塩分、リサイクル

## 1. まえがき

海岸流木には塩分や土砂等の混入・付着が見られ、本来の木材とは異なる性状である。また、形状・種類が多様であり、発生も不定期なことから、木質バイオマスの活用技術を適用させるためには、リサイクル技術の改善や整理が不可欠である。ここでは、流木の有効利用を図る上での障害となっている塩分の影響や課題とともに、漂着木の実態や流木の塩分量を調べることによって、様々な用途展開の可能性について検証した。

風雨の影響により増水し海上が荒れて増水することで流木が押し寄せ、新しく大きな流木や腐朽したもの、海生動物が付着した小さな古いものまでが漂流してくる状況が多く見られた(写真-1)。その後は、満潮線付近ほど細く乾いた流木が漂着し(写真-2)、それよりも高位な潮上帯周辺から順次土砂が覆い、埋没していくようであった。



写真-2 (左：漂着のようす、満潮線の流木)

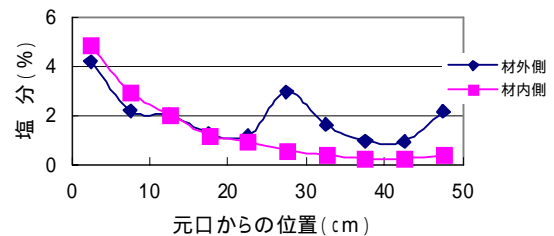


図-1 海岸に漂着したナナカマドの塩分



写真-1 様々な流木

(左から: 損傷の少ないもの、腐朽したもの、海生動物が付着したもの)

## 2. 流木の塩分量

流木の塩分の浸透性を調べるため、灰分から塩分を把握した。すなわち、流木をチップ状に粉碎し、600 で加熱し、その残さ量から灰分を求めて塩分を算出した。

実際に海岸に漂着した中では、径の大きいナナカマド(7年生、末口 44 mm、元口 70 mm)を採取し、それを繊維方向に 5cm 刻みで 23 個に切り分け、それらを材内側(髄から 1cm 幅)と材外側(樹皮を除く 1cm 幅)に分け、チップ状に粉碎した。そして、灰化(600 -4 時間)し灰分量を求めた。外側、内側ともに、元口からの距離が遠いほど塩分は減少し(図-1)、また割れが見られた部位の塩分が高かった。海水は木口等から浸透し、



写真-3 漂着したモミ類  
(左から全景、切断部、切断面)

形成層からの浸透性は低いことが明らかであった。そして、長期間の漂流、激しい損傷（割れや腐れ等）を受けなければ、海水の浸入は軽度であると思われた。

さらに河口に漂着し黄変していたモミ類の樹木について、その塩分を調べた（写真-3）。これは、通直で長さ 15m、末口径 15cm、樹皮と根が残存していた。材表面に明らかな黄変と、一部腐朽（黒変）が見られた。まず、切断面から 2cm 厚さの円盤を切り出し、それを外側から 1cm ごとに切り分け、これらを粉碎後に灰化して塩分を求めた。その結果、表面から 1cm までが 7% と極めて高い濃度であった。そこでさらに 0.2cm ごとに切り分けて、塩分を求めたところ、表面から 0.6cm までの塩分が大きく、それよりも内側は 1% で安定していた。このことから、木材の黄変は塩分の増加に起因するものではないことが明らかであった。

### 3. 海水の浸透性

流木には、浮いて漂流するものと水没しやすいものが見られるが、これは流木の水分が影響していると考えられる。林内、中州や川岸に止まって乾燥しながら押し流されたものは、乾燥過程で空気が浸入し浮力が高まるとともに、水の浸透性が低下し、結果として水没することなく漂着するようである。一方、風水害により立木の状態から瞬時に押し流された場合は、水分が高いために水没しやすく、海水（塩分）浸入が起こると考えられる。これらの現象を検証するため、トドマツを用いて、水分と海水の浸透性との関係を調べた。すなわち、立木より採取した新鮮なトドマツ枝（生材：皮付き直径 27mm、材部 25mm、長さ 27cm）と、同一の枝を風乾して水分 30% 程度に乾燥したトドマツ枝（乾燥材）とを、所定の

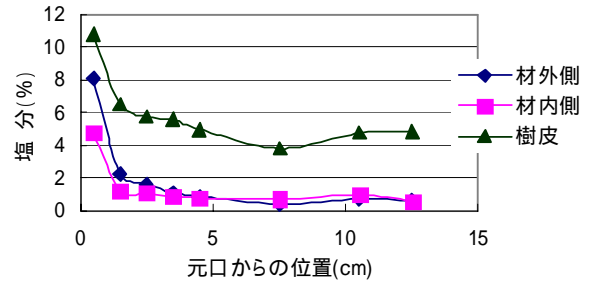


図-2 乾燥トドマツの海水の浸透性  
(水分32.3%)

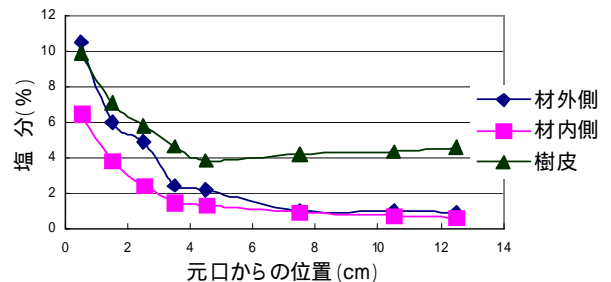


図-3 生のトドマツに対する海水の浸透性  
(水分54.7%)

人工海水に3日間浸せき（時々枝を水中に押し込み、人工海水を攪拌した）し、塩分の浸透性を調べた。

#### (1) 乾燥材に対する海水の浸透性

立木から採取したトドマツ枝（水分 54.7%）を風乾して水分 30%程度にした後、人工海水に 3 日間浸漬した。その後木口から長さ 1cm ごとに切り取り、材外側、材内側、樹皮の 3 種類に分け、チップ状に粉碎し、灰化した。なお、当該サンプルは水没することがなかった。海水に直接面した部分（木口）から 2cm 程度離れて 1% 以下となり、塩分の浸入が低いことがわかった（図-2）。一方、樹皮は木口から離れた場所でも 4%以上浸透しており、木口は 11%に達した。これらの結果から、樹皮の吸水量は材部よりも高いため、樹皮が残存したままの流木は、塩分が高くなることがわかった。

#### (2) 生材に対する海水の浸透性

立木から採取したトドマツ枝（水分54.7%）を速やかに人工海水に浸漬し、同様に材外側、材内側、樹皮の塩分を調べた。生材のトドマツは、容易に水没した。そして、乾燥材と異なり、材外側、材内側は木口から3-4cm程度まで塩分が高く、5cm程度から安定、塩分の浸入が低下することがわかった（図-3）。なお、樹皮は乾燥材と同様に塩分が高かった。すなわち、海水は樹皮、材外側からも浸透するが、主に割れや損傷部から繊維方向に浸入することが明らかである。そして、乾燥歴のない

立木が流木となった場合、海水の浸透性が高く、塩分の増加も起こると思われた。

#### 4. 流木の性状

海岸に漂着した流木は、樹種や状態は様々で、変色や腐朽が多く見られた(写真-4)。例えば、個体Cは腐朽が見られ塩分が高く、個体Aは塩分が少なかった(表-1)。さらに、樹皮を有するもの(B)は、漂流で揉まれた経緯が少ないことを示唆するもので、内側に海水の浸透も見られなかった。損傷の有無、樹皮の残存等が海水の浸透性に影響することが明らかであった。

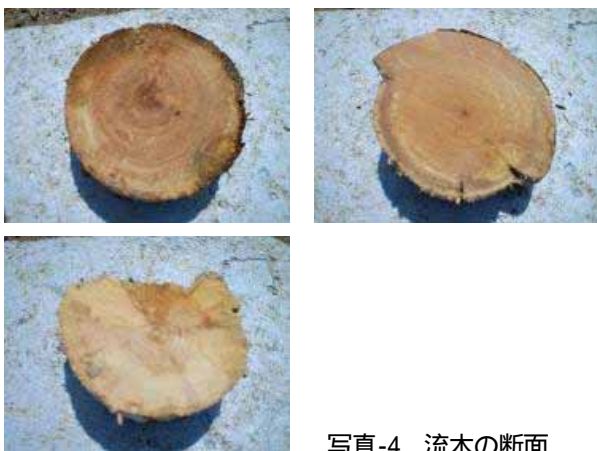


写真-4 流木の断面  
(上段左より:A, B, 下段:C)

表-1 海岸線に漂着した流木の塩分(%)

個体	樹皮	表面からの深さ		
		1mm	3mm	5mm
A	-	1.45	0.42	0.89
B	6.04	0.73	0.51	0.55
C	-	7.34	8.35	3.34

流木の活用においては、一旦、ストックヤードに集積するのが一般的である。そこで、集積場で1年(平成20年集積)、2年経過(平成19年集積)したものの成分を調べた(表-2)。目視で腐朽や変色を認識できるものが多く(写真-5.1、5.2)、腐朽はリグニンの増加を引き起こし、軟腐朽菌および褐色腐朽菌によるセルロース成分の低下が原因と思われた。従って、リグニン量についても、流木の性状ならびに経歴を探る指標となることがわかった。



写真-5.1 スtockヤードの流木  
(左より:平成19年から集積A, B)



写真-5.2 スtockヤードの流木  
(左より:平成20年から集積C, D)

表-2 スtockヤードの流木の成分(%)

試料成分	表面からの深さ			試料成分	表面からの深さ		
	1mm	3mm	5mm		1mm	3mm	5mm
平成19A				平成20C			
灰分	1.02	0.18	0.25	灰分	1.31	1.79	1.12
塩分	1.05	-	-	塩分	1.05	1.34	1.08
リグニン	27.0	20.5	15.2	リグニン	27.6	25.2	28.1
平成19B				平成20D			
灰分	2.39	1.81	1.72	灰分	1.29	0.19	0.17
塩分	1.75	1.31	1.28	塩分	1.08	-	-
リグニン	30.0	30.8	29.1	リグニン	24.9	22.3	20.7

#### 5. 腐朽と塩分の関係

海岸に漂着している流木のうち、腐朽が激しいものは多孔質でもろく、雨水の吸収性が高いことから、海水に晒されると速やかに塩分が浸入すると思われる。腐朽が用途選定に影響する可能性があることから、腐朽度合いと塩分との関係を調べた。なお腐朽度合いは、(独)森林総合研究所によって示されている木材の腐朽状況等を6段階に区分して評価する方法(対象木にマイナスドライバーを押し当て、その切り込み量で被害度0から5で判断するもの)を行い、表面的に腐朽が見られない場合を被害度0として、ドライバーがほぼ抵抗なしに切り込まれる状態を被害度5とした。なお、木材の耐用年数は各樹種の耐朽性を指すが、被害度2.5に達したときを耐用限界としている。例えば、カラマツでは5年から6.5年の屋外暴露で被害度2.5に達するとされる。

## 評価基準

被害度	観察状態
0	健全
1	部分的に軽度な虫害または腐朽
2	全面的に軽度な虫害または腐朽
3	2の状態のうえに部分的にはげしい虫害または腐朽
4	全面的にはげしい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽により形がくずれる

被害度0では、健全木として遜色ない状態で、樹皮があるものも多かった。流木全体に占める割合が高く、断面の一部に変色が見られるが、腐朽によるものではなかった。被害度1も外見的には若干の変色を起こしている程度で、被害度0よりも多くの流木が該当した。被害度2は全面的に軽度な腐朽・変色が見られ、内部に欠損も見られるが、木材としての形態を維持する強度は有していると思われた。



被害度0

被害度1

被害度2

一方、被害度3は一部に甚大な腐朽が見られるものの、木材の形態は維持していた。木材が本来有する強度は保証できない段階を指すが、重機による回収にも耐えうるもので、この程度までの流木は回収対象となると思われた。



被害度3

被害度4

被害度5

被害度4では、形態崩壊が確認され、脆いことから、回収の際には集めにくく、土砂に紛れる可能性が高いと思われた。さらに被害度5は、回収が困難と思われた。

形態が異なることから、被害度の異なる流木の塩分とリグニン量を調べた。その結果、被害度2の塩分は高かったが、外見からはそれは判断できなかった。腐朽材を海水に浸せきした場合、速やかに塩分濃度が高まるものの、海水に接触することなく漂着し腐朽した場合は、塩分は低く、腐朽状態から塩分量を推定できないことが明らかであった。

後述するが、腐朽部は燃料や敷料・堆肥、緑化資材としての使用には支障がないと考えられるが、暗渠疎水材のように耐久性や強度が求められる用途には注意が必要

と思われる。しかし実際には、腐朽度合いの高いものは、回収の際に脆く破壊されやすいため、重機の使用では細分化して土砂に埋没し、収集されないものと思われた。すなわち、腐朽の少ない中小径木の流木を想定した利用法を選定し、個別に樹皮、伐根、腐朽材等の用途整理が必要と思われた。

## 6. 流木の用途技術開発

海岸流木の用途を、森林バイオマスとしての活用技術から精査するため、緑化資材・マルチング材（写真-6）、敷料・堆肥、暗渠疎水材、燃料への適宜を検証した。



写真-6 緑化資材（左）とマルチング材（右）

### (1) 緑化資材

道路や公園の法面緑化に、樹木の抜根や剪定枝が使用されている。樹種特性について検討するため、トドマツ、カラマツ、スギの材部および樹皮、広葉樹の樹皮を培土用の黒土と混合し、ケンタッキーブルーグラスの発芽および生育状況を調べた（写真-7）。



写真-7 樹木による栽培試験

（左図）上左からスギ樹皮、広葉樹樹皮、麦稈、籾殻、黒土

（左図）下左からエゾマツ・トドマツ材部、カラマツ材部、スギ材部、トドマツ樹皮、カラマツ樹皮

カラマツ樹皮、トドマツ樹皮には強い発芽、生育抑制作用が見られ、カラマツ材部、広葉樹樹皮にも同様の作用が確認された。一方、トドマツ材部、スギ材部、スギ樹皮は生育に及ぼす影響が少なく、培土資材として良好と思われた。針葉樹樹皮は抽出物が多く、pH 値が低いことが植物に影響していると思われる。また、カラマツの材部、樹皮は吸水力が強く、土壌の pF 値（浸透圧）を上げることから、植物が乾燥状態となるためと思われた。

上記の特性を踏まえて、海岸流木の資材適性を把握すべく、塩分濃度を調製した木材を用いて、同じく芝用の種子の発芽、生育試験を行い、塩分濃度の影響を調べた。所定濃度の人工海水にトドマツのチップ状粉砕物（粒径 4mm）を 2 昼夜浸せきし、十分に海水を浸透させた。それを引き揚げ、12 時間放置した後、粉砕物を黒土と容積比 1:1 で混合した。これを培土として、小型プランター（2.3L）を用いて芝用の種子を播種し、その発芽および生育状況を観察した。なお、比較は黒土を 100%とした。播種後は 1 日おきに 150ml 灌水し、各々のプランターの発芽数、草丈、葉数、表層の状態を調べた。その結果、2 週間程度までは 0.76%以下の塩濃度で大きな相違は見られなかったが、40 日目の生育本数には、明らかに塩濃度の影響が認められた。塩濃度 2.81%は芝にとって厳しい環境であることが明らかであった。

なお、塩害に対して強い植物を栽培することも選択肢の一つではあるが、緑化には芝が植えられることが多いことから、流木の塩分調査が不可欠と思われた。しかし、木質材料の緑化資材への利用では、黒土、肥料、保水材とも混合調製され、塩分濃度を 0.5%程度まで低下することが可能であれば、良好な資材となることがわかった。

## (2) 敷料と堆肥

畜産は北海道の重要な産業であり、生乳、牛肉生産は全国一である。昨今、家畜の糞尿が河川や地下水の汚染源とならないように管理が義務づけられたこともあり、牛舎用敷料として木粉、樹皮が活用され、その後の堆肥化までを一連の耕地還元システムとして利用しているケースも見られる（写真-8）。

堆肥への利用では、土砂の混入、休眠種子、病害虫や病原菌の侵入、窒素飢餓、発芽・生長抑制物質などに注意が必要である。これらに対応するとともに、汚水や悪臭の発生抑制、肥料成分の固定化を図る方法が、敷料の堆肥化である。通常の堆肥化は、分解しやすい広葉樹樹皮を通気が悪くならない程度に粉砕後、水分 65%程度に調整し、切り返しながらか月間程度堆積して熟成させる。

堆肥化条件としては容積、種菌の有無、温度、通気性、樹種、粒度、水分、混合比等が挙げられる。そして、精油の多いトドマツよりも、糖類の多いカラマツが堆肥化には良好であった。また、広葉樹材は吸水量が少ないた

め、水分を 65%に調整すると通気性が悪かった。広葉樹では概ね水分は 55%、カラマツは 60%、トドマツは 65%程度が良好であった。

以上の堆肥化の条件を踏まえて、海水を含ませたトドマツ粉砕物を用いて、堆肥化実験を行った。堆肥化は 5.5L の発泡スチロール容器を用いて、発酵鶏糞との混合で行った。水分 65%、30 の環境下で通気量を 50ml/分とした。塩濃度 5.78%のような高い場合、堆肥化による発酵熱は見られず、1 週間後に容器を開封した際、激しい腐敗臭が認められた。一方、0.28-1.30%濃度の場合には大きな相違が見られず、この範囲は塩濃度の影響は少ないことが明らかであった。そして、1.83%の場合に最も発酵熱が高くなり、堆肥化の進行も良好であった。本来、堆肥化は家畜糞尿に宿る分解菌の発酵による肥料成分の固定化（不溶化）である。家畜糞尿には生理食塩水に代表されるように 0.9%食塩等が含まれ、その空間を至適環境とする分解菌が働くと考えられる。すなわち、海岸流木の堆肥化では、厳しい脱塩処理が不要であり、1~2%程度を目標とした調整により良好な堆肥化が図られることが期待できる。

なお雑菌等を懸念する場合には、直接家畜に接触しない戻し敷料としての活用が適当と思われる。



写真-8 敷料としての活用

## (3) 暗渠疎水材

北海道には、重粘土や泥炭土など排水性の劣る土壌が広く分布している。農地の排水性は、作物の生育、病害虫の発生、作業機械の走行性などに直接影響を及ぼす。透水性の改善には暗渠の埋設が有効で、地表残留水や地下水の通水性を促進させるために、疎水材が投入される。一般的に疎水材は近郊で入手しやすい資材を使用するが、木質チップの活用も進められている。

疎水材の透水性を示す飽和透水係数は、カラマツチップは初級の 15 倍程度も高い。水田における落水後の日排水量が高いことから、水稻の初期生長の促進、登熟性の向上、玄米収量の増加が期待される。なお有機物資材を疎水材とした場合は、排水汚濁が懸念されるが、カラマツチップの場合は、暗渠排水の BOD は施工直後に高かったものの比較的早い段階で収まる結果が得られた。



写真-9 暗渠疎水材としての活用



写真-10 木質ペレット燃料

作物に及ぼす影響を調査したところ（写真-9）、原料チップ、施工後6年経過したチップ、11年経過したチップのいずれの抽出液（20倍希釈）も、コマツナの発芽率では営農許容範囲の90%以上を示し、抑制作用は見られなかった。また、疎水材の機能としては、掘削した暗渠溝の維持、透水のための間隙保持が挙げられる。すなわち、適応樹種、資材の拡大を考慮すると、流木の活用の可能性は高いと思われた。しかしながら、海岸流木を利用する際には、塩分による用水への影響、腐朽材の多いことによる耐久性に考慮すべきと思われた。

#### (4) 燃料・ペレット

最近、木質燃料が注目されており、家庭用燃料に留まらず、ボイラー燃料として活用されている。ペレット燃料（写真-10）の基準案（塩素基準0.05%）からすると、海中に沈んだ木材は燃料としては使用不可と成らざるを得ない。しかし、二次燃焼室を備えた大型焼却施設では、塩素濃度0.4%をクリアすれば燃料として使用すること

が可能であり、さらにプラスチックとの混合成型物PDFも使用が可能とされる。海岸流木の燃料としての活用は、塩分の適正な管理により図られると思われた。

#### 7. まとめ

海岸流木の活用の可能性をまとめると表-3のようになる。海水を含む木材は、緑化資材や堆肥でも塩分の影響が懸念されることから、塩分に対する整理が重要である。また、流木を燃料として活用する場合は、降雨などによる塩分除去も含めて塩分濃度を設定し、例えば木質ペレットは塩素含有率0.05%、固形燃料では塩素濃度0.4%以下として、用途展開を図る必要があると思われた。

なお当該研究は、環境省「平成20年度 廃棄物処理等科学研究費補助金」により実施した研究の一部である。

表-3 海岸流木の活用の可能性

有望性	用途	活用に向けて				利用可能な塩分量 (脱塩目標)
		塩分	品質	コスト	他の要因	
	緑化資材	低いもの	土砂混入可	安いもの	均一	1(0.76)%以下
	マルチング材	-	土砂混入も可	安いもの	-	-
	敷料	-	雑菌不可	-	堆肥での品質	-
	堆肥	低いもの	-	(安いもの)	-	1%以下
	暗渠疎水材	低いもの	樹皮混入注意	安いもの	-	-
	燃料	低いもの	-	安いもの	-	0.4%以下
x	ペレット燃料	低いもの	-	-	安定供給	0.05%以下

- : 問わない