

# 木炭の生産と利用

峯村伸哉

## はじめに

20世紀から21世紀への最大の贈り物は森林であると言われていました。現在我が国の人工林の面積は全森林面積の4割に達しています。山林は十分な手入れを行って初めて価値を持ちますが、しかし昨今の林業の現状は山林の手入れに十分な時間を費やすほどの状況にはありません。このままでは山林の疲弊が懸念されます。

製炭は山村の重要な産業の一つでした。今から30年前までは我が国で毎年200万トンの木炭が主に燃料用として作られており、この生産は山村の重要な収入源となっていました。当時は需要量の増大から、将来の森林資源の枯渇さえも論議されたほどです。しかし灯油やプロパンガスの普及にともなって木炭の生産は激減しました。

木炭は炭素の集合体であり、多孔性の構造体です。最近では、これらの特徴を生かした新しい利用法が注目されつつあります。すなわち、中央では、林野庁の補助事業の一環として木材炭化成分多用途利用技術研究組合が結成され、4年間の成果が結実しようとしています。また本年7月には同じく林野庁の指導のもとに、国内の生産メーカーや販売者が集まり、新用途木炭協議会が結成され、木炭の多角的利用が検討され始めました。一方、北海道では、北海道通商産業局の提唱により、北海道地域技術振興センターの中に木質系炭化物高度利用技術開発委員会が設置され、炭化プラントの運転支援、利用動向調査などの活動が行われてきました。そしてこの成果が、「木炭の秘めたパワー - 北海道の木質系炭化物の現況とその利用 - 」という出版物として最近まとめられました

1990年11月号

た<sup>1)</sup>。

ここでは、筆者もかかわったこの委員会の報告をもとに、最近の木炭の生産と利用状況について、主に北海道で行われているものを中心にまとめてみました。

なお、木炭の利用に関しては多くの総説や文献がある<sup>2-4)</sup>ので、あわせて参照して下さい。

## 木炭の生産状況

日本の木炭生産量の最近の推移を林業統計で見ると、昭和53年以降は3万トン台にあります。この量は昔からの炭焼きがまで生産されたものが主です。このほかに樹皮やのこくずを簡単な炉で焼いてつくるパーク炭あるいはのこくず炭と呼ばれるものがあります。これについての完全な統計はまだありませんが、昭和63年度と平成元年の生産量についてはほぼ表1のようになっています<sup>5)</sup>。表には前述の林業統計の数値および通関統計記載の輸入量も

表1 日本の木質炭化物の生産量と輸入量

|     |       | (トン)    |        |
|-----|-------|---------|--------|
|     |       | 昭和63年   | 平成元年   |
| 生産量 | 木炭    | 35,236  | 36,284 |
|     | オガ炭   | 13,173  | 15,175 |
|     | 木炭粉   | 2,180   |        |
|     | オガ炭粉  | 5,140   |        |
|     | パーク炭  | 42,900  |        |
|     | のこくず炭 | 25,530  |        |
|     | 小計    | 124,159 |        |
| 輸入量 | 木炭    | 11,575  | 19,619 |
|     | やし穀炭  | 47,599  | 60,540 |
|     | 小計    | 59,174  |        |
|     | 合計    | 183,333 |        |

のせてあります。オガ炭とあるのはオガライトを炭化したものです。やし殻炭まで含めると、日本では年間約18万トンの木質系炭化物が利用されていることとなります。なお表には、公表された平成元年度の数値ものせてありますが、前年度と比べてみると国内の生産量は7%増、輸入量は35%増となっています。

北海道の生産量については、平成元年度は木炭が3,000トン、樹皮やのこくずの炭化物が約400トンです。

なお世界の木炭の最大の生産消費国はブラジルであり、ほとんどが製鉄用として使われていて、その量は約900万トンといわれています<sup>9)</sup>。

### 木炭の製造装置

燃料を目的として、良質の木炭を収率よく作るには、十分に時間をかけた炭化が必要です。昔から、黒炭あるいは白炭製造用の炭がまがいろいろ工夫され、使用されてきました。しかし燃料以外の用途を目的とする場合は、形状はほとんど問題にならず、むしろ粉末であることや軽いことの方が好都合です。ですから、のこくず、樹皮、枝条材といった安価な原料を使い、収率が多少落ちても大量に安く炭化できることが望ましいこととなります。このような目的にあう炭化装置のいくつかを次にみてみます。

#### 連続炭化装置<sup>7),8)</sup>

原料を上部から連続的に供給して炭化し、下部から排出する装置で、スクリュウ送りの直接加熱方式をとっています。図1はその概略です。炭化の過程で生じる乾溜ガスは燃焼させ、後から入ってくる原料の乾燥および炭化の熱源として使います。炭化温度を450℃以下に抑えることで、炭化筒の材料に安価な炭素鋼が使用できます。

原料はロータリーキルン型の回転乾燥機を通して炭化筒に入ります。炭化筒は直径0.3m、長さ3.7mの円筒です。原料はこの中をスクリュウで送られる間に乾溜されて木炭となります。加熱炉の構成は、下が燃焼室、上が加熱室です。乾溜によって発生したガスは燃焼室で直接燃やされます。生

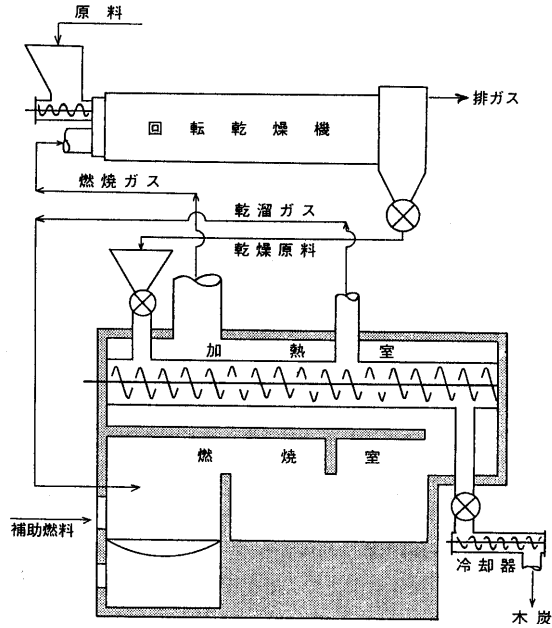


図1 連続炭化装置

じた熱風は加熱室に入り、原料の流れとは反対の方向で炭化筒を外部加熱します。加熱室から出た排ガスは回転乾燥機を通り、原料を乾燥した後、排風機で煙突から排出されます。

この装置を使い、基礎試験で得た炭化条件（炭化温度400～500℃、滞留時間20～25分、収率25%以上揮発分25%以下）をもとに製造試験を行った結果、次のようなことがわかりました。

含水率70～90%の原料も、燃焼ガスの熱で2～5%まで乾燥されるので、自力炭化も可能となります。

スクリュウ軸が炭粉付着で閉塞しないようにするために、スクリュウをリボン型から標準型とします。付着物が摩擦により除去されて、120時間の連続運転も可能となります。

火入れ後の炉温安定までには60時間が必要です。

製造された木炭は軟質です。

#### 流動炉<sup>9),10)</sup>

たて形の円筒炉に、その下部の横側から、原料ののこくずあるいはチップなどを送入します。一方、底部からは空気を吹き込み炉内を流動状態とします。始動時に火種を入れると、外部から特別

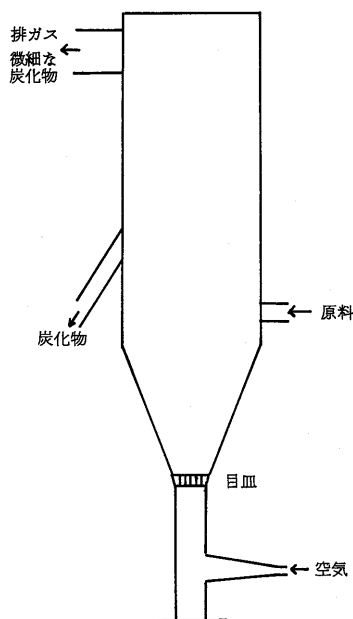


図2 テーバー型流動炉

に熱を供給しなくても熱分解反応が連続的に進行し、炭化が進みます。炭化して軽くなったものは上部から出てくるので、これを集めて散水冷却します。型式としては底部に目皿を設けるタイプと設けないタイプがあり、前者はさらに内部にかくはん棒を設けるかくはん型と設けないテーバー型に分けられます。

テーバー型の装置の概略を図2に示します。目皿の穴は傾斜しており、空気を吹き込むと目皿の上の燃料はすべて流動するようになっています。ですからかくはん機がいりません。炭化したものは上部横の溢流管および集じん機から排出されます。

流動炉の大きさは直径0.8m、長さ2.8mであり、炭化温度400℃の場合60kg/hの生産量で、固定炭素65%の炭化物が得られます。この炭化物はかさ密度が小さく軟らかです。

#### 移動式鉄板がま<sup>11・12)</sup>

このかまは、組み立て分解が容易なバッチ式で、原料のあるところに移動して炭化できるようになっています。装置は図3に示すように3分割できます。重さはいずれも40~140kgであり、2~3人で持ち上げることができます。中央部には

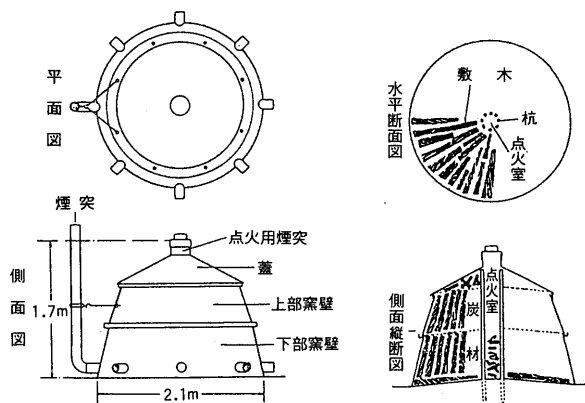


図3 移動式鉄板がま

点火室があり、頂部には煙突があります。下部窯壁の地面近くには8つの口が等間隔に開けてあります。煙突を一つおきに4本取付けて煙道口とし、残りを通風口とします。炭化の進行を均一にするためにときどき相互の位置を交換します。

この装置を使い、背板、単板むき芯、樹皮などを原料として炭化した結果、次のようなことがわかりました。

炭材容量は、比重の大きい材の場合、絶乾重量で最大約1トン、軽い材の場合、約0.6トンでした。

収量は100~200kg、収率の最高は炭材絶乾重量に対して27.5%でした。

炭材の含水率が80%の場合、40%の場合に比べて、収率が3割低下しました。

窯表面からの放熱が非常に大きいので、炭化時間は20時間以下となるようにします。

理想的な工程は、炭材が乾燥してから炭化の工程に移ることでありますが、それには点火後6時間は排煙温度が80℃を超えないようにします。

製造した木炭は、急速炭化のため細かい割れが多く、見掛け容積も大きくて、砕けやすく軟質でした。JISによる分析値は次のようでした。

|      |                  |
|------|------------------|
| 発熱量  | 6,800~8,300cal/g |
| 水分   | 0.4~7%           |
| 灰分   | 0.3~3%           |
| 固定炭素 | 71~80%           |

### 平 炉

コンクリートまたはレンガで囲った炉底の上に、乾燥した木片、枝、樹皮などを敷き、その上にのこくずをのせ、火をつけます。十分着火したら原料ののこくずや樹皮を適宜かぶせます。空洞を生じないようにときどき軽く抑え、燃焼しないように注意しながら、燃材を繰り返しかぶせていきます。この操作を1mぐらいの高さになるまで続けます。最後に表面の未炭化物を内部の発熱層と混ぜて炭化させ、散水して取り出します。

図4はこの装置の一例<sup>1)</sup>です。煙は底面の煙道から排出されます。天井なしの開放炉であり、設備費が安く操作も簡単です。製炭日数は約10日です。炭化はいびすような状態で進行するので装置内には多量の煙が充満します。

図5は炉内の炭化堆積層の温度分布<sup>1)</sup>です。部分酸化層が350℃と、最も高くなっています。

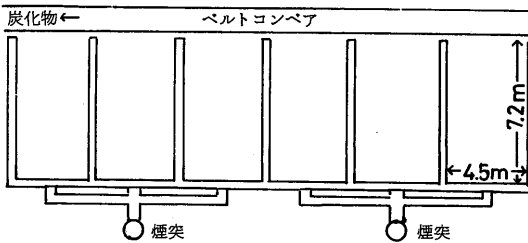


図4 平 炉

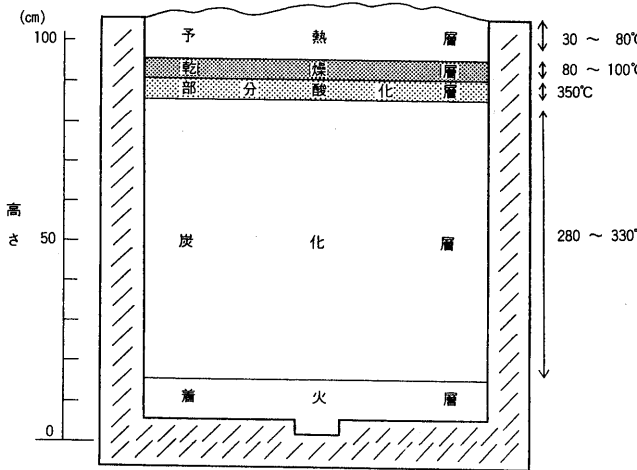


図5 平炉内の温度分布の一例

### 木炭の利用

木炭は燃料以外にもさまざまな用途をもっています。いまこれらの用途を木炭の特徴と関連させて分類してみると、およそ表2のようになります。以下、これらの用途についてみてみます。

表2 木炭の特徴と用途

| 特 徴      | 用 途                |
|----------|--------------------|
| 炭素の集合体   | 燃料 還元剤 黒色火薬、炭素電極   |
| 黒 色      | 融雪剤 工芸品 装飾材        |
| 多孔質      | 土改材 建材 きのこ培地 環境浄化材 |
|          | 脱臭材 吸着材 活性炭        |
| 無 菌      | 土壌有用微生物の増殖資材       |
| 有機物を含まない | 難燃ボード              |
| 適度の硬さ    | 画用炭 床材 研磨材         |

### 農業への利用

#### 1) 土壌改良資材としての利用

木炭を畑土に混ぜると作物の収量が上がる、病気にかからないなどということが一部で以前から言われてきました。昭和61年11月に地力増進法が改正され、これまでのゼオライト、パーライトなどと並んで、木炭が「土壌の透水性改善」効果のある土壌改良資材として認められました。

大豆に対する施用効果を1m<sup>2</sup>枠の規模で検討した試験では、m<sup>2</sup>当たり250gと500gの粉末木炭を、二種類の作土（褐色低地土、火山性土）に混和し、次のような結果が得られています<sup>13)</sup>。

収量については、250g区では約5%、500g区では約8%の増収でした。

木炭使用後の土壌の理化学性については、化学的性質の改善はほとんど認められなかったものの、物理的性質の改善が認められました。すなわち、木炭施用量の増加にともない、容積重および固相率が低下し、全孔隙および気相が増加し、透水性の改善効果が認められました。

また、キュウリ、トマト、メロンなどの栽培に木炭を用いている農家の話では、毎年、表土重量の5%相当の木炭粉を施用すると、節間隔が短く、着花率の高い、細根のよく発達したものができるということです。

一方、種イモの栽培に10年間用いているところでは、10kg/aの施用によってそうか病が予防でき、表皮のきれいなイモが収穫できると話しています。

2) 微生物活性の向上資材としての利用

土壌中にはVA菌根菌と呼ばれるものがあります。この菌は植物根に共生し、菌糸を伸ばして、根圏域の難溶性リン酸を集めます。そして、共生する作物へリン酸を供給します。ですからこの菌があると、低リン酸土壌でも作物のリン酸吸収量が増え、生育が促進されることとなります。人工培養でこの菌を増やす技術はまだ確立していないので、土壌中に土着しているVA菌根菌の作物への感染率を高める方法として、木炭粉末を土壌に混和することが検討されています。表3にはアルファルファの根粒の試験結果を示しましたが、木炭を入れるとVA菌根菌の感染率が高まって、リン酸吸収量が増加するばかりでなく、窒素固定量も増加して、アルファルファの生育が非常に促進されることがわかります<sup>14)</sup>。木炭の効果は、木炭がVA菌根菌の住み家となって、土壌中での菌糸の

粒径の区分を4条件(1mm以下, 4mm以下, 1+4mm, 7mm以下)として、2,500m<sup>2</sup>の面積にスノーモビルで散布した試験では、次のような結果が得られています<sup>17)</sup>。

木炭を散布した区では、対照区よりも4~7日融雪が早まりました。また市販の炭酸カルシウム90g/m<sup>2</sup>散布区と比較しても、3日早くなりました。

散布量の比較では、図6にみるように、18g区が最も成績が良く、25g区のように、散布量を多くして雪面を覆いすぎると、粒子の断熱効果が働いて、逆に融雪が遅れてしまいます。

粒子径の比較では、1mm+4mmの混合区が最も効果が高くなりました。

降雪がまだかなり予想されるときは散布は不適當であり、その土地の過去の気象データを十分考慮して、適切な日を決めるようにします。

現在、融雪剤としては、安価な点から主に、石炭火力発電所およびパルプ工場から出る灰が使われています。木炭はこれらよりも高価で、また軽すぎるという欠点があります。そこで、土壤改良

伸長を促すためと推定されています。

VA菌根菌と同じように根粒菌に対しても、木炭の施用は、その感染率を高める方法として有効であることがわかっています<sup>15・16)</sup>。

3) 融雪剤としての利用

木炭は黒色であり、光エネルギーをよく吸収します。そこでこれを融雪剤として利用することが試みられています。

m<sup>2</sup>当たりの散布量を15, 18, 25gとし、

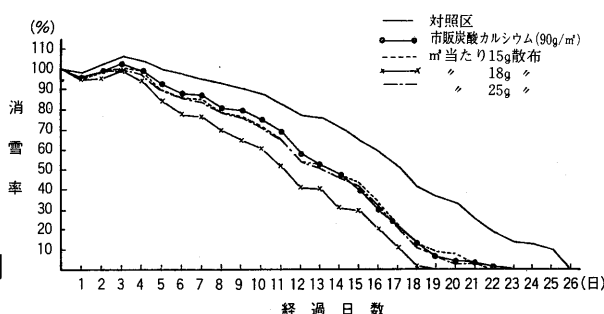


図6 木炭の散布量が融雪に及ぼす影響

表3 根粒菌接種および木炭混和が、アルファルファの生育、VA菌根菌の根への感染およびアルファルファ茎葉による養分吸収に及ぼす影響

| 区分      | 茎の生重量 (mg/個体) |          | VA菌が感染した根の面積 (%) |     | 茎による養分吸収 (mg/個体) |       |       |       |
|---------|---------------|----------|------------------|-----|------------------|-------|-------|-------|
|         | 38日※          | 58日      | 38日              | 58日 | 窒素               | リン    | 酸     |       |
| F       | 227±27        | 1,250±60 | 22               | 38  | 1.91             | 4.16  | 0.091 | 0.544 |
| F+R     | 249±41        | 1,400±60 | 32               | 44  | 2.06             | 6.48  | 0.105 | 0.639 |
| F+C     | 396±29        | 1,360±30 | 39               | 47  | 2.70             | 4.08  | 0.143 | 0.692 |
| F+R+C※※ | 447±27        | 2,390±70 | 45               | 54  | 3.12             | 13.32 | 0.168 | 0.989 |

日にちは播種後の日数を示す。  
F: 肥料 R: 根粒菌 C: 木炭

材としての効果と微生物の生育促進効果を生かすとともに、重量感と肥効分を加味したものととして、木炭にビート糖廃液を添加したものが市販されています。この廃液は、ビート糖の精製過程で排出されるアルカリ性の褐色液で、カルシウム、糖、アミノ酸などを多く含んでいます。

#### 芝生造成への利用

ゴルフ場や公園の芝生は、絶えず刈り込んできれいにしておく必要があります。芝の丈は常に短いままであり、芝は十分に太陽エネルギーを吸収できない状態にあります。また一方で、人がその上を歩いたり座ったりすることも多く、きわめて過酷な状態にさらされているといえます。ですから芝生の造成と管理にあたっては、十分な施肥を行うと同時に、肥効分をよく吸収して、活力のある根が育つような土壌造りが必要です。このような観点から、その適度の保水性、透水性といった性質に着目して、木炭が混和されています。

#### 林業への利用

海岸砂地は保水、保肥性に乏しい不安定な生育基盤であり、海岸防災林の造成を考えた場合、特に地下部の発達を容易にするような土壌の理化学的性質の改善が求められます。

木炭を海岸砂地に混ぜて林木を植栽する試験が、道南で行われており、次のような結果が得られています<sup>18)</sup>。すなわち、1植穴あたり、1kg約3l施用する標準区と、この2倍を施用する区を設け、ミズナラとクロマツを植栽して4か月後の上長生長比をみたところ、表4に示すように、クロマツにははっきりとした効果が認められました。トドマツ造林地では、枝枯病が、林木のある高

さの範囲に発生することがあります。多雪地に多くみられることから、埋雪期間中の病原菌の発育など積雪との関連が推定され、被害の軽減策として木炭を使った融雪促進が試みられました<sup>19)</sup>。試験の結果、春先の積雪深さ1.8mのときに5kg/aの木炭を散布すると、無散布区よりも10日早く雪がなくなり、枝枯病の被害本数率も約1/2になるという結果が得られました。

#### きのこへの利用

きのこは活物寄生と死物寄生の2種類に分けられますが、いずれの成長にも木炭の施与効果が認められています。

活物寄生のショウロは、海岸の10~20年生の若いクロマツ林に生えます。大きさはウズラの卵大であり、白くて独特の歯ごたえがあります。クロマツの根に接するように深さ20~30cmの穴を掘り、木炭粉末を入れると、半年後には炭の中に根と菌とが入りこみ白い菌根が形成され、早ければ1年後にショウロがでてきます<sup>20)</sup>。ただしショウロの菌がもともとないときには、この胞子を炭の上に撒いておく必要があります。

マイクケは死物寄生のきのこであり、菌床栽培によって人工的につくられます。ブナ、スギ、カラマツの各のこくずとトウモロコシ糠とを混ぜた培地に、さらに木炭粉を混ぜて栽培すると、栽培期間の短縮や収量の増加が認められます<sup>21)</sup>。

これらはいずれも木炭の適度の孔隙性が、水分の保持や菌糸を伸ばすのに役立ち、好結果につながったものと思われる。

#### 畜産への利用

家畜の飼料に、木炭粉末と精製木酢液の混合物を添加している例があります。乳牛の配合飼料に2%添加すると、排便量が無添加の場合に比べて少なくなることから、木炭は飼料の吸収消化を助ける効果があるのではないかと、実際に給餌している農家では考えています。

また、ホルスタイン種去勢牛の肥育仕上げの際に、樹皮の炭化物を濃厚飼料に3%添加して119日間飼育した試験では、次のような好結果が得られています<sup>22)</sup>。

表4 木炭粉使用による植栽試験結果

| 樹種   | 試験区分  | 平均樹高 (cm)    |              | 生長比<br>A/S (%) |
|------|-------|--------------|--------------|----------------|
|      |       | 59年5月<br>(S) | 59年9月<br>(A) |                |
| ミズナラ | 対照区   | 98.9         | 101.7        | 102            |
|      | 標準使用区 | 104.3        | 107.2        | 102            |
|      | 倍使用区  | 100.9        | 112.3        | 111            |
| クロマツ | 対照区   | 24.8         | 32.6         | 131            |
|      | 標準使用区 | 22.7         | 33.5         | 147            |
|      | 倍使用区  | 20.6         | 31.0         | 150            |

一日1頭あたりの増体量は、試験区が1.78kg、対照区が1.48kgでした。

飼料効率は増体1kgに対し、試験区が乾物で7.04kg、可消化たんぱく質685g、可消化養分総量5.68kgであり、対照区のそれぞれ9.34kg、929g、7.70kgと比べて大きな差がありました。

とさつ後の枝肉の歩留まりは試験区が58.25%、対照区が58.02%でした。肉質については、枝肉の外観は両者にあまり差がありませんでした。肉のきめ、しまり、色沢、脂肪交雑は、試験区の方が優れていました。

昔は家畜が病気になる、木炭をオブラートに包んで飲ませることがよくあったといえます。似たような例として、糖尿病の患者に活性炭を投与して、腸内の有害物質を吸着するということが行われたことがあります。

### 水産への利用

淡水や海水で魚を養殖することがあちこちで行われています。この場合の大きな課題は、良好な養殖環境の保持と弊死率の低下です。

テラピアの養殖で、木炭粉末に精製木酢液を混合したものを、専用の配合飼料（粗たんぱく32%以上含有）100部に対し、7.5部・混ぜて、上記の課題を解決している例があります<sup>23</sup>）。実際の担当者の話では、これを使用するまでには室内にアンモニアの臭いがたちこめ、魚自体にも臭いがつき、死ぬ率も高かったのが、使用後はこれらが解決したとのこと。この養魚場では、1匹の稚魚が1年で1kg、体長30cmまで成長するそうです。エアレーションを十分に行い、槽内の水は常に新しいのと取り替えるということを行っているためもありますが、木炭の吸着能が有効に生かされている例といえます。

### 環境浄化への利用

冷蔵庫の脱臭や水道水の浄化に活性炭がよく使われますが、下川町では家庭の生活排水の浄化に木炭を使っています。写真1に見るように、下水溝へ流れる前に浄化槽を設け、この中に木炭を入れてぱっ気します。試験的に行っている二、三の家庭ではいずれも良い成績を収めており、浄化槽

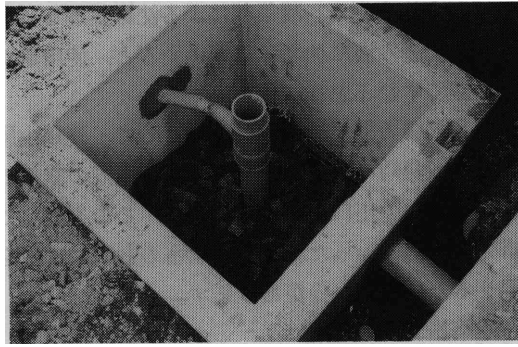


写真1 木炭を使用した家庭排水の浄化槽

の蓋をとると悪臭のない清澄な水が下水溝へ流れていくのが見えます。また、家庭の浄化済み排水を地下に浸透させる際に木炭を敷きつめた層を通し、含有有機物の吸着と分解を高める試みも行っています。

本州のある町では、タマネギの網袋に木炭を入れて川底に固定したところ、1か月後には川水に悪臭がなくなりウグイの産卵やホタルの乱舞が見られたとのこと<sup>3</sup>）。

木炭の浄化能は、その細孔に、汚濁物質を吸着するという物理的作用ばかりでなく、活性汚泥のような有用微生物を保持して汚濁物質を分解するという働きも加わって生ずるものと思われます。吸着分解力には限度があるので、常に良好な状態を保つには、粗大な浮遊物はあらかじめこし取り、それから、木炭層を通すことがポイントでしょう。

接着剤の排水処理に活性炭が使われている例があります<sup>24</sup>）。この例では、ユリア系やビニルウレタン系など複数の接着剤の混合廃水に、塩化第二鉄やカ性ソーダなどとともに活性炭を入れると良好なフロックが形成され、これをフィルタプレスで脱水した液は基準に適合するものとして排出されます。活性炭のかわりに木炭を使うことも試みられましたが清澄度の点で難しいとのこと。しかし大量の排水を処理する場合には、工程は増えるものの、前処理として安価な木炭を使い、そのあとに少量の活性炭で本格的な処理をするといった方法も考えられます。また活性炭は、

最初から加えずに、凝集剤による沈殿処理を行ってから上澄み液に加えるようにすると、使用量が少なくてすむと思われます。

悪臭の吸着機能を利用した例として、養鶏小屋の鶏糞収集時の臭いをとるため、小屋内の空気の排気ファンの出口に木炭層を設け、ここを通して排気する<sup>3)</sup>といったことや、家畜の敷料に木炭を混ぜるといったものがあります。

### 建築施工への応用

#### 1) 床下地盤面の被覆

我が国は温帯に属し、雨が沢山降ります。森林資源に恵まれているため、家屋は木造が一般的です。最近では暖かい家造りをめざす観点から、床下の作りが、従来の高通気性の束石構造から、布基礎を廻して床下空間を密閉する構造に変わってきました。このため床下の湿度が高くなり、結露やナミダタケによる被害が問題となっています。

このようなトラブルを防ぐ一つの方法は、床下地盤面からの水蒸気の蒸散を抑えることです。以前から、木炭を床下に敷き込むと、このトラブルが少なくなると言われてきました。これに関連して、実際の木造住宅を使って次のような実験が行われています<sup>25)</sup>。

構造が同じ10戸の住宅を選び、木炭粉末（比表面積 $44.2\text{m}^2/\text{g}$ ）、ポリエチレンフィルム（ $0.1\text{mm}$ 厚）、アスファルト常温合材（ $30\text{mm}$ 厚）をそれぞれ床下地盤面に敷きました。木炭粉の敷き込み厚さは $50\sim 100\text{mm}$ としました。そして床下内部の湿度、木材の含水率、床上の室内の温湿度などを、一年あまり測定し比較しました。その結果、次の

ようなことがわかりました。

木材の含水率は、床下に何も敷かない場合は、床下換気口の閉鎖により14%から25%へ上昇します。しかし木炭が敷いてあると、換気口を閉鎖してもほとんど変わりません。これはポリエチレンフィルムやアスファルト常温合材の場合と同様です。

床下の湿度については、木炭を敷き込んでから1年半ぐらいたつと、換気口閉鎖期間の平均で、相対湿度は66.5%になります。この値はアスファルト常温合材と同程度であり、ポリエチレンフィルムの相対湿度69.8%よりも低い値です。なお、木炭を敷き込むときには、飛散を防止し、締めまりのある均一層を作る意味から、多量の水を同時に散布します。そのため敷き込み当初は床下の湿度は高くなります。

床下温度についてみると、木炭を敷き込んだ家では、換気口解放時の温度が他と比べて少し高い傾向が認められます。従来から木炭を敷き込んだ家は暖かいということが言われていますが、これと関連があるのかも知れません。

木造家屋の腐朽に関してはナミダタケの繁殖が大きな問題となっています。実験室的にナミダタケの培地の上に木炭をのせて高湿下に培養すると、その菌糸は木炭層を貫通して表面にまで伸びてきます<sup>26)</sup>。このことから木炭自体には菌の生育を阻止するような物質を含んでいないことがわかります。ナミダタケは湿度90%以下では生育しないことがわかっており、木炭はこのような環境の保持に効果があると思われます。

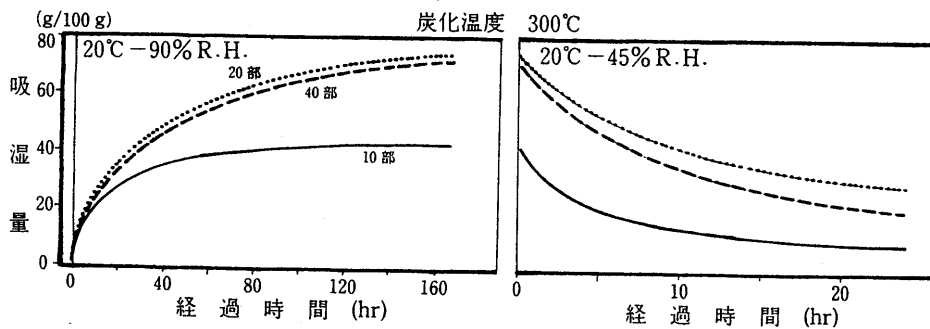


図7 炭酸ナトリウム添加量と吸放湿量の関係



## 2) 吸放湿調節機能

木炭を90%の湿度下に放置して吸湿量を測ると、100g当たり約10gの値を示します。しかし木炭製造時に無機塩を添加すると、無機塩の種類によっては70gもの吸湿量を示すものがあります<sup>27)</sup>。

図7は、炭酸ナトリウムをトドマツ木粉100部に10~40部添加して300 で炭化したものの吸放湿の動きです。図の左は、この炭化物を関係湿度90%の下に1週間放置したときの吸湿の経過です。7日目で自重の70%以上もの水分を吸っています。この吸湿炭化物を45%の湿度の部屋に置いたところ、同図の右に示すように一日で吸湿量が半減しました。このように無機塩を添加して製造した炭化物はすぐれた調湿機能をもつことがわかります。

### ボードへの利用

木炭粉末を木材チップのパーティクルボードに積層すると、耐火性や寸度安定性に優れたボードになります。

中層にラワン材のチップを用い、表裏面にウバメガシの木炭など七種類の木炭を用いて、比重0.6のボードを作り、耐火性能、耐水性能、強度等を調べたところ、次のような結果が得られました<sup>28)</sup>。

木炭の積層によって、着火と発炎燃焼が抑えられ、耐火炎貫通性、火炎閉じ込め性能、クリーブ性能などが向上しました。

曲げ強さは木炭の積層により低下するものの、ガラス繊維や炭素繊維などのクロスを入れることで補えます。

煮沸処理後の線膨脹率は木炭の積層量が増すほど向上し、合板と同程度にまでなります。

### 工業材料としての利用

木炭は炭素原料として、炭素電極や黒色火薬等の製造に利用できます。また木炭は酸素を持つ物質から酸素を奪い、一酸化炭素あるいは二酸化炭素にかわる性質があります。酸化鉄から鉄を作るときにはこの性質が利用され、鉄鉱石とともに木炭を溶鉱炉に入れます。これらの分野の用途はかつては燃料につぐ大きなものでしたが、しかし今日では安価な方法の出現や、代替材料の進出などで

その需要は減っています。わずかにフェロシリコンの生産で輸入木炭が年間6,000トン程度使われています。

木炭は微細な孔を多くもつことから空気中にある悪臭物質や着色物質を吸着する性質があります。この働きをさらに強めるには、水蒸気あるいは塩化亜鉛で処理して微細な孔をもっと増やしてやります。このようにして吸着能力の向上したものは活性炭と呼ばれ、さまざまな分野で広く用いられています。現在、輸入やし殻炭の大半はこの活性炭製造の原料として使われています。

### 工芸装飾材料としての利用

径の細い丸太を炭化して得られる木炭は、素朴な暖かみを持つ黒色の丸棒です。これを白い壁面に埋め込み一種の装飾画に仕立てたインテリア的な使用例があります。また、備長炭のような堅炭の場合には硬度も高いので、床材として使うこともでき、実際に、ある料理店ではこの丸棒を床の表面に敷きつめています。

細い小枝や、葉、まつかさといったものも、そのままの形で炭化することができますが、こうしてできあがったものに塗装をかけ、アクセサリーとする使い方も一部で行われています。

### 燃料としての利用

木炭は約7,500calの発熱量を有し、手軽な燃料としてかつては石炭や石油をしのぐ需要がありました。しかし液体燃料である灯油に比べると、利便性の点で劣り、また単位熱量あたりの価格も高いことから、エネルギー源としての消費は減少してきています。ただ発展途上国の一部では身近なエネルギー源として、まだ木炭をかなり使っています。

量は多くありませんが、備長炭を使う蒲焼きや、コナラの枝炭を使う茶道のように、一部には依然として根強い需要があります。また最近は一バーキューや戸外での一時的な暖房などレジャー用にも使われており、使いやすさを考えた専用のセットも市販されています。また練炭の原料としてのこくず炭やパーク炭が使われています。

## 副産物の利用

木炭を製造するときには副産物として木酢液、煙、灰がでます。そこでこれらの利用についてつぎにみてみます。

### 木酢液の利用

木炭製造の際に放出される気体を冷却すると、10～20%の収率で木酢液が採れます。この液は酢酸、フェノール、メタノールなどを含み、独特のこげ臭さがあります。大正の初期には酢酸やアセトンの製造原料として使われ、また昭和20年代までは防腐塗料、皮なめし剤などとしても使われていました。しかし近年は安価な代替材の進出でかつての用途がなくなり、新たな分野への利用が試みられています。

酢酸を主とする有機物は少量であれば植物の生育促進に役立つと思われます。またアミンやアンモニアといったアルカリ性の悪臭成分の除去にも効果があると考えられます。一方、フェノール類には殺菌作用があります。これらの特徴を生かして、植物の生育促進剤、飼料への添加剤、鶏舎や豚舎の脱臭札トイレの消臭剤、害虫の忌避剤、土壌の殺菌剤、といった利用が試みられています。

木酢液を飼料に添加したり、液体薫製剤として使ったりす首ようなときには、発がん性があるといわれる3,4-ベンツピレンのような含有物質を、あらかじめ取り除いておくことが必要でしょう。

木酢液は90%以上が水です。この中の酢酸やフェノールといった有用成分を安価な手法で濃縮するには、凍結と融解を組み合わせた処理が有効です<sup>29)</sup>。すなわち、全体をまず凍結させてから徐々に昇温し、順番に、1/10ずつ分取してみると、最初のフラクションには原液の3倍濃度の有用成分が含まれてきます。また逆に徐々に凍結させていくと、後になるほど有用物質の濃度が高くなります。このことから道北のような厳寒の地であれば、炭化時の炭化炉からの放熱と自然の寒さとうまく組み合わせることにより、この方法が実用化できるのでないかと思われます。



写真2 くん煙処理したカラマツ材の製品

### 排煙の利用

木酢液として捕集されなかった気体は、煙として煙道から逃げて行きます。この気体には低分子のアルデヒドや有機酸を含み、またかなりの水蒸気も存在しています。

この煙の利用として、小径の丸太や木レンガを煙道内におき、黒褐色にする試みがあります<sup>30)</sup>。この際、あらかじめ木酢液に浸せきしてから煙道に置くと、つやのある仕上がりとなります。また煙の成分の浸透で、ある程度の防腐効果が期待でき、水蒸気的作用による脱脂効果も期待できます。写真2はこのような処理をした製品の例です。

### 灰の利用

炭化後の炉底には灰が残ります。この灰には木炭粉末のほかにカリウムやカルシウムといった無機物が含まれています。灰分量や組成は、樹種や部位によって異なっています。表5および表6に代表的な値を示しました。これらは炭酸塩やリン酸塩の形になっていると思われます。また炭化温度が高い場合には酸化物の形で存在すると思われます。

灰のこれまでの利用法を文献<sup>31)~33)</sup>からまとめますと、アルカリ性を生かした用途、構成元素に注目した用途、その他に大別できます。

表5 樹木の灰分含量(%)

| 材部  | 樹皮  | 葉   |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 広葉樹 | 0.2 | 1.8 | 2.5 |
| 針葉樹 | 0.4 | 4.0 | 4.5 |

表6 樹木の灰分組成

|          | カ<br>ウ | リ<br>ウ | ナトリ<br>ウ | 石<br>灰 | マグネ<br>シウム | 酸化鉄  | マ<br>ガ<br>ン | リン酸 | 硫<br>酸 | ケイ酸 |
|----------|--------|--------|----------|--------|------------|------|-------------|-----|--------|-----|
| 広葉樹11種平均 |        |        |          |        |            |      |             |     |        |     |
| 材部       | 8.9    | 2.4    | 71.5     | 5.3    | 1.8        | 0.3  | 4.2         | 1.8 | 3.8    |     |
| 樹皮       | 4.4    | 1.1    | 83.2     | 4.0    | 1.4        | —    | 2.6         | 1.6 | 1.8    |     |
| 葉        | 21.2   | 4.1    | 44.8     | 6.9    | 2.4        | 0.6  | 9.6         | 3.5 | 6.9    |     |
| トウヒ      |        |        |          |        |            |      |             |     |        |     |
| 材部       | 19.7   | 1.4    | 34.0     | 11.3   | 1.4        | 24.0 | 2.5         | 2.6 | 2.7    |     |
| 樹皮       | 10.4   | 1.9    | 50.2     | 5.7    | 3.0        | 13.3 | 3.0         | 2.3 | 10.2   |     |
| 葉        | 29.6   | 1.4    | 20.5     | 8.3    | 1.6        | 1.0  | 14.7        | 2.6 | 20.2   |     |

## 1) アルカリ性を生かした用途

炭酸カリウムや炭酸カルシウムは水に溶けるとアルカリ性を示します。アルカリ水溶液は油分やたんぱく質、フェノール分をよく溶かします。この性質を利用して灰の上澄み液が洗剤として使われます。

藍の葉にあるインジゴという青色染料は、水に溶けません。そこで葉を刻んで堆積発酵させた中に灰を入れてアルカリ性とし、この物質を水溶性のインドキシルにかえます。この水溶液に布を浸けて空気にさらすと酸化されて再びインジゴとなり、水不溶の青色染色が可能となります。

和紙原料のコウゾの樹皮には繊維とともに多量のアルカリ可溶物質が含まれています。それでこの樹皮をあらかじめ灰の上澄み液に浸せきしてから煮沸すると、繊維がとれやすくなります。

## 2) 構成元素に注目した用途

灰の中のカリウムとリンは肥料の三要素に属します。灰にはマンガンやマグネシウムといったさまざまな微量の無機成分もあります。アルカリ性という特徴も加味すると、酸性土壌の中和をかねた肥料として最適といえます。昔の農家の人は、灰小屋を作り、かまどの灰を貯めておき、ふるいで釘やガラスを除いて、畑にまいていました。

陶磁器のうわぐすりとしても使えます。灰を水と混ぜた後、すぐに砂利、砂、木炭粉末を取り除きます。そしてしばらく放置して上澄み液を捨て、残った沈殿物を分取します。これを素焼きの土器の表面にスプレーして焼きあげると、陶磁器のできあがりです。上記の沈殿物は長石と混ぜて炭粕としても使われます。

灰は炭酸カリウムの製造原料にもなります。水と混ぜた後、上澄み液を分取します。そして濃縮して粗結晶を析出させ、水から再結晶します。

炭火で焼いた魚や肉がおいしいのは、カリウムやナトリウムといった人間の味覚にかかわるものが付着するからだといわれています。

## 3) その他の用途

灰は宗教的な意味あいももっています。塩と同様にけがれを払うものとされ、船に乗るときに灰をもっていくと遭難しないとされました。また出産を灰を詰めた俵やむしろの上ですることがあったのは、汚物吸収と灰のもつ再生力に対する信仰によるものと考えられています。このほか、火桶の灰をみて吉凶を占うということも行われます。

## あとがき

木炭は太古の昔から存在していたものなので、燃料以外の分野でも小規模ながら使われてきており、その効果が民間伝承的な形でいろいろ言われてきています。例えば、悪臭をとるには木炭を使うとよい、炭焼き窯の跡には作物がよく育つ、などといったことです。昨今は、燃料としての需要が激減し、これに代わってその特異的な物理的性質に注目したさまざまな用途が生まれ、成長しようとしています。農業への利用は多量の需要が見込める分野であり、木炭が土壌改良資材として、法律の条文の中で認知されたことは特筆すべきことです。今後、さまざまな分野で新たな素材としての需要を呼び起し、拡大していくためには、理論的な裏づけを伴った検証データが必要です。またさらには、理論面の補強ばかりでなく、効率よ

く使うための技術開発，それぞれの用途に適した品質基準の確立といったことも必要になります。

一方原料面を考えると，本道の人工林面積は全森林面積の27%にも及んでおり，間伐を必要とするカラマツやトドマツは今後ますます多くなると予想されます。よい森林を作るには間伐を積極的に行うことですが，そのためには切り出した材を有効に利用する道が開けていなければなりません。その意味で木炭への加工は，一次産業のみならず，二次産業にも結びつくものとして大きな展開が期待できます。良好な森林を育て，国土保全にも役立つものとして，木炭の活用は大きな意義があるといえます。

## 文 献

- 1) 木質系炭化物高度利用技術開発委員会：“木炭の秘めたパワー—北海道の木質系炭化物の現況とその利用—”，北海道地域技術振興センター（1990）
- 2) 岸本定吉：“木炭の博物誌”，総合科学出版（1984）
- 3) 杉浦銀次ほか：“木炭はよみがえる”，全国林業改良普及協会（1988）
- 4) 斉藤 勝：ウッドエイジ，1986年4月号，10
- 5) 日本木質成形燃料工業協同組合：日木燃だより，No. 104，1（1990）
- 6) 森 正次：木材学会北海道支部第21回研究会資料，6（1990）
- 7) 戸田治信，中村米松，小田島輝一，堤 浩，黒田一郎：木材学会誌，10（2），71（1964）
- 8) 戸田治信，中村米松，小田島輝一：14回木材学会要旨集，77（1964）
- 9) 三井茂夫：木材の研究と普及，1977年2月号，98；同3月号，103
- 10) 三井茂夫：“町でやく炭やき”，炭やきの会，22（1990）
- 11) 戸田治信：北林指月報，1961年9月号，4
- 12) 戸田治信，中村米松：北林指月報，1962年1月号，41
- 13) 北海道立中央農試資源利用科：“ダイズに対する粉末木炭施用効果試験（予備試験）”（1987）
- 14) 農林水産技術会議事務局：“菌根菌の有効利用技術の開発1. マメ科牧草の窒素固定の増進”グリーンエネルギー計画成果シリーズ 系（物質固定）No. 19（1988）
- 15) 同上：“マメ科作物の根粒形成および窒素固定機構の解明”グリーンエネルギー計画成果シリーズ 系（物質固定）No. 8（1986）
- 16) 杉浦銀治ほか：“林産工業における新しい加工利用技術”，日本木材学会，111（1985）
- 17) 竹花邦夫：昭和61年度林業技術研究発表大会論文集，232
- 18) 北海道立林試土壤科，樹病科，防災科：昭和61年度北海道立林試年報，48
- 19) 水井憲雄，浅井達弘，菊沢喜八郎，清和研二：林学会北海道支部講演集，No. 34，101（1985）
- 20) 小川 眞：“作物と土をつなぐ共生微生物”農村文化協会，144（1988）
- 21) 木暮光男，国友幸夫：昭和60年度群馬県林試業務報告，145
- 22) 浦上 清，太田三郎，上村俊一，千葉 滋：畜産学会北海道支部会報，No. 21，46（1978）
- 23) 札幌市駒岡保養センター：未発表
- 24) 小橋一哉：ウッドエイジ，1988年12月号，10
- 25) 葛西英夫，川治正則，西川 忠，林 勝朗，南 慎一，高島正秀：北海道立寒地建築研究所昭和62年度調査研究報告集，171
- 26) 土居修一：未発表
- 27) 斉藤 勝，駒沢克巳：木材学会北海道支部講演集No. 21，79（1989）
- 28) 川井秀一，石原茂久，吉田弥寿郎，高松淳久：材料，38，758（1989）
- 29) 斉藤 勝ほか：未発表
- 30) 下川森林組合PR資料
- 31) 三浦伊八郎：“林産製造学”，河出書房，24，159（1942）
- 32) 下中邦彦編：“大百科事典11”，平凡社，861（1985）
- 33) 岸本定吉：特産情報，1987年8月号，17

（林産試験場 利用部）