

# 建築廃木材の炭化および製品化技術の開発

炭化物の基本特性および吸放湿性能に及ぼす炭化条件の影響

田近 克司\*, 水本 克夫\*

## Carbonization of Waste Wood from Demolished Wooden House and Development of Charcoal Utilization

### The Effect of Carbonizing Conditions on the Fundamental Properties and Moisture Adsorption Characteristics of Charcoal

Katsushi TAJIKA\*, Katsuo MIZUMOTO\*

建築廃木材のうち、接着剤等合成樹脂を含む合板やボード類等が多く混入した低品位廃木材を炭化し、床下等の調湿材として有効活用することを目的に、炭化条件（雰囲気、温度）や非木質物混入の有無による廃木材の品位の違いが炭化物の基本特性および吸放湿性に及ぼす影響、さらに吸湿性塩類の添着による吸放湿性能向上効果について検討した。その結果、次のことが明らかになった。

- 炭化物の基本特性のうち、収率は、炭化温度が 300°C から 900°C に上昇するのに従い減少したが、微酸素雰囲気ではほぼ直線的に低下するのに対し、窒素雰囲気では 600°C と 900°C の差は小さいという違いが見られた。工業分析値は、炭化温度の上昇と共に揮発分が大きく減少する一方で、固定炭素が大幅に増加し、灰分は微増した。比表面積は、微酸素雰囲気では、炭化温度の上昇と共にほぼ直線的に増加したのに対し、窒素雰囲気では 600°C で最大となった。これらの基本特性は、廃木材の品位によって大きく異なることはなかった。
- 吸放湿性能に及ぼす炭化条件の影響については、炭化温度が高いほど、高湿度および低湿度環境における炭化物の含水率が高く推移した。また、高湿度環境下では、微酸素雰囲気よりも微酸素雰囲気で炭化した方が含水率が高く推移し、その差は炭化温度が高いほど大きかった。炭化物の吸放湿性能は、廃木材の品位によって大きく異なることはなかった。しかし、低品位廃木材の炭化物の調湿能力（高湿度含水率と低湿度含水率の差）は、最大で約 5% であり、一般的な針葉樹木材が示す値に比べると約 1/2 と小さかった。
- 炭化物の塩類添着処理効果については、塩化カルシウムを低品位廃木材の炭化物に添着することにより、調湿能力は未処理炭化物に比べ約 10 倍、炭酸ナトリウムの添着により約 8.5 倍増大し、顕著な吸放湿性能付与効果が認められた。

#### 1. はじめに

国土交通省の建設副産物実態調査（平成 12 年度）によれば、建築廃木材は全国で年間約 600 万トン発生するが、リサイクル率は、アスファルト、コンク

リートが 96% 以上であるのに対し、約 38% と低い。富山県においても年間約 5.5 万トンの建築廃木材が発生し、リサイクル率は約 45% にとどまっている<sup>1)</sup>。2002 年 5 月には、建設リサイクル法が施行され、

木質廃材の再資源化が義務づけられるなど建築廃木材のリサイクル技術開発は急務となっている。

建築廃木材のうち、素材のみから成る高品位の廃木材（以下、高品位木材と呼ぶ）は、製紙用チップやボード原料として利用される。しかし、塩ビ等のプラスチックや接着剤、塗料等を含む合板、ボード類や防腐木材、さらに土砂等の異物も含まれる低品位廃木材（以下、低品位木材と呼ぶ）は、有効なリサイクル技術がなく、焼却あるいは埋め立て処分されているのが現状である。

本研究では、このような低品位木材の有効活用手段として、炭素の半永久固定が可能な炭化利用を取りあげ、得られた炭化物を床下等の調湿材として利用する技術について検討した。なお、低品位木材のうち、CCA処理木材は、炭化処理を行うと、温度の上昇と共に有害なヒ素の揮散量が増加し、銅やクロムも炭化物中に60%以上残留すること<sup>2,3)</sup>が明らかにされている。したがって、その炭化利用は、安全性を確保できない現状では極めて困難と考えられ、ここではCCA処理木材など防腐木材を含まない低品位木材を炭化利用の対象とした。

炭化物の用途として、床下調湿材を選んだ理由は、外崎ら<sup>4)</sup>によれば、全国の新築木造住宅すべてに調湿材が標準施工されたと仮定した時の潜在需要量は約48万トンと試算され、木造住宅ストック全体ではさらに大きいことが挙げられる。

しかし、炭化物の床下調湿機能に関する研究は、中野ら<sup>5)</sup>、滝本ら<sup>6)</sup>、藤田<sup>7)</sup>、外崎ら<sup>4)</sup>による報告があるのみであり、さらに科学的データの公表、蓄積が必要である。

本報では、低品位木材から吸放湿性能に優れた炭化物を製造するため、炭化条件（雰囲気、温度）の違いが炭化物の基本特性（収率、工業分析値等）および吸放湿性能に及ぼす影響、さらに吸放湿性能向上のための吸湿性塩類の炭化物への添着効果について検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試材料

低品位木材として、富山県内の建築廃材中間処理工場が多く排出する、接着剤等合成樹脂を含む合板やボード屑が多く混入した破砕チップを用いた。なお、それらの構成割合は、素材が44.1%、合板が

7.6%、ボード類が47.8%、その他0.5%であった。また、比較のため素材のみから成る高品位木材の破砕チップも用いた。

### 2.2 炭化物の製造

上記チップをステンレス製容器に400g詰め、これを気密式炭化炉（アドバンテック東洋株式会社製、ガス雰囲気加熱炉BAF-S）内に装填した。炉内雰囲気条件は、炭化物の収率や性能に大きく影響する。そこで、酸素を含まない窒素雰囲気および微酸素雰囲気の2条件で炭化を行うことにした。窒素雰囲気は、窒素ガスを2ℓ/min、微酸素雰囲気は、窒素ガス1ℓ/minと空気1ℓ/minの混合ガス（同ガス量は、木材の燃焼理論空気量<sup>8)</sup>の1/5.6に相当）を炉内へ送気した。炭化温度は、300、600および900℃の3条件とし、試料内部がそれぞれの温度に達した後1時間保持加熱した。自然冷却後に炭化物の重量を測定し、収率を求めた。炭化物は、ウイレーミルで2mm以下に粉碎し、以下の工業分析、細孔特性評価および吸放湿性試験に供した。

### 2.3 工業分析および細孔特性評価

炭化物の工業分析は、JIS M 8812 石炭類及びコークス類工業分析法に準じ、炭化物の灰分、揮発分および固定炭素を求めた。細孔特性は、2.2のウイレーミル粉碎試料をさらにサンプルミル（HEIKO社製）で微粉碎したものを試料として、窒素ガス吸着装置（ユアサ・アイオニクス株式会社製、オートソープ1C）により、炭化物の比表面積および細孔分布（BJH法によるメソ細孔分布）を測定した。

### 2.4 吸放湿性試験

各条件の炭化物2.5gを100mℓビーカーにそれぞれ採り、105℃で一昼夜乾燥した。デシケーター内で放冷後、ビーカーの口を四重にしたガーゼで覆って輪ゴムで止めた。これを恒温恒湿装置（タバイエスベック株式会社製、PR-1S）に入れて、30℃、RH 90%で12日間吸湿、次いで30℃、RH 50%で8日間放湿させた。なお、本温・湿度条件は、夏期における高温・高湿および低湿状態を想定したものである。1日ごとに試料重量を測定し、含水率変化から吸放湿性能を評価した。

### 2.5 炭化物の塩類添着処理

窒素雰囲気中、600℃で炭化した試料10gに対し、ピロリン酸カリウム、塩化カルシウム、炭酸ナトリウムおよび硫酸アルミニウムの10%溶液200mℓをそ

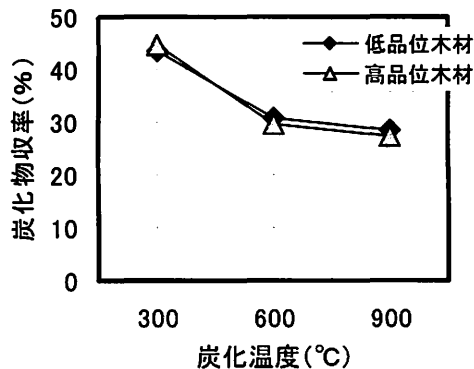


図-1 窒素雰囲気炉炭の収率

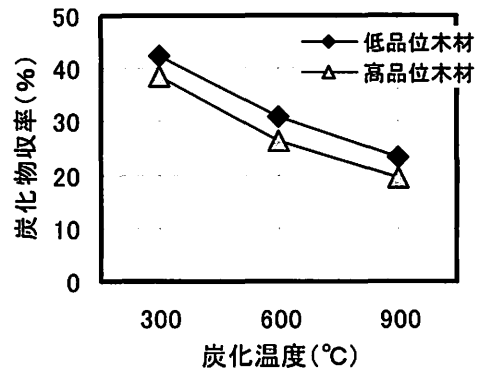


図-2 微酸素雰囲気炉炭の収率

れぞれ添加し、時々攪拌しながら一昼夜浸漬した。ろ紙でろ過した後、処理炭化物を含水率3%以下に乾燥し、2.4の吸放湿性試験と同様の方法により、吸放湿性能を評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 炭化物の基本特性

本研究では、まず、低品位木材を炭化利用するため、その最も基本的かつ重要な特性である炭化物収率や成分組成を示す工業分析値、および吸着性能の指標となる比表面積について、高品位木材の炭化物と比較検討した。

窒素および微酸素雰囲気それぞれ炭化した試料（以下、窒素雰囲気炉炭および微酸素雰囲気炉炭と呼ぶ）の基本特性について、以下に述べる。

炭化物の収率は、図-1および図-2に示すように、窒素雰囲気炉炭および微酸素雰囲気炉炭ともに、炭化温度の上昇と共に減少したが、後者がほぼ直線的に低下するのに対し、前者は600°Cと900°Cとの差は小さくなるという違いが見られた。また、供試木材の品位による収率差は、窒素雰囲気では各炭化温度でほとんどなかったのに対し、微酸素雰囲気ではいずれの炭化温度でも高品位木材炭化物よりも低品位木材炭化物の方が約4%高くなった。

工業分析値は、図-3および図-4に示すように、窒素雰囲気炉炭および微酸素雰囲気炉炭ともに、炭化温度の上昇に伴い揮発分が大きく減少する一方で、固定炭素が大幅に増加し、灰分は微増したが、原料木材の品位によって構成成分比率が大きく異なることはなかった。

構成成分のうち、揮発分は、300°Cにおいて、微酸素雰囲気炉炭に比べ窒素雰囲気炉炭の方が約10%以上高くなり、炉内雰囲気の違いによる影響が明確に現れた。これは、窒素雰囲気の場合、炭化温度が低い場合、揮発分が熱分解されずに多く残るのに対し、微酸素雰囲気では、それが酸化分解したためと考えられる。一方、600°C以上では、酸化分解よりも熱分解の方がより進行するため、雰囲気条件の違いが現れにくくなったものと推測される。

なお、前述したように、窒素雰囲気の場合、600°Cと900°Cとの収率差が小さくなった理由として、安部<sup>9)</sup>が指摘するように、低分子量である揮発成分が、炭化温度の上昇と共に炭素化し、固定化したことが考えられる。また、微酸素雰囲気の場合、高品位木材炭化物よりも低品位木材炭化物の方が収率が高くなったのは、灰分量の違いが影響したものと考えられる。

炭化物の比表面積は、図-5および図-6に示すように、微酸素雰囲気炉炭では、炭化温度の上昇と共にほぼ直線的に増加したのに対し、窒素雰囲気では600°Cまで増加するものの、900°Cでは低下した。同様の結果は、安部ら<sup>10)</sup>や北村ら<sup>11)</sup>の実験でも得られている。このような現象を示す理由として、安部<sup>7)</sup>は、空気がわずかでも存在する状態で長時間850°C以上の温度を維持すると、炭化物中に微細孔を生成する賦活反応が生じ、比表面積が大きくなるためとしている。一方、窒素雰囲気では、北村ら<sup>11)</sup>も述べているように、賦活反応が起きず、高温ほど熱収縮し比表面積が低下するためと考えられる。

原料木材の品位の違いによる影響については、窒素雰囲気の場合、600°C以上では、高品位木材炭化物

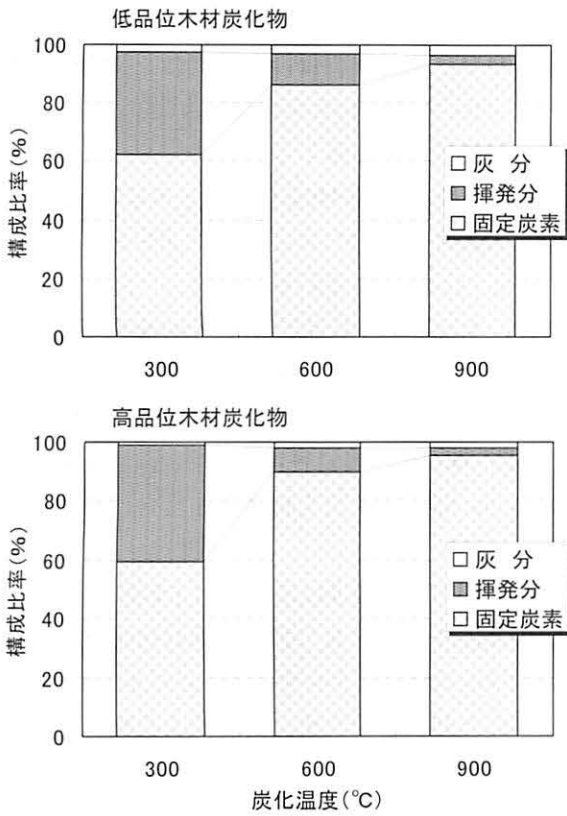


図-3 窒素雰囲気炉炭の工業分析値

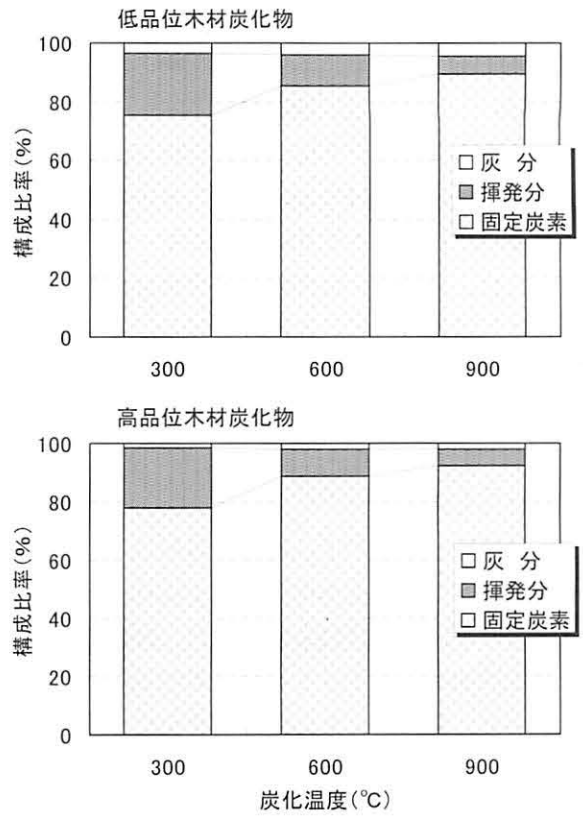


図-4 微酸素雰囲気炉炭の工業分析値

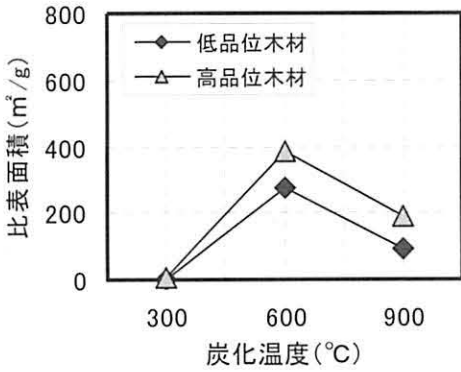


図-5 窒素雰囲気炉炭の比表面積

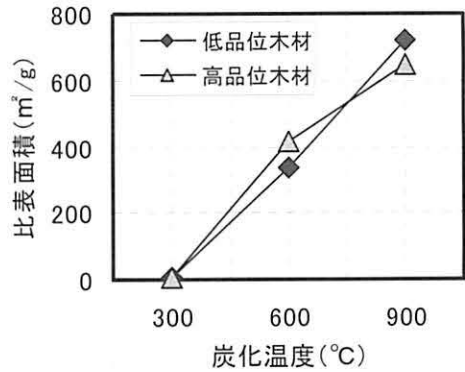


図-6 微酸素雰囲気炉炭の比表面積

に比べ低品位木材炭化物の方が約 30 ～ 50%小さくなったものの、微酸素雰囲気ではその影響はほとんど認められなかった。

以上のように、合板やボード類を多く含む低品位木材の場合、素材から成る高品位木材と遜色のない基本性能を持つ炭化物が得られることが分かった。

また、炭化物の基本特性は、炭化温度や炉内雰囲気条件によって大きく変化するため、炭化物の利用にあたっては、要求性能や経済性等を考慮し、用途に応じた適正な炭化条件を選択することの重要性が示唆された。

### 3.2 炭化物の吸放湿性に及ぼす炭化条件の影響

次に、低品位木材の炭化物を床下等の調湿材として利用するため、炭化条件と炭化物の吸放湿性等との関係について詳細に検討した。

図-7および図-8に、窒素雰囲気炉炭および微酸素雰囲気炉炭の吸放湿による含水率変化を示す。これより、いずれの炭化物も、30°C、RH 90%の環境下では、最初の1日間の含水率増加が著しく、その後は含水率の増加がきわめて緩慢になり、10日前後でほぼ平衡に達した。次に、30°C、RH 50%の環境に変化させると、最初の1日間で含水率が大きく低下し、その後は低下が緩慢となり、8日前後でほぼ平衡に達した。

窒素雰囲気炉炭および微酸素雰囲気炉炭は共に、高湿度および低湿度環境において炭化温度が高いほど、含水率が高く推移した。また、高湿度環境下では窒素雰囲気炉炭よりも微酸素雰囲気炉炭の方が含水率が高く推移し、その差は炭化温度が高いほど大きく、90°Cでは特に顕著であった。

炭化条件と吸放湿性との関係については、安部ら<sup>10)</sup>によって詳細に検討されている。その実験結果によれば、雰囲気条件（窒素および空気気流）に関係なく、炭化温度が600°Cの時、高湿度および低湿度条件ともに水蒸気吸着量が最低となり、それ以上の温度では

高湿度ほど水蒸気吸着量が増加することが示されている。しかし、本試験では、高湿度および低湿度条件ともに300°Cの時に含水率が最も低くなり、上記試験結果とは必ずしも一致しなかった。

これは、安部ら<sup>10)</sup>が炭化最低温度を400°Cとしたのに対し、本試験では300°Cに設定した違いが影響していると考えられる。すなわち、宮内ら<sup>12)</sup>が示しているように、木質系繊維を200~500°Cの範囲で炭化した場合、200~300°Cで吸水量は著しく減少すること、また、図-3および図-4に示したように炭化温度300°Cでは、揮発分が多く残存し、強い疎水性を示したことから、含水率が最も低くなったものと考えられる。

吸放湿性能に及ぼす原料の違いによる影響は、900°Cでは炉内雰囲気に関係なく低品位木材炭化物よりも高品位木材炭化物の方がやや高くなったが、600°C以下では明確な傾向を示さず、両者による性能差は小さいものと考えられる。

炭化物を調湿材として利用する場合、高湿度環境下では吸湿量が、また低湿度環境下では放湿量が多いほど、調湿性能が高いと考えられる。Abe<sup>13)</sup>は、湿度90%で測定した水蒸気吸着量と湿度を55%に下げた時の吸着量の差を調湿能力と定義している。これ

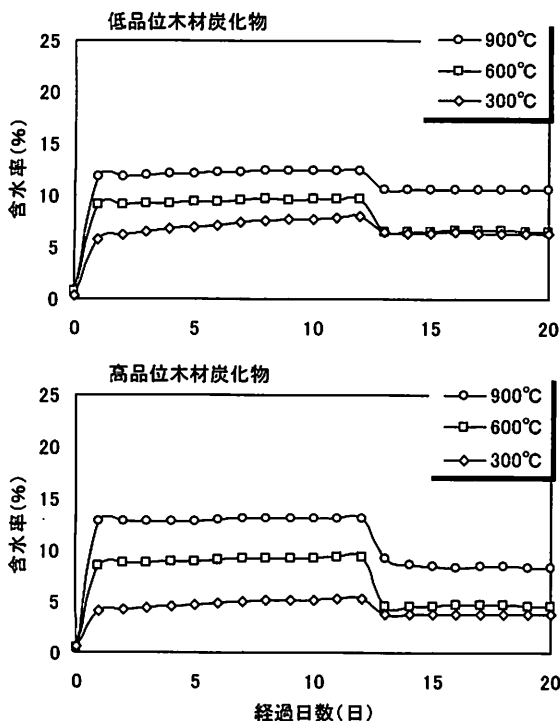


図-7 窒素雰囲気炉炭の吸放湿性

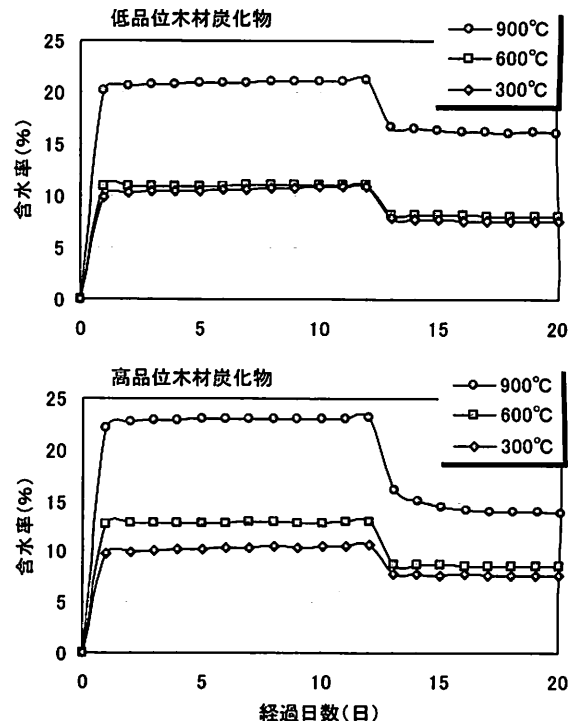


図-8 微酸素雰囲気炉炭の吸放湿性

を本試験に適用すると、調湿能力は図-9および図-10のようになる。

これより、炭化物の調湿能力と炭化温度との関係は、炉内雰囲気条件や原料の違いによって異なるパターンを示した。すなわち、図-9に示すように、窒素雰囲気では、低品位木材炭化物は、600℃で調湿能力が最大となったのに対し、高品位木材炭化物では300℃から600℃にかけて調湿能力が増加するものの、900℃では600℃の値とほぼ同じになった。一方、図-10に示すように、微酸素雰囲気では、低品位木材炭化物の調湿能力は、300℃と600℃とではほぼ同じであるが、900℃では増加したのに対し、高品位木材炭化物では炭化温度の上昇と共に調湿能力が増大するというパターンを示した。

なお、図-9、図-10には、調湿能力の算出基礎となるRH 90%およびRH 50%の平衡含水率を示したが、窒素雰囲気炉炭よりも微酸素雰囲気炉炭の方が、炭化温度や原料の違いに関係なく両平衡含水率が共に高くなるという特徴が見られた。このことから、微酸素雰囲気炭は窒素雰囲気炉炭に比べ、水蒸気の吸着量は大きい反面、脱着量は少なくなること

が示唆される。

前述した安部ら<sup>10)</sup>の実験によれば、炭化温度400～1000℃の範囲では、炉内雰囲気条件に関係なく600℃で調湿能力が最大になったことが示されている。本試験で、これと同じ結果が得られたのは、窒素雰囲気の低品位木材炭化物のみであった。また、本試験の場合は、微酸素雰囲気炭で炭化すると、供試木材の品位に関係なく、炭化温度が高いほど調湿能力が向上する傾向を示した。

一般に、炭化物の水蒸気等ガス吸着性能は、炭化物中の細孔特性によって大きく影響されることが知られている。炭化物の細孔のうち、直径が2 nm以下のものをマイクロ孔、2～50 nmのそれをメソ孔、50 nm以上をマクロ孔と呼ばれるが、炭化物の水蒸気等のガス吸着作用は、直径が約6 nm以下の細孔で生じるとされ、細孔径が小さいものほど吸着力が高くなる<sup>9)</sup>。このため、マイクロ孔の発達した活性炭では、通常の木炭に比べ吸湿量がかなり高くなるが、吸着力が高いため、吸着水蒸気を脱着しにくくなる。したがって、炭化物を調湿材として利用するためには、吸着水蒸気を脱着しやすい2 nm以上のメソ孔の容積を増

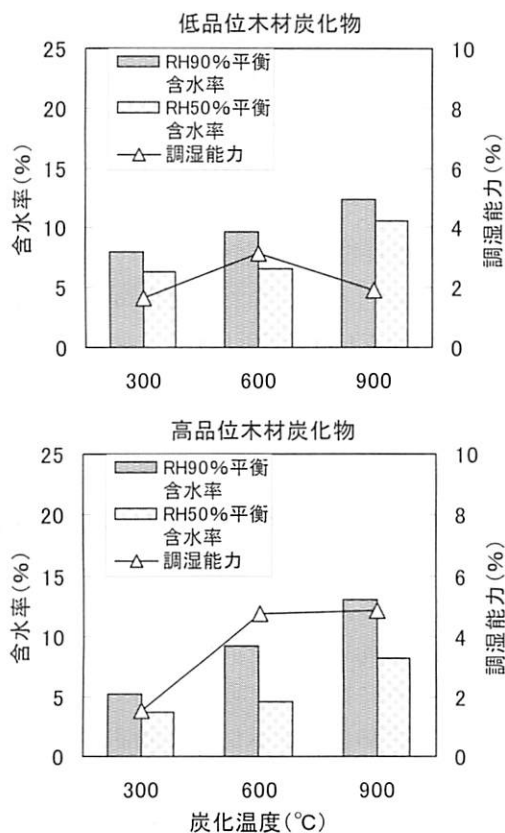


図-9 窒素雰囲気炉炭の調湿能力

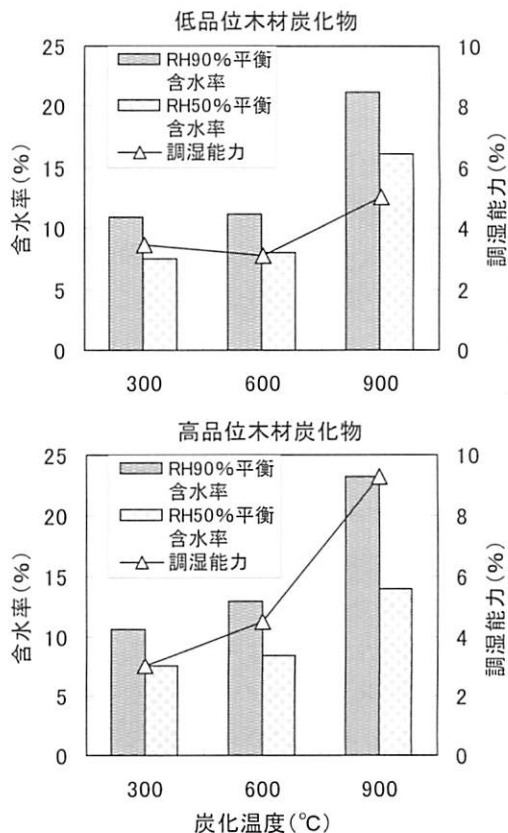


図-10 窒素雰囲気炉炭の調湿能力

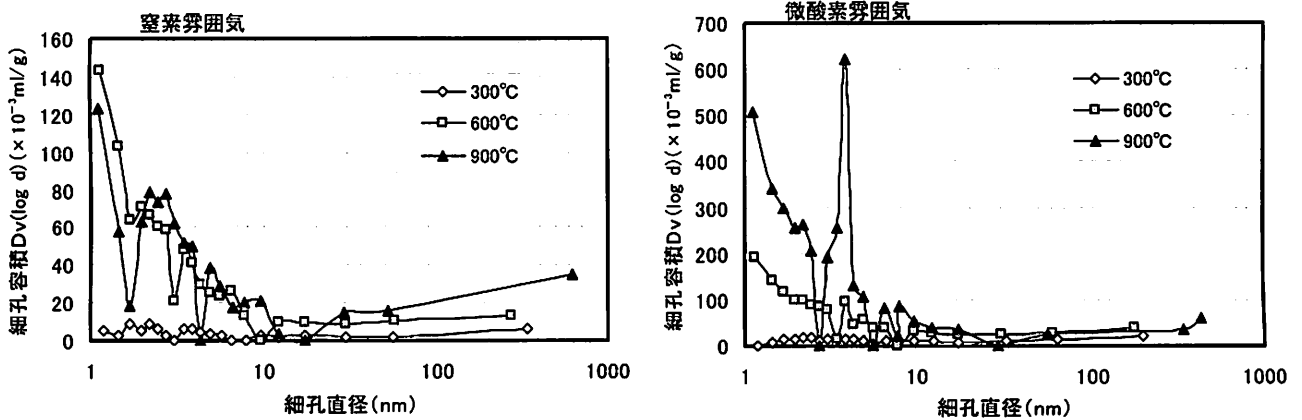


図-11 低品位木材炭化物の細孔分布

加させることが重要とされる<sup>14)</sup>。

そこで、供試炭化物の細孔特性と吸放湿性との関係について検討するため、低品位木材炭化物の細孔分布を求めた。その結果を図-11に示す。これより、炭化温度 300°Cでは、炉内雰囲気条件に関係なくミクロ孔やメソ孔はほとんど未発達であるのに対し、600°C以上になるとこれらが顕著に増加することが分かる。それらの細孔容積の分布は、微酸素雰囲気では、600°Cの場合、窒素雰囲気の時よりやや細孔容積が増加する程度であるのに対し、900°Cの場合は、ミクロ孔の容積が約 4～5 倍に増大している。この結果から、図-10に示したように、900°Cの微酸素雰囲気炉炭では顕著な吸湿量をもたらすことが推測される。しかし、窒素雰囲気炉炭の場合は、600°Cと900°Cとで細孔分布に大きな違いが見られず、図-9に示したような調湿能力の変化原因を説明することはできない。したがって、この点については、今後さらに詳細に検討する必要がある。

図-9および図-10より、低品位木材から最も調湿能力に優れた炭化物を製造するための炭化条件は、微酸素雰囲気中で炭化温度は900°Cであることが判明した。その条件における調湿能力は、5.0%である。これを一般的な針葉樹木材と比較すると、たとえば Sitka spruce の場合は、30°C, RH 90%の平衡含水率は20%, 30°C, RH 50%の平衡含水率は8.8%であり<sup>15)</sup>、これから求められる調湿能力の11.2%に比べて1/2以下と低い。このような違いを示す原因としては、木材表面には親水性の水酸基やカルボニル基、カルボキシル基が存在する<sup>14)</sup>のに対し、炭化物

はそれらの多くが分解消失し、表面が疎水性になっている<sup>9)</sup>ことが考えられる。

また、900°Cという炭化条件は、収率も23%と低く、炭化エネルギーも多く要し、製造コスト高となるため、実用面からも不利である。

そこで、エネルギーコストの少ない炭化温度600°Cで得られた炭化物に、吸湿性の塩類を添着処理することにより、調湿能力の向上を図る方法について検討した。

### 3.3 炭化物の吸放湿性に及ぼす塩類添着効果

600°Cで炭化した低品位木材炭化物の調湿能力は、図-9および図-10に示したように雰囲気条件が異なっても値はほとんど変わらなかった。そこで、ここでは窒素雰囲気中で製造した炭化物を用い、2.5に示す実験方法で各種塩類の添着処理を行い、2.4に示す吸放湿性試験を行った。なお、炭化物への塩類の添着量は、電気炉で600°Cで灰化し、未処理炭化物の灰分量を差し引く方法で求めた結果、塩化カルシウムは7.0%、炭酸ナトリウムは7.7%、ピロリン酸カリは7.2%、硫酸アルミニウムは0.9%であった。

これらの塩類添着炭化物の吸放湿性試験結果を図-12に示す。これより、吸湿性能は、いずれの塩類も未処理炭化物よりも高くなった。特に、塩化カルシウムは、顕著な向上効果を示した。また、炭酸ナトリウムは、これに比べると吸湿速度は劣るものの、含水率は依然増加傾向を示し、吸湿潜在能力が高い可能性もある。

放湿性能は、ピロリン酸カリおよび塩化カルシウムが未処理と同水準まで低下せず、特に後者は著し

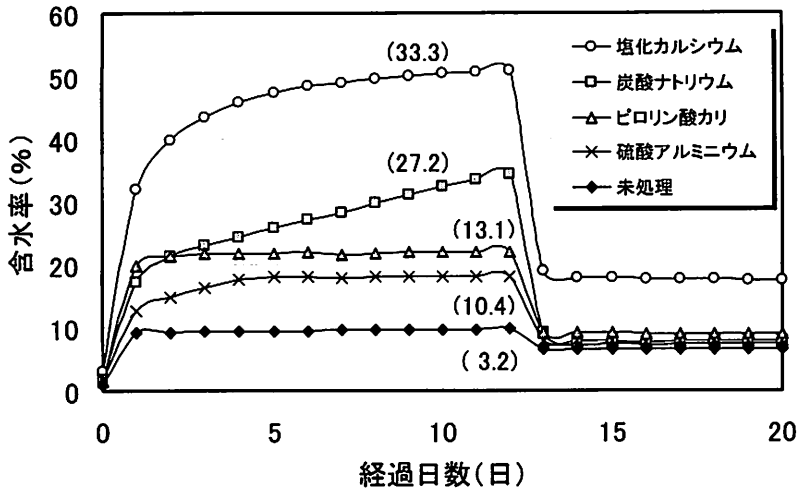


図-12 炭化物の吸放湿性に及ぼす各種塩類の添着効果  
 ※ ( ) の値は調湿能力 (%) を示す。

く吸着水分保持能が高いことが示唆された。

このような塩類添着による吸湿性能の向上は、梶田<sup>16)</sup>によれば、水溶性塩類を防腐剤として注入した木材などにも認められ、塩を含んだ木材は、関係湿度が増加して、その塩の飽和水溶液と平衡する関係湿度を超えると、塩はこのときの水蒸気圧と平衡する濃度の溶液となるまで外気中の水を取得する。このため、木材の含水率は塩が取得した水の分だけ増加することが示されている。

本試験の場合においても同様の現象が作用しているものと考えられる。たとえば、塩化カルシウムの場合は、その飽和溶液と平衡する関係湿度は、24.5℃において31%、また炭酸ナトリウムの場合は、同温度で87%<sup>17)</sup>である。したがって、塩化カルシウムを添着した炭化物の場合は、恒温恒湿装置内の関係湿度が50%では依然吸湿作用が働き、未処理炭化物よりも含水率が高くなったと考えられる。また、炭酸ナトリウムを添着した炭化物の場合は、装置内の関係湿度が90%のときは緩やかに吸湿するが、関係湿度が50%になった場合は、塩による吸湿は生じないため、未処理炭化物と含水率がほぼ同レベルとなったものと推測される。

塩類を添着した炭化物の調湿能力は、図-12より、未処理炭化物に比べ、塩化カルシウムは約10倍、炭酸ナトリウムは約8.5倍の値を示し、これらの塩類添着による調湿能力向上効果はきわめて大きいことが分かった。

以上のように、炭化物に塩類を添着処理することにより、従来にない高性能の調湿炭が得られる可能性が見出された。

#### 4. おわりに

以上の結果により、合板やボード類を多く含む低品位木材の場合は、素材から成る高品位木材と遜色のない基本性能を持つ炭化物が得られることが分かった。

しかし、低品位木材の中には、塩ビ樹脂貼り合板やボード類が含まれる可能性があることから、今後は炭化物中のダイオキシン類残留濃度について十分調査し、必要があればその対策を検討する必要がある。また、CCA等の防腐剤を含む廃木材の場合は、本研究でも炭化利用の検討を試みたが、安全性確保の点で課題が残り、他の利用方法による検討を継続している。

低品位木材炭化物の吸放湿性を最も高める炭化条件は、微酸素雰囲気中で炭化温度を900℃とすることであったが、その条件で得られる炭化物の調湿能力は、一般針葉樹木材と比べて約1/2と低かった。

しかし、炭化物は、微生物の栄養源となる有機成分をほとんど含まないため、カビなどの発生が生じない特長を有する。そこで、この特長を生かし、さらに吸放湿性を向上させる方法として、吸湿性塩類を炭化物に添着する効果について検討した。その結果、塩化カルシウムの添着により調湿能力は未処理



炭化物の約10倍、炭酸ナトリウムの添着により約8.5倍増大するなど飛躍的な吸放湿性付与効果が認められた。

今後は、さらにより効果の高い塩類の検索や塩類添着濃度と炭化物の吸放湿性との関係および塩類を炭化物に添着する実用的手法などについて検討し、より低コストで調湿性能の優れた炭化物を効率よく製造する技術の確立、実用化を目指したい。

## 文 献

- 1) 富山県生活環境部：富山県産業廃棄物実態調査報告書（資料編），2000，p.84.
- 2) 北村寿宏，片山裕之：CCA処理木材の炭化時における銅，クロム，ヒ素の挙動，木材学会誌，46，587-595（2000）.
- 3) 栗崎 宏，田近克司，水本克夫：“平成12年度建築廃材・ガラス等リサイクル技術開発 成果報告書”，新エネルギー・産業技術総合開発機構，2001，pp.110-112.
- 4) 外崎真理雄，鈴木養樹，松岡真悟：床下調湿用廃材木炭の吸放湿特性，木材工業，56，464-467（2001）.
- 5) 中野達夫，葉石猛夫，水野徹哉，武田孝志，徳本守彦：木炭による木造住宅床下の湿度及び部材の含水率状態の改善－木炭の吸湿性，吸水性及び熱伝導率－，木材工業，51，198-202（1996）.
- 6) 滝本裕美，中野達夫，武田孝志，徳本守彦：木炭による木造住宅床下の湿度及び部材の含水率状態の改善－4種類の木炭の吸湿性及び吸水性に及ぼす粒度の影響－，木材工業，55，14-20（2000）.
- 7) 藤田晋輔：“木炭を生かす－床下調湿資材としての木炭の活用－”，財団法人 日本住宅・木材技術センター，1997，pp.1-76.
- 8) 科学技術庁資源調査会編：“木材工業の廃材とその利用”，社団法人 日本木材加工技術協会，1971，pp.278-280.
- 9) 安部郁夫：木炭吸着剤の製造と利用，木材工業，51，294-300（1996）.
- 10) 安部郁夫，岩崎 訓，岩田良美，古南 博，計量善也：木炭の製造方法と吸着特性の関係，炭素，185，277-284（1998）.
- 11) 北村寿宏，松本寿生，片山裕之：スギ材からの吸着用木炭の製造に及ぼす製炭条件の影響，木材学会誌，45，171-177（1999）.
- 12) 宮内輝久，佐野弥栄子，梅原勝雄，斎藤直人：熱処理による木質系吸油材料（第1報）－吸油性に及ぼす熱分解物の影響－，木材学会誌，47，39-43（2001）.
- 13) Abe I., Hitomi M., Ikuta N., Kawafune I., Noda K., Kera Y.: Humidity-Control Capacity of Microporous Carbon, *Seikatsu Eisei*, 39, 333-336 (1995).
- 14) 安部郁夫：多孔性炭素材料の構造と機能と用途，第31回木材の化学加工研究会シンポジウム講演集，2001，pp.1-6.
- 15) 渡辺治人：“木材理学総論”，農林出版株式会社，1978，pp.225-231.
- 16) 梶田 茂：“木材工学”，養賢堂，1967，pp.106-110.
- 17) 日本化学会編：“化学便覧 基礎編Ⅱ”，丸善株式会社，1966，p.607.

### Summary

In order to utilize charcoal carbonized waste wood of low-quality involved plywood and wooden board mainly as humidity control material for under floor, studies were conducted on (a) the effect of carbonizing conditions (atmosphere, temperature) and wood quality on fundamental properties and moisture adsorption characteristics of the charcoals and (b) improvement of the moisture adsorption characteristics by fixing salts into the charcoal. The results are summarized as follows :

1) Within the fundamental properties, the yield of the charcoals decreased as carbonization temperature increased from 300 °C to 900 °C. On this occasion, the yield of charcoals carbonized in a very low oxygen atmosphere declined almost rectilinearly, whereas there was little difference in the yield of the charcoals carbonized in a nitrogen atmosphere between 600°C and 900°C. As regards the fluctuations of proximate analysis value of the charcoals with the rise in carbonization temperature, the volatile content greatly decreased, the fixed carbon content drastically increased, and the ash content increased slightly. The specific area of charcoals carbonized in a very low oxygen atmosphere was enlarged almost rectilinearly as carbonization temperature increased, while the specific area of the charcoals carbonized in a nitrogen atmosphere showed a maximum value at 600 °C.

The fundamental properties of the charcoals were not greatly different based on wood quality.

2) Concerning the effect of carbonizing conditions on moisture adsorption characteristics of the charcoals, the moisture content of the charcoals put in environments with both high humidity and low humidity tended to be higher, as carbonization temperature was higher. In an environment with high humidity, the moisture content was observed to be higher in the charcoals carbonized in a very low oxygen atmosphere compared to those carbonized in nitrogen atmosphere, and the difference of the moisture content was larger as carbonization temperature was higher. The moisture adsorption characteristics of the charcoals were not greatly different based on wood quality. However, the humidity-control capacity (difference in the equilibrium moisture content between high-humidity conditions and low-humidity conditions) of the charcoals carbonized waste wood of low-quality was about 5 % at its highest, the value was less than about half of that of usual coniferous wood.

3) The effect of fixing salts into the charcoal carbonized waste wood of low-quality on moisture adsorption characteristics was remarkable. The humidity-control capacity of the treated charcoal increased the value by about 10 times in the case of fixing calcium chloride, and about 8.5 times in the case of fixing sodium carbonate compared with untreated charcoal.