

木炭風多孔質素材の創製と性能評価

岩渕 義孝 小林 勲

Newly Development of Charcoal-like Porous Material and Its Feature

Yoshitaka IWABUCHI Isao KOBAYASHI

Abstract The recycling process was examined by using the industrial waste, such as clays, sands and slugs. Newly developed porous charcoal-like ceramics were expected to use for the wide application due to its unique features. The manufacturing process of the material with arbitrary shape was established and various properties were evaluated. Styrofoam mixed in the clay was lost during sintering then making the cavity in the ceramics. Consequently unburned carbon elements coated the surface of ceramics by heating in non-oxidation atmosphere then making the material charcoal-like black. Volume fraction of styrofoam is the important factor influencing on water absorption, insulation and compressive strength. This material possessed the superior performance of absorption of hazardous chemical substance, such as ammonia and formaldehyde.

Keywords: Porous Ceramics, Construction Materials, Recycling, Industrial Wastes, Anti-Sick House

1. はじめに

鉱山や建設現場、道路工事現場など、さまざまな場所で廃棄される残土は有益な使い道が少なく、ずり山として放置されている場合⁽¹⁾が少なくない。

そこで、これらの残土を再利用し環境への負荷を減らすとともに、付加価値の高い素材として再生する方法を開発した。

創製される木炭風多孔質素材は、高い空隙率がありながら、適度の強度を有するので、断熱材、有害化学物質を吸着する建築材料、または人工漁礁など、各方面での用途⁽²⁾が期待できる。

本研究では、建築材料としての用途を想定した素材の製造方法を確立するとともに、各種評価試験を行い素材の適用性について検討した。

2. 素材製造試験

第1ステップとして、成分の均一な市販の萩粘土を使用した。はじめに素材を木炭風黒色化するため、非酸化性雰囲気中で炭素成分を多く含む状態で焼結させた。試作プロセスでは、粘土と発泡スチロールを混合した原素材を坩堝内に装入し、上部を粘土でふたをして加熱した。製造プロセスを模式的に Fig.1 に示す。また、この方法によって作製した素材の断面形態を Fig.2 に示す。

第2ステップ実験では、発泡スチロールの径(1mm, 3mm, 5mm)、粘土と発泡スチロールの混合比(50%, 67%, 75%, 80%)、加熱温度(1123K, 1223K, 1323K, 1423K)をそれぞれ変化させて試料を作製し、各種の性能を評価した。

3. 評価試験方法

吸水能は乾燥した試料を水中に浸漬し、吸水が飽和した状態の重量を測定し、重量増から吸水率を求め表した。

有害化学物質吸収能は、対象物質としてアンモニアとホルムアルデヒドを選び、測定済み濃度の化学物質を充填させた密閉空間に素材を置き、比較素材とともに10、30min後の濃度を測定した。

熱伝導率は測定対象素材試料を銅板で挟み、周りをスタイロフォームで覆い断熱し、試料の下面をヒーターで加熱し、試料の上下面の温度がそれぞれ平衡状態になった時の温度差から、熱伝導率を求めた。測定を行った電圧は20V、電流値は96.2mAである。

電気抵抗は試料両端面に電圧を与え、そのときに発生する電流を測定し、オームの法則より抵抗値を求め、この抵抗値から電気抵抗率を算出した。

圧縮試験はインストロン型引張試験機を用い、65mm 径×48mm 高さの円柱状試料が破壊したときの荷重から破壊応力を求めた。また、荷重変位速度は3mm/minである。

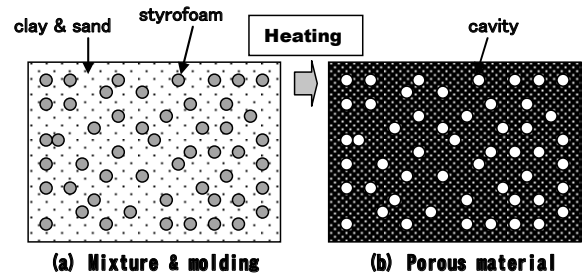


Fig.1 Schematic drawing of manufacturing process.

* 釧路高専機械工学科

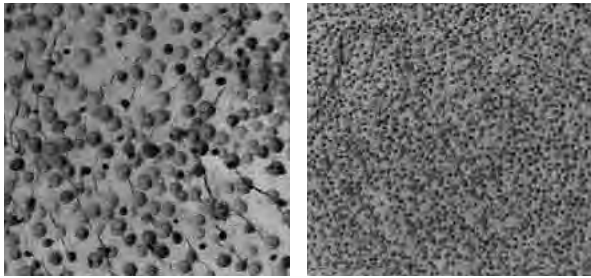


Fig.2 Section surface of newly developed porous materials

4. 試験結果および考察

4.1 吸水能

Fig.3 に吸水率に及ぼす発泡スチロール混合比率と焼結温度の影響を示す。焼結温度を変えた場合、1323K 以下の温度で焼結した試料の吸水率はほぼ等しいが、1423K を超える温度で焼結した場合、吸水率がかなり低いことがわかる。これは、粘土粒子が溶解する温度が 1373K 付近にあるためと考えられ、1323K 以下で焼結した素材は焼結するとき発泡スチロールによってできる空隙のほかに、粘土粒子間にも空洞が発生するが、それ以上の温度で焼結させると、粘土粒子が溶解するため、粒子間の空洞が少なくなることによって考えられる。また、吸水率は、発泡スチロール混合比が多くなるにしたがって急激に大きくなっていることから、吸水性能に最も影響の大きい因子は発泡スチロール混合比であるといえる。

他方、発泡スチロール径を変えた場合、吸水率にさほど差がないことから空洞の大きさが異なっても、空隙率はそれほど変わらないと考えられる。

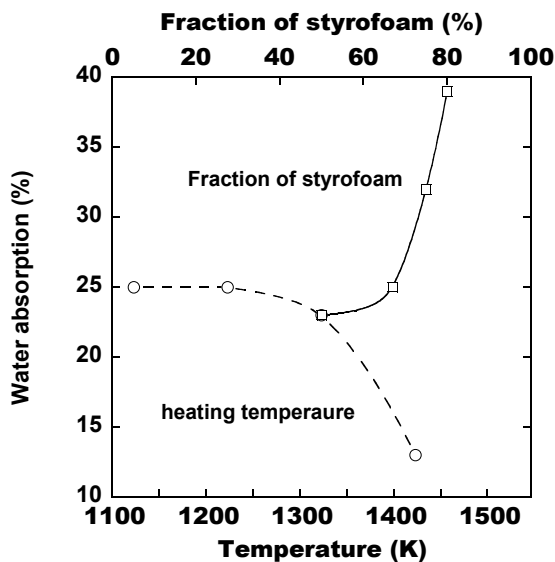


Fig.3 Effect of sintering temperature and fraction of styrofoam on water absorption of the preform.

4.2 有害化学物質吸収能

ホルムアルデヒドの吸収量を、経過時間との関係で Fig.4 に示す。図から明らかなようにホルムアルデヒドの吸収能が高いことがわかる。他方、アンモニアについても同様の試験を行ったが、市販素材に匹敵する吸収能を示した。

また Ni 製錬廃棄スラグを混合し、粒度による各素材の吸収率を比較した結果、いずれの素材も 90% 以上の吸収率があることがわかった。このように、未燃焼炭素と発泡スチロールの空隙ならびに素焼きそのものの多孔性による吸着効果で、有害化学物質が吸収するものと推測される。

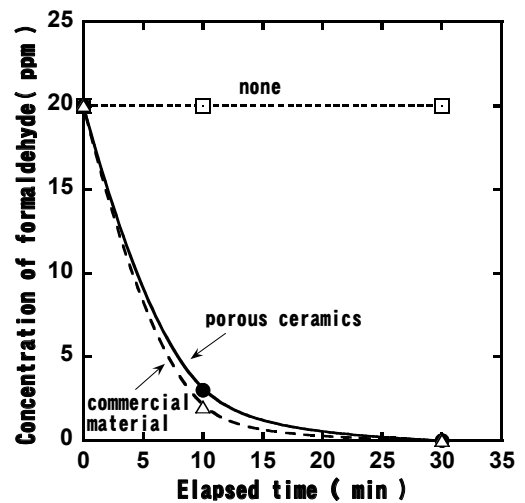


Fig.4 The absorption of formaldehyde by the preform comparing with the commercial material.

4.3 熱伝導率

熱伝導率と発泡スチロール粒径ならびに焼結温度の関係を示す。図から明らかなように、発泡スチロール粒径が大きいほど熱伝導率が低く、断熱性能が向上している。さらに、焼結温度についても、粘土粒子の熔融温度以下である 1273K, 1073K と、熔融温度以上である 1423K とでは明らかな差がある。

これは、熔融温度以下では粘土粒子間に空隙が生じ、それ以上では粘土粒子が溶解し、粒子間の空隙が失われるためと考えられる。

Fig.6 に本研究素材と一般的な各種建築用素材⁽³⁾の熱伝導率を比較した。これより、この素材の熱伝導率は、建築材料の外壁材と内壁材の間であることがわかる。このように、焼結温度が粘土粒子の融点以下で、空隙が比較的大きいものが低い熱伝導率であり、断熱性能が優れていると判断される。

4.4 電気抵抗

各種の方法で電気抵抗の測定を行ったが、すべての試料で電気抵抗を測定することは難しかった。電気抵

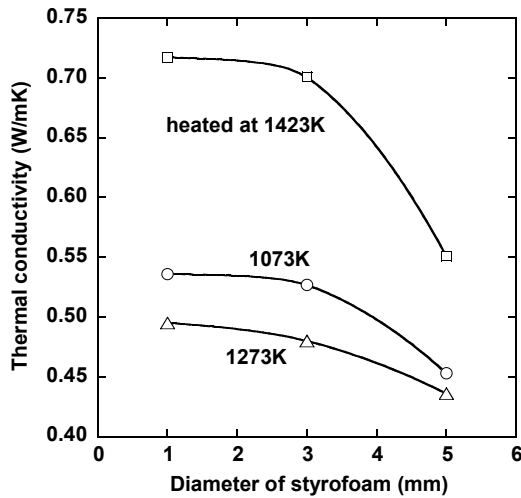


Fig.5 Effect of styrofoam diameter and sintering temperature on thermal conductivity of the preform.

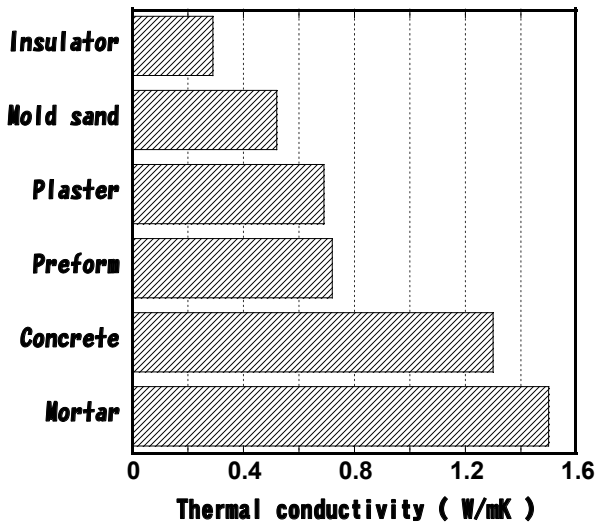


Fig.6 Comparison in thermal conductivity of the preform with conventional materials used for the construction.

抗を測定する目的は、電圧を与えたときに発生するジュール熱の利用であり、抵抗値が著しく高いと、通電は難しく、本研究で得られた素材ではジュール熱による発熱は見込めないと考えられる。

4.5 圧縮強度

Fig.7 に圧縮強度と発泡スチロール粒径ならび焼結温度の関係を示した。このように、焼結温度が高くなると圧縮強度は高くなる傾向がある。これは1423Kが粘土の溶解温度以上であり粘土粒子が溶解し結合したためと考えられる。

さらに、発泡スチロール粒径が大きくなるにしたがい、圧縮強度は低下している。これは、発泡スチロール粒径が大きい場合、生成する空隙も大きくなり、粘土による結合面積が減少したため、圧縮強度が低下す

るためと考えられる。

また、スラグを混入させた場合、スラグ粒径が小さくなると圧縮強度は高くなる傾向が認められた。これは、粒径が細かくなると粘土にとけ込むスラグ量が多くなり、粘結に及ぼす影響が小さくなったためと考えられる。

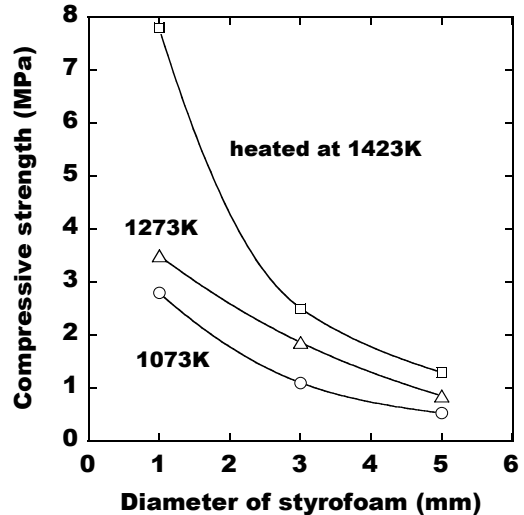


Fig.7 Effect of styrofoam diameter and sintering temperature on the compressive strength of the preform.

5. まとめ

建築用素材を想定して、廃棄残土を再利用する木炭風多孔質素材の製造方法確立と、創製した素材の各種評価試験を行い、以下の結果が得られた。

- (1) 粒状発泡スチロールと粘土を成型した原素材を、非酸化雰囲気内で焼結することにより、任意形状の木炭風多孔質素材の製造プロセスを確立した。
- (2) 吸水能は発泡スチロール比率と焼結温度に依存する。
- (3) ホルムアルデヒドやアンモニア等の有害化学物質吸収能は、市販素材に匹敵し優れている。
- (4) 熱伝導率と圧縮強度は、いずれも発泡スチロールの粒径と焼結温度に依存して変化する。
- (5) 熱伝導率は、建築材料の外壁材と内壁材の間である。

参考文献

- (1) 畑明郎, 杉本裕明: 廃棄物・日本, 世界思想社, (2009)
- (2) M. Kamitakahara, C. Ohtsuki: J. Ceramic Soc. Japan, 116(2008), 6
- (3) 友澤史紀: 建築材料活用辞典, 産業調査会, (2007)