

平成21～22年度 産業廃棄物減量化・再資源化技術支援事業研究報告書
(福島県産業廃棄物税充当事業)

福島県ハイテクプラザ研究報告書

Technical Reports of Fukushima Technology Centre

研究テーマ

『陶器瓦廃棄物の再利用推進』

Research for recycling promotion of ceramic roof tiles wastes

平成23年3月

福島県ハイテクプラザ
Fukushima Technology Centre

はじめに

平成21年度より実施した産業廃棄物減量化・再資源化技術支援事業「陶器瓦廃棄物の再利用推進」が2年間の研究期間を経て終了しましたので、ここに報告します。

この研究は福島県の産業廃棄物税充当事業として行われたもので、県内でも排出量が増加傾向にあり、不法投棄等が問題となっている陶器瓦について、鉛の有無を判別することにより、安全安心なリサイクルを可能にすることや、陶器瓦の様々な性能を明らかにすることにより、適切なリサイクル技術を確立することを目標とするものであります。

陶器瓦廃棄物のリサイクルの妨げとなる課題を解決するための一手法を提案するとともに、その有効なリサイクルについていくつかの特性をつまびらかにした上で提案いたしました。

本研究の成果が県内の業者に広く普及し、陶器瓦廃棄物が適切にリサイクルされることによって、産業廃棄物の減量や、不法投棄の減少に寄与するとともに、陶器瓦リサイクルに関連した産業が活性化することを期待します。

最後になりましたが、本研究を実施するにあたってご助言、ご協力いただいた方々に深く感謝申し上げます。

平成23年3月

福島県ハイテクプラザ
所長 黒澤 茂

陶器瓦廃棄物の再利用推進

目次

研究の概要	1
1. 陶器瓦とその廃棄物についての現状	2
2. 陶器瓦の釉薬に含まれる鉛の簡易な判別法	4
3. 陶器瓦の特性評価	7
4. 陶器瓦の密閉系における吸湿・調湿特性	9
5. 陶器瓦の半開放系における吸湿・調湿特性	11
6. 陶器瓦による悪臭成分の除去	13
7. いぶし瓦の脱臭材としての持続性	15
8. 陶器瓦といぶし瓦のヒートアイランド現象抑制効果	16
9. 陶器瓦といぶし瓦の下層路盤材としての適性	18

研究の概要

陶器瓦は昭和40年代から普及しはじめ、50年代には鉛を含む釉薬を塗布した陶器瓦が製造されるようになった。耐用年数は20～30年と言われ、これらの時期に建築された住宅が建て替えや屋根のふき替えの時期に入っており、廃棄量が増加している。しかし、従来は産業廃棄物として最終処分場に埋め立てられていたことから、リサイクルについての取り組みは遅れている。更に、釉薬に鉛が含まれている可能性があることを理由にリサイクル品を利用することが避けられる傾向があり、業者がリサイクルに二の足を踏む原因となっている。

以上のような背景から、本研究では陶器瓦の釉薬に含まれる鉛の有無の簡易な判別法を確立すること、および陶器瓦の特性を明らかにすることを通じてリサイクルを推進することについて取り組んだ。

本報告は9章構成で各章の概要は次のとおりである。

第1章は瓦に関する一般的な説明と、福島県内の陶器瓦廃棄物の現状であり、これらを踏まえた本研究の課題と目標について述べた。

第2章は陶器瓦の釉薬に含まれる鉛の有無の簡易な判別法に関するものであり、開発した手法を様々な陶器瓦に適用した結果、有鉛・無鉛が十分に判別できることを明らかにした。

第3章は陶器瓦の特性評価に関するものであり、電子顕微鏡観察・比表面積について陶器瓦と市販材の比較を行った。

第4章は陶器瓦の密閉系での吸湿・調湿に関するものであり、実験結果から陶器瓦は市販の調湿炭には及ばないものの、ある程度の吸湿性と放湿性があることを明らかにした。

第5章は陶器瓦の屋外の半開放系での吸湿・調湿に関するものであり、実験結果から陶器瓦が存在すると夜から朝方にかけての高湿度状態の抑制や、結露防止の効果があることを明らかにした。

第6章は陶器瓦の悪臭成分の除去に関するものであり、実験結果から瓦は酸性ガス・アルカリ性ガスの除去挙動が市販の調湿炭に近いことを明らかにした。

第7章はいぶし瓦をトイレの脱臭材として長期間使用した場合のアンモニア吸着量に関するものであり、加熱脱着量から推定される吸着量から約2カ月除去効果が持続することを明らかにした。

第8章は陶器瓦といぶし瓦を8月に屋外に敷いた際の表面温度変化に関するものであり、実験結果から降水があった後の晴れの日でアスファルトと比較して表面温度を最大18℃低減する結果が得られた。

第9章は陶器瓦といぶし瓦が道路の下層路盤材として適性があるかどうかを検証したものであり、すりへり試験と修正CBR試験の結果、いずれも規格値を満たすことが明らかになった。

1. 陶器瓦とその廃棄物についての現状

1. Present state of ceramic roof tiles and their wastes.

技術開発部プロジェクト研究科 宇津木隆宏 西村将志

Key words: 陶器瓦, いぶし瓦, 廃棄物, リサイクル

1. 陶器瓦とは

瓦は形状、材質、生産地など様々な種類があるが、材質により分類した場合、粘土瓦、セメント系、金属系に大別される。本研究の対象である陶器瓦は粘土瓦の一種で、成形・乾燥した粘土に釉薬を施して焼成して作られる瓦である。釉薬は表面をガラス質にするため、陶器瓦は他の瓦に比べ光沢があり表面がなめらかである。また粘土瓦の中で、釉薬を使用せず焼成した後、燻化するいぶし瓦も広く使用されている。

現在、日本の粘土瓦は主に愛知県の三河、兵庫県の淡路、島根県の石見の三大産地で生産されており、それぞれ三州瓦、淡路瓦、石州瓦と呼ばれている。中でも三州瓦は陶器瓦の最大の産地で、全国の粘土瓦の約6割を占めている¹⁾。近年では製造は行われなくなったが、福島県内でも昔は陶器瓦やいぶし瓦の製造が行われていた。

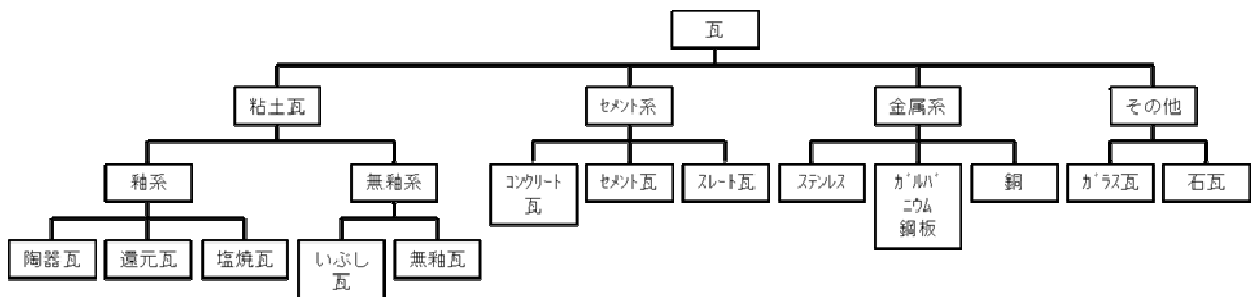


図1-1 瓦の材質による分類

2. 陶器瓦廃棄物の現状

陶器瓦の寿命は約30年と言われており、近年は昭和50年代に増加した住宅の解体や屋根のふき替えの時期に入っているため、陶器瓦の廃棄量が増加している。陶器瓦の産地である愛知県三河地域では新品の陶器瓦の不良品が1日200トン発生している現状があり、これらを原料としてリサイクルすることや、土木資材として利用する取り組みが活発になっている¹⁾。

しかし、使用済みの陶器瓦は現状では産業廃棄物扱いであり、どの自治体も外部から産業廃棄物を受け入れることについては積極的ではないため、リサイクルの取り組みが進んでいる他の地域に陶器瓦を移動してリサイクルするのは難しい。また、高付加価値なリサイクルが望めない現状では、遠くまで輸送費をかけてのリサイクルはコスト的に厳しいと考えられる。陶器瓦単独の統計は調べられていないが、福島県内でも年間約2,000トンの陶器瓦廃棄物が発生していると推定される。埋め立て処分される産業廃棄物の量としてはそれほど多いわけではないが、県内でも最終処分場の新設は住民の反対などから難しい上、運送費・税金を含めた高額な処分費用が業者の負担となっており、不法投棄の一因となっている。

こうした背景から、福島県内で発生する陶器瓦廃棄物の問題は県内で解決しなければならない問題であるが、従来は埋め立て処分されていたためリサイクルの技術が確立されているとは言いがたい。リサイクルが推進されるには、陶器瓦廃棄物のリサイクル品が商品として十分価値のあるものでなくてはならず、陶器瓦の特長をうまく活かした商品づくりが求められる。例えば陶器瓦は多孔質で吸着性に優れるなどとも言われているが、実際に吸着材として商品化しようとしてもその性能が従来品と比べてどの程度のものなのかわからないため、性能を前面に出して売り出すこともできていないのが現状である。

また、環境上有害である鉛を含む釉薬を一時期使用していた上、有鉛の釉薬と無鉛の釉薬は外観上の違いがほとんどないため、釉薬の付いた陶器瓦は鉛を含む可能性があることを常に注意する必要がある、リサイクル推進の障害となっている。

3. 本研究の課題と目標

本研究では陶器瓦の適切なリサイクルや商業的にも採算の合うリサイクルを目標に、以下の2点を課題として取り組んだ。

1. 陶器瓦の釉薬に含まれる鉛の簡易な判別法
2. 陶器瓦廃棄物を原料としたリサイクル品の性能評価

1は陶器瓦を破碎してリサイクルする業者がその陶器瓦が有鉛か無鉛かを現場で判別したいというニーズに基づいた取り組みである。市販の検査キットのように誰でも簡単にわかりやすく、なおかつ安価に判別できる技術確立することにより、鉛含有の懸念の無い安心なリサイクル品を可能にするものである。

2は陶器瓦を破碎してリサイクルしようとしても、どのような特長をアピールして売り出せばよいのか分からない、あるいは強度などの面で規格に適合しているのかどうか分からないといった点を、再現性のある各種試験等で明らかにし、適正かつ高付加価値なリサイクルに繋げようとするものである。

そして、2の成果を活用して陶器瓦のリサイクルを推進することにより1の技術をより普及させ、更に1の技術を普及させることにより2の成果をより活用するという循環を生むことが将来的な目標である。

参考文献

- 1) 愛知県陶器瓦工業組合, 瓦の生産過程で発生する規格外瓦の有効利用に関する調査研究報告書, (2009).

2. 陶器瓦の釉薬に含まれる鉛の簡易な判別法

2.Simple distinction method of lead content in ceramic glaze on ceramic roof tiles.

技術開発部プロジェクト研究科 宇津木隆宏 西村将志

陶器瓦の釉薬に含まれる鉛の有無を判別する簡易で安価な方法として、陶器瓦粉末から溶出させた鉛を吸着・濃縮させ、これを黒色の硫化鉛として目視で検出する方法を開発し、鉛濃度の異なる8種類の陶器瓦の判別に利用した。その結果、鉛濃度が一定量以上の陶器瓦について吸着材が硫化鉛の形成により黒色に呈色したことから、有鉛・無鉛の判別に用いることができることがわかった。

Key words: 釉薬, 鉛, 目視, 硫化鉛

1. 緒言

陶器瓦の釉薬には昭和50年代から平成初期頃までは有鉛の釉薬が多く使用されていたが、環境上の問題などから無鉛の釉薬が開発され、近年はほぼ無鉛化されている。しかし、解体やふき替えて発生する陶器瓦廃棄物は製造した時期が異なる上、小さな産地では有鉛の釉薬が引き続き使用されたことなどもあり、陶器瓦廃棄物には有鉛・無鉛が混在しているのが現状である。

釉薬はいわばガラスであり、鉛は酸化物となっているため、通常の使用環境下では容易に溶出することはない。そのため、有鉛だからといって絶対にリサイクルできないというわけではないが、有鉛・無鉛をあらかじめ判別することができれば、想定外の環境下での使用による鉛溶出の懸念を無くすることができる。

しかし、有鉛特有のツヤが出るように無鉛の釉薬が開発された経緯から、目視で有鉛・無鉛の判別するのは瓦に詳しい業者でも難しいとされている。

有鉛・無鉛の判別だけならば、500万円前後するハンドヘルド型の蛍光X線分析装置を用いれば可能であるが、陶器瓦の価値を考えると装置の導入コストに合うものではない。また安価な鉛判別キットという観点から見ると、ハンダ中の鉛の有無を目視により判別する簡易なキットが市販されている。しかしこれは溶出しやすい金属中の鉛の有無を調べるものであり、釉薬のようなガラス中の鉛酸化物は溶出しにくいために利用することができない。

その他として少々手間がかかるものの、強酸性下で鉛を溶出させた後、溶液中に含まれる鉛を市販の検出キットで目視により検出する方法が考えられる。しかしこれも弱酸性～中性の条件に限定されるため強酸性の溶出液の中和が必要である上に、中和に水酸化ナトリウムなどを用いた場合には、ナトリウムが鉛の検出を妨害する問題を抱えている。

そこで本章では上記手法を改善して、強酸性下で溶出させた後、この鉛を吸着材に吸着させて濃縮してから、黒色の硫化鉛として目視で検出する手法について検討した。その上で、いくつかの陶器瓦について実際にその手法を利用し、判別の可否や問題点について調べた。

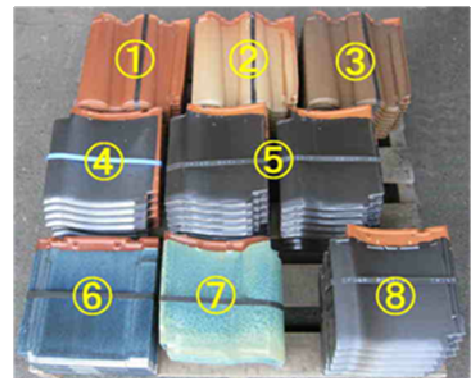


図2-1 実験に用いた陶器瓦

2. 実験

実験には8種類の新品の陶器瓦を用いた(図2-1)。これらの瓦は破碎した後、目開き1 mmのふるいを透過させたものを実験に供した。

陶器瓦全体に含まれる鉛の濃度については、フィリップス社製波長分散型蛍光X線分析装置PW-2400を用いて、FP法によりPbO換算で求めた。

鉛の有無の判別法については図2-2に示す流れに従って行った。具体的には分級した瓦破碎物を遠心分離用フィルターユニット上部に1 g充填し、鉛吸着材をユニット下部に少量充填した。次にユニット上部に溶出液である1 M塩酸を0.2 mL注ぎ、瓦破碎物から鉛を溶出させた。これを遠心分離機にかけ

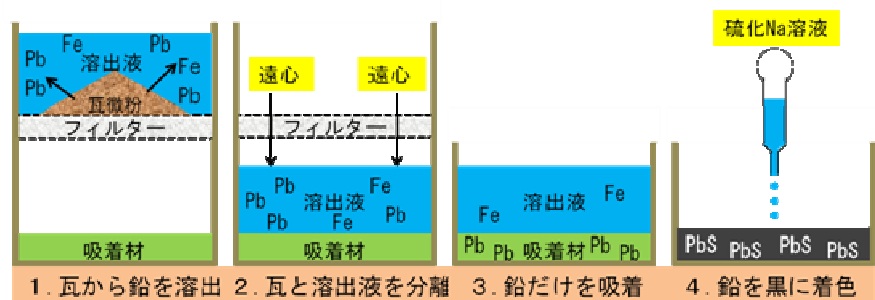


図2-2 比色法による陶器瓦に含まれる鉛検出の流れ

溶出液と瓦破砕物を分離するとともにユニット下部にある吸着材に鉛を含む溶出液を混ぜ込んだ。5分以上静置して吸着材に十分鉛を吸着させた後、ろ紙等で溶出液を除いてから吸着材に硫化ナトリウム溶液を滴下し、吸着材中の鉛を黒色の硫化鉛に変化させることにより目視で検出するようにした。

実際に吸着材に鉛が吸着したかどうかを調べるため、目視による検出が終了した後の一部の吸着材については日本電子製エネルギー分散型蛍光X線分析装置JSX-3600Mにより元素分析を行った。

3. 結果と考察

実験に用いた8種類の陶器瓦に含まれるPbO換算の鉛濃度と吸着材の色の変化について図2-3に示す。

陶器瓦に含まれるPbO濃度については最大で②の1.74 % (w/w) で、最小で⑤の0.0048 % (w/w) であった。陶器瓦には意図的に鉛を添加した釉薬以外にも、天然の粘土原料に微量の鉛が含まれている可能性があるため、⑤のように鉛濃度がゼロにならないのも妥当な結果と思われる。

次に吸着材の色の変化については、PbO濃度が0.1 % (w/w) 以上の②③④⑥については吸着材が目視で十分判別できるほど黒色化した。一方、0.01 % (w/w) 以下の⑤⑦⑧については吸着材の黒色化はほとんど観察されなかった。また、0.01～0.1 % (w/w) の①については若干の黒色化が観察された。

陶器瓦については、どの程度鉛が含まれていれば有鉛といった明確な基準はないが、PbO含有量結果と比色の程度の相関性があることから本手法は有鉛・無鉛の判別に用いることができるとと思われる。判別結果として②③④⑥については有鉛、⑤⑦⑧については無鉛、①については安全を見て有鉛とするのが良いと思われる。

⑤と⑥について目視による検出が終了した後の吸着材をエネルギー分散型蛍光X線による元素分析を行った結果を図2-4に示す。⑥においては10～15 keVに鉛由来の複数のピークが検出されたのに対し、⑤においては鉛由来のピークが検出されなかった。硫化物形成により黒色を示す金属イオンはPbの他にはFe, Ni, Ag, Cu, Hg等があるが、これらの元素が検出されなかったことから、図2-3で見られた吸着材の黒色化はPbSの形成によるものと考えられる。なお、図2-4中のSiは吸着材由来のもので、MoはX線管球由来のものである。

4. 結言

陶器瓦の釉薬に含まれる鉛の有無について、瓦破砕物から強酸性下で鉛を溶出し、吸着材に濃縮した後、黒色の硫化鉛として目視で検出する方法について検討した。その結果、鉛濃度の異なる8種類の瓦についての有鉛・無鉛を判別することができた。また、エネルギー分散型蛍光X線分析から、Pb以外に黒色の硫化物を形成する元素が検出されなかったことから、PbSによる黒色であると推測された。

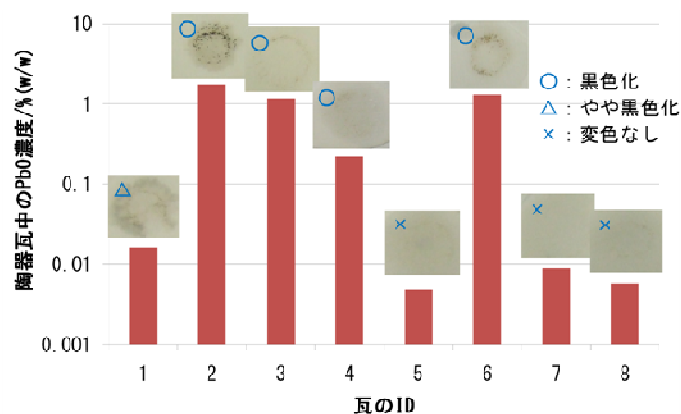


図2-3 陶器瓦に含まれるPbO濃度と比色法による鉛の判別結果

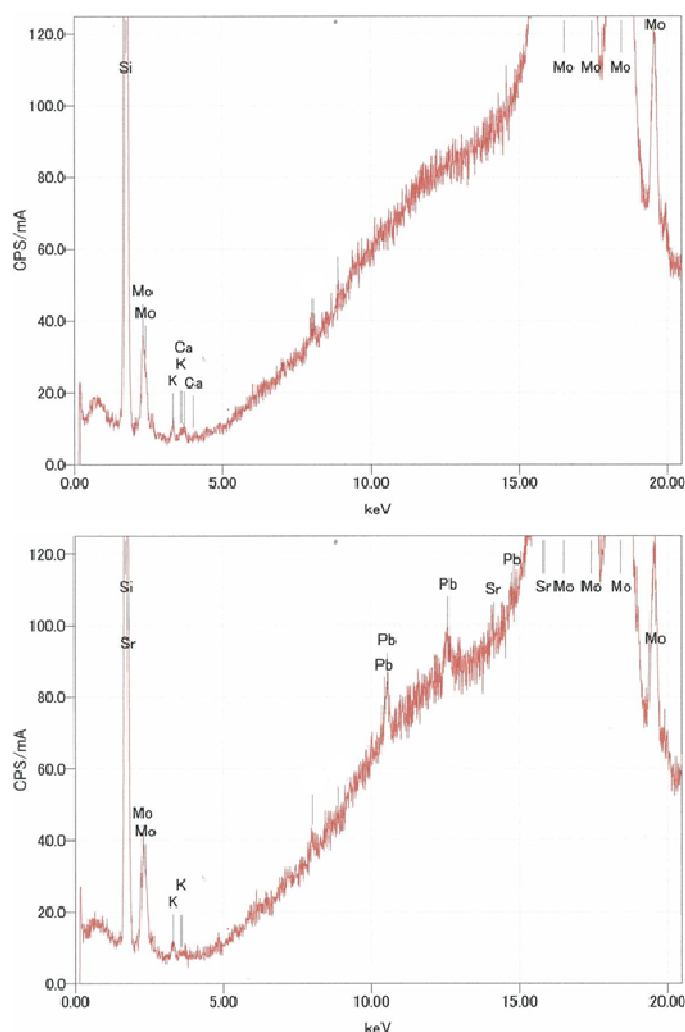


図2-4 鉛を吸着した吸着材のエネルギー分散型蛍光X線測定結果(上:瓦⑤ 下:瓦⑥)

5. 補足

本判別法において、判別に必要な総時間は約20分であり、コスト的には検出に必要な試薬、器具類を100検体分そろえた場合、1検体あたり1,000円程度であることから、短時間で安価という検出キットに必要な要素も備えている。

本手法では瓦の破碎粉を用いているため、破碎の必要があるが、陶器瓦は破碎して骨材などとしてリサイクルされるのが一般的であるため、破碎時に生じた微粉を活用すれば手間も省けると思われる。

1軒の家には同じ釉薬の瓦を用いるのが普通であることから、解体などの際に1枚瓦を抜き取って調査すれば、1軒分（約5トン）の瓦の鉛の有無を判別することができる。

なお、本研究で取り扱っているいぶし瓦については、無釉薬で意図的に鉛を添加することはないから、実際の現場において今回の鉛判別法を適用する必要はない。

3. 陶器瓦の特性評価

3. Characterization of ceramic roof tiles.

技術開発部プロジェクト研究科 西村将志 宇津木隆宏

陶器瓦の特性評価のため、電子顕微鏡による組織観察と比表面積測定を行った。その結果、瓦は炭ほど顕著ではないものの、数 μm から数十 μm の細孔を有していることがわかった。ガス吸着法による比表面積測定から瓦は炭や玉砂利に比べて約1/10の比表面積になっていることがわかった。

Key words: 調湿炭, 玉砂利, 多孔質, 細孔, 微細構造, 比表面積

1. 緒言

一般的に陶器瓦は多孔質で吸着性に優れていると言われていたが、その性能の定量的な評価は行われていない。本研究では陶器瓦の吸湿性や脱臭性について市販の材料と比較しながら評価を行っているが、本章では微細構造と比表面積の点から陶器瓦と市販の材料の違いについて明らかにすることを目的に実験を行った。

2. 実験

2. 1. 対象材料

図3-1に示す三州産陶器瓦（以降、瓦と略記）、市販の床下調湿炭（以降、炭と略記）、黒那智玉砂利（以降、玉砂利と略記）の3種類の材料について特性評価を行った。



図3-1 対象材料

2. 2. 特性評価

微細構造については日立製低真空走査型電子顕微鏡 S-3500N(SEM)および日本電子社製電界放射型走査型電子顕微鏡 JSM6320F(FE-SEM)を用いて断面を観察した。

比表面積については日本ベル製比表面積・細孔分布測定装置 BELSORP28SA を用いてガス吸着法による測定と、CARLO ERBA INSTRUMENTS 社製 Pascal1140/440 を用いて水銀圧入法による測定を行った。

3. 結果と考察

3. 1. 電子顕微鏡による微細構造の観察

SEM による観察結果を図3-2に示す。炭は数 μm から数十 μm の細孔が多数観察されたが、玉砂利は明瞭な細孔は観察されなかった。瓦は炭ほど顕著ではないものの数 μm から数十 μm の細孔が観察された。

FE-SEM によるより高倍率での観察結果を図3-3に示す。玉砂利は0.1 μm 以下の粒子が凝集している様子が観察された。瓦では玉砂利のように微細な粒子が凝集している様子が観察されたが、その粒径は玉砂利よりも大きかった。炭は玉砂利や瓦のような微細な粒子の凝集ではなく、なめらかな表面であった。

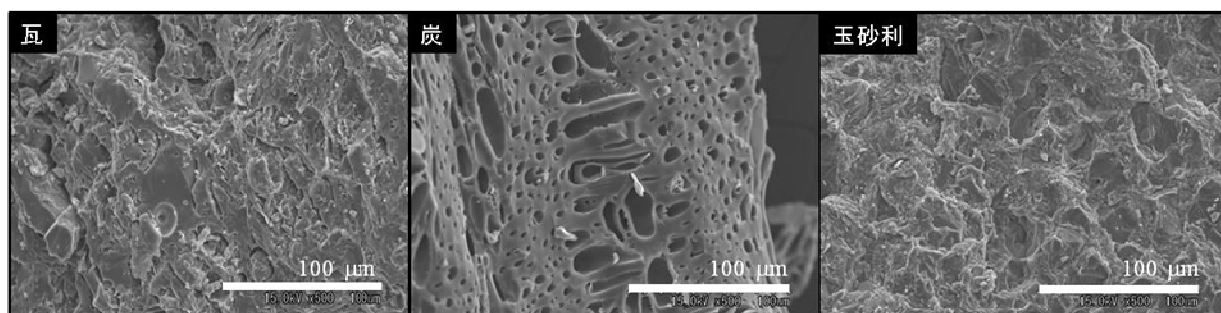


図 3-2 SEM による観察結果

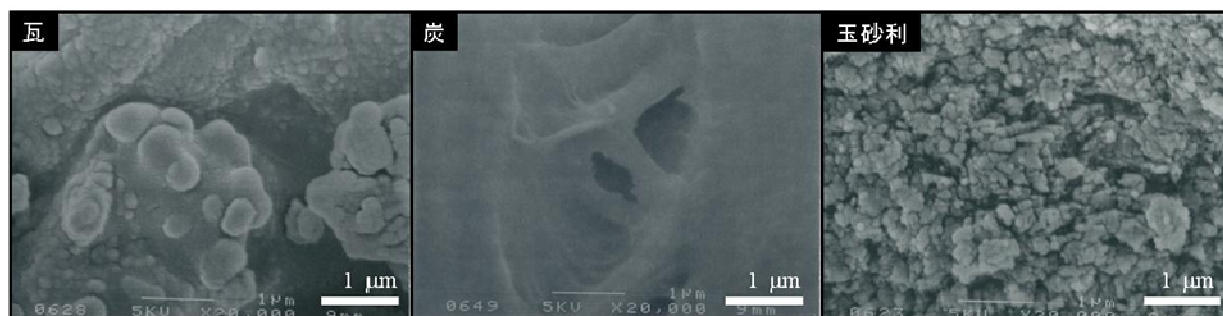


図 3-3 FE-SEM による観察結果

3. 2. 比表面積測定

ガス吸着法および水銀圧入法による比表面積測定結果を表 3-1 に示す。瓦はガス吸着法では $0.55 \text{ m}^2/\text{g}$ で水銀圧入法では $0.60 \text{ m}^2/\text{g}$ とほぼ同じ値となった。炭はガス吸着法では $6.09 \text{ m}^2/\text{g}$ であったのに対し水銀圧入法では $30.5 \text{ m}^2/\text{g}$ と水銀圧入法の方が大きな値となった。玉砂利はガス吸着法では $8.16 \text{ m}^2/\text{g}$ であったのに対し水銀圧入法では $0.22 \text{ m}^2/\text{g}$ と水銀圧入法の方が小さな値となった。ガス吸着法の測定範囲は $0.7 \text{ nm} \sim 100 \text{ nm}$ で、水銀圧入法の測定範囲は $4 \text{ nm} \sim 400 \text{ μm}^3$ であることから、数 μm から数十 μm の細孔を有する炭では水銀圧入法が適しており、 0.1 μm 以下の粒子が凝集している玉砂利ではガス吸着法が適していると考えられる。それに対し、瓦はどちらの方法でも問題の無い細孔や粒子の凝集を有した微細構造であると言える。

表 3-1 比表面積測定結果

測定法	瓦	炭	玉砂利
ガス吸着法	0.55	6.09	8.16
水銀圧入法	0.60	30.5	0.22

単位： $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$

4. 結言

陶器瓦について、微細構造の点では炭ほど顕著ではないものの数 μm から数十 μm の細孔が観察された。また玉砂利ほどではないものの 1 μm 以下の微粒子が凝集している様子が観察された。ガス吸着法による比表面積測定から瓦は炭や玉砂利に比べて約 $1/10$ の比表面積であることがわかった。

参考文献

- 1) 株式会社 UBE 科学分析センター，“多孔質体の細孔径分布評価”，
<http://www.ube-ind.co.jp/usal/service/inorganic/b108.pdf>

4. 陶器瓦の密閉系における吸湿・調湿特性

4. Hygroscopic and moisture conditioning properties of ceramic roof tiles in a closed system.

技術開発部プロジェクト研究科 西村将志 宇津木隆宏

陶器瓦の床下材としての可能性を明らかにするため、密閉系での吸湿・調湿特性を調べた。その結果、瓦は炭や玉砂利ほどの吸湿性能はないものの、適度な吸湿をする一方で、温度上昇に伴い放湿も行った。また、条件次第ではあるが結露を防止する効果を示した。

Key words: 床下材, 吸湿, 調湿, 結露, 密閉系, デシケーター

1. 緒言

近年、社会全体の快適、健康志向により、居住空間の空気環境に対する意識が高まっている。床下や室内の湿度は 80 %RH を超えるとカビ、シロアリ等が繁殖しやすくなり、過乾燥状態と呼ばれる 30 %RH を下回ると風邪をひきやすくなると言われている。こうした湿度状態を抑制する目的で床下調湿材として活性炭が用いられることがあるが、可燃性のため火事が発生した際にはあまり望ましくない。瓦は不燃性のため性能次第では炭に代わって利用されることが期待されているが、吸湿・調湿特性が炭と比べてどの程度の効果があるのかはわかっていない。本章では陶器瓦の床下材としての可能性を明らかにするため、密閉系での吸湿・調湿特性を調べた。

2. 実験

2. 1. 実験器具

ガラス製の 6 L デシケーターを利用し密閉系で各実験を行った。模式図を図 4-1 に示す。床下材としては 7~15 mm に分級した陶器瓦あるいは市販の調湿炭、黒那智玉砂利をそのまま用い、それぞれ 240 mL (瓦: 約 240 g, 炭: 約 100 g, 玉砂利: 約 380 g) をデシケーター下部に置いた。温度・湿度は上部より差し込んだエスベックミック社製サーモレコーダー RS-13 により測定した。

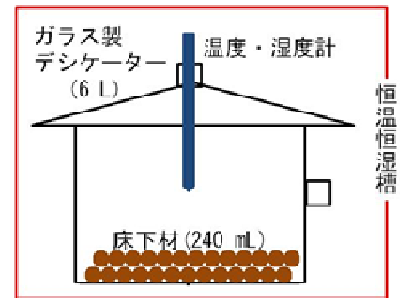


図 4-1 デシケーターの模式図

2. 2. 調湿実験

各床下材の調湿性能を調べるため、23℃、90 %RH に保った恒温恒湿槽内に置いたデシケーターに床下材を入れ蓋を閉じ、槽の温度を 2℃/h で 35℃まで上昇させた時のデシケーター内部の温度、湿度を測定した。実験に用いた床下材は前処理として 105℃で 1 日以上置いたものを使用した。

2. 3. 結露実験

各床下材の結露抑制効果を調べるため、30℃、50 %RH、または 90 %RH に保った恒温恒湿槽内に置いたデシケーターに床下材を入れ蓋を閉じ、恒温恒湿槽の温度を 2℃/h で 0℃まで下げた時のデシケーター内部の温度、湿度を測定した。実験に用いた床下材は、前処理として室温、50 %RH 中に 1 日以上置いたものを使用した。

3. 結果と考察

3. 1. 調湿実験

調湿実験の結果を図 4-2 に示す。ブランクでは初期湿度 95 %RH から温度上昇に伴い 35℃で 52 %RH まで湿度が低下した。これは蒸気圧曲線に一致する湿度変化であった。なお初期湿度が 90 %RH でなく 95 %RH となったのは、使用した恒温恒湿槽の湿度が 90 %RH 以上では不安定なためと考えられる。

炭は吸着材を投入し蓋を閉じてから測定開始までに吸湿し、初期湿度がセンサーの測定下限の 5 %RH に達し、それ以降も 5 %RH のままであったことから、正確な測定はできなかった。

玉砂利も炭と同様の理由で初期湿度が 25 %RH となり、27℃まで温度が上昇した時点で 5 %RH に達し、それ以降は 5 %RH のままであった。

瓦は測定開始までの吸湿が炭や玉砂利よりも少なく初期湿度は 57 %RH であった。その後、温度の上昇とともに湿度が減少したものの、35℃で 33 %RH とサーモレコーダーで測定できる湿度で推移した。この推移は図中の網かけの領域で示す一般に人間にとって快適な温湿度域¹⁾を通過するものであった。また昇温中に瓦が全く吸放湿しないと仮定した場合の 35℃における湿度は 29 %RH であるが、実験上は 33 %RH となったことから、瓦は放湿したと考えられる。

3. 2. 結露実験

50 %RH に保った恒温恒湿槽を 30℃ から温度低下させた際の湿度変化を図 4-3 に示す。ブランクでは初期湿度 50 %RH から温度低下に伴い湿度が上昇し、18℃ でセンサーの測定上限の 99 %RH に達した。これは蒸気圧曲線に一致する湿度変化であった。18℃ 以降は 99 %RH のままであった。99 %RH の時点で結露したものと推測される。炭では温度に関わらず初期湿度 54 %RH からほとんど変化しなかった。玉砂利では初期湿度 55 %RH から温度低下に伴い湿度が上昇し 14℃ で湿度が 99 %RH に達したが、ブランクに比べると温度低下に対する湿度上昇は緩やかであった。瓦では初期湿度 56 %RH から温度低下に伴い湿度上昇したものの 0℃ でも 99 %RH には達せず、結露を防止できたものと考えられる。

90 %RH に保った恒温恒湿槽を 30℃ から温度低下させた際の湿度変化を図 4-4 に示す。ブランクでは初期湿度 87 %RH から温度低下とともに湿度が上昇し、27℃ で 99 %RH に達した。これは蒸気圧曲線に一致する湿度変化であった。27℃ 以降は温度を下げても 99 %RH のままであった。炭、玉砂利、瓦では初期湿度はそれぞれ 80 %RH, 79 %RH, 77 %RH であったが、これはデシケーターに床下材を投入して蓋を閉じてから測定開始までに吸湿したためと考えられる。湿度推移については、炭では温度に関わらず 80 %RH からほとんど変化しなかった。玉砂利は 24℃、瓦は 21℃ で 99 %RH に達したが、初期湿度から吸放湿が全くないと仮定した場合、玉砂利は 25.7℃、瓦は 25.3℃ で 99 %RH に達する計算であることから、それぞれ温度変化中に吸湿し、多少なりとも結露温度を低下させたものと考えられる。

実験結果をまとめると、吸湿能力は炭 > 玉砂利 > 瓦で、結露の防止効果は炭 > 瓦 > 玉砂利となり、瓦と玉砂利で効果が逆転した。この原因としては吸湿能力の温度依存性が考えられる。図 4-2 で示されたように、瓦は 30℃ 以上の温度が高いところでは放湿しやすくなった結果、相対的に吸湿能力が低下するのに対し、25℃ 以下の温度では放湿が少なくなり、相対的に吸湿能力が高くなったことに関係すると思われる。

4. 結言

調湿実験から瓦は炭や玉砂利ほどの吸湿性能はないものの、条件によっては適度な吸湿となることがわかった。また温度上昇に伴って放湿することがわかった。また結露実験から、初期条件次第ではあるが結露を防止する効果があることがわかった。

参考文献

1) エンペックス気象計株式会社, “温湿度計 Q&A”, <http://www.empex.co.jp/support/thfaq/thfaq.htm>

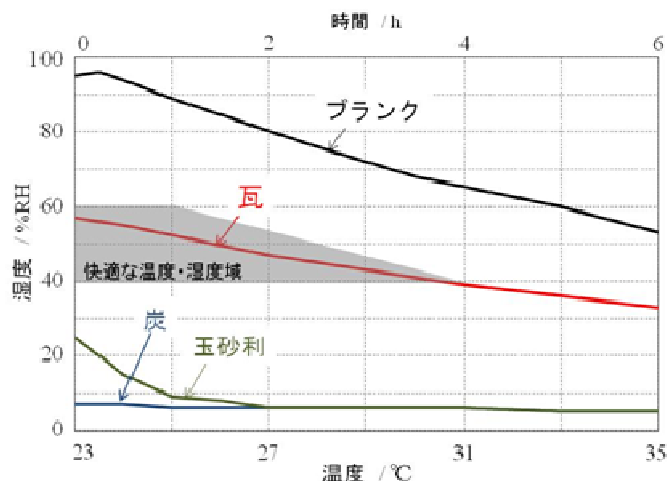


図 4-2 調湿実験結果

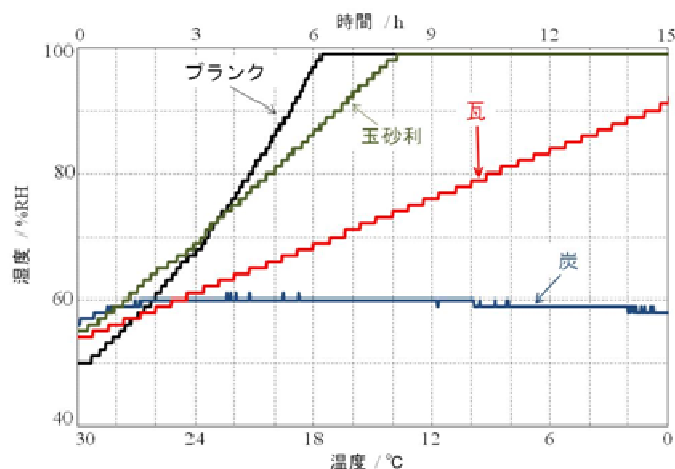


図 4-3 結露実験結果 (初期湿度 50 %RH)

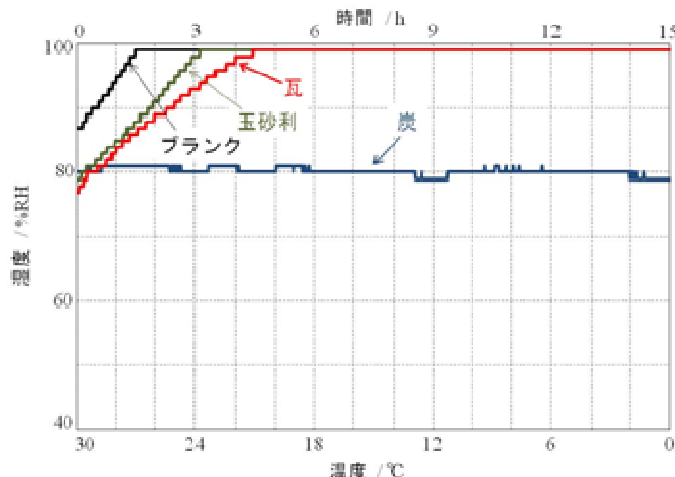


図 4-4 結露実験結果 (初期湿度 90 %RH)

5. 陶器瓦の半開放系における吸湿・調湿特性

5. Hygroscopic and moisture conditioning properties of ceramic roof tiles in a semi-closed system.

技術開発部プロジェクト研究科 西村将志 宇津木隆宏

床下材としての利用を確立することを目的に屋外で半開放系での実験を行った。その結果、床下材が存在すると夜中から早朝の湿度が上昇する時に10 %RH程度湿度を低下させる効果があることがわかった。また、昼夜の寒暖差が大きい10月の実験から結露防止の効果があることがわかった。

Key words: 吸湿, 調湿, 半開放系

1. 緒言

4章において陶器瓦はある程度の吸湿性と、吸着した水分を吐き出す放湿の性能があることが明らかになったが、これは密閉系で温湿度が管理された環境下でのデータである。実際の床下環境は通気等もあるため密閉系でなく、温湿度も天気や昼夜で上下し続けるため、こうした条件下での評価が必要になる。本章ではより住環境に近い屋外の半開放系での瓦の吸湿・調湿性能を調べた。

2. 実験

容積約 100 L の木製の犬小屋を入口を木板で閉じて半開放系とした。床下材には前処理として室温、50 % RH 中に 1 日以上置いた瓦、炭、玉砂利を 4 L 使用した。内部の温度・湿度は、天井から 40 cm の位置に固定したエスペックミックス社製サーモレコーダーRS-13 により測定した。外気の温度・湿度は犬小屋脇に設置した同センサーにより測定した。

実験は図5-1に示すようにハイテクプラザの屋上に小屋を設置し、高温多湿な6月（平成22年6月9日～平成22年6月22日）と、昼夜の寒暖差が大きい10月（平成22年10月19日～平成22年10月31日）に行った。

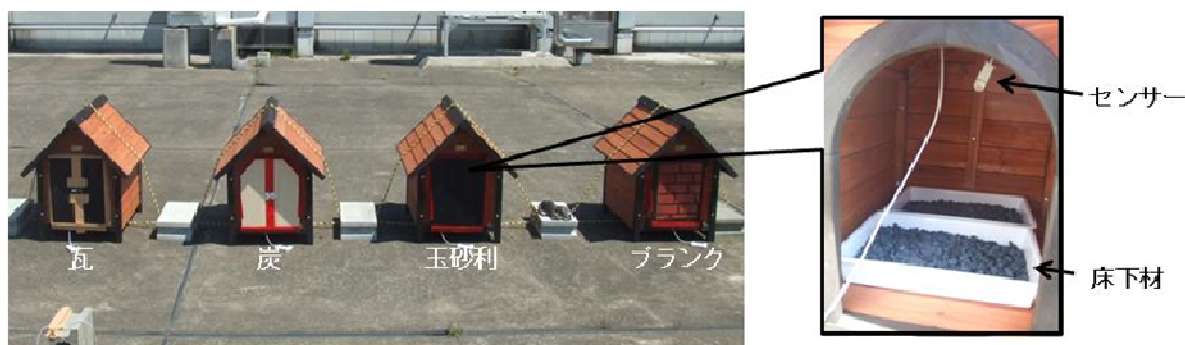


図5-1 実験外観

3. 結果と考察

各期間の温湿度の変化を、図5-2、図5-3に示す。6月、10月の実験どちらでも各犬小屋内部の温度に大きな差は見られなかった。

湿度変化については、6月は床下材を敷いた犬小屋ではblankと比較して、夜から朝にかけての湿度が高くなる時間帯で約10 %RH、昼の湿度が低くなる時間帯でも湿度が5 %RH程度低くなる日が多くみられた。しかし、床下材間での有意差は見られなかった。10月はblankの犬小屋は夜間の温度低下により、10月27日、29日、30日の深夜から翌早朝にかけて99 %RHまで湿度が上昇した。結露した可能性が高いと思われる。床下材を入れた犬小屋は、blankと比較し深夜から翌早朝にかけて約10 %RH、日中約5 %RH程度低くなる日が多く見られており、blankで結露が起こった時間帯でも結露を抑制した。しかし床下材間での有意差は見られなかった。

4. 結言

屋外の半開放系中の温度については床下材があってもなくてもほぼ同じ温度であった。湿度については床下材が存在すると高湿状態の抑制や、結露の防止に役立つ可能性があることがわかったが、床下材間の有意差は見られなかった。

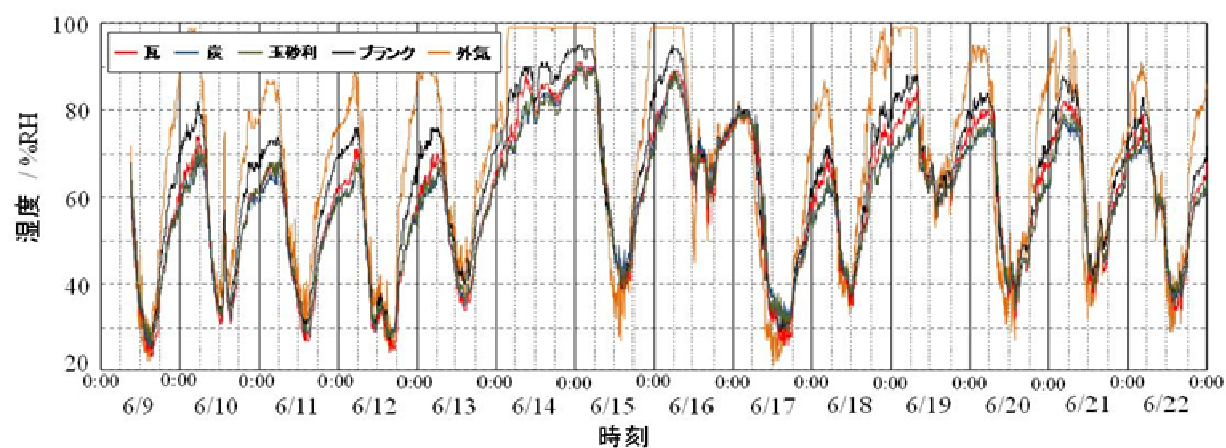
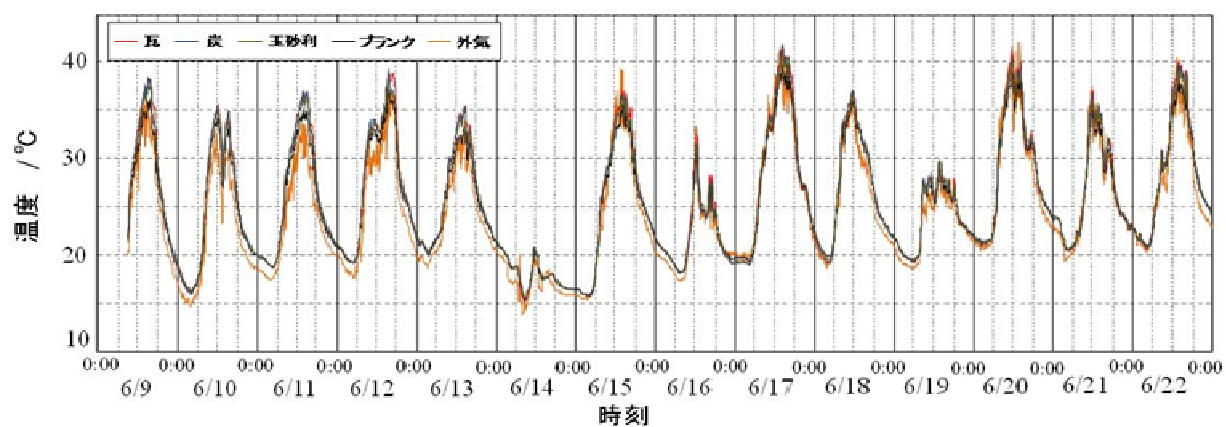


図5-2 犬小屋内部および外気の温湿度変化 (6月)

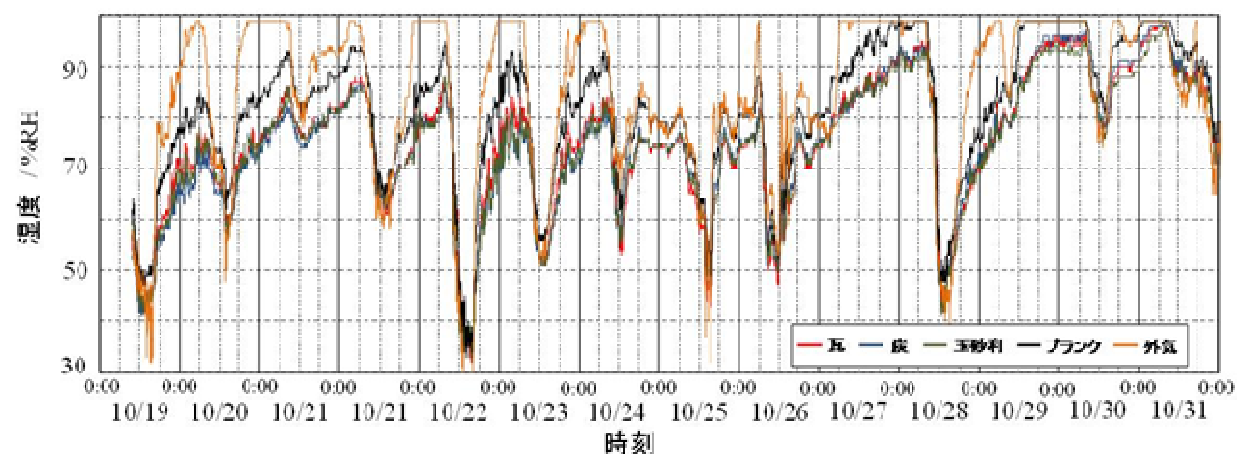
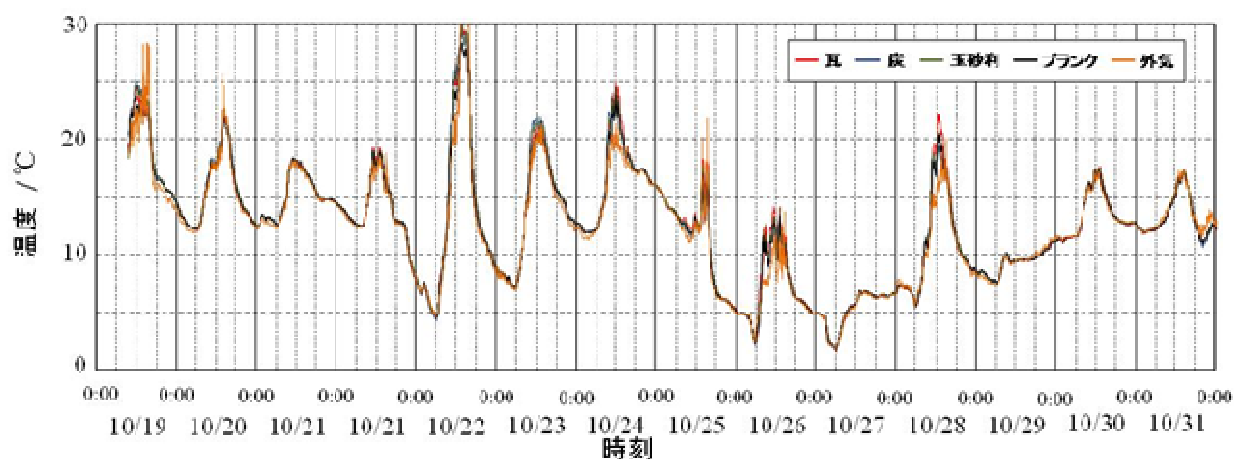


図5-3 犬小屋内部および外気の温湿度変化 (10月)

6. 陶器瓦による悪臭成分の除去

6. Removal of bad smell component with ceramic roof tiles.

技術開発部プロジェクト研究科 西村将志 宇津木隆宏

瓦の脱臭材としての効果を明らかにするため、密閉系における悪臭成分の除去実験を行った。その結果、アンモニア、イソ吉草酸、硫化水素といった悪臭物質に対して市販の床下調湿炭相当の除去性能を示した。

Key words: 脱臭, 悪臭成分, 密閉系

1. 緒言

近年、居住空間の空気環境に対する意識が高まっている。特に悪臭成分の除去に関しては消費者の関心が高く、悪臭を除去するための製品が広く市場に出回っている。悪臭を除去するには多くの方法があるが、家庭用として広く使用されている製品の脱臭メカニズムを大別すると、芳香剤等により悪臭成分をまぎらわす感覚的消臭と、活性炭に代表される多孔質の吸着材による吸着除去がよく用いられている。陶器瓦についても4, 5章で実験したような床下材としての吸湿・調湿効果に加え脱臭材としての効果も期待されるが、その性能は明らかになっていない。そこで本章では瓦の密閉系における悪臭成分の除去性能を調べた。

2. 実験

2. 1. 対象とした悪臭成分

今回対象とした悪臭成分は、住環境に関係の深い、ホルムアルデヒド、アンモニア、イソ吉草酸、硫化水素の4種類とした。各悪臭成分の基準値と感じ方や影響¹⁾を表6-1に示す。

表6-1 今回対象とした悪臭成分

悪臭成分	感じ方や影響	基準値	根拠
ホルムアルデヒド	シックハウス症候群	0.08 ppm 以下	厚生労働省の定める室内濃度指針値
アンモニア	汗・尿などの刺激臭	1.0 ppm 以下	悪臭防止法第4条に基づく規制基準
イソ吉草酸	蒸れた足の裏のにおい	0.01 ppm 以下	同上
硫化水素	卵の腐ったにおい	0.02 ppm 以下	同上

2. 2. 実験方法

ガラス製の6 L デシケーターを利用し、密閉系での悪臭成分の除去実験を行った。模式図を図6-1に示す。脱臭材には前処理として室温、50 %RH 中で1日以上置いた瓦、炭、玉砂利240 mLを使用した。

悪臭成分は所定量の試薬を10 L テドラーバッグに入れ気化させ、乾燥空気で希釈して約50 ppm に調整したものをを用いた。これらを真空引きしたデシケーターに導入し、その直後からの悪臭成分の経時変化をガステック製ガス検知管を用いて調べた。なお、実験は室温、遮光下で行った。

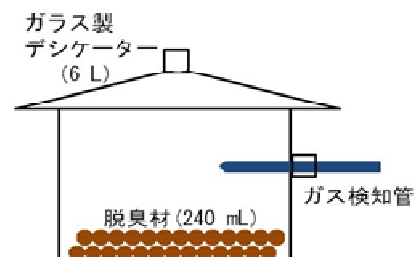


図6-1 デシケーターの模式図

3. 結果

3. 1. ホルムアルデヒドの除去実験

実験結果を図6-2に示す。ブランクでは24時間後でも初期濃度50 ppmのままであった。炭では実験開始直後から急激に濃度が減少し、4時間後には1 ppm、24時間後には検出下限の0.1 ppm以下になった。玉砂利では徐々に濃度が減少し、4時間後には27 ppm、24時間経過後に8 ppmになった。瓦では途中までは玉砂利よりも濃度減少が大きく、4時間後に18 ppmになったものの、それ以降は濃度はほとんど減少せず24時間後は玉砂利よりも濃度が高くなった。この18 ppmという濃度は人体に対して強度の流涙をあたえる濃度である²⁾。

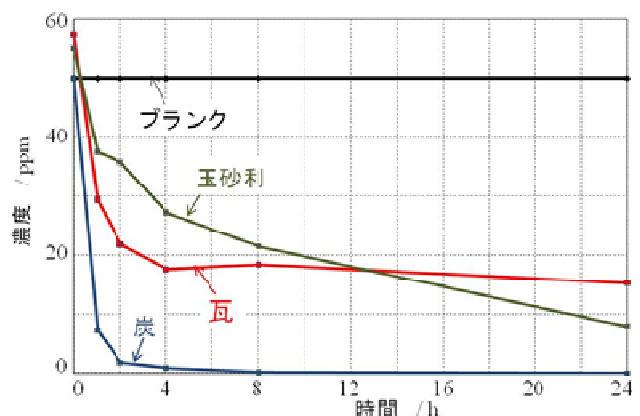


図6-2 ホルムアルデヒドの除去実験

3. 2. アンモニアの除去実験

実験結果を図6-3に示す。ブランクでは、初期濃度 49 ppm が 24 時間後に 38 ppm になった。炭、瓦では急激に濃度が減少し、炭は 2 時間、瓦は 4 時間で規制値の 1 ppm 以下まで濃度が低下した。一方、玉砂利は濃度減少が緩やかで、24 時間後も 1 ppm 以下にはならなかった。

3. 3. イソ吉草酸の除去実験

実験結果を図6-4に示す。ブランクでは初期濃度 49 ppm が 24 時間後に 21 ppm になった。瓦、炭、玉砂利では急激に濃度が減少し、炭は 8 時間、瓦と玉砂利は 24 時間後に検知管の検出下限である 0.05 ppm 以下まで濃度が低下した。なお、規制値である 0.01 ppm を測定できる検知管が無いため、規制値を満たしたかどうかはわからなかった。

3. 4. 硫化水素の除去実験

実験結果を図6-5に示す。ブランクでは初期濃度 65 ppm が 24 時間後に 60 ppm になった。瓦、炭、玉砂利では急激に濃度が減少し、瓦と炭は 4 時間、玉砂利は 2 時間で検知管の検出下限である 0.25 ppm 以下まで濃度が低下した。なお、規制値である 0.02 ppm を測定できる検知管が無いため、規制値を満たしたかどうかはわからなかった。

4. 考察

今回対象とした悪臭物質については、水に溶けた時の pH からアンモニアはアルカリ性ガス、イソ吉草酸と硫化水素は酸性ガス、ホルムアルデヒドは中性ガスに分類される。

実験結果から瓦は酸性ガス、アルカリ性ガスに対する除去が市販の床下調湿炭相当の挙動を示した。一方で、中性ガスであるホルムアルデヒドに対しては、18 ppm で濃度減少が止まったことから、炭の除去能力には及ばないことがわかった。また、脱臭材間の比較では 3 章のガス吸着法による比表面積では瓦は玉砂利と比べて 1/10 以下であったが、アンモニアの脱臭においては玉砂利以上の除去性能を示したことから、脱臭能力と比表面積は必ずしも相関関係がないと言える。

5. 結言

瓦は酸性ガスである硫化水素、イソ吉草酸、アルカリ性ガスであるアンモニアの除去挙動が市販の床下調湿炭相当であった。また、アンモニアの除去については 10 倍以上大きな比表面積を持つ玉砂利以上の効果を示した。

参考文献

- 1) 福島市環境部環境課，“平成 21 年度版 福島の環境”，平成 21 年 10 月，p. 28.
- 2) 吉野石膏，“製品紹介／用語解説”，<http://www.yoshino-gypsum.com/product/syousai/yougo.html>

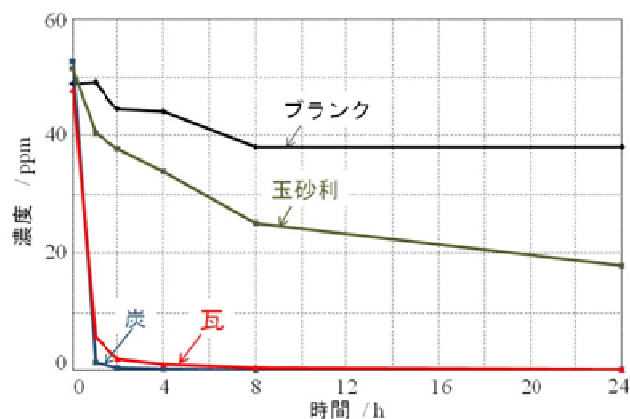


図6-3 アンモニアの除去実験

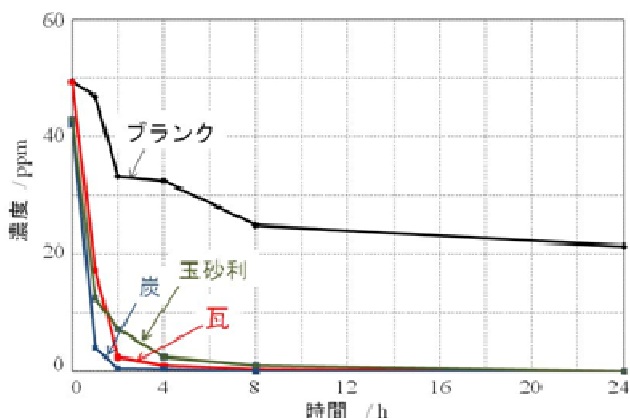


図6-4 イソ吉草酸の除去実験

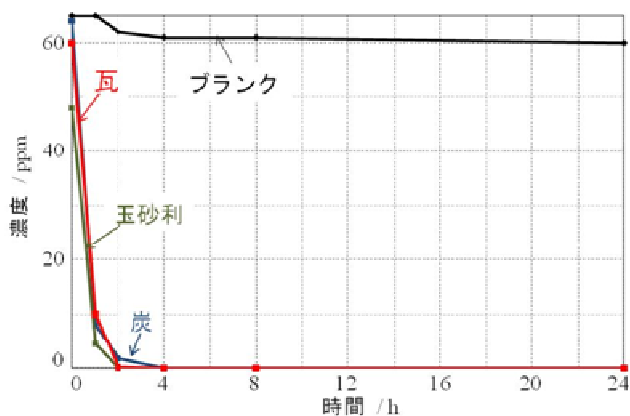


図6-5 硫化水素の除去実験

7. いぶし瓦の脱臭材としての持続性

7. Durability of smoked roof tiles as a deodorant.

技術開発部プロジェクト研究科 西村将志 宇津木隆宏

いぶし瓦を脱臭材として使用した際の効果の持続性を調べるため、トイレにいぶし瓦を設置してアンモニアの吸着量を調べた。その結果、2カ月目までは吸着量が増加したものの、それ以降は吸着量が増加しなかったことから、持続効果は2カ月であることがわかった。

Key words:いぶし瓦, アンモニア

1. 緒言

6章での実験は悪臭成分の除去能力を見ることに主眼を置いた実験であるため、初期濃度を通常の居住空間の濃度よりも高めに調整した悪臭成分の濃度変化について調べた。しかし、通常の居住空間においてはガス検知管で検知できるかできないかの低濃度の悪臭成分を長期間にわたって除去する性能が重要である。そこで本章ではトイレにいぶし瓦を脱臭材として設置し、実使用環境下での除去効果と持続性を調べた。

2. 実験

いぶし瓦のアンモニア脱臭材としての長期的な効果を調べるため、容積 27 kL のハイテクプラザ所内トイレ内に前処理として 105℃で 24 時間以上置いた福島産いぶし瓦 240 mL を複数静置し（図 7-1）、1 カ月毎のアンモニア吸着量を調べた。

吸着除去したアンモニア量を測定するため、あらかじめ既知の濃度に調整したデシケーター内に 240 mL のいぶし瓦を入れてアンモニアを吸着させ、平衡状態に達した時のアンモニア濃度から瓦が除去したアンモニア量を推算した。次にこのいぶし瓦を 6 L のデシケーター中で 60℃で加熱した時のデシケーター内のアンモニア濃度を測定し、アンモニアの脱着量を測定した。以上の結果から、瓦が脱着したアンモニア量と吸着除去したアンモニア量の検量線を作成した。この検量線を利用し、1 カ月毎に瓦が脱着した量から吸着した量を求めた。



図 7-1 実験の様子

いぶし瓦

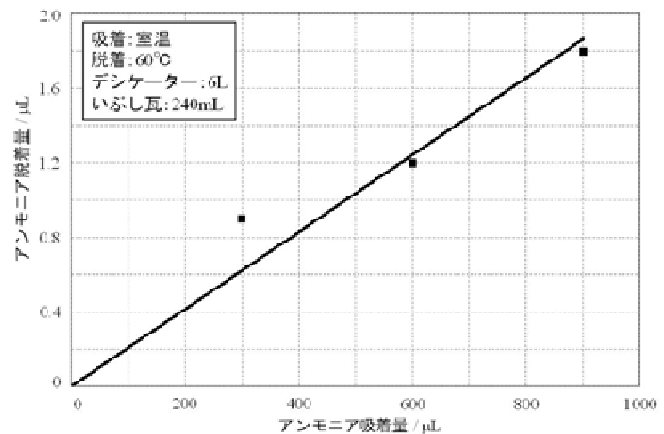


図 7-2 アンモニアの吸着量に対する脱着量

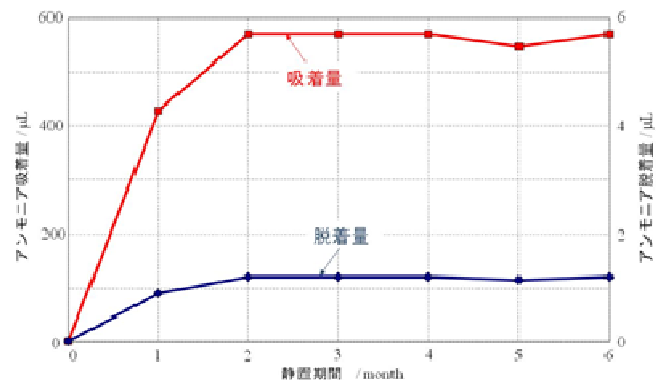


図 7-3 1 カ月毎のアンモニアの吸着量, 脱着量

3. 結果と考察

アンモニアの吸着量に対する脱着量の検量線を図 7-2 に示す。吸着量と脱着量はほぼ直線的な関係を示した。

次に 1 カ月毎のいぶし瓦のアンモニア吸着量を図 7-3 に示す。2 カ月までは吸着量は増加し、570 μL に達したが、それ以降はほとんど変化しなかった。このことからトイレにおけるアンモニアの除去の持続効果は約 2 カ月間であることがわかった。

4. 結言

トイレに設置したいぶし瓦のアンモニア吸着量は 2 カ月目までは吸着量が増加したがそれ以降は吸着量が一定となった。

8. 陶器瓦といぶし瓦のヒートアイランド現象抑制効果

8. Mitigation of urban heat-island phenomenon by ceramic roof tiles and smoked roof tiles.

技術開発部プロジェクト研究科 西村将志 宇津木隆宏

都市部で問題となっているヒートアイランド現象の瓦による抑制効果の検証を目的に、夏季に瓦を敷き詰めて表面温度の変化を測定した。その結果、全般的には一日を通してアスファルト>コンクリート>瓦の順で表面温度が高くなっており、とりわけ降水があった後に晴れた日の日中の温度差が顕著であった。しかし三日以上降水がなく晴れた場合、日中の表面温度が瓦の方が高くなることがあったことから、瓦に含まれた水分の気化熱の影響がヒートアイランド抑制に大きな影響を与えることが推測された。

Key words: ヒートアイランド、表面温度、コンクリート、アスファルト、気化熱

1. 緒言

コンクリートやアスファルトに覆われた都市部ではヒートアイランド現象が顕著になってきている。ヒートアイランド現象の抑制には、屋上緑化に見られるように緑地や水面を増やすことで気化熱による地表面の冷却を促すといった手法がよく用いられる。瓦は多孔質構造で保水性があり、含まれた水が蒸発する時の気化熱により、地表面温度の上昇を抑制すると言われているが、瓦破砕物を屋外に敷き詰めて利用するケースでの表面温度と天気との長期的な関係については調べられていない。そこで本章では夏季に瓦とコンクリート、アスファルトの表面温度を長期的に測定し、瓦の表面温度上昇抑制効果と天気の関係について調べた。

2. 実験

実験はハイテクプラザ屋上で行った。1 m²の木製の枠に厚さ 8 cm で瓦を敷き詰めた。なお、色が表面温度に及ぼす影響について検討するため、瓦は赤瓦（三州産陶器瓦）、黒瓦（福島産いぶし瓦）の 2 種類を使用した（図 8-1）。また、瓦の地表面温度上昇抑制効果を検討するため、コンクリート部と、ハイテクプラザ駐車場のアスファルト舗装の表面温度についても測定した。測定は、エスベックミック社製 RTH-1050 内部温度測定用鉛筆状温度センサーを使用し、平成 23 年 8 月 3 日から平成 23 年 8 月 31 日まで測定を行った。



図 8-1 実験の様子

3. 結果と考察

表面温度の測定結果を図 8-2 に示す。8/4~8/8、8/25~8/28 については気象庁の気象統計情報にある福島県船引町の日照時間と降水量の記録¹⁾とともに拡大して示した。

全般的には一日を通してアスファルト>コンクリート>瓦の順番で高くなっていったが、8/4~8/8のように降水がなく日照時間も十分な天気が続いた場合には、8/6~8/8の日中の表面温度について瓦がアスファルトやコンクリートよりも高くなる結果となった。一方、8/25~8/28のように8/25に降水があった後、8/26~8/28にかけて日照時間が長くなっていったような場合には温度差が顕著で、例えば8/28の日中の表面温度については瓦はコンクリートと比較して最大で約9℃、アスファルトと比較して最大で約18℃低くなっていた。

これらのデータから、瓦に含まれた水分の気化熱の影響がヒートアイランド抑制に大きな影響を与えるが、三日程度降水がなく十分な日照時間があった場合、その影響は小さくなると推測される。なお、赤瓦と黒瓦では若干黒瓦の方が高い温度となっていたが差は小さく、瓦の色の影響は小さいものと考えられる。

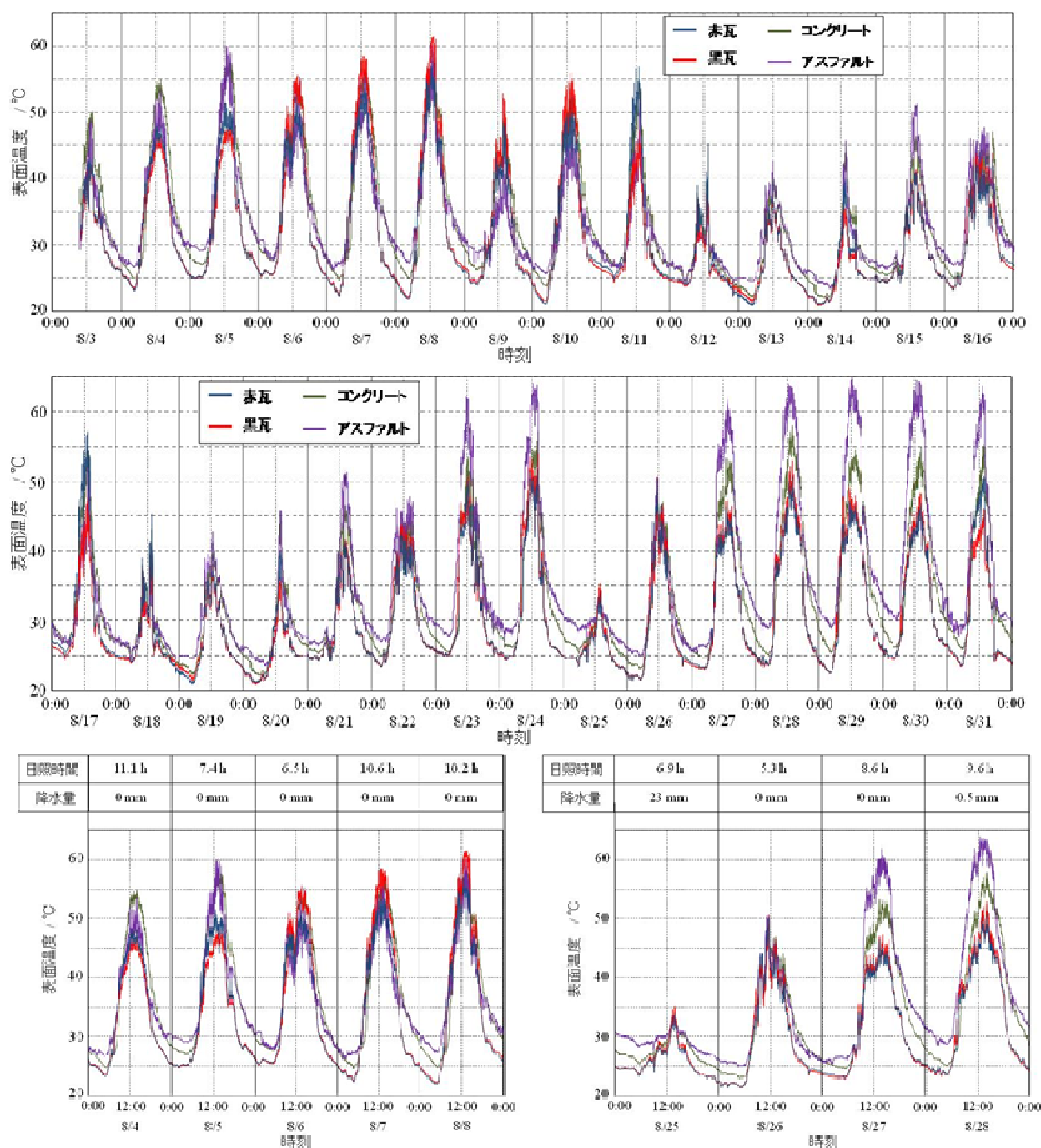


図 8-2 表面温度測定結果（上：8/3～8/16，中，8/17～8/31，
下：8/4～8/8，8/25～8/28 の拡大図と日照時間および降水量）

4. 結言

夏季に瓦，コンクリート，アスファルトの表面温度を測定した結果，全般的には一日を通してアスファルト＞コンクリート＞瓦の順で表面温度が高くなっており，とりわけ降水があった後に晴れた日の日中の温度差が顕著であった。しかし三日以上降水がなく晴れた場合，日中の表面温度が瓦の方が高くなることがあった。このことから，瓦に含まれた水分の気化熱の影響がヒートアイランド抑制に大きな影響を与えることが推測された。

参考文献

- 1) 気象庁，“気象統計情報”，
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=36&prec_ch=%95%9F%93%87%8C%A7&block_no=0294&block_ch=%91D%88F8&year=2010&month=8&day=&elm=daily&view=

9. 陶器瓦といぶし瓦の下層路盤材としての適性

9. Aptitude of ceramic roof tiles and smoked roof tiles for lower sub-base course material.

技術開発部プロジェクト研究科 宇津木隆宏 西村将志

瓦の下層路盤材としての適性を明らかにするために、ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験および修正CBR試験を行った。その結果、すりへり試験においては瓦を含む検体すべてにおいてすりへり減量が50 % (w/w) 以下となり、修正CBR試験においては瓦の含有率に関わらず30 %以上となり、下層路盤材についての福島県の規格値を満たした。

Key words: 再生骨材, 路盤材, すりへり減量, 修正CBR

1. 緒言

日本で幅広く施工されているアスファルト舗装は図9-1に示すように、表層・基層のアスファルト、上層路盤・下層路盤の路盤からなる。下層路盤材は上層路盤ほど高い支持力が要求されない。そのため現場付近で容易に入手できる山砂や切込砂利、砂まじりの砂利、砂質土などが用いられているのに加え、近年ではコンクリート、スラグ、アスファルトなど様々な建築廃棄物が用いられている。瓦も下層路盤材として利用可能と言われているが、鉛が含まれている可能性があること、コンクリート再生骨材などと比べて強度が弱い可能性があることなどの懸念から、広く利用されるには至っていない。そこで本章では路盤材に必要な性能とされるすりへり試験および修正CBR試験を行い、陶器瓦およびいぶし瓦の下層路盤材としての適性を調べた。

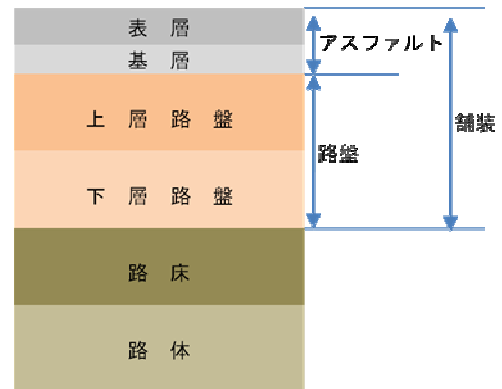


図9-1 アスファルト舗装の模式図

2. 実験

2. 1. すりへり試験

すりへり試験にはコンクリート再生骨材、三州産陶器瓦、石州産陶器瓦、福島産いぶし瓦を原材料として用いた。石州産陶器瓦については福島県内にはあまり普及していないが比較用として実験を行った。

これら破砕物を、JIS A 5001「道路用碎石」中の5. 4すりへり減量試験に従って分級し、呼び寸法13 mmのふるいを通し5 mmのふるいに残留したものを集め、表9-1に示す重量比で混合して、検体を各5 kg以上調整した。

調整した検体を丸東製作所製ロサンゼルス試験機C79によりすりへり試験を行った。試験方法および計算についてはJIS A 1121「ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法」に準じた。

表9-1 すりへり試験に用いた検体

原材料	検体と重量比/(w/w)						
	1	2	3	4	5	6	7
コンクリート再生骨材	100	0	0	0	70	70	70
三州産陶器瓦	0	100	0	0	30	0	0
石州産陶器瓦	0	0	100	0	0	30	0
福島産いぶし瓦	0	0	0	100	0	0	30

2. 2. 修正CBR試験

コンクリート再生骨材に対して三州産陶器瓦を10, 30, 100 % (w/w) および福島産いぶし瓦を30 % (w/w) 混合したものについて修正CBR試験を行った。装置はフリージア・マクロス製100 kN電動圧縮装置を用いた。なお、ここで用いたコンクリート再生骨材は下層路盤材用として用いられているものであり、定期的な試験により修正CBR試験の規格値を満たすことが確認されている。

3. 結果と考察

3. 1. すりへり試験

すりへり試験結果を図9-2に示す。瓦の含有率が0 % (w/w) すなわちコンクリート再生骨材100 % (w/w) のすりへり減量は25.8 % (w/w) であった。また、いずれの瓦についても含有率を増やすとすりへり減量が増加する傾向を示し、同じ含有率であれば福島産いぶし瓦>石州産陶器瓦>三州産陶器瓦の順ですりへり減量

が多いことがわかった。しかし、三州産陶器瓦100 % (w/w) ですりへり減量は27.5 % (w/w)、石州産陶器瓦100 % (w/w) ですりへり減量は33.5 % (w/w)、福島産いぶし瓦100 % (w/w) ですりへり減量は43.5 % (w/w) であり、下層路盤材についての福島県の規格値である50 % (w/w) 以下であった¹⁾。すりへり減量は路盤材の長期的な安定性の指標の一つであり、実験結果から陶器瓦、いぶし瓦は長期的な使用に耐えうるものであると言える。

3. 2. 修正CBR試験

修正CBR試験結果を図9-3に示す。いずれの検体についても、下層路盤材についての福島県の規格値である修正CBR値30 %以上を満たした¹⁾。

三州産陶器瓦の含有率を10 % (w/w) から30 % (w/w) に増やすと修正CBR値が50 % から37 % へと低下したにも関わらず、三州産陶器瓦が100 % (w/w) の場合は修正CBR値が52 % と今回の検体中で最も高い値となり、含有率と修正CBR値の相関性は見られなかった。コンクリート再生骨材の品質のバラつきによるものと考えられる。

また、三州産陶器瓦30 % (w/w) と福島産いぶし瓦30 % (w/w) の修正CBR値を比較した場合、福島産いぶし瓦の方が大きくなったことから、すりへり減量が少ない (= 硬い) から、修正CBR値が高くなるということも一概には言えないようである。

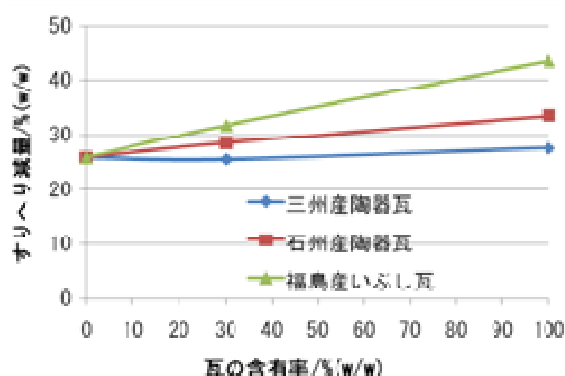


図9-2 すりへり試験結果

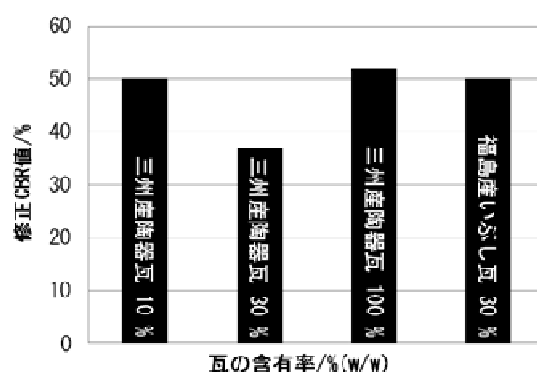


図9-3 修正CBR試験結果

4. 結論

すりへり試験と修正CBR試験の結果、三州産陶器瓦、福島産いぶし瓦についてはデータの的には下層路盤材についての福島県の規格値を満たしたため、下層路盤材として適性はあると結論付けられた。

5. 展望

コンクリートの廃棄量に比べれば瓦の廃棄量は少ないため、両者を再生骨材目的で受け入れたとしても、瓦の含有率は10 % (w/w) もないと思われる。

今後は、コンクリート再生骨材の製造に用いられるインパクトクラッシャーなどの大型の破砕機により瓦を破砕した際の粒度や修正CBR値、あるいはどのような瓦が再生骨材用に入ってくるかなど製造上・品質管理上の課題解決が必要になると考えられる。

参考文献

- 1) 福島県土木部, “共通仕様書 土木工事編 I”,
<http://www.pref.fukushima.jp/kikakugijutsu/gijutsukanri/gijyutu02/2-10/dks1-230101.pdf>

福島県ハイテクプラザ研究報告書
Technical Reports of Fukushima Technology Centre

産業廃棄物減量化・再資源化技術支援事業

『陶器瓦廃棄物の再利用推進』

平成23年3月発行

発 行

福島県ハイテクプラザ
〒963-0215 福島県郡山市待池台1-12
TEL 024-959-1739 FAX 024-959-1761

編 集

福島県ハイテクプラザ
技術開発部
プロジェクト研究科

※この研究は、福島県産業廃棄物税により実施した事業です。

