

溶液沈殿法による赤外線選択反射特性に優れた CuO 黒色顔料の調製

[研究代表者] 小林雄一 (工学部応用化学科)
[共同研究者] 川野順一 (カサイ工業(株))

研究成果の概要

都市部では人工排熱量の増加や日射によって温められた建造物の輻射による都市周辺地域の温度上昇等が上昇するヒートアイランド現象が世界的な問題として認識されている。日射反射率の高い白色建材であれば建造物の温度上昇を抑えられるが、日本では美的観点及び生活快適性から日射反射率の低い暗色系の建造物も多い。日射エネルギーの約半分を占める赤外線を選択的に反射する黒色物質であれば、日射による建造物の温度上昇を抑えることが可能である。この研究では塩化銅水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の反応によって $\text{Cu}(\text{OH})_2$ を沈殿させ、さらに長時間沈殿を加熱熟成することによって CuO 結晶を調製し、その調製条件が日射反射特性に及ぼす影響について検討した。その結果、塩化銅水溶液と塩基性の強い水酸化ナトリウム水溶液との反応により生成する沈殿 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ は、溶液を加熱し続けることによって脱水し、黒色 CuO へと変化した。80°Cで乾燥させた CuO 粉末は赤外線を選択的に反射し、可視光反射率と赤外線反射率の比が 14 倍に達する事が分かった。

研究分野：セラミックス、無機固体化学

キーワード：黒色顔料、遮熱顔料、高日射反射率、赤外線選択反射、低蓄熱塗料

1. 研究開始当初の背景

近年、都市部の気温が郊外と比べて高くなるヒートアイランド現象が、都市特有の環境問題として、大きな社会問題となっている。緑地や水辺の減少や建造物等からの人口排熱の増加に加えて、日中の日射エネルギーを吸収した建造物が夜間に放熱して気温上昇を引き起こす事が原因とされている。また、夏の夜間に冷房機器の稼働率を上昇させる悪循環も原因の一つとされている。実際、都市化率と気温変化率 (°C/100 年) には高い相関関係があると報告¹⁾されている。ヒートアイランド対策として日射を建物などの外皮 (屋根, 屋上, 外壁など) で反射させると、建物などの表面温度の上昇を抑えて屋内への熱の侵入を抑制し、熱の蓄熱量を減らす効果があると報告されている。この目的を達成するために高い日射反射特性を有する材料の開発と、それを利用した高日射反射率塗料²⁾が注目されるようになった。これらは遮熱塗料とも呼ばれる。

太陽光は、その波長範囲により紫外線、可視光線、赤外線の三つの領域に分類され、いずれも物質に吸収されて温度上昇の原因となる。無機系白色顔料は、可視光領域のみ

ならず赤外線領域でも高い反射率を示すことから、これらを利用した白色系高日射反射塗料が多く市販されるようになった。

一方、明度の高い白色系建物は日射を反射するので建物の温度上昇を抑させることができるが、都市美観のため国内では暗色系の建築物が多い。従来建造物の外装材として使用される暗色系材料としてセメントやコンクリート製黒色スレートが知られているが、これらは可視光から赤外線領域に至る広い波長範囲で極めて低い反射率を示すので日射の吸収による蓄熱性が高く温度上昇は顕著である。従って、ヒートアイランド化抑制のために、日射による温度上昇を抑制できる暗色系外装材が必要とされている。

2. 研究の目的

日射エネルギーの約半分を占める赤外線を選択的に反射し、日射エネルギーの約半分である可視光は吸収する (黒色又は暗色) 顔料を外装材に応用すれば、建造物の温度上昇を抑制することが可能である。³⁾

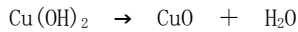
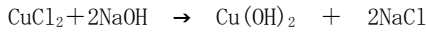
本研究では塩化銅水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の

反応により水酸化銅(II)を合成し、その後の加熱によって酸化銅(II)粉末を調製し、その光学特性を評価した。

3. 研究の方法

3.1 実験手順

塩化銅二水和物と水酸化ナトリウムをそれぞれ秤量した後、蒸留水で溶解させた。下記の反応式で示される中和当量の3倍量の水酸化ナトリウム水溶液を攪拌しつつ、塩化銅水溶液を4時間かけて滴下した。



滴下終了後、20時間攪拌を行い、合成した試料を沈殿させるために1時間放置した後、pH7になるまで蒸留水で洗浄し、吸引ろ過を行った。取り出した試料を80°Cの乾燥庫で十分な乾燥を行った。乾燥させた試料を解砕し、未熱処理(以降 Green とする)の粉末試料とした。一部の試料を200°Cまたは500°Cまで5°C/min.で昇温した後、1時間保持させたものを解砕し粉末試料とした。

3.2 測定方法

得られた試料の生成結晶相を粉末 X 線回折法により同定した。また、紫外・可視・近赤外分光光度計(島津製作所 SolidSpec-3700)により分光反射率を測定した。

色の表現には明度を L^* 、色相や彩度を a^* や b^* で表す CIE1976 $L^*a^*b^*$ 色空間(別名 CIELAB、JIS Z 8781-4)を使用した。

4. 研究成果

いずれの温度で熱処理した試料も、外見上は黒色であり、XRD 測定の結果、全て室温で安定なテナライト結晶であった。それぞれの分光反射率曲線を、地表における日射エネルギー分布曲線⁴⁾と合わせて図1に示す。また、 L^* 、 a^* 、 b^* 値を図2に示す。いずれの CuO も可視光域の反射率が5%程度で低く、 a^* 値と b^* 値が5以下、 L^* 値が25程度でわずかに赤みのある黒色であった。合成後80°Cで乾燥させた CuO 粉末の赤外線反射率は極めて高く、約70%を示した。可視光反射率(5%)と赤外線反射率(70%)の比が14倍に達した。しかし、200°C以上で熱処理した CuO は赤外線領域の反射率が急激に低下した。

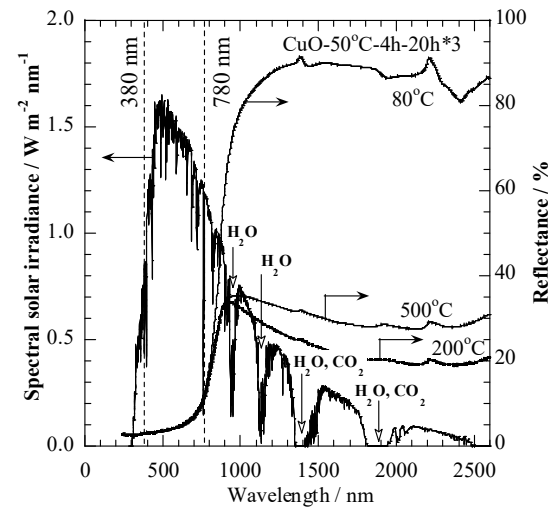


Fig.1 Spectral solar irradiation and reflectance curves of CuO powders.

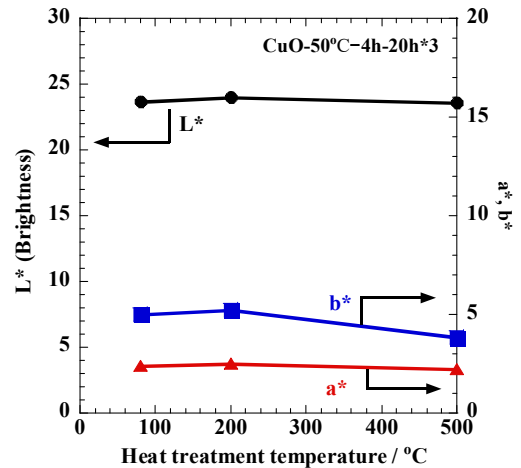


Table 1. $L^*a^*b^*$ values of synthesized CuO powders.

5. まとめ

塩化銅水溶液と塩基性の強い水酸化ナトリウム水溶液との反応により生成する沈殿 Cu(OH)_2 は、溶液を加熱し続けることによって脱水し、CuO へと変化した。色相はわずかに赤みを帯びた黒色粉末であり、80°Cで乾燥させた粉末は赤外線を選択的に反射し、可視光反射率と赤外線反射率の比が14倍に達する事が分かった。

文献

- 1) 気象庁ホームページ、「ヒートアイランド現象」
- 2) 日本工業規格「JIS K 5675, 屋根用高日射反射率塗料」(2011)
- 3) 川野順一, 加納貴之, 小林雄一, セラミックス, 46, No.10 (2011) p.883
- 4) S. L. Murov, I. Carmichael, G. L. Hug, "Handbook of Photochemistry", Dekker (1993), p.337