

2 機能性セラミックス複合材の開発研究

(1) 県産資源のセラミックス素材化技術の研究 (遠赤外放射セラミックスの製造)

化学部 戸 高 章 元 二 宮 信 治
田 中 美 保 北 坂 学

要 旨

県産資源である蛇紋岩、耐火粘土、かんらん岩等を用いてコーゼライトセラミックスを作成し、その遠赤外放射率を測定し、市販の高効率遠赤外線放射物と比較検討した。また、大分県のみ産出する天然産エメリー（鋼玉）についても遠赤外の発生について測定した結果、エメリー粉砕物が高効率の遠赤外が発生することが分かった。このエメリーを用いて遠赤外乾燥機を試作し、乾燥速度と乾燥物の成分の変化について比較検討した。

1 緒 言

太陽光からの光をスペクトルで分け波長の短い方からならべると、ガンマ線・X線・紫外線・可視光線・赤外線・マイクロ波の順になる。

赤外線の波長帯における名称の区分は赤外線を利用するいろいろな分野の人によってまちまちである。工業面での遠赤外線の利用ははやくから加熱や乾燥でみられたが、赤外線は直進性で直接対象物に吸収され固体や空気を媒体とする他の熱源に比べて熱効率と吸収性が高いという特性を有する。

一般に工業面で利用する波長領域は2.5～25μ程度である。

遠赤外放射体材料としてコーゼライト（2MgO・2Al₂O₃・5SiO₂）が多く用いられている。この原料は、かんらん岩や蛇紋岩と耐火粘土等を混合し約1300℃で焼成して得られる。その他、遷移元素系酸化物（鉄・ニッケル・マンガン・コバルト等）の仮焼物が一般に用いられている。

本実験では、県内産の鉱産物を用いて高効率遠赤外線放射体を製造し、県産品の椎茸や海産物の乾燥を目的とするものである。そのためには風味や味覚を十分に保持し、迅速に低コストで乾燥できる装置の開発が必要とされる。

2 実験方法

各種の鉱産物を用いて高効率の遠赤外を発生できるか確かめるため、原料の粉砕成型・焼結を行ない遠赤外測

定用試料を作成した。

(1)原料の粉砕

原料を採取しジョークラッシャーで粗砕した後ブラウン粉砕機で約1mmいかに粉砕し、更にジェットミルで5μ程度に粉砕した。

(2)原料の化学分析値を表1に示す。(%)

(3)遠赤外線放射体の作成

1)蛇紋岩系（蛇紋岩+耐火粘土）

—— コージェライト系1100～1400℃焼成

2)かんらん岩系（かんらん岩+耐火粘土）

—— コージェライト系1100～1400℃焼成

3)エメリー系

—— 鉄スピネル系 常温及び1100℃焼成

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃
蛇紋岩 (津久見産)	37.7	0.16	36.3	0.08	8.32
かんらん岩 (尾平産)	40.1	0.51	43.7	0.91	11.2
耐火粘土 (院内産)	45.4	37.7	0.15	0.33	3.54
エメリー (宇目町産)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO
	6.03	33.42	24.40	27.86	4.50

表1 県内産原料の化学分析値 (%)

(4)成型 200～500kg/cm²で加圧成型、少量の水とメチルセルローズ5%添加

(5)仮焼 試料として強度を出すため又メチルセルローズを焼却除去するため1000℃で仮焼する。

(6)(3)・(4)の試料をX線回折と遠赤外放射率を測定する(図1)

(3) 遠赤外線測定

[測定方法]

- ① 試料の温度を安定させ、遠赤外線放射強度を測定する。
- ② 標準黒体 1 (160℃)、標準黒体 2 (40℃) の放射強度をそれぞれ測定する。
- ③ ②の結果より、試料測定温度における黒体の放射強度を算出する。
- ④ 試料の遠赤外線放射率

$$= \frac{\text{(試料の放射強度)}}{\text{(③で算出した黒体放射強度)}} \times 100$$

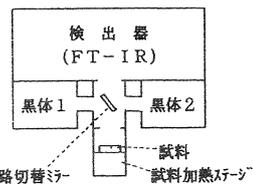


図 1 測定装置の概要

3 結果と考察

(1) X線回析の結果

1) かんらん岩系においては1100℃焼成でムライト (3 Al₂O₃ · 2 SiO₂) を生成する。1200℃ではコージュライトの生成がみられ、1300℃においてはコージュライトのピークが高くなり結晶化の進行がみられる。1400℃では熔融しガラス化するがコージュライトのピークがみられる。

2) 蛇紋岩系においては、かんらん岩と同様1300℃でコージュライトの生成がみられる。又理論配合比を外れた場合においてもコージュライトが生成する。この生成物は市販のコージュライトとピークが一致する。

3) エメリー系では1000℃焼成で主成分が酸化鉄となり、未確認のピークがみられた。

(2) 遠赤外線の測定結果

1) 同一試料でも試料の表と裏では差があり、資料作成のバラツキや測定の困難性がみられる。

2) 蛇紋岩系のコージュライト試作品では焼成温度1300～1400℃による差はほとんどみられず、かんらん岩

試料 (焼成温度：℃)	積分放射率(%) 3000-5000(cm-1)
コージュライト(1300)	83
試作品：(1350)	83
蛇紋岩系(1400)	84
コージュライト(1100)	84
試作品：(1200)	83
カンラン岩系(1300)	84
(1400)	83
エメリー(1100)	83
コージュライト：市販品	85
高効率遠赤外線放射体：市販品	80

表 2 積分放射率

系においても同様である。(表 2)

3) 遷移元素を主体とするエメリーは1100℃焼成でも試作コージュライトと同様の遠赤外放射を示す。原石そのままでも放射率が高かった。(表 3)

4) 市販の高効率遠赤外放射体の放射率はあまり高くない。

試料 No.	試料 (A:シリコン系塗料)(B:遠赤外線放射体)	積分放射率(%) [測定温度(℃)]	データ名 [スペクトルNo.]	モース硬度	備考
80	KR-311 エメリー	87.68 [90.1] 87.26 [89.9]	80d [357] 80d(2)[H21]	4.0	耐熱性
81	〃 コージュライト	87.55 [87.8] 87.38 [88.4]	81d [361] 81d(2)[H25]	3.5	良好
82	〃 遠赤外線放射体市販品	84.16 [89.3]	82d [365]	3.5	---
83	KR-251 エメリー	86.84 [89.2] 86.25 [90.6]	83d [369] 83d(2)[H17]	3.5	耐熱性
84	〃 コージュライト	86.27 [88.7] 86.36 [88.6]	84d [373] 84d(2)[H29]	3.5	良好
85	〃 遠赤外線放射体市販品	81.19 [89.7]	85d [377]	3.5	---
86	KP-390 エメリー	87.38 [89.6] 87.96 [89.5]	86d [389] 86d(2)[H13]	3.5	耐熱性
87	〃 コージュライト	88.66 [89.2] 88.32 [89.5]	87d [385] 87d(2)[H 9]	3.5	低い
88	〃 遠赤外線放射体市販品	86.02 [86.3]	88d [381]	3.5	---
89	KP-301 エメリー	測定不可能		1	耐熱性
90	〃 コージュライト	測定不可能		1	---
91	〃 遠赤外線放射体市販品	測定不可能		1	低い

※試料はAとBを1対1で混合したものを銅板上に薄く塗布し、200℃で乾燥したもの。

表 3 遠赤外線測定結果(H5. 12. 20～22)

まとめ

天然産エメリーを焼成せず、粉末のシリコン樹脂で銅板に塗布し、市販高効率遠赤外放射体やコージュライトと比較したところ、天然エメリー未焼成物は遠赤外放射が高く耐熱性が良好なことが判明、コスト的にも有利と考えられる。(表 3)

1 遠赤外乾燥機の試作

1) 銅板に接着するための接着剤の選と遠赤外線放射体の配合割合の決定。

2) 未焼成エメリーの遠赤外線追加実験

3) 長期耐久性の実験と接着性強度

4 種類のシリコン系塗料に未焼成エメリーと、コージュライト・遠赤外放射市販品を1：1で混合し銅板に塗布した。これを1時間200℃で焼成し、試料として遠赤外線放射率を測定した。

また、同様に銅パイプにも塗布しモース硬度を測定し長期耐久性の実験を行った。これを200℃、16時間焼成後90℃の蒸気中でこれを放置しこれを20回繰り返した。

2 実験結果

- 1) シリコン系塗料KR-311と未焼成エメリーを1:1で混合したものが比較的放射効率がよくモース硬度も方解石なみの固さをしめす。
- 2) コージェライトも高い放射線をしめすが硬度がやや低く、製造においては1300℃と高温で焼成するためコスト高になる。
- 3) 遠赤外線放射体市販品は全体に放射効率が低い。
- 4) 1については200℃16時間焼成後90℃の蒸気中に放置してこれを20回繰返してもなんら変化はみられなかった。

以上の結果によりシリコン系塗料KR-311と未焼成エメリー1:1で混合し遠赤外線乾燥機の発熱用塗料とすることにした。

- 1 遠赤外線乾燥機の本体(90×90×90cm)の制作完了
- 2 部品の発注(ギャーポンプ・銅ポンプ・ヒーター温度センサー等)
- 3 図2に遠赤外線乾燥機の概略図をしめす。
 - ①オイルタンク中でヒーターにより加熱されたオイルは温度センサーによりコントロールされる。
 - ②オイルの温度は椎茸や海産物を乾燥させることを目的として、100~200℃程度とする。
 - ③加熱されたオイルは、ギャーポンプによって乾燥機本体の銅パイプに送られ乾燥機内部の壁面を循環しオイルタンクに戻る。
 - ④乾燥機本体の銅パイプは、表面に遠赤外線放射体がコーティングされており、加熱されたオイルにより、遠赤外線を放射する。
 - ⑤銅パイプは乾燥機の両側面と裏面の三方に張りめぐらされており、加熱の効果を高めるようにする
 - ⑥遠赤外線は直進性を持ち、直接対象物に吸収され乾燥物から発生する水分に吸収されるため、乾燥機本体中の水分を絶えず除去することが必要である。
 - ⑦⑥の理由により、乾燥機本体上部にファンを取り付け、内部の水分を含んだ空気を外部へ排出するようにする。
 - ⑧乾燥機本体側面下部には空気の取り入れ口を設けることにより、乾燥効率を高めるように設計した。

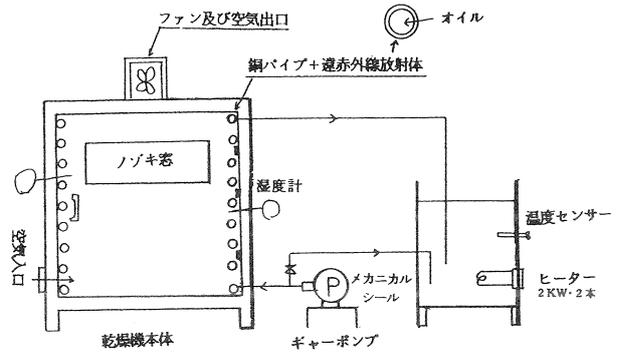


図2 遠赤外線乾燥機概略図

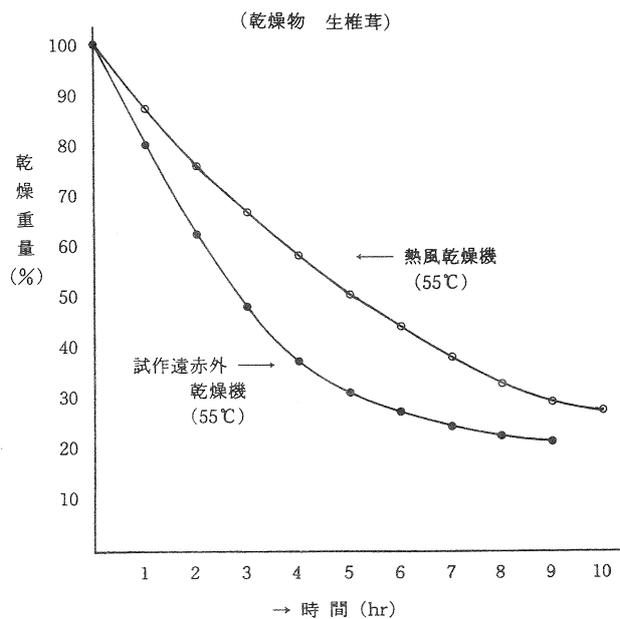


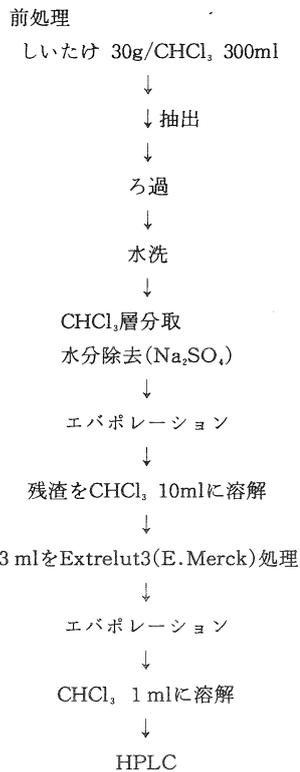
図3 遠赤外線による生椎茸の乾燥

実験2

- 1) 試料として生しいたけを天日乾燥、熱風乾燥、遠赤外線乾燥したもののビタミンD変化を調べた結果、表4・5のようになった。遠赤外線乾燥のものは、ビタミンD₂が少ないことが分かった。
- 2) マアジを開いて冷風乾燥と遠赤外線乾燥と比較乾燥した結果、表4の結果が得られた。(図4)

	生しいたけ	天日乾燥	熱風乾燥	遠赤外線乾燥	
水分	83.1%	2.9%	7.1%	7.7%	
固形分中	粗蛋白質	19.8	19.0	18.1	
	粗脂肪	1.8	1.8	1.4	
	粗灰分	5.5	5.2	5.3	
	粗繊維	8.3	8.7	9.4	
%	糖質	64.6	65.3	65.8	65.0
ミネラル	カルシウム	48mg/100g	41mg/100g	42mg/100g	42mg/100g
	マグネシウム	127	115	115	127
	鉄	8.5	6.2	6.8	26.8
ビタミン類	マンガン	1.3	1.1	1.2	1.5
	ナトリウム	16.7	8.6	7.4	43.4
	カリウム	2,760	2,180	2,000	2,210
	リン	440	370	364	414
	ビタミンD ₂	20 µg/100g	61 µg/100g	38 µg/100g	17 µg/100g

表4 しいたけの成分分析結果



HPLC条件

装置 Jasco 865-CO Column Oven
 880-PUi Intelligent hplc Pump
 HITACHI L-4200 UV-VIS Detector
 Column ODP-50 Asahipak
 Buffer CH₃CN:H₂O=95:5
 Flow rate 0.3ml/min
 Oven temp. 35℃
 Detector mode 260nm

表5 しいたけビタミンD分析

冷風乾燥と遠赤外線乾燥の比較

実験2

試料 原料魚として体長24~26cm、体重290~310gの冷凍マアジを用いた。原料魚を2枚に卸し10%の塩水に浸漬したものを試料として用いた。

乾燥方法 冷風(温度27~30℃、湿度25~30%)と遠赤外線(温度28~32℃、湿度30~40%)により試料を乾燥した。

測定項目 水分量はマアジの背部普通肉を2~3g切り取り細切したものを105℃恒量乾燥法により測定した。

結果

乾燥方法	乾燥時間(h)					
	0	1	2	3	4	5
冷風	74.5	72.7	69.8	67.6	64.4	
遠赤外線	73.9	72.2	71.0	70.7	68.7	

表4 冷風と遠赤外線乾燥による水分量の変化

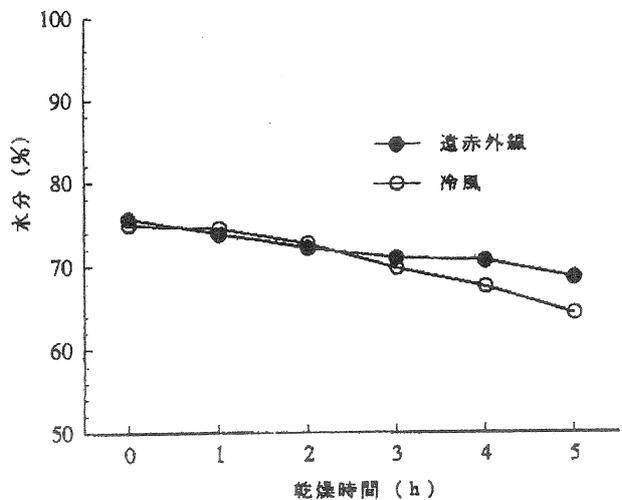


図4 乾燥方法の違いによる水分の変化

参考文献

高嶋廣夫 K BOOKS やさしい遠赤外線効果
 竹内敦子他 ビタミン65番3号(3月)1991

日光照射によるシイタケ中のビタミンD₂の増量効果