

機関番号：10101  
研究種目：基盤研究（B）  
研究期間：2008～2010  
課題番号：20360257  
研究課題名（和文） 北海道産天然ナノポーラス材料を用いたリサイクル可能な空気浄化無機フィルターの開発  
研究課題名（英文） Development of returnable inorganic filter for air purification using a natural nanoporous material in Hokkaido.  
研究代表者  
長野 克則（NAGANO KATSUNORI）  
北海道大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号：80208032

## 研究成果の概要（和文）：

稚内層珪質頁岩を用いたハニカムセラミックスフィルターを開発した。このフィルターの脱臭効果について評価を行い、トリメチルアミンや酢酸などの臭気で優れた脱臭能力があることを明らかにした。さらに、このフィルターをレンジフードの中に組み込み、実際に豚肉やさんま、にんにくなどを調理したときに発生する臭気の脱臭効果について、GCMS および官能試験によって評価した結果、高い脱臭効果が得られることが分かった。

## 研究成果の概要（英文）：

The honey-comb ceramics filter using the Wakkanai siliceous shale was developed. From the evaluation of the adsorption effect, it was found that this filter has a higher ability to the odor decrease of the trimethyl amine and the acetic acid. In addition, from the result of the GCMS analysis and a human sensory test, the high adsorption effect was recognized by using a real cooking smell such as the pork, the pacific saury and the garlic.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	11,400,000	3,420,000	14,820,000
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	14,900,000	4,470,000	19,370,000

研究分野：建築環境・建築設備

科研費の分科・細目：建築学、建築環境・設備

キーワード：稚内層珪質頁岩、空気浄化、脱臭、換気、厨房排気

## 1. 研究開始当初の背景

高気密・高断熱なローエネルギー住宅にとって換気は熱損失を引き起こし、住宅の冷暖

房負荷の大きな要因の一つとなってしまう。特に調理時には短時間で多量の水蒸気・臭気・油煙・燃焼ガスが室内に発生するため、

一般的に 500~800 m<sup>3</sup>/h と非常に大きな風量で換気を行っている。従来のガス燃焼によるレンジでは、CO<sub>2</sub>排出のため、換気が義務付けられているが、近年はオール電化住宅の増加に伴い、電磁調理器が普及してきた。この電磁調理器は調理時に燃焼による CO<sub>2</sub> を発生しないので、換気量の削減が期待できる。しかし、調理時に発生する臭気やオイルミスト、水蒸気の除去のため、現在も従来と変わらない大量換気が行われているのが現状である。

## 2. 研究の目的

本研究では、北海道北部の宗谷地方の丘陵部に露頭してほぼ無尽蔵に存在するナノポーラスを有する天然多孔質材である稚内層珪藻頁岩(WSS)を原料として、「脱臭・オイルミスト吸着、吸放湿特性に優れたリユース・リサイクル可能な空気浄化用の無機フィルター」を開発し、その物理的、化学的な特性を定量的に明らかにすると共に、このフィルターを用いた種々の空気浄化システムを開発しようというものである。

## 3. 研究の方法

本研究は、以下の研究課題に取り組む。

- (1) 稚内層珪質頁岩を用いたリサイクル可能な無機フィルターの開発
- (2) 様々な臭気成分に対する稚内層珪質頁岩の脱臭性能把握
- (3) フィルターの脱臭性能向上のための改質や触媒担持の検討
- (4) 実システムへの組み込みによる性能評価 (化学的評価および官能試験)

## 4. 研究成果

### (1) 改質による硫黄系臭気吸着性能向上

WSSは、硫黄系臭気の吸着が困難であることが過去の研究で明らかになって

いる。そこで、生活環境で発生しやすい硫黄系臭気として、硫化水素、ジメチルジスルフィド、メチルメルカプタン、硫化アリの4種類について、チャンバー法による脱臭性能評価を行った。その結果、WSSの2時間後の除去率が30%程度となり、活性炭の80~90%という結果に比べて劣ることがわかった。そこで酸化マンガン触媒の担持、ケイ酸ナトリウムコーティング、水酸化ナトリウム水溶液による鉄分析出処理をそれぞれ施し、同様の測定を行った。その結果、ケイ酸ナトリウムコーティングにより、硫化水素の除去率が70%まで上昇した。しかし、活性炭に比べるとその性能は低く、硫黄系臭気除去のためには、活性炭とWSSの併用、またはWSSに活性炭を一部添加したフィルターなどを開発することが望ましいとの結論に至った。

表1 硫黄系ガス除去率 (2時間)

臭気サンプル	ジメチルジスルフィド	メチルメルカプタン	硫化水素	硫化アリル
WSS 原石	0	25	0	30
マンガン触媒担持	0	23	-	0
アルカリ処理	0	27	24	30
水ガラスコーティング	0	27	70	0
活性炭	83	46	92	78

### (2) 稚内層珪質頁岩を用いたリサイクル可能な無機フィルターの開発

北海道産の天然ナノポーラス材料である稚内層珪質頁岩を用い、ハニカム状のセラミック無機フィルターを開発した。また、稚内層珪質頁岩の硫黄系臭気除去能を高めるため、活性炭を25%配合

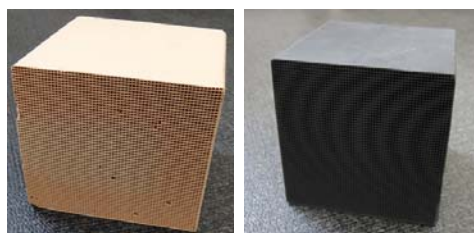


図1 開発したハニカムフィルター

したハニカムセラミックも同様に試作した(図 1)。開発した無機フィルターの基礎的な脱臭性能試験として、フィルター破砕粒子充填カラムを用いた臭気吸着破過試験、およびハニカムフィルターを用いた臭気通風脱臭試験を行った。

その結果、稚内層珪質頁岩ハニカムフィルターはトリメチルアミン、酢酸で高い吸着性能を示したが、アセトアルデヒドの飽和吸着量はそれらの 100 分の 1 以下であった。また硫化アリルでは、稚内層珪質頁岩のみのフィルターでの臭気除去は困難であったが、活性炭を配合したフィルターで良好な吸着能力が確認できた。また、酢酸では、両方のフィルターともに除去率が 95% 以上と高い値を示した(図 2)。

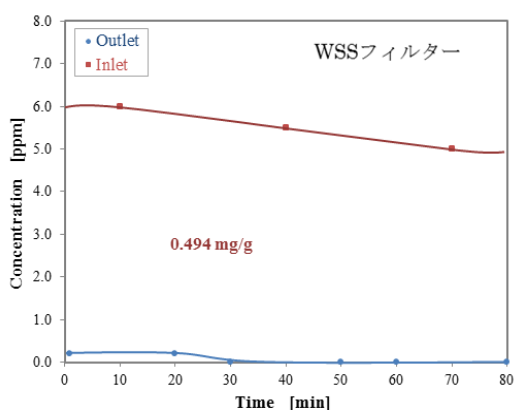


図 2 WSS フィルターの酢酸臭気除去結果

### (3) 光触媒担持 WSS フィルターの評価

WSS フィルターに含浸法によって  $\text{TiO}_2$  光触媒を担持した。通風試験では、フィルターを設置する容器に、光触媒のための光源としてブラックライトを組み込んだ通風装置を試作した。臭気物質として酢酸を用い、光照射下での臭気吸着、脱離挙動について検討した。その結果、分解促進のため、通風を止めて、光照射を 11 時間ほど行うことで、分解作用によって脱離量が急激に減少することが確

認できた。今後は、通風による脱離と光照射による分解に要する装置の消費エネルギー量なども含めた判断が必要となる。

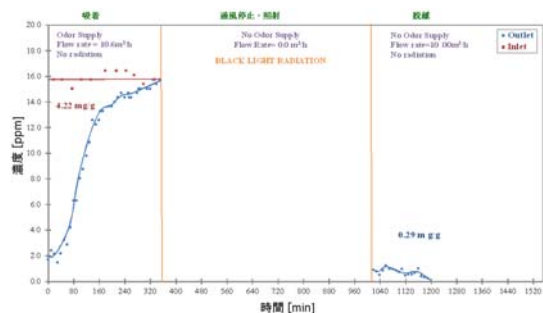


図 3 光触媒担持 WSS の分解効果

### (4) WSS フィルター組み込みレンジフードを用いた調理臭気脱臭試験

本研究で開発した WSS フィルターおよび活性炭配合 WSS フィルターを組み込んだレンジフードシステムを用い、調理臭気脱臭試験を行った。調理臭気として、豚肉、さんま、にんにくを調理して臭気を発生させた。

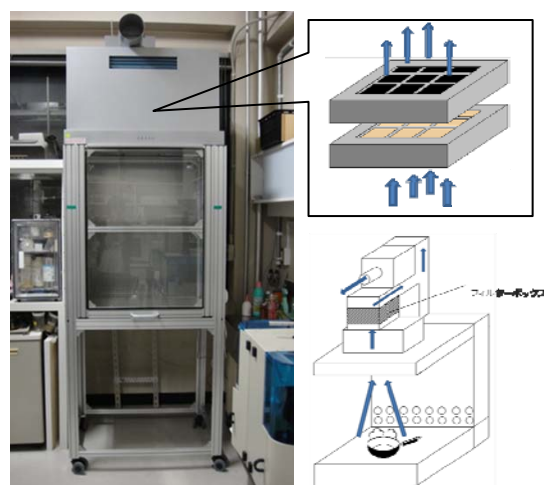


図 4 WSS フィルター組み込みレンジフード

GCMS での分析結果では、図 5 に示すように WSS フィルターを通過することで、ほとんどの臭気ピークは減少しており、WSS フィルターでも十分に除去できることが分かった。

次に、図 6 に官能試験の代表例として、ニンニク調理臭気での試験結果を示す。官能試

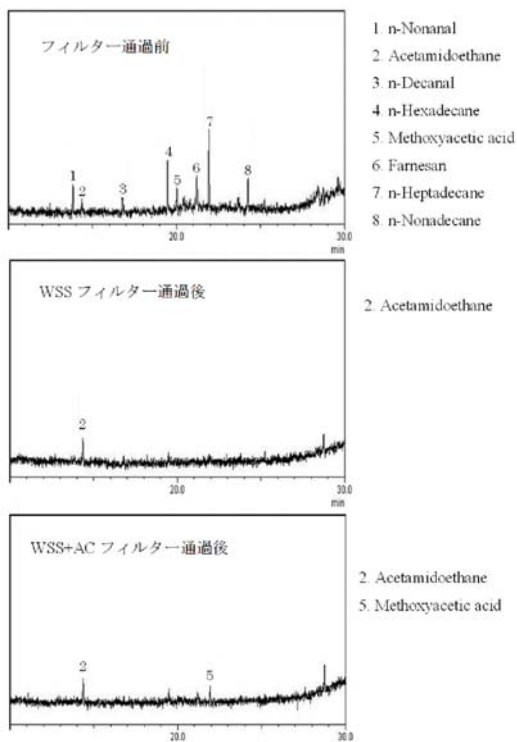


図5 GCMS 分析結果 (豚肉調理臭気)

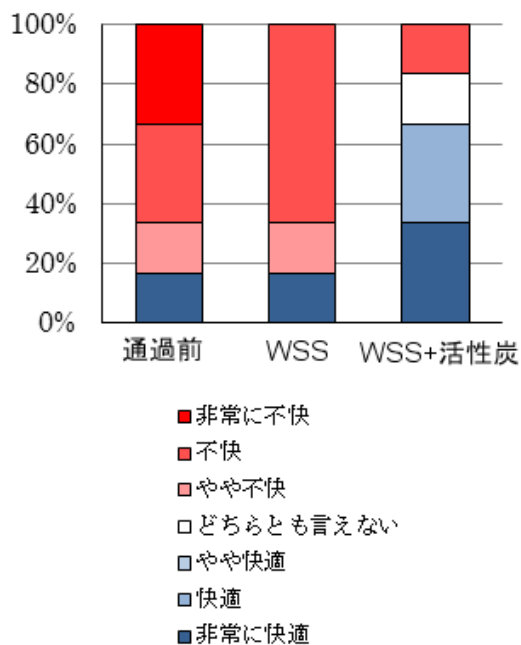


図6 官能試験結果一例 (ニンニク)

験結果でも、豚肉やさんまの調理臭気の場合は、WSS フィルター通過のみで、不快ではない、何となく感知できる程度の臭気まで低減

することが出来た。しかし、ニンニクの場合は、WSS フィルターの硫黄系臭気の吸着効果が弱いことから、図6に示すように、硫化アリルなどの硫黄系臭気を含むニンニクでは、WSS フィルターのみでの脱臭では、不快を示す人が多かった。しかし、WSS と活性炭配合フィルターを通過した空気は、豚肉、さんま、にんにく全てにおいて、無臭もしくはやっと感知できる臭いと回答した人が大半であり、WSS と活性炭配合フィルターの高い脱臭効果を確認することが出来た。

今後は、実際のレンジフードへの組み込みによる詳細な検討や、業務用厨房臭気、さらには農業分野などへの空気浄化フィルターとして、実用化に向けた試験を行っていく予定である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- ① C. M. Sanchez、長野克則他、稚内層珪質頁岩を基材とした空気清浄フィルターに関する研究 その2 光触媒による長寿命化の検討、空気調和・衛生工学会北海道支部 第45回学術講演会論文集、査読無し、2011、pp. 77-80
- ② 宮本将大、長野克則他、稚内層珪質頁岩を基材とした空気清浄フィルターに関する研究 その1 脱臭特性についての検討、空気調和・衛生工学会北海道支部 第45回学術講演会論文集、査読無し、2011、pp. 73-76
- ③ 殖栗達也、長野克則他、稚内層珪質頁岩を用いたハニカムフィルターの臭気物質吸着特性の評価、空気調和衛生工学会北海道支部第44回学術講演論文集、査読無し、2010、pp. 135-138
- ④ 立岩一真、長野克則他、稚内層珪質頁岩を用いた生活臭の低減に関する検

討,空気調和・衛生工学会北海道支部  
第43回学術講演会論文集,査読無し、  
2009, pp.1119-122

- ⑤ A.R. Divadasta, K. Nagano et al.,  
Evaluation of Indoor Odor Adsorption  
by using Wakkanai Siliceous Shale, 空  
気調和・衛生工学会平成20年度大会  
学術講演論文集、査読無し,2008, pp.  
1321-1325

[学会発表](計5件)

- ① 宮本将大、長野克則他、稚内層珪質  
頁岩を基材とした空気清浄フィルターに  
関する研究 その1 脱臭特性について  
の検討、空気調和・衛生工学会北海道  
支部第45回学術講演会、2011年3月  
17日、北海道大学、札幌
- ② C. M. Sanchez、長野克則他、稚内層珪  
質頁岩を基材とした空気清浄フィルター  
に関する研究 その2 光触媒による長  
寿命化の検討、空気調和・衛生工学会  
北海道支部 第45回学術講演会、  
2011年3月17日、北海道大学、札幌
- ③ 殖栗達也、長野克則他、稚内層珪質頁岩  
を用いたハニカムフィルターの臭気物質吸  
着特性の評価、空気調和衛生工学会北海  
道支部第44回学術講演会、2010年3月  
17日、北海道大学、札幌
- ④ 立岩一真、長野克則他、稚内層珪質  
頁岩を用いた生活臭の低減に関する検  
討、空気調和・衛生工学会北海道支部  
第43回学術講演会、2009年3月1  
7日、北海道大学、札幌
- ⑤ A.R. Divadasta, K. Nagano et al.,  
Evaluation of Indoor Odor Adsorption  
by using Wakkanai Siliceous Shale, 空  
気調和・衛生工学会平成20年度大会、  
2008年8月28日、立命館大学、草津

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長野 克則 (NAGANO KATSUNORI)  
北海道大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号：80208032

### (2) 研究分担者

桑原 浩平 (KUWABARA KOHEI)  
北海道大学・大学院工学研究院・助教  
研究者番号：40374528