
ペトロナス工科大学（マレーシア） 研修報告書

異なる粒径の PKS を用いた水熱炭化の反応速度解析と特性評価

工学研究科 機械物理工学専攻 廣田 綜一

1. はじめに

2015年8月31日から同年9月28日の間、マレーシアのペトロナス工科大学にて研究を行った。以下にその概要を示す。

2. 共同研究課題の決定

ペトロナス工科大学は、実バイオマスを用いた炭化や半炭化、エタノール生産に関する研究に積極的であり、とりわけパーム油産業が盛んなマレーシアにおいて大量に発生しているパームヤシ残渣の有効利用に関する知見が豊富である。広島大学ではモデル物質を用いた研究を積極的に進めているが、世界のバイオマス資源の現状やその対策に関する現実味は薄く、それらをバイオマス資源の利用に積極的なマレーシアで学ぶことは、今後の研究活動を進める上で極めて重要なことだと考えた。そこで本研究では、パームヤシ残渣の有効利用法の一つとして期待されている水熱炭化に着目し、その初期粒径が及ぼす影響を確認することとした。

3. 共同研究スケジュール

8月31日 : 出国・マレーシア到着
8月31～9月28日 : 研究, プレゼンテーション (中間・最終発表)
9月29日 : 帰国・日本到着

4. 共同研究派遣先の概要

大学名 : ペトロナス工科大学
所在地 : マレーシア ペラ州
指導教員 : 上村 芳三 教授

5. 共同研究の内容

5. 1. 緒言

国民の20人に1人が携わっているといわれるマレーシアにおけるパーム油産業であるが、大量に発生する残渣が問題となっている。この有効処理方法として、私たちは高温高压水中で処理を行い、高炭化物を得る水熱炭化という技術に着目した。水の中で反応を進行させるため原料の乾燥工程が不要であり、得られた炭化物は乾燥工程を用いることなくスラリー状の燃料として用いる試みがなされている一方、未だ原料の粒径変化の影響に着目した研究は行われていない。そこで私たちはパームヤシの種殻 (PKS) を原料として用い、生成物の特性評価確認を目的とした。

5. 2. 実験

実験条件を **Table 1** に示す。本実験で用いた PKS は、マレーシアのパーム油生産工場から譲り受けた。我々は、5種類の異なる粒径の試料を用意し、またそれに伴い反応温度や保持時間を変化させ、影響を確認した。試料は、水熱炭化の前に電気オーブンにて一晩以上乾燥させ水分を除去し、その後所定質量を計量した。

実験装置の概要を **Figure 1** に示す。反応器の内径、深さそして体積は、それぞれ 95 mm, 166 mm, そして 1200 mL であった。反応器に水と試料を投入した後、電気炉にて目標温度まで反応器の昇温を行い、目標温度に到達後、所定の保持時間温度を保ち、保持時間終了後は冷却水を冷却管に流して反応器の降温を行った。反応器内の温度が常温になった後に試料を回収し、吸引ろ過機を用いて濾過を行い、液体と固体サンプルに分けた。両サンプルとも質量測定を行うが、固体サンプルに関しては、実験前と同様にオーブンにて一晩以上乾燥させ乾燥質量も測定した後、質量収支測定のために水分含

有量を求めた。反応器の温度，圧力は熱電対と圧力計をそれぞれ用いて測定し，また実験中の反応を均一に保持するため，スタラーを 4 Hz にて回転させた。

得られた固体サンプルの元素分析を行うため，CHN 分析器（Perkin Elmer, Series 2400）を用いた。パージガスとしてヘリウムと酸素を用いた。また燃焼特性と表面形状分析のために，TGA（TA Instruments, TGA Q50）と SEM（Toshiba, TM3030）をそれぞれ用いた。

Table 1 Experimental conditions

Feedstock	PKS
Feedstock loading	30 g
Concentration	10 wt%
Nominal particle size	0.375, 0.75, 1.5, 3, 7 mm
Target temperature	200, 270 °C
Holding time	20, 40, 60, 240 min

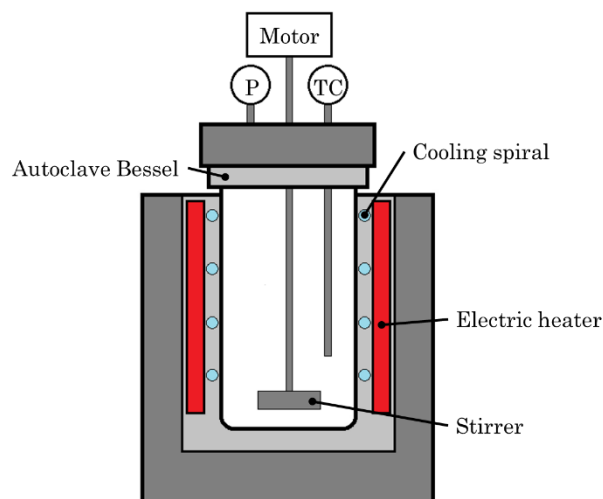


Figure 1 Autoclave reactor (cutting model)

5. 3. 結果・考察

5. 3. 1. 試料の反応性

各温度と保持時間における，粒径変化に伴った固体収量の変化を **Figure 2** に示す。固体収量は温度の上昇に伴って減少し，高い温度での反応性の高さを示している。また 200 °C において，固体収量は粒径の増加に伴って増加した。粒径が小さい場合，試料全体における反応表面積が増加するため，高い反応性を示したものと考えられる。一方で保持時間の影響は確認されなかったため，20 分で反応が終了したのと考えられる。また 270 °C では，保持時間の増加に伴い固体収量は減少した。

CHN 分析器によって測定した，炭素含有量の結果を **Figure 3** に示す。初期の炭素含有量は 51 % であり，水熱炭化によって増加したことが分かる。温度の上昇に伴い炭素含有量は増加し，高温にてより炭化が進行したことも伺える。200 °C において，炭素含有量は粒径の増加に伴って減少したため，このことから小さい粒径の反応性の高さを示したものと言える。

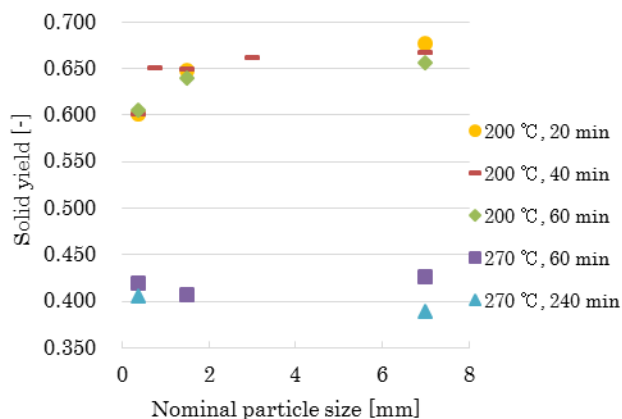


Figure 2 Solid yield of each particle size

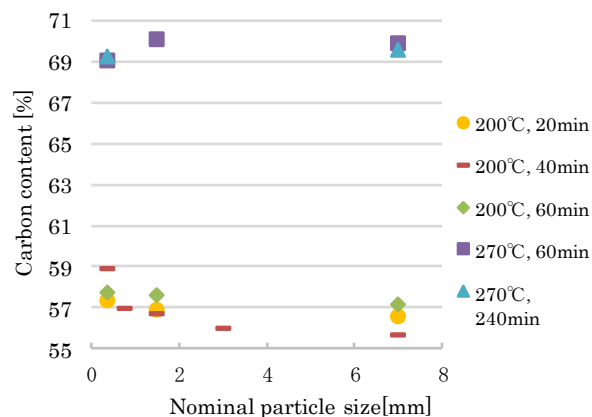


Figure 3 Carbon content of each particle

5. 3. 2. 燃焼特性

各温度と保持時間、粒径変化における TGA の結果を **Figure 4** に示す。未処理の PKS においては、ヘミセルロース (270 °C)、セルロース (350 °C) そしてリグニン (200 -700 °C) のピークが確認された。水熱処理後においては、200 °C と 270 °C 共にヘミセルロースのピークが消失した。とりわけ 270 °C の場合には、ヘミセルロースやセルロースのピークが完全に消えており、高温での反応性の高さを確認できたと言える。

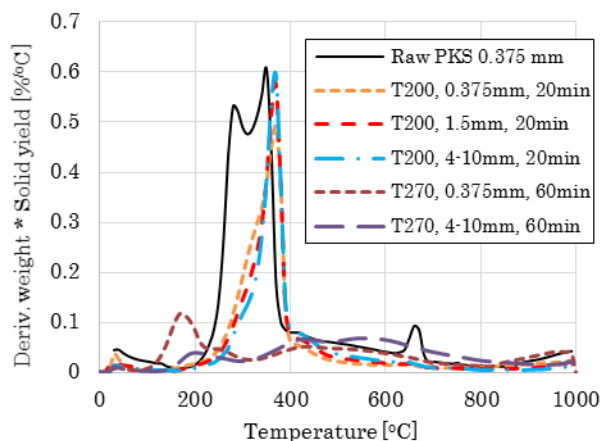


Figure 4 TGA results of each sample

5. 3. 3. 表面形状

Figure 5 に未処理の PKS と粒径が 4-10 mm の処理後の PKS の SEM 観察の結果を示す。反応の進行に伴い、表面に無数の孔が確認され、水熱炭化によって脱水縮合が進行したものと考えられる。同様の傾向が他の条件でも確認された。

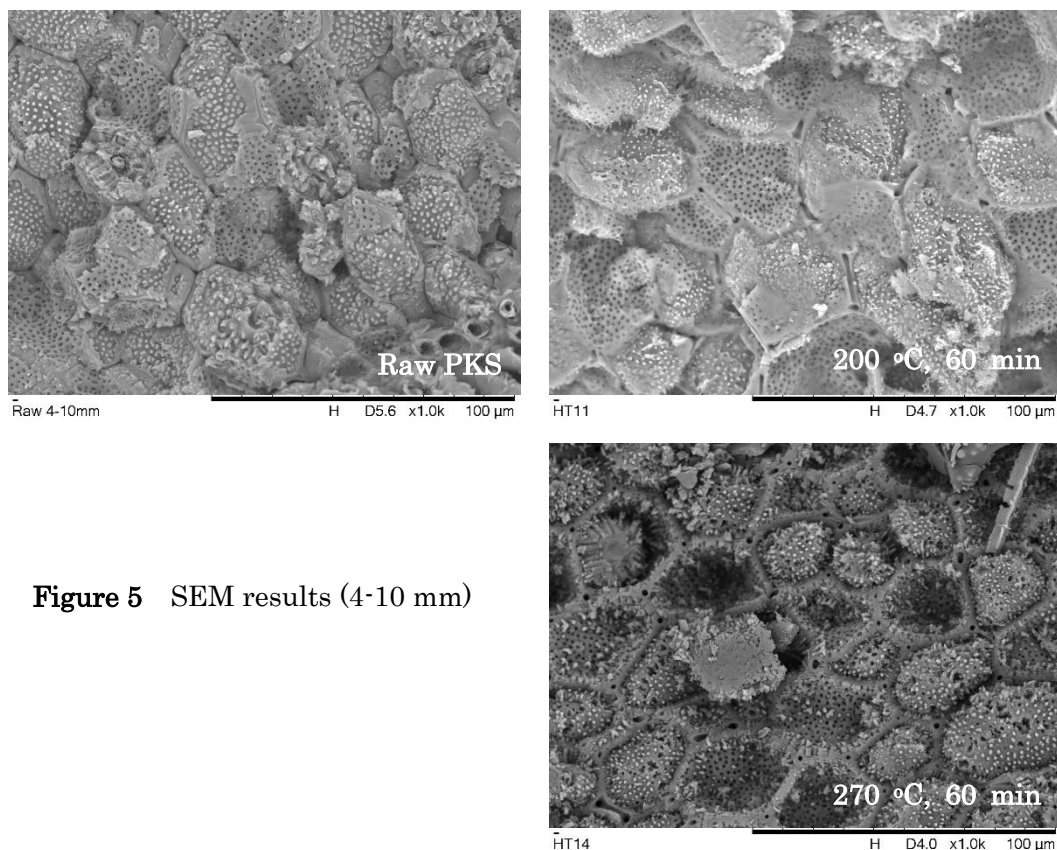


Figure 5 SEM results (4-10 mm)

5. 4. 結言

異なる粒径の PKS を用いて水熱炭化を行い、生成物の特性確認を行った。200 °C では、粒径の減少に伴い固体収量も減少し、炭素含有量は増加、そして TGA での分析においては、セルロースのピークが減少した。これは、粒径の減少に伴う試料全体における表面積の増加に起因しているものと考えられる。270 °C での実験では、200 °C と比較してより反応の進行が確認され、高温での反応性の高さが示された。

6. まとめ

研修期間中、私はマレーシアのパームプランテーション大手の FELCRA の搾油工場を訪れる機会を与えていただいた。私は日本の大学でもバイオマスの研究を進めているが、モデル物質を用いた研究であり、現実味をもって研究に取り組むことは少し難しいように感じていた。しかし本研修では、実際に用いた試料が大量に残渣として発生する現実を目の当たりにし、ここで生じている問題に対して何らかの手を早急に打たなければならないと感じさせられた。自分の研究の重要性をデータや文章だけではなく、自らの目で確認できたことは、今後の研究生活において一層やりがいを感じさせてくれるように感じ、引き続き日本で研究を進めるにおいても、今回の経験を糧に積極的に取り組んでいけたらと感じた。

7. 謝辞

本研究において、実習中ほぼ毎日ご指導して下さった上村芳三教授、松村幸彦教授、そして研究面や日々の現地生活において様々なサポートをして下さった現地の研究室の学生の方々には、厚く御礼申し上げます。また、海外共同研究というプログラムを通してサポートして下さいました実行委員会の諸先生方、支援室国際事業担当の皆様にも、深く御礼申し上げます。
