

---

---

# ペトロナス工科大学（マレーシア） 研修報告書

## EFBの水熱前処理における粒径・濃度・処理時間の影響

工学研究科 機械物理工学専攻 高瀬 裕介

### 1. はじめに

2014年9月3日から同年9月30日の間、マレーシアのペトロナス工科大学において研究を行った。その報告を以下にする。

### 2. 共同研究課題の決定

本研究室では、バイオマスのエネルギー利用法に関する研究を数多く行っている。また、マレーシアのペトロナス工科大学のバイオ燃料・化学品研究センター（Center for Biofuel and Biochemical Research; CBBR）で、バイオマス利用研究を行っている。マレーシアに特有の資源の有効利用に当研究室の有する水熱前処理技術を適用することを考えた。

### 3. 共同研究スケジュール

9月3日 日本を出発・現地へ到着

9月4日-9月5日 Biomass Short Course 2014 (BSC2014)

研究、プレゼンテーション

9月30日 現地を出発

### 4. 共同研究派遣先の概要

ペトロナス工科大学は1997年に、マレーシア唯一の石油会社ペトロナスの全面的バックアップで開学。卒業生は10,000人を超え、現在50以上の国々の6,000人を超える学部生、1,200人を超える大学院生が在籍している。PETRONASや地元および海外の組織や企業と共同で、広範囲にわたる研究活動を行っている。

大学名: ペトロナス工科大学(UNIVERSITI TEKNOLOGI PETRONAS)

所在地: マレーシア

指導教員: 上村芳三 教授

### 5. 共同研究内容

#### 5.1 緒言

世界のパームオイルの生産量は年々増加しているため、パームオイルの製造過程で生じる残渣であるEFB (Empty Fruit Bunches: 空果房) の量も増加している。マレーシアにはEFBが豊富に存在しているが、その有効利用が十分になされていない。EFBのようなリグノセルロース系バイオマスからのエタノール生産プロセスでは、水熱前処理を用いることで糖化収率の向上を狙うことができる。しかしながら、その粒径の影響・濃度・処理時間が糖化収率に及ぼす影響は明確になっていない。水熱前処理においては、過分解によって発酵阻害物質が生成するという問題がある。粒径が大きいと、内部まで水が届かないまま加熱が進行するために熱分解が進行しやすいと考えられ、その分発酵阻害物質の生成も多くなることが予想される。濃度が高いほど、処理時間が長いほど、同様の結果が予想される。したがって、本研究はEFBの水熱前処理における粒径・濃度・保持時間の影響を調査することを目的とした。

#### 5.2 実験

オートクレーブ(Fig.1)で試料(EFB)を目標温度まで加熱し、その温度で目標時間だけ保持。水熱処理の各条件をTable 1に示す。このとき、オートクレーブの温度の挙動を実験ごとに比較するため、2分ごとに温度を記録した。加熱後空冷し、温度が下がってから試料を取り出し、Table 2の条件で酵素処理を行った。酵素処理では、処理を開始してから、決めた時間でサンプリング

---

---



Fig. 1 Autoclave reactor

する。サンプルを HPLC,GC-FID を用いて分析した。HPLC ではグルコース濃度を、GC-FID では酢酸、フルフラールの濃度を測定した。他の阻害物質（ギ酸、5-HMF、バニリン）については現地では分析できなかったため、サンプルを日本へ持ち帰って分析を行った。

Table 1 Hydrothermal pretreatment condition

Feedstock	EFB
Particle size	0.125-0.250, <u>0.250-0.500</u> , 0.500-1 mm
Feedstock concentration	2.5, <u>5</u> , 10 wt%
Target Temperature	200 °C
Holding time	5, <u>10</u> , 30, 60 min

Table 2 Enzymatic hydrolysis condition

Enzyme (※ Cellulase)	14, 28, 56 U
Temperature	50 °C
Sample after pretreatment	100 g
Buffer fluid	100 ml
pH	5
Measuring time	0, 4, 24, 48 h
Rotation speed	120 rpm

※ *Trichoderma reesei* ATCC 26921(Sigma-Aldrich)

### 5. 3 結果と考察

各条件での水熱前処理後、酵素糖化を行ったときのグルコース濃度を Fig.2-4 に示す。これらを見ると、粒径と保持時間はグルコース濃度に影響を及ぼさなかったが、試料濃度による影響が現れたことがわかる。また、水熱前処理後の発酵阻害物質の濃度について比較したものを Fig.5-7 に示す。これらの水熱前処理における粒径、保持時間および試料濃度の影響についての結果を比較すると、粒径と保持時間については影響が現れず、試料濃度の増加に伴って発酵阻害物質の濃度が増加したことがわかる。これはグルコース濃度についての結果と同様の傾向が得られたと言える。リグニン由来のバニリンは、粒径、保持時間および試料濃度の増加に伴わずかに増加したが、他の物質に比べると生成量は微量であった。

今回の実験はバッチ式で行い、目標温度に達するまでに時間を要した。この間に十分に粒子に水分が吸収されたため、粒子の大きさによるグルコースおよび発酵阻害物質の生成量への影響が現れなかったものと思われる。また、保持時間についても、目標温度に達するまでに反応がある程度進行していたために、保持時間の変化による影響が確認されなかったということが考えられる。

試料濃度が高い方が生成するグルコース濃度が多いという結果が得られたが、多くの発酵阻害物質も同時に生成した。したがって、状況に応じて最適な条件を設定する必要がある。

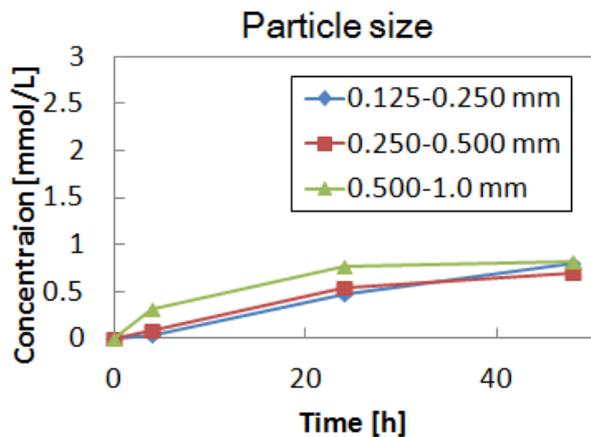


Fig. 2 Glucose concentration about particle size

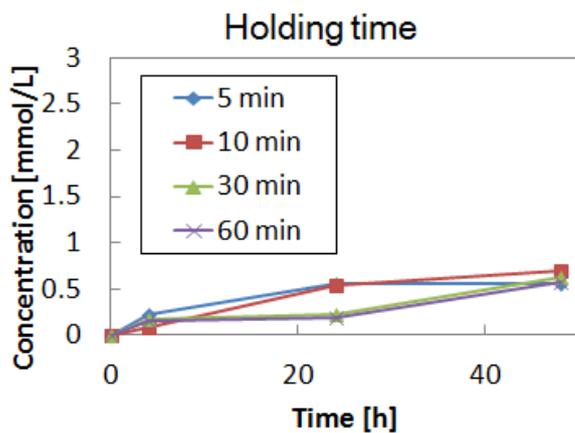


Fig. 3 Glucose concentration about holding time

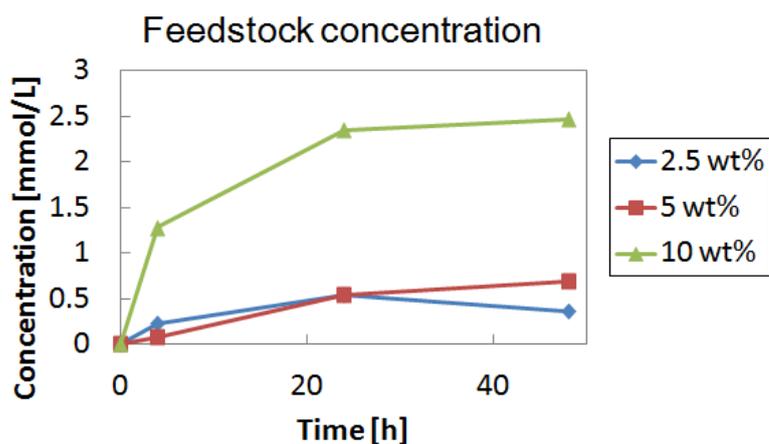


Fig. 4 Glucose concentration about feedstock concentration

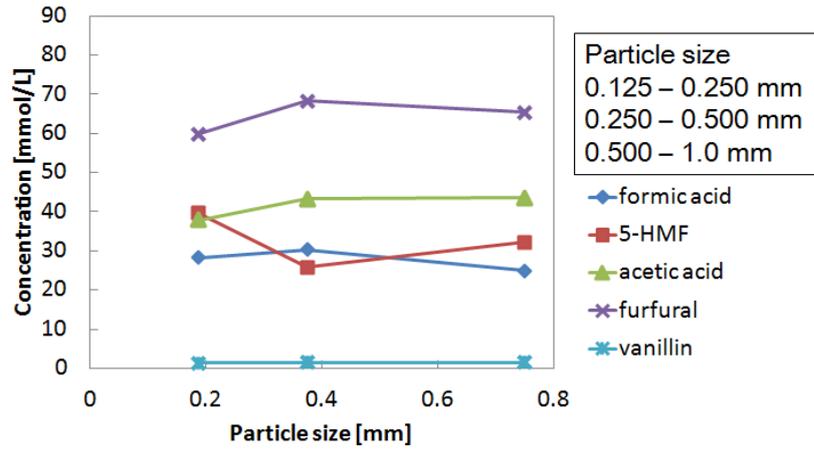


Fig. 5 Fermentation inhibitors about particle size

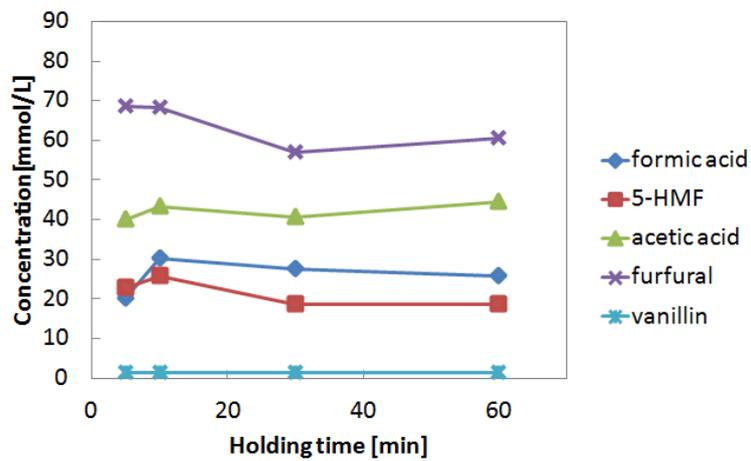


Fig. 6 Fermentation inhibitors about holding time

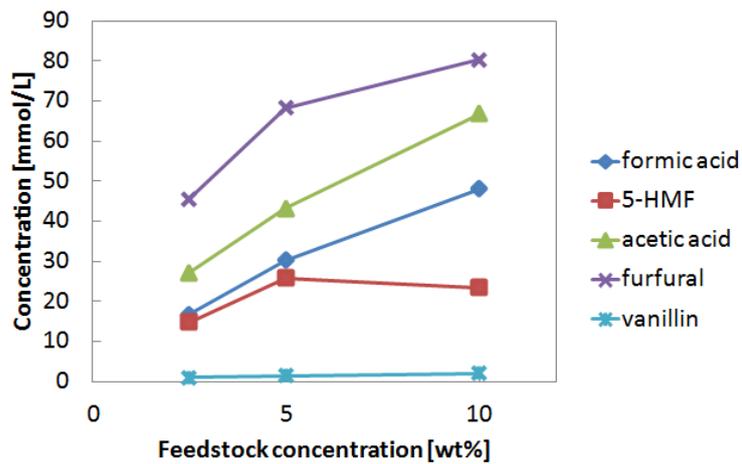


Fig. 7 Fermentation inhibitors about feedstock concentration

---

## 5. 4 結言

水熱前処理における粒径および保持時間はグルコースの生成量に影響を及ぼさなかったが、試料濃度については濃度の増加に伴ってグルコースが生成した。同様に発酵阻害物質については、粒径および保持時間は発酵阻害物質の生成量に影響を及ぼさなかったが、試料濃度が増加すると発酵阻害物質の量も増加した。

## 6. まとめ

マレーシアはマレー系、中華系およびインド系などの人々が暮らす多民族国家である。公用語はマレー語ではあるとはいえ、民族間での会話では英語が使用されるため、英語を理解できる人も多い。そのため、外国人でも英語を話すことが出来れば、生活には困らないという印象を受けた。一方で、日本では日本語しか話せない人が多く、看板や案内標識への英語表記なども徐々に適用され始めたという段階である。まだまだ日本は閉鎖的であると言わざるを得ないだろう。

研究室では、学生が発表者に対して質問や意見を投げかけ、積極的に議論に参加しようとする姿が印象的だった。日本の学生は遠慮しがちな気質であるため、見習うべきだと思われる。

初めてイスラム圏を訪問し、礼拝堂が至る所に建設されている、スーパーの製品にはハラールマークが付いたものばかり、女性は肌の露出を抑える、また食事では左手を使用しないと言われていたが、フォークなどを使用するときは左手も使用するなど、現地に行くと目で見て肌で感じたからこそわかることも多かった。

約1ヶ月という短い期間だが、英語を使わなければ生活できない環境に身を置くという、貴重な経験をさせて頂いた。そして、異文化に触れるということは、やはりテレビやインターネットの情報だけでは得られないものも多いと実感した。また、研究活動は時間との闘いでもあったが、限られた時間で結果を出すということも非常に重要なことなので、大変勉強になった。

## 7. 謝辞

本研究において、ご指導して下さった上村芳三教授、松村幸彦教授、研究面のみならず現地生活の手助けをして頂いた研究室の学生の方々には、厚く御礼申し上げます。また研究指導、様々なサポートをして頂いた先生方、学生支援グループ国際事業担当の皆様には感謝の意を表します。

---