

## 9. 微細藻の破碎効率化のための超音波照射方法の検討

東京工業大学大学院理工学研究科化学工学専攻 松本 秀行

東京工業大学大学院理工学研究科化学工学専攻 ○蜂谷 修平

### 1、緒論

近年、食料と競合する従来のバイオマス燃料と異なり、食料と競合しない微細藻類を用いたバイオディーゼル燃料(BDF)が注目されている。加えて微細藻類のオイル生産の作付面積効率は、従来の穀物及び植物油から成るバイオ燃料よりも良いことが知られている。しかし、微細藻類によって生産されたオイルを抽出するためには微細藻類の細胞壁を破碎する必要がある、破碎工程がBDF生産プロセスシステム全体の効率に及ぼす影響は無視できないと考えられる。例えば、破碎を促進する薬剤を使用する場合、破碎後に薬剤を分離するエネルギーが必要となり、薬剤の使用を軽減できる手法が望まれる。

そこで本研究では、細胞壁の破碎方法として、キャビテーションのエネルギーの利用方法に着目した。高エネルギーを発生しうる超音波照射法について、その出力及び周波数が微細藻の破碎挙動に及ぼす影響を明らかにし、超音波照射条件が破碎後の固液分離効率に及ぼす影響も検討する。

### 2、微細藻の破碎・分離プロセス

培養液中の微細藻類の乾燥重量は0.1%程度で、乾燥重量の1000倍程度の水が存在するため、微細藻をそのまま燃料として利用することができない。そこで、微細藻のオイル抽出技術として dry extraction と wet extraction の二つの方式(図1)が考案されている。

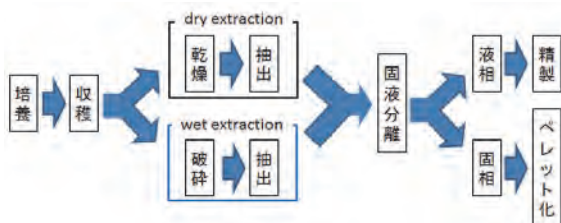


図1 微細藻オイル生産のプロセスフロー

dry extraction の特徴は、スプレードライヤーによる乾燥操作を行い水の分離を行うことである。これに対し、wet extraction は乾燥操作をせずに細胞膜を湿式破碎で粉碎することが特徴である。図2に示したように、dry extraction は得られるエネルギー量よりも投入エネルギーが大きく上回り、エネルギー収支がマイナスになることが報告されている<sup>[1]</sup>。乾燥操作の使用エネルギーが大きいことより、wet extractionの方がエネルギー収支を改善できる可能性が高いと考えられている。

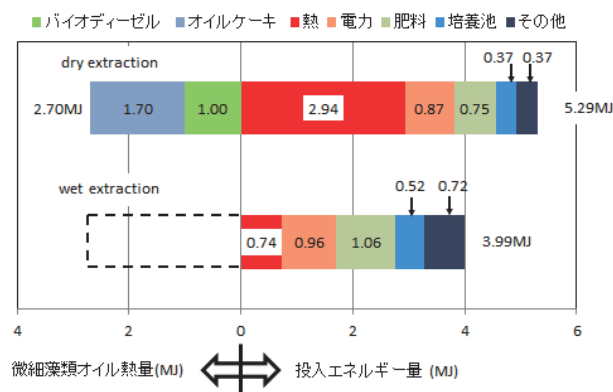


図2 extraction プロセスのエネルギー収支予測<sup>[1]</sup>

また湿式破碎の手法としてビーズミル、キャビテーション、マイクロ波などが検討されている。本研究では、温度上昇が少なく、溶剤を軽減できるとされているキャビテーションに着目した。本研究で用いる超音波キャビテーションは周波数・出力によって破碎効率が変ることが報告されているが、後工程の固液分離への影響を考察している研究はほとんどない。そこで図3に示されるように、上層が燃料層、下層が水層で中間層が燃料・水混合層であるセトラモデル<sup>[2]</sup>に基づいて、微細藻の破碎挙動が後段の分離操作の効率に与える影響について検討する。

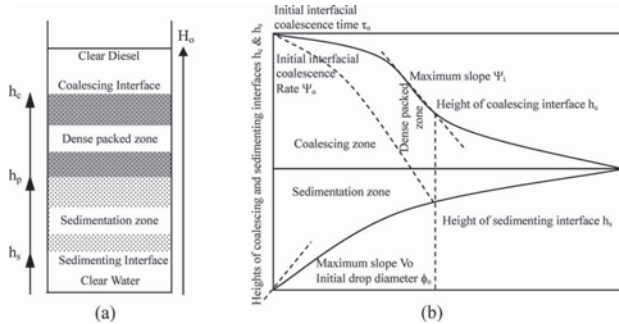


図3 ディーゼル-水系セトラモデル<sup>[2]</sup>

### 3、超音波照射法の検討

#### ・実験方法

ガラス製円筒容器に純水 25 mL とヤエヤマクロレラの粉末 0.01 g を入れ、超音波を間接照射した (図4)。破碎実験においては、超音波照射時間を 90 min、照射出力を 40 W、水浴温度は  $24 \pm 1$  °C とし、周波数  $f$  [kHz]、容器高さ  $h$  [cm] を変化させた。

照射終了後、顕微鏡 (KEYENCE 社 VW-9000) と細胞計数盤を用いて図5のように観察される黒点のカウント数  $N$  [ $\text{mL}^{-1}$ ] を測定した。また、サンプル溶液を遠心分離操作した後、分光光度計を用いて上澄み液の吸光スペクトルを測定した。

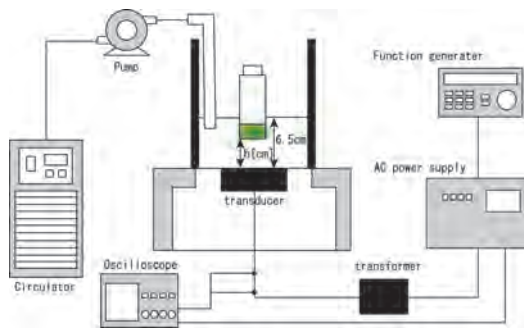


図4 実験装置概略図

#### ・結果と考察

容器高さ  $h$  が黒点のカウント数  $N$  と吸光度  $I$  に及ぼす影響を検討した。  $f = 23$  kHz、  $h = 2$  cm の場合、  $N = 5 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$  であった一方、  $h = 1$  cm と  $h = 3$  cm の場合、それぞれ  $N = 3 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$  であった。図5に照射前と  $f = 23$  kHz、  $h = 2$  cm の条件下で照射した後の観察画像を示す。照射前に見られた大きな黒点が照射後にほとんど見られなかったことと  $N$  の増加より、超音波を照射することで大きな黒点が小さく分割されていったと考

えられた。

図6に  $f = 23$  kHz において、  $h$  を変えた場合の吸光スペクトルの変化を示す。  $h = 2$  cm の場合は、  $h = 1$  cm と  $h = 3$  cm の場合よりもクロフィルの吸収波長である 680 nm 前後での吸光度のピークが顕著に見られ、振動子と容器の位置関係が微細藻の破碎挙動に影響を及ぼす設計変数であるという知見が得られた。

また、OH ラジカル生成量が多いといわれている周波数  $f = 500$  kHz の超音波を照射した場合には、680 nm 付近のピークがほとんど見られず、細胞壁へのキャビテーション作用が 23 kHz の場合と異なると考えられた。今後は、所要エネルギー量を削減するために、異なる周波数を組み合わせる重畳超音波照射法の適用を検討する。

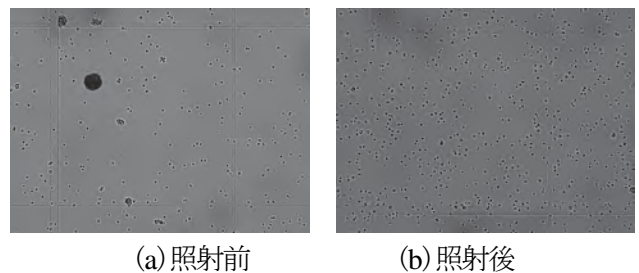


図5 細胞計数盤上溶液の観察画像

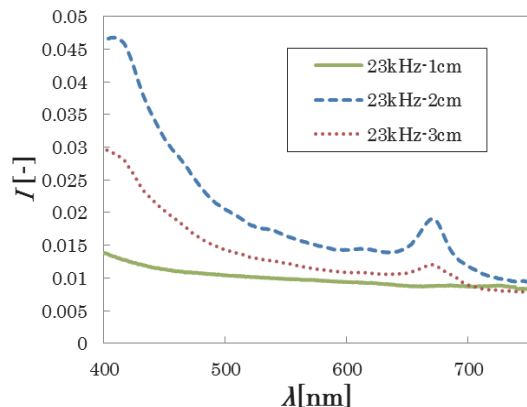


図6 23 kHz 照射の場合の各容器高さにおける吸光スペクトル

#### <引用文献>

- [1] L.Landon et al. : *Environ. Sci. Technol.*, **43**, 6475-6481 (2009)
- [2] G. M. Madhu et al. : *J. Disper. Sci. Technol.*, **28**, 1123-1131 (2007)