

マイクロ波を用いバイオマスの超急速熱分解を実現

東京工業大学の椿俊太郎助教、和田雄二教授らは産業技術総合研究所の西岡将輝上級主任研究員とともに、マイクロ波を用いてバイオマスの超急速熱分解に成功した。半導体式マイクロ波発振器と円筒型空洞共振器を用い、マイクロ波の照射条件を精密制御してバイオマスに強電界を印加することにより、稲わらを最大毎秒 330 °C に急速昇温することができた。

従来のマグネトロン式のマイクロ波装置を用いたバイオマスの熱分解では、バイオマスに集まる電界強度が低いため、マイクロ波の吸収性が高い熱媒体を添加する必要があった。今回は半導体式のマイクロ波を用いて高い共振状態を作り出すことにより、熱媒体を用いることなくバイオマスを 600 °C 以上に急速昇温することができた。

研究成果は英国王立化学協会の「Green Chemistry」オンライン版に 11 月 22 日に掲載された。

バイオマスの急速熱分解によって、合成ガス（一酸化炭素および水素の混合気体）、バイオオイル（タール）、バイオチャー（炭素材料）などの有用な化学物質を得ることができる。しかし、バイオマスは熱伝導率が低く、水分含有量が高いため、効率的に加熱するためにはバイオマスを微粉末化して熱伝導性を高めつつ、高温に加熱した熱媒体と接触させる必要があり、プロセスの効率向上が求められていた（図 1A）。

マイクロ波加熱はバイオマスの加熱効率を高める方法として検討されてきた。だが、従来のマグネトロンを用いたマイクロ波加熱方式では高い電界強度を得ることができないため、マイクロ波吸収性のよい熱媒体として炭素やシリコンカーバイド（SiC）を添加する必要があった（図 1B）。

そこで本研究チームは、半導体式のマイクロ波発振器を用いてマイクロ波の照射条件を精密に制御することにより、高強度のマイクロ波をバイオマスに集中し、熱媒体を用いることなく、省電力での急速なバイオマスの熱分解を検討した（図 1C）。

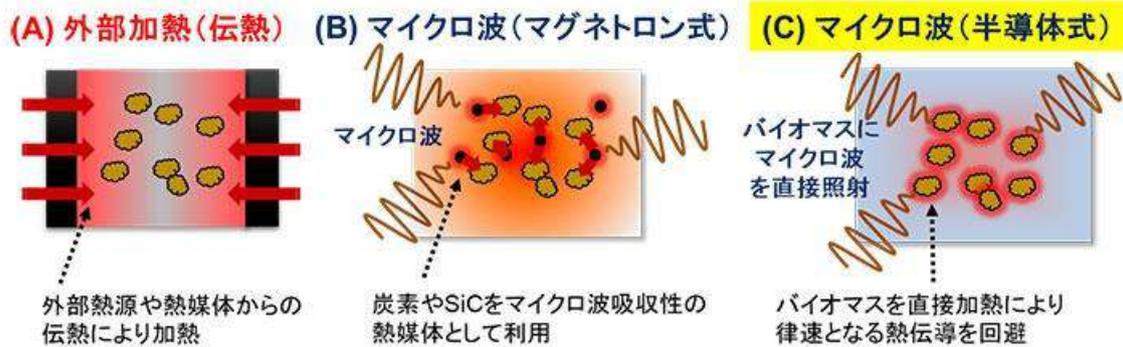


図 1.従来の外部加熱方法およびマグネトロン式のマイクロ波加熱と、本研究における半導体式のマイクロ波を用いたバイオマスの加熱方法の比較

今回の研究ではバイオマスのモデル原料（セルロースとアルカリリグニン）と実際に排出されるバイオマス原料（稲わら）に対して、共振周波数[用語 5]の自動追跡が可能な半導体発振式のマイクロ波加熱の効果を検証した。この装置を用いた場合、マイクロ波照射後 12 秒以内に稲わらが 600 °C 以上に加熱され、最大の昇温速度毎秒 330 °C に達した（図 2A）。

また、バイオマスの熱分解反応中に炭素化が進行する過程を共振周波数の変化を追跡することで、直接観測することができることを見出した。急速昇温が生じる間に共振周波数が大きく低下していることから、昇温に伴いバイオマスの急激な炭素化が進行していることが確認された（図 2B）。

これらの結果から、半導体式のマイクロ波発振器を用いて高度に制御したマイクロ波を用いることにより、熱媒体を使用せずにマイクロ波のエネルギーをバイオマスに直接伝送し、超高速に熱分解できることを実証した。開発した技術は林地残材や農業残滓などのバイオマスだけでなく、プラスチックや食品、汚泥、医療系ゴミなどの廃棄物の分解にも応用することができる。

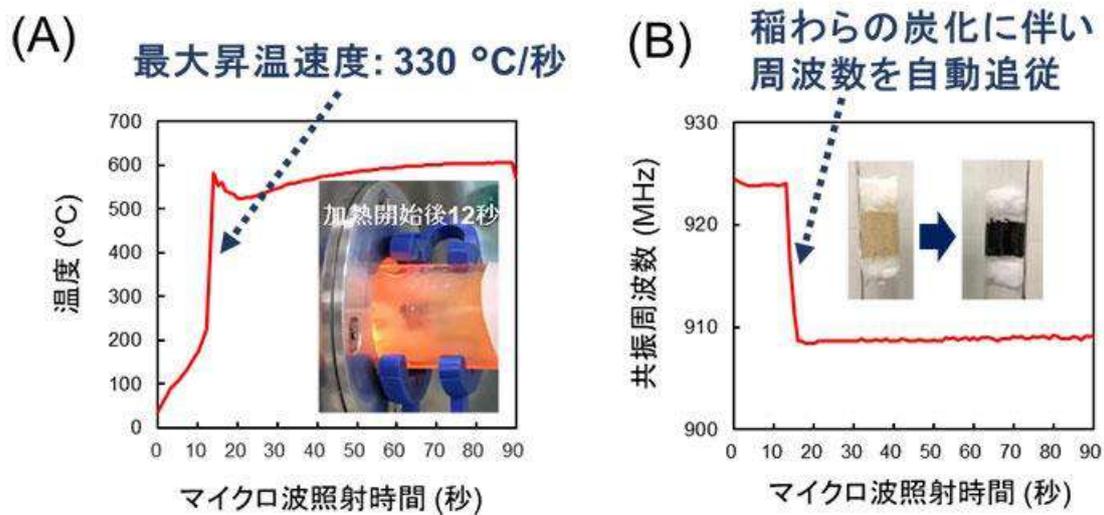


図 2.半導体式マイクロ波装置を用いた稲わらの急速昇温。マイクロ波加熱時の (A) 温度変化、および (B) 共振周波数の変化

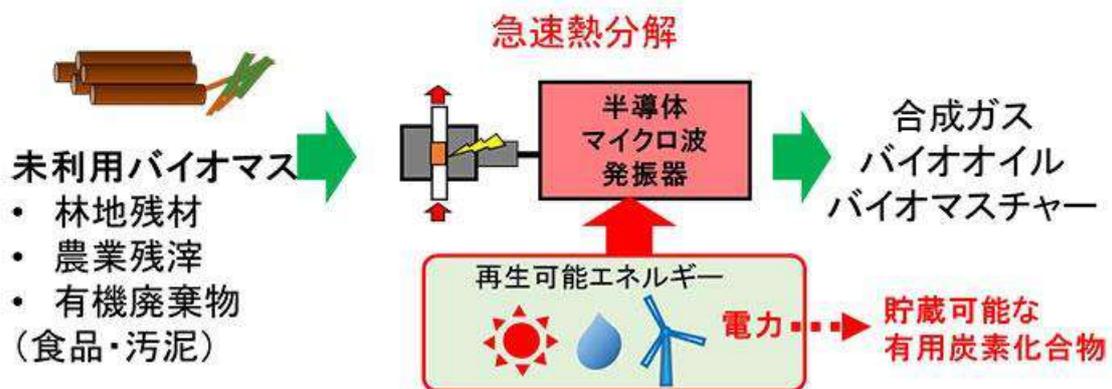


図 3. 半導体式マイクロ波加熱装置を用いた未利用バイオマス資源から有用炭素化合物の製造

日文新闻发布全文 <https://www.titech.ac.jp/news/2019/045674.html>

文: JST 客观日本编辑部翻译整理