

## 二酸化炭素の色？

国立大学法人 豊橋技術科学大学 グローバル工学教育推進機構  
副機構長・教授 大門 裕之

Director・Professor Hiroyuki Daimon  
Institute for Global Network Innovation in Technology Education  
Toyohashi University of Technology



### 1.はじめに

大気中二酸化炭素の濃度上昇をいかに抑えるかが深刻な課題となっている。一昨年度に、大気中二酸化炭素濃度が初めて400ppmを越え、昨年度は、過去最高の上昇量を記録した。低炭素社会から脱炭素社会の構築がうたわれ、ゼロエミッションからネガティブエミッションが叫ばれるようになってきている。また、2015年末にパリで開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)の期間中に、土壌中の炭素を毎年0.4%増加させる行動(4/1000イニシアチブ)が立ち上がった。このことから土壌炭素貯留、すなわち、堆肥の施用による土壌炭素量の増加が地球温暖化の緩和に役立つ方法の一つとされている。このように、地球温暖化の緩和にはまったなしの状況なのである。二酸化炭素は、バイオマスから排出されたものはカーボンニュートラルとして位置づけられ、化石燃料から排出したものは温室効果ガス(二酸化炭素の地球温暖化係数は1)となる。一方、植物にとっては、光合成になくてはならないものである。この二酸化炭素について、次の三つの視点から考えてみる。

### 2.バイオマスから排出する二酸化炭素

木質バイオマス発電は、国の将来構想を大きく上回る事態となっている。これは、再生可能エネルギー買取制度(以下、FIT)、電力やガスの自由化、企業の社会的責任活動などに起因している。経済産業省資源エネルギー庁には、「このFIT制度により、エネルギー自給率の向上、地球温暖化対策、産業育成を図ると共に、コストダウンや技術開発によって、再生可能エネルギーが日本のエネルギーを支える存在となることを目指します。」とある。国内で発生する間伐材、剪定枝、建設廃棄木材を木質バイオマス発電の原料に利用することができれば理想的である。また、これにより、林業の活性化、山林の再生や保全が期待できる。このようなエネルギー自給率向上の理想に対し、現在の木質バイオマス発電に一部用いられている原料(パームのヤシ殻など)は海外からの輸入が主であり、その原料が安定的に、そして持続的に確保ができるかは不明である。さらに、カーボンニュートラルとはいえ、温室効果ガスの一つである二酸化炭素を(大量

に?) 排出し、大気中の二酸化炭素濃度を上昇させている。パームのヤシ殻は、石炭の約7割の発熱量であるが、今後、パーム空果房までもが利用されるようになると、その発熱量は、さらに低くなる。最近、非難を受けている石炭火力発電所では、1kWh当たり、500g強(高効率の場合)から1000g弱(低効率の場合)の二酸化炭素を排出する(これは、採掘から燃焼までのものであるが大半は燃焼時のもの)。そこでパームのヤシ殻を原料にする木質バイオマス発電所からは、1kWh当たり、何グラムの二酸化炭素を排出しているのかを検証すべきではないだろうか。パームを生産しているインドネシアやマレーシアで、廃棄物であるヤシ殻を用いる現地での発電は理解される。プランテーションで収穫されたヤシ果房が有する炭素の63.4%がパーム油で残りがヤシ殻を含む廃棄物となっている<sup>(1)</sup>。炭素源を輸入するという点では、パーム油もヤシ殻も違いはなく、パーム油と同様にその持続性を議論すべきである。また、プランテーションでは、土壌の有機物不足から収穫量が減少していることも指摘されており、パーム油生産で排出されるバイオマスの有効利用によりパーム油生産の持続可能な管理が求められている<sup>(2)</sup>。化石燃料からではあるが、二酸化炭素排出量を抑えた高効率発電技術を豊富に有する日本において、上述のような一部の原料を輸入に頼っている木質バイオマス発電は、他国からどのようにみられているであろうか。

一方、EUにおいては、環境および森林破壊を進めているパーム油由来の燃料の輸入を止める議論が進んでいる<sup>(3)</sup>。英国の大手スーパーマーケットでは、パーム油を使った自社ブランドの商品の販売禁止を計画し議論になっている<sup>(4)</sup>。これに対し、日本は、パーム油を輸入し、さらにヤシ殻に加え空果房も輸入しようとしている。要するに、環境および森林破壊を起こしているパーム産業の発展を促進していると取られる可能性がある。よって、日本は、他国以上に、パーム産業による環境破壊を抑制する技術および経済支援をする必要があると言える。または、ヤシ殻を売却して得た収益により、パーム産業自身が環境保全あるいは環境負荷軽減技術の導入を進められていることを願う。

今年5月30日、中部電力は石炭と木質バイオマスの混焼による火力発電所の起工式を開いた。国内最大級で最新鋭の機器を導入したものである。燃料全体の17%を木質ペレット

トにし、年間約90万トンの二酸化炭素排出量削減を目指す。この旬な話題を考えてみる。まず、燃料として用いる石炭は、安価で最も持続性が高い燃料である。しかし、液化天然ガスや石油よりも二酸化炭素の排出量が多く、発電所の燃料としては地球温暖化への懸念がある。次に、木質ペレットから排出される二酸化炭素の量は、どれぐらいなのであろうか。

木質バイオマスから排出される二酸化炭素は、カーボンニュートラルが真に成立し平衡状態に達するまで、地球温暖化を促進することになる。FITは、契約後20年間保障されている。よって、契約一年目は、二酸化炭素の地球温暖化係数を1、二年目から0.05ずつ減らし、20年後からバイオマス由来の二酸化炭素の温室効果係数をゼロと考えてみるのはいかがなものだろうか。

「木質バイオマス発電！続けられるか、やさしくなるまで」

### 3. バイオマス由来の二酸化炭素で光合成を促進

平成23年から五年間、文部科学省先導的創造科学技術開発費補助金『社会システム改革と研究開発の一体的推進』気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム「バイオマス・CO<sub>2</sub>・熱有効利用拠点」に取り組んだ<sup>(5)</sup>。実証現場である下水処理場では、発生する下水汚泥から発酵により得られるバイオガスを用いて発電を行った。当該事業では、バイオガス中に含まれる二酸化炭素を用いて海藻養殖の光合成を促進させることを試みた。また、発電時に排出する二酸化炭素をトマトの光合成促進に利用し、排熱をトマトハウスの加温に利用した。発酵残渣から、臭いの発生を抑制することができる吸引式堆肥化装置を用いて肥料を生産した。このように、廃棄物からエネルギーや肥料を生産し、その際に発生する二酸化炭素や熱を活用して作物を生産する事業を、実際の現場（豊川浄化センター）において稼働させた。これらの発想は昔からあったが、実際の現場で行ったことに意義があった。このように下水汚泥起源の二酸化炭素を用いて光合成の促進に取り組んだ。これは炭素の固定化ではない。根、茎、葉を土壌に貯留すれば別であるが、少なくともトマトや海藻は、食べれば二酸化炭素として大気へ放出される。よって温暖化の緩和には役立たない。しかし、作物生産には、二酸化炭素の施用は効果抜群であり、特に、海藻へその効果は絶大なものであった。

「土壌炭素貯留は、永久ではなく、数年だけでもよしませんか？」

### 4. 1kWh当たりの二酸化炭素排出量を低減させる方法

上述した事業の取り組みを行った民間企業と共同で、愛

知県豊橋市にある中規模養豚農家に、この事業で開発したメタン発酵システムを社会実装した<sup>(6)</sup>。稼働して二年が経過し、養豚農家での臭気が低減でき、水処理が安定し、堆肥化作業を軽減させることができた。発電による売電収入により、約10年でシステムの原価回収ができる見込みである。千頭規模の養豚農家では、国内初の取り組みである。ところで、廃棄物である豚糞尿から、その場でバイオガス発電をする際に発生した二酸化炭素の排出量は、どれぐらいになると考えられるのか。その場では、化石燃料を使用しておらず、バイオマスから得られたバイオガスによる発電であるためゼロなのか。しかし、中部電力から化石燃料由来の電気を使用している。その使用量は、バイオガス発生効率が最低の時で、発電した電力量の半分となる。中部電力の電気は、1kWh当たり、全国平均より少ない500g弱（2016年）の二酸化炭素を排出しているため、この養豚農家の電気は、その半分の250g弱の二酸化炭素を排出していることになる。よって、このバイオガス発電システムは、1kWh当たりの二酸化炭素排出量を低減させる方法の一つと言える。500g弱/kWhの電気を安く買い、250g/kWhの電気を高く売る。さらに、臭気問題も軽減ができるこの仕組みは悪くはない話である。新しい産業育成を図り、コストダウンや技術開発によって、再生可能エネルギーが日本のエネルギーを支える存在を目指すFITに準ずるといえる。

「電気を安く買い、高く売る。は、地球環境的にはやさしい」

資料と情報を提供して頂いた豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 特任准教授 熱田洋一先生および同 グローバル工学教育推進機構 国際支援職員 蒲原弘継 博士に感謝する。

#### 参考文献

- (1) Kamahara H., Anugerah W., Tachibana R., Atsuta Y., Goto N., Daimon H., Fujie K., Greenhouse Gas Balance on Life Cycle of Biodiesel: A Case of Palm Biodiesel Production in Indonesia, The 8th International Conference on Ecobalance, Tokyo, December 10-12, 2008.
- (2) Kamahara H., Faisal M., Hasanudin U., Fujie K., Daimon H., Material Flow Analysis for Resource Management towards Resilient Palm Oil Production, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 334(1), IOP Publishing, 2018.
- (3) Reuters, "EU to phase out palm oil from transport fuel by 2030", 14 June, 2018.
- (4) BBC, "Iceland supermarkets to ban palm oil in own-brand products", 10 April, 2018.
- (5) 大門研究室「平成23年度文部科学省科学技術戦略推進費採択プロジェクトのページ」：<http://water.ens.tut.ac.jp/cnp/naiyou.html> (2018年7月現在)
- (6) YouTube "Biogas Power Generation - Toyohashi Method" : <https://www.youtube.com/watch?v=EaxP628wN3A&t=39s> (2018年7月現在)

#### 大門 裕之（だいもん ひろゆき）氏 略歴

平成 6 年 9 月 豊橋技術科学大学 大学院工学研究科 博士後期課程 材料システム工学専攻 修了  
平成13年 4 月 豊橋技術科学大学 エコロジー工学系 助手  
平成25年10月 豊橋技術科学大学 グローバル工学教育推進機構 国際交流センター 教授  
平成30年 4 月 豊橋技術科学大学 グローバル工学教育推進機構 副機構長・教授