

**炭化の LCA 解析に関する基礎的考察**  
**- 農業集落排水汚泥を対象とした温室効果ガスへの影響 -**  
**Fundamental Study of LCA Analysis on Carbonization**  
**- Effects of Sludge from Rural Sewerage on Greenhouse Gases -**

鈴木伸治<sup>\*</sup>，凌祥之<sup>\*</sup>，執行盛之<sup>\*</sup>  
 SUZUKI Shinji<sup>\*</sup>，SHINOGI Yoshiyuki<sup>\*</sup>，SHIGYO Moriyuki<sup>\*</sup>

1. 背景および目的

近年，農業集落排水汚泥をはじめとしたバイオマス炭化すると，土壌改良材や水質浄化剤としての利用価値が非常に高くなることが注目されている(凌, 2003)．炭化処理に伴う燃料使用により温室効果ガスが排出されるが，逆にバイオマス中の炭素が再資源炭に固定されるため，CO<sub>2</sub> 排出の抑制が期待できる．このように，再資源炭の環境負荷と環境保全機能を総合的に評価するために，筆者らはライフ・サイクル・アセスメント(LCA)手法を用いた解析に着手している．本研究ではその端緒として，集落排水汚泥の炭化処理に着目し，排出される温室効果ガスと再資源炭の炭素固定機能について定量解析を試みた．

2. 方法

2.1 炭化装置の概要

本研究では，Fig. 1 に示す連続式パイロット炭化装置を対象とした．この炭化装置はプロパンガスを燃料とするが，炭化の際に発生する乾留ガスを回収し，プロパンガスと併せて再燃させる(安村ら，2002)．高機能化装置は，炭化の廃熱を利用して発生させた水蒸気の添着により再資源炭の表面積を増やし，吸着機能を高めるためのものである．

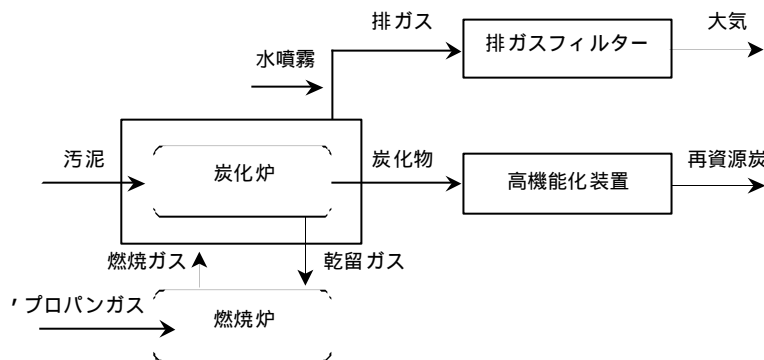


Fig. 1 集落排水汚泥炭化装置の模式図

排ガスは冷却された後，フィルターを通して大気に放出される．炭化処理では，炭化に先立つ炉の温度上昇に 2 時間要し，その間 4m<sup>3</sup>/h のプロパンガスが消費される．所定温度に達した後は，30kg/h の速度で汚泥を供給し，2～4m<sup>3</sup>/h のプロパンガスを消費することにより炭化が行われる．炭化温度は 400～1000 である．

Table 1 排水汚泥と再資源炭の物性

汚泥		再資源炭
含水率	収率	炭素含有率
%	%	%
50	35	30

2.2 温室効果ガス排出量と炭素固定量の算出

温室効果ガスは CO<sub>2</sub> の発生量で換算し，汚泥の乾燥質量(Ds)に対する炭素(C)の質量比で表す．これを温室効果ガス排出率とする．そのためプロパンガスの消費量に，ガスの密度(1.87kg/m<sup>3</sup>)，温室効果ガス排出係数(3.02kg-CO<sub>2</sub>/kg；環境省，2000)，および C の原子量と

<sup>\*</sup>独立行政法人農業工学研究所，National Institute for Rural Engineering  
 キーワード：バイオマス，炭化，LCA

CO<sub>2</sub> の分子量の比(12 : 44) を乗じ, Table 1 に示した含水率より求めた汚泥の乾燥質量で除して求めた. なお, 乾留ガスや排ガスの処理, および再資源炭の高機能化については詳細なデータが得られなかったため, 評価の対象とすることはできなかった.

次に Table 1 の値を用いて, 再資源炭が固定する炭素を以下の方法で算出した. 汚泥の乾燥質量を Ms[kg], Ms[kg]の汚泥から製造した再資源炭質量を Mc[kg], Mc[kg]の再資源炭の炭素質量を Ct[kg]とすると,

$$\text{収率} = \text{Mc} / \text{Ms} \times 100 [\%] \quad \dots (1)$$

$$\text{炭素含有率} = \text{Ct} / \text{Mc} \times 100 [\%] \quad \dots (2)$$

式(1), (2)より Ct / Ms を求め, これを炭素固定量とした.

### 3. 結果および考察

温室効果ガス排出率を, 炭化装置の稼働時間との関係でみると(Fig. 2), プロパンガスの供給量が 4m<sup>3</sup>/h のとき, 稼働直後は 820kg-C/t-Ds と高い値を示すが, その後急激に減少し, 10 時間経過した後は減少の傾向が穏やかになり, 24 時間経過時には 450kg-C/t-Ds 付近でほぼ一定となる. これは, 装置の稼働直後は炭化炉の温度上昇のみにプロパンガスを消費しているためであり, 稼働時間の増加とともに汚泥の投入量が増すと, 単位質量の汚泥を炭化するために消費するプロパンガスの割合が減少するためである. プロパンガスの供給量が 2m<sup>3</sup>/h の場合, 変化の傾向は同様であるが, その値が稼働直後で 25%, 24 時間経過時には 46%減少する.

一方, 再資源炭の炭素固定量は 105kg-C/t-Ds であった. この値を温室効果ガス排出率から差し引いた値が, 温室効果ガスによる正味の環境負荷である. Fig. 2 に示すように, 再資源炭の炭素固定を考慮すると, プロパンガスの供給量が 4m<sup>3</sup>/h では 13~23%, 2m<sup>3</sup>/h では 17~43%, 温室効果ガス排出率が減少することが認められた.

### 4. 今後の展望

集落排水汚泥の物性が変動する場合, 炭化の際に消費するエネルギーや再資源炭の炭素固定量の変化を考慮する必要がある. 今後, 炭化の LCA 解析に向けた必要事項として, 重金属やダイオキシンなどの有害物質と酸性雨への影響に対する調査, 炭化装置の製造, 運転, 規模, 耐用年数, 保守, 廃棄の全工程を対象とすること, 材料や違いや, 再資源炭と同一の用途を持つ他の製品との比較が挙げられる.

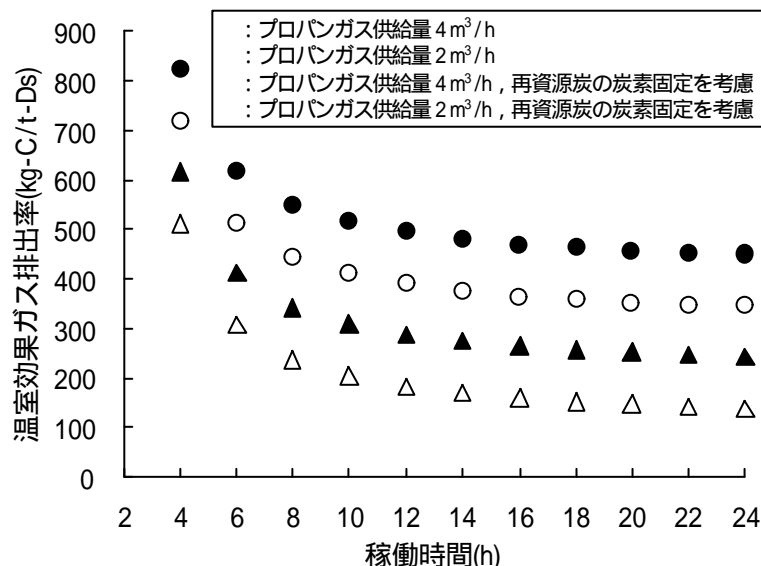


Fig. 2 炭化に伴う温室効果ガスの排出

#### 引用文献

環境省(2000); <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/h1209/>, 凌(2003); 畜産の研究, 57(1), p.62-68., 安村・柴崎・田村・林・凌・山岡・齋藤 (2002); 第 13 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, p.443-444.