

6.2 堆肥化による炭素挙動の調査

Study on Carbon Transfer Accompanied with Composting Rice Straws

坂田 洋, 永井 勝, 多胡 靖宏, 中村 裕二
環境シミュレーション研究部

Hiroshi SAKATA, Masaru NAGAI, Yasuhiro TAKO and Yuji NAKAMURA
Department of Environmental Simulation

Abstract

Carbon-14, released from a spent nuclear fuel reprocessing plant into the atmosphere, is transferred into farm products such as rice crops, vegetables and others, through photosynthesis. Though rice plant is the most important food stuff for the Japanese, large amounts of rice straws are left behind as inedible parts after harvest. In Aomori prefecture, it is recommended by the local government that rice straws, composed of leaf and stem, be reused as recycled biomass for the feed or compost. The behavior of ^{14}C , accompanied with utilization of the biomass, is of large concern from the view point of its probable long-term accumulation in farm fields. In this study, the decomposition of organic matter in composting rice straws was examined to understand the transfer of ^{14}C from the farm soil to the atmosphere.

The compost was produced by mixing ^{13}C -enriched rice straws and cow dung with the equal amount in dry weight base, and being incubated at temperature of 37°C .

The total amount of carbon in the compost decreased to about 50 % of the initial amount at 30 days after the beginning of fermentation, and then to 40% at 60 days. Accompanied with fermentation proceeding, the ratio of carbon contained in rice straw to that in cow dung changed from 1 by 1.19 to 1 by 2. It suggests that the organic matter in rice straw was decomposed easier than that in cow dung. The decomposable organic matter, amount of which counted initially around 30% of total organic matter, was fully decomposed during around 2 weeks. The fraction of recalcitrant organic matter, such as lignin, cellulose and hemi-cellulose, exceeding 70% of the initial amount of organic matter, reached up to almost 100 % after 60 days fermentation. Among them, only hemi-cellulose was decomposed very slowly.

1. 目的

大型再処理施設から排出される放射性炭素 (^{14}C) は、光合成により稲などの作物に取り込まれ、その非可食部である稲ワラは土壌改良、堆肥化など種々の目的のために再利用されている (リサイクルバイオマス)。本調査では、稲ワラ及び家畜排泄物を用いて堆肥化した場合、

- ・ 稲ワラ由来の炭素が堆肥化によって、どの程度、堆肥に残留するのか
- ・ 堆肥中に残留する有機物はどのような形態で存在するのか

を明らかにし、畑地土壌への堆肥施用による ^{14}C 蓄積の可能性を評価するための基礎情報に資することを目的とした。

2. 方法

2.1 堆肥の作成と稲ワラ由来炭素の挙動

本調査では ^{14}C の代替として安定同位体 (^{13}C) をトレーサーとして取り込ませた ^{13}C 標識稲ワラを使用した。なお、稲ワラとともに堆肥化する家畜排泄物は青森県内で畜種別飼養戸数が最も多い牛の排泄物 (牛糞) を原料とした。堆肥は稲ワラと牛糞を乾

物量で等量を混合し、定期的に堆肥を攪拌（切返し）して恒温槽（37℃）の中で発酵させた。熟成過程における堆肥中の炭素や堆肥から放出されるCO₂中の¹³C同位体濃度を追跡し、堆肥中の稲ワラに由来する炭素の残留量を調査した。

2.2 堆肥中の易／難分解性有機物の挙動

堆肥原料中及び熟成途中の堆肥中の有機物を、分解性の異なる易分解性、難分解性有機物に分画した。難分解性有機物として、植物系有機物の中で代表的なリグニン、セルロース、ヘミセルロースをVan Soest法により分画定量し、それらの総量を難分解性有機物量とした。易分解性有機物の量は熟成期間中に適宜定量した全有機物量と難分解性有機物量の差から算出した。

3. 成果の概要

3.1 堆肥の作成と稲ワラ由来炭素の挙動

熟成時の堆肥と放出されたCO₂中の¹³C同位体濃度から、堆肥原料を乾重量で等量混合すると堆肥に残留する稲ワラ及び牛糞中の炭素の存在比は、熟成初期での1:1.2程度から、堆肥の熟成に伴い1:2に変化した。この調査から、堆肥化により稲ワラは分解されやすく、牛糞は逆に堆肥へ残留する傾向が高いことがわかった（Fig. 1）。

3.2 堆肥の易／難分解性有機物の挙動

本調査で作成した堆肥の熟成期間における主要な植物系難分解性有機物（ヘミセルロース、セルロース、及びリグニン）量の調査から、ヘミセルロースの量は堆肥の初期全有機物量の27%に相当し、堆肥の熟成とともに緩やかではあるが経時的に減少することが確認された。しかしヘミセルロース以外のセルロース、及びリグニンが占める難分解性有機物の残留量は、堆肥の熟成期間でほとんど変化がなく、両者の和は初期全有機物量の48%と一定であった。さらに熟成途中での堆肥中全有機物に対する炭素（全炭素／全有機物）の比は0.43で、有機物の分解性の違いによらず炭素含有率はほとんど一定であった。従って堆肥の初期全炭素量に対する易／難分解性有機態炭素の残留率はFig. 2で示され、tを熟成期間（日）とすると、各有機態炭素の残留率は以下の式

で表された。

$$\text{堆肥中の易分解性有機態炭素残留率 (\%)} \\ = 0.27e^{-0.21t}$$

$$\text{堆肥中の難分解性有機態炭素残留率 (\%)} \\ = 0.73e^{-0.005t}$$

稲ワラ及び牛糞に含まれる難分解性有機物が各原料の全有機物に占める割合は、それぞれ59%及び79%であった。上式から堆肥の熟成途中における稲ワラ及び牛糞に由来する炭素の挙動は、右辺第1項を易分解性、第2項を難分解性有機態炭素とする以下の式で表された。

$$\text{稲ワラの炭素残留率 (\%)} \\ = 0.41e^{-0.21t} + 0.59e^{-0.005t} \quad (t: \text{熟成期間, 日})$$

$$\text{牛糞の炭素残留率 (\%)} \\ = 0.21e^{-0.21t} + 0.79e^{-0.005t} \quad (t: \text{熟成期間, 日})$$

堆肥に含まれる稲ワラ由来の炭素量は熟成期間30日で約50%が、熟成期間60日で約40%が残留していると見積もられた。

また、堆肥に使用した稲ワラの初期炭素量を1とすると、稲ワラと牛糞を等量で混合して堆肥化した場合、牛糞に含まれる炭素量は約1.2倍に相当することから、稲ワラ、牛糞に含まれるそれぞれの易／難分解性有機態炭素の残留率は、30日後に約60%、60日後には約50%と計算された。

熟成途中における稲ワラ、及び牛糞の炭素残留率は、それぞれの易／難分解性有機態炭素の近似式に任意の熟成期間tを代入した結果の和で再現することができた。さらに熟成期間での稲ワラ、牛糞の近似式から算出される炭素残留量の和は堆肥中の全炭素量とよく一致した。

堆肥化により易分解性有機物は2週間程度で分解される。難分解性有機物は熟成開始時の全有機物量の7割以上を占め、堆肥に含まれる有機物の大半は分解に時間を要することが分かった。しかしヘミセルロースは比較的容易に分解される成分であり、十分な熟成期間を設ければ堆肥の全有機物は半分程度まで分解できるため、堆肥に残留し、施用する農地へ移行する有機物の形態はリグニン、セルロース及び一部が分解されたヘミセルロースであると考えられる。

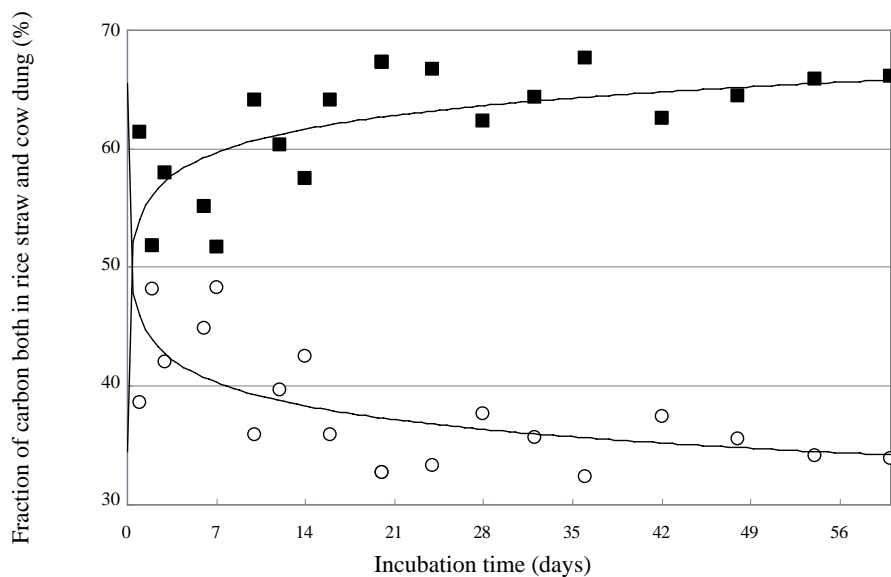


Fig. 1 Changes in fractions of carbon contained in the rice straw and in the cow dung to the total carbon in the compost.
 ■ and ○ indicate the ratio of carbon in the cow dung and the rice straw, respectively.

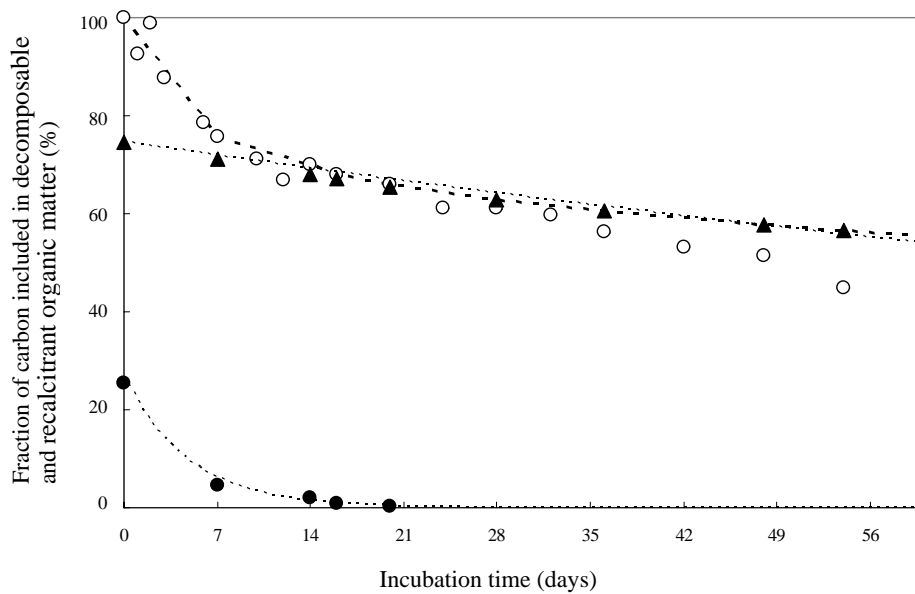


Fig. 2 Changes in fractions of decomposable (●) and recalcitrant (▲) organic carbon in compost.
 ○ :the total carbon contained in compost.