

廃棄紙ならびに厨芥類を用いたコンポストの製造と 試作コンポストの品質

海野 真一・奥村 俊勝

(近畿大学農学部農学科)

Composting of waste paper with garbage and quality of the products

Shin-ichi UMINO · Toshikatsu OKUMURA

Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Kinki University

Synopsis

In this research, it aimed to develop the effective recycling method of waste paper by manufacturing useful agricultural compost mixing waste paper, the garbage and wood chips. This research examined the best mixing rate of waste paper for composting, that are the rates of 30% (P30), 15% (P15) and 0% (P0) w/w to all composting materials. In addition, the cultivation examination of paddy rice (*Oryza sativa* L.) that examined the effect of the fertilizer and of the soil amendment were conducted.

This research was suggested that composting that contained the waste paper as bulking materials is prolonged the high temperature period, but final products of all plots have the effectiveness of fertilizer. Moreover, the content of the heavy metals was below a standard value of the fertilizer rule. However, less than 15% rate of waste paper is preferable because the high temperature period is prolonged. Paddy rice yields increased in order of P0 > P30 > fertilizer > P15 > non-fertilizer plots. P15 and P30 yield were compared with the fertilizer; there was no significant difference.

Moreover, final products are expected as the soil amendment matter because a large amount of carbon remained in soils after each crops were harvested.

Therefore, Composting of waste paper with garbage is one of the effective recycling methods.

緒言

今日の日本では、毎年大量のゴミが排出され、ゴミを埋め立てる最終処分場の容量が年々少なくなり、またゴミの焼却による有害物質の放出が環境や人体に及ぼす影響など、ゴミ問題は大変深刻化していることから、有機性廃棄物のコンポスト化が注目を集めている。そこで本報告では汚泥や家禽肥料とは異なり、あまり報告されていない可燃性ゴミの約47%占める廃棄紙と31.9%占める厨芥類を併用して有用な農業用コンポストの製造を試み、廃棄紙の新たな有効再利用方法を開発し、廃棄紙の焼却量を減らすことを目的とした。また廃棄紙の混入割合を異にした実験により発酵に適した廃棄紙の割合を検討した。さらに、成分分析により製造したコンポストの安全性を追求すると同時に、肥料効果や土壌改良効果を検討する栽培試験を行なった。

実験材料と方法

1. コンポスト製造実験

コンポスト製造実験はエア・ブロー付きの容積1立方メートルコンポスト化装置において行った。実験材料には厨芥類と木材チップ、および分解が困難である廃棄紙を用いた。

表1 資材投入量とその割合

	P0		P15		P30	
	投入量 (kg)	(%)	投入量 (kg)	(%)	投入量 (kg)	(%)
廃棄紙	0.0	0.0	45.0	15.0	90.0	30.0
厨芥類	180.0	60.0	125.0	41.7	125.0	41.7
木材チップ	120.0	40.0	130.0	43.3	85.0	28.3
合計	300.0	100.0	300.0	100.0	300.0	100.0

表2 試作コンポストおよび化学肥料施肥量

試験区	施肥量 (g/ポット)
P0区	: P0コンポスト※; 302.0
P15区	: P15コンポスト; 367.0
P30区	: P30コンポスト; 322.0
F区	: 硫安; 2.7, 過石; 3.4, 塩加; 1.0
NF区	: 無施肥

本報告では、廃棄紙を重量比で30% (P30)、15% (P15) 混入した区と廃棄紙含まない (P0) 区を設けた (表1)。廃棄紙には使用済みOA用紙をシュレッダーで細断したものをを用いた。製造日数は全区ともに50日間とし、切り返しは1週間ごとに行った。各実験の製造過程は材料を調整して発酵槽に投入する前処理期、風量調節や切り返し、また水分補給を行うことで高温発酵をスムーズに進めて易分解性有機物を分解させる一次発酵期とそれに続き安定化を図る二次発酵期、そして篩にかけてコンポストと残渣に分ける後処理期の四期から構成されている。

製造期間中には発酵資材の品温を計測し、切り返し時にはpHを測定した。製造実験の終了時には実験開始時との重量変化を量り、発酵開始50日後に篩分けを行ったコンポストをさらに30日間熟成させ、コンポストの定性定量分析を行った。

2. 水稻のポット栽培試験

供試水稻品種は日本晴れである。設定試験区は製造実験で製造した試作コンポストP0、P15、P30とそれらと比較するために化学肥料施用のF区および無施肥で栽培するNF区の計5区とした。

各試験区における試作コンポストおよび化学肥料の施肥量は表2に示した。試作コンポストは全量基肥で施肥し、化学肥料区は追肥を行った (表

※P0コンポスト乾物の成分含有率はT-N; 3.2%, 無機態N; 0.18%, P₂O₅; 0.2%, K₂O; 0.1%とした。

P15コンポスト乾物の成分含有率はT-N; 2.2%, 無機態N; 0.15%, P₂O₅; 0.1%, K₂O; 0.1%とした。

P30コンポスト乾物の成分含有率はT-N; 2.0%, 無機態N; 0.17%, P₂O₅; 0.1%, K₂O; 0.1%とした。

3)。

水稲は2003年4月20日に播種、育苗を始め、5月24日に1/2000aワグネルポットに2株移植し、9月20日に収穫した。調査は、慣行法による生育調査と収穫物調査を行った。

表3 施用時期(月/日)と成分量(g/ポット)

試験区	成分	基肥 (5/17)	穂肥 (7/8)	実肥 (8/20)	合計
P0区	N	0.54※	—	—	0.54
	P ₂ O ₅	0.67	—	—	0.67
	K ₂ O	0.21	—	—	0.21
P15区	N	0.54	—	—	0.54
	P ₂ O ₅	0.53	—	—	0.53
	K ₂ O	0.13	—	—	0.13
P30区	N	0.54	—	—	0.54
	P ₂ O ₅	0.16	—	—	0.16
	K ₂ O	0.15	—	—	0.15
F区	N	0.24	0.24	0.06	0.54
	P ₂ O ₅	0.60	—	—	0.60
	K ₂ O	0.36	0.12	0.12	0.60

※試作コンポストに含まれる無機態N量を示す。

結果と考察

1. コンポスト製造実験

製造期間中の品温の推移を図1に示した。

品温は発酵過程の指標となる要因であり、発酵資材の品温変化のパターンとして、発酵資材投入後10～20日間一次発酵による高温期が続き、その後1週間以内に外気温近くまで低下し、二次発

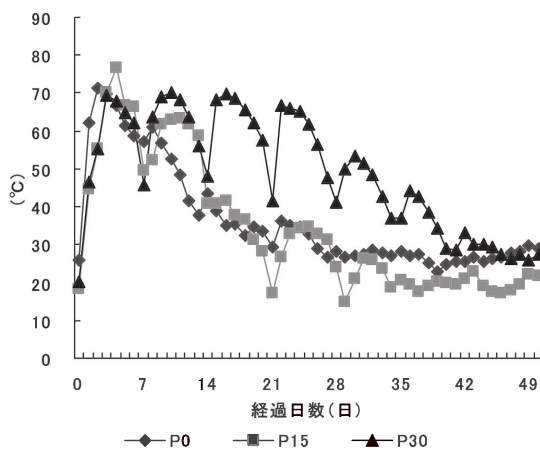


図1 発酵期間中の品温の推移

酵が1～2ヶ月程度続くのが普通である。つまり、一次発酵は急激に進む発熱発酵であり、細菌や糸状菌により糖質やアミノ酸およびタンパク質が分解され、その後放線菌によりヘミセルロースやセルロースが分解される。二次発酵は担子菌などによってセルロースなどの中間分解物やリグニンが分解される緩慢な発酵である¹⁾。本研究での一次発酵期(高温期)は、廃棄紙を含まないP0は21日、廃棄紙を15%含んだP15で28日、30%含んだP30で42日と明らかに廃棄紙の割合が高いほど一次発酵期間を長期化していた。また、廃棄紙を含んだコンポストの製造においては一次発酵期すなわち高温期の品温が著しく変化し、場合によって気温近くまで低下することがあった。この原因としては、主に切り返しによる品温の低下が考えられる。

切り返しは、積み方の変化により槽内の堆積物中の通気不良であった部分に空気を送り込む効果があるが、切り返しを行うことで、その時までには積み上げられて、発酵資材に滞留していた熱が外部に逃げ、品温が下がるという結果に至ったものである。つまり、廃棄紙を含んだP30は、切り返し作業のために、廃棄紙によって堆積物内の空隙がつつされ、通気不良で品温の立ち上がりが1日遅くなったと考えられる²⁾。

発酵期間中のpHの推移を図2に示した。

pHに着目してみると、各実験ともにpHが分解初期に一度上昇している。これは有機物中のタンパク質やアミノ酸が分解され、分解されたタンパク質類がアンモニアやアミド態として発生しているためと考えられる。P0、P15ともにその後pH

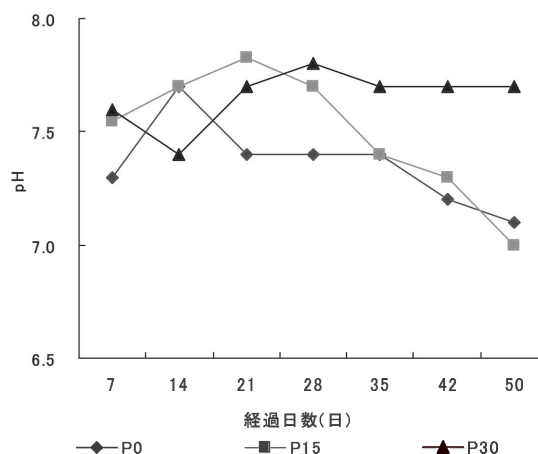


図2 発酵期間中のpHの推移

が低下しているのは易分解性の有機物の分解が終わり、ほとんどアンモニアが発生しなくなり、有機酸量が多くなったり、アンモニア態窒素が硝酸化成菌類の働きによって亜硝酸や硝酸態窒素へと変化し始めた結果によるのではないかと考えられる³⁾。しかしP30では、残存した廃棄紙が発酵を阻害し、有機物の分解が発酵後期にも持続していたことでpH値が下がらなかったのであろう。

以上の品温とpH値の推移からP30は一次発酵期間が長引いたにもかかわらず明らかに分解程度が不足したので、今後さらに熟成させる必要がある。しかし、廃棄紙を含んでいてもP15では品温、pH値ともにP0に近く、発酵にはあまり影響を受けず、収量も廃棄紙を含むことで増加することから、コンポスト資材に廃棄紙を用いた製造は有用なりサイクル手段であることが示唆された。よって廃棄紙の混入割合は重量比で15%未満が合理的であると考えられる。

試作コンポストの実用的安全性および肥料効果を検討するために定性定量分析を行った結果を表4に示す。

表4 コンポストの定性定量分析結果
(発酵経過80日後)

分析項目	P0	P15	P30
水分 (%)	14.22	39.23	37.86
pH (H ₂ O)	6.96	7.25	7.82
pH (KCl) ※	6.82	7.50	7.76
T-N (mg/g) ※	37.56	35.50	29.80
NH ₄ -N (mg/g) ※	1.13	1.19	1.57
NO ₃ -N (mg/g) ※	0.95	1.22	0.92
P ₂ O ₅ (mg/g) ※	2.56	2.35	0.73
K ₂ O (mg/g)	0.79	0.57	0.69
CaO (mg/g) ※	1.41	1.90	2.17
MgO (mg/g) ※	0.48	0.41	0.45
Cl (mg/g) ※	6.15	6.41	8.96
Cd (mg/kg) ※	0.08	0.06	0.03
Hg (mg/kg) ※	0.30	0.04	0.13
Cu (mg/kg) ※	0.13	0.01	0.01
Zn (mg/kg) ※	0.28	0.09	0.02
Cr (mg/kg) ※	0.09	0.07	0.04
As (mg/kg) ※	0.10	0.71	0.75
C (mg/g) ※	327.56	311.25	302.25
C/N	8.72	8.77	10.14

※ Dry basis

窒素、リン酸、加里などはP0が廃棄紙を含むP15、P30と比較して大きな値を示した。これは窒素、リン酸、加里などの肥料成分は厨芥類から由来することから、コンポストの中に廃棄紙を含むことでP15、P30ではそれらの濃度を押し下げたと考えられる。

肥料効果を示す指標となる炭素率も、廃棄紙を含むことで高くなり肥料効果は低くなると考えられる。重金属含有量は、Cd、Hg、Cu、CrにおいてP0>P15>P30の順になった。重金属は厨芥類から主に由来し、発熱や化学変化では全く影響されず、分解が進むほど含有率は比例的に上昇するので、分解が最も進んでいたP0がそのまま高い濃度を示したと考えられる。

しかしながら、全ての試作コンポストはともに炭素率が良質の肥料とされる12以下で重金属含有量も肥料取締法の基準値以下であった。無機態窒素量は少ないものの、全窒素量は多いことから廃棄紙を含んだコンポストでも十分な肥料効果が得られると考えられ、水稻のポット栽培試験を行った。

2. 水稻のポット栽培試験

移植1週間後から出穂期までの1株当たりの茎数の時期的推移を図3に示した。

この期間中の茎数の消長はP15区、P30区とF区がほぼ同一パターンを取り、全期間に渡ってNF区がそれらより少数で推移し、P0区は生育中期以降過剰に分げつを多発していた。特にP0区以外の区では7月7日以降減少しているのに対し、P0区

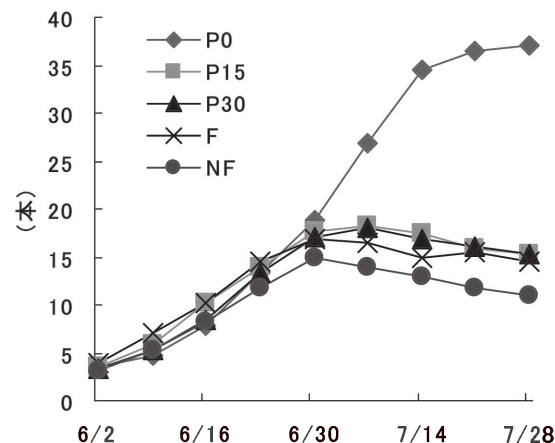


図3 一株当たりの茎数の時期的推移

は上昇を続け、P0区の生育後期における植物体への窒素供給量が多くなっていることが推察された。

収穫期における各部窒素含有率を図4に示した。各部の窒素含有率はP0区>P15区>P30区>F区>NF区の順となった。試作コンポスト区(P0、P15、P30)はF区と比べて大きくなった。このことから生育後期においても試作コンポスト区は土壌中で分解を続け、植物体に十分な栄養を供給したと考えられる。また試作コンポスト内では、炭素率が低く、無機化率が高いと思われるP0が最も多くなり、廃棄紙を多く含むほど肥料効果は劣るものと考えられる。

玄米収量および収量構成要素は表4に示した。

一株穂数はP0区>P30区>P15区>F区>NF区の順になり、P0区は他の区と比べて有意に大きくなった。これは分けつ期にP0コンポストの植物体への窒素供給量が多く、分けつを多発した結果であろう。一穂粒数はP0区>P30区>F区>P15区>NF区の順になり、P0区はF区以外の区と比べて有意に大きくなった。稔実歩合はP30区>NF区>P15区>F区>P0区の順になり、P0区

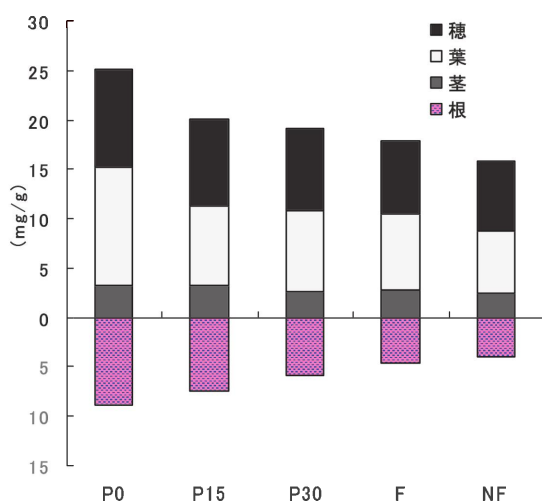


図4 収穫期における各部窒素含有率

表5 収量構成要素および玄米収量の区間比較

試験区	一株穂数	一穂粒数	稔実歩合(%)	玄米千粒重(g)	玄米収量(g/ポット)
P0	33.3 a	98.20 a	65.62 b	21.79 c	93.2 a
P15	14.0 bc	86.76 b	81.93 a	23.04 ab	39.3 b
P30	14.6 b	93.41 b	82.24 a	22.85 ab	43.6 b
F	13.0 bc	88.19 ab	81.40 a	22.57 b	41.1 b
NF	10.7 c	86.57 b	81.98 a	23.23 a	33.4 b

注) 異符号間に危険率5%で有意差あり。

は他の区と比べて有意に低くなった。玄米千粒重はNF区>P15区>P30区>F区>P0区の順になり、P0区は他の区と比べて有意に低くなった。これは、P0区は分けつの多発と1穂粒数の多さから、子実形成に必要な光合成産物が十分に再分配されなかった結果であろう。

玄米収量はP0区>P30区>F区>P15区>NF区の順になり、P0区は他区と比べて有意に高くなった。P0区は稔実歩合、玄米千粒重は低かったが、一株穂数、粒数が有意に高かったことから高収量につながったと考えられる。一方、廃棄紙を含んだP15区とP30区は収量構成要素および玄米収量においてF区と有意差は認められなかった。

以上のことより、廃棄紙を含んだ試作コンポスト(P15、P30)は、P0区の収量より劣ったものの、水稲栽培において十分に肥料効果を発揮し、化学肥料の代替として用いることが出来るものと考えられる。

総合考察

コンポストの製造実験の資材品温、pHの推移では、明らかに廃棄紙の割合が増すことで通気が悪くなり、発酵が長期化した。しかしながら、P30と比較して、P15ではP0に近い資材品温、pH値の推移を示したことや、P30では未分解の廃棄紙が目立つことから、製造における廃棄紙の混入割合は重量比で15%未満が望ましいと考えられる。

今回製造された全ての試作コンポストの定性定量分析においても全窒素量、炭素量ともに多く、炭素率は12以下であり、重金属は肥料取締法の基準値内であったが、リン酸や加里などの肥料成分は極めて少なかった。よって、コンポストに塩化加

里や過磷酸石灰などの化学肥料を混合して施用することにより、より安全に収量を得ることができると考えられる。また、化学肥料の混合は、コンポストによる土壤中の重金属蓄積を軽減できるものと考えられる。また、今回製造された試作コンポストは窒素量、炭素量ともに多く、栽培後の培土の炭素量、窒素量ともに多いことから、土壤改良剤としても使用できることが示唆された。

以上のように、一般的にコンポスト製造における基本的条件とされる、一次発酵中の品温、pH値の推移が廃棄紙の混入割合で異なる様相を示すことが明らかになり、分解が困難である廃棄紙のコンポスト化は十分可能であり、およその混入割合は重量比で15%未満が合理的であることが本研究により示唆された。また、試作されたコンポストは十分な肥料効果や土壤改良効果を発揮することも明らかにされた。従って、廃棄紙を資材に用いたコンポスト製造は焼却量を減少させる有用なりサイクル手段であることが判明した。

実際のコンポスト製造事業では、使用される発酵資材の一単位の量は、本研究のその数十倍以上になり、本研究の結果をそのまま活用することは困難であると考えられるが、発酵資材の量の大小にかかわらず、本研究で明らかにした発酵中の指標や通気量、切り返し時などを調節することによって、本研究で明らかにされた事項が実用的にも役立つものだと考える。

謝辞：本研究を進めるにあたり、近畿大学資源再生研の前所長、近畿大学名誉教授の竹内史郎先生には、多大なるご指導をいただいた。ここに記し、感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 伊達昇：便覧 有機質肥料と微生物資材，農文協（1988）
- 2) 市川明・中谷洋・加藤博美・増田達明・加納正敏・河辺鋭治：牛ふんの堆肥化における粉碎古紙の利用，愛知県農業総合試験場研究報告，31，275-280，（1999）

- 3) 有機質資源化推進会議：有機廃棄物資源化大事典，農文協（1997）