

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号：32685

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510090

研究課題名（和文） 東南アジア発展途上国での廃棄物を用いた炭入り堆肥の施用による炭素貯留

研究課題名（英文） Carbon sequestration in farmland by using charcoal-compost made from waste in developing countries of Southeast Asia

研究代表者

吉澤 秀二（YOSHIZAWA SHUJI）

明星大学・理工学部・教授

研究者番号：40120224

研究成果の概要（和文）：本研究は、ベトナムのバイオマス廃棄物炭を農地土壤に施用することによって、難分解性炭素を土壤に長期間貯留する可能性と、土壤改善による農作物の生育促進を確認することを目的とした。結果、炭素貯留効果は、炭入り堆肥施用区は無施用区に対して 2011 年は約 2.5 倍、2012 年は 1.7 倍となった。また、育成試験において、mall colza（セイヨウアブラナの種類）に対して堆肥に炭を添加することで育成に効果があることを確認した。

研究成果の概要（英文）：Carbon sequestration of undegradable carbon of the charcoal in the soil and the growth stimulation of vegetables by the soil amendment were studied by using the charcoal made from biomass waste in the farmland in Vietnam. In the experiment in 2011 and 2012, 2.5 times and 1.7 times of the carbon sequestration amount were recognized in the charcoal-compost used soil for the non-charcoal used soil, respectively. In the growth of small colza, the stimulation effect was confirmed in the soil with the charcoal-compost usage.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境材料、環境技術

キーワード：炭・堆肥・炭素貯留・微生物・東南アジア

1. 研究開始当初の背景

農林業の廃棄物や廃木材、食品廃棄物などの有機物（バイオマス）を大量に炭素化した炭（炭素化物、炭化物）を、農地や林地、公園緑地などに大量に施用または埋設することにより安定度の高い炭素そのものを、土壤や水中に長期間にわたり封じ込めることが可能になる。

地球温暖化対策として、再生可能エネルギー促進や二酸化炭素の地中貯留などの

新技術に加えて、炭の農地散布による炭素の地中貯留の有効性が着目されている。特に木材・竹材などバイオマス由来の炭素化物をバイオ炭（バイオチャー）と呼び、これを農地に施用することにより、炭素貯留と同時に土壤改善による植物の生育促進が見込まれるためである。

2. 研究の目的

バイオマス廃棄物を炭素化した炭を、農地

や林地、公園緑地などに大量に施用または埋設することにより、安定度の高い炭素そのものを土壤に長期間にわたり封じ込めることが可能になる。また、炭を農地に施用することにより、炭素貯留と同時に土壤改善による農作物の生育促進が見込まれる。本研究では、農業国であるベトナムにおいて、炭入り堆肥を圃場に施用し、難分解性炭素を土壤に長期間貯留する可能性と、土壤改善による農作物の生育促進を確認する。

3. 研究の方法

ハノイの環境技術研究所 (IET) において保有している炭化炉により、ベトナムバイオマス廃棄物を原料として、炭を製造する。炭の比表面積、組織観察、微生物担体としての適合性を、明星大学において評価し、炭入り堆肥に適した炭を選択する。

IETにおいて炭を混合した炭入り堆肥を作製し、の圃場に散布し、農作物を育成する。土壤の化学的性質、物理的性質、生物的性質を、IETと明星大学において分担し、土壤の改善効果を評価した。同時に、土壤中の微生物で分解されない難分解性炭素を測定することで、炭素貯留効果を評価した。合わせて、農作物に対する、炭入り堆肥の効果も評価した。

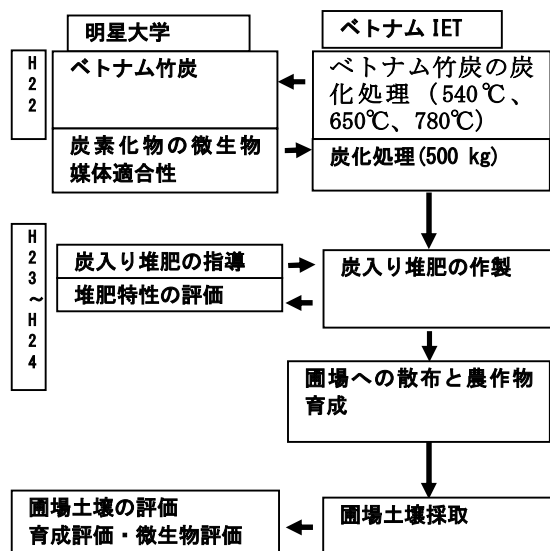


図1 実験フロー

(1) 炭素化物

ベトナム産の竹廃棄物を原料とし、ベトナム科学技術アカデミー (VAST) 環境技術研究所 (IET) が保有する大型炭化炉 (200 L) を用い、炭化温度 540°C、650°C、780°C でベトナム竹炭を作製し、各種炭化物を粉碎し、3 mm 以下に分級した。

明星大学で、炭の比表面積、pHを評価した。

(2) ベトナム炭入り食品残渣堆肥作製

50 L 好気性堆肥化装置で、生ごみに竹炭とベトナム市販堆肥を添加し種堆肥を作製した。竹炭の添加量は0、2.4、13 w t %とした。

表1 ベトナム炭入り食品残渣堆肥

	炭 0 %	炭 2.4%	炭 13%
	kg	kg	kg
生ごみ	10	10	10
市販堆肥	10	10	10
竹炭	0	0.5	3

堆肥化中の発酵温度、含水率、pH、臭気 (アミン類、アンモニア、酢酸類、脂肪酸類)、全炭素量 (TC)、全窒素量 (TN)、C/N 比の分析を行い堆肥の熟成状態を確認した。

(3) 炭素化物の微生物媒体適合性評価

ベトナムで作製した炭入り食品残渣堆肥を種堆肥として用い、炭入り堆肥を作成する際、微生物活性に最適の炭化温度を決定するために下記試験を行った。

竹炭 (炭化温度 540°C、650°C、780°C 各 83.8 g)、ベトナム食品残渣堆肥 (3.3 g)、生ごみ (48.1 g)、米糠 (48.1 g)、培養温度 35°C、空気流入 (100ml/ml) で評価した。

微生物活性評価は、滅菌ベンチ内で試料 2g を採取し、純水 20g を添加し、溶液中のアデノシン三リン酸 (adenosine triphosphate: ATP) 濃度と pH を測定した。

ATP は活性している細胞に存在する物質で、微生物の活性の指標とした。

(4) 圃場用炭入り堆肥作製

ベトナムにおいて、40 L 好気性堆肥化装置 (6 台) で、炭入り堆肥を種堆肥にし、生ごみと竹炭 (炭化温度 540°C 20 w t %) で圃場施用炭入り堆肥を作製した。評価として TC、TN、C/N 比、 P_2O_5 、 K_2O 定量を行った。

(5) 炭入り堆肥畑施与条件

ベトナム・ハノイ近郊の圃場に表 2 に示す条件で施用した

表2 炭・堆肥施用条件

	炭	堆肥
	kg/m ²	kg/m ²
炭+堆肥区	0.6	1.2
堆肥区	0.0	1.2
炭区	0.6	0.0
無施用区	0.0	0.0

評価作物として、small colza（セイヨウアブラナの種類）を育成した。

(6) 育成評価・炭素貯留効果および微生物活性評価

育成評価は、small colza の外観観察と単位面積当たりに対する葉部の重量 (n=6) で評価した。

炭素貯留量は、表面から深さ 20cm の部分の土壌を採取し、TC と TOC を測定した。難分解性炭素量の算出は下記の式で行った

$$TC - TOC = \text{難分解性炭素量}$$

難分解性炭素量を炭素貯留量とした。

また、微生物活性評価は ATP 濃度を用い、圃場土壌から ISOIL for Beads Beating (ニッポンジーン) を用い土壌から DMA を抽出し、16SrDNA と 18SrDNA を PCR で増幅した差異を評価した。

4. 研究成果

(1) 炭素化物作成

竹の炭化時の炉内温度の推移を図 2 に示す

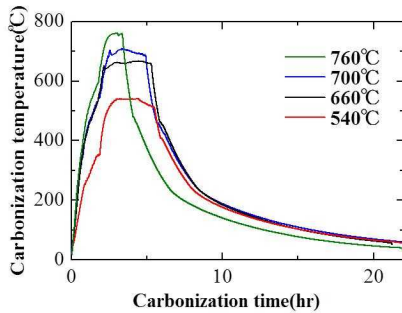


図 2 炭化温度

作製したベトナム竹炭の物性を表 3 に示す。

表 3 ベトナム竹炭の物性

炭化温度 °C	比表面積 m ² /g	pH
540	316	8.2
650	385	9.5
760	403	10.3

以上の結果より、炭化温度が高くなると比表面積・pH 共に高くなった。

(2) ベトナム食品残渣堆肥作製

好気性堆肥化装置で炭添加 13% の系は堆肥化ができたが、炭添加 0% と 2.4% は発酵温度が 40°C 以下であった(図 3) ので、含水率

が高くなり堆肥が腐敗した。



図 3 (a) 竹炭 (b) 好気性堆肥化装置

表 4 炭 13% 添加した系の含水率と pH

day	0	7	14	22	27
含水率 wt%	30.8	47.2	42.7	40.8	40.2
pH	8.1	7.02	7	6.94	6.98

図 4 培養時間にたいする発酵温度の変化

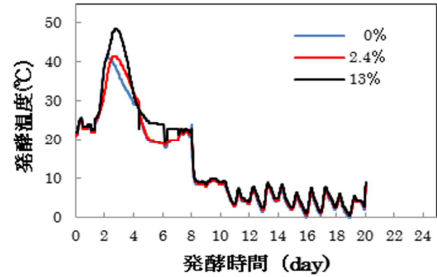


表 5 炭 13% 添加した系の堆肥成分

day	TC wt%	TN wt%	C/N
0	30.2	1.0	30.1
64	24.8	0.8	30.2

炭 13% の系は表 4 に示すように含水率は最大で 7 日目で 47.2% となり、pH は 0 日目は 8.10 だったが 27 日目は 6.98 まで低くなった。臭気は 7 日目のみにアミン類が 10ppm 確認したが、アンモニア、酢酸類、硫化水素類は発生しなかった。また発酵時間中 C/N は変化しなかった。以上の結果から生ごみを発酵させるのに 13% 以上の竹炭添加が適していると判断した。

(3) 炭素化物の微生物媒体適合性評価

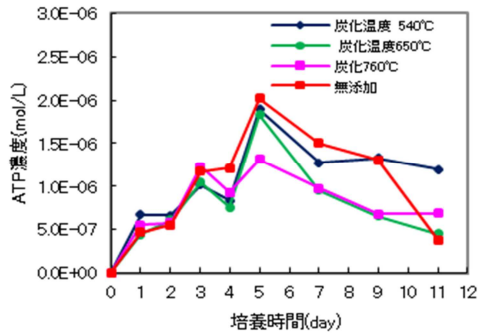


図5 培養時間に対するATP濃度の変化

培養時間に対するATP濃度の変化を図58に示す。4日目までは微生物の活性に対し炭化温度の影響はほとんど無かったが、4日以降540°Cの系が最も微生物が活性化した。以上の結果より竹炭の炭化温度は540°Cが最適と判断した。

(4) 圃場用炭入り堆肥作製

4. (1)、(2)、(3)の結果より、圃場施用炭入り堆肥化に添加する竹炭は、炭化温度540°C、添加率は13%添加時より発酵を早めるために20wt%を添加した。

竹炭はベトナム・IETの炭化炉で炭化し、粉碎した。

種菌は、4. (2)で作成したベトナム食品残渣堆肥を使用した。40 L好気性堆肥化装置(6台)に、生ごみ(10kg)、竹炭(5kg, 20wt%)、ベトナム食品残渣堆肥(10kg)を混合し空気を流入して堆肥化を行った。

堆肥化60日後の施用用堆肥の組成を表6に示す

表6 施用用堆肥の組成

day	TC wt%	TOC wt%	TN wt%	C/N	P ₂ O ₅ wt%	K ₂ O wt%
60	51.6	33.2	0.9	57.3	1.2	17.3

5)炭入り堆肥畑施用 2011年9月中旬に、ベトナム・ハノイの圃場に表2に示す条件で炭+堆肥区、堆肥区、炭区、無施用区を作成した。その後、育成評価植物 small colza (セイヨウアブラナの一種)を播種した。2011年10月末に育成評価のために small colza を採取した。同日、炭素貯留量定量のための土壌試料を採取した。2011年9月末から2012年12月末まで、圃場に炭と堆肥の添加を行わなかった。2012年12月中旬、2年目の圃場土壌の採取を行った。

(6) 育成評価、炭素貯留効果および微生物活性評価

① 育成評価

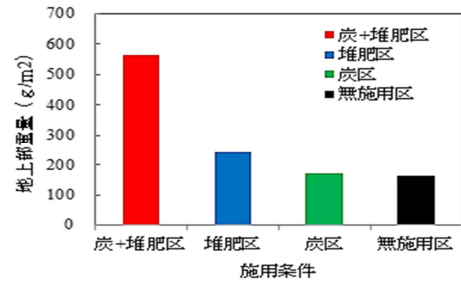


図6 37日目 small colzaの葉部の重量

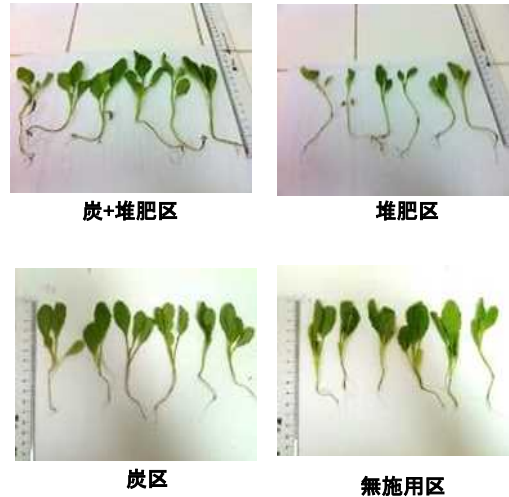


図7 37日目 small colzaの外観

炭入り堆肥の圃場施用による農作物の育成評価は、単位面積当たりの葉部の重量(図6)と37日目の small colzaの外観(図7)と、で評価した。葉部重量は、炭+堆肥区が566g/m²と最も育成し、無施用地区は164g/m²と最も発育しなかった。葉部の成長は炭入り堆肥施用区が最も成長したことを確認した。これは、日本でのハウレン草の育成試験でも同様の結果が得られている。

② 炭素貯留効果

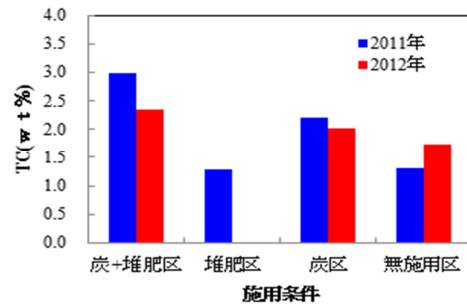


図8 TCの変化

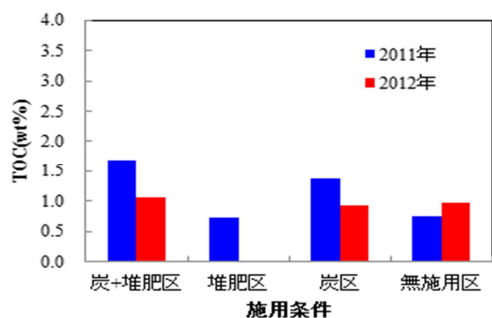


図9 TOC の変化

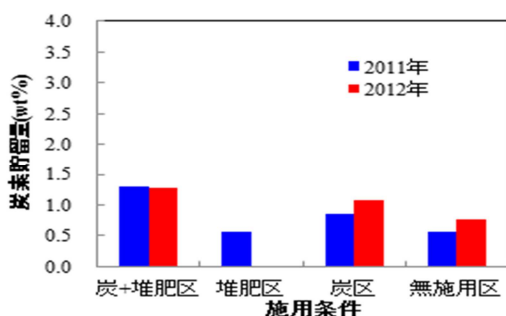


図10 炭素貯留量の変化

2011年9月中旬と2012年12月末に採取した試料のTCとTOCを測定した。(図8、図9参照)。2011年から2012年の間は炭も堆肥も追加なかった。

TCは2011年と2012年共に

炭+堆肥>炭>無施用区

となり、圃場の炭素は炭の添加と堆肥の添加により無施用に比べ増加することを確認した。TOCと炭素貯留量(図10)も同様の傾向を示した。また、炭入り堆肥施与区は無施用区に対して2011年は約2.5倍、2012年は1.7倍となった。

以上の結果より、炭の添加と堆肥の添加により圃場中の難分解性炭素は増加することを確認した。

③微生物活性評価

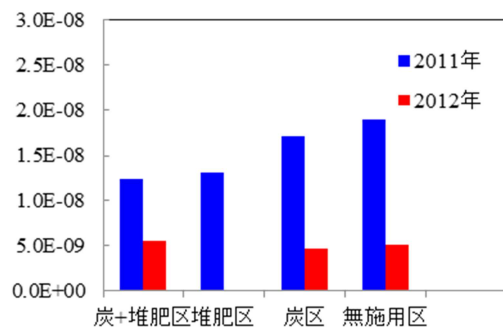


図11 ATPによる微生物の活性評価

ATP濃度は2011年に比べ2012年は、

炭+堆肥区は約1/2、炭区と無施用区は約1/4に減少した。

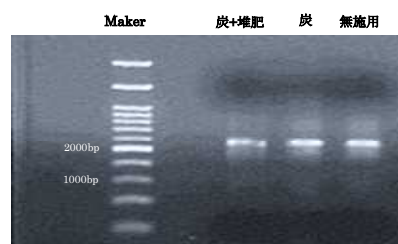


図12 2012年 16SrDNA PCR産物 (アガロースゲル 1.5% 100v 30min)

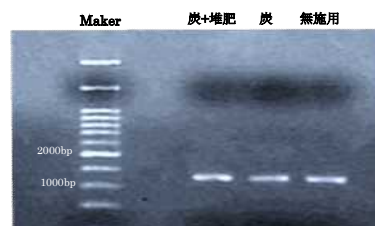


図13 2012年 18SrDNA PCR産物 (アガロースゲル 1.5% 100v 30min)

ISoIL for Beads Beating(ニッポンジーン)を用いベトナム土壌からDMAを抽出し鋳型として用い、16SrDNAと18SrDNAをPCRで特異的増幅を行った

16SrDNAは炭+堆肥、炭、無施用区で2000~2500bpのDNAの存在が確認できた。また18SrDNAは炭+堆肥、炭、無施用区で1000~1500bpのDNAの存在が確認できた。

(7)まとめ

圃場に炭入り堆肥及び炭を施与した場合以下の効果がある事を確認した。

難分解性炭素は、炭入り堆肥および炭を圃場に添加すると無施用に比べ増加し、2011年から2012年に試験期間ではほとんど減少しない。

難分解性炭素は、炭入り堆肥施与区は無施用区に対して2011年は約2.5倍、2012年は1.7倍だった

育成試験において、mall colza(セイヨウアブラナの種類)に対して育成効果があることを確認した。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計2件)

①田中理子、ベトナム圃場での炭入り堆肥の施用による炭素貯留効果と土壌中の微生物の変化、第14回エコカーボン研究会、2013年8月29日、福島大学【発表確定】

②田中理子、ベトナム圃場での炭入り堆肥の

施用による炭素貯留効果、第13回エコカー
ボン研究会、2012年8月3日、明星大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉澤 秀二 (YOSHIZAWA SHUJI)
明星大学・理工学部・教授
研究者番号：40120224

(2) 研究分担者

田中 理子 (TANAKA SATOKO)
明星大学・理工学部・研究員
研究者番号：80424787