

## 下水汚泥コンポストを用いた高タンパク飼料用米栽培の実証試験

山形大学大学院農学研究科	非会員	KABA Conde
山形大学農学部	非会員	PHUNG Duc Luc
山形大学農学部	非会員	松山 裕城
山形大学農学部	非会員	浦川 修司
山形大学農学部	正会員	○渡部 徹

## 1. はじめに

我が国では農業生産のための肥料や家畜飼料のほとんどを輸入に依存している。そのような中で、新型コロナによる国際物流の混乱、穀物生産国での異常気象、急進する円安、ウクライナ情勢などを原因に、輸入肥料や飼料が高騰している。我が国の食料安全保障のために、昨年9月に開催された食料安定供給・農林水産基盤強化本部で岸田総理大臣は、下水汚泥・堆肥等の未利用資源の利用拡大によって肥料の国産化・安定供給を図ること、そして、小麦・大豆・飼料作物について国産化を強力に推進することを指示した。我々の研究グループでは、かねてより下水道資源の農業利用（ビストロ下水道）に関する研究に取り組んでおり、下水処理水<sup>1</sup>や汚泥コンポスト<sup>2</sup>を用いた高タンパク飼料用米栽培では多くの成果を挙げてきた。本研究では、実水田での高タンパク飼料用米の栽培において化学肥料を汚泥コンポストで代替する試験を行い、水稻の生長、玄米の収量および成分に対する影響と、水田土壌の肥沃度の変化などを明らかにした。

## 2. 方法

山形大学農学部附属高坂農場の試験水田（面積：約2アール）3面で、2021年5～9月に飼料用米（品種：べこあおば）の栽培実験を実施した。各水田での施肥条件は表1に示す通りであり、基肥と追肥の合計で240kg/10aの窒素を供給できるように、汚泥コンポスト（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=2.8:3.9:0.5%、山形県鶴岡浄化センターの消化脱水汚泥から製造）と化学肥料（基肥はN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:14:14%、追肥はN=46%）を与えた。処理区CSSでは基肥に汚泥コンポストを用いて、追肥は行わなかった。処理区

表1. 各処理区の施肥量（単位：kgN/10a）

処理区	基肥		追肥		
	種類	施肥量	種類	1回目	2回目
CSS	CSS	240	-	-	-
CSS+CF	CSS	140	CF	50	50
	CF	80	CF	80	80

CSS=汚泥コンポスト, CF=化学肥料

CSS+CFでは、基肥の汚泥コンポストを減らし、化学肥料による追肥を2回行った。処理区CFでは、基肥と2回の追肥ですべて化学肥料を用いた。以上の施肥量は、飼料用米栽培でしばしば行われる多肥栽培を想定して決定した。灌漑、雑草の管理および病害虫の防除は、3つの水田とも慣行栽培と同様に行った。

栽培試験では、定期的に草丈、葉色（SPAD値）、茎数のモニタリングを行い水稻の生長を調べ、収穫後にはシュート（茎と葉）の乾重を測定した。収穫された玄米については、その収量とともに、家畜飼料の栄養成分として重要な粗タンパク質の含有量をスミグラフ（NC-220F、住化分析センター）で測定した窒素含有量から換算した。この玄米試料は、湿式分解の後、各種元素（有害金属を含む）の含有量について原子吸光分光光度計（AA-7000、島津製作所）とICP-MS（ELANDRC II、PerkinElmer）で分析された。実験開始前（施肥前）と収穫後には水田土壌を採取し、pH、EC、土壌有機物などの物理化学的性質を標準法で調べるとともに、炭素と窒素の含有量をスミグラフ（同上）で測定した。さらに、玄米試料と同様の方法で、これらの土壌試料に含まれる各種元素の分析も行った。

## 3. 結果及び考察

## 3.1 コンポスト施肥による水稻の生長、玄米の収量および成分に対する影響

3つの処理区における水稻のシュート乾重、玄米収量および粗タンパク質含有率を図1に示す。シュート乾重は、処理区CSSとCSS+CFで処理区CFよりも有意に少なかった。速効性のある化学肥料に比べて、基肥に用いたコン

キーワード：下水汚泥コンポスト、飼料用米、収量、タンパク質、実証試験

住所：山形県鶴岡市若葉町1-23, Tel: 0235-28-2907, Email: to-ru@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

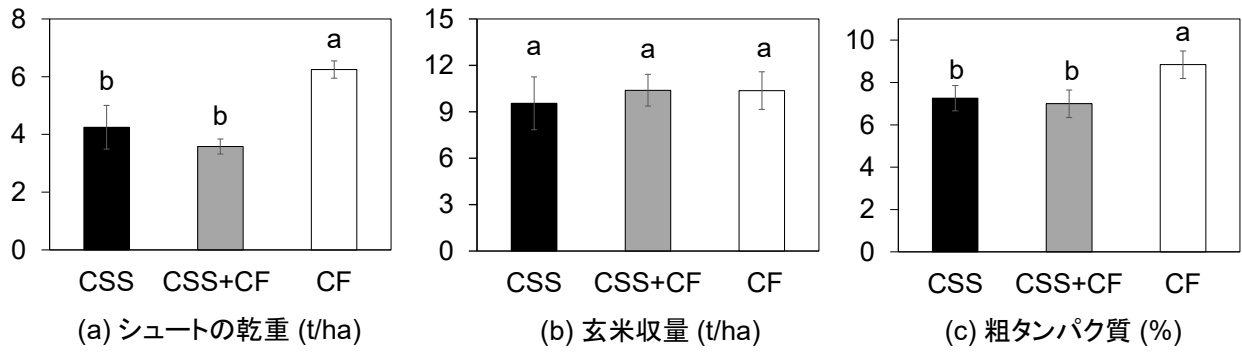


図1. 水稻のシュート乾重, 玄米収量, 粗タンパク質含有率 (異なるアルファベットは処理区間での有意差を示す)

ポストからの養分の放出が遅く, 栽培初期の水稻が利用できる養分が不足していたことが原因と思われる。一方で, 玄米収量には処理区間で有意差がなく, コンポストで化学肥料を代替できていた。ただし, 処理区 CSS と CSS+CF のタンパク含有量は処理区 CF よりも少なく, 登熟期における窒素の供給が不十分 (主に追肥による) であったと推測される。

表2. 玄米中の各種元素の含有量 (mg/kg)

処理区	Ca	K	Na	Mg	Cu	Fe	B	Mn	Mo	Zn
CSS	96 <sup>b</sup>	3856 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	1046 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	16.0 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	52.1 <sup>ab</sup>	1.3 <sup>a</sup>	25.9 <sup>b</sup>
CSS+CF	120 <sup>a</sup>	3824 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	1064 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	57.4 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	28.7 <sup>b</sup>
CF	138 <sup>a</sup>	3856 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	1126 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>	25.0 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	45.9 <sup>b</sup>	0.7 <sup>b</sup>	33.1 <sup>a</sup>

異なるアルファベットは, 処理区間での有意差を示す (p<0.05)。

表2には玄米中の各種元素の含有量を示すが, コンポスト施用により Cu, Mo, Mn の含有量が増え, Ca, Fe, Zn の含有量が減った。この増減は, コンポストの成分構成を反映しているかもしれない。コンポストの施用は, 有害金属である Cd, Ni, Pb の含有量も増やしたが, 食用米や飼料用米の基準値を超えることはなかった。

### 3. 2 コンポスト施肥による土壌の肥沃度の変化

栽培実験の前後における水田土壌の肥料成分と物理化学的性質の変化を表3に示す。収穫後の肥料成分を比較すると, 処理区 CSS および CSS+CF のリン含有量は処理区 CF よりも有意に多く, 窒素の含有量にも同様の傾向が見られた。Na と Ca の含有量 (表3には掲載せず) も処理区 CSS と CSS+CF で有意に多かった。物理化学的性質に関しては, コンポストを施用した処理区で収穫後の土壌 pH が処理区 CF よりも高く, 化学肥料で問題となる酸性化が抑制されていた。土壌有機物の指標 (SOM, TC) からも, コンポスト施用により肥沃度が向上したことが分かる。

処理区 CSS と CSS+CF の収穫後の土壌では, 有害金属である Cu, Zn, Cr, Pb の含有量が処理区 CF より有意に多かったが, いずれの含有量も農地土壌の基準値を大きく下回っていた。

### 4. おわりに

2022年シーズンにも同様の実証試験を行い, ここで報告した結果の再現性が確認できた。今後も試験を継続する予定であるが, 現時点までに, 汚泥コンポストは収量を減らすことなく基肥としての化学肥料を代替できること, そして, 米のタンパク含有率を高めるためには化学肥料による追肥が必要であることが分かった。

謝辞: この研究の一部は, 山形大学 YU-COE の支援を受けた。

参考文献 1) 例えば Tran *et al.*, *Paddy and Water Environ.*, 17, 507-513, 2019 ; 2) Phung *et al.*, *Sci. Rep.*, 10, 10155, 2020

表3. 実験前および収穫後の水田土壌の肥料成分と物理化学的性質

処理区	N (g/kg)		P (g/kg)		K (g/kg)		pH		EC (μS/cm)		CEC (meq/100g)		SOM (%)		TC (mg/g)	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
CSS	1.5 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	47.4 <sup>a</sup>	34.8 <sup>a</sup>	27.0 <sup>a</sup>	36.6 <sup>b</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	14.7 <sup>b</sup>	22.4 <sup>a</sup>
CSS+CF	2.2 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	1.0 <sup>ab</sup>	1.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	38.5 <sup>a</sup>	30.9 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	47.6 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>
CF	1.8 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	0.8 <sup>b</sup>	0.7 <sup>b</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>	61.7 <sup>a</sup>	38.5 <sup>a</sup>	25.2 <sup>a</sup>	40.2 <sup>b</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	18.2 <sup>b</sup>	15.9 <sup>b</sup>

異なるアルファベットは, 処理区間での有意差を示す (p<0.05)。