

6 カドミウムの土壌蓄積及び作物吸収における汚泥肥料連用の影響(続報)

廣井利明¹, 恵智正宏¹, 山西正将², 阿部文浩¹

キーワード 汚泥肥料, 連用試験, カドミウム

1. はじめに

肥料の公定規格¹⁾では, 汚泥肥料中の含有を許されるカドミウムの最大量は 0.0005 %と定められており, 汚泥肥料はこの範囲内において流通, 施用されている. 一方, 汚泥肥料の施用により土壌に負荷された重金属が蓄積し, 更に長期にわたり施用すると土壌の保持力を超えて, カドミウムが農作物へ移行し, 人畜に有害な農作物が生産されることが懸念されている. このことから, 肥料の有効性及び安全の確保に必要な課題に関する調査研究として, 汚泥肥料の連用施用試験を実施している.

2009 年夏から 2011 年夏にかけて, 汚泥肥料施用区及び標準区の 2 試験区に栽培前に施肥し, ニンジン, ホウレンソウ, ホウレンソウ, チンゲンサイ, カブの順で栽培し, 土壌中のカドミウム濃度の変化及び作物体へのカドミウム吸収量を確認した. その結果は既に肥料研究報告第 4 号²⁾及び 5 号³⁾で報告した. 2011 年冬及び 2012 年夏においてはそれぞれホウレンソウ, ニンジンを用いて試験を実施したのでその結果を報告する.

2. 材料及び方法

1) 2011 年冬作の連用試験(2011 年 10 月 7 日~2012 年 1 月 17 日)

(1) 試験圃場及び供試土壌

本試験は当センター岩槻圃場(埼玉県さいたま市)で実施した. 試験は, 汚泥肥料の施用履歴がある土壌(汚泥肥料施用区)と施用履歴がない土壌(標準区)を供試土壌とし, 2 試験区 2 反復とした. 施肥の前歴として, 汚泥肥料施用区は平成 16 年及び 18 年に汚泥肥料(し尿汚泥肥料及び下水汚泥肥料)を施用しており, この時の汚泥肥料由来のカドミウム負荷量は, 試験区(4 m²)当たり約 100 mg であった. 土壌の種類, 土性, 及び前作跡地の pH, EC, 0.1 mol/L 塩酸可溶カドミウム(以下, 0.1 mol/L HCl-Cd)を Table 1 に示した.

(2) 供試肥料等

施用する汚泥肥料は高分子凝集剤を用いて脱水したし尿汚泥を乾燥し, 生産された市販のし尿汚泥肥料を使用した. 補正肥料として特級試薬の硫酸アンモニウム, リン酸一アンモニウム及び塩化カリウムを使用した. 汚泥肥料及び補正肥料の各成分の分析は肥料等試験法⁴⁾によった. なお, 汚泥肥料中の 0.1 mol/L HCl-Cd は, 汚泥肥料 1 g を 0.1 mol/L 塩酸 50 mL で 1 時間振とうして抽出したカドミウムを原子吸光光度法により測定した. 汚泥肥料の分析結果は Table 2 に, 補正肥料の成分量は Table 3 に示した.

¹ 独立行政法人農林水産消費安全技術センター肥飼料安全検査部

² 独立行政法人農林水産消費安全技術センター肥飼料安全検査部 (現)神戸センター

Table 1 Characteristics of soil used in this study

	Unit	Year	AP ¹⁾ -1	AP ¹⁾ -2	SP ²⁾ -1	SP ²⁾ -2
pH (H ₂ O) ³⁾		2009 ⁴⁾	6.1	6.1	6.2	6.2
		2011 ⁵⁾	6.2	6.4	6.4	6.3
EC ⁶⁾	mS/m	2009	10.0	10.3	14.0	11.6
		2011	12.9	12.4	14.3	13.8
Acid-solubility-cadmium ⁷⁾	mg/kg	2009	0.18	0.19	0.18	0.21
		2011	0.18	0.18	0.16	0.19
Kind of soil			Andosol		Andosol	
Soil texture			Light clay		Light clay	

1) Sludge-fertilizer-application plot

2) Standard plot

3) Soil pH determined on 1 : 5 (soil : water) suspensions with a glass electrode

4) The year when the study was designed to evaluate the effects of sludge fertilizer applications on soil intended for long-term use

5) The year when this study was conducted

6) Soil electrical conductivity determined on 1 : 5 (soil : water) suspensions with an electrical conductivity meter.

7) Content of cadmium dissolved with 0.1 mol/L hydrochloric acid in the drying soil

Table 2 Properties of sludge fertilizer

Properties	Unit	Content	Property	Unit	Content
Total nitrogen	%	3.31	Total copper	mg /kg	546
Total phosphorus ¹⁾	%	5.22	Total zinc	mg /kg	1,760
Total potassium ²⁾	%	0.36	Total cadmium	mg /kg	3.64
Total calcium ³⁾	%	2.14	Acid-solubility-cadmium ⁴⁾	mg /kg	3.24
Moisture	%	26.09			

1) Content as P₂O₅2) Content as K₂O

3) Content as CaO

4) Content of cadmium dissolved with 0.1 mol/L hydrochloric acid

Table 3 Properties of the reagent

Property	Unit	Urea	Potassium hydrophosphate	Potassium chloride
Total nitrogen	%	46.1		-
Total phosphorus ¹⁾	%	-	52.0	-
Total potassium ²⁾	%	-	34.5	63.1

1) Content as P₂O₅2) Content as K₂O

(3) 試験区の構成

汚泥肥料施用区及び標準区は、1 試験区の面積を 4 m²(縦 2 m×横 2 m)とし、各試験区 2 反復の計 4 試験区を Fig. 1 のとおり配置した。施肥量は埼玉県の高レンソウ施肥基準⁵⁾から設計した。汚泥肥料施用区は、窒

素全量を基準に汚泥肥料を投入し, 前作において生育差が認められたことから, 汚泥肥料により窒素が 3 割増しとなるよう設計した. リン酸及び加里は不足分を補正肥料により調整し, 一試験区当たり窒素 104 g, リン酸 104 g, 加里 72 g とした. 標準区については, 窒素は尿素により 80 g とし, 窒素及びりん酸は補正肥料を用いて汚泥肥料施用区と同様の成分量になるよう調整した (Table 4 参照).

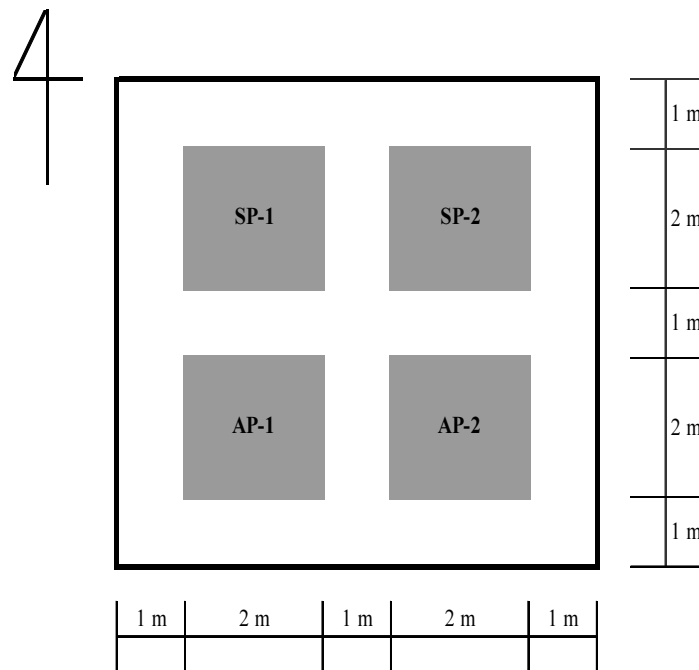


Fig.1 Plot plan of the test field

AP: Sludge-fertilizer-application plot

SP: Standard plot

Table 4 The design of the test plots

	Amount of application (g)	The applied components			
		N (g)	P ¹⁾ (g)	K ²⁾ (g)	Cd (mg)
<Sludge-fertilizer-application plot (AP)>					
Sluge fertilizer	1934	64.0	101.0	7.0	7.04
Ammonium sulfate	87	40.0	-	-	-
Ammonium dihydrogenphosphate	6	-	3.0	2.0	-
Potassium chloride	100	-	-	63.0	-
Total		104.0	104.0	72.0	7.04
<Standard plot (SP)>					
Sluge fertilizer	-	-	-	-	-
Ammonium sulfate	174	80.0	-	-	-
Ammonium dihydrogenphosphate	200	-	104.0	69.0	-
Potassium chloride	5	-	-	3.0	-
Total		80.0	104.0	72.0	0.00

1) Content as P₂O₅2) Content as K₂O

(4) 栽培方法

供試作物はホウレンソウ(品種名:サンライト)とし、埼玉県の施肥基準に基いて栽培を実施した。各試験区の周辺部にはガードプランツとして供試作物を栽培した。施肥は2011年10月7日に、各試験区の表層土約10kgを袋に採取し、あらかじめ計量した肥料を入れて混合し、各試験区表層に均等に散布したのちに、耕耘機で深さ約15cmまで耕耘した。試験区内は9条(条間約20cm)とし、播種は10月11日にシーダーテープ種子により行った。間引きは10月21日及び10月26日に行い、農薬散布はヨトウムシ等の害虫防除のため播種時にアセフェート・クロチアニジン粒剤、10月19日に2-イソプロピル-4-メチルピリミジル-6-ージエチルチオホスフェート粒剤を散布した。雑草防除は手除草により適宜実施した。収穫は2012年1月17日に行い、地際をハサミで切断して地上部のみを収穫した。

(5) 作物体のカドミウム分析

収穫したホウレンソウは直ちに試験区毎に全株重量を測定した。分析用試料は試験区中央の3畝分とし、ガラス室で自然乾燥した後に乾燥機にて65℃で1昼夜乾燥した。重量を測定した後、目開き1mmのふるいを通すまで粉砕機(SM2000:Retsch)で粉砕し分析用試料とした。カドミウム含有量は、分析試料0.5gに硝酸5mL及び過酸化水素2mLを加えマイクロ波分解装置(Multiwave 3000:Perkin Elmar)⁶⁾で分解したものを全量フラスコに移し込み、定容し試料溶液とした。測定はICP質量分析法(ICPM-8500:島津製作所)により行った。

(6) 跡地土壌の分析

収穫後の土壌は、対角線採土法⁷⁾により各試験区の作物体試料をサンプリングした試験区中央1m²の四隅及び中央の計5か所から、採土器(内径50mm×長さ250mm)を用いて表層から約15cmまで採取し、風乾後2mmのふるいを通したものを分析用試料とした。風乾した土壌について、水分はハロゲン水分計(HG53:メ

ラー・トレド)により測定し, 土壌 pH 及び EC は風乾土壌 1 に対して純水 5 を加え 30 分間振とう後ろ過し, pH はガラス電極法 (F-23: HORIBA) により, EC は電気伝導率計 (F-54: HORIBA) により測定した. 土壌中の 0.1 mol/L HCl-Cd は 0.1 mol/L 塩酸で約 30 °C に保ち 1 時間振とうして抽出したカドミウム⁸⁾を ICP 質量分析法により測定した.

2) 2012 年夏作の連用試験 (2012 年 6 月 15 日~2012 年 10 月 9 日)

(1) 試験圃場及び供試土壌

試験圃場及び供試土壌として 2.1) の試験の汚泥肥料施用区及び標準区の跡地を引き続き使用した.

土壌の種類, 土性, 及び前作跡地の pH, EC, 全窒素(燃焼法), 全炭素(燃焼法), リン酸吸収係数(バナドモリブデン酸法)⁷⁾, 有効態リン酸(トルオーグ法)⁷⁾, 陽イオン交換容量(セミマイクロ Schollenberger 法)⁷⁾, 0.1 mol/L HCl-Cd を Table 5 に示した.

(2) 供試肥料等

供試肥料は 2.1) (2) と同様のものを用いた. 補正肥料として特級試葉の硫酸アンモニウム, リン酸一アンモニウム及び塩化カリウムを使用した. 補正肥料の各成分の分析は肥料等試験法⁴⁾によった. 補正肥料の成分量は Table 6 に示した.

Table 5 Characteristics of soil used in this study

	Unit	year	AP ¹⁾ -1	AP ¹⁾ -2	SP ²⁾ -1	SP ²⁾ -2
pH (H ₂ O) ³⁾		2009 ⁷⁾	6.1	6.1	6.2	6.2
		2012 ⁸⁾	6.3	6.2	6.3	6.3
EC ⁴⁾	mS/m	2009	10.0	10.3	14.0	11.6
		2012	14.5	16.1	15.5	15.0
Total nitrogen ⁵⁾	% ⁶⁾	2012	0.39	0.40	0.37	0.39
Total carbon ⁵⁾	% ⁶⁾	2012	5.5	5.7	5.6	5.6
Phosphate absorption coefficient ⁵⁾	mg/100g dry soil	2012	2370	2380	2360	2420
Available phosphate ⁵⁾	mg/100g dry soil	2009	5.8	6.1	7.7	6.9
		2012	4.8	4.5	6.1	5.9
CEC ⁵⁾	c molc/kg	2012	37.8	38.8	37.7	38.4
0.1 mol/L HCl-Cd ⁵⁾	mg/kg	2009	0.18	0.19	0.18	0.21
		2012	0.19	0.20	0.16	0.18
Kind of soil			Andosol		Andosol	
Soil texture			Light clay		Light clay	

1) Sludge-fertilizer-application plot

2) Standard plot

3) pH 1 : 5 (soil : water), n = 1

4) Soil electrical conductivity determined on 1:5 (soil:water) suspensions with an electrical conductivity meter, n = 1

5) Content in the dry matter, average (n = 2)

6) Mass fraction

7) The year when the study was designed to evaluate the effects of sludge fertilizer applications on soil intended for long-term use

8) The year when this study was conducted.

Table 6 Properties of the reagent

Property	Unit	Ammonium sulfate	Ammonium dihydrogenphosphate	Potassium chloride
Total nitrogen	% ¹⁾	21.1	12.0	-
Total phosphorus ²⁾	% ¹⁾	-	61.5	-
Total potassium ³⁾	% ¹⁾	-	-	63.1

1) Mass fraction

2) Content as P₂O₅3) Content as K₂O

(3) 試験区の構成

試験区の構成は 2.1) (3)と同様に配置した。施肥量は埼玉県のニンジン施肥基準⁵⁾を基に決定し、1 試験区当たり窒素全量 88 g, リン酸全量 104 g, 加里全量 80 gとした。汚泥肥料の施用量は、多くの自治体で推奨している1作当たりの施肥限度量である500 kg/10 a(現物), 窒素肥効率を50%として決定し、不足分を補正肥料で施用した。リン酸及び加里についても不足分は補正肥料を用いて調整した。標準区については、補正肥料を用いて汚泥肥料施用区と同様の成分量になるよう調整し施用した(Table 7 参照)。

また、2011年冬作の跡地土壌を分析したところ、各試験区の有効態りん酸は4.5~6.1 mg/100 g 乾土であり、地力増進基本指針⁹⁾における有効態りん酸の改善目標(10 mg/100g 乾土)に比べて低い値であった。このため、溶成りん肥(く溶性りん酸20%含有)を1試験区当たり200 g 施用した。

Table 7 The design of the test plots

	Amount of application (g)	The applied components			
		N (g)	P ¹⁾ (g)	K ²⁾ (g)	Cd (mg)
<Sludge-fertilizer-application plot (AP)>					
Sludge fertilizer	2000	66.0	104.0	7.0	7.28
Ammonium sulfate	260	55.0	-	-	-
Ammonium dihydrogenphosphate	-	-	-	-	-
Potassium chloride	115	-	-	73.0	-
Fused magnesium phosphate	200	-	40.0	-	-
Total		121.0	144.0	80.0	7.28
<Standard plot (SP)>					
Sludge fertilizer	-	-	-	-	-
Ammonium sulfate	321	68.0	-	-	-
Ammonium dihydrogenphosphate	170	20.0	104.0	-	-
Potassium chloride	127	-	-	80.0	-
Fused magnesium phosphate	200	-	40.0	-	-
Total		88.0	144.0	80.0	0.00

1) Content as P₂O₅2) Content as K₂O

(4) 栽培方法

供試作物はニンジン(品種名:ベーターリッチ)とした。各試験区の周辺部にはガードプランツとして供試作物を栽培した。施肥は播種 12 日前の 2012 年 6 月 15 日に行った。各試験区の表層土約 12 kg を袋に取り、肥料を入れ混合し、各試験区表層に均等に散布した。耕耘機で深さ約 15 cm まで耕耘した。試験区内は 9 条(条間約 20 cm)とし、播種は 6 月 27 日にシーダーテープ種子を用いて行った。間引きは 7 月 19 日及び 8 月 1 日に行い、収穫時の株間が約 5 cm となるようにした。収穫は 10 月 9 日に行った。農薬散布はヨトウムシ、キアゲハ幼虫等の害虫防除のため、施肥時及び 7 月 25 日に 2-イソプロピル-4-メチルピリミジル-6-ジェチルチオホスフェート粒剤、7 月 11 日にアセフェート・クロチアニジン粒剤を散布した。雑草防除は手除草により適宜実施した。栽培期間中は例年に比べて高温少雨であったため、水道水によるかん水を適宜行った。収穫は 2012 年 10 月 9 日に行い、葉部と根部を収穫した。

(5) 作物体のカドミウム分析

収穫したニンジンは直ちに試験区毎に全株重量を測定した。分析用試料として試験区中央の 1 m² 分全てを根部と葉部に切り分け、水道水洗浄後に部位別に重量を測定した。葉部は葉が重ならないように広げ、根部は薄く切り分けて自然乾燥した。その後、通風乾燥機により 65 °C で 24 時間乾燥を行い乾物重を測定した後、目開き 500 µm のふるいを通過するまで粉砕機(ZM 100: Retsch)で粉砕した。

カドミウム含有量は、分析試料 0.5 g に硝酸 5 mL 及び過酸化水素 2 mL を加えマイクロ波分解装置(Multiwave 3000: Perkin Elmar)⁶⁾で分解したものを全量フラスコに移し込み、定容し試料溶液とした。測定は ICP 質量分析法(ICPM-8500: 島津製作所)により行った。

(6) 跡地土壌の分析

収穫後の土壌は、対角線採土法⁷⁾により各試験区の作物体試料をサンプリングした試験区中央 1 m² の四隅及び中央の計 5 か所から、採土器(内径 50 mm × 長さ 250 mm)を用いて表層から約 15 cm まで採取し、風乾後 2 mm のふるいを通過したものを分析用試料とした。風乾した土壌について、水分はハロゲン水分計(HG53: メトラー・トレド)により測定し、土壌 pH 及び EC は風乾土壌 1 に対して純水 5 を加え 30 分間振とう後ろ過し、pH はガラス電極法(F-23: HORIBA)により、EC は電気伝導率計(F-54: HORIBA)により測定した。土壌中の 0.1 mol/L HCl-Cd は 0.1 mol/L 塩酸で約 30 °C に保ち 1 時間振とうして抽出したカドミウム⁸⁾を ICP 質量分析法により測定した。

3. 結 果

1) 2011 年連用試験(冬: 2011 年 10 月 7 日～2012 年 1 月 17 日)

(1) 作物体

播種から収穫までの栽培期間は約 3 ヶ月であり、その間の生育に異常な症状等は観察されなかった。

ホウレンソウの収量、カドミウム濃度及び吸収量を Table 8 に示した。汚泥肥料施用区及び標準区の収量は、生体重平均値でそれぞれ 8.13 kg と 10.33 kg であり、汚泥肥料施用区は標準区と比較して 2 kg 程度低かった。カドミウム濃度については、汚泥肥料施用区は平均値で 0.53 mg/kg、標準区は 0.36 mg/kg であり、汚泥肥料施用区が有意に高かった。カドミウム吸収量については、汚泥肥料施用区が平均値で 0.68 mg に対して、標準区は 0.58 mg であり、汚泥肥料施用区の吸収量が有意に高かった。

Table 8 Cadmium uptake and yield of spinach in the test

	Part	Unit	Test plot-1		Test plot-2		Average	t-test
<Sludge-fertilizer-application plot (AP)>								
Fresh weight	edible portion	kg	8.15		8.10		8.13	significance ³⁾
Dry weight	edible portion	kg	1.30		1.26		1.28	significance
Cadmium concentration ¹⁾	edible portion	mg/kg	0.54	0.55	0.54	0.52	0.53	significance
Quantity of cadmium uptake ²⁾	edible portion	mg/plot	0.70	0.71	0.68	0.66	0.68	significance
<Standard plot (SP)>								
Fresh weight	edible portion	kg	10.70		9.95		10.33	
Dry weight	edible portion	kg	1.67		1.59		1.63	
Cadmium concentration ¹⁾	edible portion	mg/kg	0.35	0.39	0.34	0.35	0.36	
Quantity of cadmium uptake ²⁾	edible portion	mg/plot	0.58	0.65	0.54	0.56	0.58	

1) Content in the drying soil

2) Quantity of cadmium uptake = Harvest (dry weight) × Cadmium concentration (dry matter)

3) It is no significantly different for standard plot (t-test, 5 % of both sides levels of significance, the harvest is $n = 2$, cadmium concentration and quantity of cadmium uptake are $n = 4$ (2 repetition × number of samples(2)))

(2) 跡地土壌

跡地土壌の 0.1 mol/L HCl-Cd, pH 及び EC を Table 9 に示した. 0.1 mol/L HCl-Cd は, 汚泥肥料施用区は 0.19 mg/kg 及び 0.20 mg/kg, 標準区は 0.16 mg/kg 及び 0.18 mg/kg で, 汚泥肥料施用区が有意に高い濃度であった.

Table 9 Characteristics of soil used in this study

	Unit	Test plot-1		Test plot-2		Average	t-test
< Sludge-fertilizer-application plot (AP) >							
0.1 mol /L HCl-Cd ¹⁾	mg/kg	0.19	0.20	0.20	0.21	0.20	significance ⁴⁾
pH (H ₂ O) ²⁾		6.3		6.2			
EC ³⁾	mS/m	14.5		16.1			
< Standard plot (SP) >							
0.1 mol /L HCl-Cd ¹⁾	mg/kg	0.16	0.16	0.18	0.18	0.17	
pH (H ₂ O) ²⁾		6.3		6.3			
EC ³⁾	mS/m	15.5		15.0			

1) Content of cadmium dissolved with 0.1 mol/L hydrochloric acid in the drying soil

2) Soil pH determined on 1 : 5 (soil : water) suspensions with a glass electrode

3) Soil electrical conductivity determined on 1 : 5 (soil : water) suspensions with an electrical conductivity meter.

4) It is no significantly different for standard plot (t-test, 5 % of both sides levels of significance, the harvest is $n = 2$, cadmium concentration and quantity of cadmium uptake are $n = 4$ (2 repetition × number of samples(2)))

2) 2012 年連用試験(夏:2012 年 6 月 15 日~2012 年 10 月 9 日)

(1) 作物体

播種から収穫までの栽培期間は約 4 ヶ月であり、その間は、例年に比べて高温少雨傾向で特に発芽後に枯死する個体が多く認められた。また、収穫直前には、一部の葉にうどん粉病と思われる症状が認められたが、それ以外は異常な症状等は観察されなかった。

ニンジンの収量、カドミウム濃度及び吸収量を Table 10 に示した。全ての項目で処理間における有意差は認められなかった。汚泥肥料施用区及び標準区の収量は、生体重平均値で根部がそれぞれ 12.25 kg と 12.13 kg、葉部がそれぞれ 10.00 kg と 9.70 kg であった。汚泥肥料施用区及び標準区のカドミウム濃度については、根部がそれぞれ 0.24 mg/kg と 0.23 mg/kg、葉部がそれぞれ 0.31 mg/kg と 0.29 mg/kg であった。汚泥肥料施用区及び標準区の試験区当たりのカドミウム吸収量については、平均値で根部がそれぞれ 0.32 mg と 0.30 mg、葉部がそれぞれ 0.41 mg と 0.38 mg であった。作物体全体の試験区当たりのカドミウム吸収量の平均値は汚泥肥料施用区で 0.73 mg、標準区で 0.68 mg であった。

Table 10 Cadmium uptake and yield of carrot in the test

	Part	Unit	Test plot-1		Test plot-2		average	t-test
< Sludge-fertilizer-application plot (AP) >								
Fresh weight	Root	kg	11.90		12.60		12.25	n.s. ³⁾
	Leaf	kg	10.40		9.60		10.00	n.s.
	Total	kg	22.30		22.20		22.25	n.s.
Dry weight	Root	kg	1.27		1.33		1.30	n.s.
	Leaf	kg	1.35		1.30		1.33	n.s.
	Total	kg	2.62		2.63		2.63	n.s.
Cadmium concentration ¹⁾	Root	mg/kg	0.23	0.24	0.25	0.25	0.24	n.s.
	Leaf	mg/kg	0.30	0.31	0.31	0.32	0.31	n.s.
Quantity of cadmium uptake ²⁾	Root	mg/plot	0.30	0.31	0.33	0.33	0.32	n.s.
	Leaf	mg/plot	0.41	0.42	0.41	0.42	0.41	n.s.
	Total	mg/plot	0.70	0.72	0.73	0.74	0.73	n.s.
< Standard plot (SP) >								
Fresh weight	Root	kg	11.95		12.30		12.13	
	Leaf	kg	10.25		9.15		9.70	
	Total	kg	22.20		21.45		21.83	
Dry weight	Root	kg	1.29		1.30		1.29	
	Leaf	kg	1.39		1.26		1.33	
	Total	kg	2.69		2.56		2.62	
Cadmium concentration ²⁾	Root	mg/kg	0.23	0.24	0.21	0.22	0.23	
	Leaf	mg/kg	0.30	0.31	0.27	0.27	0.29	
Quantity of cadmium uptake ²⁾	Root	mg/plot	0.30	0.31	0.28	0.29	0.30	
	Leaf	mg/plot	0.42	0.43	0.34	0.35	0.38	
	Total	mg/plot	0.72	0.74	0.62	0.64	0.68	

1) Content in the drying soil

2) Quantity of cadmium uptake = Harvest (dry weight) × Cadmium concentration (dry matter)

3) It is no significantly different for standard plot (t-test, 5% of both sides levels of significance, the harvest is $n = 2$, cadmium concentration and quantity of cadmium uptake are $n = 4$ (2 repetition × 2 number of samples (2)))

(2) 跡地土壌

跡地土壌の 0.1 mol/L HCl-Cd, pH 及び EC を Table 11 に示した. 0.1 mol/L HCl-Cd は, 汚泥肥料施用区は 0.18 及び 0.19mg/kg, 標準区は 0.14 及び 0.16mg/kg で, 汚泥肥料施用区が有意に高い濃度であった.

Table 11 Characteristics of soil used in this study

	Unit	Test plot-1		Test plot-2		average	t-test
< Sludge-fertilizer-application plot (AP) >							
0.1 mol /L HCL-Cd ¹⁾	mg/kg	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	significance ⁴⁾
pH (H ₂ O) ²⁾		6.2		6.3			
EC ³⁾	mS/m	16.6		16.9			
< Standard plot (SP) >							
0.1 mol /L HCL-Cd ¹⁾	mg/kg	0.14	0.14	0.16	0.15	0.15	
pH (H ₂ O) ²⁾		6.2		6.3			
EC ³⁾	mS/m	15.6		13.4			

1) Content in the drying soil

2) Soil pH determined on 1 : 5 (soil : water) suspensions with a glass electrode, $n = 1$

3) Soil electrical conductivity determined on 1 : 5 (soil : water) suspensions with an electrical conductivity meter, $n = 1$

4) It is significantly different for Standard plot (t-test, 5 % of both sides levels of significance, $n = 4$ (2 repetition \times 2 number of samples (2)))

4. 考 察

1) 2011 年冬作ハウレンソウ及び 2012 夏作ニンジンの試験結果について

跡地土壌の 0.1 mol /L HCl-Cd は, 2011 年冬作及び 2012 年夏作において, 汚泥肥料施用区が標準区に比べて有意に高い濃度を示した. これらの結果の要因として, 標準区では肥料由来のカドミウム負荷がないため, 連作により土壌中の 0.1 mol /L HCl-Cd が収奪され減少し, 一方, 汚泥肥料施用区においては, 汚泥肥料由来のカドミウム負荷と作物体収穫によるカドミウムの持出しがあるが, 現状のカドミウム負荷量では, 土壌の液相と固相との間で交換可能なカドミウム量¹⁰⁾は増大していないため, 土壌中の 0.1 mol /L HCl-Cd 濃度も一定で推移していることが考えられる.

作物体のカドミウム濃度及び吸収量は 2011 年冬作ハウレンソウでは, 汚泥肥料施用区が標準区に比べて有意に高い濃度を示したが, その後に実施した 2012 年夏作ニンジンでは試験区間で有意差は認められなかった. ハウレンソウは土壌中の交換態のカドミウムを主体に吸収し, 無機結合態カドミウムなど他形態のカドミウムも吸収しうること, また, この吸収割合は品種や作物によって異なることが報告されている¹¹⁾. 汚泥肥料施用区と標準区では, ハウレンソウが吸収可能な形態のカドミウムとニンジンが吸収可能な形態のカドミウムの濃度が異なるため, ハウレンソウとニンジンで異なる結果となった可能性も考えられる.

この結果が一時的なものであるかは, 引き続き連用試験を実施中のため, その結果を確認する必要がある.

2) 2009 年試験開始時からの推移について

2009 年の試験開始時から, これまで 4 年間, 年 2 作の計 7 作 (2012 年冬作は現在実施中) の試験を行った.

各測定結果の推移については下記のとおりであった。

(1) 作物体の収量

作物体の収量(生体重)の推移は Table 12 のとおりである。これまでの試験の収量は、参考にした自治体の施肥基準に記載されている目標収量と同等以上であり、一定の収量を確保できていると考えられる。標準区に対する汚泥肥料施用区の生体重指数を見ると、主に葉物作物において、汚泥肥料施用区の収量が 8 割程度となっていた。これは、汚泥肥料施用区の施肥設計において、汚泥肥料の連用による残効¹²⁾を考慮して、窒素肥効率を 100 %として計算していたが、連用 3 年目の 2011 年冬作ホウレンソウにおいても、汚泥肥料の残効は認められなかった。そこで、2012 年夏作以降は、汚泥肥料の窒素肥効率を夏作 50 %、冬作 30 %として施肥設計を計算している。その結果、2012 年夏作のニンジンでは、両試験区間で収量はほぼ同程度となった。しかし、根菜類については、2009 年夏作ニンジン及び 2011 年夏作カブについては、両試験区間でほぼ同程度の収量であったことから、収量の差の原因として汚泥肥料の窒素肥効率以外の要因が影響している可能性もある。引き続き連用試験を実施中のため、その結果も含めて今後の推移を確認し、施肥設計等を検討することとする。

Table 12 The yield of each crop body of 2009 to 2012 (fresh weight)

Year	Season	Test crops	Part	AP ¹⁾		SP ²⁾		Aim yield ³⁾ (kg/plot)	Fresh weight index of AP ⁴⁾
				Fresh weight (kg/plot)	(SD) ⁵⁾	Fresh weight (kg/plot)	(SD)		
2009	Summer	Carrot	Root	18.0	(0.1) ⁵⁾	17.9	(1.0)	-	101
			Leaf	10.5	(0.4)	9.6	(0.9)	-	109
			Total	28.5	(0.4)	27.6	(1.8)	16	104
2009	winter	Spinach	Edible portion	13.7	(0.8)	18.6	(1.0)	8	74
2010	Summer	Spinach	Edible portion	4.5	(0.1)	5.8	(0.6)	4	77
2010	winter	Qing geng cai	Edible portion	22.4	(0.7)	26.9	(0.8)	12	83
2011	Summer	Turnip	Root	8.9	(0.6)	9.4	(0.9)	-	95
			Leaf	8.7	(1.0)	10.0	(1.3)	-	88
			Total	17.6	(1.5)	19.3	(2.2)	16	91
2011	winter	Spinach	Edible portion	8.1	(0.0)	10.3	(0.5)	8	79
2012	Summer	Carrot	Root	12.3	(0.5)	12.1	(0.2)	-	101
			Leaf	10.0	(0.6)	9.7	(0.8)	-	103
			Total	22.3	(0.1)	21.8	(0.5)	16	102

1) Sludge-fertilizer-application plot

2) Standard plot

3) This value is shown in the recommending rate of fertilizer application (local government) exchanging aim yield (kg/10 a) to 4 m².

4) Fresh weight index of sludge-fertilizer-application plot when standard plot assume 100.

5) Standard deviation (n = 2 (2 repetition))

(2) 跡地土壌の pH

跡地土壌 pH の推移は Fig. 2 のとおりである。pH 6.0~6.6 とほぼ一定で推移しており、汚泥肥料施用区と標準区ではほぼ同程度で推移している。供試土壌が黒ボク土であることや、高分子凝集剤を使用したし尿汚泥肥料を供試肥料としているため、連用施用による pH の変動は少ないものとなっていると考えられる。土壌 pH の変動

は、土壌中カドミウムの作物体への可給性に影響を及ぼすことが知られている¹³⁾。跡地土壌の pH が最も低かった 2010 年夏作ホウレンソウ中のカドミウム濃度及び吸収量はこれまでの試験中最高数値となっていた (Fig. 2, Table 8 及び Table 9)。一方で、汚泥肥料施用区と標準区の跡地土壌 pH は、本試験では、ほぼ同程度で推移していることから、各試験でのカドミウム動態の試験区間差には土壌 pH は影響していないものと考えられる。

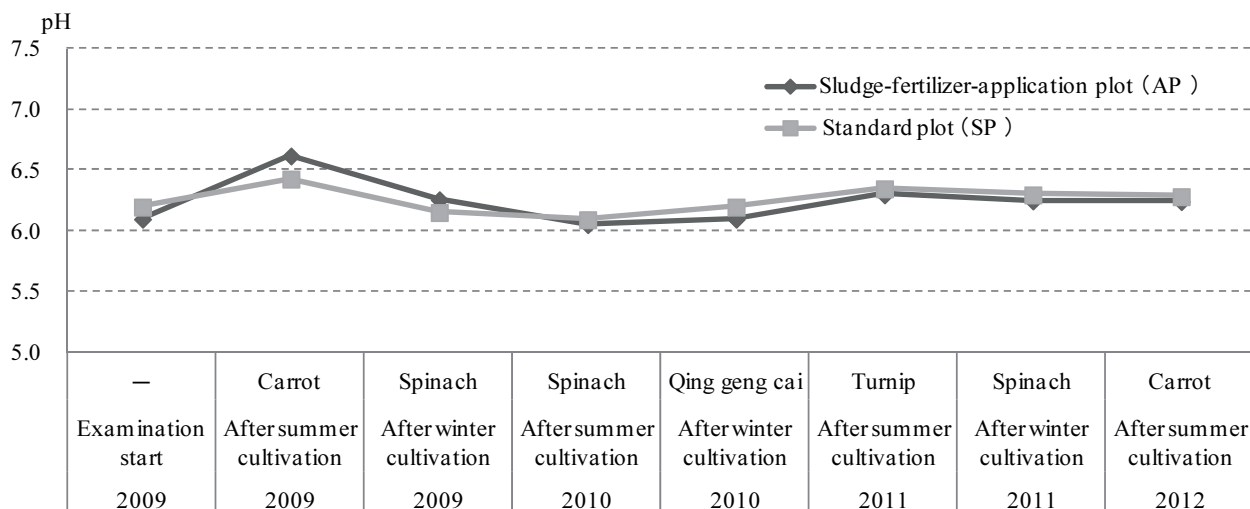


Fig. 2 Changes in the soil pH used in this study

(3) 跡地土壌の 0.1 mol/L HCl-Cd 濃度

跡地土壌の 0.1 mol/L HCl-Cd 濃度の推移は Table 13 及び Fig.3 のとおりである。

汚泥肥料施用区及び標準区の 0.1 mol/L HCl-Cd 濃度の推移について傾向を把握するため、それぞれの処理区における、試験開始時からの経過月 (各試験の間隔は 6 ヶ月とした) に対する 0.1 mol/L HCl-Cd 濃度の線形単回帰分析を行った。2012 年夏作跡地までの汚泥肥料施用区の回帰は有意でなく (線形回帰からの分散分析の p 値により評価, 両側有意水準 5%), 一定で推移している傾向であった。標準区では、2011 年冬作跡地以降、回帰が有意となり (線形回帰からの分散分析の p 値により評価, 両側有意水準 5%), 下降傾向が認められ、両試験区間の差は大きくなる傾向であった。また、2009 年の試験開始後初めて、2011 年冬作において、汚泥肥料施用区が標準区に比べて有意に高い濃度となった。その後の、2012 年夏作においても同様であった。これは、標準区は肥料由来のカドミウム負荷がないため、各試験において作物体の収穫により土壌中カドミウムの圃場外への持ち出しが継続されることにより、跡地土壌の 0.1 mol/L HCl-Cd についても減少する傾向となっていると考えられる。

また、過去 3 回実施したホウレンソウ試験の跡地土壌 0.1 mol /L HCl-Cd が前作跡地に比べて減少する傾向があり、標準区では 3 回全ての試験後で減少しているが、汚泥肥料施用区では、直近の 2011 年冬作跡地では増加傾向であった。これは、ホウレンソウは、他の供試作物に比べてカドミウム吸収量が多かったこと (Table 14) や、ホウレンソウのカドミウム吸収と 0.1 mol /L HCl-Cd 濃度に相関がある¹¹⁾ことなどが考えられる。

Table 13 Change of the 0.1 mol/L HCl-Cd density¹⁾ of ruins soil

Year	Season	Test crops	AP ²⁾		SP ³⁾		t-test (difference between the processing)	p-value of single regression analysis ⁴⁾	
			(mg/kg)		(mg/kg)			AP ²⁾	SP ³⁾
2009	Start	—	0.19	(0.01) ⁵⁾	0.20	(0.02)	n.s. ⁶⁾	—	—
2009	Summer	Carrot	0.21	(0.01)	0.21	(0.02)	n.s.	—	—
2009	winter	Spinach	0.20	(0.003)	0.18	(0.01)	n.s.	—	—
2010	Summer	Spinach	0.19	(0.01)	0.17	(0.02)	n.s.	—	—
2010	winter	Qing geng cai	0.18	(0.02)	0.18	(0.01)	n.s.	0.55	0.20
2011	Summer	Turnip	0.19	(0.004)	0.18	(0.01)	n.s.	0.41	0.11
2011	winter	Spinach	0.20	(0.01)	0.17	(0.01)	significance ⁷⁾	0.63	0.03 ⁸⁾
2012	Summer	Carrot	0.19	(0.005)	0.15	(0.01)	significance	0.41	0.01 ⁸⁾

1) Content in the drying soil

2) Sludge-fertilizer-application plot

3) Standard plot

4) The p-value which calculated from dispersion analysis for linear regression by examination start of each examination plot.

5) Standard deviation ($n = 4$ (2 repetition \times 2 number of samples (2)))

6) It is no significantly different for Processing examination section (t-test, 5 % of both sides levels of significance, $n = 4$ (2 repetition \times 2 number of samples (2)))

7) It is significantly different for Processing examination section (t-test, 5% of both sides levels of significance, $n = 4$ (2 repetition \times 2 number of samples (2)))

8) It show that regression is significant in $p < 0.05$ (5 % of both sides levels of significance).

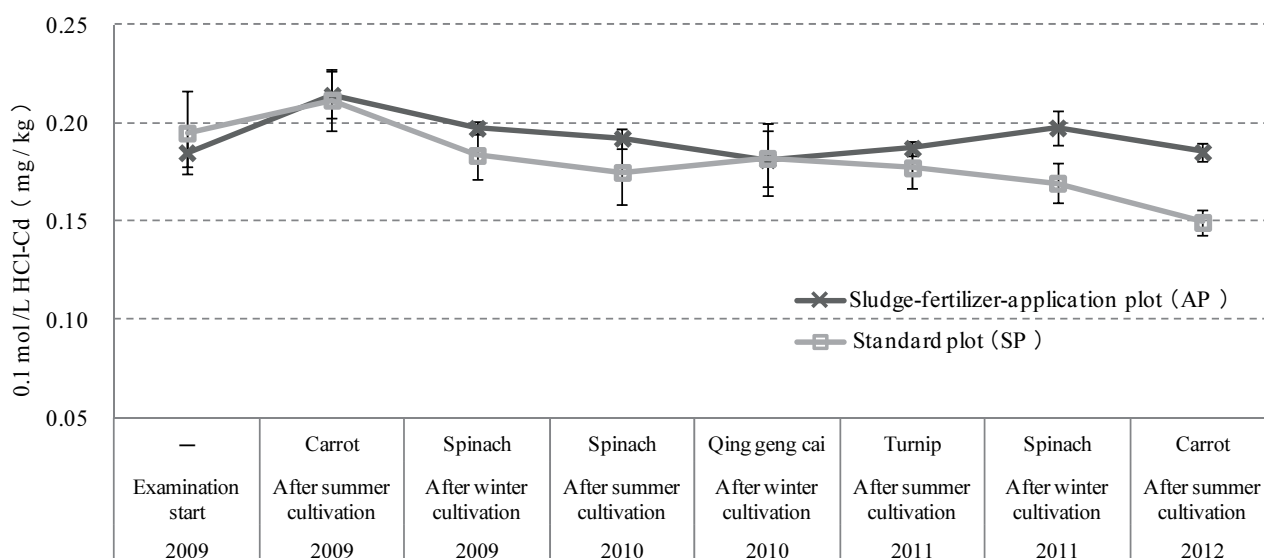


Fig. 3 Change of 0.1 mol /L HCl-Cd density in the ruins soil
(The error bar indicating the standard deviation)

Table 14 Absorption and the amount of cadmium concentration of each crops in 2009~2012

Year	Season	Test crops	Part	Cadmium Concentration ¹⁾			Quantity of cadmium uptake		
				AP ²⁾ (mg/kg)	SP ³⁾ (mg/kg)	t-test	AP ²⁾ (mg/plot)	SP ³⁾ (mg/plot)	t-test
2009	Summer	Carrot	Root	0.12 (0.01) ⁴⁾	0.11 (0.02)	n.s. ⁵⁾	0.21 (0.02)	0.20 (0.03)	n.s.
			Leaf	0.24 (0.02)	0.22 (0.02)	n.s.	0.32 (0.02)	0.31 (0.01)	n.s.
			Total	-	-	-	0.54 (0.03)	0.50 (0.04)	n.s.
2009	winter	Spinach	Edible portion	0.62 (0.01)	0.61 (0.02)	n.s.	1.18 (0.004)	1.34 (0.02)	signifi- cance
2010	Summer	Spinach	Edible portion	1.40 (0.10)	1.56 (0.07)	n.s.	0.72 (0.04)	0.96 (0.01)	signifi- cance
2010	winter	Qing geng cai	Edible portion	0.20 (0.01)	0.17 (0.01)	signifi- cance ⁶⁾	0.21 (0.01)	0.21 (0.01)	n.s.
2011	Summer	Turnip	Root	0.08 (0.01)	0.08 (0.002)	n.s.	0.04 (0.003)	0.04 (0.00)	n.s.
			Leaf	0.16 (0.01)	0.17 (0.01)	n.s.	0.10 (0.01)	0.11 (0.01)	n.s.
			Total	-	-	-	0.15 (0.01)	0.16 (0.01)	n.s.
2011	Winter	Spinach	Edible portion	0.53 (0.01)	0.36 (0.02)	signifi- cance	0.68 (0.02)	0.58 (0.05)	signifi- cance
2012	Summer	Carrot	Root	0.24 (0.01)	0.23 (0.01)	n.s.	0.32 (0.01)	0.30 (0.02)	n.s.
			Leaf	0.31 (0.01)	0.29 (0.02)	n.s.	0.41 (0.005)	0.38 (0.04)	n.s.
			Total	-	-	-	0.73 (0.02)	0.68 (0.06)	n.s.
The sum total				-	-	-	4.21 (0.06)	4.44 (0.08)	signifi- cance

1) Content in the drying soil

2) Sludge-fertilizer-application plot

3) Standard plot

4) Standard deviation ($n = 4$ (2 repetition \times number of samples(2)))

5) It is no significantly different for processing examination section (t-test, 5 % of both sides levels of significance, $n = 4$ (2 repetition \times 2 number of samples (2)))

6) It is significantly different for processing examination section (t-test, 5 % of both sides levels of significance, $n = 4$ (2 repetition \times 2 number of samples (2)))

(4) 作物体のカドミウム濃度及び吸収量

各試験での作物体のカドミウム濃度及び吸収量の推移は Table 14 のとおりである。ニンジンについては過去 2 回、ホウレンソウについては過去 3 回試験を実施しているが、試験を行った年や季節によって作物体のカドミウム濃度は変動していた。これは、栽培期間中の降水量や気温等の気象条件が影響していると考えられる¹⁴⁾。

2009年冬作及び2010年夏作ホウレンソウでは、カドミウム吸収量において標準区が汚泥肥料施用区に比べて有意に多い結果となった。これは、汚泥肥料施用区に比べて標準区の収量が多かったためと考えられた。一方で、作物体中のカドミウム濃度では両試験区で差は認められず、ホウレンソウの生育量とカドミウム濃度に関する係は認められないという報告¹⁵⁾と一致する結果であった。

2010年冬作チンゲンサイでは、カドミウム濃度において汚泥肥料施用区が標準区に比べて有意に高い値を示したが、カドミウム吸収量は両試験区間で同程度であった。これは、汚泥肥料施用区に比べて標準区の収量が多かったためと考えられた。

また、試験開始から初めて2011年冬作ホウレンソウにおいて、汚泥肥料施用区が標準区に比べてカドミウム濃度及び吸収量の両方において有意に高い値を示した。これは、跡地土壌の0.1 mol/L HCl-Cd濃度についても同様な結果となった(Table 7)。ホウレンソウについては、作物体のカドミウム吸収と土壌の0.1 mol/L HCl-Cd濃度に相関があるという報告¹¹⁾があり、これと一致する結果であった。その後実施した2012年夏作ニンジンでは跡地土壌の0.1 mol/L HCl-Cd濃度は汚泥肥料施用区が有意に高かったが、作物体のカドミウム濃度及び吸収量に試験区間で差は認められなかった。ニンジンのカドミウム吸収には、土壌の0.1 mol/L HCl-Cd濃度との相関が認められないという報告¹⁶⁾があり、このことが原因の一つとして考えられる。

今後も同様の結果となるか、推移を引き続き確認することとする。

(5) 作物体のカドミウム負荷量、持出し量及び蓄積量

各試験での肥料由来のカドミウム負荷量、作物体によるカドミウム持出し量、土壌へのカドミウム蓄積量及び負荷濃度の推移はTable 15のとおりである。施用肥料のカドミウム含有量に施用量を乗じて、土壌へのカドミウム負荷量とした。カドミウム持出し量は、収穫した作物体のカドミウム吸収量とした。施用肥料によるカドミウム負荷量と作物体によるカドミウム持出し量の差をカドミウム蓄積量とした。カドミウム蓄積量を試験区当たりの土壌量(作土の深さ15 cm, 土壌の仮比重0.67とし、試験区当たりの土壌量を400 kgとした)で除して、土壌へのカドミウム蓄積濃度とした。

カドミウム持出し量については、これまで実施した7作の試験の合計は、汚泥肥料施用区で4.21 mg, 標準区で4.44 mgであり標準区の持出し量が有意に高値を示した(有意差検定結果は、Table 14 カドミウム吸収量の総計を参照)。これは、無機質試葉のみを施肥している標準区の収量が汚泥肥料施用区よりも高くなったこと(Table 12)が要因と考えられる。

汚泥肥料施用区では、各試験において、カドミウム負荷量に比べて持出し量が少ないことから土壌のカドミウム収支がプラスとなるため、汚泥肥料の連用によるカドミウム負荷量の増加に伴って土壌蓄積するカドミウムが高まる方向であることが考えられた。一方で、過去7作の試験における汚泥肥料施用区のカドミウム蓄積濃度の合計は0.071 mg/kgとなった(Table 15)。しかし、Table 13及びFig. 3のとおり、汚泥肥料施用区の土壌中の0.1 mol/L HCl-Cd濃度は試験開始からほぼ一定で推移している。このことから、土壌中に負荷されたカドミウムは水平や下方移動により作土に留まらないものがあること^{17, 18)}や、土壌や汚泥肥料中の有機物等と結合すること¹⁹⁾により0.1 mol/L HCl-Cd以外の形態として作土中に蓄積していることが考えられた。

Table 15 Change of the 2009~2012 year of the quantity of cadmium load by fertilizer¹⁾, quantity of peculating due to the crops body¹⁾, and quantity of cadmium accumulation to the soil¹⁾

Year	Season	Test crops	Sludge-fertilizer-application plot (AP)				Standard plot (SP)			
			Quantity of cadmium			Concentration of cadmium accumulation	Quantity of cadmium			Concentration of cadmium accumulation
			load	removal	accumulation		load	removal	accumulation	
(mg/plot)	(mg/plot)	(mg/plot)	(mg/kg)	(mg/plot)	(mg/plot)	(mg/plot)	(mg/kg)			
2009	Summer	Carrot	4.84	0.54	4.30	0.011	0	0.50	-0.50	-0.001
2009	Winter	Spinach	4.40	1.18	3.22	0.008	0	1.34	-1.34	-0.003
2010	Summer	Spinach	3.30	0.72	2.58	0.006	0	0.96	-0.96	-0.002
2010	Winter	Qing geng cai	2.64	0.21	2.43	0.006	0	0.21	-0.21	-0.001
2011	Summer	Turnip	3.30	0.15	3.15	0.008	0	0.16	-0.16	0.000
2011	Winter	Spinach	7.04	0.68	6.35	0.016	0	0.58	-0.58	-0.001
2012	Summer	Carrot	7.28	0.73	6.55	0.016	0	0.68	-0.68	-0.002
Total			32.80	4.21	28.59	0.071	0.00	4.44	-4.44	-0.011

1) It show every test plot.

5. まとめ

肥料の有効性及び安全の確保に必要な課題に関する調査研究として、汚泥肥料の連用施用試験を2009年より引き続き行っており、汚泥肥料施用区及び汚泥肥料無施用の標準区の2試験区に、2011年冬作としてハウレンソウを、2012年夏作としてニンジン栽培し、土壌中のカドミウム濃度の変化及び作物体へのカドミウム吸収量を確認した。その結果、跡地土壌の0.1 mol/L HCl-Cdは汚泥肥料施用区が標準区に比べて有意に高濃度であった。作物体のカドミウム濃度及び吸収量は2011年冬作ハウレンソウにおいては、汚泥肥料施用区が標準区に比べて有意に高値を示したが、2012年夏作ニンジンでは、両試験区に差は認められなかった。また、2009年からの結果の推移についても整理したところ、今回の試験（2011年冬作ハウレンソウ）で初めて汚泥肥料施用区で跡地土壌の0.1 mol/L HCl-Cdが標準区に比べて有意に高濃度となった。跡地土壌の0.1 mol/L HCl-Cdの推移は、標準区では、下降傾向が認められたが、汚泥肥料施用区は一定で推移しており、汚泥肥料の連用施用による上昇又は下降傾向は認められなかった。

当該試験は引き続き連用試験として実施していく予定である。

文 献

- 1) 農林水産省告示:肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件, 昭和61年2月22日, 農林水産省告示第284号, 最終改正平成24年8月8日, 農林省告示第44号 (2012)
- 2) 舟津正人, 阿部文浩, 添田英雄:カドミウムの土壌蓄積及び作物吸収における汚泥肥料連用の影響, 肥料研究報告, **4**, 74~84 (2011)
- 3) 舟津正人, 山西正将, 阿部文浩:カドミウムの土壌蓄積及び作物吸収における汚泥肥料連用の影響(続報), 肥料研究報告, **5**, 60~68 (2012)
- 4) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC):肥料等試験法
<<http://www.famic.go.jp/ffis/fert/sub9.html>>

- 5) 農林水産省ホームページ:都道府県施肥基準等 主要農作物施肥基準, 埼玉県
<http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/sai05.html>
- 6) Perkin Elmer 社:マイクロ波分解装置取扱説明書, 分解メソッド集, ホウレンソウ
- 7) 財団法人日本土壌協会:土壌, 水質及び植物体分析法, 東京 (2001)
- 8) 農林省省令:農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係るカドミウムの量の検定の方法を定める省令, 昭和46年6月24日農林省令第47号, 最終改正平成12年6月1日総理府令第58号 (2000)
- 9) 農林水産省:地力増進基本指針, 平成20年10月16日
<http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_dozyo/pdf/chi4.pdf>
- 10) 農林水産技術会議事務局:農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発, 研究成果,
471, 220~225 (2009)
- 11) 砂川 匡, 袖垣一也, 安田雅晴, 沢野定憲:ホウレンソウのカドミウム吸収特性の解明と含量予測技術の開発,
岐阜県農業技術センター研究報告, 8, 26~33 (2008)
- 12) 有機性汚泥の緑農地利用委員会:有機性汚泥の緑農地利用, 106, 博友社, 東京 (1991)
- 13) 有機性汚泥の緑農地利用委員会:有機性汚泥の緑農地利用, 119, 博友社, 東京 (1991)
- 14) 佐野健人・松本栄一・中村憲治:ホウレンソウのカドミウム吸収能に関する品種間差異のほ場における
検証(2), 農用地土壌のカドミウムによる農作物汚染リスク予測技術の開発に関する研究成果集
(H17.12), 84~87 (2005)
- 15) 伊藤純雄, 菊地 直, 加藤直人:ホウレンソウ類のカドミウム吸収に関わる品種間差の生育条件による変動
とそれに基づく吸収程度の相対的序列の推定, 中央農研研究報告, 14, 1~15 (2010)
- 16) 八槇 敦:各種抽出法による土壌のカドミウム含量と野菜のカドミウム吸収との関係, 日本土壌肥料学会講演
要旨集, 55, 283 (2009)
- 17) 有機性汚泥の緑農地利用委員会:有機性汚泥の緑農地利用, 124~127, 博友社, 東京 (1991)
- 18) 岡本 保:下水汚泥の農業利用上の留意点, 再生と利用, 34 (127), 74~81 (2010)
- 19) 独立行政法人農業環境技術研究所:農作物中のカドミウム低減対策技術集, 49 (2011)
<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/cadmium_control.pdf>

Effect of Continuous Application of Sludge Fertilizer on Cadmium Absorption of the Crop and Accumulation of Cadmium in the Soil (Continued Report)

Toshiaki HIROI¹, Masahiro ECHI¹, Masayuki YAMANISHI² and Fumihiro ABE¹

¹ Food and Agricultural Materials Inspection Center, Fertilizer and Feed Inspection Department

² Food and Agricultural Materials Inspection Center, Fertilizer and Feed Inspection Department
(Now) Kobe Regional Center

This research is monitoring the change of the cadmium which was dissolved with 0.1 mol/L hydrochloric acid (acid-solubility-Cd) from the soil. We are investigating the cadmium absorption by the crop since 2009. Test field is the upland fields derived from Andosol, and the used fertilizer is sludge fertilizer and chemical fertilizer. In 2012, we were cultivated the carrot in summer, and the spinach in winter. Those crops were cultivated in the standard plot (SP) and the sludge-fertilizer-application plot (AP). The SP used only reagents. The AP used the sludge fertilizer of 500 kg/10a (fresh weight). It calculated available nitrogen include 50%. Other ingredients used a reagent. The amount of nitrogen, phosphorus and potassium applied to each plot was designed on the basis of fertilization standard showed by MAFF web site. Total cadmium amount in the turnip and acid-solubility-Cd in soil after harvest were measured by a inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). As a result, the cadmium content in the soil of AP was similar to that in SP.

Key words sludge fertilizer, continuous application, cadmium

(Research Report of Fertilizer, 6, 43~60, 2013)