

## 7 汚泥肥料中のカドミウムの溶出に関する調査

井塚進次郎<sup>1</sup>

キーワード カドミウム, 汚泥肥料, 汚泥炭化物, 原子吸光光度法

### 1. はじめに

汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会の報告書<sup>1)</sup>において、将来実施することが必要な調査研究課題として「汚泥肥料中の重金属の含有量と溶出量の関係データ」が挙げられている。この一環として、独立行政法人農林水産消費安全技術センター (FAMIC) では、平成 21 年度、汚泥肥料中のカドミウムについて、塩酸 (0.1 mol/L)、酢酸アンモニウム溶液 (pH 7.0 及び pH 4.8) 及びピロリン酸カリウム溶液への溶出傾向を調査した<sup>2)</sup>。その結果、供試汚泥肥料中のカドミウムの 50 %以上が塩酸 (0.1 mol/L) により抽出される試料が 13 点中 12 点、内 80 %以上の抽出率の試料が 6 点であったが、多量の石灰質を含有する試料では低い抽出であった。また、焼成汚泥肥料中のカドミウムは塩酸 (0.1 mol/L) 以外の溶媒に難溶な形態となっていた。平成 22 年度は、汚泥肥料に含有されるカドミウムの塩酸 (0.1 mol/L) 抽出による評価について引き続き調査したので、その結果を報告する。

### 2. 材料及び方法

#### 1) 試料の採取及び調製

試料 0.5～1.5 kg 程度を採取し、0.5 mm のふるいを全通するまで粉砕して分析用試料を調製し、ビニール袋に入れて密封した状態で分析時まで保存した。ただし、湿潤な試料については採取後に 40～65 °C で予備乾燥を実施した上で粉砕を実施した。

#### 2) 装置及び器具

- (1) フレーム原子吸光分析装置: 日立ハイテクノロジーズ Z-2310 (ゼーマン分裂補正方式)
- (2) 往復振とう機
- (3) 遠心分離機
- (4) DigiTUBEs: ジーエルサイエンス ポリプロピレン製ねじ口容器

#### 3) 試薬等

- (1) 水: JIS K0557 に規定する A3 相当
- (2) カドミウム標準液 (0.1 mg/mL): 和光純薬工業 JCSS
- (3) 塩酸 (36 %): 和光純薬工業 電子工業用

#### 4) 分析

- (1) 試料溶液の調製

分析試料 0.50 g 又は 1.00 g を DigiTUBEs 125 mL に量りとり、塩酸 (0.1 mol/L) 又は塩酸 (1 mol/L) 50

<sup>1</sup> 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) 農林水産省消費・安全局

mLを加え、約 200 往復/分(振幅 5 cm)で 60 分間水平振とうし、ろ紙 5 種 B でろ過し試料溶液とした。ただし、ろ過操作が困難な場合には、相対遠心加速度約  $1,600 \times g$  で 5 分間遠心分離した後、ろ過を行った。

## (2) カドミウムの測定

試料溶液を水及び塩酸により 2 倍希釈して塩酸濃度約 0.5 mol/L に調整した後、測定用溶液をフレーム原子吸光分析装置に導入し、波長 228.8 nm の吸光度を測定した。同時に塩酸濃度約 0.5 mol/L に調整したカドミウム標準液(0, 20, 40, 60, 80, 100  $\mu\text{g/L}$ )を測定し、検量線を作成して試料中のカドミウム濃度を算出した。

別に分析試料の水分を肥料等試験法(2011)<sup>3)</sup>3.1.a又は3.1.bにより測定し、カドミウム濃度を乾燥重量あたりの濃度に補正した。

## (3) カドミウム全量(乾式灰化、塩酸-硝酸抽出)の測定

分析試料を肥料等試験法(2011)<sup>3)</sup>5.3.aにより測定し、(2)と同様に乾燥重量あたりの濃度に補正した。

# 3. 結果

## 1) 定量下限の確認

各抽出条件における定量下限(以下、LOQ という)を確認するため、カドミウム含有量の低い分析用試料について、7 点併行分析して得られた結果を表 1 に示した。ただし、乾燥重量あたりの濃度への補正は実施していない。LOQ は標準偏差(以下、SD という) $\times 10$ として示されるので、試料 0.50 g + 塩酸(0.1 mol/L)、試料 1.00 g + 塩酸(1 mol/L)及び試料 0.50 g + 塩酸(1 mol/L)における LOQ は、それぞれ 0.5 mg/kg、0.2 mg/kg 及び 0.4 mg/kg 程度と推定された。また平成 21 年度の検討では、1.00 g + 塩酸(0.1 mol/L)での定量下限は 0.1 mg/kg 程度と推定されている<sup>2)</sup>。

表1 各抽出条件における定量下限の推定

肥料の種類	0.50 g + 塩酸(0.1 mol/L)			1.00 g + 塩酸(1 mol/L)			0.50 g + 塩酸(1 mol/L)		
	測定値 <sup>a)</sup> mg/kg	SD mg/kg	LOQ <sup>b)</sup> mg/kg	測定値 <sup>a)</sup> mg/kg	SD mg/kg	LOQ <sup>b)</sup> mg/kg	測定値 <sup>a)</sup> mg/kg	SD mg/kg	LOQ <sup>b)</sup> mg/kg
し尿汚泥肥料	0.28	0.03	0.3	0.23	0.02	0.2	0.36	0.04	0.4
焼成汚泥肥料	0.44	0.05	0.5	0.47	0.02	0.2	0.53	0.04	0.4

a) 7点併行試験の平均値

b)  $SD \times 10$

## 2) 併行精度の確認

各抽出条件における 3 点併行試験の結果を表 2~4 に示した。試料 0.50 g + 塩酸(0.1 mol/L)、試料 1.00 g + 塩酸(1 mol/L)及び試料 0.50 g + 塩酸(1 mol/L)の各条件における相対標準偏差(以下、RSD という)はそれぞれ、1.6~3.5%、0.5~3.1%、1.0~4.7%であった。

表2 試料0.50 g + 塩酸(0.1 mol/L)抽出による併行試験

肥料の種類	し尿汚泥肥料	焼成汚泥肥料	汚泥発酵肥料	汚泥発酵肥料	汚泥発酵肥料
測定値 <sup>a)</sup> (mg/kg)	1.26	0.87	1.62	1.90	1.76
SD (mg/kg)	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
RSD (%)	3.5	3.1	2.3	1.6	1.8

a) 3点併行試験の平均値

表3 試料1.00 g + 塩酸(1 mol/L)抽出による併行試験

肥料の種類	し尿汚泥肥料	焼成汚泥肥料	工業汚泥肥料	汚泥発酵肥料	汚泥発酵肥料
測定値 <sup>a)</sup> (mg/kg)	3.92	1.43	1.48	2.00	1.75
SD (mg/kg)	0.06	0.03	0.02	0.01	0.05
RSD (%)	1.5	2.4	1.1	0.5	3.1

a) 3点併行試験の平均値

表4 試料0.50 g + 塩酸(1 mol/L)抽出による併行試験

肥料の種類	下水汚泥肥料	し尿汚泥肥料	し尿汚泥肥料	焼成汚泥肥料	汚泥発酵肥料
測定値 <sup>a)</sup> (mg/kg)	2.10	3.37	2.71	1.61	1.10
SD (mg/kg)	0.05	0.16	0.09	0.02	0.05
RSD (%)	2.5	4.7	3.2	1.0	4.4

a) 3点併行試験の平均値

### 3) 汚泥肥料中のカドミウムの抽出量

下水汚泥肥料 1 点, し尿汚泥肥料 15 点, 工業汚泥肥料 3 点, 混合汚泥肥料 2 点, 焼成汚泥肥料 2 点, 汚泥発酵肥料 33 点及び公定規格上の汚泥肥料等に含まれる水産副産物発酵肥料 1 点の計 57 点を収集して分析に供した。ただし, これらの試料には試験用に採取された肥料登録されていない汚泥を一部含んでいる。試料の原材料組成を表 5 に示した。

カドミウム全量, 抽出されたカドミウムの測定値及び試料溶液(抽出液)の pH を表 6 に示した。ただし, 試料 0.50 g + 塩酸(1 mol/L)の試料溶液については, 試料 1.00 g + 塩酸(1 mol/L)における試料溶液の pH が十分に低かったことから, 測定を省略した。また, 4 種類の抽出条件とカドミウム全量との比較をそれぞれ図 1 ~ 4 に示した。抽出に用いた塩酸の濃度の増加と, 試料量の減少に伴って抽出率が増加する傾向が見られた。ただし, 下水汚泥肥料 A1 においては, 塩酸濃度の増加により抽出率が減少した。抽出率が 80 % を上回った試料は, 試料 1.00 g + 塩酸(0.1 mol/L)では 57 点中 31 点, 試料 0.50 g + 塩酸(0.1 mol/L)では 39 点, 試料 1.00 g + 塩酸(1 mol/L)及び試料 0.50 g + 塩酸(1 mol/L)では 53 点であった。

表5 供試試料の原材料組成

試料名	汚泥の種類	凝集促進材、脱水促進材	副原料	その他材料
下水汚泥肥料				
A1	(炭化)	高分子		悪臭防止材
し尿汚泥肥料				
B1		高分子、鉄系		
B2		高分子		
B3		高分子		
B4		高分子		
B5		高分子、鉄系		
B6		高分子、鉄系		
B7	(炭化)	高分子、鉄系		
B8		高分子、生石灰		
B9		なし(自然乾燥)		
B10		高分子、アルミ系		
B11		高分子、鉄系	動植物質10%以下	
B12		高分子、アルミ系		
B13		高分子、鉄系	動植物質10%以下	
B14		高分子、アルミ系		
B15	(炭化)	鉄系		
工業汚泥肥料				
C1		高分子		
C2		高分子		
C3	(炭化)	高分子、アルミ系		
混合汚泥肥料				
D1	下水、し尿	高分子、鉄系		
D2	下水、し尿	高分子、鉄系		
焼成汚泥肥料				
E1	し尿	高分子、アルミ系		
E2	し尿	高分子		

表5 供試試料の原材料組成(前頁から続き)

試料名	汚泥の種類	凝集促進材, 脱水促進材	副原料	その他材料
汚泥発酵肥料				
F1	下水	高分子	動植物質約60 %	
F2	し尿	高分子		
F3	し尿	高分子	動植物質10 %以下	
F4	し尿, 工業	高分子, 鉄系, アルミ系	動植物質約30 %	
F5	し尿	高分子, 鉄系		
F6	工業	アルミ系	植物質約30 %	
F7	し尿	高分子, 鉄系	植物質10 %以下	
F8	下水	不明	植物質約70 %	
F9	し尿	高分子	動植物質約60 %	
F10	下水, 工業	不明	動植物質約20 %	
F11	し尿	高分子	動植物質10 %以下	
F12	し尿	高分子, アルミ系		
F13	下水	高分子, 鉄系, 消石灰	植物質約80 %	悪臭防止材, 発酵促進材
F14	し尿, 下水	高分子, 鉄系, 石灰	動植物質約50 %	
F15	し尿	高分子, アルミ系	動植物質約20 %	
F16	し尿	高分子, アルミ系	動植物質約10 %	
F17	し尿	高分子, 鉄系		
F18	し尿	高分子		
F19	し尿	高分子, アルミ系		
F20	工業	高分子		発酵促進材
F21	し尿	高分子		
F22	工業	不明	動植物質約80 %	
F23	し尿	高分子, アルミ系	動植物質約50 %	
F24	工業	不明	動植物質10 %以下	
F25	工業	不明	動植物質10 %以下	
F26	し尿	高分子, 鉄系		
F27	下水	不明	植物質10 %以下	
F28	下水, し尿, 工業	不明	植物質約80 %	
F29	し尿	高分子, 鉄系		
F30	し尿	鉄系		
F31	し尿	鉄系		
F32	し尿	高分子, 鉄系		
F33	下水	鉄系, 消石灰		
水産副産物発酵肥料				
G1		なし	植物質約30 %	

表6 汚泥肥料中のCd全量及び塩酸抽出Cd

試料名	1.00 g + 0.1 mol/L				0.50 g + 0.1 mol/L			1.00 g + 1 mol/L			0.50 g + 1 mol/L	
	Cd全量 mg/kg	抽出Cd mg/kg	抽出率 %	pH	抽出Cd mg/kg	抽出率 %	pH	抽出Cd mg/kg	抽出率 %	pH	抽出Cd mg/kg	抽出率 %
下水汚泥肥料												
A1(炭化)	6.4	2.2	<u>34</u>	1.8	2.6	<u>40</u>	1.5	1.8	<u>28</u>	0.5	2.2	<u>34</u>
し尿汚泥肥料												
B1	3.5	2.1	<u>59</u>	1.6	2.5	<u>72</u>	1.6	3.5	101	0.5	3.5	101
B2	1.2	0.8	<u>69</u>	1.3	0.9	<u>72</u>	1.4	1.1	90	0.5	1.0	82
B3	1.5	1.2	<u>79</u>	1.4	1.3	88	1.5	1.3	88	0.5	1.3	88
B4	2.1	2.1	98	1.3	2.2	105	1.5	2.2	102	0.5	2.1	100
B5	1.9	1.5	80	1.2	1.7	89	1.4	2.0	105	0.5	2.0	107
B6	1.8	1.6	89	2.0	1.7	93	1.7	1.9	105	0.5	2.0	109
B7(炭化)	2.9	0.9	<u>29</u>	1.7	1.0	<u>35</u>	1.5	1.9	<u>66</u>	0.5	2.3	<u>77</u>
B8(生石灰)	1.1	<u>0.1</u>	<u>11</u>	12.5	<u>0.1</u>	<u>9</u>	10.0	1.2	107	0.6	1.0	91
B9	2.1	2.0	95	1.5	2.1	102	1.5	2.1	102	0.5	2.1	99
B10	3.0	2.0	<u>67</u>	1.5	2.1	<u>72</u>	1.5	2.4	81	0.5	2.4	82
B11	1.5	1.4	91	1.3	1.4	93	1.5	1.4	95	0.5	1.4	92
B12	1.4	1.4	97	2.0	1.5	106	1.6	1.5	108	0.5	1.4	100
B13	1.7	1.6	96	1.7	1.6	96	1.6	1.7	102	0.5	1.7	99
B14	2.7	1.5	<u>55</u>	2.0	1.6	<u>61</u>	1.5	2.4	90	0.4	2.6	97
B15(炭化)	3.6	0.6	<u>18</u>	2.5	0.9	<u>26</u>	1.9	1.3	<u>35</u>	0.5	1.7	<u>47</u>
工業汚泥肥料												
C1	3.6	3.1	85	1.7	3.2	90	1.5	3.3	92	0.5	3.2	88
C2	1.4	1.1	<u>76</u>	2.2	1.3	91	1.6	1.5	105	0.5	1.4	95
C3(炭化)	1.6	0.3	<u>20</u>	1.4	<u>0.3</u>	<u>22</u>	1.4	0.6	<u>37</u>	0.4	0.6	<u>39</u>
混合汚泥肥料												
D1	2.0	1.6	81	1.6	1.7	87	1.5	2.1	103	0.5	2.0	100
D2	1.4	1.3	95	1.7	1.3	92	1.5	1.4	99	0.5	1.3	94
焼成汚泥肥料												
E1	1.6	0.7	<u>45</u>	2.4	1.0	<u>63</u>	2.1	1.4	91	0.6	1.5	98
E2	2.2	1.2	<u>55</u>	2.8	1.7	<u>77</u>	2.4	2.1	94	0.6	1.9	87
汚泥発酵肥料												
F1	0.9	0.5	<u>51</u>	1.3	0.6	<u>69</u>	1.4	0.8	87	0.5	0.8	83
F2	1.4	0.1	<u>10</u>	6.2	1.3	91	2.0	1.4	97	0.5	1.3	92
F3	2.2	1.8	81	2.5	2.1	97	2.0	2.2	99	0.5	2.1	95
F4	1.6	1.0	<u>60</u>	2.0	1.3	<u>78</u>	1.7	1.5	96	0.5	1.4	85
F5	2.8	2.4	85	1.6	2.6	95	1.5	2.8	100	0.5	2.6	95
F6	4.6	3.9	84	1.6	4.1	90	1.5	4.4	95	0.5	4.3	94
F7	3.0	2.3	<u>76</u>	1.7	2.6	86	1.6	2.8	92	0.5	2.9	96
F8	1.1	0.8	<u>74</u>	1.5	0.9	86	1.5	1.1	98	0.5	0.9	80
F9	1.0	1.0	97	1.3	1.0	103	1.4	1.1	107	0.5	1.0	104
F10	2.2	1.3	<u>59</u>	1.7	1.8	82	1.6	2.1	94	0.5	1.9	87
F11	2.1	1.8	84	1.6	1.9	91	1.5	2.3	108	0.5	2.1	101
F12	2.0	1.9	94	1.8	1.9	94	1.5	2.0	102	0.5	1.9	95
F13	1.6	1.5	95	1.6	1.6	98	1.5	1.6	100	0.5	1.5	93
F14	1.5	1.1	<u>71</u>	1.6	1.3	87	1.5	1.3	89	0.5	1.3	89
F15	1.5	0.9	<u>58</u>	2.1	1.1	<u>76</u>	1.7	1.2	80	0.5	1.4	94
F16	1.8	1.7	95	1.5	1.6	89	1.5	1.7	94	0.5	1.7	92
F17	1.7	1.6	94	1.5	1.6	95	1.5	1.7	98	0.5	1.6	92
F18	1.8	1.7	95	1.5	1.7	93	1.5	1.7	96	0.5	1.7	94
F19	4.2	3.8	91	2.1	4.0	95	1.7	4.0	96	0.5	4.1	99
F20	3.8	3.1	82	1.4	3.3	87	1.5	3.8	101	0.5	4.0	105

LOQ以下の測定値及び80%未満の抽出率には下線を付した。

表6 汚泥肥料中のCd全量及び塩酸抽出Cd (前頁より続き)

試料名	Cd全量 mg/kg	1.00 g + 0.1 mol/L			0.50 g + 0.1 mol/L			1.00 g + 1 mol/L			0.50 g + 1 mol/L	
		抽出Cd mg/kg	抽出率 %	pH	抽出Cd mg/kg	抽出率 %	pH	抽出Cd mg/kg	抽出率 %	pH	抽出Cd mg/kg	割合 %
汚泥発酵肥料												
F21	4.7	4.7	99	1.5	4.8	101	1.5	4.7	100	0.5	4.8	101
F22	3.9	3.2	82	1.5	3.3	85	1.5	3.7	95	0.5	3.8	97
F23	2.0	1.9	93	2.4	2.0	99	1.9	2.0	99	0.5	1.9	96
F24	1.3	0.5	<u>40</u>	2.0	0.8	<u>65</u>	1.6	1.3	103	0.5	1.2	92
F25	1.4	0.6	<u>44</u>	2.0	1.0	<u>68</u>	1.6	1.4	100	0.5	1.3	91
F26	2.0	1.8	91	1.8	1.9	94	1.6	2.0	100	0.5	1.9	96
F27	1.7	1.1	<u>63</u>	2.0	1.3	<u>77</u>	1.6	1.5	91	0.5	1.4	82
F28	1.8	1.6	86	1.9	1.6	88	1.6	1.8	99	0.5	1.7	95
F29	1.6	1.6	99	1.7	1.7	108	1.6	1.7	107	0.5	1.6	102
F30	2.2	1.8	81	1.9	1.9	86	1.6	2.1	96	0.5	2.1	96
F31	1.2	1.2	98	1.7	1.3	110	1.5	1.2	98	0.5	1.1	94
F32	2.1	1.8	83	1.7	2.0	94	1.5	2.2	103	0.5	2.1	99
F33	1.8	0.3	<u>18</u>	6.6	1.8	100	2.0	1.8	103	0.6	1.8	100
水産副産物発酵肥料												
G1	4.7	0.1	<u>2</u>	5.8	0.6	<u>12</u>	5.4	4.5	96	0.5	4.6	98

LOQ以下の測定値及び80%未満の抽出率には下線を付した。

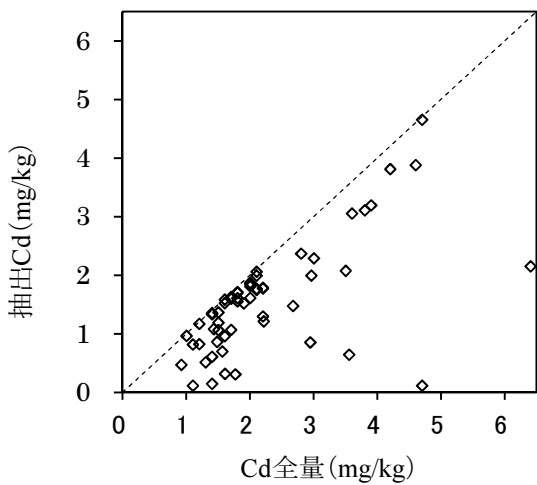


図1 試料1.00 g + 塩酸(0.1 mol/L)での溶出カドミウム測定値とカドミウム全量測定値の比較

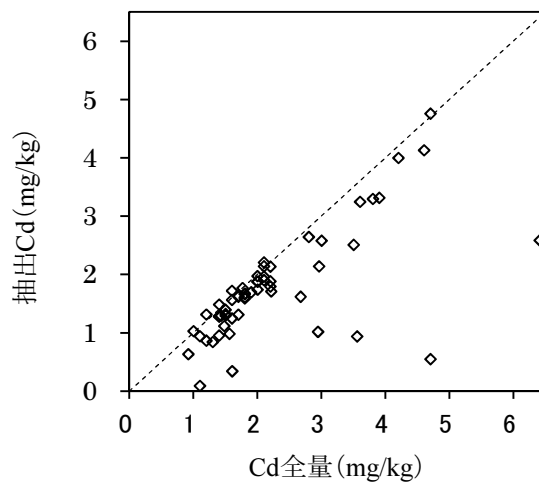


図2 試料0.50 g + 塩酸(0.1 mol/L)での溶出カドミウム測定値とカドミウム全量測定値の比較

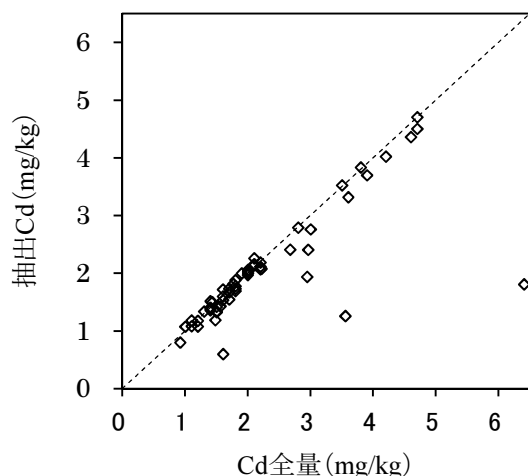


図3 試料1.00 g + 塩酸(1 mol/L)での溶出カドミウム測定値とカドミウム全量測定値の比較

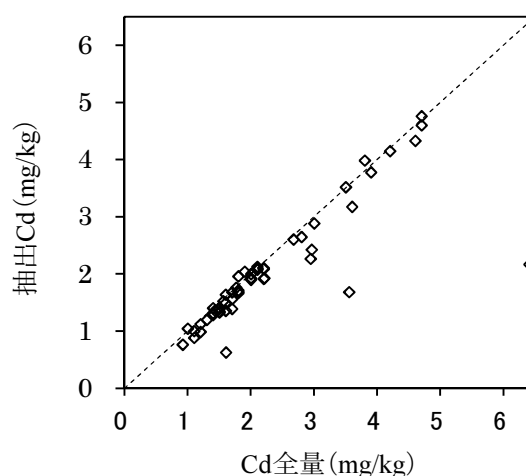


図4 試料0.50 g + 塩酸(1 mol/L)での溶出カドミウム測定値とカドミウム全量測定値の比較

#### 4. 考 察

##### 1) 抽出へのアルカリ成分や難溶性塩の影響

A1を除く全ての試料で、試料溶液のpHが高くなるほどカドミウムの抽出量は低下する傾向を示した。これは、カドミウム(II)イオンの不溶化だけでなく、アルカリ性の塩が溶解しないことで、その中に吸蔵された状態のカドミウムが抽出されないことによると考えられる。塩酸(0.1 mol/L)による抽出では、低抽出率の試料の試料溶液のpHは比較的高い傾向にあり、試料量の減少に伴ってpHは低下し、抽出率は上昇している。試料1.00 g + 塩酸(1 mol/L)の条件ではpH 0.4~0.6であり、B8及びF33のような石灰処理によるアルカリの試料でも中和され抽出率が約100%であることから、塩酸による強酸性の維持並びにアルカリ塩によって束縛されたカドミウムを抽出するために十分な酸の量であると推察される。

塩酸(0.1 mol/L)の条件で試料溶液のpH 1.5±0.1程度で80%未満の抽出率であり、塩酸(1 mol/L)の条件で100%に近い抽出率となっている試料が、B1, B14, F14, F24, 及びF25の5点あった。これらについては、pH 1.5未満の強酸性条件でなければ抽出されない形態のカドミウム、すなわち塩酸(0.1 mol/L)で試料を抽出する限りにおいては評価されないカドミウムの存在が示唆される。

##### 2) 炭化の影響

炭化された汚泥肥料A1, B7, B15及びC3はカドミウムの抽出率が低い傾向にあった(表6)。A1の振とう時にカドミウム標準液を試料当たり5 mg/kg及び0.5 mg/kg相当量添加して抽出試験し、回収率を算出したところ、試料0.50 g + 塩酸(0.1 mol/L)及び試料0.50 g + 塩酸(1 mol/L)の条件では、5 mg/kg相当量添加区でそれぞれ83%及び55%の回収率であった(表7)。また、試料溶液にカドミウム標準液を5 mg/kg相当量添加した試験を行ったところ、回収率がそれぞれ98%及び97%であったことから、干渉による測定値の低下は極めて少ないことが確認された(表7)。このことから、抽出過程で吸着が生じていることがわかる。さらに、A1では酸の濃度の増加に伴い抽出率が低下しており、また吸着される割合が大きくなっている(表6, 7)。このことは、A1のカドミウム吸着が、プロトン放出を伴うイオン交換ではない吸着機構を主体としているためと考



えられる<sup>4)</sup>。

上記の他、炭化により生じたグラファイトや高分子構造の疎水性あるいは不溶性のため、抽出溶媒が試料の粒子に浸透しにくくなっていることにより、吸蔵されたカドミウムが抽出されにくくなっているとも考えられる。

表7 炭化汚泥肥料のカドミウム標準液添加回収試験

試料:A1	試料0.50 g +塩酸(0.1 mol/L)	試料0.50 g+塩酸(1 mol/L)
	測定値(回収率)	測定値(回収率)
無添加	2.3 mg/kg	2.2 mg/kg
振とう時標準液添加		
5 mg/kg添加	6.5 mg/kg (83 %)	5.0 mg/kg (55 %)
0.5 mg/kg添加	2.9 mg/kg (104 %)	2.5 mg/kg (60 %)
試料溶液に標準液添加		
5 mg/kg添加	7.2 mg/kg (98 %)	7.1 mg/kg (97 %)

## 5. まとめ

汚泥肥料に含まれるカドミウムの希塩酸への溶出傾向を調査した。試料 0.50 g + 塩酸(1 mol/L) 50 mL の抽出条件で、供試試料 57 点の内、汚泥炭化物 4 点を除く 53 点においてカドミウムの 80 %以上が抽出されたが、カドミウム全量を推定するには必ずしも一定の傾向は認められなかった。同条件での汚泥炭化物におけるカドミウムの抽出率は特異的に低く、炭化による不溶化及び吸着が認められた。

## 文 献

- 1) 農林水産省消費・安全局:汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会 報告書 (2009)  
<[http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k\\_hiryo/odei\\_hiryo/index.html](http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_hiryo/odei_hiryo/index.html)>
- 2) 井塚進次郎, 及川裕美, 白井裕治, 阿部文浩, 藤田卓:汚泥肥料施用土壌におけるカドミウムの溶出形態の推移, 肥料研究報告, 3, 60~72 (2010)
- 3) 農林水産消費安全技術センター (FAMIC):肥料等試験法 (2011)  
<<http://www.famic.go.jp/ffis/fert/sub9.html>>
- 4) 吉原和矢, 町田基, 相川正美, 藤村葉子, 立本英機:活性炭の酸性官能基の有無がカドミウムイオンの吸着・脱着挙動に及ぼす影響, 環境化学, 17(4), p.635~641 (2007)

## Solubility Property of Cadmium in Sludge Fertilizer

Shinjiro IZUKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Food and Agricultural Materials Inspection Center, Fertilizer and Feed Inspection Department  
(Now) Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Food Safety and Consumer Affairs Bureau

Solubility property of cadmium in 57 samples of sludge fertilizer containing more than 1 mg/kg as total cadmium in Japan was investigated. The test portion which 0.50 g of sample weighed into tube was added 50 mL of 0.1 or 1 mol/L hydrochloric acid, and shaken for 1 hour by shaker to extract. The dissolving cadmium measured using atomic absorption spectrometry. After igniting the other test portion, the ash was digested with hydrochloride acid-nitric acid (3+1) to prepare sample solution for total cadmium. The ratio ranges and the means of solubility cadmium concentration extracted with the former and latter HCl were 9~110 and 34~109 %, compared total cadmium, respectively. And the average values were 82 % and 91 %, respectively. While extraction percentage was affected by basicity of samples, extraction with 1 mol/L HCl was sufficient for dissolution of basic materials. Some samples contained cadmium that extracted at lower pH 1.5. Cadmium in sludge fertilizers that carbonized in manufacturing process indicated low solubility. It was guessed this is caused by cadmium-adsorption ability occurring and increase of hydrophobicity of matrix that derived from carbonization.

*Key words* cadmium, sludge fertilizer, carbonized sludge, atomic absorption spectrometry

(Research Report of Fertilizer, 4, 49~58, 2011)