

4 焼成汚泥肥料中のカドミウム, 鉛, ニッケル及びクロム測定

—無機質肥料の分解法の適用—

顯谷久典¹, 竹葉佳己¹

キーワード 焼成汚泥肥料, カドミウム, 鉛, ニッケル, クロム, 原子吸光測光法

1. はじめに

平成11年7月, 肥料取締法が一部改正¹⁾され, これまで特殊肥料として指定されていた肥料のうち, 有害成分を含むおそれのある汚泥肥料等について, 含有を許される有害成分の最大量を設定した公定規格が定められた²⁾. 独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC)では肥料取締法に基づいて農林水産大臣の指示により肥料の生産事業場等への立入検査を実施しているが, 近年, 肥料の安全性確保の観点から, 当該事業場で収去した肥料について重金属等含有量の検査はより重要性を増している.

FAMICでは, 新たに妥当性が確認された試験法等を加え, 肥料分析法^{3, 4)}との整合性に配慮しながら「肥料等試験法」⁵⁾を策定し, それらの分析法についてはホームページへの掲載を行っている. 汚泥肥料中のカドミウム, 鉛, ニッケル及びクロムの測定における試料溶液調製法(灰化-王水分解)^{6, 7, 8)}については, 既に「肥料等試験法」に収載されている. しかしながら, 焼成汚泥肥料では, その生産工程中において高温で有機物を燃焼しており, 試料溶液の調製法中の有機物除去の目的で行う灰化を更に行うことは, 操作の重複であると考えられることから, 筆者らは, 分析の迅速化のため, 焼成汚泥肥料中のカドミウム, 鉛, ニッケル及びクロムの測定における試料溶液調製法について肥料分析法の無機質肥料の試料溶液調製法(王水分解他)が適用できるか検討を行ったので, 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

流通している焼成汚泥肥料10点を試験品として収集した. なお, 粉じん飛散防止のために水が添加されている焼成汚泥肥料があるので, 収集した試験品は, それぞれ100℃で5時間乾燥した後, 目開き500µmの網ふるいを通過するまで粉碎して分析用試料を調製した.

2) 装置及び器具

- (1) 原子吸光分析装置: 日立ハイテクノロジーズ製 Z-5010 形 偏光ゼーマン原子吸光光度計
- (2) 砂浴
- (3) 電気炉: ヤマト科学製 FO610

3) 試薬

- (1) カドミウム, 鉛及びニッケル標準液: 市販のカドミウム, 鉛及びニッケル標準液(1 mg/mL, JCSS)をそ

¹ 独立行政法人農林水産消費安全技術センター神戸センター

それぞれの標準原液として用い、塩酸(1+23)で希釈し調製した。

(2) クロム標準液：市販のクロム標準液(1 mg/mL, JCSS)を標準原液として用い、塩酸(1+23)で希釈し、最終希釈液に干渉抑制剤溶液を1/10容量をそれぞれ加え、塩酸(1+23)で希釈し調製した。

(3) 干渉抑制剤溶液：JIS K 8783 に規定する二硫酸カリウム 100 g を水に溶かして 1,000 mL とした。

(4) リン酸：特級を使用した。

(5) 硝酸、硫酸、塩酸及び過塩素酸：精密分析用又は有害金属測定用を使用した。

(6) 水：JIS K 0557 に規定する A3 相当の水を使用した。

4) 試料溶液の調製

(1) 王水分解による試料溶液の調製

分析試料 2.50~5.00 g を量りとり、100~200 mL トールビーカーに入れ、塩酸約 30 mL 及び硝酸約 10 mL を加え、時計皿で覆い砂浴上で約 30 分加熱後時計皿をずらし、酸をほとんど蒸発させた。放冷後、塩酸(1+5)約 25~50 mL を残留物に加え、トールビーカーを時計皿で覆い、静かに加熱して溶かした。放冷後、100~200 mL 全量フラスコに移し標線まで水を加えた後、ろ紙 3 種でろ過し、カドミウム、鉛、ニッケル及びクロム測定用の試料溶液とした(図 1-1a)。

なお、3.2)で王水分解と比較を行った灰化—王水分解は、当試料溶液による調製法の分析試料の量りとり後、電気炉に入れ、煙が出なくなるまで約 250 °C で加熱後、更に約 8~16 時間加熱し灰化する行程を加え、その他同様に調製し、この調製液をカドミウム、鉛及びニッケル測定用の試料溶液とした(図 1-1b)。

(2) 硝酸—過塩素酸分解による試料溶液の調製

分析試料 2.50 g を量りとり、100~200 mL トールビーカーに入れ、少量の水で試料を浸した後、硝酸約 10 mL を加え、時計皿で覆い一夜放置した後、シロップ状になるまで加熱した。放冷後、硝酸約 5 mL 及び過塩素酸約 10 mL を加え、時計皿で覆い加熱し、更に時計皿をずらしてシロップ状になるまで加熱した。放冷後、塩酸(1+5)約 25 mL を残留物に加え、トールビーカーを時計皿で覆い、静かに加熱して溶かした。放冷後、100 mL 全量フラスコに移し標線まで水を加えた後、ろ紙 3 種でろ過し、カドミウム、鉛、ニッケル及びクロム測定用の試料溶液とした(図 1-2)。

(3) リン酸—硝酸—硫酸分解による試料溶液の調製

分析試料 1.00 g を量りとり、100~200 mL トールビーカーに入れ、少量の水で試料を浸した後、リン酸約 10 mL 及び硝酸約 10 mL を加え、時計皿で覆い約 10 分間煮沸後、時計皿を除きビーカーの内壁を少量の水で洗浄後、砂浴上で硝酸を蒸発するまで加熱した。放冷後、トールビーカーの内壁を少量の水で洗浄後、硝酸約 10 mL を残留物に加え、トールビーカーを時計皿で覆い砂浴上で加熱した。放冷後、硫酸約 5 mL を残留物に加え、トールビーカーを時計皿で覆い硫酸の白煙が生じるまで加熱した。放冷後、水 15~20 mL を加え、トールビーカーを時計皿で覆い静かに加熱して溶かした。放冷後、100 mL 全量フラスコに移し標線まで水を加えた後、ろ紙 3 種でろ過し、クロム測定用の試料溶液とした(図 1-3)。

(4) アルカリ融解による試料溶液の調製

分析試料 0.50 g を白金るつばに量りとり、無水炭酸ナトリウム 5 g 及び硝酸ナトリウム 0.5 g を加え、よく混合した。白金るつばは初め徐々に加熱し、試料を融解した後、蓋をして磁製マッフル中で約 1 時間強熱した。放冷後、白金るつばごと 300 mL トールビーカーに移し、塩酸約 20 mL 及び温水を加え、融成物を加熱

し溶かした。白金ろつぽを温水で洗浄し取り出した後放冷し放冷後、200 mL 全量フラスコに移し標線まで水を加えた後、ろ紙 3 種でろ過し、クロム測定用の試料溶液とした(図 1-4)。

5) 重金属の測定

試料溶液及び標準液を原子吸光分析装置に導入し、カドミウム、鉛、ニッケル及びクロムについて波長 228.3, 283.3, 232.0 及び 359.3 nm の各吸光度を測定し、分析試料中の重金属の濃度を求めた。なお、クロムについては、干渉抑制剤溶液をそれぞれ最終希釈液の 1/10 容量加え調製した試料溶液を使用し測定した。

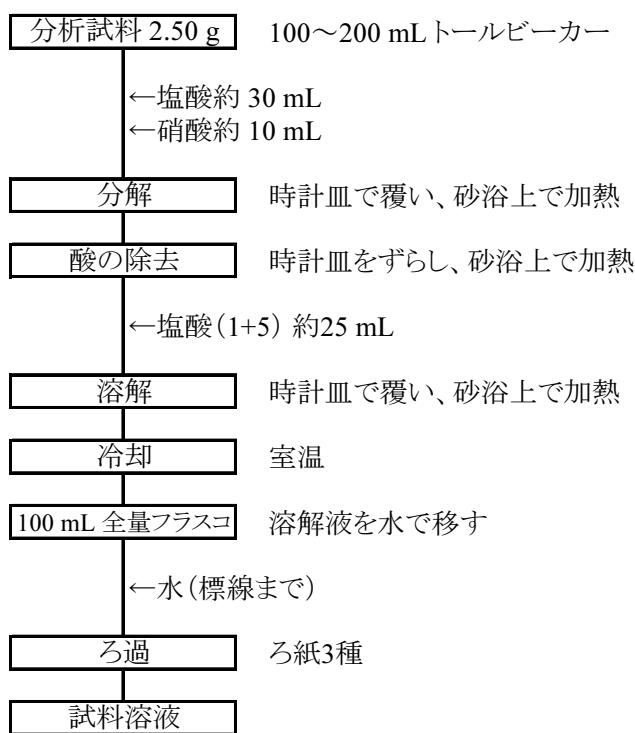


図1-1a 王水分解によるカドミウム、鉛、ニッケル及びクロムの測定用の試料溶液の調製

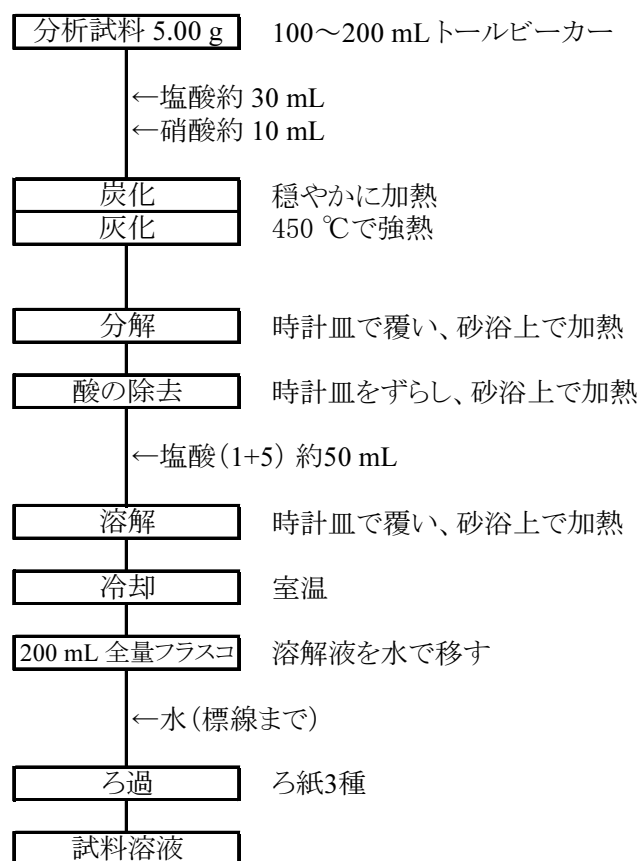


図1-1b 灰化—王水分解によるカドミウム、鉛及びニッケル測定用の試料溶液の調製

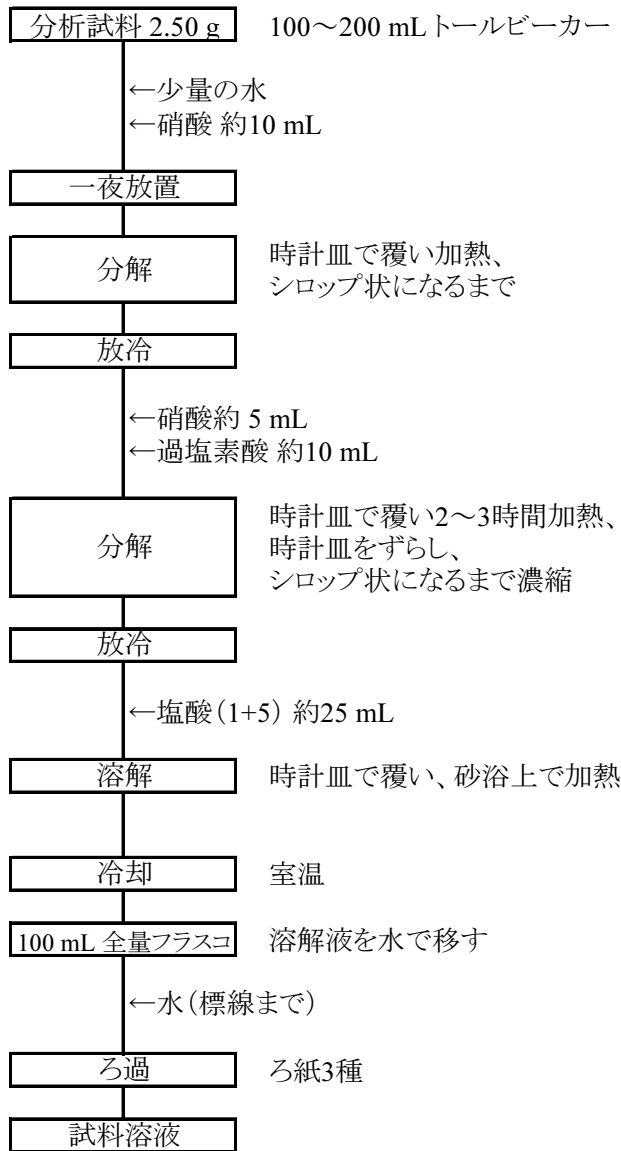


図1-2 硝酸ー過塩素酸分解によるクロム測定用の試料溶液の調製

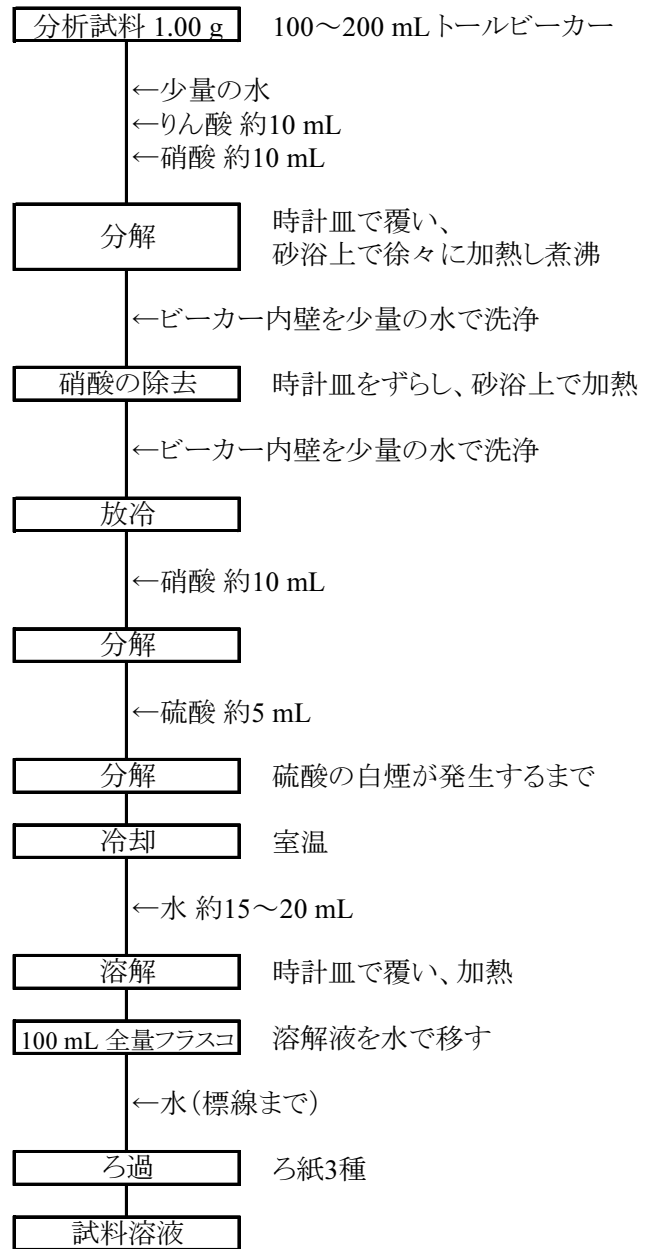


図1-3 りん酸ー硝酸ー硫酸分解によるクロム測定用の試料溶液の調製

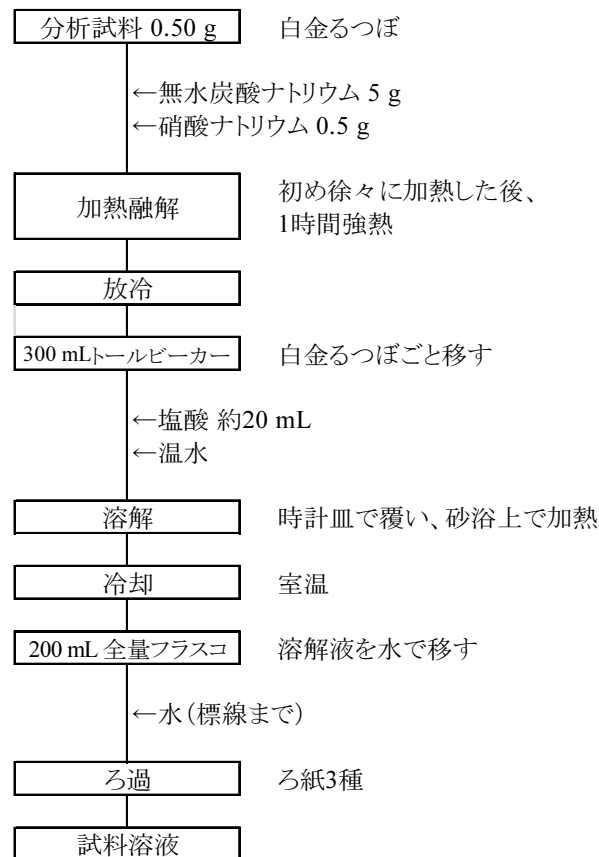


図1-4 アルカリ融解によるクロム測定用の試料溶液の調製

3. 結果および考察

1) 試料溶液の調製方法による各成分の測定値の比較

(1) カドミウム

2.1)で調製した分析用試料について、2.4) (2) 硝酸一過塩素酸分解によって得られた分析試料中のカドミウムの測定値に対する2.4) (1) 王水分解によって得られたカドミウムの測定値の相関を図2に示した。硝酸一過塩素酸分解は肥料分析法の他土壌、環境試料中の試料溶液調製法にも用いられている。このことから、同分解操作により得られた測定値を基準により簡便な王水分解による測定値を比較することとした。その結果、それらの測定値 (0.20~5.58 mg/kg) の一次回帰式の回帰係数及び切片は、0.952 及び 0.03 であった。その相関係数(r)は 1.000 であり、高い相関が認められた。また、カドミウムの硝酸一過塩素酸分解による測定値に対する王水分解による測定値の割合は 94~120 % であり、これらの測定値はほぼ一致した。

(2) 鉛

2.1)で調製した分析用試料について 2.4) (2) 硝酸一過塩素酸分解によって得られた分析試料中の鉛の測定値に対する 2.4) (1) 王水分解によって得られた鉛の測定値の相関を図3に示した。それらの測定値 (4.14~81.3 mg/kg) の一次回帰式の回帰係数及び切片は、0.997 及び 0.12 であった。その相関係数(r)は 0.999 であり、高い相関が認められた。また、鉛の硝酸一過塩素酸分解による測定値に対する王水分解による測定値の割合は 91~113 % であり、これらの測定値はほぼ一致した。

(3) ニッケル

2.1)で調製した分析用試料について2.4) (2)硝酸一過塩素酸分解によって得られた分析試料中のニッケルの測定値に対する2.4) (1)王水分解によって得られたニッケルの測定値の相関を図4に示した。それらの測定値(16.7~119 mg/kg)の一次回帰式の回帰係数及び切片は、0.968及び-1.3であった。その相関係数(r)は0.998であり、高い相関が認められた。また、ニッケルの硝酸一過塩素酸分解による測定値に対する王水分解による測定値の割合は84~99%であり、これらの測定値はほぼ一致した。

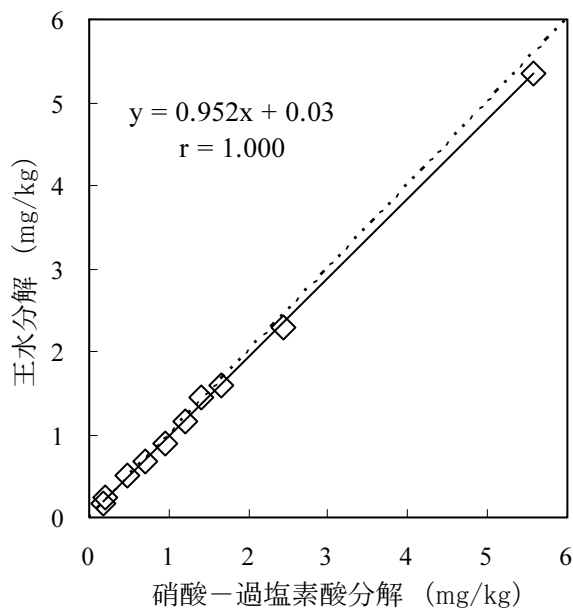


図2 カドミウムの測定値の相関

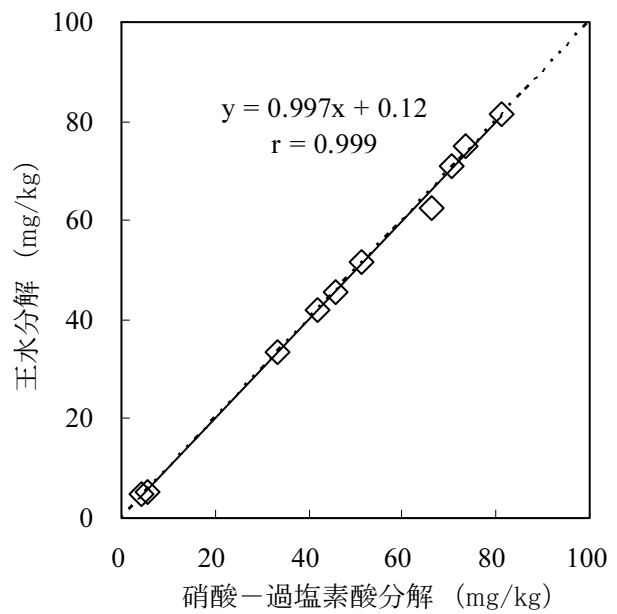


図3 鉛の測定値の相関

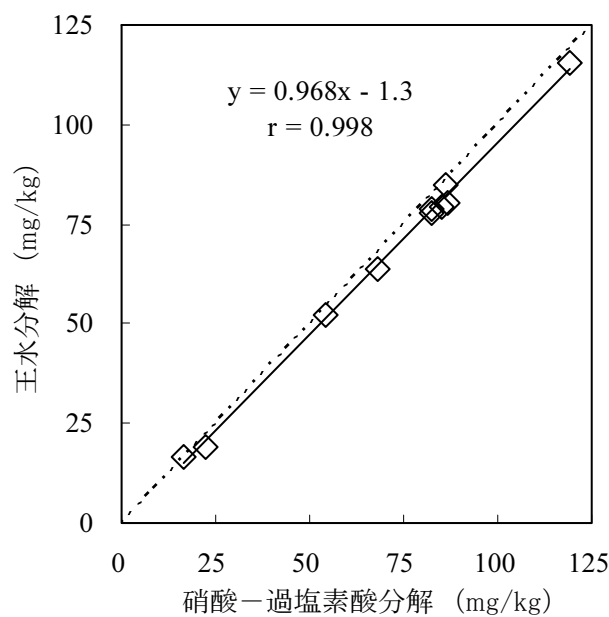


図4 ニッケルの測定値の相関

(4) クロム

2.1)で調製した分析用試料について、2.4) (2)硝酸－過塩素酸分解によって得られた分析試料中のクロムの測定値に対する2.4) (1)王水分解によって得られたクロムの測定値の相関を図5-1に示した。それらの測定値(9.1～129 mg/kg)の一次回帰式の回帰係数及び切片は、0.767及び0.72であった。その相関係数(r)は0.893であり、相関は認められなかった。また、クロムの硝酸－過塩素酸分解による測定値に対する王水分解による測定値は全体的に低い値であった。

2.1)で調製した分析用試料について、2.4) (2)硝酸－過塩素酸分解によって用いて得られた分析試料中のクロムの測定値に対する2.4) (3)りん酸－硝酸－硫酸分解によって得られたクロムの測定値の相関を図5-2に示した。それらの測定値(9.1～129 mg/kg)の一次回帰式の回帰係数及び切片は、0.868及び25であった。その相関係数(r)は0.912であり、相関は認められなかった。また、クロムの硝酸－過塩素酸分解による測定値に対するりん酸－硝酸－硫酸分解による測定値は高い値が散見された。なお、干渉抑制剤溶液(二硫酸カリウム溶液(100 g/L))を硝酸－過塩素酸分解によって調製された試料溶液に加えた際に、白色沈殿が生じることがあった。

2.4) (4)アルカリ融解の試料溶液調製法及び2.4) (3)りん酸－硝酸－硫酸分解を用いて得られた分析試料中のクロムの測定値を表1に示した。アルカリ融解は土壌、環境試料中の試料溶液調製法にも用いられている。このことから、同分解操作により得られた測定値を基準にりん酸－硝酸－硫酸分解による測定値を比較することとした。その結果、クロムのアルカリ融解による測定値に対するりん酸－硝酸－硫酸分解による測定値(82.2～125.0 mg/kg)の割合は92.2～100.8%であった。また、一対の標本による平均値の差の検定を行ったところ、方法間に有意な差は認められなかった。

硝酸－過塩素酸分解では測定に用いる溶液に沈殿が生じること、また、アルカリ融解では長い操作手順で使用する白金るつぼが消耗することから、クロムの試料溶液の調製操作としてりん酸－硝酸－硫酸分解を用いることとして以後の試験を実施した。

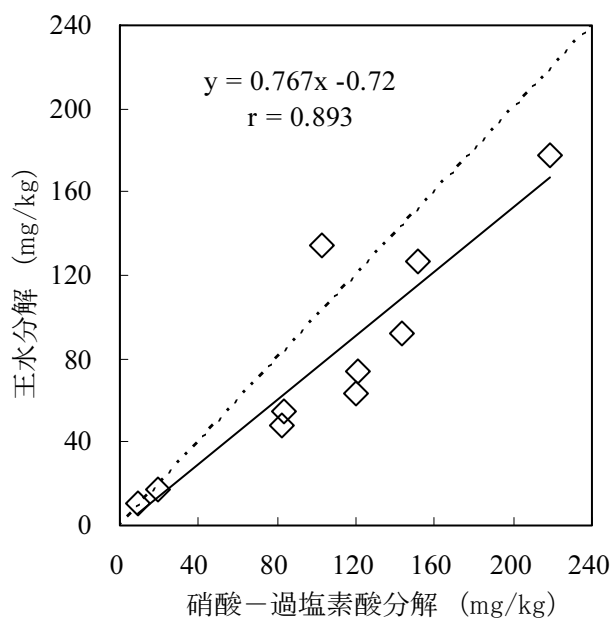


図5-1 クロムの測定値の相関(1)

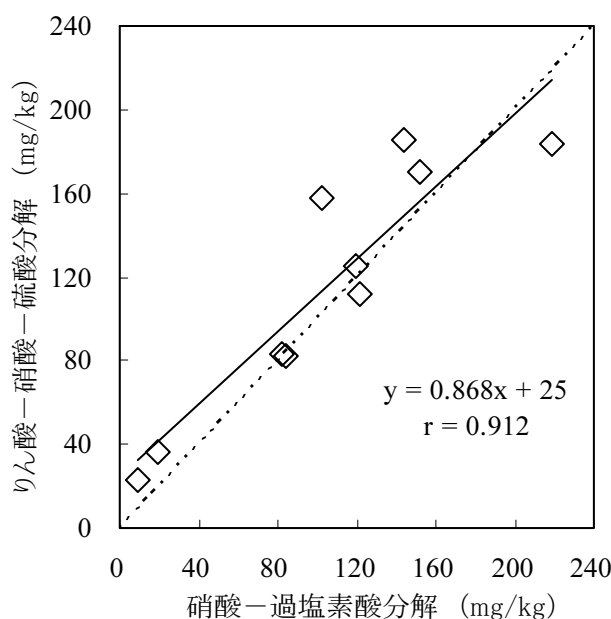


図5-2 クロムの測定値の相関(2)

表1 りん酸－硝酸－硫酸分解及びアルカリ融解によるクロムの測定値

肥料の種類等	りん酸－硝酸 －硫酸分解 ^{a)}	アルカリ融解 ^{b)}	測定値の比較
	A (mg/kg)	B (mg/kg)	(A/B) × 100 (%)
焼成汚泥肥料F	82.9	82.2	100.8
焼成汚泥肥料G	125.0	124.1	100.7
焼成汚泥肥料H	111.6	117.0	95.4
焼成汚泥肥料I	103.6	110.0	94.2
焼成汚泥肥料J	82.2	89.1	92.2

a) りん酸－硝酸－硫酸分解による分析試料中のクロム測定値

b) アルカリ融解による分析試料中のクロム測定値

2) 王水分解前の灰化の有無によるカドミウム, 鉛及びニッケルの測定値の比較

カドミウム, 鉛及びニッケルの試料溶液調製法は, 肥料分析法の無機質肥料では, 灰化無しでの王水分解が掲載されているが, 肥料等試験法では汚泥肥料について, 王水分解操作の前に灰化処理を行う灰化－王水分解法が採用されている. そこで焼成汚泥肥料について王水分解前の灰化の有無による測定値の比較を行った.

王水分解法と比較を行った灰化－王水分解法は 2.4) (1) のとおり, 王水分解法の分析試料を量りとり後, 灰化する行程加え, その他は同様の操作を行った調製液を測定用の試料溶液とした.

(1) カドミウム

2.1) で調製した分析用試料について, 2.4) (1) 灰化－王水分解によって得られた分析試料中のカドミウムの測定値に対する 2.4) (1) 王水分解によって得られた分析試料中のカドミウムの測定値の相関を図 6 に示した. その結果, それらの測定値 (0.24～5.38 mg/kg) の一次回帰式の回帰係数及び切片は, 0.997 及び -0.02 であった. その相関係数 (r) は 1.000 であり, 高い相関が認められた. また, カドミウムの灰化－王水分解による測定値に対する王水分解による測定値の割合は 93～102 % であり, これらの測定値はほぼ一致した.

(2) 鉛

2.1) で調製した分析用試料について, 2.4) (1) 灰化－王水分解によって得られた分析試料中の鉛の測定値に対する 2.4) (1) 王水分解によって得られた分析試料中の鉛の測定値の相関を図 7 に示した. その結果, それらの測定値 (4.16～81.3 mg/kg) の一次回帰式の回帰係数及び切片は, 1.03 及び 0.08 であった. その相関係数 (r) は 0.998 であり, 高い相関が認められた. また, 鉛の灰化－王水分解による測定値に対する王水分解による測定値の割合は 98～108 % であり, これらの測定値はほぼ一致した.

(3) ニッケル

2.1) で調製した分析用試料について, 2.4) (1) 灰化－王水分解によって得られた分析試料中のニッケルの測定値に対する 2.4) (1) 王水分解によって得られた分析試料中のニッケルの測定値の相関を図 8 に示した. その結果, それらの測定値 (16.0～116 mg/kg) の一次回帰式の回帰係数及び切片は, 1.03 及び -0.68 であった. その相関係数 (r) は 0.997 であり, 高い相関が認められた. また, ニッケルの灰化－王水分解による測定値に対する王水分解による測定値の割合は 99～106 % であり, これらの測定値はほぼ一致した.

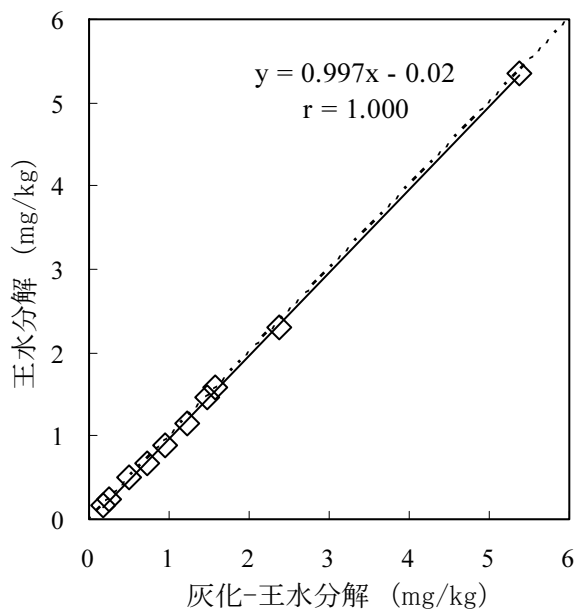


図6 カドミウムの測定値の相関

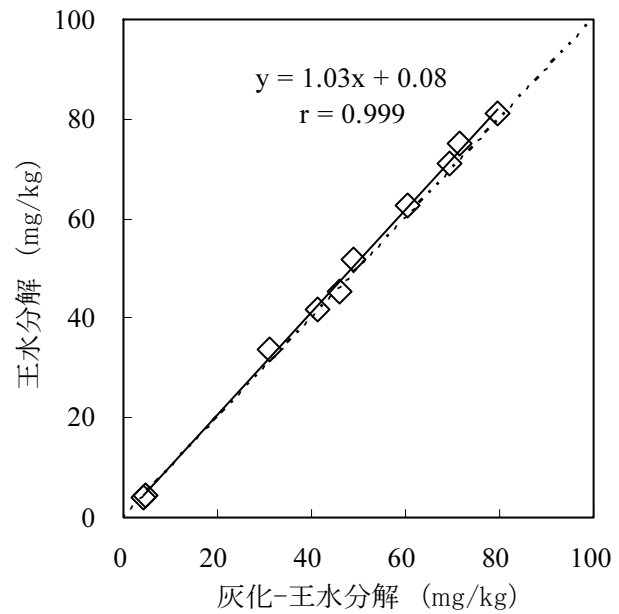


図7 鉛の測定値の相関

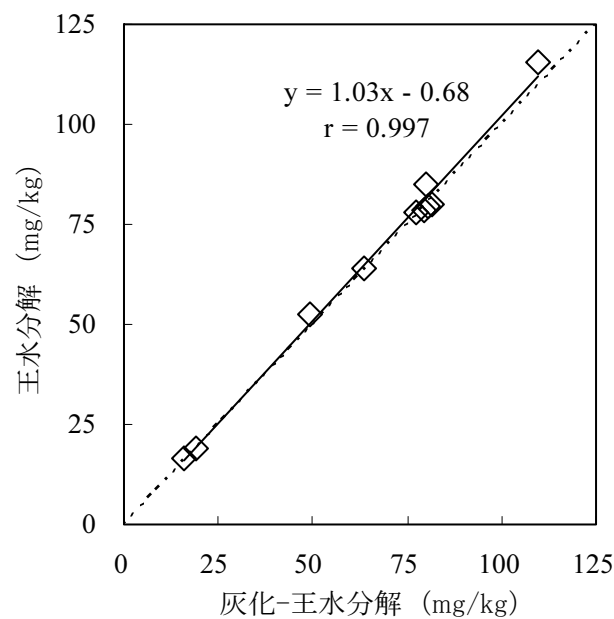


図8 ニッケルの測定値の相関

3) 併行試験成績

焼成汚泥肥料中の肥料分析法による併行精度を確認するため、カドミウム、鉛、ニッケル及びクロムについて、カドミウム、鉛及びニッケルについては王水分解、クロムについては硝酸－りん酸－過塩素酸による試料溶液の調製方法を用いて3点併行で測定した平均値、併行標準偏差(SD_r)、併行相対標準偏差(RSD_r)及び併行 HorRat 値を表 2-1～2 に示した。HorRat 値は分析方法の精度の評価をするために用いられており、併行 HorRat 値は $RSD_r/RSD_r(P)$ により求められる⁹⁾。なお、 $RSD_r(P)$ は、平均定量値から Horwitz 式⁹⁾により求めた^{10, 11)}。

その結果, カドミウムは, 平均値 0.70~9.32 mg/kg の範囲で, それらの標準偏差及び相対標準偏差は 0.00~0.04 mg/kg 及び 0.0~1.9 % であった. 鉛は, 平均値 47.6~98.7mg/kg の範囲で, それらの標準偏差及び相対標準偏差は 0.2~0.9 mg/kg 及び 0.3~1.0 % であった. ニッケルは, 平均値 58.2~108.2 mg/kg の範囲で, それらの標準偏差及び相対標準偏差は 1.0~5.2 mg/kg 及び 1.2~5.1 % であった. クロムは, 平均値 71.0~113.1 mg/kg の範囲で, それらの標準偏差及び相対標準偏差は 2.1~4.3 mg/kg 及び 2.1~3.8 % であった. また, RSD_r の評価に用いる併行 HorRat 値は 0.00~1.02 であり, いずれも 2 以下であった^{1 2)}.

表 2-1 王水分解法によるカドミウム, 鉛及びニッケルの併行試験

測定成分名	肥料の種類等	平均値 ^{a)} (mg/kg)	標準偏差 (mg/kg)	相対標準偏差 (%)	併行 HorRat 値
カドミウム	焼成汚泥肥料 A	1.92	0.02	1.3	0.14
	焼成汚泥肥料 B	0.70	0.00	0.0	0.00
	焼成汚泥肥料 C	2.29	0.04	1.9	0.22
	焼成汚泥肥料 D	2.35	0.02	1.0	0.11
	焼成汚泥肥料 E	9.32	0.02	0.2	0.03
鉛	焼成汚泥肥料 A	98.1	0.6	0.6	0.13
	焼成汚泥肥料 B	81.5	0.2	0.3	0.06
	焼成汚泥肥料 C	60.0	0.6	1.0	0.19
	焼成汚泥肥料 D	47.6	0.4	0.9	0.15
	焼成汚泥肥料 E	98.7	0.9	1.0	0.19
ニッケル	焼成汚泥肥料 A	103.0	5.2	5.1	1.02
	焼成汚泥肥料 B	78.4	1.0	1.2	0.23
	焼成汚泥肥料 C	58.2	1.3	2.2	0.40
	焼成汚泥肥料 D	86.1	1.0	1.2	0.23
	焼成汚泥肥料 E	108.2	5.0	4.6	0.94

a) 3点併行試験の平均値

表2-2 リン酸-硝酸-硫酸分解法による各成分の併行試験

測定成分名	肥料の種類等	平均値 ^{a)} (mg/kg)	標準偏差 (mg/kg)	相対標準偏差 (%)	併行HorRat値
クロム	焼成汚泥肥料A	73.4	2.1	2.9	0.56
	焼成汚泥肥料B	113.1	4.3	3.8	0.78
	焼成汚泥肥料C	98.5	2.1	2.1	0.43
	焼成汚泥肥料D	96.1	2.1	2.2	0.43
	焼成汚泥肥料E	71.0	2.1	2.9	0.55

a) 3点併行試験の平均値

4. まとめ

焼成汚泥肥料中のカドミウム、鉛及びニッケル測定における試料溶液調製法として王水分解及び硝酸－過塩素酸分解を比較した。また、焼成汚泥肥料中のクロム測定における試料溶液調製法については、りん酸－硝酸－硫酸分解及びアルカリ融解を加えて比較した。その結果、王水分解及び硝酸－過塩素酸によるカドミウム、鉛及びニッケルの測定値はほぼ一致し、りん酸－硝酸－硫酸分解及びアルカリ融解によるクロムの測定値はほぼ一致した。さらに、焼成汚泥肥料中のカドミウム、鉛及びニッケル測定における試料溶液調製法について、王水分解及び王水分解操作前に灰化处理を行った王水分解法(灰化－王水分解)を比較した。その結果、王水分解及び灰化－王水分解によるカドミウム、鉛及びニッケルの測定値はほぼ一致した。よって、より簡便で肥料分析法にも記載されている王水分解による試料溶液調製法をカドミウム、鉛及びニッケル測定に、同様にりん酸－硝酸－硫酸分解による試料溶液調製法をクロム測定に適用することが可能となった。なお、りん酸－硝酸－硫酸分解の加熱条件等が定量値に与える影響について、今後引き続き検討が必要である。

また、焼成汚泥肥料(5点)について王水分解及びりん酸－硝酸－硫酸分解による試料溶液調製法を用いて併行試験を実施したところ、カドミウム、鉛、ニッケル及びクロムの併行相対標準偏差(RSD_r)は0.0~1.9、0.3~1.0、1.2~5.1及び2.1~2.9%であった。また、その評価に用いる併行HorRat値は0.00~1.02であり、いずれも2以下であった。

文 献

- 1) 肥料取締法:一部改正 平成11年7月28日, 法律第111号(1999)
- 2) 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件:改正平成12年8月31日, 農林水産省告示第1161号
- 3) 農林水産省農業環境技術研究所:肥料分析法(1992年版), p.81~85, p.88~93, p.119~120, p.123~126, 日本肥糧検定協会, 東京(1992)
- 4) 越野正義:第二改訂詳解肥料分析法, p.202~207, p.213~216, p.256~258, p.265~266, 養賢堂, 東京(2005)
- 5) 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(2010)
<<http://www.famic.go.jp/ffis/fert/bunseki/sub9.html>>
- 6) 榊原良成, 松崎学, 天野忠雄:汚泥肥料中の重金属測定—分析方法の改良—, 肥料研究報告, **1**, 41~49(2008)
- 7) 榊原良成, 松崎学:汚泥肥料中の重金属測定—共同試験成績—, 肥料研究報告, **1**, 50~59(2008)
- 8) 榊原良成, 井上智江:汚泥肥料中のクロム試験法の妥当性確認—共同試験成績—, 肥料研究報告, **2**, 130~136(2009)
- 9) Fearn, T., Thompson, M., A new test for 'sufficient homogeneity', *Analyst*, **126**, 1414~1417 (2001)
- 10) AOAC OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS Appendix E: Laboratory Quality Assurance, AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg (2000)
- 11) Horwitz, W., Kamps, L.R., Boyer, K.W.: Quality control. Quality assurance in the analysis of foods for trace constituents, *J. AOAC Int.*, **63** (6), 1344~1354 (1980)

- 12) Codex Alimentarius: “Recommendation for a checklist of information required to evaluate method of analysis and submitted to the Codex Committee on Method of Analysis and Sampling for endorsement”, Vol.13, p.129 (1994)

Validation of Atomic Absorption Spectrometry for Determination of Cadmium, Lead, Nickel and Chromium in Burned Sludge Fertilizer

Hisanori ARAYA¹, Yoshimi TAKEBA¹

¹ Food and Agricultural Materials Inspection Center, Kobe Regional Center

We validated a method using atomic absorption spectrometry for determination of cadmium, lead, nickel and chromium in burned sludge fertilizer. The sample was digested by hydrochloric acid-nitric acid (3+1); phosphoric acid, nitric acid and sulfuric acid; and nitric acid and perchloric acid. These digestion methods used inorganic fertilizer method published in Official method of Analysis of Fertilizers published in December 1992. Cadmium, lead, nickel and chromium were measured by an atomic absorption spectrometer at the wavelengths of 228.8, 283.3, 232.0 and 359.3 nm, respectively. The results showed that samples were appropriately digested for the analysis of cadmium, lead and nickel with hydrochloric acid-nitric acid (3+1) and chromium with phosphoric acid, nitric acid and sulfuric acid. The relative standard deviations (RSD_r) ranged from 0.0 to 5.1 % were obtained from 3 replicate measurements of 5 samples of different burned sludge fertilizer. The HorRat values ($RSD_r / \text{predicted } RSD_r$) ranged from 0.00 to 1.02 %. These results indicated that the methods (digestion methods using hydrochloric acid-nitric acid (3+1) cadmium, lead and nickel and phosphoric acid, nitric acid and sulfuric acid for chromium) were valid for the determination of heavy metals in burned sludge fertilizer.

Key words cadmium, lead, nickel, chromium, burned sludge fertilizer, digestion, atomic spectrometry

(Research Report of Fertilizer, **3**, 30~42, 2010)