4.10.2 水溶性銅

4.10.2.b ICP 発光分光分析法

(1) 概要

この試験法は液状複合肥料、液体微量要素複合肥料及び家庭園芸用複合肥料の液状肥料に適用する。この試験法の分類は Type B であり、その記号は 4.10.2.b -2017 又は W-Cu.b-1 とする。

分析試料に水を加えて抽出し、ICP 発光分光分析装置(ICP-OES)に導入し、銅を波長 327.396 nm 等で測定して水溶性銅(W-Cu)を求める。なお、この試験法の性能は**備考 5** に示す。

(2) 試薬等 試薬及び水は、次による。

a) 水: JIS K 0557 に規定する A3 の水。

b) 塩酸: 有害金属測定用、精密分析用又は同等の品質の試薬。

c) 銅標準液(Cu 1000 μg/mL): 国家計量標準にトレーサブルな銅標準液(Cu 1000 μg/mL)。

d) 銅標準液(Cu 100 μg/mL)(1): 銅標準液(Cu 1000 μg/mL)10 mL を 100 mL 全量フラスコにとり、標線まで塩酸(1+23)を加える。

e) 検量線用銅標準液(Cu 1 μg/mL～20 μg/mL)(1): 銅標準液(Cu 100 μg/mL)の 1 mL～20 mL を 100 mL 全量フラスコに段階的にとり、標線まで塩酸(1+23)を加える。

f) 検量線用銅標準液(Cu 0.1 μg/mL～1 μg/mL)(1): 検量線用銅標準液(Cu 10 μg/mL)の 1 mL～10 mL を 100 mL 全量フラスコに段階的にとり、標線まで塩酸(1+23)を加える。

g) 検量線用空試験液(1): **d)**、**e)**及び **f)**の操作で使用した塩酸(1+23)。

注(1) 調製例であり、必要に応じた量を調製する。

備考 1. (**2**)の銅標準液に換えて、国家計量標準にトレーサブルな銅標準液(Cu 10000 μg/mL)を用いて検量線用銅標準液を調製することもできる。

備考 2. ICP-OES は任意の波長において得られる指示値が、光の観測方式(横方向及び軸方向)や分光器の種類によって変動するため、使用する機器に適した検量線の濃度範囲が異なる。よって事前に使用する機器に適した検量線の濃度範囲を把握し、検量線用標準液を調製するとよい。

(3) 器具及び装置 器具及び装置は、次のとおりとする。

a) ICP 発光分光分析装置: JIS K 0116 に規定する発光分光分析装置。

1) ガス: 純度 99.5 %(体積分率)以上のアルゴンガス

(4) 試験操作

(4.1) 抽出 抽出は、次のとおり行う。

a) 分析試料 1 g(2)を 1 mg の桁まではかりとり、100 mL 全量フラスコに入れる。

b) 水約 50 mL を加え、振り混ぜ、更に標線まで水を加える。

c) ろ紙 3 種でろ過し、試料溶液とする。

注(2) 家庭園芸用肥料などで銅含有量が低い場合は、分析試料の採取量を 10 g とする。

備考 3. （**4.1**）の操作で得た試料溶液は、附属書 B に示した成分にも適用できる。

（**4.2**） **測定** 測定は、JIS K 0116 及び次のとおり行う。具体的な測定操作は、測定に使用する ICP 発光分光分析装置の操作方法による。

a） **ICP 発光分光分析装置の測定条件** ICP 発光分光分析装置の測定条件は、以下を参考にして設定する。

分析線波長：327.396 nm、224.700 nm 又は 324.754 nm(3)

b） **検量線の作成**

1） 検量線用銅標準液及び検量線用空試験液を誘導結合プラズマ中に噴霧し、分析線波長の指示値を読み取る。

2） 検量線用銅標準液及び検量線用空試験液の銅濃度と指示値との検量線を作成する。

c） **試料の測定**

1） 試料溶液の一定量（Cu として 0.01 mg～2 mg 相当量）を 100 mL 全量フラスコにとる。

2） 塩酸（1+5）25 mL を加え、標線まで水を加える。

3） **b**）**1**）と同様に操作して指示値を読み取る。

4） 検量線から銅量を求め、分析試料中の水溶性銅（W-Cu）を算出する。

注（**3**） 224.700 nm 又は 324.754 nm を用いることもできる。ただし、327.396 nm とは得られる発光強度が異なるため、事前に適した検量線の濃度範囲を把握し、検量線用標準液を調製すること。

備考 4. ICP 発光分光分析法では多元素同時測定が可能である。その場合は、附属書 C1 表 1 の測定条件を参考に検量線用標準液を調製し、（**4.2**）**b**）～**c**）と同様に操作し、得られた各元素濃度の測定値に換算係数を乗じて分析試料中の各主成分量を算出する。

備考 5. 真度の評価のため、液状肥料（12 点）を用いて ICP 発光分光分析法の測定値（y_i: 0.009 82 %（質量分率）～0.0819 %（質量分率））及びフレーム原子吸光法の測定値（x_i）を比較した結果、回帰式は $y = -0.0006+0.966x$ であり、その相関係数（r）は 0.999 であった。また、液状複合肥料 1 銘柄及び家庭園芸用複合肥料 1 銘柄を用いて、添加回収試験を行った結果、0.01 %（質量分率）及び 0.1 %（質量分率）の添加レベルでの平均回収率はそれぞれ 93.5 %及び 95.3 %であった。

精度の評価のため、液状複合肥料及び家庭園芸用複合肥料を用いた日を変えての分析結果について、一元配置分散分析を用いて解析し、併行精度及び中間精度を算出した結果を表 1 に示す。また、試験法の妥当性確認のために実施した共同試験の成績及び解析結果を表 2 に示す。

なお、この試験法の定量下限は 0.0005 %（質量分率）程度と推定された。

表1　水溶性銅の日を変えた試験成績の解析結果（液状肥料）

試料名	日数[1] T	平均値[2] (%)[3]	併行精度 s_r[4] (%)[3]	併行精度 RSD_r[5] (%)	中間精度 $s_{I(T)}$[6] (%)[3]	中間精度 $RSD_{I(T)}$[7] (%)
液状複合肥料	7	0.0643	0.0006	0.9	0.0011	1.7
家庭園芸用複合肥料（液状）	7	0.00976	0.00006	0.6	0.00033	3.4

1） 2点併行分析を実施した日数
2） 平均値（n= 日数（T）×併行数（2））
3） 質量分率
4） 併行標準偏差
5） 併行相対標準偏差
6） 中間標準偏差
7） 中間相対標準偏差

表2　水溶性銅試験法の妥当性確認のための共同試験成績の解析結果

分析線波長 (nm)	試料名	試験室数[1]	平均値[2] (%)[3]	s_r[4] (%)[3]	RSD_r[5] (%)	s_R[6] (%)[3]	RSD_R[7] (%)
327.396	調製試料（液状）1	12(0)	2.14	0.03	1.2	0.06	2.6
	調製試料（液状）2	11(1)	0.533	0.006	1.1	0.010	1.8
	調製試料（液状）3	11(1)	1.09	0.007	0.6	0.02	1.6
	調製試料（液状）4	11(1)	0.113	0.0005	0.4	0.005	4.1
	調製試料（液状）5	11(1)	0.0530	0.0005	1.0	0.0010	1.9
224.700	調製試料（液状）1	10(2)	2.12	0.01	0.7	0.03	1.2
	調製試料（液状）2	10(2)	0.535	0.005	1.0	0.008	1.4
	調製試料（液状）3	10(2)	1.09	0.006	0.6	0.01	1.0
	調製試料（液状）4	10(2)	0.111	0.0005	0.4	0.002	1.5
	調製試料（液状）5	10(2)	0.0527	0.0006	1.1	0.0008	1.5
324.754	調製試料（液状）1	12(0)	2.14	0.03	1.2	0.05	2.4
	調製試料（液状）2	11(1)	0.534	0.005	0.8	0.011	2.0
	調製試料（液状）3	11(1)	1.09	0.007	0.7	0.02	1.7
	調製試料（液状）4	11(1)	0.111	0.0011	1.0	0.002	1.8
	調製試料（液状）5	11(1)	0.0532	0.0004	0.8	0.0009	1.8

1） 有効試験室数（外れ値を報告した試験室数）
2） 平均値（n=有効試験室数×試料数（2））
3） 質量分率
4） 併行標準偏差
5） 併行相対標準偏差
6） 室間再現標準偏差
7） 室間再現相対標準偏差

参考文献

1） 青山恵介： ICP 発光分光分析（ICP-OES）法による液状肥料中の効果発現促進材の測定, 肥料研究報告, **9**, 1~9 (2016)

2） 山西正将, 加藤まどか, 白井裕治： ICP-OES 法による液状肥料中の有効成分の測定法の性能評価 －室間共同試験成績－, 肥料研究報告, **13**, 123~145 (2020)

（**5**） **水溶性銅試験法フローシート**　液状肥料中の水溶性銅試験法のフローシートを次に示す。

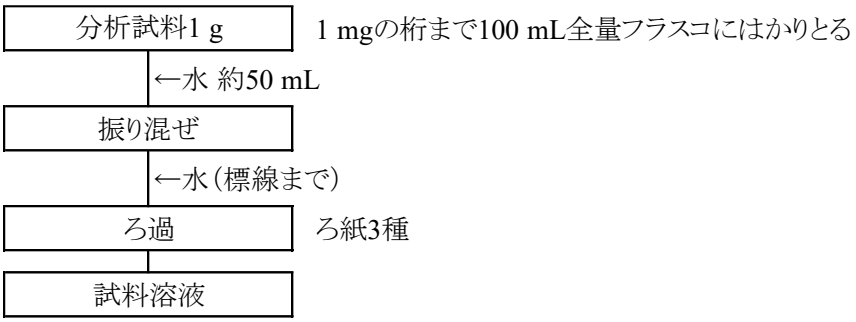


図1　液状肥料中の水溶性銅試験法フローシート（抽出操作）

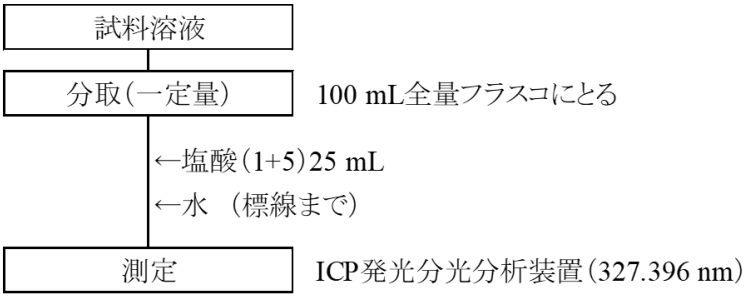


図2　液状肥料中の水溶性銅試験法フローシート（測定操作）