

3. 無機成分分析（速効性肥料成分）

(1) 0.5M 塩酸抽出

通常、家畜ふん堆肥の肥料成分は、強酸での分解液や、灰化後の灰を溶かした溶液で測定している。しかしながら、これらの手法は操作が煩雑で、また、窒素については測定される全窒素と作物が利用可能な窒素が一致しないという問題がある。

そのため、本マニュアルでは簡便な手法として 0.5M 塩酸による抽出を行なう。この方法により、全量に近いリン酸、カリウム、カルシウム、マグネシウムと硝酸態窒素が抽出される。アンモニア態窒素については、従来の KCl 溶液では抽出されない可給態窒素であるリン酸マグネシウムアンモニウム（MAP）中のアンモニア態窒素も抽出可能であり、作物が利用可能な速効性窒素を把握できる。

必要な試薬・器具

・市販品の 5mol/L 塩酸^[医薬用外薬物]（濃塩酸^[医薬用外薬物]）もしくは市販品の 2mol/L, 1mol/L 塩酸）



・1L ビーカ（**代用可**ポリビーカ・オイルポット）
抽出に用いる 0.5mol/L (0.5M) 塩酸の調整に使う。



塩酸の濃度と価格は以下の通り（価格は販売元等により変わるので、あくまで一例と考えて下さい）。0.5M 塩酸は 1 試料当たり 100mL 使う。参考として 1 試料あたりの価格も載せておく。

	容量	価格(円)	希釈倍率	分析点数	1試料当りの価格(円)	備考
5mol/L 塩酸	500mL	1500	10	50	30	医薬用外劇物
濃塩酸	500mL	700	23	115	6	医薬用外劇物
濃塩酸	4kg	3100	23	780	4	医薬用外劇物
2mol/L 塩酸	500mL	1000	4	20	50	
1mol/L 塩酸	3L	3600	2	60	60	

0.5M 塩酸は、5mol/L 塩酸 100±1mL (108±1g) に水を加えて 1L (1000±5g) にする。濃塩酸を希釈する場合、濃塩酸 43.5mL (51.3g: 51~52g) に水を加えて 1L (1000±5g) にする。いずれも、濃度は厳密でなくてよい。

5mol/L 塩酸、濃塩酸は揮発性の劇薬なので、手袋を必ず着用し、ドラフトがある場合はドラフト内で、無い場合は窓を開けて十分に換気をしながら作業を行なう。**[医薬用外劇物]**を使用したくない場合は、コストパフォーマンスは悪いが 2mol/L 塩酸、1mol/L 塩酸を使う。

希釈に使う水は、可能なら脱塩水あるいは蒸留水を使う。入手が困難な場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）等の市販品の脱塩水を使う。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	×	×

- ・ 秤
- ・ 薬さじ（**代用可**カレー Spoon）

試料の分取に使う。試料の分取量が多いので、薬さじよりもカレー Spoonの方が取り易い。抽出用の容器の口径によっては、薬包紙等にとってから容器に移した方がよい。



- ・ 蓋付き容器（250mL 程度）
（**代用可**紙コップ）
- ・ 100mL メスシリンダー（**代用可**秤）

0.5M 塩酸の分取、試料からの抽出に使う。メスシリンダーが無い場合は秤に抽出用容器を載せ、0.5M 塩酸を 100g はかり取る。



- ・ 往復振とう器（**代用可**マドラー、蓋付き容器の場合は手で振る）



- ・ ろうと（φ75mm）（**代用可**コーヒードリッパー・1～2 杯用）
- ・ ろ紙（φ150mm, 5A）（**代用可**コーヒーフィルター・1～2 杯用）
- ・ 蓋付きプラスチック容器（250mL 程度）（**代用可**ジャム瓶）

抽出液のろ過、保存に使う。



あった方がよい物品

- ・ 薄手のゴム手袋
- ・ 薬包紙
- ・ 重曹、石灰乾燥剤（廃液中和用）



場合によっては必要な器具

- ・ 調理用ミキサー

点数が少なく、迅速に抽出を行いたい場合に使う。



鶏ふん堆肥中の尿酸態窒素について

鶏ふん堆肥のうち、「副資材の混和+堆肥化」を行っていないものには、アンモニウムイオン、MAPに含まれる窒素以外に、尿酸アンモニウムの形で窒素が存在する場合がある。そして、それに含まれる窒素も速効性である。速効性窒素は全窒素量から推定可能だが、抽出によっても推定できる。

尿酸「アンモニウム」のアンモニウムイオンを抽出するためには、抽出液の pH を 1 まで落とす必要がある。そのため、抽出に使う鶏ふん堆肥の量を半分 (5g) にするか、抽出する塩酸の濃度を 1mol/L にする。また、これによりカルシウム含量が非常に多い場合でも、全カルシウムを抽出できるようになる。尿酸に含まれる窒素は、塩酸と pH5 に調整した酢酸緩衝液で抽出されるアンモニア態窒素含量の差から推定する。

なお、副資材を混和して堆肥化を行なっている鶏ふん堆肥では、牛ふん・豚ふん堆肥同様、0.5M 塩酸抽出で速効性窒素を測定する。

必要な試薬・器具

抽出に使う酢酸緩衝液は、水約 800ml に酢酸(液体) 20±0.5g と無水酢酸ナトリウム 54.7g(または酢酸



ナトリウム 3 水和物 90.7g) を入れて溶かした後、1L (1025～1030g) とする。測定項目はアンモニアのみなので、試薬調整には水道水を使っても構わないが、できれば塩酸の希釈に使ったものと同じ水を使う。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	△	△

抽出・測定の手順は 0.5M 塩酸抽出と同様である。

手順

抽出用容器に堆肥を 10～20g 分取する

- ・分取量は堆肥の状態により変える（注1）
- ・鶏ふん堆肥の場合、分取量を変えるか抽出液濃度を変える（注2）

0.5M 塩酸を 100mL 加える
（鶏ふん堆肥の酢酸緩衝液抽出の場合は酢酸緩衝液 100mL）

- ・カルシウムを多く含む試料では発泡に注意する（注3）

往復振とう器で 1 時間振とうする

- ・急ぐ場合は振とう時間を 10 分にする
- ・往復振とう器が無い場合は手で振る（注4）
- ・紙コップを使う場合はマドラーで混ぜる（注5）
- ・点数が少ない場合は調理用ミキサーを使うこともできる（注6）

直前に振り混ぜてからろ過する
（ろ液は 10～20mL あれば十分）

- ・ 抽出液は密栓して冷蔵すれば長期保存可能
- ・ 余分な抽出液は重曹等で中和後廃棄する

（注 1）分取量は通常 10g だが、水分が多く均一に混ぜるのが困難な試料の場合、分取量を 20g に増やす。全ての試料について、別途正確な水分量を測定する（写真は水分 80%の堆肥）。



（注 2）鶏ふん堆肥の場合の抽出液と分取量は以下の組み合わせ。

- ・ 0.5mol/L 塩酸……………堆肥 5g
- ・ 1mol/L 塩酸……………堆肥 10g
- ・ 酢酸緩衝液……………堆肥 10g

抽出液量はいずれも 100mL。塩酸抽出はどちらか一方を行えば良い。

（注 3）鶏ふん堆肥等、カルシウムが多く含まれる試料では、発泡が激しいので、溢れないよう塩酸を少しずつ加える。特に鶏ふん堆肥を 1mol/L 塩酸で抽出する場合は気を付ける。

（注 4）1 時間の間、15～20 分ごとに 20 秒程度激しく振る。

（注 5）1 時間の間、15～20 分ごとに 20 秒程度かき混ぜる。

（注 6）点数が少ない場合や急ぐ場合、調理用ミキサーに試料と塩酸を加え、2 分間処理してろ過してもよい。

※なお、振とうを簡便化した場合（振とう時間を 10 分に短縮した場合及び注 4～6 の手法）、1 時間往復振とうに比べ、リン酸・石灰・苦土の抽出量が 5 %ほど低下する場合がある。

(2) 塩酸抽出液の希釈

抽出液に含まれる肥料分量は RQ フレックスでの測定範囲を越えているため、希釈して測定する。測定に用いる液量は 5mL（カルシウムは 6mL、マグネシウムは 0.5mL）である。ピペッターがある場合、5mL（カルシウムは 6mL）になるように希釈する。無い場合は秤の上に 100mL ビーカー等の容器を載せ、抽出液と水を加えて希釈する。マグネシウムは希釈液を作った後、0.5mL を分取する。

なお、一度測定に使用した希釈液は、他の項目の測定には使うことができない。ピペッターで 5mL（カルシウムは 6mL）になるように希釈する場合、測定項目ごとに希釈する。秤で希釈した場合は希釈倍率が同じ別の項目に使うことができる。ただし、希釈液は保存中に変性することがあるので、保存が必要な場合は冷蔵保存し、可能な限り速やかに測定する。希釈倍率の目安は以下の通り。

	NO ₃ ¹⁾	Mg	NH ₄	PO ₄	Ca	K
測定範囲 (mg/l)	5 - 225	5.0 - 45 ²⁾	0.2 - 7.0	5 - 120	2.5 - 45.0	1.0 - 25.0
牛ふん堆肥	20倍		50倍		100倍	200倍
豚ふん堆肥	20倍 ³⁾	50倍	200倍			
鶏ふん堆肥 ⁴⁾ (0.5M塩酸100mL - 5g)	測定不要 ⁵⁾	50倍	200倍			

1) 測定範囲が 3-90mg/l の試験紙を用いた場合、希釈倍率を 50 倍にする。

2) 共存するリン酸の影響で発色が高めになるので、25mg/l を上限とする。

3) 密閉縦型方式で製造された豚ふん堆肥は測定不要。

4) 鶏ふん堆肥 10g を 1M 塩酸 100mL で抽出した場合、カルシウムの希釈倍率のみ 500 倍に変更する。

5) 副資材を加えて十分堆肥化している場合は、20 倍希釈で測定した方がよい。

レンジを越えた場合 (HI という表示が出る)、希釈倍率を上げて再度測定する。

※希釈に使う水について

希釈に使う水は、可能なら脱塩水・蒸留水を用いる。脱塩水・蒸留水の製造装置が無い場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）等の市販品の脱塩水を用いる。それも入手困難な場合は、市販品のミネラルウォーターや水道水を用いる。ミネラルウォーター・水道水の場合、水のみで測定し、その測定値を希釈試料の測定値から差し引く。

ただし、カルシウムはミネラルウォーター・水道水中の含有量が高く、測定上限値の2割～5割程度の場合が多い。そのような水で測定レンジに入るように希釈するのは困難なため、使用しない。また、硝酸、カリウム、マグネシウムについても高い場合があるので、事前に確認し、測定上限値の10%未満の場合のみ使用する。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	△ ¹⁾	△ ¹⁾

1) カルシウムを測定する場合は使用しない。硝酸、カリウム、マグネシウムを測定する場合、含量が測定上限値（硝酸: 225/90 mg/l, カリウム, マグネシウム: 25 mg/l）の10%未満であることを事前に確認しておく。アンモニアを測定する場合、標準液の希釈にも同じ水を使う。

市販品のミネラルウォーターにはカルシウム、マグネシウムの表示はあるが、カリウムの表示は無い場合もあり、硝酸の表示はない。表示が無くても含まれているので、必ず確認する。なお、表示が100mLあたりの数値の場合も多いため、1Lあたりに換算して測定上限値と比較する。また、採取時期により含量が異なる場合があるため、できる限り一度の測定には一本のペットボトルからの水を使う。やむを得ず複数本になる場合は、あらかじめ混合してから使う。

必要な器具

- ・ピペッター（容量 20～100 μ L、200～1000 μ L、1000～5000 μ L）
（**代用可**秤、紙コップ・ビーカ等の容器、駒込ピペット・スポイト等）



ピペッターは目盛と実際に分取量がずれていることがあるため、分取量を微調整した方が良い。秤の上に水の入ったビーカ等を置いてゼロセットし、水に分取して表示される重量（減少量）を確認し、必要に応じて目盛を動かし調整する。

- ・RQ フレックス測定用容器（**代用可**蓋付きサンプル容器）

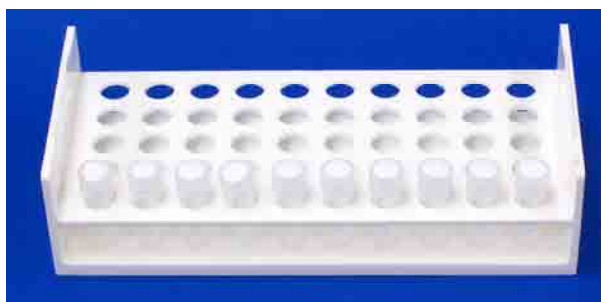


RQ フレックス用の測定容器は、測定に試薬の混合が必要な場合、リフレクトクアントに 1 個付属する。多点数の分析を行う場合、同程度の容量の容器を準備する。試薬を加えるた後、しっかり混合する必要があるため、着脱が容易な蓋が付いたものが適当である。また、測定時に試験紙の測定部位が液に浸る必要があるため、付属の容器よりも径が小さな容器を選ぶ。

あった方がよい物品

- ・バイアルラック

多点数を希釈する際に、倒れたり間違えたりしないためには、ラックがあった方がよい。



手順 ～ ピペッターを使う場合:

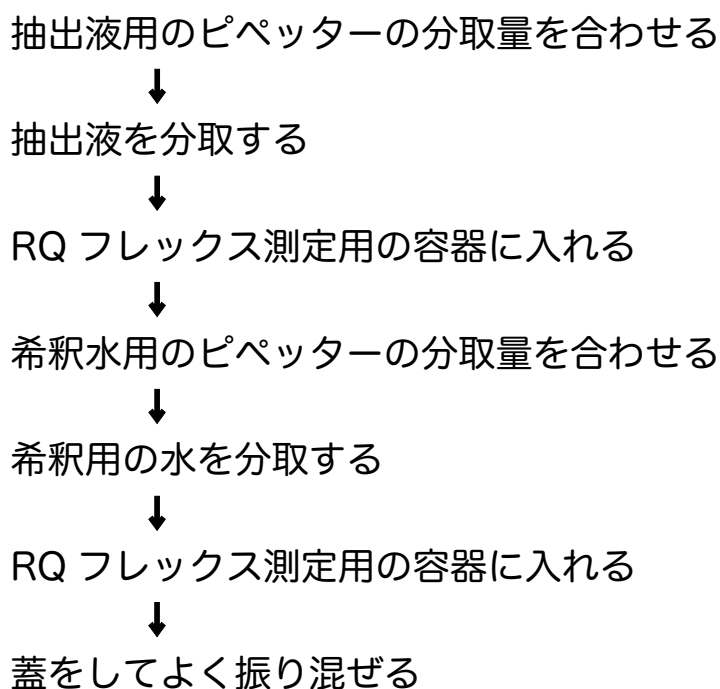
分取量の目安は以下の通り。

希釈倍率	抽出液用 ピペッター	分取量	希釈水用 ピペッター	分取量
20	200～1000 μ L	250 μ L	1000～5000 μ L	4750 μ L
50	20～100 μ L	100 μ L	1000～5000 μ L	4900 μ L
100 (Ca)	20～100 μ L	60 μ L	1000～5000 μ L	2970 μ L \times 2回
200	20～100 μ L	25 μ L	1000～5000 μ L	4975 μ L

希釈倍率が 200 倍を越える場合、希釈用の水を正確に分取できない可能性があるため、まず 20 倍希釈し、その後最終的な希釈倍率になるように希釈した方がよい。

希釈倍率	抽出液用 ピペッター	分取量	希釈水用 ピペッター	分取量
20	200～1000 μ L	250 μ L	1000～5000 μ L	4750 μ L

最終倍率	20倍希釈液用 ピペッター	分取量	希釈水用 ピペッター	分取量
200	200～1000 μ L	500 μ L	1000～5000 μ L	4500 μ L
200 (Ca)	200～1000 μ L	600 μ L	1000～5000 μ L	2700 μ L \times 2回
500 (Ca)	200～1000 μ L	240 μ L	1000～5000 μ L	2880 μ L \times 2回



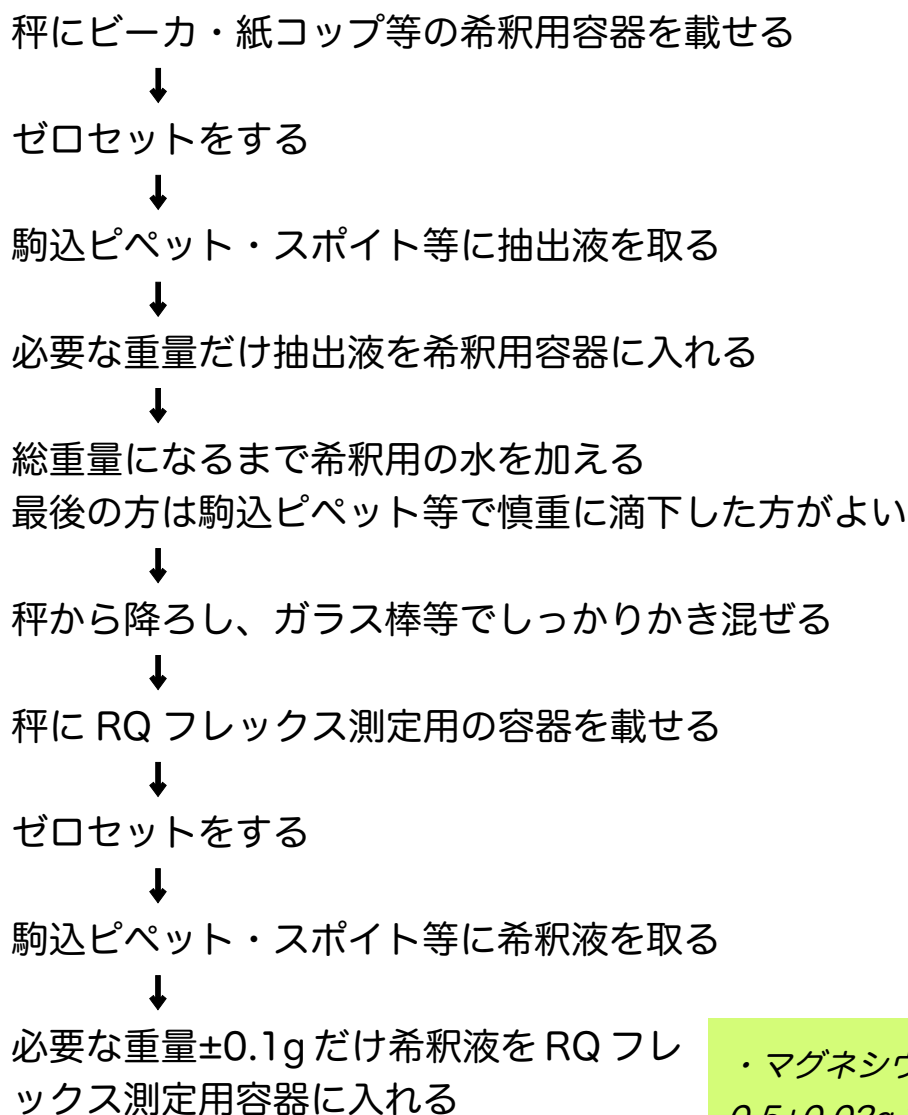
引き続き希釈を行なう場合、再度分取量を合わせる必要はない

ピペッターを使わない場合:

ピペッターを使わない場合は、秤に容器を載せ、重量を見ながら抽出液と希釈用の水を加えて希釈する。なお、分取量・総重量は比率を変えない限り変えてよい（抽出液量が少ない場合等）。

駒込ピペットでは分取量の下限が0.05g 程度である。誤差範囲の $\pm 0.05\text{g}$ を確保するため、表では希釈倍率が100倍以上の場合、抽出液の分取量・総重量を増やしている。より少量の抽出液を分取できるのなら、分取量・総重量を小さくしてもよい（例: 抽出液 $1.0 \pm 0.02\text{g}$, 総重量 $100 \pm 1\text{g}$ で100倍希釈）。

希釈倍率	抽出液分取量	総重量
20	$5.0 \pm 0.1\text{g}$	$100 \pm 1\text{g}$
50	$2.0 \pm 0.05\text{g}$	$100 \pm 1\text{g}$
100	$2.0 \pm 0.05\text{g}$	$200 \pm 2\text{g}$
200	$2.0 \pm 0.05\text{g}$	$400 \pm 4\text{g}$
500	$2.0 \pm 0.05\text{g}$	$1000 \pm 10\text{g}$



・ マグネシウム測定の場合は
 $0.5\pm 0.02\text{g}$ を目安に入れる

(注) 駒込ピペット・スポイト等を使い回す必要がある場合、脱塩水ですすぎ、一度分取する溶液でとも洗いした後、分取する。

(3) アンモニアの測定

必要な試薬・器具

- ・ RQ フレックス（プラスで無くても良い）
 - ・ リフレクトクアント アンモニウムテスト（0.2–7.0mg/l）
- ※要冷蔵



- ・ アンモニア性窒素標準液（ $\text{NH}_4\text{-N}$ または NH_4 で 1000ppm）
（**代用可**硫酸アンモニウム、塩化アンモニウム等の特級試薬+100mL メスフラスコ・ビーカー等）



アンモニウムテスト（0.2–7.0mg/l）の測定値結果は温度の影響を受けるため、できるだけ温度変化の少ない部屋で測定を行う。季節により室温が違うので、標準液を同時に測定し、測定結果を補正する。なお、室温が 30°C くらいになると、下記の NH_4 で 5mg/L 程度の標準液でも HI（7mg/L 以上）と表示されることがある（日光の影響もあるので、常に HI になる訳ではない）。その場合濃度を下げる。

$\text{NH}_4\text{-N}$ で 1000ppm の標準液の場合、250 倍に希釈して $\text{NH}_4\text{-N}$ 4mg/L（ NH_4 5.15mg/L）にする。 NH_4 で 1000ppm の場合は 200 倍に希釈して NH_4 5mg/L にする。

市販品のアンモニア性窒素標準液が無い場合は、100mL メスフラス

コに乾燥した硫酸アンモニウム 0.472g（あるいは塩化アンモニウム 0.382g）を入れ、希釈用の水を標線まで加えて溶かし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 1000ppm の標準液とする。これを 250 倍する。

メスフラスコが無い場合、ビーカ等の容器に希釈用の水を $100 \pm 0.05\text{g}$ 取り、そこに上記の量の試薬を加え、ガラス棒等で攪拌して溶かし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 1000ppm の標準液とする。これを 250 倍する。

- ・ 蓋付き小型容器（5～10mL）

希釈試料を入れる以外に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶液の調整に使う。



場合によっては必要な器具

- ・ 遮光用容器

アンモニウムテスト（0.2～7.0mg/l）は、試験紙の浸せき中に発色部位に光が当たると測定値結果が高くなる。そのため、作業に支障の無い範囲で暗めの部屋で行なう。日光が差し込むような部屋で測定を行う場合、測定待ち時間の間遮光する。夜間の蛍光灯の灯のみでは遮光の必要は無い。

遮光用の容器は、試験紙を入れた小型容器が隠れるサイズであれば良いので、コーヒーカップや湯飲みが良い。

適当な容器が無い場合は、紙コップをアルミホイルで包んで使う。連続測定する場合は、測定点数だけ容器が必要になる。



- ・ ストップウォッチ

連続測定を行う場合に使う。



手順

アンモニウムテスト（0.2–7.0mg/l）は冷蔵保存なので、測定前に冷蔵庫から出して室温に戻しておく。試料、標準液も同様に室温に戻しておく。

RQ フレックス での測定に用いる液量は 5.0 ± 0.1 mL (g) である。「3- (2) 塩酸抽出液の希釈」を参照し、希釈試料を準備しておく。なお、希釈倍率の目安は以下の通りである。

牛ふん堆肥： 50 倍

豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥： 200 倍

希釈に使う水は、可能なら脱塩水あるいは蒸留水を使う。入手が困難な場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）を使う。それも入手困難な場合は、市販品のミネラルウォーターや水道水を用いる。その場合、標準液の調整にも同じミネラルウォーター、水道水を使う。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	○	○

希釈に使った水、希釈した標準液は 5.0 ± 0.1 mL (g) 測定用容器に入れ（反復を取ることが望ましい）、希釈試料と同様に測定する。

試薬 NH_4-2 は粉末であり、常に同量を加えることが困難である。 NH_4-2 の量により測定結果がばらつくため、あらかじめ NH_4-2 を水に溶かし、水溶液として加える。

NH_4-2 溶液は NH_4-2 粉末 1.0g に対して水を 3.0 ± 0.1 mL (g) 加

えて作成する。容器は測定用の小型容器でよい。1 試料当りの添加量は $0.30 \pm 0.01 \text{ mL}$ (0.37 g : $0.36 \sim 0.38 \text{ g}$) である。溶液は長期保存できないので、測定当日に必要量だけ調整する。試料と標準液の数に加え、HI になった場合の再測定も考慮し少し多目に作っておく。

通常測定

本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる
3桁の数値が表示される

・数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜き取って良い



START ボタンを押し測定スタンバイにする
480sec と表示される



希釈試料に試薬 NH_4-1 を正確に 10 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



希釈試料に試薬 NH_4-2 溶液を $0.30 \pm 0.01 \text{ mL}$ 入れる



蓋をして振り混ぜる

・重量法の場合 $0.36 \sim 0.38 \text{ g}$ 入れる



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



試験紙を希釈試料に浸すと同時に
START ボタンを押す

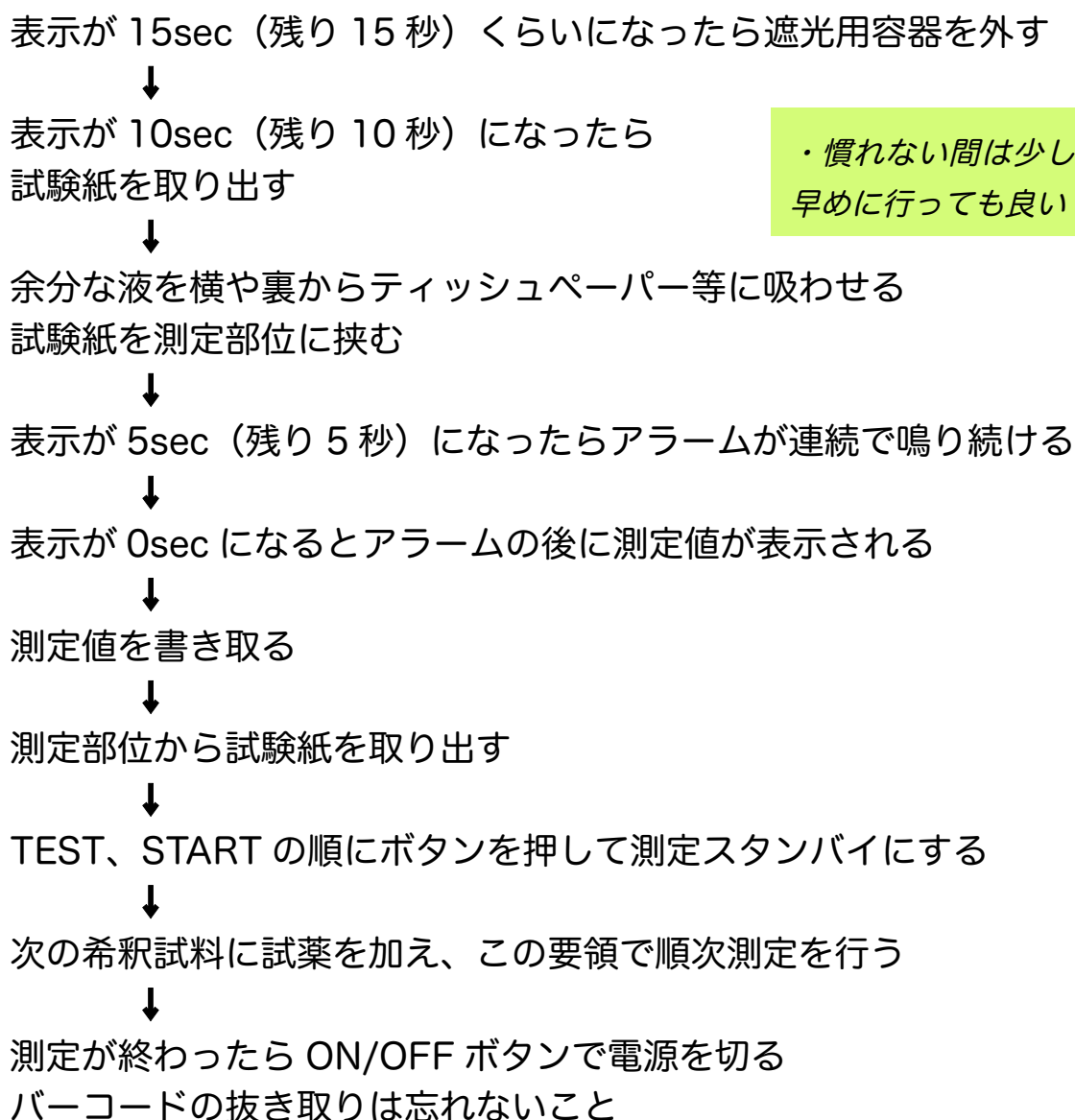
・ちゃんと測定待ち時間が表示されているか確認してから試験紙を浸す



遮光が必要な場合は遮光用容器をかぶせる

・試験紙を溶液に浸したままの状態待つ
・待ち時間の間に、一度、（遮光用容器を取り）試験紙で溶液をかき混ぜる





・慣れない間は少し
早めに行っても良い

・測定値が HI の場合、希釈倍率を上げて再度測定する。牛ふん堆肥では 200 倍を、豚・鶏ふん堆肥では 500 倍を目安とする。

・測定値が LO の場合、牛ふん堆肥では再測定不要（アンモニア態窒素量 0.1kg/t 以下）、豚・鶏ふん堆肥でもアンモニア態窒素量 0.3kg/t 以下であるが、それより少量でも把握しておきたい場合は希釈倍率を 50 倍まで下げて再度測定する。

・アダプターは水又はエタノールで洗浄しておく。

- ・試験紙は地域のプラスチックごみの処理方法に準じて処分する。
- ・廃液はアルカリ性（pH11～11.5）なので、塩酸等で中和して処分する。ただし、酸性にすると有毒な塩素ガスが発生するので、pH試験紙等で確認しながら中和する。

測定値は、標準液の測定結果を元に補正する。

希釈に使った水の測定（平均）値: a

標準液の測定（平均）値: b

標準液の濃度（NH₄）: c（NH₄-N 1000ppm の 250 倍希釈: 5.15、NH₄ 1000ppm の 200 倍希釈: 5）

補正值 = (測定値 - a) × c ÷ (b - a)

堆肥現物中のアンモニア態窒素量 (kg/t) への換算は 3-(9) を参照。

連続測定

測定待ち時間は 480 秒（8 分間）なので、ストップウォッチを準備して連続的に測定を行うと効率的である。

NH₄-1 を加えて混合した後 30 分程度放置しても測定結果に影響は無いが、NH₄-2 溶液を加えた後は素早く混合し試験紙を入れないと測定結果に影響するため、一度に測定する希釈試料全てに NH₄-1 を加えて混合し、ストップウォッチ等の準備をした後に NH₄-2 溶液を加え、試験紙を入れる。

ピペッターを使う場合、NH₄-2 溶液を加え混合し試験紙を入れるまで 30 秒あれば十分なので、測定間隔は 30 秒にする。その場合、一人で一度に行える点数は最大 16 点になる。遮光用容器を使う場合、点数分の容器とそれを置く場所が必要になるので、注意する。

秤を使って重量を見ながら NH_4-2 溶液を加える場合、作業に 30 秒以上必要なので、測定間隔は 1 分を目安にする。その場合、一人で一度に行える点数は 8 点である。あらかじめ NH_4-2 溶液を何滴加えると 0.36~0.38g になるか確認しておくが良い。

一度に測定する希釈試料全てに試薬 NH_4-1 を正確に 10 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる
3桁の数値が表示される

・数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜き取って良い



START ボタンを押し測定スタンバイにする
480sec と表示される



希釈試料に試薬 NH_4-2 溶液を $0.30 \pm 0.01 \text{ mL}$ 入れる



蓋をして振り混ぜる

・重量法の場合 $0.36 \sim 0.38 \text{ g}$ 入れる



試験紙容器から試験紙を 1 枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



試験紙を希釈試料に浸すと同時に START ボタン、
ストップウォッチのボタンを押す



測定待ち時間が減り始める



遮光が必要な場合は遮光用容器をかぶせる

・試験紙を溶液に浸し
たままの状態待つ



次の希釈試料に NH_4-2 溶液を $0.30 \pm 0.01 \text{ mL}$ 入れる



・重量法の場合 $0.36 \sim 0.38 \text{ g}$ 入れる

蓋をして振り混ぜる



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



ストップウォッチの表示が30秒になったら
試験紙を希釈試料に浸す

・重量法の場合は
1分になったら



遮光が必要な場合は遮光用容器をかぶせる



次の希釈試料に $\text{NH}_4\text{-2}$ 溶液を $0.30\pm 0.01\text{mL}$ 入れる



蓋をして振り混ぜる

・重量法の場合 $0.36\sim 0.38\text{g}$ 入れる



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



ストップウォッチの表示が1分にな
ったら、試験紙を希釈試料に浸す

・重量法の場合は2分になったら

・30秒ごとのこの操作を最後の試料（最大16点・450秒=7分30秒）
まで行う

・重量法の場合は1分ごとで最大8点（420秒=7分）まで

・余裕が出来たら、一度、（遮光用容器を取り）試験紙で溶液をかき混ぜる



表示が15sec（残り15秒）くらいになったら遮光用容器を外す



表示が10sec（残り10秒）になったら
試験紙を取り出す

・慣れない間は少し
早めに行っても良い



余分な液を横や裏からティッシュペーパー等に吸わせる
試験紙を測定部位に挟む



表示が5sec（残り5秒）になったらアラームが連続で鳴り続ける

↓
表示が 0sec になるとアラームの後に測定値が表示される
この時、ストップウォッチの表示は 8 分

↓
測定値を書き取る

↓
測定部位から試験紙を取り出す

↓
遮光用容器を外して次の試験紙を取り出し、余分な液をティッシュペーパー等に吸わせてから測定部位に挟む

・8分 15 秒くらいまで待つてから行う(重量法の場合 8分 45 秒くらい)

↓
ストップウォッチの表示が 8分 30 秒になったら START ボタンを押す

・重量法の場合 9分
・間違えて TEST・ON/OFF ボタンを押さないように気を付ける

↓
測定値が表示されるので書き取る

↓
測定部位から試験紙を取り出す

↓
遮光用容器を外して次の試験紙を取り出し、余分な液をティッシュペーパー等に吸わせてから測定部位に挟む

・8分 45 秒くらいまで待つてから行う(重量法の場合 9分 45 秒くらい)

↓
ストップウォッチの表示が 9分になったら START ボタンを押す

・重量法の場合 10分

↓
測定値が表示されるので書き取る

↓
測定部位から試験紙を取り出す

・ 30 秒ごとのこの操作を最後の試料（最大 16 点・450+480 秒=15 分 30 秒）まで行う
・ 重量法の場合は 1 分ごとで最大 8 点（420+480 秒=15 分）まで

(4) 硝酸の測定

硝酸態窒素は、家畜ふん堆肥の腐熟が十分進んで易分解性有機物が無くなった後に、アンモニア態窒素から生成される。そのため、鶏ふん堆肥、密閉縦型方式で製造された豚ふん堆肥では、通常は測定不要である。ただし、鶏ふん堆肥でも、他の家畜ふんや副資材と混ぜてしっかり堆肥化したものでは、硝酸態窒素が生成している場合があるので、測定することが望ましい。

必要な試薬・器具

- ・RQ フレックス（プラスで無くても良い）
- ・リフレクトクアント
硝酸テスト（5–225mg/l）※要冷蔵
（**代用可**硝酸テスト（3–90mg/l）※要冷蔵）



硝酸テスト（5–225mg/l）は温度の影響を強く受けるので、できるだけ温度変化の少ない部屋で測定を行う。また、リフレクトクアントは冷蔵保存なので、測定前に冷蔵庫から出して室温に戻しておく。試料も同様に室温に戻しておく。

- ・蓋付き小型容器（5～10mL）



場合によっては必要な器具

- ・ストップウォッチ

連続測定を行う場合に使う。



・硝酸性窒素標準液（ $\text{NO}_3\text{-N}$ 又は NO_3 で 1000ppm）

（**代用可**硝酸カリウム、硝酸ナトリウム等の特級試薬+100mL メスフラスコ・ビーカ等）



硝酸テストでの測定結果は、ロットにより $\pm 10\%$ 程度の誤差がある。そのため、より正確な量を把握したい場合は、硝酸性窒素標準液を希釈して標準液を作り、測定結果を補正する。

$\text{NO}_3\text{-N}$ で 1000ppm の標準液は 40 倍に希釈して $\text{NO}_3\text{-N}$ 25mg/L (NO_3 111mg/L) にする。 NO_3 で 1000ppm の場合は 10 倍に希釈して NO_3 100mg/L にする。硝酸テスト（3–90mg/l）を使う場合は、希釈倍率を上記の 2 倍にする。

市販品の標準液が無い場合は、100mL メスフラスコに乾燥した硝酸カリウム 0.722g（あるいは硝酸ナトリウム 0.607g）を入れ、脱塩水を標線まで加えて溶かし、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 1000ppm の標準液とする。これを 40 倍する。

メスフラスコが無い場合、ビーカ等の容器に希釈用の水を $100 \pm 0.05\text{g}$ 取り、そこに上記の量の試薬を加え、ガラス棒等で攪拌して溶かし、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 1000ppm の標準液とする。これを 40 倍する。

手順

RQ フレックス での測定の際の液量は指定されていないが、試験紙の測定部位がしっかり浸るためには、5mL 程度は必要である（容器の大きさにより異なるので、事前に確認しておく）。「3-(2) 塩酸抽出液の希釈」を参照し、希釈試料を準備しておく。なお、希釈倍率の目安は以下の通りである。

牛ふん堆肥・豚ふん堆肥(密閉縦型方式以外)： 20 倍
 鶏ふん堆肥・豚ふん堆肥(密閉縦型方式)： 測定不要

リフレクトクアント 3-90mg/l を使う場合、希釈倍率を 50 倍にする。測定手順は 5-225mg/l の場合と同じである。

希釈に使う水は、可能なら脱塩水あるいは蒸留水を使う。入手が困難な場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）を使う。それも入手困難な場合は、市販品のミネラルウォーターや水道水を用いる。その場合、事前に水に含まれる硝酸濃度を測定し、測定上限値の 10%未満の場合のみ使用する。また、測定後に試料の測定値から水の測定値を差し引く。標準液による補正を行なう場合、同じ水で標準液を調整する。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	△	△

希釈した標準液は 5mL 程度を測定用容器に入れる（反復を取ることが望ましい）。希釈にミネラルウォーター、水道水を使った場合、希釈に使った水も 5mL 程度を測定用容器に入れる（反復を取ることが望ましい）。これらは希釈試料と同様に測定する。

通常測定

本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる

3 桁の数値が表示される



・数値が表示されたら、すぐにバーコードを抜き取って良い

START ボタンを押し測定スタンバイにする

60sec と表示される



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



試験紙を希釈試料に浸すと同時に START ボタンを押す



測定待ち時間が減り始める

・ちゃんと測定待ち時間が表示されているか確認してから試験紙を浸す



2秒後に試験紙を取り出す



余分な液を横や裏からティッシュペーパー等に吸わせる



表示が 10sec（残り 10 秒）くらいになったら

試験紙を測定部位に挟む



表示が 5sec（残り 5 秒）になったらアラームが連続で鳴り続ける



表示が 0sec になるとアラームの後に測定値が表示される



測定値を書き取る



測定部位から試験紙を取り出す



TEST、START の順にボタンを押して測定スタンバイにする



次の希釈試料に試験紙を入れ、この要領で順次測定を行う



測定が終わったら ON/OFF ボタンで電源を切る

バーコードの抜き取りは忘れないこと

- ・測定値が HI の場合希釈倍率を上げて再度測定する。

- ・測定値が LO の場合、硝酸態窒素量 0.25kg/t 以下であり、肥料成分としては無視できる量である。
- ・アダプターは水又はエタノールで洗浄しておく。
- ・試験紙は地域のプラスチックごみの処理方法に準じて処分する。
- ・廃液は弱酸性なので、そのまま下水に流して構わない。

標準液の測定値を元に補正する場合、次のように計算する。

標準液の測定（平均）値: b

標準液の濃度 (NO₃) : c (NO₃-N 1000ppm の 40 倍希釈: 111、

NO₃ 1000ppm の 10 倍希釈: 100)

補正值 = 測定値 × c ÷ b

硝酸態窒素が含まれている水で希釈した場合、次の式で補正する（標準液を使っていない場合は単純に水の測定値を差し引く）。

希釈に使った水の測定（平均）値: a

標準液の測定（平均）値: b

標準液の濃度 (NO₃) : c (NO₃-N 1000ppm の 40 倍希釈: 111、

NO₃ 1000ppm の 10 倍希釈: 100)

補正值 = (測定値 - a) × c ÷ (b - a)

堆肥現物中の硝酸態窒素量 (kg/t) への換算は 3-(9) を参照。

連続測定

測定待ち時間は 60 秒だが、試薬を入れて混合しないため、ストップウォッチを準備して連続的に測定することができる。一人で行う場合は 4 試料ずつの測定になるが、二人組で行えば途中で中断すること無く連続的に測定できる。以下の手順は一人の場合である。

本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる
3桁の数値が表示される

・数値が表示されたら、すぐに
バーコードを抜き取って良い



START ボタンを押し測定スタンバイにする
60sec と表示される



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



試験紙を希釈試料に浸すと同時に START ボタン、
ストップウォッチのボタンを押す



測定待ち時間が減り始める



2秒後に試験紙を取り出す



ティッシュペーパー等に余分な液を吸わせる
試験紙は別のティッシュペーパー等の上に置く



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



ストップウォッチの表示が15秒になったら
試験紙を次の希釈試料に浸す



2秒後に試験紙を取り出す



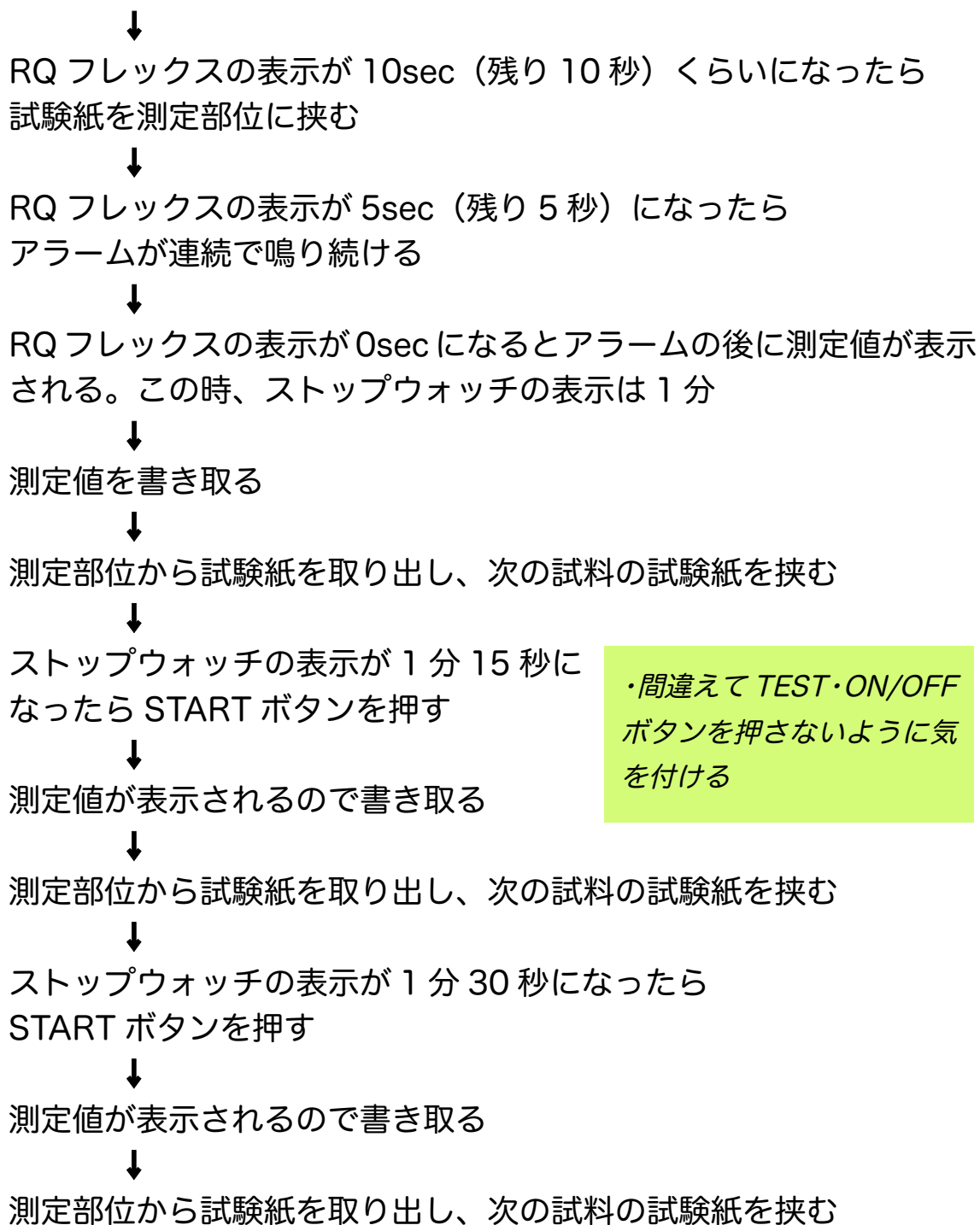
ティッシュペーパー等に余分な液を吸わせる
試験紙は別のティッシュペーパー等の上に置く

・順番が分からなくな
らないように注意して
並べる



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める

・15秒ごとのこの操作を最後の試料（最大4点・45秒）まで行う



・間違えて TEST・ON/OFF
ボタンを押さないように気
を付ける

・15 秒ごとのこの操作を最後の試料（最大 4 点・45+60 秒=1 分
45 秒）まで行う

(5) リン酸の測定

必要な試薬・器具

- ・ RQ フレックス（プラスで無くても良い）
- ・ リフレクトクアント リン酸テスト（5-120mg/l）

[医薬用外薬物] <http://j-shiyaku.ehost.jp/msds/115/1-116978.pdf>



- ・ 蓋付き小型容器（5～10mL）
- ・ 重曹（廃液中和用）



場合によっては必要な器具

- ・ ストップウォッチ

連続測定を行う場合に使う。



手順

RQ フレックス での測定に用いる液量は $5.0 \pm 0.1 \text{ mL (g)}$ である。
「3- (2) 塩酸抽出液の希釈」を参照し、希釈試料を準備しておく。
なお、希釈倍率の目安は以下の通りである。

牛ふん堆肥： 50 倍

豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥： 200 倍

希釈に使う水は、可能なら脱塩水あるいは蒸留水を使う。入手が困難な場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）を使う。それも入手困難な場合は、市販品のミネラルウォーターや水道水を用いる。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	○	○

通常測定

本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる

3桁の数値が表示される



START ボタンを押し測定スタンバイにする

90sec と表示される



希釈試料に試薬 $\text{PO}_4 - 1$ を正確に 10 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



試験紙容器から試験紙を 1 枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める

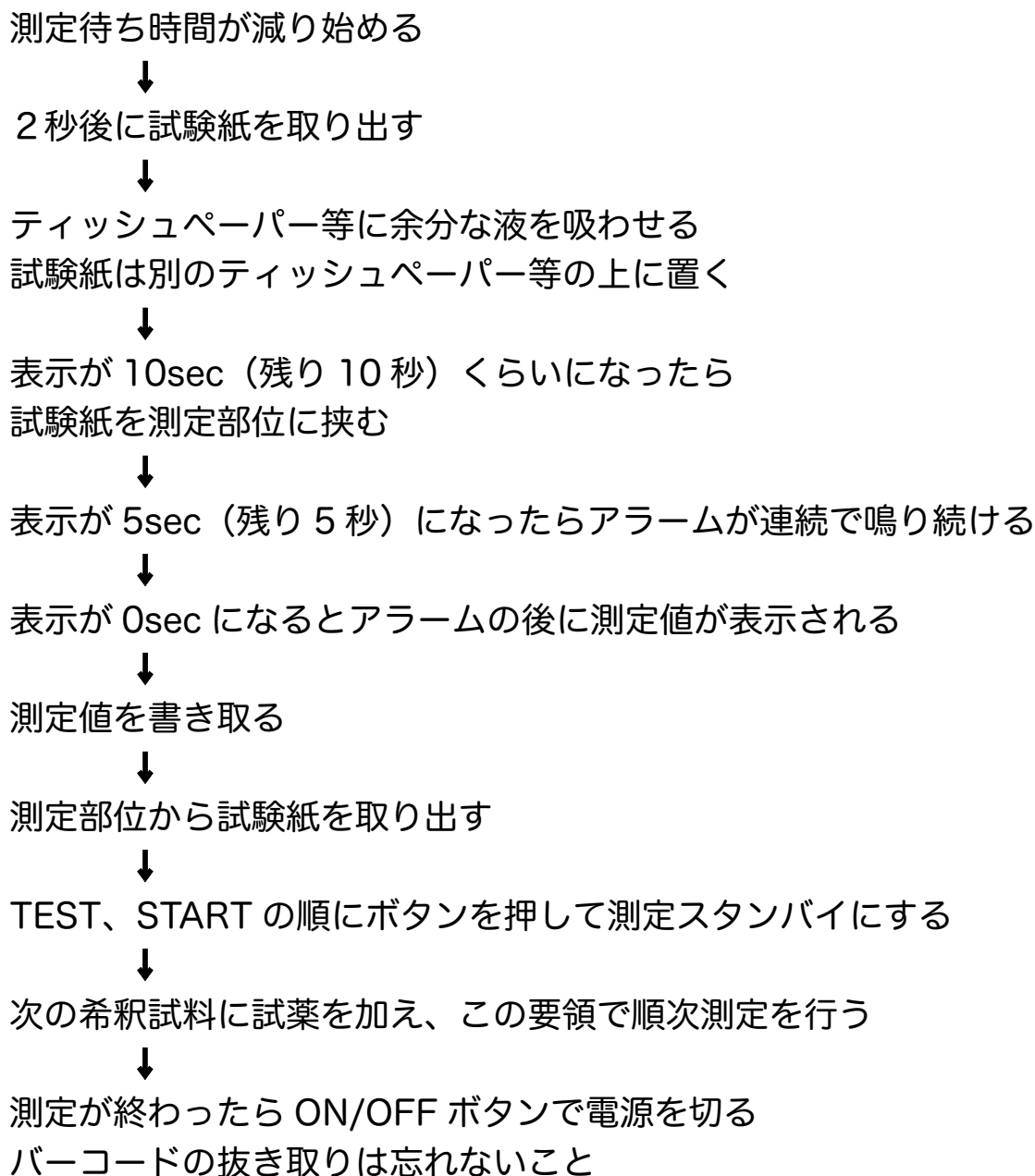


試験紙を希釈試料に浸すと同時に
START ボタンを押す



・数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜き取って良い

・ちゃんと測定待ち時間が表示されているか確認してから試験紙を浸す



- ・ 測定値が HI の場合、希釈倍率を上げて再度測定する。
- ・ 測定値が LO の場合、50 倍希釈でリン酸 2kg/t 未満、200 倍希釈で 8.2kg/t 未満である。それより少量でも把握しておきたい場合は希釈倍率を下げて再度測定する。
- ・ アダプターは水又はエタノールで洗浄しておく。

- ・試験紙は地域のプラスチックごみの処理方法に準じて処分する。
- ・廃液は可能なら重金属廃液として処分する（できない場合は重曹で中和して下水に流す）。

測定値の堆肥現物中のリン酸量（kg/t）への換算は 3-(9) を参照。

連続測定

測定待ち時間は 90 秒である。ストップウォッチを準備して連続的に測定を行うと効率的である。

一人で行う場合は測定は 6 試料ずつになるが、二人組で行う場合は、途中で中断すること無く測定を行うことができる。以下の手順は一人の場合である。

一度に測定する希釈試料全てに試薬 PO_4-1 を正確に 10 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる
3桁の数値が表示される



START ボタンを押し測定スタンバイにする
90sec と表示される

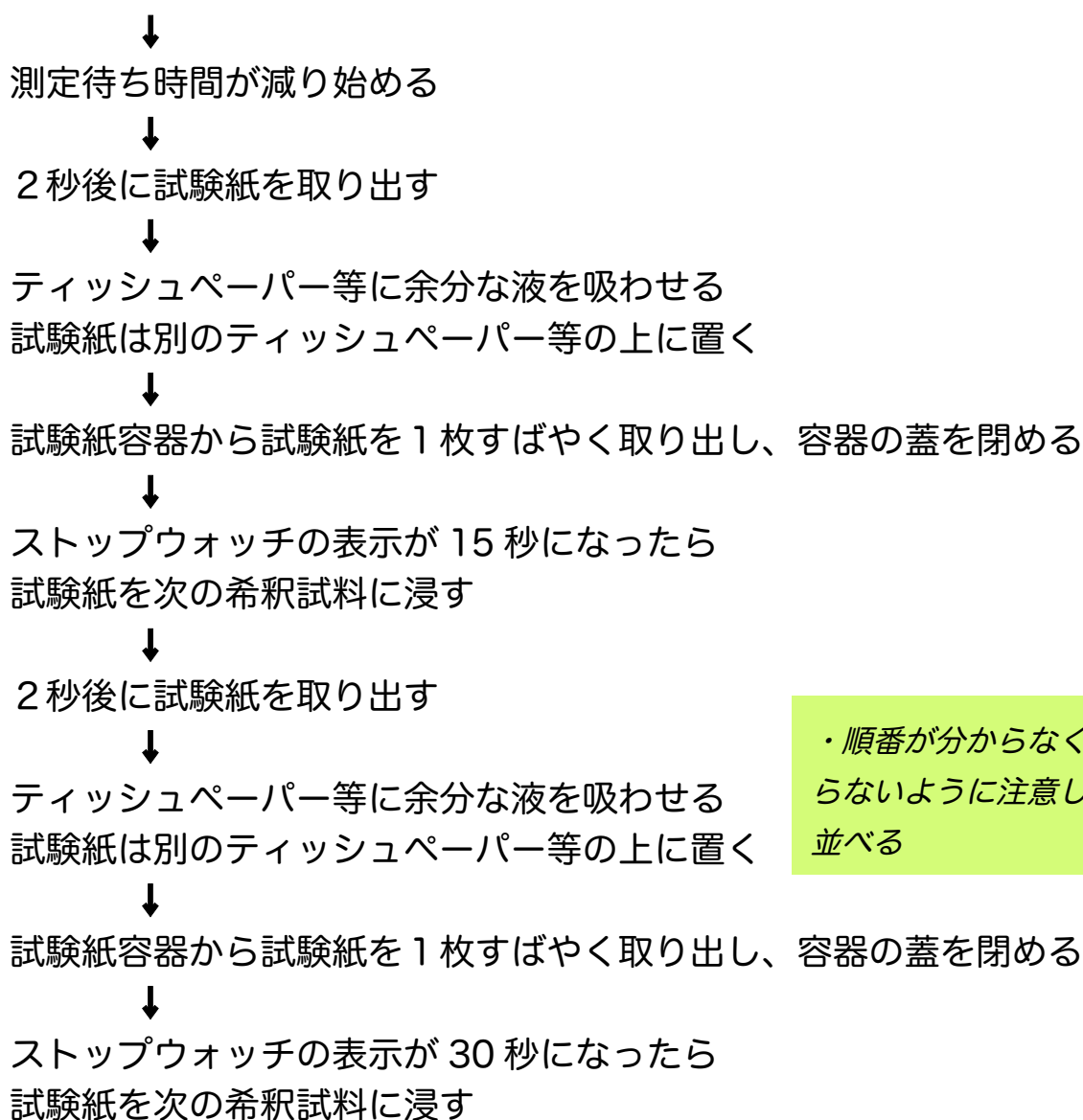


試験紙容器から試験紙を 1 枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



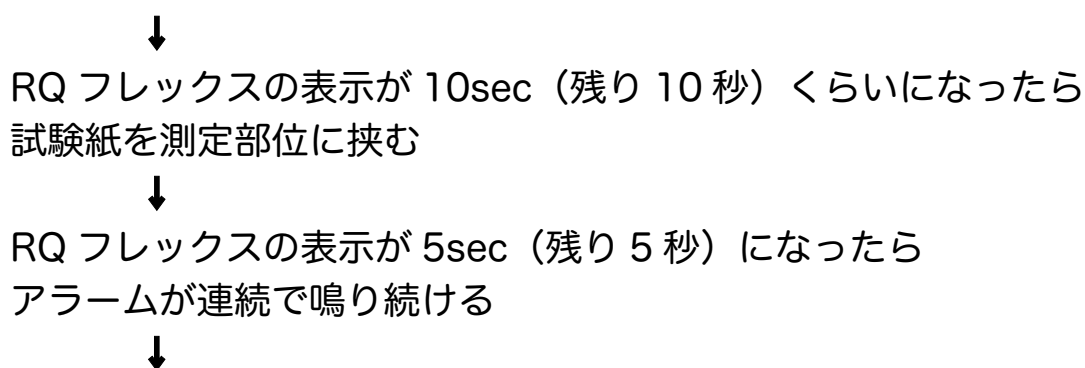
試験紙を希釈試料に浸すと同時に START ボタン、
ストップウォッチのボタンを押す

・数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜き
き取って良い



・順番が分からなくな
らないように注意して
並べる

・15秒ごとのこの操作を最後の試料（最大6点・75秒=1分15秒）まで行う



RQフレックスの表示が0secになるとアラームの後に測定値が表示される。この時、ストップウォッチの表示は1分30秒



測定値を書き取る



測定部位から試験紙を取り出し、次の試料の試験紙を挟む



ストップウォッチの表示が1分45秒になったらSTARTボタンを押す

・間違えてTEST・ON/OFF
ボタンを押さないように気を付ける



測定値が表示されるので書き取る



測定部位から試験紙を取り出し、次の試料の試験紙を挟む



ストップウォッチの表示が2分になったらSTARTボタンを押す



測定値が表示されるので書き取る



測定部位から試験紙を取り出し、次の試料の試験紙を挟む

・15秒ごとのこの操作を最後の試料（最大6点・75+90秒=2分45秒）まで行う

(6) カリウムの測定

必要な試薬・器具

- ・ RQ フレックスプラス
- ・ 溶液測定用セル
- ・ リフレクトクアントプラス カリウムテスト (1.0–25.0mg/l)

[医薬用外薬物] <http://j-shiyaku.ehost.jp/msds/115/1-117945.pdf>



カリウム用のリフレクトクアントには試験紙タイプもあるが、塩素により測定が妨害されるため、塩酸抽出した試料では測定できない。そのため、RQ フレックスプラスで液の濁度からカリウムの濃度を測定するリフレクトクアントプラス カリウムテスト (1.0–25.0mg/l) を使用する。

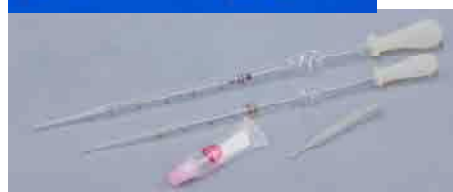
- ・ 蓋付き小型容器 (5~10mL)



- ・ ピペッター (0.1~1.0mL)
(代用可駒込ピペット等)



試薬を混合した後に、試料をセルに移すのに使う



場合によっては必要な器具

- ・ストップウォッチ

連続測定を行う場合に使う。



手順

RQ フレックスプラスで試薬を反応させるために用いる液量は $5.0 \pm 0.1 \text{ mL (g)}$ である。「3-(2) 塩酸抽出液の希釈」を参照し、希釈試料を準備しておく。なお、希釈倍率の目安は以下の通りである。

牛ふん堆肥・豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥： 200 倍

希釈に使う水は、可能なら脱塩水あるいは蒸留水を使う。入手が困難な場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）を使う。それも入手困難な場合は、市販品のミネラルウォーターや水道水を用いる。その場合、ペットボトルではラベルを確認し、水道水では測定して、カリウム濃度が測定上限値（ 25 mg/l ）の 10%未満の場合のみ使用する。また、測定後に試料の測定値から水の測定値を差し引く。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	△	△

通常測定

濁度での測定では、対照（ブランク）として水の入ったセルを使う。希釈にカリウムを含む水を使った場合、これとは別に希釈に使った水を $5.0 \pm 0.1 \text{ mL (g)}$ 小型容器に取り、希釈試料同様に測定する。

試験紙用のアダプターを取り出し、セル用のアダプターを付ける



本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる
3桁の数値が表示される



START ボタンを押し、測定スタンバイにする
300sec と表示される



希釈試料に試薬 K-1 を正確に 10 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



希釈試料に試薬 K-2 を正確に 6 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



希釈試料に試薬 K-3 を正確にスプーン一杯入れる



希釈試料に蓋をして振り混ぜると同時に START ボタンを押す



測定待ち時間が減り始める



セルの両方の区画に空白用の水を 1mL 程度ずつ入れる



アダプターに空白のセルを入れ、蓋を閉じる



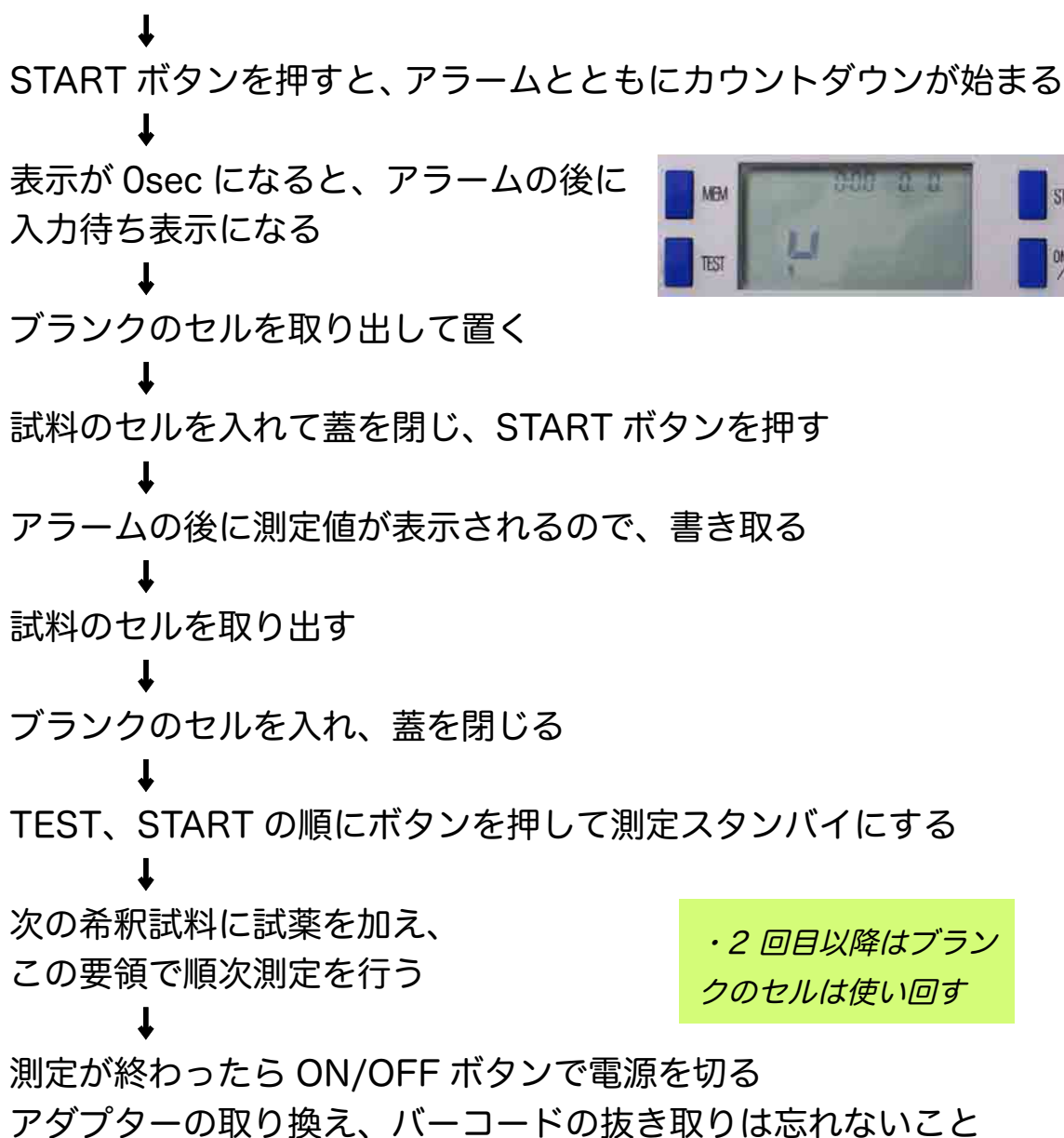
セルの両方の区画に、試薬を加えた希釈試料を 1mL 程度ずつ入れる



表示が 0sec になった後、アラームの後に表示
が 5sec に変わる。カウントダウンはしない

・数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜き
き取って良い

・ここで空白のセル
を入れて蓋を閉じて
もよい



・2回目以降は空白のセルは使い回す

- ・測定値が HI の場合、希釈倍率を上げて再度測定する。
- ・稀ではあるが、濃すぎて沈澱ができてしまい、HI になるはずなのに測定できてしまう試料がある。沈澱ができていないか注意する。



一番右が沈澱ができた試料。左から2番目でも HI になる。

・測定値が LO の場合、200 倍希釈でカリ 2kg/t 未満である。それより少量でも把握しておきたい場合は希釈倍率を下げても再度測定する。

・廃液はアルカリ性で、メタノールとクロロホルムが含まれる。可能なら含有機溶媒廃液として処分する。できない場合は塩素系又は酸素系の漂白剤を加え、一晩放置後に中和して下水に流す。塩素系漂白剤で分解した場合、酸性にすると有毒な塩素ガスが発生するので、pH 試験紙等で確認しながら中和する。

この分析では、カリウムは低濃度で値が高く出る傾向があるため、測定結果が 1～3ppm の場合は、測定値から 1 を引く。

測定値の堆肥現物中のカリ量 (kg/t) への換算は 3-(9) を参照。

連続測定

測定待ち時間は 300 秒（5 分間）である。試験紙での発色法のような反応時間が厳密な手法ではないので、多点数の場合まとめて反応させ、まとめて測定できる。ただし、濁度が安定性するまで 5 分間かかるので、試薬 K-3 を加えてから 5 分以上経ってから最初の試料を測定するように、時間を調節する。

試験紙用のアダプターを取り出し、セル用のアダプターを付ける



一度に測定する希釈試料全てに、試薬 K-1 を正確に 10 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



一度に測定する希釈試料全てに、試薬 K-2 を正確に 6 滴入れる



蓋をして振り混ぜる



一度に測定する希釈試料全てに
試薬 K-3 を正確にスプーン一杯入れる



蓋をして振り混ぜる



セルの両方の区画に空白用の水を 1mL 程度ずつ入れる



アダプターに空白のセルを入れて蓋を閉じる



一度に測定する希釈試料の数だけセルを準備する

・ 混乱しないように順
番に並べる。



セルの両方の区画に、試薬を加えた試料を
1mL 程度ずつ順番に入れて行く

・ 沈澱している場合があるの
で、再度振り混ぜてから入れる



全てのセルに試料を入れ終わる 5 分くらい前になったら
本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる
3 桁の数値が表示される

・ 数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜
き取って良い



START ボタンを押し測定スタンバイにする
300sec と表示される



START ボタンを押す
測定待ち時間が減り始める

・ ここで空白のセル
を入れて蓋を閉じて
もよい



表示が 0sec になった後、アラームの後に表示
が 5sec に変わる。カウントダウンはしない



START ボタンを押すと、アラームとともにカウントダウンが始まる



表示が 0sec になるとアラームが鳴り、
入力待ち表示になる



ブランクのセルを取り出して置く



最初の試料のセルを入れて蓋を閉じ、
START ボタンを押す

・ブランクのセルと試料のセルを間違えないように置き方を工夫する



アラームの後に測定値が表示されるので、書き取る



試料のセルを取り出す



ブランクのセルを入れて蓋を閉じ
START ボタンを押す

・ブランクのセルを入れるのを忘れない



アラームが鳴り、入力待ち表示になる



ブランクのセルを取り出して置く



次の試料のセルを入れて蓋を閉じ
START ボタンを押す

・セル中で沈澱していた場合は、セルに入れるところからやり直す



アラームの後に測定値が表示されるので、書き取る



試料のセルを取り出す



ブランクのセルを入れて蓋を閉じ、START ボタンを押す

・この、ブランクと試料のセルを交互に入れ、START ボタンを押すという操作を最後の試料まで行う

(7) カルシウムの測定

必要な試薬・器具

- ・ RQ フレックス（プラスで無くても良い）
- ・ リフレクトクアント カルシウムテスト（2.5–45mg/l）

[医薬用外薬物] <http://j-shiyaku.ehost.jp/msds/115/1-116993.pdf>



- ・ 蓋付き小型容器
（5～10mL）
- ・ ストップウォッチ



手順

RQ フレックス での測定に用いる液量は $6.0 \pm 0.1 \text{ mL (g)}$ である。
「3-(2) 塩酸抽出液の希釈」を参照し、希釈試料を準備しておく。
なお、希釈倍率の目安は以下の通りである。

牛ふん堆肥： 100 倍

豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥： 200 倍

希釈に使う水は、可能なら脱塩水あるいは蒸留水を使う。入手が困難な場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）を使う。市販品のミネラルウォーター、水道水のカルシウム濃度は高いため、希釈には使用しない。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	×	×

通常測定

ストップウォッチをスタートさせる



試験紙容器から試験紙を1枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



ストップウォッチを見ながら、試験紙を希釈試料に浸す



2秒後に試験紙を取り出す



試験紙は発色面を上にしてティッシュペーパー等の上に置く



希釈試料に試薬 Ca-1 を正確にスプーン一杯入れる



蓋をして振り混ぜる



希釈試料に試薬 Ca-2 を正確に10滴入れる



蓋をして振り混ぜる



本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる

3桁の数値が表示される



START ボタンを押し、測定スタンバイにする

・数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜き取って良い

90sec と表示される



ティッシュペーパーに置いた試験紙を希釈試料に浸す
同時に START ボタンを押す



測定待ち時間が減り始める



表示が 10sec（残り 10 秒）になったら
試験紙を取り出す

・慣れない間は少し
早めに行っても良い



ティッシュペーパー等に余分な液を吸わせる



試験紙を測定部位に挟む



表示が 5sec（残り 5 秒）になったらアラームが連続で鳴り続ける



表示が 0sec になるとアラームの後に測定値が表示される



測定値を書き取る



測定部位から試験紙を取り出す



TEST、START の順にボタンを押して測定スタンバイにする



次の希釈試料に試験紙を浸し、試薬を
加え、この要領で順次測定を行う

・ちゃんと測定待ち時間が表示され
ているか確認してから試験紙を浸す



測定が終わったら ON/OFF ボタンで電源を切る
バーコードの抜き取りは忘れないこと

- ・測定値が HI の場合、希釈倍率を上げて再度測定する。
- ・測定値が LO の場合、100 倍希釈で石灰 3.5kg/t 未満、200 倍希

釈で 7kg/t 未満である。それより少量でも把握しておきたい場合は希釈倍率を下げて再度測定する。

- ・アダプターは水又はエタノールで洗浄しておく。
- ・試験紙は地域のプラスチックごみの処理方法に準じて処分する。
- ・廃液はアルカリ性なので、塩酸等で中和して処分する。

測定値の堆肥現物中の石灰量 (kg/t) への換算は 3-(9) を参照。

連続測定

測定待ち時間は 90 秒である。ストップウォッチを準備して連続的に測定を行うと効率的である。測定は 15 秒ごとに行う。慣れない間は測定間隔を長くする。

一人で行う場合は測定は 6 試料ずつになるが、二人組で行う場合は、途中で中断すること無く測定を行うことができる。以下の手順は一人の場合である。

一度に測定する希釈試料を並べておく



ストップウォッチをスタートさせる



試験紙容器から試験紙を 1 枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める



ストップウォッチを見ながら、試験紙を希釈試料に浸す



2 秒後に試験紙を取り出す



試験紙は発色面を上にしてティッシュペーパー等の上に置く



試験紙容器から試験紙を 1 枚すばやく取り出し、容器の蓋を閉める

↓
ストップウォッチを見ながら、試験紙を次の希釈試料に浸す

↓
2秒後に試験紙を取り出す

↓
試験紙は発色面を上にしてティッシュペーパー等の上に置く

・順番が分からなくな
らないように注意して
並べる

・この操作を最後の試料（最大6点）まで行う

↓
全ての希釈試料に試薬 Ca-1 を正確にスプーン一杯入れる

↓
蓋をして振り混ぜる

↓
全ての希釈試料に試薬 Ca-2 を正確に 10 滴入れる

↓
蓋をして振り混ぜる

↓
本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる

↓
付属のバーコードを入れる
3桁の数値が表示される

・数値が表示されたら、
すぐにバーコードを抜
き取って良い

↓
ストップウォッチを止め、リセットする

↓
START ボタンを押し測定スタンバイにする
90sec と表示される

↓
ティッシュペーパーに置いた最初の試験紙を希釈試料に浸す
同時に START ボタン、ストップウォッチのボタンを押す

測定待ち時間が減り始める



ストップウォッチの表示が 15 秒になったら
次の試験紙を希釈試料に浸す

・この操作を最後の試料（最大 6 点・75 秒=1 分 15 秒）まで
行う



最後の試験紙を希釈試料に浸したら、最初の試験紙を取り出す
この時、RQ フレックスの表示は 10sec（残り 10 秒）くらい
ストップウォッチの表示は 1 分 10 秒くらい



ティッシュペーパー等に余分な液を吸わせる



試験紙を測定部位に挟む



表示が 5sec（残り 5 秒）になったらアラームが連続で鳴り続ける



表示が 0sec になるとアラームの後に測定値が表示される
この時、ストップウォッチの表示は 1 分 30 秒



測定値を書き取る



測定部位から試験紙を取り出す



次の試験紙を希釈試料から取り出し、
ティッシュペーパー等に余分な液を吸わせる



試験紙を測定部位に挟む



ストップウォッチの表示が 1 分 45 秒になったら
START ボタンを押す

・測定間隔が 15 秒だと
ほとんど余裕はない。測
定間隔を長くした場合
は、測定の 10 秒くらい
前に取り出す

・測定間隔が 15 秒だと
ほとんど余裕はない。測
定間隔を長くした場合
は、測定の 10 秒くらい
前に取り出す

↓
測定値が表示されるので書き取る
↓
測定部位から試験紙を取り出す
↓
次の試験紙を希釈試料から取り出し、
ティッシュペーパー等に余分な液を吸わせる

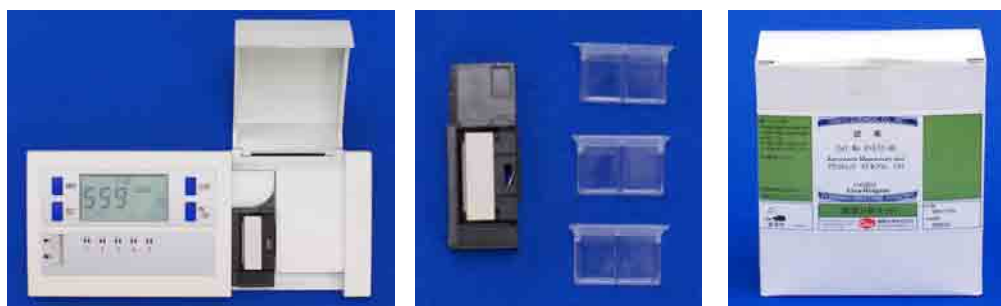
・測定間隔が 15 秒だとほとんど余裕はない。測定間隔を長くした場合は、測定の 10 秒くらい前に取り出す

・ 15 秒ごとのこの操作を最後の試料（最大 6 点・ $75+90$ 秒=2 分 45 秒）まで行う

(8) マグネシウムの測定

必要な試薬・器具

- ・ RQ フレックスプラス
- ・ 溶液測定用セル
- ・ 関東化学アグロチェック マグネシウムテスト（5-50mg/l）
※要冷蔵



マグネシウムテストの測定レンジは 5-50mg/l となっているが、共存するリン酸により発色剤が凝集し結果が高めになるため、25mg/l を上限とする。

- ・ 蓋付き小型容器（5～10mL）



- ・ ピペッター（1.0～5.0mL）
（代用可 駒込ピペット等+秤）

試薬を加えるのに使う。



- ・ ピペッター（0.1～1.0mL）
（代用可 駒込ピペット等+秤）

希釈試料の分取、試薬を混合した試料をセル



に移す時に使う。

場合によっては必要な器具

- ・ストップウォッチ

連続測定を行う場合に使う。



手順

RQ フレックスプラスでの測定に用いる液量は 0.5 ± 0.01 mL (g) である。「3-(2) 塩酸抽出液の希釈」を参照し、希釈試料を準備しておく。なお、希釈倍率の目安は以下の通りである。

牛ふん堆肥： 20 倍

豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥： 50 倍

希釈に使う水は、可能なら脱塩水あるいは蒸留水を使う。入手が困難な場合は、ドラッグストアのベビー用品コーナーにある調乳用の水（ミネラル分を除去した水）を使う。それも入手困難な場合は、市販品のミネラルウォーターや水道水を用いる。その場合、ペットボトルではラベルを確認し、水道水では測定して、マグネシウム濃度が測定上限値（25mg/l）の10%未満の場合のみ使用する。また、測定後に試料の測定値から水の測定値を差し引く。

脱塩水・蒸留水	市販品の調乳用の水	市販品のペットボトル入りミネラルウォーター	水道水
○	○	△	△

カリウムと違い、マグネシウムのブランクは試薬を加えるため、マグネシウムを含む水は極力使用しない。使わざるを得ない場合は、

試料の点数と同じだけ希釈に使用した水を $0.5\pm 0.01\text{mL}$ (g) 小型容器に取り、毎回ブランクを作成する。連続測定はできない。

通常測定

測定では、対照（ブランク）として脱塩水に試薬を入れたものを使う。そのため、試料を準備する際には脱塩水 0.5mL を入れた容器にも試薬を加える。ブランクの着色は徐々に濃くなるため、連続測定しない場合は 2 試料への使用に留める（脱塩水に試薬を入れ終わってから 17 分後まで）。

試験紙用のアダプターを取り出し、セル用のアダプターを付ける



本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる



付属のバーコードを入れる

3桁の数値（145）が表示される



START ボタンを押し測定スタンバイにする
 420sec と表示される



脱塩水・希釈試料に A 試薬を $2.5\pm 0.1\text{mL}$ (g) 入れ、軽く振り混ぜる



脱塩水・希釈試料に B 試薬を $2.0\pm 0.1\text{mL}$ (g) 入れる
同時に START ボタンを押す



測定待ち時間が減り始める



待ち時間の中に軽く振り混ぜる



・なかなか認識されないことがある。その場合は抜き差しを繰り返す

・数値が表示されたら、すぐにバーコードを抜き取って良い

・2 試料に 1 回、脱塩水に試薬を入れてブランクを作る

セルの両方の区画にブランク（試薬を加えた脱塩水）を 1mL 程度ずつ入れる



アダプターにブランクのセルを入れ、蓋を閉じる



セルの両方の区画に試薬を加えた試料を 1mL 程度ずつ入れる



表示が 5sec（残り 5 秒）になったらアラームが連続で鳴り続ける



表示が 0sec になるとアラームが鳴り、
入力待ち表示になる

・カリウムと違い、カウント
ダウンは一旦停止しない



ブランクのセルを取り出して置く



試料のセルを入れて蓋を閉じ、START ボタンを押す



アラームの後に測定値が表示されるので、書き取る



試料のセルを取り出す



TEST、START の順にボタンを押して測定スタンバイにする



次の希釈試料に試薬を加え、この要領で順次測定を行う



測定が終わったら ON/OFF ボタンで電源を切る

アダプターの取り換え、バーコードの抜き取りは忘れないこと

・測定値が 25 以上の場合（HI も含む）、希釈倍率を上げて再度測定する（測定値が 25～50 の場合も再測定する）。

- ・測定値が LO の場合、20 倍希釈で苦土 1.7kg/t 未満、50 倍希釈で苦土 4.1kg/t 未満である。それより少量でも把握しておきたい場合は希釈倍率を下げて再度測定する。
- ・廃液はアルカリ性なので、塩酸等で中和して処分する。

測定値の堆肥現物中の苦土量 (kg/t) への換算は 3-(9) を参照。

連続測定

測定待ち時間は 420 秒（7 分間）である。ストップウォッチを準備して連続的に測定を行うと効率的である。セルに試料を移す作業が入るので 40 秒ごとに測定を行なう（慣れない間は 1 分程度間隔を空けた方が良い）。一人で行う場合、一度にできる試料は 10 点である。ブランクは各回に作成する。二人組で測定する場合は、10 点を目処にブランクを作り直し、ブランクのセルを取り換える。以下の手順は一人の場合である。

試験紙用のアダプターを取り出し、セル用のアダプターを付ける



脱塩水と一度に測定する希釈試料全てに
A 試薬を 2.5±0.1mL (g) 入れ、軽く振り混ぜる



脱塩水に B 試薬を 2.0±0.1mL (g) 入れ、軽く振り混ぜる



本体の ON/OFF ボタンを押し電源を入れる

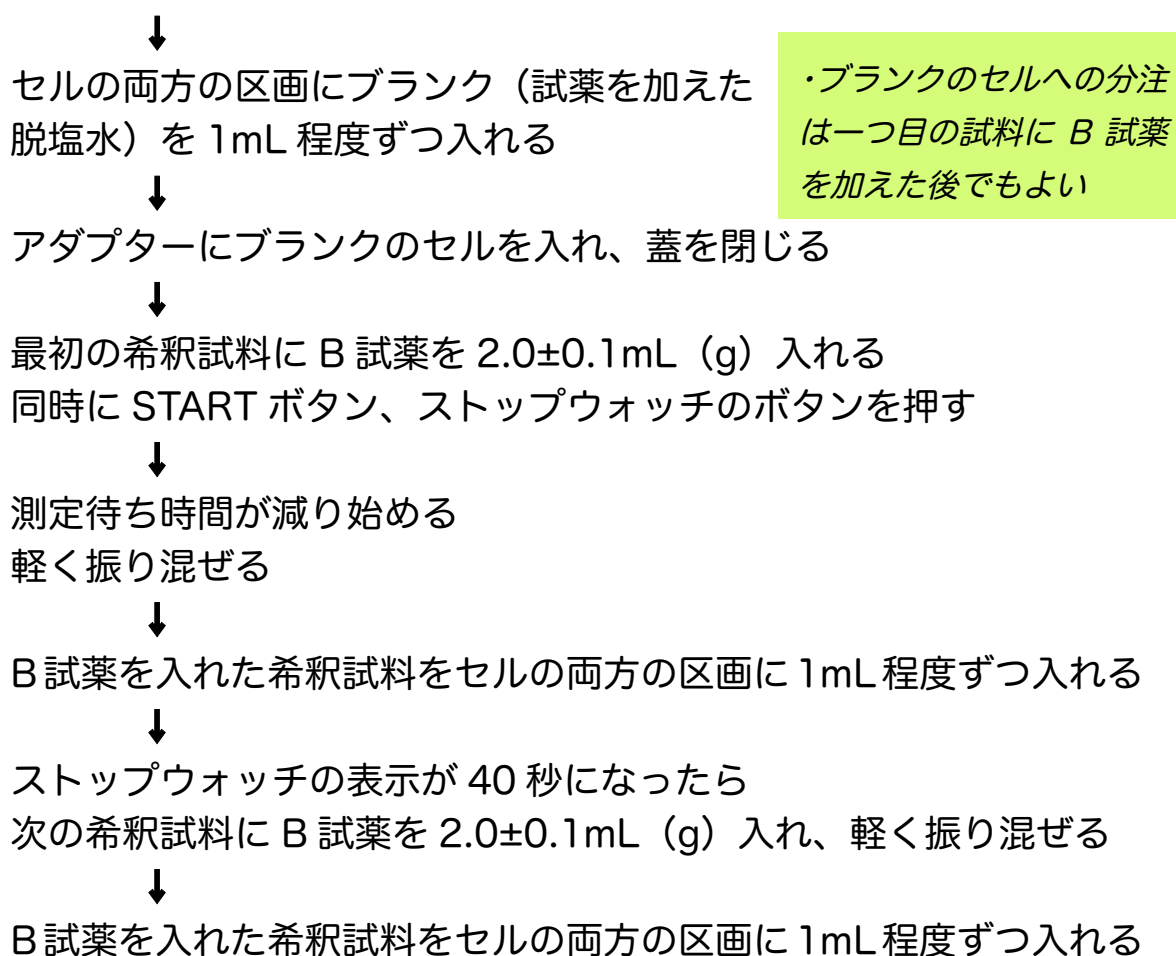


付属のバーコードを入れる
3 桁の数値が表示される



START ボタンを押し測定スタンバイにする。420sec と表示される

- ・なかなか認識されないことがある。その場合は抜き差しを繰り返す
- ・数値が表示されたら、すぐにバーコードを抜き取って良い



・空白のセルへの分注は一つ目の試料に B 試薬を加えた後でもよい

・40 秒ごとのこの操作を最後の試料（最大 10 点・360 秒=6 分）まで行う

↓

表示が 0sec になると、
アラームが鳴り、入力待ち表示になる
この時、ストップウォッチの表示は 7 分



↓

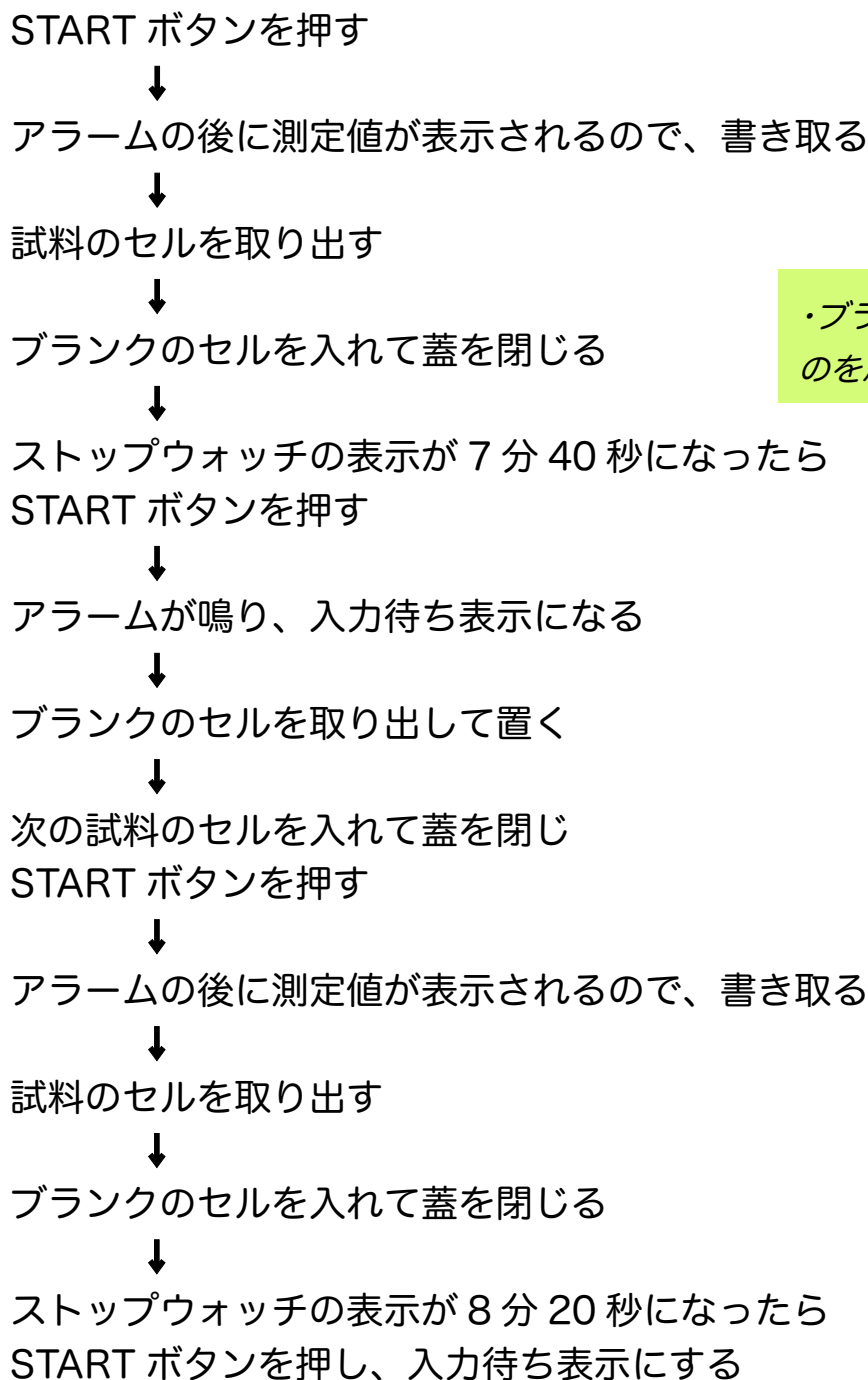
空白のセルを取り出して置く

・カリウムと違い、カウントダウンは一旦停止しない
・カリウムと違い、反応時間はできる限り守る

↓

最初の試料のセルを入れて蓋を閉じ

・空白のセルと試料のセルを間違えないように置き方を工夫する



・ブランクのセルを入れる
のを忘れない

・この、ブランクと試料のセルを交互に入れ、START ボタンを
押すという操作を最後の試料（最大 10 点・360+420 秒=13 分）
まで行う

(9) 堆肥中の成分量の算出

RQ フレックスでの測定値は、抽出溶液中の含量（mg/L）である。施肥設計を行なうためには、堆肥中の成分量に換算する必要がある。

使用した堆肥の乾物重・水分量の計算

換算にあたって、まず、抽出に使用した試料の重量（g）と、1-(2)で測定した乾物率（%）から、抽出に使用した堆肥中の乾物重と水分量を計算する。

$$\text{乾物重 (g)} = \text{試料重量 (g)} \times \text{乾物率 (\%)} \div 100$$

$$\text{水分量 (g)} = \text{試料重量 (g)} - \text{乾物重 (g)}$$

そして、次の式で、抽出倍率を計算する。

$$\text{抽出倍率} = (100 + \text{水分量}) \div \text{乾物重}$$

乾物率を測定していない場合は、試料重量をそのまま計算に使う。ただし、その場合、計算結果には誤差が入る（後述）。

$$\text{抽出倍率} = 100 \div \text{試料重量 (g)}$$

測定値の補正

アンモニア、硝酸の測定において、標準液を測定した場合、各項目に記載されている方法で補正しておく。

この測定では、カリウムが低濃度で値が高く出る傾向がある。そのため、測定結果が1～3ppmの場合は、測定値から1を引く。また、測定対象を含むミネラルウォーター、水道水を希釈に使用した場合、その水の測定値を試料の測定値から差し引いておく。

堆肥中の成分量の計算

以下の式で、堆肥（乾物）中の成分量（kg/t）に換算する。なお、乾物率が未測定で、抽出倍率に試料重量を使った場合、この計算結果が堆肥（現物）中の成分量になる。また、計算式中の補正值はこの測定での経験的な値のため、堆肥以外の測定結果には適用しない。

アンモニア態窒素 = 補正值 × (希釈倍率 ÷ 1000) × 抽出倍率 × 0.777
(0.777 は NH_4 から $\text{NH}_4\text{-N}$ へ換算するための係数)

なお、鶏ふん堆肥（副資材なし）の尿酸態窒素は次の式で推定する。
尿酸態窒素 = (塩酸抽出アンモニア態窒素 - 酢酸緩衝液抽出アンモニア態窒素) × 4.7 - 2.6 (マイナスの場合は 0 とする)

硝酸態窒素 = 測定値 (補正值) × (希釈倍率 ÷ 1000) × 抽出倍率 × 0.226
(0.226 は NO_3 から $\text{NO}_3\text{-N}$ へ換算するための係数)

リン酸 (P_2O_5) = 測定値 × (希釈倍率 ÷ 1000) × 抽出倍率 × 0.747 × 1.1
(0.747 は PO_4 から P_2O_5 へ換算するための係数, 1.1 は補正值)

カリ (K_2O) = 測定値 × (希釈倍率 ÷ 1000) × 抽出倍率 × 1.205 × 0.85
(1.205 は K から K_2O へ換算するための係数, 0.85 は補正值)

石灰 (CaO) = 測定値 × (希釈倍率 ÷ 1000) × 抽出倍率 × 1.399
(1.399 は Ca から CaO へ換算するための係数)

苦土 (MgO) = 測定値 × (希釈倍率 ÷ 1000) × 抽出倍率 × 1.658
(1.658 は Mg から MgO へ換算するための係数)

堆肥（現物）中の成分量は乾物率（%）を使い次のように計算する。

成分量（現物） = 成分量（乾物） × 乾物率（%） ÷ 100

乾物率を使わなかった場合の誤差について

赤: 抽出液 100mL

水色+茶色: 堆肥 10g（現物,
乾物率 50%）



水色: 堆肥中の水分 (5g) ; 茶色: 堆肥中の乾物 (5g)

この抽出液の測定値×希釈倍率÷1000 が A の場合、堆肥乾物あたりの含量は

$$A \times \text{抽出液量} \div \text{堆肥（乾物）量} = A \times (100+5) \div 5 = A \times 21$$

現物の乾物率は 50% なので、堆肥現物あたりの含量は

$$A \times 21 \times (50/100) = \underline{A \times 10.5}$$

乾物率を考慮せずに計算すると、堆肥現物あたりの含量は

$$A \times \text{抽出液量} \div \text{堆肥（現物）量} = A \times 100 \div 10 = \underline{A \times 10}$$

乾物率を考慮した場合より値が小さい。正しいのは乾物率を考慮した場合。水分が多い場合、誤差が大きくなる。

赤: 抽出液 100mL

水色+茶色: 堆肥 10g（現物, 乾物率 25%）



水色: 堆肥中の水分 (7.5g) ; 茶色: 堆肥中の乾物 (2.5g)

$$\text{堆肥乾物あたりの含量} = A \times (100+7.5) \div 2.5 = A \times 43$$

$$\text{堆肥現物あたりの含量} = A \times 43 \times (25/100) = \underline{A \times 10.75}$$

乾物率を考慮せずに計算した場合の堆肥現物あたりの含量

$$= A \times 100 \div 10 = \underline{A \times 10}$$