

地盤工学会基準「JGS T 211 土懸濁液の pH 試験方法」, 「JGS T 221 土の強熱減量試験方法」, 「JGS T 241 土の水溶性成分試験方法」, 「JGS T 251 粘土鉱物判定のための試料調整方法」の一部改正案について

地盤工学会基準部

1. まえがき

標記の試験方法に関する地盤工学会基準（以下、基準という）は、1990年の改正以降、内容を変更することなく現在に至っている。今般、関連する規格や基準の新規制定・改正、化学試験機器の急速な進歩、その他軽微な変更事由により見直しをする必要性が生じた。基準部、土質試験基準検討委員会、および関連する小委員会（化学試験小委員会）では見直しの作業を進め、改正案をまとめたので、ここに提案する。

上記の4試験方法のうち、「粘土鉱物判定のための試料調整方法」と「土の強熱減量試験方法」は比較的軽微な改正であり、変更点のみを対比表で示している。「土懸濁液の pH 試験方法」と「土の水溶性成分試験方法」は変更点が多く、対比表のみでは理解しにくいので、その全文を提示している。

ここに公示する改正案についてのご意見は、書面にて1988（平成10）年3月31日までに地盤工学会基準部宛に提出していただきたい。関係委員会および基準部では提出されたご意見をもとに検討を進め、最終的な改正内容を理事会において確定する。

2. 基準改正の経緯と概要

2.1 土懸濁液の pH 試験方法

水溶性の pH を測定する方法や原理は、この数十年間で変化していない。現行の基準である「土の pH 試験」の方法についても、原理は全く変わることはない。pH と電気伝導度は、土の化学的性質の概要を知る上で重要な因子である。いずれの試験も懸濁状態の土を対象として測定した値であり、土自体の pH ではない。このため、現行の名称を「土懸濁液の pH 試験方法」と変更した。また、試料懸濁液の濃度は測定値に影響をあたえる。試験によって試料濃度が異なるのでは得られたデータを利用する際に不都合を生じる。新規に制定予定の「土懸濁液の電気伝導度試験」との整合性をはかる意味から、試料の調整方法を統一化した。すなわち、現行の基準では、土をその乾燥質量の2~3倍量の水で懸濁させて pH を測定すると規定してあるが、これを、電気伝導度を測定

する上で好ましい5倍質量の水で懸濁することとし、両試験ともに同一の方法で調製した懸濁液を使用するようにした。なお、公示案（全文）は74ページより掲載している。

2.2 土の強熱減量試験方法

土に含まれる結晶水や有機物の概略質量を知る試験として有用で利用も多い。このため、JIS 化に向けた試験方法案も提案されている¹⁾。本基準案も JIS と同等の内容を基準として提案するもので、加熱操作の再現性向上と利便性をはかるため電気マッフル炉を使用する方法に統一した。なお、新旧対比表は次ページに掲載している。

2.3 土の水溶性成分試験方法

現行の基準では、土に含まれる水溶性成分のうち、塩素イオン、硫酸イオン、および水溶性成分の全質量を測定する。土の主要な水溶性成分は、ナトリウム、マグネシウム、カルシウム、カリウムが塩化物や硫酸塩のかたちで存在している。水溶性成分が土の物理的・力学的性質に及ぼす影響を把握するためには、上記主要水溶性成分の測定が有用となる。また、現行基準に採用されている試験方法は古典的な重量分析法と容量分析法に基づく方法であり、すでに大方の機関においては、土壌中の水溶性成分を分析機器により、迅速かつ簡便に測定している状況にある。そこで、新規基準案では、①土の主要な水溶性成分の種類を明らかにする、②機器分析法を全面的に採用する、との観点から基準を改正した。なお、公示案（全文）は76ページより掲載している。

2.4 粘土鉱物判定のための試料調整方法

誤字等を以下のように修正した。

項目	現行基準	改正案
4. 試料調製 (4) 付帯条項	深さ L	採取深さ L
ほかの試験方法の引用	JGS を引用	JGS と同内容の JIS があるものは JIS を引用

参考文献

- 1) 地盤工学会基準部：新規制定の JIS 「土の強熱減量試験方法」の素案について、土と基礎, Vol. 46, No. 1, pp. 61, 65, 1998.

「JGS T 221 土の強熱減量試験方法」の変更点

項 目	現 行 基 準	改 正 案	備 考
1.3 用語の定義	700~800°Cに強熱したとき	750±50°Cに強熱したとき	JIS 規格の表記に合わせた。
2. 試験用具(2)	試料を700~800°Cで強熱できるもの	電気マッフル炉 1000°C以上に加熱可能なもの	JIS 規格の他材料の強熱減量試験方法との整合を図り、電気マッフル炉のみに限定した。
2. 試験用具(4)	容量25~50 mlのもの	容量30~50 mlのもの	JIS R 1301 るつぼの容量に準拠した。
2. 試験用具(7)	柄つき白金線	「柄つき白金線」削除	2. 試験用具(2)の理由と同じ。
2. 試験用具 付帯条項(7)		削除	2. 試験用具(7)の変更に伴い削除。
3. 試料(5)	約50 ml 約25 ml	50 ml 30 ml	2. 試験用具(4)の理由と同じ。
4. 試験方法(3), (4), (5)	(3) るつぼを強熱装置に入れ、徐々に加熱する。 (4) 温度を700~800°Cに保持し、試料が一定質量になるまで強熱する。 (5) 強熱停止後、るつぼをデシケーターに移し、ほぼ室温になるまで冷ました後、全質量 m_b (g) をはかる。	(3) るつぼを電気マッフル炉に入れ、徐々に加熱する。 (4) 温度を750±50°Cに保持し、1時間強熱する。 (5) 強熱停止後、るつぼをデシケーターに移し、ほぼ室温になるまで冷ました後、全質量 m_b (g) をはかる。 (6) (3)から(5)を繰り返し、一定質量になったことを確認する。	JIS 規格の他材料の強熱減量試験方法との整合を図り、一定質量になることを確認することを義務付けた。
4. 試験方法 付帯条項(4)		削除	4. 試験方法(3), (4), (5)の変更に伴い削除。
4. 試験方法 付帯条項(5)	また、ガスバーナーを用いた場合は加熱を停止してから数分後にデシケーターに移す。	削除	2. 試験用具(2)の理由と同じ。
4. 試験方法 付帯条項(6)		「(6)質量が増加した場合は、増加する前の質量を一定質量とする。」を追加	4. 試験方法(3), (4), (5)の理由と同じ。
5. 試験結果の整理	m_a : 試料	m_a : 炉乾燥試料	
6. 報告事項(1)	強熱方法と強熱時間	強熱時間	2. 試験用具(2)の理由と同じ。
6. 報告事項 付帯条項(1)		削除	2. 試験用具(2)の理由と同じ。

地盤工学会基準案
土懸濁液の pH 試験方法

JGS
T 211-199X

Test Method for pH of Suspended Soils

1. 総 則

1.1 試験の目的

この試験は、土と接した水の pH を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

粒径 10 mm 以上の土粒子を取り除いた土を対象とする。

1.3 用語の定義

土懸濁液の pH とは、土粒子を機械的にも懸濁させた水の中に存在する水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ (mol/l) の逆数を、常用対数で表したものをいう。

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容を報告事項に明記しなければならない。

1.2 高有機質土にも適用できる。

1.3 pH は酸性、アルカリ性の度合いを示し、次式で定義される。

$$pH = \log (1/[H^+]) = -\log [H^+]$$

2. 試験用具および試薬

2.1 試験用具

- (1) ガラス電極式 pH 計 最小読取値0.1以下のもの。
- (2) はかり 感量 0.1 g 程度のもの。
- (3) ビーカー 容量 100~500 ml のもの。
- (4) その他 ピンセット、洗浄瓶、攪拌棒、ろ紙、温度計。

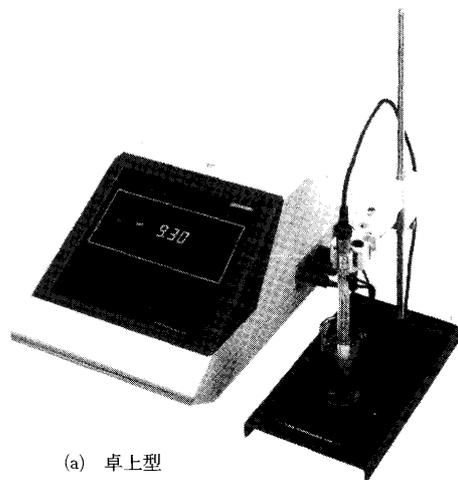
2.2 試薬

- (1) pH 標準液
- (2) 水 蒸留水またはイオン交換水。

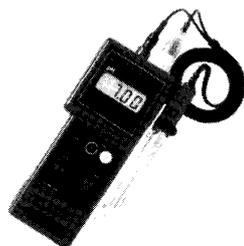
【付帯条項】

2.1

- (1) pH 計の例を図—1 に示す。
- (3) a. 表—1 に示すように試料の粒径によって容量が異なる。
- b. 強アルカリ性の土を取扱う場合は、ポリエチレン製を用いる。



(a) 卓上型



(b) 携帯型

図—1 pH 計の例

表—1 必要な試料の量とビーカーの容量の目安

試料の粒径 (mm)	試料の質量 (g)	ビーカーの容量 (ml)
10以下	150	1 000
5以下	100	500
2以下	30	200

2.2

- (1) pH 標準液には、しゅう酸塩、フタル酸塩、中性りん酸塩、ほう酸塩、炭酸塩がある。通常、中性りん酸塩とフタル酸塩を用いる。

3. 試料

- (1) JGS T 101「土質試験のための乱した土の試料調製方法」の4.1 非乾燥法によって得られたものを用いる。
- (2) 粒径 10 mm 以上の土粒子をピンセット等で取り除いたものを試料とする。
- (3) 粒径を考慮して適量の試料をビーカーに入れ、試料の炉乾燥質量に対する水（試料中の水を含む）の質量比が 5 になるように水を加える。
- (4) 試料を攪拌棒で懸濁させ、30分以上、3 時間以内静置したものを測定用の試料液とする。

【付帯条項】

- (1) 固結した土は、ときほぐしてから用いる。
- (3) a. 試料の量は粗粒分が多い土ほど多めに取る。その目安

とビーカーの容量を表—1 に示す。

- b. 試料の含水比をあらかじめ測定し、試料の炉乾燥質量を求めておく。質量比を 5 にしても懸濁液の状態にならない場合は、さらに水を加える。

4. 試験方法

4.1 pH 計の調整

- (1) あらかじめ通電しておいた pH 計の電極を、水に10分以上浸漬しておく。
- (2) 電極に付着した水滴をろ紙で吸い取ったのち、中性りん酸塩 pH 標準液に電極を浸漬し、pH 計の指示値が、表—2 に掲げる温度に対応した pH に一致するように、pH 計を調整する。

表—2 pH 標準液の各温度における pH

温度 (°C)	フタル酸塩	中性りん酸塩
0	4.00	6.98
5	4.00	6.95
10	4.00	6.92
15	4.00	6.90
20	4.00	6.88
25	4.01	6.86
30	4.02	6.85
35	4.02	6.84
40	4.04	6.84

- (3) フタル酸塩 pH 標準液についても、(2)と同様の操作を行う。
- (4) (2)と(3)の操作を交互に繰り返し、両方の指示値が pH 標準液それぞれの温度に対応した pH 値に、ともに ± 0.1 以内で一致するように調整する。

4.2 pH の測定

- (1) ビーカー内の試料液を攪拌しながら、電極を試料液に浸漬する。
- (2) pH 計の指示値が安定した後に pH を読み取る。

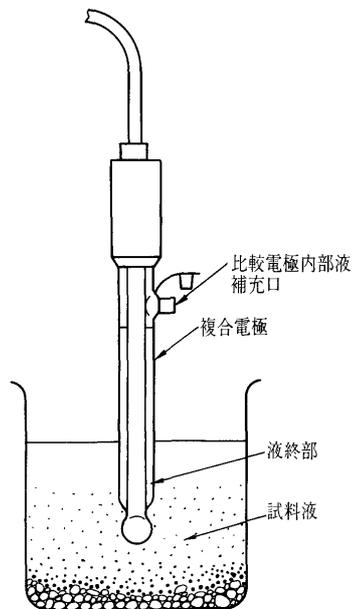
【付帯条項】

4.1

- (1) 長時間使用していなかったガラス電極は、あらかじめ12時間、水に浸漬してから使用する。
- (2) a. pH 標準液の温度は、室温に近いものを用いる。
- b. pH 計に温度補償機能が付加されている場合は、pH 標準液の温度に設定する。
- (3) a. フタル酸塩 pH 標準液の代わりに試料液の pH が 2 以下の場合にはしゅう酸塩を、pH が 10 以上の場合にはほう酸塩または炭酸塩の pH 標準液を用いる。これらの pH 標準液の各温度における pH を表—3 に示す。
- b. 別の pH 標準液に電極を浸漬する場合には、その都度、電極を水で 3 回以上洗浄し、ろ紙で水滴を吸い取る。

表—3 pH 標準液の各温度における pH

温度 (°C)	しゅう酸塩	ほう酸塩	炭酸塩
0	1.67	9.46	10.32
5	1.67	9.40	10.24
10	1.67	9.33	10.18
15	1.67	9.28	10.12
20	1.68	9.22	10.06
25	1.68	9.18	10.01
30	1.68	9.14	9.97
35	1.69	9.10	9.92
40	1.69	9.07	9.89



図—2 pH 測定の場合

4.2

- (1) a. 測定は室温で行い、pH 標準液と試料液の温度差をできるだけ小さくする。
- b. pH 計の電極は、図—2 に示す程度の深さまで浸漬する。別の試料液を測定する場合は、その都度、電極を水で洗浄し、ろ紙で水滴を吸い取ってから使用する。

5. 報告事項

試験結果について、次の事項を報告する。

- (1) 土懸濁液の pH
- (2) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合は、その内容
- (3) その他、特記すべき事項

地盤工学会基準案 土の水溶性成分試験方法

JGS
T 241-199X

Test Method for Water-Soluble Components of Soils

1. 総則

1.1 試験の目的

この試験は、土の水溶性成分のうち、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、塩化物および硫酸塩の各含有量を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

粒径約 10 mm 以上の土粒子を取り除いた土を対象とする。

1.3 用語の定義

本基準における水溶性成分の含有量とは、土を水に浸漬したときに溶出する各成分の質量を土の乾燥質量に対する百分率で表したものをいう。

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容を報告事項に明記しなければならない。
- 1.2 高有機質土にも適用できる。
- 1.3 ここでいう溶出とは、土を水に浸し、振とうを行って可溶性成分を水に溶解させることである。溶出を行った後、ろ過などによって土粒子を除去したものを溶出液という。

2. 試験方法の種類

試験方法は、水溶性ナトリウム・カリウム・カルシウム・マグネシウム含有量試験および塩化物・硫酸塩含有量試験とする。

【付帯条項】

2. 3.2 溶出液の調製で得られた溶出液を用いてそれぞれの試験を行う。

3. 溶出液の調製

3.1 調製用具

- (1) 振とう機
- (2) 遠心分離機
- (3) ろ過装置
- (4) ろ紙 孔径 0.45 μm のメンブランフィルターまたはこれと同等のろ紙
- (5) 振とう瓶 容量 1 l で樹脂製広口のもの
- (6) 試薬瓶 容量 500 ml のもの
- (7) メスシリンダー 容量 500 ml のもの
- (8) ピンセット
- (9) はかり 感量 0.1 g のもの
- (10) 水 蒸留水またはイオン交換水

3.2 調製方法

- (1) 自然含水比状態の土を JGS T 101「土質試験のための乱した土の試料調製方法」の 4.1 非乾燥法によって得られたものを用いる。
- (2) 粒径約 10 mm 以上の土粒子をピンセットで取り除いたものを試料とする。試料の一部を用いて含水比 w (%) を求める。
- (3) 炉乾燥質量約 50 g に相当する湿潤試料 m_w (g) を計り取り、振とう瓶に入れる。
- (4) 水 $V_1=500$ ml を振とう瓶に加える。
- (5) 振とう機 (あらかじめ振とう回数を毎分約 200 回、振とう幅を 4 cm 以上 5 cm 以下に調整したもの) を用いて、常温 (おおむね 20°C)、常圧で 6 時間連続して振とうする。
- (6) 振とう後、懸濁液を 10~30 分程度静置後、毎分 3 000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45

μm のメンブランフィルターまたはこれと同等のろ紙を用いてろ過する。

- (7) ろ液を溶出液とし、試薬瓶に入れ保存する。
- (8) 溶出液の換算係数 f (g/ml) を次式で算定する。

$$f = \frac{m_d}{V_1 + V_2}$$

ただし、

$$m_d = \frac{m_w}{1 + (w/100)}$$

$$V_2 = \frac{m_w - m_d}{\rho_w}$$

ここに、

V_1 : 加えた水量 (500 ml)

V_2 : 試料に含まれる水の量 (ml)

m_w : 試料の湿潤質量 (g)

m_d : 試料の炉乾燥質量 (g)

w : 試料の含水比 (%)

ρ_w : 水の密度 (g/cm³)

4. 水溶性ナトリウム・カリウム・カルシウム・マグネシウム含有量試験

3.2で調製した溶出液に含まれる各元素の量を、JIS K 0102「工業排水試験方法」によって規定されているフレイム原子吸光法を用いて測定する。

4.1 試験用具

- (1) フレイム原子吸光分析装置
- (2) ナトリウム・カリウム・カルシウム・マグネシウム中空陰極ランプ
- (3) ガラス器具類 メスフラスコ (100 ml, 250 ml, 1 000 ml), ビーカー (50 ml, 100 ml), ホールピペット (1~25 ml)

4.2 試薬

- (1) ナトリウム標準液 (10 mgNa/ml)
- (2) カリウム標準液 (10 mgK/l)
- (3) カルシウム標準液 (20 mgCa/l)
- (4) マグネシウム標準液 (2 mgMg/l)
- (5) ランタン溶液 (50 g/l)
- (6) 6 mol/l 塩酸
- (7) 水 蒸留水またはイオン交換水

4.3 検量線の作成

- (1) 各元素の標準液 1~20 ml をメスフラスコ 100 ml に段階的にとり、6 mol/l 塩酸 2 ml を加えた後、水を標線まで加える。
- (2) この溶液をアセチレン・空気フレイム中に噴霧し、各元素の測定波長における指示値 (吸光度またはその比例値) を読み取る。ただし、カルシウムとマグネシウムについては、(1)の溶液 10 ml を乾いたビーカーにとり、ランタン溶液 (50 g/l) 1 ml を加えた溶液を用いる。
- (3) 水についても同様な操作を行い、得られた指示値を空試験値とする。
- (4) 各元素について(1)~(3)の操作を行い、濃度と指示値との関係線 (検量線) を作成する。検量線の作成は試料の測定時に行う。

4.4 溶出液の測定

- (1) 3.2で調製した溶出液の適量 V (ml) をメスフラスコ 100 ml にとり、6 mol/l 塩酸 2 ml を加えた後、水を標線まで加える。

- (2) この溶液をアセチレン・空気フレイム中に噴霧し、各元素の測定波長における指示値 (吸光度またはその比例値) を読み取る。ただし、カルシウムとマグネシウムについては、共存成分による妨害を抑制するため、(1)の溶液 10 ml を乾いたビーカーにとり、ランタン溶液 (50 g/l) 1 ml を加えた溶液を用いる。
- (3) 各元素について(1)~(2)の操作を行い、得られた指示値 (空試験値を補正した値) とあらかじめ作成した検量線から各元素の濃度 C (mg/l) を求める。

4.5 試験結果の整理

水溶性ナトリウム・カリウム・カルシウム・マグネシウムの各含有量 S (%) を次式で算出する。

$$S = \frac{C}{100fV}$$

ここに、

C : 検量線から求めた元素濃度 (mg/l)

V : 溶出液の採取量 (ml)

f : 3.2で求めた溶出液の換算係数 (g/ml)

4.6 報告事項

試験結果について次の事項を報告する。

- (1) 溶出液の調製に用いた試料の湿潤質量および含水比
- (2) 水溶性ナトリウム・カリウム・カルシウム・マグネシウム含有量
- (3) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合は、その内容
- (4) その他特記すべき事項

【付帯条項】

4.2

- (1)~(4) 各元素について、市販の標準液 (1 000 mg/l) の適量を水で希釈して 100~250 mg/l の標準液 100 ml を作成する。さらにその溶液の適量をメスフラスコ 250 ml にとり、6 mol/l 塩酸 5 ml を加えた後、水を標線まで加える。
- (5) 酸化ランタン(III) 29 g を少量ずつ 6 mol/l 塩酸 500 ml に加えて溶かす。

4.3

- (2) 各元素の測定波長は次のとおりとする。

Na 589.0 nm, K 766.5 nm, Ca 422.7 nm, Mg 285.2 nm

4.4

- (2) カルシウムの定量は、りん酸塩、硫酸塩、アルミニウムなどによって妨害される。またアルミニウムは、少量 (2 mg/l) でもマグネシウムの定量を妨害する。これらの妨害は、ランタン (50 g/l) を添加することによって抑制することができる。

5. 塩化物・硫酸塩含有量試験

3.2で調製した溶出液に含まれる塩化物イオンと硫酸イオンの量を、JIS K 0102「工業排水試験方法」によって規定されているイオンクロマトグラフ法を用いて測定する。

5.1 試験用具

- (1) イオンクロマトグラフ
- (2) シリンジ 1~10 ml
- (3) ガラス器具類 メスフラスコ (100 ml, 250 ml, 1 000 ml), ホールピペット (1~25 ml)

5.2 試薬

- (1) 溶離液 使用する装置および分離カラムで指定された

資料—533

もの

- (2) 除去液 使用する装置および除去カラムで指定されたもの
- (3) 塩化物イオン標準液 (10 mgCl⁻/l)
- (4) 硫酸イオン標準液 (100 mgSO₄²⁻/l)

5.3 検量線の作成

- (1) 各イオンの標準液 1~20 ml をメスフラスコ 100 ml に段階的にとり、水を標線まで加える。
- (2) イオンクロマトグラフを作動できる状態にし、分離カラムに溶離液を一定の流量 (例えば、1~2 ml/min) で流しておく。除去カラムを必要とする装置では除去液を一定の流量で流しておく。
- (3) 標準液の一定量 (例えば 0.05~0.2 ml の一定量) をシリンジを用いてイオンクロマトグラフの分離カラムに注入し、一定の流量 (例えば、1~2 ml/min) の溶離液で溶離し、クロマトグラフを記録する。
- (4) クロマトグラフ上の塩化物イオンまたは硫酸イオンに相当するピークについて、指示値 (ピーク高さまたはピーク面積) を読み取る。
- (5) 水についても同様な操作を行い、得られた指示値を空試験値とする。
- (6) 各イオンについて、濃度と指示値との関係線 (検量線) を作成する。検量線の作成は試料の測定時に行う。

5.4 溶出液の測定

- (1) 3.2 で調製した溶出液の適量 V (ml) をメスフラスコ 100 ml にとり、水を標線まで加える。
- (2) この溶液について、5.3の(2)~(4)の操作を行い、得られた指示値 (空試験値を補正した値) とあらかじめ作成した検量線から塩化物イオンまたは硫酸イオンの濃度

 C (mg/l) を求める。**5.5 試験結果の整理**塩化物・硫酸塩の含有量 S (%) を次式で算出する。

$$S = \frac{C}{100fV}$$

ここに、

 C : 検量線から求めた塩化物イオンまたは硫酸イオンの濃度 (mg/l) V : 溶出液の採取量 (ml) f : 3.2で求めた溶出液の換算係数 (g/ml)**5.6 報告事項**

試験結果について次の事項を報告する。

- (1) 溶出液の調製に用いた試料の湿潤質量および含水比
- (2) 塩化物・硫酸塩含有量
- (3) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合は、その内容
- (4) その他特記すべき事項

【付帯条項】**5.2**

- (3)(4) 各イオンについて、市販の標準液 (1 000 mg/l) を水で希釈する。

5.3

- (1) 塩化物イオンと硫酸イオンを同時に測定する場合には、混合標準液 (10 mgCl⁻/l, 100 mgSO₄²⁻/l) を用いる。

5.4

- (1) 溶出液の電気伝導度が 10 mS/m (25°C) 以上の場合には、電気伝導率が 10 mS/m 以下になるように、水で一定の割合に薄める。