



アクアメルク® 炭酸塩硬度テスト pH4.3 での酸容量(ANC)

1.08048.0001

1. 定義

炭酸塩硬度は、水に溶解した Ca^{2+} 、 Mg^{2+} の量として定義されます。
炭酸塩硬度(CH)と**非炭酸塩硬度(NCH)**を合わせると**全硬度(TH)**となります。

$$\text{TH} = \text{CH} + \text{NCH}$$

炭酸塩硬度（一時硬度）は炭酸のアニオン（炭酸水素イオン HCO_3^- 、炭酸イオン CO_3^{2-} ）と等価の硬度イオンで構成されています。**非炭酸塩硬度**（永久硬度）はその他のアニオン（塩化物、硫酸、硝酸、リン酸、ケイ酸）と等価の量の硬度イオンで構成されます。水の硬度の単位はカルシウムまたはその化合物である酸化カルシウム CaO （ $1^\circ\text{d} \triangleq 10 \text{ mg/L CaO}$ ）または炭酸カルシウム CaCO_3 （ $1^\circ\text{e} \triangleq 14.25 \text{ mg/L CaCO}_3$ ； $1^\circ\text{f} \triangleq 10 \text{ mg/L CaCO}_3$ ）であり、マグネシウム量もカルシウム量に含めて計算して表現します。

炭酸塩硬度は酸の炭酸イオンを滴定することによって決定します（下記参照）。正確にいうと、炭酸のアニオンに加えて他のプロトン化可能なアニオン（例えばリン酸）も反応するため、この方法はpH4.3における酸容量（“ $\text{K}_{\text{S4.3}}$ ”）（酸結合容量 acid-binding capacity “SBV”、酸中和容量 acid-neutralizing capacity ANC）を測定します。しかしながら、その他のプロトン化可能なアニオンの存在はほとんどの天然の水において実際無視できます。このことにより、（8章の）“硬度の逆転”の場合を除いてANC（ $\text{K}_{\text{S4.3}}$ ）は炭酸塩硬度と等価であるといえます。 HCO_3^- と CO_3^{2-} の濃度費はpH値に依存します。炭酸イオンはpH値が約8以上でのみ存在するため、天然水のANC値（ $4.3 < \text{pH} < 8.2$ ）は炭酸水素イオンの濃度（mmol/L）とおおよそ同じになります。

2. 測定原理

滴定用ピペットによる滴定分析

炭酸水素イオンと炭酸イオンは混合指示薬に対して塩酸で滴定されます。滴定の終点（pH 4.3）では溶液の色が赤に変化します。炭酸塩硬度（酸容量）は、滴定溶液の消費量から測定されます。

3. 測定範囲と測定回数

測定範囲 ^{1), 2)}	滴定用ピペットの目盛	測定回数 ³⁾
0.25 - 25 °e (0.2 - 20 °d)	0.25 °e (0.2 °d)	12.5 °e (10 °d)として
ANC(SBV): 0.1 - 7.2 mmol/L	ANC(SBV): 0.1 mmol/L	300 回 3.6 mmol/L ANC(SBV)として

¹⁾ 滴定用ピペットを1フル充填として

²⁾ 換算値は9章参照

³⁾ 炭酸塩硬度量が12.5 °e以上の場合、最大測定回数は300回未満となります（12章参照）

4. アプリケーション

炭酸塩硬度（pH4.3での酸容量）は緩衝効果と水の腐食性のアセスメントに重要なパラメータとなります。

サンプル:

地表水、養殖水、飲料用水、ミネラルウォーター（ガス抜き後）、工業用水、水槽水

5. 夾雑物質の影響

サンプル中に炭酸とその塩以外にpH4.3で緩衝効果がある物質（フミン酸塩、りん酸塩など）が含まれる場合、または水のサンプルが本質的に着色あるいは濁りがあり色の変化を判定するの

が困難な場合には、測定に影響を及ぼします。酸性の沈殿化試薬は炭酸塩硬度が擬陰性となり、強い塩基は擬陽性となります。

6. 包装内容

試薬 CH-1（指示薬） …	2 本
試薬 CH-2（滴定溶液） …	2 本
目盛り付きプラスチックシリンジ（5 mL） …	1 本
反応容器 …	1 個
滴定用ピペット …	1 本

7. サンプルの前処理

強い炭酸が含まれた水（炭酸ミネラルウォーターなど）は室温でかき混ぜるあるいは超音波でガスを抜いてください。

8. 測定方法

反応容器を前処理を行ったサンプルで数回共洗いし、以下のサンプル等を加える。

サンプル / 試薬	添加量	
1. 前処理を行ったサンプル (15-30°C)	5 mL	付属のプラスチックシリンジを用いて反応容器に正確に採取する。
2. 試薬 CH-1	3 滴 ⁴⁾	試薬添加後、十分に混ぜ合わせる。硬化成分が含まれている場合、サンプルが青色に変色する。
3. 試薬CH-2 ボトルの蓋を外し、滴定用ピペットを軽く取り付ける。		
4. 滴定用ピペットのピストンを一番下から、スケール上のゼロとマークされている位置にピストンの下側の黒い部分が来るまでゆっくりと引き上げる（滴定溶液のみで滴定チューブを満たしてください。泡が入っている場合には、再度ピストンを戻し、チューブ内が完全に滴定溶液のみになるよう操作を繰り返してください）。		
5. 滴定用ピペットをボトルから完全に外し、滴定チューブの外壁に付着している水分をふき取る。		
6. サンプル溶液を振り混ぜながら、ゆっくりとサンプル溶液の色が青色から灰色（完全に変色する前に短時間変色）を経由し、赤色に変化するまで、滴定溶液を滴下する。なお、色の変化が起きるまで滴定溶液を滴下する度に、振り混ぜながら数秒待つこと。		
7. 滴定用ピペットのスケール上から、ピストンの下側の黒い部分が示す値 ^d あるいは対応するSBV（ANC, $\text{K}_{\text{S4.3}}$ ）を読み取る。		

⁴⁾ 試薬ピンを垂直に立てた状態で試薬を滴下すること！

測定上の注意事項:

- 滴定用ピペットに滴定溶液を充填している間は、滴定用ピペットをきつく試薬ボトルに取り付けけないこと！
- 測定後は、滴定用ピペット内に残っているすべての滴定溶液を試薬CH-2 ボトルに戻し、**試薬H-2 のオリジナルの蓋の代わりに、滴定用ピペットをそのまま試薬H-2 にきつく取り付け保管してください**（滴定用ボトル内に異物が混入しないようにするため）。
- ほとんどの天然水において $\text{CH} \leq \text{TH}$ となります。この状態で、 CH と $\text{ANC}(\text{K}_{\text{S4.3}})$ は等価です。すなわち

$$\text{CH} [\text{mmol/L Ca}^{2+}] \times 2 = \text{ANC}(\text{K}_{\text{S4.3}}) [\text{mmol/L H}^+ \text{ または } \text{HCO}_3^-]$$
炭酸塩硬度を9章で示す換算表を用いて°eで表示する場合、この結果は $(\text{CH}[\text{°e}]/7.02) \times 2 = \text{ANC}(\text{K}_{\text{S4.3}}) [\text{mmol/L}]$ あるいは下記式となります。

$$\text{CH}[\text{°e}] \times 0.285 = \text{ANC}(\text{K}_{\text{S4.3}}) [\text{mmol/L}]$$
- 全硬度は炭酸塩硬度を測定する場合に同時に測定しなければなりません。炭酸塩硬度の値が明らかに全硬度より高いとき（“硬度の逆転”）、全硬度の測定値は実際に存在す

炭酸塩硬度としなければなりません: $CH = TH$ ($NCH = 0$)。
 CH と $ANC(K_{S4.3})$ はこのとき等価ではありません:
 $CH[mmol/L] \times 2 < ANC$ または $K_{S4.3}[mmol/L]$
 “硬度の逆転”は硬度イオンである Ca^{2+} と Mg^{2+} に加えて他のカチオンが水の中に溶解しており、硬度イオンの存在量よりも炭酸アニオンと等価の量が多い場合に起こると説明できます。(図C参照)

A

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$		その他カチオン
$HCO_3^- (+CO_3^{2-})$	その他	アニオン
0%	CH	TH
	L NCH J	
		100%

B

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	その他カチオン
$HCO_3^- (+CO_3^{2-})$	その他アニオン
0%	CH = TH
	100%

C

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	その他カチオン
$HCO_3^- (+CO_3^{2-})$	その他アニオン
0%	CH = TH
	X
	100%

水溶液中のカチオンとアニオンの構成比(パーセント)

X = 見かけ上の炭酸塩硬度

9. 換算表

	$K_{S4.3}$ (ANC) mmol/L	mmol/L $CaCO_3$ (Ca)	mg/L $CaCO_3$	mg/L Ca	mg/L HCO_3^-	°e	°f	°d
$K_{S4.3}(ANC)$ 1mmol/L	1	0.5	50.04	20.04	61.02	3.51	5.00	2.80
1 mmol/L $CaCO_3$ (Ca)	2	1	100.1	40.08	122.0	7.02	10.01	5.61
1 mg/L $CaCO_3$	0.020	0.010	1	0.400	1.22	0.070	0.100	0.056
1 mg/L Ca	0.050	0.025	2.50	1	3.04	0.175	0.250	0.140
1mg/L HCO_3^-	0.016	0.008	0.820	0.328	1	0.058	0.082	0.046
1 °e (イギリス硬度)	0.285	0.142	14.25	5.71	17.38	1	1.43	0.799
1 °f (フランス硬度)	0.200	0.100	10.00	4.00	12.19	0.702	1	0.560
1 °d (ドイツ硬度)	0.357	0.178	17.85	7.15	21.76	1.25	1.78	1

10. 保存条件

パッケージに表示された注意書きをよくお読みください。
 容器に収められた試薬は未開封の状態で、以下の条件を守って保存された場合、パッケージに記載された有効期限まで安定してご使用頂けます (15-25°C)。

11. ご注意

- 試薬のボトルはご使用後直ちに蓋をしてください。
- 試薬CH-2 ボトル(滴定溶液)は、**滴定用ピペットをしっかりと装着し**、パッケージの対応する窪みに平らになるようセットして保管してください。
- 反応容器、プラスチックシリンジの洗浄には、**蒸留水のみ**をご利用ください。
- 幼児の手の届かないところに保管してください。
- 食品から離れたところに保管してください。
- 肌や目に試薬が触れた場合には、直ちに流水で試薬を良く洗い流した後、医療機関に指示を仰いでください。
- 各都道府県の条例に従って試薬、廃液の廃棄を行ってください。

ださい。

- 滴定法において滴定溶液の消費量は測定される物質の濃度に依存しています(ここでは炭酸塩硬度イオン)。試薬ボトル中の指示薬、滴定溶液の量は、12.5 °e を 300 回分析するために十分な量が計算され充填されています。軟水あるいは硬水の場合は以下をご参照ください。

硬度 °e	測定回数	指示薬	滴定溶液
0.25-12.5	300	完全に消費されます	過剰分が残ります
> 12.5	< 300	過剰分が残ります	300 回の分析の適当量ではありません

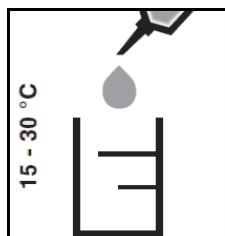


アクアメルク® 炭酸塩硬度テスト (酸容量 pH4.3)

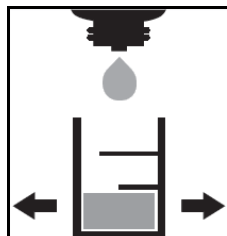
108048

測定範囲	0.2 - 20 °d \triangleq 0.25 - 25°e \triangleq 0.36 - 36°f; ABV/ANC/TAC/K _{S4.3} : 0.1-7.2 mmol/L
滴定目盛	0.2 °d \triangleq 0.25 °e \triangleq 0.36°f; ABV/ANC/TAC/K _{S4.3} : 0.1 mmol/L

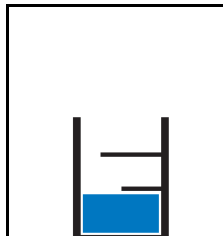
この測定は pH が 4.3 以上のときに測定可能です。



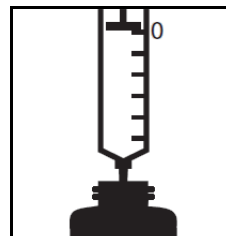
① サンプルをシリンジで正確に5mL 採取する。



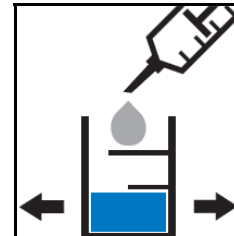
② 試薬CH-1を3滴加え混ぜる。



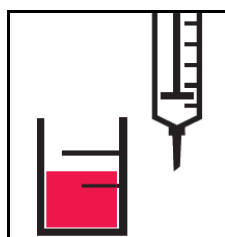
③ 溶液の色は青になります。



④ 滴定ピペットに試薬CH-2を満たす。



⑤ 試薬CH-2を、サンプルを混ぜながら赤色になるまでゆっくり滴下する。



⑥ 滴定ピペットのメモリから°d または mmol/L の値を読み取る。

4.3 < pH < 8.2:

SBV / AVC / TAC / K_{S4.3} = mmol/L HCO₃⁻
(mmol/L HCO₃⁻ x 61.02 = mg/L HCO₃⁻)