

イオンクロマトグラフィーを用いた家庭用洗剤中の酸およびアルカリのイオン種確認方法に関する検討

田原麻衣子[#], 河上強志, 五十嵐良明

Examination of confirmation method for ion species in acidic and alkaline household cleaners by ion chromatography

Maiko Tahara[#], Tsuyoshi Kawakami and Yoshiaki Ikarashi

Amounts of acids such as hydrogen chloride and sulfuric acid, or alkalis such as sodium and potassium hydroxide in liquid cleaners for residential use or household use are restricted as harmful substances by the Act on Control of Household Products Containing Harmful Substances. However, the official analytical method using titration is not able to quantify these substances accurately when present in mixtures with other acids and alkalis that are not designated as harmful substances. Therefore, herein, a novel analytical method based on ion chromatography was proposed for identifying ion species. The proposed method has qualitative ability for the acid and alkali components of 23 targeted cations, anions, and organic acids, although peaks were not completely separated in some cases. The analysis of five commercial detergents by the proposed method showed that acid and alkali components could be easily quantified. Moreover, the analytical results for acidic cleaners confirmed the presence of phosphoric acid in addition to hydrogen chloride, indicating that the currently used titration method could be unreliable. Therefore, the proposed analytical method based on ion chromatography can be utilized as a confirmation method for harmful substances in household cleaners.

Keywords: acid, alkali, household cleaner, ion chromatography, confirmation method

1. はじめに

有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律（以下、家庭用品規制法）¹⁾では、住宅用洗剤に含まれる塩化水素または硫酸の含有量は酸の量として10%以下並びに家庭用洗剤に含まれる水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムの含有量はアルカリの量として5%以下とされており、本基準値を超過すると毒物及び劇物取締法における劇物の扱いとなる^{2,3)}。現行の家庭用品規制法における試験法は、洗剤のpHを酸・塩基中和滴定法によって測定する方法である⁴⁾。この方法では、有害物

質に指定されていない酸またはアルカリが使用されている場合に、有害物質に指定されている塩化水素または硫酸並びに水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムの含有量が基準値内であっても、基準値を超える結果が得られることがある⁵⁾。実際、自治体が実施している家庭用品に含まれる有害物質による健康被害を防止するための試買検査において、家庭用洗剤の基準違反が疑われたが、有害物質に指定されていない酸による誤判定であった事案もある⁶⁾。そのため、以前より洗剤中の酸およびアルカリに対する確認試験が求められており、イオンクロマトグラフィーやキャピラリー電気泳動法等が検討されている⁶⁻¹⁰⁾。しかしながら、それらは数種のイオンを対象としており、より多成分を同時分析できる確認方法は検討されていない。そこで、イオンクロマトグラフィーを用いて複数の陽イオンや無機陰イオンに加え、有機酸が分離、定量可能かを検討した。

[#] To whom correspondence should be addressed;

Maiko Tahara; Division of Environmental Chemistry, National Institute of Health Sciences, 3-25-26, Tonomachi, Kawasaki-ku, Kawasaki, Kanagawa 210-9501, Japan; Tel./Fax: +81-44-270-6550; E-mail: tahara@nihs.go.jp

Table 1 Household-use cleaners investigated in the study

Sample	Ingredients	Property	Use
A	hydrogen chloride (9.5%), surfactant, auxiliary agent	Acid	Toilet cleaner
B	hydrogen chloride 9.5% (w/v), inorganic acid, surfactant	Acid	Residential toilet cleaner
C	hydrogen chloride 9.5% (w/v), inorganic acid, surfactant	Acid	Commercial toilet cleaner
D	sodium hydroxide (2%), hypochlorite, surfactant	Alkali	Drainage port / pipe cleaner
E	surfactant, sodium hydroxide (1.4%), hypochlorite	Alkali	Toilet cleaner

2. 研究方法

2.1 試料

洗浄剤は、小売店やインターネットで購入が可能な酸性3製品A-Cおよびアルカリ性2製品D, Eの計5製品を選定した (Table 1)。Cは業務用と記載されているが、一般消費者も購入可能であるため測定対象とした。

2.2 試薬

0.1 w/v%プロモチモールブルーエタノール (50) 溶液, 0.1 mol/L水酸化ナトリウム溶液, 30%過酸化水素水, 0.1 mol/L塩酸, 陰イオン混合溶液, グリコール酸, DL-リンゴ酸, コハク酸およびクエン酸は富士フィルム和光純薬株式会社製を, メチルオレンジ, モノエタノールアミン, 酢酸, ギ酸およびシュウ酸は和光純薬工業株式会社製を, 陰イオン混合溶液, 陽イオン混合溶液およびスルファミン酸は関東化学株式会社製, L (+) - 乳酸はACROS ORGANICS製を用いた。精製水はミリポア社製超純水製造装置Milli-Q Advantage A10で製造した水を使用した。

30%過酸化水素水は精製水で10倍に希釈して3%過酸化水素水とし, メチルオレンジは0.1 gに精製水を加えて溶かし100 mLとし, それぞれ用事調製して用いた。アルカリ性市販洗浄剤2製品には, 消泡剤としてダウ・東レ株式会社製DOWSIL FS Antifoam AFEを1試料当たり約0.2 gを使用して滴定した。

2.3 滴定法 (現行試験法) ^{4,11)}

酸性の試料は10.0 mLを量り, 精製水を加えて100.0 mLとした。この液10.0 mLを量り, 精製水20 mLを加え, プロモチモールブルー溶液二滴を指示薬として0.1 mol/L水酸化ナトリウム溶液で滴定した。このとき, 滴定に要した0.1 mol/L水酸化ナトリウム溶液の消費量 (mL) に0.1 mol/L水酸化ナトリウム溶液の力価を乗じた数値を, 0.1 mol/L水酸化ナトリウム溶液の消費量の数値 (mL) とした。

アルカリ性の試料は約5 gを精密に量り採り, 50 mLのメスフラスコに入れ, 精製水を加えて正確に50 mLと

した。その10 mLを正確に採り, かき混ぜながら3%過酸化水素水10 mLを滴下した後, 直火で2分間煮沸し, これを試験溶液とした。試験溶液を, メチルオレンジ試薬2滴を指示薬として0.1 mol/L塩酸で滴定した。滴定に要した0.1 mol/L塩酸の消費量をV (mL) とした。別に3%過酸化水素水10 mLを採り, 直火で2分間煮沸した後, 同様に操作したとき滴定に要した0.1 mol/L塩酸の消費量をV₀ (mL) とした。このとき, 次式により計算した試料1 g中の水酸化カリウムまたは水酸化ナトリウムを中和するのに要する0.1 mol/L塩酸消費量を求めた。

式: 試料1 g中の水酸化カリウムまたは水酸化ナトリウムを中和するのに要する0.1 mol/L塩酸消費量 (mL) = (V - V₀) F × 5 × (1 / 試料採取量 (g))

ただし, F: 0.1 mol/L塩酸の力価

2.4 pHメーター

HORIBA社製 pH/ION METER F-72 LAQUAおよびガラス電極, 比較電極, 温度補償電極を一体化した複合電極であるマイクロTouPH電極を用いてpHの測定を行った。

2.5 イオンクロマトグラフィー

2.5.1 測定対象物質

測定対象物質は, リチウムイオン (Li⁺), ナトリウムイオン (Na⁺), アンモニウムイオン (NH₄⁺), カリウムイオン (K⁺), マグネシウムイオン (Mg²⁺), カルシウムイオン (Ca²⁺) の6種のカチオンにモノエタノールアミン (MEA) を加えた7種の陽イオン, 並びにフッ素イオン (F⁻), 塩化物イオン (Cl⁻), 臭化物イオン (Br⁻), 亜硝酸イオン (NO₂⁻), 硝酸イオン (NO₃⁻), 硫酸イオン (SO₄²⁻), リン酸イオン (PO₄²⁻) の7種のアニオンに乳酸 (Lac), グリコール酸 (Gly), 酢酸 (AA), スルファミン酸 (Sul), ギ酸 (For), リンゴ酸 (Mal), コハク酸 (Suc), シュウ酸 (Oxa), クエン酸 (Cit) の9種の有機酸を加えた16種の陰イオンの計23種とした。

2.5.2 測定

試料を精製水で正確に20,000倍に希釈し、ポアサイズ0.20 μm のメンブランフィルター (ADVANTEC社製 DISMIC-13HP, 以下DISMIC) でろ過もしくはポリジビニルベンゼンを充填した固相カートリッジ (Dionex社製 OnGuard II RP, 以下OnGuard) で抽出したものを測定試料とした。

装置にはThermo Scientific社製のAS-AP, 電気伝導度検出のイオンクロマトグラフIntegrion RFICおよびICS-2100, UV検出器VWD-ICを用いた。分離カラムはDionex社製IonPac CS12AおよびAS19 (いずれも $4 \times 250 \text{ mm}$), ガードカラムはDionex社製IonPac CG12AおよびAG19 (いずれも $4 \times 50 \text{ mm}$), 希薄電解質溶液として陽イオン分析にはEGC500 MSA, 陰イオン分析にはEGC III KOH カートリッジ (いずれもDionex社製) を用いた。

3. 結果および考察

3.1 滴定法 (現行試験法) による測定

市販洗剤5製品について、酸・塩基中和滴定法によるpHの測定を行った。現行試験法の基準では中和に要する酸・塩基消費量を、酸性洗剤は30 mL以下、アルカリ性洗剤は13 mL以下としているが²⁾、酸性市販洗剤のBおよびCについては42 mLとなり基準に適合していないと判定された (Table 2)。ただし、製品BおよびCのいずれの成分表示にも酸として使用しているのは塩酸でその含有量は9.5%と表示されており、規制対象の酸を限度付近まで加えた上に、さらに洗浄効果を期待して規制対象外の酸を添加している可能性が考えられた。このように、現在でも市場流通品において、現行の滴定によるアルカリの消費量では、家庭用品規制法に適合しているかどうかを判定できない場合があることを確認した。

また、アルカリ性洗剤の滴定法の工程では、試料に3%過酸化水素水を滴下した後、直火で2分煮沸したもの

を試験溶液とする。しかし、本法で対象とした製品DおよびEは煮沸時に含有する界面活性剤の影響と考えられる気泡が生じ、そのままでは滴定を実施することができなかったため、消泡剤を使用して滴定を行った。その結果、酸の消費量はそれぞれ12.4 mLおよび8.6 mLと基準の13 mL以下であった。ただし、現行試験法には消泡剤の使用は記載されておらず²⁾、消泡剤の添加が酸消費量に及ぼす影響も不明である。界面活性剤を含有する製品は多く、消泡剤の添加は有効と考えられるが、消泡剤添加による酸消費量への影響等についてさらに検討する必要がある。

3.2 pHメーターによる測定

pHメーターによる測定の結果、酸性3製品のpHは、-0.40, -0.38, -0.36とすべてマイナス値を示し、アルカリ性2製品は13.11, 13.01であった (Table 2)。pHの定義は、 $\text{pH} = -\log [\text{水素イオン濃度 (mol/L)}]$ であるので、水素イオン濃度が2.3~2.5 mol/Lであれば、pHは-0.36~-0.40を示すことがある。また、pHメーターに一般的に用いられているガラス電極は、強酸および強アルカリ性溶液を測定すると発生起電力がpHに比例せず、直線性が成り立たない。これを酸誤差およびアルカリ誤差と呼び、ガラス膜の組成によってその誤差が異なるばかりでなく、被検液の中に存在する陽イオンの種類と濃度によっても著しく異なる¹²⁻¹⁴⁾。酸では塩酸が、アルカリではナトリウムイオンやリチウムイオンが存在する場合は特に大きな誤差を持ち、これらのイオンの濃度が増すほど増大する性質がある。これらのことから、pHメーターでは、強酸および強アルカリ性であるほど正確に測定できないため、pHメーターによる測定は参考にはなるが、酸およびアルカリ量の違反判定には適していないと考えられた。

3.3 イオンクロマトグラフィーによる測定

イオンクロマトグラフィーはイオン交換カラムと希薄電解質溶液を用いてイオン性を有する成分を分離する。本法では、カラムのイオン交換基と反対の電荷を持つイオン種を分離モードとする。カラムの担体にはジビニルベンゼン・エチルビニルベンゼン共重合体を、陽イオン分析の希薄電解質溶液にはメタンスルホン酸を、陰イオン分析には水酸化カリウムを用い、検出器は電気伝導度検出器を用いて、7種の陽イオンおよび16種の陰イオンの分離条件をそれぞれ検討した。

陽イオン分析においては、メタンスルホン酸の濃度を20, 15, 10, 5 mmol/Lとして、それぞれアイソクラティックによる分離を行った結果、20 mmol/Lおよび15 mmol/Lでは、最後に溶出する Ca^{2+} の保持時間がそれぞれ11.5 minおよび18.9 minと短時間での分析が可能で

Table 2 Results of titration measurement and pH of the household-use cleaners

	Titration (n=3)				pH meter
	NaOH or HCl consumption volume (mL)				
	1	2	3	Average	
A	27.7	27.7	27.7	27.7	-0.40
B	42.1	42.2	42.3	42.2	-0.36
C	42.2	42.4	42.4	42.3	-0.38
D	12.7	12.9	12.4	12.6	13.11
E	8.7	8.5	8.6	8.6	13.01

あったが、 NH_4^+ とMEAが共溶出して分離しなかった。10 mmol/Lおよび5 mmol/Lでは、 NH_4^+ とMEAのピークの間隔はそれぞれ0.50および0.70と多少改善したが、 Ca^{2+} の溶出が40.4 minおよび90 min以降と測定時間が長くなるため、グラジエント分析を検討した。 NH_4^+ とMEAのピークの間隔が0.91となった3 mmol/Lを初期濃度とし、溶離液のグラジエント条件を検討した結果、Table 3に示す条件において NH_4^+ とMEA以外のピークの間隔が1.5以上となり最適であった。最適条件により得られたクロマトグラムをFig. 1 (a)に示す。MEAは解離定数が低く、水溶液中では NH_4^+ と似た性質を持つ陽イオンとして存在するため NH_4^+ とMEAの完全な分離が難しいが、ピークトップは分離しており、定性分析は可能と考えられた。

陰イオン分析において、アイソクラティックによる溶離では多数のピーク (Lac・Gly・AA, Sul・For,

Mal・Suc・Oxa) が分離しなかったため、グラジエント分析を検討した。水酸化カリウムの初期濃度を15, 10, 5, 3, 1 mmol/Lとした結果、3 mmol/LでLac・Glyのピークの間隔が0.78, Gly・AAのピークが0.74と最も分離した。これを初期濃度とし、溶離液のグラジエント条件を検討した結果、Table 3に示す条件が最適となった。クロマトグラムをFig. 1 (b)に示す。

本研究により、測定対象とした陽イオン7種、陰イオンおよび有機酸の16種がそれぞれ同時分析可能となった。ただし、 NH_4^+ とMEA, LacとGly, GlyとAA, SulとFor, SucとOxaについては、完全にはピークが分離しないため、定性分析は可能であるが、各組合せのイオン種の酸およびアルカリが同時に使用された場合の定量は難しいと考えられた。

測定対象の標準溶液を段階的に希釈し、絶対検量線を作成した (Fig. 2 および Fig. 3)。いずれのイオン種で

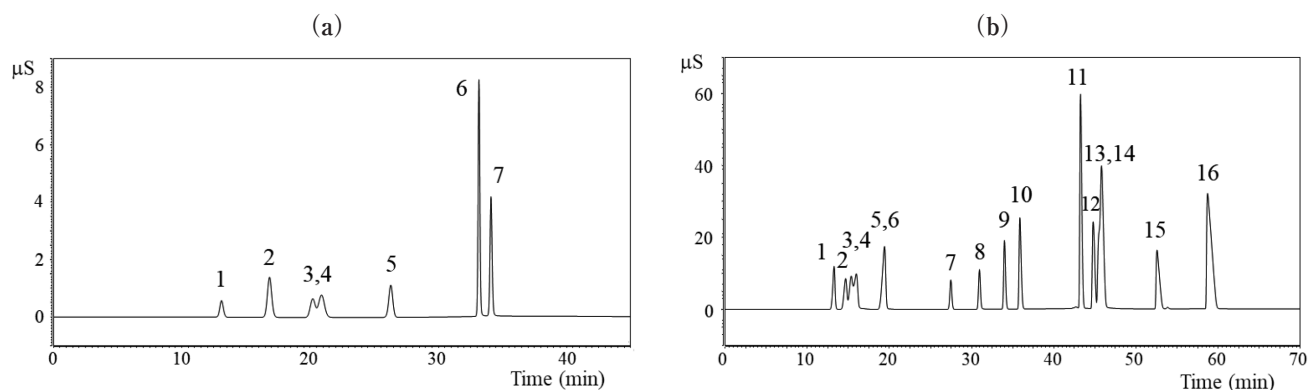


Fig. 1 Representative chromatograms under optimum conditions (The concentration of each standard in parentheses)
 (a) Cations [Peak 1: Li^+ (0.25 mg/L), 2: Na^+ (1), 3: NH_4^+ (1), 4: MEA (5), 5: K^+ (2.5), 6: Mg^{2+} (2.5), 7: Ca^{2+} (2.5)]
 (b) Anions [Peak 1: F^- (2), 2: Lac (10), 3: Gly (10), 4: AA (20), 5: Sul (10), 6: For (10), 7: Cl^- (2), 8: NO_2^- (10), 9: Br^- (10), 10: NO_3^- (10), 11: SO_4^{2-} (10), 12: Mal (30), 13: Suc (50), 14: Oxa (25), 15: PO_4^{2-} (20), 16: Cit (100)]

Table 3 Optimal analytical conditions

	Cation	Anion
Instrument	Integrion RFIC	ICS-2100, VWD-IC
Injection volume	25 μL	100 μL
Eluent	Methanesulfonic acid 3 mM (0-23 min), 3-30 mM (23-30 min), 30 mM (30-40 min)	Potassium hydroxide 3 mM (0-21 min), 3-40 mM (21-50 min), 40-45 mM (50-55 min), 45 mM (55-70 min)
Flow rate	1 mL/min	1 mL/min
Analytical column	IonPac CS12A, 4 \times 250 mm	IonPac AS19, 4 \times 250 mm
Guard column	IonPac CG12A, 4 \times 50 mm	IonPac AG19, 4 \times 50 mm
Column temperature	35°C	35°C
Detection	Suppressed conductivity	Suppressed conductivity, UV 210 nm
Cell temperature	35°C	35°C

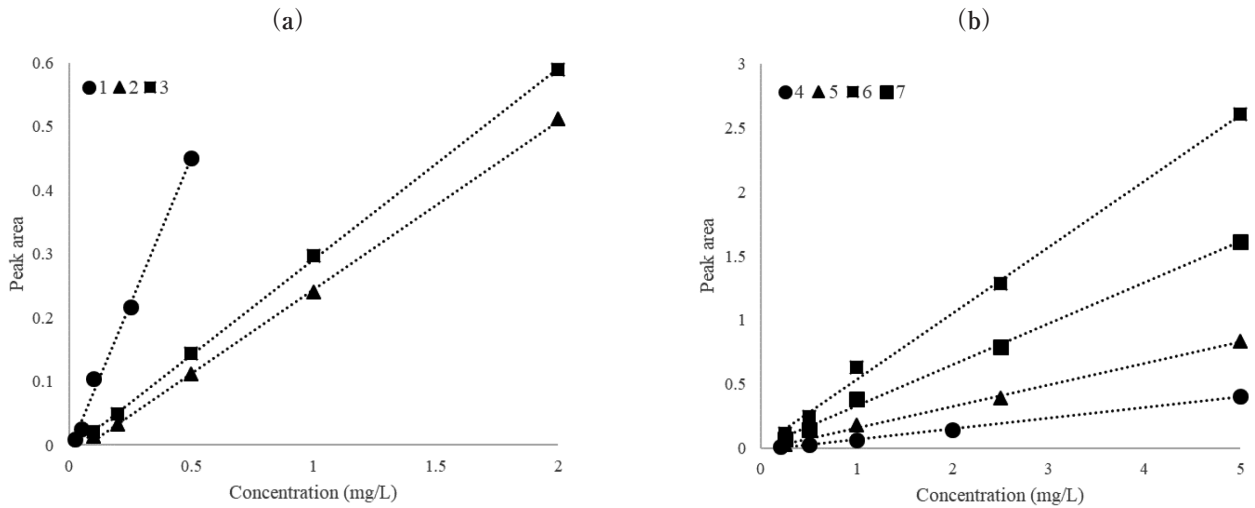


Fig. 2 Calibration curves of each cation
 (a) 1: Li⁺, 2: Na⁺, 3: NH₄⁺, (b) 4: MEA, 5: K⁺, 6: Mg²⁺, 7: Ca²⁺

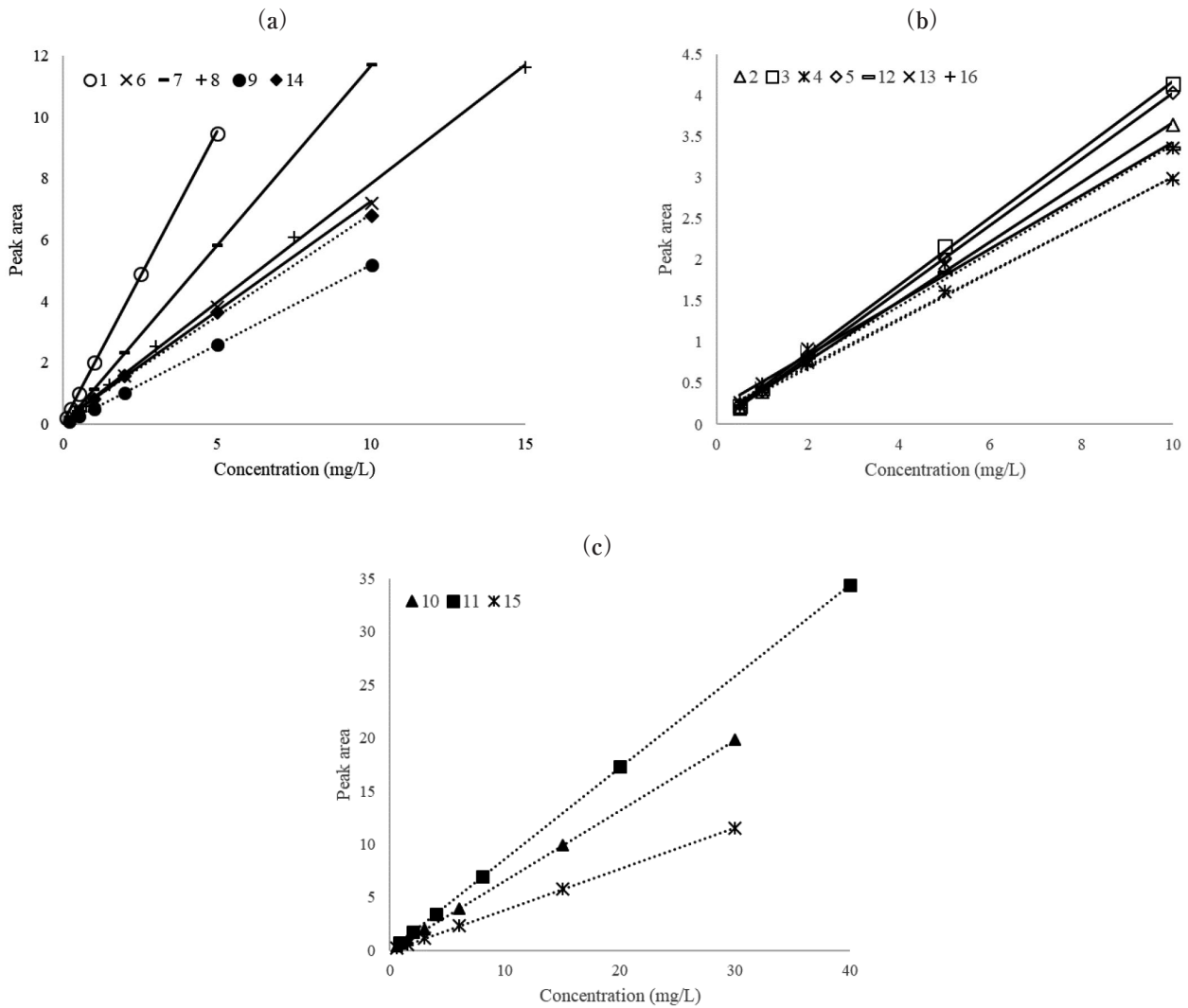


Fig. 3 Calibration curves of each anion (1-8: solid line, 9-16: dotted line)

(a) 1: F⁻, 6: For, 7: Cl⁻, 8: NO₂⁻, 9: Br⁻, 14: Oxa, (b) 2: Lac, 3: Gly, 4: AA, 5: Sul, 12: Mal, 13: Suc, 16: Cit,
 (c) 10: NO₃⁻, 11: SO₄²⁻, 15: PO₄²⁻

も相関係数0.997以上の良好な直線性が得られた。各測定対象の検量線の一番下の濃度における5回測定の相対標準偏差 (Relative standard deviation, RSD) はすべて2.5%以下であった。検出下限値 (Limit of detection, LOD) および定量下限値 (Limit of quantification, LOQ) については、検量線の一番下の濃度を5回分析した際の標準偏差の3倍および10倍とした。その結果、LODは0.25~21 µg/L, LOQは0.84~69 µg/Lであった。各測定対象の検量線範囲、相関係数、RSD、LOD、LOQについてはTable 4に示す。

また、NO₂⁻、Br⁻、NO₃⁻の3種は紫外領域に吸収を有しており、紫外吸光度検出器で測定可能である。そこで、陰イオン測定を行ったところ、NO₂⁻、Br⁻、NO₃⁻の3種は妨害も認められず良好に分離し、電気伝導度より紫外吸光度の方が5倍以上感度よく検出された (データ未掲載)。NO₂⁻、Br⁻、NO₃⁻の3種については、電気伝導度で十分な感度が得られない場合は、紫

外吸光度による検出が有用と考えられた。

3.4 イオンクロマトグラフィーによる市販洗浄剤の測定

市販洗浄剤には、カラムやサプレッサー等を劣化させる成分や測定対象の分離や検出に影響する妨害成分が含まれる可能性があるため、試料の前処理としてDISMICによるろ過、もしくはOnGuardによる固相抽出を行った。空試験の結果、DISMICでは測定対象の定量に影響する大きなピークは見られなかったが、OnGuardでは16.8 minに夾雑ピークが見られ、Na⁺の定量に影響を及ぼすため、定量にはDISMICのろ過による前処理を用いた (データ未掲載)。

精製水に標準物質を低濃度と高濃度 (低濃度の5倍量) の2濃度で添加した試料について、DISMICを用いた際の添加回収試験を行った。その結果、低濃度試料は調製濃度の96.5~117%、高濃度試料は99.2~102%となり、すべてのイオン種はいずれの濃度でも良好な回収率

Table 4 Performance of the proposed method

Peak		Range (mg/L)	Correlation coefficient	RSD (% , n=5)	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)
1	Li ⁺	0.025-0.5	0.998	0.79	0.25	0.84
2	Na ⁺	0.1- 2	1.000	0.80	0.34	1.1
3	NH ₄ ⁺	0.1- 2	1.000	0.70	0.45	1.5
4	MEA	0.2- 5	0.999	0.57	1.3	4.3
5	K ⁺	0.25- 5	0.999	0.57	0.44	1.5
6	Mg ²⁺	0.25- 5	0.999	0.75	0.62	2.1
7	Ca ²⁺	0.25- 5	0.999	0.40	1.5	4.9
1	F ⁻	0.1- 5	1.000	0.44	3.4	11
2	Lac	0.5-10	1.000	0.52	3.0	9.9
3	Gly	0.5-10	1.000	2.5	16	52
4	AA	0.5-10	0.997	0.93	7.2	24
5	Sul	0.5-10	1.000	0.50	3.0	9.8
6	For	0.5-10	1.000	0.35	4.0	13
7	Cl ⁻	0.2-10	1.000	1.5	13	45
8	NO ₂ ⁻	0.3-15	1.000	0.12	1.2	4.0
9	Br ⁻	0.2-10	1.000	0.38	1.5	4.8
10	NO ₃ ⁻	0.6-30	1.000	1.2	18	60
11	SO ₄ ²⁻	0.8-40	1.000	0.52	14	45
12	Mal	0.5-10	0.999	0.66	4.4	15
13	Suc	0.5-10	0.999	1.8	12	40
14	Oxa	0.5-10	0.999	1.7	21	69
15	PO ₄ ²⁻	0.6-30	1.000	0.61	5.4	18
16	Cit	0.5-10	0.999	0.66	3.9	13

Table 5 Recovery of ion species from water (n=5)

Peak		Low		High	
		Concentration (mg/L)	Recovery (%)	Concentration (mg/L)	Recovery (%)
1	Li ⁺	0.05	99.6	0.25	101
2	Na ⁺	0.2	102	1	100
3	NH ₄ ⁺	0.2	100	1	100
4	MEA	1	100	5	100
5	K ⁺	0.5	99.7	2.5	99.2
6	Mg ²⁺	0.5	100	2.5	99.2
7	Ca ²⁺	0.5	101	2.5	99.9
1	F ⁻	0.5	100	2.5	100
2	Lac	1	101	5	100
3	Gly	1	99.6	5	100
4	AA	1	102	5	100
5	Sul	1	117	5	102
6	For	1	101	5	100
7	Cl ⁻	1	103	5	100
8	NO ₂ ⁻	1.5	100	7.5	99.7
9	Br ⁻	1	99.9	5	100
10	NO ₃ ⁻	3	102	15	100
11	SO ₄ ²⁻	4	96.5	20	99.2
12	Mal	1	99.6	5	99.6
13	Suc	1	99.4	5	99.9
14	Oxa	1	99.9	5	99.7
15	PO ₄ ²⁻	3	104	15	100
16	Cit	1	98.5	5	99.5

が得られ、ろ過フィルターへの吸着ロスなく定量できることがわかった (Table 5)。

本法による市販洗剤 5 製品の定量の結果、全て製品で Cl⁻ が、製品 A, D, E で Na⁺ が、製品 B および C で PO₄²⁻ が検出された (Table 6 および Fig. 4)。現行の滴定法で適合しなかった製品 B および C については、塩酸の使用量は 9.3% および 9.4% と違反ではなかったが、リン酸を 9.7% 併用していたため、違反の誤判定となり得る製品であった。

本法は製品のマトリックスの影響を受けることなく、製品を希釈するのみで簡便に定量可能であった。

4. まとめ

住宅用洗剤および家庭用洗剤中の有害物質に指定されている塩化水素または硫酸並びに水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムに対して、現行の家庭用品規制法

Table 6 Concentration of ion species in household-use cleaners determined by the proposed method

Sample	Na ⁺	Cl ⁻	PO ₄ ²⁻
A	1.1	12	ND
B	ND	9.3	9.7
C	ND	9.4	9.7
D	2.6	1.5	ND
E	3.9	3.3	ND

Unit: w/v %, ND: Not detected

の滴定法や pH メーターによる測定では、有害物質に指定されていない酸またはアルカリが使用されている場合に、塩化水素または硫酸並びに水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムの含有量が基準値内であっても、基準値

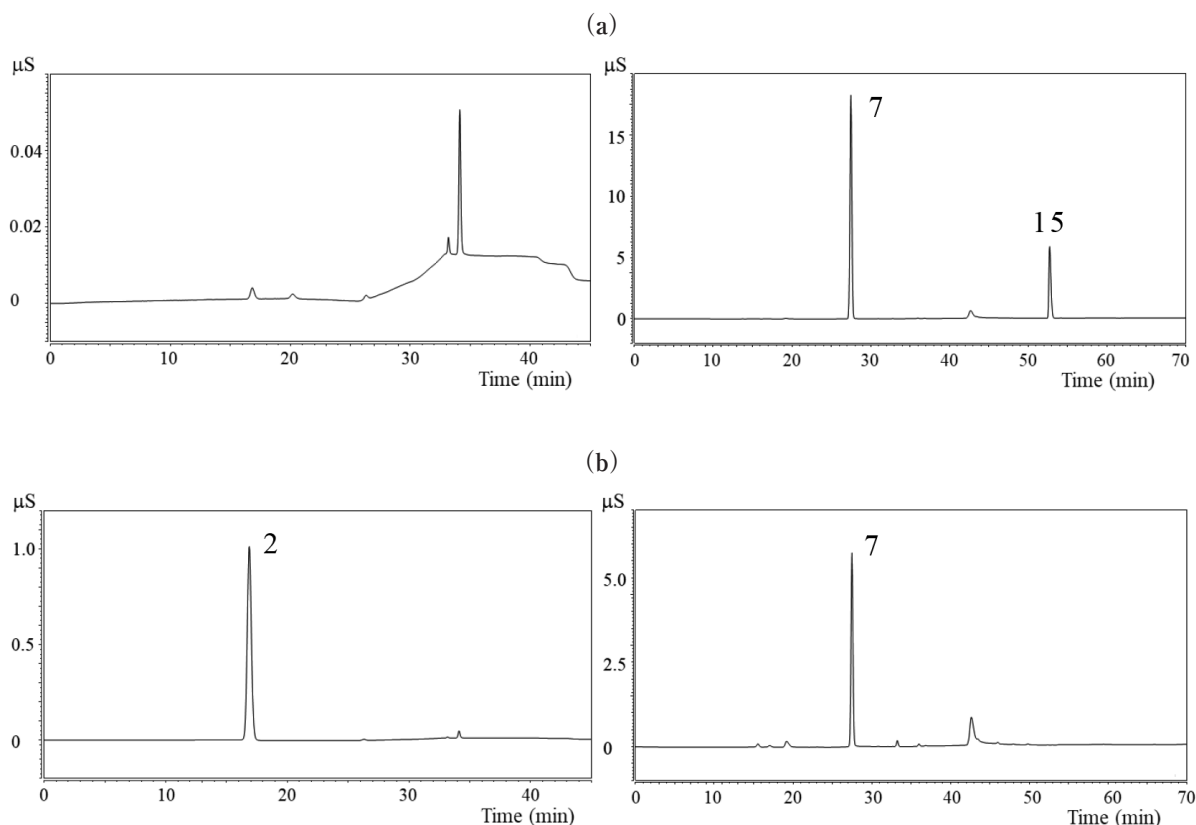


Fig. 4 Chromatograms of (a) product B and (b) product E

Left figure: cations, light figure: anions

を超える結果が得られることがあり、違反判定が困難なものがあることがわかった。本研究で検討したイオンクロマトグラフィーを用いた分析法は、陽イオン7種、陰イオンおよび有機酸16種の計23種を簡便に分離、定量可能であり、確認方法として有用であった。今後、家庭用品規制法における酸およびアルカリの基準値および試験法の改正を検討するための資料とすることができた。

謝辞

本研究は厚生労働行政推進調査事業費補助金（化学物質リスク研究事業）「家庭用品中有害物質の試験法及び基準に関する研究」（H29-化学-指定-002）により行われた。

文献

- 1) 昭和四十八年法律第百十二号：有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律。
- 2) 昭和二十五年法律第三百三号：毒物及び劇物取締法第二条（定義）別表第二。
- 3) 昭和四十年政令第二号：毒物及び劇物指定令 第二条（劇物）（令和二年官報号外第百二十六号による改正）
- 4) 昭和四十九年厚生省令第三十四号：有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律施行規則別表第1（第1条関係）（令和元年厚生労働省令第二十号による改正）。
- 5) 厚生省環境衛生局 家庭用品安全対策研究会：保健衛生安全基準 家庭用品規制関係実務便覧第一法規出版 1975; 3511.
- 6) 大嶋智子, 萩原拓幸：第38回全国衛生化学技術協議会年会講演集 2001; 192-3.
- 7) 佐藤洋子, 矢沢篤子, 北爪稔：第23回全国衛生化学技術協議会年会講演集 1986; 152-3.
- 8) 大嶋智子：生活衛生 2007; 51: 11-8. doi: 10.11468/seikatsueisei.51.11
- 9) 伊佐間和郎, 鹿庭正昭, 土屋利江：国立医薬品食品衛生研究所報告 2008; 126: 71-5.
- 10) 西條雅明, 長谷川貴志, 高橋和長, 吹譯友秀, 元木裕二：千葉県衛研報告 2012; 61: 56-63.
- 11) 昭和四十七年厚生省第二十七号：家庭用品に含まれる劇物の定量方法及び容器又は被包の試験方法を定める省令 別表第一。
- 12) 岡田辰三, 西朋太, 高橋寛：工業化学雑誌 1958; 61: 931-5.
- 13) 菊池実：計測 1961; 11: 670-672.
- 14) 西尾友志：BUNSEKI KAGAKU 2020; 69: 385-397. doi: 10.2116/bunsekikagaku.69.385