

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	駒津 順子		
学位の種類	博士（環境学）		
学位記番号	環情博甲第2250号		
学位授与年月日	令和3年9月17日		
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び 横浜国立大学学位規則第5条第1項 （論博の場合は第2項）		
学府・専攻名	環境情報学府 人工環境専攻		
学位論文題目	洗浄における「酸・塩基中和説」に関する消費者情報の分析		
論文審査委員	主査	横浜国立大学 教授	大矢 勝
		横浜国立大学 教授	松本 真哉
		横浜国立大学 准教授	松宮 正彦
		横浜国立大学 教授	中井 里史
		横浜国立大学 教授	亀屋 隆志

論文及び審査結果の要旨

洗浄における「酸・塩基（アルカリ）中和説」とは、油汚れやタンパク質汚れを酸性汚れ、水垢や鉄さび等をアルカリ性汚れと本論文で定義し、酸性汚れはアルカリで中和、アルカリ性汚れは酸で中和して除去できるとする説であるが、科学的には問題を含んでいる。家庭において酸・塩基を用いた洗浄は、日本では古くは大正期には活用されているが、近年は汚れ除去のメカニズムに関心が高まり、酸・塩基中和説とし消費者情報において大きな影響力を有している。一般に洗浄といえば、界面活性剤の働きによる汚れを固まりの状態を引き剥がす分離型洗浄が主に用いられ、家庭洗浄における研究事例も多くみられる。一方で溶解型の洗浄である酸塩基洗浄は、産業分野に比べ家庭洗浄の研究事例は少ない。酸・塩基中和説で取り上げられる水垢のクエン酸洗浄は、安全で環境負荷の少ない有機酸洗浄だが、カルシウム系汚れに対し注意を要する挙動を示し課題がみられる。消費者情報の中でも洗浄など理化学系の情報は、一般消費者に受け入れられやすく社会的影響力が大きい一方で、誤情報でも拡散する脆弱さがある。消費者の自立支援が求められる消費者基本法の理念から、消費者が合理的に情報収集し、事業者の意見も尊重した行動をとる根拠として、消費者情報の科学的な正確さは重視されなければならない。酸塩基洗浄の実践と理論の学びの場としての学校教育では、現状では実践が小学校、理論は段階的に小学校から中学・高等学校までと学習段階が一致していない。そのため、実践と理論を結びつけ、洗浄として体系化された消費者情報は有効な情報源である。そこで本研究では、科学的に課題を含む酸・塩基中和説の消費者情報を分析し誤情報の拡散経緯を解明し、実験的に検証した。さらに酸・塩基中和説の問題点を整理し、修正のための理論構築を目指した。

第1章では、緒言として研究背景、研究目的および本論文構成について述べた。第2章では、科学的に課題を含む酸・塩基中和説について、酸塩基洗浄に関し消費者が求める情報を明らかにするために、Googleのサイトから消費者情報を収集・分析し、誤情報の拡散経緯を考察した。酸・塩基中和説の関連情報を分析した結果、酸塩基洗浄の理論について説明しているものは、すべて酸・塩基中和説を支持していることが確認された。中和による除去の具体的記述は、「酸性汚れはアルカリで中和して除去される」「アルカリ性汚れは酸で中和して除去される」などと掲載されていた。また、酸性汚れ・アルカリ性汚れに分類する方法に問題があることが確認できた。具体的には、「汚れは酸性汚れとアルカリ性汚れがある」と汚れを液性で分類していた。汚れの分類では、汚れの具体例をあげ液性に分類する「油汚れ、タンパク質汚れなどは酸性汚れ」「水垢汚れ、尿石、さび汚れはアルカリ性汚れ」などの記述もみられた。洗浄における酸・塩基中和説の大部分は、油脂を酸性であるとする前提を元に展開されており、その理由の説明はみられなかった。「汚れは酸性とアルカリ性」とする記述から「酸化と酸」に繋がる情報源をたどっていくと、企業広告のWeb情報について、油脂は酸化するので酸性の汚れであるとの誤解が読み取れる内容を確認した。重曹の効能について「弱アルカリ性なので空気に触れて酸化したしつこい油汚れに効果的」との記述から、「酸化」を酸になる・酸性になると考えたことが誤解の背景として読み取れた。酸化と酸に繋がるこの元情報から、広告の趣旨である酸廃液をアルカリで中和するシステムについて、工場等の排水のpH調整による浄化と、日常生活における洗浄を混同したことが、中和を洗浄に結びつける要因となった可能性が推定された。

第3章では、消費者情報で関心が高いが家庭の酸塩基洗浄において不溶性の沈殿物を生成する問題点を含む、クエン酸を用いカルシウムを含む金属汚れの酸洗浄について実験的に検証し、洗浄のメカニズムについて考察した。クエン酸の洗浄利用に関する消費者情報は、Googleのサイトか

ら収集・分析した。実験は、有機酸によるカルシウムの溶解性試験およびクエン酸とカルシウムの反応試験、カルシウムと他元素を含む汚染布と洗浄試験を行った。クエン酸とカルシウムの反応試験により生成されたカルシウム塩の解析は、溶液の pH 測定、XRF による溶液残存および沈殿中のカルシウム定量、及び HPLC によるクエン酸を定量した。クエン酸の洗浄利用に関する消費者情報の分析では、クエン酸使用によるカルシウムとの反応に関する注意事項として、適切な処理時間や処理後のすすぎに関する記載がみられなかった。有機酸の炭酸カルシウムによる除去能力を検証する炭酸カルシウムの溶解実験により、クエン酸の洗浄力は塩酸や酢酸と同様に高いが、クエン酸は時間が経過すると大量の沈殿を生成することがわかった。クエン酸によるカルシウム系汚れの洗浄では、洗浄直後の溶解性は優れるが長時間のつけ置きは避ける必要がある。また、クエン酸洗浄における除去性能低下要因を検証するために、時間経過により生成されたカルシウム塩の組成変化を解析した。反応開始から 3 時間までの初期には、生成された塩の沈殿物中では、クエン酸濃度は低いが、カルシウム濃度は塩の増加に伴い増加した。その後 pH が大きく上昇する 10~12 時間後の沈殿物では、クエン酸濃度が上昇しカルシウムとクエン酸の比率が 1:1 に近づいた。これらの変化より、沈殿の生成は炭酸カルシウムの再結晶化から始まり、12 時間後から炭酸とクエン酸の置換に進むことが分かった。すなわち pH が上昇する変化に伴い、クエン酸のイオン種が変化し、初期に生成された塩中の CO_3^{2-} が、pH が高いクエン酸のイオン種である Cit^3- (クエン酸イオン) へ置き換わるイオン交換反応により、 Ca_3Cit_2 (クエン酸カルシウム) が生成され新たな塩として沈殿したと考えられる。さらに、洗浄試験よりカルシウムは、炭酸塩よりもケイ酸塩や硫酸塩の方が除去は困難であることも明らかになった。これらのカルシウムの有機酸による溶解性およびクエン酸とカルシウムの反応試験から、炭酸カルシウムは酸性度がかなり高い状態によって溶解し、酸剤の種類によって複雑な挙動を示すことから、炭酸カルシウムのクエン酸による洗浄のメカニズムは、消費者情報でいわれる酸・塩基中和説に変わり、ルシャトリエの原理の適応が有効だと考えられる。その反応は、水中に酸洗浄剤により H^+ イオンが過剰になると、それを減少させようと推進力が働き、汚れ成分である炭酸カルシウム中の CO_3^{2-} と結びつき H_2CO_3 を生成することである。加えて、作用させる酸の陰イオンと炭酸カルシウムの Ca^{2+} により生成するイオン結晶が水不溶性であれば、カルシウムスケールの表面が不溶となり、反応が進まなくなるため洗浄が出来ない。よって、酸洗浄のメカニズムは、 H^+ イオン濃度を状態変数とするルシャトリエの原理と、イオン結合力のバランスで解釈できることがわかった。

第 4 章では酸・塩基中和説に関する消費者情報の分析と実験的検証に基づき、酸・塩基中和説の科学的問題点を整理し、酸・塩基中和説にかかわる酸塩基洗浄の修正ロジックを考察した。洗浄に関する酸・塩基中和説の問題点や拡散経路の考察から、以下の課題が抽出された。中和の定義に関する辞書類の情報整理から、中和には等量の酸と塩基が塩をつくる化学的定義や、異なる性質のものが混ざるという一般用語としての定義が説明されていた。酸・塩基中和説での「中和」は異なる性質のものが融合する広義の意味で用いられ、狭義の科学的な「中和」であるとの誤解を招き、その使い分けが混同されている可能性が高い。酸、酸性、塩基、塩基性、アルカリ、アルカリ性等の用語は一般的によく使用されているが厳密な定義は難しく、混乱しやすい面がある。洗浄分野の酸・塩基の定義は、アレニウスの定義およびブレンステッド・ローリーの塩基の H^+ を受け取る物質という用法となる。ルイスの定義の酸性・塩基性は液性と異なる用語で、洗浄分野の酸・塩基とは異なるものという認識が必要である。水溶液の性質を pH で表す液性に関する用語である酸性・アルカリ性は、水に溶解した際に水溶液がそれぞれ、酸性になる汚れが酸性汚れ、アルカリ性になる汚れがアルカリ性汚れとすべきものである。水溶解性に乏しい油脂や水垢を液性で表すことは、洗浄のメカニズムに関する誤解の元である。また酸と酸化の違いが認識されず、酸化を酸性になることと誤解するケースがあり、結果として化学的に間違った説を派生したという可能性がある。油脂が空気中の酸素で酸化するので酸性だという誤解から、油脂汚れが酸性汚れと説明された可能性が高い。以上のことから酸・塩基中和説が生じた背景が推定された。酸・塩基中和説に変えての新たな説明パターンは、①有機物汚れはアルカリ性洗浄剤、②無機物汚れは酸性洗浄剤と提案した。

以上により本研究では、洗浄に関する酸・塩基中和説の消費者情報の分析より、酸性汚れ・アルカリ性汚れに分類する方法に問題のあること、過度の酸性化やアルカリ化を中和と表現する、酸と酸化の混同などの問題が確認でき、元情報を探り酸・塩基中和説が生じた背景が推定された。クエン酸によるカルシウム塩の溶解実験により、中和では説明できない現象について、酸の H^+ に関するルシャトリエの原理による反応で解釈できることがわかり、酸・塩基中和説に対するロジックが構築できた。

以上の成果は消費者教育における環境・安全に関わる情報環境の整備に大きく貢献するものであり、本論文は博士(環境学)の学位として十分に価値あるものと認められ、合格と判定した。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。