

各種電解水処理による卵白アレルギー除去効果

鋤柄悦子¹、渡辺香織^{1*}、山口由貴¹、高見澤一裕^{1,2}¹愛知文教女子短期大学生活文化学科、²岐阜大学名誉教授

(2023年10月10日受付、2023年12月13日受理)

要旨： ステンレス製ワゴンの天板上に作製した卵白アレルギーモデルを用いて、各種試験水（蒸留水、強酸性次亜塩素酸水、微酸性次亜塩素酸水および強アルカリ性電解水）による除去効果を試験した。卵白アレルギーモデル天板に試験水 20mL を均一に広げ、3 分間静置（浸漬処理）後、ペーパータオルで全量を拭き取り、イムノクロマト法で卵白アレルギーの陰性化をチェックした。その結果、蒸留水と強アルカリ性電解水の処理では明瞭な残留が認められたが、次亜塩素酸水の場合は有効塩素濃度に応じて残留が少なくなることが認められた。その後、蒸留水を含ませた布巾で拭き取る作業を行って卵白アレルギーが陰性になるまでに、蒸留水処理では約 8 回必要だったが、次亜塩素酸水および強アルカリ性電解水で処理した場合は大幅に少ない拭き取り回数で済むことが認められた。これらの結果は、作業者の経験やスキルに関係なく再現性が認められた。以上のことから、卵白アレルギー除去のために電解水（次亜塩素酸水や強アルカリ性電解水）は効果的であることが明らかとなった。

キーワード： 強酸性次亜塩素酸水、微酸性次亜塩素酸水、強アルカリ性電解水、卵白アレルギー除去、イムノクロマト法

1. 緒言

学校や保育所では、食物アレルギーをもつ児童生徒の増加¹⁾により、様々な対応が現場に求められている。特に配慮や管理が求められる給食についての基本的な考え方は、アレルギー混入のない安全性の高い給食提供である。学校・幼稚園については「学校給食における食物アレルギー対応指針」²⁾ および「学校のアレルギー疾患に対する取組ガイドライン」³⁾、保育所等は「保育所におけるアレルギー対応ガイドライン」⁴⁾ が示されている。いずれのガイドラインにおいても、アレルギーの混入（コンタミネーション）防止対策として、アレルギー専用調理室や専用調理コーナー、スペースの確保および調理機器・器具等の整備、必要な人員の配置等が求められている。しかし、これを満足するには多額な資金と人員が必要となる。専用室がない場合には、作業区

域としては区分されたスペースを設置することが望ましい^{2~4)}とされているが、大量調理施設衛生管理マニュアル⁵⁾や調理場における洗浄・消毒マニュアル⁶⁾にはアレルギー除去について記載がない。

食物アレルギー対応食を調理する給食調理現場における、残留アレルギーの効率的な除去方法はまだ確立していない。こうした状況から、アレルギーの混入を回避あるいは除去して安全な給食提供を調理現場において実現するために、簡便で確実なアレルギー除去方法の開発が求められている。

筆者らはこれまでにスチーム洗浄器を用いたアレルギー除去について検討⁷⁾した後、強酸性次亜塩素酸水の強力な酸化作用に着目し、卵白アレルギーとの反応性およびステンレス皿を使用した拭き取りモデルによる実験を行い、強酸性次亜塩素酸水による卵白アレルギー除去の有効性⁸⁾を見出した。本

* 連絡先：watanabe@abc.ai-bunkyo.ac.jp

研究ではステンレス製ワゴンの天板を大量調理施設の調理台に見立て、有効塩素濃度の異なる強酸性次亜塩素酸水、微酸性次亜塩素酸水および強アルカリ性電解水の各々を用いて卵白アレルギーの処理・拭き取り実験を行った。

2. 実験材料と方法

2.1. 試験水

蒸留水および各種電解水（強酸性および微酸性の次亜塩素酸水と強アルカリ性電解水）を試験水として用いた。

強酸性次亜塩素酸水および強アルカリ性電解水は「WOX-40A」（ホシザキ株式会社）、微酸性次亜塩素酸水は「ミュークリーンⅡ」（森永乳業株式会社）を用いて作製した。有効塩素濃度はアクアブ AQ-202 型残留塩素高濃度水質計（柴田科学株式会社）で測定した。有効塩素濃度と pH は各々実験開始時に測定した。強酸性（pH2.70～2.73）次亜塩素酸水は、有効塩素低濃度が 17mg/L、高濃度が 57～78mg/L、微酸性（pH6.24）次亜塩素酸水は有効塩素濃度 32mg/L であった。強アルカリ性電解水は pH11.38 であった。

2.2. 卵白アレルギー残留モデル

アレルギーは卵白とした。アレルギーの検出方法はポリクローナル抗体を用いたイムノクロマト法（FASTKIT スリム卵、日本ハム株式会社中央研究所）を用いた。キットの検出限界は 25ng/mL である。

ステンレス製ワゴンの天板（50cm×37cm）に卵白 1 個分を塗り付け、30 分放置後、水道水を含ませた布巾（カウネットタオル布巾、綿 100%）を用いて通常の拭き取り清掃を行い、目視で汚れが付着していないことを確認し、それをアレルギー残留モデルとした。

2.3. アレルギー残留モデルの処理と拭き取り操作

卵白アレルギー残留ステンレス天板（以後、残留モデル）に、試験水 20mL を均一に広げて 3 分間放置後、ペーパータオル（歯愛メディカル、Recera ペーパータオルナチュラル）を用いて全量を拭き取った。その後、蒸留水 50mL 含ませた布巾を使い、1

方向 2 往復拭き取った。続いて、天板の中央 20cm 四方に目印を付け、この部分をリン酸緩衝生理食塩水（PBS）が加えられた綿棒（フキトレール、関東化学株式会社）で縦横 2 方向 25 往復させて拭き取った。

上記の蒸留水 50mL を含ませた布巾による拭き取りをアレルギーが検出限界以下になるまで繰り返した。布巾は毎回新品を使用した。

なお、一連の操作は実務経験の差が出るかどうかを考慮して、大量調理の未経験者、経験者（1 年程度）およびベテラン（5 年以上）の三者が行った。

2.4. アレルギーの検出

アレルギー残留の有無はポリクローナル抗体を用いたイムノクロマト法（FASTKIT スリム卵、日本ハム株式会社中央研究所）によって以下のように行った（キットの検出限界は 25ng/mL）。すなわち、テストストリップをアルミ包装のまま室温に戻し、使用直前にアルミ包装から取り出して水平な台の上に静置し、試料滴下部に試料溶液 100μL を滴下した。試験開始 15 分後にテストライン出現位置およびコントロールライン出現位置に赤紫色のラインの有無を目視で確認し結果を判定した。テストラインの赤紫色の濃さがコントロールラインと同程度の場合を陽性（+）、コントロールラインの濃さよりも薄い目視で確認できるものを擬陽性（±）、ラインが目視で確認できないものを陰性（-）と判定した。

3. 結果

3.1. 蒸留水処理によるアレルギー陰性化

アレルギー残留モデル天板を 20mL の蒸留水で浸漬処理した後、蒸留水を含ませた布巾（以後、蒸留水布巾）で拭き取りを繰り返した実験（コントロール；従来法）の結果を表 1 に示す。浸漬処理後に残留したアレルギー（+）は、蒸留水布巾拭き取りにおいて平均で未経験者 8.5 回、経験者 7.5 回、ベテランでも 6.5 回繰り返すことによって陰性（-）になった。

3.2. 各種電解水処理によるアレルギー陰性化

20mL の各種電解水で残留モデル天板を蒸留水

表 1. 従来法（蒸留水）による卵白アレルギー陰性化

操 作	アレルギー残留					
	ベテラン		経験者		未経験者	
	1	2	1	2	1	2
処理：蒸留水	+	+	+	+	+	+
拭き取り：蒸留水						
1回目	+	+	+	+	+	+
2回目	+	+	+	+	+	+
3回目	±	+	+	+	+	+
4回目	-	+	±	+	+	+
5回目		±	±	±	±	±
6回目		±	-	±	±	+
7回目		±		±	±	+
8回目		±		±	-	+
9回目		-		-		-

+: 陽性、±: 擬陽性、-: 陰性

と同様に処理後、蒸留水布巾で拭き取った場合の結果を表 2～表 5 に示す。

低有効塩素濃度（17mg/L）の強酸性次亜塩素酸水で浸漬処理した場合（表 2）、アレルギー残留は陽性（+）と擬陽性（±）が混在した。その後の蒸留水拭き取りの結果、平均で未経験者 2.8 回、経験者 3.5 回、ベテラン 2.0 回でアレルギー陰性となった。

高有効塩素濃度（57～78mg/L）の強酸性次亜塩素酸水で浸漬処理した場合（表 3）、アレルギー残留はすべて擬陽性（±）となった。その後の蒸留水拭き取りでは、平均で未経験者 1.0 回、経験者 1.3 回、ベテラン 1.3 回でアレルギー陰性となった。

有効塩素濃度 32mg/L の微酸性次亜塩素酸水によ

る処理（表 4）では、アレルギー残留が陽性（+）～陰性（-）に散らばった結果となった。その後の蒸留水拭き取りでは、平均で未経験者 1.3 回、経験者 1.0 回、ベテラン 0.8 回でアレルギー陰性となった。

強アルカリ性電解水による処理（表 5）では、蒸留水処理の場合と同様にアレルギー陽性（+）であったが、その後の蒸留水拭き取りでは、平均で未経験者 2.3 回、経験者 3.0 回、ベテラン 2.3 回でアレルギー陰性となった。

4. 考察

蒸留水および各種電解水による処理と拭き取りの結果をまとめたものを図 1 に示す。アレルギー残留モデルを蒸留水浸漬処理後、蒸留水布巾で拭き取りを行ったコントロール実験では、アレルギー陰性に至るまでの回数は、平均で未経験者 8.5 回、1 年経験者 7.5 回、5 年経験者が 6.5 回とベテラン程少ない傾向が認められた。

これに対して、アレルギー残留モデルを酸性次亜塩素酸水で浸漬処理すると、アレルギー残留が低下すること、そしてその後 1～2 回の蒸留水布巾拭き取りでアレルギー陰性となることが認められた。すなわち、蒸留水浸漬処理（コントロール実験）した場合に比べて次亜塩素酸水は明瞭なアレルギー陰性化効果のあることが認められた。このことから、次亜塩素酸水が卵白アレルギーに直接作用してい

表 2. 低濃度強酸性次亜塩素酸水の卵白アレルギー陰性化に対する影響

操 作	アレルギー残留											
	ベテラン				経験者				未経験者			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
処理：強酸性(低)*	±	+	±	±	+	+	+	+	+	+	+	±
拭き取り：蒸留水												
1回目	+	+	-	-	+	+	±	±	±	+	±	-
2回目	±	±			+	±	-	+	±	±	±	
3回目	-	-			±	-		±	-	+	-	
4回目					±			-		-		
5回目					-							

* 低濃度強酸性次亜塩素酸水：17mg/L； +: 陽性、±: 擬陽性、-: 陰性

表3. 高濃度強酸性次亜塩素酸水の卵白アレルギー陰性化への影響

操 作	アレルギー残留								
	ベテラン			経験者			未経験者		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
処理：強酸性(高)*	±	±	±	±	±	±	±	±	±
拭き取り：蒸留水									
1回目	±	-	-	±	-	-	-	-	-
2回目	-			-					

*高濃度強酸性次亜塩素酸水:57~78mg/L; +:陽性、±:擬陽性、-:陰性

表4. 微酸性次亜塩素酸水の卵白アレルギー陰性化に対する影響

操 作	アレルギー残留											
	ベテラン				経験者				未経験者			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
処理：微酸性*	+	+	-	+	+	+	±	±	+	+	+	±
拭き取り：蒸留水												
1回目	-	-		-	-	-	-	-	-	-	+	-
2回目											-	

*微酸性次亜塩素酸水:32mg/L; +:陽性、±:擬陽性、-:陰性

表5. 強アルカリ性電解水の卵白アレルギー陰性化に対する影響

操 作	アレルギー残留								
	ベテラン			経験者			未経験者		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
処理：強アルカリ性	+	+	+	+	+	+	+	+	+
拭き取り：蒸留水									
1回目	+	-	±	+	+	±	±	±	-
2回目	+		-	±	±	-	-	±	
3回目	+			-	+			±	
4回目	-				-			-	

+ : 陽性、± : 擬陽性、- : 陰性

ると考えられた。また、その作用は有効塩素濃度に依存的に強くなる傾向が認められた（図1）。

酸性次亜塩素酸水の効果に関して、濃度依存性やpH依存性の検討、また、3分間であった処理時間を延長した場合の検討が今後の課題である。

一方、強アルカリ性電解水で浸漬処理した場合は、蒸留水処理（コントロール実験）と同様のアレルゲン残留が認められたが、その後の蒸留水布巾拭き取りにおいてコントロールより明瞭に少ない回数でアレルゲン陰性となった。強アルカリ性電解水は油脂やたんぱく質などの有機物汚れの除去に優れていることが知られている⁹⁻¹⁰⁾ので、本実験においても蒸留水拭き取りで容易に除去されやすい状態になったと考えられる。

拭き取り作業前に反応させる電解水について、強酸性次亜塩素酸水と微酸性次亜塩素酸水のどちらが適しているかについては、本実験で確かめることはできなかった。今後の課題としたい。

強アルカリ性電解水は強酸性電解水製造装置の陰極側において生成する電解水で、カセイソーダ（NaOH）と同質性があり、油脂の乳化やタンパク質の分解など有機物汚れの除去に優れている。それ

ゆえ、強アルカリ性電解水で有機物汚れを除去してから強酸性電解水で洗浄消毒すると殺菌効果が向上する⁹⁻¹⁰⁾。本研究においても強アルカリ性電解水および酸性次亜塩素酸水の併用を検討したが、有効塩素濃度が高い強酸性次亜塩素酸水処理および微酸性次亜塩素酸水処理のみの拭き取り方法でも卵白アレルゲン除去の効果がみられたため実施しなかった。先行研究では、アルカリ性電解水を用いた方法は厨房の除菌に対して有用性が示されている⁹⁾。

調理施設の衛生管理は食中毒防止のためのHACCPに基づき作成されたマニュアルに従い実施されているが、その手順は複雑であり、より簡便で安全を保障する方法の開発が望まれる。したがって、食材や調理器具の殺菌・除菌に加えてアレルゲン除去に効果が明らかとなった各種電解水を用いた洗浄方法を広く周知させることは有意義である。本研究では、アレルゲン除去のみを対象としたが、有機物汚れ除去、殺菌、アレルゲン除去を一括して行える可能性が高い。こうした視点から、強アルカリ性電解水と酸性次亜塩素酸水の併用についても検証する必要がある。

本研究ではアレルゲンの検出に現場での作業が

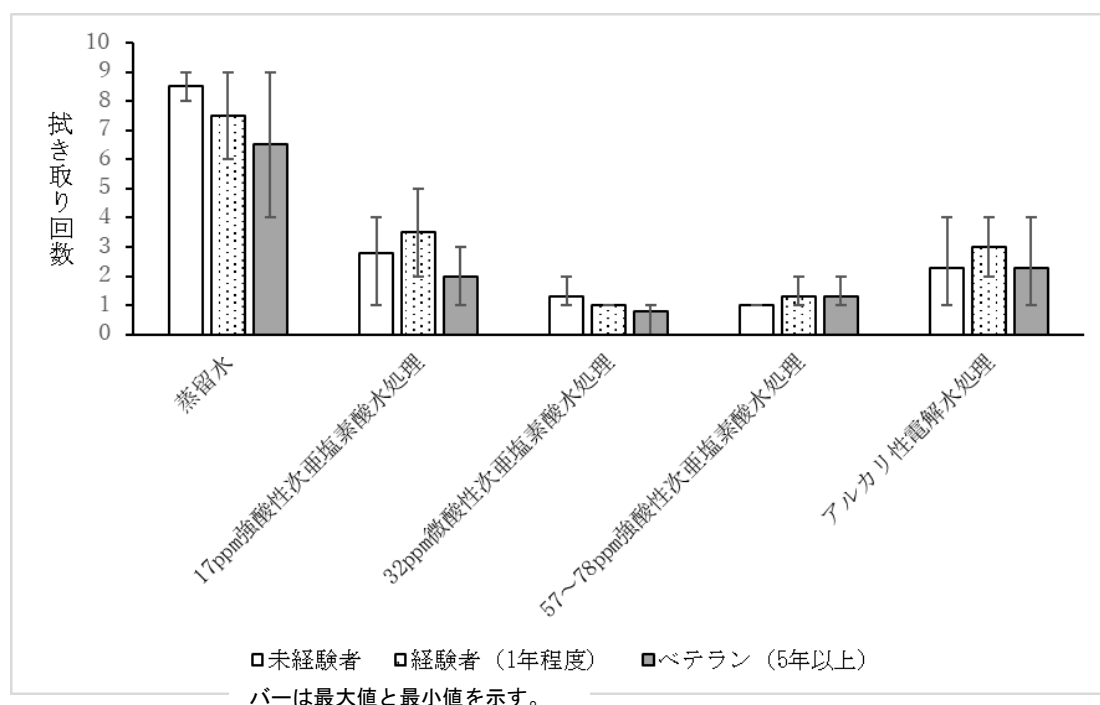


図1. 卵白アレルゲンの拭き取り除去に対する各種電解水処理の効果

簡便なイムノクロマト法を用いたが、より検出感度の高いELISA法を用いての評価が今後の課題の1つである。

保育所の調理室における調理器具の洗浄方法についての調査によると、次亜塩素酸ナトリウム（有効塩素濃度200mg/L）を使用することが卵アレルギー除去に対して有効であると報告する一方、次亜塩素酸ナトリウムは溶液調整に時間と労力を要し、さらに食品への混入リスクの問題点も挙げている¹¹⁾。その点、次亜塩素酸水（酸性電解水）は規定濃度以上の高濃度のものは生成しないよう装置において制御されており、40ppm有効塩素濃度のものは次亜塩素酸ナトリウム溶液の1000ppmと同等以上の殺菌・除菌活性のあることが知られている¹²⁾。また、安全性に関しては「人の健康を害する怖れがない」という理由で食品添加物殺菌料に指定^{13,14)}されており、万一誤飲しても健康被害は生じない。したがって調理室の設備だけではなく園児が直接触れたり喫食したりする机などにも安心して使用することができる。

今後は、実際に調理現場で行われている洗浄方法の実態を調査し、より簡便に導入しやすい拭き取り方法を開発するとともに、使用する各種次亜塩素酸水の条件についてさらなる検証を続けたい。

5. 結論

卵白アレルギー残留モデル天板を用いたアレルギー除去試験において、従来法における蒸留水処理を酸性次亜塩素酸水処理または強アルカリ性電解水処理に代えたところ、その後の拭き取り操作による残留アレルギーの陰性化が、実施者の経験や手技レベルに関係なく、大幅に速まることが明らかとなった。酸性次亜塩素酸水は食品添加物殺菌料として認可されており、安全性の面からも、アレルギー除去のために有用性が高いと判断された。

6. 謝辞

本研究は一般財団法人機能水研究振興財団の令和4年度研究助成を受けて行った。

研究を行うにあたり、強酸性次亜塩素酸水および

強アルカリ性電解水を提供いただいたホシザキ株式会社、微酸性次亜塩素酸水を提供いただいた森永乳業株式会社に厚く御礼申し上げます。

7. 利益相反

本研究はホシザキ株式会社および森永乳業株式会社より提供された試験水で実施された。

8. 参考文献

- 1) 公益財団法人 日本学校保健会：令和4年度アレルギーに関する調査報告書。2023. https://www.gakkohoken.jp/book/ebook/ebook_R050020/index_h5.html#14 (2023年9月27日閲覧)
- 2) 文部科学省：学校給食における食物アレルギー対応指針。2015. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/fieldfile/2015/03/26/1355518_1.pdf (2023年9月27日閲覧)
- 3) 公益財団法人 日本学校保健会：学校のアレルギー疾患に対する取組ガイドライン《令和元年度改訂》。2019. https://www.gakkohoken.jp/book/ebook/ebook_R010060/R010060.pdf (2023年9月27日閲覧)
- 4) 厚生労働省：保育所におけるアレルギー対応ガイドライン（2019年改訂版）。2019. <https://www.arp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12862028/www.mhlw.go.jp/content/000511242.pdf> (2023年9月27日閲覧)
- 5) 厚生労働省：大量調理施設衛生管理マニュアル。1997。（最終改定2017年） <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzanbu/0000139151.pdf> (2023年9月27日閲覧)
- 6) 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課：調理場における洗浄・消毒マニュアル Part1。2009. https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/syokuiku/1266268.htm (2023年9月27日閲覧)
- 7) 鋤柄悦子、渡辺香織、有尾正子 ほか：大量調理施設におけるアレルギー除去方法の検討。機能

- 水研究、17(1): 1-6, 2022.
- 8) 鋤柄悦子、長谷川丈真、渡辺香織 ほか：強酸性次亜塩素酸水による卵白アレルギー除去の検討. *機能水研究*、17(2): 7-14, 2023.
 - 9) 佐藤久聡、前原信敏、井川 房欣 ほか：厨房内の消毒における電解水の有用性. *日本化学療法学会雑誌*、48(10): 768-774, 2000.
 - 10) 堀田国元：調理と機能水. *日本調理科学会誌*、43(4): 275-278, 2010.
 - 11) 東京都保健福祉局保健政策部保健政策課：学校と保育園給食のアレルギー対策～調理室のアレルゲンを見える化して対策支援～. 平成 27 年度課題別地域保健医療推進プラン報告集、pp37-41、https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryo/iryo_hoken/plan/back/plan27.files/06.pdf (2023 年 9 月 27 日閲覧)
 - 12) 堀田国元、小宮山寛機、中山武久 ほか：次亜塩素酸水：認可状況、生成連理、種類、物性、有効性、安全性、有効使用上の留意点、*機能水研究* 8(1): 1-8, 2012.
 - 13) 厚生労働省令第 75 号・厚生労働省告示第 212 号：官報第 3378 号 (平成 14 年 6 月 10 日) p.1 及び p.8.
 - 14) 第 9 版食品添加物公定書解説書：次亜塩素酸水 D-981-990. 廣川書店、2019.

Egg white allergen removal by various electrolyzed water treatments

Etsuko Sukigara¹, Kaori Watanabe¹, Yuki Yamaguchi¹ and Kazuhiro Takamizawa^{1,2}

¹ Department of Living and Culture Sciences, Aichi Bunkyo Women's College

² Professor Emeritus, Gifu University

Using an egg white allergen model prepared on the top plate of a stainless steel wagon, the effect of various test waters (distilled water, strongly acidic hypochlorite water, slightly acidic hypochlorite water, and strongly alkaline electrolyzed water) on removal of allergen was tested. After spreading 20 mL of each test water evenly on the egg white allergen model and standing for 3 minutes (immersion treatment), the entire amount of mixture was wiped off with a paper towel and checked for residual egg white allergen by immunochromatography. As a result, distinct allergen residues were observed in the treatment with respective distilled water and strongly alkaline electrolytic water, but in the case of each hypochlorite water, the residues were found to decrease in accordance with the effective chlorine concentration of test water. After that, it was necessary about 8 times of wiping with a cloth moistened with distilled water for the egg white allergen to become negative, whereas it took much less wiping times with hypochlorite water and strongly alkaline electrolyzed water, respectively. These results were found to be reproducible regardless of the experience and skills of the operator. These results indicate that electrolyzed water (hypochlorite water and strongly alkaline electrolyzed water) is effective in removing egg white allergens.