

消 食 基 第 3 1 6 号

令 和 8 年 6 月 2 5 日

内閣府食品安全委員会事務局評価第一課長 殿

消費者庁食品衛生基準審査課長

(公 印 省 略)

食品健康影響評価に係る補足資料の提出について

食品安全委員会にて評価中の亜塩素酸水の食品健康影響評価に関し、「食品健康影響評価に係る補足資料の提出依頼について」（令和8年4月23日付け府食第266号内閣府食品安全委員会事務局評価第一課長通知）によりご依頼のありました補足資料について、別紙1のとおり資料を提出いたします。

なお、本資料については、当庁においては公表していない資料であることを踏まえ、別紙2のとおり取扱いにご留意いただきたい旨を申し添えます。

以上

	補足資料	要求の理由	回答
1	対象食品について、 (1) いわゆる「カット野菜」等作物の表面構造を毀損した食品も 4,000ppmの亜塩素酸水の適用対象として考えているのかわかるように説明すること。 (2) 豆・米は煮豆・米飯を対象に試験されている。煮豆・米飯以外の加工が想定されるものの、提出された試験成績の範囲での評価となるため、提出された試験成績が今回の基準改正の範囲を適切に代表しているものかどうかはリスク管理機関において確認すること。	作物の表面構造を毀損した食品は吸水性があると想定され、吸水性がないと想定される他の食品と同等の扱いで評価することが適切ではないと考えることから、その実態を確認した上で評価を行う必要があるため。 また、提出されたデータに基づくリスク評価を行うことから、その評価の対象範囲を確認する必要があるため。	1 (1) について、別添1文献Jのとおり補足資料をお送りします。 1 (2) について、別添1文献Kのとおり、亜塩素酸水の使用基準(案)における「精米、豆類」については、亜塩素酸水を使用後に十分に水洗され、加熱調理されることを想定しています。このため、米飯・煮豆を対象に試験したことは、今回の基準改正の範囲を適切に代表していると考えています。 加えて、別添1文献Kのとおり、評価に資するため、要請者は亜塩素酸水を使用後に十分に水洗された後の米、豆を対象とした試験を追加で行うことを考えています。

	補足資料	要求の理由	回答
2	トリハロメタンの試験について、 (1) 前回（有効塩素濃度 100ppm）実施した試験のプロトコール、検量線結果及びその作成に用いたプロトコール、添加回収試験結果及びその作成に用いたプロトコールのうち、可能な範囲で全て提示すること。 (2) 生成確認試験は HS ガスクロマトグラフ法を用いることが想定されているため、食品を対象としたサンプル液について HS ガスクロマトグラフ法による試験方法を過去に行った試験法を参考にしてプロトコールを作成し、提示すること。 (3) 標準品を用いた検量線のみでは食品による試験への影響を確認できないことから、食品に標準品を添加した状態での試験が実施可能であるかを確認した添加回収試験は不可欠であるため、要請者が適当と考える添加回収試験のプロトコールを提示すること	使用基準改正案に基づく、現行より高濃度の亜塩素酸を含有した亜塩素酸水の使用が想定され、その使用時にトリハロメタンが生成されるかを確認する必要がある。加えて、生成確認試験を実施する試験所で適切に当該試験が実施されているかどうかを確認するための添加回収試験を行う必要があるため。 評価に則した試験方法かどうかを確認するために、前もってプロトコールを確認するためであり、過去に実施した試験との関係も含めて確認し、要すれば助言することを目的としている。なお、助言によって試験結果等を保証するものではない。	2 について、別添 1 文献 L のとおり補足資料をお送りします。 なお、2 (2) (3) について、提示したプロトコールは現時点の案であり、今後、試験を実際に行う機関（要請者以外の検査機関を予定）の所有する機器等によっては、試験条件等の細部に変更が生じる可能性があることを申し添えます。

	補足資料	要求の理由	回答
3	ラジカルについて、キノコに含まれるアスコルビン酸アナログに関する「酸化型形成能、ラジカル消去に伴う分解、もしくはアスコルビン酸アナログがアスコルビン酸と同様な挙動を示すような文献」について可能な限り収集を試みて、文献があれば提出すること。	日本食品表示成分表2020年版（八訂）では、きのこに含有される総アスコルビン酸量は非常に少なく、提出されたラジカルの生成確認試験で測定したアスコルビン酸はアスコルビン酸アナログであると考えられる。そのため、酸化型形成能等に関してアスコルビン酸とアスコルビン酸アナログの関係性を踏まえた評価をする必要があるため。	3について、別添1文献Mのとおり補足資料をお送りします。

	補足資料	要求の理由	回答
4	亜塩素酸水に含まれる臭素酸濃度について、800ppm の亜塩素酸水に含まれる臭素酸の濃度が水道水質基準値（10ppb）以下になると考えているかどうか、そのように考える背景について説明すること。	規格基準の設定に係る背景を理解した上で評価する必要があるため。	4 について、別添 1 文献 N のとおり補足資料をお送りします。 平成 23 年 11 月 2 日薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会添加物部会資料 6－4（別添 2） p12 表 5 に記載のとおり、日本薬局方「塩化ナトリウム」で製造した 4 % 亜塩素酸水から調整した 400ppm 亜塩素酸水中に含まれる臭素酸濃度の測定値は 2.66ng/g（3 ロット製造し、各ロットごとに 5 回分析した平均値を元に算出）であり、推定最大濃度は 5.10ppm（t-分布を仮定）と算出されています。800ppm の亜塩素酸水に含まれる臭素酸の推定最大濃度は水道水質基準値（臭素酸イオン：10ppb 以下）以下ではないが、上記試験の測定値（2.66ng/g）から算出される、800ppm の亜塩素酸に含まれる臭素酸の濃度は水道水質基準値以下と考えられます。 一方で、平成 25 年 2 月 1 日付け食安発 0201 第 2 号（注）のとおり、亜塩素酸水の使用後に水道水を用いて十分に水洗が行われることが想定されますが、水道水にも水道水質基準値（10ppb）以下の臭素酸が含まれることから、水洗に使用される水道水中の臭素酸が食品に残留する可能性があります。加えて、質問 1 資料 6 の残留性試験において臭素酸の残留は水道水質基準値未満であることが確認されていることを考慮すると、

			「亜塩素酸水」の規格基準改正に当たっては、臭素酸に関する規格基準を追加で設定する必要はないものと考えます。 注) 亜塩素酸水に係る使用基準で規定する「使用した亜塩素酸水は、最終食品の完成前に分解し、又は除去しなくてはならない。」とは、有効塩素が最終食品に残留しないよう十分に水洗等を行わなければならないことであるが、水道水等にも有効塩素が含まれることから、当該使用基準に係る指導等に際しては、各地域における水道水中の有効塩素濃度を考慮する等、適切な対応を図られたいこと。なお、測定に際しては、平成 17 年 9 月 16 日付け食安基発第 0916001 号基準審査課長通知を参照されたいこと。
--	--	--	---

別添 1：「令和 8 年 4 月 23 日付け府食第 266 号に関する回答書」（三慶株式会社）

文献 J 対象食品群：野菜類および果実類の処理について

文献 K 対象食品群：精米、豆類の処理について

文献 L トリハロメタンの生成確認について

文献 M アスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）がアスコルビン酸（AsA）と同様の挙動を示す 文献に関する調査報告書

文献 N 800 ppm 亜塩素酸水希釈液中の臭素酸イオン（ BrO_3^- ）濃度について

別添 2：平成 23 年 11 月 2 日薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会添加物部会資料 6－4

対象食品群：野菜類および果実類の処理について

食品加工工場における野菜類および果実類の表面殺菌処理については、まず不可食部をトリミングし、流水にてゴミ等を除去した後、亜塩素酸として浸漬液もしくは噴霧液 1kg につき 4.0g 以下（0.40%）[4000ppm の亜塩素酸水希釈液] にて、表面殺菌もしくは噴霧殺菌を行います。なおこの時の亜塩素酸水 4,000ppm 希釈液中の亜塩素酸イオン(ClO_2^-)、塩素酸イオン(ClO_3^-)、臭素酸イオン(BrO_3^-)の最大濃度は、それぞれ 4,000ppm、 ppm、55ppb になると推定しています。⁽¹⁾

	亜塩素酸イオン(ClO_2^-)	塩素酸イオン(ClO_3^-)	臭素酸イオン(BrO_3^-)
	濃度	濃度	濃度
亜塩素酸水中の各濃度	40,000~60,000ppm (4.0~6.0%)	 ppm (%)	510ppb ($0.051 \times 10^{-3}\%$)
4000ppm(0.40%)亜塩素酸水希釈液	4000ppm (0.40%)	 m (%)	55ppb ($0.055 \times 10^{-3}\%$)

なお、実際の現場では、野菜類および果実類は、殺菌液やその後の置換（水洗）処理で使用する水道水（製造用水）が含浸してしまいますと、最終食品の外観、風味、食感等に悪影響を及ぼす為、その殺菌時間や置換（水洗）時間は野菜や果実の種類あるいは産地によっても異なりますが、いずれの場合も精米や豆類と比較しますと、明らかに短い時間で処理できる表面殺菌や噴霧殺菌を採用することで、殺菌処理液あるいは置換（水洗）に使用する水道水やチラー水（強冷水）の対象食品群への含浸を可能な限り減らすよう対応しています。

また、ニンジンやダイコン等の外皮を除去する根菜類や、多糖類を多く含み、内部構造が複雑（空洞化している）なネギ等の野菜類については、表面殺菌処理後、水道水（製造用水）を冷却したチラー水（強冷水）を用いてオーバーフローにて置換（水洗）を行い、その後カット処理を施し、必要に応じて再度表面殺菌処理を施した後、水道水（製造用水）によるオーバーフローで置換（水洗）する工程を適宜選択しているようです。このことから、あえて『対象食品群の残留性確認試験（野菜類）』⁽²⁾では、カットした野菜類（千切りキャベツ）を用いて確認試験を実施しました。

なお、果実類に関しましては、表面殺菌もしくは噴霧殺菌処理後、水道水（製造用水）を冷却したチラー水（強冷水）を用いてオーバーフローにて置換（水洗）した後、カットや加熱調理等の加工工程に進みますが、カット後に再度、表面殺菌や噴霧殺菌処理を行うことはありません。また、水耕栽培によって生産されているベビーリーフ等の野菜類や、イチゴ等の果実類は、極端に水疲れしやすい（萎れやすい）為、ごく微量の殺菌処理液を霧状にして表面に噴霧し、水道水（製造用水）を冷却したチラー水（強冷水）を用いてオーバーフローで表面に付着した殺菌処理液をごく僅かな時間で置換（水洗）する等、表面

殺菌や噴霧殺菌処理を適宜選択しているようです。(別添1)

しかしながら、カットの有無や、その他の加工調理等に関わらず、表面殺菌や噴霧殺菌処理後は「食安発 0201 第2号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知（平成25年2月1日付け）」⁽³⁾に基づき、水道水（製造用水）を冷却したチラー水（強冷水）によるオーバーフローによる置換（水洗）処理は必ず実施されており、その結果、対象食品群に付着した処理液である亜塩素酸水 4000ppm 希釈液（殺菌処理液）は、きちんと水道水（製造用水）へと置換（水洗）されています。

さらにこの時、置換（水洗）に用いた製造用水（水道水）が水道水水質基準レベル⁽⁴⁾に達していることを、ヨウ素還元滴定法を用いて有効塩素濃度（亜塩素酸イオン； ClO_2^- ）を測定することで、殺菌処理液の残留の有無を必ず確認されており、このことにより、対象食品群の表面に付着した殺菌液もしくは噴霧殺菌液（4,000ppm 亜塩素酸水希釈液）が全て置換（水洗）に使用した水道水水質基準レベルの有効塩素濃度（亜塩素酸イオン； ClO_2^- ）にまで低減されていると判断できます。

従いまして、この段階で対象食品群の各イオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）濃度は、水道水水質基準値と同等もしくはそれ以下に置換されていると言え、又、不測の事態として、万が一水道水（製造用水）を冷却したチラー水（強冷水）が対象食品群に含浸されたとしても、必ず水道水水質基準値レベルには置換されており、対象食品群の各イオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）推定最大濃度は、水道水水質基準値と同等であると言えます

なお、その後、加熱調理等によって加工が施された最終食品の各イオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）は、水道水水質基準値と同等もしくはそれ以下に置換されていると言え、これで十分に担保されていると判断しています。

	亜塩素酸イオン (ClO_2^-)	塩素酸イオン(ClO_3^-)	臭素酸イオン(BrO_3^-)
水道水	0.6ppm [mg/L] 以下	0.6ppm (mg/L) 以下	0.01ppm(10ppb) [μg/L] 以下
対象食品群に残留する各推定最大濃度	0.6ppm [mg/kg]	0.6ppm (mg/kg)	0.01ppm(10ppb) [μg/kg]
最終食品に残留する各推定最大濃度	0.6ppm [mg/kg] 以下	0.6ppm (mg/kg) 以下	0.01ppm(10ppb) [μg/kg] 以下

そこで、殺菌処理を施した後、使用基準を遵守するべく水道水（製造用水）で置換（水洗）した対象食品群の各種のイオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）の推定最大（最大リスク）濃度は、水道水水質基準値レベルと同等もしくはそれ以下であることを前提に、これらの値を基にして TMDI（理論最大1日摂取量）を算出し、ADI（許容1日摂取量）もしくは、 10^{-5} 発がんリスクレベルと比較してみましたところ、亜塩素酸イオン（ ClO_2^- ）については ADI 値 $0.029\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ に対して $\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ 、塩素酸イオン（ ClO_3^- ）については ADI 値 $0.01\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ に対して $\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ 及び臭素酸イオン（ BrO_3^- ）については 10^{-5} 発がんリスクレベルの値 $0.357 \mu\text{g/kg} \cdot \text{体重/日}$ に対して

■ $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{体重}/\text{日}$ の結果となり亜塩素酸イオン (ClO_2^-) 及び塩素酸イオン (ClO_3^-) については ADI 値よりも低く、臭素酸イオン (BrO_3^-) については 10^{-5} 発がんリスクレベルの値よりも下回っていることが確認でき、このことで対象食品群における亜塩素酸イオン (ClO_2^-)、塩素酸イオン (ClO_3^-) 及び、臭素酸イオン (BrO_3^-) の安全性に懸念はないと判断しています。⁽¹⁾

なお、水道水（製造用水）で置換（水洗）された対象食品群の各イオン (ClO_2^- , ClO_3^- , BrO_3^-) が水道水質基準値と同レベルであることを安全性を評価する際の前提にすると、殺菌処理液で表面殺菌もしくは噴霧殺菌処理を施した後、水道水（製造用水）を冷却したチラー水（強冷水）にてオーバーフローで置換（水洗）した対象食品群から抽出した試料液に、各イオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^-) 濃度が水道水水質基準値になる様に、各イオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^-) それぞれの標準液を添加し、そのそれぞれの試料液中の各イオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^-) を測定した時、これらそれぞれのイオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^-) がきちんと検出され、しかも表面殺菌処理を施した後、水道水（製造用水）にて置換（水洗）された対象食品群の各イオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^-) 濃度が、水道水水質基準値と同等もしくはそれ以下であることを確認することによって、推定最大残留濃度を設定することはできます。従いまして、必ずしも検出下限値及び定量下限値を算出する必要はないと考えます。

以上のことから、使用基準を遵守したうえで、殺菌処理後の対象食品群については、『食安発 0201 第 2 号「食品衛生法施行規則の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件等について」（平成 25 年 2 月 1 日付）』に記載されている「有効塩素が最終食品に残留しないよう十分に水洗等を行わなければならない」に基づき、水道水（製造用水）による置換（水洗）を施し、さらに、当該対象食品群から抽出した試料液を用いて、『薬生食基発 0624 第 1 号・健生食監発 0624 第 1 号「食品中の食品添加物分析法」の改正について」（令和 3 年 6 月 24 日付）別添 3「亜塩素酸ナトリウム」』に準拠した方法で分析した結果、殺菌処理液による処理後、水道水（製造用水）にて置換（水洗）された対象食品群の亜塩素酸イオン (ClO_2^-) 濃度が、水道水質基準以下であるという確認がとれていれば、塩素酸イオン (ClO_3^-) および臭素酸イオン (BrO_3^-) についても、同様に水道水質基準レベル以下に置換されていると判断でき、又、その後、加熱調理等が施された最終食品の亜塩素酸イオン (ClO_2^-)、塩素酸イオン (ClO_3^-) および臭素酸イオン (BrO_3^-) の濃度についても、当然水道水質基準以下であると言え、この値を用いて、TMDI を算出し、亜塩素酸イオン (ClO_2^-) 及び塩素酸イオン (ClO_3^-) は ADI 値よりも低く、臭素酸イオン (BrO_3^-) は 10^{-5} 発がんリスクレベルの値よりも下回っていることを確認することによって、安全性は十分に確保されているという判断をしています。

別添資料

別添 J1 対象食品群(精白米、豆類、野菜類、果実類)の処理フロー

引用文献

- J1 亜塩素酸イオン・塩素酸イオン・臭素酸イオンについて
- J2 引用文献 45 対象食品群の残留性確認試験（野菜類）
- J3 食安発 0201 第 2 号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知
「食品衛生法施行規則の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件等について」（平成 25 年 2 月 1 日付け）
- J4 水道法 4 条に基づく水道水水質基準

対象食品群：精米、豆類の処理について

食品加工工場における精米、豆類の浸漬殺菌処理としましては、処理槽に対象食品群を投入し、流水にてゴミ等を取り除いた後、亜塩素酸として浸漬液 1kg につき 0.8g 以下 (0.08%) [800ppm の亜塩素酸水希釈液] (但し、現在は 400ppm の亜塩素酸水希釈液を用いている) にて、おおよそ一晩 (■時間) 浸漬殺菌処理が施されています。なおこの時、亜塩素酸水 800ppm 希釈液中の亜塩素酸イオン(ClO_2^-)、塩素酸イオン(ClO_3^-)、臭素酸イオン(BrO_3^-)の最大濃度は、それぞれ 800ppm、■ppm、11ppb と推定しています。^(K1)

	亜塩素酸イオン(ClO_2^-)	塩素酸イオン(ClO_3^-)	臭素酸イオン(BrO_3^-)
亜塩素酸水中の各濃度	40,000~60,000ppm (4.0~6.0%)	■ppm (■%)	510ppb ($0.051 \times 10^{-3}\%$)
800ppm(0.08%)亜塩素酸水希釈液	800ppm (0.08%)	■ppm (■%)	11ppb ($0.011 \times 10^{-3}\%$)

次に浸漬殺菌処理後 (翌朝)、処理槽内の浸漬液は、全て排出され、「食安発 02101 第 2 号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知 (平成 25 年 2 月 1 日付け)」^(K2)に記載されている「有効塩素が最終食品に残留しないよう十分に水洗等を行わなければならない」に基づき、水道水 (製造用水) を用いて、オーバーフローもしくは換水によって、対象食品群中に含浸された亜塩素酸水 800ppm 希釈液 (殺菌処理液) は、全て水道水 (製造用水) へと置換 (水洗) されます。この時、置換 (水洗) に用いた製造用水 (水道水) が亜塩素酸水 800ppm 希釈液を置換し、水道水水質基準レベルに達しているかどうかは、ヨウ素還元滴定法を用いて置換 (水洗) に用いた製造用水の有効塩素濃度 (亜塩素酸イオン; ClO_2^-) を測定して確認することができ、その有効塩素濃度が水道水水質基準レベルであれば、対象食品群中に含浸された浸漬殺菌液 (800ppm 亜塩素酸水希釈液) が全て水道水の水質基準 (亜塩素酸イオン; ClO_2^-) の目標値にまで置換 (水洗) されていると判断することができます。

従いまして、この段階で対象食品群中の浸漬殺菌液は、全て水道水 (製造用水) に置換されていることとなり、この時の対象食品群中の各イオンの濃度は水道水水質基準値レベル^(K3)に達していると言えます。なお、対象食品群中に残っている各イオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^-) の最大濃度は、水道水水質基準値と同等であり、その後、加熱調理等によって加工が施された最終食品の各イオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^-) の濃度は、水道水水質基準値と同等もしくはそれ以下の濃度に抑制されていると判断しています。

	亜塩素酸イオン(ClO_2^-)	塩素酸イオン(ClO_3^-)	臭素酸イオン(BrO_3^-)
水道水	0.6ppm [mg/L] 以下	0.6ppm (mg/L) 以下	0.01ppm(10ppb) [$\mu\text{g/L}$] 以下
対象食品群中に残留する各推定最大濃度	0.6ppm [mg/kg]	0.6ppm (mg/kg)	0.01ppm(10ppb) [$\mu\text{g/kg}$]
最終食品に残留する各推定最大濃度	0.6ppm [mg/kg] 以下	0.6ppm (mg/kg) 以下	0.01ppm(10ppb) [$\mu\text{g/kg}$] 以下

そこで、殺菌処理を施した後、使用基準を遵守するべく水道水（製造用水）で置換（水洗）した対象食品群の各種のイオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）の推定最大（最大リスク）濃度は、水道水水質基準値レベルと同等もしくはそれ以下であることを前提に、これらの値を基にしてTMDI（理論最大1日摂取量）を算出し、亜塩素酸イオン（ ClO_2^- ）及び塩素酸イオン（ ClO_3^- ）についてはADI（許容1日摂取量）と、また臭素酸イオン（ BrO_3^- ）については 10^{-5} 発がんリスクレベルと比較してみました。その結果、亜塩素酸イオン

（ ClO_2^- ）についてはADI値 $0.029\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ に対して $\blacksquare\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ 、塩素酸イオン（ ClO_3^- ）についてはADI値 $0.01\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ に対して $\blacksquare\text{mg/kg} \cdot \text{体重/日}$ 及び臭素酸イオン（ BrO_3^- ）については 10^{-5} 発がんリスクレベルの値 $0.357\mu\text{g/kg} \cdot \text{体重/日}$ に対して $\blacksquare\mu\text{g/kg} \cdot \text{体重/日}$ の結果となり亜塩素酸イオン（ ClO_2^- ）及び塩素酸イオン（ ClO_3^- ）についてはADI値よりも低く、臭素酸イオン（ BrO_3^- ）については 10^{-5} 発がんリスクレベルの値よりも下回っていることが確認でき、食品中における各イオンの残留性についての安全性に懸念はないものと判断しました。^(K1)

しかしながら、提出している「対象食品群中（きのこ、豆、精白米）の残留性確認試験追試験」^(K4)及び「対象食品群中の臭素酸イオン（ BrO_3^- ）の残留性確認試験②」^(K5)における精白米及び豆については加工された最終食品である「米飯」及び「煮豆」中に残留する各イオンの濃度を確認しているが、浸漬殺菌処理を施し、製造用水（水道水）を用いて置換（水洗）した後の対象食品群中に残留する各イオンの濃度が、この置換（水洗）に用いた製造用水（水道水）と同レベルにまで置換（水洗）されたかどうかを確認する必要があると考え、置換（水洗）に用いた水道水の有効塩素濃度が水道水水質基準値と同等もしくはそれ以下であることを確認する試験を追加で実施いたします。

なお、上記試験の結果に基づいて安全性を評価する際、水道水（製造用水）で置換（水洗）された対象食品群中の各イオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）の推定最大残留濃度は水道水水質基準値と同レベルであることを前提にしていますので、殺菌処理液で浸漬殺菌を施した後、水道水（製造用水）で置換（水洗）した対象食品群中の各イオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）濃度の推定最大残留濃度である水道水水質基準値になる様に、各々それぞれの標準液を、水道水（製造用水）にて置換（水洗）した対象食品群から抽出した試料液に添加し、これらそれぞれの試料液を用いて各イオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）を測定した時、これらそれぞれのイオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）が検出され、しかも浸漬殺菌処理を施した後、水道水（製造用水）にて置換（水洗）した対象食品群中に存在する各イオン（ ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- ）の濃度が水道水水質基準値と同等もしくはそれ以下であるという確認がとれれば、推定最大残留濃度を設定することが出来る為、必ずしも検出下限値及び定量下限値を算出する必要はないと考えています。

別添資料

別添 K1 対象食品群(精白米、豆類、野菜類、果実類)の処理フロー

引用文献

- K1 C. 亜塩素酸イオン・塩素酸イオン・臭素酸イオンについて
- K2 食安発 02101 第 2 号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知
「食品衛生法施行規則の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準
の一部を改正する件等について」(平成 25 年 2 月 1 日付け)
- K3 水道法 4 条に基づく水道水水質基準
- K4 対象食品群中(きのこ、豆、精白米)の残留性確認試験 追試験
- K5 対象食品群中の臭素酸イオン(BrO_3^-)の残留性確認試験②

トリハロメタンの生成確認について

これまでの対象食品群中のトリハロメタンの測定に関しましては、第 38 回専門調査会（平成 18 年 11 月 28 日）において、『次亜塩素酸水の代わりに、水道水を用いて同様に食品を洗浄した場合の食品中のトリハロメタンの残存量を測定し、比較することにより、次亜塩素酸水の影響によりトリハロメタンがどれくらい発生するのかについて検討すること』という指摘事項に対して、水道水及び次亜塩素酸水で殺菌処理後の各食品（野菜；ほうれん草）を十分すすぎ洗いしたそれぞれの食品（野菜；ほうれん草）に含まれているトリハロメタンを測定した結果、「微酸性次亜塩素酸水で処理を行っても、食材中での有効塩素は検出されなかった。また、トリハロメタン量も低い値を示しており、次亜塩素酸ナトリウム処理と比較しても、低い値を示した。」と報告されています^(L1)。また、亜塩素酸水も第 52 回専門調査会（平成 19 年 12 月 25 日）において、次亜塩素酸水と同様に、水道水及び 100ppm 亜塩素酸水希釈液で殺菌処理後の各食品（野菜；レタス）をすすぎ洗いしたそれぞれの食品（野菜；レタス）に含まれているトリハロメタンを測定した結果、100ppm の亜塩素酸水で殺菌処理した「食品中のトリハロメタンの量は水道水の 1/10 以下であった」と報告されています^(L2)。

なお、亜塩素酸水につきましては、申請事業者である弊社が測定いたしました。これらは約 20 年前の 2007 年に取得したデータであり、あいにくこの時用いた機器は既に廃棄されており、詳細なデータは残っていません。但し、本測定方法はガスクロマトグラフィー質量分析法にて、『トリハロメタン標準液（ヘッドスペース法用）、関東化学社製』（クロロホルム 2mg/mL、ジブromクロロメタン 4mg/mL、ブromジクロロメタン 1mg/mL、ブromホルム 20mg/mL）を標準試薬に用いて、メタノールで 2 倍～4000 倍に希釈したそれぞれの試料を測定し、検量線を作成後、それぞれの食品（野菜；レタス）に含まれるトリハロメタンを測定し、総トリハロメタンとして算出したという記録は残っていました。

従いまして、今回の測定につきましても、これまでの次亜塩素酸水及び亜塩素酸水と同様に、水洗に用いる水道水を Blank.試料として、『Cont.；水道水及び Test.；亜塩素酸水（原液）で殺菌処理後の各食品（野菜；レタス）を水洗処理したそれぞれの食品（野菜；レタス）』に含まれているトリハロメタンを測定し、Cont.試料並びに Test.試料中のトリハロメタンが Blank.試料である水道水のトリハロメタンと同等もしくはそれ以下であることを確認します。（プロトコールを別添いたします。）^(別添 2)

なお、府食第 266 号（令和 8 年 4 月 23 日）では、『標準品を用いた検量線のみでは食品による試験への影響を確認できないことから、食品に標準品を添加した状態での試験が実施可能であることを確認した添加回収試験は不可欠である』との指示を受けていますが、食品試料中のトリハロメタンを測定する為の公定法はございません。従いまして、水道水水質基準値である「Val.； Cont.の食品試料に総トリハロメタンが終濃度 0.1ppm になるように標準液を添加した食品試料」をヘッドスペースガスクロマトグラフ法にて測定した時、標準液を添加した食品試料中から総トリハロメタンとしての各標準物質のピークが検出されることを確認することによって、食品試料中であってもトリハロメタンは検出することが出来ることを証明いたします。また、この時、亜塩素酸水（原液）で殺菌処理後の各対象食品群（野菜；レタス）を水道水にて置換（水洗）処理したそれぞれの各対象食品群（野菜；レタス）に含まれているトリハロメタンが水道水水質基準値（総トリハロメタンが 0.1ppm）以下^(L3)であることを確認することにしています。

別添資料

別添 L1 亜塩素酸水の対象食品群中のトリハロメタンの生成確認試験（計画書）

引用文献

L1 第 38 回専門調査会（平成 18 年 11 月 28 日）資料 1－2

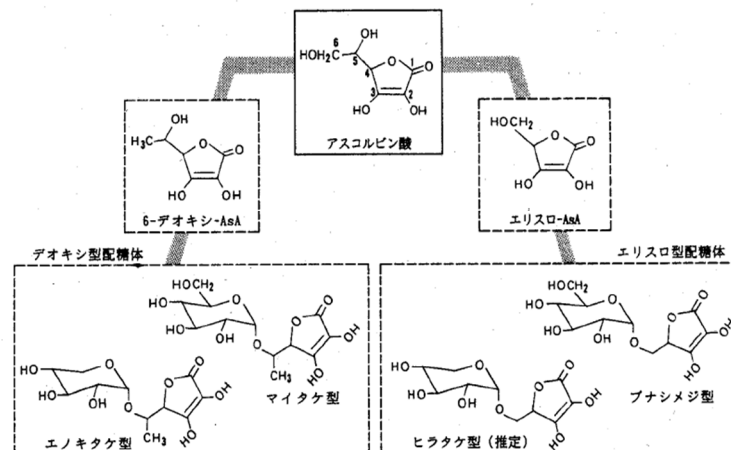
L2 第 52 回専門調査会（平成 19 年 12 月 25 日）資料 2－4

L3 水道法 4 条に基づく水道水水質基準

アスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）がアスコルビン酸（AsA）と同様の挙動を示す 文献に関する調査報告書

まず、マッシュルームに含まれているアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）に関する調査を行ってみたところ、キノコに含まれているアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）には、その構造としてアスコルビン酸（以下 AsA と記す）と同様に enediol 基（ -COH=COH- ）を含むラクトン環を有する 6-deoxy-AsA、erythro-AsA 及びこれらの C-5 位にグルコース又はキシロースが結合した配糖体も発見されていることが判り、これらはいずれも AsA と同等の還元力を有していることが確認されています（図 1）。

図 1 キノコに含まれているアスコルビン酸関連化合物



さらに、オサゾン・HPLC 法で 19 種類のキノコ中のアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）の含有量を測定し、マッシュルーム（ハラタケ科、ツクリタケ）中の総含有量 $136 \mu\text{mol}/\text{生重量 } 1\text{kg}$ のうち、約 81% $[(21+2+87)/136 \mu\text{mol}/\text{生重量 } 1\text{kg}]$ が 6-deoxy-AsA とその配糖体であり、約 19% $[(3+1+21)/136 \mu\text{mol}/\text{生重量 } 1\text{kg}]$ が erythro-AsA とその配糖体で AsA は含まれていないことが報告されています。

（表 1）^(M1)

表 1 キノコ中のアスコルビン酸類縁体含有量（ $\mu\text{mol}/\text{生重量 } 1\text{kg}$ 当たり）

キノコ名	Deoxy-AsA	Erythro-AsA	AsA	エノキタケ型	ヒラタケ型	マイタケ型	ブナシメジ型	計
キクラゲ科								
アラゲキクラゲ	0	0	0	0	0	0	0	0
多孔菌科								
アミスギタケ	0	0	0	216	71	1075	434	$1796 + \alpha^{*1}$
マイタケ	60	0	0	7	0	296	0	363
ヒラタケ科								
ヒラタケ	12	9	0	101	137	24	29	$312 + \alpha$
シイタケ	8	0	0	0	10	348	416	$782 + \alpha$
キシメジ科								
ブナシメジ	3	5	0	17	2	49	160	236
マツタケ	4	0	0	2	1	36	48	$91 + \alpha$
ヒメキシメジ	160	49	0	18	0	3	0	230
エノキタケ	12	0	0	766	3	4	0	$785 + \alpha$
ハラタケ科								
ツクリタケ	21	3	0	2	1	87	21	136
ハラタケ	0	4	0	34	0	0	64	$102 + \alpha$
ヒトヨタケ科								
ネナガノヒトヨタケ	265	0	0	3	1	6	0	$275 + \alpha$
オキナタケ科								
ヤナギマツタケ	93	58	0	7	0	4	5	167
モエギタケ科								
ナメコ	538	50	7	0	0	0	0	595
フウセンタケ科								
アブラシメジ	52	6	0	0	0	56	9	$123 + \alpha$
ムラサキフウセンタケ	5	1	0	0	3	21	146	$176 + \alpha$
ベニタケ科								
ニセクサハツ	24	0	0	35	4	149	0	$212 + \alpha$
ニオイコベニタケ	30	0	0	4	2	39	75	
ニセシヨウロ科								
ヒメカタシヨウロ	4	7	0	0	1	101	3	116

*1 + α は構造未解明の類似物質が存在することを示す。

そこで、マッシュルームに含まれているアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）の主成分である 6-deoxy-AsA とラジカルの反応について調査しました結果、6-deoxy-AsA とラジカルの反応に関する文献は確認できませんでしたが、AsA の末端鎖（C-6）水酸基を臭素で置換した誘導体が *in vitro* および *in vivo* で特定の腫瘍細胞に対する抗腫瘍活性が増強されることから、6-Br-6-deoxy-AsA の化学的性質に注目し、Br-6-deoxy-AsA と $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{Br}_2\cdot^-$ およびシステインラジカル ($\text{RS}\cdot$) との反応で生成されるラジカルの光吸収スペクトルを測定した文献^(M2) が見つかりました。

なお、この文献におけるアスコルビン酸誘導体 6-Br-6-deoxy-AsA (6-Br-AH) の 1 電子酸化反応は、分子がモノアニオン型 [6-Br-6-deoxy-AsA $^-$ (6-Br-AH $^-$)] で存在する弱酸性 pH の水溶液中で研究されており、酸化剤として $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{Br}_2\cdot^-$ および $\text{RS}\cdot$ が用いられ、調査した全ての系でアスコルビン酸ラジカルアニオン ($\text{A}^{\cdot-}$) に特徴づけられた光吸収スペクトル ($\lambda_{\text{max}}=360\text{nm}$; $\epsilon_{360}=330\text{m}^2\text{mol}^{-1}$) と同じ吸収スペクトル (図 2) を示すことから、アスコルビン酸誘導体 (6-Br-AH) の酸化により生成されるラジカルは、下記の反応式に示された構造 I の 6-Br-6-deoxy-AsA $^{\cdot-}$ (6-Br-AH $^{\cdot-}$)、であることが示唆されています。

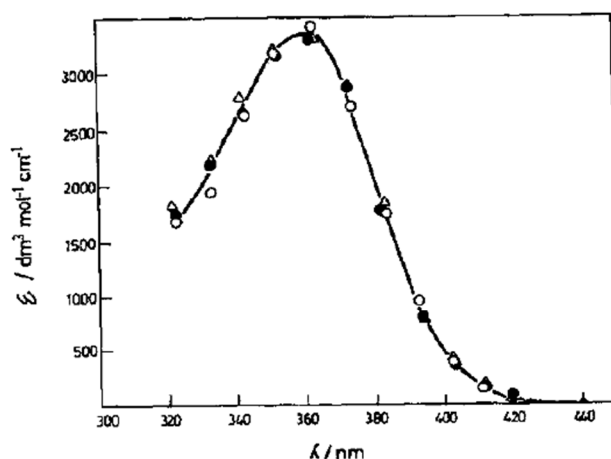
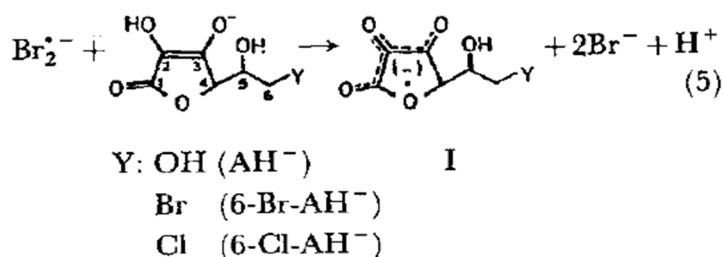


Figure 1. Optical absorption spectra of radicals produced upon one-electron oxidation of 6-Br-AH $^-$ (○), 6-Cl-AH $^-$ (△), and AH $^-$ (●) by $\text{Br}_2\cdot^-$ obtained 20 μs after pulse irradiation in N_2O -saturated aqueous solutions containing 0.1mol dm^{-3} bromide and 1mmol dm^{-3} substrates.

図 2 Ascorbyl Radical と 6-halo-deoxy-Ascorbyl Radical の光吸収スペクトル



したがって、当該文献におけるアスコルビン酸誘導体のように、C-6 の OH 基がハロゲン原子で置換されても、ラジカルアニオンのスペクトル特性には影響しないことに注目すれば、6-deoxy-AsA もラジカルと反応すれば、6-deoxy-AsA $^{\cdot-}$ が生成されることは容易に推測することができ、マッシュルームに含まれているアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）である 6-deoxy-AsA は AsA と同様に酸化ラジカルに対する優れた 1 電子供与体であることが示されていると考えます。

また、AsA (a)および 6-Deoxy-6-halo-L-AsA (f)の酸化・還元による予測構造を示す図 3 が文献^(M3)に記載されており、この 6-Deoxy-6-halo-L-AsA (f)は AsA (a)と構造的に類似しており、電子が 1 つ失われると 6-Deoxy-6-halo-Ascorbyl Radical(g)が生成され、2 つ目の電子が失われると 6-Deoxy-6-halo-Dehydroascorbic Acid (h)に変化し、さらに水和物(i)を形成しますが、AsA のように 6 位に OH 基がないため、二環式ヘミケタール体(e)に環化できないと説明されています。このことから、マッシュルームのアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）である 6-Deoxy-AsA も同様にラジカルと反応して電子を失い、6-Deoxy-Ascorbyl Radical を経由し 6-Deoxy-Dehydroascorbic Acid とその水和物に変化することは十分に予測できます。^(M3)

6-ブロモ-6-デオキシ-L-アスコルビン酸

5213

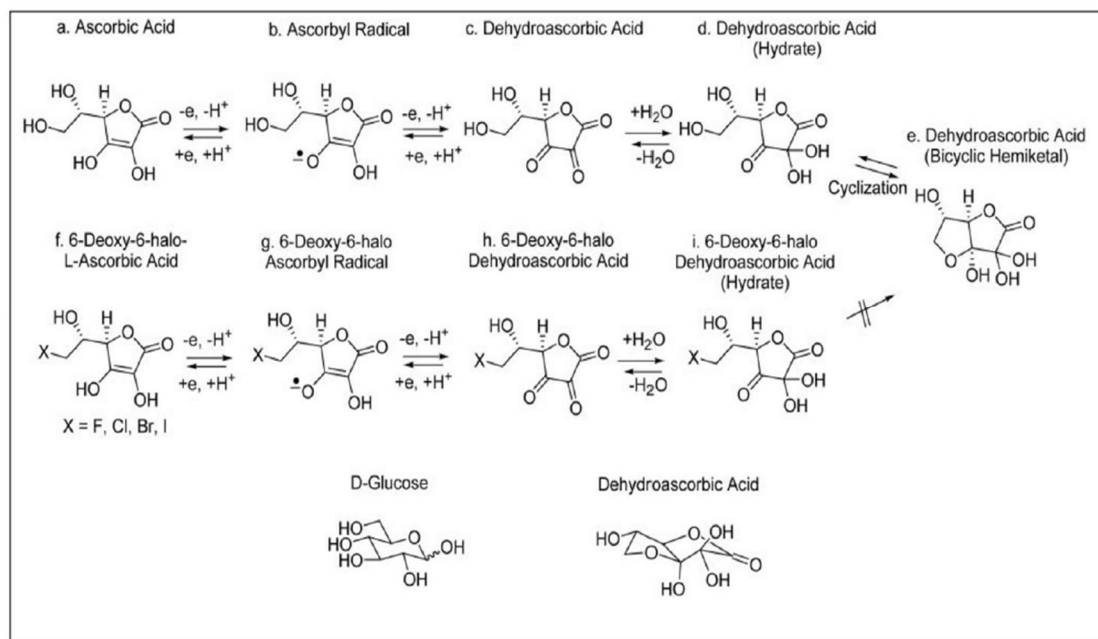


図 3 アスコルビン酸および 6-ハロ 6-デオキシ-L-アスコルビン酸の酸化・還元による予測構造

また、もう一方のアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）である D-erythro-AsA については、還元型 AsA から酸化型 AsA を生成する酵素であるアスコルビン酸オキシダーゼを用いた文献において、その酸化反応が確認されており、きのこ中に含まれているアスコルビン酸オキシダーゼは、AsA のみならず、erythro-AsA やその配糖体などの類縁物質も酸化し、その際に対応する酸化物と過酸化水素 (H_2O_2) を生成することが報告されています。^(M4)

この結果から、きのこ中のアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）は、AsA と同様に電子供与体として作用し、酸化されることが示唆されています。

以上の通り、マッシュルームのアスコルビン酸類縁物質（アスコルビン酸アナログ）である 6-Deoxy-Ascorbic Acid（還元型）はアスコルビン酸と同様にラジカルと反応することで電子を失い、6-Deoxy-Ascorbyl Radical を経由し 6-Deoxy-Dehydroascorbic Acid（酸化型）とその水和物に変化して還元性を消失するため、還元力を利用したインドフェノール法で、食品を亜塩素酸水で処理した場合と処理しない場合の測定値を比較することでラジカルの生成有無を確認することは可能だと考えます。

引用文献

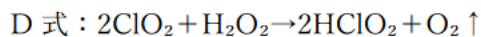
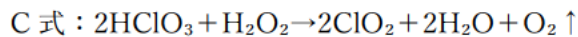
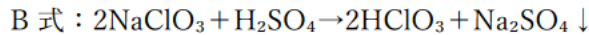
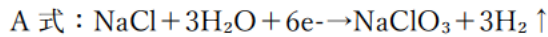
- M1 キノコに含まれるアスコルビン酸類縁体とその配糖体(ビタミン, 69 巻 2 号(2 月)1995)
- M2 One-electron Oxidation and Reduction Reactions of Vitamin C Derivatives
(Int J Radiat Biol. 1994 ; 66(2) : 123-131)
- M3 6-Bromo-6-deoxy-L-ascorbic Acid,
(The Journal of Biological, Chemistry, Vol.280, No.7, February 18, pp.5211-5220)
- M4 Intracellular Substrates of a Heme-Containing Ascorbate Oxidase in *Pleurotus
ostreatus*
(The Journal of Microbiology, April 2009, p. 178-186, DOI 10.1007/s12275-008-0307-
8)

800 ppm 亜塩素酸水希釈液中の臭素酸イオン (BrO_3^-) 濃度について

亜塩素酸水の製造方法は、

『飽和塩化ナトリウム溶液に塩酸を加え、酸性条件下で、無隔膜電解槽（隔膜で隔てられていない陽極及び陰極で構成されたものをいう。）内で電解して得られる水溶液（A）に、硫酸を加えて強酸性とし（B）、生成する塩素酸に過酸化水素水を加えて反応させて得られる（C,D）水溶液である。』

<反応式>



従って、亜塩素酸水中の臭素酸イオン (BrO_3^-) は、原料である塩化ナトリウム中に含まれている臭化物 (Br^-) が電気分解によって生成される。

そこで、異なる臭化物 (Br^-) 量を含む塩化ナトリウムを原料に用いて、飽和食塩水を調製し、この飽和食塩水を電気分解して亜塩素酸水を製造した場合、塩化ナトリウム中の臭化物 (Br^-) 量と亜塩素酸水中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の濃度は相関関係にあるということが判った。 (N1: 亜塩素酸水の製造方法①)

その結果、亜塩素酸水の原料である塩化ナトリウム中の臭化物 (Br^-) の量を規制されることになり、製造基準が『亜塩素酸水を製造する場合、原料として用いる塩化ナトリウムは、日本薬局方塩化ナトリウム又はその規格を満たすもの（臭化物 (Br^-) 含有量が $100 \mu\text{g/g}$ (100ppm) 以下）でなければならない。』と定められた。

なお、亜塩素酸水原液（含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2 = 68.46$) として 4.0～6.0% (40,000～60,000 ppm) 中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の濃度を直接測定することはできない。

従って、含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2 = 68.46$) として 0.04% (400 ppm) [100～150 倍] に希釈した亜塩素酸水希釈液中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の濃度を測定し、そこから算出している。その結果、 $29 \sim 126 \mu\text{g/g}$ の臭化物 (Br^-) 量を含む塩化ナトリウムを用いて、調整した飽和食塩水から製造される亜塩素酸水原液（含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2 = 68.46$) として 4.0～6.0% (40,000～60,000ppm) 中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の推定最大濃度は XXXXXXXXXX ng/g であり、凡そ 500 ng/g (510 ppb) になると推定された。

(N1: 亜塩素酸水の製造方法②)

塩化ナトリウム中の 臭化物 (Br^-) 量 [$\mu\text{g/g}$]	0.04% (400 ppm) 亜塩素酸水中の 臭素酸イオン (BrO_3^-) の推定最大 濃度 [ng/g]	亜塩素酸水含量 [%]	亜塩素酸水原液中の 臭素酸イオン (BrO_3^-) の推定最大濃度 [ng/g]
320	21.30	4.0591	XXXXXXXXXX
200	12.00	4.0600	XXXXXXXXXX
126	4.07	4.0530	XXXXXXXXXX
50	5.30	4.1141	XXXXXXXXXX
29	3.38	4.0741	XXXXXXXXXX

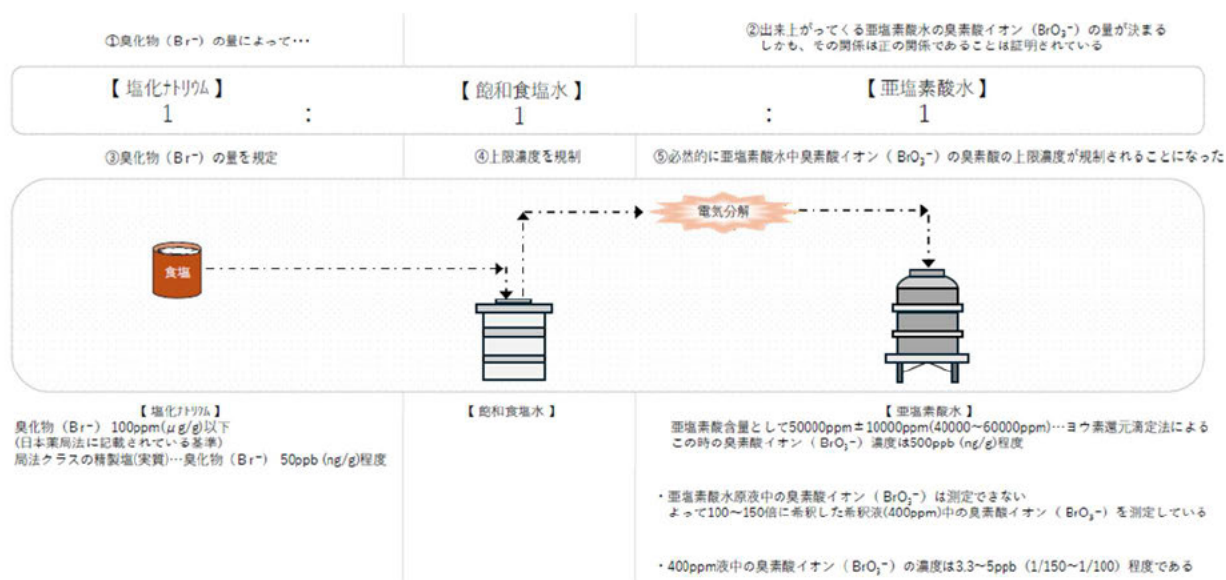
よって、亜塩素酸水原液（含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2 = 68.46$) として 4.0～6.0% (40,000～60,000 ppm) 中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の最大濃度は、凡そ 500 ng/g (510 ppb) であり、又、結果的に高含量の

亜塩素酸水を用いて希釈した液の方が亜塩素酸水中の臭素酸イオン(BrO_3^-)の濃度は低くなる。(N1: 亜塩素酸水の製造方法③)

塩化ナトリウム中の臭化物 (Br^-) 量 [$\mu\text{g/g}$]	出来上がった亜塩素酸水含量 [%]	亜塩素酸水原液中の臭素酸イオン(BrO_3^-)の推定最大濃度 [ng/g]	0.04%(400 ppm)亜塩素酸水中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の濃度 [ng/g]
0~100	4.0	510	5.1
0~100	5.0	510	4.1
0~100	6.0	510	3.4

そこで、亜塩素酸水の含量を、新規申請当初の『含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2=68.46$) として 1.0～6.0%』からを、『含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2=68.46$) として 4.0～6.0%』へと下限濃度を引き上げ、規格基準を規制することによって、含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2=68.46$) として 0.04%(400 ppm)亜塩素酸水中の臭素酸イオン(BrO_3^-)の濃度も規制されることになった。

以上の通り、亜塩素酸水の原料である塩化ナトリウム中の臭化物 (Br^-) の量を「日本薬局方塩化ナトリウム又はその規格を満たすもの（臭化物(Br^-)含有量が $100\mu\text{g/g}$ (100ppm)以下) でなければならない」と製造基準で定められたこと、及び、亜塩素酸水の含量が「含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2=68.46$) として 4.0～6.0%である」に下限濃度が引き上げられて規制された結果、この製造基準に適合した塩化ナトリウム：1 に対して、調整した飽和食塩水：1 から製造される含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2=68.46$) として 4.0～6.0%(40,000～60,000 ppm)の亜塩素酸水原液：1 が出来上がり、この亜塩素酸水原液（含量 亜塩素酸 ($\text{HClO}_2=68.46$) として 4.0～6.0%(40,000～60,000 ppm)中の臭素酸イオン(BrO_3^-)の濃度は一定濃度（凡そ 500 ng/g (510 ppb)）になる。



次に、原液の亜塩素酸水中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の濃度は臭素酸イオン (BrO_3^-) の溶解度に比べて圧倒的に少なく、亜塩素酸イオン (ClO_2^-) や、塩素酸イオン (ClO_3^-) よりも酸解離定数が高く、他に解離性及び酸化性が強く、濃縮性が低い物質であるとされている^(N2)。なお、原液の亜塩素酸水を一定倍率で希釈した場合、亜塩素酸水中の塩素酸イオン (ClO_3^-) の濃度も、臭素酸イオン (BrO_3^-) の濃度も、同じく一定の希釈倍率で希釈されることになる。従って、400 ppm 亜塩素酸水当たりの塩素酸イオン (ClO_3^-) の推定最大濃度や、臭素酸イオン (BrO_3^-) の推定最大濃度は、亜塩素酸イオン (ClO_2^-) の濃度に対して一定の比率であり、この比率が変わることは決していない。^(N1: 亜塩素酸水の製造方法④)

	亜塩素酸イオン(ClO_2^-)の濃度	塩素酸イオン(ClO_3^-)の濃度	臭素酸イオン(BrO_3^-)の濃度
溶解度 (20~25℃)	約>75.8%(758,000 ppm)	約>40%(400,000 ppm)	約 7.5%(75,000 ppm)
酸解離定数	約 1.1×10^{-2}	約 1.0×10^0	約 2.3×10^{10}
亜塩素酸水中の各濃度 (400 ppm 亜塩素酸水あたり の各推定最大濃度)	40,000~60,000 ppm(4.0~6.0%) (400 ppm/400 ppm 亜塩素酸水)	約 1 ppm (約 1 ppm/400 ppm 亜塩素酸水)	510 ppb (5.1 ppb/400 ppm 亜塩素酸水)
10 倍希釈した亜塩素酸水中の 各濃度 (400 ppm 亜塩素酸水あたり の各推定最大濃度)	4,000~6,000 ppm(0.4~0.6%) (400 ppm/400 ppm 亜塩素酸水)	約 0.1 ppm (約 0.1 ppm/400 ppm 亜塩素酸水)	51 ppb (5.1 ppb/400 ppm 亜塩素酸水)

この内容を踏まえて、対象食品群を殺菌処理液である亜塩素酸水の希釈液を用いて従来通り、もしくは新たな殺菌処理方法で殺菌処理した時、この殺菌処理液である亜塩素酸水の希釈液が 100% (全量)対象食品群中に含浸されたと仮定した。(なお、精米、豆類以外の対象食品群は、含浸させない表面殺菌処理で殺菌することを前提しているが、ここではあくまでも最悪のケースとして含浸されたと仮定している。)

なお、使用基準では、使用した殺菌処理液は「最終食品の完成前に分解し、又は除去しなければならない」と定められている為、対象食品群中に含浸された殺菌処理液中の亜塩素酸イオン (ClO_2^-) は、全て水道水 (製造用水) に置換 (水洗) されるまで、水道水 (製造用水) を用いて置換 (水洗) する必要がある。

しかし、この水道水中にも各種各々のイオン (ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 BrO_3^- 等) が含まれており、水道水の水質基準から亜塩素酸イオン (ClO_2^-) と塩素酸イオン (ClO_3^-) は最大 0.6ppm、臭素酸イオン (BrO_3^-) は最大 10 ppb 含まれている。その為、対象食品群中の殺菌処理液が、全て (完全に) 水道水に置換 (水洗) されたとした場合、この対象食品群中の亜塩素酸イオン (ClO_2^-) と塩素酸イオン (ClO_3^-) は最大 0.6ppm、臭素酸イオン (BrO_3^-) は 10 ppb にまで低減していると考えるのが妥当であり、この 0.6ppm 濃度の亜塩素酸イオン (ClO_2^-) と塩素酸イオン (ClO_3^-) 及び 10ppb 濃度の臭素酸イオン (BrO_3^-) が、対象食品群中に含浸されていることが最大リスクであると考ええる。

なお、使用基準がある亜塩素酸水を用いて、従来通り、もしくは新たな殺菌処理方法で殺菌処理し、その後、水道水 (製造用水) で置換 (水洗) する際、『食安発 02101 第 2 号「食品衛生法施行規則の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件等について」(平成 25 年 2 月 1 日)』には、置換 (水洗) に用いた水道水 (製造用水) 中の濃度が記載されており、また、亜塩素酸水使用者は、『厚生食基発 0308 第 1 号 厚生食監発 0308 第 1 号「食品中の食品添加物分析法の妥当性確認ガイドライン」の作成及び「第 2 版 食品中の食品添加物分析法」の改正について(令和 6 年 3 月 8 日) 別添 1 食品中の食品添加物分析法の妥当性確認ガイドライン』において既に評価されている『薬生食基発 0624 第 1 号 厚生食監発 0624 第 1 号「食品中の食品添加物分析法」の改正について(令和 3 年 6 月 24 日) 別添 3 亜塩素酸ナトリウム』に準じて、対象食品群中に含浸された殺菌処理液中の亜塩素酸イオン

(ClO₂⁻)が残って(残留して)いないのかどうかを確認しなければならないと義務付けられている。^(N3)
(N4)

そのため、対象食品群中に含浸された殺菌処理液中の亜塩素酸イオン(ClO₂⁻)が、水道水の水質基準の目標値として定めている亜塩素酸イオン(ClO₂⁻)の値(0.6ppm)よりも低いもしくは同等であるという確認が取れれば、先に述べた通り、亜塩素酸イオン(ClO₂⁻)よりも解離定数が高く、濃縮性が低い臭素酸イオン(BrO₃⁻)は、水道水の水質基準の基準値として定めている臭素酸イオン(BrO₃⁻)の値(10ppb)と同等もしくはそれ以下にまで置換(水洗)されていると考える。

しかも我々は、この水道水の水質基準の目標値として定めている亜塩素酸イオン(ClO₂⁻)の値(0.6ppm)と同等もしくはそれ以下に置換(水洗)されていることが確認出来ている対象食品群を検体(洗い出したもの、もしくはすりつぶしたもの)に用いて各種のイオン(ClO₂⁻、ClO₃⁻、BrO₃⁻)の残留確認試験で確認している。^(N5~N13)その結果、全ての対象食品群は、水道水水質基準(最大)濃度以下であった。

従って、殺菌処理を施した後、使用基準を遵守した水道水(製造用水)で置換(水洗)した時に含浸された対象食品群中の各種のイオン(ClO₂⁻、ClO₃⁻、BrO₃⁻)の推定最大(最大リスク)濃度は、水道水の水質基準基準値と同等であると言える。^(N1: 亜塩素酸水の製造方法⑤)

	亜塩素酸イオン(ClO ₂ ⁻)の濃度	塩素酸イオン(ClO ₃ ⁻)の濃度	臭素酸イオン(BrO ₃ ⁻)の濃度
対象食品群中に含浸された各濃度(400 ppm 亜塩素酸水あたりの各推定濃度)	40,000 ppm (40,000 ppm/400 ppm 亜塩素酸水)	■ ppm (■ ppm/400 ppm 亜塩素酸水)	510 ppb (5.1ppb/400 ppm 亜塩素酸水)
全て(完全に)水道水で置換(水洗)された時の各対象食品群中に含浸された各推定最大(最大リスク)濃度*	0.6 ppm [mg/kg]	■ ppm [mg/kg]	10 ppb [μg/kg]

※水道法第4条における水質基準に基づく基準濃度を記載 ^(N17)

そこで、殺菌処理を施した後、使用基準を遵守した水道水(製造用水)で置換(水洗)した時に含浸された対象食品群中の各種のイオン(ClO₂⁻、ClO₃⁻、BrO₃⁻)の推定最大(最大リスク)濃度を用いて、TMDI(理論最大1日摂取量)を算出し、ADI(許容1日摂取量)もしくは、10⁻⁵発がんリスクレベルと比較してみた。

尚、対象食品群中の亜塩素酸イオン(ClO₂⁻)の推定最大残留濃度は「0.6 ppm [mg/kg]」であるが、「亜塩素酸ナトリウム添加物評価書(第4版)」^(N18)及び「亜塩素酸水添加物評価書(第2版)」^(N19)に用いられている推定最大残留濃度については、過大な見積もりとなる可能性こそあったが、水道水水質基準値である「0.6ppm [mg/kg]」よりも高い値で、『米(精白米)』、『豆類』、『野菜類』、『果実類』、『藻類』、『魚介類』の推定最大(最大リスク)濃度を「1mg/kg」に設定し、『肉類』の推定最大(最大リスク)濃度を「5mg/kg」に設定した。

また、対象食品群中に含浸された塩素酸イオン(ClO₃⁻)及び臭素酸イオン(BrO₃⁻)は、今回、想定している水道水の水質基準値が最も高い値である為、水道水に基づく基準(最大)濃度を最大リスクとして設定することにした。^(N1: 亜塩素酸水の製造方法⑥)

(安全性評価_令和5年国民健康・栄養調査報告 第1部 栄養摂取状況調査の結果^{N18}を使用)

対象食品群	1日摂取量 (kg/日)	日本人の 平均体重(kg) ^{※3}	対象食品中に吸収された推定最大(最大リスク)濃度			TMDI(理論最大1日摂取量)値		
			亜塩素酸イオン(ClO_2^-)	塩素酸イオン(ClO_3^-)	臭素酸イオン(BrO_3^-)	亜塩素酸イオン(ClO_2^-)	塩素酸イオン(ClO_3^-)	臭素酸イオン(BrO_3^-)
米(精白米)	0.137287	55.1	1 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
豆類	0.055400	55.1	1 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
野菜類 (きのこを除く)	0.247000	55.1	1 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
きのこ類	0.013600	55.1	1 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
果実類	0.088400	55.1	1 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
藻類	0.009800	55.1	1 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
魚介類	0.058400	55.1	1 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
肉類	0.107100	55.1	5 mg/kg ^{※1}	0.6 mg/kg ^{※2}	10 µg/kg ^{※2}			
※1 「亜塩素酸ナトリウム添加物評価書(第4版)」 ^{N15} 及び「亜塩素酸水添加物評価書(第2版)」 ^{N16} に用いた、最大検出(定量)限界値を設定した。 ※2 水道法第4条における水道水の水質基準値に基づく基準(最大)濃度 ^{N14} を設定した。 ※3 平成26年2月、厚生省薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会 ^{N17} において、農薬や動物用医薬品などの暴露評価に用いる平均体重を「国民平均:55.1kg」と設定している為、55.1kgに設定した。			合計 ^{※3}			mg/kg・体重/日	mg/kg・体重/日	µg/kg・体重/日
			ADI値			Λ	Λ	Λ
			または 10 ⁻⁵ 発がん リスクレベル			0.029 mg/kg・体重/日	0.01 mg/kg・体重/日	0.357 µg/kg・体重/日

その結果、亜塩素酸イオン(ClO_2^-)及び塩素酸イオン(ClO_3^-)については、各々ADIよりも低く、また、臭素酸イオン(BrO_3^-)については10⁻⁵発がんリスクレベルの値よりも下回っていることが判った。よって、使用基準を遵守して、殺菌処理後の対象食品を『食安発 02101 第2号「食品衛生法施行規則の一部を改正する省令及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件等について」(平成25年2月1日)』に基づき、水道水(製造用水)で置換(水洗)した対象食品群から抽出した試料液を用いて、『薬生食基発 0624 第1号 健生食監発 0624 第1号「食品中の食品添加物分析法」の改正について(令和3年6月24日)別添3 亜塩素酸ナトリウム』に準じて殺菌処理液で殺菌処理を施した後、水道水(製造用水)で置換(水洗)した対象食品群中の亜塩素酸イオン(ClO_2^-)が水道水水質基準レベルにまで置換されているということが判れば、塩素酸イオン(ClO_3^-)や臭素酸イオン(BrO_3^-)の濃度も水道水水質基準レベルまで置換されていると言え、その後の加工調理(加熱や調味等)が施された最終食品の亜塩素酸イオン(ClO_2^-)や塩素酸イオン(ClO_3^-)や臭素酸イオン(BrO_3^-)の濃度は当然、水道水水質基準以下であり、安全性は確保されていると判断される。^(N1: 亜塩素酸水の製造方法⑥)

<引用文献>

- N1) 亜塩素酸水の製造方法①～⑥
- N2) 浄水における臭素酸のリスク評価と生成の制御に関する研究
- N3) 厚生食基発 0308 第 1 号 厚生食監発 0308 第 1 号「食品中の食品添加物分析法の妥当性確認ガイドライン」の作成及び「第 2 版 食品中の食品添加物分析法」の改正について(令和 6 年 3 月 8 日) 別添 1 食品中の食品添加物分析法の妥当性確認ガイドライン』
- N4) 薬生食基発 0624 第 1 号 厚生食監発 0624 第 1 号「食品中の食品添加物分析法」の改正について(令和 3 年 6 月 24 日) 別添 3 亜塩素酸ナトリウム
- N5) 対象食品群中の臭素酸イオン (BrO_3^-) の残留性確認試験②
- N6) 対象食品群中(きのこ、豆、精白米)の残留性確認試験
- N7) 引用文献 45 対象食品群の残留性確認試験(野菜類)
- N8) 引用文献 46 対象食品群の残留性確認試験(穀類(米・加工品))
- N9) 引用文献 47 対象食品群の残留性確認試験(肉類)
- N10) 引用文献 48 対象食品群の残留性確認試験(豆類)
- N11) 引用文献 49 対象食品群の残留性確認試験(魚介類)
- N12) 引用文献 50 対象食品群の残留性確認試験(藻類)
- N13) 引用文献 51 対象食品群の残留性確認試験(果実類)
- N14) 水質基準項目(環境省)
- N15) 亜塩素酸ナトリウム添加物評価書(第 4 版)
- N16) 亜塩素酸水添加物評価書(第 2 版)
- N17) 食品健康影響評価に用いる平均体重の変更について
(平成 26 年 3 月 31 日 食品安全委員会決定)
- N18) 令和 5 年国民健康・栄養調査報告 第 1 部 栄養摂取状況調査の結果