

電気味覚による炭酸水に含まれる炭酸の変化

野村 伊吹¹⁾, 石岡 光¹⁾, 四宮 剛太¹⁾, 望月 典樹¹⁾, 中村 壮亮¹⁾, 小池 崇文¹⁾
1) 法政大学

あらまし: 炭酸水を当てる舌の場所ごとの炭酸水の炭酸刺激の強さを調査した。結果, どの場所に当てても強さは変わらないことがわかった。また, 電気味覚の簡易モデルを用いた炭酸感制御の機序仮説を検討する実験計画を設定した。

The Change of Carbonation in Carbonated Water by Electric Taste

Ibuki Nomura¹⁾, Hikari Ishioka¹⁾, Gota Shinomiya¹⁾, Noriki Mochizuki¹⁾,
Sousuke Nakamura¹⁾, Takafumi Koike¹⁾
1) Hosei University

Abstract: We investigated the intensity of the carbonation of carbonated water at different locations on the human tongue. The results showed that the intensity did not change regardless of the location of the human tongue. We also set up a design to examine the hypothesis of the mechanism of carbonation control using a simple model of electric taste.

1. はじめに

炭酸飲料には, 溶存炭酸ガスによる炭酸刺激が存在し, 舌や口腔内の三叉神経で受容する。我々は, 電気味覚を用いて炭酸飲料を飲む際に感じる炭酸感を増強させる研究を行っている[1][2]。電気味覚とは, 舌へ電気刺激を提示することで生じる味覚のことである。開封して時間が経った炭酸飲料を飲む際に電気刺激を提示することで, 炭酸感を増強させ, 時間経過によって失われた清涼感や爽快感を補完することができる。

これまでの我々の研究において炭酸飲料を用いた実験を行う際, 市販のソーダストリームを用いて炭酸水を生成し, ソーダストリームのプッシュ回数によって炭酸水の炭酸の強さを制御していた。しかし, ソーダストリームのプッシュ回数では一定の炭酸の強さの炭酸水を作ることは困難であり, 試行ごとに変わってしまう恐れがある。そこで, 炭酸の強さを, 単位を用いた具体的な数値で示すことが必要である。

炭酸の強さを示す単位として, ガスボリューム(以下, GV)がある。GVは, 飲料中の炭酸ガスの含有量を示す単位であり, 1気圧20℃の標準状態

において1Lの液体に1Lの炭酸ガスが溶けている場合を1GVという。炭酸飲料を用いた実験において異なる炭酸の強さの試料を作成する場合, 炭酸の強さを, GVを用いて表すことでソーダストリームのプッシュ回数より細かく調節することができる。

本稿では, 舌の場所による炭酸刺激の感じ方を調査する。また, 電気刺激を付加した際の電極周辺のpHと水温を測定し, 算出したGVの変化で, 電気刺激提示前と提示中の炭酸の強さの変化に関して調査する。そのために, 人の代わりに金属電極を用いた簡易実験装置を製作する。

2. 関連研究

2.1 炭酸刺激の受容機序

駒井らは, 炭酸水の溶存炭酸ガスが舌表面の上皮細胞に存在する炭酸脱水酵素の働きにより, 水素イオンと炭酸水素イオンが生じて, 刺激を受容するという説を提唱している[3]。また, 辛味物質を受容する陽イオンチャネルの一つであるTRPV1は辛味成分のカプサイシンだけでなく, 水素イオンのような酸によっても活性化され, ピリピリとした炭酸感を脳に認識させている[4]。

Chandrashekar らは、炭酸を口腔内にふくむと水素イオンが酸味を感じる味細胞を活性化させることで、酸味を感じることを提唱した[5].

2.2 電気味覚を用いた味の強さの制御

味を感じる物質は味蕾と呼ばれる舌表面に存在する味覚受容体を活性化させ、味を伝える神経細胞を通して脳に電気信号が送られることで味を認識する.

青山らは、5種類の基本味(酸味, 塩味, 苦味, 甘味, うま味)を感じる電解質物質において電気刺激による味覚抑制効果を得られたことから、味覚抑制の機序として味を呈するイオンの電気泳動説を提唱した[6]. これは、電気刺激による電場の影響により、イオンが口腔内を泳動し、舌周辺のイオン濃度が変化することで味覚を制御できるという説である.

2.3 電気味覚を用いた炭酸感制御の伝達機序

我々は、炭酸刺激の受容機序と電気刺激によるイオンの電気泳動説に基づいて、電気味覚を用いた飲料の炭酸感制御の伝達機序に関する仮説設定を行った[7]. 炭酸水を飲む際に、炭酸水に電気刺激を付加することで炭酸水中の水素イオンが電気泳動し、舌周辺の水素イオン濃度が変化することで炭酸感を制御できるという説である.

3. 舌の場所による炭酸刺激の感じ方

炭酸水を飲む際に、舌に炭酸水が当たる場所によって炭酸刺激の感じ方が変わってしまうと、電気味覚による炭酸感増強の実験を行うとき、電気刺激による変化であるか舌に当たる場所による変化であるか区別がつかない可能性がある.

3.1 実験手順

本実験では、炭酸水を当てる舌の場所による炭酸刺激の感じ方を調査するため、被験者8名に対して実験を行った. 使用する炭酸水は、市販の軟水にソーダストリームで炭酸ガスを注入して作成した. 炭酸水は、ソーダストリームのプッシュ回数を基準に1~3回の3種類の試料を用意した.

事前準備として、被験者は水を飲み、口腔内を整える. その後、3種類の試料を飲み、それぞれの炭酸の強さを覚える. 位置の基準として、炭酸水が舌の中央に流れるように実験者がストローを用いて位置を調整する.

本番では、プッシュ2回の炭酸水を用いる. まず、炭酸水が舌先に当たるように実験者がストローの位置を調整する. 被験者は、事前に記憶した3種類の試料と比較して、舌先で感じた炭酸の強さを1~5(1...プッシュ1回よりも弱い, 2...プッシュ1回と同じ強さ, 3...プッシュ2回と同じ強さ, 4...プッシュ3回と同じ強さ, 5...プッシュ3回より強い)の5段階で回答する. その後、水を飲んで口腔内を整え、30秒のインターバルを取る. 同様に、舌の左側、舌の右側でも評価し、計3試行を行う.

3.2 結果

被験者8名の回答を表1に示す. 被験者1~被験者5の5名においては、舌の場所によって炭酸の強さに変化がなかった. また、炭酸水を舌先に当てたとき、中央に当てた場合より炭酸が弱く感じた被験者はいなかった. しかし、どの部位においても有意差は見られなかった. したがって、電気味覚実験において、舌に炭酸水が当たる場所は考慮しなくてよいことが示唆された.

表1 被験者8名の回答

	舌先	舌の左側	舌の右側
被験者1	3	3	3
被験者2	3	3	3
被験者3	3	3	3
被験者4	3	3	3
被験者5	3	3	3
被験者6	4	4	4
被験者7	4	4	2
被験者8	4	4	2

4. 炭酸感制御の機序仮説の検討実験計画

人は、口腔内の炭酸脱水酵素によって炭酸から水素イオンと炭酸水素イオンが生じることで水素イオンによって炭酸刺激を受容する。そのため、電気刺激を与えると水素イオンが電気泳動し、舌周辺の水素イオン濃度が変化することで炭酸の強さが変化すると考えている。また、炭酸の強さを示すGVはpHと温度を用いて算出することができ、電気味覚実験において舌周辺のpHを測定することで炭酸の強さの変化を分析することができる[8]。

4.1 実験

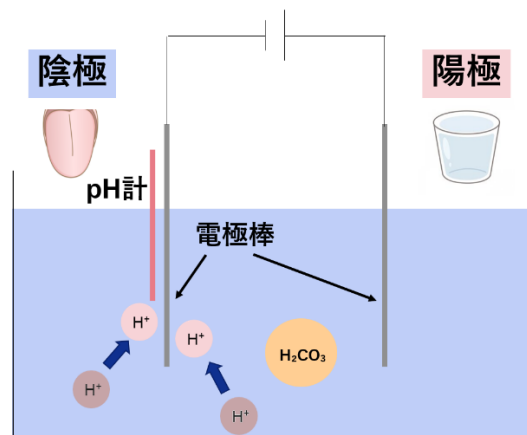
炭酸水に電気刺激を提示する前と提示中における炭酸水のpHを測定し、算出したGV値の変化を分析することで、電気刺激提示前と提示中の炭酸の強さの変化に関して調査する。本実験において、炭酸水を飲んでいる最中に口腔内における舌周辺のpHを直接測定することは困難であるため、図1に示すような舌を金属電極に置き換えた簡易モデルを用いて実験を行う。金属電極の抵抗と皮膚抵抗は異なるため、舌への電気刺激で付加する電流値1mAと同じになるように電圧を調整し、簡易モデルに電流を付加する。

実験で使用する炭酸水は、予め冷蔵庫で一定温度にした市販の軟水にソーダストリームを使用し、500mLの炭酸水を作成し、プッシュ回数を1~4回の計4種類を用意する。唾液に含まれる炭酸脱水酵素による炭酸の受容を再現するため、陰極側は唾液を混ぜた状態にする。pHの測定は、唾液投入前、唾液投入後の電気刺激提示前、電気刺激提示直後の計3回行う。そして、それぞれのpHの測定値をGVに変換し、比較を行う。

4.2 予想

唾液に含まれる炭酸脱水酵素の働きにより、炭酸から水素イオンと炭酸水素イオンが生じる反応が加速される。図1のように、陽極電気刺激により陰極側に水素イオンが集まり、陰極周辺のpHが小さくなる。

したがって、pHが小さくなるとGVが多くなることから、陽極電気刺激によって炭酸水の炭酸感が増強されると予想する。



炭酸水 H_2CO_3 : 500mL

図1 簡易モデル

5. まとめ

本稿では、炭酸水を当てる舌の場所によって炭酸の強さを比較し、場所日によって炭酸の強さは変わらないということがわかった。また、簡易モデルを用いて電気刺激による炭酸の強さの変化を分析する実験計画を設定した。

参考文献

- [1] 野村伊吹, 小池崇文, “電気味覚による炭酸飲料の刺激増幅に関する基礎検討”, 情報処理学会第82回全国大会論文集, Vol. 4, pp. 567-568, 2020.
- [2] Jumpei Kanayama, Ibuki Nomura, Noriki Mochizuki, Takafumi Koike, and Sousuke Nakamura, “Basic Evaluation of Carbonate Stimulus Amplification and Taste Change Using AC Electric Stimulation,” SII'21, 2021.
- [3] 駒井三千夫, 井上貴詞, 長田和実, “口腔・鼻腔の三叉神経を介した刺激性物質の受容機構”, におい・かおり環境学会誌, Vol. 37, Issue 6, pp. 408-416, 2006.
- [4] 駒井三千夫, “微量栄養素の新規機能の解明に関する研究”, 日本栄養・食糧学会誌, Vol. 68, No. 6, pp. 259-264, 2015.
- [5] Jayaram Chandrashekar, David Yarmolinsky, Lars von Buchholtz, Yuki Oka, William Sly, Nicholas J. P. Ryba, and

- Charles S. Zuker, “The Taste of Carbonation”, *Science*, Vol. 326, Issue 5951, pp. 443-445, 2009.
- [6] Kazuma Aoyama, Kenta Sakurai, Satoru Sakurai, Makoto Mizukami, Taro Maeda, and Hideyuki Ando, “Galvanic Tongue Stimulation Inhibits Five Basic Tastes Induced by Aqueous Electrolyte Solutions,” *Frontiers in Psychology*, Vol.8, Article No. 2112, 2017.
- [7] 野村伊吹, 金山純平, 望月典樹, 中村壮亮, 小池崇文, “電気味覚による飲料の炭酸感増強に関する伝達機序の仮説設定と検証実験の検討”, 第26回香り・味と生体情報研究会報告, 2021.
- [8] 野村伊吹, 石岡光, 望月典樹, 中村壮亮, 小池崇文, “電気味覚による炭酸水に含まれる炭酸の変化に関する基礎検討”, 第26回バーチャルリアリティ学会大会, 2021.

© 2021 by the Virtual Reality Society of Japan (VRSJ)