

上越市居多ヶ浜の砂鉄を加えた陶器による 味の違いに関する研究

永吉 雅人¹⁾ 杉田 収²⁾

1. はじめに

高井陶房（高井 進氏：上越市中郷区江端）で制作されている妙高焼陶器について、上越市（直江津）居多ヶ浜（こたがはま）の砂（砂鉄が含まれている・図1）を融解させ、器の底に垂らしたもの（以下、新妙高焼）は、垂らさなかった通常の妙高焼（以下、通常妙高焼）に比べて、それらを用いて飲む水、茶、コーヒー、酒などの味がおいしくなり、さらに炊飯用に造られた新妙高焼陶器を加えて炊いた米飯がおいしくなるとの体験が寄せられた。そこで新潟県立看護大学の大学祭が開催された平成19年（2007年）11月11日、及び平成20年11月8日、それに参加した大勢の学生・教職員、及び大学祭参加外来者に協力をお願いして試飲調査を実施した。新潟県立看護大学学生サークル水研究会のサークル員らは、新妙高焼と通常妙高焼で飲む水（蒸留水）、及び茶に味の違いがあるかどうかを調べた。また新妙高焼と通常妙高焼、さらに市販の美濃焼から溶出する金属化学物質の定量分析と硬度、電気伝導率の測定を外部の測定機関に委託して行った。

2. 目的

新妙高焼で飲む蒸留水、及び茶が、通常妙高焼で飲むそれらとは味が異なると言えるかどうかを大勢のボランティアの協力を得て確認する。また新妙高焼と通常妙高焼から溶出する可能性のある金属化学物質と溶出液の硬度、及び電気伝導率について、両者の測定値を比較することで、新妙高焼の性質を明らかにしたいと考えた。

3. 実験方法

(1) 試飲調査

A) 蒸留水を用いた試飲調査

(1) 使用した陶器（図2）

- A：新妙高焼（居多ヶ浜の砂鉄入り陶器）
- B：通常妙高焼（居多ヶ浜の砂鉄が入らない陶器）
- C：美濃焼（コントロールとしての市販品）
- D：美濃焼（コントロールとしての市販品、Cと同じ陶器）

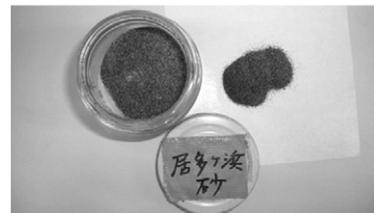


図1 居多ヶ浜の砂（砂鉄を含んでいる）

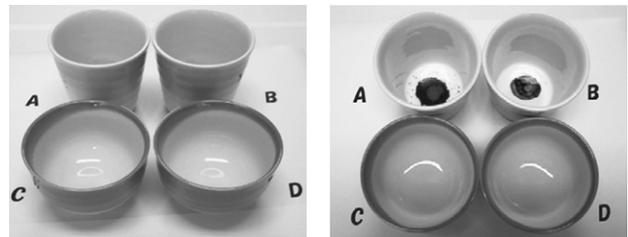


図2 斜め上から（左図）および上から（右図）見た新妙高焼（A）、通常妙高焼（B）、美濃焼（C、D）

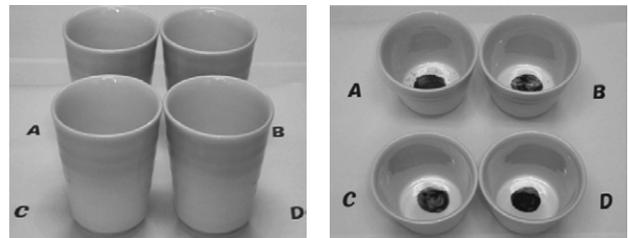


図3 斜め上から（左図）および上から（右図）見た新妙高焼（A）と通常妙高焼（B、C、D）

(2) 試飲の蒸留水

ADVANTEC GS-200型を用い水道水から作成した。

(3) 試飲者

男性47名、女性93名、性別未記入8名の合計148名であった。年齢は18歳から81歳であるが、男女とも約半数が20歳代であった。

B) 茶を用いた試飲調査

(1) 使用した陶器（図3）

- A：新妙高焼
- B：通常妙高焼
- C：通常妙高焼
- D：通常妙高焼（B、Cと同じ種類の妙高焼で、見かけが新妙高焼と同じ）

(2) 試飲の茶

新潟県立看護大学の学生食堂に常時設置され、使用されている給茶装置を用い、茶葉も通常使用されているも

1) ながよしまさと 新潟県立看護大学

2) すぎたおさむ 新潟県立看護大学

の(狭山茶)を給茶装置にセットして用いた。茶葉に注がれる湯は、装置に引き込まれた水道水が装置内で温められ、茶葉は自動的に新しい茶葉に入れ替えられた。試飲用の4種類の容器に同じ濃度・温度の茶を入れる必要性から、装置からの茶を一度ポットに受け、一様にしてからそれを4個の容器に分けた。

(3)試飲者

男性36名、女性103名、性別未記入2名の合計141名であった。年齢は19歳から80歳であるが、男女とも約半数が20歳代であった。

(2)試飲の実験方法

試飲者は新妙高焼Aと、それと外見は同じ通常妙高焼Bの2個の陶器とで蒸留水、或いは茶を飲み比べた。同様にコントロールとした市販の2個のCとDの美濃焼、或いは2個のCとDの通常妙高焼も同じように蒸留水、或いは茶を飲み比べた。このように試飲者は用意された2組ずつ合計4個の陶器の蒸留水、或いは茶を試飲し、両者に味の違いが「ある」或いは「ない」と回答した。

(3)陶器から溶出する金属化学物質と硬度及び電気伝導率の測定

これらの測定は財団法人上越環境科学センターに依頼した。

(1)分析した陶器

A：新妙高焼 B：通常妙高焼 C：美濃焼

(2)酢酸溶液(4%)による陶器からの溶出法と分析方法

陶器からの溶出法は、我が国の厚労省(もと厚生省)から出されている「食品、添加物等の規格基準」のなかの「ガラス製、陶磁器製又はホウロウ引きの器具又は容器包装」に記載されている方法(厚生省, 1959)で行った。新妙高焼、通常妙高焼、美濃焼のそれぞれの陶器に4%酢酸溶液を注ぎ、常温暗所で24時間放置した。放置後の溶出液中のカドミウム、鉛、鉄、アルミニウムの測定はICP(inductively coupled plasma)質量分析法(社団法人日本水道協会, 2006)で行い、硬度はイオンクロマトグラフ法(社団法人日本水道協会, 2006)により測定した。電気伝導率は陶器検体に精製水を注ぎ常温暗所

で24時間放置して溶出液を電気伝導率計法(社団法人日本水道協会, 2006)で測定した。陶器A、Bの溶出液量は160ml、Cのそれは135mlであった。

(3)日常的な陶器の使用条件による溶出と分析方法

新妙高焼、通常妙高焼、美濃焼のそれぞれの陶器に精製水(15.7℃)、その精製水を沸騰させた湯(95.8℃)、及び20%エタノール液(21.9℃)を加え、室温(21.2℃)で10分間放置して試料に用いた。新妙高焼と通常妙高焼の溶出液量は160ml、美濃焼のそれは135mlであった。鉄、及びアルミニウムはICP質量分析法で分析した。硬度はICP発光分光分析法(社団法人日本水道協会, 2006)で分析した。

4. 実験結果

(1)蒸留水の試飲結果

蒸留水の試飲結果を表1に示した。このデータを用いて、 χ^2 検定よりも検出力の高い割合の検定(片側二項検定)を行った。検定結果は新妙高焼と通常妙高焼に注がれた蒸留水の味には有意水準0.1%($p=0.000037$)で有意の差が認められた。新妙高焼と通常妙高焼とは蒸留水の味が異なると言えるとの結果であった。同一被験者で新妙高焼と通常妙高焼に違いが「あり」と回答し、コントロールの2個に違いが「ない」と回答した回答数は28あり、その中で新妙高焼が通常妙高焼に比べて、おいしい、甘い、やわらかい、まるやか、飲みやすいと回答した

「おいしい」に代表される回答数は6であった。一方逆に新妙高焼が通常妙高焼に比べて苦い、渋い、葉の匂い、後味が悪い、臭い、金属のような味、変な味、鉄っぽい味と回答した「苦い」に代表される回答数は8であった。その他の14回答は「おいしい」「苦い」に分類しにくい水道水のような感じ、硬い、味が強いなどの表現であった。

(2)茶の試飲結果

茶の試飲結果を表2に示した。このデータを用いて蒸留水の試飲結果と同様に、割合の検定(片側二項検定)を行った。検定結果は有意水準0.1%($p=0.00025$)で、新妙高焼と通常妙高焼とは茶の味が異なると言えるとの結果であった。同一被験者で新妙高焼と通常妙高焼に違いが「あり」と回答し、コントロールの2個に違いが「ない」と回答した回答数は36あり、その中で新妙高焼が通常妙高焼に比べて、「おいしい」に代表される回答数は8であった。具体的な表現は、甘い、うまい、まるやか、深み、味が濃い、茶の風味、茶の味が出ているであった。一方逆に新妙高焼が通常妙高焼に比べて「苦い」に代表される回答数は10であり、具体的な表現は苦い、渋い、鉄っぽい味であった。その他の18回答は両者に分類しにくい水道水のような感じ、硬いなどの表現であった。

表1 蒸留水の試飲回答結果

新妙高焼と通常妙高焼で違いあり	106(人)
同上 違いなし	42
コントロールの美濃焼同士で違いあり	82
同上 違いなし	66

表2 茶の試飲回答結果

新妙高焼と通常妙高焼で違いあり	107(人)
同上 違いなし	34
コントロールの通常妙高焼同士で違いあり	87
同上 違いなし	54

(3)陶器から溶出する金属化学物質と硬度及び電気伝導率

A) 4%酢酸溶液による溶出

実験の結果を表3に示した。新妙高焼の溶出液中の鉄の濃度は0.41mg/L、アルミニウムの濃度は0.76mg/Lであり、他の通常妙高焼と美濃焼より明らかに高濃度であった。また硬度は7mg/Lで同様に他の陶器より高い値であった。一方それぞれ3種類の陶器から得た溶出液中のカドミウムと鉛はそれぞれ測定限界の0.001mg/L以下の濃度であり、4%酢酸溶出液そのものの測定値(ブランク値)と同じであった。また通常妙高焼と美濃焼の溶出液中の鉄とアルミニウムの濃度はそれぞれ測定限界の0.03mg/L以下と0.02mg/L以下であった。電気伝導率には各陶器に違いがなかった。

B) 日常的な陶器の使用条件による溶出

それぞれ3種類の陶器から得た溶出液の分析結果を表4に示した。新妙高焼、通常妙高焼、及び美濃焼から得た溶出液の分析結果はすべて同じであった。これらの溶出条件では各陶器からの溶出は鉄とアルミニウムはそれぞれ0.03mg/L以下、0.02mg/L以下であり、測定限界以下の濃度で、陶器に注がれた精製水そのものの測定値(ブランク値)と同じであった。また各陶器からの溶出液の硬度は5mg/L以下で、精製水そのものの測定値と同じであった。

5. 考察

被験者には陶器の違いを知らせず、4個の陶器に注がれた蒸留水、或いは茶を2種類ずつ飲み比べてもらった。1組の2個は実験者が知りたい新妙高焼と通常妙高焼の比較であり、他方の2個はコントロールに相応する同一の陶器である美濃焼の比較であり、或いは同一の陶器である通常妙高焼の比較であった。図2、3の右図のように、陶器を斜めから見た場合は陶器の底が見えないが、真上から見た図2、3の左図の場合は陶器の底の色の違い、或いはコントロールの底が見えた。そこで調査時は可能な限り陶器を被験者から離すように置き、陶器の底が見えないように心掛けたが、実際はすべて予定通りではなかったため、視覚による何かのデータへの影響があった可能性は考えられた。

大学の「大学祭」での試飲調査であったために、特に女性が自分の年齢を偽って申告するなど、被験者はお祭り気分での調査であったことを考慮し、1年後に再度茶を用いた調査を行った。その結果、1回目の蒸留水を用いた調査、2回目の茶を用いた調査共に有意水準0.1%($p < 0.001$)の有差となった。

酢(食酢)は酢酸を3~5%含むことから、陶器からの金属化学物質の溶出実験には4%酢酸溶液を用いた。4%酢酸溶液による溶出物質の分析結果は、新妙高焼から鉄

表3 酢酸溶出液(4%)による陶器類からの金属類の溶出と陶器溶出液の硬度、電気伝導率の比較

陶器	カドミウム (mg/L)*2	鉛 (mg/L)*2	鉄 (mg/L)*2	アルミニウム (mg/L)*2	硬度 (mg/L)*3	電気伝導率 ($\mu\text{S/cm}$)*4
新妙高焼	<0.001	<0.001	0.41	0.76	7	1.2
通常妙高焼	<0.001	<0.001	<0.03	<0.02	<5	1.2
美濃焼	<0.001	<0.001	<0.03	<0.02	<5	1.4
(ブランク:4%酢酸溶出液)	<0.001	<0.001	<0.03	<0.02	<5	1.2
(水道水質基準)	0.01以下	0.05以下	0.3以下	0.2以下*5	300以下	-

*1 陶磁器の溶出試験法(厚生省, 1959)に準拠した

*2 金属の4種はICP(inductively coupled plasma)質量分析法で測定した

*3 硬度はICP発光分光分析法で測定した

*4 電気伝導率は精製水を各陶器に注ぎ電気伝導率計で測定した

*5 アルミニウムは快道水質項目としての基準である

表4 日常的な使用条件による陶器類から溶出する鉄とアルミニウムの濃度、及び各溶出液の硬度

陶器	溶出液*1	鉄(mg/L)*2	アルミニウム(mg/L)*2	硬度(mg/L)*3
新妙高焼*4, 通常妙高焼*4, 美濃焼*4	精製水(15.7°C)	<0.03	<0.02	<5
	湯(沸騰 95.8°C)*5	<0.03	<0.02	<5
	20%エタノール(21.9°C)	<0.03	<0.02	<5
(ブランク)	精製水(15.7°C)	<0.03	<0.02	<5

*1 各陶器にそれぞれの溶液を加え、室温(21.2°C)で10分間放置した

*2 ICP(inductively coupled plasma)質量分析法で分析した

*3 20%エタノール液を試料にするためにICP発光分光分析法で分析した

*4 各陶器のデータがすべて同一であったので、まとめて表示した

*5 精製水を沸騰させた

0.41mg/L、アルミニウム0.76mg/Lの溶出があった。我が国の水道水質基準では、鉄は0.3mg/L以下、アルミニウムは0.2mg/L以下とされていることから、4%酢酸溶液により溶出された鉄とアルミニウムは明らかに高値であった。また新妙高焼に注がれた4%酢酸溶液の硬度が高くなったことから、カルシウムとマグネシウムが溶出していると考えられた。一方人体に有害と考えられているカドミウムと鉛は4%酢酸溶液による溶出液からは測定限界以上の濃度は検出されなかった(表3)。さらに電気伝導率は新妙高焼と通常妙高焼、美濃焼にはほとんど違いはなかった。新妙高焼の4%酢酸溶液からは鉄、アルミニウム、カルシウム、マグネシウムがそれぞれイオンになって溶出していると考えられ、これらは電気伝導率に影響を与えると考えられるが、多量の酢酸イオンの中では測定できないことから、ここでは精製水を用いて測定したので電気伝導率の違いがなかったものと考えられる。

陶器に注がれるものは通常、水や湯、或いは酒類であるので、日常的な陶器の使用条件として、精製水、湯、及び各種の酒類を想定した20%エタノール液による陶器からの溶出実験を行った。その結果はそれぞれの陶器からの溶出液からは、4%酢酸溶液とは異なり、鉄とアルミニウムは測定限界以上の濃度は認められず、硬度にも違いがなかった。しかし新陶器と通常陶器に注がれた蒸留水や茶の味が違うと判定される試飲調査の結果と、新陶器に注がれ

た4%酢酸溶液からは鉄やカルシウムなどが溶出している測定結果は、日常的な陶器の使用条件であっても精密測定機器の測定限界以下の、極めて微量な鉄やカルシウムなどが溶出している可能性が考えられた。

ヒトが感じる味は味蕾と言われる受容器により甘味、酸味、塩味、苦味が基本的な味として認められている (Sylvia S. Mader, 2001) が、それ以外のうま味、渋味、辛味、えぐ味、金属味などの表現も実際には使用されている。同一被験者で新妙高焼と通常妙高焼に違いが感じられ、コントロールの2種類には違いがないと回答した64名の味表現は様々であった。そのためにここでは味表現を「おいしい」「苦い」「その他」の3種類に大きく分けて比較した。その結果新妙高焼に注がれた蒸留水と茶を「おいしい」と感じた回答数は14であり、逆に「苦い」と感じた回答数は18であった。従って新妙高焼と通常妙高焼の違いが感じられはしたが、特に新妙高焼に注がれた蒸留水や茶がおいしく感じられたとの回答ではなかった。また注目すべき点は新妙高焼に注がれた蒸留水、或いは茶の味を「金属のような味」、「鉄っぽい味」と回答した4名の女性 (19歳~39歳) がいたことである。男性ではこのように回答した者はいなかった。これら4名の女性は精密測定機器の測定限界以下の極めてわずかな鉄味を感じているように考えられた。実際にブレンダーと呼ばれるウイスキーの鑑定や茶の茶師の匂い検知感度は精密測定機器に比べて3桁は優れていると言われている (荒田洋治, 1998)。鉄が欠乏しやすい年代の女性には、体が要求しているわずかな鉄を含む蒸留水や茶を「おいしい」と感ずる場合のあることは容易に推察できる現象である。1日に必要とされる鉄は男性10mgに対して女性は12mgで妊婦や授乳婦は18mgが必要とされている (香川靖雄, 2001)。また硬度の測定結果から、極めて微量なカルシウムやマグネシウムの溶出が考えられたことから、それらが「甘み」或いは「苦味」として表現されたとも考えられた。

新妙高焼に注がれた水、茶、コーヒー、酒などの味がおいしくなるとの体験は、実験者が被験者に対して「どうです。おいしいでしょう」との問いに、「何かの違いを感じた」被験者が、その違いを「おいしい」と表現しているように推察される。そのように誘導される原因は「おおよそのものには標準があるが味覚には標準がない」との大河内の言葉 (大河内正敏, 1987) がそれを裏付けている。

6. おわりに

上越市中郷区江端の高井陶房 (高井進氏) で制作されている妙高焼で、上越市 (直江津) 居多ヶ浜 (こたがはま) の砂 (砂鉄が含まれている) を融解させ、器の底に垂らした新妙高焼は、垂らさなかった通常の妙高焼 (通常妙

高焼) とは、それらを用いて飲む蒸留水と茶の味が異なるとの試飲調査の結果であった。蒸留水を用いた試飲調査の結果 (n=148) と茶の試飲調査の結果 (n=141)、共に有意水準0.1% (p<0.001) で有意に味の違いが認められた。しかしながら、新妙高焼と通常妙高焼の違いを感じられはするものの、新妙高焼を用いて飲む蒸留水や茶が通常妙高焼を用いて飲むそれらよりも苦く感じられたとの回答が、おいしく感じられたとの回答よりも多かった。

陶器から溶出する金属化学物質の定量分析では、食酢に相当する4%酢酸溶出液の溶出実験で、新妙高焼から鉄が0.41mg/L (通常妙高焼、及び美濃焼は測定限界の0.03mg/L以下)、アルミニウムは0.76mg/L (同0.02mg/L以下) 検出され、硬度は7mg/L (同5mg/L以下) であった。これらの試飲調査結果と4%酢酸溶出液の溶出実験から、日常的な使用条件であっても新妙高焼からは極めて微量な鉄やカルシウムなどの金属類が溶出している可能性が考えられた。

謝辞

平成19年度、20年度に新潟県立看護大学水研究会に所属したサークル員が当該研究の計画、調査を主体的に実施した。特に、当時サークル長であった井畑さやかと緒形美佳の主体的な協力で深く感謝する。ここに水研究会サークル員の氏名を記載し感謝する。安藤志保、箭内祥子、小部由美子、近藤栄理、清水優子、鎌田深雪、駒形花、滝下理恵、柳亜美、植木真弓、岡村京子、阿部真那実、阿部純子、安田有希、吉村祥、亀井麻衣。さらに、妙高焼の陶器を提供して頂いた高井進様、給茶装置の使用法を御指導いただいた学生食堂の職員の皆様、財団法人上越環境科学センターの小島幸夫様、に大学祭での試飲調査に御協力頂いた大勢の教職員・学生・地域の皆様に感謝申し上げます。なお、本論文の著者2名は水研究会の顧問としてこの調査研究に関与し、データの統計処理と文章を担当した。

引用文献

- 荒田洋治 (1998) : 水の書, 共立出版, 東京。
- 香川靖雄、野澤義則 (2001) : ナースのための生化学・栄養学 (第3版), 南山堂, 東京。
- 厚生省 (1959) : 食品, 添加物等の規格基準 (厚生省告示第370号), 東京。
- 大河内正敏 (1987) : 味覚 (友情社刊;1947年の復刻版), 中央公論社, 東京。
- 社団法人日本水道協会 (2006) : 上水試験方法 (2001年版追補版), 222, 日本水道協会, 東京。
- Sylvia S. Mader (2001) / 坂井建雄, 岡田隆夫 (2005) : ヒューマンバイオロジー—人体と生命, 医学書院, 東京。