

## 鉄および亜鉛添加米の食味評価結果

片山 直美

### Taste Evaluation –Result of Iron and Zinc Addition Rice–

Naomi KATAYAMA

#### 諸 言

鉄は人体にとって最も存在量が多い必須微量元素であり体内に3~5 gほど含まれている。鉄はポルフィリン環の中にヘムを形成し、酸化還元反応の活性中心、電子伝達反応、酸素の運搬など、様々な重要な役割を担っている。そのため、鉄欠乏になると体内におけるヘモグロビン、ミオグロビンの生産が低下し、血中の赤血球量が低下し、貧血になってしまう。もちろん貧血には鉄欠乏によるもの以外にも血液ガン、腎不全によるものなどさまざまな原因があるが、貧血症の大半は鉄欠乏性貧血 (IDA) である。

また、亜鉛も生物にとって必要不可欠な微量元素である。人体内で鉄の次に多く存在する。主に酵素の構造形成に必須であり、IDAの複製を行うDNAポリメラーゼやリボソームの構造維持に欠かせない微量元素である。また多くの転写因子に関連する補酵素でもある。亜鉛が不足すると免疫機能の低下や味覚障害、胎児への悪影響など多くの病気を引き起こす原因となる。

妊産婦や幼児においてIDAのリスクは高く、アジアやアフリカを中心に世界の健康障害因子として問題になっている。しかし、貧血は日本でも問題となっているが、食塩へのヨード添加のような簡単な食品への鉄添加では解決できない現状がある<sup>1)</sup>。欧米では許可が出ている穀物への添加は日本では認められていない現状のため、日本女性の1割がIDAであり4割が潜在的な鉄欠乏にあるとの報告もある<sup>2)</sup>。

亜鉛欠乏も鉄欠乏と同様に深刻な問題である。世界中の多くに存在し<sup>3)</sup>、WHOの報告も新聞等で数多く発表されている。植物由来の亜鉛は吸収障害 (フィチン酸や食物繊維の共存) を受けやすく、動物性食品由来の亜鉛は吸収されやすいが生活水準や宗教などの影響で十分に摂取できない状況が存在する。

現在、一般的に鉄や亜鉛の不足を補う場合、直接的に吸収の良いサプリメントとして鉄や亜鉛を服用させる方法と、鉄や亜鉛を多く含む食品を選別して摂取させる方法、さらに鉄や亜鉛を添加した食品を摂取させる方法などが行われている。そこで本研究は、鉄欠乏性貧血や味盲症の改善のために日常的に摂取する主食である米に鉄と亜鉛を強化する目的で作製された人造米の食味評価を行い、一般に普及できるかどうかを検討することを目的とした。今回の食味評価が良好であるならば、日本国内にとどまらず、海外においてもこのミネラルを添加した米によって鉄欠乏ならびに亜鉛欠乏に悩む患者や予防を希望する人々に貢献することができると考え、ミネラル添加を行う米にはジャポニカ米型とフィリピン米型を用いた。

## 方 法

試料と調整方法：ダイドーフーズ株式会社において作製された人造米、2種類の鉄添加米（ジャポニカ種を模した形状：鉄13mg/gとフィリピン米を模した形状：鉄13mg/g）と鉄と亜鉛を添加した1種類の鉄亜鉛添加米（ジャポニカ種を模した形状：鉄13mg/g+亜鉛12mg/g）、さらに無添加米（プラセボ：ジャポニカ種を模した形状とフィリピン米を模した形状）、の合計5種類を用いた。またコントロールとして、無洗米の新潟鵜沼産こしひかり米を用いた。形状についてジャポニカ米を模した形状とフィリピン米を模した形状を図1に示す。混合条件を表1に示す。今回の実験では人造米（澱粉米）の混合割合を5%とした。鉄の欠乏症とみられる患者の場合、鉄の吸収率が悪く、一般的な食事でも必要量をとっても貧血が改善されず、一日当たり100mg前後の鉄を鉄剤として補給する必要がある。また、亜鉛は一日100mgを超えないことが重要であるため、1日3食のうち2食を主食として飯でとると仮定し、一回の食事で約50mgの鉄が取れるように考え、亜鉛は50mg以下になるように考えた。結果、一食当たり鉄の人造米4g（鉄13mg/g×4g=52mg）、亜鉛の人造米4g（亜鉛12mg/g×4g=48mg）が最大量であると計算された。この混合割合が最大であると考え、1人当たり1回の食事には米80g（飯として160gとなり茶碗一杯にあたる量）を摂取することから、鉄の人造米4g（52mg/80g米全量）となるように調整した。結果、380gの米に対して鉄の人造米20g（鉄260mg）を添加し、全量で400g、炊き上がり約800gの飯（5人前）とした。同様に鉄の人造米10g（鉄130mg）と亜

表1. 各種米の混合割合

製品名	混合割合	
	無洗米	人造米
魚沼産コシヒカリ	100%	0%
ジャポニカプラセボ+無洗米	95%	5%
ジャポニカ鉄添加+無洗米	95%	5%
ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	95%	5%
フィリピンプラセボ+無洗米	95%	5%
フィリピン鉄添加+無洗米	95%	5%



ジャポニカを模した人造米 フィリピン米を模した人造米

図1 本実験で用いた人造米  
(ダイドーフーズ社製)

鉛の人造米10 g (亜鉛120mg) を米380 g に添加し、全量で400 g、炊き上がり約800 g の飯 (5人前) とした。また亜鉛の人造米20 g (亜鉛240mg) を米380 g に添加し、全量で400 g、炊き上がり約800 g の飯 (5人前) とした。結果として混合割合は無洗米95%、人造米5%となった。  
**炊飯条件:** 炊飯条件は無洗米に炊飯前に6種類の人造米をそれぞれ重量比4:1 (無洗米:人造米) で混入し、電気炊飯器 (TIGER炊飯ジャー炊き立て黒厚まる釜: JAG-H180W) にて炊飯した。炊飯の際に水は純水 (RO水: 福島工業株式会社製) を用いて、総米重量の1.1倍で加えた。なお電気炊飯器 (TIGER炊飯ジャー炊き立て黒厚まる釜: JAG-H180W) にて無洗米を炊飯する際、過去の研究において1.2倍で炊飯した場合の1回目 (n = 8) の平均値は味8.1、香8.6、色 (見た目) 8.6、総合8.0、2回目 (n = 9) の平均値は味7.9、香8.3、色 (見た目) 8.2、総合8.1であったが、1.1倍で炊飯した場合1回目 (n = 15) の平均値は味9.2、香8.0、色 (見た目) 8.2、総合8.8、2回目 (n = 15) の平均値は味8.8、香8.8、色 (見た目) 8.4、総合8.6であったため、炊飯条件を総米重量の1.1倍とした。

**対象と食味評価方法:** 対象者成人女性84名 (平均年齢20.33±0.47歳) に対して、炊飯したそれぞれの米を用いて、味、香、色 (見た目) について10点満点で自記式で食味評価を行った。また何か意見がある場合にはコメントを記入するように指示した。

**統計計算方法:** なお食味評価は無洗米に炊飯前に6種類の人造米 (澱粉米) をそれぞれ重量比4:1 (無洗米:人造米) で混入した6群について味、香、色 (見た目) の比較を行うため、順序尺度 (10点満点) を用いたノンパラメトリック検定で、同一被験者での評価 (対応がある) であることからScheffe検定を用いて統計学的処理をエクセル統計2014 (Microsoft社製) を用いて比較した。なお、P値は少数点以下3桁までで示し、P<0.01を記号\*\*で示し、P<0.05を記号\*で示し、統計学的に有意差があるとする。

## 結 果

**炊飯結果:** 炊飯結果を表2に示す。各米、澱粉米 (プラセボとミネラルが添加されているミネラル添加米)、加えた熱湯、炊き上がりにおいてそれぞれ重量を測定した結果、ほぼ6種類の飯の全量は810 g 前後となった。米400 g + 熱湯440 g (米重量の1.1倍の熱湯) で炊飯しているの炊き上がりが840 g である予定であったが、ミネラル添加米ならびにプラセボは澱粉米であるため、炊飯によって形状が保たず、釜に糊状に張り付いてしまう量が多かったことが分かった。

表2. 各種飯の炊飯結果

内容	コシヒカリg	洗米後g	人造米g	熱湯g	炊き上がり重量g
魚沼産コシヒカリ	400	446	0	440	842
ジャポニカプラセボ+無洗米	380	428	20	440	806
ジャポニカ鉄添加+無洗米	380	420	20	440	796
ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	380	426	20	440	804
フィリピンプラセボ+無洗米	380	426	20	440	808
フィリピン鉄添加+無洗米	380	424	20	440	806

**味の食味評価結果:** 味の食味評価結果を表3に示す。10点満点の順序尺度 (ノンパラメトリック) であるため、中央値、最大値、最小値を求めて比較した結果、フィリピン型のプラセボ澱

粉末+無洗米（魚沼産コシヒカリ）の混合米が他のミネラル添加米またはプラセボ内に比べて高い評価を得た。しかし他のジャポニカ型の澱粉米に鉄を添加した場合もジャポニカ型の澱粉米に鉄と亜鉛を添加した場合もフィリピン型の澱粉米に鉄を添加した場合も味の評価は低かった。摂取後のコメントにおいてミネラル添加米全般に対して「味が悪い」「後味が苦手」との意見が寄せられた。味について中央値で比較すると一番評価が高かったのはやはり「こしひかり」で、続いて「フィリピンプラセボ」、「ジャポニカプラセボ」、「ジャポニカ鉄亜鉛添加」、「ジャポニカ鉄添加」、「フィリピン鉄添加」の順であった。

表3. 各ミネラル添加米の味の食味評価結果（10点満点）

味	魚沼産 コシヒカリ	ジャポニカ プラセボ+ 無洗米	ジャポニカ 鉄添加+ 無洗米	ジャポニカ 鉄亜鉛添加米+ 無洗米	フィリピン プラセボ+ 無洗米	フィリピン 鉄添加+ 無洗米
平均値	7.9	4.8	4.6	5.4	6.9	4.2
SD	2.1	1.8	1.7	1.8	2.2	2.1
最大値	10.0	8.0	8.0	10.0	10.0	8.0
最小値	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
中央値	9.0	5.0	4.0	5.0	7.0	4.0

香の食味評価結果：香の食味評価結果を表4に示す。10点満点の順序尺度（ノンパラメトリック）であるため、中央値、最大値、最小値を求めて比較した結果、味の食味評価と同様にフィリピン型のプラセボ澱粉米+無洗米（魚沼産コシヒカリ）の混合米が他のミネラル添加米またはプラセボ内に比べて高い評価を得た。摂取後のコメントにおいてミネラル添加米全般に対して「いやなおいがる」「においが気になる」などの意見が寄せられた。香について中央値で比較すると一番評価が高かったのはやはり「こしひかり」で、続いて「フィリピンプラセボ」、「フィリピン鉄添加」、「ジャポニカ鉄亜鉛添加」、「ジャポニカプラセボ」、「ジャポニカ鉄添加」の順であった。

表4. 各ミネラル添加米の香の食味評価結果（10点満点）

香	魚沼産 コシヒカリ	ジャポニカ プラセボ+ 無洗米	ジャポニカ 鉄添加+ 無洗米	ジャポニカ 鉄亜鉛添加米+ 無洗米	フィリピン プラセボ+ 無洗米	フィリピン 鉄添加+ 無洗米
平均値	7.7	5.2	4.9	5.5	7.0	5.8
SD	2.5	2.1	2.1	2.2	2.2	2.0
最大値	10.0	10.0	9.0	10.0	10.0	9.0
最小値	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
中央値	8.5	5.0	5.0	6.0	7.5	6.0

色（見た目）の食味評価結果：色（見た目）の食味評価結果を表5に示す。10点満点の順序尺度（ノンパラメトリック）であるため、中央値、最大値、最小値を求めて比較した結果、味や香の食味評価と同様にフィリピン型のプラセボ澱粉米+無洗米（魚沼産コシヒカリ）の混合米が他のミネラル添加米またはプラセボ内に比べて高い評価を得た。摂取後のコメントにおいてミネラル添加米全般に対して「飯の色が灰色である」「色が悪い」などの意見が寄せられた。色（見た目）について中央値で比較すると一番評価が高かったのはやはり「こしひかり」で、続いて「フィ

リピンプラセボ」、「フィリピン鉄添加」、「ジャポニカ鉄亜鉛添加」、「ジャポニカプラセボ」、「ジャポニカ鉄添加」の順であった。

表5. 各ミネラル添加米の色（見た目）の食味評価結果（10点満点）

見た目	魚沼産 コシヒカリ	ジャポニカ プラセボ+ 無洗米	ジャポニカ 鉄添加+ 無洗米	ジャポニカ 鉄亜鉛添加米+ 無洗米	フィリピン プラセボ+ 無洗米	フィリピン 鉄添加+ 無洗米
平均値	9.0	4.5	4.5	4.6	7.6	6.1
SD	1.3	1.8	1.9	1.7	1.6	1.7
最大値	10.0	9.0	9.0	9.0	10.0	9.0
最小値	4.0	1.0	1.0	1.0	3.0	2.0
中央値	9.0	5.0	4.0	5.0	8.0	6.0

味の統計計算結果：Scheffe法を用いて行った味の食味評価結果を表6に示す。味に対する評価は群間で大きく違いがあった。しかし、魚沼産のコシヒカリと比較してフィリピン型に成型した人造米（澱粉米）のプラセボ+無洗米は統計学的有意差がなかった。このことはフィリピン型に成型した人造米（澱粉米）のプラセボを5%添加した場合、味に変化が少なく、味は悪くはないと被験者に判断されたことを意味する。差が出るとするならばやはり添加した鉄または亜鉛またはその両方の混入によって味が影響されたと判断できる。実際にフィリピン型の人造米に鉄を添加したものは統計学的に有意に魚沼産コシヒカリとフィリピン型のプラセボに比べて味が悪いと判断された。ジャポニカ型人造米（澱粉米）のプラセボと魚沼産コシヒカリの間では統計学的に有意にジャポニカ型人造米（澱粉米）のプラセボの味は悪いことが分かった。さらにジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米とジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄亜鉛添加+無洗米は魚沼産コシヒカリに比べ統計学的に有意に味が悪いことが明らかとなった。またジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米とフィリピン型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米との間では味の食味評価に統計学的有意差がないことが示された。ジャポニカ型とフィリピン型のすべての鉄添加または亜鉛添加、鉄と亜鉛両方の添加を行った人造米において味の評価が統計学的に有意に低い結果となった。

表6. 各飯の味の食味評価結果の比較

味（Scheffeの対比較）		カイ二乗値	P 値	判定
水準1	水準2			
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカプラセボ+無洗米	80.371	0.000	**
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカ鉄添加+無洗米	83.523	0.000	**
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	51.250	0.000	**
魚沼産コシヒカリ	フィリピンプラセボ+無洗米	10.371	0.065	
魚沼産コシヒカリ	フィリピン鉄添加+無洗米	119.796	0.000	**
ジャポニカプラセボ+無洗米	ジャポニカ鉄添加+無洗米	0.030	1.000	
ジャポニカプラセボ+無洗米	ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	3.262	0.660	
ジャポニカプラセボ+無洗米	フィリピンプラセボ+無洗米	33.000	0.000	**
ジャポニカプラセボ+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	3.921	0.561	
ジャポニカ鉄添加+無洗米	ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	3.921	0.561	
ジャポニカ鉄添加+無洗米	フィリピンプラセボ+無洗米	35.030	0.000	**
ジャポニカ鉄添加+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	3.262	0.660	
ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	フィリピンプラセボ+無洗米	15.512	0.008	**
ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	14.335	0.014	*
フィリピンプラセボ+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	59.671	0.000	**

香の統計計算結果：Scheffe法を用いて行った香の食味評価結果を表7に示す。香に対する評価は群間で大きく違いがあった。しかし、魚沼産のコシヒカリと比較してフィリピン型に成型した人造米（澱粉米）のプラセボ+無洗米は統計学的有意差がなかった。このことはフィリピン型に成型した澱粉米のプラセボの香は悪くはないことを意味する。しかしジャポニカ型に成型した人造米（澱粉米）のプラセボの香は魚沼産のコシヒカリと比較して統計学的に有意に悪い結果となった。また、ジャポニカ型人造米（澱粉米）のプラセボとジャポニカ型澱粉米鉄添加+無洗米とジャポニカ型澱粉米鉄亜鉛添加+無洗米の間にも統計学的有意差はなかったが、ジャポニカ型人造米（澱粉米）のプラセボは魚沼産コシヒカリとフィリピン型人造米（澱粉米）プラセボに比べて統計学的に有意に香が悪いことが示された。また、ジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米フィリピン型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米との間では香の食味評価に統計学的有意差がないことが示された。同様にまた、ジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄亜鉛添加+無洗米とフィリピン型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米との間では香の食味評価に統計学的有意差がないことが示された。香りの点でも味の場合と同様に、鉄や亜鉛、またその両方を添加した場合、香が悪いと感じることが分かった。

表7. 各飯の香の食味評価結果の比較

香 (Scheffeの対比較)		**:1%有意 *:5%有意		
水準1	水準2	カイニ乗値	P 値	判定
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカプラセボ+無洗米	64.2482	0.0000	**
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカ鉄添加+無洗米	74.1049	0.0000	**
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	51.5668	0.0000	**
魚沼産コシヒカリ	フィリピンプラセボ+無洗米	6.1579	0.2912	
魚沼産コシヒカリ	フィリピン鉄添加+無洗米	42.5391	0.0000	**
ジャポニカプラセボ+無洗米	ジャポニカ鉄添加+無洗米	0.3516	0.9966	
ジャポニカプラセボ+無洗米	ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	0.6964	0.9832	
ジャポニカプラセボ+無洗米	フィリピンプラセボ+無洗米	30.6250	0.0000	**
ジャポニカプラセボ+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	2.2299	0.8165	
ジャポニカ鉄添加+無洗米	ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	2.0375	0.8439	
ジャポニカ鉄添加+無洗米	フィリピンプラセボ+無洗米	37.5391	0.0000	**
ジャポニカ鉄添加+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	4.3523	0.4999	
ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	フィリピンプラセボ+無洗米	22.0853	0.0005	**
ジャポニカ鉄亜鉛添加米+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	0.4340	0.9943	
フィリピンプラセボ+無洗米	フィリピン鉄添加+無洗米	16.3272	0.0060	**

色（見た目）の統計計算結果：Scheffe法を用いて行った色（見た目）の食味評価結果を表8に示す。色（見た目）に対する評価は群間で大きく違いがあった。しかし、魚沼産のコシヒカリと比較してフィリピン型に成型した人造米（澱粉米）のプラセボ+無洗米は統計学的有意差がなかった。このことはフィリピン型に成型した澱粉米のプラセボの色（見た目）は悪くはないことを意味する。また、ジャポニカ型澱粉米のプラセボとジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米とジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄亜鉛添加+無洗米の間にも統計学的有意差はなかったが、ジャポニカ型人造米（澱粉米）のプラセボは魚沼産コシヒカリとフィリピン型人造米（澱粉米）プラセボに比べて統計学的に有意に色（見た目）が悪いことが示された。また、ジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄添加+無洗米とジャポニカ型人造米（澱粉米）鉄亜鉛添加+無洗米の間では色（見た目）の食味評価に統計学的有意差がないことが示された。魚沼産コシヒカリに比べて、鉄や亜鉛、またはその両方を添加した場合、色が悪くなると感じる事が分

かった。

表8. 各飯の色（見た目）の食味評価結果の比較

Scheffeの対比較		**: 1%有意 * : 5%有意		
水準1	水準2	カイニ乗値	P 値	判定
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカブラセボ＋無洗米	134.2734	0.0000	**
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカ鉄添加＋無洗米	153.1338	0.0000	**
魚沼産コシヒカリ	ジャポニカ鉄亜鉛添加米＋無洗米	149.3695	0.0000	**
魚沼産コシヒカリ	フィリピンブラセボ＋無洗米	10.4704	0.0630	
魚沼産コシヒカリ	フィリピン鉄添加＋無洗米	60.9221	0.0000	**
ジャポニカブラセボ＋無洗米	ジャポニカ鉄添加＋無洗米	0.6195	0.9871	
ジャポニカブラセボ＋無洗米	ジャポニカ鉄亜鉛添加米＋無洗米	0.4020	0.9953	
ジャポニカブラセボ＋無洗米	フィリピンブラセボ＋無洗米	69.7533	0.0000	**
ジャポニカブラセボ＋無洗米	フィリピン鉄添加＋無洗米	14.3064	0.0138	*
ジャポニカ鉄添加＋無洗米	ジャポニカ鉄亜鉛添加米＋無洗米	0.0234	1.0000	
ジャポニカ鉄添加＋無洗米	フィリピンブラセボ＋無洗米	83.5201	0.0000	**
ジャポニカ鉄添加＋無洗米	フィリピン鉄添加＋無洗米	20.8800	0.0009	**
ジャポニカ鉄亜鉛添加米＋無洗米	フィリピンブラセボ＋無洗米	80.7462	0.0000	**
ジャポニカ鉄亜鉛添加米＋無洗米	フィリピン鉄添加＋無洗米	19.5048	0.0015	**
フィリピンブラセボ＋無洗米	フィリピン鉄添加＋無洗米	20.8800	0.0009	**

## 考 察

今回の実験により、ジャポニカ米を模した人造米を5%混入した新潟鵜沼産コシヒカリ飯はフィリピン米を模した人造米を5%混入したフィリピン米に比べ、味、香、見た目において評価が落ちることが分かった。コメントにより、「フィリピン米はパラパラとしていて炒飯にして食べると良いと思った」、「臭みが少ないと感じた」などの意見があり、おそらく、毎日食べて馴染みのあるジャポニカ米は日常との違いが明らかに分かるため評価が低くなってしまった可能性を否定できないと考える。また、「いやなおいがある」「色が悪い」とのコメントがジャポニカ鉄添加米に多く書かれていたため、今後、鉄添加量や米の混入量を再検討して、最適な濃度を見つける必要があると考える。今回は鉄ならびに亜鉛摂取の最大量を考えて5%で魚沼産コシヒカリに添加しているため、添加量を下げて味、香、色（見た目）に影響の出ない添加量を検討する必要がある。

鉄を添加することで、鉄欠乏性貧血を防ぐことが出来るならば、世界中の鉄欠乏性貧血で悩む人々を救うことができる。そのためには今回のように米に混入する場合、米を習慣的に食べる国民が多く在住する国<sup>4, 5, 6)</sup>において効果的であるが、その他の国にとってはあまり効果が無い可能性がある。また、今回は米に添加することを考えたが、米そのものを育種して、より鉄分の多い米の品種改良<sup>7)</sup>を行うことも今後の課題である。さらに進めると、遺伝子の組み換えによる鉄強化米の作製<sup>8)</sup>も考える必要があると考える。

今後は米以外の他の食品を利用した鉄欠乏性貧血を改良するための手立てとして、「塩などの調味料に鉄を添加する」、「肉類に鉄を添加する」「豆腐などの豆製品に鉄を添加する」などが考えられる。今後の課題である。

また亜鉛は体内に約2g含まれ、体内の細胞全体に広く存在し、糖代謝にも必要で、インシュリンの合成や作用発現に必須のミネラルである。亜鉛が不足すると味覚障害となる場合もあ

る。亜鉛摂取に関しては、魚介類、特にかきやホタテなどを摂取できれば不足することはないのであるが、発展途上国において魚介類などのタンパク質の購入は経済的に難しい場合もある。そのため鉄と同様に米を習慣的に食べる国民が多く在住する国<sup>4, 5, 6)</sup>においては米に添加することは効果的であると考ええる。やはり問題は味、香、色 (見た目) をよくしなければ継続して摂取することが難しいと考えるため、混入量や人造米の改良が必要である。今後の課題である。

## 要 約

ダイドーフーズ株式会社において作製された人造米、2種類の鉄添加米 (ジャポニカ種を模した形状: 鉄13mg/gとフィリピン米を模した形状: 鉄13mg/g) と鉄と亜鉛を添加した1種類の鉄亜鉛添加米 (ジャポニカ種を模した形状: 鉄13mg/g+亜鉛12mg/g)、さらに無添加米2種類 (プラセボ: ジャポニカ種を模した形状とフィリピン米を模した形状)、の合計5種類を用いた。またコントロールとして、無洗米の新潟鵜沼産こしひかり米を用いた。炊飯条件は無洗米に炊飯前に6種類の人造米をそれぞれ重量比20: 1 (無洗米: 人造米) で混入し、電気炊飯器 (TIGER炊飯ジャー炊き立て黒厚まる釜: JAG-H180W) にて炊飯した。炊飯の際に水は純水 (RO水: 福島工業株式会社製) を用いて、総米重量の1.1倍で加えた。対象者成人女性84名 (平均年齢20.33±0.47歳) に対して、炊飯したそれぞれの米を用いて、味、香、見た目について10点満点で自記式の官能試験調査を行った。

結果、味について中央値ならびに50%範囲で比較すると一番評価が高かったのはやはり「こしひかり」で、続いて「フィリピンプラセボ」、「ジャポニカプラセボ」、「ジャポニカ鉄亜鉛添加」、「ジャポニカ鉄添加」、「フィリピン鉄添加」の順であった。

## 謝 辞

資料提供をいただいたダイドーフーズ株式会社様に深く感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 相川律子、神馬征峰: 発展途上国における鉄欠乏性貧血対策, JICA国際協力研究, 19・37, 1 (2003)
- 2) 内田立身: 女性と貧血, 日本医事新報, 4285, 62-66 (2006)
- 3) Rose G. Sic individuals and sick populations. : *Intenational Journal of Epidemiology*, 30, 427-432 (2001)
- 4) Rim H, Kim S, Sim B, Gang H, Kim H, Kim Y, Kim R, Yang M and Kim S. : Effect of iron fortification of nursery complementary food on iron status of infants in the DPRKorea, *Asia Pac J Clin Nutr*, 17・2, 264-269 (2008)
- 5) Thankachan P, Walczyk T, Muthayya S, Kurpad AV and Hurrell RF. : Iron absorption in young Indian women: the interaction of iron status with the influence of tea and ascorbic acid, *Am J Clin Nutr*, 87・4, 881-886 (2008)
- 6) Moretti D, Zimmermann MB, Muthayya S, Thankachan P, Lee TC, Kurpad AV and Hurrell RF. : Extruded rice fortified with micronized ground ferric pyrophosphate reduces iron deficiency in Indian schoolchildren: a double-blind randomized controlled trial *Am J Clin Nutr*, 84・4, 822-829 (2006.)



- 7) Haas JD, Beard JL, Murray-Kolb LE, del Mundo AM, Felix A and Gregorio GB. : Iron-biofortified rice improves the iron stores of nonanemic Filipino women, J nutr, **135** · 12, 2823-2830 (2005)
- 8) Lee S, Jeon US, Lee SK, Kim YK, person DP, Husted S, Schjorring JK, Kakei Y, Masuda H, Nishizawa NK and An G. : Iron fortification of rice seeds through activation of the nicotianamine synthase gene, Proc Natl Acad Sci U S A, **106** · 51, 22014-22019 (2009)

