

調理中に鉄鍋から溶出する鉄量の変化

Elution of Iron from an Iron Pot during Cooking

今野 暁子* 及川 桂子**

(Akiko Konno)

(Keiko Oikawa)

The extent to which iron is eluted by different cooking methods from an iron pot during cooking was investigated. The addition of seasonings and the use of oil, as well as the effect of heating time, were evaluated.

The amount of iron eluted tended to be less with the use of oil, and was also affected by the seasoning added during cooking. In particular, the amount of iron eluted was markedly increased when vinegar was added. The amount of iron eluted also increased with increasing heating time. 78-98% of the iron that was eluted from the iron pot was in the form of easily absorbed ferrous compounds. Added vinegar resulted in 98% of the eluted iron consisting of ferrous compounds which exhibited outstanding stability.

The results of this study demonstrate that the amount of iron supplied depended on the cooking method employed.

キーワード：鉄鍋 iron pot；鉄の溶出 iron eluted；調味料 seasoning；2価鉄 ferrous compound

現在、国民一人1日当たりの栄養素等摂取量はカルシウムを除き所要量を充足しており、平均的には良好な状況にあるといわれている¹⁾。しかしながら一方では、嗜好偏重、あやまった減食、欠食等による栄養不均衡がみられ、それが健康を阻害していることが指摘されている^{2),3)}。その1つとして食生活に起因するとされている鉄欠乏症がある。若年層、とりわけ女子において鉄の摂取不足による潜在性鉄欠乏症および鉄欠乏性貧血の多いことが報告されており^{4),5)}、鉄摂取不足の改善がますます重要な課題になってきたといえる。

鉄の摂取量を増やすために、鉄を多く含む食品を十分摂取することはもちろんであるが、鉄製の調理器具の利用も見逃せない。昔は鉄鍋、鉄びん、包丁などの鉄製調理器具からも鉄を摂取することができたが、現在はこれらから鉄を補給することはほとんどなくなった。

そこで、一般の調理に鉄鍋を使用することによりどの程度の鉄が溶出するかについて知る目的で本研究を行った。具体的には、調味料の添加や油の使用が鉄溶出量に及ぼす影響および加熱時間による鉄溶出量の変化等について検討した。

実験方法

1. 調理器具

実験に用いた調理器具は、鉄鑄物フライパン（直径23cm、(株)岩鑄鑄造所製）、鉄鑄物小鍋（直径16cm（株）岩鑄鑄造所製）、鉄びん（1300ml（株）岩鑄鑄造所製）、ステンレス製フライパンと耐熱性ガラス鍋である。なお、鉄の混入を防ぐために包丁はステンレス製、杓子は木製のものを使用した。

鉄鑄物フライパン、鉄鑄物小鍋、鉄びんは、表面をうるし加工処理したものである。鉄鑄物フライパン、鉄鑄物小鍋は、新品のものを予備実験に使用してから本実験に用いた。鉄びんは、新品の状態のものを蒸留水で3回すすぎ洗いした後、実験に用いた。

* 尚綱女学院短期大学
(Shokei Women's Junior College, *Natori-shi* 981-1295)

** 山形短期大学
(Yamagata Junior College)

2. 材料, 調理方法および試料の調製

調理材料はすべて市販品を用い, 試料の調製は次のように行った。また, 実験で使用した水はすべて蒸留水である。

1) 調味料および油の添加が鉄溶出量に及ぼす影響

各試験に必要な量のたまねぎをみじん切りにし, 個体差がなくなるようにそれらをよく混ぜてから, 各試験に 100g ずつ使用した。水の添加については, 鉄製フライパンおよびガラス鍋にたまねぎと水を入れ, 木杓子でよく攪拌しながら水分がなくなるまで 5分加熱した。油の添加の影響については, 油を鉄製フライパン全体になじませてからたまねぎを加え, 木杓子でよく攪拌しながら 5分加熱した。食塩添加の影響については, 鉄製フライパンにたまねぎと食塩, 水をいれて, 木杓子でよく攪拌しながら水分がなくなるまで 5分加熱した。トマトケチャップの添加の影響については, 水, 食塩, トマトケチャップ, たまねぎを鉄製フライパンに入れ, 5分および 10分間, 水分がなくなるように木杓子でよく攪拌しながら加熱した。さらに油を添加した場合は鉄製フライパン全体に油をなじませてから水, 食塩, トマトケチャップ, たまねぎを加えて 10分加熱した。食酢添加の影響についても同様の手順で行った。なお, 油不使用の場合や加熱時間が長い場合, 焦げ付きを防ぐ目的で水を添加した。添加量については水分蒸発量を考慮し, 加熱時間が 5分の場合は水 50ml, 加熱時間 10分で油を添加する場合は 100ml, 油を添加しない場合は 200ml とした。

試料調製後, それぞれ全量を精秤し, その中からそれぞれ約 1/5 量を採取して精秤し, 磁製ルツボで灰化して鉄の測定に供した。

2) 味噌および醤油添加と加熱時間が鉄溶出量に及ぼす影響

味噌および醤油添加の影響については, 鉄鍋およびガラス鍋に味噌 60g と水 600ml を加えて加熱し, 沸騰 1分後, 5分後および 5分間沸騰させたものを室温で 120分放置後にそれぞれ試料を採取して鉄を測定した。さらに醤油 25ml に水 500ml を加えて加熱し, 沸騰 1分後, 2分後, 30分後にそれぞれ試料を採取して鉄を測定した。

加熱時間の影響については, 総量が 500ml になるように調整した試験液を鉄鍋に加え, 沸騰後 1分, 3分, 5分加熱して試料とした。

なお, 調味料添加による試料のうち, 味噌およびトマトケチャップ添加により混濁した試料は濾過液を, 醤油および食酢添加試料はそのまま鉄測定に供した。

3) 調理食品 (ビーフシチュー, 酢豚, 野菜炒め) 中の鉄含量

調理に用いた材料は表 1 に示した。材料の個体差がでないように配慮し, 各材料はそれぞれ切った後, 均一になるようによく混ぜあわせ, 鉄鍋使用とステンレス使用に用いた。調理はそれぞれ常法に従って行い, 加熱時間はビーフシチュー 120分, 酢豚 30分, 野菜炒め 5分とし, 炒め方などの調理操作の条件についても鉄鍋使用とステンレス使用をそろえて行った。調理終了後, 重量を測定しミキサーで磨砕した。これを均一になるようによく攪拌しながら約 1/10 量を精秤し, ケールダールフラスコに採取して鉄の測定に供した。

4) 鉄びんからの鉄溶出量の変化

新品の鉄びんを蒸留水で 3回すすぎ洗いした後, 蒸留水 1,000ml を加えて加熱し, 沸騰直後, 5分後, 10分後, 30分後の試料をそれぞれ 5ml 採取し, 塩酸: 水 (1:1) 0.2ml 添加して鉄測定に供した。1回目の加熱実験終了後, 鉄びんの湯を全て捨て, 再び蒸留水 1,000ml 加えて加熱するという実験を 4回繰り返した。この実験を A, B 2つの鉄びんで行った。

表 1. 調理材料と分量

| | 材料 | 分量 (g) (4人分) |
|---------|----------|-----------------|
| ビーフシチュー | 牛肉 | 200 |
| | たまねぎ | 150 |
| | じゃがいも | 200 |
| | にんじん | 120 |
| | バター | 40 |
| | 小麦粉 | 40 |
| | トマトピューレ | 120 (ml) |
| | 塩 | 5 |
| | 水 | 800 (ml) |
| | 酢豚 | 豚肉 |
| たまねぎ | | 150 |
| にんじん | | 60 |
| 油 | | 30 (ml) |
| 湯 | | 120 |
| 醤油 | | 35 (ml) |
| 砂糖 | | 25 |
| 酢 | | 40 (ml) |
| 片栗粉 | 8 | |
| 野菜炒め | じゃがいも | 90 |
| | にんじん | 20 |
| | たまねぎ | 90 |
| | 油 | 15 (ml) |
| | 塩 | 2.5 |
| | トマトケチャップ | 15 (ml) |

調理中に鉄鍋から溶出する鉄量の変化

3. 鉄の測定

ケールダールフラスコに採取した試料は、硫酸・過塩素酸により湿式分解し、磁製ルツボに採取した試料は 550~600°C で灰化後、少量の塩酸：水 (1:1) で溶解し、それぞれ蒸留水で一定量とした。これらの試料および調味料を添加した調理試料について原子吸光度計 (日立 170-50 型) 法で鉄量を測定した。

4. 2 価鉄の測定

2 価鉄の測定は、オルトヘナントロリン法⁹⁾ により行った。

結果および考察

1. 調味料および油の添加が鉄溶出量に及ぼす影響

たまねぎを用いて、鉄鍋による調理を行った際の鉄溶出量の変化を表 2 に示した。たまねぎ 100 g に水 50 ml を加えて 5 分加熱した調味料無添加のたまねぎの鉄溶出量は 0.08 mg であったが、食塩を 1% 添加することにより 0.40 mg に増加した。さらに食塩 1%, トマトケチャップ 15% 添加で 1.04 mg に増加し、食塩 1%, 食酢 10% 添加では 2.26 mg と著しい増加がみられ、この増加は鉄鍋から溶出した鉄に由来するものと考えられる。鉄の溶出は pH が低く、食塩量が多い方が溶出量は多くなると考えられている^{7)~9)}。食酢が最も多く鉄溶出量が多かったのは pH が 2.7 と低いためと考えられる。トマトケチャップと食塩を添加したのも鉄溶出量が比較的多かったのも pH と食塩量に関係していると思われる。また持永ら¹⁰⁾ も、鉄鍋で調味料

を加熱した場合、食酢が味噌、食塩、醤油に比較してとりわけ鉄溶出鉄量が多くなると報告しており、本実験結果と一致している。

油の添加の影響をトマトケチャップ添加と食酢添加でみたところ、トマトケチャップで油無添加のたまねぎの鉄溶出量は 1.45 mg、油添加のたまねぎの鉄溶出量は 1.15 mg であり、食酢添加で油無添加のたまねぎの鉄溶出量は 2.26 mg、油添加のたまねぎの鉄溶出量は 1.44 mg と、油を添加したもののほうが低値を示す傾向がみられた。

なお、調理たまねぎの鉄含量から生たまねぎの鉄含量を差し引いた、いわゆる鉄鍋からの鉄溶出量は加熱時間の増加に伴い高値を示した。

2. 味噌および醤油添加が鉄溶出量に及ぼす影響

鉄測定結果を表 3 に示した。味噌、醤油添加ともに加熱時間が増加すると鉄溶出量が増加した。味噌添加では放置 120 分で鉄が著しく増加し、このことから味噌汁を鉄鍋に入れたままにしておく鉄鍋からの鉄溶出量が増加し、鉄供給量が増すことが示唆された。醤油添加で液量がおよそ 1/2 になるように 30 分加熱を続けると鉄溶出量が著しく増加した。一般に煮物を作るには醤油などの調味料を加えてから長時間煮込むので、この場合鉄鍋を使用すると鉄供給量を増すことができると考えられる。また、味噌や醤油でたまねぎを長時間煮たり、煮汁中に放置すると、味噌や醤油に含まれている鉄がたまねぎ中に浸透するので、味噌や醤油で調味したたまねぎの鉄含量はその分、増加すると

表 2. 調味料および油の添加による鉄溶出量の変化

| | 添加物 | | | | | | 加熱時間 (分) | 調理たまねぎの鉄含量 (mg) | 鉄鍋からの 鉄溶出量 ¹⁾ (mg) |
|------|-------------|-----------|----------|-----------|---------------------|-----------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| | たまねぎ (g) | 水 (ml) | 油 (g) | 食塩 (%) | トマトケ チャップ (%) | 食酢 (%) | | | |
| 生試料 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.33±0.10 | — |
| ガラス鍋 | 100 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0.32±0.06 | — |
| 鉄鍋 | 100 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0.41±0.09 | 0.08 |
| | 100 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0.36±0.05 | 0.03 |
| | 100 | 50 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0.73±0.12 | 0.40 |
| | 100 | 50 | 0 | 1 | 15 | 0 | 5 | 1.37±0.46 ²⁾ | 1.04 |
| | 100 | 200 | 0 | 1 | 15 | 0 | 10 | 1.78±0.51 ²⁾ | 1.45 |
| | 100 | 100 | 4 | 1 | 15 | 0 | 10 | 1.48±0.49 ²⁾ | 1.15 |
| | 100 | 50 | 0 | 1 | 0 | 10 | 5 | 2.59±0.86 | 2.26 |
| | 100 | 0 | 4 | 1 | 0 | 10 | 5 | 1.77±0.79 | 1.44 |

¹⁾ 調理たまねぎの鉄含量から生たまねぎの鉄含量を差し引いた値

²⁾ トマトケチャップの鉄含量 (0.11 mg) を差し引いた値

表 3. 味噌および醤油添加による鉄溶出量の変化

| 調理器具 | 添加物 | | | 加熱時間 (分) | 鉄含量 (mg) | 鉄鍋からの 鉄溶出量* (mg) |
|------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|------------------------|
| | 味噌 (g) | 醤油 (ml) | 水 (ml) | | | |
| ガラス鍋 | 60 | 0 | 600 | 1 | 0.87±0.09 | — |
| | | | | 5 | 1.40±0.23 | — |
| | | | | 室温放置 120 | 1.51±0.50 | — |
| 鉄鍋 | 60 | 0 | 600 | 1 | 1.57±0.24 | 0.70 |
| | | | | 5 | 2.33±0.78 | 0.93 |
| | | | | 室温放置 120 | 4.82±1.24 | 3.31 |
| ガラス鍋 | 0 | 25 | 500 | 1 | 0.60±0.11 | — |
| | | | | 2 | 1.64±0.35 | 1.04 |
| | | | | 30 | 4.42±0.34 | 3.82 |

* 鉄鍋使用とガラス鍋使用における鉄含量の差

考えられる。

味噌と醤油は食塩量が多く、pHは味噌5.6、醤油4.7の酸性の調味料であることから比較的鉄が多く溶出したと考えられる。

3. 加熱時間と鉄溶出量

種々の調味料を添加した溶液を用いて、加熱時間による鉄溶出量の変化を図1に示した。加熱時間が長いほど鉄溶出量が多くなることは土井ら¹⁰⁾の報告によっても明らかにされているが、本実験においてもすべての試料において、加熱時間が長いほど鉄溶出量は増加した。なお、前述のように調味料添加により鉄の溶出量が多くなること、とりわけ食酢のように酸性度の高い調味料の添加で多くなるのが本実験においても確認された。

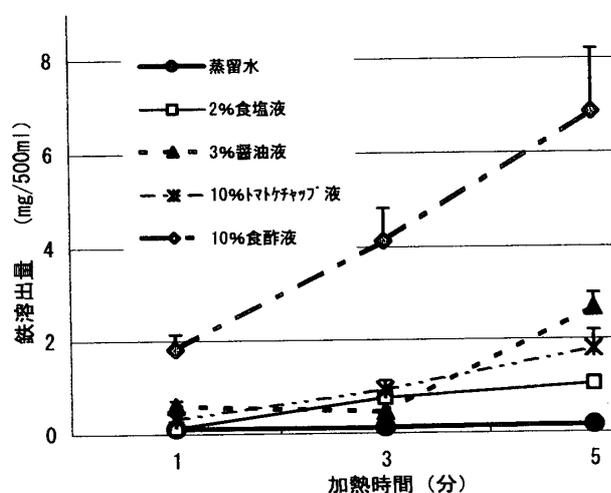


図 1. 加熱時間による鉄溶出量の変化

4. 調理食品（ビーフシチュー、酢豚、野菜炒め）中の鉄含量の比較

結果は表4に示した。鉄含量はいずれの調理においてもステンレス鍋に比べて鉄鍋を用いた方が高値であった。これは調理中に鉄鍋から鉄が溶出して調理食品中に移行したためと考えられる。そこで鉄鍋使用時の調理食品中鉄含量からステンレス使用時の調理食品中鉄含量を差し引いた値を算出した。この鉄量の差はビーフシチューが4.19mgと最も多く、ついで酢豚が1.40mgで、野菜炒めは0.61mgと少なかった。ビーフシチューが多いのは加熱時間が長かったためと考えられる。一方、酸性度の高い調味料である食酢を使用した酢豚の鉄溶出量が意外に少なかったのは、はじめ野菜を油で炒めたことと、酢を加えてからの加熱時間がわずか1分と短かったためと考えられる。野菜炒めの鉄溶出量が少ないのは加熱時間が短いことと、油によって鍋の表面に被膜が作られ鉄が溶出しにくくなった

表 4. 調理食品中の鉄含量

| 調理名 | 調理器具 | 調理食品中の鉄含量 | 鉄鍋からの |
|---------|--------|---------------|---------------|
| | | (4人分) (mg) | 鉄溶出量* (mg) |
| ビーフシチュー | 鉄鍋 | 11.98±1.86 | 4.19 |
| | ステンレス鍋 | 7.79±0.98 | |
| 酢豚 | 鉄鍋 | 4.87±0.75 | 1.40 |
| | ステンレス鍋 | 3.47±0.60 | |
| 野菜炒め | 鉄鍋 | 1.80±0.35 | 0.61 |
| | ステンレス鍋 | 1.19±0.30 | |

* 鉄鍋とステンレス鍋使用における調理食品中の鉄含量の差
なお、調理の加熱時間はビーフシチュー 120分、酢豚 30分、野菜炒め 5分である。

調理中に鉄鍋から溶出する鉄量の変化

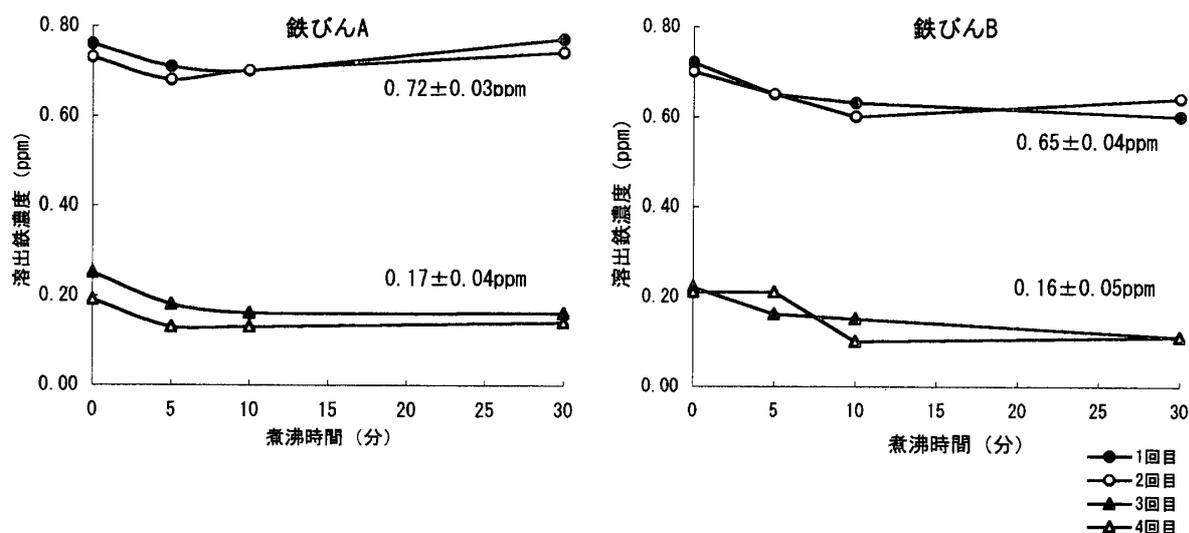


図2. 鉄びんからの鉄溶出量

ためと考えられる。

5. 鉄びんからの鉄溶出量

結果は図2に示すとおりで、鉄溶出量は鉄びんA、Bともに1, 2回目に比べて3, 4回目は著しく減少した。そこで、更に使用回数を重ねた場合、鉄溶出量の変動がどうなるかを確かめるために、2週間後に鉄びんA、Bについて同様の実験を行った。その結果、鉄の溶出量は0.41~0.15ppmであった。以上の結果から鉄びんで湯を沸かした場合の鉄の溶出量は通常0.2ppm弱と推測した。

6. 溶出鉄中の2価鉄の割合

鉄の吸収はその化学形態によって異なり、一般に2価鉄は吸収されやすいが3価鉄は吸収されにくく、2価鉄は自動酸化して3価鉄に転換されやすいといわれている¹¹⁾。そこで、溶出鉄の化学形態の測定を行い表5に示した。

鉄びんで沸かした湯では溶出鉄中の78.5%が2価鉄で、これが時間の経過とともに減少する傾向がみられた。

鉄鍋からの溶出鉄は、水だけの場合は鉄びんとほぼ

表5. 溶出鉄中の2価鉄の割合 (%)

| 調理器具 | 試料 | 経過時間* (分) | | |
|------|--------|-----------|----------|----------|
| | | 0 | 60 | 240 |
| 鉄びん | 水 | 78.5±4.2 | 72.2±6.2 | 69.1±5.0 |
| | 水 | 77.8±6.4 | 67.6±6.7 | 62.3±7.6 |
| 鉄鍋 | 1%食塩液 | 85.9±3.0 | 84.3±6.2 | 70.1±4.4 |
| | 10%食酢液 | 97.5±1.5 | 95.6±3.4 | 93.2±6.4 |

* 沸騰1分後に250mlをビーカー(300ml用)に移して室温放置

同じ値を示したが、食塩や食酢を添加した場合は2価鉄の割合が増し、特に食酢添加ではおよそ98%と高値を示した。しかも時間の経過による減少も少なかった。これは食酢添加によりpHが低下して2価鉄が安定化したためと考えられる。

以上の結果より、調理中に鉄鍋から鉄が溶出すること、さらにその溶出鉄は吸収されやすい2価鉄が多いことが明らかになり、鉄鍋、鉄びんの利用は鉄供給増加に有効であることが認められた。また、及川¹²⁾は鉄鍋からの溶出鉄は生体利用性が高いことを報告している。したがって、鉄摂取量の向上のため、鉄を多く含む食品の摂取を心がけるとともに、鉄製調理器具を上手に活用し、貧血を治療・予防することが望まれる。

要約

一般の調理に鉄鍋を使用することによりどの程度の鉄が溶出するかについて検討し、以下の結果を得た。

1. 鉄の溶出量は添加調味料に影響され、食酢、トマトケチャップ、食塩の順に多く、特に食酢添加における鉄溶出量は顕著に増加した。さらに加熱時間が長いほど、鉄溶出量が増加した。

2. 鉄の溶出量は油の使用により減少する傾向がみられた。

3. 鉄鍋で調理した食物中の鉄含量はステンレス鍋で調理したものに比べて多かった。

4. 鉄鍋、鉄びんから溶出した鉄の78~98%が吸収されやすい2価鉄であり、中でも食酢添加では98%とほとんど2価鉄で、しかも安定性に優れていた。

以上の結果は、調理における鉄鍋の使用は生体利用性の高い鉄摂取量を増加させ、貧血改善に有効である

ことを示唆するものである。

なお、この研究は南部鉄器協同組合からの依頼によって行ったものであり、実験に要した器具・材料および費用はすべて同組合からのご提供によるものである。

文 献

- 1) 健康・栄養情報研究会(2001), 国民栄養の現状, 第一出版, 東京.
- 2) 大河原悦子, 小泉直子, 藤本晴美, 管陽子, 田中久美子, 浦畑育生, 香月文子(1994), 男女学生のライフスタイルと健康との関係, 栄養誌, **52**, 173-189.
- 3) 原田まつ子(1988), 栄養士課程の女子学生における食生活要因と自覚症状の関連について, 栄養誌, **46**, 175-184.
- 4) 石樽清司, 大橋澄枝, 中川大介(2000), 女子学生の貧血に関する調査研究—貧血者の頻度と食生活状況—, 学校保健研究, **42**, 142-150.
- 5) 池田順子, 宮田英子, 永田久紀(1989), 女子学生の貧血と食生活—質問紙による食生活調査結果について—, 日本公衛誌, **36**, 465-470.
- 6) 永原太郎, 岩尾裕之(1971), 食品分析法, 柴田書店, 東京, 148-151.
- 7) 持永春奈, 河村フジ子(2000), ラードの水煮におけるショウガの脂質酸化防止効果に及ぼす共存物質の影響, 日調科誌, **33**, 2-6.
- 8) 後藤たへ(1953), 調理器具の調理時中における微量溶出成分について, 栄養と食糧, **6**, 54-61.
- 9) 安武律(1986), 調理による鉄鍋の鉄溶出量について, 熊本女子大学学術紀要, **38**, 46-59.
- 10) 土井正子, 武藤静子(1979), 貧血に関する研究—鉄鍋から溶出する鉄分について, 日本総合愛育研究所紀要, **14**, 31-36.
- 11) 吉野芳夫, 久安早苗(1987), 鉄に関する最近の研究と知見, 栄養誌, **45**, 155-164.
- 12) 及川桂子(1996), 鉄欠乏性貧血ラットにおける鉄鍋溶出物の貧血改善効果, 家政誌, **47**, 1073-1078.

(2002年3月13日受理)