

鰹出汁摂取がヒトの疲労に及ぼす影響の予備的検討

Preliminary Assessment for Effect of Dried-bonito Broth Ingestion
on Physical and Mental Fatigue in Humans

住澤知之*・河井一明**

Tomoyuki Sumizawa, Kazuaki Kawai

*鹿児島女子短期大学 **産業医科大学

抄録：In many previous reports, it has been suggested the daily ingestion of dried-bonito broth (DBB) might improve various symptoms related to fatigue. To (re)confirm these effects of DBB, 24 healthy young female subjects ingested DBB for 40 or 42 days. Measurement of fatigue score on the profile of mood states (POMS) questionnaire, critical flicker-fusion frequency (CFF) and physical fitness using bicycle ergometer were performed before and after the ingestion periods. The urinary amount of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OH-dG) and creatinine were also measured before and after exercise stress using bicycle ergometer. Although the analysis for fatigue score on the available POMS data didn't significantly decreased, 7 subjects with high fatigue score (more than 20 points) before the ingestion periods revealed the significant improvement of the score. Also significant increase of CFF showed the recovery from the mental fatigue by DBB ingestion. On the other hand, since the results for measurement of physical fitness and urinary 8-OH-dG level corrected with creatinine amount didn't change significantly, we couldn't observe the anti-fatigue effect against physical fatigue in this study. All things considered, our results suggested that the daily ingestion of DBB might show the tendency for the improvement against at least some type of fatigue.

Key words：鰹出汁、疲労、POMS、フリッカー値、8-OH-dG

I. 背景

カツオやマグロなどの大型回遊魚は鰹蓋えらふたが動かないので、酸素を取り入れるために日夜を問わず泳ぎ続けなければならない。そうしなければ、呼吸ができなくなるため窒息死する。そこで、泳ぎ続けるために何らかの疲れにくい仕組みがあるのではないかと考えられてきた。

カツオやマグロなどが泳ぎ続けることができる理由としてかねてより言われているのは、繰り返し収縮しても疲労しにくいという特性を有する遅筋が多く存在していることである。また、最近では、鰹節に多く含まれているアンセリンのようなイミダゾールジペプチドが、抗疲労効果を有することも報告されている^{1), 2)}。

江戸時代に書かれた『本朝食鑑』には、鰹節に『気血を補い、腸胃を調え、筋力を壮し、・・・』などの効能があると記述されている³⁾。筆者らが、被験者の女子学生に、毎食前に鰹出汁を約6週間摂取してもらったところ、摂取期間終了後の平均体重は、摂取前の体重の平均と比べ有意に増

加し、この体重の増加は、筋肉量の増加と相関していた^{4), 5)}。また、事後のアンケートで「疲れにくくなった」と記載した被験者もいた。一方で、鰹出汁の摂取が末梢の血流量を増加させるという報告もある^{6), 7)}。カツオやマグロなどに多く存在している遅筋は赤筋とも呼ばれ、ミオグロビンを多く含むとともに、近くには多くの毛細血管が存在している。そのため、鰹出汁にはアンセリンなどの抗疲労性の物質が含まれている以外にも、運動持続性に優れた遅筋を増加させることにより抗疲労機能を発揮する作用がある可能性も考えられる。

II. 目的

運動性の疲労に対する鰹出汁の抗疲労効果は、マウスの強制遊泳評価系などの結果が学会発表されているだけで、ヒトではイミダゾールジペプチドでの研究報告^{8), 9)}はあるものの、鰹出汁そのものによる報告はない。一方で、野沢らは、鰹出汁摂取期間の前後にPOMS (Profile of Mood

States) アンケート調査を行い、疲労スコアが有意に低下したことを報告している⁷⁾。

そこで本研究では、ヒトの鰹節出汁摂取による疲労改善効果を検証することを目的として、まず、鰹出汁の継続的な摂取がPOMS アンケート調査の疲労スコアに及ぼす影響について、再現性がみられるか検討を行う。それとともに、ヒトが鰹出汁を継続的に摂取することにより精神的疲労や運動負荷による身体疲労が軽減されるかについても検証を行う。

III. 方法

1. 被験者

被験者は、ボランティアでの協力を申し出てくれた、2012年度に鹿児島女子短期大学に在籍する18~23歳の女性25名とした。本研究は、ヘルシンキ宣言に則り、被験者の倫理・人権・個人情報保護へ配慮の上で実施した。すべての被験者には、研究の目的、方法を十分説明し、試験参加に際しては、自由意思に基づく文書による同意を得た。また、すべてのデータは番号による処理を行った。実験の開始にあたり、被験者には、実験期間中に食生活・運動習慣を変えないことと、鰹出汁の摂取記録をつけることを指示した。結果の解析には、鰹出汁摂取記録にて、期間中の摂取達成度が80%以上であった24名のみを用いた。被験者らは、鰹出汁摂取期間終了後の体成分分析などで、有意な体重や筋肉量の増加を認めている⁵⁾。

2. 鰹出汁の摂取

実験に使用した鰹削り節（枯本節花かつお）は、枕崎水産加工業組合より購入した。これを、ミルにて細かく粉碎後、3gずつお茶パックに詰めて1回分とした。被験者には、この1回分のパックから、毎食前に、熱湯100mlにて約1分間抽出を行って飲用してもらった。鰹出汁の摂取期間は、ボランティア学生と採血者のスケジュール調整により、平成24年10月24日~12月2日、または12月4日までの40日間、または、42日間とした。

3. POMS アンケート調査による疲労スコアの解析

鰹出汁摂取開始前と摂取期間終了後に、被験者にPOMS アンケート調査を行い、疲労スコアの解析を行った。日本版POMSのマーク式用紙（金子書房、東京、日本）は、サクセス・ベル株式会社（江田島、広島、日本）より購入し、アンケート調査後の疲労スコアのコンピュータ採点も同社に依頼した。

4. フリッカー値の測定による精神的疲労の解析

フリッカー値は、精神的疲労の検査法として広く利用さ

れている。そこで、デジタルフリッカー値測定器MODEL CE-1（OG技研株式会社、岡山、日本）により、鰹出汁摂取期間の前後に、各3回ずつフリッカー値を測定した。

5. 自転車エルゴメータによる運動負荷と疲労度の測定

鰹出汁摂取開始前と摂取期間終了後に、被験者にはエアロバイクEZ101（株式会社コナミスポーツ&ライフ、東京、日本）により運動をしてもらった。運動は、脈拍の変化を脈拍センサーで検出しながら、内蔵のコンピュータによりペダルにかかる運動負荷を自動的に設定するトレーニングコース（体力テスト）を利用して行い、鰹出汁摂取開始前後の体力レベルを測定した。

また、エアロバイクによる各運動負荷前30分以内と運動負荷後1時間から6時間の間に採尿を行い¹⁰⁾、尿中の8-ヒドロキシデオキシグアノシン（8-OH-dG）とクレアチニン量の測定を行った。DNAの酸化損傷ストレスマーカーである尿中の8-OH-dGは、疲労バイオマーカーの候補でもある¹¹⁾。

尿中8-OH-dGの測定は、以下のように行った¹²⁾。尿50 μ lとリボヌクレオシド8-OH-Guoを含む希釈液50 μ lを混合し、沈殿物を遠心除去した上清20 μ lを高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により分離して、電気化学検出器（ECD）により8-OH-dGを測定した。HPLCによる分離は、尿を最初、4級アンモニウム基が結合したポリスチレン系樹脂（MCI GEL CA08F、7 μ m、1.5 x 150 mm、溶離液A（2%アセトニトリル、0.3 mM 硫酸）、37 μ l/min）を用いた陰イオン交換クロマトグラフィーにより部分精製した後、8-OH-dG分画を逆相カラム（Shiseido、Capcell Pak C18、5 μ m、4.6 x 250 mm、溶離液B（10 mM リン酸緩衝液（pH 6.7）、5%メタノール）、1 ml/min）によって分離した。

尿の濃度を補正するための尿中クレアチニンの分析は、(株)SRL（東京、日本）に依頼した。

5. 統計処理

全ての測定値は、平均値 \pm 標準偏差で示した。統計処理には、GraphPad Prism ver.5 for Windows（日本語版）（有エムデーエフ、東京、日本）を用いた。鰹出汁摂取期間前後の測定値の検定には、対応のあるt検定により評価した。統計的有意水準は、すべて5%未満とした。

IV. 結果

1. POMS アンケート調査による疲労スコアの変化

POMS アンケート調査の『疲労』の項目の解析は、マークシートの記入ミスがあったため、23名で行った。鰹出汁摂取期間前の疲労スコアは、摂取期間終了後には減少していた（表1）。値の小さい方が疲労は少ない状態であること

を示しているため、鰹出汁摂取により疲労が改善する傾向はみられたが、摂取期間前後での有意差は見出されなかった ($p=0.4299$)。

しかしながら、鰹出汁摂取期間前の疲労スコアが60以上(『疲労』の項目の得点が20点以上)と高かった7名についてのみで解析を行ってみると、表2に示すように、摂取期間前に 64.86 ± 4.81 だった疲労スコア(平均 \pm 標準偏差)が、摂取期間終了後には 58.86 ± 5.05 となり、有意に減少していた ($p=0.0268$)。

したがって、疲労度の高い人に対しては、鰹出汁の摂取による疲労回復効果が見込まれると考えられた。

2. フリッカー値の変化

フリッカー値は、その値が小さいほど被験者が疲労していることを示している。表1に示すように、被験者の鰹出汁摂取開始前のフリッカー値の平均 \pm 標準偏差が 42.99 ± 5.68 だったのに対し、摂取期間終了後には 46.06 ± 4.59 に有意に増加していた ($p<0.0001$)。したがって、鰹出汁の継続的な摂取が脳の疲労を改善させる可能性がある。

3. 体力レベルの変化

自転車エルゴメータの体力測定プログラムを用いて、鰹出汁摂取期間の前後で被験者らの体力レベルを測定し、比較を行った結果を表1に示す。前後いずれかの測定で、エラーが生じて体力レベルが表示されなかった被験者が2名いたため、解析は22名で行った。鰹出汁摂取期間前の体力レベルの平均値(\pm 標準偏差)は、摂取期間終了後には若干の上昇が見られたが、摂取期間前後での有意差は見られなかった ($p=0.7707$)。また、鰹出汁摂取期間前の体力レベルが低かった9名について解析を行っても、同様に体力の上昇傾向は見られるものの有意ではなかった。

以上より、鰹出汁の摂取は、筋肉量を増加させるものの、体力を増加させるわけではないと考えられた。

4. 尿中8-OH-dG量の変化

尿中の8-OH-dG量は、クレアチニン量で補正を行った。採尿の際、運動負荷の前後で、明らかに対応する8-OH-dGとクレアチニンの試料のラベルを取違えたと考えられる試料が存在していたため、疑わしいものを含め、3名の試料については除外して、21名について解析を行った。その結果を表3に示す。

尿中8-OH-dG量は、運動により上昇する¹⁰⁾。鰹出汁摂取期間の前後とも、自転車エルゴメータによる運動負荷後には、尿中8-OH-dG値は上昇していたが、摂取後の増加は有意であった ($p=0.0469$) のに対し、摂取前の増加は明らかではなく、有意な増加でもなかった ($p=0.8990$)。また、有意ではないものの ($p=0.0927$)、運動負荷に伴う尿中8-OH-dG値の上昇は鰹出汁摂取期間終了後の方が大きくなり、鰹出汁摂取後の方が、運動負荷による疲労が増す傾向にあるという結果となった(表3)。

V. 考察

カツオやマグロのような、いわゆる『赤身』の魚は、昼夜を問わず泳ぎ続けるために遅筋を多く有している。遅筋は、ミトコンドリアに富み、酸素を利用した持続的な収縮が可能な筋肉で、ミオグロビンを多く含むとともに、近くには多くの毛細血管が存在している。筆者らは、鰹出汁の継続的な摂取が、筋肉量の増加による体重の増加を引き起こすことを見出した^{4), 5)}。一方で、鰹出汁の摂取が末梢の血流量を増加させるという報告もある^{6), 7)}。そこで、鰹出汁の継続的な摂取により遅筋が形成される可能性を考えた。また、渡り鳥の胸肉やカツオやマグロなどの回遊魚に多く含まれているイミダゾールジペプチドは、その抗酸化作用により抗疲労性を示すことも報告されている^{1), 2)}。そこで、鰹出汁の摂取により疲労が改善される可能性があると考え、

表1 鰹出汁摂取前後の疲労の指標と体力レベルの変化

	n	鰹出汁摂取前	鰹出汁摂取後	p値
POMS 疲労スコア	23	52.96 ± 10.33	51.48 ± 10.38	0.4299
フリッカー値	24	42.99 ± 5.68	46.06 ± 4.59	<0.0001
体力レベル	22	3.95 ± 2.26	4.05 ± 1.91	0.7707

解析数 (n) と p 値以外の数値は、平均値 \pm 標準偏差

表2 鰹出汁摂取前に POMS 疲労スコアが高かった人に対する鰹出汁摂取の影響

	n	鰹出汁摂取前	鰹出汁摂取後	p値
POMS 疲労スコア	7	64.86 ± 4.81	58.86 ± 5.05	0.0268

解析数 (n) と p 値以外の数値は、平均値 \pm 標準偏差

表3 鰹出汁摂取前後の運動負荷による、尿中 8-OH-dG 値の変動

	鰹出汁摂取前		鰹出汁摂取後	
	運動負荷前	運動負荷後	運動負荷前	運動負荷後
8-OH-dG/ クレアチニン (ng/mg) ^a	2.90±1.42	2.91±1.50	2.89±1.35	3.18±1.45
(運動負荷後) - (運動負荷前)	0.01±0.372 (<i>p</i> =0.8990)		0.29±0.628 (<i>p</i> =0.0469)	
<i>p</i> 値 ^b	0.0927			

p 値以外の数値は、平均値±標準偏差

^a 尿中 8-OH-dG 量は、尿中クレアチニン量により濃度を補正

^b 対応のある *t* 検定による運動負荷前後の変化を鰹出汁摂取期間前後で評価

今回検証を行った。

野沢らは、女子大学生 29 名を対象とした 2 週間の鰹出汁摂取により、POMS アンケート調査の疲労スコアが有意に改善することを報告している⁷⁾。そこで、鰹出汁摂取期間の前後で POMS アンケート調査を行い、疲労スコアについて解析を行った。その結果、野沢ら同様に、疲労スコアが改善する傾向は見られたが、有意差までは見いだせなかった(表 1)。黒田らは、POMS アンケート調査で疲労スコアが高かった成人男女 48 名(男性 16 点以上、女性 17 点以上)について、鰹出汁を 4 週間摂取してもらったところ、疲労スコアが有意に低下することを報告している¹³⁾。そこで、鰹出汁摂取開始前の POMS における『疲労』の項目で、「受診を考慮」と判定(得点が 20 点以上)された 7 名について解析を行ったところ、黒田らの結果同様に、鰹出汁の摂取により日常の疲労感が改善されているという結果となった(表 2)。したがって、鰹出汁の継続的な摂取は、少なくとも疲労度が高めの人では疲労を軽減させると考えられた。疲労による大脳皮質の活動の低下を数値化していると考えられているフリッカーテストでも、鰹出汁の摂取が有意に疲労を改善させていた(表 1)ことから、鰹出汁の継続的な摂取は、日常の疲労感や精神的な疲労の改善につながる可能性がある。これは、鹿児島県の茶節や沖縄の鰹湯が、疲労回復や滋養強壮に効くといわれていることを裏付ける結果であると考えられるとともに、江戸時代の書物である本朝食鑑の中で、鰹節が『気血を補い』と記述されている³⁾ こととも一致しているように思える。

一方で、運動負荷による肉体的な疲労に関しては、尿中 8-OH-dG 量を指標にした今回の検討では、鰹出汁摂取期間終了後の方が、有意差は見られなかったものの、かえって疲れやすくなっているような結果となった。しかしながら、鰹出汁摂取期間終了後は、運動負荷により有意に尿中 8-OH-dG 値は上昇し、疲労が増していることを示していたが、鰹出汁の摂取開始前には、そもそも運動負荷をかけて

もほとんど尿中 8-OH-dG 値は変化していなかったため、疲労自体を検出できていない可能性がある。また、野沢らは鰹出汁摂取により尿中に排泄される 1 日あたりの 8-OH-dG 量が有意に減少することを報告している⁷⁾ が、筆者らが行った運動負荷前の 1 回の採尿では、鰹出汁摂取期間の前後でも、尿中の 8-OH-dG 量にはほとんど変化は見られていない(表 1)。したがって、運動負荷による肉体的な疲労を検出するためには、運動負荷の強度や負荷の継続時間などの運動の条件や、疲労を検出するための最適な指標と、その指標により疲労を検出するための適切な方法(運動終了後の採尿などのタイミングなど)について、事前に十分な条件検討を行う必要があると考えられた。そして、運動負荷による肉体的な疲労を検出する方法を確立した後に、再度肉体的疲労に及ぼす鰹出汁の継続的な摂取の影響を評価する必要がある。さらに、長期間にわたり疲労に対する影響を調べるような研究では、その間の日常生活における様々な要因が影響してくることが予想されるため、今後、より信憑性の高い方法を検討することにより、慎重かつ詳細な検討を行っていく必要があると考えられる。

自転車エルゴメータに内蔵されているプログラムを用いて被験者の体力レベルを測定したところ、鰹出汁摂取による体力レベルの明らかな上昇は見いだせなかった(表 1)。鰹出汁摂取により筋肉量が増加するならば、体力も増強されるであろうという短絡的な発想自体が適切でないこともあるが、自転車エルゴメータの体力測定プログラムでは、脈拍をモニターしながら、コンピュータ制御で運動負荷の強度を変えているので、ここでいうところの『体力レベル』とは、循環器系の強さを反映しているものと推察される。そのため、仮に鰹出汁に循環器系を強くする機能があっても、少なくとも 6 週間程度の摂取では効果は見られなかったか、あるいは、被験者が 18~23 歳と若い健康者であったため、効果が明らかでなかった可能性もある。

今回の検討では、先行研究同様に、鰹出汁の継続的な摂

取により疲労感が改善されたり、精神的な疲労が改善されたりする可能性が示唆された。そこで、鰹出汁の摂取により疲労が改善するのならば、鰹出汁中の抗疲労成分を明らかにし、その作用機構を明らかにしていくことは、今後、非常に興味深いテーマとなるであろう。

VI. 結論

鰹出汁の継続的な摂取は、特に、疲労度が高い状態にある人に対しては、日常的な疲労感を改善させ、神経的な疲労の回復させる可能性がある。一方で、今回の結果からは、筋肉量の増加が直接肉体的に疲労しにくい体の形成と関連するという事は示すことができなかった。疲労改善効果を示すためには、今後、疲労の検出法や実験のデザインなどの研究方法について検討を行う必要がある。

謝辞：本研究は、南九州地域科学研究所の補助を受けて行われました。また、研究の遂行は、平成 24 年度鹿児島女子短期大学専攻科食物栄養専攻の学生である田中友莉恵さん、宮内香奈さんの多大な尽力があったからこそ可能になったものです。ここに、謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 西谷真人、宗清芳美、杉野友啓 他：新規抗疲労成分：イミダゾールジペプチド、日本補完代替医療学会誌、No.6、pp.123-129、2009
- 2) 久保村大樹、又平芳春、杉浦敏文：海洋性アンセリンの新しい生理機能について、食品工業、No.53、pp.60-67、2010
- 3) 丹岳野必大千里：本朝食鑑、9巻、1697；国立国会図書館デジタル化資料
<http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2569421?tocOpened=1>
- 4) 住澤知之、久保佐也加、塩賀千恵 他：鰹出汁摂取によるヒトの体組成と血液検査値の変動、鹿児島女子短期大学紀要、No.48、pp.11-16、2013
- 5) 住澤知之、田中友莉恵、宮内香奈 他：鰹出汁摂取によるヒトの体組成、血液検査値及び精神状態の変化、鹿児島女子短期大学紀要、印刷中、2014
- 6) Nozawa Y, Kuroda M, Noguchi T et al : Consumption of dried-bonito broth acutely increases peripheral blood flow in humans. J Health Sci, 53, pp.339-343, 2007
- 7) Nozawa Y, Ishizaki T, Kuroda M et al : Effect of dried-bonito broth intake on peripheral blood flow, mood, and oxidative stress marker in humans. Physiol Behav, 93, pp.267-273, 2008
- 8) 佐藤三佳子、鈴木康弘、森松文毅 他：トリ胸肉抽出物 (CBEXTM) 長期摂取が骨格筋中カルノシン濃度と短時間高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響、体育科学、No.52、pp.255-264、2003
- 9) 田中雅彰、嶋原良仁、藤井比佐子 他：CBEX-Dr 配合飲料の健常者における抗疲労効果、薬理と治療、No. 36、pp.199-212、2008
- 10) 中島早苗、韓一榮、蒲原聖可 他：一過性の運動負荷による尿中8-OHdG 排泄量の変動、慈恵医大誌、No.120、pp.153-159、2005
- 11) 田中喜秀、脇田慎一：ストレスと疲労のバイオマーカー、日薬理誌 (Folia Pharmacol Jpn)、No.137、pp.185-188、2011
- 12) Kawai K, Li Y-S, Kasai H : Accurate Measurement of 8-OH-dG and 8-OH-Gua in Mouse DNA, Urine and Serum: Effects of X-ray Irradiation. Genes Environ, 29, pp.107-114, 2007
- 13) Kuroda M, Ishizaki T, Maruyama T et al : Effect of dried-bonito broth intake on mental fatigue and mental task performance in subjects with a high fatigue score. Physiol Behav, 92, pp.957-962, 2007

(平成 26 年 1 月 10 日 受理)