鰹節だし摂取が単純作業負荷時の 精神疲労・ストレスおよび 作業効率に及ぼす影響

石崎太一, 黒田素央[§], 久野真奈見*,
北面美穂*, 早瀬仁美*

味の素株式会社加工食品開発・工業化センター
* 福岡女子大学人間環境学部

Effect of Dried-Bonito Broth (*Katsuo-bushi dashi*) on
Mental Fatigue and Stress Caused by Simple
Workload and Task Performance

Taichi Ishizaki, Motonaka Kuroda[§], Manami Hisano,
Miho Hokumen and Hitomi Hayabuchi*

Processed Food Development and Technology Center,
Ajinomoto Co., Inc., 1-1, Suzuki-cho, Kawasaki-ku,
Kawasaki, Kanagawa, 210-8681

* Department of Human Environmental Science,
Fukuoka Women's University, 1-1-1, Kasumi-
gaoka, Higashi-ku, Fukuoka, 813-8529

The effect of dried-bonito broth on the mental fatigue and stress caused by simple workload and task performance is investigated. After a 1-week non-ingestion period, female subjects ($n=31$, 20.5 ± 0.6 years old) ingested dried-bonito broth (dry matter, 4.9 g) daily for 1 week. The evaluation was performed after the non-ingestion and ingestion periods. For the simple workload, the Uchida-Kraepelin psychodiagnostic test (UKP) was administered. Profiles of Mood States (POMS) scores, flicker values and salivary cortisol were measured before and after UKP loading. After the non-ingestion period, post-loading flicker values were significantly lower than the pre-loading values, while there were no significant changes after the ingestion period. Pre-loading salivary cortisol concentrations significantly decreased during the ingestion period. Furthermore, UKP error rates after the ingestion period were significantly lower than after non-ingestion period. The results suggest that daily ingestion of dried-bonito broth for 1 week tends to lower the accumulation of mental fatigue and stress responses, and tends to suppress the lowering of task performance in a simple workload test.

(Received Sep. 29, 2006 ; Accepted Apr. 19, 2007)

Keywords : dried-bonito broth, fatigue, flicker value, cortisol, Uchida-Kraepelin test

キーワード : 鰹節だし, 疲労, フリッカー値, コルチゾール, 内田クレペリンテスト

鰹節は古来よりわが国において、だしの原料として用いられている素材である。鰹節だしは、その特有の呈味と風味の好ましさから、広く日本料理の味のベースとして用いられてきた。また、一方で、沖縄の「鰹湯 (カチューユ)」や鹿児島「茶節」の例に見られるように、鰹節あるいは鰹節だしは古来より滋養強壮効果や疲労回復効果があると伝承的に言われている。そこで、我々は鰹節だしの生理機能評価について疲労に対する影響を中心に研究を行ってきた。

動物試験においては、マウスを回転車にて強制歩行させた後に赤外線センサーにて自発運動量を測定する試験系で鰹節だしを与えるると自発運動量が高くなること¹⁾や、マウスを流水式プールにて強制遊泳させた時の遊泳可能時間を測定する試験系で鰹エキスを与えると遊泳時間が延長すること²⁾を確認している。また、ヒトにおいては、女子大生を対象として、鰹節だしを継続摂取させた前後に、POMS (詳細は方法にて後述) を実施したところ鰹節だし摂取により気分感情状態が良好になること³⁾、中高年を対象として鰹節だしを味噌汁形態で継続摂取させた前後に、POMS (詳細は方法にて後述) および気分アンケートを実施したところ鰹節だし摂取により気分感情状態が良好になり、アンケート調査における「疲労感」「目の疲れ」が有意に改善すること⁴⁾について、報告している。さらには鰹節だしの継続摂取により眼精疲労の症状が改善する可能性が示されている⁵⁾。

上記に示したヒトにおける効果は日常的に感じる疲労感の改善について調べたものであり、被験者によって疲労感の強さが異なることが予想された。

そこで、本研究では鰹節だしを継続摂取した時の、一定量の単純作業負荷 (計算負荷) に対する抗疲労効果ならびにストレス応答に対する影響について検討を行った。

1. 実験方法

(1) 被験者

福岡女子大学に在籍する学生で自発的に本調査への参加を文書にて申し出た 31 名を対象とした。なお、本試験は福岡女子大学疫学研究倫理審査委員会の承認を受けると共に、ヘルシンキ宣言の精神に則り、被験者に研究の趣旨および試験内容を十分に説明し同意の得られた被験者で行った。なお、被験者背景は、年齢 20.5 ± 0.6 歳、身長 159.6 ± 0.9 cm、体重 53.1 ± 1.0 kg であった (平均値 $\pm$ 標準誤差)。

(2) 被験食

試験食として、市販の鰹節だし (「本造り一番だし」味の素 (株) 製) 50 重量部に市販薄口醤油 0.7 重量部および水 49.3 重量部を混合したものをを用いた。試験食 125 ml (紙パック) を朝夕 2 回で 1 週間継続摂取させた。試験食 1 食に含まれる鰹節だしの固形分は 2.45 g であった。試験食 1 食あたり含まれる栄養素量を Table 1 に示す。

(3) 試験スケジュール

調査はオープン試験デザインにて実施した。試験スケ

〒210-8681 神奈川県川崎市川崎区鈴木町 1-1

* 〒813-8529 福岡県福岡市東区香住ヶ丘 1-1-1

[§] 連絡先 (Corresponding author), motonaka_kuroda@ajinomoto.com

Table 1 Composition of test sample (per 125 mL)

Nutrients		amount
Energy	(kcal)	10.0
Water	(g)	121.4
Protein	(g)	2.3
Lipid	(g)	0.1
Carbohydrate	(g)	0.1
Ash	(g)	0.6
Sodium	(mg)	76.9
Potassium	(mg)	106.3
Salt equivalents	(g)	0.2

Table 2 Daily intakes of nutrients and food group

Nutrients	Intakes
Energy (kcal)	1651±48
Protein (g)	60.9±2.1
Fat (g)	56.1±3.3
Carbohydrates (g)	220.2±7.9
Salt as NaCl (g)	7.0±0.4
Food group (g)	
Rice	129.6±9.2
Other cereals	63.5±8.3
Eggs	40.7±5.6
Meats	70.5±8.2
Fish and shellfish	47.8±8.1
Pulses	88.3±14.0
Potatoes and chestnuts	19.7±5.0
Green & yellow vegetables	74.9±11.4
Light colored vegetables	103.4±12.5
Fruits	64.0±11.7
Milks	167.9±19.0

Mean±SE n=31.

Fig. 1 Study protocol

(A) Schedule of the study.

(B) Protocol of the assessment.

ジュールの概要を Fig. 1 に示す。1 週間の非摂取期間の後に、被験者に試験食（鯉節だし）を 1 週間摂取させた。非摂取期間後および試験食摂取期間後に、被験者に単純作業負荷をかけると共に評価を行った。また、食事の成分による唾液ストレスマーカーの測定に与える影響を考慮し、昼食前の 10:30~12:00 に実施した。さらに、本試験が混乱せずに行えるように、単純作業負荷や評価を一通り行うトレーニングを非摂取期間前に実施した。なお、本試験実施前に 2 日間の食事摂取調査を秤量法によって行い、被験者の栄養素等摂取量ならびに食品群別摂取量を算出した (Table 2)。また、試験期間中に食生活習慣を変えないように指導した。なお、試験期間中、試験食の摂取状況、その日の体調（月経による痛みを含む体調不良等）を日誌に記載させた。本試験は 2004 年 6 月 21 日から 7 月 5 日の期間に実施した。

(4) 単純作業負荷

単純作業負荷として、多人数で同時に実施出来ること、他のストレスへの影響を観察したヒト試験^{9,7)}にも用いられていることから、内田クレペリンテスト（以下、UKP と称す）を行った。これは、一桁の数字が多行にわたって書かれており、その隣同士の数字を加算し、その答えを数字

間に書込む作業を行うものである。この作業を 1 分間毎に行を変えながら 15 分（行）ずつ、前後期 2 セットを行った。なお、セット間に 5 分の休憩を設けた。タスクパフォーマンスに関連する項目として誤答数、誤答率を算出した。

(5) 測定項目

1) POMS (Profile of Mood States)^{8,9)}

POMS とは気分・感情を評価する 65 項目からなるアンケートであり、「緊張-不安」、「抑うつ-落込み」、「怒り-敵意」、「活気」、「疲労」、「混乱」の 6 つの気分尺度を同時に評価出来る。「活気」は値が高いほど、「活気」以外の項目は値が低い程、気分・感情が良好な事を示している。本報告においては、全国平均を 50 点とし換算する気分プロフィール換算表（20~29 歳、女性）を用い標準化得点にて示した。試験用紙は日本版 POMS-No. 851（金子書房）¹⁰⁾を用いた。

2) フリッカー値

フリッカー値とは、不連続の明滅光を直視させて、点灯と点滅の違いを認識出来る時の周波数である。測定には Mepica HE-100（ヒロボー（株）製）を用いた。

3) 唾液ストレスマーカー

ストレスを受けた際に応答するマーカーとして、コルチゾール¹¹⁾を測定した。採血自体によるストレスの影響を避ける必要があるため、唾液中の含量を測定した。単純作業負荷前（10:40）と負荷後（11:45）に唾液採取を行った。唾液採取は、脱脂綿に含まれたサンプルを遠心分離するキット Salivette（Salimetrics LLC 製）を用いた。また、コルチゾールは RIA 法にて測定した。

Table 3 Changes in the flicker value

(Hz)

	Non-ingestion	Ingestion
Pre-loading	37.49±0.72	37.14±0.78
Post-loading	36.50±0.77	37.26±0.78
Change	-0.99±0.48	0.12±0.24*

Mean±SE $n=31$.Significantly different compared to Non-ingestion ; * $p<0.05$.Significantly different between the pre- and post-loading value ; # $p<0.05$.

(6) 統計・解析

全ての測定値は、平均値±標準誤差で示し、非摂取時と摂取時の比較、負荷前と負荷後の比較、非摂取時と摂取時の変化量（負荷後-負荷前）の比較を paired t -test にて実施した。また、有意水準を危険率 5% 以下とした。統計ソフトは、Stat View 5 (SAS institute Inc. 製) を用いた。

2. 実験結果

被験者 31 名全員が 2 週間の試験を遂行できたことから、全員を解析対象とした。

(1) POMS

POMS の結果については「疲労」の項目における結果を示す。非摂取期間後の「疲労」において、負荷前 (49.1±1.6, 平均値±標準誤差) から負荷後 (52.7±1.7) にかけて有意に上昇した ($p<0.01$)。また、鯉節だし摂取期間後においても負荷前 (50.3±2.1) から負荷後 (52.8±2.1) にかけて有意に上昇した ($p<0.05$)。その変化量において、有意差は見られなかったが、摂取前 (3.6±1.2) と比較して、摂取後 (2.5±1.0) の変化量が低値を示した。なお、「緊張-不安」、「抑うつ-落込み」、「怒り-敵意」、「活気」、「混乱」の 5 項目については、非摂取期間後、摂取期間後ともに単純作業負荷前後に有意な変化は認められなかった。

(2) フリッカー値

Table 3 にフリッカー値の結果を示した。非摂取期間後には負荷前から負荷後にかけて有意に低下したが ($p<0.05$)、鯉節だし摂取期間後には有意な変化は認められなかった。また、その変化量においても、摂取時は摂取前に比べて有意に高値を示した ($p<0.05$)。

(3) 唾液ストレスマーカー

Table 4 に唾液中のコルチゾール濃度の結果を示した。非摂取期間後および鯉節だし摂取期間後に負荷前から負荷後に有意に低下した ($p<0.01$)。負荷前に、非摂取期間後に対し鯉節だし摂取期間後は有意に低値を示した ($p<0.01$)。負荷後も、非摂取期間後に対して鯉節だし摂取期間後が有意に低値を示した ($p<0.01$)。

(4) 内田クレペリンテストにおける作業能力

Table 5 に内田クレペリンテスト (UKP) の結果を示した。全回答数においては、非摂取期間後と鯉節だし摂取期

Table 4 Changes in the salivary cortisol levels

(ng/ml)

	Non-ingestion	Ingestion
Pre-loading	3.83±0.26	2.18±0.10**
Post-loading	2.75±0.17	1.77±0.13**
Change	-1.09±0.23	-0.41±0.12**

Mean±SE $n=31$.Significantly different compared to Non-ingestion ; ** $p<0.01$.Significantly different between the pre- and post-loading value ; ## $p<0.01$.

Table 5 Change in the task performance of Uchida-Kraepelin test

	Non-ingestion	Ingestion
Number of answer (1st half)	2192±64	2240±72
Number of errors	4.4±0.5	3.2±0.5*
Rate of errors (%)	0.20±0.02	0.15±0.02*

Mean±SE $n=31$.Significantly different compared to Non-ingestion ; * $p<0.05$.

間後で差は認められなかった。誤答数と誤答率において、非摂取期間後に対して鯉節だし摂取期間後は有意に低値を示した ($p<0.05$)。

3. 考察

POMS において、UKP による単純作業負荷により、疲労感が上昇することが示された。しかし、非摂取期間後と鯉節だし摂取期間後において疲労感の変化量に有意な差は認められなかった。その理由については不明であるが、鯉節だし摂取よりも単純作業負荷による影響が強かったためと推測された。

フリッカー値は大脳皮質の興奮の程度を、視覚系を通してとらえるものであり、中枢系の疲労を推定するのに重要な指標と考えられている¹²⁾。鯉節だし摂取期間後において UKP 単純作業負荷によるフリッカー値の低下が抑えられていることから、鯉節だし摂取が大脳皮質の疲労を抑制している可能性が示唆された。

コルチゾールはストレスに応じて副腎皮質から分泌されるホルモンであり、代表的なストレスマーカーである。非摂取期間後と鯉節だし摂取期間後の両方において、負荷前から負荷後に有意に低下したのは、被験者が UKP 実施前に感じていたストレスが終了後に減少したためと考えられる。同様の現象は、Ng ら¹³⁾ や Nagai ら¹⁴⁾ の研究においても報告されている。また、負荷前の値は、非摂取期間後に対し鯉節だし摂取期間後は有意に低値を示したことから、鯉節だし摂取により、UKP 実施前に感じるストレス応答が緩和されていることが示唆された。UKP 実施前に感じるストレス応答が緩和されているため、負荷後も非摂取期間後に比べて鯉節だし摂取期間後が有意に低値を示したと

考えられる。上記の結果から、鰹節だしはより日常生活に近いレベルでのストレスを緩和する可能性が示唆された。

UKP の回答内容から、タスクパフォーマンスを解析した。誤答率は仕事の正確性を示すものと考えられるが、非摂取期間後に対して鰹節だし摂取期間後は有意に高値を示すことから、鰹節だし摂取により作業の正確性が向上することが示唆された。この理由として、フリッカー値やコルチゾールの結果から、鰹節だし摂取により脳の疲れやストレスへの応答が緩和されている可能性があり、その為に集中力が増したとも考えられる。これまでの検討³⁾⁴⁾においても、鰹節だしの継続摂取により「集中力」が改善したとの自覚症状の向上が確認されている。

以上より、鰹節だし摂取により単純作業負荷時の脳の疲れやストレスへの応答が緩和されることが確認された。また、それにより作業が正確になる可能性についても示唆された。なお、被験者日誌の記載から、非摂取期間中に 0 名、摂取期間中に 3 名が生理期間中にあったことが示された。鰹節だし摂取期間中のほうが人数が多かったにも関わらず、抗精神疲労効果やコルチゾール低減作用が確認されていることから、本研究においては月経周期の影響は少ないと推察された。鰹節だしの作用に関するメカニズムの詳細については不明であるが、単純作業負荷の直前に鰹節だしを摂取したのではなく、朝夕に 1 週間毎日飲用したので、香気成分などによるリラックス効果とは考えにくい。むしろ、鰹節だし中に存在しているアミノ酸・ペプチド・核酸・糖質などの水溶性成分が効果を発揮していると推察される。

なお、本試験はオープン試験デザインで実施したものであり、プラセボ効果の影響も考えられる。ストレスに関する他の指標に対する影響の調査や二重盲検法によるプラセボとの比較を含めた実験を行って、本実験で得られた事象をさらに強く裏付けることが今後の課題と考えられる。

4. 要 約

鰹節だしの継続摂取が単純作業負荷によって生じる精神疲労やストレス、および作業効率に対する影響について、健常な成人女性を対象として調査を行った。1 週間の非摂取期間の後、被験者に鰹節だしを 1 週間摂取させた。非摂取期間後および鰹節だし摂取期間後に評価を実施した。単純作業負荷として内田-クレペリンテスト (UKP) を行い、UKP の前後に Profile of Mood States (POMS) による気分・感情状態の調査、フリッカー値の測定ならびに唾液コルチゾールの測定を行った。非摂取期間後には、UKP 負荷後のフリッカー値は負荷前に比べて有意に低値を示したが、鰹節だし摂取期間後には負荷前後で有意な変化は見られなかった。負荷前の唾液コルチゾール値は非摂取期間後に比

べて鰹節だし摂取期間後に有意に低下した。さらに、鰹節だし摂取期間後の UKP の誤答率は、非摂取期間後の誤答率と比較して、有意に低値を示した。これらの結果から、鰹節だしの継続摂取により、単純作業負荷時に精神的疲労が少なくなる傾向、ストレス応答が低下する傾向ならびに計算作業効率の低下が抑制される可能性が示唆された。

文 献

- 1) 村上仁志, 鰹節だしの疲労回復効果, 化学と工業, **57**, 522-524 (2004).
- 2) 野沢与志津, 山田桂子, 石崎太一, 黒田素央, 強制遊泳系における鰹熱水抽出物の抗疲労効果について, 第 59 回日本体力医学会予稿集, p. 253, さいたま (2004).
- 3) 石崎太一, 久野真奈見, 梅木陽子, 黒田素央, 早瀬仁美, アンケート方式 (POMS) による鰹節だしの気分・感情に及ぼす影響の調査, 日本食生活学会誌, **16**, 39-43 (2005).
- 4) 石崎太一, 黒田素央, 杉田正明, 鰹節だしの継続摂取が気分・感情状態, 特に疲労感に及ぼす影響, 食科工, **53**, 225-228 (2006).
- 5) 本多正史, 石崎太一, 黒田素央, 鰹節だしの継続摂取による眼精疲労改善効果, 食科工, **53**, 443-446 (2006).
- 6) Li, G.Y., Ueki, H., Kawashima, T., Sugataka, K., Muraoka, T. and Yamada, S., Involvement of Noradrenergic system in performance on continuous task requiring effortful attention, *Neuropsychobiology*, **50**, 336-340, (2004).
- 7) Higadshi, T., Sone, Y., Ogawa, K., Kitamura, Y.T., Saiki, K., Sagawa, S., Yanagida, T. and Seiyama, A., Changes in regional cerebral blood volume in frontal cortex during mental work with and without caffeine intake : functional monitoring using near infrared spectroscopy. *J. Biomed. Optics*, **9**, 788-793 (2004).
- 8) McNair, D.M. and Lorr, M., An analysis of mood in neurotics. *J. Abnormal Soc Psychol*, **69** : 620-662 (1964).
- 9) McNair D.M., Lorr M. and Dropp Lemn L.F., Eits Manual for Profile of mood states (POMS). : Educational and industrial testing service (1971).
- 10) 横山和仁, 荒木俊一, 川上憲人, 竹下達也, POMS (感情プロフィール検査) 日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討, 日本公衆衛生雑誌, **37**, 913-918 (1990).
- 11) Kirschbaum, C. and Hellhammer, D.H., Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research ; recent developments and applications. *Pshychoneuroendocrinology*, **19**, 313-333 (1964).
- 12) 西村 武, 森本一成, 精神疲労推定の為の CFF の測定方法と条件の検討, 人間工学, **22**, 203-210 (1986).
- 13) Ng, Y., Koh, D., Mok, B.Y.Y., Chia, S. and Lim, L., Salivary biomarkers associated with academic assessment stress among dental undergraduates : *J. Dent. Educ.*, **67** : 1091-1094 (2003).
- 14) Nagai, H., Harada, M., Nakagawa, M., Tanaka, T., Gunadi, B., Setiabudi, M.L.J., Uktolseja, J.L.A. and Miyata, Y., Effects of chicken extract on the recovery from fatigue caused by mental workload. *Appl Human Sci.*, **15** : 281-286 (1996).

(平成 18 年 9 月 29 日受付, 平成 19 年 4 月 19 日受理)