

環境負荷が少ない健康な食事の検討

一窒素フットプリントを用いた健康な食事（スマートミール）の食品群別使用量一

研究分担者 赤松利恵 お茶の水女子大学基幹研究院自然科学系 教授
研究協力者 鮫島媛乃 お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科 博士前期課程2年

研究要旨

本研究では、健康でかつ地球環境にも配慮した食事の特徴を検討するために、すでに「健康な食事・食環境」認証制度で認証を受けた「スマートミール」を対象に、窒素フットプリント（NF）を用いて、スマートミールのNF、NFの食品群別割合、食品群別使用量、食品群別出現率とその使用量を調べた。2020年8月までに「健康な食事・食環境」認証制度で認証を受けた外食・中食事業者の食事509食（外食316、中食193）を解析対象とした。その結果、1食あたりのNFは、9.46 g-N/650kcal～48.89 g-N/650 kcalと幅があった。五分位値を用いて、対象の食事をQ1群からQ5群の5群に分け比較検討したところ、NFが低い食事では、たんぱく質源となる食材では、魚介類や大豆・加工品の使用量が多い一方で、肉類の使用量は少なかった。魚介類の1食あたりの重量は、73gであり、主菜として受け入れられる重量だと考えられたが、EAT-Lancet委員会が推奨する食事パターンの魚介類の重量より多かった。これは用いた環境指標が異なるためだと考えられた。今後は異なる環境指標を用いて検討する必要がある。

A. 研究目的

気候変動をはじめとする地球の環境問題が深刻化する今、健康な食事を考える上でも、環境問題も配慮する必要がある。「持続可能なフードシステムの視点から見た健康な食事 (Healthy Diets From Sustainable Food Systems)」の報告書を発表した EAT-Lancet 委員会 (EAT-Lancet Commission) は、フードシステムが地球環境に影響を与える指標として、温室効果ガス排出、土地利用、水利用、窒素循環、リン循環、生物多様性の6つをあげている¹⁾。この中でも、フードシステムが窒素循環の崩壊に与える影響は90%以上と大きい²⁾。窒素循環の崩壊は、酸性雨、水の富栄養化などを通じて生物多様性の低下にも影響を及ぼす³⁾。よって、食生活の改善を通して、窒素排出の削減に取り組む必要がある。

フードシステムで環境中へ排出された窒素の量は、N-calculator法による窒素フットプリント (NF ; Nitrogen Footprint) で推定することができる⁴⁾。江口らは、日本における食事のNFを算出するために、食品群ごとの

仮想窒素係数 (VNF) の報告をまとめた (付表1)⁵⁾。VNFは、輸入の程度や食料生産効率によって変動するため、国によって異なる。食品群の窒素量とVNFを用いることで、NFを算定することができる。

日本人1人あたりの1年間あたりのNFは、2015年の食料需給表の供給純食料を1人あたりに換算した値をもとに算出されており、17.1 kg-N/人・年となる⁵⁾。これを1日3食×365日で割り、1食あたりにすると、NFはおよそ15.6 g-N/食になる。

しかし、食品群によって窒素負荷は異なるため、個々の食事あたりのNFは食事内容によって変わる。実際、健康な食事として提供されているスマートミールでは様々な食材が用いられている。スマートミールは、2018年から始まった「健康な食事・食環境」認証制度で認証された事業者が提供する栄養バランスの整った食事である⁶⁾。スマートミールは、様々な食材を組み合わせ、基準 (付表2) を満たしている。基準は野菜量を除き、栄養素レベルで設定されているため、この基準を満たす食事の食材は異なる。よって、NF

が低いスマートミールを把握することができれば、私たちの健康のみならず、地球環境にも資する食事の特徴を知ることができる。

そこで、本研究では、スマートミールを対象に、NFの少ない健康な食事の特徴を把握することを目的に、1食あたりのNFに占める食品群別NFの割合、食品群別使用量、また、各食品群が使用されているときの使用状況を把握するため、食品群別出現率とその使用量を調べた。

B. 研究方法

1. 調査対象

本研究では、2020年8月までに「健康な食事・食環境」認証制度で認証を受けた外食・中食事業者の食事に関する登録データを使用した。2020年8月までに認証を受けた事業者の内、登録データの二次利用への同意が得られた136事業者（外食91、中食45）のスマートミール602食（外食368、中食234）を調査対象とした。食材量についての資料が揃わなかった5事業者の42食、事業者間でメニューが重複した5事業者の51食を除外し、126事業者（外食89、中食37）の509食（外食316、中食193）を解析対象とした（解析対象率：84.6%）。

2. 調査項目

1) スマートミール 1 食あたりの窒素フットプリント (NF)

NF は、食品群ごとの仮想窒素係数 (VNF) を用いて計算するため、食品群ごとの窒素量が必要となる。そこで、まず、対象となるスマートミールの食材名とその使用重量から、日本食品標準成分表 (七訂) を搭載したエクセル栄養君 Ver.8 (建帛社) を用いて各食材のたんぱく質量を算出した。また、エネルギー調整をするために、エネルギーも同時にエクセル栄養君 Ver.8 を用いて算出した。なお、本研究で対象としたスマートミールは、日本食品標準成分表 (七訂) を用いて認証されていたため、本研究でも七訂を用いている。たんぱく質量とエネルギーの計算は管理栄養士免許を持つ3人の研究者が行った。食材の重量は、米はめし重量、めんはゆで重量、乾物 (ひじきなど) は戻し重量、その他は生重量で統一した。

次に、食材ごとのたんぱく質量を、日本食

品標準成分表 (七訂) ⁷⁾ の窒素一たんぱく質換算係数を用いて、食材ごとの窒素量を算出した。その後、これらの食材について、日本食品標準成分表 (七訂) の 18 群を基本に食品群に分類した。ただし、VNF が異なることから、食品群は、日本食品標準成分表 (七訂) ⁷⁾ の 18 群から一部細分化し、24 項目を分析に用いた。細分化は、窒素フットプリント (NF) 算出時に用いる仮想窒素係数 (virtual nitrogen factor, 以下 VNF) の小分類がある穀類 (米・加工品、小麦・その他の穀類)、肉類 (牛肉、豚肉、鶏肉、羊肉等その他の肉類) と、栄養素等量の特徴が異なる豆類 (大豆・加工品、その他の豆類)、野菜類 (緑黄色野菜、その他の野菜) について分けた。魚介類も、餌食養殖か天然漁獲・無餌食養殖かの違いによる VNF 小分類があるが、本研究のスマートミールのデータから養殖と天然漁獲の区別が困難であったため区別しなかった。漬物 (2 食, 0.4%) と野菜ジュース (5 食, 1.0%) は出現頻度が少なかったため、解析には用いなかった。

食品群ごとに分類した食材の窒素量を合計し、N-Calculator 法による窒素フットプリント (NF) を算出した。ここで用いる仮想窒素係数 (VNF) は付表 1 のとおり食品群ごとに示されている。そして、食品群ごとの NF を合計し、1 食あたりの NF を求めた。計算式は以下のとおりである。

$$1\text{食あたりのNF} = \sum_{i=1}^{19} \text{食品群}i\text{から摂取した窒素} \times (\text{VNF}i + 1)$$

2) 属性

事業者部門 (外食、中食) および食事のパターン (「ちゃんと」450~650 kcal 未満、「しっかり」650~850 kcal) の項目を属性として用いた。

3. 倫理的配慮

「健康な食事・食環境」認証制度の運営事務局を通じて「応募書類の内容について、コンソーシアムまたは事務局が全体として集計・分析し、広報や学会等で発表を行うこと」に対する同意の有無を事業者にたずね、同意すると回答した事業者を解析対象とした。また、「健康な食事・食環境」コンソーシアムにおいて、本調査のデータの利用を説明し、許可を得ている。データは統計的にまとめ、個別の事業者を特定できない形にし、個人情報

報の保護に努めた。なお、本研究では、食事データのみを扱うため、お茶の水女子大学生物医学的研究の倫理特別委員会の倫理審査の対象外であった。

4. 統計解析

1) 1食あたりのNFと食品群別NFの割合

NFは、エネルギーの影響を受けることから、1食あたりのエネルギー量を650 kcalに調整した。次に、NFのヒストグラムを作成し、五分位値を用いて、対象の食事をQ1群からQ5群の5群に分けた。その後、各群の食品群別NFの割合を調べた。計算式は以下のとおりである。食品群別NF割合(%) = 各群での食品群別NF[g-N/650kcal]の平均値/各群の1食あたりのNF[g-N/650kcal]の平均値×100。

2) 1食あたりのNFと食品群別使用量との関連

1食あたりの食品群別使用量について、Kruskal-Wallis検定を用いて、5群間の比較を行った。食品群別使用量は、出現頻度が小さい食品群で中央値が0となる項目があったため、群間の大小関係がわかるように平均値も算出した。Kruskal-Wallis検定で統計的な有意差が見られた項目は、Bonferroniの補正による多重比較検定(有意水準 $p < 0.05/10$)を実施した。

次に、Q1～Q5群の食品群別使用状況を調べるために、食品群別出現率と食品群別出現時使用量を調べた。食品群別出現率は各群における各食品群の「使用あり(0.1g以上使用)」の食事の割合とし、各食品群の「使用あり」「使用なし」について、 χ^2 検定を用いて5群間の比較を行った。食品群別出現時使用量は、各食品群が出現した場合の食事における使用量を、中央値(25,75パーセンタイル値)で算出し、Kruskal-Wallis検定を用いて、群間の比較を行った。

検定はすべて、両側検定、有意水準5%とした。統計ソフトはIBM SPSS Statistics 27 for Windows(日本アイ・ビー・エム株式会社)を使用した。

C. 研究結果

1. NFの分布(図1)

解析対象509食の内訳は外食316食(62.1%),

中食193食(37.9%)であり、エネルギー区分は「ちゃんと」264食(51.9%),「しっかり」245食(48.1%)であった。1食あたりのNFの最小値は9.46 g-N/650kcal, 最大値は48.89 g-N/650 kcalであり、中央値(25,75パーセンタイル値)は20.41(14.55, 26.45) g-N/650kcalであった。五分位値で5群に分けたところ、Q1群, Q5群のNFの中央値は、各々12.76 g-N/650kcal, 29.64 g-N/650kcalであった。

2. NF5群別, 1食あたりの食品群別NFおよび食品群別NFの割合(表1)

NF5群間で食品群別NFを表1に示した。Q1群のNFを構成する食品群のうち、その割合が高かった食品群の上位5位は、魚介類(27.9%), 米・加工品(24.3%), その他の野菜(8.2%), 緑黄色野菜(7.8%), 大豆・加工品(7.8%)であった。一方で、Q5群では、鶏肉(25.7%), 牛肉(21.0%), 豚肉(18.9%), 米・加工品(9.3%), 卵類(4.4%)であった。

3. NF5群別, 1食あたりの食品群別使用量(表2)

NF 5群別, 1食あたりの食品群別使用量を調べた。その結果、24項目中の12項目で群間に差がみられた。

多重比較の結果、いも・でんぷん類, 砂糖・甘味類, 藻類, 魚介類, 油脂類の食品群別使用量は、Q1群で他のいずれかの群と比較して多かった。Q1群とQ2群で他の群より多かった食品群は魚介類と油脂類であり、たとえば、Q1群, Q2群各々の魚介類の使用量(平均値)は64g, 54gである一方、Q3群, Q4群, Q5群では各々18g, 6g, 6gであった。緑黄色野菜, その他の野菜, 牛肉, 豚肉, 鶏肉, 乳類の食品群別使用量は、Q1群で他のいずれかの群と比較して少なかった。Q1群が他の群すべてと比較して少なかった食品群は豚肉, 鶏肉であり、たとえば、Q1群の豚肉の使用量(平均値)は1gであるのに対し、Q2群からQ5群各々6g, 20g, 29g, 23gであった。

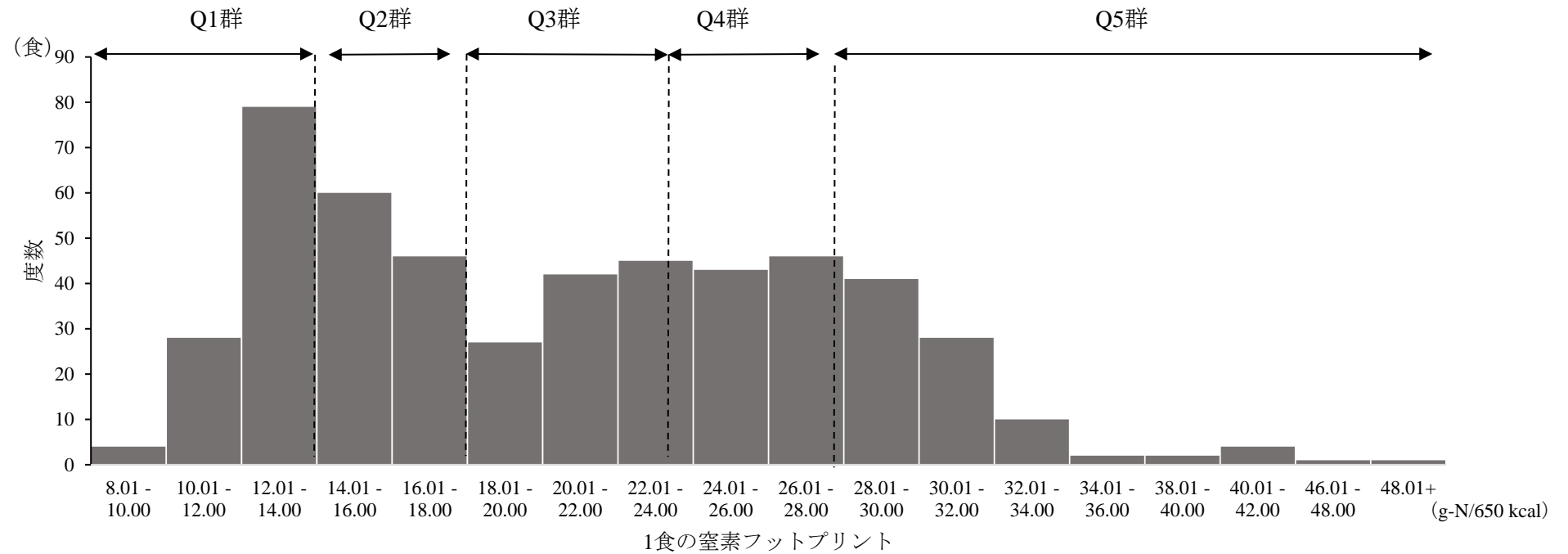


図1 スマートミールの窒素フットプリントの分布 (N = 509)

最小値 : 9.46 g-N/650kcal

最大値 : 48.89 g-N/650 kcal

中央値 (25,75パーセンタイル値) : 20.41 (14.55, 26.45) g-N/650kcal

平均値 (標準偏差) : 20.85 (6.91) g-N/650kcal

Q1 (n = 101, 19.8%) : <13.76 (中央値12.76, 平均値12.46) g-N/650kcal

Q2 (n = 102, 20.0%) : 13.76-17.44 (中央値15.37, 平均値15.44) g-N/650kcal

Q3 (n = 102, 20.0%) : 17.48-22.89 (中央値20.41, 平均値20.29) g-N/650kcal

Q4 (n = 102, 20.0%) : 22.94-27.43 (中央値25.34, 平均値25.24) g-N/650kcal

Q5 (n = 102, 20.0%) : 27.57-48.89 (中央値29.64, 平均値30.74) g-N/650kcal

表1 窒素フットプリント (NF) 5群別, 1食あたりの食品群別NFおよび食品群別NFの割合

	全体 N=509	Q1 n=101	Q2 n=102	Q3 n=102	Q4 n=102	Q5 n=102
1食 (Total)	20.85 (100%)	12.46 (100%)	15.44 (100%)	20.29 (100%)	25.24 (100%)	30.74 (100%)
米・加工品	2.84 (15.3%)	3.02 (24.3%)	2.85 (18.6%)	2.81 (13.9%)	2.68 (10.6%)	2.84 (9.3%)
小麦・その他穀類	0.46 (2.5%)	0.43 (3.5%)	0.43 (2.8%)	0.55 (2.7%)	0.51 (2.0%)	0.39 (1.3%)
いも・でんぷん類	0.19 (1.1%)	0.29 (2.4%)	0.18 (1.2%)	0.18 (0.9%)	0.16 (0.6%)	0.15 (0.5%)
砂糖・甘味類	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)
大豆・加工品	0.59 (3.6%)	0.93 (7.5%)	0.87 (5.6%)	0.51 (2.6%)	0.38 (1.5%)	0.25 (0.8%)
その他の豆類	0.05 (0.2%)	0.04 (0.3%)	0.05 (0.3%)	0.06 (0.3%)	0.07 (0.3%)	0.02 (0.1%)
種実類	0.03 (0.2%)	0.03 (0.2%)	0.04 (0.2%)	0.02 (0.1%)	0.03 (0.1%)	0.03 (0.1%)
緑黄色野菜	1.19 (6.2%)	0.98 (7.8%)	1.28 (8.3%)	1.21 (6.0%)	1.28 (5.1%)	1.20 (4.0%)
その他の野菜	1.20 (6.3%)	1.02 (8.2%)	1.28 (8.4%)	1.17 (5.8%)	1.18 (4.7%)	1.32 (4.3%)
果実類	0.12 (0.6%)	0.13 (1.0%)	0.11 (0.8%)	0.10 (0.5%)	0.12 (0.5%)	0.13 (0.4%)
きのこ類	0.05 (0.3%)	0.06 (0.5%)	0.04 (0.2%)	0.05 (0.2%)	0.05 (0.2%)	0.05 (0.2%)
藻類	0.02 (0.1%)	0.03 (0.2%)	0.02 (0.1%)	0.01 (0.1%)	0.01 (0.0%)	0.02 (0.1%)
魚介類	1.64 (11.2%)	3.47 (27.9%)	3.02 (20.1%)	1.04 (5.5%)	0.35 (1.4%)	0.35 (1.2%)
牛肉	1.91 (6.4%)	0.00 (0.0%)	0.07 (0.4%)	0.44 (2.2%)	2.16 (8.3%)	6.84 (21.0%)
豚肉	3.67 (15.3%)	0.18 (1.4%)	1.25 (7.8%)	4.52 (21.7%)	6.69 (26.7%)	5.68 (18.9%)
鶏肉	3.98 (16.4%)	0.16 (1.2%)	1.45 (9.1%)	4.56 (22.2%)	5.99 (23.7%)	7.68 (25.7%)
羊肉・その他肉類	0.65 (0.6%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)	0.58 (2.4%)	0.13 (0.5%)
卵類	1.41 (7.1%)	0.90 (6.9%)	1.37 (8.9%)	1.71 (8.5%)	1.71 (6.8%)	1.38 (4.4%)
乳類	0.28 (1.4%)	0.11 (0.9%)	0.32 (2.1%)	0.31 (1.6%)	0.25 (1.0%)	0.38 (1.3%)
油脂類	0.00 (0.0%)	0.00 (0.9%)	0.00 (2.1%)	0.00 (1.6%)	0.00 (1.0%)	0.00 (1.3%)
菓子類	0.01 (0.1%)	0.00 (0.0%)	0.02 (0.1%)	0.02 (0.1%)	0.01 (0.0%)	0.01 (0.0%)
嗜好飲料類	0.01 (0.1%)	0.00 (0.0%)	0.01 (0.1%)	0.02 (0.1%)	0.01 (0.1%)	0.01 (0.0%)
調味料・香辛料類	0.37 (2.0%)	0.41 (3.3%)	0.38 (2.5%)	0.41 (2.0%)	0.35 (1.4%)	0.29 (0.9%)
調理加工食品類	0.55 (2.3%)	0.18 (1.6%)	0.22 (1.4%)	0.54 (2.6%)	0.45 (1.7%)	1.35 (4.2%)

平均値 (g-N/650kcal) ()内はNF割合 (%) = 食品群NFの平均値 / 1食あたりのNFの平均値

ノンパラメトリックなデータであったが, 1食 (Total) を100%とした食品群別NF割合 (%) を示すため, 食品群別NFとNF割合ともに平均値を使用した。

4. NF5群別, 1食あたりの食品群別出現率と出現時の使用量 (表3)

NF 5群間で食品群別出現率を比較した結果, 24項目中の11項目で群間に差がみられた。NFが低い群で藻類, 魚介類, 油脂類の出現率が高く, NFが高い群で牛肉, 豚肉, 鶏肉, 羊肉・その他の肉類, 乳類の出現率が高かった。小麦・その他の穀類, 砂糖・甘味類, きのこと類については, Q5群で小麦・その他の穀類, 砂糖・甘味類の出現率が低く, Q4群できのこの類の出現率が高かった。

次に, NF 5群間で出現時使用量を比較した結果, 24項目中の14項目で群間に差が見られた。各食品群が使用されるときの使用量はNF5群で異なった。たとえば, Q1群での魚介類の出現率は89.1%であり, その時の使用量は73gであった一方, Q5群での魚介類の出現率は32.4%であり, その時の使用量は17gであった。

D. 考察

本研究では, 健康でかつ地球環境にも配慮した持続可能な食事の特徴を調べるため, NFを用

いて, 健康な食事であるスマートミールを分析した。その結果, 同じ栄養バランスの基準で作成した食事にも関わらず, 1食あたりのNFは, 9.46 g-N/650kcal~48.89 g-N/650 kcalと幅があった。このNFの値の違いは, 使用される食材の種類の違いであり, NFが低い食事では, 肉類以外のたんぱく質源の食材を主菜とした食事であった。

本研究で用いたNFが最も低い食事 (Q1群) のNFは, 12.76g-N/650kcal であり, この食事を1日3食 (1,950kcal/日あたり) 1年間摂取したとすると, 1人あたりの1年間のNFは14.0kg-N/人・年になる。2015年の日本人1人あたりの1年間のNFは17.1kg-N/人・年 (1,889kcal/日あたり) であることから⁵⁾, NFが最も低い食事 (Q1群) を摂取すると1年間3.5kg-N/人・年 (20%) 削減できる。一方で, NFが最も高い食事を1年間摂取したとすると1人あたりの1年間のNFは32.5kg-N/人・年であり, 2015年の値から1年間14.5kg-N/人・年 (85%) 増加させることになる。このことから, 健康な食事であり, かつ環境に良い食事を摂取する

表2 窒素フットプリント (NF) 5群別, 1食あたりの食品群別使用量

	全体 N=509	Q1 n=101	Q2 n=102	Q3 n=102	Q4 n=102	Q5 n=102	p^{\dagger}	多重比較
米・加工品	162 (143, 179)	168 (148, 184)	162 (142, 182)	161 (142, 176)	161 (129, 179)	160 (144, 178)	0.29	
	150 (52)	159 (43)	150 (57)	148 (52)	143 (56)	149 (52)		
小麦・その他穀類	2 (0, 14.)	4 (0, 18)	3 (0.0, 12)	1 (0.0, 11)	3 (0.0, 21)	0 (0, 9)	0.057	
	19 (46)	15 (35)	20 (49)	16 (38)	27 (57)	18 (48)		
いも・びんふみ類	10 (0, 29)	21 (2, 40)	11 (0.0, 28)	12 (0.0, 31)	7 (0.0, 24)	7 (0, 23)	0.002	1 > 4, 5
	17 (20)	25 (26)	15 (16)	19 (21)	14 (16)	14 (19)		
砂糖・甘味類	2 (0, 5)	3 (0, 6)	2 (0.0, 5)	3 (1, 6)	2 (0.0, 7)	1 (0, 3)	<0.001	1, 3, 4 > 5
	3 (3)	4 (4)	3 (3)	4 (3)	3 (3)	2 (3)		
大豆・加工品	0 (0, 19)	0 (0, 33)	4 (0.0, 31)	0 (0.0, 14)	0.0 (0.0, 7)	0 (0, 13)	0.022	2 > 4
	15 (29)	23 (38)	22 (37)	14 (29)	8 (16)	8 (13)		
その他の豆類	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0.086	
	1 (4)	1 (4)	1 (4)	1 (3)	1 (6)	1 (4)		
種実類	0 (0, 1)	0 (0, 1)	0.0 (0.0, 1)	0 (0.0, 1)	0.0 (0.0, 1)	0 (0, 1)	0.41	
	1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (2)	1 (1)	1 (1)		
緑黄色野菜	64 (42, 98)	54 (36, 82)	69 (44, 105)	58 (36, 90)	72 (47, 110)	65 (46, 108)	0.009	1 < 4
	73 (46)	59 (32)	77 (44)	72 (55)	78 (45)	78 (49)		
その他の野菜	86 (57, 115)	75 (49, 99)	85 (53, 113)	92 (71, 114)	79 (57, 119)	94 (68, 134)	0.001	1 < 3, 5
	90 (45)	77 (42)	92 (54)	95 (45)	86 (38)	101 (42)		
果実類	0 (0, 11)	1 (0, 13)	0.0 (0.0, 6)	0 (0, 6)	0.0 (0.0, 11)	0 (0, 14)	0.29	
	11 (20)	11 (18)	11 (23)	8 (17)	11 (21)	13 (23)		
きのこ類	4 (0, 13)	5 (0, 17)	3 (0.0, 14)	5 (0, 14)	5 (0.0, 11)	1 (0, 16)	0.22	
	10 (15)	12 (21)	7 (9)	9 (11)	10 (17)	9 (14)		
藻類	0 (0, 5)	1 (0, 8)	0.0 (0.0, 10)	0 (0, 0)	0.0 (0.0, 2)	0 (0, 5)	<0.001	1 > 3, 4
	6 (12)	7 (13)	8 (15)	3 (8)	4 (9)	6 (10)		2 > 3
魚介類	8 (0, 60)	70 (49, 86)	56 (31, 81)	7 (0.0, 31)	0 (0, 4)	0 (0, 2)	<0.001	1, 2 > 3 > 4, 5
	30 (35)	64 (35)	54 (33)	18 (23)	6 (14)	6 (13)		
牛肉	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 34)	<0.001	1, 2, 3, 4 < 5
	5 (14)	0 (0)	0 (1)	1 (5)	5 (12)	17 (25)		1, 2 < 4
豚肉	0 (0, 22)	0 (0, 0)	0.0 (0.0, 8)	6 (0.0, 38)	15 (0, 61)	0 (0, 34)	<0.001	1 < 2, 3, 4, 5
	16 (27)	1 (3)	6 (10)	20 (25)	29 (32)	23 (35)		2 < 3, 4
鶏肉	0 (0, 27)	0 (0, 0)	0.0 (0.0, 13)	0 (0.0, 43)	0 (0, 60)	0 (0, 80)	<0.001	1 < 2, 3, 4, 5
	18 (31)	1 (4)	7 (11)	23 (28)	28 (36)	33 (44)		2 < 4
羊肉 其他肉類	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0.003	1, 2, 3 < 4
	1 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (12)	1 (3)		
卵類	0 (0, 15)	0 (0, 11)	0.6 (0.0, 17)	0 (0.0, 17)	4 (0, 18)	0 (0, 8)	0.074	
	10 (15)	6 (10)	9 (12)	12 (18)	12 (17)	9 (15)		
乳類	0 (0, 4)	0 (0, 0)	0.0 (0.0, 3)	0 (0.0, 5)	0 (0, 3)	0 (0, 17)	<0.001	1 < 5
	8 (19)	4 (14)	8 (24)	6 (16)	7 (17)	13 (22)		
油類	3 (2, 7)	5 (3, 9)	4 (2, 8)	4 (2, 6)	3 (1, 5)	2 (0, 7)	<0.001	1, 2 > 4, 5
	5 (4)	6 (4)	5 (4)	4 (3)	3 (3)	4 (4)		1 > 3
菓子類	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0.058	
	1 (5)	0 (5)	1 (7)	1 (4)	1 (4)	2 (5)		
しじみ類	3 (0, 10)	2 (0, 9)	3 (0.0, 7)	4 (0.0, 8)	3 (0, 11)	3 (0, 17)	0.91	
	17 (45)	15 (43)	17 (44)	14 (30)	14 (34)	28 (65)		
調味料・香辛料類	28 (17, 69)	27 (17, 87)	29 (17, 50)	27 (16, 134)	28 (18, 47)	28 (19, 71)	0.97	
	56 (66)	60 (69)	55 (67)	70 (84)	47 (54)	49 (50)		
調理加工食品類	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0 (0, 0)	0.49	
	7 (22)	6 (21)	8 (23)	9 (28)	4 (17)	8 (21)		

各食品群の上段が中央値 (25,75パーセントイル値), 下段が平均値。単位はすべてg/650kcal, 使用量は, 米はめし重量, めんはゆで重量, 乾物 (ひじきなど) は戻し重量, その他は生重量に統一した。

出現率が少なく, 使用量の中央値が0になる項目が複数見られたため, 大小関係がわかるように平均値も記載した。

† 中央値についてKruskal-Wallis検定

‡ Bonferroniの補正による多重比較 (有意水準 $p < 0.05/10$) で有意差があった群間の関係を示す。

表3 窒素フットプリント (NF) 5群別, 食品群別出現率, 1食あたりの食品群別出現時使用量

	出現した食数 (出現率 † (%))						p‡	出現時使用量 (g(50kcal) §)					p	多重比較
	全体 N=509	NF						NF						
		Q1 n=101	Q2 n=102	Q3 n=102	Q4 n=102	Q5 n=102		Q1 n=101	Q2 n=102	Q3 n=102	Q4 n=102	Q5 n=102		
米・加工品	466(91.6)	96(95.0)	92(90.2)	93(91.2)	92(90.2)	93(91.2)	0.71	169 (150,184)	166 (150,183)	164 (149,178)	166 (147,182)	164 (149,179)	0.43	
小麦・その他穀類	287(56.4)	59(58.4)	60(58.8)	65(63.7)	63(61.8)	40(39.2)	0.003	13(6,24)	9(5,24)	6(2,18)	15(4,31)	18(6,55)	0.012	3<4,5
いも・でんぷん類	347(68.2)	76(75.2)	71(69.6)	74(72.5)	62(60.8)	64(62.7)	0.12	30(15,50)	18(11,33)	22(8,40)	23(8,34)	21(8,26)	0.006	1>2,5
砂糖・甘味類	352(69.2)	74(73.3)	73(71.6)	78(76.5)	74(72.5)	53(52.0)	0.001	4(2,7)	3(2,6)	4(2,7)	4(2,8)	3(1,4)	0.036	
大豆・加工品	250(49.1)	49(48.5)	59(57.8)	50(49.0)	44(43.1)	48(47.1)	0.31	34(8,81)	27(7,53)	14(5,38)	9(3,35)	16(1,27)	<0.001	1>4,5, 2>4
その他の豆類	59(11.6)	13(12.9)	13(12.7)	10(9.8)	18(17.6)	5(4.9)	0.069	5(4,12)	6(3,18)	5(5,13)	5(2,6)	5(4,22)	0.58	
種実類	224(44.0)	43(42.6)	49(48.0)	36(35.3)	51(50.0)	45(44.1)	0.25	1(1,2)	1(1,2)	2(0,3)	1(0,1)	1(0,2)	0.017	
緑黄色野菜	507 (99.6)	100 (99.0)	102 (100)	101 (99.0)	102 (100)	102 (100)	0.55	54 (37,82)	69 (44,105)	59 (37,91)	72 (47,110)	65 (46,108)	0.014	1<4
その他の野菜	506 (99.4)	99 (98.0)	102 (100)	101 (99.0)	102 (100)	102 (100)	0.25	75 (50,100)	85 (53,113)	94 (72,114)	79 (57,119)	94 (68,134)	0.002	1<3,5
果実類	233(45.8)	54(53.5)	43(42.2)	42(41.2)	43(42.2)	51(50.0)	0.28	11(4,28)	12(2,42)	9(3,28)	12(6,46)	14(4,50)	0.69	
きのこ類	320(62.9)	67(66.3)	54(52.9)	70(68.6)	75(73.5)	54(52.9)	0.004	11(5,21)	12(5,20)	10(5,20)	8(4,17)	13(5,30)	0.15	
藻類	216(42.4)	64(63.4)	44(43.1)	28(27.5)	38(37.3)	42(41.2)	<0.001	6(2,15)	16(6,25)	4(1,12)	4(2,21)	13(1,24)	0.008	2>3
魚介類	320(62.9)	90(89.1)	93(91.2)	68(66.7)	36(35.3)	33(32.4)	<0.001	73(62,87)	61(36,82)	24(7,44)	8(3,31)	17(3,36)	<0.001	1,2>3,4,5
牛肉	69(13.6)	0(0.0)	2(2.0)	8(7.8)	20(19.6)	39(38.2)	<0.001	-	9	13(5,24)	28(22,32)	39(33,50)	<0.001	2,3,4<5
豚肉	212(41.7)	13(12.9)	39(38.2)	58(56.9)	59(57.8)	43(42.2)	<0.001	6(2,13)	11(6,27)	31(14,64)	58(23,76)	55(20,89)	<0.001	1,2<3<4,5
鶏肉	176(34.6)	4(4.0)	37(36.3)	49(48.0)	47(46.1)	39(38.2)	<0.001	20(11,22)	15(10,28)	45(27,67)	61(38,86)	91(76,101)	<0.001	2<3,4,5 1,<4,5, 3<5
羊肉・その他肉類	10(13.6)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	6(5.9)	4(3.9)	0.003	-	-	-	52(35,58)	15(15,16)	0.88	
卵類	245(48.1)	39(38.6)	51(50.0)	50(49.0)	59(57.8)	46(45.1)	0.089	15(6,24)	17(9,29)	17(9,31)	13(5,27)	9(6,32)	0.41	
乳類	162(31.8)	18(17.8)	31(30.4)	33(32.4)	33(32.4)	47(46.1)	0.001	15(1,36)	13(4,34)	10(5,28)	13(4,33)	18(7,50)	0.25	
油脂肪類	457 (89.8)	100 (99.0)	99 (97.1)	90 (88.2)	84 (82.4)	84 (82.4)	<0.001	5(3,9)	5(3,8)	5(2,7)	3(1,5)	4(1,8)	<0.001	1,2>4
菓子類	24(4.7)	1(1.0)	5(4.9)	4(3.9)	4(3.9)	10(9.8)	0.054	47	22(12,43)	20(9,29)	18(17,19)	18(16,20)	0.58	
しおけり類	360(70.7)	76(75.2)	74(72.5)	74(72.5)	70(68.6)	66(64.7)	0.51	5(2,12)	6(3,9)	6(4,11)	7(3,15)	12(4,18)	0.009	1,2<5
調味料・香辛料類	509(100)	101(100)	102(100)	102(100)	102(100)	102(100)	-	27(17,87)	29(17,50)	27(16,134)	28(18,47)	27(19,71)	0.97	
調理加工食品類	67(13.2)	11(10.9)	13(12.7)	15(14.7)	10(9.8)	18(17.6)	0.48	43(37,59)	43(35,78)	38(29,100)	37(14,75)	40(35,58)	0.84	

† 出現率 (%) = 各食品群が出現した食数 / 解析対象食数または各群の食数 × 100 ‡ χ^2 検定 Q1-Q5間で, 各食品群の「使用あり」「使用なし」の分布を比較した。 § 中央値 (25, 75パーセンタイル値), Kruskal-Wallis検定。使用量0を欠損とした。それぞれのn数はその食品群が出現した食数。使用量は, 米はめし重量, めんはゆで重量, 乾物(ひじきなど)は戻し重量, その他は生重量に統一した。Q2群の牛肉, Q1群の菓子類はn数が少なく, 中央値 (25, 75%タイトル値) を算出できなかった。|| Bonferroniの補正による多重比較 (有意水準 $p < 0.05/10$) で優位な差があった群間の関係を示す。

ためには、NFが低い食事を摂った方が望ましいことが示された。

これらのNFの値の違いは、使用されている食材、特にたんぱく質源の食材によると考えられた。NFが低い食事では、魚介類など肉類以外の食材を主菜としている一方で、NFが高い食事では肉類を主菜とした食事であることがわかった。NFが低い食事の魚介類の重量は1食あたり70gであり、これは食事バランスガイド⁸⁾における魚料理約2サービングに相当し、1食分の主菜として受け入れられると考える。しかし、EAT-Lancet委員会が推奨する食事パターンを同じ650kcalに換算した場合の魚介類の重量は7.3gになり、本研究の結果と比較するとかなり少ない。この違いには、食文化も影響していると考えられるが、EAT-Lancet委員会の算出には、窒素循環の他に、温室効果ガス排出、土地利用、水利用、リン循環、生物多様性を考慮しているためだと考えられる。よって、今後は他の環境指標についても調べ、健康でかつ地球環境に良い食事を検討する必要がある。

本研究の結果で、NFが高い食事では野菜量が多かった結果は、スマートミールの基準で、たんぱく質%エネルギーの範囲がある一方で、野菜量は140g以上と上限がなかったためだと考える。野菜のNFはたんぱく質源の食品と比較し低いが、野菜であっても、窒素負荷はあるため、使用量が増えると負荷は高くなる。健康面で野菜量が多いことは推奨されるが、環境面で考えると、使用量が増えると環境への負荷も高くなることは理解する必要がある。

本研究では、実際提供されている外食・中食を解析しているため、食事として受け入れられるメニューであるが、一般家庭での食材使用状況とは異なる可能性を考慮して結果を読む必要がある。また、使用したデータから、食材が輸入品か国産品か、魚介類については、養殖か天然かがわからなかったため、本研究ではこれらを考慮していない。

E. 結論

本研究の結果から、NFの削減を考えた健康な食事は、魚介類など肉類以外のたんぱく質源の食品を主菜とした食事であることが示唆された。ただし、地球環境を配慮した食事には、温室効果ガスなど、他の環境指標の考慮も必要である。健康でかつ環境にも

良い食事の検討を日本の食事で、さらに進める必要がある。

参考文献

- 1) Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, et al: Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems, *Lancet*, 393, 447–492 (2019)
- 2) Shibata H, Cattaneo LR, Leach AM, et al: First approach to the Japanese nitrogen footprint model to predict the loss of nitrogen to the environment, *Environ. Res. Lett.*, 9, (2014)
- 3) Rockström J, Steffen W, Noone K et al: Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity, *Ecol. Soc.*, 14, 32 (2009)
- 4) Leach AM, Galloway JN, Bleeker A: A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment, *Environ. Dev.*, 1, 40–66 (2012)
- 5) 江口 定夫, 平野 七恵: 日本の消費者の食生活改善による反応性窒素排出削減ポテンシャルと国連SDGsシナリオに沿った将来予測, *日本土壤肥科学雑誌*, 90, 32–46 (2019)
- 6) 「健康な食事・食環境」コンソーシアム事務局: 「健康な食事・食環境」認証制度「健康な食事・食環境」認証基準, <https://smartmeal.jp/ninshokijun.html> (2022年3月11日)
- 7) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会: 日本食品標準成分表2015年版(七訂) (2015) 全国官報販売協同組合, 東京
- 8) 農林水産省: 食事バランスガイドの報告書, https://www.maff.go.jp/j/balance_guide/b_report/index.html (2022年4月14日)

F. 健康危機情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表

鮫島媛乃，赤松利恵，林芙美，武見ゆかり：
健康な食事（通称：スマートミール）の
食品群の組み合わせ，第29回日本健康教
育学会学術大会（青森，オンライン開
催）2021年9月，日本健康教育学会誌，
29(Suppl): 65(2021)

鮫島媛乃，赤松利恵，林芙美，武見ゆかり：
1食あたりの使用食品群数が少ない健康
な食事（通称：スマートミール）の特
徴，第68回日本栄養改善学会学術大会
（Web開催）2021年10月，栄養学雑誌，

79(5):89(2021)

H. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登

なし

3. その他

なし

付表1 窒素フットプリント算出に用いた仮想窒素係数 (VNF)

<i>i</i>	食品群	VNF
1	米・加工品	3.2 ^{a)}
2	小麦・その他の穀類	1.5 ^{b)}
3	いも・でんぷん類	4.9 ^{b)}
4	豆類	1.3 ^{b)}
5	野菜類	5.5 ^{b)}
6	果実類	7.5 ^{a)}
7	牛肉	12.4 ^{b)}
8	豚肉	6.7 ^{b)}
9	鶏肉	6.0 ^{b)}
10	羊肉・その他の肉類	5.2 ^{a)}
11	卵類	6.7 ^{c)}
12	乳類	2.7 ^{b)}
13	魚介類	0.8 ^{d)}
14	藻類	0.2 ^{e)}
15	みそ	1.3 ^{f)}
16	しょうゆ	1.3 ^{f)}
17	その他の食品 [†]	0.2 ^{e)}
18	菓子類	主材料のVNFを使用 [‡]
19	調理加工食品類	主材料のVNFを使用 [‡]

江口ら：日本土壌肥科学雑誌, 90(1), 32-46 (2019) の表1を基に作成

でんぷん類, 砂糖・甘味類, 油脂類はたんぱく質量が少なく, VNFは設定されていないため, 0とした

[†] きのこと類, 種実類, 調味料・香辛料類 (みそ, しょうゆを除く), 嗜好飲料類を含む

[‡] 日本食品標準成分表 (七訂) の割合を参考にした

^{a)} 種田ら：日本LCA学会誌, 14, 120-133 (2018) のVNF値, ^{b)} Shibata et al. : *Environ. Res. Lett.*, 9, 115013

(2014) のVNF値, ^{c)} Oita et al. : *Ambio*, 47, 318-326 (2018) のVNF値, ^{d)} Oita et al. : *Ecol. Indic.*, 60, 1091-1103

(2016) の水産物全体の加重平均VNF値を適用, ^{e)} Oita et al. : *Ecol. Indic.*, 60, 1091-1103 (2016) の天然漁獲・無

給餌養殖水産物のVNF値を適用, ^{f)} Shibata et al. : *Environ. Res. Lett.*, 9, 115013 (2014) の豆類のVNF値を適用

付表2 スマートミールの基準

1 エネルギー量 ^a	「ちゃんと」450~650 kcal未満「しっかり」650~850 kcalの2パターン
2 料理の組み合わせ方	「主食+主菜+副菜」 ^b 「主食+副食 (主菜、副菜)」 ^c の2パターン
3 PFCバランス ^d	たんぱく質13~20%E, 脂質20~30%E, 炭水化物50~65%E
4 野菜の使用量	野菜等 (野菜・きのこ・海藻・いも) を140 g以上使用する
5 食塩相当量	「ちゃんと」3.0 g未満「しっかり」3.5 g未満
6 推奨食品	牛乳・乳製品, 果物を適宜取り入れる
7 使用不可食品	特定の保健の用途に資することを目的とした食品や素材を使用しない

「健康な食事・食環境」コンソーシアム事務局：スマートミールとは, <https://smartmeal.jp/smartmealkijun.html> (2022年4月11日) より作成

^a 「ちゃんと」は女性や中高年男性の方向け, 「しっかり」は男性や身体活動量の高い女性の方向け

^b 主食は飯の場合に150~180/170~220 g, 主菜は魚, 肉, 卵, 大豆製品を60~120/90~150 g, 副菜は野菜, きのこと, いも, 海藻を140 g以上であることをいずれも目安とする (ちゃんと/しっかり)

^c 主食は飯の場合に150~180/170~220 g, 副食は魚, 肉, 卵, 大豆製品を70~130/100~160 g, 野菜, きのこと, いも, 海藻を140 g以上であることをいずれも目安とする (ちゃんと/しっかり)

^d エネルギー総量に対し, エネルギー産生栄養素であるたんぱく質, 脂質, 炭水化物の各々が占める割合