

サツマイモと魚の組み合わせは長寿食

Combination of Sweetpotato and Fish is Macrobiotic Diet

吉元 誠, 木戸めぐみ

Makoto Yoshimoto and Megumi Kido

鹿児島女子短期大学

Sweet potato represents the sixth most important food crop in the world. Often called “almost perfect nourishing food” sweet potato contains vitamins, minerals and many other nutrients in favorable ratios, since sweet potato contains various kinds of physiologically functional components, polyphenolics, anthocyanins, fiber, and carotenoids in roots.

The review discusses with recent findings on vitamins, fiber, and unsaturated fatty acids that intake of sweet potato and fishes is the macrobiotic food.

Key words: sweetpotato, fish, macrobiotic diet

キーワード: サツマイモ, 魚, 長寿食

はじめに

ヒトは毎日食べる食物によって、健康を維持・増進している。我が国における3大死因は、癌、心疾患、および脳血管疾患で、全体の死亡原因の約55%を占めている。心疾患および脳血管疾患は、高血圧と緊密な関係がある。これらの疾患を予防さらに軽減するため、各種農作物中の健康を促進する機能について研究が進められている。

サツマイモは熱帯から温暖な地域にかけて生産されており、生産量において、作物としては第6番目である。サツマイモは健康に良い作物であるということは一般的に認められているが、具体的にどのような成分が健康に寄与しているかということについてはほとんど理解されていない。唯一、サツマイモの健康機能は整腸作用で、その成分として食物繊維が知られている。この様にサツマイモの健康の維持・増進に関与する研究は非常に少ない。近年、サツマイモの健康機能に関する研究が活発に行われている¹⁾。

李時珍が編纂した「本草綱目」に、『時珍曰く、案ずるに、陳祈暢の異物誌に「甘藷は交（ベトナム北部）、広（広東、広西）の南方に産し、民家では二月を以て種え、十月に収穫する。その根はイモに似てやはり巨魁があり、大なるものは鷲卵ほど、小なるものは鶏、鴨の卵ほどで、紫皮を剥き去ると、肌肉が正白で脂のようだ。南方の地では、これを米穀、果物に当てて食う。蒸しても炙いても香美なものだ。初めのうちは甚だ甘い、久しく経てば、風に当たるのでやや淡くなる」とある。又案ずるに、稽含の「草木状」には、「甘藷は果藷の類である。或はイモの類だともいう。根、葉はやはりイモのようで、根の大きさは拳

ほどある。甌で蒸して食うと、味が薯蕷と同じく、性は冷である。珠崖（広東州の珠州・崖州）では、耕作を業とせぬものが、ただこれを種え、蒸し切って晒して収穫し、それを糧食にして、諸糧とよんでいる。海中（辺）人の寿命が長いのは、五穀を食わずして、甘藷を食うがためだ」と言っている²⁾。本草綱目を編纂した李時珍は、16世紀、明末の本草学者である。この本草綱目で参照されている「異物志」および「南方草木状」は、それぞれ著者が陳祈暢および稽含である。「異物志」は年代が不詳であるが、「南方草木状」は稽含が広州の長官として在任（305年）中、熱帯植物を分類説明した3巻である。このことから、サツマイモは4世紀初頭には、広州地域に普及していたことになる。しかも、「海中（辺）人の寿命が長いのは、五穀を食わずして、甘藷を食うがためだ」と述べていることは、かなり前に伝播していたことは明らかで、サツマイモが当時、長寿食であることが認識されていたことは間違いないと思われる。

本総説では、健康の維持・増進に対するサツマイモと魚の組み合わせの寄与について、近年の遺伝子工学的研究によって得られた知見とともに論じる。

サツマイモと一般栄養成分

サツマイモと日本人の主食である白米の一般栄養成分を表1に示した。エネルギー的に、焼き芋（163 kcal/100g 可食部）と白米（168 kcal/100g 可食部）はほとんど差が無い。先ず、五大栄養素（たんぱく質、脂質、炭水化物、ミネラル、ビタミン）について比較する。サツマイモのたんぱく

表1 白米およびサツマイモ (焼き) の成分表 (可食部100g 当たり)

食品名	エネルギー	たんぱく質	脂質	炭水化物	灰分	ナトリウム	カリウム	カルシウム	マグネシウム	リン	鉄	亜鉛	銅	マンガン	β カロテン当量	E	B ₁	B ₂	ナイアシン	B ₆	B ₁₂	葉酸	パントテン酸	C	飽和脂肪酸	食物繊維総量	
	kcal	g	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	μ g	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	g	g	
焼き芋	163	58	1.4	0.2	39	1.3	13	540	34	23	55	0.7	0.2	0.32	6	1.3	0.12	0.06	1	0.33	0	47	1.3	23	0.03	3.5	
白米	168	60	2.5	0.3	37	0.1	1	29	3	7	34	0.1	0.6	0.1	0.35	0	Tr	0.02	0.01	0.2	0.02	(0)	0.3	0.25	(0)	0.1	0.3

2012 食品標準成分表より抜粋

質含量 (1.4g/100g 可食部) は、白米 (2.5g/100g 可食部) に比べて少ない。炭水化物および脂質は、両者においてほとんど差がみられない。

ミネラル類については、亜鉛を除くとサツマイモのミネラル含量が全て高い。特に、骨粗鬆症の予防に効果が期待されるカルシウムは、白米の約10倍以上の含量である。ビタミンについても、ほとんどのビタミン類で、サツマイモが優れている。抗酸化ビタミンであるビタミンCおよびEは、白米にはほとんど含まれていない。当然の事であるが、食物繊維含量も、サツマイモは白米の約10倍以上の含量である。

サツマイモが普及した背景には、救荒作物としての性質が大きく貢献している。一度飢饉に遭遇すれば、栄養学的には、かなり厳しい状態におかれる³⁾。サツマイモが、救荒作物として大切にされたのは、飢饉のときに、ただ単に空腹を満たしたというだけでなく、これまで述べてきたように栄養的に優れた性質を持っていたからである。

サツマイモのアミノ酸価

サツマイモのたんぱく質含量は、白米の約 1/2 程度である (表1)。食品に含まれているたんぱく質の品質が優れているかどうかは、量だけでなく、ヒトが体内で合成できない必須アミノ酸をどれだけ含んでいるかによる。

たんぱく質の品質を示す指標としてアミノ酸価がある。サツマイモと白米を含めた植物性および動物性食品のアミノ酸価を表2に示した。その値が100に近いほど良質なたんぱく質になる。畜肉、牛乳、魚肉のアミノ酸価は100である。植物性食品において、ソバのアミノ酸価が92、サツマイモのアミノ酸価が88で、ソバに次いで優れている。白米のアミノ酸価が65であるから、サツマイモのアミノ酸価が白米のアミノ酸価よりいかに優れているかが理解できる。大豆 (アミノ酸価 86) は「畑の肉」と言われるほど植物性食品としては優れた値を示すが、サツマイモのアミノ酸価は大豆に匹敵する。近年、食の欧米化によりパン食が普及しているが、小麦粉のアミノ酸価は44でサツマイモの半分である。これまで述べてきたように、サツマイモはその

他の栄養成分、ミネラルやビタミン含量も白米に比べてバランスよく含まれており、成人はサツマイモだけを食べていても栄養失調にならずに生きていける。サツマイモが準完全栄養食品といわれる所以である。

表2 植物および動物性食品のアミノ酸価

植物性食品		動物性食品	
品名	アミノ酸価	品名	アミノ酸価
白米	65	牛肉	100
玄米	68	鶏肉	100
小麦粉	44	豚肉	100
大麦	62	鶏卵	100
トウモロコシ	32	牛乳	100
アワ	35	ウナギ	100
ソバ	92	イワシ	100
サツマイモ	88	ブリ	100
ジャガイモ	68	マダイ	100
カボチャ	68	ハマグリ	81
ダイズ	86	イカ	71
豆乳	86	クルマエビ	74

2010 食品標準成分表より抜粋

太平洋の、北はハワイ諸島、西はミクロネシア連邦、東はイースター島にいたる、一辺が五千キロを超える巨大な三角形の中にあるおびただしい数の島々では、ほぼ同一の食文化が共有されている。どこでもヤシの実のジュースを飲み、バナナを食べ、ココナツミルクで味付けした野菜や魚、イモを食べ、土に穴を掘って蒸し焼きにした豚や鶏がごちそうである⁴⁾。この太平洋の巨大な三角形に住む人々は、もともとは同じ故郷から船をこぎだした一団であるといわれている⁵⁾。

南太平洋の島に住む人々が、力士の高見山や武蔵丸や小錦や曙のように、驚くべき巨体とすぐれた運動能力をもっていることはよく知られている。トンガで日本人のチームが食生活の調査をしたところ、彼らはほとんど毎日イモ（タロ、ヤム、キャッサバ、サツマイモ）と魚とココナツミルクの三種類の食品しかとらないのに栄養のバランスは理想的で、一日3kgから6kgものイモを食べていて体重は常識を超えるほど多いにもかかわらず、実はきわめて健康的である⁶⁾。イモは毎日かならず複数の種類を食べ、わずかな塩分をもった地下水だけで調味するというのが、そのイモ類の微妙な栄養バランスと、全体に塩分の薄い食生活が、太っていても生活習慣病にかからない彼らの秘密らしい。その巧まざる環境への適応も、「近代化」して小麦のパンや肉の缶詰が入ってきてから狂ってきたという報告を聞かされると悲しいが⁷⁾、穀類がなくても多様なイモ類さえあれば、それらを主食とする生活と文化が成り立つということを、彼らの伝統的な暮らしは示している。

日本でも、多量のサツマイモを主食、副食として魚介類や海藻、ポリフェノール類たっぷりの野菜を食べて、世界一の長寿を実現していた地域があった。それは、沖縄県である。沖縄県で長寿を実現しているお年寄りの話では、1日約5kg程度のサツマイモを食べていたそうである。魚介類は豊富であったが、家畜の肉類を食べることは、まれなことだったらしい。また、ポリフェノール類を高濃度含むサツマイモやヨモギの葉⁸⁾も食していた。これが、沖縄の長寿の源と推定されるが、近年の食生活の洋風化に伴い、長寿日本一の県が、最近では男性が26位になっており、前述したポリネシアの島々の人々と同じ傾向を示している。

精神的疲労の回復にビタミンC

サツマイモのビタミンC含量は、生イモ、蒸しイモ、焼き芋で、それぞれ29mg/100g可食部、20mg/100g可食部、23mg/100g可食部で加熱しても失われることはないという特徴がある。これはビタミンCが澱粉と結合して、保護されているからである。

ビタミンCは、生体内の各種物質代謝、特に酸化還元反応に関与するとともに、コラーゲンの生成と保持作用を有する。欠乏すると壊血病になることはよく知られている。さらに、チロシン代謝と関連したカテコールアミンの生成や脂質代謝とも密接に関与している。近年の研究成果は、酸化的ストレスが、糖尿病やその合併症の進展や進行に関与することは広く受け入れられている⁹⁾。ビタミンCのような抗酸化成分が、酸化的ストレスに起因する糖尿病予防に効果的であることは容易に推察できる。

ビタミンには、脂溶性ビタミンと水溶性ビタミンの2種類がある。脂溶性ビタミンは油脂に溶けやすいため体内

に長くとどまることができる。一方、水溶性ビタミンは水に溶ける性質があり、腎臓でろ過されて体外に排出されやすいという特徴がある。ビタミンCは水溶性ビタミンで、体内に入ってから数時間で体外に排泄されるので、一度にたくさん摂るより、毎食、ビタミンCを多く含む野菜や果物をとることが望ましい。また、ビタミンCはハウレンソウなどの薬物を水洗いしたり、水にさらすと、水に溶け出してしまう。例えば、生のハウレンソウを5分間水にさらすと、約20%が失われる。また、熱にも弱いことから、ハウレンソウを5分間ゆでると約60%のビタミンCが失われてしまう。

若返りのビタミンE

ビタミンEを多く含む野菜類はモロヘイヤ(3.4mg/100g可食部)、アボカド(3.3mg/100g可食部)、西洋カボチャ(4.7mg/100g可食部)、ハウレンソウ(2.6mg/100g可食部)などである。サツマイモのビタミンE含量は、それぞれ1.3mg/100g可食部で、ハウレンソウの約半分である。一方、白米のビタミンE含量は微量(Tr)で、白米からのビタミンE摂取はほとんど期待できない(表1)。

ビタミンのなかで最も強い抗酸化作用をもっているのがビタミンEである。ビタミンEは脂溶性ビタミンなので、食品のなかでは脂質に溶けて存在している。細胞膜には脂質が含まれているため、活性酸素によって酸化されて過酸化脂質に変わりやすいが、ビタミンEは細胞膜の酸化を防いで細胞の老化を抑制する。また、血液中の悪玉(LDL)コレステロールは、活性酸素によって酸化されて酸化LDLコレステロール(過酸化脂質)に変わり動脈硬化の原因になるが、ビタミンEは過酸化脂質が作られるのを抑制して血管を若く保ち、動脈硬化を防いでくれる。細胞膜の酸化や動脈硬化の進行は老化の原因になるため、これを予防するビタミンEは「若返りのビタミン」とも呼ばれている¹⁰⁾。

また、ビタミンEやビタミンCを多くとっている人ほど、アルツハイマー病の発症率が低いという報告がある¹¹⁾。マウスを使った実験では、アルツハイマー病にかかったマウスにビタミンEを与えたところ、アルツハイマー病の原因となる脳内のアミロイドβたんぱく質が、28~50%減少したのである。認知症予防のためにも積極的にとりたい栄養素である。このほかにも、末梢血管の拡張による血流の改善、黄体ホルモン(女性ホルモンのひとつ)や男性ホルモンの生成の補助、生殖機能の維持などの作用があるとされている。

ビタミンEの抗酸化作用の仕組みは、細胞膜の脂質やLDLコレステロールが活性酸素によって酸化される身代わりになって自分自身が酸化される。酸化されると抗酸化

作用が低下する。ところが、ビタミンCの還元作用によって酸化されていない元の状態に戻る。であるから、それぞれのビタミンを多く含む食品を組み合わせると相乗効果が期待できる。このような理由から、サツマイモはビタミンCとEを同時に摂取できる作物である。

サツマイモの「フィトケミカル」

野菜や果物には、 β -カロテン、ビタミンCやEといった抗酸化作用をもつ栄養素以外にも、強力な抗酸化作用や免疫機能をアップする栄養成分がたくさん含まれている。これらの栄養成分を総称して「フィトケミカル(phytochemical)」という。

フィトケミカルの「フィト (phyto-)」とは植物という意味で、「ケミカル (chemical)」は化学物質のことである。植物は太陽の光を浴びて光合成を行い成長するが、太陽光線の恵みを受ける一方で、紫外線などの攻撃を受ける。人間であれば、抗酸化サプリメントを摂取したり、帽子をかぶったり、日傘をさし、日焼け止めを塗ることで、紫外線を浴びることにより体内に発生する活性酸素をある程度防ぐことができる。しかし、植物は自らの力で紫外線による活性酸素の害から身を守る必要がある。その役割を担っているのがフィトケミカルである。具体的な成分としては、ニンジンに含まれているカロテノイド類、赤ワインやブルーベリーや紫芋に含まれるアントシアニン、コーヒーなどに含まれるポリフェノール類、煎茶やソバなどに含まれるフラボノイド類、ニンニクやタマネギなどに含まれるイオウ化合物などがある。野菜や果物などの植物に含まれるフィトケミカルは1万種類にもものぼるといわれている。現在のところ約900種類のフィトケミカルがわかっている。

抗酸化作用には、「活性酸素の発生を防ぐ」「活性酸素を安定化させる」「酸化されたものを無害化し、細胞の損傷を修復する」「細胞の障害を起こした部分に抗酸化因子を送り込む」の4つのステージがあるが、フィトケミカルは「活性酸素を安定化する」のステージで働く成分が多いといわれている。

サツマイモ塊根のフィトケミカルとしては、カフェ酸誘導体であるポリフェノール類が普遍的に高濃度含まれ、表皮から形成層部分に、全体の約80%程度が存在している¹²⁾。これらのポリフェノール類に加えて、さらに、肉色が紫色のサツマイモには、含量は品種によって大きく異なるがアントシアニン色素が含まれている¹³⁾。肉色が黄色や橙色のサツマイモにもカロテノイド類が含まれている¹⁴⁾。一方、異なる品種や同じ品種でも産地の違う白米10種以上についてポリフェノール含量を測定したが、全ての試料でポリフェノール類は、ほとんど検出されなかった(未発表データ)。

サツマイモ食物繊維

食物繊維の機能は、善玉菌である腸内ビフィズス菌の増加、便量の増大化、さらにコレステロールの吸収抑制が注目されている。これらの機能が、各種疾病のリスク軽減に貢献していることが明らかにされている。サツマイモは3.5g/100g可食部の食物繊維を含んでいる。これは、白米(0.3g/100g可食部)の約10倍以上に相当する(表1)。かつて食物繊維は、ヒトの消化酵素で消化されない食品の成分で、以前は「食べ物のカス」とみなされていた。しかし近年、有害物質の排泄や栄養素の吸収、腸内環境の正常化などに有益であることが明らかになり、重要な栄養素として認められるようになった。食物繊維は主としてセルロース、ヘミセルロースおよびグニニンなどの植物細胞壁に由来する不溶性食物繊維と細胞内の非構造的多糖類のペクチンやガム質などの水溶性食物繊維に大別される。

高脂肪食を常食としている都市部のカナダ人および高脂肪食摂取の日本人の腸内細菌の構成を、伝統的な日本食を常食とする農村部の日本人ならびに都市部の日本人と比較すると、高脂肪食により善玉菌の *Bifidobacterium* の比率が激減し、逆に悪玉菌の *Bacteroides* や *Clostridium* 等の比率が増加することが認められている¹⁵⁾。米国の研究報告では、伝統的な日本食を摂取させると、ある種の善玉菌と推定される嫌気性菌種が優勢に検出されるとしている¹⁶⁾。さらに、食物繊維の摂取により、短鎖脂肪酸量が腸内細菌により産生が促され、特に、酪酸の産生が大腸癌形成に阻害作用を示している事も報告されている¹⁷⁾。

表3に、6品種のサツマイモ繊維のペクチン、ヘミセルロースおよびセルロース含量を示した¹⁸⁾。市販サツマイモ繊維は、澱粉滓をクエン酸発酵した後の残渣を漂白後、製品化したサツマイモ繊維製品である。ペクチン含量の多い品種としては、九州124号やアヤムラサキ、ヘミセルロース含量の多い品種としては、コガネセンガンやコナホマレがあげられる。セルロース含量の多い品種としてはジェイレッドである。澱粉原料としては、コガネセンガンが主に利用されているが、その副産物である市販サツマイモ繊維の繊維成分を比較すると、ペクチンとヘミセルロース含量が減り、セルロース含量が増えているので、クエン酸発酵や漂白の過程で両成分は減少したことが推察される。

β -グルカン、ペクチン、グアーガムのような高粘性食物繊維の摂取量が増えると、健常者、過体重者および肥満者、脂質異常症患者の血中コレステロール量は低下する。しかし、非粘性食物繊維(小麦繊維、セルロース)のような食物繊維成分は血中脂質に影響を及ぼさない。ヒト介入研究の結果より、単離粘性食物繊維(β -グルカン、オーツ麦ふすま、ペクチン)にはコレステロール低下作用があるが、この作用は通常の食事で摂取する量よりも大量に摂

表 3 サツマイモ繊維の成分における品種間差

品 種	繊維成分含量 (mg/g 繊維, 乾燥重量)		
	ペクチン	ヘミセルロース	セルロース
コガネセンガン	167	397	199
ジェイレッド	215	89	600
九州124号	366	109	293
アヤマラサキ	353	135	275
高系14号	240	238	368
コナホマレ	195	323	402
市販サツマイモ繊維	44	121	639

取した場合にのみ、みられることが明らかにされた。しかし、血中高コレステロール値の患者に対するメタ分析により、脂肪摂取を減らすなどの食事の変化に加え、粘性タイプの食物繊維の摂取を増やすと、コレステロールの低下に有効であることが示された¹⁹⁾。

食物繊維による糖尿病予防

我が国の糖尿病患者は1970年以降、急速に増えており、2011年では約1,000万人といわれている。その原因として、摂取カロリーの増加が考えられるが、総カロリー摂取量は70年代以降増えていない。一方、動物性脂肪、バターやラード、乳製品の脂肪分などの摂取量は増え続けている。

2型糖尿病と関連因子、炭水化物摂取後の血糖値上昇を血糖応答という。すみやかに消化吸收されるデンプンとデンプンに由来する炭水化物、マルトース、デキストリンなどはすみやかに大きな血糖応答を誘発し、その結果、すみやかで大きなインスリン応答を引き起こす。血糖応答指標(グリセミックインデックス:GI)の概念は血糖応答によって食品を分類し、基準量の炭水化物を含む食品の量当たりとして表されてきた。GI値は食品の食物繊維含有量とは必ずしも関連していない。例えば、全粒小麦パンは白パン(基準糖質)よりも食物繊維が多いにもかかわらず完全に全粒穀物を含んでいない限り、GIは低くならない。さらに果物のGIはそのジュースより低く、たとえジュースに食物繊維を加えても消化性炭水化物が無傷の細胞壁でカプセル状態になっている果物に比べGI値を低下させる効果は小さい。このことは、食品のもともとの構造が重要であることを示している。

2型糖尿病患者を対象にした介入試験のメタ分析により、粘性(水溶性)食物繊維は完全な食品(オーツ麦、マメ類)として、また単離されたサプリメント(グアーガム、ペクチン)としても、血糖値を有意に低下させることが認められた。作用機序のデータは実際に、これらの粘性食物繊維により胃が空になる時間を遅らせ、グルコースの吸収を遅らせることを示している。このように、粘性食物繊維はグルコースおよびインスリン応答を効果的に低下させるので、糖尿病患者の血糖の管理に役立つ。

「日本人の食事摂取基準(2010年度版)」で定められた食物繊維の目標量は、成人男性で19g/日以上、成人女性で17g/日以上である。ところが日本人の食生活は洋風化し、平成22年国民健康・栄養調査によると平均で14g/日しか摂れていない。洋食を好む若い世代ではさらに少なくなっている。欧米諸国では、食物繊維摂取量が24g/日以上であると、心筋梗塞のリスクが低下するという研究がある。また、大腸癌の発生グループの調査では、15g/日以下で多く発症しているため、少なくとも、20g/日を下まわらないようにしたいものである。

食物繊維の摂取の仕方は、ただ摂れば良いということではなく、なるべく食事の始めに食物繊維の多いものから食べるようにする。理由は、食事摂取時の栄養素の吸収は食事開始直後が最も高く、時間とともに低下するからである。

ビフィズス菌増殖促進作用

ヒトの大腸には善玉菌や悪玉菌などさまざまな細菌が住んでいるが、種類として500~1,000種類といわれている。善玉菌はビフィズス菌、乳酸菌などで、便秘を解消したり、下痢の症状を緩和したり、感染やアレルギーを予防してくれる。腸では主にIgAという抗体が腸に入ってくる病原菌と闘ってくれるが、ビフィズス菌、乳酸菌もリンパ球を作る細胞や、ナチュラルキラー細胞(癌細胞やウイルスに感染した細胞を壊す)を活発にすることにより、免疫力を強化してくれるのではないかと考えられる。

ヒトの腸内には、善玉菌として、5種類のビフィズス菌、*Bifidobacterium*(以下B.と略す) *adolescentis*, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. infantis*, *B. longum*が存在している。ビフィズス菌は、グルコースなどを分解して乳酸を作り出すが、同時に酢酸もつくる。乳酸は、胃酸の分泌を軽減し腸のぜん動運動を刺激する。さらに腸内腐敗防止に役立つ。乳酸の一部は牛乳中のカルシウムと結合して、乳酸カルシウムとなり、吸収を促進する。また、死菌から遊離した菌体成分が吸収されると、免疫機能を刺激し、感染症や癌に対する抵抗力を高める。

サツマイモの品種と繊維のビフィズス菌増殖作用の関係(in vitro)を表4に示した¹⁸⁾。サツマイモ繊維は、一般的

表4 ビフィズス菌によるサツマイモ塊根繊維による資化性

ビフィズス菌*	サツマイモ品種				
	コガネセンガン	九州120号	九州124号	アヤマラサキ	高系14号
<i>B. adolescentis</i>	++	—	++	++	+
<i>B. bifidus</i>	—	—	—	—	—
<i>B. breve</i>	++	±	++	++	+
<i>B. infantis</i>	—	—	++	—	—
<i>B. longum</i>	—	±	±	—	—

*+: 多いほど、ビフィズス菌が繊維を資化して増殖し、培地のpHが低いことを示す。

に5種類のビフィズス菌のうち、*B. adolescentis* と *B. breve* によって積極的に利用されている。しかも、品種によって利用される程度に違いがあり、「ジェイレッド」はいずれの菌に対しても効果はなかった。これは繊維の質に関係があり、セルロース含量が多く、ペクチンとヘミセルロース含量が少ない繊維はビフィズス菌に利用されにくい(表3)。

サツマイモ澱粉滓繊維は、「市販サツマイモ繊維」、トウモロコシ繊維およびビート繊維に比べて、保水性および保油性が優れている²⁰⁾。保水性は便量の増大化、保油性はコレステロールなどの吸着と関係がある。コレステロールの吸着能についても、サツマイモ繊維が30%、キャッサバ3%、柑橘繊維8%で、サツマイモ繊維が他の食物繊維に比べてすぐれている²¹⁾。このサツマイモ繊維の優れたコレステロール吸着能の要因として、ペクチンのメチル化が上げられている。ペクチンを構成するガラクトuron酸は、メチルエステルの形と酸の2つの形で存在している。ペクチンの水への溶解度、粘度、ゲル化性、そして酵素に対する安定性などはエステル化による。メトキシル基含有量としては、約7% (エステル化度が50%以上) が境になる。ペクチンの溶解度は、メトキシル基が減ったりすると低くなる。サツマイモ繊維のペクチンのメチル基の含量は、9.7%であるが、一連の野菜や果物は0.1%と低い値である²²⁾。

ヒトは生まれた時は、無菌状態であるが、成長するに従って腸内に細菌が住みつく。最初はビフィズス菌など善玉菌であるが、次第に悪玉菌が住みつくようになり、一定の腸内細菌叢をつくる。しかし、これも年をとってくると、悪玉菌が増え、腸内環境の悪化により、老化や免疫力の低下による疾病が発症することになる。悪玉菌は加齢で増加するだけでなく、不適切な食事によっても増加する。逆にビフィズス菌など増加するような食事をとると、腸内環境が良くなり、老化を防止したり、免疫力のアップにより、各

種疾病を防御することになる²³⁾。

野菜や果物をたくさん食べるほうが長生きするという研究は多く見られる。Kromhautの報告によれば、食物繊維の摂取量が一日当たり10g増加すると、心筋梗塞などによる心臓病の死亡リスクが17%、総死亡リスクでは9%減少するとしている。とくに長期的な食物繊維の摂取は、総死亡率が50歳から80歳にかけて減少する²⁴⁾。

緩下剤のヤラピン

生のサツマイモ塊根を切断するとヤラピンと呼ばれる粘性の白い乳液(樹脂配糖体の一種)がにじみでる。乾物中に、約0.4%ほど含まれている。このヤラピンという成分は、ジャガイモやサトイモなどには含まれていない。ヒルガオ科のサツマイモだけが含んでいる成分である。欧米や中南米では、ヤラピンは、下剤の民間薬として利用されている²⁵⁾。しかし、サツマイモに含まれている量は、下痢をするほどは含まれていない。サツマイモを食べると便通が良くなると言われるが、これはサツマイモ繊維が水分を保持することによる便の軟化、さらにビフィズス菌の資化による酸の生成による腸のぜん動運動の活発化、これに加えて、このヤラピンによる緩下剤としての作用によると考えられる。ヤラピンは熱にも安定なので、蒸しても焼いても変質しない。

ヤラピンの含量は品種によっても異なる。写真には、「ベニオトメ」、「九系95270-3」、「高系14号」の3品種の生芋の切断面を示している。「ベニオトメ」および「九系95270-3」では、特に表皮から約5mmの形成層の部分で、ヤラピンが特ににじみ出ている。一方、「高系14号」ではヤラピンのにじみはほとんど観察されない。

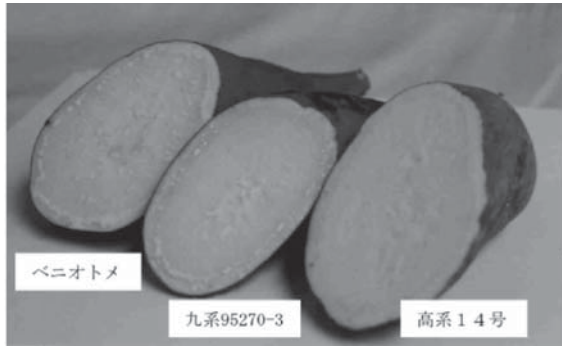


写真 ヤラピン含量の品種間差

魚食と健康

ギリシャ生まれの文人でローマ皇帝に仕え、「英雄伝」を著したプルターク（46年頃～120年頃）は「食卓歓談集」のなかで「世のなかにうまいものはたくさんあるが、ただひとつ、とくに“うまいもの”とよぶべきは魚だ」と書いている²⁶⁾。彼が住んでいた地中海沿岸地方は古くからひらけ、文化的にもすすんでいたが、それでも魚を獲る技術は、当時はまだ稚拙なものだった。そのため魚はかなり高価であったと思われる。一方、家畜や家禽は手にいれやすかった。ただ、これらは魚介類にくらべて種類がはるかに少なかったため、日ごろから魚が食べたいと思っていたのだら

表5 サツマイモと魚介類のたんぱく質含量
(可食部100g当たり)

食品名	たんぱく質 (g)
サツマイモ	1.4
おにぎり	2.7
マアジ	20.7
マサバ	20.7
タラ	18.1
サンマ	18.5
クロマグロ (赤身)	26.4
クロマグロ (トロ)	20.1
アサリ	6.0
イカ	17.0
カニ	15.0
和牛 (かたロース、赤身、生)	16.5
豚 (かたロース、赤身、生)	19.7
にわとり (ささ身、生)	23.0

2012 食品標準成分表より抜粋

う。当時から魚醤油ガラムのおいしさはプルタークにかぎらず、ローマ人にもよく知られていた。またマグロはグルメの対象でもあったらしい。

サツマイモは、白米に比べるとたんぱく質含量は、米の約半分であるが、海岸に住む人々は魚類からたんぱく質を十分摂取することができた。表5でサツマイモと魚介類のたんぱく質含量を比較した。魚類はサツマイモのたんぱく質の約13～19倍程含んでいる。魚類のたんぱく質含量は、牛肉（和牛、赤身）、豚肉（かたロース、赤身）、にわとり（ささみ）と同程度である。この事は、海辺に住む人々がサツマイモで不足するたんぱく質を魚類で十分補えたことが容易に想像できる。これらの結果は、魚類のたんぱく質が量、質ともに優れたたんぱく質源である事を示している（表2、表5）。しかも、魚類に含まれる脂肪酸は、生活習慣病の予防効果のある不飽和脂肪酸である。さらに、魚肉には、サツマイモや白米に含まれていないビタミンが豊富に含まれている。それは、ビタミンDである。

ビタミンD

ビタミンDは、サツマイモや白米には含まれていない（表6）。魚介、きのこ類に多く含まれており、カルシウム代謝で重要な働きを持つ。最近の報告では、膵臓β-細胞と免疫細胞が活性型ビタミンDの受容体を保持している事が明らかにされている²⁷⁾。またビタミンDは、筋肉の合成や脂肪の減少にも効果があり、癌、I型糖尿病、さらに生活習慣病予防の可能性も示唆されている。米国では、ビタミンD摂取量は、子どもも成人も従来の3倍量（日本の摂取基準量の2.7倍量）、さらに70歳を超える高齢者には、成人の3倍量（日本の摂取基準量の3.6倍）に改訂された²⁸⁾。最近の子供達は食生活の変化や運動不足で骨がもろく骨折しやすいと言われている。高齢になると特に女性は骨からカルシウムが抜け、骨が弱くなる。このことから、骨量の維持・増加は、生活習慣病の1つである骨折の一次予防が期待できる²⁹⁾。

骨を丈夫にするというと、カルシウムを考えるが、カルシウムだけを多く摂取しても骨は丈夫にならない。骨折率が一番高いのは、乳製品の多い国々である³⁰⁾。カルシウムが小腸から吸収されるには、カルシウムと結合して小腸膜を通過するカルシウム結合たんぱく質が必要である。このたんぱく質の合成に必要なのがビタミンDである。骨はリン酸カルシウムでできているが、ビタミンDは組織に含まれるリン酸とカルシウムを結合させる働きもある³¹⁾。

ビタミンDは油に溶けるビタミンなので、油の多い食品に含まれる肉類では、内臓に多く、筋肉にはほとんど含まれない。確かに我が国では、ビタミンD源としてシイタケが利用されているが、2～3枚のシイタケを食べたか

表6 食品のビタミンD含量
(可食部100g当たり)

食品	ビタミンD (μg)
サツマイモ	0
白米	0
シイタケ	1.9
サケ	32
マグロ脂身	18
マイワシ	53
マサバ	11
サンマ	19
カワハギ	43
イクラ	44
アンコウ肝	110
カキ	0
カニ	0
タコ	0
イカ	0
牛肉	0
豆腐	0

2012 食品標準成分表より抜粋

らとって、ビタミンDを十分摂取できる訳ではない。それにひきかえ、魚肉にはビタミンDが豊富に含まれている。特に、成長期の子供には魚を食べさせたい。

ω 3 脂肪酸で生活習慣病予防

魚介類にはただ単にたんぱく質の供給源だけでなく、魚油が生体の恒常性、そして健康維持に重要な役割を担っていることが最近の研究から明らかになってきている。魚油と生活習慣病の関係が報告されたのは、デンマーク領であったグリーンランドのイヌイット族が、デンマーク人と比較して心筋梗塞等の生活習慣病の発症が少ないことであった³²⁾。その理由として多価不飽和脂肪酸である ω 6系のアラキドン酸の摂取が少なく、逆に魚油の主成分である ω 3系の多価不飽和脂肪酸EPA(イコサペンタエン酸)やDHA(ドコサヘキサエン酸)の摂取が多いことに始まる。

DHAやEPAは、アジやサバ、イワシ、マグロなどの背の青い魚の脂身、エゴマ油、シソ油などに多く含まれている。DHA、EPAは、魚好きの日本人であれば狭心症や心筋梗塞の予防に効果のあることが良く知られている脂肪酸

である。脂肪は、「悪玉(LDL)コレステロールや中性脂肪を増やして、動脈硬化や肥満の原因になるもの」というイメージが強いかもしれないが、それは「飽和脂肪酸」のことである。ちなみに人間の体温の高さでは固まってしまう部分が出て、体内でドロドロの状態になる脂が「飽和脂肪酸」。逆に体温で溶けてしまい固まらない脂が「不飽和脂肪酸」である。DHAやEPAは、飽和脂肪酸とは反対に血液中のコレステロールの低下作用や、血栓ができるのを防ぐなどの働きがある。つまり、 ω 3脂肪酸の血中濃度が低いと、動脈硬化を起こしやすくなり、その部分に血栓が詰まる危険性が高くなる。

日本における研究で、千葉県の沿岸の漁業地域と山間部の農業地域で、それぞれの住民の心臓・脳血管疾患の死亡率を調査した報告がある³³⁾。漁業地域では農業地域に比べて心筋梗塞や脳卒中の死亡率が低いという結果がでた。両地の住民で明らかに違ったのは、魚の摂取量およびそれに由来するEPAの血液中の量である。漁業地域の住民の血液中のEPA濃度は農業地域の住民の3~4倍も高かったのである。

漁業地域の住民は、イワシなどの魚を農業地域の住民の平均2.5倍も食べていたので、EPAの摂取量は2.7倍にもなっていた。その結果、血中のEPA含量が高くなっていて考えられる。これまで、EPAやDHAは、血液をさらさらにし、LDLコレステロールや中性脂肪を減らす作用が知られていたが、 ω 3脂肪酸とテロメアの研究から、 ω 3脂肪酸がもう少し積極的に寿命に関係していることが推察される。

魚油で長寿

近年、 ω 3脂肪酸がもっと積極的に寿命をのばすことに関係することが解ったのは、最近のテロメアの研究からである³⁴⁾。ヒトの正常体細胞を培養しても、無限には分裂できず、50~70回分裂すればもはや分裂できなくなる。この原因はテロメアの短縮にある。テロメアは染色体の末端にある保護構造であり、細胞分裂によりDNA複製が行われるたびに短縮していく。そして、一定の長さ以下になると細胞は分裂を停止してしまう。

ヒトの場合、テロメアDNAは各染色体の末端に5'-(TTAGGG)n-3'という6塩基の繰り返し配列でおよそ1万塩基対存在している。活性酸素は、ヒトの老化を進行させる要因の一つである。高酸素下で細胞を培養すると、テロメアDNAは5千塩基対程度まで急速に短縮し細胞は増殖を停止する。さらにテロメアDNAのグアニンは酸化による変異を受けやすく、細胞は増殖を停止する。

Cawthonらは、米国に住む60歳以上の健常者143人を、テロメアが長いグループと短いグループに分けて15年間の

追跡調査をしている。その結果、テロメアが長いグループが15年後の生存率が約20%高いことを示し、テロメアが長いほど、寿命が長いことを報告している³⁵⁾。Blackburnらは、食生活とテロメアの関係についても調査研究をしている³⁴⁾。608人の患者を平均6年間継続して調査することで、血液中の ω 3脂肪酸とテロメアの長さの変化に関連があることを突き止めた。血液中の ω 3脂肪酸の濃度を4つのグループに分けて、それぞれのグループのテロメアを測定した。その結果、 ω 3脂肪酸の血中濃度が最も高いグループのテロメアは短くならなかったのである。逆に、 ω 3脂肪酸の血中濃度が最も低いグループは、テロメアが最も短くなっていて、 ω 3脂肪酸の血中濃度が最も高いグループに比べて、約2.6倍も早くテロメアが短くなっていった。つまり、心筋梗塞を発症したとしても、 ω 3脂肪酸の血中濃度が高ければ、冠動脈の動脈硬化を改善したり、血栓をできにくくして、予後（心筋梗塞治療後の経過）をよくしているということになる。そのメカニズムは、完全に解明されているわけではないが、テロメアが関係しているかもしれないと推測されている。

ω 3脂肪酸によるアルツハイマー病予防

飽和脂肪酸は、認知症の発症にも関係していることがわかっている。アルツハイマー病にかかったマウスに、DHAを0.6%含むエサを与え、3.5か月後に調べた。するとDHAを与えたマウスでは、アルツハイマー病にともなって発生する脳内の「老人斑」の面積が40%減少していたのである。また人を対象とした疫学調査では、魚をたくさん摂取している高齢者ほど、認知症になる人が少ないという結果が複数出ている。アメリカのシカゴ市で行われた追跡調査では、飽和脂肪酸を多くとっていた人ほど、アルツハイマー病を発症していて、摂取量が多い人は少ない人の2.2倍もアルツハイマー病になりやすかったというのである。日本人の高齢者への介入試験においてもDHAが認知症の予防や改善に良いことも報告されている³⁶⁾。

ω 3脂肪酸がアトピー、心臓病、認知症、さらに老化防止までたくさんの生活習慣病を防ぐことが分かった^{37,38)}。飽和脂肪の少ない動物性たんぱく質が求められ、医学会も低カロリー食を推奨するようになって、アメリカやヨーロッパ諸国では過去30年で魚の消費量が3分の1も増加した。一方で豚肉や牛肉の消費は落ち込んだ。

魚類は確かに ω 3脂肪酸を豊富に含んでいるが、魚種や部位によっては、コレステロールも高濃度含んでいる(図1)。魚卵は、コレステロール含量が高い。日本人は魚の好きな国民であるが、 ω 3脂肪酸が高いからと言って、同じ物ばかりを摂取しているとコレステロールを摂りすぎることになる。コレステロール含量が低く、 ω 3脂肪酸含量

の高い魚種は、青背のサバ、イワシ、アジ、マグロなどである。また、油がのった旬の魚は、これらの脂肪酸含量も高く、美味しい。

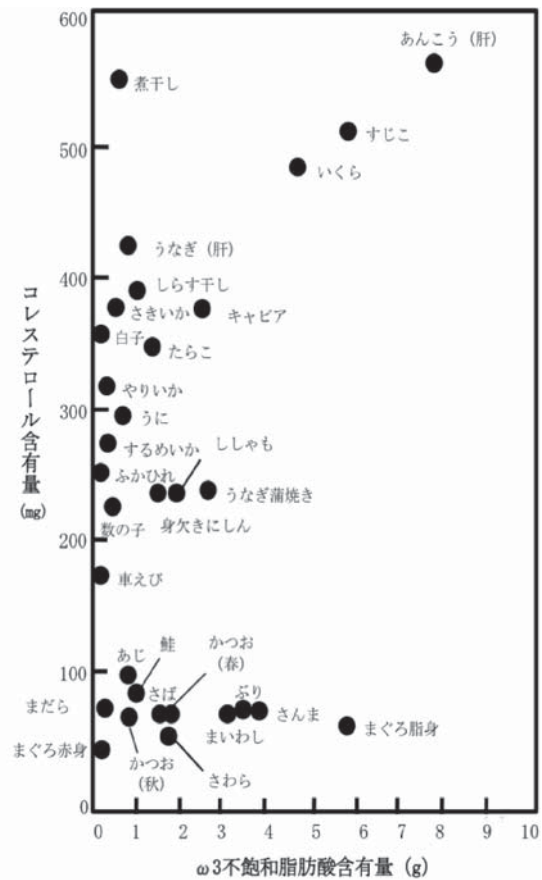


図1 魚類の ω 3脂肪酸含量とコレステロール含量(可食部100g当たり)

2012食品標準成分表より抜粋

結論

約半世紀前の鹿児島では、「カライモと塩つけ」を食べれば生きていけるとよくいわれた。カライモは方言でサツマイモのことで、塩つけは魚の干物である。どちらも、鹿児島ではよく獲れる農水産物である。たんぱく質、脂肪、ビタミン類など近年の知見とサツマイモと魚の組み合わせは、「本草綱目」に記載されていた長寿食といえるのではないだろうか。

サツマイモは、世界の穀物の中で、6番目に重要な作物である。古在らは、サツマイモが21世紀における食糧、資源、環境の国際的な問題を解決できる作物であると報告している³⁹⁾。しかも、サツマイモは、熱帯から温帯にかけて世界中で栽培されており、干ばつなど気象災害に強い作物である。

ホルモンは人体のある部分から他の部分へ移動して、標的細胞に化学物質の生産や行動を指示している化学物質である。Ryanらは食物に含まれている生化学物質が人体の

細胞に引き起こす反応はホルモンが誘発する反応と同様だと報告している⁴⁰⁾。食物から摂取された ω 3脂肪酸が、脂肪細胞と筋細胞の表面に点在する GPR120 という特殊なたんぱく質に結合することが報告されている⁴¹⁾。 ω 3脂肪酸がこのたんぱく質に錠の鍵のように結合すると、GPR120 が一連の反応を引き起こして、最終的に体重増加や炎症から身体を守る。体重増加も炎症も2型糖尿病に関与しているとみられており、GPR120 などによって誘発される細胞の反応を強めるように食物を選べば糖尿病を防ぐのに役立つかもしれない。

ホルモンに似た作用をする食物栄養素は脂肪酸だけではない。アミノ酸は細胞分裂を制御してインスリンの活性に影響を及ぼす一連の反応を細胞中で活発化する⁴²⁾。ビタミンDなどのビタミン類は身体の免疫応答に関与している。 ω 3脂肪酸によって活性化される受容体は、細胞の外部から内部へシグナルを伝える「Gたんぱく質共役受容体」というたんぱく質ファミリーの一部だ。Gたんぱく質共役受容体の多くについてその機能が知られるようになったが、一部についてはどの分子が結合してスイッチを入れるのか依然として不明である。

癌細胞はテロメラーゼ活性が盛んで、無限に細胞分裂を繰り返す。癌細胞はもともとは正常細胞なので、生活習慣、紫外線や排気ガスなどの外部からの刺激や環境要因によって癌化する。この癌の発生には、紫外線による活性酸素や酸化ストレスも関係しているといわれている。

これまででは、食べ物の健康について述べてきたが、最近の研究では、継続した適切な運動は、テロメラーゼを活性化し、テロメアの長さを保持する効果のあることが報告されている⁴³⁾。自動車台数の増加のグラフと糖尿病患者の増加の傾向がぴったりと重なることから、糖尿病の原因の一つに運動不足が考えられている。これらのデータから、生活習慣の欧米化、動物脂肪のとり過ぎと、運動不足や酸化的ストレス⁴⁴⁾が糖尿病の引き金になっていることはまちがいないと思われる。

2011年の東北地方太平洋沖地震での避難先で、被災した人々が非常食を食べることにより、多大なストレスから、免疫機能が低下し、様々な症状が報道されていた。やはり、従来の非常食におけるビタミンC等のビタミン類の不足が原因であるということを知ると、準完全栄養食品でありしかも加熱してもビタミンCが破壊されないサツマイモで非常食がつかれないかと思う。

日本のサツマイモの加工技術は、世界でもトップレベルである。特に、お菓子類に関しては、種類の多さおよび味においてもトップである。しかし、外国では、サツマイモが野菜として利用されている。例えば、ニュージーランドのサツマイモのスープ缶詰、アメリカにおけるマッシュ

ドスイートポテト、ペルーのセビーチェなどこれらは、肉、魚介料理と対でサーブされる。日本においても、野菜として、しかも魚類との組み合わせで食べれば、老化防止をはじめとして生活習慣病の予防が期待できるのではないだろうか。

参考文献

- 1) Yoshimoto, M., Physiological functions and utilization of sweet potato, In "Sweet Potato: Post harvest aspects in food, feed and industry, Editors: Ramesh C. Ray & K.I. Tomlins, pp.59~89, Nova Publishers, New York, USA
- 2) 山田尚二, つまいも一伝来と分化一, 春苑堂書店, pp.1-224 (1994).
- 3) 伊藤章治, サツマイモと日本人, pp.7-252, PHP 新書, 東京, (2010).
- 4) 門田修, 南の島へいこうよ, pp.1-228, 筑摩書房, 東京 (1991).
- 5) 玉村豊男, 世界の野菜を旅する, pp.1-248, 講談社現代新書, 東京 (2010).
- 6) 足立己幸, 「1: 食事-問い直される栄養バランス」『トンガ式健康法の変化に学ぶ: カタタリで健康, その将来』, 全国食糧振興会編, pp.14-24, 農山漁村文化協会 (1986).
- 7) 井上昭洋, 食生活の近代化と伝統的身体観・健康観の変容: トンガ健康減量大会の事例研究, 北海道大学文学研究紀要, **105**, 1-49 (2001).
- 8) 吉元誠, サツマイモ茎葉に含まれるポリフェノール類の薬理作用, 食品工業, **48**, 69-75 (2005).
- 9) Maritim, A.C., Sanders, R.A., and Watkins III, J.B., Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: A review, *J. Biochem. Molecular Toxicology*, **17**, 24-38 (2003).
- 10) 白澤卓二, ダニエラ・シガ, 絶対にボケたくない人がするべきたった7つの習慣, pp.104-105, 角川マガジン, 東京 (2012).
- 11) Engelhar, M.J., Geerlings, M.I., Ruitenber, A., Van Swieten, J.C., Hofman, A., Witterman, J.C.M., Breteler, M.M.B., Dietary intake of antioxidants and risk of Alzheimer disease, *JAMA*, **287**, 3223-3229 (2002).
- 12) Yoshimoto, M., Okuno, S., Kumagai, T., Toshinaga, M., and Yamakawa, O., Distribution of antimutagenic components in colored sweetpotatoes, *Japan Agricultural Research Quarterly*, **33**, 143-148 (1999).
- 13) 吉元誠, 山川理, 須田郁夫, 紫サツマイモの生理機能, 食品と開発, **33**, 15-17 (1998).
- 14) Koji Ishiguro, Masaru Yoshinaga, Yumi Kai, Takashi Maoka, and Makoto Yoshimoto, Composition, content and antioxidative activity of the carotenoids in yellow-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.), *Breeding Science*, **60**, 324-329 (2010).
- 15) Benno, Y., Suzuki, K., Suzuki, K., Narisawa, K., Bruce, W.R., and Mitsuoka, T., Comparison of the fecal microflora in rural Japanese and urban Canadians. *Microbiol Immunol.*, **30**, 521-532 (1986).

- 16) Moore, W.E.C. and Holdeman, L.V., Human fecal flora: the normal flora of 20 Japanese-Hawaiians, *Appl. Microbiol.*, **27**, 961-979 (1974).
- 17) Clausen, M.R., Bonnén, H., and Mortensen, P.B., Colonic fermentation of dietary fibre to short chain fatty acids in patients with adenomatous polyps and colonic cancer, *Gut.*, **32**, 923-928 (1991).
- 18) Yoshimoto, M., Yamakawa, O., and Tanoue, H., Potential chemopreventive, properties and varietal difference of dietary fiber from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) roots, *Japan Agricultural Research Quarterly*, **39**, 37-43 (2005).
- 19) 綾野雄幸, 穀類食物繊維の食品・栄養学的研究, 日本栄養・食糧学会誌, **45**, 209-219 (1992).
- 20) Takamine, K., Hotta, H., Degawa, Y., Morimura, S, and Kida, K., Effects of dietary fiber prepared from sweet potato pulp on fecal fermentation products and microflora in rats, *J. Appl. Glycosci.* **52**, 1-5 (2005).
- 21) Lund, E. D. Cholesterol binding capacity of fiber from tropical fruits and vegetables. *Lipids* **19**, 85-90 (1984).
- 22) Holloway, W.D. Composition of fruit, vegetable and cereal dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.* **34**, 1236-1240 (1983).
- 23) 光岡知足, 加齢および疾病の腸内細菌層に及ぼす影響, 医学の歩み, **147**, 363-366(1988).
- 24) Kromhout, D., A career in nutrition and cardiovascular disease: From research to results to public health policy, *Public Health Reviews*, **33**, 351-362 (2012).
- 25) Noda, N., Yoda, S., Kawasaki, T., and Miyahara, K., Resin glycosides. XV. Simon I-V, ether-soluble resin glycosides (Jalapins) from the roots of *Ipomoea batatas* (cv. Simon), *Chem. Pharm. Bull.*, **40**, 3163-3168 (1992).
- 26) 坂口守彦, どんな魚がうまいか, pp.1-151, 青誓堂書店, 東京(2012).
- 27) Haussler, M.R., Haussler, C.A., Bartik, L., Whitfield, G.K., Hsieh, J.C., Slater, S., and Jurutka, P.W., Vitamin D receptor: molecular signaling and actions of nutritional ligands in disease prevention. *Nutrition Reviews* **66** S98-S112 (2008).
- 28) 若く見られる人は若い—老化を防ぐ食事法, 廣田孝子, pp. 167-168, 中央公論新社, 東京 (1012).
- 29) Marshall, D., Johnell, O., Wedel, H., Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fracture, *BMJ*, **312**, 1254-1259 (1996).
- 30) Willett, W.C. and Stampfer, M.J., ヘルシーな食事の新しい常識, 日経サイエンス, **4**, pp.72-81 (2003).
- 31) Cranney, A., Weiler, H.A., O'Donnell, S., et al., Summary of evidence-based review on vitamin D efficacy and safety in relation to bone health. *Am. J. Clin. Nutr.*, **88**, S513-519 (2008).
- 32) Bang, H.O., Dyerberg, J., and Nielsen, A.B., Plasma lipid and lipoprotein pattern in Greenlandic West-coast Eskimos, *Lancet*, **1**, 1143-1145 (1971).
- 33) Hirai, A., Hamazaki, T., Terano, T., Nishikawa, T., Tamura, Y., Kamugai, A., and Jajiki, J., Eicosapentaenoic acid and platelet function in Japanese, *Lancet*, **2**, 1132-1133 (1980).
- 34) Singer, T., ブラックバーンが語るテロメアと健康状態, 日経サイエンス, 6月号, pp.96-99 (2012).
- 35) Cawthon, R.M., Smith, K.R., O'Brien, E., Sivatchenko, A., and Kerber, R.A., Association between telomere length in blood and mortality in people aged 60 years or older, *Lancet*, **361**, 393-395 (2003).
- 36) Hashimoto, M., Yamashita, K., Kato, S., Tomai, T., Tanabe, Y., Mitarai, M., Matsumoto, I., and Ohno, M., Beneficial effects of daily dietary omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on age-related cognitive decline in elderly Japanese with very mild dementia: 2-year randomized, double-blind, *J. Aging Res. Clin. Practice*, **1**, 193-201 (2012).
- 37) 鈴木平光, 魚のDHAが老化・ガン・アトピー・脳に効く!, pp.1-183, (株)ハート出版, 東京 (1994).
- 38) 鈴木たね子, 大野智子, おさかな栄養学, pp.1-159, 成山堂書店, 東京 (2004).
- 39) Kozai, T., Kubota, C. and Kitaya, Y., Sweetpotato technology for solving the global issues on food, energy, natural resources and environmental in the 21 st century. *Environ. Control in Biol.* **34**, 105-114 (1996).
- 40) Ryan, K.K. and Seeley, R.J., Food as hormone, *Science*, **339**, 918-919 (2013).
- 41) Oh, D.Y., Talukdar, S., Bae, E.J., Imamura, T., Morinaga, H., Fan, W., Li, P., Lu, W.J., Watkins, S.M., and Olefsky, J.M., GPR120 is an omega-3 fatty acid receptor mediating potent anti-inflammatory and insulin-sensitizing effects., *Cell*, **142**, 687-698 (2010).
- 42) Cota, D., Proulx, K., Blake Smith, K.A., Kozma, S.C., Thomas, G., Woods, S.C., and Seeley, R.J., Hypothalamic mTOR signaling regulates food intake, *Science*, **312**, 927-930 (2006).
- 43) Werner, C., Furster, T., Roggia, C., Scharhag, J., Böhm, M., and Laufs, U., Abstracts 1380: Beneficial effects of long-term endurance exercise on leukocyte telomere biology, *Circulation*, **120**: S492 (2009).
- 44) Ceriello, A., Oxidative stress and glycemic regulation, *Metabolism*. **49** (2, Suppl. 1), 27-29 (2000).

(2013年12月2日 受理)