

抗酸化食品の探索

—DPPH ラジカル消去能による評価とその課題—

村上 俊男

活性酸素の害を防ぐことでその機能が注目されている抗酸化食品について、DPPH ラジカル消去能の測定法による探索を試みた。その結果、野菜・果物やそれらの飲料は抗酸化力（ Δ 吸光度/g (ml)）が数十前後から百強だったのに対して、香辛料（粉末）は一部を除き概ね数百から数千と高い値を示した。但し一食分を念頭に置くと両者の抗酸化力にはほぼ差はなくなること、また強い抗酸化力を有する食品の摂取がヒトの健康に実効があるとの結論づけは時期尚早であることに言及した。

キーワード：抗酸化食品、DPPH ラジカル消去能、野菜・果物、香辛料、酸化還元電位

1. はじめに

ヒトをはじめとする好氣的生物が生きていくのに酸素は欠かせず、またそれ（特に活性酸素）による酸化（錆びる、老化する）という有害作用から免れることもできない。人体はこれを抑える防御機能を備えているが、加齢とともに低下していき活性酸素の害を抑えきれなくなると、シミやシワなどの老化現象となって現れ、延いてはガンなどの生活習慣病を引き起こす。この活性酸素は、呼吸により取り込まれた酸素が生体活動の結果としてその数%が変換され生じる他、紫外線、喫煙、大気汚染、電磁波や放射能などの自然環境、さらにストレスによっても増えると言われている。活性酸素の存在は、“健康長寿”を目指す我々にとってはまさに天敵であり、その除去に外から摂取する食品の機能性による補助が期待されているのである。

「抗酸化」とは酸化を防ぐという意味である。抗酸化食品とは、その中に含まれている抗酸化作用をもつ成分によって、活性酸素の酸化から身を守る助けをする働きをもつ食品を言い、いわゆる“アンチエイジング（抗加齢）”食品とし

て近年注目され、報告が蓄積されつつある¹⁾が、その多くは個々の食品に限られている^{2)~6)}。

これまでに認知されている主な抗酸化物質（食品）には、次の様なものがある。

・ビタミン類

ビタミン A：カロテノイド類（ピーマン、カボチャ、人参）

ビタミン C（柑橘系果物、苺、ブロッコリー）

ビタミン E（アボガド、ナッツ類）

・ミネラル類

亜鉛（牡蠣、レバー、牛肉、玄米）

セレン（魚介類、大豆、タマネギ）

・ポリフェノール類

アントシアニン（赤ワイン、ナス、黒豆）

カテキン（緑茶）

クロロゲン酸（ゴボウ、ジャガイモ、バナナ）

ルチン（そば、レバー）

その他、ペプチドのカルノシンやグルタチオン、褐色色素のメラノイジン、辛味のイソチオシアネートなども知られている。

これらの食品のもつ抗酸化力の強弱を測定する方法は様々ある。それは酸化ストレスの元凶

である活性酸素には様々な種類があり（主なものにはスーパーオキシドアニオン、一重項酸素、過酸化水素、ヒドロキシラジカルの4種）、いわゆる抗酸化力とは、これらの活性酸素種を消去する能力を言うのであるが、全てを包括するオールマイティな測定法は今のところ確立されていない。代表的な測定法を二つ紹介する⁷⁾。

・DPPH法（電子供与反応に基づく測定法）

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil) ラジカルは常温でも安定で、抗酸化成分の存在で消去（紫色のDPPHラジカルが還元されて退色する）されるので、ラジカル消去能の指標とされる。簡便な比色定量の測定法で最も普及しているが、一部の抗酸化成分は反応しないし、DPPHが生体内に存在しないラジカルである点に留意する必要がある。

・ORAC法（水素原子供与反応に基づく測定法）

2,2'-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH) から誘導されるペルオキシドラジカルの蛍光シグナル抑制を測定する。水溶性、脂溶性のどちらも測定できるが、反応機序が異なる β -カロテンや不飽和脂肪酸は測定できない。アメリカ農務省が推奨する方法で、この方法への統一化の動きもある。

本稿では、このDPPHラジカル消去能を測定する方法を用いて、近年、個人研究と学生の卒業研究を通して得た食品を試料とする抗酸化力データを、「抗酸化食品の探索」と題してまとめることにした。

2. 方法

1) 試料

生鮮及び乾燥食品、飲料はスーパーマーケットの商品、香辛料は輸入食品店の商品（GABAN、Mascot、Eurasia Spice、朝岡スパイス）を使用した。これらの各試料は、原則0.5gを乳鉢で石

英砂とともに磨砕した上で、9.5mlの水を加えて混和し、20倍希釈の水抽出液にした。この抽出液を濾紙で濾過して試料液としたが、場合によってはさらに水で10~100倍に希釈して用いた。

2) DPPHラジカル消去能の測定（DPPH法）

表1に示す反応液（全量6.0ml）を30℃で30分間保温し、520nmでの吸光度(Absorbance :A)を測定した。ブランクは試料液の代わりに水を加えた。抗酸化力は次式により求めた⁸⁾。

抗酸化力 ($\Delta A/g$)

$$= (\text{ブランクの} A - \text{試料液の} A) / g$$

試料の抗酸化能が強いほど、上式の試料液のAは小さくなるので、抗酸化力の値は大きくなる。

表1. DPPH法の反応液組成

液種	液量 (ml)
0.02% DPPH・エタノール液 (W/V)	1.0 ml
エタノール	2.0 ml
0.2M リン酸緩衝液 (pH6.0)	1.0 ml
水	1.9~1.0 ml
試料液	0.1~1.0 ml

3) 酸化還元電位の測定

ダイヤモンド電極（(株)ペルメレック製）で生成させたオゾン水30mlを入れた反応セルに試料液0.1~0.4ml添加し、酸化還元反応による90秒後の酸化還元電位（Oxidation-Reduction Potential:ORP (mV)）の減少を測定した。抗酸化力は同条件でのアスコルビン酸標準溶液のデータに基づく検量線より、アスコルビン酸当量 (AsA μ mol/g) として求めた。この測定法は新たに開発されたもの⁹⁾であり、装置は図1の写真に示す。測定は(株)健康機能性成分研究所（所在地：京都市左京区下鴨森本町15、代表：湯浅義三）に依頼した。

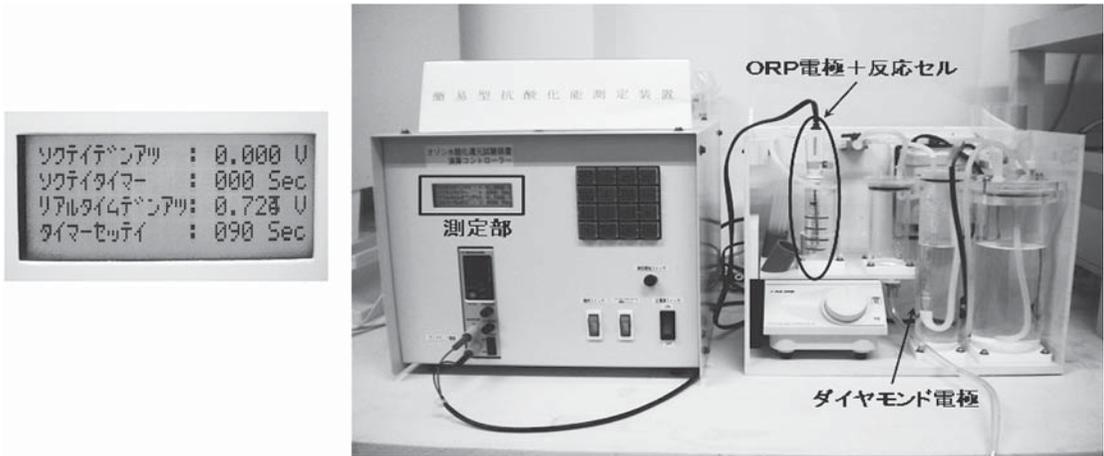


図 1. 酸化還元電位測定装置 (左は測定部の拡大写真)

3. 結果と考察

1) 野菜・果物

大久保・吉城らの研究グループの新規微弱発光系による抗酸化力ピラミッドでは、バナナを頂点として以下にんにく、茶葉、れんこん、人参などが続いていた¹⁰⁾。そこで、市販の野菜や果物のそれぞれ数種について、DPPH 法による抗酸化力を比較した (表 2)。

生鮮野菜や果物の抗酸化力は、おおむね 1 桁の後半から 30 未満 (単位の $\Delta A/g$ は省略) に留まった。上記大久保らの報告で上位を占めたバナナ、人参の抗酸化力は 10 以下と低く、乾燥のバナナチップでやっと 10 を超えた程度であった。他のドライフルーツは、やはり水分が少ない分、相対的に値は高くなった。特にプルーンは 100 近くを示したが、これは色素のアントシアニン (ポリフェノールの一種) を多く含むためであろう。また大久保らの報告で上位の茶葉であるが、別途玄米茶葉を測定したところ、その抗酸化力は 1000 近くの値を示し、断トツであった。緑茶葉には強い抗酸化能を有するカテキン (ポリフェノールの一種) が多く含まれており、今回は茶を淹れる高温ではなく常温の水

表 2. 野菜・果物の抗酸化力

試料	抗酸化力 ($\Delta A/g$)
大根	12
人参	6
大葉	17
ほうれん草	12
ブロッコリー	13
ブロッコリースプラウト	26
白ゴマ	12
生姜	24
ニンニク	9
柿	7
グレープフルーツ	11
バナナ	6
バナナチップ	12
パイナップル (ドライ)	22
プルーン (ドライ)	92
ブドウ (ドライ)	42
マンゴー (ドライ)	43
玄米茶葉	924

抽出ではあったが、それでも高い値を示したのは、茶葉の水分が数%程度と他の試料に比べて極端に少ないことと相まって、当然の結果とも言える。

2) 飲料

前項で茶葉に強い抗酸化力が認められたので、茶飲料を始めとする数種の飲料について、抗酸化力を測定した。茶葉あるいは粉末から飲料にする場合には、それぞれの製品に記載されている処方に従った（例えば、青汁Sは3g入りの粉末一包を150mlの水に加えてかき混ぜる）。

表 3. 飲料の抗酸化力

試料	抗酸化力 ($\Delta A/ml$)
玄米茶 (急須)	132
緑茶 (ペットボトル)	43
紅茶 (ティーパック)	32
ココア	13
アセロラジュース (果汁10%入り)	23
青汁 F	51
青汁 S	29

結果は表3に掲げるが、測定単位は液体試料なので $\Delta A/ml$ と、ml単位とした。急須で入れた玄米茶は100を超え、今回用いた試料中では最も高い値を示した。ペットボトル入りの緑茶は上記玄米茶の3割程度の抗酸化力しかなかった。別のタンニン（カテキンが主成分）を定量する実験で、ペットボトル緑茶のタンニン量は急須で入れた緑茶のそれより半減しているデータを得ているので、両者の差はある程度納得できる。紅茶がさらに低い抗酸化力であったのも、発酵によりカテキン類の重合が起こりその量が減少するのが主な理由と考えられる。アセロラジュースにはビタミンCが120mg%程度含まれているので、その寄与があると思われる。青汁は2社の製品を比較したが、その差は青汁の主原料がF社はケールであるのに対して、S社の方は大麦若葉を使っている違いが大きいのではないだろうか。また、青汁は懸濁液の状態であ

り、それを濾過して試料液としていることを考慮すると、さらに強い抗酸化力が期待できるはずである。

3) 香辛料

香辛料とは食品の調理のために用いる芳香性と刺激性をもった植物のことで、その種類は100種を越えると言われており、食欲増進、疲労回復、殺菌などヒトの健康維持に役立っている。全日本スパイス協会の自主基準に寄れば、香辛料はスパイスとハーブに大別され、後者が茎と葉と花を利用するものの総称であるのに対して、前者は利用部位として茎と葉と花をのぞくものの総称とされている¹¹⁾。そこで両者をDPPH法で測定した結果を、ハーブとスパイスに分けて図2と図3に示した。

それぞれの試料は、2. 方法で記したように数社の市販品で、表示の賞味期限を見る限りでは一年以上二年以内で、製造年月も幅があると思われた。主として抽出効果の高い粉末に加工された品を用いたので、同じ名称の香辛料でもメーカーや製造年月の違いから、測定値にかなりの開きが認められた。そこで、図はその幅が明示できるように高値を天、低値を地とする棒グラフになるように工夫した。

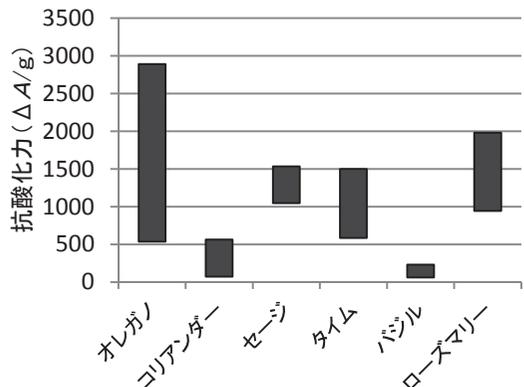


図 2. ハーブの抗酸化力

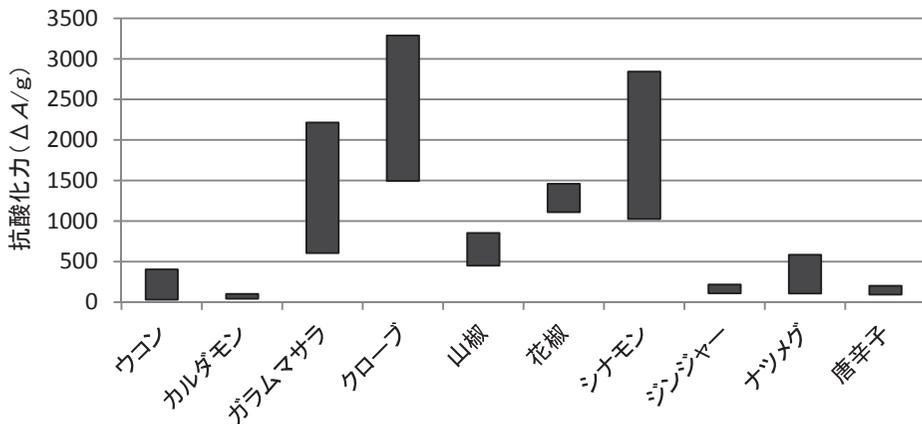


図 3. スパイスの抗酸化力

ハーブでは6試料中4試料で、抗酸化力の中央値が1000を越える高い値を示した。特にオレガノの高値は3000に迫り、ローズマリーのそれも2000であった。逆にバジルは300にも届かない値でしかなかったし、コリアンダーも中央値は500に届かなかった。

スパイスの10試料では、クローブが3000を越える高値を示したのを始め、シナモン、ガラムマサラも高値がそれぞれ2500、2000を越える強い抗酸化力を有していた。山椒と中華料理に使われる仲間の花椒（ホアジョー）は、中央値がそれぞれ700、1300程度を示し、試料中では中位の抗酸化力であった。ウコン（カレー粉の黄色色素：ターメリック）やナツメグ（ハンバーグの香辛料）の中央値は500に達せず、カルダモン、ジンジャー（生姜）、唐辛子はいずれも200以下の低値でしかなかった。

但し、表2で示した野菜・果物の抗酸化力が生で数十、ドライフルーツでも100以下であったことを考慮すると、香辛料の抗酸化力は全般的に高く、数千に達する物までであると言う結論が導かれる。ちなみに、ORAC値の高い（抗酸化力の高い）食品トップ100リスト¹²⁾で、トップ10にクローブ、シナモン、オレガノ、ターメ

リックが、20位近辺にセージ、ジンジャー、タイムがリストアップされているが、本稿のDPPH法で高い値を示したローズマリー、ガラムマサラは100位以内には見当たらなかった。ローズマリーはカルノシン酸を始めとする数種の含有成分により抗酸化力の強いハーブであることが知られている¹³⁾。ガラムマサラは「辛いミックススパイス」という意味の混合品¹⁴⁾で、クミン・シナモン・ブラックペッパー・カルダモン等を細かく挽いた粉末のミックスであることから、強い抗酸化力を有することはうなずける。

4) DPPH法と酸化還元電位法の比較

一口に抗酸化力（活性酸素消去能）と言っても、対象となる活性酸素種の差異や測定法の差異によって、得られる結果が大きく異なることがあり、種々の食品間での抗酸化力の比較は容易ではない現状がある。本稿で用いたDPPH法とORAC法（p94で既述）を抗酸化物質で比較した結果（同じ測定単位）では、多くの場合に後者の測定値の方が前者のそれよりも高く、両者に相関性は認められなかった、との報告がある⁷⁾。また一方で、各種食品を用いたDPPH法（DPPHラジカル消去能）とスーパーオキシド消

表 4. DPPH 法と酸化還元電位法の比較

測定方法	DPPH 法		酸化還元電位法 (B)	B/A
	$\Delta A/g$	AsA $\mu mol/g$ (A)	AsA $\mu mol/g$	
バナナ	6	1.4	35	25
柿	7	1.6	38	24
人参	5	1.2	57	48
ショウガ	15	3.5	93	27
ニンニク	8	1.8	409	227
玄米茶葉	574	132	973	7.4
ローズマリー	1728	397	2363	6.0
タイム	1500	345	1994	5.8
オレガノ	537	124	1381	11
山椒	451	104	1387	13
花椒	1110	255	1842	7.2
シナモン	410	94	849	9.0
ナツメグ	108	25	340	14
ジンジャー	194	45	2440	54
ガーリック	15	3.5	728	208

去能との比較では、両者の間に高い相関性（相関係数 $r = 0.9867$ ）が認められている¹⁵⁾。

そこで、DPPH 法と新たに抗酸化力の測定法として開発された酸化還元電位法との比較を試みることにした。DPPH 法が DPPH ラジカルを対象とした消去能を測定しているのに対して、酸化還元電位法は広義の活性酸素種の非ラジカルであるオゾン (O_3)¹⁶⁾ が酸素 (O_2) に還元される反応を電位の減少で測定する方法である。抗酸化物質と反応する対象がラジカル的一种か非ラジカル的一种かで、結果を比較することに興味があり、また意味もあると考えた。DPPH 法のために調製した試料液を測定後、同一の試料液を酸化還元電位測定のために 2. 方法で既述の研究所に持込み、測定値が安定であることを確かめた日数以内に処理した。

表 4 に両方法での結果を並記した。DPPH 法の測定単位は $\Delta A/g$ の他に、別途アスコルビン酸 (AsA) の標準溶液を用いた検量線により、測

定単位を酸化還元電位法の単位 (AsA $\mu mol/g$) と同一にすることにより比較した。

全ての試料で酸化還元電位法での測定値が DPPH 法のそれを大きく上回っていた。また、DPPH 法の測定値は 1.4~397 までだったのに対して、酸化還元電位のそれは 35 から 2440 までと、後者の方が絶対値は高かったが、その幅は狭かった（前者が約 280 倍なのに対して、後者は約 70 倍）ことも判明した。両方法の相関関係を図 4 に示したが、その相関係数 r は 0.769 で、一般的に「強い相関がある」というカテゴリーに分類された。プロットエリア内左上の●印で示した外れ値は、表 4 では下から 2 番目のジンジャーであった。さらに改めて表 4 最右欄の DPPH 法に対する酸化還元電位法での測定値（同一単位）の倍率を一覧すると、上記のジンジャーは 54 倍であり、他の試料液も概ね 5 倍から数十倍以内に納まっていたが、ニンニク（生）とその粉末製品であるガーリックの倍率は共に 200

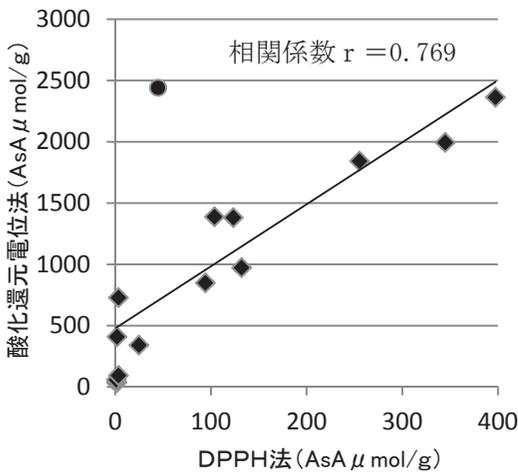


図4. DPPH法と酸化還元電位法の相関

倍を超えていたことが確認できる。念のため両方法の標準物質であるアスコルビン酸 100mg%液で測定した結果 (AsA $\mu\text{mol/g}$) は、DPPH法では5.4に対して酸化還元電位法では7.1となり、後者でやや高くなったが、食品試料液のような大差はなかった。

いずれにしても食品の抗酸化力を、どの活性酸素種をターゲットにいかなる測定法で調べるかにより、得られる測定値は自ずと異なってくる。また、特に食品には純物質と違い種々雑多な成分が含まれているので、それらがどの活性酸素種に反応するかは複雑多岐と言わざるを得ない。従って、各種測定法間の相関性をうんぬんすることに、大きな意味があるとは言えないのかもしれない。絶対的な抗酸化力測定法がない現状では、理論的に活性酸素消去能を測定していることが明らかな測定法であれば、その測定値の大小が抗酸化力の“一端”を裏付けていると認めざるを得ないのではないだろうか。

本稿で試用した酸化還元電位法は、まず非ラジカルのオゾンを対象とした測定法である点で特異的である。また、DPPH法の適用が難しい

濃く着色した試料や脂溶性の試料でも問題ない。さらに今回の表4に示した食品試料液の測定値から類推する限り、概ね2桁から4桁の数値が得られ、その測定時間は90秒という短時間である (DPPH法では反応時間のみで30分)。これらのことを考慮すると、新たに有用な抗酸化力測定法が加わったと断言でき、今後の活用や普及に期待がかかる。

4. おわりに

健康長寿を目指す上で注目されている抗酸化食品 (アンチエイジング食品) の研究が活況であるが、学会誌論文の多くは例えば緑茶²⁾ やゴマ⁵⁾ など単一食品が対象で、含有する抗酸化物質まで言及しているものが主流である。そこで本稿では、日頃の食生活において消費量が多くかつファイトケミカルの宝庫でもある野菜・果物とそれらを原料とする飲料、さらに調理に重宝されかつその機能性が注目されている香辛料を幅広く用いて、主として簡便な DPPH ラジカル消去能を測定する方法により、抗酸化力の強弱の概略を調べてみた。

その結果、生の野菜・果物及びそれらの飲料は測定値 ($\Delta A/g$ (ml)) が数十前後から百強であったのに対して、香辛料 (粉末製品) のそれは一部を除き概ね数百~数千と、その抗酸化力に明確な差のあることが明らかとなった。但し、測定単位が g (ml) 当たりなのでその差を認めつつも、一食当たりでの摂取量を加味した総合的な評価が必要である。一食で野菜・果物が 100g 前後また飲料は 200ml 前後を摂取できるのに対して、香辛料のそれは 1g も難しいので、一食当たりを基準にした抗酸化力は、必ずしも香辛料が優れているとは言えないことになる。また日常の食生活を念頭に置くと、「平成 26 年度国民栄養調査結果」¹⁷⁾ では野菜は 280g/日、果物は

105g/日が摂取されており、野菜・果物によって安定的かつ持続的な効果が得られることが窺える。特に DPPH 法の適用が難しく、本稿でも試料にすることを避けた色の濃い野菜・果物を意識して摂取すれば、より高い効果が期待できるはずである。一方香辛料の摂取に関しては、上記調査結果でも調味料・香辛料類というカテゴリーで 80g/日の摂取というデータが出ているが、その大半は調味料と判断できる。そこで、g 当たりの抗酸化力が高い香辛料の効果を期待するためには、意識してその使用頻度や使用量を増やす必要がある。学生の卒業研究によれば、普通のチャーハンに茶葉入りのニンニクや生姜を効かせたチャーハンにすると、その抗酸化力は一食当たりの ΔA で 3240 から 11400 に上げることができたとし、元々一部の香辛料が入っているカレーやチャイにはさらに粉末香辛料を添加しても違和感なく飲食できて抗酸化力も上がった、という事例もある。

このように抗酸化力の強い食品をより多く摂取することで活性酸素の害を抑え、それが結果的に健康長寿に繋がる、と結論づけられればいいのだが、事はそう単純ではない。つまり、抗酸化力測定法が様々あり、それぞれの間に相関性のないケースもある現状で、ある一つの方法で明らかになった結果は抗酸化力の強弱の一端を示してはいるが、決して絶対的なものではないのである。DPPH 法に限っても、野菜の抽出溶媒の違い (80%エタノール抽出か 5%メタリン酸抽出か) でその抗酸化力活性に明らかに差が認められたとの報告もあり¹⁸⁾、本稿で用いたジンジャーの抗酸化力 ($AsA \mu\text{mol/g}$) は、DPPH 法では 45 と下位レベルであったが、酸化還元電位法のそれは 2440 と最高レベルであったことからもうなずけよう。アメリカでは野菜・果物の ORAC 法による抗酸化力を農務省のホームペー

ジで公表していたが、2012 年 5 月には特定の ORAC 値が人の健康に直接関連していないことを主な理由に、ORAC データベースを削除している事実¹⁹⁾もある。食品のもつ抗酸化力を表示することを念頭に置くと、抗酸化力測定法が統一化され、どの研究者が分析しても同程度の測定値が得られるように標準化される必要がある。そこで統一指標として「Antioxidant Unit」の確立を目指して設立されたのが Antioxidant Unit 研究会 (A.O.U) で、ORAC 法の改良と新たに SOAC (Singlet Oxygen Absorbance Capacity) 法の確立を目指し、両法の組み合わせで抗酸化力の総量を評価²⁰⁾しようとしており、今後認知が進み公定法化への期待が膨らんでいるところである。

さらに次の課題は、先のアメリカ農務省での ORAC データベース削除の主因でもあったが、*in vitro* で抗酸化力の強いことが認められた食品が、*in vivo* (生体内) でもその能力を発揮できるのかという点であるが、最近はこの点を意識した動物実験での研究成果も蓄積されつつある。抗酸化作用や抗炎症作用のあるポリアミンがマウスの老化の進行を抑制し寿命が延長するとの報告²¹⁾、カロテノイド含有野菜やそのジュースの摂取がマウスの I 型アレルギーや大腸がんの発症に抑制的に働くとの報告²²⁾ や日本ポリフェノール学会での発表^{23, 24)} 等である。特に後者の報告には、 β -カロテン含量が高くブランディング工程のない人参ジュースや宇宙食としての野菜飲料ゼリーの開発を通して、将来的にはヒトの健康への寄与を意図していることが窺えた。最終目的はこのヒト健康への寄与であるが、寺尾は平成 26 年度日本栄養・食糧学会学会賞の総説²⁵⁾の中で、食品中の抗酸化能を有する個々の成分の生体への吸収代謝および標的部位への蓄積やその作用機構には不明な点が多く、

ヒトでの最終的な機能性評価は困難であるが、食品機能の研究はヒトにおけるサイエンスであることを常に心がけるべきであると述べている。また日本食品科学工学会第63回大会(2016.8)では「食品中の抗酸化評価の標準化と人に対する効果のアセスメント」と題するシンポジウム²⁶⁾も企画され、さらに別のシンポジウムでは「機能性弁当の抗メタボ効果の検証とプロジェクトから見えてきた機能性農産物の今後」と題する発表で、科学的エビデンスの明らかになった機能性農産物を使用した弁当の連続摂取により内臓脂肪面積の有意な減少が認められたとの報告があった²⁷⁾。

このような経緯を踏まえると、食品の抗酸化物質の測定法としては Antioxidant Unit 研究会が確立を目指している ORAC 法+ SOAC 法(単位は AOU)への統一化が進み、現在それぞれ別個の測定法で抗酸化力が強いと評価された食品のヒトの健康への実効データが蓄積されていく、という流れは今後加速するであろう。そして、個々の食品に含まれる抗酸化物質の総量表示が可能になり、どの食品をどのくらい摂取すれば健康に繋がるのかの目安量も認知されるようになれば、真に酸化ストレスの軽減を通して生活習慣病や老化の予防・抑制つまり健康長寿に繋がることになる。この現実が研究者の精進・努力により極近い将来に訪れることを期待して、本稿を閉じたい。

謝辞

本稿での酸化還元電位法の試用を許可し測定に協力して頂いた(株)健康機能性成分研究所の湯浅義三代表と和田孝氏に謝意を表します。また卒業研究で、食品の抗酸化力測定の予備データの収集と料理への応用を試みてくれた歴代の村上ゼミ生にも感謝したい。

引用文献

- 1) 食品工業編集部、抗酸化食品研究、pp.23-173、光琳(2012)
- 2) 梶本五郎、村上智嘉子、各種市販茶の抗酸化性とそれらの成分、日本栄養・食糧学会誌、52巻、4号、pp.209-218(1999)
- 3) 堀由美子、村社知美ら、アズキ熱水抽出物(アズキ煮汁)の成分とその抗酸化能、日本栄養・食糧学会誌、62巻、1号、pp.3-11(2009)
- 4) 渡部忍、今若直人ら、島根県産紫黒米に含まれるアントシアニン系色素のラジカル消去活性、日本食品科学工学会誌、56巻、7号、pp.419-423(2009)
- 5) 松藤寛、大森潤一ら、ゴマ若葉に含まれるポリフェノール成分のラジカル消去活性、日本食品科学工学会誌、58巻、3号、pp.88-96(2011)
- 6) 渡辺純、室崇人ら、北海道産タマネギ品種のケルセチン含有量と抗酸化能の差異、日本食品科学工学会誌、60巻、10号、pp.563-566(2013)
- 7) 渡辺純、沖智之ら、食品の抗酸化能測定法の統一化を目指して-ORAC法の有用性と他の測定法との相関-、化学と生物、47巻、4号、pp.237-243(2009)
- 8) 山田潤、赤堀雄介ら、鰹だしのPorapak™Q非吸着画分中の抗酸化活性成分の同定、日本食品科学工学会誌、56巻、4号、pp.223-228(2009)
- 9) 湯浅義三、食品中抗酸化性物質総量の簡易型測定器の開発、(独)科学技術振興機構平成20年度シーズ発掘試験研究成果報告書(課題番号10-048)、様式6(2009)
- 10) 吉城由美子、新規微弱発光系による活性酸素消去能に関する研究、日本農芸化学会誌、73巻、12号、pp.1283-1288(1999)
- 11) 全日本スパイス協会、香辛料とは、http://www.ansaspice.com/M04_Spice/Spice.html(2016.9.13)
- 12) ORAC値の高い(抗酸化作用の高い)食品トップ100リスト、http://www.anteaoxidant.com/orac_top100.html(2016.9.13)
- 13) イングリディエンツ・ラボ、ローズマリー、<http://www.supmart.com/lab/topic25.html>(2016.10.21)
- 14) マスコットフーズ、スパイス百科 | ガラムマサラ、http://www.mascot.co.jp/spice_dictionary/sd_004.html(2016.10.21)
- 15) JFRL ニュース、各種食品の抗酸化能を比較する～スーパーオキシド消去能とDPPHラジカル消去能～、No.32(2003)
- 16) 藤田直、活性酸素、過酸化脂質、フリーラジカルの生成と消去機構並びにそれらの生物学的作用、薬学

- 雑誌、122 巻、3 号、pp.203-218 (2002)
- 17) 厚生労働省、平成 26 年国民健康・栄養調査結果の概要、[http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdou happyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/0000117311.pdf](http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdou%20happyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/0000117311.pdf) (2016.10.21)
- 18) 農研機構、野菜の抗酸化活性測定に適する抽出溶媒は野菜の種類毎に異なる、<https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/warc/2007/wenarc07-21.html> (2016.10.21)
- 19) 国立医薬品食品衛生研究所安全情報部、食品安全情報 (化学物質)、No.13、pp.1.17-18 (2012)
- 20) Antioxidant Unit 研究会、Antioxidant Unit とは、<http://www.antioxidant-unit.com/detaile/index.htm> (2016.10.21)
- 21) 早田邦康、高ポリアミン食による哺乳類のアンチエイジング、日本食品科学工学会誌、61 巻、12 号、pp.607-624 (2014)
- 22) 稲熊隆博、カロテノイド含有野菜のヒト健康への寄与およびその利用に関する研究、日本食品科学工学会誌、62 巻、6 号、pp.263-273 (2015)
- 23) 藤原葉子、小川真由ら、レスベラトールの新規アレルギー抑制作用機序、第十回日本ポリフェノール学会学術集要旨集、O2 (2016.8)
- 24) 山下陽子、李 岫ら、黒大豆種皮ポリフェノールの抗酸化能を介した疾病予防効果、第十回日本ポリフェノール学会学術集要旨集、O7 (2016.8)
- 25) 寺尾純二、酸化ストレスを制御する食品機能成分の活性発現機構に関する統合研究、日本栄養・食糧学会誌、68 巻、1 号、pp.3-11 (2015)
- 26) シンポジウム A1「食品中の抗酸化評価の標準化と人に対する効果のアセスメント」、日本食品科学工学会第 63 回大会講演集、pp.16-19 (2016.8)
- 27) 山本 (前田) 万里、機能性弁当の抗メタボ効果の検証とプロジェクトから見えてきた機能性農産物の今後、日本食品科学工学会第 63 回大会講演集、pp.46 (2016.8)