

2011 年度

日本総合医学会

総合医学論文集

第 7 集



日本総合医学会 学術委員会

除染食品の作用成分と除染食品素材

—放射能汚染による低線量長時間被曝から食品成分で体を守る方法—

日本総合医学会学術委員、玉川大学農学部生命科学科准教授、未病専門指導士、水産学博士 **八並一寿**

はじめに

原子炉で、炉心の核燃料が融点を越えて溶融する重大事故をメルトダウンという。これまで、起こることはないと考えられていた原発のメルトダウン事故は、2011年3月11日午後2時46分頃に発生した大地震による津波で引き起こされた。原発事故の危険性を表す国際尺度で、「もんじゅ」のナトリウム漏れ事故(1995年)はレベル1、東海村JOC臨界事故(1999年)はレベル4とされる。アメリカのスリーマイル島の事故(1979年)はレベル5で、約12万人の人が避難した。この事故では、格納容器に人が近づけるまでに、1年以上、解体工事開始が6年後、すべての事故処理に11年かかった。

そもそも、何をもちて収束とするかは人により異なるが、少なくとも、原発から放射性物質が漏れ出さなくなる日を終息の第1歩と考えても、この先どのくらい時間がかかるか定かではない。米国の理論物理学者は、収束の時期は、福島第一にプラントを納入している東芝が10年、日立は30年と見るが、チェルノブイリ事故は25年たっても収束せず、アメリカのエンジニアの中には50年～100年かかると見る人もいるという。現在原発から半径30キロ圏内は、高濃度の放射性物質による汚染のため居住が禁止されている。ウクライナ政府の担当機関幹部の発言では、完全な福島の廃炉にはあと100年はかかるとされ、最終的な原子炉解体方法の見通しはついていない。このように、収束には今後10

年単位の気の遠くなるような長い年月が必要という。

2011年4月現在で、福島第1原発から放出された放射性物質は、チェルノブイリ原発事故の1割程度とされる。チェルノブイリ原発から放出された放射性物質は、セシウム137に換算すると広島型原発の800発分とされ、既に4月現在で広島型原発80発分の放射性物質が放出された。ダイオキシンやPCBのような毒性物質は、化学反応で無毒化できるが、原発80個分の放射性物質の放射線は無毒化する方法はない。無毒化には、ひたすら長い半減期を待つしか方法はない。がんになるリスクのある放射線に、どの数値まで我慢するかは、社会的条件との兼ね合いで決まる。放射能をどこまで我慢するかの難しい判断を、現在国民一人一人が迫られている。これからは、放射能汚染の中で生きていかなければならない。その事実を受け入れたうえで、対策を考えなければならない。これまでは、微量の放射能もれで大騒ぎになっていたものが、放射能が今後の長きにわたり身近に存在する物質となった。世界最初の核実験は、1945年7月16日に、アメリカのニューメキシコ州の砂漠でおこなわれ、以来今日までに、アメリカ、旧ソ連、イギリス、フランス、中国、インド、パキスタンなどで実験が実施された。前年の核実験は最多の178回を数えた1963年の東京では、放射性降下物の影響で年間1.69ミリシーベルト(mSv)の被曝があったと考えられている。核実験で、過去

には放射性物質は世界中に拡散された。日本人を含め、世界中の人間が毎日それを吸い込み、食材に取り込まれたものを食べていた。このように放射能は、今よりずっと以前から身の周りにいくらでもあった。60年代に日本人の被曝量は急増したが、その後の核実験の影響と考えられる、がんの発症の増加、奇形児の増加は認められず、核実験の影響による知能低下はないとされている。

原発周辺地域は、セシウム134と同137による汚染が1㎡あたり300万ベクレル(Bq)と、チェルノブイリの強制避難地域(1㎡あたり55万Bq)よりはるかに高い。ウクライナの公式資料では、チェルノブイリの事故被災者はいくつかのグループに分けられ、強制移住ゾーン、年間被曝量が1mSv以内は、厳格な放射線管理が行われる地域に指定される。日本の場合、年間1mSv以内地域には、首都圏も含まれる。現在、首都圏には、毎時0.1μSv以上の地点が多数存在し、チェルノブイリでの厳重な放射能管理区域にあたる。チェルノブイリでの厳重な放射能管理区域に相当する地域で生活する日本人は、相当数になる。2011年3月15日の報道では、放射線量は3号機付近で1時間あたり400mSv、4号機付近で100mSvであった。緊急時の作業員でも400mSvは、15分間しかその場にいられない程高い放射線量である。4号機の火災の影響が大きいとされ、身体に影響を及ぼす可能性は間違いないと発表された。この時点で大量の放射性物質が、拡散していったと考えられる。これまで広島型原発の80個分が拡散され、しかもまた放射能は漏れ続けているので、最終的にはもっと増える可能性がある。自然界に漏れ出た放射性物質の放射能を消すことはできない。ある時は土、ある時は植物に、自然界の食物連鎖で濃度が高くなり、やがて知らずに私たちの食糧を汚染する可能性がある。

チェルノブイリ事故による死者が、1986

年の事故発生以来、がんやその他により100万人、あるいはそれ以上に達したという。1機の爆発であったチェルノブイリだが、今回はプルトニウムを燃料とする炉を含む多重事故で、さらに200キロ圏内に3000万人が生活する人口密集地である点を考えると、チェルノブイリを超えるとする意見もある。今回放出された放射性物質の影響について、その深刻さを過小評価してはならないという。ぶらぶら病など、各種の体調異常や疾患は、早ければ来年から表面化するとされる。チェルノブイリや広島・長崎の例をとれば、甲状腺がんや白血病が3年後あたりから増え始め、5年、10年と経過するうち、重大疾患を抱える被曝患者の発生が危惧される。

除染食品の必要性

以下の理由で、除染食品は、今後早急に開発されることが必要である。①α線は透過力が弱い、近くの細胞のDNAを強力に破壊する。②もともと備わっているDNA修復処理が、能力の限界を超してしまう可能性がある。③避難場所や仮設住宅、物流の不備、新鮮野菜の汚染を心配することで、食事バランスが悪くなっている。④爆発時に飛散した放射性物質が、土壌や水を介して農産物や水産物内で濃縮されている。⑤安全な食べ物の見極め方がはっきりしない。⑥ある種の放射性物質は特定の臓器に集中する。⑦放射線の影響の安全と危険の境界の値がはっきりしない。⑧放射線に関して敏感な体質の人がいるはずなのに議論されていない。⑨今後放射能汚染の終息まで10年単位の長期間の対応が必要である。⑩内部被曝の研究の技術的困難さや、研究が評価されてこなかった。⑪汚染農地を復活させ、安全な農産物を生産するには限界がある。⑫本各種の除染法を駆使したとしても、便や尿、洗浄水として流れ、汚染された人の目には見えなくなるが、放射性的汚染物は、下水汚泥や川に流れ、やがて海洋中で希釈されるが、いずれ食物連鎖で人の口

に入ってしまう。

外部被爆の原因となる放射性物質は、花粉症の対策と同じで、付けない、持ち込まないこと徹底すれば外部被爆を防ぐことは可能である。外部からの α 線は、皮膚でさえぎられるため、その危険性は低いと思われがちである。しかし α 線を出す放射性物質を体内にとりこむと危険性が高い。取り込まれた細胞表面に付着し、周囲 $40\mu\text{m}$ ほどの範囲に、全エネルギーを放出するので、極めて狭い範囲の細胞に多大な影響を及ぼす。 α 線を出すのは、キリウム242、プルトニウムの同位体で、放射性のヨウ素やセシウムは β 線や γ 線、放射性ストロンチウムは β 線を放出する。

水に高線量の放射線を照射すると、水の放射線分解により水素ラジカル($\cdot\text{H}$)とヒドロキシラジカル($\cdot\text{OH}$)が発生する。水の高線量での放射線分解は、分子状の水素を生成し、水素ができる。放射線分解の際生成するヒドロキシラジカルは、反応性に富むフリーラジカル(活性酸素)の一つである。体の中に取り込まれた放射性物質から発生する放射線が、体の中にある水に当たると、特に有害なヒドロキシラジカルが発生する。

我々の体は、約60兆個の細胞から構成される。透過力がある強さ以上の放射線が、体の中の細胞の中まで達し、細胞の中心にある核の近くを通過したとする。放射線による水の分解で生じたヒドロキシラジカルが、核にあるDNAの近くで多数発生する。このヒドロキシラジカルが、DNAに障害を与える。我々の体には、DNAが障害を受けても、修復するシステムがある。多量の放射線を浴びた場合は、DNAの障害が大きく、修復能力以上となり、修復が間に合わないので、その細胞はアポトーシスする。多数の臓器で細胞がアポトーシスすると、多臓器不全で死亡することもある。細胞がアポトーシスしない程度に放射線でDNAが損傷した場合、通常は修復されるが、ごくまれに、誤った修復がな

されることがあり、これが遺伝子に傷がついた状態である。傷がついた遺伝子の量や性質により、細胞に大きな変化がおこる。その細胞が分裂していくときに、遺伝子が不安定になり、本来細胞が分裂して増えていく以上の能力を持ち、細胞がつくられすぎの状態を引き起こし、がん細胞に変化します。すなわち、ヒドロキシラジカルは、がんを引き起こす原因の一つである。

チェルノブイリ原子力発電所事故で、最も深刻に影響を受けたベラルーシのゴメル地方は、事故後に放射性核種の汚染状況がよく研究され、この地域の大人と子どもの献立の調査・分析した報告がある。ベラルーシの子供には、垂鉛不足が見出された。しかしトリウム232、ウラン238などの放射性核種の摂取量は、他地域の水準以下であった。チェルノブイリ原子力発電所事故から23年が経過後に、ベラルーシ共和国ゴメリ州の州都であるゴメリ市と地方都市であるホイニキ市で、ヨウ素の充足状況を調査した報告がある。ゴメリ市の一般住民100名、ホイニキ市の一般住民126名から尿を採取したところ、尿中ヨウ素濃度に差はみられなかった。ゴメリ市の今回得られた2007年のデータと2000年に行ったデータとの比較では、尿中ヨウ素濃度に顕著な改善傾向がみられた。2000年にゴメリ市では34%が軽度のヨウ素欠乏状態、42%の人が中等度の欠乏、10%の人が重度の欠乏であった。この調査から、事故後4年経過しても十分なヨウ素は摂取されていない。2007年、事故後10年経過時に、7%が軽度のヨウ素欠乏であった。チェルノブイリ市から約140キロ離れたホイニキ市では11%が軽度のヨウ素の欠乏状態を示した。1987～1990年に実施されたモスクワ、ミンスク、キエフの科学者らによる汚染地域の住民の食事の内容調査では、最も減少率が高いのは魚、次いで果物であった。このように食事内容がこれまでと比べて変化し、カリウム、

ヨウ素、銅、亜鉛、コバルトは必要量の半分あるいは半分以下しか満たされなかった。また、ビタミン類の不足も報告された。チェルノブイリでの事例を参考にすると、日本でも避難地域の住民や、遠隔地でも放射能を心配する人の間では、ミネラルとビタミンの摂取量が不足する人の発生が今後数年にわたり危惧される。

生物濃縮とは、環境中に放出された農薬・毒物が生物に摂取され、排出されず、かつ環境の汚染が継続する場合、その個体や個体群内への毒物蓄積濃度が増す現象をいう。毒物の体内濃度は食物網の段階が上位にいくほど高くなる。生物濃縮を考えると、環境への汚染物質の放出は濃度規制では意味がなく、絶対量を規制する総量規制でなければならない。海に流れ出た放射性物質は、海での多くの生物に取り込まれていくので、海に存在する濃度は低下する。海に流れ出た放射性物質は、プランクトン、小魚、大きな魚の順に取り込まれる。魚でも、海面付近に住む魚は早く汚染され、底に住む魚はやや遅れて汚染が始まる。汚染が進んだ先の魚を人間は食べるので、放射性物質の影響を強く受ける。海を汚染した放射性物質は、死んだプランクトン、魚の骨に取り込まれ海底に沈み、浮いてこな

いので、放射性物質の流出が続いているうちは無理であるが、流出が止まれば海洋汚染の発生は短期的とする見方がある。人体に有毒なストロンチウム、ヨウ素、プルトニウムに比べ、特にセシウムの生物濃縮係数が高い。琵琶湖生物の淡水性生物の濃縮係数は、セシウム137の平均値が1100で、海産物のセシウム137の濃縮係数と比較すると約1桁高い。海産物のセシウム137の濃縮係数の範囲は、硬骨魚で16～176、甲殻類では10～48、軟体類で最高30である。移行係数は、農作物可食部中の元素濃度と、その作物が生育した土壌中の元素濃度の比として定義される。

除染食品とは何か

除染食品とは、①除染処理食品、②除染機能食品、③除染強化食品、④除染補助食品に定義できる。

1) 除染処理食品

洗浄、土壌改良を含めた食品素材の放射能を軽減させる加工法、処理法を指す。除染のためには、イオン交換、土壌改良、洗浄、吸着などの手段を使う。これに使用できる適当な素材には、イオン交換樹脂、粘土、界面活性力を向上させた機能水、Ca-キチン、キトサンなどがある。

表1 除染処理食品の除染機序、関与成分ならびに操作や食品の例

除染の仕方や手段	関与する成分	例
イオン交換	イオン交換樹脂 ゼオライト	牛乳、水
洗浄	界面活性力を 向上させた水	活水器
	水、漂白剤	野菜
土壌改良	粘度、未汚染土壌	トウモロコシ、飼料
吸着	Ca-キチン、キトサン ベンナイト	飲料

なおゼオライトは、アルミニウムとケイ素と酸素から成る鉱物で、立体網目状結晶構造をもち、原子が数個はいれる程度の空洞がある。この空洞のため、放射性物質を吸着する。ゼオライトを含む多数の無機イオン交換体を、牛乳中のセシウムとストロンチウムの除染能力を評価した実験で、合成交換体を組合せることで、セシウムの除去率は95%、ストロンチウムは54%除去できるが、こうした処理には高い経費と牛乳のpHが変化してしまうなど牛乳でのゼオライト使用には問題点もある。ペナナイトは、粘土の一種で、水の吸着性が強く、水に入れると短時間に膨潤してくずれる。吸着剤、ポーリング用泥水、客土、鑄型の結合剤など使用される。ベントナイトを飼料に添加すると、牛乳への放射性セシウム移行を抑制する。プルシアンブルーは、セシウムの体外排泄を促進することが知られ、セシウムの有効半減期を短縮させるので、被曝事故などでは治療として体内の除染に使用される薬剤である。プルシアンブルーも、牛乳の食餌放射性セシウム移行を抑制する。したがって、イオン交換樹脂、ゼオライト、ペナナイト、プルシアンブルーは、除染処理食品の製造過程の使用で効果を発揮する。

界面活性力を向上させた水は、機能水とも呼ばれる。機能水とは、何らかの機能を付加した水のことをいう。界面活性力の高い水を作るためには、鉱石から溶出するミネラルを利用したり、鉱石やセラミックの性質を利用して水を改質する方法や、磁場を利用したり、これらを組み合わせたりした活水器を使用する。セラミック処理水を米飯に使用すると、セラミックから放射される遠赤外の微弱エネルギーにより、水分子間の水素結合を切断して、小さくなった水が米飯中の含水量と糖度を向上させる。セラミック処理水は、炊飯時の浸漬時間や蒸らし時間の大幅な短縮が期待できる。界面力の高い水を作るには、電気石（トルマリン）が使用される。界面活性

力が向上する理由は、以下のように考えられている。水が水素と酸素に電気分解されるのは、電解圧以上の電気分解である。電解圧以下の電圧の下では、水が解離して平衡状態にある水素イオン(H⁺)と水酸化物イオン(OH⁻)のうち、水素イオンは水に水和したヒドロキシルイオン(H₃O⁺)として、陰極に引かれて比較的容易に還元されて水素になる。しかし、水酸化物イオンは電極面での放電電位が大きいために分解されず、酸素は発生しない。この結果、水酸化物イオンが豊富な水となりpHが上昇する。図1のように、水酸化物イオンが水和して生じるヒドロキシルイオン(H₃O₂⁻)が、界面活性力を示すと考えられている。したがって、水素で還元される陽イオンである水素イオンとのバランスが保てない水酸化物イオンは、水中では不安定で水系から遠ざかるようとする疎水性の性質を示す。その結果、疎水性の水酸化物イオンが水(親水性)と水和したヒドロキシルイオンは、水-空気の界面でOとHの結合に対しHを外に向けた、還元性の単分子膜層を形成する。なお、トルマリンに確認された界面活性作用は、処理直後に表面張力を低下させるが、時間の経過とともに処理前の値に戻るといいう。図2に、特殊セラミックと特殊トルマリンセラミックの水の機能付加に着目した実験結果を示した。特殊セラミック処理後は、水道水のORP値を100~200mV低下

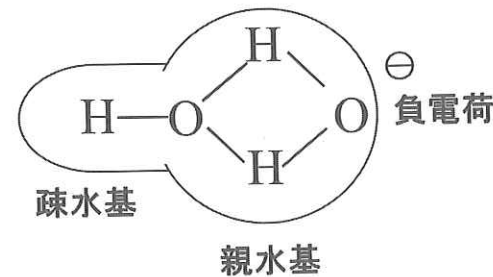


図1 界面活性剤としてのヒドロキシルイオンの構造

させた。ORP値は、水の機能性の測定の手段として使われ、特殊セラミックは水道水の機能性を変化させた。

図3に、各種の水で桑茶を抽出した場合の抽出液の α -グルコシダーゼ阻害活性の比較結果を示した。この結果より、特殊セラミックで処理した水は、他の水と比較して、明らかに高い阻害活性を示した。

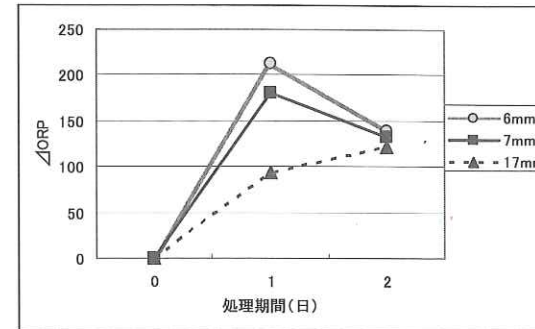


図2 特殊セラミック処理後の水道水のORP値の低下度合い

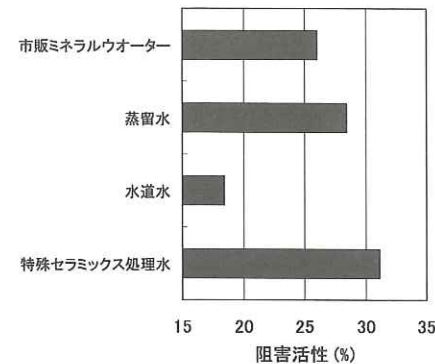


図3 各種の水で抽出した桑茶の α -グルコシダーゼ阻害活性の比較

界面活性力を向上させる活水器で水を処理すると、もとの水(水道水)に比べ、浸透力が高くなる。浸透力の上昇は、お茶の出が良くなる(味が良くなる)、炊飯時の糖度が向上する(おいしく炊ける)、野菜などのからの汚染物質の除去、洗浄に洗剤や農薬がよく除去できるなどの利点がある。

2) 除染機能食品

体内に空気や水や食品として取り込まれた放射性物質を体外に排泄させる作用のある食品群をいう。主な除染機序は、①放射性核種との結合と吸着による主に便による体外排泄、②放射性核種と同位体の関係にある安全な元素あるいは性質の類似の元素の積極的摂取による放射性核種の体内への取り込み防止と、すでに体内を汚染している放射性核種の代謝促進による尿中への排泄促進の2通りがある。主な除染機能食品の、除染の仕方、関与する成分ならびに食品の例を表2に示した。

タンニンとは、植物の樹皮、葉、根、茶葉、カキの実、生薬、ハーブなどに多く含まれ、多数のフェノール性水酸基を持つ化合物の総称である。食品中のタンニンは、渋味や苦味といった風味や色に関係し、緑茶、コーヒー、紅茶などの味や色は、タンニンの質が影響する。ゴボウ、レンコンは、通常あく抜きをして食べる理由は、タンニン量が多いからである。クリの内・外皮、玉ねぎ外皮、柑橘類果皮などは、ウランを濃縮する作用が強い。クリの内・外皮には、分子内に多数のポリオキ

表2 除染機能食品の除染の仕方、関与成分や食品の例

作用の仕方	関与する成分	作物、食品の例
キレート結合	タンニン系化合物、フィチン酸	生薬、ハーブ、米糠
吸着、塩形成	キトサン、アルギン酸	甲殻類、褐藻類
錯体、吸着	ペクチン	各種植物体
蓄積阻止、代謝促進	ヨウ素、カリウム、カルシウム	昆布、野菜
吸着	活性炭、細胞外構造体	クロレラ、花粉

シフェニル基を持ち、タンニン系化合物が多く含まれる。これがウランやトリウムに対し安定なキレート結合をつくる。副作用の少ない医薬として注目される生薬も、ウランに対するすぐれた濃縮作用を示す。サンシュ、ゲンノショウコ、ボケは、強い濃縮作用を持つ。これらの生薬は、タンニン系の化合物を多く含むので、このタンニン系化合物が、ポリオキシフェニル基を介して、ウランなどの放射性物質と強いキレート結合をつくるためと考えている。柿渋にアルデヒド化合物を作用させて調製した、固定化柿渋タンニンは、担体1g当たり1.7gものウランを吸着でき、合成キレート樹脂の5～6倍ものすぐれたウラン濃縮作用がある。玉ねぎ外皮、柑橘類果皮に含まれるケルセチンなどのフラボノイド化合物は、フラボノイドを含むポリフェノール系化合物が、ウランの濃縮と関係していると考えられている。

キチンは、カニやエビなどの甲殻類や節足動物などの外殻、キノコ類、真菌類の細胞壁などの主成分で、かたくて丈夫な物質で、体の支持、保護の役割がある。キチンを濃アルカリ溶液とともに加熱し、アセチル基を除いた物質がキトサンである。キトサンは、地球上で年間約1000億tが生物生産され、未利用の最後の天然資源といわれる。人工皮膚、体内吸収タイプの縫合糸、シャンプー、リンスなどが応用され、抗がん剤や止血剤などの医薬品、衣料用素材の開発も行われている。脱アセチル化度が50%以下をキチン、50%以上をキトサンと呼ぶ。キトサンを塩酸で分解すると、天然の高分子化合物を構成する基本単位になっている化合物のD-グルコサミンができる。キトサンは動物実験では、放射性ストロンチウムに対する排泄効果が認められている。放射性ストロンチウムが体外に排泄される理由は、おもにリン酸カルシウムといっしょに沈殿現象が起こることだと考えられている。

アルギン酸は多くの金属と錯体を形成するが、カルシウムよりストロンチウムに対する親和性が大きく、不溶性の塩を形成する。アルギン酸はマニュロン酸とグルロン酸との重合体で、グルロン酸の比率が大きいものほどストロンチウムに対する排泄効果が大きいといわれるが、両者の存在比は褐藻の種類、生育場所で異なる。ストロンチウムの排泄促進効果は、アルギン酸の濃度や摂取量と関連するが、アルギン酸の濃度が高いと強いゲルを形成するので、動物への投与液として不適当となる。飼料にアルギン酸を添加した実験では、放射性ストロンチウムの体内残留率が明らかに低下するので、放射性ストロンチウムの摂取が長期にわたる場合は、アルギン酸の摂取は有効な排泄促進法、防御法である。

ペクチンは消化管の中でセシウムにイオン結合することが知られ、便の排泄量を増加させる。ロシアのベラルド研究所では、「ビタペクト」として知られるアップルペクチンの治療用食品が開発され、2000年にはベラルーシ厚生省で製造が承認され、臨床応用された。「ビタペクト」は、アップルペクチンを主成分とし、ビタミン類、糖類、抗酸化成分が配合されたものである。この食品5gを、1日2回1996年～2007年の期間に、160,000人以上のベラルーシの子ども達に、18日～25日の治療として服用したところ、治療後のセシウム137のレベルは平均30～40%減少した。なお、経口投与されたペクチンは、生命維持に必要な微量ミネラルも除去してしまう可能性があるため、血清中のカリウム、亜鉛、銅、鉄のバランスを検討したが、これらのミネラル吸収には影響しない。植物体に広く分布しているペクチンの脱メチル化物であるペクチン酸(α-D-ガラクトツロン酸から成る多糖)や、褐藻の細胞壁を構成している多糖であるアルギン酸などのように、その分子中に多数のカルボン酸配位子を持っている多糖は、ウランなどの放射性核種に強い親和性を示す。

カリウムとセシウム、カルシウムとストロンチウムは、周期表で同じ縦の位置にあるので、性質が似ている。我々の体や植物が元素を吸収するときも、間違っただけで放射性のセシウムやストロンチウムを吸収してしまう。毎日の食事にカリウムやカルシウムの多い食材を使用すると、知らないうちに、放射性のセシウムやストロンチウムを含む食材や食品を摂取したとしても、圧倒的に多い無害で身体に必要なミネラルであるカリウムとカルシウムが吸収され、含量的に少ない放射性のセシウムやストロンチウムの吸収は妨害される。チェルノブイリ事故後の地域住民に見られたミネラル不足は、ミネラルの吸収率を高めるので、放射性物質まで吸収してしまう可能性があるためミネラルの摂取は重要である。

微細緑藻の一種のクロレラは、炭水化物と蛋白質の合成力はとともに旺盛で、食糧源になる藻類として研究され、錠剤などに加工され、健康食品として利用されている。クロレラは、ウランを吸着する作用が優れていますが、これは細胞内のタンパク質が関与してい

る。クロレラのウランの吸着力を調べた研究では、柑橘類果実果皮、従来の吸着剤と比較したところ、クロレラは、海水ウランを高濃度に濃縮したという。これは、クロレラ細胞内のタンパク質は、その分子の中に、カルボキシル基、アミノ基、メルカプト基、水酸基などの金属を吸着できるタンパク質内にある反応性に富む基を多く持つので、放射性物質の吸着剤として高い効果を示したと考えられる。

米国の研究では、原子炉から発生する廃液のストロンチウム除去するための吸着剤としてクロレラが使われている。その廃液処理工程は、上流のクロレラ充填層でストロンチウムをほとんど吸着させ、その下流に設置したベントナイトの流動層と膜反応器で残りのストロンチウムを除去する構造である。

表4に、海水中の放射性コバルトや放射性セリウムなどを、クロレラを用いて濃縮した実験結果を示した。クロレラはわずか6時間反応させただけで、コバルトの濃縮係数が、 0.4×10^2 、セリウムは 2.5×10^3 と高く、クロレラはこれら元素を効率良く除去できるこ

表3 クロレラと他の天然物によるウラン吸着能の比較

作用の仕方	関与する成分	作物、食品の例
キレート結合	タンニン系化合物、フィチン酸	生薬、ハーブ、米糠
吸着、塩形成	キトサン、アルギン酸	甲殻類、褐藻類
錯体、吸着	ペクチン	各種植物体
蓄積阻止、代謝促進	ヨウ素、カリウム、カルシウム	昆布、野菜
吸着	活性炭、細胞外構造体	クロレラ、花粉

表4 クロレラの放射性元素の濃縮係数

反応時間	濃縮係数		
	コバルト-60	ルビジウム-106	セリウム-144
6時間	0.4×10^2	1.0×10^2	2.5×10^3
7日	1.9×10^2	2.5×10^2	6.0×10^3
14日	2.6×10^2	3.0×10^2	6.5×10^3

とが判る。クロレラの熱水抽出物には紫外線防御作用が、クロレラ分画物には放射線障害の防護効果が報告されている。

チェルノブイリ事故による、放射性セシウム放出の影響調査において、大気中の放射性セシウム濃度の増加時期が、トウヒ花粉量の増加と一致した。放射性セシウム濃度の一時的増加は、トウヒ花粉が原因と考えられている。したがって、花粉は大気中の放射性セシウムを効果的に吸着すると考えられている。

3) 除染強化食品

除染強化食品は、すでに体内に取り込まれた放射性物質の体内被曝に対し、放射線防御効果のある食品や成分を摂取することで被曝

に強い体質とする食品群をいう。主な除染の機序は、放射線防御因子が、骨髄幹細胞の賦活化、抗酸化性物質の細胞の酸化損傷を防御、ラジカルスカベンジャー作用による DNA 保護、免疫系の賦活化である。本食品群は、すでに体内に取り込まれた放射性物質の体内被曝や事故現場での作業員が受ける体外被曝に対し、放射線防御効果のある食品や成分を摂取することで被曝に強い体質とする食品をいう。

チェルノブイリの深刻な影響を受けた、ベラルーシの子供は亜鉛不足であったという。亜鉛は、放射線の防御効果が知られている。パンやビールの発酵に使われる酵母に、抗酸化作用を示すミネラル（亜鉛、銅、セレン）などを特殊

表5 除染強化食品除染機序、関与成分や食品の例

作用機序	関与成分	作物、食品の例
骨髄幹細胞賦活	亜鉛、セレン	ミネラル酵母
DNA 保護	ターメリック、ペペリン、-(1,3)-D-グルカン、エピガロカテキンガレート、グリシンペタイン	ウコン、黒コショウ ハタケシメジ、 ビール
放射線照射誘発 細胞損傷保護	リコピン	トマト
細胞内過酸化水素低減	トリプロレントールA	カジメ
白血球機能正常化、 学習障害改善	アルファリポ酸	サプリメント
抗酸化	ビタミンC、クロロフィル	野菜、果実、クロレラ
ラジカルスカベンジャー、 免疫賦活	水抽出プロポリス、クエルセチン、 β -(1,6)-D-グルカン	プロポリス アガリクス
リンパ球に対する 放射線防護効	ラクトフェリン	牛乳
細胞膜障害防止	イソフラボン、ゲニステイン	大豆、味噌
ミトコンドリア保護	レスベラトロール	ブドウ、赤ワイン
血小板回復促進	水溶性非サポニン成分	オタネニンジン、高麗ニンジン
免疫増加	アルカロイド類?	キャッツクロー

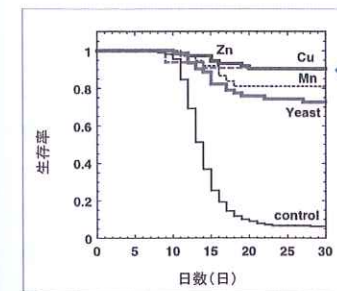
な方法で多く含むように改良した、抗酸化ミネラル酵母を用いた実験の報告がある。

亜鉛、マンガン、銅またはセレン含んだミネラル酵母を、全身 X 線照射の 30 分前にマウスに経口投与した群の 30 日後の生存率は、対照群より有意に高かった。照射の直後のミネラル酵母の投与は、生存率をさらに上昇させ、亜鉛または銅酵母では 90% 以上に達した。照射後 10 時間後の投与でもまだ効果がある。抗酸化ミネラル酵母の中では、とくに亜鉛酵母は、致死的全身 X 線照射に対し、明らかな効果を示す。亜鉛の放射線の保護効果の作用機序は、ガンマ線照射でメタロチオネイン（毒性を軽減する低分子の蛋白質）が作られ、体内の防御効果が増強されたと考えられている。ラットの実験では、放射性ヨウ素の障害に有効という報告もある。亜鉛やセレンは、老化防止や病気を予防する抗酸化酵素に必要な微量ミネラルである。とくに亜鉛は、生体の 200 種以上の酵素、とくに細胞新生の酵素に関連し、欠乏すると、放射線障害が知られる新陳代謝の活発な器官に影響が出る。亜鉛の欠乏は、味を感じる舌の細胞、前立腺、精巣の機能の障害を起こす。加工食品に品質改良剤として使用される食品添加物の中にも、亜鉛の吸収を阻害するものがあり、加工食品に偏る食生活は亜鉛の摂取不足となる可能性がある。このように、高線量の被曝にも保護的作用が期待されるのが亜鉛で

ある。未精白の穀類、肉類、魚介類の摂取を控えることは、亜鉛補給の面から見るとプラスとはならない。

チェルノブイリ事故被害者の中にアルコールの飲用で、放射線障害の低減見られたという。ビールの放射線防御の研究から、ビール中のメラトニン、グリシンペタイン、シュードウリジンといった微量成分の放射線防御効果が明らかにされた。メラトニンは、動植物に含まれる物質で、多くの抗酸化物質の中でも、メラトニンは最強のヒドロキシラジカル防御物質という。メラトニンは、放射性セシウムによるガンマ線照射による腸管上皮直下の細胞集団の減少を抑える。グリシンペタインも、ガンマ線照射による染色体異常を 30% 減少させた。シュードウリジンは、X 線による染色体異常を 34% も低減させた。ノンアルコールビールやビールタイプの飲料では効果がなく、ビールの摂取は、アルコール単独よりも高い放射線防護効果を示すという。ビール摂取前後での健康人のリンパ球の染色体異常の割合に及ぼす放射線の影響を調査した結果、ビールの摂取はリンパ球の染色体異常を有意に減少させたという。

アルファリポ酸は、抗酸化物質として知られる物質で、その抗酸化力で細胞を保護し、さらに生体内でビタミン C、E、グルタチオン、コエンザイム Q10 などの抗酸化物質の機能を再生するといわれている。加齢とともに体内での生合成量は少なくなる。体内のあらゆるところに存在し、糖の代謝促進、エネルギー産生促進、解毒作用がある。これまでは、医薬品の成分であったが、最近食品や化粧品原料への配合が許可された。アルファリポ酸を、チェルノブイリ原発事故で放射線にさらされた子どもに対して、28 日間与えたところ、放射線の障害防止に有効であったという。アルファリポ酸の投与で、白血球機能の正常化、過酸化脂質の抑制、腎臓と肝臓機能の改善が認められ、ビタミン E の同時摂取



放射線照射後亜鉛、銅酵母を腹腔内投与したマウスの生存率は非常に高い。さらに亜鉛酵母の不溶性成分が強い放射線防護効果を示した。

図4 抗酸化ミネラル酵母を食べさせたマウスの被曝後の生存率

で、さらに効果が上がる。マウスにアルファリポ酸を与え、X線を照射の影響を調べたところ、臓器の障害が軽くなったという。脳関門を通過する珍しい化合物であるアルファリポ酸は、脳の酸化障害の防止効果が実験で明らかにされ、放射線被曝による脳の保護効果が期待できる。なお、ラオレンは、一般のリポ酸と異なり、選択的に重合させて二量体、三量体、四量体などの、オリゴマーレベルまで重合させたりポ酸で、熱に強くて水に混ぜるので除染食品のサプリメント素材として利用が期待される。

ウコンに含まれるクルクミンは、がん細胞では抗がん剤と放射線照射の効果を高め、正常器官では化学療法の副作用を抑え、放射線療法での保護作用が報告されている。クルクミンは、皮膚組織の放射線防御に関連している。

ガンマ線を細菌に照射した際、黒コショウ、トウガラシ、ターメリックなどの香辛料抽出物は微生物のDNAを防御することで、放射線を防御している。

がんの放射線治療は、正常細胞にも活性酸素による副作用を生じさせる。トマトに含まれるリコピンは、放射線照射による小腸の障害を防護し、放射線照射の障害からの回復を促進した。トマトジュースは、生トマトと比較してリコピンの吸収性が高く、トマトジュースは放射線治療の副作用に対して有効と考えられる。

カジメは、褐藻植物のコンブ目の海藻で、地方によってはアマタとも呼ばれている。カジメは、カリウム、ヨウ素、アルギン酸の含有が多いので、それらの製造原料となる。古くからカジメは食用とされてきたが、今では幼体が食用に、成体の食用はまれで、味もアラメやクロメに比べて劣る。カジメには、細胞内の有毒成分で有毒なヒドロキシラジカルの元となる過酸化水素の濃度を下げる作用がある。カジメに含まれるトリフロレントール-Aは、細胞アポトーシスを阻害することで、

放射線で傷つけられた細胞を保護する。

結膜上皮細胞に、紫外線の細胞傷害を抗酸化物質のビタミンCで防御できるかを検討したところ、ビタミンCの添加は、活性酸素の生成を抑える。放射線による胃腸損傷は、命に係わる重大な障害である。マウスにビタミンCを3日間経口投与し、その後全身に致命的な被曝を与えた。ビタミンCをあらかじめ与えたマウスでは、放射線によるDNA損傷を抑制し、腸粘膜の剥離を阻止した。ビタミンCをあらかじめ摂取しておく、小腸の細胞のアポトーシスに関連する遺伝子の発現が抑制され、放射線での胃腸損傷を効果的に抑止する。この研究以外にも、放射線の障害を抑える上で、ビタミンCが有効であることは多くの研究者によって報告がある。カムカムは、ペルー・アマゾン地域に自生している在来植物で、ビタミンC含量が豊富なので世界的に注目されている。カムカム果実は、酸化を防止する作用を持つフェノール類の有望な供給源である。ビタミンCは、体内で合成できない。ビタミンCは、吸収率が低く、排泄率が高いといわれ、1日の摂取量と摂取回数は工夫が必要である。天然のビタミンCは、カムカムをはじめ、野菜や果物に多く含まれる。

D-グルコースが連なって結合し高分子となったものをグルカンといい、その結合の仕方、アルファグルカンとベータグルカンに分類される。キノコ類に含まれますベータグルカンは、細胞性免疫の活性や腸内免疫活性により放射線の障害を軽減する作用が知られている。ハタケシメジは、β-D-グルカンの含有量が多いとされる。マンネンタケの抽出物について、マウスの放射線防御作用を検討した実験では、小腸腺か再生を増加させ放射線防御作用を有する。

ラクトフェリンは、哺乳類の母乳に多く含まれる乳清タンパク質の一種で、免疫力増強作用、腸内環境改善、大腸や肺などの発がん予防、慢性C型肝炎の症状改善などに効果

がある。ラクトフェリンは、放射線に対してリンパ球の防護効果や、ラクトフェリン投与は各種生物の放射線の影響を軽減する作用が知られている。

プロポリスはミツバチが樹液液に蜜ロウやすい液を混ぜて作る樹液状の天然物質である。霊芝はサルノコシカケ科マンネンタケのキノコである。両物質は免疫増強作用による放射線防護効果があり、防護剤として有効である。

エキナケアは、コーンフラワーとも呼ばれるキク科の多年草で、北米にのみ生育する。エキナケアは、放射線照射による白血球数の減少を抑え、免疫力の低下を防ぎ、マクロファージの活性やT細胞活性またはサイトカインの増加作用により免疫力を高め、生体を防御するので、放射線防護効果がある。

ハタケシメジは、キシメジ科シメジ属のキノコで、免疫細胞に対して放射線防護を示し、腫瘍に対して放射線治療効果がある。チャガ(カバノアナタケ)は、サルノコシカケ科のキノコの一つで、シベリアからフィンランドの白樺の木に分布する。プロポリスとの併用は免疫力の低下を防ぎ、細胞の酸化を防ぎ、免疫力を高め、腫瘍の成長を抑制する。

レスベラトロールは、ポリフェノールの一種でブドウなどの植物や赤ワインに含まれる成分である。動物実験で、寿命延長、抗炎症、抗がん、血糖効果のほか、長寿遺伝子をONにするといいい、アンチエイジング素材としても注目されている。レスベラトロールには、放射線障害を防ぎ、放射線障害に効果のある遺伝子修復素材としても注目されている。レスベラトロールは、ミトコンドリアを制御しているDNAの修復作用と、DNA損傷予防作用が放射線障害を抑える原因という。マウスの実験では、レスベラトロールは、放射線による染色体への傷害から守り、強い抗酸化作用により特に肝臓と小腸への放射線のダメージをやわらげるといふ。

オタネニンジンや高麗ニンジン水溶性の非サポニン成分は、放射線の防護作用があり、放射線の骨髄死に対する強い防御作用がある。また、放射線照射後の血小板の回復促進効果がある。全身に放射線を照射したマウスに、本来の腸内菌ではないコリネ菌を摂取した実験では、放射線で腸の働きが弱ると、外来のコリネ菌が増殖するが、ニンジンエキスの投与で外来菌は増殖せず減少したので、ニンジンエキスはコリネ菌を減少させ、腸内の菌を正常に保つことで障害の回復効果があると考えられている。

キャットクローは、中南米の熱帯林に生育するアカネ科植物で、伝統医薬や飲料として利用されています。キャットクローの有効成分はアルカロイドといい、免疫機構のマクロファージの働きを高め、免疫力を増強する作用がある。

4) 除染補助食品

排便促進等で体外に排泄する作用が知られる食品素材をいう。多糖類や二糖類は、そのままの形では吸収されず、最終的に体内に吸収するときに、二糖が単糖に分解されて吸収される。ある種の食品は、この二糖から単糖に分解する酵素であるα-グルコシダーゼの働きを妨害する。図5より、各種ハーブのα-グルコシダーゼ阻害活性を比較した結果、桑葉やバナバの阻害活性が強かった。α-グルコシダーゼを阻害すれば、炭水化物が吸収されないで、ダイエット効果も期待される。桑葉には、糖尿病、高脂血症、肥満症、高血圧、動脈硬化、血栓症、インフルエンザ、エイズ、肝がんなどの予防効果もある。強いα-グルコシダーゼ阻害作用より、便秘改善効果があり、抗酸化作用があるので皮膚美白剤、めまいの民間薬として利用される。桑葉投与ラットは、腸内フローラの有害菌が抑制され、有用菌が腸内に増える。桑葉投与ラットは、便量が増加し、α-グルコシダーゼ阻害作用により小腸で吸収されなかった糖質は、大腸

図 ハーブの阻害活性

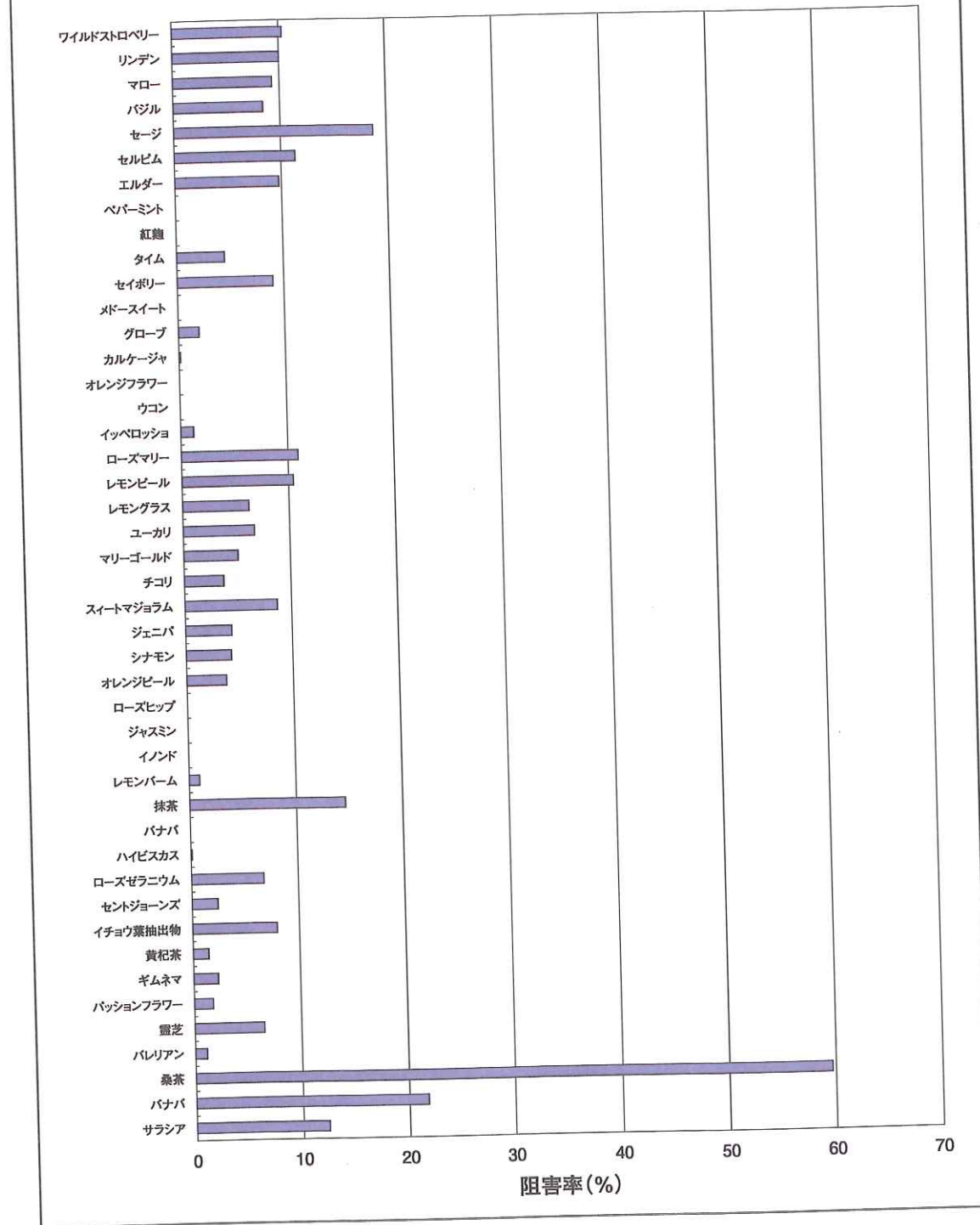


図5 各種ハーブのα-グルコシダーゼ阻害活性

表6 桑葉摂取による排便回数の変化

群	排便回数 (回 / 14日)
桑葉粉末 5.4g摂取群 (n=10)	6.8±6.2**
桑葉粉末 3.6g摂取群 (n=10)	4.8±2.8***
桑葉粉末 1.8g摂取群 (n=9)	3.8±4.3*
対照食品摂取群 (n=11)	4.8±3.7**

p=0.382

平均値 ± 標準偏差 * : p<0.05 (両側1標本t検定による)

** : p<0.01 (両側1標本t検定による) *** : p<0.001 (両側1標本t検定による)

で糖質の吸湿作用で軟便となり、さらに便が排泄されやすくなり便秘が改善される。表6には、桑葉粉末の便通に及ぼす影響を調べた結果を示した。桑葉粉末 5.4g の摂取は、便秘傾向のある女性の排便回数が有意に増加させた。なお、この有効量の3倍の過剰摂取、12週の長期摂取でも臨床的な問題はなかったといい、桑葉摂取の安全性も確かめられている。なお、便秘傾向の男性でも同様の実験で、桑葉粉末 5.4g を摂取での排便回数の有意な上昇が確認され、性別に関係なく便通改善効果があるので、桑葉は除染補助食品素材として有用である。

各種食材の除染効果

食材の中のある種の成分は、有害な放射性物質を体外に排泄し、またある種の成分は放射線に強い身体にする作用がある。

昆布の仲間は、寒い海で育ち、太平洋岸や大西洋岸に広く分布している。国内では、北海道周縁が主産地とされてきた。10種あまりのコンブが、日本近海で採れる。ホソメコ

ンブとマコンブは東北地方三陸沿岸から北海道南部に分布するが、他は北海道沿岸に限られる。昆布は、ヨウ素、カルウム、カルシウムなどの無機質を多く含む。放射性ヨウ素は、甲状腺にたまりやすいので、昆布などの海藻類の摂取は、放射性ヨウ素で汚染されている可能性のある、甲状腺の除染作用が期待できる。また、昆布中のアルギン酸は、カルシウムよりもストロンチウムの方が結合しやすく、水にとけない塩を形成するので、体内に食物に汚染して粉れ込んだ放射性のストロンチウムの排泄作用もある。実験的に、昆布、ワカメ、ヒジキを水に浸けた場合、溶出できるヨウ素量を比較すると、ワカメでは、5%しか溶出ないが、昆布では70%のヨウ素が水に溶けた。

モズクの産地は、東北地方以南のほとんどの沿岸と広く、主産地は能登半島外海側、瀬戸内海の西側の諸島周辺などで、沖縄でも多く生産されている。昆布は冷たい海を好むが、モズクは西日本の温かい海に分布してい

図7 水による海藻からのヨウ素の抽出率の比較

海藻	水に浸けた時間 (分)	抽出率 (%)
ワカメ	6	5
昆布	15	72
ヒジキ	30	19

る。日本付近の主な海流のうち、黒潮は沖縄西方から九州、四国沖に流れている。黒潮の流れを考えると、沖縄本島西海岸、九州沿岸は、放射性物質の汚染がなく、この地域のモズクは安心して食べることが出来る。とくに、沖縄県では養殖により1年に約2000トンのモズクが生産され、その生産量が全国最大で90%以上を占める。コンブ、ワカメ、モズクなどの褐藻類に含まれる多糖類のひとつに、フコイダンがある。沖縄のモズクは、オキナワモズクといい、本州で食べられているモズクとは種類が異なる。オキナワモズクにはフコイダンが多く含まれ、多糖類の90%をフコイダンが占める。沖縄では、オキナワモズクからサプリメント用にフコイダンが製造されている。オキナワモズクのフコイダンは、ヒト白血病由来がん細胞株やヒトリンパ腫由来がん細胞株の増殖を抑制し、胃がん細胞株に対して増殖を抑制する。沖縄モズク中のアセチルフコイダンは、がん細胞をアポトーシスさせるので、抗がん作用があると考えられる。モズクはヨウ素源だけでなく、フコイダンは抗がん作用を示すので被曝に強い身体にすることができる。

セシウム-137の体内への取り込みは、食べ物から94%、飲み物から5%が、呼吸による空気から約1%といい、ほとんどのセシウム-137は食品から摂取されている。ペクチンは、消化管の中で、セシウムとイオン結合することが知られ、ペクチンの摂取は

便量を増加させる。「ビタペクト」は、経口摂取用のロシアの治療食で、主成分はアップルペクチンで、これにビタミン類、微量ミネラルなどを配合されている。シルバースプリングス保養地で、体内被曝した子ども615人を対象に、3週間、1日に2回で1回に「ビタペクト」5g摂取した群、対照群を比べたところ、汚染されていない食事に「ビタペクト」を摂取した子どもは、汚染されていない食事のみの子どもに比べてセシウム-137量は、明らかに低下し、対照が13.9%減少したのに対して、「ビタペクト」群は63.6%低下したという(表8)。この量をリンゴから取ろうとしますと、皮付きリンゴ2個が目安となる。

緑茶を良く飲む町の住民の胃がんの死亡率が低いという調査がある。がんの標準化死亡比(SMR)は、お茶の産地静岡県が男女とも著しく低く、静岡県内でも緑茶の産地で特に低く、その数値は全国の約5分の1という。緑茶は、カテキンをはじめとする多くのポリフェノール化合物を含むので、強い抗酸化作用がある。カテキンを動物に与えた実験では、ラット血液の過酸化脂質の上昇を最大25%抑制し、健康人への緑茶抽出物の摂取実験で、ヒトのLDLを酸化しにくくさせる。老化促進マウスにカテキンを飲ませると、水道水では1年後の生存率が20%以下であったが、カテキン飲用マウスでは50%近くが生存した。マウスはカテキンを飲むこ

表8 シルバースプリングス保養地で、615人の子供に対し21日間の「ビタペクト」投与後の体内セシウム-137量の減少率の比較

群	セシウム-137の濃度、Bq/kg		
	摂取前	21日後	減少率(%)
ビタペクト	30.1±0.7	10.4±1.0	63.6*
プラセボ	30.0±0.9	25.8±0.8	13.9

* p<0.01

とで、寿命が最大10週伸びたという。この実験でのカテキン摂取量は、緑茶を1日10杯に相当するという。また、マウスに緑茶を長期に与えると、放射線照射で悪くなるはずの肝臓の脂質過酸化を防ぎ、致死量にあたるX線を全身にあてても、照射後の生存期間が延長した。これより、緑茶は、放射線防御因子を含む素材として有効である。緑茶の抽出物は、DNAの放射線損傷に対して防御効果、すなわちDNA切断に対して非常に高い防御作用がある。緑茶の主成分は、Lアスコルビン酸ナトリウムとカテキン類であるが、γ線によって生成するラジカルに対し、Lアスコルビン酸ナトリウムが防御効果を示した。γ線によるDNA鎖切断に対しては、Lアスコルビン酸ナトリウムとエピガロカテキンガレートは防御効果を示し、そのメカニズムはラジカルの消去能と考えられる。緑茶成分のエピガロカテキンガレートは、さらにβ線でのDNA切断も防御する。ショウジョウバエの幼虫を、緑茶カテキン含有培地で飼育して、X線を照射後ふ化した成虫の羽を観察し変異を調べた実験で、カテキンはいずれもX線誘発変異の生成を抑制し、カテキンは体細胞の染色体レベルで放射線防御効果を持つと考えられている。このように、緑茶には放射線防御作用のある様々な成分を含んでいる。

大豆は最も身近な食材の一つである。大豆成分のイソフラボンやゲニステインは、放射性物質による細胞膜の障害や活性酸素による過酸化脂質の生成を防ぐ働きがある。ゲニステインは、造血機能の強化作用が知られている。血液の幹細胞は、骨髄で急速に再生産されるが、この細胞は放射線の障害を受けやすいという。ゲニステインは、造血機能を促進する。大豆には、BBIと呼ばれる放射線防御作用を示す酵素阻害物質を含む。この物質は、DNAの修復活動を活発にする遺伝子のスイッチをONにする。この作用は、被曝後に摂取しても効果がある。さらに正常細胞を

活性化し、放射線で損傷した細胞を除く働きを促進する。大豆のサポニンも、過酸化脂質の生成を抑える。大豆の成分の中で、近年最も注目されているのが、イソフラボンである。イソフラボンは、女性ホルモンのエストロゲンによく似た作用を持つ。イソフラボンはエストロゲンが少なくなると発症するといわれ、更年期障害や乳がん、骨粗しょう症を予防する。日本での調査で、大豆食品を摂る量が多いほど、乳がん、卵巣がんになるリスクが低いことが明らかにされている。エストロゲンが多すぎると、乳がんのリスクは高まるが、大豆イソフラボンは、エストロゲンに似た構造を持っているにもかかわらず、乳がんを発症させるような過剰なエストロゲンの反応を抑える働きがある。植物タンパク質に特徴的なある種のアミノ酸の構成は、がんの浸潤、拡大、遠隔転移の防御の可能性も示唆されている。動物実験では、ホルモンに関係するがんだけでなく、肝がん、結腸がん、皮膚がんへの効果も知られている。更年期を過ぎて、エストロゲンが減少すると、骨からカルシウムが溶出しやすくなる。イソフラボンは、このカルシウムの過剰な溶出を抑え、骨カルシウム代謝を正常に保つ働きがある。疫学的研究では、骨粗しょう症で最も骨折しやすい大腿骨頸部の骨折率を日米で比較したところ、日本人女性よりカルシウムを2倍も多く摂っているアメリカ人女性の方が、骨折率が3倍も高いという。

わが国の代表的発酵食品の一つである味噌をマウスに与えると、マウスの放射線急性障害が減少する。これは熟成過程で生成するメラノイジン様物質と、熱水抽出物に放射線防護作用があるためである。味噌の放射線防御効果は、熟成期間が長いほど効果が高く、肺腫瘍、乳がん、胃がん、大腸がん、肝腫瘍の抑制効果があり、この有効成分として、ゲニステインなどのイソフラボンやカルシウム、マグネシウム、その他の微量元素等の効果と

いう。味噌は、大豆中のイソフラボンと違い、発酵過程中にイソフラボンの配糖体が消え、アグリコン型になることでイソフラボンに比べて効果が高くなると考えられている。

玄米のヒトに対する生理効果の研究例として、太りすぎの韓国女性に白米または玄米の混合米を摂取した調査がある。この調査では、体重管理や抗酸化酵素活性で、玄米は白米のみより優れていたという結果が得られた。玄米のラットへ生理効果には、発芽玄米食は、薬剤で誘発した食道腫瘍の予防に有効である。玄米に多く含まれるフェルラ酸は、主として細胞壁中のアラビノキシランとエステル結合して存在し、抗酸化性を有していることが知られている。玄米を少し発芽させると、高血圧予防成分GABA(γ-アミノ酪酸)、遊離アミノ酸(リジン)、フェルラ酸、イノシトール6リン酸(フィチン酸)がより増加する。米糠は、玄米からの白米の生産時に生じる副産物で、玄米の糠と胚芽の混合物である。米糠は、ビタミンEとγ-オリザノールを多く含む。γ-オリザノールは、フェルラ酸とステロールとが縮合したエステル類の総称である。γ-オリザノールは、コレステロールの吸収を抑え(高脂血症治療薬)、更年期障害などの不定愁訴に効用があるとして医薬品用に、紫外線防止用に化粧品に利用される。玄米を遠赤焙煎したある種の玄米加工品は、マウスに対する放射線防御効果が報告され、この原因がフェルラ酸やβ-グルカン

玄米の除染食品としての可能性

玄米の成分	作用機序	期待される作用
フィチン酸	キレート結合	有害核種の体外排泄
食物繊維	錯体、吸着	有害核種の体外排泄
フェルラ酸	抗酸化作用	ラジカル消去による放射線防御
発芽玄米成分	抗腫瘍	食道がん予防
ビタミンE	抗酸化作用	ラジカル消去による放射線防御

の摂取によるためとされている。特殊な製法で長時間焙煎した玄米の免疫増強効果と放射線防御効果の原因物質は、ビタミンEやミネラルで、その作用機序は、マクロファージの活性化に伴い、骨髄が刺激され造血幹細胞の再生が促されたことや、SOD活性が上昇し、末梢血液の抗酸化活性も上昇したという。

ヨーグルトに、放射線防御作用を認められているが、牛乳ではわずかであり、発酵中に放射線防御作用を有する物質の産生が考えられている。また、コーカサス地方特有のケフィアヨーグルトにも、放射線防御作用が認められ、小腸で脱落した細胞の再生を増加させることで、生存日数の延長、急性放射線照射に対する防御作用がある。

新鮮なニンニク抽出物をマウスに投与し、最終投与の2時間後にγ線照射した実験では、染色体異常誘発抑制性が見られた。マウスに放射線を全身照射する3時間前に、ニンニクの代表的な成分のジアリルスルフィドを、経口投与した実験がある。ジアリルスルフィド投与は、核の異常を抑制しさらに結腸を放射線障害から保護した。

おわりに

メルトダウン時代を健康に生きるには、放射能汚染とうまく暮らしていくしかない。放射性物質は目えず、匂いや味もない。仮に放射性物質を、吸入したり、食べ物を通して体の中に入れても、その時に気が付くことはない。何年か経って、体に変調をきたした時に、あの時の放射性物質による被曝が原因かと悔やむことは避けたい。放射性物質を取り込みやすい子どもは、ペクチンなどの食品成分で大人より早く体外に放射性物質を排泄することが知られている。このことは、積極的に放射性物質を体外に排泄する作用のある成分である除染食品を有効に活用すれば、今後の生活にも希望が見出される。2011年3月11日以来、人々の生活、価値観、食品の安全性の状況は一変した。このような大震災では、今

後も精神的問題を抱える人が相当数出てくると予想される。震災後の悲惨な報道、目に見えない放射能の恐怖、食品の安全性の不安などから、うつ状態の人も多くなるとも予想できる。除染食品の中には、低線量の放射能から逃げ場のない日常を強いられる地域の方々の日常的な料理に取り入れていただきたい食材も多い。子どもたちの未来は、除染食品の積極的な摂取で守ることが出来ると信じて、今後除染食品が多くの人々の健康維持に役立つことを期待したい。

参考文献

- ・坂口孝司、他：農化、53(6) 211-217 (1979)
- ・Muramatsu Y. et al.: 保健物理、18(2) 113-117 (1983)
- 住谷みさ子：NIRS-M、(57) 141-144(1986)
- ・Kimura Y et al.: 保健物理、25(4) 361-368 (1990)
- ・Tonelli D. et al.: J Radioanal Nucl Chem、141(2) 427-436 (1990)
- ・De A. Z. et al.: Radiochim Acta、54(4) 205-210 (1991)
- ・平山クニ、他：日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集、62nd、62 (1991)
- ・西村義一：放射線科学、35(1) 13-17 (1992)
- ・福田 俊：NIRS-M、(86) 129-137 (1992)
- ・渡利一夫：NIRS-M、(86) 121-128 (1992)
- ・松宮智之：月刊フードケミカル、8(9) 84-87 (1992)
- ・Bunzl K.: Naturwissenschaften、80(4) 173-174 (1993)
- ・松岡博厚：New Food Ind、35(10) 65-80、(1993)
- ・篠原由芽子、他：医学と生物学、127(3) 213-215 (1993)
- ・西村義一、他：放射線科学、37(7) 266-269 (1994)
- 今井靖子、他：放射線科学、37(10) 372-376 (1994)
- ・大桃洋一郎：NIRS-M、No.98 162-175 (1994)
- ・坂口隆司：放射線科学、37(6) 218-222 (1994)
- ・西村義一：NIRS-M、No.98 192-201 (1994)
- ・木村恵子、他：日本薬学会年会要旨集、114th (2) 247 (1994)
- ・Roussel-debet S. et al.: Radioprotection、30(3) 377-390 (1995)
- ・西村義一、他：キッチン・キトサン研究、1(3) 203-209 (1995)
- ・沖津忠行、他：機能性食品に関する共同研究事業報告第2号、pp78-81、神奈川県企画部科学技術政

策室、(1996)

- ・Yoshioka H. et al.: Biosci Biotechnol Biochem、61(9) 1560-1563 (1997)
- ・野田信三：飲食品と科学、40(2) 102-108 (1998)
- ・Sharma A. et al.: Agric Food Chem、48(4) 1340-1344 (2000)
- ・Chaalal O. et al.: J Environ Manag、61(1) 51-59 (2001)
- ・八並一寿：FOOD Style 21 6(4) 94-97 (2002)
- 水嶋文雄：医学評論、(104) 6-10 (2002)
- 高田純、他：日本保健物理学会研究発表会要旨集、37th、93 (2003)
- ・Ko S. et al.: Biomed Res Trace Elem、15(3) 272-274 (2004)
- ・Nesterenko V.B. et al.: SWISS MED WKLY、134 24-27 (2004)
- ・Bandazhevskaya G.S. et al.: SWISS MED WKLY、134 725-729 (2004)
- ・Aliste A.J. et al.: Colloids Surf A 249 (1/3) 131-133 (2004)
- ・久保ナナミ、他：日本未病システム学会雑誌、10(1) 69-74 (2004)
- ・具然和：Isot News、(603) 7-12 (2004)
- ・伊藤要子、他：日本放射線影響学会大会講演要旨集、47th 72 (2004)
- ・Lee T-K. et al.: Mutagenesis、20(4) 237-243 (2005)
- ・八並一寿、他：FOOD FUNCTION、1(1) 21-25 (2005)
- ・小島芳弘、他：健康・栄養食品研究 8(3/4) 1-15 (2005)
- ・渡辺敦光：日本未病システム学会雑誌、11(1) 7-11(2005)
- ・天野敬子、他：日本放射線技術学会雑誌、61(9) 1262 (2005)
- ・小島芳弘、他：健康・栄養食品研究 9(3/4) 1-6 (2005)
- ・西村義一、他：日本放射線影響学会大会講演要旨集、48th 166 (2005)
- ・前中俊宏、他：日本癌学会学術総会記事、64th 483 (2005)
- ・Fesenko S.V. et al.: Nucl Eng Int、51(620) 34-37(2006)
- ・Kang K. A. et al.: J Radiat Res、47(1) 61-68 (2006)
- ・田薫、他：金沢医科大学雑誌、31(3) 157-164 (2006)
- ・辻尚孝：ファルマシア、42(3) 269-270 (2006)
- ・具然和：New Food Ind、48(8) 43-52 (2006)
- ・具然和：New Food Ind、48(11) 23-30 (2006)
- ・後藤隆郎：Food Style 21、10(8) 100-101 (2006)
- ・安西和紀、他：日本放射線影響学会大会講演要旨集、49th 99 (2006)
- ・黒野有理、他：日本癌学会学術総会記事、65th

- 469 (2006)
- ・ Srinivasan M. et al : Biochim Biophys Acta, 1770(4) 659-665 (2007)
 - ・ 八並一寿 : FOOD FUNCTION 3(2) 127-139 (2007)
 - ・ 安西和紀、他 : NIRS-M、No.203 110-111 (2007)
 - ・ 安西和紀、他 : 日本薬学会年会要旨集、127th(3) 77 (2007)
 - ・ Anzai K. et al. : J Radiat Res, 49(4) 425-430 (2008)
 - ・ Anzai K. et al. : J Radiat Res, 49(4) 425-430 (2008)
 - ・ Benkovic V. et al. : Biol Pharm Bull, 31(9) 1778-1785 (2008)
 - ・ Niranjani A. et al. : J Food Sci Technol, 45(2) 109-116 (2008)
 - ・ Nesterenko V.B. et al. (田澤賢次訳) : Annal NY Acad Sci, 181 303-310 (2009)
 - ・ 安西和紀、他 : New Food Ind., 51(4) 42-47 (2009)
 - ・ 稲熊隆博、他 : 果汁協会報、(605) 5-13 (2009)
 - ・ 山下剛範、他 : 日本放射線影響学会大会講演要旨集、52nd 123 (2009)
 - ・ 鍵谷勤 : 癌の臨床、55(4) 301-307 (2009)
 - ・ 高村昇 : 成長科学協会研究年報、No.32 305-310 (2009)
 - ・ Goel A. et al. : Nutr Cancer J, 62(7) 919-930 (2010)
 - ・ Yamamoto T. et al. : J Radiat Res, 51(2) 145-156 (2010)
 - ・ Chieinos R. et al. : Food Chem, 120(4) 1019-1024 (2010)
 - ・ 具然和 : New Food Ind, 52(3) 13-20 (2010)
 - ・ 八並一寿 : 第10回マイナスイオン応用フォーラム抄録集、No.10 1-18 (2010)
 - ・ 荒木淳、他 : 解剖学雑誌、86(1) 20 (2011)
 - ・ 八並一寿 : FOOD Style21, 15(6) 17-21 (2011)
 - ・ 八並一寿 : 月刊総合医学、34(7) 4-7 (2011)
 - ・ 八並一寿 : 食品工業、54(18)94-100 (2011)
 - ・ 渡利一夫編『放射能と人体』 p26-32、研成社 (2011)
 - ・ 小若順一、今成伸 : 『放射能を防ぐ知恵—食・くらし・エネルギーの話』 pp10-37、三五館 (2011)
 - ・ 小出裕章 : 『原発のウソ』 pp68-74、扶桑社 (2011)
 - ・ 放射線医学総合研究所監『人体内放射能の除去技術』 pp67-98、講談社サイエンティフィク、(2011)
 - ・ 別冊宝島編集部編 : 『世界一わかりやすい放射能の放射能の本当の話』 pp8-64、宝島社 (2011)
 - ・ 別冊宝島編集部編 : 『世界一わかりやすい放射能の放射能の本当の話完全対策編』 pp20-47、宝島社 (2011)
 - ・ V.N. コルズン他・白石久仁雄訳 : 『チェルノブイリ ; 放射能と栄養』 pp8-54、実業公報社 (製作) (2000)
 - ・ 肥田舜太郎、他 : 『内部被曝の脅威』 pp76-92、筑摩書房 (2011)
 - ・ 富永國比古 : 『放射性物質から身を守る食事法』 pp63-159、河出書房新社、(2011)
 - ・ 小出裕章 : 『放射能汚染の現実を超えて』 p103、河出書房新社、(2011)
 - ・ 野口邦和 : 『放射能からママと子どもを守る本』 pp24-171、法研 (2011)
 - ・ 桜井淳 : 『放射能から身を守る Q & A 100』 pp12-96、学習研究社 (2011)
 - ・ 大谷浩樹監 : 『放射能のウソ・ホント』 pp44-134、東京書店 (2011)
 - ・ 朝長万左男 : 『放射能汚染の基礎知識』 pp104-108、マガジンハウス (2011)
 - ・ ジェイ・マーティン・グールド : 『低線量内部被曝の脅威』 pp75-13、緑風出版 (2011)
 - ・ 大沼安史 : 『世界が見た福島原発災害』 pp234-235、緑風出版 (2011)