

被ばくを予防する栄養素

Beverly Seng, MA, JD, NTP

Beverly@its-alimentary.com

邦訳：岩渕 祥子

イントロダクションと要約

被ばく予防に効果的な多くのサプリメントや食物の多くは無害です。こうした栄養素は化学的研究がなされ、その情報には米国国立医学図書館(National Library of Medicine)、Pub Medと呼ばれるサイトで誰でも容易にアクセスできます。

この研究をふまえて作成した、被ばくを予防する重要なサプリメントの短いリストは次のようなものです：ビタミンCとE（とくに混合トコフェロールとコハク酸）、必須脂肪酸DHA；ミネラルヨウ素、セレンウム、カルシウム；プロバイオティクス；ホルモン性サプリメントのメラトニン；ミント、レモンバーム、クルクミン、朝鮮人参、生姜、ローズマリー、ゴツコラといったハーブ類；解毒作用のあるラミナリア（海藻）とそのアルギン酸ナトリウムのエキス、炭酸水素ナトリウム、（ビタミンCと同じく）リンゴペクチン。被ばく予防のためにこのリストにあるすべてのハーブを摂取する必要はありません。お役に立つよう、いくつかのハーブについてご説明します。推奨する摂取量は、補足資料Iに掲載しました。

食品の中には被ばくを予防するものがあります。それらは次のようなものです：ビーツ、ほうれん草、グレープフルーツ、アプリコット、マスタードグリーン、ぶどう（黒）、インドスグリ（アムラ）、雁来紅（国によってはサラダとして食される「インド食わず芋」）。

他のハーブも被ばくによる人体への影響を予防すると考えられますが、それらの薬効を支持する証拠はやや確証性に欠けると思われます。次のリストは、効果の高いものから低い物の順に並べたものです：イワベンケイ属、グレープシードエキス、

リコピン、キャッツクロウ、クロレラ、ギムネマ、アロエベラ。これらあまり研究がなされていないサプリメントの被ばく予防の薬効については、補足資料IIIにまとめてあります。

いくつかのサプリメントはインターネット上で被ばくを予防するものとして宣伝されていますが、そうした主張の多くは出版された研究によって裏付けられていない（あるいは研究によって否定的見解が述べられている）という状況です。そうしたものの中には、（サプリメントとしての）グルタチオン、ベントナイト、液化ゼオライト、味噌、アルファリポ酸、Nアセチルシステインがあります。これらを短いリストから省いた理由は、セクションXIに述べました。もちろん、出版された研究に基づかないということはただちに薬効がないことと言い切れません。

ビタミン剤、ミネラル、ハーブは医師が処方する薬に作用します。服用している薬がある場合は、医師もしくは薬剤師にご相談ください。現在、がんの治療として化学療法や放射線療法を受けていらっしゃる患者が、解毒作用のあるサプリメントを服用しても安全かどうかについては、補足資料IIの中で簡単に論じています。がん患者は栄養の面からがん治療を行う専門医に相談することをお勧めします。

I. 被ばく予防としてなぜサプリメントを摂取する必要があるのか？

放射線研究者の中には、被ばくしても人体への影響が起きない「しき域」があるという意見もあります。しかし、そのような「しき域」などなく、いかなる量の放射線も健康に害をもたらすとみなす研究者もいます。

こうした意見の相違の背景の一つには、低量の被ばくに対する「適応反応」があります。低量の被ばくは、可能性として数時間の照射のうちにDNAの修復機能に影響を及ぼす可能性があります。少量であっても、細胞は引き続きおこる、おそらくは大量の被ばくに対して予防的反応を起こすような条件を整えます。DNAの修復機能をコントロールする遺伝子はすでに活性化され、その結果次の被ばく時には変異が遅くなります。つまり、少量の被ばくは安全であるばかりか予防的と結論づける

放射線研究者もいます。

しかし、被ばくの影響はこうした初期の遺伝子変異を超えるものだとする研究者もいます。²低量であれ、被ばくは初期の段階では容易に計量することのできない、かつ、変異の損傷を把握することのできない細胞の中での炎症的応答を引き起こします。³DNA異常度で被ばくの影響を計測することは、ほかの損傷を無視することを意味します。

さらに、実際の生活において、少量の被ばくに対する生物体の反応は他の環境的被ばくに影響されます。こうした被ばくのまとまりは、個々に別々に経験される被ばくよりも発がんの変異を起こす可能性があります。たとえば、エックス線は化学発がん物質（発がん性薬品）よりも**9倍も**変異を起こしやすくします。⁴検知しうる変異を起こさない少量の被ばくであっても、DNA修復を妨げるカフェインの存在は変異をもたらすのです。⁵

被ばくによる損傷に対する細胞の感受性はさまざまです。生殖細胞と胎児細胞はとくに害を被りやすく、発がんの危険度は胎内で受けるエックス線の回数に直接的に比例します。⁶**妊娠前**に診断のためエックス線の受けた母親から生まれた子供たちのあいだでは、発がんの危険度が**1.2倍から2倍**高まることが確認されています。⁷

修復されない変異は蓄積され、将来の世代の健康に影響を及ぼす遺伝的損害を起こす可能性があります。

非常に少ない量の被ばくはDNA修復遺伝子を活性化しません。また、少量であれば、組織の反応は、一つの細胞であれ多数の細胞であれ照射されたのと同じ反応を起こします。⁸これら2つの要因から言えることは、非常に少量の被ばくであっても、多くの細胞は炎症的被ばくの損傷を受け、細胞はDNA修復の反応を起こさないということです。

ある段階においては、個人の有機的組織体をもつ対処能力は使い尽くされてしまう

可能性があります。世界保健機関（WHO）の関連機関である放射能事故管理団体は、10ミリシーベルトから100ミリシーベルト毎日被ばくしたとしても、人間は血液細胞を作る細胞の中でも幹細胞の消失と数週間あるいは数ヶ月にわたり戦うことができると報告しました。しかし、ある段階になると多くの細胞が殺されてしまいます。「いったん幹細胞の集合が枯渇するレベルに到達すると、『乱れを起こす領域』に到達します。そうするとわずかな新たなストレスでもシステムは麻痺してしまうのです」。⁹

これらすべての理由から、コロラド大学医学部放射線科のプラサド医師は、「被ばくはいかなる量であっても完全に安全だとは言えない（強調点は筆者による）」という、確立された放射線生物学の見識を支持し続けるのは賢明である」と結論づけています。プラサド医師は、放射線技師、飛行機の乗務員、頻繁に飛行機に搭乗する旅行者、放射線レベルが高い地域の住人、診察のためエックス線検査を受ける患者、そして放射能事故の影響にさらされた人々が蓄積的被ばくの損害を予防するために解毒作用のあるサプリメントを摂取することを推奨しています。¹⁰

II. 栄養素とハーブに被ばく予防性があるとする証拠はどのようなものがあるのか？

さまざまな研究者が毒性のない被ばく予防の物質を探求しています。アメリカ陸軍のウォルター・リード研究所は1950年代の初めに、4000種以上の化合物を合成、実験し、効果的な被ばく予防物質の発見を試みしました。もっとも期待された化合物であるアミホスチンは、のちに非常に重い副作用を起こすことが発見されました。慎重に服用された量であっても最大の予防をもたらしません。¹¹ある軍の研究者がおそらくはひねくれとして述べたように、被ばく予防化合物は「軍人の行動能力を左右すべきものではありません」。¹²

第二の研究者グループは、放射能事故の犠牲者について、例えば、チェルノブイリ付近の子供たちの被ばくを救済する方法について研究を行いました。第三のグループは、がん治療のために用いられた放射線治療の結果生じた健康な組織への副次的

損傷を緩和しようとするものです。この目的のために認められた薬品の毒性は治療の有用性を制限するため、研究者は害のない、食品を基礎とする物質を求めています。¹³

研究者はこうしたサプリメントやハーブの効用としていくつかの証拠を提示しています。それらを研究の複雑度と費用（金銭的なものと人的なもの）の順にここに提示しましょう。最初は細胞培養研究で、人間や動物の細胞（例えば健康な肝臓の細胞や血液細胞）を放射線にさらします。照射前と照射後、細胞のいくつかを実験対象である栄養素やハーブに浸し、残りは浸さずにおき、この二つのグループの被ばく損傷を検証し、比較します。

第二の研究は動物実験で、動物に致死的な量と致死的でない量の放射線を浴びせ、サプリメントを与えるグループと与えないグループに分けます。死数を記録し、解剖された動物の組織の細胞、遺伝子、生化学の損傷をテストします。

第三は放射線治療を受けている患者の研究です。例えば、骨盤周辺に放射線治療を受ける患者の間では、慢性的下痢がよく見られます。同様に、頭部と頸部がん治療患者は口腔と食道に被ばくによる損傷をこうむることがあります。放射線治療はライニング細胞、たとえば胃腸管や食道の内側の細胞にとくに打撃的なものです。こうした放射線治療を受ける患者にサプリメントを与え、同じ治療を受けてサプリメントを摂取しない患者と比較し、付近の組織が放射線から守られるかどうか経緯が観察されます。

第四の研究は、チェルノブイリの子供たちのような放射能事故の犠牲者、あるいは病院のレントゲン技師らの健康状態を調べたものです。ここでもサプリメントが対象者に付与され、付与された患者の損傷した血液細胞や放射能放出のレベルがサプリメントを付与されない患者の場合と比較されます。

III. 推奨リストはなぜ長いのか？

さまざまなサプリメントの種類がさまざまな被ばく問題に提言することができます。

1 フリーラジカル損傷

放射線は生きている組織に直接的また間接的にフリーラジカルな損傷をもたらします。細胞を攻撃している放射線が細胞内で一つかそれ以上の電子を原子から移転させると、電子の損失は原子を「フリーラジカル」に変化させます（「フリーラジカル」は一番外側の電子の「殻」において対の電子を失った原子のことです）。フリーラジカルはペアとなる電子を探そうと、ただちに近辺のバイオ分子と反応を起こそうとします。フリーラジカルをもたらす過程は、（酸素がフリーラジカルを形成しなかったとしても）「酸化」とも呼ばれます。

放射線は細胞の中で水分子と反応を起こし、過酸化物質、水酸化物質、超酸化物質といった高度に反応的なフリーラジカルを作り出します。酸素を有するフリーラジカルは集合的に「活性酸素種」、ROSと称されます。

細胞内で発生するフリーラジカルもしくはROSがもたらす化学的変容によってもたらされるこの電子掌握行動は、細胞機能を停止し、細胞を殺すこともあります。さらに、放射線による損傷の後に、細胞は数週間から数ヶ月にもわたり大量のフリーラジカルを創出し続けることもあります。¹⁴フリーラジカルは酸化作用という悪循環を引き起こしかねません。酸化した分子はさらに多くの、循環を永続化するフリーラジカルを生み出すという生物学的反応を引き起こします。¹⁵研究者たちは、こうした酸化過程がアテローム性動脈硬化、糖尿病、自己免疫疾患、加齢の原因の一部であることを掌握しています。¹⁶ROSはがんを誘発し促進しうるのです。¹⁷

被ばくによる間接的フリーラジカル損傷は、傷ついた細胞が他の細胞に化学的メッセージを送るときに発生し、それは別の連鎖した反応を引き起こします。放射線

は容易にこれら「居合わせた」細胞に危害を加えるのです。¹⁸

2 フリーラジカルが細胞内の脂肪におよぼす損傷

フリーラジカルは、細胞内の脂質（脂肪）に損傷を与える可能性があります。損傷はほぼ脂肪から構成される細胞膜に影響を及ぼします。これらの膜には、すべての細胞を包み込む膜、細胞核を防御する膜、そして細胞内の器官系を包み込む膜があります。ミトコンドリア（細胞のエネルギー生産工場）は文字通り膜の上でエネルギーを創出するため、これら膜への危害は細胞のエネルギー形成能力に干渉するわけです。脂質（脂肪）に対するフリーラジカルの損傷は、「脂質過酸化反応」と呼ばれます。

こうしたフリーラジカルの機能を理解することにより、研究者は被ばくによる損傷やそうした損傷にたいするサプリメントやハーブの効果を検証することができます。たとえば、被ばくの程度を計測する方法の一つに、損傷を受けた細胞や組織野中の活性酸素（ROS）量の測定があります。第二の方法は、脂質過酸化反応を計測するというもので、それは通常、脂質が損傷を受けた細胞によりもたらされる生化学副産物の量を測定することにより得られます。第三は、単純に放射線により死滅させられた細胞や動物の数を計測するというものです（すべての方法がすべての研究に用いられるという訳ではありません）。

3 フリーラジカルがDNAにおよぼす損傷

電離放射線によってもたらされるDNA損傷のおよそ60%は、放射線が細胞内の水分にあたったときに形成される過酸化フリーラジカルによって引き起こされると信じられています。¹⁹ DNA損傷は、突然変異が重なることで引き起こされる、がん誘発やゲノムの不安定化につながります。

DNA損傷の計測方法の一つには、DNA内の一本もしくは二本の破壊された鎖の数を数えるというのがあります。二本鎖破壊は細胞死の主要な原因の一つと考えら

れています。²⁰計測しうる他の損傷としては、酸化グアニンの量があります。グアニンはDNAを形成する核酸の基礎の一つで、そのためグアニン損傷はDNAの損傷を拡大するのです。(また、酸化グアニンはがんのバイオマーカーでもあります。²¹) DNA損傷の他の計測方法には、染色体異常と小核の有無があります。小核とは細胞内の小さな核で、欠陥のあるDNA再生字に分離した染色体の一部から形成されます。鎖の断絶、染色体異常、小核は顕微鏡で確認することができます。

4 ライニング細胞と骨髄への損傷

フリーラジカルとDNA損傷の兆候を探求することに加え、研究者は被ばくによる被害をこうむりやすい二つの種類の細胞を検証します：一つは上皮性もしくはライニング細胞で、もう一つは骨髄細胞です。たとえば、胃腸系の上皮細胞（ライニング細胞）は放射線によって容易に損傷を受けます。²²胃腸系ライニング細胞への損傷は次に吐き気、嘔吐、体重減少をもたらし、深刻な事態になると脱水症状から死亡することもあります。肺のライニング細胞も被ばくによる影響をうけやすく、その結果呼吸器系疾患にいたることがあります。²³

骨髄細胞は血球を生成します。骨髄細胞の損傷は血球の損傷を引き起こしたり、血球量の減少をもたらしたりします。²⁴

動物を用いた致死量にいたる放射線実験において、放射線量は致死量50 / 30のように計算されますが、それは動物の半数が30日以内に死亡する量を意味します。致死量50 / 30の放射線実験では、胃腸系ライニングの減少の結果としての死亡は通常七日目か十日目におこります。骨髄の損傷に由来する死亡は三十日目におこります。こうしたパターンは、研究者が栄養素やハーブの被ばく予防効果を測定するのを助けます。

5 免疫システムへの損傷

酸化によりもたらされる損傷は炎症反応を生じさせます。炎症を測定する方法の一

つは、(化学物質伝達物質である) 腫瘍壊死因子 α (TNF α)のような、炎症誘発サイトカインのレベル測定です。TNF α は急性炎症反応を引き起こし、発熱や消耗をもたらします。TNF α はストレスホルモンの放出を助長します。肝臓では、TNF α は心臓発作の可能性の目安となるC反応タンパクを増加させます。TNF α はまた関節炎、がん、アルツハイマー病とも結びつけられています。²⁵

免疫システムへのダメージをはかる別の方法には、DNAの転写を指揮する化学伝達物質であるところの核因子カッパベータ (NFkB) があります。NFkBは不活性の状態では細胞内に自然に存在し、必要に応じて活性化します。NFkBは体内の免疫システムと炎症システムをコントロールする400以上の遺伝子を活性化します。活性化酸素はNFkBを慢性的に活性化させます。慢性的に活性化したNFkBは関節炎や心臓病、糖尿病といった炎症性疾患をおこします。NFkBはまたがんを促進する遺伝子を活性化します。²⁶放射線学の研究者は、免疫システムへの放射線のダメージをはかるものとして、活性化されたNFkBと活性化された腫瘍壊死因子 α を追究します。

6 用量反応要因 (Dose Response Factor; DRF)、別名用量修正要因 (Dose Modification Factor; DMF)

これらの数字は、所与の物質がもつ被ばく予防のレベルを検知する道具です。たとえば、2 DRF(2 DMF)というのは、基本的にもし動物が予防的サプリメントを与えられている場合に所与の照射量が2倍になったとしたら、動物がこうむる放射線ダメージの量は最初の量と同じままであるということを意味します。²⁷

7 酸化によるダメージの修復

研究者らは、ハーブや栄養素の損傷防止機能だけでなく、修復機能も調べています。細胞は自らDNAを修復する働きをもち、たとえば、ある種の栄養素はこのプロセスに必須となっています。同様に、細胞はグルタチオンシステムのような酸化による損傷を予防し回復させる内部のプロセスを有しています (グルタチオンは体内

で形成されるたんぱく質で、抗酸化やメタルトランスポーターとして作用します)。ここでも、これらのプロセスには特定の栄養素が必要とされます。放射線はある種のビタミンを除去し、失われた栄養素を回復するための適切な補足がなされます。細胞膜の損傷は、適切な構築ブロック、とくに脂肪酸、が食事の中で摂取される場合にのみ治癒されます。

8 粒子吸収の防止と体内からの粒子の除去

最後に、研究者らは放射線粒子の吸収を防ぎ、また吸収されてしまった場合に体内からそうした粒子を除去する方法について模索してきました。日本の原発から放出される放射性粒子は放射性セシウム、ヨウ素、プルトニウム、ストロンチウム、ウランなどを含むかもしれません。かりに体内に残った場合、こうした放射線粒子は生涯にわたり体内の放射線をイオン化する源となります。なぜなら、こうした放射線元素は30年から100年にわたる半減期を有するからです。

IV 抗酸化剤：ビタミンC、ビタミンE、セレンウム

照射によるフリーラジカル損傷を防ぐ明らかに最初の選択肢は、**ビタミンC**と**ビタミンE**です。それぞれすでに抗酸化剤としてよく知られています。抗酸化剤は電子をラジカルに渡し、ラジカルの損傷を停止させます。ビタミンCとビタミンEは人体、動物、細胞の研究において放射線による酸化ダメージを防いできました。両方とも、DNAの損傷をも妨げます。そして安全です。²⁸それぞれ個別または一緒に被ばく予防のためのものとして研究がなされてきました。

次に述べるのは、**ビタミンC**を被ばく予防として用いたいくつかの研究です。**ビタミンC**は組織内に取り込まれた放射線粒子による慢性的照射の効果に対する、ネズミのこう丸を守りました。²⁹事実、この研究はこれまで私が見いだした栄養素とハーブの研究すべての中でもっとも高い被ばく予防レベルである、**2.3DMF** (Dose Modification Factor) を算出しました。

他の動物実験では、ビタミンCはNFkB軌道（チェックされずにおかれると慢性的炎症やがんを引き起こす）の活性化を防ぎました。同じ研究で、ビタミンCがネズミの腎臓内で炎症を誘発するいくつかの遺伝子を抑制するとしています。³⁰腹部に放射線をあてる前に、（体重1キロあたり100ミリグラムで）ネズミに付与されたビタミンCは腸のライニン細胞を保護しました。³¹体全体にガンマ線放射線にさらされる前にネズミにビタミンCを施したところ、サプリメントを付与されなかったグループに比べ、肝臓内の過酸化脂質損傷が減りました。³²致死量である体全体にガンマ放射線をあびる前に、体重1キログラムあたり250ミリグラムのビタミンCを付与されたネズミはあたえられなかったネズミに比べ30日目の生存率は33%増加しました。同じ研究者による別の実験では、怪我をしたネズミが用いられ、放射線で治療を受けたグループとビタミンCを付与されなが放射線治療を受けたグループにわけたところ、1キロあたり250ミリグラムのビタミンCを付与されたネズミは早く怪我から回復しました。³³

細胞実験で、ビタミンCは、ガンマ線放射線にさらされやすい人間の血漿内のタンパク質への損傷を妨げました。ビタミンCがないところでは、放射線により酸化したタンパク質が二倍にもなりました。³⁴ビタミンCは、子牛胸腺細胞への放射線ダメージを30から50%減少させました。³⁵ビタミンCは人間の上皮（ライニン）細胞をエックス線、ガンマ線、陽子、高エネルギー粒子から防御するのに効果てきでした。³⁶

ビタミンEも被ばくを予防します。ネズミを用いた実験で、400IUのビタミンEはコバルト60という致死量に対して防御の働きをしました。³⁷脳に照射を受けたネズミの実験で、ビタミンEは腫瘍壊死要因アルファとインターロイキン1Bの減少率を用いた計測で、炎症を減らすことが明らかになりました。³⁸（脂質が多い臓器である脳は、過酸化脂質損傷に特にさらされやすいのです。）

水溶性のビタミンEは妊娠中のネズミに放射線をあびせる前に付与されたところ、75%の割合で胎仔の脂肪を減らしました。同じ研究は、ビタミンEが「潜在的にフリーラジカルを除去するもの」であるとしています：（それは）ビタミンEがミト

ミトコンドリア膜を過酸化から、またDNAを鎖の破壊から守ったからです。³⁹同じ研究者によってなされた、腫瘍をもつネズミを用いた実験では、ビタミンEが正常な組織を放射線によるDNAの損傷から守ったものの、放射線から腫瘍細胞を守らなかったことが判明しました。⁴⁰この結果からわかることは、現在がんの治療にあたる患者に対してビタミンEを安全に処方しようということです。(この点に関しては補足資料IIIを参照ください。) 事実、ここにまとめることができるよりも多くの、ビタミンEの放射線からの予防効果について論じた研究があります。他については脚注に出版年順に掲載してあります。⁴¹

被ばく予防の研究に、水溶性アルファトコフェロールコハク酸を用いる研究者もいます。放射線をあびたネズミの骨髄細胞に焦点をあてた研究は、トコフェロールコハク酸ががんを促進する遺伝子の発現を抑え、また自然に起きる抗酸化酵素を守るということを明らかにしました。⁴²

近年、研究者はビタミンEと同族体である、ガンマトコトリエノールの被ばく予防効果について研究を始めました。⁴³

ガンマトコトリエノールは「潜在的放射線予防物、緩和剤」とみなされてきました。⁴⁴例えば、近年の研究によれば、ガンマトコトリエノールは致死量の全身照射を受けたネズミの生存率をあげ、血管の酸化ストレスを減らし、骨髄細胞の回復を向上させ、消化器系の損傷を減らすことがわかりました。⁴⁵別の全身照射の動物実験は、体重1キロあたり200ミリグラムの割合でのガンマトコトリエノールが、1.29の用量反応率をもつとしています。ビタミンは白血球と特殊な白血球細胞の全体数の回復を促進しました。⁴⁶

ビタミンCは水溶性のため、タンパク質のような水溶性の分子を最も保護します。逆に、ビタミンEは脂溶性のため、脂質をより保護します(しかし、ビタミンCは脂質の過酸化を減らします)。

そのため、多くの放射線研究者は、ビタミンCとEを組にして研究を行います。

ニュージャージー州のガーデンステイトがんセンターの研究者はネズミを用いて、ビタミンCとEが正常な組織を放射線から守ることをもとに、放射線治療において許容される放射線の量を増やすことができるかどうかを調べました。ビタミンCとEは、許容される最大放射線量を42%まで増やすことができました。また、ビタミンCとEは放射線による胃腸ライニングへの損傷によってもたらされる体重減少を食い止めました。もっとも重要な発見は、抗酸化が既存の腫瘍を成長させなかったということです。この研究や他の研究は、抗酸化ビタミンは既存のがん治療のため放射線をあびる患者にとっても安全であることを提示しています。(この点に関しては、補足資料IIIを参照ください。)

ビタミンCとEを付与され、全身照射をうけたネズミの研究では、研究者は放射線による損傷を把握するため骨髄細胞を調べました。ビタミンCとEは小核と染色体異常の頻度を減らしました。⁴⁷

(イオン化放射線と同じではない) 携帯電話からの電磁放射線にさらされたネズミを用いた実験で、研究者は子宮内膜の細胞を調べることにしました。ビタミンCとEは子宮内膜を細胞死、酸化、放射線による損傷による過酸化脂質から守りました。また、ビタミンCとEは、電磁放射線による減らされたグルタチオンシステム、超過酸化ジスムターゼ、カタラーゼといった自然な酸化回復過程の活動を増長しました。⁴⁸

セレンウムは放射線による損傷からの保護を提供する、もう一つの抗酸化栄養素です。

事実、セレンウム不足は小核において放射線による損傷を増長することが判明しています。そのメカニズムは、DNAへの損傷を妨げる、グルタチオンの抗酸化システムがセレンウムを必要とするというものです。⁴⁹

(亜セレン酸ナトリウムとしての) セレンウムを一キロあたり1.5ミリグラムの

割合で毎日ネズミに付与し、一日60分間30日にわたり放射線を浴びせました。セレンウムは脂質の過酸化を顕著に減少させ、またグルタチオンの抗酸化システム活動を活発にしました。⁵⁰別のネズミを使った研究は、セレノメチオニンが、酸化によるストレスやDNA損傷といった、放射線によるダメージからネズミを守りました。⁵¹ネズミの実験では、混合セレンウムが30日の生存率を35%改善しました。

52

亜致死量のガンマ放射線をあびたネズミの実験で、セレノシステインとしてのセレンウムは、小核をもつ細胞数によって計測したところ、肝臓組織における放射線によるDNA損傷を減らし、DNA修復率を強化しました。また、セレンウムは放射線による脂質の過酸化を阻害し、グルタチオンの抗酸化システムを保護し、骨髄細胞を放射線によるDNA損傷から守ることがわかりました。⁵³

セレノメチオニンは、試験管培養で人間の甲状腺細胞に照射された高LET放射線によって引き起こされる、遺伝子変異の発現を防止するのに「驚異的な効果」がありました。⁵⁴同様の研究で、同じ研究者らはセレンウムがあるレベルでの放射線による損傷がもたらされた196遺伝子中77の変異(39%)を阻止し、高レベルの放射線による損傷をうけた610遺伝子中336の遺伝子(55%)を保護したことを明らかにしました。セレンウムにより守られた遺伝子のいくつかは、がん細胞の中で突然変異を起こしたものとして知られています。⁵⁵

ビタミンEと一緒に付与された場合、セレンウムはネズミを放射線による脂質の過酸化と肝臓の細胞死から守りました。⁵⁶

セレンウムはまた、試験管内で前立腺がんを殺すのに、正常な腸のライニング細胞に作用することなく、放射線治療の効果を高めることも明らかになっています。研究者は、セレンウムを前立腺がんの治療のために放射線量をあげても安全であると結論づけました。⁵⁷これらの結果から、既存のがんの治療のために放射線治療を受けている患者に対して、セレンウムを用いても安全であるといえます。

これら3つの栄養素は、他のビタミンやミネラルと一緒に用いられた場合、被ばくを予防します。

エジプトの研究者は、放射線治療をうける子宮頸がん患者に混合抗酸化物を付与しました。ビタミンC、E、Aとセレンウムを一日3回、放射線治療中と治療後に付与された女性は、コントロール群と比して過酸化脂質のレベルが著しく減り、小核の数が減り、正常な細胞のアポトーシス細胞死が減りました。⁵⁸

ビタミンの量は、アメリカにおけるこれら3つのビタミンの基準一日摂取量を超えていました。(アメリカの「基準一日摂取量」略してRDIはアメリカ医学研究所によって定められた、一定のビタミンやミネラルの「推定される平均的必要量」です。

⁵⁹) その研究では、女性は180ミリグラムのビタミンC、30ミリグラムのビタミンE、150マイクログラムのセレンウム、そして3000IUのビタミンAを毎日付与されました。アメリカが女性に推奨するそれぞれのビタミンの量は、75ミリグラムのビタミンC、14ミリグラムのビタミンE、45マイクログラムのセレンウム、そして400IUのビタミンAです。この成功を収めた研究において増やされた投与量は、基準一日摂取量が目標とするように、特定の症状を改善する量は数十年前に認められた欠乏状態を防ぐ以上の量が必要であるという多くの研究者の推奨と意見を同じくするものです。⁶⁰

「疾患予防の際、投与される量は栄養所要量(Recommended Dietary Allowance ; RDAはRDIの昔のバージョン)より数倍多い量となり、栄養所要量は数十年前に認知された典型的欠乏状態阻止に必要な量に基づいています。アルファトコフェロールとアスコルビン酸(ビタミンC)は、非常に耐受性に富み、害がありません。結果として、それらの使用は特別に珍しい場合を除き毒性監視の必要がないため、予防薬として試験に適しているのです。」⁶¹

こうした理由から、ペンシルヴェニア大学医学部腫瘍学科の研究者たちは、これら

栄養素の最大限の量の被ばく予防効果を調べようとしてしました。

「抗酸化の組み合わせは、(人間に換算して) 一日2000ミリグラムのビタミンC、一日1000ミリグラムのビタミンE、一日400マイクログラムのセレンウムを付与するために処方され、それらはビタミンC、E、コハク酸、セレンウムのRDA (Recommended Daily Allowance、元RDI ; 一日標準摂取量) の上限でした。NAC (N-アセチルステイン) やアルファリポ酸の定められたRDAは存在しないものの、これらチオールサプリメントは、以前人間のために定められたそれぞれ2400ミリグラムと1200ミリグラムという効果的量により処方されました。

この研究で、研究者らはこの最大限のサプリメントの組み合わせを、全身照射の前後にネズミに与えました。コントロール群のネズミは人間の特定の栄養素のRDI量にあたる量を付与されました(男性で90ミリグラムのビタミンC、15IUのビタミンE、55マイクログラムのセレンウムです)。⁶²

この最大限の抗酸化と思われるサプリメントは、投与が照射の前と後にかかわらずコントロール群と比較してネズミの生存時間を30日増加させました。サプリメントを与えられたネズミの生存率は、与えられなかったネズミに比べ50%高いものでした。抗酸化の組み合わせは、線量減少係数1.6という驚くべきものでした。

63

最大限のサプリメント投与は、細胞死から骨髄細胞も守り、白血球の減少を食い止め、コントロール群に比べ被ばく後血球の回復も改善しました。⁶⁴同じグループによるより最近の研究は、抗酸化サプリメントが骨髄細胞内の細胞死(アポトーシス)関連の遺伝子発現を妨害することによって、被ばくの予防も行うことを確認しました。⁶⁵

放射線被ばく予防として、アメリカにおけるRDIよりも多くの量を必要とすること

は、飛行機のパイロットによるマルチビタミンサプリメント服用の研究により裏付けられました。パイロットは、飛行機が遮断しない宇宙放射線にさらされる状況にあります。結果として、パイロットはDNAの損傷をこうむり、それはこの研究では染色体転座（がんに共通する、染色体の一部が他に転座する）の頻度として計測されました。

研究者らはアンケートを用いて、果物と野菜の摂取頻度とマルチビタミン剤の使用を確定しました。果物と野菜の摂取が中央値よりも高い場合は放射線による染色体損傷が減少し、ビタミンのサプリメントは放射線損傷に影響を与えないことがわかりました。おそらく、ビタミン剤はRDIが定めるビタミンCとEのみであり（75から90ミリグラムのビタミンCと14IUビタミンE）、放射線による染色体損傷に顕著な違いをもたらすのに十分ではなかったためと思われます。⁶⁶

他の動物実験は被ばく防御のためにさまざまな種類と量のビタミンを混ぜ合わせてよい結果が得られました。⁶⁷

ある研究では、ビタミンC、ビタミンEコハク酸エステル、コエンザイムQ10をN-アセチルシステインとアルファリポ酸とともにネズミに与えたところ、致死量の全身照射を浴びたネズミの死亡率が減りました。照射後24時間以内に抗酸化のサプリメントを付与されたネズミ18匹のうち14匹が生存したのに対して、サプリメントを付与されなかったネズミ14匹のうちわずか4匹が生き延びました。別の言い方をすれば、サプリメントを付与されたネズミの77%が生存し、コントロール群の28%のみが生存したということです。⁶⁸

抗酸化剤によるもっとも効果的な被ばく予防は、研究者らが抗酸化剤に加えて多くの栄養素の混紡を用いたときに得られました。ビタミンB2、B5（葉酸塩）、パントテン酸はすべて被ばく予防に必要であると示されました。⁶⁹亜鉛はネズミの被ばく予防に効果的でした。⁷⁰そして亜鉛メタロチオネインはネズミを被ばくによるDNA損傷から守りました。⁷¹（メタロチオネインは細胞内で金属を運搬するタンパク質です。亜鉛は転写を活性化し、遺伝子がタンパク質を集めるのを助けます。亜

鉛がメタロチオネインを離れると、残りの分子が過酸化ラジカルやヒドロキシルラジカルといった酸化フリーラジカルを消去することができます。亜鉛の多くの機能のうちこの二つの機能が放射線に対する効果的予防を説明します。) 別の動物実験から、亜鉛とスピルリナと亜鉛とビタミンCの配合がスピルリナだけよりも放射線から守ることがわかりました。⁷²

カナダのマックマスター大学の研究者たちは、いくつかのハーブに加え、上述のビタミンB類と亜鉛を含む、複数の栄養素からなるサプリメントを集めました。それらの多くは以下に述べるように被ばく予防を提供するものでした。⁷³このサプリメントをDNA損傷を被りやすいネズミに与えたところ、研究者らはコントロール群に比して遺伝子変異が**6倍**減少させることができました。サプリメントはまた、DNAの二重鎖切断と酸化基ダメージを妨げました。このことから研究者らは、サプリメントが「フリーラジカルがダメージをもたらす前に、フリーラジカルを除去」し、「一般市民が入手可能な成分からなる栄養補助食品による、前例のない放射線防護」をもたらすと結論づけました。⁷⁴

培養の中の細胞の研究は、混合抗酸化ビタミンに放射線防護を見いだしました。

これらの結果は脚注にまとめてあります。⁷⁵

IV. 放射線による栄養素枯渇に対する防護：抗酸化物と脂肪酸枯渇

栄養補助はまた放射線により失われた栄養素を補うのに有益です。研究によってラジエーションダメージの文脈で様々な栄養素の間の興味深い関係が明らかになっています。様々な研究は、多くの異なる栄養素がラジエーションダメージから体を守るために必要であることを示しています。

抗酸化物の役割：

エックス線技師20名を調べたところ、健康な30名に比べ、血中における銅、亜鉛、セレンウムのレベルが放射線により失われたことがわかりました。ビタミンCとEを5週間付与したところ、銅、亜鉛、セレンウムのレベルは回復しました。⁷⁶動物実験から、放射線がネズミの心臓組織内のビタミンA、C、Eのレベルを減らすことがわかりました。また、研究者らはセレンウムを用いたサプリメント使用が放射線によりもたらされるビタミンA、C、Eの枯渇を減らすことを発見しました。⁷⁷同様に、細胞研究は、カロチンファミリーの一つであるリコピンをサプリメントとしたところ、被ばくしたネズミの肝臓細胞内のビタミンA、C、Eレベルを上昇させたことを明らかにしています。⁷⁸セレンウムとリコピンが細胞内の他の抗酸化経路を活性化して、抗酸化ビタミンを守ったものと思われる。

別の動物実験は、致死量の放射線照射においてもビタミンCとEの血漿レベルが変化しなかったにもかかわらず、放射線がネズミの骨髄の中のビタミンCとEを枯渇させることを明らかにしました。⁷⁹同じ研究は、血漿と骨髄中の葉酸レベルが用量依存的に照射によって減少することを示しました。別の動物実験からは、被ばくしたネズミがパントテン酸というビタミンBを失うことがわかりました。⁸⁰ビタミンEは照射されたネズミの間で用量反応的に骨髄細胞の中で失われ、骨髄細胞内の過酸化脂質レベルがそれに応じて上昇しました。⁸¹

別の動物実験は、骨髄細胞内のビタミンCのレベルが最小限のエックス線照射後80%減少する一方で、ビタミンEが顕著な割合で枯渇するにはその倍の照射が必要でした。血清と腸内細胞では枯渇は観察されませんでした。研究者らは「骨髄は放射線による酸化損傷によりさらされやすく、アスコルビン酸（ビタミンC）はそれに対抗するのに重要な役割を果たす」と結論づけました。⁸²

これらの研究は、他の栄養素と一緒に用いられた場合、組み合わせられた抗酸化剤がもっとも良い放射線防護であることを確証するものです。

脂肪酸の役割：

細胞膜内で過酸化脂質が脂肪酸に及ぼす損傷は、放射線による損傷の特徴的なものです。これら脂肪酸ビルディングブロックは、細胞内で細胞と細胞小器官の修復に必要なものです：脂肪酸の摂取は人体が損傷を受けた脂肪酸を取り替えさせます。

オメガ3とオメガ6脂肪酸は飽和脂肪酸よりも酸化により損傷を受けやすいものです。DHAのような長鎖脂肪酸は短鎖脂肪酸よりも損傷にさらされやすくなっています。⁸³DHAは脳組織の構成要素として特に重要です。脳内のDHAに対する、過酸化脂質から生じるラジエーションダメージは、認知機能低下をもたらします。

84

つまり、DHAは置換にとってもっとも重要な脂肪酸だといえます。また、DHAはがんを抑制するものとしてよく知られ、⁸⁵DHAサプリメント治療は脂質の過酸化を抑制します。⁸⁶ネズミは腹部照射の前に（DHAを含む）オメガ3脂肪酸を付与されました。通常の食事を与えられたネズミ（コントロール群に比べた場合、脂肪酸を付与されたネズミの間で胃腸組織内の細胞への損傷が減少しました。さらに、胃腸内とリンパ節内の細菌のコロニー計数は、コントロール群に比べて脂肪酸を付与されたネズミの間では低いものでした。⁸⁷つまり、サプリメントはライニング細胞をめざましく修復し、細菌を抑制、隔離させました。

VI. メラトニン

メラトニンは松果腺によって分泌されるホルモンです。メラトニンは睡眠周期を調整します。骨髄細胞もメラトニンを分泌します。⁸⁸サプリメントとしてのメラトニンは主に不眠症治療に用いられます。

近年、研究者らは夜間に光にさらされることとがんの危険性の高まりの関連を見いだしました。⁸⁹メラトニンは、細胞増殖を促進する代謝経路を妨害することによってがんを防ぐことがわかりました。⁹⁰またメラトニンは腫瘍細胞ががん促進物質へと変化させる脂肪酸を取り入れるのを防ぐこともわかりました。⁹¹メラトニンはがん治療に用いられます。10のランダム化比較試験の結果、643名のがん患者の

うち一年で死亡する危険性が66%減少することがわかりました。⁹²また、メラトニンは、ある種のがん治療薬が引き起こす四肢の神経障害を減らします。⁹³

数百もの研究が、メラトニンが電離放射線による酸化と戦うことを論じてきました。⁹⁴日本のある研究グループは、「メラトニンの放射線防御と抗がん効果から、それを放射線従事者とがん患者の両者を放射線の害から守るものとして使用されるべき時が来た」宣言しました。⁹⁵

メラトニンが有するラジエーションダメージを防止するための主な手段は、それが最も効果的フリーラジカル消去剤の一つであることと考えられています。メラトニンは、ヒドロキシル、ペルオキシ、ペルオキシナイトライト、一重項酵素ラジカルを消去します。さらに、メラトニンは脳内のグルタチオンを刺激しますが、それは唯一脳内でそのような抗酸化物です。⁹⁶（グルタチオンは体内における支援な抗酸化物です。）あるネズミを用いた研究によれば、照射前4日間にわたるメラトニン治療は脂質の過酸化と、メラトニンを付与されなかったコントロール群に見られたようなタンパク質への損傷を「根絶」しました。⁹⁷別のネズミの実験では、メラトニンを用いた前処置が脳内のDNA鎖切断と脂質過酸化を減らしたことが明らかになりました。⁹⁸

1994年のネズミの実験では、メラトニンが照射を受けたネズミの生存率を高めました。メラトニンを付与されなかったすべてのネズミは12日以内に死亡しましたが、メラトニンを付与されたネズミの43%は照射後30日後も生き延びていました。⁹⁹

また、メラトニンはDNAへの損傷を妨げます。照射を受けた人間のリンパ球において、メラトニンは、用いられた量にもよりますが、遺伝子的に損傷を受けた細胞の数を最高62%まで減らしました。¹⁰⁰メラトニンは細胞の小核内に集中します。テキサス大学放射線学部の研究者らは、メラトニンがDNAを修復する酵素を活性化する、あるいは、DNAを修復するタンパク質を形成する遺伝子を活性化することを理論化しています。¹⁰¹

VII. プロバイオティクス

腸内の善玉菌は、腸細胞を病原体やその有害な副産物から守る粘膜障壁を強化します。この強靱な障壁がないと、腸内で感染や有害性が発展し、細菌汚染が腸から他の組織へと広がる可能性があります。さらに、善玉菌はライニング細胞を調整する遺伝子の発現に影響を及ぼします。これら遺伝子は、ライニング細胞の新陳代謝、成熟化、また細胞を育てる血管の発育を支配します。¹⁰²

放射線は、ライニング細胞と善玉菌の両者に損傷を与えます。照射後6週間から10年経過すると、慢性的腸内損傷は次第に発達し、通常、下痢を経験します。放射線が腸の自然な収縮リズムに打撃を与え、逆蠕動が発生する可能性もあるため、吐き気と嘔吐も起こる可能性があります。照射による腸内の慢性的変化は、腹部に照射治療を受ける患者の大多数に発生します。腸にラジエーションダメージを受けた人の中のうち15%の人が手術を必要とし、別の5%の人は腸への損傷から死に至ります。¹⁰³

プロバイオティクス、あるいは腸内善玉菌株の消化は、腸組織への損傷を妨げたり修復したりします。

プラセボ比較の二重盲検試験で、およそ500名が腹部に放射線治療を受けたところ、プロバイオティクスサプリメントを付与されたグループの下痢疾患率は、コントロール群のわずか60%にとどまりました。そのサプリメントには、VSL#3と呼ばれる商品の中の、カゼイ菌、*L.plantarum*、アシドフィルス菌、ブルガリア菌が含まれていました。¹⁰⁴

単数の腹部多量照射を受けたネズミに対して、アシドフィルス菌、*L.helveticus*菌、ビヒズス菌といったプロバイオティクス株は、腸粘膜ラジエーションダメージから守りました。プロバイオティクスを付与されたグループは、コントロール群に比べ細菌由来の毒性が相当少なく済みました。さらに、サプリメントを付与

されなかったネズミの間では、リンパ節と門脈システムにおいて細菌の数が高くなりましたが、プロバイオティクスを付与されたグループでは細菌汚染は少ないものでした。¹⁰⁵同じような研究で、ブルガリア菌は、放射線治療を受けたネズミの腸のライニング細胞を放射線損傷から守りました。¹⁰⁶

VIII. ハーブによる放射線防護

A. ミントによる放射線防護

ミントはハーブの中でも投薬量調整度がもっとも高く、最も多くの動物実験が被ばく予防効果を認めています。¹⁰⁷

ミントの放射線防護は、「フリーラジカル消去や、抗酸化、金属キレート、抗炎症化、抗変異原性（メカニズム）、やDNA修復プロセスの強化といった、多くのメカニズムを有します」。¹⁰⁸

ミントは、照射をあびたネズミの精巣内での脂質の過酸化と体重減少を防ぎましたが、コントロール群の間では著しい精巣萎縮と胚細胞の退化が観察されました。¹⁰⁹ミントは、ネズミの胃腸細胞を守り¹¹⁰、照射をあびたネズミの骨髄細胞を照射による酸化損傷とDNA損傷から守りました。¹¹¹

致死量にあたる照射を用いたある研究では、ミント付与のタイミングにもよりますが、80から100%のネズミが生き延びました。用いられた両派体重一キロあたり10ミリグラムでした。同じ研究は、ミントが体重一キロあたり上限1グラムまで無害であるとし、その量は研究者が実験しうる最大の量でした。¹¹²

他の動物実験で、ミントは照射をあびたネズミのグルタチオンシステムを増やし、脂質の過酸化を減らしました。また、コントロール群と比べ、ミントが血球数、ヘモグロビン濃度、ヘマトクリット値を増やすことがわかりました。放射線量減少係数(DRF)は1.78と計算され、ハーブの中でもラジエーションダメージを防御す

るもっとも高い値を示しました。最も高い照射で、コントロール群が100%死滅したのに対して、ミントを付与されたネズミの42%が死亡しました。¹¹³

B. レモンバームによる放射線防御

一つの研究のみがレモンバームを放射線から防御するとしています。一つではありませんが、その研究が説得力に富むものであり、かつ、レモンバームは安全で、容易で、廉価であるため、皆さんの注意を促したいと思います。

55名の放射線技師によるレモンバームティー（一日2回、30日間飲用）の臨床試験は、レモンバームが抗酸化酵素カタラーゼ、超過酸化ジスムターゼ、グルタチオンの過酸化物のプラズマレベルを顕著に改善したと結論づけました。また、レモンバームは脂質の過酸化とDNA損傷を減少させました。¹¹⁴

C. クルクミン（スパイスのターメリックの抽出液）による放射線防護

クルクミンは肝臓、腎臓、心臓、口腔粘膜を放射線による害から守ってきました。

クルクミンの放射線防御効果は、一部、ヒドロキシルラジカルと過酸化ラジカルを含む、フリーラジカル消去能力に由来しています。また、クルクミンは、グルタチオンレベルを上昇させます。それは、抗酸化反応を活性化する、NRF2 (Nuclear regulating factor 2)を活性化します。クルクミンはNFkBのような抗炎症伝達物質をコントロールします。クルクミンが正常な組織を守りながら腫瘍を放射線と化学療法に感作させることから、がん患者に付与されてきました。¹¹⁵

D. 朝鮮人参による放射線防御

朝鮮人参はいくつかの細胞研究と4つの動物研究において放射線による損傷を防御しました。

ある動物実験では、朝鮮人参はライニンク細胞を生成する腸内細胞を死滅から守りました。¹¹⁶別のごく最近の研究は、コントロール群と比べた場合、朝鮮人参が赤血球値、ヘマトクリット値、ヘモグロビン値を守ったとしています。この研究はまた、朝鮮人参が肝臓内同様、血清のグルタチオン値を高め、肝臓への酸化ダメージを減らしたとしています。¹¹⁷

以前の動物研究で、朝鮮人参はネズミの精巣を脂質過酸化損傷から守りました。¹¹⁸ 20年前に行われた研究は、コントロール群と比べ、朝鮮人参が腸のライニンク生成細胞を過酸化損傷から守り、脾臓リンパ球内の小核数を減らしたとしています。¹¹⁹韓国の研究者は照射をうけた人間のリンパ球に対する朝鮮人参の効果を調べました。それによれば、朝鮮人参が、照射の量にもよるが、フリーラジカルを減少させ、細胞の全体的抗酸化機能を高め、小核の発達を37%から54%減少させると結論づけられました。¹²⁰

E. 生姜による放射線防御

生姜は4つの研究において放射線ダメージを防御するとされてきました。

2つの異なる分量で行われた2つの生姜エキスの研究は、エキスが、全身照射にさらされたネズミを放射線によりもたらされた胃腸に起因する死と骨髄死から防御したことを発見しました。また、生姜は用量反応的に脂質過酸化をラジエーションダメージから保護しました。¹²¹ 250 mg/kgの量は、線量減比(DRF; dose reduction factor) 1.2となり¹²²、10 mg/kgは線量減比1/1.5でした。¹²³

2つの研究は生姜エキスがもつ放射線防御の効果について焦点をあてました。ジンゲロンは全身照射をうけたネズミの腸細胞を正常化しました。ジンゲロンはまた、小核化した細胞の数を減らし、抗酸化酵素を増やし、過酸化脂質値を減らしました。¹²⁴二番目の研究はデヒドロジンゲロンを用い、同じような放射線防御結果を得て、

線量減比を1.09と計算しました。¹²⁵

F. ローズマリーの放射線防御効果

ローズマリーは3つの動物実験において効果的に放射線防御を果たすとされてきました。

ある研究は、ネズミに致死量のガンマ線を浴びせたところ、ローズマリーはネズミの死亡率を下げ、脂質過酸化を減らし、血液と肝臓中のグルタチオンを増加させました。もっとも効果があった両派体重比1キロあたり1グラムでした。¹²⁶

ローズマリーエキスは（ライニング細胞を生成する細胞を含む）腸細胞をラジエーションダメージから防御しました。また、エキスは、亜致死量の照射を浴びたネズミの放射線による過酸化脂質を減らし、グルタチオン値を増加させました。¹²⁷

別の照射を浴びせたネズミの実験で、同じ研究者グループはローズマリーエキスが放射線による肝臓の過酸化脂質を減らし、グルタチオン値を上げたことを明らかにしました。またローズマリーはグリコーゲン、pH、コレステロール値を正常化しましたが、コントロール群は照射後30日間通常の値に至りませんでした。¹²⁸

放射線が関与しない研究において、ローズマリーは抗炎症性を示し、またがん誘発性値NKfB値を減らしました。食物におけるローズマリー消費はがん発現率、心血管病、糖尿病減少と結びつけられてきました。ローズマリーエキスのカルノソールは、正常な細胞を害することなく、選択的にがん細胞を攻撃します。¹²⁹

G. ゴツコラ（*Centella asiatica*）の放射線防御効果

中国のハーブであるゴツコラは、4つの動物実験と1つの細胞培養研究において、放射線防御に効果的であるとされてきました。

また、ゴツコラは動物実験において抗菌性、抗ウィルス薬性、免疫誘導性のあることが証明されてきました。¹³⁰

ゴツコラは全身ガンマ線照射にさらされたネズミの放射線による死数を減らしました。また、(唯一試された細胞である) 骨髄細胞における過酸化脂質とDNA損傷を減らしました。¹³¹ (同じ要約に引用された) 同じ研究者らによる先行研究はゴツコラが抗酸化酵素値の減少を妨げることを明らかにしました。

別の動物実験は、照射されたネズミを用い、ゴツコラが肝臓細胞を守る能力があることを調べました。体重1キロ比100ミリグラムのゴツコラは、ハーブを付与されなかった照射コントロール群と比べ、正常な肝臓細胞の数を増やし、小核の数を減らしました。¹³²

同じ研究者らによる先行するネズミの実験は、体重1キロあたり100ミリグラムのゴツコラが、亜致死量のコバルト60ガンマ線照射にもっとも効果的であることを判明しました。コントロール群と比べて、ゴツコラは照射されたネズミの生存時間を増やし、体重減少率を下げました。¹³³

最後に、中国の放射線学者は、ネズミの場合、ヴァセリン軟膏を付与されたコントロール群と比べた場合、ゴツコラのもっとも有効なエキスを含む軟膏が、照射による皮膚の損傷を和らげることを見いだしました。¹³⁴ (軟膏は、他の治療の場合にゴツコラがもつ傷の治癒力障害に及ぼす効果を調べる研究に選ばれました。¹³⁵)

IV. 放射線ダメージを防御する食品

廉価で広く用いられる食品の中には、動物実験で被ばく予防効果をもたらすものがあることがわかりました：ビーツ、ほうれん草、グレープフルーツ、からし菜、アプリコットなどです。

それほど一般的ではないものの予防効果がある食品は以下のとおりです：黒ぶどう、*Grewia Asiatica*、インディアングースベリー（アムラとも称されます）、エレファントイアー。

赤ビーツのエキスは、ネズミの実験で放射線ダメージを防御することがわかりました。ベタレインエキスは、脾臓と胸腺機能、血球の生成を保護し、骨髄の小核数を減らしました。¹³⁶

ほうれん草のエキスは、放射線による肝臓障害を調べるネズミの実験において、防御作用があることがわかりました。エキスは過酸化脂質損傷を減らし、抗酸化剤のグルタチオン枯渇を緩和しました。防御率は、23%から43%でした。

研究者は、防御効果はほうれん草に含まれるカロテノイド、フラボノイド、アスコルビン酸に由来するとししました。¹³⁷被ばく予防効果に焦点をあてたものではない批評的評価を受けた論文は、ほうれん草がNAOと呼ばれる「協力な」混合抗酸化物質を含むとししました。NAOは、動物と細胞研究において、緑茶、N-アセチルシステイン、ビタミンEよりも抗酸化活動のうえで優れるものです。NAOはまた、害がなく、非変異原性で、抗腫瘍形成性があると考えられます。¹³⁸

グレープフルーツに含まれるフラバノン¹³⁹は、ネズミを骨髄内の染色体に対する放射線ダメージから保護しました。このフラバノンは、ナリンジンで、それを体重一キロあたり2ミリグラムの割合でネズミに付与したところ、染色体異常と染色体断裂が減少しました。ナリンジンはヒドロキシルラジカルと過酸化ラジカルを消去し、スルホン酸からラジカルの90%を消去しました。¹³⁹ナリンジンはグレープフルーツの皮に認められ、苦みを与えるものです。グレープフルーツジュースは、ジュース製造業者が苦みを減らすためにナリンジン成分を減らすため、バイオフィラボノイドの好ましい源ではありません。¹⁴⁰望ましいナリンジン摂取法は、グレープフルーツをみかんのよう皮を剥き、内側の皮を剥いて食べることです。サプリメントとしてもナリンジンは入手できます。

からし菜エキス (*brassica campestris*) は、ガンマ線照射を浴びせられたネズミの実験で、脂質の過酸化と染色体損傷を守りました。また、エキスはグルタチオンの活動を活発にしました。エキスは体重一キロあたり 50 から 250 ミリグラムで処方されました。¹⁴¹

アプリコットはカロリー摂取 20% の割合でネズミに付与され、ネズミはその後低量のエックス線を照射されました。アプリコットに富む食餌は、コントロール群と比べて、酸化による損傷を減らし、ネズミの精巣内の組織分解を阻止しました。¹⁴²

黒ぶどうジュースは、照射を受けたネズミの肝臓細胞への酸化による損傷を阻止しました。また、ジュースは肝臓のグルタチオン抗酸化システムを放射を浴びないコントロール群と比較できるレベルまで改善しました。¹⁴³

Grewia asiatica (一般的には *phalsa* または *falsa* と呼ばれる) 果実は、南アジア原産で、3つの動物実験で被ばく予防効果があると認められてきました。照射を浴びせたネズミの実験では、**Grewia** エキスを (体重 1 キロあたり 700 ミリグラムの割合で) 付与したところ、脂質の過酸化を緩和し、グルタチオンを防御しました。また、精巣の DNA と RNA を放射線ダメージから守りました。研究者らは、そうした効果を果実のアスコルビン酸、カロチン、アントシアニンによるものとししました。同じ研究者による細胞培養研究は、**Grewia** が放射による酸化ダメージからタンパク質を保護したことを発見しました。¹⁴⁴

同じグループによる別の研究は、照射を浴びたネズミに付与された **Grewia** 果肉エキスが、グルタチオン枯渇を抑制し、脂質過酸化を緩和し、それは照射後 30 日までに正常のレベルに達しました。¹⁴⁵ 第 3 の研究は、脳組織に焦点をあてたもので、同様にグルタチオンとタンパク質を放射線から守るとしました。¹⁴⁶

エンブリカ (インディアングースベリー、またはアムラ) は、2つの動物実験から放射線予防効果があると認められてきました。ガンマ線照射を浴びたネズミの

実験では、白血球数、赤血球数、ヘモグロビンレベル、ヘマトクリット値が、コントロール群と比べて著しく増加しました。また、アムラを付与された動物は、グルタチオンレベルと脂質の過酸化が、以前異常なレベルにとどまったものの、グルタチオンレベルは増加し、脂質過酸化レベルは減少しました。¹⁴⁷先行業績の一つは、アムラエキスを体重1キロあたり100ミリグラムで付与したところ、ネズミの体重減少をおさえ、生存時間を増やし、死亡率を減らしました。¹⁴⁸

他の薬用植物エキスも被ばく予防効果を与えます。以下、それぞれの食品は1つの動物実験を施されています：

ヒッポファエ（シードックソーン）¹⁴⁹

オシマム（ホーリーバジル）¹⁵⁰

ニゲラサティバ（ブラックシードオイル）¹⁵¹

ティノスポラ コルディフォリア（Guduchi）¹⁵²

アルストニア（blackboard tree、devil tree）¹⁵³

冬虫夏草（菌類）¹⁵⁴

タンジン（チャイニーズセージ）¹⁵⁵

X. 放射性粒子吸収を妨害する栄養素

放射線粒子の吸収は、粒子が放射性をもつ限り、内部照射源となります。原発事故による放射性粒子にとって、半減期は最低30年、また数百年から数百万年まで及ぶことがあります。

ラミナラン（昆布）とそのアルギン酸ナトリウムエキスは、放射性ストロンチウム、ヨウ素、セシウムの吸収を抑制します。また、それらはプルトニウムやラドンと同じく、それら放射線粒子を体内から排出させます。

A. コンブ属植物による放射線防御

ロシアの研究者らは、ネズミに外部から放射性セシウムを浴びせ、内部の放射線源として甲状腺に放射性ヨウ素を埋め込みました。研究の結果、コントロール群と比べ、食事に含まれるコンブがネズミの白血病発症例数と悪性腫瘍の発生を減らしたことがわかりました。また、コンブは腫瘍形成前の潜伏期間を延ばしました。¹⁵⁶ コンブは甲状腺が放射性ヨウ素を吸収するのを抑制します。ある研究では、1-2%の粉末ホソメコンブを与えられたネズミの間で、放射性ヨウ素吸収の著しい減少が認められました。第二の実験は、放射性ヨウ素抑制度が、海藻からであれ無機ヨウ化サプリメントからであれ、摂取する食事の中のヨウ素の量に依存するとしています。研究者は、海藻や無機ヨウ素サプリメントといったヨウ素に富む物質が、放射性ヨウ素の吸収を防ぎ、甲状腺への放射線ダメージを減らすのに効果的であると結論づけました。¹⁵⁷

さらに、ロシアの2つの研究から、コンブから抽出されるベータ1,3-1.6グルカンが照射されたネズミの免疫システムを刺激することがわかりました。一つの研究は、ベータグルカンがネズミの免疫細胞の数と活動を増やすことを示しました。¹⁵⁸ 照射と感染を受けたネズミを用いた先行研究は、ベータグルカンが脾臓の病原菌を減らし、病原菌を摂取、消化するマクロファージ力を刺激することを明らかにしました。このことから、ベータグルカンは「刺激と免疫に効果的である」と結論づけました。

159

B. アルギン酸ナトリウムの放射線防御効果

非常に多くの研究が、コンブの別のエキスであるアルギン酸ナトリウムが放射性粒子の吸収を妨げるとしています。アルギン酸は、鉛、水銀、カドミウム、コバルト、ラジウムといった重金属が放射性アイソトープであるなしにかかわらず、それら重金属と化合します。アルギン酸は胆汁や唾液により分解されないため、体内に吸収されることはありません。アルギン酸はそれが含む金属と一緒に分泌されます。¹⁶⁰

カナダの研究者によるいくつかの研究は、アルギン酸カルシウムとアルギン酸ナトリウムが放射性ストロンチウムの吸収を妨げるとしました。ある研究は、アルギン

酸カルシウムが放射性カルシウムと放射性ストロンチウムの吸収を減らしたことを論じています。¹⁶¹別の研究は、アルギン酸ナトリウムが、コントロール群が吸収した量と比べて、50%から80%の腸内の放射性ストロンチウム吸収減少がみられたとしています。放射性ストロンチウムの血液と骨のレベルも同じように減少しました。¹⁶²3年にわたる研究は、継続的微量のアルギン酸ナトリウム（食事の1.4%、12%、24%）は骨が食物から放射性ストロンチウムを取り入れるのを妨げるのに十分であったとしています。¹⁶³

中国での人体試験は、アルギン酸ナトリウムの異なる配合でこれらの結果を再現しました。研究者はいくつかの種類のコンブ属とサルガッサーという海藻から23の異なるアルギン酸を準備し、検証しました。その結果、ヨレモクからのアルギン酸ナトリウムがもっとも効果があると結論づけられました。パンの重さの6%で摂取されたアルギン酸は、カルシウム、鉄、銅、亜鉛の代謝を変えずに、また胃腸に影響を及ぼすことなく、ボランティアの78%で安定（非放射性）ストロンチウムの吸収を減らしました。¹⁶⁴

ドイツの研究では、アルギン酸ナトリウムは、ストロンチウムにより汚染された牛乳に加えられたとき、放射性ストロンチウム粒子が人体に吸収されるのを防いだとしました。事実、アルギン酸が牛乳に混入されたとき、放射性ストロンチウムの吸収は9倍減少しました。¹⁶⁵同じようなロシアの研究も、アルギン酸ナトリウムが牛乳からの放射性ストロンチウム吸収を妨げたとしています。¹⁶⁶

ネズミを用いた他の研究では、**algisorb**（アルギン酸製品）とリボキシンの組み合わせがプルトニウム吸収を妨げました。¹⁶⁷

C. 放射性粒子の排泄：アルギン酸

アルギン酸も体内に吸収された放射性粒子の排泄を助けます。

メカニズムは次の通りです：例えば、骨の中に蓄えられた放射性ストロンチウム分

子の一部は、継続的に血流に流れ出します。放出された放射性ストロンチウムの一部は、他の分泌液とともに大腸に入ります。大腸内のほとんどの液体は放射性アイソトープを含みながら再び吸収され、骨の中に再度蓄えられます。アルギン酸は、腸内にストロンチウムを吸収することでこの再貯蓄を妨げます。アルギン酸ストロンチウムコンプレックスは、次に体内から排出されます。¹⁶⁸

吸収されたストロンチウムが体内から排泄されるということは、いくつかの研究において確証されています。ワシントン州のPacific Northwest National Laboratoryの研究から、アルギン酸が「選択的に消化されたストロンチウムを結合させ」、カルシウムの代謝を変えることなく骨のストロンチウム分泌閉止を減少させることがわかりました。¹⁶⁹

同様に、アルギン酸ナトリウムがネズミの骨からラジウムを除去することが明らかとなりました。¹⁷⁰ネズミの実験では、動物あたり20グラムの割合で付与されたコンブ属植物が、セシウムとストロンチウムの蓄積をそれぞれ77%と58%減少させました。¹⁷¹

チェルノブイリ事故によって汚染された地域に住む住民にとって、食事内のコンブ属植物は（炭酸カルシウムと骨粉と一緒に食された場合）、放射性ストロンチウムと放射性セシウムの直積を削減しました。¹⁷²

しかし、アルギン酸治療が遅れた場合、アルギン酸は骨腫瘍の危険性を減らすことなく、骨からラジウムを放出します。¹⁷³（この結果はネズミを用いた実験から得られました。）このケースにおける遅延は4日であったので、放射性粒子に対して迅速な予防措置が必要であることがわかります。

D. 放射性粒子の排泄：ペクチン

ペクチンも体内の放射性粒子負荷を減らすことがわかりました。

果物に含まれるペクチンは多糖類で、ジャムを作り、ゼリーを固めるのに用いられ

ます。リンゴやニンジンでは全重量のおよそ1.5%という、最も多くのペクチンを含みます。乾燥果物の果皮はおよそ30%のペクチンを含みます。¹⁷⁴

1996年から2007年までの間、ベラルーシに住む総計160,000人の子供たちに、25日間、一日二回、5グラムずつのペクチンが治療回数不特定の状態で付与されました。子供たちの臓器内のセシウム137レベルはそれぞれの治療ごとに30%から40%減少しました。その地域で汚染された食品を消費しなければならなかったことから、継続した治療が必要とされました。ベラルーシの放射線安全機構はベラルーシに蓄積されたセシウムが公認されたよりも3倍から8倍であるとしました。機構は、「放射性に汚染された食品を摂取することが不可避である状況下」でペクチンの製造と消費を促しました。¹⁷⁵

ベラルーシの研究者らは、中程度と高度の放射性セシウム負荷をもつ子供たちに16日間リンゴペクチンを付与しました。子供たちのセシウム負荷は、中程度で39%、高度で28%減少しました。放射線による心臓リズムの異常も改善されました。¹⁷⁶

ペクチンのプラセボ比較試験が、ベラルーシの「清潔な」療養所の子供たちに、一ヶ月間施されました。放射性に「汚染されない」食事とプラセボを一ヶ月間付与された子供たちは、セシウムレベルを14%減少させましたが、安全な食品とリンゴペクチンを付与された子供たちはセシウムを63%も減少させました。安全な食品とプラセボを与えられた子供たちの中には、セシウムレベルを公的に危険とされるレベル以下に下げませんでしたでしたが、ペクチンを付与された子供たちは下げました。¹⁷⁷

さらに、チェルノブイリ事故による影響を受けた人たちに対する、ペクチンの被ばく防御効果を調べた研究は、ペクチンを含む果物とペクチンが豊富な食品が血中の抗酸化レベルを向上させることを明らかにしました。¹⁷⁸

E. 放射性粒子を排泄する可能性がある栄養素：ビタミンC

ビタミンCはカドミウム、鉛、金、クロムといった重金属を体内から排出するのを助長すると考えられます。¹⁷⁹効果は検証されていませんが、ビタミンCは放射性重金属を排出すると考えられます。

F. 重酸化ナトリウムの防御効果：ウラニウムの解毒

重炭酸ナトリウム（ベーキングパウダー）は、伝統的にウラニウムの解毒に用いられてきました。

この分野における研究は1916年にまでさかのぼり、ある動物実験は硝酸ウラニウムの腎臓への害が重炭酸ナトリウムにより阻止されたとしています。¹⁸⁰（硝酸ウラニウムは腎臓病研究のため、動物の腎臓病を引き起こすのに用いられました。）元の研究者らは重炭酸塩を静脈投与しましたが、後の研究者らは犬に重炭酸液を胃栄養チューブで与えて同様の効果を認めました。¹⁸¹この目的において、胃からの吸収が重炭酸塩の効果を変化させないことがわかりました。

この研究者らによれば、腎臓への害と改善のメカニズムは次のように説明されるとしています。ウラニウムは腎臓に酸化物であるアセトンと二酢酸を生成させます。これらの酸は次に腎臓の微小管の中の組織にダメージを与えます。アルカリ性の重炭酸塩はこれら酸化物に反作用を起こします。

ウラニウムが腎臓に及ぼす損傷を重炭酸塩が解毒する効果は、依然として推奨されています。¹⁸²近年の研究は、重炭酸塩がウラニウムを体内の組織から移動させうるとしていますが、論文の抄訳はこの点について不明瞭であり、私自身論文を入手することができませんでした。¹⁸³骨の中に蓄積されたウラニウムは新しい骨を作る細胞にとって有害です。¹⁸⁴Apsley医師は、被ばく防御として少量の重炭酸塩を勧め、重炭酸塩がウラニウムを排出すると信じています。医師が推奨する量と服用方法を付録Iに示します。

G. 放射性ストロンチウムの吸収を妨げるカルシウムサプリメント¹⁸⁵

インドの研究者は、放射性ストロンチウムの負荷を研究するため、ネズミに数種類のカルシウム（乳酸カルシウム、炭酸カルシウム、リン酸カルシウム、グルコン酸カルシウムを含む）を付与しました。カルシウム塩は放射性ストロンチウムの体内貯留を24時間で50から60%に、15日後で20から30%に減少させました。コントロール群のネズミでは、15日後でもストロンチウム吸収は50から60%にとどまりました。この結果から、カルシウム塩はストロンチウム負荷を減らすためにアルギン酸カルシウムに取って代わると結論づけました。また、グルコン酸カルシウムが試されたカルシウム塩の中でもっとも効果的であることを発見しました。¹⁸⁶

カルシウムの効果は、ロシアのマヤーク原発からの放射性ストロンチウムにさらされた人々のデータを用いたアメリカの科学者の研究によっても認められています。成人の場合、ストロンチウム沈着は性別や年齢に関係しませんでした。代わりに、「ストロンチウムの吸収は、安定したカルシウム摂取が非常に多い場合に減少し、カルシウム摂取が少ない場合に助長される」ことがわかりました。¹⁸⁷

国際原子力機関は、ほとんどのアジア諸国の人々のあいだで、カルシウム摂取が通常より低いと、（放射性ストロンチウムである）核分裂⁹⁰Sr受容が高まり、おそらくより内部被ばくに陥る可能性がある」と計測しました。¹⁸⁸アジア人の一日ヨウ素摂取量は90マイクログラムで、国際放射線防護委員会が推奨する食事摂取基準のわずか45%にとどまっていた。¹⁸⁹

H. 放射性ヨウ素の吸収を妨げるヨウ素サプリメント

放射性ヨウ素は甲状腺において吸収され、良性甲状腺腫瘍のほか、甲状腺がんを引き起こす可能性があります。甲状腺は人間の造次の中でもっとも放射線に敏感です。¹⁹⁰安定ヨウ素は放射性ヨウ素の吸収を妨げます。¹⁹¹

フランスのリヨンにある国際がん研究機関は、チェルノブイリ原発事故後、ベラル

ーシとロシアの甲状腺がんについて研究を行いました。その結果、幼少時に甲状腺にうけた放射線量と甲状腺がんの危険性のあいだに用量関係があることがわかりました。さらに、土壌にヨウ素が不足する地域では、放射線に関連する甲状腺がんの発生が3倍にのぼることがわかりました。「サプリメントとしてのヨードカリウム摂取は、甲状腺がんに関連する放射線の危険性を3分の一に減少しました」。¹⁹²

ノルウェー政府は、ヨウ素サプリメントが放射性ヨウ素同位体の吸収に対して効果があると結論づけました。政府は子供、妊婦、授乳中の女性に対してヨウ素サプリメントをすぐに配布できるように準備を行いました。なぜなら、放射線による甲状腺がんは胎児と18歳以下の子供の間で危険性がより高いからです。¹⁹³

ニューヨーク州のコネル大学病院の医師らは、「(放射性ヨウ素) 被ばく前あるいは直後に安定ヨードカリウムが付与された場合、放射性ヨウ素の甲状腺蓄積が著しく減少される」としています。

チェルノブイリ事故後、ポーランドでは、1,600万人が一回のヨードカリウムを配布され、副作用はほとんど見られず、「おそらく甲状腺放射量を40%減少させた」と思われています。¹⁹⁴

また、安定ヨウ素としてのサプリメントは、放射性ヨウ素から体の組織がうける損傷を防ぎます。ヒトによる最近の研究は、甲状腺と同じく胸腺はヨウ素が濃縮しやすくなります。さらに、ヨウ素は線維嚢胞性乳腺疾患と乳がんを防ぐのに不可欠といえるかも知れません。

国際放射線防護委員会が定めるヨウ素の標準摂取量は200マイクログラムです。¹⁹⁵ (主に海藻からなる) 日本人のヨウ素消費は、およそ一日12から45ミリグラムと推定されています。世界中で日本人女性はもっとも乳がん疾患率が低く、アメリカ人女性がもっとも高くなっています。¹⁹⁶

XI. 被ばく予防としての効果が疑問が残るサプリメント

サプリメント会社や栄養士は、いくつかの物質を被ばく予防効果があるとして推奨しています。しかし、私は次のサプリメントの効果について疑問をぬぐいきれていません。

A. まず、**グルタチオン**ですが、サプリメントとして服用された場合、放射線損傷に対していかなる効果ももたないように思われます。¹⁹⁷（しかし、特殊な脂溶性のグルタチオンは、通常のグルタチオンサプリメントを付与されたネズミと比べて、ネズミのコバルト量を12から43%減らしました。）¹⁹⁸

B. 次に、**ベントナイト粘度**は、放射性粒子が作物に入り込まないようにするための土壌改良物として働くことが明らかとなっています。¹⁹⁹しかし、放射性粒子が人間の胃腸システムに吸収されるのを防いだとする発表された論証を見つけることができませんでした。

C. 三番目に、**液体ゼオライト**ですが、現在重金属キレート剤として販売されていますが、その効果について発表された研究を見つけることができませんでした。（ゼオライトは水に容易に溶解しない一種の石です。）

粉末ゼオライトの効果はまちまちです。

食品サプリメントとしての乾燥ゼオライトは、あるネズミを用いた実験で、放射性セシウム排出を高め、肝臓と腎臓のセシウム分解を減らしました。²⁰⁰ブロイラー養鶏による研究は、ゼオライトがセシウムの胸肉、肝臓、砂嚢に転移するのを著しく妨げました。²⁰¹腫瘍のある犬とネズミに粉末ゼオライトを付与したところ、動物の寿命が延びました。²⁰²ネズミの用いた毒物学研究は、粉末ゼオライトの有毒性を認めませんでした。²⁰³

その一方で、粉末ゼオライトは吸引された場合、肺に害をもたらします。²⁰⁴ゼオライト粒子は人間のリンパ球内のDNA変異増殖を増加させました。²⁰⁵ゼオライトは

ネズミの脳内でセロトニン受容体に影響を及ぼしました。²⁰⁶妊娠中の乳牛にゼオライトを付与したところ、出産後のカルシウム量低下を妨げましたが、同時にいくぶんマグネシウム不足をもたらしました。²⁰⁷こうした結果から、ゼオライトには細胞機能とミネラル濃縮に予想できない効果があることを示します。したがって、ヒトが粉末ゼオライトを安全に摂取してもよいかどうかには疑問が残ります。セシウムや他の放射性粒子が体にもたらず負荷を減らすためには、コンブ属植物、アルギン酸、ペクチンの使用がより安全であるように思われます。

D. 第四に、俗説にもかかわらず、科学的研究は、味噌の消費が人間の放射線によるがん発現減少と関連しないとしています。

この俗説は、久司道夫の『マクロビオティックダイエット』によるものです。久司によれば、1945年に長崎の聖フランシスコ病院で秋月辰一郎医師は、放射線による病状から病院スタッフと患者を守るため、「砂糖やほかの糖分摂取を禁じながら、玄米、味噌、醤油汁、わかめなどの海藻、北海道産かぼちゃ、海塩」からなる厳格なマクロビオティックダイエットを施しました。²⁰⁸

私はこの報告を裏付ける学説を見いだすことができませんでした。（もちろん、証拠がないということがただちに、味噌の効用を否定するものではありませんし、私には日本語で書かれた情報を利用できません。）いずれにしろ、味噌は日本食のわずか一部にすぎません。他の部分（たとえば海藻）が放射線による疾患を緩和したのかも知れません。久司の本はまた、味噌の消費が長崎の女性の乳がん低疾患率を説明するとする、1990年代のアメリカの研究に触れています。しかし、後の研究はこの論説を否定しています。

問題は複雑です。というのも、ある動物実験は味噌が放射線防御の働きがあるとしているからです。広島大学のこの研究は、ネズミに照射を浴びせ、長期発酵味噌を付与したところ、生存時間が著しく延びたとしています。さらに、味噌は腸内のライニン生成細胞を保護しました。²⁰⁹（放射線を含まない他の動物実験では、味噌がネズミを肺がん²¹⁰と胃腫瘍から保護したとしています。²¹¹）

他方で、ヒト試験は、味噌の消費と被ばくによるがんの危険性減少の間の連関をしめしていません。

広島と長崎の原爆の被害者である女性34,759名の研究によれば、一週間に味噌を2から4回消費する人のがんの相対的危険性は、一週間に5回以上消費する人よりも高かったものの、それぞれのグループの乳がんの減少率は著しいものではありませんでした。結果は偶然によるものかも知れません。この研究で観察された他の17の食品のうち、漬け物と干し魚のみが被ばく者の乳がん発現率と統計的に著しい関連を示しました。（漬け物はリスクを高め、干し魚はリスクを減らしました。）²¹²

もし、味噌が放射線に起因するがんに対して防御的効果をもつのであれば、この効果を乳がん患者にも見いだせると期待できます。なぜなら、放射線を含まない研究において、味噌汁の消費が乳がんの危険性減少を示すからです。²¹³

この変則をどのように説明するかといえば、おそらく日本の味噌汁には海藻が含まれているからかも知れません。海藻は、ヨウ素に富み、乳房は乳房疾患を防ぐヨウ素を優先的に吸収します。²¹⁴広島と長崎における乳がんの事例は、世界でももっとも低く、このグループ内の肝臓がん疾患率はもっとも高いうえに、引き続き高まる傾向にあります。胃がんはこのグループで最も高く、すべてのがんのうち24%を占めています。日本における胃とその他のがんのもっとも最近の罹患率は、他の国々に比べて中程度となっています。乳がんの罹患率のみが際立っています。²¹⁵したがって、乳がんに特別に効果を及ぼす食料の成分が、この特定のグループのこの特定のがんの比較的珍しさを説明するものと考えられます。

味噌と疾患危険因子に関する他の臨床試験は、**味噌**が危険性上昇と結びつくことを見いだしました。日本における肺がんによる死の研究から、女性の間で「味噌汁を高頻度で摂取すると、ほぼ用量に比して危険性が増す」ことがわかりました。²¹⁶

大豆消費が胃がんに及ぼす効果を対象とした37のメタアナリシスは、（味噌のよ

うな) 長期発酵大豆製品の消費の量が胃がんの罹患率を高め、発酵されない大豆製品は危険性を著しく減らすことと結びつくことを明らかにしました。²¹⁷同様に、(胃粘膜の慢性的炎症である) 萎縮性胃炎の研究は、男性の間では味噌汁の摂取が高ければ萎縮性胃炎のリスクを上昇させるとしました。²¹⁸

このことから、私は、科学的研究からは味噌汁の消費が被ばくから身体を守るということは論証されないと結論しました。

E. 第5に、被ばく予防としてのアルファリポ酸サプリメント使用は避けられるべきであると考えます。

アルファリポ酸は抗酸化物です。それはまた、体内から有害な物質を取り除く抗酸化物である、体内の自然なグルタチオン供給を高めます。したがって、アルファリポ酸サプリメントは、しばしばフリーラジカル損傷阻止のために推奨されます。

しかしながら、アルファリポ酸は原発事故によるフリーラジカル放射線防御のために用いられるべきではないと考えます。なぜなら、原発事故によるラジエーションダメージは、体内に取り入れられた放射性粒子という側面をもつからです。アルファリポ酸により助長されるグルタチオンの上昇にもかかわらず、アルファリポ酸は動物実験においてメチル水銀、カドミウム、亜鉛、銅の排出を高めるどころか**減少**させました。²¹⁹別の実験では、アルファリポ酸はネズミの脳内の水銀用を減らしませんでした。²²⁰

さらに重要なことには、アルファリポ酸が水銀を取り除くどころか、むしろ拡散させることがわかりました。ある研究によれば、高レベルの水銀を含む組織は、アルファリポ酸治療により水銀濃度を減らしましたが、他の組織は治療後より高い水銀濃度を示しました。²²¹ある研究者は次のように結論づけています: アルファリポ酸は、「臨床試験ではまだ理解されていないところの、重金属の移動と輸送パターンを有する。臨床試験によるデータがないところでは、(中略) ALAはキレーション治療の補助として用いられるべきであるとのみいうことができる。」アルファリポ

酸が水銀を除去するというよりも拡散するというのであれば、放射性セシウム、ストロンチウム、ウラニウムといった他の金属にも同じように拡散すると考えられます。

F. 6番目に同じ理由から、N-アセチルシステイン（NAC）を放射線防御として推奨しません。

アルファリポ酸と同じくNACはグルタチオンのレベルを上昇させる、抗酸化剤です（システインはグルタチオンの構成要素です）。細胞培養から、NACがDNAへの損傷を阻害することによってがんを予防することがわかりました。²²²しかし、アルファリポ酸同様、NACは水銀を除去するよりも拡散する働きがある可能性があります。²²³水銀のキレーションに詳しい二人の研究者は、たとえNACが培養研究で水銀に付着することを示したとしても、NACが「水銀を対外へ排出する」ということを示す「いかなる論及も、毒物学研究も、臨床試験も存在しない」としています。

「事実、NAC、シスチン、システインは、それら自体解毒作用を持ちません。しかし、それらは水銀を移動させ、おそらくは汚染を広め、それらの使用は水銀の隔離をより難しくする可能性があります。水銀をつかみ、それを尿や胆汁に運び取捨するには別のシステインのような分子が必要で、そのために体内にはグルタチオンが存在するのです。（中略）しかし、NACやシスチンを解毒のために用いるべきではありません。そのようには作用しないからです。」²²⁴

他の多くのサプリメントが、私がここに述べたように、体内のグルタチオンを増加させ、DNAを守ります。その目的のためにNACを用いる必要はなく、また放射性粒子が私たちの組織に拡散されうるという危険性をおかす必要はありません。²²⁵さらに、我々の多くが、歯の治療に用いられる水銀アマルガムや魚、ワクチン添加物、大気汚染から、すでに水銀におかされやすい状態にあります。²²⁶したがって、脳に水銀を移動させるような、我々の水銀負荷を再拡散しうるような物質を避けるのは安全だといえます。

-
- ¹ Joiner, M. et al. Hypersensitivity to very-low single radiation doses: its relationship to the adaptive responses and induced radio resistance. *Mutation Research* 1996 November 4; 358 (2): 171-183.
- ² 続く四つのパラグラフに示される見解と例は、Prasad, Nからのものです。
Rationale for using multiple antioxidants in protecting humans against low doses of ionizing radiation. *British Journal of Radiology* 2005; 78: 485-492.
- ³ Guan, J. et al. Effects of dietary supplements on space radiation-induced oxidative stress in Sprague-Dawley rats. *Radiation research* 2004 November; 162(5): 572-579.
- ⁴ DiPaulo, j., Donovan, P., and Popescu, N. Kinetics of Syrian hamster cells during x-irradiation enhancement of transformation in vitro by chemical carcinogens. *Radiation Research* 1976; 66; 310-325.
- ⁵ Puck, T. et al. Caffeine enhanced measurement of mutagenesis by low levels of gamma-irradiation in human lymphocytes. *Somatic Cell and Molecular Genetics* 1993; 19: 423-429.
- ⁶ Newcombe, H. and McGregor, J. Childhood cancer following obstetric radiography. *Lancet* 1971; 2: 1151-1152.
- ⁷ Stewart, A. and Kneale, G. Radiation dose effects in relation to obstetric x-rays and childhood cancers. *Lancet* 1970; 1:1185-1188.
- ⁸ Rothkamm. K. and Lobrich, M. Evidence for a lack of DNA double strand break repair in human cells exposed to very low x-ray doses. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2003; 100: 5057-5062.
- ⁹ Fliedner, T. and Graessle, D. (the data on blood-creating cells is from chronic irradiation studies of dogs at the Argonne National Laboratory in the U.S.
- ¹⁰ Prasad, op cit, page 489.
- ¹¹ Shirazi, A., Ghobadi, G., and Ghazi-Khansari, M. A radiobiological review on melatonin: a novel radioprotector. *Journal of Radiation Research* 2007; 48(4): 263-272. 薬は毒性のないハーブの効果比較にときおり用いられます。
- ¹² Kumar, K. et al. Nutritional approaches for radioprotection: vitamin E. *Military Medicine* 2002 Feb; 167(2 Supl.): 57-59. The authors are from the Radiation Casualty Management Team, Department of Radiation Medicine, U.S. Armed Forces Radiobiology Research Institute.
- ¹³ “[M]ost of the synthetic radioprotective compounds studied have shown inadequate clinical application owing to their inherent toxicity and high cost. These observations necessitated a search for alternative agents that are

less toxic and highly effective.” Baliga, M., and Rao, S. Radioprotective potential of mint: a brief review. *Journal of Cancer Research and Therapy* 2010 July-September; 6(3): 255-262.

¹⁴ Lemon, J. Rollo, C., and Boreham, D. Elevated DNA damage in a mouse model of oxidative stress: impacts of ionizing radiation and a protective dietary supplement. *Mutagenesis* 2008 July; 23(6): 473-482, 474.; Spitz, D. R., Azzam, E. I., Jian, L. J. and Gius, D. Metabolic oxidation/reduction reactions and cellular responses to ionizing radiation: a unifying concept in stress response biology. *Cancer Metastasis Rev.* 2004; Aug-Dec; 23 (3-4): 311-322.

¹⁵ 例えば、細胞膜上でNADPHオキシターゼはフリーラジカルを生成するとともに活性化もされます。これは慢性的にフリーラジカルを生成することになります。Cai, H. NADPH oxidase-dependent self-propagation of hydrogen peroxide and vascular disease. *Circ. Research* 2005; 66: 10377-10383.

同様にパーオキシナイトライトはパーオキシナイトライト生成の悪循環を活性化します。Pall, M. High-dose therapy with ascorbate, niacin, folate, and B12: Pauling was right, but for the wrong reason. *Journal of Orthomolecular Therapy* 2010; 25(3): 148-156.

最近の研究はパーオキシナイトライトサイクルが放射線のミトコンドリア膜への損傷によって活性化されるとしています。Zabbarova, I. and Kanai, A. Targeted delivery of radioprotective agents to mitochondria. *Molecular Interventions*. 2008 December; 8(6): 294-302. See also Leach, J. et al. Ionizing radiation-induced, mitochondria-dependent generation of reactive oxygen/nitrogen. *Cancer Research* 2001 May 15; 61(10): 3894-3901. しかし、これまでのところ、放射線研究者の間でパーオキシナイトライトサイクル防止について研究はなされていません。

¹⁶ Lemon, et al. op cit.

¹⁷ See, for example, Guis, D. and Spitz, D. Redox signaling in cancer biology. *Antioxidants and Redox Signaling* 2006 July-August; 8(7-8): 1249-1252; Valko, M. et al. Free radicals, metals, and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol. Interact.* 2006 March 10; 160(1): 1-40.

¹⁸ Shirazi, *Journal of Radiation Research* 2007, op. cit.

¹⁹ Shirazi, op cit., page 265.

²⁰ Elia, M. , DeLuca, J., and Bradley, M. Significance and measurement of DNA double strand breaks in mammalian cells. *Pharmacol. Therapy* 1991; 51:291-327.

²¹ Floyd, R. The role of 8-hydroxydeoxyguanosine in carcinogenesis. *Carcinogenesis* 1990; 11: 1447-1450.

²² ある動物実験では、死にいたらせなかった一度の放射線量が腸のライニング細胞

に「重大な変化」をもたらしました。その変化の中には、3週間にもわたって持続したマクロファージ、好中球、B細胞、T細胞数の減少がありました。Garg, S. et al. Influence of sublethal total-body irradiation on immune cell populations in the intestinal mucosa. *Radiation Research* 2010 April; 173(4): 469-478.

²³ Pikas, O. [Fatty acid lipid spectrum in the expired air condensate of persons exposed to moderate-dosage ionizing radiation at the Cxhernobyl atomic power station.] [Article in Russian]. *Probl. Tuberk* 2002; (3): 48-50.

²⁴ Dainiak, N. Hematologic consequences of exposure to ionizing radiation. *Experimental Hematology* 2002 June; 30(6): 13-28. また、この論文は、白血病と骨髄腫瘍（多発性骨髄腫）が原発事故による低量放射線から引き起こされる可能性について論じています。

²⁵ Loksley, R., Killeen, N., and Leonardo, J. The TNF and TNF receptor superfamilies: integrating mammalian biology. *Cell* 2001 February; 104(4): 487-501; Swardfager, W. et al. A meta-analysis of cytokines in Alzheimer's disease. *Biological Psychiatry* 2010 November; 68(10): 930-941.

²⁶ Julius Goepp, MD, has written an excellent summary of these processes with extensive footnotes to the relevant research. What is nuclear factor-kappa beta? *Life Extension Magazine* July 2006.

http://www.lef.org/magazine/mag2006/jul2006_report_nuclear_03.htm

²⁷ しかしながら、この数字が放射性防御物質の間に意味のある比較を認めるかどうかについて、意見の相違が存在します。Beck-Bornholdt, H. Quantification of relative biological effectiveness, dose modification factor and therapeutic gain factor. *Strahlenther Onkol.* 1993 January; 169(1): 42-47.

²⁸ Garewal, H and Diplock, A. How "safe" are antioxidant vitamins? *Drug Safety* 1995 July; 13(1): 8-14: alpha-tocopherol and ascorbic acid "are remarkably well tolerated and free from toxicity."

²⁹ Narra, V. et al. Vitamins as radioprotectors in vivo. I. Protection by vitamin C against internal radionuclides in mouse testes: implications to the mechanism of damage caused by the Auger effect. *Radiation Research* 1994 March; 137(3): 394-399.

³⁰ SMP30のネズミが遺伝子的に自らビタミンCを作ることができないため、この研究はとくにヒトの場合に関連するといえます。Chung, S. et al. Molecular delineation of gamma-ray-induced NF-kappaB activation and pro-inflammatory genes in SMP30 knockout mice. *Radiation Research* 2010 May; 173(5): 629-634.

³¹ Kanter, M. and Akpolat, M. Vitamin C protects against ionizing radiation damage to goblet cells of the ileum in rats. *Acta Histochem.* 2008; 110(6): 481-90.

³² Matthew, D. et al. Ascorbic acid monoglucoside as antioxidant and radioprotector. *Journal of Radiation Research (Tokyo)* 2007 September; 48(5):

369-376.

³³ Jagetia, G. et al. Augmentation of wound healing by ascorbic acid treatment in mice exposed to gamma-radiation. *Int. J. Radiation Biology* 2004 May; 80(5): 347-354. See also Jagetia, G. et al. Ascorbic acid increases healing of excision wounds of mice whole body exposed to different doses of gamma-radiation. *Burns* 2007 June; 33(4): 484-494.

³⁴ Zbikowska, H., Nowak, P., and Wachowicz, B. Protein modification caused by a high dose of gamma irradiation in cryo-sterilized plasma: protective effect of ascorbate. *Free Radical Biology and Medicine* 2006 Feb. 1; 40(3): 536-542.

³⁵ Cai, L., Koropatnick, J., and Cherian, M. Roles of vitamin C in radiation-induced DNA damage in presence and absence of copper. *Chem. Biol. Interact.* 2001 July 31; 137(1): 75-88. In the presence of copper, however, the vitamin C induced DMA damage.

³⁶ Wan, X. et al. Protection against radiation-induced oxidative stress in cultured human epithelial cells by treatment with antioxidant agents. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2006 Apr. 1; 64(5): 1475-1481.

³⁷ Kumar, K. et al. Nutritional approaches to radioprotection: vitamin E. *Military Medicine* 2002 Feb.; 167(2 Suppl.): 57-59. A dose of 400 IU (in mice) was "a good radioprotectant against lethal doses of cobalt-60 radiation."

³⁸ Abd-El-Fattah, A. et al. Possible role of vitamin E, coenzyme Q10, and rutin in protection against cerebral ischemia/reperfusion injury in irradiated rats. *International Journal of Radiation Biology* 2010 December; 86(12): 1070-1078. Rutin also reduced levels of TNF and IL-1B, whereas Co-Q10 had no effect.

³⁹ Nair, C. et al. Water soluble vitamin E (TMG) [tocopherol monoglucoside] as a radioprotector. *Indian Journal of Experimental Biology* 2003 Dec; 41(12): 1365-71.

⁴⁰ Nair, C. et al. Relevance of radioprotectors in radiotherapy: studies with tocopherol monoglucoside. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology, and Oncology* 2004; 23(2): 153-160.

⁴¹ Singh, V., Brown, D., and Kao, T. Alpha-tocopherol succinate protects ice from gamma-radiation by induction of granulocyte-colony stimulating factor. *International Journal of Radiation Biology* 2010 January; 86(1):12-21.

(significantly fewer deaths in irradiated mice given alpha-tocopherol succinate); Singh, V., Brown, D., and Kao, T. Tocopherol succinate: a

promising radiation countermeasure *International Immunopharmacology*, 2009 November; 9(12): 1423-1430 (tocopherol succinate protected mice against lethal doses of cobalt-60 radiation with a DRF of 1.28; “TS may be developed as a radioprotectant for humans against the potentially lethal effects of radiation exposure.”) Alcaraz, M. et al. Liposoluble antioxidants provide an effective radioprotective barrier. *British Journal of Radiology* 2009 July; 82(979): 805-809 (water-soluble vitamin E scavenges the peroxide and superoxide radicals in human lymphocytes; only fat-soluble vitamin E, administered as E as delta tocopherol in this study, also prevents lipid peroxidation); Singh, V. et al. Induction of cytokines by radioprotective tocopherol analogs. *Experimental and Molecular Pathology* 2006 August; 81(1): 55-61 (alpha tocopherol, alpha tocopherol succinate, and gamma-tocotrienol significantly protected mice against lethal gamma radiation and also increased peripheral blood cell recovery). Cherdyntseva, N. et al. Effect of tocopherol-monoglucoside (TMG), a water-soluble glycosylated derivative of vitamin E, on hematopoietic recovery in irradiated mice. *Journal of Radiation Research (Tokyo)* 2005 March; 46(1): 37-41 (mice subjected to whole-body radiation and given tocopherol monoglucoside had enhanced recovery of bone marrow cells as compared to controls). Weiss, J. and Landauer, M. Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals [review article]. *Toxicology* 2003 July; 15; 189(1-2): 1-20 (“vitamin E and selenium compounds” are “protective against lethality and other radiation effects” and “have the advantage of low toxicity”). Paranich, A. et al. [The role of fat-soluble vitamins A and E in preventing the biological effects of ionizing radiation in rat tissues.] *Radiobiologia* 1992 September-October; 32(5): 743-50 (Vitamin E more radioprotective than vitamin A [synthetic] particularly in the brain; vitamin A seemed to promote oxidation).

⁴² Singh, V. et al. Tocopherol succinate: modulation of antioxidant enzymes and oncogene expression, and hematopoietic recovery. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2011 February 1; 79(2): 571-578.

43 ビタミンEはアメリカ食品医薬品局によりアルファトコフェロールにのみ構成されるものと定義されてきました。パーム油のアルファトコフェロールと他のナチュラルな資源と関連するものには、他の3つのトコフェロールと4つのトコトリエノールがあり、それらはすべて構造の点でアルファトコフェロールに似ています。これら8つを「自然ビタミンE」と称する研究者もいますが、正確にはアルファトコフェロールのみが「ビタミンE」です。

44 Berbee, M. et al. Pentoxifylline enhances the radioprotective properties of gamma-tocotrienol: differential effects on the hematopoietic, gastrointestinal and vascular systems. *Radiation Research* 2011 March; 175(3): 297-306. See also Kulkarni, S. Hematological targets of radiation damage. *Current Drug Targets* 2010 November; 11(1): 1375-85 (review of the mechanisms by which gamma tocotrienol protects bone marrow cells).

45 Berbee, M. et al. Gamma-tocotrienol ameliorates intestinal radiation injury and reduces vascular oxidative stress after total-body irradiation by an HMG-CoA reductase-dependent mechanism. *Radiation Research* 2009 May; 171(5): 596-605.

46 hosh, S. et al. Gamma-tocotrienol, a tocol antioxidant as a potent radioprotector. *International Journal of Radiation Research* 2009 July; 85(7): 598-606.

47 Sarma, L. and Kesavan, P. Protective effects of vitamins C and E against gamma-ray-induced chromosomal damage in mouse. *International Journal of Radiation Biology* 1993 June; 63(7): 759-764. この研究ではビタミンEはビタミンCよりも効果的であるとされ、ビタミンEとビタミンCの組は、放射線による染色体異常防ぐのにビタミンE単独よりも効果的ではありませんでした。要約では量は特定されていません。

48 Guney, M. et al. 900 MHz radiofrequency-induced histopathologic changes and oxidative stress in rat endometrium: protection by vitamins E and C. *Toxicology and Industrial Health* 2007 August; 23(7): 411-420.

49 Baliga, M. et al. Selenoprotein deficiency enhances radiation-induced micronuclei formation. *Molecular Nutrition and Food Research* 2008 November; 52(11): 1300-1304.

50 Turker, Y. Selenium and L-carnitine reduce oxidative stress in the heart of rat induced by 2.45-GHz radiation from wireless devices. *Biological Trace Element Research* 2011 March 1 [Epub ahead of print]. The L-carnitine decreased lipid peroxidation but did not affect glutathione.

51 Kennedy, A. et al. Selenomethionine protects against adverse biological effects induced by space radiation. *Free Radical Biology and Medicine* 2004 January 15; 36(2): 259-266.

52 Kunwar, A. et al. In vivo radioprotection studies of 3,3'-diselenodipropionic

acid, a selenocysteine derivative. *Free Radicals in Biology and Medicine* 2010 February 1; 48(3): 399-410.

⁵³ Kunwar, A. Protective effects of selenocystine against gamma-radiation-induced genotoxicity in Swiss albino mice. *Radiation and Environmental Biophysics* 2011 January 23. [Epub ahead of print]

⁵⁴ Stewart, J. L-selenomethionine modulates high LET radiation-induced alterations of gene expression in cultured human thyroid cells. *Oncology Research* 2006 September; 16(3): 569-574. 高LET (linear energy transfer) は、放射線が組織を通過するにつれエネルギーが付与される割合を意味します。付与されるエネルギーが高いレベルであるほど、放射線治療により殺される細胞が多くなります。放射線の種類によりLETのレベルは異なります。例えば、中性子、プリオン、重イオンは高LET放射線で、ガンマ線やエックス線は低LET放射線です。機材が高価なため、高LET放射線を治療に用いる病院はアメリカでも少数です。

⁵⁵ Stewart, J. et al. Protective effects of L-selenomethionine on space radiation induced changes in gene expression. *Radiation and Environmental Biophysics* 2007 June; 46(2): 161-165.

⁵⁶ Gencel, O. et al. Selenium and vitamin E modulates radiation-induced liver toxicity in pregnant and nonpregnant rat: effects of colemanite and hematite shielding. *Biological Trace Element Research* 2010 June; 135(1-3): 253-63.

⁵⁷ Tian, J, Ning, S., and Know, S. Sodium selenite radiosensitizes hormone-refractory prostate cancer xenograft tumors but not intestinal crypt cells in vivo.

⁵⁸ Ismail, M., et al. Effect of antioxidants on markers of apoptosis in postoperative radiotherapy of cancer cervix. *Gulf Journal of Oncology* 2010 January; 7:8-13. アンチオキシデントを付与された女性たちは、また、細胞死受容体であるFasのレベルが下がりました。

⁵⁹ Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, Dietary Reference Intakes, updated as of 2011.

⁶⁰ Garewal, H. and Diplock, A. How “safe” are antioxidant vitamins? *Drug Safety* 1995 July; 13(1): 8-14 .

⁶¹ Ibid. See also discussion in Steven Hickey, PhD and Hilary Roberts, PhD. *Ascorbate: The Science Vitamin C*, 2005

⁶² この論文は60ミリグラムのセレンウムと述べていますが、私はこれは書き誤りであると思います。

⁶³ Wambi, C. et al. Protective effects of dietary antioxidants on proton total-body irradiation-mediated hematopoietic cell and animal survival. *Radiation Research* 2009 Aug; 172(2): 175-86. サプリメントはまた赤血球を作る骨髄細胞の生存を高めました。

-
- ⁶⁴ Ibid. 研究者の初期の研究を参照のこと : Wambi, C. et al. Dietary antioxidants protect hematopoietic cells and improve animal survival after total-body irradiation. *Radiation Research* 2008 April; 169(4): 384-396.
- ⁶⁵ Sanzani, J. et al. Antioxidant dietary supplementation of mice exposed to proton radiation attenuates expression of programmed cell death-associated genes. *Radiation Research* 2011 March 28 [Epub ahead of print].
- ⁶⁶ Yong, L. et al. High dietary antioxidant intakes are associated with decreased chromosome translocation frequency in airline pilots. *American Journal of Clinical Nutrition* 2009 November; 90(5): 1402-1410. さらに、ビタミンCは水溶性であるため、高い血清レベルを維持するためには一日数回にわたって摂取される必要があります。ほとんどの人がマルチビタミンを一日一度しか摂取していません。子宮頸癌患者は一日3度サプリメントを付与された研究を思い起こしてください。被ばく予防のための多量摂取の必要性に関する議論は、次の論文を参照のこと。Prasad, K. Rationale for using high-dose multiple dietary antioxidants as an adjunct to radiation therapy and chemotherapy. *Journal of Nutrition* 2004 November; 134: 31825-31835 (少量の抗酸化もがん細胞を守りますが、多量であれば体内外でがん細胞の増殖を防ぎます。)
- ⁶⁷ Sarma, L. and Kesavan, P. Protective effects of vitamins C and E against gamma-ray-induced chromosomal damage in mouse. *International Journal of Radiation Biology* 1993 Jun; 63(6): 759-764.
- ⁶⁸ Brown, S. et al. Antioxidant diet supplementation starting 24 hours after exposure reduces radiation lethality. *Radiation Research* 2010 April; 173(4): 462-468. この実験の逸脱現象としては、照射後直ちにサプリメントを付与されたネズミは24時間後に付与されたネズミほどの生存率を示さなかったということです。
- ⁶⁹ See for example Endoh, K. et al. Low folate status increases chromosomal damage by X-ray irradiation. *International Journal of Radiation Biology* 2006 April; 82(4): 223-230, and Fuga, L. et al. Vitamin B2 (riboflavin) and a mixture of vitamin B2 and C affects MMC efficiency in aerated media under irradiation. *Anticancer Research* 2004 November-December; 24(6): 4031-4034. Schittl, H. and Getoff, N. Radiation-induced antitumor properties of vitamin B5 (pantothenic acid) and its effect on mitomycin C activity: experiments in vitro. *Oncology Research* 2007; 16(8): 389-394.
- ⁷⁰ Huang, M. et al. Effects of zinc compound on body weight and recovery of bone marrow in mice treated with total body irradiation. *Kachsiung Journal of Medical Science* 2007 September; 23(9): 453-462.
- ⁷¹ Cai, L. and Cherian, M. Zinc-metalothionein protects from DNA damage induced by radiation better than glutathione and copper- or

cadmium-metallothioneins. *Toxicology Letters* 2003 January 13; 136(3): 193-198.

⁷² Dartsch, P. Antioxidant potential of selected spirulina platensis preparations. *Phytotherapy Research* 2008 May; 22(5): 627-633.

⁷³ Lemon, J., Rollo, C., and Boreham, D. Elevated DNA damage in a mouse model of oxidative stress: impacts of ionizing radiation and a protective dietary supplement. *Mutagenesis* 2008 November; 23(6): 473-482. [Free online text.] サプリメントには次のものが含まれます。ビタミンB1、B3、B12、葉酸、ビタミンC、D、E、アルファリポ酸、アセチル-L-カルニチン、ビオフラボノイド、ルチン、L-グルタチオン、N-アセチルシステイン、肝油、CoQ10、フラックスシードオイル。クロム、マグネシウム、カリウム、セレン、亜鉛などのミネラル。にんにく、生姜、イチョウ、朝鮮人参など植物抽出液、緑茶抽出液物、メラトニン。

⁷⁴ Ibid.

⁷⁵ Kennedy, A. Protection against adverse biological effects induced by space radiation by the Bowman-Birk inhibitor and antioxidants. *Radiation Research* 2006 August; 166(2): 327-332 (the Bowman-Birk inhibitor is an artificial antioxidant derived from soy; the antioxidants used were ascorbic acid, CoQ10 L-selenomethionine, and vitamin E succinate; tissue was human breast epithelial cells); Wan, X. et al. Protection against radiation-induced oxidative stress in cultured human epithelial cells by treatment with antioxidant agents. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2006 April 1; 64(5): 1475-1481 (nutrients were ascorbic acid, sodium ascorbate, CoQ10, alpha lipoic acid, selenomethionine, and vitamin E succinate; cells were human breast epithelial cells). Konopacka, M. and Rzeszowska-Wolny, J. Antioxidant vitamins C, E, and beta-carotene reduce DNA damage before as well as after gamma-ray irradiation of human lymphocytes in vitro. *Mutation Research* 2001 April 5; 491(1-2): 1-7 (vitamin C prevented micronuclei; vitamin E and beta-carotene diminished numbers of micronuclei). Konopacka, M. et al. Modifying effect of vitamins C, E, and beta-carotene against gamma-ray-induced DNA damage in mouse cells. *Mutation Research* 1998 September 11; 417(2-3): 85-94 (cells were bone marrow polychromatic erythrocytes and exfoliated bladder cells; mixture was more effective, than nutrients used separately, in reducing numbers of micronuclei).

⁷⁶ Kayan, M., Naziroglu, M., and Barak, C. Effects of vitamins C and E combination on element levels in blood of smoker and nonsmoker radiology X-ray technicians. *Biological Trace Element Research* 2010 August; 136(2): 140-148.

⁷⁷ Turker, Y. et al. Selenium and L-carnitine reduce oxidative stress in the heart of rat induced by 2.45-GHz radiation from wireless devices. *Biological*

Trace Element Research 2011 March 1. [Epub ahead of print].

- ⁷⁸ Srinivasan, M. et al. Lycopene as a natural protector against gamma-radiation induced DNA damage, lipid peroxidation, and antioxidant status in primary culture of isolated rat hepatocytes in vitro. *Biochimica, Biophysica Acta* 2007 April; 1770(4): 659-665.
- ⁷⁹ Endoh, K., Murakami, M., and Umegaki, K. Vulnerability of folate in plasma and bone marrow to total body irradiation in mice. *International Journal of Radiation Biology* 2007 January; 83(1): 65-71.
- ⁸⁰ Slyshenkov, V. et al. Protection by pantothenol and beta carotene against liver damage produced by low-dose gamma radiation. *Acta Biochim Pol.* 1999; 46(2): 239-248.
- ⁸¹ Umegaki, K. and Ichikawa, T. Decrease in vitamin E levels in the bone marrow of mice receiving whole-body X-ray irradiation. *Free Radical Biology and Medicine* 1994 November; 17(5): 439-444.
- ⁸² Umegaki, K., Acki, S., and Esashi, T. Whole body X-ray irradiation to mice decreases ascorbic acid concentration in bone marrow: comparison between ascorbic acid and vitamin E. *Free Radical Biology and Medicine* 1995 October; 19(4): 493-497.
- ⁸³ Gregory, M. et al. Development of a fish cell culture model to investigate the impact of fish oil replacement on lipid peroxidation. *Lipids* 2011 April 29 [Epub ahead of print].
- ⁸⁴ Manda, K., Ueno, M., Anzai, K. Memory impairment, oxidative damage, and apoptosis induced by space radiation: ameliorative potential of alpha-lipoic acid. *Behavioural Brain Research* 2008 March 5; 187(2): 387-395.
- ⁸⁵ See for example Patterson, R. et al. Marine fatty acid intake is associated with breast cancer prognosis. *Journal of Nutrition* 2011 February; 141(2): 201-206; Altenberg, J. et al. A synergistic antiproliferation effect of curcumin and DHA in SK-BR-3 breast cancer cells: unique signaling not explained by the effects of either compound alone. *BMC Cancer* 2011 April 21; 11(1): 149; Corsetto, P. et al. Effects of n-3 PUFAs on breast cancer cells through their incorporation in plasma membrane. *Lipids in Health and Disease* 2011 May 12; 10(1): 73; Cavazos, D. et al. DHA selectively induces human prostate cancer sensitivity to oxidative stress through modulation of NFkB. *Prostate* 2011 February 25. [Epub ahead of print.]
- ⁸⁶ Takahashi, M. et al. Fish oil feeding alters live gene expression to defend against PPAR-activation and ROS production [and NFkB production]. *American Journal of Physiology: Gastrointestinal and Liver Physiology* 2002; 282 G338-G448.
- ⁸⁷ Atasoy, B. et al. Prophylactic feeding with immune-enhanced diet ameliorates chemoradiation-induced gastrointestinal injury in rats.

International Journal of Radiation Biology 2010 October; 86(10): 867-879.

⁸⁸ Conti, A. et al. Evidence for melatonin synthesis in mouse and human bone marrow cells *Pineal Research* 2000 May; 28(4): 193-202.

⁸⁹ A summary of the evidence linking light at night and cancer appears in Davis, S. and Mirick, D. Circadian disruption, shift work, and the risk of cancer: a summary of the evidence and studies in Seattle. *Cancer Causes and Control* 2006 May; 17(4): 539-545.

⁹⁰ Mao, L. et al. Inhibition of breast cancer cell invasion by melatonin is mediated through regulation of the p38 mitogen-activated protein kinase signaling pathway. *Breast Cancer Research* 2010; 12(6): R107.

⁹¹ Blask, et al. Melatonin uptake and growth prevention in rat hepatoma 7288CTC in response to dietary melatonin: melatonin receptor-mediated inhibition of tumor linoleic acid metabolism to the growth signaling molecule 13-hydroxyoctadecadienoic acid and the potential role of phytemelatonin.. *Carcinogenesis* 2004 June; 25(6): 951-960. See also Blask, D. et al. Circadian stage-dependent inhibition of human breast cancer metabolism and growth by the nocturnal melatonin signal: consequences of its disruption by light at night in rats and women. *Integrative Cancer Therapies* 2009 December; 8(4): 347-353.

⁹² Mills, E., et al. Melatonin in the treatment of cancer: a systematic review of randomized controlled trials and meta-analysis. *Journal of Pineal Research* 2005 November; 39(4): 360-366.

⁹³ Zhanleh, Z. Melatonin, a promising role in taxane-related neuropathy. *Clinical Medical Insights: Oncology* 2010; 4: 35-41. Free full text at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2883241/?tool=pubmed>

⁹⁴ See the review articles: Shirazi, A., Ghobadi, G., Ghazi-Khansari, M. A radiobiological review on melatonin: a novel radioprotector. *Radiation Research (Tokyo)* 2007 July; 48(4): 263-272. Vijayalaxmi, et al. Melatonin as a radioprotective agent: a review. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2004 July 1; 59(3):639-653. Karbownik, M. and Reiter, R. Antioxidative effects of melatonin in protection against cellular damage caused by ionizing radiation. *Proceedings of the society of Experimental Biology and Medicine* 2000 October; 225(1): 9-22.

⁹⁵ Shirazi, op cit.

⁹⁶ Shirazi, op cit.

⁹⁷ El-Missiry, M. et al. Ameliorative effect of melatonin against gamma-irradiation oxidative stress and tissue injury. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2007 February; 66(2): 278-286.

⁹⁸ Undeger, U. et al. Protective effects of melatonin on the ionizing radiation induced DNA damage in the rat brain. *Experimental and*

Toxicologic Pathology 2004 March; 55(5): 379-384.

⁹⁹ Blickenstaff, R. et al. Potential radioprotective agents. 1. Homologs of melatonin. *Journal of Pharmacy Science* 1994 February; 83(2): 216-218, cited in Shirazi, op cit, p 267.

¹⁰⁰ Vijayalaxmi, et al. Marked reduction of radiation-induced micronuclei in human blood lymphocytes pretreated with melatonin. *Radiation Research* 1995 July; 143(1): 102-106. The 62% figure was quoted in Shirazi, op cit, p. 267.

¹⁰¹ Vijayalaxmi, et al. Melatonin: possible mechanisms involved in its "radioprotective" effect. *Mutation Research* 1998 August 3; 404(1-2): 187-189.

¹⁰² See summary in Blanarova, C., Galovicova, A., and Petrasova, D. Use of probiotics for prevention of radiation induced diarrhea. *Bratislava Medical Journal* 2009; 110(2): 98-104. Free full text online at

<http://www.bmj.sk/2009/11002-07.pdf>

¹⁰³ Ibid.

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ Seal, M. et al. Experimental radiotherapy-induced enteritis: a probiotic interventional study. *Journal of Digestive Disease* 2007 August; 8(3): 143-147.

¹⁰⁶ Demirer, S. Effects of probiotics on radiation-induced intestinal injury in rats. *Nutrition* 2006 February; 22(2): 179-186. See also the review article by Ciorba, M. and Stenson, W. Probiotic therapy in radiation-induced intestinal injury and repair. *Annals of the New York Academy of Science* 2009 May; 1165: 190-194. See also discussion in Ciorba, M. and Stenson, W. Probiotic therapy in radiation-induced intestinal injury and repair. *Annals of the New York Academy of Science* 2009 May; 1165: 190-194.

¹⁰⁷ ミントの機能についての研究についての優れたレビューは、次の論文を参照のこと。Baliga, M. and Rao, S. Radioprotective potential of mint: a brief review. *Journal of Cancer Research and Therapeutics* 2010 July-September; 6(3): 255-262.

¹⁰⁸ Baliga, M. and Rao, S. Radioprotective potential of mint: a brief review. *Journal of Cancer Research and Therapeutics* 2010 July-September; 6(3): 255-262.

¹⁰⁹ Samarth, R. and Samarth, M. Protection against radiation-induced testicular damage in Swiss albino mice by *Mentha piperita* (Linn.). *Basic Clinical Pharmacology and Toxicology* 2009 April; 104(4): 329-334.

¹¹⁰ Haksar, A. et al. Mint oil (*Mentha spicata* Linn.) offers behavioral radioprotection: a radiation-induced conditioned taste aversion study. *Phytotherapy research* 2009 February; 23(2): 293-296.

¹¹¹ Samarth, R. Protection against radiation induced hematopoietic damage in bone marrow of Swiss albino mice by *Mentha piperita* (Linn.). *Journal of*

Radiation Research (Tokyo) 2007 November; 48(6): 523-528.

¹¹² Jagetia, G. and Baliga, M. Influence of the leaf extract of *Mentha arvensis* Lin. (mint) on the survival of mice exposed to different doses of gamma radiation. *Strahlenther Onkol.* 2002 February; 178(2): 91-98.

¹¹³ Samarth, R. and Kumar, A. Radioprotection of Swiss albino mice by plant extract *Mentha piperita* (Linn.). *Journal of Radiation Research (Tokyo)* 2003 June; 44(2): 101-109.

¹¹⁴ Zeraatpishe, A. et al. Effects of *Melissa officinalis* L. on oxidative status and DNA damage in subjects exposed to long-term low-dose ionizing radiation. *Toxicology and Industrial Health* 2011 April; 27(3): 205-212.

¹¹⁵ See these review articles: Goel, A. and Aggarwal, B. Curcumin, the golden spice from Indian saffron, is a chemosensitizer and radiosensitizer for tumors and chemoprotector and radioprotector for normal organs. *Nutrition and Cancer* 2010; 62(7): 919-930. Anand, P. et al. Curcumin and cancer: an “old-age” disease with an “age-old” solution. *Cancer Letter* 2008 August 18; 267(1): 133-134. Jagetia, G. Radioprotection and radiosensitivity by curcumin. *Advanced Experimental Medical Biology* 2007; 595: 301-320.

¹¹⁶ Park, E. et al. Acidic polysaccharide of *Panax ginseng* as a defense against small intestinal damage by whole-body gamma irradiation of mice. *Acta Histochem.* 2011 January; 113(1): 19-23.

¹¹⁷ Verma, P. et al. Amelioration of radiation-induced hematological and biochemical alterations in Swiss albino mice by *Panax ginseng* extract. *Integrative Cancer Therapies* 2011 March; 10(1): 77-84.

¹¹⁸ Kumar, M. et al. Radioprotective effect of *Panax ginseng* on the phosphatases and lipid peroxidation level in testes of Swiss albino mice. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 2003 March; 26(3): 308-312.

¹¹⁹ Kim, S. et al. In vivo radioprotective activity of *Panax ginseng* and diethyldithiocarbamate. *In Vivo* 1993 September-October; 7(5): 467-470.

¹²⁰ Lee, T. et al. Radioprotective effect of American ginseng on human lymphocytes at 90 minutes postirradiation: a study of 40 cases. *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 2010 May; 16(5): 561-567. Lee, T. et al. American ginseng modifies Cs-induced DNA damage and oxidative stress in human lymphocytes. *Open Nuclear Medical Journal* 2009 January 1; 1(1): 1-8. Lee, et al. Effect of North American ginseng on ¹³⁷Cs-induced [cesium ¹³⁷] micronuclei in human lymphocytes: a comparison with WR-1065 [synthetic radioprotector]. *Phytotherapy Research* 2008 December; 22(12): 1614-1622. Lee, T. et al. Radioprotective potential of ginseng. *Mutagenesis* 2005 July; 20(4): 237-243 (review article).

¹²¹ Jagetia, C. et al. Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.), a dietary supplement protects mice against radiation-induced lethality; mechanism of action. *Cancer*

Biotherapy and Radiopharmacuticals 2004 August; 19(4): 422-435. Jagetia, C. et al. Influence of ginger rhizome (*Zingiber officinale* Rosc) on survival, glutathione and lipid peroxidation in mice after whole-body exposure to gamma radiation. *Radiation Research* 2003 November; 160(5): 584-592.

¹²² Jagetia 2004, op cit.

¹²³ Jagetia 2003, op cit.

¹²⁴ Rao, B. et al. Radiomodifying and anticlastogenic effect of Zingerone on Swiss albino mice exposed to whole body gamma radiation. *Mutation Research* 2009 June-July; 677(1-2): 33-41.

¹²⁵ Parihar, V. et al. Free radical scavenging and radioprotective activity of dehydrozingerone against whole-body gamma irradiation in Swiss albino mice. *Chemico-Biological Interactions* 2007 October 20; 170(1): 49-58.

¹²⁶ Jindal, A. et al. Radioprotective potential of *Rosemarinus officinalis* against lethal effects of gamma radiation: a preliminary study. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology, and Oncology* 2006; 25(4): 633-642.

¹²⁷ Jindal, A., Agrawal, A., and Goyal, P. Influence of *Rosemarinus officinalis* extract on radiation-induced intestinal injury in mice. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology* 2010; 29(3): 169-179.

¹²⁸ Soyol, D. et al. Modulation of radiation-induced biochemical alterations in mice by rosemary (*Rosemarinus officinalis*) extract. *Phytomedicine* 2007 October; 14(10): 701-705.

¹²⁹ Johnson, J. Carnosol: a promising anti-cancer and anti-inflammatory agent. *Cancer Letters* 2011 June 1; 305(1): 1-7. Epub March 5, 2011. Lo, A-H. et al. Carnosol, an antioxidant in rosemary, suppresses inducible nitric oxide synthase through down-regulating nuclear factor-kB in mouse macrophages. *Carcinogenesis* 2002 June; 23(6): 983-991. Awney, H. and Sindi, H. The effect of rosemary on the mutagenic activity of heterocyclic amines extracted from common food consumed in Saudi Arabia. *International Journal of Food Science and Nutrition* 2010 March; 61(2): 192-203.

¹³⁰ Brinkhaus, B. et al. Chemical, pharmacological, and clinical profile of the East Asian medical plant *Centella asiatica*. *Phytomedicine* 2000 October; 7(5): 427-448.

¹³¹ Joy, J. and Nair, C. Protection of DNA and membranes from gamma-radiation induced damages by *Centella asiatica*. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 2009 July; 61(7): 941-947.

¹³² Sharma, R. and Sharma, J. Modification of gamma ray induced changes in the mouse hepatocytes by *Centella asiatica* extract: in vivo studies. *Phytotherapy Research* 2005 July; 19(7): 605-611.

¹³³ Sharma, J. and Sharma, R. Radioprotection of Swiss albino mouse by *Centella asiatica* extract. *Phytotherapy Research* 2002 December; 16(6):

785-786.

¹³⁴ Chen, Y. et al. The effect of tetrandrine and extracts of *Centella asiatica* on acute radiation dermatitis in rats. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 1999 July; 2(7): 703-706.

¹³⁵ Brinkhaus, op cit.

¹³⁶ Lu, X., Wnag, Y., and Zhang, Z. Radioprotective activity of betalains from red beets in mice exposed to gamma radiation. *European Journal of Pharmacology* 2009 August; 615(1-3): 223-227.

¹³⁷ Bhatia, A. and Jain, M. *Spinacia oleracea* L. protects against gamma radiations: a study on glutathione and lipid peroxidation in mouse liver. *Phytomedicine* 2004 November; 11(7-8): 607-615.

¹³⁸ Lomnitski, L. et al. Composition, efficacy, and safety of spinach extracts. *Nutrition and Cancer* 2003; 46(2): 222-231.

¹³⁹ Jagetia, G., Venkatesha, V., and Reddy, T. Naringin, a citrus flavonone, protects against radiation-induced chromosome damage in mouse bone marrow. *Mutagenesis* 2003 July; 18(4): 337-343.

¹⁴⁰ "Naringin: Nonessential Micronutrient" at Nutros.net

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2703618/> accessed 5/3/11.

¹⁴¹ Tiku, a. et al. Protective effect of the cruciferous vegetable mustard leaf (*Brassica campestris*) against in vivo chromosomal damage and oxidative stress induced by gamma-radiation and genotoxic chemicals. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 2008 June; 49(5): 335-342.

¹⁴² Ugras, M. et al. *Prunus armeniaca* L. (apricot) protects rat testes from detrimental effects of low-dose X-rays. *Nutrition Research* 2010 March; 30(3): 200-208.

¹⁴³ Andrade, E. et al. Evaluation of the potential protective effects of ad libitum black grape juice against liver oxidative damage in whole-body acute X-irradiated rats. *Food and Chemical Toxicology* 2001 April; 49(4): 1026-1032.

¹⁴⁴ Sharma, K. and Sisodia, R. Evaluation of the free radical scavenging activity and radioprotective efficacy of *grewia asiatica* fruit. *Journal of Radiology Protection* 2009 September; 29(3): 429-443.

¹⁴⁵ Sisodia, R. et al. Post treatment effect of *Grewia asiatica* against radiation-induced biochemical alterations in Swiss albino mice. *Environmental Pathology, Toxicology, and Oncology* 2008; 27(2): 113-121.

¹⁴⁶ Sisodia, R., et al. Modulation of radiation-induced biochemical changes in cerebrum of Swiss albino mice by *Grewia Asiatica*. *Acta Neurobiologiae Experimentalis (Warsaw)* 2008; 68(1): 32-38.

¹⁴⁷ Singh, I., Soyol, D., Goyal, P. *Emblica officinalis* (Linn.) fruit extract provides protection against radiation-induced hematological and biochemical

alterations in mice. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology, and Oncology* 2006; 25(4): 643-654.

¹⁴⁸ Singh, et al. Radioprotection of Swiss albino mice by *Emblica officinalis*. *Phytotherapy Research* 2005 May; 19(5): 444-446.

¹⁴⁹ Shukla, S. Protection from radiation-induced mitochondrial and genomic DNA damage by an extract of *Hippophae rhamnoides*. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 2006 December; 47(9): 647-656. See also Vhawla, R. et al. Radioprotective and antioxidant activity of fractionated extracts of berries of *Hippophae rhamnoides*. *Medicinal Food* 2007 March; 10(1): 101-109.

¹⁵⁰ Monga, J. et al. Antimelanoma and radioprotective activity of alcoholic aqueous extract of different species of *Ocimum* in C(57)BL mice. *Pharmaceutical Biology* 2011 April; 49(4): 428-436.

¹⁵¹ Assayed, M. Radioprotective effects of black seed (*Nigella sativa*) oil against hemopoietic damage and immunosuppression in gamma-irradiated rats. *Immunopharmacology and Immunotoxicology* 2010 June; 32(2): 284-296.

¹⁵² Sharma, P. et al. Radiation-induced testicular injury and its amelioration by *Tinospora cordifolia* (an Indian medicinal plant). *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine* 2011; 2011: 643847.

¹⁵³ Gupta, U. et al. Amelioration of radiation-induced hematological and biochemical alterations by *Alstonia scholaris* (a medicinal plant) extract. *Integrative Cancer Therapies* 2008 September; 7(3): 155-161.

¹⁵⁴ Xun, C. et al. Radiation mitigation effect of cultured mushroom fungus *Hirsutella Sinensis* (*Corimmune*) isolated from a Chinese/Tibetan herbal preparation—*Cordyceps Sinensis*. *International Journal of Radiation Biology* 2008 February; 84(2): 139-149.

¹⁵⁵ Du, H, Qian, Z., and Wang, Z. [Prevention of radiation injury of the lungs by *Salvia miltiorrhiza* in mice.] [Article in Chinese] *Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi* 1990 April; 10(4): 230-231, 198.

¹⁵⁶ Knizhnikov, V. et al. [The effect of adding *Laminaria japonica* to food on the long-term effects when combined with radiation injury.] [Article in Russian] *Gigiena i sanitaria* 1993 December; (12): 37-39.

¹⁵⁷ Maruyama, H. and Yamamoto, I. Suppression of ¹²⁵I-uptake in mouse thyroid by seaweed feeding: possible preventative effect of dietary seaweed on internal radiation injury of the thyroid by radioactive iodine. *Kitasato Arch Exp Med* 1992 December; 65(4): 209-216.

¹⁵⁸ Zaporozhets, T. et al. [The effect of translam {beta glucan} on the immune response of irradiated mice.] [Article in Russian] *Radiats Biol. Radioecol. [Radiatsionnaia biologii, radioecologii]* 1995 March-April; 35(2): 260-263.

¹⁵⁹ Kuznetsova, T. et al. [The effect of translam {beta glucan} on the natural

resistance indices of the irradiated organism.] [Article in Russian] *Radiats Biol Radioecol.* 1994 March-April; 34(2): 236-239. See also Zaporozhets, T. et al. [The effect of translam on the immune response of irradiated mice.] [Article in Russian] *Radiats. Biol. Radioecol.* 1995 March-April; 35(2): 260-263.

¹⁶⁰ See discussion by Canadian chemical engineers Volesky, B. and Holan, Z. Alginates and detoxification. *Biotechnology Progress* 1995 May-June; 11(3): 235-250.

¹⁶¹ Paul, T., Skoryna, S., and Waldron-Edward, D. Studies on the inhibition of intestinal absorption of radioactive strontium. V. The effect of administration of calcium alginate. *Canadian Medical Association Journal* 1966 November 5; 95(19): 957-960.

¹⁶² Skoryna, S., Paul, T. and Waldron-Edward, D. Studies on inhibition of intestinal absorption of radioactive strontium. I. Prevention of absorption from ligated intestinal segments. *Canadian Medical Association Journal* 1964 August; 8; 91: 285-288.

¹⁶³ Skoryna, S. Paul, T., and Waldron-Edward, D. Studies of inhibition of intestinal absorption of radioactive strontium. IV. Estimation of the suppressant effect of sodium alginate. *Canadian Medical Association Journal* 1965 August 28; 93: 404-407.

¹⁶⁴ Gong, Y et al. Suppression of radioactive strontium absorption by sodium alginate in animals and human subjects. *Biomedical and Environmental Sciences* 1991 September; 4(3): 273-282.

¹⁶⁵ Hollriegel, V. et al. Strontium biokinetics in humans: influence of alginate on the uptake of ingested strontium. *Health Physics* 2004 February; 86(2): 193-196.

¹⁶⁶ Ivannikov, A. Altukhova, G., and Parfenova, I. [Effect of algisorb on decontamination of milk contaminated with ⁹⁰Sr [radioactive strontium]]. [Article in Russian] (addition of algisorb to milk created an insoluble complex of alginate and strontium, preventing absorption) *Radiats Biol. Radioecol.* 1994 July-October; 34(4-5): 713-717.

¹⁶⁷ Vernigorova, L. et al. [Combined prophylactic administration of riboxin and algisorb at ²³⁹Pu intake into gastrointestinal tract of rats.] (Article in Russian) *Radiats Biol. Radioecol.* 2005 March-April; 45(32): 201-206.

¹⁶⁸ This description is from Volesky, B. and Holan, Z. Alginates and detoxification. *Biotechnology Progress* 1995 May-June; 11(3): 235-250.

¹⁶⁹ Levitskaia, T. et al. Biomaterials for the decorporation of (⁸⁵)Sr in the rat. *Health Physics* 2010 September; 99(3): 394-400. 研究者はまた、アルギン酸が低分子重のプロエチレングリコールを含む、塩化ナトリウム液に溶解された場合、ストロンチウムの除去が促進されることを発見しました。

-
- ¹⁷⁰ Schoeters, G. et al. Sparing of bone marrow stem cells by long-term administration of Na-alginate to ²²⁶Ra contaminated mice. 1979 October; 36(4): 379-386.
- ¹⁷¹ Korzun, V. et al. [Evaluation of the use of sea products in nutrition of population inhabiting regions under rigid radiation control]. *Vopr. Pitan.* 1993 March-April; (2): 36-38.
- ¹⁷² Shandala, N. [Alimentary methods for decreasing the radiation load of the body with cesium and strontium radionuclides]. [Article in Russian] *Gig sanit.* 1993 October (10): 51-54.
- ¹⁷³ Schoeters, G., Luz, A., and Vanderborgh, O. ²²⁶Ra induced bone-cancers: the effects of a delayed Na-alginate treatment. *International Journal of Radiation Biology and Related Studies in Physics and Chemical Medicine* 1983 March; 43(3): 231-247.
- ¹⁷⁴ Wikipedia: Pectin. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pectin> Accessed 5/3/11
- ¹⁷⁵ Nesterenko, V. and Nesterenko, A. Decorporation of Chernobyl radionuclides. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2009 November; 1181: 303-310.
- ¹⁷⁶ Bandazhevskaya, G. et al. Relationship between caesium (¹³⁷Cs) load, cardiovascular symptoms, and source of food in “Chernobyl” children—preliminary observations after intake of oral apple pectin. *Swiss Medical Weekly* 2004 December 18; 134(49-50): 725-729.
- ¹⁷⁷ Nesterenko, V. et al. Reducing the ¹³⁷Cs-load in the organism of “Chernobyl” children with apple-pectin. *Swiss Medical Weekly* 2004 January 10; 143(1-2): 24-27.
- ¹⁷⁸ Bereza, V. et al. [Pectin-containing products in the dietary nutrition of subjects exposed to ionizing radiation as a result of the accident at the Chernobyl Atomic Electric Power Station]. *Lik Sprava.* 1993 July (8): 21-24.
- ¹⁷⁹ See for example, Pace, V. The importance of vitamins in relation to the presence of heavy metals in food. *Panminerva Med.* 1994 June; 36(2): 80-82; Kim, H. et al. Blood cadmium concentrations of male cigarette smokers are inversely associated with fruit [and vitamin C] consumption. *Journal of Nutrition* 2010 June; 140(6): 1133-1138; Cheng, Y. et al. Relation of nutrition to bone lead and blood lead levels in middle-aged to elderly men, the normative aging study. *American Journal of Epidemiology* 1998; 147(12): 1162-1174; Simon, J. and Hudes, E. Relationship of ascorbic acid to blood lead levels. *JAMA* 1999; 28(24): 2289-2293; Dawson, E. et al. The effect of ascorbic acid supplementation on the blood lead levels of smokers. *Journal of the American College of Nutrition* 1999; 18(2): 166-170. Summaries of earlier studies appear in Stone, Irwin, *Vitamin C against Disease*, Grosset & Dunlap, 1972, pages 152-156.

¹⁸⁰ MacNider, W. The inhibition of the toxicity of uranium nitrate by sodium carbonate, and the protection of the kidney acutely nephropathic from uranium from the toxic action of an anesthetic by sodium carbonate. *Journal of Experimental Medicine* 1916 February 1; 23(2): 171-187. Free full text at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2125401/?tool=pubmed>

¹⁸¹ Goto, K. A study of the acidosis, blood urea, and plasma chlorides in uranium nephritis in the dog, and of the protective action of sodium bicarbonate. *Journal of Experimental Medicine* 1979; 25(5): 693-719. Free full text at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2125507/?tool=pubmed>
Goto医師は、このように用いられた炭酸水素ナトリウムがプラズマの二酸化炭素量を増やし、それが次にウラニウムの腎臓に対する害を減らすことを明らかにしました。

¹⁸² Fatome, M. [Management of accidental internal exposure]. [Article in French] *Journal of Radiology* 1994 November; 75(11): 571-575 (a writer from the French Center for Research on Army Health recommends sodium bicarbonate for uranium exposure).

¹⁸³ Destombes, C., et al. [Reduction of renal uranium uptake by acetazolamide: the importance of urinary elimination of bicarbonate]. [Article in French] *Annales Pharmaceutiques Francaises* 1999 September; 57(5): 397-400. また、別の細胞実験から、炭酸水素ナトリウムはハムスターの卵巣細胞でアルカリ性環境を作り出し、それがメタロチオネインを生成する遺伝子の発現を促進することがわかりました。メタロチオネインは細胞内で金属を輸送するのを補助します。このメタロチオネインの遺伝子発現に及ぼす効果は、炭酸水素ナトリウムのウラニウム排出促進能力を、もし能力が存在するとすればですが、説明するものかも知れません。
Lin, K. et al. Alkaline induces metallothionein gene expression and potentiates cell proliferation in Chinese hamster ovary cells. *Journal of Cell Physiology* 2005 December; 205(3): 428-436.

¹⁸⁴ Milgram, S. et al. Cellular accumulation and distribution of uranium and lead in osteoblastic cells as a function of their speciation. *Toxicology* 2008 October; 252(1-3): 26-32.

¹⁸⁵ See general description of dilution of radionuclides by stable isotopes or analogous inactive elements in Voigt, G. Chemical methods to reduce the radioactive contamination of animals and their products in agricultural ecosystems. *Science of the Total Environment* 1993 September 24; 137: 205-225.

¹⁸⁶ Jagtap, V. et al. An effective and better strategy for reducing body burden

of radiostrontium *Journal of Radiological Protection* 2003 September; 23(3): 317-326.

¹⁸⁷ Apostoaei, A. Absorption of strontium from the gastrointestinal tract into plasma in healthy human adults. *Health Physics* 2002 July; 83(1): 56-65. See also Shandala, N. [Alimentary methods for decreasing the radiation load of the body with cesium and strontium radionuclides]. [Article in Russian] *Gig Sanit.* 1993 October; (10): 51-54 (calcium carbonate and bone meal in the diet, along with fish and laminaria, reduced levels of strontium-90 in the population living in regions polluted by the Chernobyl accident).

¹⁸⁸ Iyengar, G. et al. Dietary intakes of seven elements of importance in radiological protection by Asian population: comparison with ICRP [International Commission for Radiological Protection] data. *Health Physics* 2004 June; 86(6): 557-564.

¹⁸⁹ Ibid.

¹⁹⁰ Ron, E. and Brenner, A. Non-malignant thyroid diseases after a wide range of radiation exposures. *Radiation Research* 2010 September 7 [Epub ahead of print].

¹⁹¹ コンブからのヨウ素、あるいは、無機ヨウ素は、1から2%の粉末コンブを付与されたネズミの実験で、それぞれ甲状腺の放射性ヨウ素の吸収を減らしました。Maruyama, H. and Yamamoto, I. Suppression of ¹²⁵I-uptake in mouse thyroid by seaweed feeding: possible preventative effect of dietary seaweed on internal radiation injury of the thyroid by radioactive iodine. *Kitasato Arch Exp. Med.* 1992 December; 65(4): 209-216.

¹⁹² Cardis, et al. Risk of thyroid cancer after exposure to ¹³¹I [radioactive iodine] in childhood. *Journal of the National Cancer Institute* 2005 May 18; 97(10): 724-732. Thyroid cancer in children of Belarus began to increase in 1990, following the 1986 accident. Robbins, J. Lessons from Chernobyl: the event, the aftermath fallout: radioactive, political, social. *Thyroid* 1997 April; 7(2): 189-192.

¹⁹³ Jaworska, A. [Iodine prophylaxis following nuclear accidents]. [Article in Norwegian] *Tidsskr. Nor. Laepeforen* 2007 January 4; 127(1): 28-30.

¹⁹⁴ Becker, D. and Zanzonico, P. Potassium iodide for thyroid blockade in a reactor accident: administrative policies that govern its use. *Thyroid* 1997 April; 7(2): 193-197.

¹⁹⁵ Iyengar, op cit. This figure is calculated from the 90 micrograms of consumption in Asia, said to be 45% of the reference intake.

¹⁹⁶ On the need for iodine in larger amounts than the reference intake, see the following: Abraham, G. The safe and effective implementation of orthoiodosupplementation in medical practice. *Original Internist* 2004; 11:17-36. Flechas, J. Orthoiodosupplementation in a primary care

practice. *Original Internist* 2005; 12(2):89-96. Brownstein, D. *Iodine: Why you need it and why you can't live without it*. Medical Alternatives Press, 2004. Derry, D. *Breast Cancer and Iodine*. Trafford Publishing 2002. A good summary of this research is Donald Miller, MD. "Iodine for Health" at <http://www.lewrockwell.com/miller/miller20.html>

¹⁹⁷ Pujari, G. Sarma, A., and Chatterjee, A. The influence of reduced glutathione on chromosome damage induced by X-rays or heavy ion beams of different LETs and on the interaction of DNA lesions induced by radiations and bleomycin. *Mutation Research* 2010 February 2; 696(2): 154-159.

¹⁹⁸ Levitskaia, T. Amino-thiol receptors for decorporation of intravenously administered (60)Co in the rat. *Health Physics* 2010 January; 98(1): 53-60.

¹⁹⁹ Vandernhove, H. et al. Effect of K and bentonite additions on Cs-transfer to ryegrass. *Environmental Radioactivity* 2005; 81(2-3): 233-253.

²⁰⁰ Mizik, P., Hrusovsky, J., and Tokosova, M. [The effect of natural zeolite on the excretion and distribution of radiocesium in rats.] [Article in Slovak] *Vet Med (Praha)* 1989 August; 34(8): 467-474.

²⁰¹ Mitrovic, B. et al. AFCE [ammonium iron(III)-hexacyanoferrate] and clinoptilolite [a type of zeolite] use in reduction of (137)Cs deposition in several days' contaminated broiler chicks. *Journal of Environmental Radioactivity* 2007; 95(2-3): 171-177.

²⁰² Pavelic, K. et al. Natural zeolite clinoptilolite: new adjuvant in anticancer therapy. *Journal of Molecular Medicine* 2001; 78(12): 708-720.

²⁰³ Ibid.

²⁰⁴ Elmore, A. and the Cosmetic Ingredient Review Expert Panel. Final report on the safety assessment of aluminum silicate ... and zeolite. *International Journal of Toxicology* 2003; 22 Suppl. 1:37-102.

²⁰⁵ Ibid.

²⁰⁶ Muck-Seler, D. and Pivac, N. The effect of natural clinoptilolite on the serotonergic receptors in the brain of mice with mammary carcinoma. *Life Sciences* 2003 September 5; 73(16): 2059-2069

²⁰⁷ Thilsing-Hansen, T. et al. The effect of zeolite A supplementation in the dry period on blood mineral status around calving. *Acta Vet. Scand. Suppl* 2003; 97: 87-95.

²⁰⁸ Kushi, Michio. *Macrobiotic Diet*, Japan Publications, 1993, pages 352-353. マクロバイオティックのウェブサイトは、味噌がチェルノブイリ事故後、白血病患者の治療に用いられたと述べています。私はこの味噌の使用を裏付ける医学的研究を見つけることができませんでした。同サイトは、味噌汁を多く摂取すればするほど、被ばく者の間の乳がん率を50%減少することと結びつけられると論じています。この発言は、二つの重要ではない結果をそれぞれ比較するもので、脚注224で引用するKayらの研究を誤って理解するものです。

<http://www.macrobiotic.org/Miso.htm>

²⁰⁹ Ohara, M. et al. Radioprotective effects of miso (fermented soy bean paste) against radiation in B6C3F1 mice: increased small intestinal crypt survival, crypt lengths, and prolongation of average time to death. *Hiroshima Journal of Medical Sciences* 2001 December; 50(4): 83-86. 後に統計的分析は、長期発酵が短期発酵よりもより放射性防御をもたらすことを明らかにしました。Arcana, I. and Ohtaki, M. Multi-target models and their application to data analysis of cellular mortality due to radiation exposure. *Hiroshima Journal of Medical Sciences* 2005 March; 54(1): 9-20.

²¹⁰ Shiraki, K. Inhibition of long-term fermented miso of induction of pulmonary adenocarcinoma by diisopropanolnitrosamine in Wistar rats. *Hiroshima Journal of Medical Sciences* 2003 March; 52(1): 9-13.

²¹¹ Ohara, M. et al. Inhibition by long-term fermented miso of induction of gastric tumors by N-methyl-N'-nitrosoguanidine in CD (SD) rats. *Oncology Reports*

²¹² 「この研究によれば、味噌と豆腐の摂取と乳がん疾患率との間には顕著な結びつきが認められませんでした。(中略)味噌汁の摂取と結びつけられる危険性の減少度は、干し魚と漬け物の消費を組み入れた場合により大きかったものの、統計的にはボーダーラインの減少度にとどまるものでした」 Kay, T. et al. Soya foods and breast cancer risk: a prospective study in Hiroshima and Nagasaki, Japan. *British Journal of Cancer* 1999 December; 81(7): 1248-1256. Free full text online at

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2374337/?tool=pubmed>

²¹³ Yamamoto, S. et al. Soy, isoflavones, and breast cancer risk in Japan. *Journal of the National Cancer Institute (Tokyo)* 2003 June 18; 95(12): 906-913. 味噌汁とイソフラボンを他の大豆製品をのぞいて消費することは、乳がんの予防に逆比例します。See also Wu, A. et al. Tofu and risk of breast cancer in Asian Americans. *Cancer Epidemiology, Biomarkers, & Prevention* 1996 November; 5(11): 901-906 (Tofu intake was associated with decreased risk of breast cancer, but researchers cautioned that “we cannot discount the possibility that soy intake is a marker of other protective aspects of Asian diet and/or Asian lifestyle.”)

²¹⁴ ヨウ素はネズミの実験で乳がんの退縮をもたらし、ヒトの乳がん細胞に毒性を示しました。有益作用は線維嚢胞性乳腺疾患患者にヨウ素サプリメントを与えた場合に確認されました。Shrivastava, A. et al. Molecular iodine induces caspase-independent apoptosis in human breast carcinoma cells involving the mitochondria-mediated pathway. *Journal of Biological Chemistry* 2006 July; 281: 19762-19771. Free full text at

<http://www.jbc.org/content/281/28/19762.abstract> See also Aceves, C. et

-
- al. Antineoplastic effect of iodine in mammary cancer: participation of 6-iodolactone (6-IL) and peroxisome proliferator-activated receptors (PPAR) *Molecular Cancer* 2009; 8:33. Free full text online at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2703618/> See generally Brownstein, David MD. *Iodine: Why You Need It Why You can't Live Without It*. Medical Alternatives Press, Fourth Edition 2009; Derry, David MD. *Breast Cancer and Iodine* Trafford, 2001
- ²¹⁵ Goodman, M. et al. Cancer incidence in Hiroshima and Nagasaki, Japan, 1958-1987. *European Journal of Cancer* 1994; 30A(6): 801-807.
- ²¹⁶ Ozasa, K. Dietary habits and risk of lung cancer death in a large-scale cohort study (JACC Study) in Japan by sex and smoking habit. *Japanese Journal of Cancer Research* 2001 December; 92(12): 1259-1269
- ²¹⁷ Kim, J. et al. Fermented and non-fermented soy food consumption and gastric cancer in Japanese and Korean populations: a meta-analysis of observational studies. *Cancer Science (Japan)* 2011 January; 102(1): 231-244.
- ²¹⁸ Montani, A. Food/Nutrient intake and risk of atrophic gastritis among the Helicobacter pylori-infected population of northeastern Japan. *Cancer Science (Japan)* 2003 April; 94(4): 372-377.
- ²¹⁹ Gregus, Z. et al. Effect of lipoic acid on biliary excretion of glutathione and metals. *Toxicology and Applied Pharmacology* 1992 May; 114(1): 88-96. 研究者らは、アルファリポ酸がグルタチオンを金属に付着できない胆汁に運ぶものと理論化しています。
- ²²⁰ Aposhian, H. Vitamin C, glutathione, or lipoic acid did not decrease brain or kidney mercury in rats exposed to mercury vapor. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology* 2003; 41(4): 339-347. See also Hultberg, B., Andersson, A. and Isaksson, A. Lipoic acid increases glutathione production and enhances the effect of mercury in human cell lines. *Toxicology* 2002 June 14; 175(1-3): 103-110.
- ²²¹ Patrick, L. Mercury toxicity and antioxidants: Part I: Role of Glutathione and alpha-Lipoic acid in the treatment of mercury toxicity. *Alternative Medicine Review* 2002; 7(6): 456-471. Alpha lipoic acid has "patterns of heavy metal mobilization and transport not yet understood in humans. In the absence of data from human trials, ...it can only be suggested that ALA be used as an adjunct to chelation with the standard dithiols, DMPS and DMSA." See also Suh, J. et al. Dihydrolipoic acid [the reduced form of alpha lipoic acid] lowers the redox activity of transition metal ions but does not remove them from the active site of enzymes. *Redox Report* 2004; 9(1): 57-61.
- ²²² See for example De Flora, S. et al. Mechanisms of N-acetylcysteine in the prevention of DNA damage and cancer with special reference to smoking-related end points. *Carcinogenesis* 2001 July; 27(7): 999-1013

(describes NAC's ability to increase glutathione and prevent DNA damage, particularly from cigarette smoke).

²²³ Jon Pangborn, PhD and Sidney MacDonald Baker, Md. *Autism: Effective Biomedical Treatments*. Autism Research Institute, 2005, page 299.

²²⁴ Ibid.

²²⁵ One researcher concluded that NAC generally has not proven useful in clinical practice, despite its long history of positive cell and animal studies. Mirja-Liisa, A. N-acetylcysteine—passe-partout or much ado about nothing? *British Journal of Pharmacology* 2006 January; 61(1): 5-15.

²²⁶ Mercury is the most toxic and third most frequently found toxic substance in the United States, according to the Agency for Toxic Substances and Disease Registry of the U.S. Department of Health and Human Services. Cited in Patrick, L. Mercury Toxicity and Antioxidants: Part I: Role of glutathione and alpha-lipoic acid in the treatment of mercury toxicity. *Alternative Medicine Review* 2002; 7(6): 456-471. The author adds: "Mercury toxicity is a significant clinical entity, as it is ubiquitous in the environment and poses serious risk to human health."