

### Ⅲ 日本人はマグネシウム不足

#### 植物におけるマグネシウムの活性酸素抑制効果

#### 1 マグネシウム不足でメタボリックシンドローム

##### 国民健康・栄養調査結果から

健康増進法（平成 14 年法律第 103 号）に基づき実施された平成 16 年国民健康・栄養調査結果（平成 18 年 5 月 18 日公表）<sup>1)</sup> のミネラル部分をみると、表 1 に示すように食事摂取基準（2005 年版）と比較して、現在の日本人はマグネシウム不足である。調査結果の報告によると、メタボリックシンドローム（内臓脂肪症候群）が強く疑われる者と予備軍と考えられる者を合わせた割合は、男性では 30 歳代の約 20 % から 40 歳代で 40 % 以上、女性では 30 歳代の約 3% から 49 歳代で 10 % 以上となり、男女とも 40 歳以上で特に高い<sup>1)</sup>。

表1 日本人の食事摂取基準(2005年版)と実際の摂取量例(mg/日)  
摂取基準は30~49歳(男性)、摂取量は30~39歳(男性)の例

ミネラル	食事摂取基準(2005年版)				実際の摂取量	
	推奨量	目安量	目標量	上限量	30~39歳の摂取量	推奨量、目標量と
Mg (mg/日)	370			*	247	0.67
Ca (mg/日)		650	600	2,300	447	0.75
P (mg/日)		1,050		3,500	1,034	0.98
Cr (μg/日): 暫定値	40				-	
Mo (μg/日): 暫定値	25			320	-	
Mn (mg/日)		4.0		11	-	
Fe (mg/日)	7.5			55	7.6	1.01
Cu (mg/日)	0.8			10	1.23	1.54
Zn (mg/日)	9			30	9.2	1.02
Se (μg/日)	35			450	-	
I (μg/日)	150			3,000	-	
Na (mg/日)**			10未満		11.4	1.14
K (mg/日)		2,000	2,900 (3,500)***		2174	0.75 (0.62)

実際の摂取量は平成16年分(平成18年5月8日厚生労働省発表より抜粋)。-は未発表。

\*通常の食事はよいがサプリメントからの摂取上限量は、成人の場合350mg/日

\*\*Naは食塩相当量(g/日) 高血圧患者の塩分摂取量は6g未満

\*\*\* ( )内は高血圧予防のための望ましい摂取量

クシンドロームの病態を呈する国民が増えている。マグネシウム摂取の減少（体内マグネシウム量減少）がインスリン抵抗性増大（筆者注：インスリンが十分効果を発揮できない）やメタボリックシンドローム、ひいては糖尿病の発症の一要因になっている<sup>2)</sup>。

マグネシウムの摂取が心臓や血管など循環器疾患に重要な関係があることが明らかになったのは比較的最近のことである。近年の疫学研究、動物実験、臨床研究により、循環器疾患に対してマグネシウム摂取が、予防と治療の両面で有効であることが明らかになっている<sup>3)</sup>。

「日本人の食事摂取基準（2005年版）」は、従来「日本人の栄養所要量」として5年ごとに見直しが行われてきたものだが、今回名称も変更され、平成17年度から平成21年度までの5年間、日本人の健康保持・増進、生活習慣病の予防のために、標準となるエネルギーおよび各栄養素の摂取量を示すものである。「第6次改定日本人の栄養所要量」（平成

食生活の欧米化、脱日本化が進み、肥満（とくにインスリン抵抗性増大を伴いやすい腹部肥満）・空腹時血糖高値・高中性脂肪血症・低HDL（高比重リポ蛋白）ーコレステロール血症・高血圧を合わせ持つメタボリック

12 年から 16 年使用) から、微量元素である Cr (クロム)、Mo(モリブデン)、Mn (マンガ  
ン)、Fe(鉄)、Cu (銅)、Zn (亜鉛)、Se (セレン)、I (ヨウ素) について所要量が設定  
され、さらに個々の微量元素について許容上限摂取量も策定されている。ミネラルを肥料  
成分として取り扱う筆者達にとって、表 1 のような結果は見過ぎることが出来ない。表 1  
の右端に比で示しているようにカルシウム、カリウムも不足しているが、最も不足してい  
る無機元素はマグネシウムである。そこで、本稿ではマグネシウムに焦点を絞り説明する。

## 栄養機能食品の栄養成分にマグネシウムが追加(平成16年)

表2 改正栄養表示基準より抜粋

平成16年4月1日より施行

栄養成分	1日当たりの摂取 目安量に含まれ る栄養成分量の 上限値・下限値	栄養機能表示	注意喚起事項
マグネシウム	80mg～300mg	マグネシウムは、骨や歯の形成に必 要な栄養素です。マグネシウムは多く の体内酵素の正常な働きとエネル ギー産生をたすげるとともに、血液循 環を正常に保つのに必要な栄養素で す。	本品は、多量摂取により疾病が治 癒したり、より健康が増進するもの ではありません。多量に摂取する と軟便(下痢)になることがありま す。一日の摂取目安量を守って ください。乳幼児・小児は本品の摂 取を避けてください。

(参考)亜鉛の上限・下限量:3～15mg、銅:0.5～5mg、鉄:4～10mg、カルシウム:250～600mg

表3 栄養機能食品表示基準(補給ができる旨の表示について遵守すべき基準値(抜粋))

平成16年4月1日より施行

栄養成分	高い旨の表示をする場合は、次のいずれ かの基準以上であること		含む旨又は強化された旨の表示をする場 合は、次のいずれかの基準以上であること	
	食品100g当たり。( )内は、一 般に飲用に供する液状で食品 100ml当たりの場合	100kcal あたり	食品100g当たり。( )内は、一 般に飲用に供する液状で食品 100ml当たりの場合	100kcal あたり
マグネシウム	75mg(38mg)	25mg	38mg(19mg)	13mg

表4 葉面散布に使用される硫酸マグネシウム1%液と栄養機能食品規格と作物培養液濃度の比較

物質名	化学式	葉面散布濃度			栄養機能食品規格(飲用下限濃度)				作物培養液濃度			
		濃度%	同左 MgOppm	同左 Mgppm	同左mM	濃度%	同左 MgOppm	Mg 380ppm	同左mM	園試 MgOppm	園試 Mgppm	園試mM
硫酸マグネシウム	MgSO <sub>4</sub>	1	3348	2019	83	0.19	630	380	16	81	49	2
硫酸マグネシウム・七水和物	MgSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	1	1635	986	41	0.39	630	380	16	81	49	2

～ 100mg ほど不足していることがはじめて明らかになった。そこで、平成 16 年 3 月 25  
日付けで、「栄養機能食品」に、同じく不足しがちな亜鉛、銅とともにマグネシウムが追  
加された。表 2 にマグネシウムの改正表示基準を、表 3 に改正栄養機能食品表示基準を示  
す。すなわち、栄養機能食品としての製造・販売が法律で認められるほど、現代の日本人  
はマグネシウム欠乏である。

栄養機能食品として表示できるマグネシウム濃度(下限値)を水耕栽培濃度、あるいは  
葉面散布濃度と比較したのが表 4 である。水耕培地に含まれるマグネシウム濃度は極端に  
薄い、葉面散布としてよく用いられる 1%硫酸マグネシウム・七水和物の濃度と栄養機  
能食品として飲用摂取する濃度はほぼ同じである。このことはマグネシウムの葉面散布剤  
としての人体への安全性を考える場合の参考になる。

食品 100g 当たり含まれるマグネシウムは糸引き納豆 100mg、生わかめ 110mg、ホウレ  
ンソウ 69mg。穀物ではぬか層に、動物では骨に多く含まれている。緑色野菜の含有率も

高い。日本人の食生活でマグネシウム摂取量が減少している原因は、塩田法の廃止(1972年)により近年は塩化ナトリウム 99%の精製塩の使用が大半であること、その他、麦食の減少、精製米の普及、精製食品の比重が高くなっていることなどが影響している。

#### なぜ人の健康維持にマグネシウムが大切か

成人(体重 70kg)の体内にはマグネシウムが 20～30 g 含まれ、その 60%が骨や歯に、30%が筋肉の細胞内に存在している。骨にはリン酸塩として存在しているが、マグネシウムが不足すると体内濃度を維持するため骨から溶出される。そのとき同時にカルシウムも溶出されるため、骨の健康維持のためにもマグネシウムを十分摂取する必要がある。

#### マグネシウムを摂取すると糖尿病にかかりにくい

従来からも糖尿病の患者は、血清中のマグネシウム値が低いことが知られていた<sup>4)</sup>が、マグネシウムを摂ると肥満小児が 2 型糖尿病(注:糖尿病者の 95%以上が 2 型)にかかりにくくなるという大規模な研究結果が 2004 年発表された<sup>5)</sup>。そして、血糖値の低下や糖尿病の発症予防に、マグネシウムの摂取が有効であることが明らかになっている。肥満小児は食事によるマグネシウム摂取量が非肥満小児よりも低い<sup>5)</sup>。

#### 偏頭痛はミトコンドリアのエネルギー代謝異常

若い女性に多い偏頭痛、便秘はマグネシウムを多く摂取することにより改善されることが多い。片頭痛はマグネシウム欠乏によるミトコンドリアの酸化的リン酸化反応の異常、細胞膜内外のイオンバランスの不安定化で生じる。片頭痛発作中、脳内のマグネシウムは正常時より約 20%減少している。血清、赤血球、唾液中のマグネシウムレベルも 20～30%減少している。神経筋は過興奮状態にあり、マグネシウム投与で緩和する<sup>6)</sup>。400mg のマグネシウムを毎日補充すれば 3～4 週間後に片頭痛の頻度が減る。薬としての用量は 1 日当たり 200～300mg、下痢をしないように何回かに分けて食事とともに摂取する。マグネシウムは容易に腸管から吸収されないため、注射のほうがより効果的である。1g の硫酸マグネシウム・六水和物(Mg として 99mg)を 10%溶液とし、5 分以上かけて注射すると、15 分後に 87.5%の人は痛みが、50%以上の人は症状が軽くなったとの臨床結果もある<sup>7)</sup>。

#### 酸化マグネシウムは制酸剤

酸化マグネシウムは、酸を中和する作用があるので、胃酸過多時の制酸剤や緩下剤(かんげざい:作用が中程度の下剤)などの医薬品に使用されている。マグネシウムの塩の形態(水酸化物、酸化物、炭酸塩など)により効果発現速度は異なる。水酸化マグネシウムは作用発現が速く、持続時間が短い。一方、炭酸マグネシウム結晶は作用発現が遅い。

硫酸マグネシウムは酸化マグネシウムとともに塩類下剤として使用される。緩下作用は、30 分～3 時間以内に認められる。空腹時、マグネシウムを多く含むニガリを経口摂取すると、下痢を起こすことがある。マグネシウムは腸管を通じて吸収されにくく、マグネシウムは腸内に長時間とどまってスポンジのように水分を集めることで、排便を促し便秘を解消させる。腸の内容液が体液と同じ浸透圧になるまで水分が腸管に移動する。その結果、

腸管内の水分量が増加し、腸内容物が水様化されて、体積が増大し大腸運動が促進されるためである<sup>7)</sup>。

### マグネシウムは血圧を下げ、慢性疲労の改善に効果

マグネシウム投与は血圧を下げること<sup>8)</sup>、またマグネシウム値が慢性疲労症候群で低く、マグネシウム注射により、症状が改善することが報告されている<sup>9)</sup>。またグラスステタニー<sup>10,11)</sup>と言われるマグネシウム欠乏症の牛はけいれんを起こし、刺激過敏などの症状が現れる。血清マグネシウム値の著しい低下と高い致死率が特徴で、筋肉の震え、脈の乱れが起こる。そのため牛へのマグネシウムの投与試験も多くなされている。

マグネシウムが血圧降下作用があることが明らかになったのは比較的最近のことである。日本各地の河川の水質と疾患の関係を調べた小林純(1957)の報告<sup>12)</sup>が端緒だそうだが<sup>3, 13)</sup>。小林は、水が酸性の地域(東北、北陸、南九州)は脳卒中の死亡率が高く、アルカリ性の地域(関西地域など)は脳卒中死亡率が低いことを報告している。この報告は国際的に大きな反響を呼び、欧米諸国を中心に、水の硬度と循環器疾患の関係について追試が行われた<sup>3)</sup> そうだ。Schroeder(1960)<sup>14)</sup>はアメリカ合衆国 50 州の飲料水中の硬度と、循環器疾患死亡率に負の相関があることを明らかにした。その後、硬水の主たる有効成分はマグネシウムであることが判明し、Altura ら(1983)<sup>15)</sup>は、ラットにマグネシウム欠乏食を与えると、欠乏状態が進むにつれ血圧が上昇することを見いだしている。

今ではその原理も明らかになっている。主たる作用はマグネシウムのイオンポンプでの働きである。

### マグネシウムはイオンポンプでイオンバランスを保つ

細胞は細胞膜を境に内外で濃度差がある。通常、ナトリウムやカルシウムは細胞外で濃度が高く、マグネシウムやカリウムは細胞内で濃度が高い。細胞膜にあるイオンポンプがミネラルを汲み入れたり、汲み出したりすることにより細胞内外の濃度勾配を維持している。

このポンプを動かしているのがアデノシン三リン酸(ATP)であり、ATP アーゼである。ATP アーゼは能動輸送によりミネラルバランスを維持している。能動輸送とはエネルギーを消費して、濃度勾配に逆らって細胞膜内外を通過することである。ATP アーゼはマグネシウムと結びつかないと働くことができない。このため、マグネシウムが不足すると細胞膜内外のミネラルバランスに乱れが生じる。

マグネシウムが不足すると細胞のイオンポンプの力が弱くなる。すると細胞内に入ったカルシウムイオンは、細胞外に出て行けない。カルシウムが血管平滑筋細胞内に増加すると、細胞が収縮し血管が狭窄する。これが冠状動脈に起これば心筋梗塞、脳動脈に起これば脳梗塞を起こすことになるし、末梢血管に起これば血管上昇につながる<sup>3)</sup>。カルシウムが細胞内に少しずつ蓄積し、たとえば、本来はカルシウムが蓄積してはいけない動脈にカルシウムが固定されると、動脈硬化、高血圧になり、心臓病の危険が高くなる。また神経の興奮性が高まり、震えや筋肉のけいれん、偏頭痛が起こる。マグネシウムは受動輸送であるカルシウムチャンネルの拮抗阻害剤にもなり、過剰なカルシウムの細胞内への流入を抑制する<sup>16)</sup>。

## 2 新しく分かったマグネシウムの活性酸素発生防止効果 クロロシス（白化）は光によって生じる

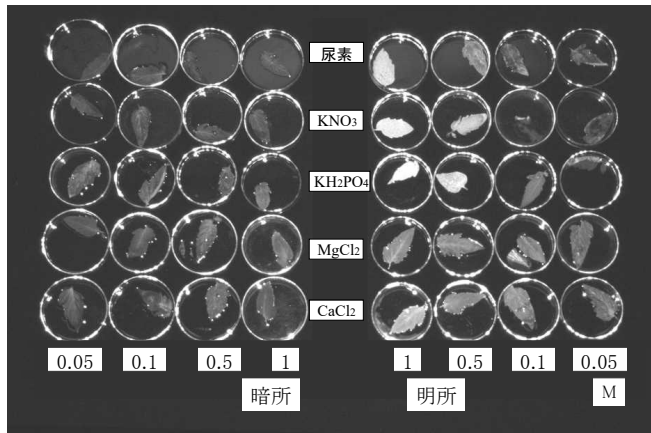
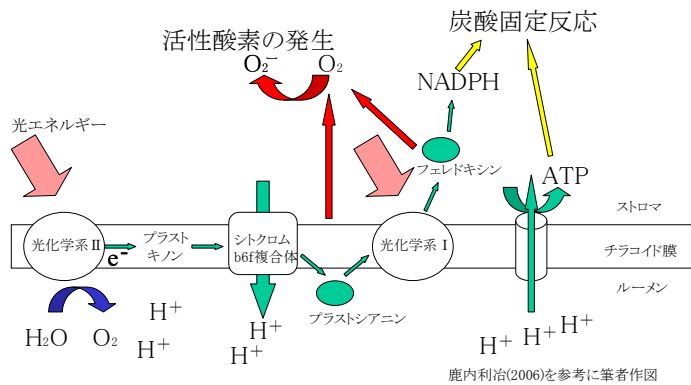
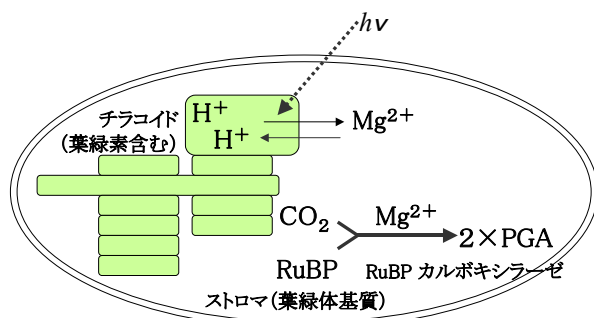


写真1 各種無機元素溶液における明暗処理とクロロシス(白化)



(注)光化学系Iでは、NADP<sup>+</sup>の還元に戻らない電子が酸素の還元に使われ、活性酸素が生じる。また、光化学系IIでも、電子の渋滞によりクロロフィルの異常な励起が生じ、活性酸素が生じる。

図1 光エネルギーの消費反応(炭酸固定)が停滞すると活性酸素が発生



クロロプラスト(葉緑体)

Marschner (1995)を参考に筆者作図

- ①光照射により、ストロマ(葉緑体基質)からチラコイド内へプロトン(H<sup>+</sup>)が移動し、ストロマのpHが7.6から8に上昇するとともに、Mg<sup>2+</sup>濃度が上昇する。
- ②RuBP(リブローズ1,5-ビスリン酸)カルボキシラーゼの至適pHは高く、Mgで活性化され、RuBPにCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oが付加されて2分子のPGA(3-ホスホグリセリン酸)を生成する。

図2 Mgは光合成系における炭酸固定で重要な働き

低温や乾燥によっても炭酸固定反応は停滞し、活性酸素が発生しやすい

リン過剰障害は光の当たるところで生じやすい<sup>17)</sup>。そのことを確認したのが写真1である。左から1、0.5、0.1、0.05M(モル濃度)と各種溶液にトマトの葉を浮かべ、1日間明所、暗所に置いたのだが、暗所では各溶液とも変化無く葉は緑色のままであったが、明所ではリン酸カリウム溶液が最も低濃度でもクロロシス(白化)を生じた。白黒写真でも0.5Mの白化程度をみれば、リン過剰では光障害を生じやすいことが判別できると思う。1Mのところを見ると明所で白化していないのは塩化マグネシウム溶液だけである。このことは、マグネシウムには光によるクロロシス(白化)防止効果があることを示唆している。なお、カラー写真ではその違いがより明確であるが、引用文献17の23頁に掲載している。

### 炭酸固定反応がうまくいかないと活性酸素が発生

植物の葉が白化するのには活性酸素(スーパーオキシドラジカル: O<sub>2</sub><sup>-</sup>など)によるのだが、葉緑体の吸収した光エネルギーが、葉緑体内での二酸化炭素固定力を上回ると、光合成電子伝達鎖は過還元状態になり、植物に有害な活性酸素が発生して葉緑体を破壊し、外見的には葉の白化症状を生じる。

図1に活性酸素(O<sub>2</sub><sup>-</sup>)の発生

い<sup>18)</sup>。

図2に葉緑体の構造を示す。図1と図2を合わせて見ていただいたらよいのだが、光を吸収するクロロフィル（葉緑素）は葉緑体の中のチラコイドにある。光が当たると光エネルギーが水を分解し、ATP（エネルギー）とNADPH（還元力）をつくる。このときストロマ（葉緑体基質）からチラコイド内にプロトン（H<sup>+</sup>）が取り込まれる。同時にMg<sup>2+</sup>の輸送がチラコイドからストロマ側に行われ、ストロマ内のMg<sup>2+</sup>濃度が上昇しプロトン（H<sup>+</sup>）が減少するためpHが弱アルカリ性になる。すると二酸化炭素固定を行うRuBPカルボキシラーゼは、弱アルカリ性とMg<sup>2+</sup>で活性化され、明反応で生じたATPのエネルギーとNADPHの還元力を使って、二酸化炭素を固定し炭水化物をつくる。

すなわちマグネシウムは図1に示す炭酸固定反応を促進するため、活性酸素が発生しにくくなる。以上はMarschner<sup>19)</sup>を始め一般の専門書にはほぼ記載されている内容であるが、

表5 トウモロコシ幼植物へのマグネシウムの影響

Kissら（2003）

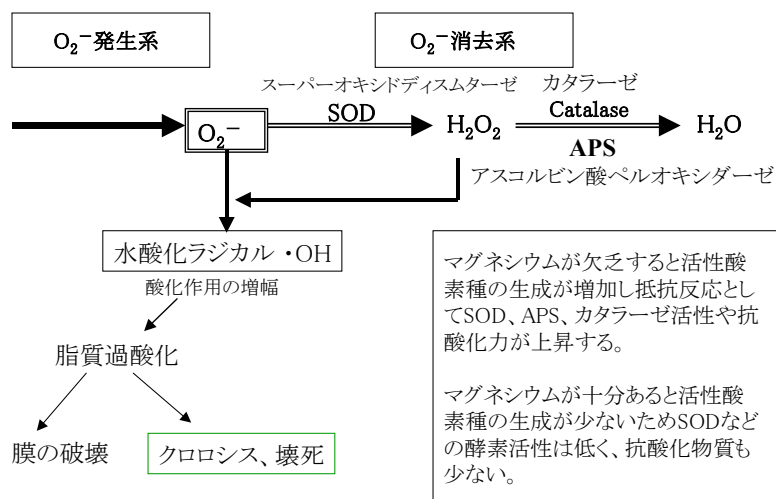
測定項目	無処理	1%MgSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O
タンパク質、mg/g	23.25	24.79
過酸化脂質(LPO)、nM MDA/mg	3.75	2.08
水酸化ラジカル(OH <sup>•</sup> )、nM MDA/mg	34.5	18.5
グルタチオン(GSH)、mM/mg/10 <sup>-2</sup>	5.67	2.55
カタラーゼ(Catalase)、E/mg/10 <sup>-4</sup>	0.972	0.316
FRAP値、(μM Fe(II))/L	266	200

(注)GSHは抗酸化剤の一種、FRAPはFe(III)の還元能を用いた抗酸化能測定法。MDAはマロンジアルデヒドの略、蛍光物質で過酸化脂質などの測定に用いられる。

文献検索をしているとマグネシウムを用いたより明確な実験結果があった。

### マグネシウムの葉面散布は活性酸素の発生を抑える

ハンガリーのマグネシウム協会のKissらのセグド大学の仲間たちとの論文（2003年）<sup>20)</sup>によると、すでに1994年に動物（ラットの心臓）で明らかになっていたのだが、マグネシウムを供与すると活性酸素種の発生が抑制される<sup>21)</sup>。そのことを植物で観察したのが表5である<sup>20)</sup>。この実験はトウモロコシをシャーレに播種し、1%硫酸マグネシウム・七水和物



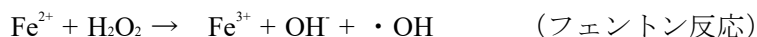
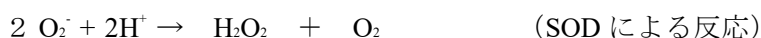
Marschner (1995)を参考に筆者作図

図3 活性酸素発生系と消去系

有無による幼植物の水酸化ラジカル発生量や過酸化脂質発生量を測定したものである。マグネシウム供与区は明らかに、水酸化ラジカル（・OH）発生量が抑制されている。

表5の結果を図3と下の式で説明すると、・OH（水酸化ラジカル）は細胞内に存在する微量の鉄あるいは銅の作用によりO<sub>2</sub><sup>-</sup>（スーパーオキシドラジカル）とH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>（過酸化水素）の連鎖反応から生成する。・OHは活性酸素種の中で最も活性が強く、細胞膜に存在する

不飽和脂肪酸と反応し、過酸化脂質を生成すると連鎖的脂質過酸化反応が始まり細胞膜は破壊され、クロロシスや壊死が生じる。次に水酸化ラジカルの生成反応を示す。



マグネシウム欠乏下で  $\text{O}_2^-$  の発生量が多くなると、図 3 に示すようにそれを消去するため過酸化水素除去系の SOD (スーパーオキシドジスムターゼ) や APX (アスコルビン酸ペルオキシダーゼ)、GR (グルタチオンレダクターゼ) の活性が上昇する。このことはすでに知られている<sup>22,23)</sup>。したがって、マグネシウム施用で  $\text{O}_2^-$  の生成量が少なければ、表 5 に示すようにこれらの酵素活性は低い。

また Kiss ら<sup>20)</sup> は葉面散布実験をレッドビートで実施し、活性酸素発生量に応じて誘導される FRAP 値 (抗酸化能) が 1%硫酸マグネシウム・七水和物の散布で低下することを明らかにしている。すなわち、マグネシウムの葉面散布は光合成における二酸化炭素固定を促進するのみならず、活性酸素種の発生を抑える効果がある。

### 日本でも研究されているマグネシウムの動物での活性酸素抑制効果

筆者が写真 1 の結果を得、いつか機会を見つけて実験したいと思っていたことは、日本国内の研究者がすでに動物で行っている。深層水の有効利用を研究している赤穂化成株式会社技術開発部の福田隆雄ら<sup>24)</sup>である。以下少し詳しく実験手法も含めて実験結果を紹介する。

紫外線によって細胞障害が引き起こされる要因の一つに皮膚内における活性酸素の産生があげられる。すでに亜鉛の皮膚内活性酸素種の産生抑制が報告されている<sup>25)</sup>。福田隆雄ら(2004)は①  $6.17 \times 10^{-3} \text{M}$  の亜鉛、マグネシウム、カルシウム、ナトリウム、カリウムの水溶液、および② 0.01、0.1、1 w/w%マグネシウム溶液をヘアレスマウスの腹部、 $5 \text{cm}^2$  に塗布し 30 分間後、塗布した試料を除去し、UVA ( $100 \text{mW/cm}^2$ ) を 3 分間照射し、照射後ただちに  $200 \mu \text{M}$  CLA (Cypridinal Luciferin Analog : 2-メチル-6-フェニル-3,7-ジヒドロイミダゾ-[1,2- $\alpha$ ]ピラジン-3-オン) を  $10 \mu \text{L}$  塗布し、活性酸素種と反応して生じる発光量を Night OWL (CCD カメラを内蔵した超微弱光測定装置)<sup>25)</sup>により測定し、活性酸素の産生量を算出している。

その結果、UVA 照射部位の発光量は①の亜鉛で有意に低く、ついでマグネシウムが低い。②では 0.1 および 1 w/w%マグネシウム溶液で有意に低くなることを認めている。福田らはその他、マグネシウム含有化粧品についても実施し、マグネシウム濃度が上昇するにつれ発光量が低下する現象を観察している。すなわちマグネシウムを塗布すると紫外線による皮膚内活性酸素種の産生が抑制されることを明らかにしている。

こうした実験手法は植物体でも活用でき参考になる。

### マグネシウムの葉面散布はお勧め

葉に散布されたマグネシウムが葉から吸収され師管を通過して他の器官に移行・転流することも古くから確認されている<sup>26)</sup>。またマグネシウムの葉面散布がリンの吸収・転流を助けることも知られている<sup>27)</sup>。葉脈間が黄色くなるマグネシウム欠乏症状は野菜類では非常

によく観察されるし、1%硫酸マグネシウム・七水和物の葉面散布は葉脈間クロロシス回復効果があることは筆者達もよく経験している。

こうして文献を整理していると筆者の長年の疑問<sup>17)</sup>が氷解してきた。井戸水でマグネシウム欠如栽培をしてもなかなかマグネシウム欠乏症状は発現しないにもかかわらず、野菜栽培ではマグネシウム欠乏症状は頻繁に観察される。これは、単なるマグネシウム欠乏でなく、炭素固定系がスムーズに働いていないために生じる活性酸素障害を併発していたのであった。そして、それらの野菜に硫酸マグネシウムを葉面散布すると、1, 2週間で治癒される。不思議であったが、マグネシウムには光障害で生じる活性酸素発生を抑制する能力があったのである。

\* \* \* \*

ミネラルの学習をしていて、本当に幸せに思う。植物に吸収されたマグネシウムは人間の健康にも大きなプラスの働きをしてくれている。しかもマグネシウムを豊富に含む健康な緑色野菜をいくら食べても、人体への過剰障害の心配が少ないことも本当にありがたい。大いに野菜を摂取したいものである。

なお、亜鉛やマンガン、ケイ素、鉄、カリウム等についても人間の健康と肥料の関係について筆者は別途執筆している<sup>28,29)</sup>。部分的ではあるが、一読していただければ幸いである。

## 引用文献

- 1) 厚生労働省ホームページ：平成16年国民健康・栄養調査結果の概要について
- 2) 菊池健次郎：マグネシウムと循環器疾患、巻頭言、*Clinical Calcium*、15、153 (2005)
- 3) 糸川嘉則：マグネシウム摂取と循環器疾患、*Clinical Calcium*、15、154～159 (2005)
- 4) Paolisso G, Scheen A, D'Onofrio FD, Lefebvre P : Magnesium and Glucose Homeostasis, *Diabetologia*, 33, 511～514 (1990)
- 5) Lopez-Ridaura R., W. C. Willett, E. B. Rimm, S. Liu, M. J. Stampfer, J. E. Manson, and F. B. Hu : Magnesium Intake and Risk of Type 2 Diabetes in Men and Women, *Diabetes Care*, 27, 134～140 (2004)
- 6) Ramadan NM, Halvorson H, Vande-Linde A, et al. : Low Brain Magnesium in Migraine, *Headache*, 29, 590～593 (1989)
- 7) [http://homepage2.nifty.com/uoh/kusuri/k\\_magnesium.htm](http://homepage2.nifty.com/uoh/kusuri/k_magnesium.htm)
- 8) Kawano Y, Matsuoka H, Takishita S, Omae T : Effect of Magnesium Supplementation on Hypertensive Patients, *Hypertension*, 32, 260～265 (1998)
- 9) Cox IM, Campbell MJ, Dowson D : Red Blood Cell Magnesium and Chronic Fatigue Syndrome, *Lancet*, 337, 757～760 (1991)
- 10) 大島寛一・三浦定夫・沼宮内茂：牛のグラステタニー（低マグネシウム血症）に関する病理学的研究、日獣誌、35、231～238 (1973)
- 11) 村上大蔵・内藤善久：牛のグラステタニーに関する研究(I)、外山放牧地におけるグラステタニーの発生病例、日獣誌、34、323～331 (1972)
- 12) Kobayashi J : On Geographic Relationship between the Chemical Nature of River Water and Death Rate from Apoplexy. *Ber. Ohara Inst.*, 11, 12～21 (1957)



- 13) 小林 純：水の健康診断、岩波新書（1971）
- 14) Schroeder HA : Relations between Mortality from Cardiovascular Disease and Treated Water Supplies. *J. Am. Med. Assoc.*, 172, 1902 ~ 1908 (1960)
- 15) Altura BM, Altura BT, Gebrewald A, *et al* : Magnesium Deficiency and Hypertension ; Correlatuion between Magnesium Deficient Diets and Microcirculatory Changes *in situ*, *Science* 233, 1315 ~ 1317 (1984)
- 16) 長谷部直幸：酸化ストレスとマグネシウム、*Clinical Calcium*、15、194 ~ 202 (2005)
- 17) 渡辺和彦著：わかりやすい栄養診断の手引き、農耕と園芸 7月号別冊付録（2006）
- 18) 鹿内利治：植物の光環境適応戦略、化学と生物、44、121 ~ 127 (2006)
- 19) Marschner H. : Mineral Nutrition of Higher Plants, Second Edition, Academic Press (1995)
- 20) Kiss S. A., I. S. Varga, Z. Galbacs, T. Maria and C. Anna : Effect of age and Magnesium supply on the Free Radical and Anti-oxidant content of Plants, *Acta Biologica Szegediensis*, 47, 127 ~ 130 (2003)
- 21) Kramer JH, Misik V. and Waglichi WB : Magnesium Deficiency Potentiates Free Radical Production associated with Postischemic Injury to Rat Heart: Vitamin E affords Protection, *Free Radical Biol. Med.*, 16, 713 ~ 723 (1994)
- 22) Cakmak I. and H. Marschner : Magnesium Deficiency and High Light Intensity Enhance Activities of Superoxide Dismutase, Ascorbate Peroxidase, and Glutathion Reductase in Bean Leaves, *Plant Physiol.*, 98, 1222 ~ 1227 (1992)
- 23) 村岡賢一・松本宏：無機栄養元素欠乏植物における活性酸素抵抗性誘導への光阻害の影響、*Tsukuba J. Biology*, 2、65 (2003)
- 24) 福田隆雄・端口佳宏・太井秀行・魚住嘉伸・安井裕之・桜井弘：塩類溶液塗布による皮膚内活性酸素種の生産抑制、*Biomed. Res. Trace Elements*, 15, 177 (2004)
- 25) Sakurai H., H. Yasui, K. Mishina, and H. Nishimura : Protective Effect of Zinc Ion on Ultra Violet Light-Induced Skin Damage: Studies on Imaging of ROS by Chemiluminescence Method, *Biomed. Res. Trace Elements*, 14, 17 ~ 21 (2003)
- 26) Steucek G. L. and H. V. Koontz : Phlolem Mobility of Magnesium, *Plant Physiol.*, 46, 50 ~ 52 (1970)
- 27) 葛西善三郎・安馬喜昭・奥田東：なたねとごまに吸収された燐の行動とマグネシウムの関係、土肥誌、27、365 ~ 358 (1956)
- 28) 渡辺和彦：新しい植物栄養学入門、ミネラルと野菜と人間の不思議な関係、タキイ種苗園芸新知識（野菜号）4月号(2005)～タキイ最前線4号（2006）、13回連載
- 29) 渡辺和彦：最近目立つ野菜のミネラル不足はこう補う、全肥商連通信 ひろがる農業、107号(2005)～114号(2006)、現在第9回連載執筆中
- 30) 渡辺和彦：日本人はマグネシウム不足＝人の健康から肥料を考える、季刊肥料、105号、101 ~ 109 (2006)

本稿は季刊肥料、引用文献 30) への投稿原稿でもある。