

テルルは甲状腺に蓄積し安定ヨウ素を減少させヨード欠乏症になり“原発事故後の多様な慢性原爆症疾病を引き起こしていた”

山田國廣著

「甲状腺のヨード欠乏症は精神遅滞、甲状腺機能低下症、甲状腺腫を起こし、原発事故後の放射性ヨウ素被ばくにより甲状腺がんリスクを高めた」



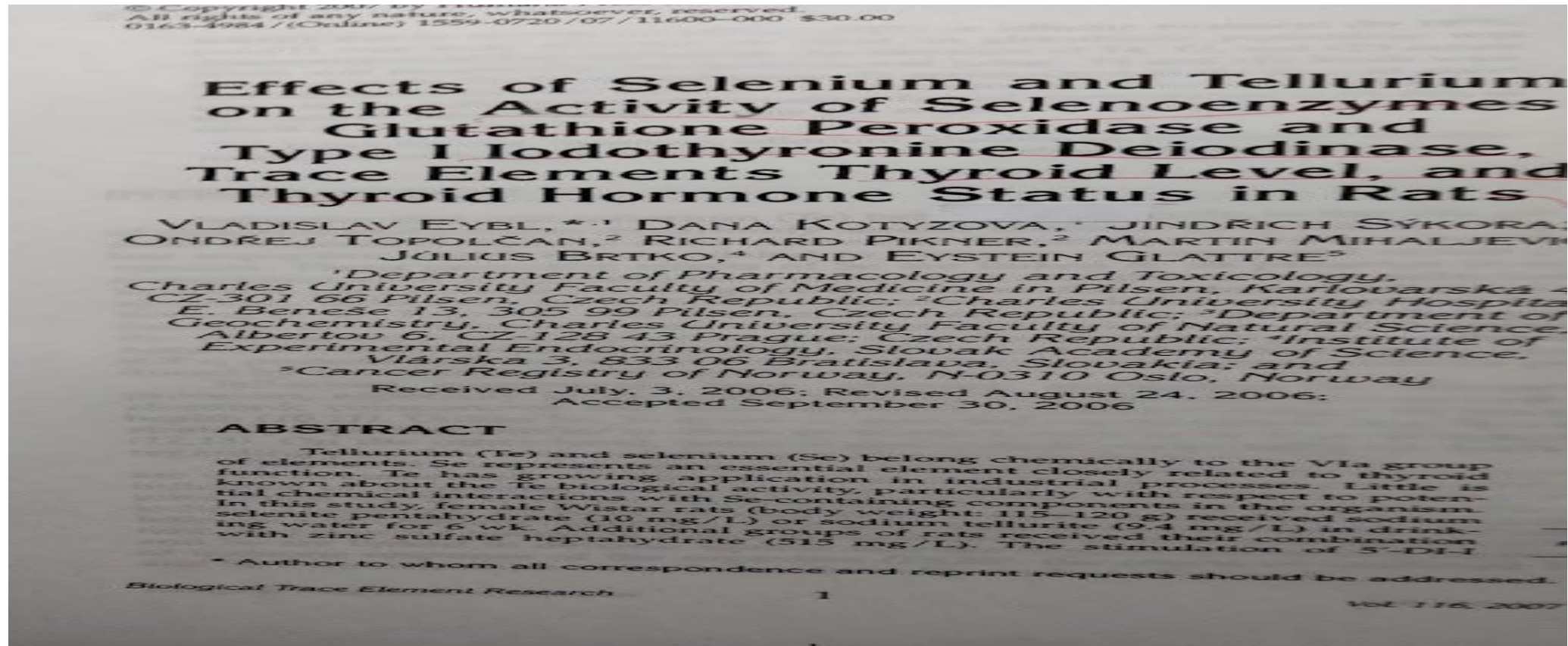
# 「毒物テルルは甲状腺に蓄積し安定ヨウ素を減少させる」という重要論文

Biological Trace Element Research, Vol116, 2007に掲載された論文のコピー。

①論文の題名「セレンとテルルの効果、セレン含有酵素グルタチオン・ペルオキシターゼの活性、I型ヨードチロニン脱ヨウ素酵素、微量元素甲状腺レベル、そしてラットにおける甲状腺ホルモンの状態」

③著者：チェコスロバキア共和国のチャールズ大学医学部の研究者のVLADISLAV TOPOCAN他著：

④論文の入手法：<https://pubmed.ncbi.nlm.gov> DOI:10.1007/BF02989087



# 論文の要旨

「テルルとセレンは化学的に同族（16族）に属している。セレンは甲状腺の機能と密接に関連している必須元素である。テルルは工業プロセスにおいて消費が増えている。テルルの生物活性、とくに細胞組織内のセレン含有相互作用についてはほとんどわかっていない。

この研究では、雌のWistarラット（体重:115~120g）に亜セレン酸ナトリウム5水和物（10mg/l）または亜テルル酸ナトリウム（9.4mg/l）を飲料水に溶かしたものを6週間投与した。その他追加のラット群には硫酸亜鉛水和物（515mg/l）をどの組み合わせを与えました。亜セレン酸塩（158%、 $p < 0.01$ ）または亜テルル酸処理塩（197%、 $P < 0.01$ ）による5'-DI-I活性の刺激が見られた。ただし、この実験ではグルタチオンペリオキシターゼに対する影響は実証できませんでした。T4の濃度および、Se+Te治療群のT3およびRt3血清レベルの濃度測定をした。

テルルは甲状腺の中に蓄積する。テルル単独、テルルとセレン、亜鉛との組み合わせの汚染水を与えられたラットの甲状腺のヨウ素は、汚染されていない水を与えられた対象の雄ラットのヨウ素量に比べて65~70%に減少した」

# 表1：Se（セレン）,Te（テルル）,Zn（亜鉛）処理の体重と甲状腺重量に対する効果

表1：Se、Te、Znの汚染水を与えられたラットの体重(g)に対する甲状腺重量の割合（%×10<sup>3</sup>）

①Te単独汚染水を与えられたラットの”体重に対する甲状腺の割合は5.3であり、非汚染水の対象ラットの6.6に比べて、1.3小さくなっている。小さくなった原因は、表3で示されているようにTe単独汚染水の場合の甲状腺内のヨウ素減少量が最も大きいことが原因している。

②Te+Se,Te+Znの汚染水の場合Te単独汚染水の場合より減少が緩和されている。

*Effects of Se and Te on Thyroid Function* 5

Table 1  
Effect of Se, Te, and Zn Treatment on the Body and Thyroid Weight

Group	Body weight [g]	thyroid weight [mg]	Body /thyroid weight [%·10 <sup>3</sup> ]
Control	255 ± 25	16.7 ± 3.8	6.6 ± 1.4
Se	215 ± 18 **	13.0 ± 2.2 *	6.1 ± 1.1
Te	209 ± 9 **	10.7 ± 1.3 **	<u>5.3 ± 0.4</u>
Se+Te	185 ± 13 **	10.6 ± 2.1 **	5.7 ± 1.0
Zn	246 ± 13	12.3 ± 4.2	5.5 ± 1.0
Se+Zn	229 ± 26	13.7 ± 2.2	6.0 ± 1.1
Te+Zn	210 ± 10 **	12.2 ± 1.5 *	5.8 ± 0.8

Note: Results are given as mean ± SD.  
\* p<0.05 versus control group.  
\*\* p<0.01 versus control group.

## ◎甲状腺機能に対するとTe（テルル）とSe（セレン）の効果

表3：非汚染水（対象）と汚染水を与えられたラットの甲状腺におけるTe（テルル）,Se（セレン）,Zn（亜鉛）およびヨウ素の蓄積

- ①汚染されていない水を与えられた対象ラットのTe蓄積量は検出限界以下で、安定ヨウ素は446  $\mu\text{g/g}$ である。
- ②テルル化合物汚染水を与えられたラットのTe蓄積量は0.78  $\mu\text{g/g}$ と汚染水ラットの中で最大の蓄積量であった。
- ③テルル化合物汚染水を与えられたラットの安定ヨウ素蓄積量は284  $\mu\text{g/g}$ と、非汚染水ラットの蓄積量より0.64倍になり162  $\mu\text{g/g}$ 減少した。
- ④テルル化合物汚染水を与えられたラットの安定ヨウ素蓄積量は284  $\mu\text{g/g}$ は、汚染水ラットの安定ヨウ素蓄積量の中では最小値である。
- ⑤Seは脱ヨード酵素ととして知られているSe含有酵素により甲状腺ホルモン循環に重要な役割を果たしており、汚染水をTe+Seとテルルとセレンの混合汚染水にした場合、甲状腺へのTe蓄積量は0.51  $\mu\text{g/g}$ 、安定ヨウ素蓄積量は318  $\mu\text{g/g}$ とTe単独汚染の場合に比べて”セレンはテルルの甲状腺への蓄積量を減少させ、安定ヨウ素の蓄積量をテルル単独汚染の場合より増加させる“

Effects of Se and Te on Thyroid Function 7

Table 3  
Te, Se, Zn, and Iodine Concentration in the Thyroid Gland of Control and Treated Rats

Group	Te	Se	Zn	I
Control	<d.l.	0.21 ± 0.11	17.4 ± 2.8	446 ± 108
Se	<d.l.	1.08 ± 0.40**	19.3 ± 1.5	455 ± 64
Te	0.78 ± 0.08	0.34 ± 0.15	25.1 ± 6.2*	284 ± 51**
Se+Te	0.51 ± 0.12 <sup>#</sup>	1.31 ± 0.45**	22.1 ± 3.6*	318 ± 63*
Zn	<d.l.	n.a.	20.5 ± 2.5	380 ± 57
Se+Zn	<d.l.	1.44 ± 0.57**	20.6 ± 2.4*	313 ± 92*
Te+Zn	0.61 ± 0.16 <sup>#</sup>	n.a.	19.1 ± 1.5	287 ± 57**

Note: Results are given as mean ± SD; Concentrations are given in  $\mu\text{g/g}$  of wet tissue. n.a. = not analyzed; <d.l. = under detection limit.  
\*  $p < 0.05$  versus control group.  
\*\*  $p < 0.01$  versus control group.  
<sup>#</sup>  $p < 0.05$  versus Te group.

- オレゴン州立大学のライナス・ポーリング研究所,微量栄養素情報センターが公表している「ヨウ素」報告書
- ①ライナス・ポーリングは1954年ノーベル化学賞（化学結合の本性）と1962年ノーベル平和賞（核実験に反対する運動）という二つの部門で最初に受賞した
  - ②ライナス・ポーリングは自身を結晶学者、分子生物学者、医療研究者と自称していた。
  - ③ライナス・ポーリングの有名な言葉「全ての病態、全ての病気、全ての病弊を追求するとミネラル欠乏にいきつく」

**Oregon State University**  
Linus Pauling Institute > 微量栄養素情報センター  
項目 > ミネラル > ヨウ素

日本微量栄養素情報センターは、ライナス・ポーリング研究所と新潟薬科大学の共同研究事業です。

## ヨウ素

目次

- 機能
- 欠乏症
  - 発育段階ごとのヨード欠乏症の影響
  - 栄養素の相互作用
  - 甲状腺腫誘発物質
  - ヨード欠乏症のリスクがある個人
- 推奨量 (RDA)
- 疾病の予防
  - 放射線誘発性甲状腺がん
- 疾病の治療
  - 繊維嚢胞性乳腺症
- 摂取源
  - 食品の摂取源
  - サプリメント
- 安全性
  - 急性毒性
  - ヨウ素の過剰摂取
  - 薬物との相互作用
- ライナス・ポーリング研究所の推奨
- Authors and Reviewers
- References

English | Español

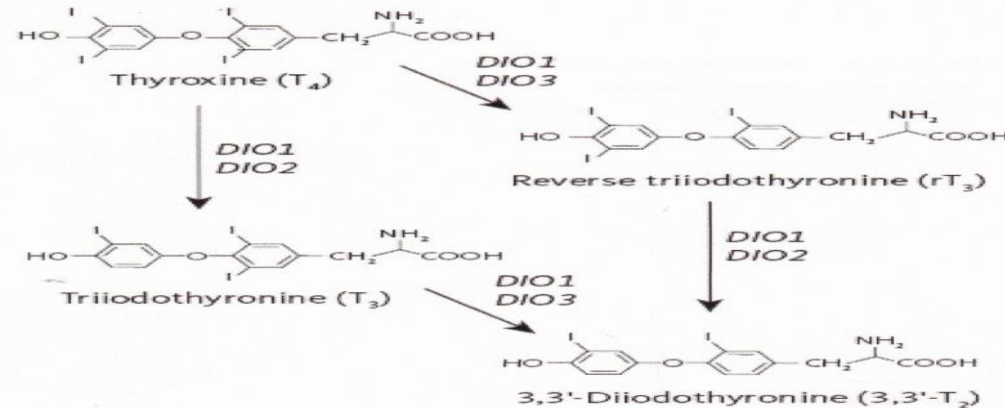
非金属微量元素であるヨウ素は、ヒトの甲状腺ホルモンの合成に必要である。ヨウ素の欠乏は世界の多くの地域における重要な健康問題である。地球上のヨウ素の大部分は海に存在し、土壌のヨウ素の含有量は地域によって異なる。むき出しになった土壌表面が古いほど、ヨウ素は侵食によって浸み出してしまっている可能性が高い。ヒマラヤ、アンデス、アルプスといった山岳地帯や、ガンジス川のような洪水のあった川の流域は、世界でも最もひどくヨウ素が欠乏している地域に挙げられる(1)。

### 機能

ヨウ素は甲状腺ホルモンであるトリヨードチロニン (T<sub>3</sub>)とチロキシン (T<sub>4</sub>)の必須成分で、したがって甲状腺が正常に機能するために不可欠である。人体の甲状腺ホルモンの需要に答えるために、甲状腺は血液からヨウ素を捕捉し、甲状腺ホルモンにそれを取り込む。その甲状腺ホルモンは貯蔵され、必要に応じて血液に放出されて循環する。肝臓や脳といった標的組織では、生理学的活性を持つT<sub>3</sub>が細胞核の甲状腺ホルモン受容体と結合し、遺伝子発現を制御する。標的組織では、脱ヨード酵素として知られるセレン含有酵素によって、最も多く循環している甲状腺ホルモンであるT<sub>4</sub>がT<sub>3</sub>に変換される。このようにして甲状腺ホルモンは、成長、発達、代謝、生殖機能を含む多数の生理学的プロセスを制御している。(1,2)。

甲状腺機能の制御は、脳（視床下部）や脳下垂体も関係する複雑なプロセスである。視床下部からの甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン（TRH）の分泌により、脳下垂体が甲状腺刺激ホルモン（TSH）を分泌する。これが甲状腺によるヨウ素の捕捉、甲状腺ホルモンの合成、およびT<sub>3</sub>やT<sub>4</sub>の放出を促進する。T<sub>4</sub>やT<sub>3</sub>が適切に循環して視床下部や脳下垂体のホルモン濃度にフィードバックされ、TRHやTSHの生成を減少させる（下図）。循環しているT<sub>4</sub>の濃度が減少した際には、脳下垂体がTSHの分泌を増やす。それによりヨウ素の捕捉が増え、T<sub>3</sub>およびT<sub>4</sub>の生成と放出も増える。ヨウ素が欠乏すると、T<sub>4</sub>の生成が不十分になる。血液中のT<sub>4</sub>の濃度が下がると、脳下垂体はTSHの排出量を増やす。TSH濃度が常に高いと、甲状腺腫としても知られる甲状腺肥大を引き起こす可能性がある（「欠乏症」の項参照）（3）。

**Figure 1. Deiodination of Thyroid Hormones**



Iodothyronine deiodinases (DIOs) are selenoenzymes that catalyze the deiodination (removal of iodine) from iodothyronines. Specifically, DIO1 and DIO2 catalyze the deiodination of thyroxine (T<sub>4</sub>) that generates the biologically active triiodothyronine (T<sub>3</sub>). DIO3 inactivates T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> by removing iodine atoms from the inner ring.

視床下部からの甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン（TRH）の分泌により、脳下垂体が甲状腺刺激ホルモン（TSH）を分泌する。これが甲状腺によるヨウ素の捕捉、甲状腺ホルモンの合成、およびT<sub>3</sub>（トリヨードチロニン）やT<sub>4</sub>（チロキシン）の放出を促進する。食物からのヨウ素の摂取が十分であると、T<sub>4</sub>やT<sub>3</sub>が適切に循環して視床下部や脳下垂体のホルモン濃度にフィードバックされ、TRHやTSHの生成を減少させる。循環しているT<sub>4</sub>の濃度が減少した際には、脳下垂体がTSHの分泌を増やす。それによりヨウ素の捕捉が増え、T<sub>3</sub>およびT<sub>4</sub>の生成と放出も増える。食事から摂取するヨウ素が欠乏すると、T<sub>4</sub>の生成が不十分になる。血液中のT<sub>4</sub>の濃度が下がると、脳下垂体はTSHの排出量を増やす。TSH濃度が常に高いと、甲状腺腫としても知られる甲状腺肥大を引き起こす可能性がある。

②

## 欠乏症

ヨウ素の欠乏は、予防可能な脳損傷の最も一般的な原因として世界中で認められている。ヨード欠乏症（IDD）の症状は、精神遅滞、甲状腺機能低下症、甲状腺腫、および様々な程度のその他の成長上や発達上の異常などを含む(1,4)。WHOは世界人口の30%以上（20億人）が、ヨウ素の栄養状態を示す尿中への排出ヨウ素濃度が100マイクログラム（ $\mu\text{g}$ ）/リットル未満で、ヨウ素の摂取が不十分であると推定している。さらに、世界中の学童期（6～12歳）の子供のうち推定31.5%（2億6,600万人）は、ヨウ素の摂取が不足している(5)。大規模な国際的取り組みの結果、ヨウ素不足の国でのヨウ素添加塩の使用などにより、1990年代にヨウ素の欠乏は劇的に是正された(6)。今日では、世界の70%の世帯がヨウ素添加塩を使用している(7)。ヨード欠乏症を根絶するための国際的取り組みについては、ヨード欠乏症国際対策機構（ICCIDD）やWHOのウェブサイトを参照されたい。

甲状腺腫である甲状腺肥大は、ヨード欠乏症の最初の最も明白な兆候の一つである。甲状腺は、持続的なTSHの刺激によって肥大する（「機能」の項参照）。軽度のヨード欠乏症では、十分な甲状腺ホルモンがこれによる反応だけで人体に供給される可能性がある。しかし、もっと重度のケースのヨード欠乏症では、甲状腺機能低下症に陥る。適切にヨウ素を摂取することで甲状腺腫の大きさは一般的に小さくなるが、甲状腺機能低下症の可逆性は個人の発育段階によって異なる。ヨード欠乏症は発育のすべての段階において悪影響を及ぼすが、発達途上の脳に最も損害を与える。成長や発達の様々な側面の制御だけでなく、出生前および産後すぐに最も活発となる中枢神経系の髄鞘形成に、甲状腺ホルモンは重要である(2,6)。

## 発育段階ごとのヨード欠乏症の影響

### 出生前の発育

胎児のヨウ素欠乏は、母体のヨウ素欠乏に起因する。母親のヨウ素欠乏による最も深刻な影響の一つが、先天性甲状腺機能低下症である。重度の先天性甲状腺機能低下症は時にクレチン病と称される症状になり、不可逆性の精神遅滞に至る可能性がある。クレチン病は2つの形態で起こるが、それらにはかなりの症状の重複が見られる。神経性の症状では、精神や身体発育の遅滞および聴覚消失が特徴で、胎児の甲状腺が機能する前に胎児に影響する母体のヨウ素欠乏の結果である。粘液水腫性または甲状腺機能低下性の症状は、低身長および精神遅滞が特徴である。甲状腺機能低下性の症状は、ヨウ素欠乏に加えてセレン欠乏を伴い（「栄養素の相互作用」の項参照）、甲状腺ホルモン生産を阻害する食事中的甲状腺腫誘発物質と関係する（「甲状腺腫誘発物質」の項参照）(8)。

### 新生児および乳児

ヨウ素欠乏地域では乳児の死亡が増え、ヨード欠乏症を治すことで子供の生存率が上がることがいくつかの研究で示されている(9)。乳児期は急速な脳の成長および発達の時期である。適切なヨウ素の摂取による十分な甲状腺ホルモンが正常な脳の発達に欠かせない。先天性甲状腺機能低下症がなくても、乳児期のヨード欠乏は、異常な脳の発達やその結果としての知的障害に至る可能性がある(10)。

### 子供および青少年

3

山田國廣著「テルルは甲状腺に蓄積し安定ヨウ素を減少  
によるヨウド欠乏症になり原発事故後の慢性原爆症を起  
こしていた」



子供や青少年のヨウ素欠乏は、しばしば甲状腺腫を伴う。甲状腺腫の発生は青少年期にピークとなり、女子に多い。ヨウ素欠乏地域の学童は、ヨウ素が十分な地域の学童に比べて学業成績が不振で、IQが低く、学習障害の発生率が高い。18の研究のメタ分析により、ヨード欠乏症だけで子供の平均IQが13.5%低下したと結論づけられた(11,12)。

## 成人

成人では、不適切なヨウ素の摂取によって、甲状腺腫や甲状腺機能低下症になる可能性がある。甲状腺機能低下症の影響は、成人の脳では子供よりも軽微であるが、甲状腺機能低下症によって応答時間が鈍化したり、精神機能が損なわれたりする(1)。甲状腺機能低下症のその他の症状としては、疲労、体重増加、寒冷不耐性、および便秘などがある。

## 妊娠および授乳

妊娠中および授乳中の女性は、ヨウ素の需要が増える（「RDA」の項参照）(6)。妊娠中のヨード欠乏症は、流産、死産、および先天性異常の発生と関係がある。しかも、妊娠中の深刻なヨード欠乏症は、出生児の先天性甲状腺機能低下症や神経認知欠損になる可能性がある（「出生前の発育」の項参照）(6,8)。ヨード欠乏症の授乳中の女性は、ヨード欠乏症の影響を特に受けやすいその子供たちに十分なヨウ素を供給できない可能性がある（「新生児および乳児」の項参照）(1)。米国甲状腺学会が推奨するように(13)、出生前に毎日150µgのヨウ素サプリメントを服用することは、米国の妊娠中および授乳中の女性がこれらの危険期に十分なヨウ素を確実に摂取することに役立つであろう。

ヨウ素の欠乏が甲状腺による血液中のヨウ素の捕捉を増加させるので、ヨード欠乏症の個人はすべての年齢で、放射線誘発性甲状腺がん（「疾病の予防」の項参照）やヨウ素に起因する甲状腺機能亢進症（「安全性」の項参照）になりやすい(1)。

## 栄養素の相互作用

セレンの欠乏がヨード欠乏症を悪化させることがある。ヨウ素は甲状腺ホルモンの合成に欠かせないが、セレンに依存する酵素（ヨードチロニンデヨージナゼ）も、チロキシン（T<sub>4</sub>）が生物学的活性を持つ甲状腺ホルモンであるトリヨードチロニン（T<sub>3</sub>）に変換されるのに必要である(6,8)。加えて、ビタミンAまたは鉄の欠乏が、ヨード欠乏症を悪化させる可能性がある(6,14)。

④

山田國廣著「テルルは甲状腺に蓄積し安定ヨウ素を減少  
によるヨウド欠乏症になり原発事故後の慢性原爆症を起  
こしていた」

## ヨード欠乏症のリスクがある個人

人は放射性ヨウ素をより多く蓄積することになるからだ。原子炉事故による放射線被曝の48時間前または8時間後以内に薬理的服用量のヨウ化カリウム（成人に50～100mg）を投与すると、甲状腺のヨウ素<sup>131</sup>Iの摂取を著しく減らすことができ、放射線誘発性甲状腺がんのリスクを減らすことができる(24)。1986年のチェルノブイリ原子炉事故後に、ポーランドで予防としてヨウ化カリウムを迅速に広範囲で使用したことが、ヨウ化カリウムによる予防が広く行われなかった放射性物質の降下地域に比べてポーランドでの子供の甲状腺がんの発生に著しい増加が見られなかったことを説明している可能性がある(25)。米国では、原子力発電所からの重大な放射性物質放出の事態における一般大衆の防護措置として、ヨウ化カリウムの使用を考慮することを原子力規制委員会（NRC）が要求している(26)。

### 疾病の治療

#### 繊維嚢胞性乳腺症

繊維嚢胞性乳腺症とは、良性の（がんでない）乳房の状態で、片方または両方の乳房にしこりや不快感があるのが特徴である。エストロゲンで治療したラットでは、ヨード欠乏症によって繊維嚢胞性乳腺症に見られるものと似た変化が現れたが、ヨウ素を再補充してやるとこれらの変化が元に戻った(27)。繊維嚢胞性乳腺症の233人の女性を対象とした非対照研究（比較群を設定しない研究）では、ヨウ素分子（I<sub>2</sub>）の水溶液を毎日体重1kgあたり0.08mgの分量で6～18ヶ月間服用することで、70%以上が痛みやその他の症状がよくなった(28)。約10%の試験参加者が副作用を報告したが、それは研究者が軽微とみなすものだった。繊維嚢胞性乳腺症を持つ56人の女性によるヨウ素分子水溶液の二重盲検プラセボ対照試験（体重1kgあたり0.07～0.09mgのI<sub>2</sub>を毎日6ヶ月間）では、ヨウ素分子水溶液を服用した女性の65%が症状の改善を報告したのに対して、プラセボを服用した女性では33%であった(28)。近年行われた胸の痛みの記録がある111人の女性の二重盲検プラセボ対照臨床試験では、ヨウ素分子（3mg/日または6mg/日）を5ヶ月間服用することで全体的に痛みが軽減した(29)。この研究では、ヨウ素分子の服用量が最も高かった女性の半数以上が胸の痛みが50%以上軽減したと自己評価したのに対して、プラセボを服用した女性では8.3%だった。繊維嚢胞性乳腺症に対するヨウ素分子の治療効果を決定するには、大規模な対照臨床試験が必要である。これらの研究で使用されたヨウ素の服用量（体重60kgで3～7mg/日）は、米国医学研究所の食品栄養委員会（FNB）が推奨する許容上限摂取量（UL）よりも数倍高く、医師の管理下でのみ使用されるべきである（「安全性」の項参照）。

# ◎甲状腺ホルモンにおけるヨウ素の役割

出典：Oregon State University, Linus Pauling Institute,微量栄養情報センター、「ヨウ素」より抜粋引用  
<https://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals.iodin>

- ①ヨウ素は甲状腺ホルモンであるT4（トリヨードチロニン）とT3（チロシン）の必須成分であり甲状腺が正常に機能するには不可欠である。
- ②人体の甲状腺ホルモンの需要にこたえるため、甲状腺は血液からヨウ素を捕捉し甲状腺ホルモンを取り込む。
- ③その甲状腺ホルモンは貯蔵され必要に応じて血液に放出され循環する。
- ④肝臓や脳といった標的組織では、生理的活性をもつT3が細胞核の甲状腺ホルモン受容体と結合して遺伝子発現を制御する。
- ⑤制御組織では脱ヨード酵素として知られているセレン含有酵素によって、量的にもっと多く循環している甲状腺ホルモンであるT4がT3に変換される。
- ⑥このようにして、甲状腺ホルモンは人体の成長、発達、代謝、生殖機能を含む多数の生理学的プロセスを制御している。
- ⑦甲状腺機能の制御は脳（視床下部）や脳下垂体も関係する複雑なプロセスである。
- ⑧視床下部からTRH（甲状腺ホルモン放出ホルモン）の分泌により、脳下垂体がTSH（甲状腺刺激ホルモン）を分泌する。
- ⑨これが甲状腺によるヨウ素の捕捉、甲状腺ホルモンの合成、およびT3,やT4の放出を促進する。
- ⑩T4やT3が適切に循環して視床下部や脳下垂体のホルモン濃度にフィードバックされ、TRHやTSHの生成を減少させる。循環しているT4の濃度が減少した際には、脳下垂体がTSHの分泌を増やす。それによりヨウ素の捕捉が増えT3およびT4の生成も増える。
- ⑪血液中のT4の濃度が下がると脳下垂体はTSHの放出量を増やし、TSH濃度が高いと甲状腺腫として知られる甲状腺肥大を起こす可能性がある。

## ◎ヨウ素の欠乏症は脳損傷、甲状腺腫、甲状腺機能低下症、甲状腺がんを起こす

出典：Oregon State University, Linus Pauling Institute,微量栄養情報センター、「ヨウ素」より抜粋引用

<https://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals.iodin>

- ①ヨウ素の欠乏は、予防可能な脳損傷の最も一般的な原因として世界的に認められている。
- ②ヨード欠乏症（IDD）の症状は、精神遅滞、甲状腺機能低下症、甲状腺腫、および様々なその他の成長上や異常などを起こす。
- ③WHOは世界人口の30%以上（20億人）が、ヨウ素の摂取が不十分であると示す尿中への排出ヨウ素濃度が100（ $\mu\text{g/l}$ ）未満で、ヨウ素の摂取が不十分であると推定している。
- ④さらに、世界中の学童期（6歳～12歳）の子供のうちすいて31.5%（2億6600万人）はヨウ素の摂取が不足している。
- ⑤甲状腺腫である甲状腺肥大は、ヨード欠乏症の最も明白な兆候の一つである。甲状腺は持続的なTSHの刺激により肥大する。
- ⑥もっと重度のケースのヨード欠乏では、甲状腺機能低下症に陥る。適切にヨウ素を摂取することで甲状腺腫の大きさは一般的には小さくなるが、甲状腺機能低下症の可逆性は個人の発達段階により異なる。
- ⑦ヨード欠乏症は発達のすべての段階において悪影響を及ぼすが発達途上の脳に最も損害を与える。
- ⑧成長や発達の様々な側面の製氷だけでなく、出生前および産後すぐに最も活発となる中枢神経の髄鞘形成に、甲状腺ホルモンは重要である。
- ⑨ヨウ素の欠乏が甲状腺による血液中のヨウ素捕捉を増加させるので、ヨード欠乏症の個人はすべての年齢で放射線誘発ガンになりやすい。

## ◎ 「ヨード欠乏症の人の放射線誘発甲状腺がん」について

出典：Oregon State University, Linus Pauling Institute, 微量栄養情報センター、「ヨウ素」より抜粋引用  
<https://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals.iodin>

- ①放射性ヨウ素、とくにI-131は、原子炉事故の結果として環境中に放出されることがある。放射しヨウ素の甲状腺への蓄積は、とくに子どもで甲状腺がんのリスクを高める。
- ②ヨウ素欠乏状態で甲状腺のヨウ素捕捉活動が高まると放射性ヨウ素 (I-131)の甲状腺への蓄積が増えることになる。
- ③したがって、ヨード欠乏症の個人は放射線誘発甲状腺がん発症の危険性が高まる。なぜなら、そいした個人は放射性ヨウ素をより多く蓄積することになるからだ。
- ④原子炉事故による放射線被ばくの48時間前または8時間後以内に薬理的服用量のヨウ化カリウム (成人は50~100mg)を投与すると、甲状腺へのI-131の摂取を著しく減らすことができ、放射線誘発性甲状腺がんのリスクを減らすことができる。
- ⑤1986年のチェルノブイリ原子炉事故に、ポーランドで予防としてヨウ化カリウムを迅速に広範囲で使用したことが、予防が広く行われなかつた放射線物質の他の降下地域に比べて、ポーランドでの子どもの甲状腺がんの発生に著しい増加が見られなかったことを説明している。
- ⑥米国では、原子力発電所からの重大な放射性物質放出の事態における一般大衆の防護措置として、ヨウ化カリウムの使用を考慮することえをNRC (原子力規制委員会) が要求している。

◎Te-132（半減期3.3日）とI-132（半減期2時間）親子関係であり、Te-132で甲状腺蓄積し、安定ヨウ素が減少したヨウド欠乏状態の甲状腺にTe-132から改変したI-132が蓄積してベータ線により甲状腺がんを引き起こす。

テルルとヨウ素の甲状腺に対する複合汚染現象⇒親核種Te-132から娘核種I-132への過渡平衡状態の崩壊によるI-132の時間変化  
親核種Te-132から娘核種I-132への崩壊は過渡平衡である。そのときのTe-132,I-132の時間変化

- 注1：Te-132の当初放射能は100Bqとする  
。注2：I-132は当初ゼロであるが12時間後に最大値になり、その後は親核種Te-132より1.013倍に値で平衡状態になりTe-132に半減期に従って減衰する。  
注3：初期被爆の1週間が重要で、I-132は半減期が2.3時間であるにもかかわらず、Te-132の過渡平衡関係から1週間後でも初期ピーク放射能の20%レベルを記録する。

