

原発事故後のヨウ素予防ガイドライン（1999年更新）

WHO ジュネーブ 1999

概要

緊急時対応の介入レベルは各国当局が決定するものであるが、最新の情報は、18歳までの小児に対する安定ヨウ素の投与指標は 10mGy とするべきことを示唆している。これは、電離放射線に対する防護および放射線源の安全性に関する国際的な基本安全基準の 1/10 である。

40歳以上の成人では、吸入による甲状腺への線量が甲状腺機能を脅かすレベルを超えると予想されない限り、安定ヨウ素による予防は推奨されないとされている。これは、この年代における放射線を原因とする甲状腺癌のリスクが非常に低い一方、副作用のリスクは年齢とともに増加するためである。安定ヨウ素の投与については、リスクと便益のバランスに関する最新情報を適切に考慮する必要がある。これは、実現できるのであれば、安定ヨウ素が EPZ（緊急計画区域）よりもはるかに広い範囲で備蓄され、その購入が国家の計画の一部とされるべきことを示唆している。

キーワード

ヨウ素 - 治療的使用
放射線障害 - 予防と管理
災害対策
甲状腺 - 生理学
ガイドライン

(中略)

目次

(略)

序文

1989 年、WHO ヨーロッパ地方事務所は、チェルノブイリの事故を受けて、原子力事故後のヨウ素予防のガイドラインを発表した。しかし、これは 1991 年にベラルーシで最初に報

告された小児甲状腺癌の有意な増加（1992年に地方事務所からの依頼によって確認された）よりも前のことだった。

チェルノブイリ事故に伴うヨウ素 131 の地盤汚染の広がりは予想外のことで、その半減期が比較的短いこともある。1989 年の段階では完全には理解されていなかった。今や、ベラルーシ南部、ウクライナ北部、ロシア連邦最東部に住むおよそ 230 万人の子どもがかなりの量の放射性ヨウ素にさらされていることは明白である。事故後 15 年以内で、1000 例以上の甲状腺癌（おそらくはこの放射能が環境に放出されたことによるもの）が出るという結果が表れた。

安定ヨウ素剤を広く投与するべきとする決定は、害よりも多くの利益が達成されるのが確実である場合にのみ行わなければならない。この点で、大規模に安定ヨウ素剤による予防を実施した（1000 万人の子どもに 1700 万回の投与を行った）ポーランドの経験は、これらのガイドラインの決定のために副作用を評価する上で重要であった。

これらのガイドラインは、関連分野の幅広い専門家との協議に基づいており、4 つの甲状腺関連団体のうち 3 つによって承認されている。

発癌性のある放射線に対する子どもの甲状腺の敏感さは、放射性ヨウ素に被曝した場合の重大な健康上のリスクとなる。効果的な計画と安定ヨウ素剤の投与により、他の予防措置とも併せて、このリスクの大部分を軽減することができる。

リチャード・ヘルマー博士
ディレクター
人間環境保護
持続可能な開発と健康環境
WHO 本部

はじめに

1989 年、WHO ヨーロッパ地方事務所は、スイスと英国の 2 か国の主導で原子力事故後のヨウ素予防ガイドラインを発表した。このガイドラインは、ワークショッピングの議論と専門家のコメントに基づいており、原子力緊急事態時に適用されるヨウ素剤予防のあらゆる側面に関する信頼できる実践的指針を提供した。

1991 年、ベラルーシ、ロシア連邦、ウクライナで小児期の甲状腺癌の顕著な増加傾向が初めて明らかになった。これらはチェルノブイリに最も近い国々であった。事の重大さが

誰の目にも明らかになり、事故の直後にポーランドの小児集団に安定ヨウ素剤を投与した結果が入手可能になったとき、WHO は小規模な専門家グループ（1）を招集してガイドラインの改訂の必要性を提言した。その結果、その専門家グループの会議で出された意見に基づき、2人の顧問が改訂文書を作成するよう求められた。ジュネーブの WHO 本部とウィーンの国際原子力機関（IAEA）との協議の結果、何人かの専門家が相談を受けた（2）。その答申は、顧問、WHO および IAEA 事務局によってレビューされ、ガイドラインはそれに従って改定された。このガイドラインの最終的な正式レビューは、1998 年 9 月に米国オレゴン州ポートランドで開催された米国甲状腺協会（American Thyroid Association）の会合に関連して行われた（3）。4つの甲状腺関連団体のそれぞれに 2 名の専門家を指名するよう要請し、IAEA は 2 名の追加の参加者を指名した。オレゴンの会議の後、各地域の甲状腺関連団体はガイドラインに従うように要請され、3 者（ETA, OATA, LATS）がそれに同意した。

研究グループは、甲状腺癌増加の報告を受け、放射線誘発性甲状腺癌と被曝時の年齢との関係性において多くの進歩を得た。1999 年に改訂された原子力事故後のヨウ素剤予防のためのガイドラインでは、市民の健康を守るために、被曝時に 18 歳歳以下の小児および若年者であった場合、大人より低用量で介入する必要があることが明らかになった。対照的に、甲状腺癌のリスクが未成年者より低く副作用のリスクがより高い高齢者の場合は、ヨウ素剤予防を行う利益がほとんどない。改訂されたガイドラインでは、若者から高齢者まで潜在的に放射性ヨウ素に被曝している状況において、年齢に関わりなく、市民の健康のため 100 mGy の一般的介入レベルを適用するという以前のものとは違っている。

したがって、本文書は、1989 年に欧州 WHO 地域事務所が発した提言に対する正式な更新文書である。

この文書の狙いと目的は、

- 公衆衛生の観点から
 - 事故や緊急事態において環境に放出される放射性ヨウ素の甲状腺による摂取を阻止するための安定したヨウ素予防の利益とリスクの現在の評価を要約する。
 - 公衆衛生上の措置として、様々な集団に対する安定ヨウ素の投与のための適切な投薬量および禁忌に関する情報を提供すること。
- 緊急時の準備の観点から
 - そのような緊急時の管理を支援する。そして
 - 安定ヨウ素の貯蔵および分配の実用的な側面について指針を与える。

この文書の潜在的読者層には以下を含む。

- 公衆衛生当局および国内および地方レベルの医師

- ・ 原子力緊急計画担当者、緊急管理職員
- ・ 緊急援助管理者
- ・ 民間防衛職員

この文書の目的は、甲状腺の放射線防護の状況において、特に原子力事故に対する緊急時対応の準備の一環として、安定ヨウ素予防の使用に関する最新の情報を利用可能にすることである。甲状腺疾患の診断と治療のための放射性ヨウ素の日常的な医療用途には影響がないことを強調すべきである。

この文書の発行に当たり、世界保健機関（WHO）は、将来のさらなる助言を求める専門家および機関からのコメントを歓迎する。

1. 導入部

厳格な安全システムにもかかわらず、原子炉には炉心の燃料の過熱または融解に繋がる可能性がある事故が起こる可能性が残る。そのような出来事が起こることがあれば、放射性核分裂物質が周囲に放出される可能性がある。人体が放射能に晒される可能性は放出される様々な放射性核種の量や、その散乱に影響する気象学的状況、また放出された放射性物質の堆積、人間的及び環境的因素、そしてあらゆる防護活動の効果によって左右される。

防護活動は次の目的で行われる。(1) 高い程度の放射線被曝からといわれる確定的影響（たとえば甲状腺機能低下症など）を防止する、あるいは(2) 合理的に達成可能な程度に低い放射線被曝からの確率的影響（たとえば甲状腺癌や良性結節など）のリスクを削減する。しかしながら、事故の兆候の途中もしくは直後には潜在的な人体の放射線被曝の程度及び範囲に関する大きな不確定要素がある。原子炉の近くにいる人物を確定的影響から効果的に保護するために、施設の状況に基づき、また潜在的な放出が起こる前に、約 5km 圏内までのごく近傍にいる人物のために予防的な防護活動が施行されることが通常は予定される。放出が始まった場合、人体に対する推定リスクを限定するのに役立つ可能性がある測定を行うことができる。それにもかかわらず、損傷した原子炉からの放出の時間的変動や期間、その散布、また続いて起こる遠くにいる人体に対する線量を正確に予測することは非常に難しい。放出が止まった後、その後の防護活動のための基礎を正確に確定するために、堆積の測定及び食品中の放射線物質の濃度の測定を行うことができる。

迅速かつ首尾一貫し、また適切な対応を行うために、国の機関は緊急計画を用意する。この計画は放出の潜在的な等級及び可能性、また原子炉からの距離を考慮する。同計画は決断や防護活動のための責任及び機関を設定し、また詳細にわたる緊急対応計画を準備するにあたり使用可能である多様な防護活動のためのいわゆる干渉の程度の采配を振るうものもある。多様な防護活動のための詳細にわたる計画には人体の放射線被曝を削減できる屋内退避や避難、放射線物質の摂取を制限する食品や農業における対抗策、そして安定

ヨウ素予防法が含まれる。

ヨウ素のアイソトープ（テルル 132 (132Te) の分裂に起因するものも含む 131I、132I、また 133I。半減期の表については付属 1 を参照すること）が深刻な事故からの放出の重要な部分となる可能性が高い。放射性ヨードは（吸引及び摂取からの）外的被曝及び内的被曝を発生させる可能性がある。安定ヨウ素予防法は防護活動である。これのために全体的な救急対応計画の一部として準備の手配を行うことができる。特に放射性ヨウ素の吸引及び摂取による内的被曝に対して保護力を発揮する可能性がある。

「ヨウ素予防法」という言い回しは放射線事故の後に放射性ヨウ素の摂取を阻止することに言及しており、ヨウ素の食事摂取の欠乏を是正するものではない。

放射性ヨウ素に対する短期的な予防法のための計画は、ヨウ素の食事摂取状態に影響されるべきではない。ヨウ素の食事摂取の欠乏は甲状腺における放射性ヨウ素の摂取を増加させる。しかしながら、通常のヨウ素状態は、放射線緊急事態の場合の即座の安定ヨウ素予防法の必要性を減少させることはない。ヨウ素欠乏分野による食事摂取によるヨウ素の摂取はそれ自体重要であり、安定ヨウ素予防法の計画の必要性を除去することはない。

2. 放射性ヨウ素からの放射能リスク

2.1 放射性ヨウ素の被曝

放射性ヨウ素は、他放射性核種と並び、地面、皮膚及び衣服の上に散布された放射性雲に存在する放射性物質からの外部被ばくを引き起こす。放射性ヨウ素の場合、大きな懸念は吸入及び摂取に続く甲状腺での内部被ばくである。これは汚染された大気の吸入、また汚染された食品や飲料の摂取を通して起こる。皮膚からの吸收も可能性のある経路ではあるが、吸入に比べればごく微量である。

2.2 確定的及び確率的影響

甲状腺被曝からの確定的影响は甲状腺機能低下症及び急性甲状腺炎である。確率的影响は甲状腺被曝を通しての甲状腺癌及び良性の甲状腺結節である。

甲状腺における放射性ヨウ素の選択的及び急速な濃縮及び保持は、甲状腺癌及び良性結節、また線量が多い時には甲状腺機能低下症のリスクの増加に繋がる甲状腺の内部被ばくを結果として引き起こす。これらのリスクは安定ヨウ素予防法の適切な施行により削減あるいは防止することができる。

甲状腺機能低下症は甲状腺に対する数グレイあるいはそれ以上の放射線線量が原因で起

くる。それほど大きな線量は、実際問題として、事故的放出地点付近のみでの吸引を通して引き起こされうる。そのような場合には、他放射線核種からの被曝もまた大きくなる可能性が高いため、計画には通常、人口を退避あるいは避難させる選択肢が含まれ、また安定ヨウ素がこれらの活動の有用な付属物となる可能性がある。

確率的影響の可能性のみが懸念の原因である地域においては、吸引または摂取による被曝による放射性ヨウ素の被曝の可能性が表 1 に示される程度の参考に近づくことが予想され、また避難あるいは食品及びミルクによるコントロールによって予防できない場合には、繊細な人口グループのための安定ヨウ素予防法が考慮されるべきである。深刻な事故においては、事故現場からかなり遠く離れた地域でもそのような状況が起こる可能性がある。

汚染された食品、特にミルクの摂取による吸収は食物連鎖への散布及び移行の後に始まる。なんらかの対抗策がない場合、摂取が放射性ヨウ素の内的放射線被曝を受ける主要な経路である可能性が高い。被曝は長期間継続する可能性が高く、またより幅広い範囲にわたり、吸引による被曝よりもより大きな人口に影響する。

2.3 チェルノブイリ事故からの経験

チェルノブイリ事故からの放射性降下物の被曝を受けた子どもに著しく多い数の甲状腺癌が発生したという証拠が実証された (1-10)。ベラルーシの最も影響を受けた地域では、年間発生率は子ども 100 万人中 100 人近くにまで上った。これは事故の前と比べて 100 倍以上である。現在では概して、この過剰な数は事故で放出された放射性ヨウ素の被曝を受けた結果であると認められている。より短期的なヨウ素アイソトープ及び ^{132}Te がいくつかの事例では吸引線量に著しく貢献した可能性があるものの、甲状腺への線量が最も多く部分では ^{131}I であった。

表 1 安定ヨウ素剤予防の計画における考慮すべき異なる集団の参照レベル^a

人口集団	考慮すべき曝露経路	参照レベル
新生児、乳児、子供、18 歳までの青少年と妊娠授乳中の女性	吸入 (及び摂取 ^b)	10mGy ^c 甲状腺への可逆線量
40 歳までの大人	吸入	100mGy ^c 甲状腺への可逆線量
40 歳を超える大人	吸入	5GY ^d 甲状腺への計画線量

a これらの理想的と考えられるレベルは、リアルタイムで未知量の多くの放射性核種を含む事故に対応するための計画の実用性を考慮していない。この理由のため、100mGy の一

般的介入レベルが基本安全基準として設定されてきた。それにもかかわらず、これは特定の年齢グループにヨウ素予防法の実施を計画する実用性を考慮する必要性を排除するものではない。

- b 代価的な供給が入手可能でない場合の子どもによるミルクの摂取。
- c これらの値はあらゆる年齢グループのための線量が確定的影響の発端よりも十分に下となることを確証するものである。
- d このグループのための介入は甲状腺への確定的影響の防止を確証するために取られる。基本安全基準で確定的影響のために推薦されるのは 5Gy である。

チェルノブイリ事故に続いて甲状腺に数 Gy の線量を蓄積した子どもの数は数千人に上った。それにもかかわらず、甲状腺癌を発症したほとんどの子どもが受けた推定線量は 300mGy 以下だった (8)。子どもにおける甲状腺の平均被曝量が 50~100mGy と推定される場所さえ、過剰な数の甲状腺癌事例が見られた (9)。事例の増加は事故現場から 500km 離れた場所でまで記録されている。広い範囲が放射性ヨウ素による影響を受け、また多数の子どもが被曝したという意味では、もっともなことである。

チェルノブイリ事件はそのため、放射性ヨウ素の著しい被曝は現場から何百 km も離れた、緊急計画地帯を超えた場所でも起こりうることを実証した。事故現場からの距離に基づく安定ヨウ素予防法のための必要条件にはっきりとした区別を設けることができる。たとえば、ヨーロッパのほとんどの地域は、吸引または摂取された放射性ヨウ素に対する安定ヨウ素予防法の必要性の可能性を排除できるほど原子炉から非常に遠くに位置している。

チェルノブイリ事件から得られたもう一つの重要な見識は、安定ヨウ素からの副作用に関するものである。ポーランドでは、安定ヨウ素が単回、1000 万人の子どもにあたえられた (11)。胃腸部に対する影響や軽度の皮膚発疹が報告されたものの、深刻な副作用は見られなかった。30mg のヨウ化カリウムを投与された生後 2 日以内の新生児のうち、0.37% (12 人の新生児)において、無血清チロキシン (T4) を伴う一時的な血清甲状腺刺激ホルモン (TSH) の増加が見られた。この一時的な甲状腺抑制の結果、何が起こるかは現在に至るまでわかっていない。700 万人の成人が推奨されていないにもかかわらず安定ヨウ素を摂取した。その中から観察された有害反応はたったの 2 件であり、これはどちらもヨウ素アレルギーを持つ人においてであった。要約すると、単回のヨウ素からの深刻な副作用は子ども 1000 万人に 1 人であり、成人では 100 万人に 1 人である。

2.4 癌のリスクの推定

外的放射線照射に被曝した人口の放射線被曝に起因する甲状腺癌のリスクの推定が行われた。放射線防護国家評議会（NCRP）によると⁽¹²⁾、過剰絶対リスク（EAR）は18歳未満一人あたり毎年 $2.5 \times 10^{-4}/\text{Gy}$ の被曝である。成人では毎年のリスクはこの値の半分の数値である。

成人の生涯を通してのリスクは、リスクに晒される年数が少なくなるために子どもの4分の1となる。5件のコホート研究を含む統合解析に基づく最新の推定では、15歳未満で被曝した場合、一人あたり毎年 $4.4 \times 10^{-4}/\text{Gy}$ のEARとされている⁽¹³⁾。同研究は相関的リスクが被曝する時の年齢に著しく左右され、年齢の低い子どもが年齢の高い子どもよりも非常に高いリスクにあることを示唆している。広島及び長崎の原爆被害者の生涯を通しての研究から、20歳以上でのリスクはほとんどなく、また40歳以上での被曝では実質リスクがなかったことが知られている⁽¹⁴⁾。

医療用途における放射性ヨウ素への内部曝露は、成人において甲状腺癌を引き起こすことは示されていない一方で、子どもにおける事例での臨床経験は非常に限られている。チェルノブイリ事件からの経験はリスクが現実のものであることを証明している。成人における外的放射線及び^{131I}に対する甲状腺の感度は極めて小さく、また高齢者においては感度がないようではあるが、幼児における感度は高い。

チェルノブイリ事件によって最も影響を受けた三カ国であるベラルーシ、ウクライナ、ロシア連邦の結合されたデータに基づく最近の線量反応分析によると、被曝時に0～15歳までだった者のリスクは統合解析のものと信頼区間が95%重複する一年あたり $2.3 \times 10^{-4}/\text{Gy}$ だった⁽¹³⁾⁽⁹⁾。より最近、ベラルーシのゴメルにおける甲状腺癌事例の年次推移⁽¹⁰⁾は、外的被曝からのリスク推定は過剰な事例の増加はすぐに平坦域に達するというゴメルからのリスク推定と一貫していると結論づけた。リスクが40～50年間変わらずに継続する場合には、生涯を通しての癌のリスクは約1%/Gyとなる。

そのため、緊急計画及び対応における公衆衛生目的のためには、X線及び^{131I}からの放射線の間の発癌作用影響があると推測することが賢明である。

放射線誘発の甲状腺癌は、適切に治療されれば致死率は高くないものの、些細な病気ではない。これは著しい病的状態を引き起こすものであり、治療は生涯に渡り、また保健医療システムに多大な負荷をかけることになる。

3. 予防対策としての安定ヨウ素予防法

3.1 安定ヨウ素投与のための理論的根拠

放射性ヨウ素の摂取の前、もしくは直後に投与された安定ヨウ素は、甲状腺における放射性ヨウ素の堆積を防止あるいは削減することができる。

吸引による放射性ヨウ素の摂取は放射性雲がその場所に到着した時に始まり、雲が通過する間継続する。安定ヨウ素予防法を施行する行動、またそれによって甲状腺への線量を減少させることができることが迅速に必要となる。その決定はおそらく、甲状腺への予測線量を計算するための信頼できるデータが入手可能でない中で下されなければならないと思われる。

安定ヨウ素は汚染された食物から摂取された放射性ヨウ素に対する予防策としても使用できる可能性がある。しかしながら、ヨウ素の摂取からの被曝のリスクは長期間継続するため、ヨウ素予防法もまたより長期的に必要となり、繰り返し服用する必要が出てくる。複数回の服用からの副作用の確率は高くなるが、その頻度は知られていない。子どもにおいてはおそらく低いと思われるが、成人においては、特に食物摂取によるヨウ素欠乏がある場合には高い可能性がある。

摂取による被曝は、汚染された牧草地から牧草を食べる動物を除去するなどの農業上の対策か、または農作物に適切なコントロールを課すことにより著しく削減することができる。概して食品のコントロールは実施するのが格段に簡単で、また集約的服用を減少させることにおいて安定ヨウ素予防法よりも長期的に見てより効果的である。そのため、農業上または食品のコントロール対応措置の方が安定ヨウ素の繰り返しの服用よりも望ましい。

3.2 安定ヨウ素からの副作用：一般的考察

安定ヨウ素剤を投与することによって、特にヨウ素が欠乏している地域では、甲状腺に副作用が発生する可能性がある。自己免疫性甲状腺炎、グレーヴス病、結節性甲状腺腫のように甲状腺疾患と関連したリスクの増加がある。そのような障害は成人や高齢者人口においては普通のことであるものの、幼児においては比較的稀である。新生児において甲状腺が塞がれるリスクには特別に注意を払うべきであり、下記にさらに詳細に説明される。

胃腸部の影響、または過敏症影響など身体の他部分に発生する副作用は発生する可能性はあるものの一般的には穏やかで、その重要性は低いと考えられる可能性がある。

疱疹状皮膚炎や低補体血症性血管炎には深刻な過敏症影響を必然的に伴う。

上記の段落 2.3 で引用されるポーランドの経験は、安定ヨウ素の単回投与による深刻な副作用が最低限(子ども 100 万人に 1 人以下及び成人 100 万人に 1 人以下) であることを証明した。しかしながら、繰り返しての服用に関しては信頼できる副作用の数字的推定のた

めに使用することができる直接的な人間による経験はない。

3.3 被曝人口グループの考慮

被曝した人口グループは、与えられた放射線線量からの放射線に起因する甲状腺癌のリスクにおいて著しく異なっていた。新生児、幼児及び小児は最も過敏なグループである。安定ヨウ素予防法からの副作用のリスクもまた、最新の経験を鑑みると概して小さいものの、異なっている。これらの差異のため、安定ヨウ素予防法のための計画を決定する際には被曝した可能性がある人口グループを別個に考慮することが重要である。

一般的に、ヨウ素予防法の潜在的な利益は若年者においてより大きいが、これは第一に甲状腺の大きさが小さいことで、個体あたりの放射性ヨウ素の各摂取につき、より高い放射線線量が堆積されるためである。第二に、胎児、新生児、また幼い幼児の甲状腺は成人の甲状腺よりも高い個体あたりの毎年の甲状腺リスクを持ち、第三に、若者には増加する癌のリスクを表すより長い時間があるからだ。

それぞれの放射線線量はあらゆる被曝グループの中でもまた著しく異なる。吸入による放射性ヨウ素の吸収は呼吸率によって影響され、また摂取による吸収は食習慣によって影響される。

下記では、放射能被曝からのリスクと安定ヨウ素予防法からのリスクがそれぞれ多様な人口グループについてさらに詳細にわたって調査される。

妊娠中の女性

妊娠中、特に妊娠第一期の間に母の甲状腺が刺激される。甲状腺によって吸収された微量の放射性ヨウ素は他の成人に比べて増加した。そのため、妊娠中の女性の甲状腺を保護する必要性は高い。

妊娠第二及び第三期の間、発達中の胎児の甲状腺はますます多い量を吸収し、貯蔵する。ヨウ素は胎盤を容易に通過するため、妊娠第一期の後、胎児の甲状腺は胎盤を通して放射性ヨウ素に晒される可能性があるが、母が摂取する安定ヨウ素によって保護されることもまた可能である。しかしながら、特に生来の食事上のヨウ素欠乏が伴う分野においては特に、安定ヨウ素の長期的な過剰な摂取によって胎児の甲状腺の機能が阻害されることも念頭に置く必要がある。

上記に概説されるように妊娠期の間の生理学上の違いはあるものの、実際問題として実体的な問題を作り出すことがある介入の異なる方針が用意される必要はない。妊娠の時期

を通して、安定ヨウ素の用量は吸入される放射性ヨウ素に対して十分な保護を提供する必要最低限に保たれるべきである。一度や二度の安定ヨウ素の摂取で否定的な結果を予期することはない。しかしながら、食事のヨウ素欠乏を伴う分野においては特に、長期にわたる投与は母体または胎児の甲状腺阻害につながる可能性があり、これは胎児の発達に影響を及ぼす可能性がある。そのため、これを避けることが重要である。安定ヨウ素の繰り返しの投与を暗示する放射性ヨウ素の摂取に対して保護するために、汚染されていないミルクの支給など、適切な食品コントロール方策が優先されなければならない。

安定ヨウ素が妊娠の後期に与えられた場合、新生児の甲状腺の機能を観察する必要があるが、これはほとんどの国ですでに行われている定期的な検査プログラムによって満たされると考えられる。甲状腺機能亢進症を持つ妊娠中の女性は、死に至る可能性がある甲状腺の阻害のリスクがあるため、安定ヨウ素を摂取してはならない。

新生児

新生児は安定ヨウ素予防法の施行について決定を下す際に、最も重大な懸念があるグループである可能性が高い。生後数日間、新生児は放射性ヨウ素及び安定ヨウ素の過剰投与による甲状腺機能の阻害の両方の特別高いリスクに晒されている。

出生後、甲状腺の活動は劇的に増加し、これは数日間のみ続く。この重要な段階で甲状腺の中に結合される微量の放射性ヨウ素は他の年齢グループよりも 4 倍も多いことがある(15)。その一方で、この時期には甲状腺は、安定ヨウ素の過剰投与が原因として起こる機能の阻害に対する感度が特に高い。甲状腺阻害の発達に最も重要な時期の継続期間は早産の新生児においても 1 週間以内である。脳の発達に重要な期間中に起こる一過性甲状腺機能低下症でさえ、知的能力の喪失につながることがある(16)。しかしながら、神経に関する知的発育に有害な影響を与える可能性は、段落 2.3 で言及されているポーランドの研究では確認されなかった。

指示されている場合、ヨウ化カリウム (KI) の形をとる安定ヨウ素がただちに全ての新生児に投与される。投与量は非常に重要である。ヨウ素 12.5mg の単一投与 (16mg KI) を超えることがあってはならない。安定ヨウ素が与えられる場合、厳重な観察が不可欠である。

KI 溶剤は妊産婦病院で即座に入手可能であるべきである。これはまだ病棟にいる重要な新生児のグループへの即座かつ正確な投与量を可能にする。数日後には甲状腺機能の阻害のための感度は減退し、錠剤を分け、碎いてミルクか水に懸濁することによって投与を家庭で行ってもよい。生後 1 週間に安定ヨウ素を投与されてきた幼児においては、TSH レベル

及び、指示がある場合には T4 レベルの監視及び適切な置換治療が行われる。

幼児、児童及び青年（1 カ月から 18 歳）

これらのグループの放射性要素の被曝からのリスクは高いが、安定ヨウ素からの被曝のリスクは非常に低い。言及された状況での放射性ヨウ素からの甲状腺への線量は、甲状腺の大きさが小さく、またより小さな呼吸量によって部分的にしか置き換えられないため、成人よりもこのグループの方が高い。吸入からの最も多い線量は成人に比べて 3 倍までに上り、これは 3 歳ぐらいの幼児においてである。摂取からの線量は、このグループ内の甲状腺の質量と関連して概してミルクの消費が多いことを理由として、成人と比べて何倍か高い可能性がある。緊急計画及び所定の業務介入程度に基づき介入が決定される際、安定ヨウ素はただちに全児童に与えられるべきである。呼吸を通しての放射性ヨウ素の摂取が長引いた場合、推奨される単一ヨウ素用量（例：表 2）は毎日繰り返される。これはおそらく有害である可能性はない。しかしながら、最初の服用に対して皮膚反応を見せてている児童においては、安定ヨウ素投与は繰り返し行われるべきではない。

表 2. 年齢に応じた安定したヨウ素の単回投与量

年齢層	ヨウ素の量(mg)	ヨウ化カリウムの量(mg)	ヨウ素酸カリウムの量(mg)	錠剤(100mg)の数
大人と 12 歳以上の青年	100	130	170	1
3 ~ 12 歳の子ども	50	65	85	1/2
1 月 ~ 3 歳の幼児	25	32	42	1/4
1 月までの新生児	12.5	16	21	1/8

概して、食料品の適切なコントロールが放射性ヨウ素の摂取に対する予防策として優先されるべきである。これが可能でない例外的な事例、もしくはミルクなどの不可欠な栄養欠乏につながる場合においては、このグループには必要に応じて安定ヨウ素の毎日の服用を伴う予防法を数日間、もしくは数週間継続する。

授乳中の母親

ヨウ素は母乳に積極的に運ばれる。母親が摂取したヨウ素の 4 分の 1 ほどが 24 時間以内に母乳の中に混ざり込む可能性がある (17)。過剰な量の安定ヨウ素は、その移動を一定量阻止することがある。しかしながら、乳児が安定ヨウ素を投与された場合、母乳に入っている放射性ヨウ素からその翌日保護されることになる。そのため、授乳中の母親のための安定ヨウ素予防法は、女性自身を保護するために他の若い成人のためのものと同様の条件

によって決定してもよい。繰り返しの服用は避けるべきである。

40歳以下の成人

若い成人の放射線に起因する甲状腺癌のリスクは低い（14）。その一方で、安定ヨウ素の単一用量からの深刻な副作用のリスクもまた低い。介入が決定された場合、単一用量としての安定ヨウ素はこのグループに与えることができる。介入のための用量基準は、実際問題としては子どものためのものよりも著しく高い。禁忌症（既知のヨウ素アレルギー、現在または過去の何らかの甲状腺疾患、疱疹状皮膚炎、低補体血症性血管炎）を考慮に入れるのもまた重要となる。

副作用のリスクが増加するため、摂取された放射性ヨウ素に対する保護のための安定ヨウ素の繰り返しの服用はこのグループについては示唆されていない。食品の適切なコントロールもまた、子どもよりも成人のための方が簡単であるかもしれない。成人はたとえば、汚染期間の間栄養的な影響を恐れることなく完全にミルクを飲むのを控えることができる。

40歳以上の成人

このグループにおける放射線に起因する甲状腺癌はおそらく非常に低く、ゼロである可能性さえある（14）。安定ヨウ素からの副作用のリスクは、甲状腺疾患の事例が増えるために年齢が上がるにつれて増加する。呼吸からの甲状腺への線量が甲状腺の機能を脅かす5Gyほどの量までに増加しない限り、安定ヨウ素予防法はこのグループに対しては指示されていない。そのような放射線線量は事故現場から遠く離れた場所では起こらない（例：段落2.2）。

4. 安定ヨウ素予防法の実施

4.1 介入レベル

放射線防護の基本原理によると、深刻な確定的影響が見積もられる、もしくは高い個別の確率的影響がある場合には大衆を保護する介入レベルが実行されるべきである。また、防護活動は害よりも効果を達成し、確率的影響のリスクを合理的に達成可能であるまでに削減するべきである。

安定ヨウ素予防法の開始は一般的に緊急計画で特定される所定の状況に基づいて決定される。これらの状況には事故の分類及び反応を引き起こす測定可能な段階が含まれることがある。これらの状況及び段階は、部分的にはいわゆる介入レベルに基づいてあらかじめ計算されている。回避線量は所定の防護活動によって保護される線量として定義されている。この場合には、安定ヨウ素予防法に伴い予期される線量と、それなしで予期される線量の間の差異である。対電離放射線及び放射線源の安全性のための国際基礎安全基準（18）

では、全年齢グループについて 100mGy の一般的な介入レベルの回避線量が推奨されている。

この一般的な推奨にもかかわらず、詳細な緊急計画を開発する際には、異なる年齢グループに異なるリスク、また安定ヨウ素予防法の差別的投与の可能性を考慮することが適切である。それによって、児童の安定ヨウ素のさらに高い必要性、また高齢者のさらに大きい副作用のリスクに個別に対処することができる。緊急計画はまた、退避、避難及び食品コントロールのための計画をも補完し、また配布に関与するあらゆる労働者への線量を考慮する必要がある。

短期間の安定ヨウ素予防法は現在最低限であると知られているため、予防法を計画する決定は、主に社会的及び経済的経費に左右される。戦略現場の安定ヨウ素の事前配布が行われ、ヨウ素錠剤にすぐにアクセスできる限り、経費は低くなる。どちらにしても、ヨウ素予防法が人口グループに対して提供する可能性がある安心感や不安など、ヨウ素予防法の精神的結果に配慮がなされる必要がある。

4.2 安定ヨウ素を摂取するリスクと利益のバランス

被曝した児童の人生を通しての癌のリスクは 1%／Gy (see section 2.4) であり、安定ヨウ素の単一投与からの深刻な副作用のリスクは 10⁻⁷ である。それゆえに、リスクは 0.01mGy ほどの少ない回避線量で利益解析（他要因を無視して）と同等となる。実際には、これは介入レベルを決定する際に深刻な副作用は無視してもよいことを意味している。皮膚発疹または胃腸の不調など、安定ヨウ素予防法からの軽度の副作用は大きな問題となることはない。

深刻な事故の想定、または段落 2.4 の引用される児童のためのリスク想定及び 100mGy の一般的介入レベルを適用するにあたっては、年齢グループに関係なく、最も被曝を受けた甲状腺癌の発生は毎年 100 万人中 20～50 人ほどである。これは、自然に発生する小児甲状腺癌は毎年約 100 万人中 1 人という背景と照らし合わせて見られなければならない。これに対応する生涯を通してのリスクは全児童について 0.1～0.3% であり、年齢がより低く、感度が高い年齢においてはこの値はさらに高くなる。一方で、甲状腺への 10mGy という放射線線量の年齢に特有の介入レベルを適応すると、最も重度の被曝を受けた人の中での甲状腺癌の事例は、毎年 100 万人あたり 2～5 件多く、一般的に発生する背景的事例と比べてそれでも何倍かの増加である。それに対応する個別の障害を通してのリスクは 1-3×10⁻⁴ ほどの値にもなる。

小児期に被曝した人の中での甲状腺癌の確立した比較的高いリスクの観点でいうと、児童のための安定ヨウ素予防法のための計画は、理想的には一般介入レベルの 10 分の 1 と考

慮されるべきであり、これは甲状腺の 10mGy 回避線量である。このレベルは妊娠中の女性のためにもまた適切である。

現実の緊急事態においては回避線量がひどく過大に評価されていたとしても、安定ヨウ素投与から著しい健康面での危険が結果として生まれることはない。

成人における 131I からの発癌作用は現時点では確認されていないため、成人のための対応するリスク利益解析を行うことは現在まで可能ではなかった。しかしながら、若い成人においては、安定ヨウ素の単一用量からの深刻な副作用の低い頻度（10-6）を鑑みると、基礎安全基準に指定される一般的介入レベルを適用することに議論はより傾倒する。40 歳以上の成人には、放射線に起因する甲状腺癌のリスクはゼロに近いと考えられている。このグループにおいては、安定ヨウ素予防法の実施は確定的影響の予防を確証することの必要性によって決定される。これは甲状腺への 5Gy の予測線量の行動レベルによって保証される（ただし段落 5 を参照すること）。表 1 は安定ヨウ素予防法の計画において検討するために、異なる人口グループのための参考となるレベルを要約している。

中略

参考文献

- 1 カザコフら チエルノブイリ後の甲状腺がん ネイチャー、359 : 21-22 (1992)
- 2 STSHJAZHKO ら チエルノブイリ事故後的小児甲状腺がん ブリティッシュ医学雑誌、310 : 801 (1995)

中略

この文書の正式なレビューは、以下の 4 つの甲状腺関連団体の代表者および以下の専門家によって行われた。

アメリカ甲状腺協会 (ATA)

(略)

ラテンアメリカ甲状腺学会 (LATA)

(略)

アジア・オセアニア甲状腺協会 (AOA)

(略)

ヨーロッパ甲状腺協会 (ETA)

(略)

WHO はまた、文書の正式なレビューが行われたオレゴンミーティングにおいて米国甲状腺協

会の管理者であるダイアンミラー氏によって提供された支援に感謝の意を表する。
安定ヨウ素予防のガイドラインは、ラテンアメリカ甲状腺学会、アジアおよびオセアニア
甲状腺協会、および欧州の甲状腺協会によって公式に支持されている。

以上、翻訳しました。

平成29年10月2日

弁護士 井 戸 謙

