

原発事故の短期・長期健康リスク (Review Article)

Short-Term and Long-Term Health Risks of Nuclear-Power-Plant Accidents

著者 ;

John P.Christodouleas,M.D. Christopher G. Ainsley,Ph.D

Zelig Tochner,M.D. Stephan M.Hahn,M.D. Eli Glatstein,M.D.

ペンシルバニア大学放射線腫瘍科

Robert D.Forrest

ペンシルバニア大学放射線安全学

NEJM, April 20,2011

西伊豆早朝カンファランス 仲田和正

福島第1原発の事故を受けて、NEJM、April, 20, 2011に

「原発事故の短期・長期健康リスク」の総説 (Review Article) が
載りました。

著者はスリーマイル事故を経験したペンシルバニア大学放射線科
のドクター達です。

素人にも大変解りやすく書かれていたのでまとめてみました。

今回の津波は869年の貞観地震以来、1000年に一度の大津波だった
とのことで、日本三大実録の中の貞観地震も調べてみました。

日本の歴史書は、日本書紀、続日本記(しょくにほんぎ)、日本後記
と続く、朝庭が編纂した6「国史」があり、第6番目が日本三大実録です。

民間のマニアが編纂した歴史書は「外史」と言います。

頼山陽の日本外史の類です。

古代、天変地異は荒(すさ)ぶる神の仕業と考えられ国史には日食や
地震などの天変地異は大抵漏れなく記載されています。

新幹線三島駅近くの三島大社は、832年の三宅島噴火の際、三宅島の
荒ぶる三嶋神を鎮めるために朝庭により昇格された大変格式の高い神社です。
あっ、ついでですが新幹線熱海駅のある熱海湾は火山の噴火口そのものです。

869年の貞観11年5月26日の東北大地震の記載は以下の通りです。

日本三大実録 貞観11年5月26日 (869年)

五月戊午朔。五日壬戌。停端午之。

廿六日癸未。陸奥國地大震動。流光如晝隱映。頃之。人民呼。

伏不能起。或屋仆壓死。或地裂埋殮。馬牛駭奔。或相昇踏。城倉庫。

門櫓墻壁。落顛覆。不知其數。海口哮吼。聲似雷霆。驚涛涌潮。

浜漲長。忽至城下。去海數十百里。々不弁其涯。原野道路。忽爲滄溟。
乗船不違。登山難及。溺死者千許。資産苗稼。殆無子遺焉。

旧暦五月二十六日の夜 陸奥国の地に、大地震が発生し、その発光現象で、
昼のように明るくなったり陰ったりする。

人々は悲鳴をあげて倒れ起き上がることも出来ない。

建物の下敷きになり圧死し、土砂崩れに埋もれてしまう人もいる。

牛や馬は、走り回り、お互い高い所に登ろうとして折重なって騒ぐ。

城郭や倉庫、門、見張り台、城壁は崩れ落ち、破損した所が数多い。

そうするうちに海から轟音が響き渡り、その音は雷鳴のようだ。

大津波が陸上を襲い、怒涛渦巻き溢れ、たちまち（多賀城の）城下に達した。

さらに、はるか内陸にまで浸水して、原野や道も、見渡す限り水没

してしまった。舟に乗る間もなく、山に登ることも出来ずに溺死した者は、

千人ほど。財産や農作物もほとんど失われてしまった。」

以前、家族旅行で多賀城址に行ったことがあります。坂上田村麻呂が

いたところですよ。三陸自動車道のすぐ横にあります。

この記載の中に発光現象が書いてありますが、吉村昭の「三陸海岸大津波（文春文庫）」にも明治29年、昭和8年の津波の際、海上で発光現象があったと書かれています。今回は、このようなことは聞きませんね。

このNEJMによると今回の福島原発の事故は、飛散放射線量からは
チェルノブイリとスリーマイル事故の中間に位置づけられるだろう
とのことですよ。

原発事故の被曝は3種類に分けるのだそうで、

全被曝（total body exposure）・部分被曝（partial body exposure）、

外部汚染（external contamination）、

内部汚染(internal contamination)]

の3つだそうです。

全被曝、部分被曝というのは要するに外部から 線、 線を被曝
することをいうようです。

チェルノブイリで全、部分被曝したのは原発従業員と緊急隊員のみで、
汚染がなければ全被曝者、部分被曝者を治療しても医師、看護師が
被曝することはありません。

今、福島で問題になっているのは住民の外部汚染と内部汚染です。

外部汚染は放射性物質が体表に付着することで、内部汚染は食物摂取や吸入で放射性物質が体内に入ることを言います。

チェルノブイリ周辺住民で最も問題になったのは内部汚染（internal contamination）です。

放射線の単位は、小生今一つよくわからないのですが、グレイ（Gy）は放射線吸収量の単位、シーベルト（Sv）は放射線実効線量で、線量に体の放射線感受性や放射線の種類の違いによる係数を掛けた数値のようです。高線量だと1Gyと1Svがだいたい等しいそうです。

今、福島で小児の年間許容線量が20mSvとされていますが、このNEJMに依ると胸部CT1回で7mSvだそうですので、胸部CT3回分位ということになります。これって結構多いよなと思いました。

米国の放射線作業従事者の年間許容線量は50mSvです。100mSv以下では健康被害はほとんど起こらず急性放射線障害（骨髄障害、消化器障害、皮膚症状）が出始めるのは1000mSv = 1Sv = 1Gyだそうです。乳癌の放射線治療では部分的に50Gy（Sv）位まで照射します。

チェルノブイリの最大の被曝者は16Gyだそうです。チェルノブイリで19年間の低汚染地区住民被曝は20 - 30mSv、高汚染地区住民の被曝は50mSv以上とのこと。ということは、福島で年間20mSv浴びると19年間ではチェルノブイリをはるかに凌いでしまいます。

原発事故では、一般人の急性放射性障害が起こったことはなく、チェルノブイリで急性放射線障害と確認された134名全員は原発作業員か救急隊員だったそうです。

チェルノブイリの134名全員に骨髄障害が起こり19名に放射線皮膚炎、15名に重症の消化管障害が起こったとのこと。スリーマイル事故では一般人にも作業員にも急性放射線障害はありませんでした。

高放射線量による急性放射線障害は血液障害、消化管障害、皮膚障害の3つによります。血液と消化管上皮の細胞分裂は早く放射線感受性が高いからです。

急性放射線障害で、「被曝してから嘔吐が始まるまでの時間」は敏感な

指標のようです。1Gy から 2Gy の被曝だと 2 時間位で嘔吐が始まりますが、8Gy 以上の致死被曝の場合は 10 分以内で始まるそうです。だから被曝後早期に嘔吐が始まったら要注意です。

1Gy 程度の被曝なら嘔吐、吐き気に対症療法をする程度でよいのですが、2Gy 以上の場合、骨髄抑制に対する治療が必要です。下痢などには乳酸菌製剤 (probiotics) を処方します。放射線による骨髄障害の場合、骨髄移植の成績は良くないとのこと。チェルノブイリで骨髄移植を行った 13 名のうち生き残ったのは 2 名だけです。

広島、長崎では原爆後、白血病や固形癌の発症が増えましたが、チェルノブイリではそういうことはなく甲状腺癌の増加のみだったようです。チェルノブイリでの放射線被害は主にイオジン 131 とセシウムに依ります。

この NEJM の総説では被曝前か後、数時間以内にヨードカリを内服してイオジン 131 による甲状腺被曝を避けることを勧めています。

1 日経った後ではその効果は限定的だそうです。ポーランドではチェルノブイリ後、1 千万人の小児、若人にヨードカリの単回投与を行い、特に副作用はなかったとのこと。

今回、福島原発事故で、事故後、「ヨードカリを内服せよ」というデマ情報に惑わされないようにとニュースでやっていましたが、別に内服しても良かったのではないかなと、小生、この NEJM を読んだ限りでは思いました。

医療法人健育会西伊豆病院 仲田和正

.....

NEJM 総説「原発事故の短期・長期健康リスク」最重要点

- 1 . 原発はウランかプルトニウムの核分裂エネルギーで蒸気タービンを回す。
- 2 . 原子炉から熱エネルギーと核分裂生成物が生ずる。
- 3 . 炉心冷却システム破綻で炉心溶融 (melt down) が起こる。
- 4 . 原子炉爆発と原爆の爆発は全く異なる。
- 5 . 原爆には高濃度のウラニウム、プルトニウム同位元素が必要。

- 6 . 原子炉爆発で放射性物質が散布される。
- 7 . チェルノブイリは原子炉の格納容器がなく放射性物質が拡散した。
- 8 . 原発事故の被曝は 3 種：全ノ部分被曝、外部汚染、内部汚染。
- 9 . チェルノブイリで全ノ部分被曝したのは原発従業員と緊急隊員のみ。

- 10 . 全ノ部分被曝で汚染がなければ医師、看護師は被曝しない。
- 11 . 外部汚染は核分裂生成物の体表付着。
- 12 . 内部汚染は核分裂生成物の摂取、吸入。
- 13 . 原発周辺住民の被曝は主に内被曝による。
- 14 . 線は皮膚被曝、高エネルギー 線は深部被曝起こす。
- 15 . グレイ (Gy) は放射線吸収量の単位。

- 16 . シーベルト (Sv) は放射線実効線量で線量に感受性等の係数を掛ける。
- 17 . 全被曝では 1Gy は 1Sv に等しい。
- 18 . 胸部 CT3 回で約 20mSv。
- 19 . 米国放射線作業従事者年間許容線量は 50mSv
- 20 . 100mSv 以下では健康被害はほとんど起こらない。

- 21 . チェルノブイリで 19 年間の低汚染地区住民被曝 20 - 30mSv.
- 22 . チェルノブイリで 19 年間の高汚染地区住民被曝 > 50mSv.
- 23 . 1000mSv (1Sv) 単回被曝で急性放射線障害起こる。
- 24 . 急性放射線障害は血液、消化管、皮膚障害を起こす。
- 25 . 2Gy 以下の被曝は吐き気、嘔吐の対症療法のみで可。

- 26 . 2Gy 以上の被曝は骨髄抑制に対する治療が必要。
- 27 . 放射線による血液障害の骨髄移植の成績は不良。
- 28 . 消化管症状は乳酸菌製剤 (probiotics) 投与。
- 29 . 嘔吐発症時間は被曝量の指標。1 から 2Gy で 2 時間、8Gy 以上で 10 分。
- 30 . 日本の原爆では白血病、固形癌発症が多かった。

- 31 . チェルノブイリでは白血病、固形癌は増加せず甲状腺癌のみ。
- 32 . イオジン 131 は甲状腺で 線を出す。
- 33 . 被曝前または数時間内にヨードカリ内服せよ、副作用はない。
- 34 . ヨードカリ内服 1 日遅れると効果は限定的。

.....

原発事故の短期・長期健康リスク (Review Article)

NEJM, April 20,2011 西伊豆早朝カンファランス 仲田和正
 Short-Term and Long-Term Health Risks of Nuclear-Power-Plant Accidents

著者；

John P.Christodouleas,M.D. Christopher G. Ainsley,Ph.D
Zelig Tochner,M.D. Stephan M.Hahn,M.D. Eli Glatstein,M.D.
ペンシルバニア大学放射線腫瘍科

Robert D.Forrest
ペンシルバニア大学放射線安全学

2011年3月11日マグニチュード9.0の地震が東日本の海岸を襲った。
地震と津波の犠牲者の総数は現在集計中であるが公式発表ではすでに
14000人を超えている。
地震により福島第1原発も重大な被害を受けたがその結末はまだ不明である。

この総説の目的は、現在進行中ではあるが今回の福島原発事故のメカニズム
と放射線被曝による短、長期のリスクを分析し、過去の原発事故の膨大な
文献から考えようとするものである。

加えて1979年のペンシルバニアのスリーマイルアイランド事故と、
1986年のウクライナのチェルノブイリ事故にも言及する。
というのもこの二つの原発事故は、起こりうる広範なアウトカムの教訓に
満ちているからだ。

1. 被曝のメカニズム

a. 原子炉事故と放射性物質の放出

原子力発電は、ウランウムかプルトニウムの同位元素（isotope: 原子番号が
同じで原子量が異なる）の燃料が分裂（fission）を起こしてエネルギーを放出し、
この熱で蒸気タービンを回して電気を得るものである。
エネルギーを放出するだけでなく核分裂生成物（fission products）が生ずる。
事故の場合、最大の関心事は燃料を含む支持構造（core）と核分裂生成物が
損傷を受けて大気中に放出されないかということである。

これが起こるメカニズムの一つは炉心（core）の冷却システムの破綻である。
この場合、原子炉炉心（reactor core）あるいは燃料そのものが部分的
あるいは完全に炉心溶融（melt down）する。
原子炉内の温度上昇、圧上昇で爆発が起こり放射性物質が散布されることもある。

ほとんどの原発では冷却システム破綻に備えて、炉心を鋼鉄製容器で覆い
更に鉄筋コンクリート（steel-reinforced concrete）で覆って放射性物質を
永久にもらさぬようにしている。

注意すべきは原子炉事故で起こる爆発と核爆発は全く異なることである。核爆発には高濃度、構成のウランウムやプルトニウムの同位元素が必要であるが原発にはこのようなものはないからだ。

スリーマイル島で起こった部分溶融では炉心の格納容器が機能し漏出放射線は軽度で済んだ。しかしチェルノブイリではこのような格納容器がなく、爆発と続発した火災により大量の放射性物質が大気中に放出された。スリーマイル島事故でははっきりした健康被害はなかったがチェルノブイリでは事故後 28 名の死者を出した。

福島第 1 原発の事故は放射線量と健康被害からは、状況は日々流動的であるが、おそらく最終的に上記二つの事故の中間に位置づけられるだろう。

b. 放射線被曝の種類

原発事故での被曝は一般に 3 種類に分けられる。放射線源に近づくことによる全被曝 / 部分被曝、外部汚染、内部汚染である。

全被曝 (total body exposure) と部分被曝 (partial body exposure) は外部の放射線源が皮膚表面あるいは皮下に達するものでありその深さは放射線のエネルギーによる。

例えば、 α 線は体組織内では短距離しか到達せず皮膚被曝が主である。一方、高エネルギーの γ 線は深部に達する。

スリーマイルとチェルノブイリの事故では全被曝あるいは部分被曝したのは原発従業員と緊急隊員だけである。

全被曝者あるいは部分被曝者で汚染がなかった場合、放射能はないから治療により医師、看護師が被曝することはない。

外部汚染 (external contamination) は核分裂生成物が体表に付着し皮膚や内臓が被曝する。原発事故では原子炉近くの住民は外部汚染を避けるため極力屋内に留まるべきである。

内部汚染 (internal contamination) は核分裂生成物が食物を介して消化管に入ったり吸入、外傷から入ったりすることによる。

これが原発周辺の多くの住民が被曝する主メカニズムである。

チェルノブイリ事故では地域の 500 万人の住民が主に内部汚染により過剰被曝した。

原発事故では様々な種類の放射性同位元素が放出される。
チェルノブイリでは下記のような放射性同位元素が放出された。
なお、PBq とは petabecquerel で 10^{15} becquerel のこと。

- ・ネプチウム 239 半減期 58h、 α 線、事故中の放出線量 95PBq
- ・モリブデニウム 99 半減期 67h、 β 線、 > 168 PBq
- ・テルリウム 132 半減期 78h、 β 線、1150PBq
- ・キセノン 133 半減期 5日、 γ 線、6500PBq
- ・イオジン 131 半減期 8日、 β 線、1760PBq
- ・バリウム 140 半減期 13日、 β 線、240PBq

- ・セリウム 141 半減期 33日、 β 線、196PBq
- ・ルテニウム 103 半減期 40日、 β 線、 > 168 PBq
- ・ストロンチウム 89 半減期 52日、 β 線、115PBq
- ・ジルコニウム 95 半減期 65日、 β 線、196PBq
- ・キュリウム 242 半減期 163日、 α 線、0.9PBq
- ・セリウム 144 半減期 285日、 β 線、116PBq

- ・ルテニウム 106 半減期 1年、 β 線、 > 73 PBq
- ・セシウム 134 半減期 2年、 β 線、54PBq
- ・プルトニウム 241 半減期 13年、 β 線、6PBq
- ・ストロンチウム 90 半減期 28年、 β 線、10PBq
- ・セシウム 137 半減期 30年、 β 線、85PBq

- ・プルトニウム 238 半減期 86年、 α 線、0.035PBq
- ・プルトニウム 240 半減期 6850年、 α 線、0.042PBq
- ・プルトニウム 239 半減期 24400年、 α 線、0.030PBq

健康被害は放射性同位元素の取り合わせに依る。
半減期のごく短い同位元素（例えば半減期 67 時間のモリブデニウム 99）、
極めて半減期の長い同位元素（例えば半減期 24400 年のプルトニウム 239）、
ガス性の同位元素（例えばキセノン 133）、あまり放出されない
プルトニウム 238 などは原発事故では実質的な内部、外部汚染は起こさない。

一方、イオジン 131 は原子炉から放出される普遍的な同位元素であり、
また土壌に定着（settle）しやすいことから重大な発病因子になる。
イオジン 131 が放出されると吸入されたり野菜、果物、ミルク、水を

通じて食物連鎖で体内に入る。一旦体内に入ると甲状腺に蓄積され線を出す。

福島原発で同位元素が海に流れて海藻に取り込まれると新たな食物連鎖を生ずる。原発近くの海水では同位元素は一過性に極めて高くなるが海洋生物により摂取される前に急速に薄まり崩壊する。

2. 放射線被曝による臨床症状

a. 放射線の種類と線量

分子レベルでは放射線被曝により DNA の損傷が起こる。

臨床症状は多くの変数に依る。

例えば被曝のタイプ（全または部分被曝、内部汚染、外部汚染）、臓器の種類（放射線に敏感な組織がある）、放射線の種類（α線かβ線か）、深部到達度（低又は高いエネルギーか）、全吸収線量、線量が吸収された期間（dose rate）などである。

原発事故の放射線の種類、dose rate は原子爆弾の爆発によるものとは極めて異なり症状も異なる。

放射線線量のグレイ（Gy, gray）は放射線吸収量の単位である。

一方シーベルト（Sv, sievert）は放射線実効線量であり、吸収線量に、放射線の違いによる生物学的効果、組織の違いによる放射線感受性などの係数を掛けたものである。高エネルギーのα線、全被曝では1Gyは1Svに等しい。

下記は日常あるいは医療器械で受ける実効線量とスリーマイル、チェルノブイリでの被曝者の実効線量である。

【放射線の実効線量】

- ・ ニューヨーク東京の片道飛行 0.07mSv 自然背景放射線 7 日分
- ・ 胸部 X 線 2 方向 0.1mSv 、 10 日分
- ・ 飛行機乗務員の年間被曝 2mSv、 6 か月
- ・ 胸部 CT1 回分 7mSv、 2 年
- ・ タリウム心筋シンチ 36mSv、 12 年
- ・ 米国放射線作業従事者年間許容線量 50mSv、 17 年

- ・健康被害がほとんど起こらない線量 < 100mSv, < 34 年
- ・スリーマイルから 16km 以内の平均住民被曝 0.01mSv、1 日
- ・スリーマイルでの最大被曝者 1mSv, 3 か月
- ・チェルノブイリで低汚染地域住民 (1986 年-2005 年) 10-20mSv、3-6 年
- ・チェルノブイリで 1986 年退避住民 > 33mSv、11 年
- ・チェルノブイリで高度汚染地域住民 (1986 年-2005 年)、> 50mSv、17 年
- ・チェルノブイリ原子炉作業員 (1986 年-1987 年)、> 100mSv

国際原子力機構 (International Atomic Energy Agency) と WHO により放射線被曝に関する包括的レビューが出された。このレビューから我々は福島原発のクライシスでマスコミの注目を集めている放射線被曝による二つのアウトカムに焦点を当てる。即ち急性放射線障害と長期の癌発生リスクである。

b. 急性放射線障害と治療

人体が 1Gy (グレイ) 以上の単回被曝を受けると急性放射線障害 (acute radiation sickness) が起こる。

急性放射線障害に対する我々の理解は世界の放射線事故で登録された 800 名以上の患者に基づく。

原発事故で一般人の急性放射線障害が起こったことはない。

チェルノブイリで急性放射線障害と確認された 134 名全員は原発作業員か救急隊員であった。

スリーマイル事故では一般人にも作業員にも急性放射線障害はなかった。

高放射線による短期の発病、死亡は血液、消化管、皮膚障害による。

チェルノブイリの 134 名全員に骨髄障害が起こり 19 名に放射線皮膚炎、15 名が重症の消化管障害が起こった。

血液と消化管障害が多い理由は、骨髄と消化管上皮の細胞分裂が早く放射線感受性が高い (radiosensitive) からである。

皮膚障害は、外部からの低エネルギーの α 線、 β 線が主に皮膚で吸収されるからである。

チェルノブイリでは皮膚線量の見積もりは骨髄の線量の 20 倍から 30 倍になったとみられる。

皮膚症状は皮膚線量が少なければ（3 - 15Gy）、軽度発赤から痒み、15Gy 以上の高線量で水疱、潰瘍ができる。
治療は局所ステロイド外用薬で急性、慢性炎症を抑え、かつ2次感染を予防する。

トータルの体全被曝量が20Gyを超えると重症の神経血管障害が起こる。
チェルノブイリで作業員中、最大の被爆者は16Gyであった。

患者治療の最初のステップは生命を脅かす外傷、熱傷の治療である。
次に外部汚染、内部汚染の有無の確認、記載である。除染を行う。
急性放射線障害が疑われたら、症状、リンパ球、細胞遺伝子的分析から被曝線量を推定しそれに応じて治療を行う。

全被曝量（whole body dose）が2Gy以下の場合、吐き気、嘔吐に対する対症的療法のみでよい。2Gy以上の被曝では骨髄抑制に対する治療が重要である。
抗菌剤、抗ウイルス剤、抗真菌剤などによる感染コントロール、血液学的成長因子（G-CSF、エリスロポエチン）の使用、骨髄移植などが必要である。

しかし放射線事故の後の骨髄移植は成績が悪く異論がある。
チェルノブイリ後、骨髄移植を行った13例のうち生存できたのは2例であった。

消化管症状はprobiotic（乳酸菌製剤など）等の対症的療法で治療する。

c. 急性放射線障害のフェーズ別サインと症状

急性放射線障害は3つのフェーズに分かれる。即ち前駆期（prodrome）、潜伏期（latency）、発症期（illness）である。
下記の死亡率は治療をしない場合である。

- ・ 軽症（1 - 2Gy）の場合
2時間で嘔吐（前駆期）、潜伏期は21日-35日でリンパ球8000 - 1500/mm³、
発症期は疲労感、衰弱、死亡率は0%
- ・ 中等症（2 - 4Gy）の場合
1, 2時間で嘔吐、軽度頭痛で始まり、潜伏期は18日から35日、
リンパ球500-800/mm³、発症期は発熱、感染、出血、衰弱、脱毛（epilation）、
死亡率は50%以下。

・重症（4 - 6Gy）の場合

1 時間以内に嘔吐、軽度下痢、中等度頭痛、発熱で始まり潜伏期は 8 日から 18 日、リンパ球 300 - 500/mm³、発症期は高熱、感染、出血、脱毛、死亡率 20 - 70%

・最重症（6 - 8Gy）の場合

30 分以内に嘔吐、重症下痢、激しい頭痛、高熱、意識障害。
潜伏期は 7 日以内でリンパ球 100 から 300/mm³、発症期は高熱、下痢、嘔吐、めまい、失見当、低血圧、死亡率 50 - 100%

・致死的（8Gy 以上）の場合

10 分以内に嘔吐、重症下痢、激しい頭痛、高熱、意識障害。
潜伏期はなくリンパ球 0 - 100/mm³、発症期は高熱、下痢、意識障害、死亡率 100%。

d. 長期間の発癌リスク

チェルノブイリ周辺では 500 万人が過剰の放射線、特にイオジン 131 とセシウム同位元素に被曝した。原発事故の放射性降下物で急性放射性障害は起こらないが長期の発がんリスクが上昇する可能性がある。

日本の原爆生存者の研究では、比較的低量の全被曝でも、白血病と固形癌の発病率が明らかに上昇した。

原子爆弾と原発事故では放射線の種類も線量も異なる。

チェルノブイリでは白血病も甲状腺以外の固形癌の発症も増加しなかった。

スリーマイル事故の後の数年、周辺の癌診断が増加したが、これはこの地域の癌スクリーニングが強化されたためと思われる。

しかしイオジン（iodine）131 が体内に入った小児では明らかに二次性の甲状腺癌の発症が増加した。チェルノブイリでは甲状腺被曝 1Gy 当たり甲状腺癌は 2 から 5%増加した。しかしベースラインでの小児の甲状腺癌発症は少なく小児 10 万人あたり 1 例以下である。

ヨウ素摂取が不足している地域では、摂取が正常の地域に比べ甲状腺被曝 1Gy 当たりの甲状腺癌発症は 2 倍から 3 倍になる。

チェルノブイリ後、イオジンを投与された小児の甲状腺癌発症リスクは、投与されなかった小児に比べ 3 分の 1 に減少した。

イオジン 131 が放出された場合、住民は現地の作物や水の摂取を避けるべきである。しかしイオジン 131 の半減期は 8 日に過ぎないので 2、3 カ月後には作物、水のイオジン 131 含有はごく少ないであろう。

住民はイオジン 131 の甲状腺へのアップテイクを防ぐため、被曝前あるいは被曝後数時間以内にヨウ化カリ（potassium iodide）を内服することが推奨される。内服が 1 日以上遅れるとその効果は被曝が継続していない限り限定的である。

ヨウ化カリの毒性も心配されるが、チェルノブイリ事故後、ポーランドでは 1 千万人の小児、若年者がヨウ化カリの単回内服を行ったが副作用はほとんどなかった。

FDA ではヨウ化カリの年齢、被曝量に応じてのガイドラインを出している。

<http://www.fda.gov/downloads/Drugs/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/Guidances/ucm080542.pdf>

（FDA：放射線障害での thyroid blocking agent としてのヨウ化カリ摂取）

原発事故の対応で最も重要なのは、被曝レベルとそれに伴うリスクを明確に伝える（clear communication）こと、そして急性放射線障害、長期の発癌リスクを皆が理解することである。

.....

NEJM 総説「原発事故の短期・長期健康リスク」最重要点

- 1．原発はウランかプルトニウムの核分裂エネルギーで蒸気タービンを回す。
- 2．原子炉から熱エネルギーと核分裂生成物が生ずる。
- 3．炉心冷却システム破綻で炉心溶融（melt down）が起こる。
- 4．原子炉爆発と原爆の爆発は全く異なる。
- 5．原爆には高濃度のウラニウム、プルトニウム同位元素が必要。

- 6．原子炉爆発で放射性物質が散布される。
- 7．チェルノブイリは原子炉の格納容器がなく放射性物質が拡散した。
- 8．原発事故の被曝は 3 種：全ノ部分被曝、外部汚染、内部汚染。
- 9．チェルノブイリで全ノ部分被曝したのは原発従業員と緊急隊員のみ。
- 10．全ノ部分被曝で汚染がなければ医師、看護師は被曝しない。

- 1 1 . 外部汚染は核分裂生成物の体表付着。
- 1 2 . 内部汚染は核分裂生成物の摂取、吸入。
- 1 3 . 原発周辺住民の被曝は主に内被曝による。
- 1 4 . α 線は皮膚被曝、高エネルギー γ 線は深部被曝起こす。
- 1 5 . グレイ (Gy) は放射線吸収量の単位。

- 1 6 . シーベルト (Sv) は放射線実効線量で線量に感受性等の係数を掛ける。
- 1 7 . 全被曝では 1Gy は 1Sv に等しい。
- 1 8 . 胸部 CT3 回で約 20mSv。
- 1 9 . 米国放射線作業従事者年間許容線量は 50mSv
- 2 0 . 100mSv 以下では健康被害はほとんど起こらない。

- 2 1 . チェルノブイリで 19 年間の低汚染地区住民被曝 20 - 30mSv.
- 2 2 . チェルノブイリで 19 年間の高汚染地区住民被曝 > 50mSv.
- 2 3 . 1000mSv (1Sv) 単回被曝で急性放射線障害起こる。
- 2 4 . 急性放射線障害は血液、消化管、皮膚障害を起こす。
- 2 5 . 2Gy 以下の被曝は吐き気、嘔吐の対症療法のみで可。

- 2 6 . 2Gy 以上の被曝は骨髄抑制に対する治療が必要。
- 2 7 . 放射線による血液障害の骨髄移植の成績は不良。
- 2 8 . 消化管症状は乳酸菌製剤 (probiotics) 投与。
- 2 9 . 嘔吐発症時間は被曝量の指標。1 から 2Gy で 2 時間、8Gy 以上で 10 分。
- 3 0 . 日本の原爆では白血病、固形癌発症が多かった。

- 3 1 . チェルノブイリでは白血病、固形癌は増加せず甲状腺癌のみ。
- 3 2 . イオジン 131 は甲状腺で β 線を出す。
- 3 3 . 被曝前または数時間内にヨードカリ内服せよ、副作用はない。
- 3 4 . ヨードカリ内服 1 日遅れると効果は限定的。