

「広島原爆・被ばく住民は核分裂により生成された放射能毒物と化学毒物の複合影響により健康被害を起こしていた」ことを証明する4段階因果関係論

山田國廣著：

- (1) 第1段階：核分裂事件の勃発
- (2) 第2段階：放射能毒物と化学毒物による環境汚染と人体被ばく
- (3) 第3段階：化学毒物と放射能毒物の毒性及び複合影響論
- (4) 第4段階：化学毒物と放射能毒物影響による急性原爆症および慢性原爆症の発症



福島原発事故被害放射能毒・化学毒被害原因裁定を求める会

「広島原爆・被ばく住民は核分裂により生成された放射能毒物と化学毒物の複合影響により健康被害を起こしていた」ことを証明する4段階因果関係論

目次（その1）

ページ番号	各ページの題名と概要
4	1.1：広島原爆投下状況と爆撃機B29・ティベッツ機長の証言
5	1.2：広島原爆。きのこ雲の広がり、時間経過：1時間後には高さ約16km、傘の直径が約21kmに達していた
6	2.1：ローレンス・リバモア研究所から広島原爆投下後におけるTOA（到達時間）別の核種別放射エネルギーランキングが公表された。
7	2.2：ローレンス・リバモア研究所の報告書の概要
8	2.3：広島原爆・ウラン燃料の核分裂直後（TOA＝0秒）に生成される①同位体別放射能強度の順位②同位体別放射能寄与比率（％）③核種別の炎色反応色と化学発光色
9	2.4：広島原爆炸裂直後（TOA＝0秒）における火球雲内の核分裂生成物・放射能強度・ランキングのモデル図
10	2.5：広島原爆の炸裂直後の火球：周辺の青色と藍色（二酸化テルルの化学発光色）の光と中心部の白色光（キセノンやヨウ素の自然白色光）
11	2.6： 広島原爆直後の爆心地3km以内の急性原爆症にかんする”放射性毒ガス説“の真相
12	2.7：広島原爆投下直後における①ピカッ（青い閃光）、②ドン（爆風）③化学毒説（毒ガス説）”にかんする、被ばく住民の証言集
13	2.8：広島原爆投下1時間後（TOA＝1時間）の風下10Km地点におけるウラン燃料核分裂により生成された放射能降下物面積密度(MBq/m ²)同位体別合計密度のランキング
14	2.9:広島原爆炸裂後における①黒い雨の雨量範囲と②オークリッジレポートの黒い雨遭遇者範囲と対照者範囲③黒い雨訴訟原告の被ばく地点④種々の降下物発見地点⑤β線が検出された地点、の重ね合わせ図
15	2.10:オークリッジレポートにおける典型的な広島原爆・急性原爆症状
16	2.11:ウラン燃料爆発から1日～5日経過（TOA＝1日～5日）した場合のテルル同位体、ヨウ素同位体・降下核種による地面からの被ばく線量率（吸引摂取線量、外部被ばく線量）のランキング
17	2.13：原爆投下から1日～5日経過（TOA＝1日～5日）した場合の降下放射性核種・放射線量（内部被ばく線量＋外部被ばく線量）寄与率(%)のランキング
18	2.14: 被曝者たちの治療に当たった肥田舜太郎医師の入市・被曝者の証言です

「広島原爆・被ばく住民は核分裂により生成された放射能毒物と化学毒物の複合影響により健康被害を
起こしていた」ことを証明する4段階因果関係論
目次（その2）

ページ番号	各ページの題名と概要
20	3.1:テルル化合物の恐るべき急性毒の総括表⇒「急性原爆症症候群を起こす毒性」
21	3.2：テルル化合物の化学毒性総括表
22	3.3:核分裂生成物の生成と β - (電子) 放出による壊変スキーム（質量数127~140の壊変様式）
23	3.4：外部被ばくと内部被ばくを起こす放射線の分類
24	3.5：ベータ線熱傷の症状とDNAクラスター損傷の関係
25	3.6：DNAの塩基損傷（電離放射線単一の飛跡で1本の鎖の1か所で損傷）と2本鎖切断（単一の飛跡で2重らせんの両方を損傷）のモデル図
26	4.1：広島大学の病理学者であった杉原良夫の原爆症定義に関する報告書の表紙。
27	4.2：広島大学保健管理センター教授の杉原芳夫氏が広島大学出版物の中で「原爆症の病理学的争点体験の考察から」を担当して報告している
28	4.3：原子爆弾被爆者の医療等に関する法律で「公式に認定された原爆症」

1.1：広島原爆投下状況と爆撃機B29・ティベッツ機長の証言

（1）ヒロシマの原爆投下状況

①1945年8月6日8時12分、3機の米軍B29爆撃機が、原子力爆弾の投下目標地である広島市の、太田川にかかる相生橋上空に到達しました。T字形の橋の形が分かりやすい標的だったからです。爆撃機エノラ・ゲイは自動操縦に切り替え8時15分17秒、旧広島産業奨励館つまり現在の原爆ドームから南東約160mの島病院上空600mで原爆投下後に爆裂し広島市上空に青い閃光が走り、数秒後に高温かつ強烈な爆風が到達して建物などを破壊し閃光熱傷を起こしました。これが当時「ピカ・ドン」と呼ばれた広島原爆（リトルボーイ:核燃料物質はU-235,爆発力はTNT火薬15k相当）投下の瞬間です。

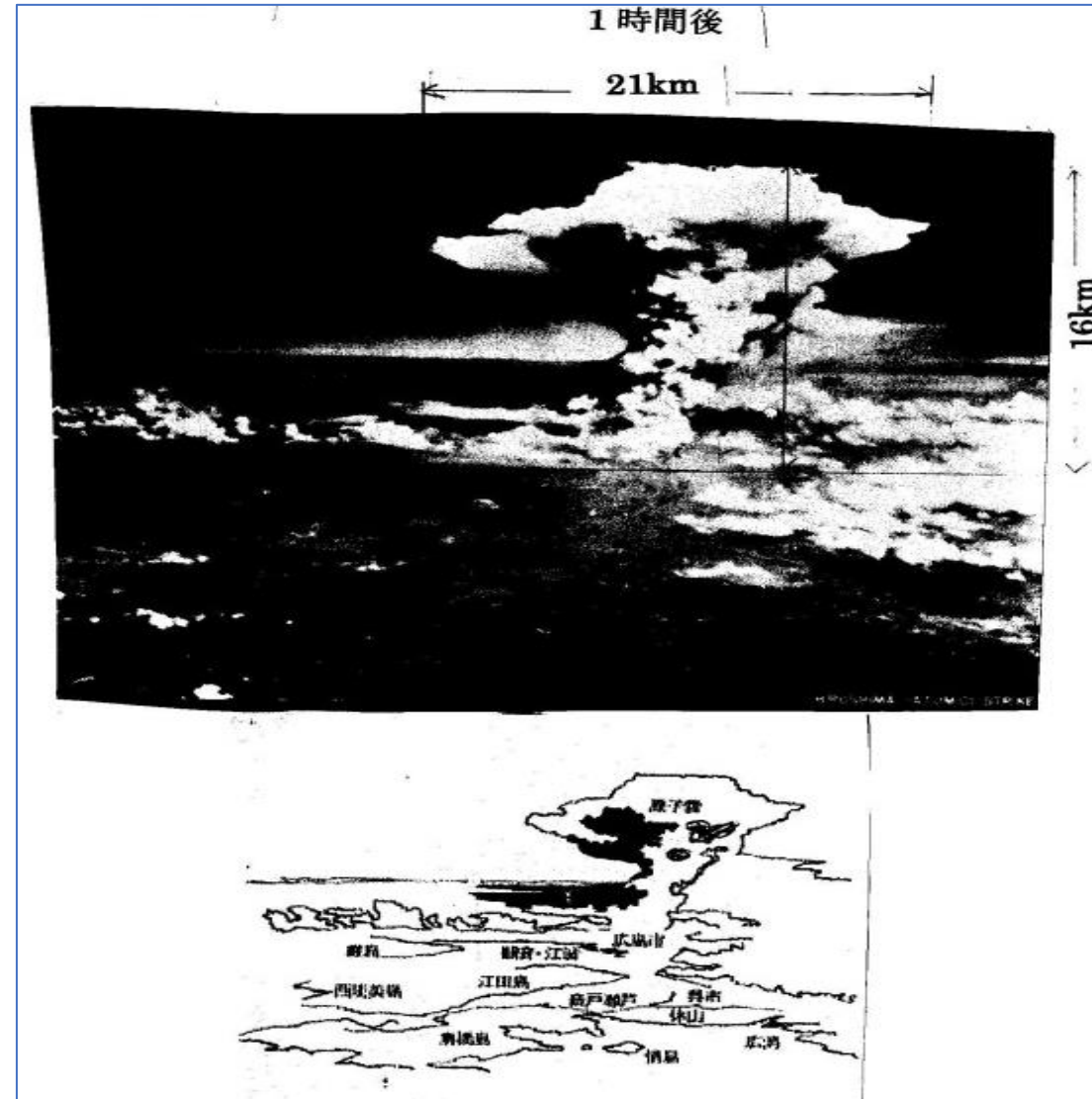
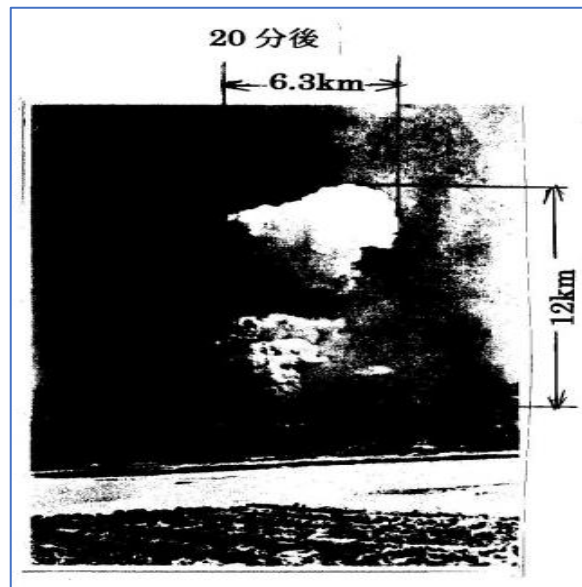
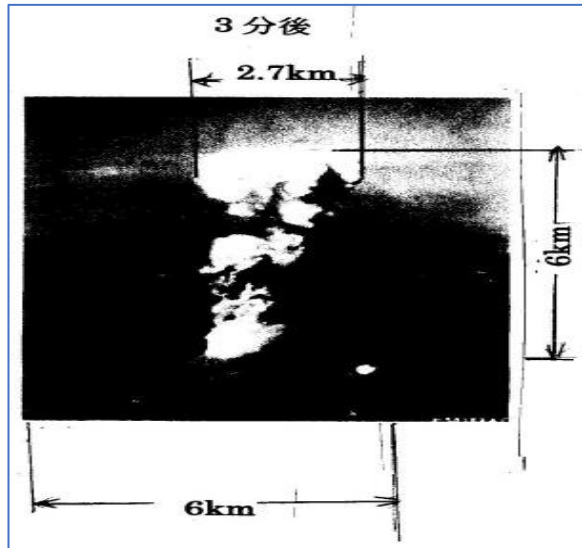
② 原爆投下後、3機の爆撃機は熱線や爆風を避けるため、進路を150度急旋回させました。次いでエノラ・ゲイのティベッツ機長は操縦を再び手動に切り替えて、B29を急降下させました。キノコ雲が飛行機の高さまで立ち上がるのを見た、という目撃証言があるので、エノラ・ゲイはキノコ雲と同高度まで降下したのです。世界で初めて実地に使用される原子力爆弾が、つつがなく機能したかどうかを確認するための、機長判断による降下でした。そのためエノラ・ゲイは一時キノコ雲の中に入ることになりました。

（2）爆撃機B29・ティベッツ機長の証言

③ 原爆投下から73年たった2018年8月5日、毎日新聞に「広島原爆“鉛のような味がした”エノラ・ゲイ搭乗員証言」という見出しの記事が掲載されました。B29搭乗員五名の音声が入った録音テープがアメリカで発見され、広島市の原爆資料館に寄贈されたのです。そのテープによって、原爆投下の瞬間を語る機長の声が、投下から七十三年目に初めて日本に届きました。そのテープの記録からの引用です。爆発の瞬間についてティベッツ機長は、「光りに包まれた時、鉛のような味がした。きっと放射線だろう。とてもほっとした、爆弾が炸裂したとわかったから」と証言していました。この証言の中に、典型的なテルル化学特性である「鉛の味、金属の味の体験」が出て来ます。

1.2：広島原爆。きのこ雲の広がりや時間経過：1時間後には高さ約16km、傘の直径が約21kmに達していた
そして広い範囲で、毒物テルルと放射性ヨウ素、放射性セシウム混入した黒い雨が降り、熱傷を免れた住民が始めた
被毒・被ばく急性原爆症になった

写真出典：広島平和記念資料館：「米軍機より見たキノコ雲」より写真引用：雲の高さや傘の巾は独自に推定した



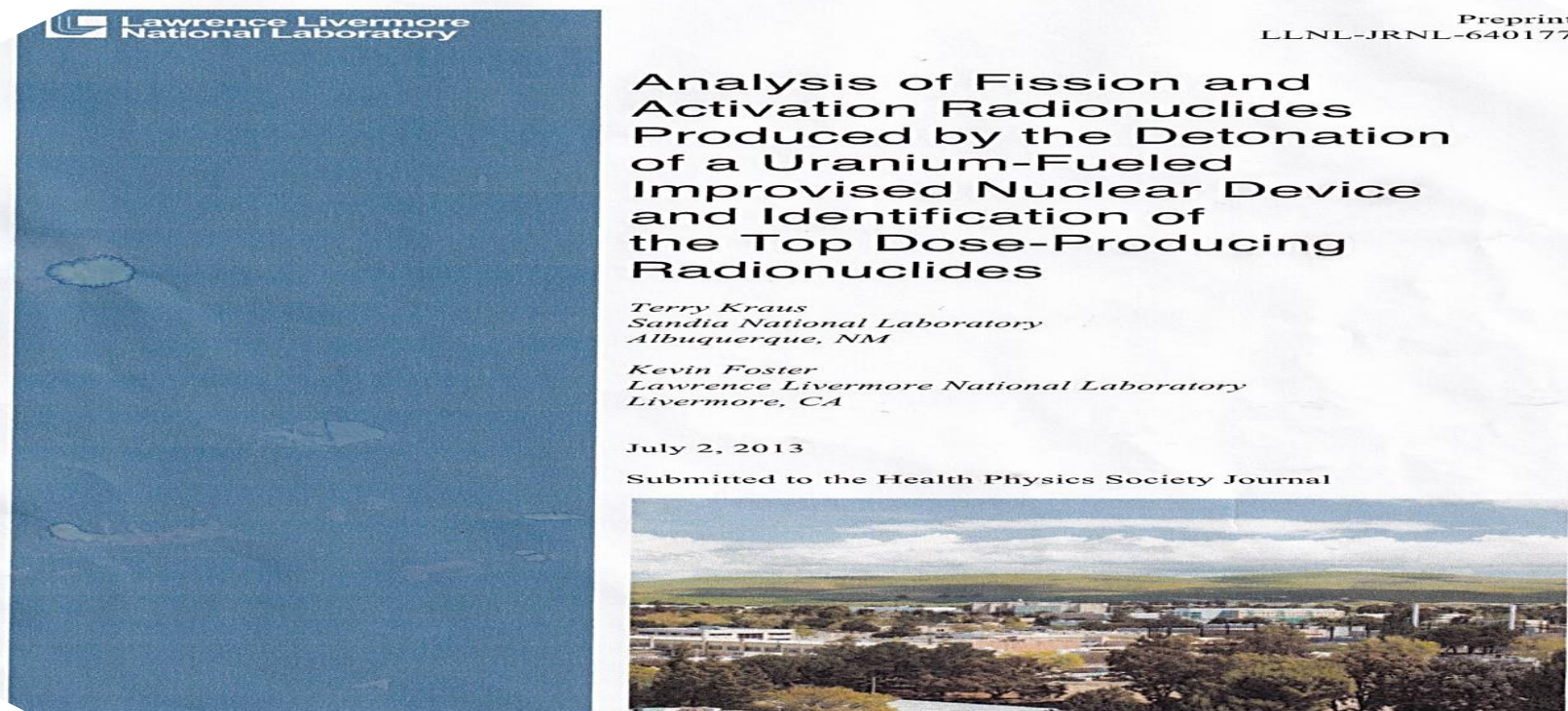
2.1：ローレンス・リバモア研究所から広島原爆投下後におけるTOA（到達時間）別の核種別放射エネルギーランキングが公表された。

題名：ウラン燃料核爆発によって生成される核分裂および放射性核種の分析と最高線量を生成する放射性核種の特定

注：この論文は広島原爆で使用されたU-235の①原爆投下直後の同位体別放射能強度（MBq）のランキング②1時間後の風下10 kmにおける核種別の降下面積密度（Bq/m²）のランキング③ウラン燃料爆発から1日～5日経過した場合のテルル同位体、ヨウ素同位体・降下核種による線量率のランキングを算定しました。

文献：「Analysis of Fission and Activation Radionuclides Produced by the Detonation of Uranium-Fueled improvised Nuclear Device and identification of the Top Dose-Producing Radionuclides」:著者：クラウス・テリー（Sandia National Laboratory）、ケビン・フォスター（Lawrence Livermore National Laboratory）

2013年2月2日: 健康物理学学会受理 DOI:10.1097/HP.0000000000000086



2.2：ローレンス・リバモア研究所の報告書 ([DOI:10.1097/HP.0000000000000086](https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000086)) の概要

題名：ウラン燃料核爆発によった生成される核分裂および放射性核種の分析と最高線量を生成する放射性核種の特定

著者：クラウス・テリー (Sandia National Laboratory)、ケビン・フォスター (Lawrence Livermore National Laboratory)

Key Words:

dose assesment (線量評価)、fission product(核分裂生成物)、nuclear weapon(核兵器)、uranium(ウラニウム)

概要

- ①核爆発によるフォールアウト（核分裂および中性子化放射性核種）の放射線学的評価は、フォールアウト放射性核種の数が多いため複雑である。この論文では、**ウラン燃料の核爆発によるフォールアウトの初期同位体ソースターム・インベントリ（目録）を提供し、11種類の線量積算期間（時間フェーズ）にわたって重要な放射線量を生成する放射性核種と重要でない放射線量を生成する放射性核種を特定します。**
- ②この研究の主な目的は、公衆及び作業者の防護決定方法をサポートするために、放射線評価算定及びデータ（例：防護措置ガイドラインを越えるエリアのマップ）を作成することです。**上位線量生成放射性核種のランク付けされたリストにより**、評価者は比較的短い半減期の放射性核種リストを使用して、モデリングおよび線量予測の精度を大幅に損なうことなく、大気拡散モデリングおよび放射線量表モデリングをより迅速に実行できます。
- ③この論文では、**ウラン燃料核爆発による放射性降下物のうち、最も線量の高い放射性核種のスーパーセットリストも提供**しており、任意の時間フェーズで放射線評価を実行すつために使用できます。さらに、この論文では、どの放射性核種が主な懸念事項であるかを理解するために役立つ監視、サンプリングおよび実験室分析担当者に役立つ情報も提供します。
- ④最期に、この論文は降下物による放射線量を最小限に抑えるために公衆保護措置を迅速に開始することの重要性を示しているため、公衆保護の意思決定者にとって役立つ可能性があります。

2.3：広島原爆・ウラン燃料の核分裂直後（TOA= 0 秒）に生成される①同位体別放射能強度の順位②同位体別放射能寄与比率（％）③核種別の炎色反応色と化学発光色 注：核分裂直後の核種は空中に形成された火球の中にガス状態で存在していると想定されている

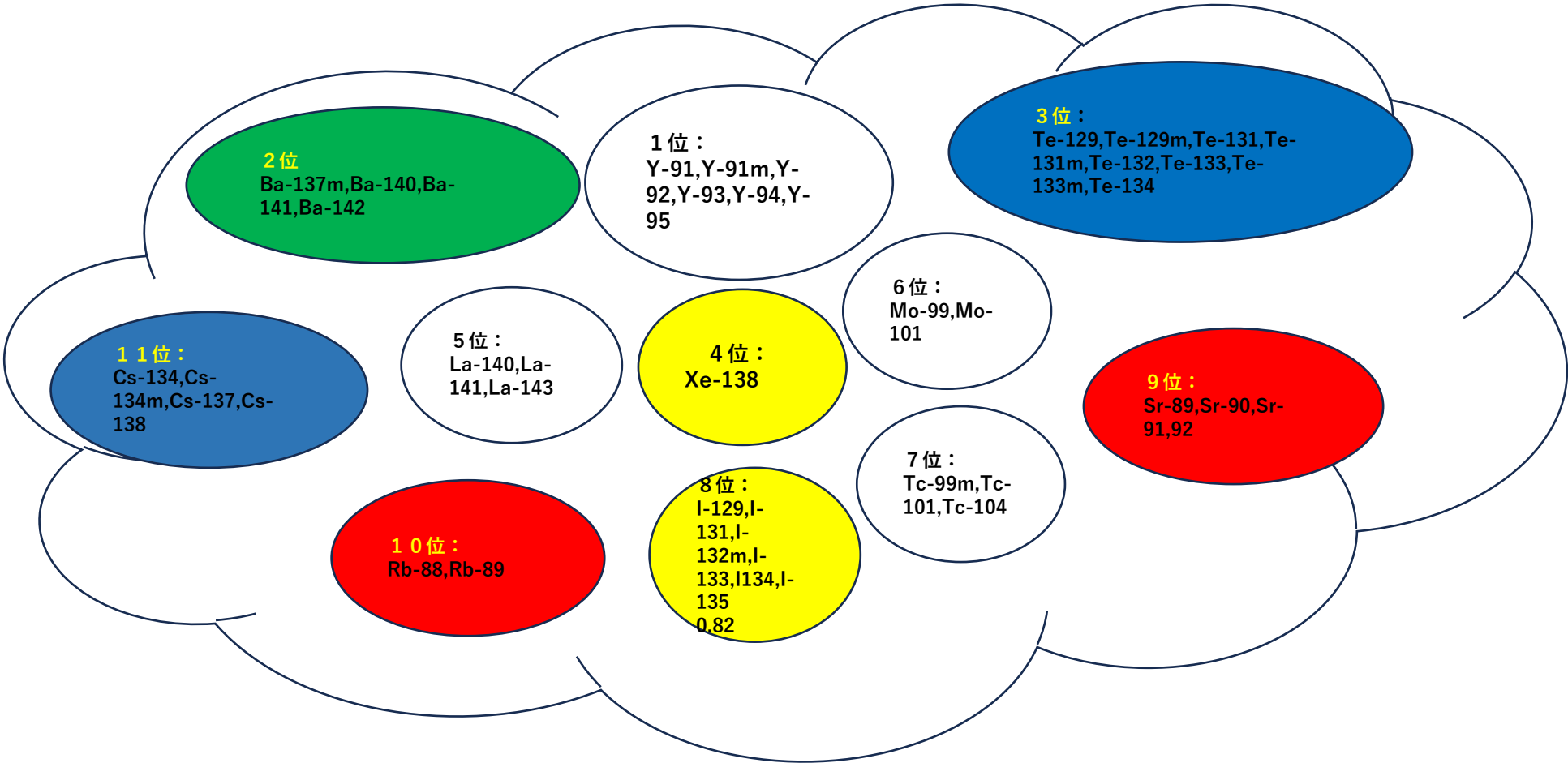
文献：「Analysis of Fission and Activation Radionuclides Produced by the Detonation of Uranium-Fueled improvised Nuclear Device and identification of the Top Dose-Producing Radionuclides」:著者：クラウス・テリー（Sandia National Laboratory）、ケビン・フォスター(Lawrence Livermore National Laboratory)
2013年2月2日: 健康物理学会受理 DOI:10.1097/HP.0000000000000086

①順位（同位体名）	放射性核種名	核分裂直後に生成される同位体別放射能強度 ($10^{13} \times \text{MBq}$)	同位体別放射能寄与比率（％）	②核分裂生成物の①炎色反応色と②化学発光色
1（イットリウム）	Y-91,Y-91m,Y-92,Y-93,Y-94,Y-95	15.1	23.0	
2（バリウム）	Ba-137m,Ba-140,Ba-141,Ba-142	13.7	21.1	アルカリ土族・バリウム（Ba）の炎色反応は緑色
3（テルル）	Te-129,Te-129m,Te-131,Te-131m,Te-132,Te-133,Te-133m,Te-134	8.8	13.5	Teは空気中でTeO ₂ になるとき発熱して青色、藍色の化学発光色を出す
4（キセノン）	Xe-138	6.9	10.5	キセノンガスは電気的エネルギーにより自然発光を示す
5（ランタン）	La-140,La-141,La-143	6.6	10.4	
6（モリブデン）	Mo-99,Mo-101	5.8	8.9	
7（テクネチウム）	Tc-99m,Tc-101,Tc-104	2.0	3.1	
8（ヨウ素）	I-129,I-131,I-132m,I-133,I-134,I-135	0.82	1.3	数種類のハロゲン化物と混合するとヨウ素（I）は高効率の白色光になる
9（ストロンチウム）	Sr-89,Sr-90,Sr-91,92	0.75	1.26	アルカリ土族・ストロンチウム（Sr）の炎色反応は赤色
10（ルビジウム）	Rb-88,Rb-89	0.4	0.6	アルカリ金属・ルビジウム（Rb）の炎色反応は赤色
11（セシウム）	Cs-134,Cs-134m,Cs-137,Cs-138	0.3	0.5	①アルカリ金属・セシウム（Cs）の炎色反応は青色。 ②Csは空気中で直ちに酸化されてCsO ₂ になりオレンジ色の化学発光を出す
合計	同位体合計	61.2	94.2	文献①：森北出版、化学辞典、 文献②、桜井弘著、元素11の新知識、講談社より

2.4：広島原爆炸裂直後（TOA＝0秒）における火球雲内の核分裂生成物・放射能強度・ランキングのモデル図

注：同位体核種別の枠内色は炎色反応色、化学発光色を参考にして色付けしている。

・ 広島原爆核分裂直後（TOA＝0秒）における火球内核分裂生成物放射能強度・ランキングのモデル図



2.5：広島原爆の炸裂直後の火球：周辺の青色と藍色（二酸化テルルの化学発光色）の光と中心部の白色光（キセノンやヨウ素の自然白色光）

2.5：広島原爆炸裂後の2～3分後のキノコ雲：上部の球状のオレンジ色はセシウムが二酸化セシウムになるとき化学発光入り、灰色や黒色部分は火災により生じた煤に多種の放射性核種が付着・結合したものの色と想定されます。

映像出典：[Hiroshima Dropping The Bomb-Hiroshima-BBC](#)（動画）より



2.6： 広島原爆直後の爆心地3km以内の急性原爆症にかんする”放射性毒ガス説“の真相

- ①広島原爆災害史全5巻（1408p）の第1巻第二節「威力と障害」には「ピカを意味する閃光」と「ドンの意味する爆風及び衝撃波」について以下のように説明しています。
- ②閃光とは：「原子爆弾炸裂による閃光は“殺人光線”ともいうべきもので、新修広島市史に、市内にいた者は黄赤色と感じ、比較的遠い場所にいた者は、**マグネシウム様の青白色**を感じたと説明されているが、被爆者の体験談や談話によってもおおむねそのとおりである。この閃光の照射時間は1.4秒であったといわれている」。
- ③爆風及び衝撃波とは：「閃光の走るに続いて、煙が波状に拡がると見る間もなく、疎密波をなして爆風が襲いかかり、ドーンと瞬間的に次から次へと破壊力をたくましくしていった。炸裂瞬間の爆風（衝撃波）の速度は1秒間に4.4km（推定）に達した」。
- ④そして「当時の体験者についで調べたところ、爆心地より2km以内にあつては光つてすぐに建物土塀などが倒壊し、塵埃が黒煙のように一時に四方に拡がり急に夕闇になり日食時のように暗くなり、晴れて明るくなるまでに5～30分くらい要した。広島ではしきりに“**ガスを含んだものは原爆症がひどい**”という噂が流れた。このガスはおそらく高放射能を持った有害物質を含む黒塵の立ったものを指すと思われる（気象技師、宇田道隆、菅原芳夫、北勲著“気象関係の広島原子爆弾被害調査報告書より引用）。
- ⑤東京大学の都築正男博士（対象12年、放射線学について研究論文で学位をとる）は、被爆後の広島に来て調査をした結果、原子爆弾の被害は①熱戦②爆風③放射能のほかに④**放射性毒ガス**によるものもあることを被害者の症状から突き止めて、帰京後の1945年11月にこのことを書いたパンフレット30部を各地の知名医師に配布しました。
- ⑥これをマッカーサー司令部が探知して、全部数を回収し都築正男に「放射性毒ガスの文字を削除し英文にして外国へ配布せよ」と命令した。都築がこれを拒否したためマッカーサー司令部は1946年秋、初代ABCC（原爆障害調査委員会）所長のテスマー博士を都築と会見させ、妥協しようとはかった実現しなかった。同年末、都築は東京大学教授から追放されたがまもなく復帰した。その後も都築は自説を曲げず“**放射性毒ガス**”があったことを主張したので1947年はじめまで第2次追放令が発せられ、平和条約発効の年まで第一線に立てなかった（1964年7月27日付、中国新聞より）。
- ⑦爆風とともに核分裂で生成された**放射性テルル、ヨウ素（ β 線連続放出による放射能毒を有する）や安定テルル（Te-128, Te-130）**のような高度化学毒を有する物質も飛来して急性原爆症を起こしたはずである。

2.7：広島原爆投下直後における①ピカッ（青い閃光）、②ドン（爆風）③化学毒説（毒ガス説）”にかんする、被ばく住民の証言集

注1：広島原爆投下直後の被ばく体験者の①閃光②爆風③毒ガス説に関する証言について、爆心地から距離別、方向別に紹介します。

文献：（気象技師、宇田道隆、菅原芳夫、北勲著“気象関係の広島原子爆弾被害調査報告書より引用）。

注2：以下の証言からは、閃光やキノコぐむの色、匂い、魚類の死亡など”放射の毒+化学毒（毒ガス説）の影響がよく出ています。

①二葉ノ里鶴羽根神社②爆心地から北東1.8km③石井氏談

「二葉山中腹でピカッと光り、天守閣に向かい青い光は黒煙中を相当長くフワフワ光を見た瞬間、山の上手へ5間くらい跳ね上げられ、まわりは真黄色に見えた。そして入道雲の天を衝くような壮大な雲が上がった。そのうちに健津神社に火が出た。建物は一日持ち上げられて落ちたように破損した。光ってから1時間くらい後にパラパラと暫時大粒の雨が降った。戸外の人は火傷した。山の松の葉まで真っ赤になり、土は真っ黒になった」

②広島駅②爆心地から東方向2km③氏名：森田助役

「紫色の稲光のようにパットなり数秒爆風で窓飛び天井落ち、塵と一緒に真っ暗がりになり、大雨時のよう、5分くらいすると明るくなり、それから20分くらい後に駅前から出火、それとともに雨風が俄かにドンドン吹き出し、市内火の海になった。火傷、ひどいのは皮が剥けた。生ゴムに自然発火し恐ろしい火炎が上った。旋風で客車が転がり出した。雨降らぬ」

③東雲部東雲町の広島市工業指導所②爆心地より南東3km③職員談

「朝礼中、閃光と熱波を受けた。火傷者は出さなかったが竈に向かった程度の熱さがあり、幾分硝酸を熱したような匂いがした。まず赤黄色味を帯びた膜状の白煙が左右に向かって急速に広がりつつあった。しばらくして轟音とともに爆風がきて吹き飛ばされた。その後、広島市の上空に高い白い積乱雲がモクモクとでき、比治山本面は真っ暗になっていた」

④井口村字浜②爆心地から西7km③酒井氏談

「2回青光り、黒煙、雨パラパラ、硝子戸は閉めたところ全部破れる、開けた所被害なし、壁落ち、屋根瓦吹き上げられ、重なれるところ有り」

⑤伴村字大塚②爆心地から北西7km③上原氏談

「眼が眩む閃光、爆風、茸が生えたような黄色の雲が出た。天井落ち、壁落ちた。東向いた小高い家は被害が大きい。光ったとき”熱かった”という人、”臭かった”という人あり。己斐裏山に行っていた人、水中に意思を投じた水紋のように青と黄の煙の紋が西方の山へ広がって行くのを見た。田で草取りをしていて寝付いて死んだ人もある。光って15分くらいしてからふつつ振り出し黒い雨が随分夕立のように降った。大粒の雨、大雷雨、谷川へ轟々黒い水が流れて真っ白い泡を立て、川にいる鮒や鰻など漁族が死んだ。蝦蟹類は生きていた。稲田真っ黒、紙片、トタン板も飛んで来て雨と一緒に落ちた。松茸の様な黒雲北へ動いた」

⑥八木村農業界②爆心地から北9km③徳永氏談

「ピカッと目も眩む光り、白煙松茸状に立ち昇る。（入道雲が黒くなり西へ動き夕立雲になる）そして、青味がかった空気の塊の拡がり来ると見るや15秒くらい経って爆風、火薬臭に似た種々の匂い感じられた。黒い雨30～40分後安村の山手に降る。閉めた硝子戸3、4分通り破損」。

2.8：広島原爆投下1時間後（TOA＝1時間）の風下10Km地点におけるウラン燃料核分裂により生成された放射能降下物面積密度（MBq/m²）同位体別合計密度のランキング

注1：ウラン燃料TNT火薬10kt相当、核分裂・1時間後の風下10Km地点における降下面積密度

注2：カッコ内数値は面積密度で、茶色数値表示核種は半減期が分単位で短いため、E4＝10⁴MBqすなわちを10億Bq（1秒間に10億回放射線を出す）超えている超高濃度核種である。

文献：「Analysis of Fission and Activation Radionuclides Produced by the Detonation of Uranium-Fueled improvised Nuclear Device and identification of the Top Dose-Producing Radionuclides」：著者：クラウス・テリー（Sandia National Laboratory）、ケビン・フォスター（Lawrence Livermore National Laboratory）

2013年2月2日：健康物理学会受理 DOI:10.1097/HP.0000000000000086

順位（同位体名）	放射性核種名（カッコ内数値は放射能面積密度で単位は：MBq/m ² ）	放射能降下同位体合計物面積密度（MBq/m ² ：10kt当たり）	放射能面積密度寄与比率（%）
1（テルル：Te）	Te-129（7.4E2）,Te-129(6.4E-2), Te-131(2.1E4) ,Te-131m(2.2E1),Te-132(5.4E2),Te-133(8.1E3), Te-133m(1.0E4) , Te-134(3.2E4)	7.0	17.4
2（セシウム：Cs）	Cs-134(2.4E-3),Cs-134m(9.8E0),Cs-137(2.1E-1), Cs-138(4.3E4)	4.5	11.2
3（ランタン：La）	La-140(3.6E0), La-141(1.1E4) , La-143(1.2E4)	4.5	11.2
4（ヨウ素：I）	I-129(2.0E-9),I-131(7.5E1),I-132(2.1E2),I-132m(7.1E1)I-133(2.3E3), I-134(3.3E4) ,I-135(7.8E3)	4.3	10.7
5（テクネチウム：Tc）	Tc-99m(7.8E1),Tc-101(3.2E4), Tc-104(7.0E4)	3.8	9.4
6（イットリウム：Y）	Y-91（1.6E0）,Y-91m(1.7E3),Y-92(3.1E3),Y-93(5.8E3), Y-94(1.9E4) ,Y-95(5.7E3)	3.5	8.7
7（ルビジウム：Rb）	Rb-88(8.5E3), Rb-89(1.2E4)	2.5	6.2
8（バリウム：Ba）	Ba-137m(2.0E-1),Ba-140(1.8E2), Ba-141(1.8E4) ,Ba-142(5.6E3)	2.4	6.0
9（ストロンチウム：SR）	Sr-8983.0E1),Sr-90(1.9E-1),Sr-91(5.0E3), Sr-92(1.5E4)	2.0	5.0
10（アンチモン：Sb）	Sb-128(2.7E2),Sb-128m(1.5E1),Sb-129(1.6E3),Sb-130(4.3E3), Sb-131(1.1E4)	1.7	4.2
11（モリブデン＊Mo）	Mo-99(8.1E2), Mo-101(1.2E4)	1.1	2.7
	同位体合計	37.3	92.7

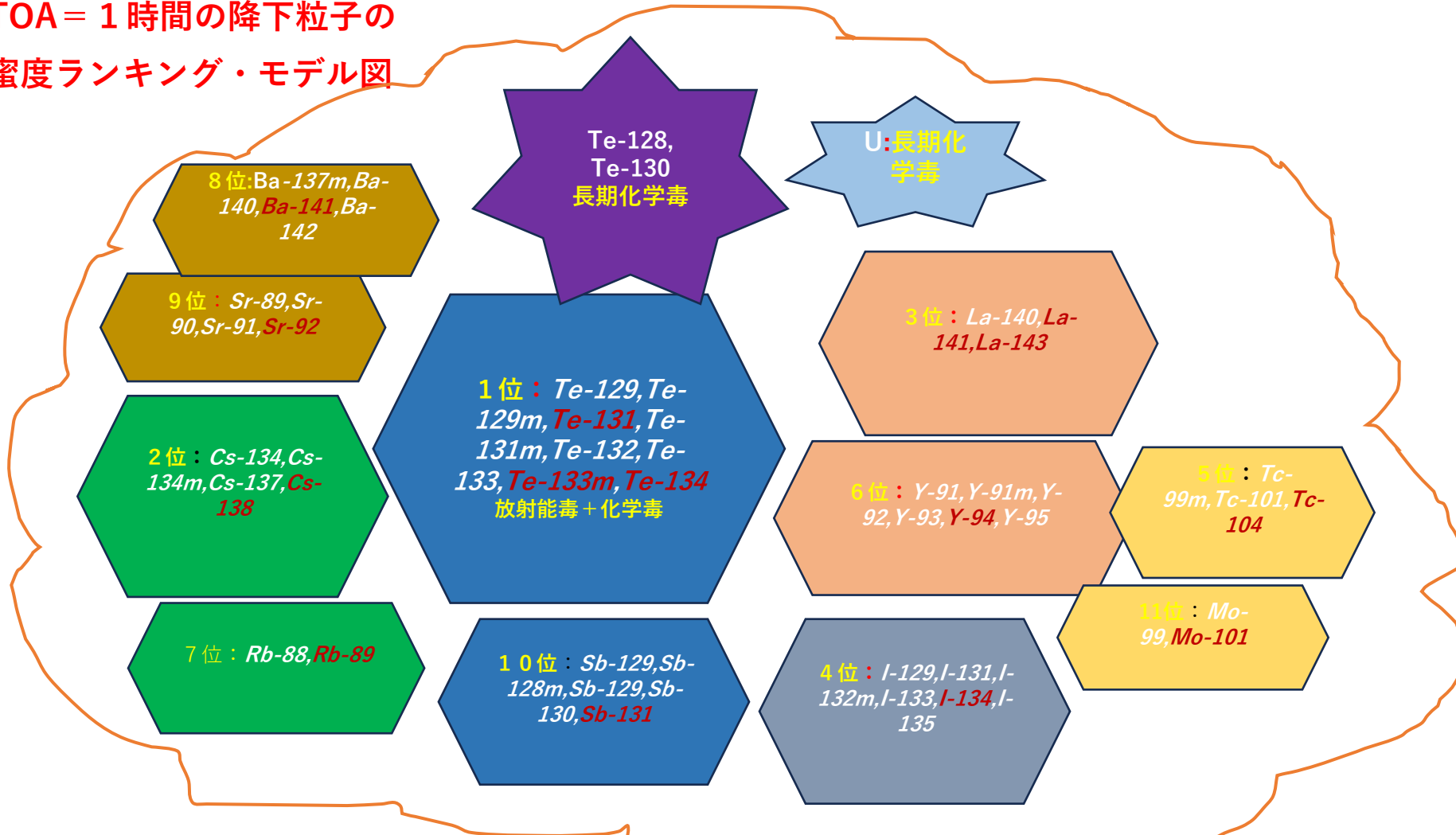
広島原爆投下1時間後（TOA＝1時間）10km風下に降下する浮遊粒子状核分裂物質の同位体別・合計放射能面積密度（MBq/m²）のランキングと降下粒子モデル図

注1：ランキング1位はテルル同位体合計密度、2位はセシウム、3位はランタン、4位はヨウ素、5位はテクネチウム、6位はイットリウム、7位はルビジウム、8位はバリウム、9位はストロンチウム、10位はルビジウム、11位はモリブデンである。

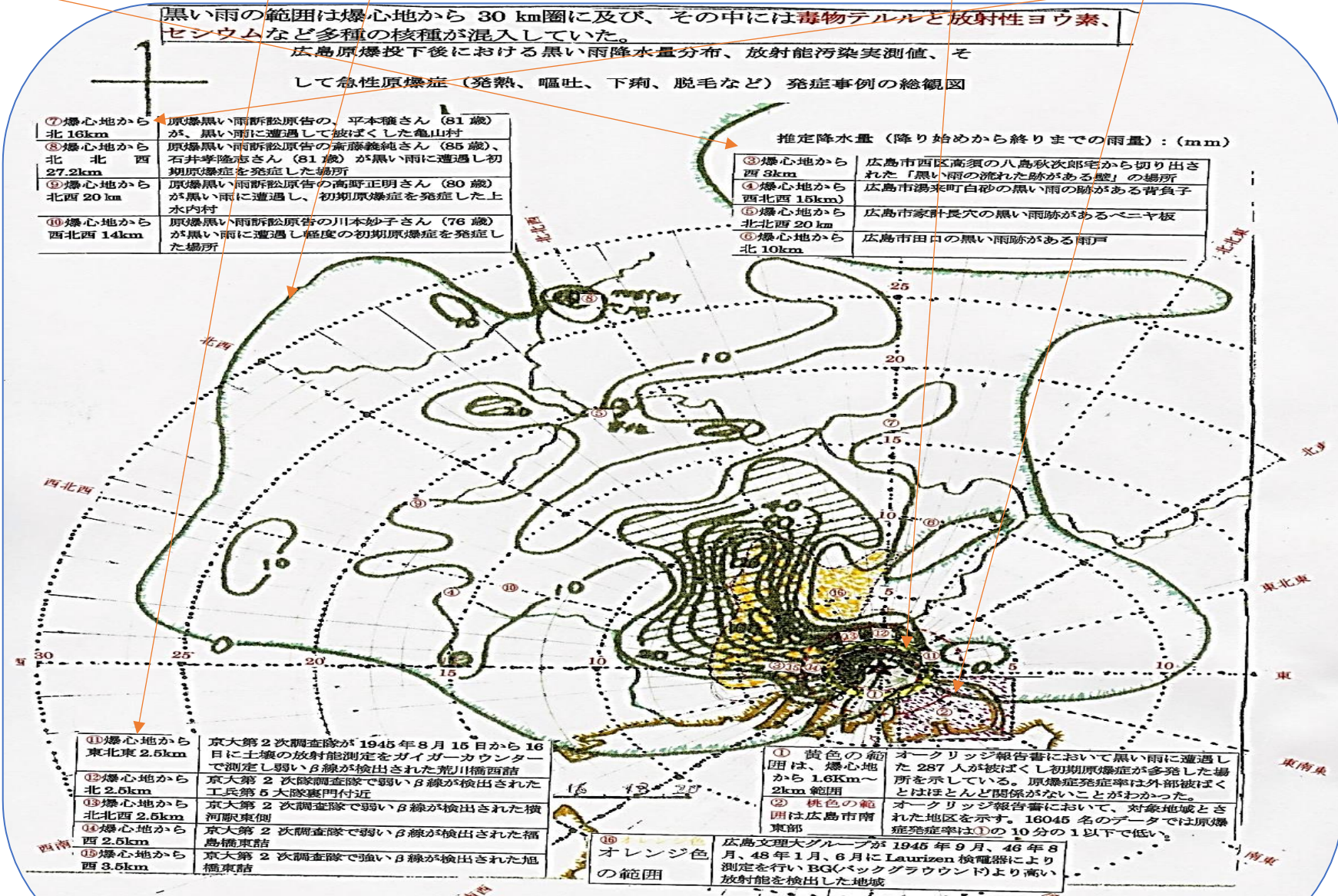
注2：同位体別の核種表示で茶色表示核種は面積密度が10⁴（MBq/m²）を越えている”高濃度汚染核種”である。

注3：★印内のTe-128,Te-130は、半減期無限大で放射能はゼロであるが長期的化学毒有生を有し、核分裂後の降下していた。ウラン（U）は、核燃料起源であり、核分裂後の降下していた。

広島原爆、TOA＝1時間の降下粒子の放射能面積密度ランキング・モデル図



2.9:広島原爆炸裂後における①黒い雨の雨量範囲と②オークリッジレポートの黒い雨遭遇者範囲と対照者範囲③黒い雨訴訟原告の被ばく地点④種々の降下物発見地点⑤β線が検出された地点、の重ね合わせ図

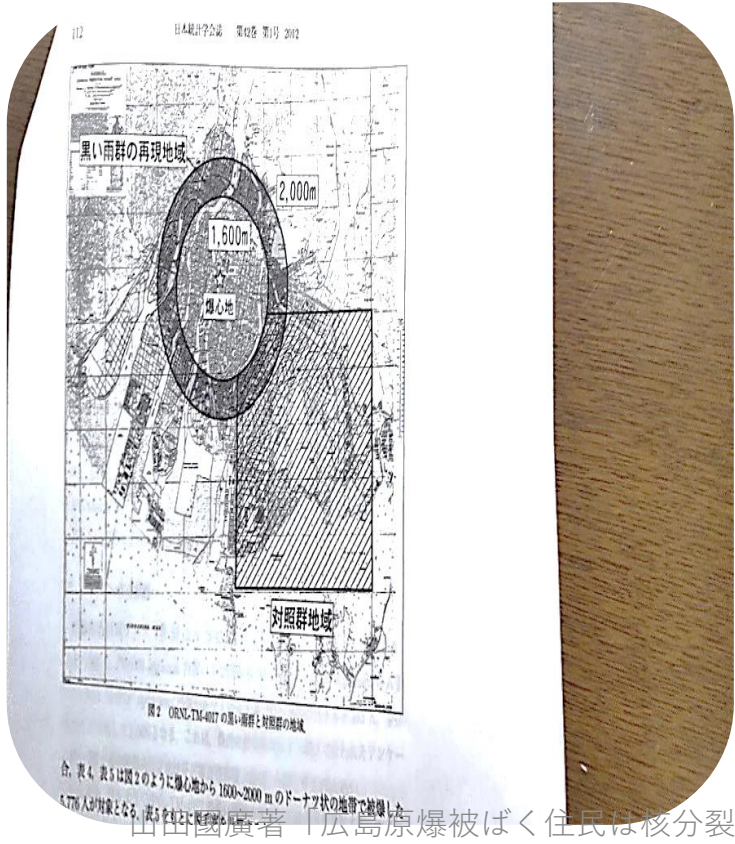
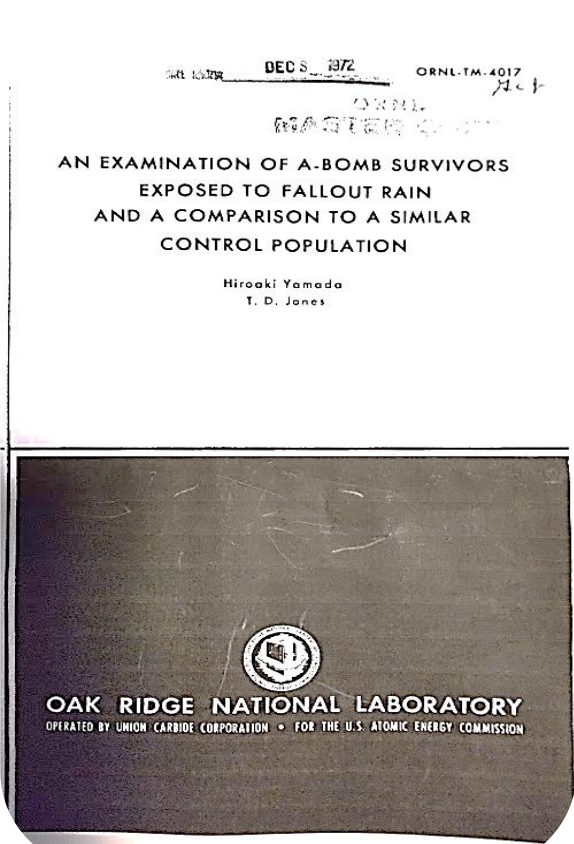


2.10:オークリッジレポートにおける典型的な広島原爆・急性原爆症状

図1：オークリッジレポートの表紙です。題名はAn Examination of A-Bomb Survivors Exposed To Fallout and Comparison To similar Control（放射能雨に曝され原爆被ばく生存者の調査と類似対象者との比較）である。著者はABCC（原爆障害委員会）からオークリッジ研究所の派遣されたHiroaki Yamada
図2：黒い雨の遭遇した地域（爆心地から2 km円内）と黒い雨の遭遇していない対象地域（斜線表示）
図3：黒い雨遭遇者と対象地域(非遭遇者)の急性原爆症発生率の比(倍率)：：発熱は10倍、嘔吐は14倍、下痢は22倍、喉の痛みは42倍、口内の痛みは47倍、歯肉痛は53倍、歯肉出血は29倍、紫斑は33倍、脱毛は15倍である。

出典:ORNL-TM-4017、1972年：<http://www.survivoling.org/classics/>より
注1：2018年8月5日の毎日新聞には「広島原爆 “鉛のような味がした” エラノ・ゲイ搭乗員証言」という見出しの記事が掲載された。広島原爆でも“金属の味”証言があった。

図1:オークリッジレポートの表紙 図2:黒い雨に遭遇した範囲（爆心地から2 km以内）と対象地区の範囲 図3:黒い雨遭遇者と対象者の急性原爆症発症率の比較倍率



in Table 11.

Table 11. Specific Symptom versus Ratio of EP Incidence to CP Incidence	
Symptom	EP:CP Incidence (倍率)
Fever: 発熱	10
Vomiting: 嘔吐	14
Diarrhea: 下痢	22
Sore Throat: のどの痛み	42
Sore Mouth: 口内の痛み	47
Sore Gums: 歯肉痛	53
Gingival Bleeding: 歯肉出血	29
Purpura: 紫斑	33
Epilepsy: 脱毛	15

2.11:ウラン燃料爆発から1日～5日経過（TOA=1日～5日）した場合のテルル同位体、ヨウ素同位体・降下核種による地面からの被ばく線量率（吸引摂取線量、外部被ばく線量）のランキング
1位：Te-132壊変連鎖（線量寄与率29.48%）,9位：Te-131m壊変連鎖（1.67%）,16位：Te-131壊変連鎖（0.54%）,19位：Te-133壊変連鎖（0.54%）
4位：I-133壊変連鎖（8.5%）,5位：I-135壊変連鎖（6.83%）,13位：I-131壊変連鎖（0.9%）
文献：「Analysis of Fission and Activation Radionuclides Produced by the Detonation of Uranium-Fueled improvised Nuclear Device and identification of the Top Dose-Producing Radionuclides」:著者：クラウド・テリー（Sandia National Laboratory）、ケビン・フォスター（Lawrence Livermore National Laboratory）
2013年2月2日: 健康物理学会受理 DOI:10.1097/HP.0000000000000086

Table A9. Dose rankings of fallout radionuclides produced by a uranium-fueled nuclear detonation, 1-5 day time phase.

TED rank	Radionuclide	Percent of total dose from ground-deposited material pathways (inhalation and external)			
		Inhalation dose	External dose	Dose by radionuclide	Cumulative dose from all Table 2 radionuclides
1	¹³² Te chain	4.73E-02	29.60%	29.48%	(29.48) 29.48%
2	⁹⁷ Zr chain	2.33E-02	19.54%	19.45%	48.92%
3	¹⁴⁰ Ba chain	7.27E-02	10.59%	10.62%	59.55%
4	¹³³ I chain	3.60E-02	8.50%	8.50%	(8.50) 68.04%
5	¹³⁵ I chain	1.63E-03	6.87%	6.83%	(15.28) 74.87%
6	⁹¹ Sr chain	2.49E-02	5.46%	5.46%	80.33%
7	¹⁴³ Ce Chain	4.07E-02	4.67%	4.70%	85.03%
8	⁹⁹ Mo chain	2.98E-02	4.64%	4.66%	89.69%
9	^{133m} Te chain	7.08E-03	1.67%	1.67%	(31.15) 91.35%
10	⁹³ Y chain	5.11E-03	1.35%	1.34%	92.70%
11	^{131m} Te chain	5.19E-03	1.10%	1.10%	(32.25) 93.80%
12	⁹⁵ Zr chain	1.49E-02	1.04%	1.05%	94.85%
13	¹³¹ I chain	3.14E-02	0.87%	0.90%	(16.18) 95.75%
14	¹²⁸ Sb	1.94E-04	0.70%	0.70%	96.45%
15	¹⁰³ Ru chain	6.69E-03	0.60%	0.61%	97.06%
16	¹³¹ Te chain	1.88E-02	0.52%	0.54%	(37.79) 97.60%
17	¹³¹ Sb chain	9.59E-03	0.46%	0.47%	98.07%
18	⁹² Sr chain	3.05E-04	0.37%	0.37%	98.44%
19	¹³³ Te chain	1.25E-03	0.30%	0.30%	(33.1) 98.73%
20	¹⁴³ La chain	2.35E-03	0.27%	0.27%	99.01%
21	¹⁴¹ La chain	1.42E-02	0.20%	0.22%	99.23%
22	¹²⁹ Sb chain	1.12E-03	0.15%	0.15%	99.37%
23	⁸⁹ Sr	1.65E-02	0.08%	0.10%	99.48%
24	¹⁴⁰ La	9.88E-05	0.10%	0.10%	99.58%
25	¹⁴⁴ Ce Chain	2.63E-02	0.05%	0.09%	99.67%
26	⁵⁶ Mn	1.24E-05	0.08%	0.08%	99.74%
27	⁵⁸ Co	2.40E-04	0.06%	0.06%	99.80%
28	^{58m} Co Chain	2.11E-04	0.05%	0.05%	99.85%
29	¹⁴¹ Ba chain	1.82E-03	0.03%	0.03%	99.88%
30	⁹² Y	2.14E-05	0.02%	0.02%	99.90%
31	¹⁴¹ Ce	1.77E-03	0.02%	0.02%	99.92%
32	⁹⁵ Y chain	2.76E-04	0.02%	0.02%	99.94%
33	¹⁰⁶ Ru chain	3.28E-03	0.01%	0.01%	99.96%
34	⁸⁹ Rb chain	1.43E-03	0.01%	0.01%	99.97%
35	⁵⁴ Mn	6.57E-05	0.01%	0.01%	99.98%
36	⁹¹ Y	9.80E-04	0.00%	0.01%	99.98%

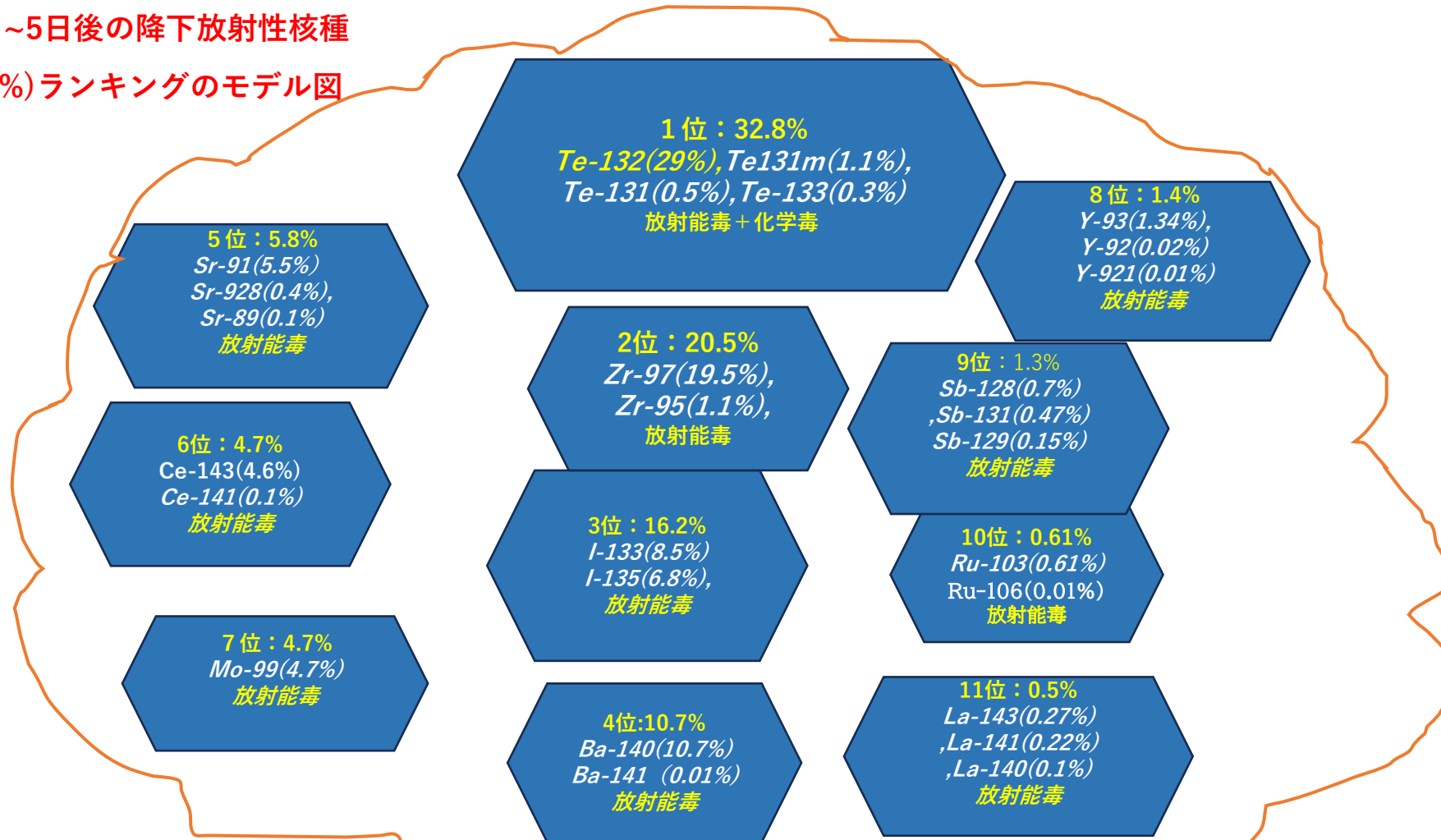
2.13：原爆投下から1日～5日経過（TOA＝1日～5日）した場合の降下放射性核種・放射線量（内部被ばく線量＋外部被ばく線量）寄与率(%)のランキング

注1：同位体別寄与率（%）ランキング：①放射性テルル:Te、②ジルコニウム:Zr、③ヨウ素:I、④ストロンチウム:⑤Sr、⑥セリウム:Ce、⑦モリブデン:Mo、⑧イットリウム:Y、⑨アンチモン:Sb、⑩ルテニウム:Ru、⑪ランタン:La

注2：個別核種別の放射線量寄与率（%）ランキング：①Te-132（29%）,②Zr-97（19.5%）,③Ba-140(10.7%),④I-133(8.5%),⑤I-135(6.8%),⑥Sr-91(5.5%),⑦Ce-143(4.7%),⑧Mo-99(4.7%),⑨Te-133m(1.7%),⑩Y-93（1.3%）

原爆投下・1日～5日後の降下放射性核種

の線量寄与率(%)ランキングのモデル図



2.14: 被曝者たちの治療に当った肥田舜太郎医師の入市・被曝者の証言です

①原爆投下直近の広島被害について、今に残る貴重な体験談があります。広島で自身も被曝しながら、被曝者たちの治療に当った肥田舜太郎医師の証言です。2020年1月、「市民と科学者の内部被曝問題研究会」発足の際、肥田氏が講演「原爆の放射能被害と向き合って一被曝医師の経験と体験から」の中で語られた一節を引用しましょう。

②「・・・原爆投下後4日目の朝から、火傷でない状態で死ぬ人が現れ始めた。まず、目と鼻から血がでます。目から出る血というのは、医者でも見たことがないですよ。非常に苦労して被曝者の口の中を診ますと、医者が自分の顔を被曝者の口に近づけて持っていけないほど、もの凄く臭いんですよ。これは、単に口臭があるというような臭いなんかではなく、腐敗している臭いなんですよ。人間が生きているのに、何で口の中が腐っているのか解らない。・・・そのうち火傷をしていない肌に紫色の斑点が出るんですね。・・・あと大体数時間しか生きていないそういう人間が、なにげなく自分の頭をこうやって頭髮を後ろのほうに手で撫で上げるんですよ。すると、そうやって触った自分の手のひらに毛がすうーって、こう取れるんですよ」⇒口の中が腐敗している臭いは、テルル特有のいわゆる腐敗臭（ニンニク臭）です。火傷していない肌に紫色の斑点が出るのは、テルルによるチアノーゼです。触った手のひらに髪の毛が取れるのはテルルによる脱毛で、目と鼻と口から血が出るのはテルルによる皮膚・粘膜への刺激です。すべて、ぴったりテルルの化学的急性毒性に適合しています

③肥田氏の経験談は続きます。「次にぼくらがびっくりしたのは、患者本人が“軍医殿、わしゃあ、ピカに遭っておりまへんで：：その日は広島にいなかった”と言うんです。“自分の子どもが帰って来ないから、焼け跡を探して歩いた：：二日くらい歩いたら、どうも体の調子がおかしくなって、それで診てもらおうとここへ来たんだ”。ぼくらの持っている医学知識でいくら診てもですね、具合が悪いところがわからないんです。：：そういつているうちに、変な症状が出て死んでいっちゃうんです。ピカにも遭っていない、こりゃ何だ。現在は“内部被曝”という言葉があるけど、当時はぼくらは“入市被曝”と呼んでいました」。肥田医師は徹底した「内部被曝論者」です。各地の講演でも一貫して「健康被害は外部被曝でなく内部被曝で起こった」ことを提唱し続けました。医師として、目撃した科学者として、その判断は重く受けとめられるべきでした。亡き肥田医師が語った真実を直視したいと思います。

3.1:テルル化合物の恐るべき急性毒の総括表⇒「急性原爆症候群を起こす毒性」

表1：テルル化合物急性毒性の総括表

実験条件	テルルの急性毒性	テルル毒の文献
テルル・エアロゾルの吸入及び経口摂取による急性毒性について	<ul style="list-style-type: none"> 「テルルのエアロゾルは眼、気道を刺激して、肝臓、中枢神経に影響を与えることがある。吸入すると嗜眠、口内乾燥、金属味、頭痛、ニンニク臭、吐き気を生じ、経口摂取ではさらに腹痛、便秘、嘔吐を生じる。目に入ると発赤、痛みを生じる」 	<ul style="list-style-type: none"> 国立環境研究所発行「テルル及びその化合物」 content">https://www.env.go.jp>content
誤って2gの亜テルル酸ナトリウムをカテーテルで注入された2人の患者への影響	<ul style="list-style-type: none"> チアノーゼ、嘔吐、混迷、意識喪失、腎臓痛が見られ4.5~6時間後に死亡。 2人の剖検では頭頸部の顕著なチアノーゼ、皮下脂肪及び蓄積脂肪の黄変下、筋肉の褐色化、膀胱及び尿管の黒変化、肺、肝臓、脾臓、腎臓のうっ血が見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> 国立環境研究所発行「テルル及びその化合物」 content">https://www.env.go.jp>content
皮膚及び粘膜への局所影響	<ul style="list-style-type: none"> テルル化水素は、特に鼻の領域で刺激効果があります。鼻粘膜はテルルの刺激性により黒緑色に変色します。鼻のキーゼルバッハ部位粘膜に影響を与え鼻血の原因にもなります。 	<ul style="list-style-type: none"> MAK Value Documentation 2006,「テルルおよびその無機化合物」より https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb1139480vere0022
4週間前のテルルに汚染された肉片を小量摂取した37歳女性の症状	<ul style="list-style-type: none"> 数時間後にニンニク臭が見られ、吐き気、嘔吐、口中の金属味、呼気や汗や排せつ物に顕著なニンニク臭が見られた。 翌日には発熱し吐き気、嘔吐が続いた。2週間後には脱毛がみられた。 来院時の胃には点状出血があり胃粘膜に炎症が見られた。 8週間後には脱毛は止まったが、呼気のニンニク臭は消えなかつた。 	<ul style="list-style-type: none"> MAK Value Documentation 2006,「テルルおよびその無機化合物」より https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb1139480vere0022

3.2：テルル化合物の化学毒性総括表

- (1) テルル化合物の急性毒性症状は、β線熱傷による急性原爆症と類似である。
- (2) 慢性症としては、多様な部位のガン、生殖発毒性による新生児の先天奇形や母体の産褥期障害、神経毒症状などがある。
- (3) テルル化合物の遺伝子障害があり、これらはクラスターDNA損傷の原因にもなっている。

出典：国立環境研究所発行、テルルおとにその化合物：<https://www.nies.go.jp>pdfs>ADC2005-1-209> より

テルル化合物の化学毒性総括表

◎テルル化合物の化学毒性総括表：急性毒性、生殖発生毒性、遺伝毒性、免疫での発ガン性、免疫毒性、神経毒性
(赤字部分が注目すべき毒性)
出典：国立環境研究所発行：「テルル及びその化合物」など

毒性の種類	毒性の内容	出典
①テルル化合物の急性毒性 (LD ₅₀)	①テルル単体のマウスに対する経口摂取・半数致死量は20 mg / kg (単位の意味：体重 kg当たりの経口毒物量 mg) ②ジメチルテルルのラットに対する経口摂取・半数致死量は 7.5 mg/kg (注：青酸カリの半数致死量は 10 mg / kgなので、それに匹敵する毒性がある)。 ③テルルは体内に入ると還元されて メチル化してジメチルテルルになると毒性が 2.7倍強くなる。	国立環境研究所発行「テルル及びその化合物」 (急性毒性,10p) より
②テルル化合物の急性毒性 (急性原爆症 + 金属の味)	①テルルエアロゾルは眼、気道を刺激して、肝臓、中枢神経に影響を与えることがある。吸入すると 嗜眠、口内乾燥、金属味、頭痛、ニンニク臭、吐気を生じ、経口摂取ではさらに 腹痛、便秘、嘔吐を生じる。眼に入ると発赤、痛みを生じる。 ②動物実験でのテルルの急性毒性は、肺炎、溶結性貧血であり、経口摂取では 振戦、反射低下、麻痺、痙攣、傾眠、昏眠、血尿、死亡がみられた。 ③ヒトの事例では、2 gの亜テルル酸ナトリウムの尿管カテーテル曝露では、嘔吐、呼吸困難、チアノーゼ、意識喪失、腎臓の痛み、肝臓の脂肪変性、浮腫 がみられた。少量のテルル汚染肉片を摂取した 37歳の女性の症状では、吐気、嘔吐、口内の金属味、呼吸や汗のニンニク臭、発熱が生じ、2週間後には脱毛 がみられるようになった。胃には点状出血がみられた。	①国立環境研究所発行「テルル及びその化合物」 (急性毒性,10p、ヒトへの影響、13p) より ②ACGIH,'7th、2001
③テルル化合物の生殖発生毒性	①テルルを一定濃度経口摂取したラットでは、胎仔の水頭症、尾や足の奇形、低体重出生 がみられ、母ラットには体重減少がみられた。 ②ラットの一定濃度以上のテルル与えると、胎仔では奇形 (主に水頭症) および変異 (椎骨や肋骨の骨化遅延)、低体重出生、生存率の低下、脳側室拡張 が認められた。母ラットでは 分娩前の膣出血、活動低下 が認められた。 ③ラットに皮下注射で催奇形性試験において、全ての胎仔に 水頭症及び水腫がみられ、死亡、体重減少、停留精巣、水頭症、水腫、眼球突出、眼球出血、臍ヘルニア がみられた。	①②国立環境研究所発行「テルル及びその化合物」 (体内動態・代謝,9p) より ③Tellurium and its inorganic compounds: MAK Value Documentation, Vol22 DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft
④テルル化合物の遺伝子障害 (DNA障害、染色体切断、リンパ球の小胞誘発など) に関する知見	①テルル酸アンモニウムは代謝活性系 S9無添加のヒト白血球で染色体切断 を誘発した。 ②テルル酸は S9無添加のヒト・リンパ球で小核 を誘発した。 ③亜テルル酸ナトリウム、メタテルル酸ナトリウムは S9無添加のネズミチフス菌で 遺伝子突然変異 を誘発した。 ④S9無添加の二酸化テルル、メタテルル酸ナトリウムは大腸菌で DNA障害 を誘発した。 ⑤S9無添加の塩化テルル、亜テルル酸アンモニウムは枯草菌でDNA 障害を起こした。	①～⑤国立環境研究所発行「テルル及びその化合物」 (発がん性：遺伝子障害性に関する知見、14p) より
⑤テルル化合物の神経毒性 (末梢神経ミエリン脱髄)	①雄雌ラット 122匹 (対照群 72匹) を1群として 0%、1.25%の濃度で餌にテルルを添加して 15日齢から 35日間投与した結果 1.25%群では後肢の麻痺 が現れたが 6日後には消失傾向になった。坐骨神経では 1 日後から節性脱髄、2日後から神経シュワン細胞の細胞質でテルルの蓄積 がみられるようになった。腕神経叢でも脱髄がみられたが、11日後には再生ミエリンがみられるようになった。1.25%群では運動神経伝達速度は 120日後まで一貫して低かった。	国立環境研究所発行「テルル及びその化合物」 (中・長期毒性 11p) より

3.3:核分裂生成物の生成とβ - (電子) 放出による壊変スキーム (質量数127~140の壊変様式)

用語説明：縦軸パラメーター：①質量数=Z(陽子数)+N(中性子数)である。②横軸パラメータはZ=陽子数=原子番号である。
③質量数右のmは“meta・stable(準安定核)”を意味しており、γ線を放出してmが外れ同質量数核種に壊変する。
④カッコ内数値は半減期を表しており、単位はs=秒、m=分、h=時間、d=日、y=年である。
⑤中性子過剰数=中性子数/陽子数=(N/Z)であり。④Te-132の中性子過剰数は(N:80)/(Z:52)=1.54、I-132は(N:79)/(Z:53)=1.49、Xe-132(N782)/(Z:54)=1.44である。
⑥β - 壊変系列は“質量数を変えずに陽子数を増やして中性子過剰数を減少させ”安定核種にむけて左から右に向けて壊変が進行して安定核種に到達して終了する

元素名⇒	スズ	アンチモン	テルル	ヨウ素	キセノン	セシウム	バリウム	ランタン	セリウム
β - (電子)の放出による壊変の進行	β - ⇒	β - ⇒	β - ⇒	β - ⇒	β - ⇒	β - ⇒	β - ⇒	β - ⇒	β - ⇒
質量数 (Z:陽子数 + N:中性子数) ↓	Sn(Z:50)	Sb(Z:51)	Te(Z:52)	I(Z:53)	Xe(Z:54)	Cs(Z:55)	Ba(Z:56)	La(Z:57)	Ce(Z:58)
127	Sn-127m(2.1h) ↓ Sn-127(4.1m)	>Sb-127(3.9d)<	Te-127m(109d) ↓ Te-127(3.9d)	>I-127 (St)					
128	Sn-128(59.1m)	Sb-128(9.0h)	Te-128(St)						
129	Sn-129(3.7m) ↓ Sn-129(2.2m) <	>Sb-129m(17.7m) ↓ Sb-129(4.4h)	<Te-129m(33.6d) ↓ Te-129(69.9s)	I-129(1.57E4y)					
130	Sn-130 (2.6m) <	Sb-130(6.4m) Sb-130(3.6m)	>Te-130(St)	I-130(12.7h)	Xe-130(St)				
131	Sn-131(65s)	Sb-131(23m)<	Te-131m(30h) ↓ Te-131(24.8m)	>I-131(8.06d)<	Xe-131m(12d) ↓ Xe-131(St)				
132	Sn-132(50s)<	Sb-132m(45s) ↓ Sb-132(3.1m)	>Te-132(3.2d)	I-132(2.28h)	Xe-132(St)				
133	Sn-133(39s)	Sb-133(2.6m)<	Te-133m(52m) ↓ Te-133(12.4m)	>I-133(20.8h)<	Xe-133m(54.2h) ↓ Xe-133(5.27d)	Cs-133(St) ↓			
134	Sn-134(20s)	Sb-134(1.5s)	Te-134(43m)	I-134(52.8m)	Xe-134(St)	Cs-134(2.05y) ↓	Bs-134(St)		
135		Sb-135(1.9m)	Te-135(19s)	I-135(6.75h) <	Xe-135m(15.7m) ↓ Xe-135(9.16h) →	Cs-135m(53m) ↓ Cs-135(2E6y) →	Ba-135m(28.7h) ↓ Ba-135(St)		
136				I-136(83s)	Xe-136(St)	Cs-136(13.5d)	Ba-136(St)		
137				I-137(24.2s) <	Xe-137(3.9m)	Cs-137(30.2y) <	Ba-137m(2.57m) ↓ Bs-137(St)		
138				I-138(6.3s) <	Xe-138(14m)	Cs-138(9.58m)	Ba-138(St)		
139				I-139(2.0m) <	Xe-139(40s)	Cs-139(9.48m)	Ba-139(8.3m)	La-139(St)	
140					Xe-140(13.3m)	Cs-140(65s)	Ba-140(12.8d)	La-140(40.2h)	Ce-140(St)

3.4：外部被ばくと内部被ばくを起こす放射線の分類

(1) α 線 (Heの原子核) は空気中を45mm, β 線 (電子) は1m(最大10m)しか飛程しない。 γ 線 (光子) は質量がないので空気中で、エネルギーを減衰させることなく人体に届きかゝる通過していく。⇒外部被ばくを起こす主犯は γ 線である。

(2) ベータ線核種を体内へ摂取したり皮膚に付着した場合、 β 線は10mm程度は飛程するので臓器細胞や皮膚細胞内のDNAを損傷させる。放射性U,Puが出す α 線の場合は40 μ mと短い距離しか飛程しないがその距離内で細胞内のDNAを大きく損傷させる。

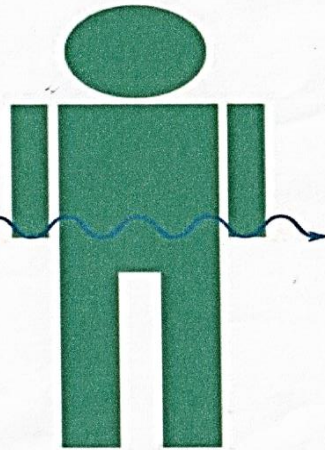
⇒福島原発事故で環境汚染したのはTe-132,I-132親子核種に代表される β 線核種であり、内部被ばくの主犯は β 線である。

図の文献：産業医科大学医学部放射線衛生学講座「放射線学入門—福島第一原発事故お受けて—」：<http://ohtc.med.uoeh.ac.jp>tepc-o>

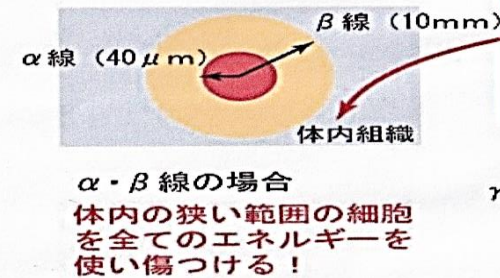
外部被曝

(空气中の到達距離)

- ・ α 線 ● → 45mm
- ・ β 線 ● ↘ 1m (MAX10m 位)
- ・ γ 線 ● ~~~~~→



内部被曝



α ・ β 線の場合
体内の狭い範囲の細胞
を全てのエネルギーを
使い傷つける！

3.5：ベータ線熱傷の症状とDNAクラスター損傷の関係

(1) Te-132,I-132親子核種に代表されるβ線壊変核種による皮膚内部被ばくによるベータ線熱傷が起こる。⇒急性症状は①数時間～数日の内の皮膚の紅斑が表れ②3～6週間後には表皮の細胞をつくる胚芽細胞の減少とともに皮膚が角化してはがれ③4～6週間後には水ぶくれやびらんが生じ④6週間未満で潰瘍ができ⑤10週未満で壊死が起こる。⇒ベータ線熱傷の症状は、テルル化合物急性毒症状と類似である。

(2) β線壊変核種による内部被ばくでは、臓器細胞内DNAの損傷があ起こる。DNA損傷にはDNA2重らせんの1本のみにおこる単独損傷と、2重らせんの両方に複数で起こる“クラスターDNA損傷”がある。β線による内部被ばくの場合は“クラスターDNA損傷”が起こる可能性が大きいことが文献により指摘されている。

(3) 「D.T.Goodhead は電離放射線による電離・励起の特徴とDNA損傷を結び付け図1に基づく仮説を提唱した。この仮説では、電離放射線の単一の飛跡によって、①電離や励起が空間的に不均一に生じ、その結果ある確率で複数のDNA損傷が局所的に固まり（クラスター化し）②固まった損傷は生体にとって修復が難しく生物影響の原因となる」。文献：鹿園直哉著「放射性生物影響の原因となるDNAの傷の塊」、Isotope News 2015年10月号, No.738: https://www.jrias.or.jp/books/pdf/201510_T

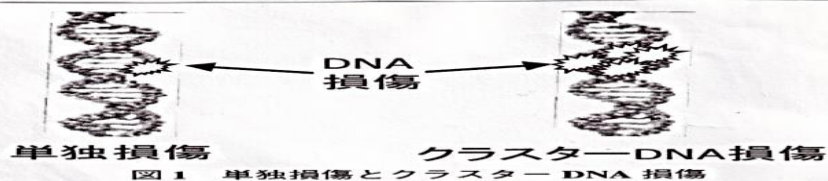
ベータ線熱傷 [beta burn]

2011/04

イミダス編

ベータ線（β線）の被曝（ひばく）による放射線熱傷（radiation burn）で、放射線皮膚障害（radiation dermatosis）と呼ばれる独特の損傷をもたらす。ベータ線は高速の電子からなる粒子線で、その速度やエネルギーの強弱によって透過距離が異なるが、透過力自体は弱く、金属やプラスチックの薄い板で止められる一方、生体では1～10ミリほど透過する。多くの放射線と同様、ベータ線もまた透過の際に、その物質の原子がもともと持っている電子を弾き飛ばしてしまう電離作用（ionization）をもち、被曝に際しては、透過力が弱いがゆえに、皮膚表面から透過が止まるまでの間で、細胞に対してこの作用を最大限に発揮することになる。特に問題なのは、細胞の中核となるDNAを損傷するDNAクラスター損傷（DNA clustered damage）をもたらすことで、新たな細胞を再生する能力が阻害されてしまい、治癒自体が成り立たなくなってしまう点にある。そのため、「熱傷」とはいうものの、通常の火傷とは全く異なるかたちで患部の症状が進行する。とりわけ、細胞周期、すなわち細胞が分裂してから次の分裂を行うまでのサイクルのどの時点で被曝したかで症状の発現が異なってくるため、被曝直後にどの程度の症状に及ぶか診断することは難しい。また、被曝線量が大きいほど早く重く発症し、重篤な場合は、まず急性障害として、(1)数時間～数日のうちに紅斑（こうはん）が現れ、(2)3～6週間後には表皮の細胞を作る胚芽細胞の減少とともに皮膚が角化してはがれ、(3)4～6週間後には水ぶくれやびらんが生じ、(4)6週未満で潰瘍ができ、(5)10週未満で壊死が起こる。被曝が軽度である場合も含め、(1)(2)(3)(4)の症状には副腎皮質ステロイドを含むローションや軟こうなどで対応するが、その効果は経過を見て判断するしかなく、観察のために2～3カ月を要することもある。表皮の再生が困難である場合は皮膚移植、ないしは動物の皮膚を用いる異種移植を施したのちに、人工真皮を移植し、血管と真皮が再生したら上皮の移植を行うという長期にわたる何段階もの治療が必要となる。その後も、痛みや知覚異常、血管拡張などの症状が続き、同時に晩発性障害として発がんのリスクもつきまとうことになり、切断などの処置も余儀なくされることがある。

<https://imidas.jp/hotkeyword/detail/F-00-211-11-04-H012.html>



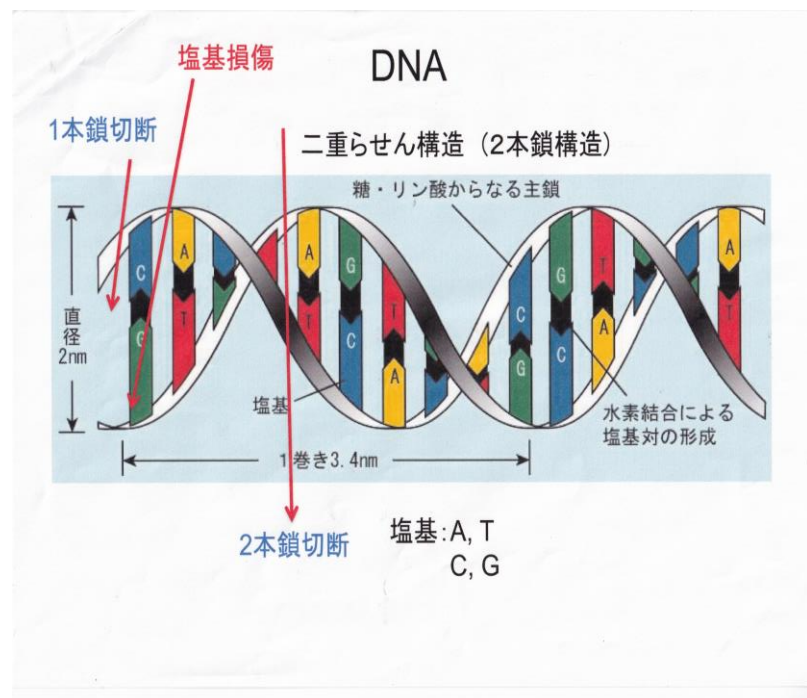
鹿園直哉著「放射線生物影響の原因となるDNAの傷の塊」
Isotope News 2015年10月号 No.738
https://www.jrias.or.jp/books/pdf/201510_T

3.6 : 左図: DNAの塩基損傷 (電離放射線単一の飛跡で1本の鎖の1か所で損傷) と2本鎖切断 (単一の飛跡で2重らせんの両方を損傷) のモデル図

3.6 : 右図: クラスターDNA損傷の概念図⇒クラスターDNA損傷とは、10~20塩基 (1~2回のらせん回転相当) 内で、2か所以上の損傷、たとえば塩基損傷やDNA鎖切断等を持つものであり、クラスター損傷は大きな生物学的効果を引き起こす原因になると想定されている。

左図の文献: 産業医科大学医学部放射線衛生学講座「放射線学入門—福島第一原発事故お受けて—」: <http://ohtc.med.uoeh.ac.jp>tepc-o>

右図の文献: 「第41回放射線科学研究会公聴記」より: onsa.q.dgdg.jp/r41.htm



1. 放射線によるクラスターDNA損傷とは何か?
(独)日本原子力研究開発機構量子ビーム応用研究部門DNA損傷修復・細胞影響研究グループ 鹿園 直哉

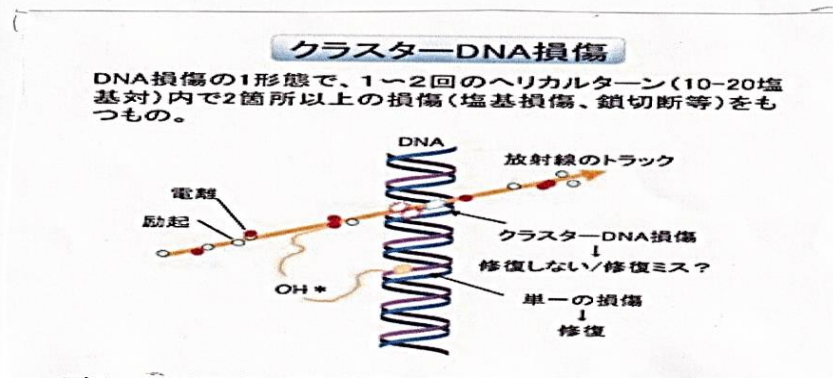


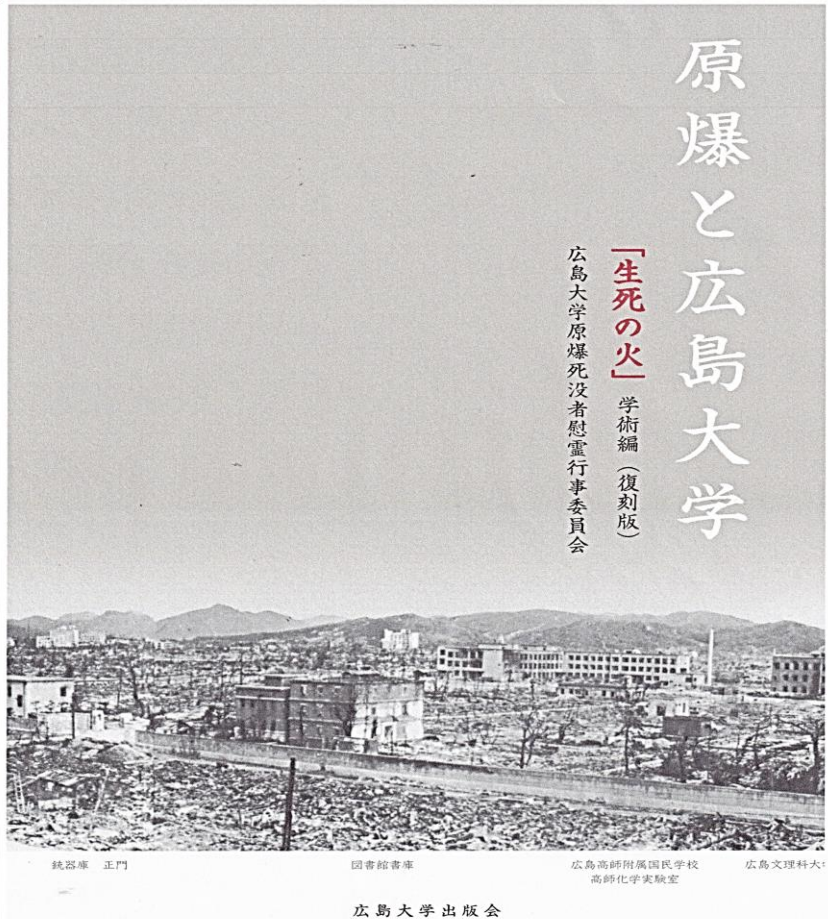
図1 クラスターDNA損傷の概念図

クラスターDNA損傷とは、10~20塩基 (1~2回のらせん回転相当) 内で2箇所以上の損傷、例えば塩基損傷やDNA鎖切断等を持つものであり、修復が困難、もしくは修復ミスを起こしやすい損傷とされる (図1)。したがって、クラスターDNA損傷は大きな生物学的効果を引き起こす原因になると想定されている。

「単独のDNA塩基損傷に比べて、クラスターDNA損傷は、遺伝子突然変異誘発効果が約6倍高くなることを明らかにした。すなわち、クラスターDNA損傷を形成する塩基損傷は修復されにくく、除去される前にDNA複製される確率が高くなるために、遺伝子突然変異の誘発率が上がると考えられる。」
(1) 電離放射線によってクラスターDNA損傷が形成され、それが生物効果の原因になっていること、(2) クラスターDNA損傷はその種類によって強く修復障害がかかり、それが生物効果に深く関与していることが明らかになった。

4.1：広島大学の病理学者であった杉原良夫の原爆症定義に関する報告書の表紙。

A B C C（原爆障害調査委員会）が急性原爆症を爆心地から2 k m以内の脱毛、紫斑、口内炎に限定したことについて猛烈に批判しました。広島大学研究者を中心にして「広島原爆障害研究会」が発足し、その論文の中で杉原は「原爆症とは、被爆者の体内に生じた病的変化をすべて総称するものと仮定する。これは不明な原爆症を解明するために必然的な立場なのです。なぜならば、原爆放射線によってどんな病気が起こるか分からないのですから、被爆者全ての病的現象を、原爆放射線と関係のあるものとして、治療、記録、長さ、および資料収集しなければ解明しようがないからです」と、急性原爆症の定義を提案しています。



目次	
1. カコウ岩表面の剝離現象	27
2. 岩石等の表面の溶融現象	28
3. 熱線と爆風と剝離現象の前後関係	28
4. 広島と長崎の比較	30
第 5 節 建築学分野 (佐藤重夫、葛西重男)	31
1. 広島原爆ドーム保存工事	31
2. 原爆による広島市内建築物の破壊調査	37
第 II 章 医学関係	
第 1 節 原子爆弾被爆と医学研究——病理学を中心に—— (飯島宗一)	49
1. 被爆影響の医学研究史概観	49
2. 広島大学と病理学的寄与	52
3. A B C C と放射線影響研究所	53
4. 被爆による医学的障害	55
第 2 節 医学部における初期の研究と原爆放射能医学研究所の設立 (渡辺 漸)	55
第 3 節 原爆放射能医学研究所の設立前後 (志水 清)	58
第 4 節 原爆放射能医学研究所における将来計画と協同研究への歩み (岡本直正)	61
第 5 節 ヒロシマと原爆 (西丸和義)	62
1. 私とその周辺	62
2. 県立医専から医学部の周辺	63
第 6 節 原爆症の病理学的争点——体験からの考察—— (杉原芳夫)	65
1. 原爆ケロイド	66
2. 慢性原爆症——原爆の遅発性影響——	68
3. 被爆二世	76
おわりに	78

4.2：広島大学保健管理センター教授の杉原芳夫氏が広島大学出版物の中で、「原爆症の病理学的争点、体験の考察から」を担当して、以下の報告をしている

- ①広島における原爆症の特徴について、広島大学保健管理センター教授の杉原芳夫氏が広島大学出版物の中で、「原爆症の病理学的争点 体験の考察から」として、詳しく報告しています。それを抜粋し、要約して紹介しましょう。
- ②まず原爆投下後、二週間くらいの間に現れる症状を「急性原爆症」とします。この時、**気分が悪くなって震えが来たり、食欲がなくなり、嘔吐、下痢、便秘が起こります。頭痛やめまいに襲われ、不眠になり、うわ言を言ったり、錯覚や幻覚が現れます。脱力感や倦怠感に見舞われ、無表情になります。脱毛します。口、鼻、歯肉、尿や肛門、生殖器の出血、皮膚や粘膜に溢血します。口や喉が荒れて痛み、発熱します。貧血や白血球異常が起こり、無精子や月経異常になります。**
- ③三週間から八週間までの間に現れるのを「亜急性症状」とします。急性症状が継続すると共に、**黄疸やネフローゼ症候群**などの合併症が伴い、**倦怠感と苦痛に襲われます。**
- ④九週始めから六ヶ月くらいまでを「亜慢性期原爆症」とします。亜急性のさまざまな症状は薄紙を剥ぐように消えて行き、脱毛も回復します。この頃には**肝臓障害が増え、皮膚に原爆ケロイドが頻発**します。
- ⑤最終的に起こる**重大な病状、それは「ガン」と「免疫障害」**です。
- ⑥原爆症として記録されたこの症状は、典型的なテルル毒の症状に通じます。症状はあまりにも多岐に亙るので、その一つでも多く記憶に刻んでいただきたいと思います、繰り返し書きます。現在の私たちにも関係するので記憶していただきたいと思います。

4.3：原子爆弾被爆者の医療等に関する法律で「公式に認定された原爆症」

法律は昭和32年4月1日に施行された。原爆放射線を多量に浴びた者が“特別被爆者”として医療費が原則として支払われることとなった。さらに、この法律に基づいた原子爆弾被爆医療審議会は、一般被爆者のうちで健康診断の結果、造血機能障害、肝臓機能障害、その他厚生大臣が定める障害（悪性新生物、内分泌の障害、中枢神経の欠陥損傷、循環器系の障害、腎機能障害）があると認められたものは、認定疾患とすることになった。原爆症として認証されたもので、公的に認定された認定疾患は以下のものである。

- ①外科系でケロイドの治癒異常、熱傷、外傷など運動機能障害
- ②末梢神経断裂による傷害
- ③造血器障害としては白血病、貧血症、多血症、白血球減症、白血球像多症、紫斑病、血小板減少症
- ④悪性新生物では肺がん、甲状腺がん、皮膚がん、卵巣がん、骨肉腫、悪性リンパ腫、副腎皮質腫瘍、脳下垂体腫瘍である。
- ⑤内分泌障害としては甲状腺機能障害、副腎皮質機能障害、性腺機能障害
- ⑥消化腺障害では慢性肝臓障害、肝脾症候群
- ⑦その他の原爆症として白内障、外傷性てんかん、高度小頭症など