

# 意見書

2017（平成29）年11月29日

## 広島黒い雨の特性について

火球にあったすべての物体は気体となり凝集し、微粒子となった。生成された微粒子表面は原子が整然と並ぶ状態ではなく光学的には光を反射せず黒い微粒子となり、雨を黒くした。それに火災によるすすが加わった。雨は雲の下に降るものであり、黒い雨の雨域は水平に広がる原子雲がもたらしたものである。この雨域は大瀧雨域あるいは増田雨域が裏付ける。

琉球大学名誉教授

## 目次

概括（主たる指摘事項） .....	4
(1) 残留放射能 .....	4
(2) 原爆を構成したすべての物質は黒い微粒子群となった.....	4
(3) 放射能環境 .....	4
(4) 黒い雨の雨域 .....	5
(5) 火球と中心軸 .....	6
(6) 爆心地の放射能 .....	6
(7) 物理的測定は放射能環境の確認であり、定量的に放射能環境を表す ものではない .....	7
はじめに.....	8
第1章 原子雲と放射能環境－広島原爆と長崎原爆－ .....	9

<b>第2章 水平原子雲の形成－砂漠との違い－</b> .....	16
(1) はじめに .....	16
(2) 砂漠との違い .....	16
① 砂漠地帯の場合の放射性微粒子（ストークスの法則に従う） .....	16
② 広島・長崎の場合の放射性微粒子（雲になり雨になり） .....	18
<b>第3章 原子雲の形成メカニズム</b> .....	20
(1) 爆発直後の現象－火球の上昇と原子雲中心軸の形成－ .....	20
(2) 熱と温度と気体粒子・分子の速度 .....	21
(3) 気体分子同士の衝突と気体密度 .....	23
(4) 気体の相変化と温度 .....	24
(5) 気体密度と浮力－高温気団の運動について－ .....	25
(6) 空気温度の高度依存性の逆転と浮力喪失 .....	26
<b>第4章 火球の熱力学的考察－温度と浮力、放射能の分布</b> .....	27
(1) 火球内の温度分布 .....	27
(2) 火球の浮力分布 .....	28
(3) きのご雲（頭部と中心軸）の形成 .....	28
(4) 真上から見た場合の温度分布 .....	31
(5) 水平原子雲の形成 .....	31
(6) 中心対称性 .....	33
(7) 放射能の濃い中心軸周辺部が水平雲に（放射線と水滴） .....	34
(8) 衝撃波 .....	35
<b>第5章 放射性微粒子の形成と水との合体</b> .....	37
(1) 火球から高温気団へ .....	37
(2) （火球中）プラズマ状態から原子の再構成 .....	37
(3) （火球中）放射性微粒子の形成 .....	37

(4) 放射性微粒子と電離イオンを核とする水滴形成 .....	38
(5) 放射能の分布 .....	39
(6) 圏界面 .....	40
(7) 水滴が雲を形成し放射性物質を運ぶ .....	40
(8) 水平原子雲は黒い雨の雨域を作る .....	41
(9) 黒い雨地域と被爆 .....	42
(10) 測定と被爆環境の関係 .....	43
<b>第6章 「黒い雨」雨域 .....</b>	<b>44</b>
<b>まとめ .....</b>	<b>52</b>

## 概括（主たる指摘事項）

### （１）残留放射能

原子雲の頭部（高温気団：元火球）、中心軸、水平に広がる雲には全て放射能が含まれる。高圧空気の衝撃波にも放射能は含まれた。加えて中性子誘導放射化物質が加わる。

### （２）原爆を構成したすべての物質は黒い微粒子群となった

原爆を構成したすべての個体は核分裂連鎖反応後、発生した強烈な熱のため、瞬時にして気体となった。はじめ、原子を構成できないプラズマ状態（原子核と電子が合体している原子状態を維持できずに、原子核や電子がバラバラになって運動する状態でそれぞれがプラス・マイナスの電荷を持つ状態）が出現したが、断熱膨張する間に温度が下がり、原子が再構成され、ぶつかり合う原子が互いに結合しあうようになり、放射性微粒子が構成された。最初は単体の時に高い融点を示す元素が結合しあい、次第に融点の低い元素の原子が結合されていくプロセスであった。この微粒子の表面は原子が整然と並ぶような状態ではなく、従って光を反射しあるいは屈折させる状態にはなく、全ての光が吸収されてしまうもので黒色を呈す。火球内物質は大量の黒い微粒子群となったのである。「黒い雨」の黒さはこの火球内で発生された黒い微粒子群に加えて、火災による煤（スス）がもたらしたものである。黒い雨の黒い微粒子は水溶性のものと不溶性のものがあり、黒い雨はそれらの混合物である。黒い微粒子は雨自体を黒くするとともに粘性の高い感触を示し（川などの）水面に油膜のように展開した。

### （３）放射能環境

原爆投下後の気象環境は、主要には原子雲をもたらした原爆の強烈な熱現象によるものに加え、副次的に発生した地上の大火災により構成された。放射能を含む火球・高温気団は強烈な浮力（熱気球の原理）により急上昇し直下に大量の放射能と熱を置き残し、原子雲中心軸を作った。原子雲中心軸は周囲から冷やされその温度に応じた浮力を得て上昇し、圏界面に達したときに浮力の少ない中心軸外周は圏界面を超えることができずに水平に等方的に広がった。これが時間的には中心軸の形成よりかなり遅れて

出現した水平原子雲である。

放射能を多量に含む水平原子雲は半径約 1.8 km（直径 3.6 km）ほどにもおよんだ。その下方空間には黒い雨が降り、また降雨にかかわりなく放射能空間が出現した。黒い雨は水平原子雲の生成・発展・消滅に伴い雨の激しさを变化させた。火災による雲は原子雲と合体して、黒い雨の強弱変化をさらに強調した。黒い雨の雨域はほぼ直径約 3.0 km ほどでほぼ水平原子雲活動の強い区域と重なる。この地域は雨に打たれても打たれなくても放射能環境の下で、放射線にさらされるところとなった。水平原子雲は自然の風により移動するが、それに伴って黒い雨の雨域も移動した。

放射能と降雨の関係は基本的には水平原子雲の自然風で移動しながらの生成・発達および消滅と関わりと理解でき、局地的な火勢の時間依存、風向き等により様々な状況が展開した。

#### **（４）黒い雨の雨域**

黒い雨の雨域は増田雨域、あるいは大瀧雨域（広島市のアンケート調査結果）で示される。

雨は雲の下に降るものである。黒い雨の雨域は、ほぼ半径約 1.8 km（写真解読から）の水平原子雲を北北西風下に 1.0 km ほど平行移動した原爆投下後 1 時間ほど後の円形域で理解できる。この平行移動は風速毎秒 3～4 m の自然風によって流されたことで理解できる。水平原子雲が成長しやがて消滅するが、その最も活発に活動した時間帯が原爆投下後 1 時間以降からであったとして理解できる。激しく降った雨域および長時間降った雨域は原子雲のほぼ中心部分が風と共に北北西方向に移動していくことによってもたらされた。

放射能微粒子の振る舞いは乾燥した砂漠での核爆発後とは根本的に異なる状態であった。放射性微粒子がストークスの方式に従うとしてのシミュレーション（黒い雨専門家会議、その他による）は根本的に誤っている。湿度の極端に少ない砂漠型の放射性物質の降下は放射性微粒子がストークスの法則にしたがう（放射性微粒子が霧粒のように超低速で落下する）。よって爆心地より自然の風の風下に極端に細長い楕円状あるいは帯状に放射性物質が展開する。この砂漠型ストークスモデルに従った黒い雨専門家会議のシミュレーションは広島・長崎に適用できないのにも拘わらず誤っ

て適用している。水滴を凝集した放射性微粒子はもはやストークスの法則にしたがう微粒子からそれに従わない水滴に姿を変えているので、ストークスの法則によるシミュレーションは根本的に誤っている。雨は雲の下に降るものであり、放射能の分散などはストークスの法則にしたがう微粒子単独ではなく、微粒子を核とした雨滴の振る舞いによっている。黒い雨の増田雨域あるいは大瀧雨域が、水平原子雲のもたらした雨域：放射能環境域として本意見書の説くところとよく一致している。概略半径約18kmの雨域全体を放射能環境区域と近似できる。

### **(5) 火球と中心軸**

火球が急速に上昇したのは、高温気団（火球の冷めつつあるガス塊）が高温のために生じる浮力によるものである。中心の高温気団（元火球）は熱と放射性微粒子を中心軸に置き残して上昇するために中心軸は高放射能を帯び、自ら上昇する。中心軸外周の低温部分が圏界面で水平方向に展開する。高温気団（元火球）が上昇する限り中心軸の上昇気流は続く。

### **(6) 爆心地の放射能**

高温気団（元火球）の上昇が終了した後の爆心地周辺の放射能を考察する。高温気団（元火球）の上昇が終了する頃中心軸の温度も冷え、上昇気流は終了し、中心軸に含まれた放射性物質は下降し、爆心地を高放射能とする。核分裂生成原子は半減期の短い多様な原子核を含んだためにこの爆心地近くでの放射性微粒子による高放射能は時間と共に急速に減衰する。

爆心地近くの放射能は、原子雲中心軸の持っていた放射性微粒子と上空の原爆炸裂点から放出された中性子による誘導放射化物質による。核分裂連鎖反応で発生された中性子は地中深くで物質を構成する原子の原子核に衝突し、誘導放射化を地中（物質中）深くで行うものである。

一般に原子核の直径は原子の直径の $10^{-5}$ 倍（10万分の1）程度であり、断面積は $10^{-10}$ 倍（百億分の1）である。中性子は簡単には原子の中心にある原子核に衝突できない（中性子が原子核に衝突して初めて誘導放射能が発生する）。物質中をかなり走ってようやく衝突するものである。中性子誘導放射化は地表面で発生するというよりも地中深くに発生する。核分裂直後の衝撃波により巻き上げられる部分もあるが基本は物質深く、大地深く保存される。

地表で発生した粉塵の放射能は放射性降下物が主であり、それに中性子誘導放射化物が加わったものと判断する。

#### **(7) 物理的測定は放射能環境の確認であり、定量的に放射能環境を表すものではない**

あらゆる物理的測定は原爆の放射能が存在した証明となるが、定量的に放射能環境を論ずるには適さない。

放射能環境全体に対して測定対象はそのごく一部分であり、その測定値により放射能環境全体を代弁するものではあり得ない。さらに、原爆投下直後の放射能環境が測定時まで保存されているのは極めて稀であり、自然的・人為的に保存性は破壊される。一部のデータ（物質中深くにある中性子誘導放射化物質の測定など）を除いて、著しい過小評価をもたらすものであり、放射能環境を語る資格は全くない。定量的には用いてはならないのである。

また、時間が経過してから、大気圏内核実験による放射性降下物に紛れて物理的測定によって原爆放射能が確認されなかったことを理由に「黒い雨には放射能が無かった」などと結論するのは明らかに誤りである。

## はじめに

私、矢ヶ崎克馬は1943年生まれ、沖縄県中頭郡西原町に在住しています。本籍は広島県です。

広島大学大学院理学研究科博士課程で学んだ後、復帰後2年目の1974年、国立移管された琉球大学に物性物理学の教育研究の基盤を確立することを目的として赴任しました。研究分野は物性物理学で、超電導などの電気伝導、エネルギー輸送あるいは磁性に関する基礎研究を実験的な手法により行ってきました。琉球大学には理工学部助手、理学部助教授、理学部教授として2009年3月まで勤務しました。

琉球大学では大学評議員、学生部長、理学部長などを歴任致しまして、教育研究の基盤整備に尽力して参りました。また、学界活動としましては、学術会議の下部組織「物理学研究連絡委員会」の委員に任命されるなどにより、学術のあり方や教育研究の課題検討を進める仕事などをして参りました。

亡妻が広島4号被爆者でありました。2003年には原爆症認定集団訴訟が提訴されましたが熊本の弁護団から内部被曝の証言者となることを要請されました。その時、DS86第6章を読み、測定から結論を導き出す過程でこの文書が科学の原則を踏み外し、科学倫理に悖るものであることを発見いたしました。土壌放射能が枕崎台風の洪水に洗われた後の測定であるにも拘わらず、初めからあった量とされたのです。一般科学の理念と手法に精通している者であれば、物性物理学者の私でも十分問題点の解明に迫ることができることを確信し、証言者となることを引き受けました。原爆症認定集団訴訟では熊本地裁の法廷にて「内部被曝」を証言致しました。その後広島3号被爆者訴訟、長崎被爆体験者訴訟等々で法廷証言をいたしました。

東電福島原発の事故があった後では、2011年衆議院科学技術特別委員会参考人、参議院予算委員会参考人を務めました。2012年には久保医療文化賞を受賞しました。

著書に『隠された被曝』（新日本出版社）、『内部被曝』（岩波ブックレット）などがございます。

今回の訴訟においても誠実に事実の解明を行い、唯一の戦争原爆被爆国の科学者として責任を果たしたいと思っております。

# 第1章 原子雲と放射能環境

## —広島原爆と長崎原爆—

- ① 先ず原爆の爆発規模についてである。完全に秘匿されたソースターム情報として科学上の検証を阻止されているものではあるが、広島はほぼ15キロトンTNT、長崎は22キロトンTNTと推測されている。この爆発規模は被爆直後の放射能環境の主要な部分を占めた「核分裂生成原子」の数量に直接比例している。生成された核分裂生成原子の量は爆発規模に比例し初期の放射能環境を支配する。
- ② 爆発規模は水平原子雲の広がり大きさ等に反映している。広島は半径約18キロメートル程度であったのに対し、長崎は主要な雲の厚い部分が半径15キロメートル、その先の雲の薄い部分は半径30キロメートルにも及ぶ。

原子雲頭部の上昇速度は10分後には15キロメートル程度までの上昇を作り出し、この速度は広島と長崎同程度と見なせる。核分裂によりもたらされた初期の火球温度が同程度であることを物語っている。

水平原子雲の展開は原理的説明を第4章で述べるが、中心軸の温度の比較的低い外周部分が圏界面に到達した時に引き起こされる。外周部分は浮力が弱く上昇速度が小さいので、高温気団（元火球）の上昇よりずいぶん遅れて実現する。圏界面で中心軸の外周部分が浮力を失い、それまでの垂直方向の運動を水平面の半径方向に向きを変えることによる。

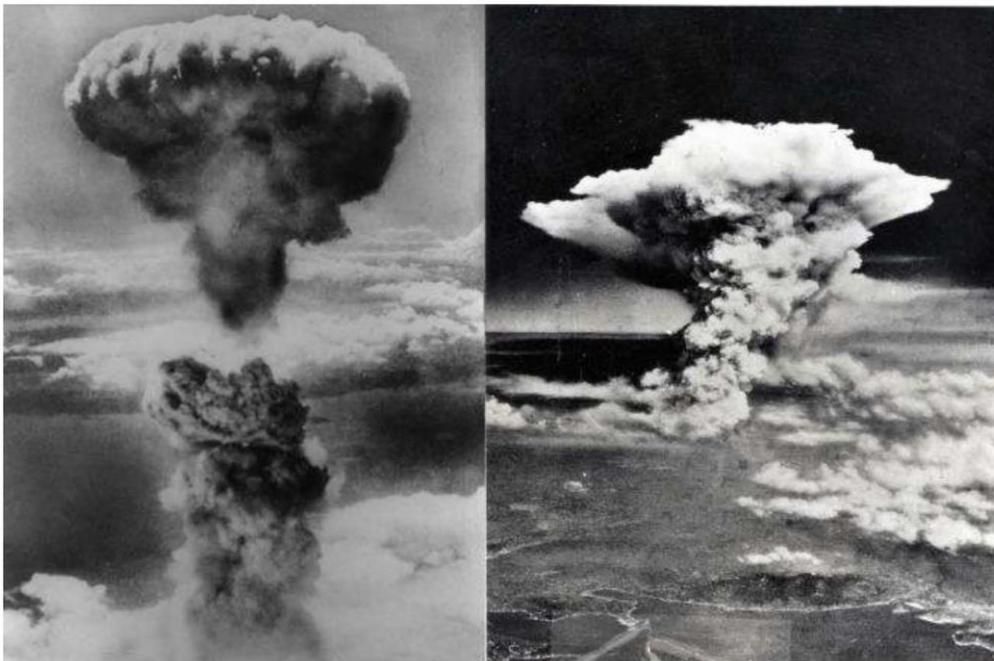
水平原子雲は熱現象に起因するため、同心円的であった。長崎原爆はプルトニウム合体プロセスが球対称の爆縮であったので同心円性を担保できる。広島はウランを2方向で合体させる仕組み（ガンバーレル方式）であり、原爆の爆縮過程の軸対象性が初期放射線の放出には影響する可能性があるが、原子雲の展開に影響している可能性は低い。

残念ながら水平原子雲の展開速度については詳しい記録は残っていない。あるいは写真の時刻が分かっているものもあるが、それは水平原子雲が展開している事実の確認に止まり、水平原子雲の展開速度を表すものでは

ない。

- ③ 水平原子雲は成長してその後崩れていく。成長して最も活動的になる状態に達し、それ以後は消滅に向かう。それに火災による雲の原子雲への合体と乱れが重なる。火球の運動による原子雲中心軸の上昇気流が非常に激しかったことと、熱線の焦熱効果が爆心地ほど激しかったために、火災による気流は局所的な乱気流は生じたが、基本的には全て爆心地に向かう方向に流れ、自然風に煽られて自然風の方角へ火災が展開することは無かった。したがって火災地域は爆心地を中心とし形はほぼ円形に留まった。

写真1に米軍機が撮影した長崎原爆と広島原爆の原子雲を示す。原子雲の写真が広島では1時間後に、長崎では40分程後に撮影されている。



長崎市に投下された2発目の原子爆弾の爆発で、上空に立ち上る原子雲(左)と、広島市上空にひろがるキノコ雲=米軍撮影

#### 写真1 長崎原爆(左)、広島原爆(右)

原爆投下後の原子雲(長崎ではほぼ40分後、広島ではほぼ1時間後に米軍機が撮影)。長崎の写真においては水平な雲より下の中心軸は雲より上の中心軸よりずいぶん太い。広島原爆の撮影場所は爆心地から約56km(東に3

3 km、南に45 km)の地点であり、高度は8680 mとされる。

長崎の場合の方が原子雲に乱れが少なく、地上から太い中心軸が伸び、水平の原子雲の展開があり、その上部の中心軸は水平原子雲の下の部分の中心軸より細い。中心軸が伸びたうえに大きく広がる頭部がある。

広島原子雲の地上からの中心軸は写真ではやや不鮮明となっている。長崎と同様、水平原子雲を境界に、その上は下部より細い中心軸が形成され、その上に巨大な頭部があると推察される。水平原子雲は広島では南南東の風の影響を受け北北西に移動し、水平原子雲の上部分は偏西風の影響を受け東に傾いている。

- ④ 「気象関係の広島原子爆弾被害調査報告書」(甲A71、乙1)第1図を図1として示す。

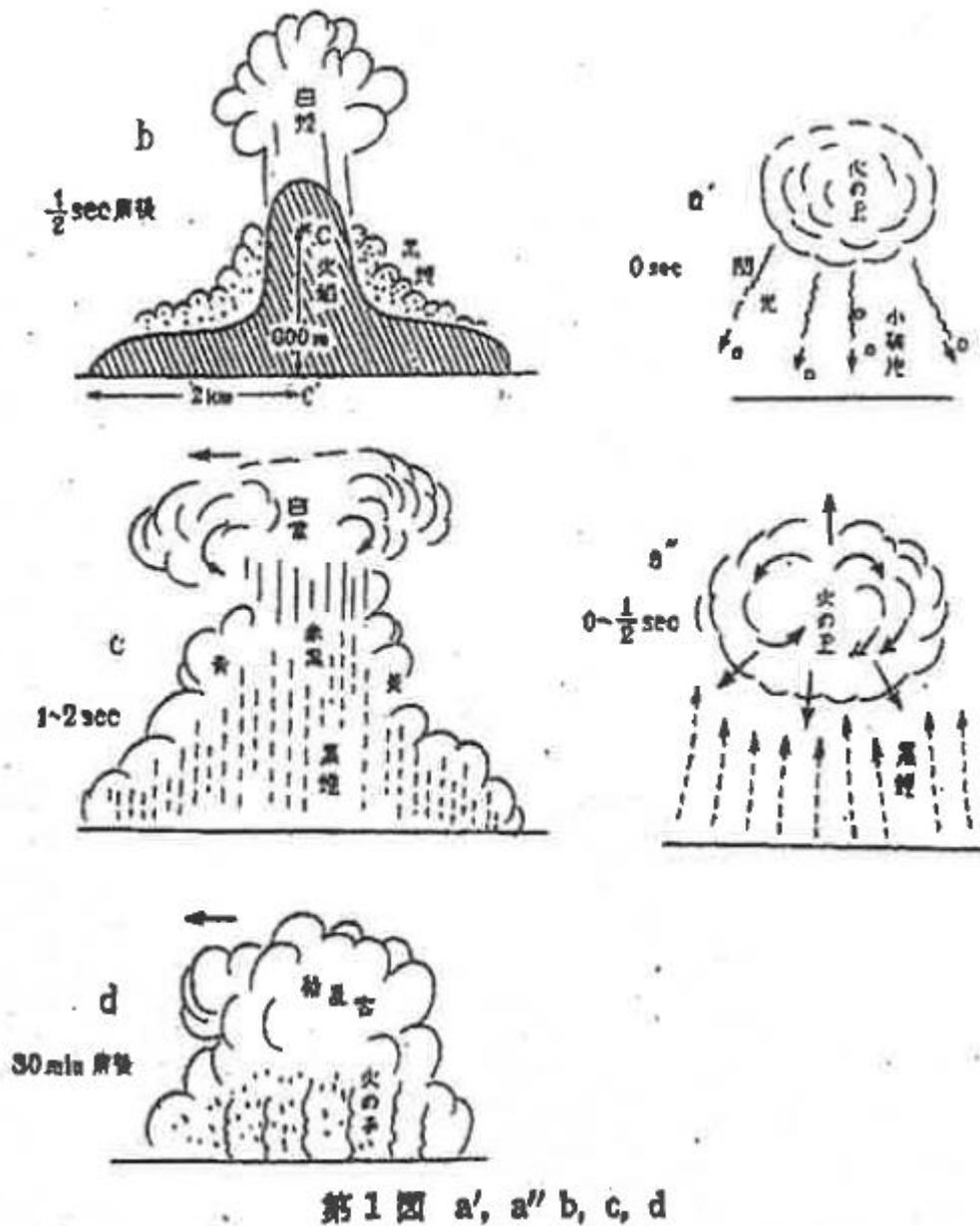


図1 原子雲のスケッチ

広島の場合は水平な地面の上空で原爆がさく裂し、熱線により地上が焦熱化された。地上物質の沸点以上に温度が上がった地域があり、その地域ではほぼ瞬間的に表面物質を気化させ発火させ、火焰を生じさせた。火焰が生じた範囲を火焰域と呼び、ほぼ中心対称の円形であり、爆心地中心半径2 kmに及ぶ。熱線で焼かれた後の一斉になされる火焰発生地域は点対称的（爆心地を中心とする円形地域）である。それが図1のb、投下後0.5秒後のスケッチに良く表されている。（長崎の場合は地表が水平では

なく起伏に富んでいるため、広島のような火焰発生区域が点対象とはならなかった。)

広島の場合は放射能環境、上昇気流、雲の形成などは、核分裂で作られた火球を中心とする熱運動が主動的駆動力を作り出し、副次的に熱線で焼かれた地表の火災の影響を考慮しなければならない

- ⑤ 爆心地の原子雲中心軸は高温火球の熱現象として説明できる。高熱による猛烈な浮力を受けての急上昇に伴いその真下の部分に熱と放射能が置き残され、強烈な上昇気流が作り出された。また、半径2 km程度の地表の焦熱は同様にその広さで副次的上昇気流を作り出した。広島原子雲の軸が水平原子雲下で長崎より太くなる原因をなした。

なお、公益財団法人放射線影響研究所の要覧(乙7)の「[1] 原子爆弾による物理的破壊」の項には「・・・(衝撃波が)今度は外側から内側へ逆風が吹き込み、爆心地で上昇気流となってキノコ雲の幹を形成した。」と記述されるが、きのこ雲の形成の主因としては完全に間違っている。高温気体がもたらす熱現象が主因である。

- ⑥ 長崎の場合は放射能環境は水平の原子雲の広がる範囲を放射能環境の目安と考察できたが、広島の場合も同様に理解できる。

原爆の爆弾そのものを構成したすべての個体は核分裂連鎖反応後、発生した強烈な熱のため、瞬時にして気体となった。はじめ、原子を構成できない(原子核と電子が合体している原子状態を維持できずに、バラバラになって運動する)プラズマ状態が出現したが、断熱膨張する間に温度が下がり、原子が再構成され、ぶつかり合う原子が互いに結合しあうようになり、放射性微粒子が構成された。最初は単体の時に高い融点を示すような元素の原子が結合しあい、次第に融点の低い元素の原子が結合されて微粒子が構成された。この微粒子の表面は原子が整然と並ぶような状態ではなく、従って光を反射しあるいは屈折させる状態にはなく、全ての光が吸収されてしまう状態である。要するに黒い微粒子群が生じたのである。火球内物質は大量の黒い微粒子群となった。「黒い雨」の黒さはこの火球内で発生された黒い微粒子群と火災によるすすがもたらしたものである。

よって、火球内で形成された放射性微粒子は全て黒いと理解すべきであり、その黒い微粒子群に火災で生じたすすが付加されたものが黒い雨である。降雨現場で両者の「黒」が識別できるわけではない。黒い雨は基本的には全て放射能を伴うと理解せねばならない。局所的に両者の混合具合が異なるにしても機械的に分離して考えることは不可能である。

さらに、黒い雨の黒い微粒子は水溶性のものと不溶性のものがあり、黒い雨はそれらの混合物である。放射線による電離は、放射性微粒子など電荷を保持したものの周囲に強く水滴を凝結させるが、微粒子自体水に溶けるものもあれば溶けないものもある。水に溶けないものでも、上記理由で水とよく混合している。黒い微粒子は雨自体を黒くするとともに、粘性の高い感触を生じ、不溶性のものは（川などの）水面に油膜のように展開した。

⑦ 黒い雨の降雨域では降雨の激しかった地域とそうでなかった地域があり、降雨の激しい時間帯とそうでない時間帯があり、さらに放射能の濃い時間帯と放射能の薄い時間帯があり、それらが状況に応じて重なり合ったものである。なお、その場所の放射能の強さは一意的に多寡を論ずることは出来ない。原子雲は成長してその後崩れていく。成長して最も活動的になる時間以後は消滅に向かい自然風により風下に移動する。それに火災による雲の原子雲への合体と乱れが重なる。火災で形成された雲と原子雲の重なり方混ざり方は形成される雲の高さ等で異なり、局所によって一様ではないために単純に理解できないのが実態である。しかし黒い雨には放射能が付随していたことは共通原理である。

⑧ 黒い雨が降った環境に居た者は放射能の影響を避けることは出来ない。黒い雨に打たれる（雨に濡れる）と皮膚や衣服に放射性微粒子が付着し身体に密着あるいは近接した場所から継続的に被ばくを与える（付着被曝）。黒い雨の混じった水を飲むと内部被曝がもたらされる。勿論、黒い雨の降雨中の空気には放射性微粒子が含まれており、呼吸による内部被曝がもたらされる。黒い雨は土壌を汚染し、葉などの表面に付着し農作物を汚染する。土壌汚染は根から吸収され農作物を汚染する。放射能物質は作物に

移行する。黒い雨に打たれた者も打たれなかった者も、黒い雨が降った環境に居た者は、放射能の影響を免れないのである。そのため、黒い雨降雨地域では、被曝後、脱毛、がんをはじめ各種の健康被害が多発することになった。

- ⑨ 放射能環境の強さを土壌放射能の測定等により確認しようとする著しい過小評価を導く。放射能環境を物語るものとして全ての測定値は証拠となるものの、定量的意味で放射能環境の強さを反映するものとして取り扱ってはならない。全ての測定値は放射能環境の全量を語るものではなく多様な存在様式のひとつを測定するにすぎず、全て部分的なものである。

中性子誘導放射化物は物体深くに存在し現場保存がなされやすい。誘導放射化の強さを測定するには定量的な意味がある。しかし、他のほとんどは、放射能環境の定量的議論には適さない。例えば、原爆投下後3日目に収集した土壌サンプルであっても部分的であり放射能環境の全量を反映するものではない。ましてやその土壌に雨が降り、その雨に放射能が含まれたとしても、降った場所そのものから水として流れてしまえば、もはやその場所は降下した放射能全量を留めてはいない。ましてや、その時、空中やその他の形で存在した全放射性物質の測定はしてはいない。したがって、原爆投下後3日目に収集した土壌サンプルであっても、あくまで部分的な測定に留まる。

これらは「単に放射能が在った」という証拠にしかならない。定量的な価値があるものではない。

## 第2章 水平原子雲の形成

### －砂漠との違い－

#### (1) はじめに

広島黒い雨の分析などに水平に広がる原子雲は無視されてきた。しかし、「雨は雲の下に降る」。黒い雨をもたらしたのは水平に広がる原子雲である。水平に広がる原子雲には大量の放射能が含まれる。水平に広がる原子雲の形成の理解と、原子雲が放射能を多量に含むことの理解は重要である（詳細は後述）。

前述のとおり、広島の場合は雲の原因に放射能を帯びた原子雲と火災による雲の形成の両者が重なるが、基本的には等方的に広がる原子雲がもたらしたものが放射能環境を形成する。

空気中水分のほとんどない砂漠地帯での原爆実験と異なり、広島・長崎は大量の水分を空中に含む多湿度の状態中に原爆が投下され核分裂が行われた。この事情は爆発後の放射能の拡散の仕方に根本的に異なる実態を与える。

#### (2) 砂漠との違い

－空気中に水分の無い砂漠と多湿状態の広島・長崎の放射性降下物の分布の違い－

空気中に水分子が含まれるすなわち湿度が高い場合と水分が含まれず乾いている場合は放射性微粒子の運動が根本的に異なる。

##### ① 砂漠地帯の場合の放射性微粒子（ストークスの法則に従う）

まず空気中に水分子がほとんどない砂漠地帯では、核分裂の連鎖反応で作られ出した放射性微粒子はそれぞれ微粒子のままである。原爆がさく裂した瞬間からわずかな間、原子雲が構成されるが、やがて雲は解消する。強烈な断熱膨張で少ない水分が凝結して雲となるが、砂漠での場合は周囲から熱の移動を受けると、水は気化し原爆で生成された放射性微粒子が個々むき出しになり、直径数  $\mu\text{m}$  以下の微粒子単独の状態となるのである。放射性微粒子は個々単独の状態であらんに浮遊するので

ある。

この微粒子の運動はストークスの法則にしたがう。空気や水（流体）の中の小さな物体が流線（流れを線で表したもの）を乱されずに静かにゆっくりと移動する時に、物体はその流体から粘性抵抗と呼ばれる抵抗を受ける。粘性抵抗は物体のゆっくりした速度に比例する。ストークスの法則としてあらわされる運動は、抵抗はゆっくりとした微粒子の速度に比例し、微粒子は流体を乱さずにゆっくりとしたその速度が維持される。空気中を落下する場合は、微粒子に働く重力と粘性による抵抗がバランスし毎秒 1 mm に達しないゆっくりとした等速で落下する。霧粒が空中に浮かぶ状態である。

ストークスの法則は、微粒子の質量が 10 マイクログラム（10 万分の 1 グラム）から 1 ミリグラム（千分の 1 グラム）程度の場合に当てはまる運動である。（静止した空気中で）1 秒間に 1 mm 程度以下の速さで落下する。微粒子の重さが重いほどゆっくりながら早さも大きくなる。

今、1 mm/秒の落下速度の微粒子があるとする。それに対して自然の風は 1 秒間に数メートル程度の速さである。例えば横風の風速が 3 メートルだとすると、微粒子は 1 秒間に横に 3 m 運ばれその間に縦方向では 1 mm 落下する。はじめその微粒子の高さが 100 m だったとすると、この微粒子が地面に落ちるのに 10 万秒（ $10^5$  秒 = 6 日 22 時間 36 分 4 秒）かかる。その間に自然の風に乗って 300 km 遠くまで運ばれる。したがって、全ての放射性微粒子は爆心地の風下の細い帯状になって分布し、遠くまで運ばれていく。重い粒子ほど近くに、軽い粒子ほど遠くまで運ばれる。ストークスの法則に従う運動である。

これが砂漠地帯での核実験後、放射性微粒子が分布する姿である。すなわち、砂漠地帯での放射性微粒子は、ストークスの法則に従い、爆心地から風下に伸びて展開するのである。これを砂漠モデルとする。なお、砂漠地帯の核実験の場合であっても、爆心地で放射性微粒子が観測されるが、これは中性子誘導放射化（核分裂連鎖反応で生じた中性子が環境物質に当たって環境物質が放射化される）が原因である。

## ② 広島・長崎の場合の放射性微粒子（雲になり雨になり）

これに対して広島・長崎の原爆の場合はどうか？

核分裂物質のウラン235、プルトニウム239はアルファ崩壊し水分子のイオン化と水凝結を行う。ただし半減期がベータ線放出核よりはるかに長いために、アルファ線を放出してイオン化する頻度は非常に小さい。ゆえに原爆投下後の主たる放射線はベータ線である。

原爆投下直後の主な放射性原子は核分裂生成原子である。放射性微粒子（放射性降下物）はベータ線を出して原子核の電荷が正に一つ増える。ために微粒子自体が正に帯電する、また、放射線は電離作用を起こし周囲の水分子や空気を正負のイオン（電荷を帯びた原子や分子）に分解する。水分子自体はプラスとマイナスの電荷中心がずれているために電氣的な力により強くイオンに引かれるところとなる（水分子は1個の酸素と2個の水素原子で構成される。2個の水素原子（プラス電荷）は酸素（マイナス電荷）を中心として180度隔たるのではなく約104度の角度をもっている。したがって水素原子の中心は酸素原子の位置とは重ならない）。

水分子を多く含む環境では放射性微粒子や生成したイオンが核となり、多くの水分子を凝結させ、水滴を形成する。ちなみに、放射線を可視化するために使う「霧箱」はこの原理を使っている。

放射性微粒子を核として水分子が凝結した水滴は、微粒子単独状態に比べて巨大な重い塊りを形成する。直径1mm程度の大きさ（微粒子単独の場合の直径でおよそ100～1000倍程度、質量で百万倍～10億倍程度）となり、質量は1グラム程度となる。空気中で毎秒数メートルの落下速度となり、空気分子を突き飛ばしながら落下する。空気からは弾性抵抗と呼ばれる粘性抵抗とは全く異なる抵抗を受け、もはやストークスの法則には従わない。力学的、熱力学的振る舞いは、放射性微粒子が個別に単独で存在する状況とは根本的に異なった運動法則にしたがう。

放射性微粒子を核として凝結した水滴は雲を形成し気象学的な法則にしたがう展開をする。水平に広がる原子雲の範囲が放射能空間を形成することとなる。雲が放射能を帯び、雲の下に放射能雨をも

たらし、あるいは雨にならなくとも雲と地上間の空間を放射能環境とする。

すなわち、広島・長崎のような多湿度地帯では放射性微粒子は、水滴の核となり、放射能雲を形成し、雲の下に放射能雨が降るようになる。

黒い雨専門家会議の雨域の推定に上記①の砂漠モデルが適用された。放射性微粒子の挙動は砂漠の場合と広島・長崎の場合とでは根本的に異なる。誤ったモデルによって事実を究明することは出来ない。雨は雲の下に降るのである。

## 第3章 原子雲の形成メカニズム

### (1) 爆発直後の現象

#### —火球の上昇と原子雲中心軸の形成—

火球が冷えて高温気団となり高温気団が上昇した。この章では高温気団が上昇し水平原子雲が出現したメカニズム等の原子雲の形成と展開の現象について理解するために、熱に伴う自然の振る舞いを説明する。

- ① 原子爆弾に使用されたウラン 235 (広島) プルトニウム 239 (長崎) の核分裂反応により、大量の熱、放射線の放出、中性子による誘導放射能化、核分裂生成物の生成などを行った。
- ② 爆発後、高温の火球ができるが、火球内部の圧力と外部の空気圧力とのバランスが取れるまで、火球は急激に膨張する。その過程で、まず強烈に発光しながら原爆の構造物を融解・気化して灼熱の芯部をつくり、目視される火の玉に変わり、さらに断熱的(膨張・収縮等が生じる場合に熱の出入りが無いことを表す用語。膨張の際には温度が低くなる。逆に熱の出入りが十分に行われる場合は同じ温度で現象が進み、それを「等温的」と表現する)に急膨張して直径約200mの火球へと変貌した。断熱膨張の過程で火球温度は下がり高温気団となった。
- ③ 出現した超高温は分子や原子の速度をもものすごく大きなものにする(詳細は後述)。火球は今まで空気の詰まっていた空間に出現するので、その場に有った空気を周辺に排除する(温度が高く速度の大きい気体の原子分子が温度の低く速度の小さい気体の分子と衝突して跳ね飛ばす)。排除の仕方が急激であり強力であったので、排除された空気は火球の周囲に卵の殻のような高圧壁を作り、膨張を妨げる抵抗力を形成した。空気の高圧壁は高温の放射能気体と接して圧力壁を形成していくので必然的に放射能を含む。そしてやがて火球の膨張を停止させる。火球の停止と同時に、高圧壁は火球を離れ高圧衝撃波となって周囲に広がり地上を襲う。
- ④ 火球の周辺は通常温度の空気と接するために熱を奪われる。しがたって、火球の中心ほど高い温度を維持し、火球内でも周辺に向かうほど温度が低くなるという温度分布を生じる。このとき、中心付近ほど温度が高いということは、原子・分子や微粒子の熱力学的速度も大きいことを意味す

る。他方、周辺へ行くに連れて温度が低くなり、熱力学的速度が小さくなるという速度分布を生じる。

## (2) 熱と温度と気体粒子・分子の速度

このときの温度と分子や原子の運動エネルギーの関係は、次式で与えられる。

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} k T \quad (\text{式 1})$$

$m$  : 分子などの質量

$\overline{v}$  : その分子などの平均速度、

$k$  : ボルツマン定数 :  $k=1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ 、

$T$  : 絶対温度 ( $0^\circ\text{C}$  は  $273\text{K}$  (ケルビン) であり、 $0\text{K}$  は  $-273^\circ\text{C}$  である。

ケルビン は 絶対温度単位 であり 目盛りの大きさは 摂氏温度  $^\circ\text{C}$  と同じである。) )

(式 1) の左辺は 1 個の原子や分子や微粒子の運動エネルギーを表し、右辺は温度 (絶対温度) がエネルギーを持つことを意味する。すなわち温度とは原子や分子や微粒子の運動エネルギーを意味し、それらの運動エネルギーが大きいほど温度が高い状態であることを意味する。

上記における温度は、物質を構成する粒子 (原子・分子や原子を構成するさらに細かい粒子: 電子や中性子、陽子等) が活発に運動する度合いを表している。したがって、運動エネルギーの大きさと絶対温度の関係が (式 1) で表されているのであり、粒子の平均運動エネルギーが粒子の絶対温度に比例することを表している。すなわち絶対温度ゼロでは、粒子の速度がゼロとなる\* (古典論)。

( \* 物理学に於いてこの考え方を古典論と言い、量子力学 (原子や分子の世界で成り立っている法則の体系) が誕生する前の考え方である。量子力学の理解は絶対温度ゼロでもゼロ点振動を行う。 )

この (式 1) を、我々が日常的に経験できる量である圧力 (  $P$  ) 、体積 (  $V$  ) など置き換えると、 (式 2) が得られる。

$$P V = n R T \quad (\text{式 2}) \quad \text{ボイル・シャルルの法則}$$

$P$ : 圧力、 $V$ : 体積

$n$ : モル数 (1モルの分子数は  $6.022 \times 10^{23}$  個 (アボガドロ数))

$R=8.314[\text{J/mol}\cdot\text{K}]$

これを変形して

$$R = \frac{1}{n} \frac{P V}{T} = \text{const.} \quad \text{ボイル・シャルルの法則 (式 2')}$$

(式 2) は原子、分子、微粒子 1 個 1 個に成り立つ法則 (式 1) を膨大な原子が集まった気体のひとかたまりに当てはめたもので、(式 1) と同じ内容を持つものである。速度を持つ粒子が衝突しあうことにより粒子間隔に距離ができ、気体ひと塊は体積  $V$  を持つことになる。

衝突しあう際の力の及ぼし合いは圧力  $P$  と呼ばれる概念となる。質量  $m$ 、速度  $v$  の粒子は運動量  $= m v$  を持ち、衝突の際の相手に及ぼす力 (力積) は運動量に比例する。単位時間当たりのたがいに及ぼしあう力積が圧力と対応する。

粒子 1 個の運動エネルギーの粒子数倍 ( $n$ モルの分子数倍: アボガドロ数の  $n$  倍) は、 $P V$  (圧力  $\times$  体積) と対応する。温度のエネルギーは定数が  $k$  から  $R$  に変わり、 $n$  は気体の塊の大きさを表す。温度が高くなると粒子の速度が大きくなり、衝突も激しくなり、粒子間隔も大きくなり体積が大きくなり、圧力と体積の積が増大することを示している。

これをボイル・シャルルの法則という。

ボイル・シャルルの法則とは、理想気体 (分子間に相互作用の無い気体で絶対温度では体積がゼロとなる「架空あるいは理想的な気体」) の体積と圧力、温度に関係する法則であり、「一定温度では気体の圧力  $P$  は体積  $V$  に反比例し、圧力と体積の積は絶対温度  $T$  に比例する」というものである。

ここで理想気体とは、気体分子の大きさが無く、分子間の相互作用も無い気体：すなわち絶対温度ゼロでは体積がゼロとなる理想的な気体（仮想気体）である。ボイル・シャルルの法則は実際には絶対温度の低い温度では成り立たないが、高温では良く成り立つ。

この法則から考えると  $n$  モル（1モルの分子数は  $6.022 \times 10^{23}$  個：アボガドロ数）の理想気体は圧力と体積の積（気体のなす仕事量）は絶対温度に比例し、その定数は気体定数（ $R$ ）と呼ばれる。

この気体定数  $R$  は： $R=8.314[\text{J/mol}\cdot\text{K}]$ であり、ボルツマン定数をアボガドロ数倍した値と等しい。

すなわち1モル当たり、絶対温度1K当たりの気体のエネルギーを仕事（ $PV$ ）で表現したものが気体定数（式2）である。ここで、仕事とエネルギーは同じものである。すなわち1モルの気体の1Kごとに獲得する仕事量の大きさ（エネルギー）が気体定数である。この関係を1粒子（分子）の運動エネルギーで表したものがボルツマン定数（式1）である。

念のためにボルツマン定数の物理的意味を指摘すると、ボルツマン定数  $k$  は1K（ケルビン）毎に粒子が獲得する（熱運動としての）運動エネルギーの大きさを表す普遍定数である。

（式1）の左辺は、質量  $m$  速度  $v$  を持つ粒子の運動エネルギーである。右辺は粒子の運動エネルギーの大きさは絶対温度  $T$  で表されることを示す。

### （3）気体分子同士の衝突と気体密度\*

（\*：密度とは単位体積中の質量である。質量は気体分子の数に比例する）

- ① 熱力学において自由度とは、平衡状態で自由にとることのできる状態変数のことである。

自然法則は粒子の1自由度当たり1K当たり、 $k/2$ のエネルギーを獲得する。1原子分子（2原子分子の場合、内部の運動に関わりの無い重心だけの運動は1原子分子と同じ表現となる）の場合、並進運動での粒子の自由度は空間（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ）の3方向であるので、これを3自由度と表現する。1自由度当たり  $k/2$  のエネルギーがあり自由度が3である

ので3倍され、(式1)の右辺の係数が $3/2$ となり、粒子の温度が $TK$  (ケルビン) であるので粒子の全運動エネルギーは(式1)の右辺に等しくなる。

- ② この関係は「物質を構成する粒子」の運動エネルギーであり、マクロな物体の運動とは無関係である。なぜならば、粒子の運動方向は無秩序であり、互いに衝突しあって跳ね返る運動を繰り返すために一定の位置の周りに束縛されているからである。例えば、室温の酸素は1秒間に300 m (時速 1080 km) 程度の速度を持つ。しかしながら、空気の酸素や窒素の分子はたくさんあるために衝突を繰り返し、室温、1気圧の空気中ではおよそ $0.07 \mu\text{m}$  (10万分の7mm) の範囲を出ることはない。風、すなわち空気分子の一方向への集団移動が無い限り、静止した空気は静止したままと感じ、熱力学的速度を決して感じることは無い。さらに、野球ボール内のボールを構成する原子の速度は温度とともに上昇するが、野球ボールの速度自体は温度の上昇とは無関係であり、ボールが静止していれば、ボールの温度が上昇してボールの構成原子などの熱力学速度が上昇してもボールは静止したままである。

#### (4) 気体の相変化と温度

実際の気体は相変化する。相変化とは気体、液体、固体と物質が姿を変えることである(三態)。通常温度で固体や液体である物も温度を変えれば必ず相変化を行う。それは実際の如何なる気体も分子間に相互作用があり、相互作用と温度による運動エネルギーの相対的關係で相が変化するのである。

気体(水蒸気)の温度が下がれば、液体(水)となる。そして、さらに温度が下がれば、固体(氷)になる。これらの「相変化」は全て粒子(分子)の活発さ(運動エネルギー)が温度減少とともに減少し、束縛しようとする粒子間の引力(束縛エネルギー(温度変化しない))に負けてしまうことによる。気体の状態とは、温度による運動エネルギーが粒子間の束縛エネルギーより大きい状態を意味する。固体の状態は、温度による運動エネルギーが相互作用する束縛エネルギーより小さい場合の状態、液体の状態はそれらの中間的安定状態である。

## (5) 気体密度と浮力—高温気団の運動について—

何故ここまで気体の熱力学を説いてきたかという理由は、核分裂連鎖反応を生じた火球、膨張した後は高温気団がどのような運動をするかという理解に関わるからである。

粒子の運動エネルギーが高くなることは、互いに衝突するときの反発力（力積）を大きくする。反発力が大きいことは、分子間の平均距離が大きくなることを導く。したがって大気中のように気圧がほぼ一定している環境では、温度が高くなれば膨張する。気体は特に膨張率（1 K で膨張する割合）が高い。固体や液体では凝集させている力（分子間力）の働き具合や固体（液体）内の構造を反映し、膨張の度合いは少ないが同様に膨張する。この原理を用いて、棒温度計が造られているのである。

他方、気体温度が高くなり気体が膨張するということは、気体内の分子のエネルギーすなわち速度が大きくなり、衝突の際の反発力が大きくなり、従って分子間の平均距離が大きくなっていることを意味する。それは一定体積中の分子の数を少なくさせ、密度を小さくさせる。気体分子にも重力は働き、たがいに接する他の気体とは互いに圧力を及ぼし合う（相互作用をする）ので、周囲の空気より密度の低い（高い温度を持つ）気体塊は、浮力（重力に逆らって上に向かって動く力）を生じる。浮力は、重力下ではあらゆる気体（液体）が高さを増せば圧力が小さくなるという原理から生じるものである。重力の働かない空間では浮力は存在しない。

気体塊に働く浮力（上向き）は

$$(\text{浮力}) = (\text{周囲の空気から受ける力}) - (\text{気体塊に働く重力})$$

気体塊の密度が周囲の空気の密度と等しくなると浮力はゼロとなる。

この浮力が元火球の高温気団の運動を決定する。高温気団の温度が高いほど密度が低く、大きな浮力が働き上昇速度を加速させる。温度の低い部分は小さい浮力を受けるので上昇速度も小さい。高温気団と周囲の空気とは突然温度が変化するのではなく、その接触面を通じて気体分子

同士の衝突を通じて温度の勾配ができる。

## (6) 空気温度の高度依存性の逆転と浮力喪失

高温気体集団が浮力を受けるのは、周囲の気体より温度が高く気体の密度が低いからである。対流圏では空気の温度は高さが増すにつれて低くなる。ところが、高さが上昇し対流圏と成層圏の境界面すなわち圏界面に到達すれば、周囲の気体の温度が高さに依存せず一定に保たれ（界面層）、あるいは高度と共に上昇する（成層圏）ようになる。そうになると注目する気体集団と周囲の気体との間に温度差はなくなり、従って密度差もなくなり浮力が消滅する。一般に対流圏と成層圏の境界（圏界面）にてこのような温度勾配の逆転が生じる。圏界面では、高温気団の中で強烈な熱を持ち、温度の高い中心部は圏界面を通り過ぎる。中心軸外周部分は周囲との温度差が小さいので上昇速度も小さいが、圏界面では温度差が無くなり、浮力が消失する。浮力を失った部分は水平の雲として展開する（後述）。浮力が失われる部分には次から次へと下方から気体集団が上昇してくるので水平方向に、同心円的に、押し出されるのである。

この現象は、中心軸外周部分の浮力の小さい部分、すなわち温度差が小さい部分が圏界面に到達するのに（浮力が小さいだけ）時間がかかるために初期のきのこ雲の形成より遅れて生じる。ために初期の原子雲写真は水平原子雲が生成する前の状態を記録する。

なお、広島原発では水平に広がる原子雲が圏界面に展開することを証明している。何故なら、成層圏では西風（偏西風）が吹いており（対流圏では南南西の風）水平に広がる原子雲の情報では西風にたなびく方向が確認されているのである。

## 第4章 火球の熱力学的考察—温度と浮力、放射能の分布—

### (1) 火球内の温度分布

火球内の温度分布の様子を図2に示す。

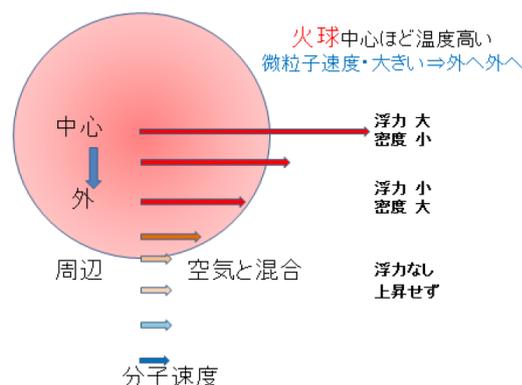


図2 温度と熱力学的速度、温度は矢印の長いほど高温である

長崎の原子爆弾ファットマンは爆縮方式を取りあらゆる意味で球対称であり、爆発した後の温度分布その他も全て球対称を保つものである。広島原子爆弾リトルボーイのウラン原料の合体はガンバーレル方式であり、爆弾の構造は軸対象であるが、爆発した後の温度分布は球対象として差し支えない。

前例を繰り返すが、室温の酸素は時速1080 km程度の速度を持つ。しかしながら空気の酸素や窒素の分子はたくさんあるために衝突を繰り返して、室温、1気圧の空気中ではおよそ0.07 μmの範囲を出ることはない。この速度はアトランダムにあらゆる方向を取るため、風の無い静かな空間で、空気は全く静止しているかのように感ずるのである。

火球の温度が100万度とすると酸素の速度はおよそ時速10万 kmとなっているのである。それだけ火球の密度も小さくなっている。

## (2) 火球の浮力分布

温度が高い状態では、原子（分子、粒子）速度が大きく反発が激しくなり、粒子間の距離が大きくなり、単位体積中の分子の密度（質量密度および数密度）が減る。密度の小さい集団は体積中の粒子の重量が低くなり軽くなるので、周囲から重力の反作用の浮力を受ける。気団の温度が高いほど浮力は大きく、気団の上昇速度も速くなる。

火球の中では中心ほど分子速度が大きい。より温度の低い空気の分子と衝突するときはその速度がそれらの中間的な速度となるので、中心から外れるほど速度が小さくなり温度も低くなる。火球の中にあつた放射性微粒子は外へ外へと押し出されることになる。

なお、この関係は原子雲の中心軸においても同様で中心から離れるほど浮力は小さくなる。

## (3) きのご雲（頭部と中心軸）の形成

元火球：高温気団がすべての現象のみなもとである。原子雲の形成も放射能拡散も、すべてがこの高温気団から発する。

図3にきのご雲（原子雲頭部）の形成メカニズムと原子雲中心軸に熱と放射能が高度に留まることを図解する。

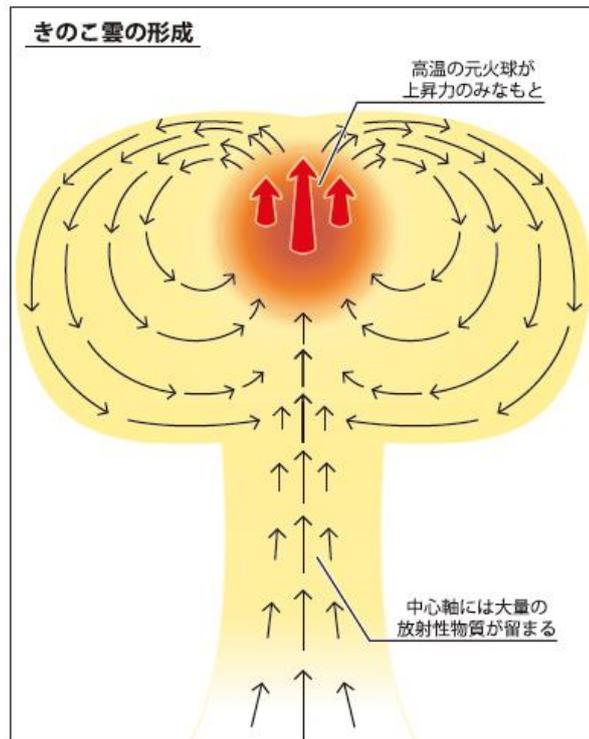


図3 きのご雲頭部の形成と中心軸への放射能と熱集中のメカニズム

静止画的に図3は書かれているが、高温気団は常に最上部にあり急速に上昇するので事実上周圍に対する吹き出しは火球の下に向かう。

高温気団はきのこ雲の頂点に有る。なぜなら、原子雲が高速で上昇することなどすべての上昇現象は、高温気団の浮力によるものであるからである。高温気団からは常に周圍に向かって粒子の流れが存在し、気流の源泉となる。気流は強い浮力による上昇と周圍への吹き出しとが相まって、高温気団を頂点とするドウナツ的対称性を持つ回轉気流となる。なぜドウナツ的になるかと言え、原子雲頭部から気流が噴き出すと頭部の上昇に伴い気流は下方へ流れ、頭部の下の部分は気圧が低くなり循環した気流の持つ熱と放射能物質をそこ（高温気団の下）に置いて上昇する。中心軸は高温であり放射能に満ちている。その間高温気団の一番温度の高い部分にはなかなか外部から気体が流入することは出来ない。

(中心軸への放射性物質の移行)

言い方を変えれば、高温気団（原子雲頭部）上昇に伴いその下に新しい低圧空間ができる。頭部から噴き出すように周圍に展開した放射能気流は

下方へと向かい、この新たな空間を埋めるように頭部の下に収まる。中心軸が熱（温度が高い微粒子分子原子）と放射能物質により満たされる。この過程が中心軸に放射能が強く溜まるプロセスとなる。最頂部から噴き出した気流は下向きとなり、頭部の下部に巻き込まれ、頭部の上昇はまた、下の空気を強く引き上げるように作用するので、このような頭部と中心軸が形成され、原子雲の形成となる。地上につながる下方には上昇気流である中心軸を形成するところとなる。これが基本的原子雲の形成である。中心軸は通常温度の大気と接するので、中心軸の中心部分より半径が増すと温度が低くなる。浮力に勾配がもたらされる。

頭部を形成する気団には強い放射能が含まれる。頭部の回転気流の下部では、高温気団の強い上昇力によって、気圧が低い部分が生じ、回転気流を飲み込む。ドウナツ型気流の流れを形成する。したがって熱を持ち放射能を帯びた頭部の気流はこの頭部直下の中心軸部分に巻き込まれ、形成される中心軸には強い放射能が溜まるところとなる。

中心軸は上方に向けての吸引される力による上昇と中心対称的には（真上から見ると）高温気団が通過する線をど真ん中とし周囲に向かって温度が下がる温度勾配を形成する。

### **(爆心地の放射能)**

火球の上昇が終了すると中心軸の上昇気流は終了する。中心軸に含まれた放射性物質は下降し、爆心地（原子雲の軸のあった場所）を高放射能とする。核分裂生成原子は半減期の短い多様な原子核を含んだためにこの爆心地近くでの放射性微粒子による高放射能は時間と共に急速に減衰する。爆心地近くの放射能は、核分裂連鎖反応で発生された中性子で誘導された「中性子誘導放射化物質」の放射能も高かった。一般に原子核の直径は原子の直径の $10^{-5}$ 倍（10万分の1）程度であり、断面積比は $10^{-10}$ 倍（百億分の1）である。中性子は簡単には原子の中心にある原子核に衝突できない。中性子誘導放射化物質は地表面で発生するというよりも地中深くに発生する。地表で発生した粉塵の放射能は放射性降下物が主であり、それに地表面に発生した中性子誘導放射化物が加わったものと判断する。

#### (4) 真上から見た場合の温度分布

中心部分は温度が高く、原子等の密度は低く、浮力は大きい。

模式図4に、火球及び中心軸を真上から見た場合の温度分布と分子微粒子等の密度分布を示す。外周部分ほど温度が低いので微粒子濃度が高く、浮力も小さいことがわかる。

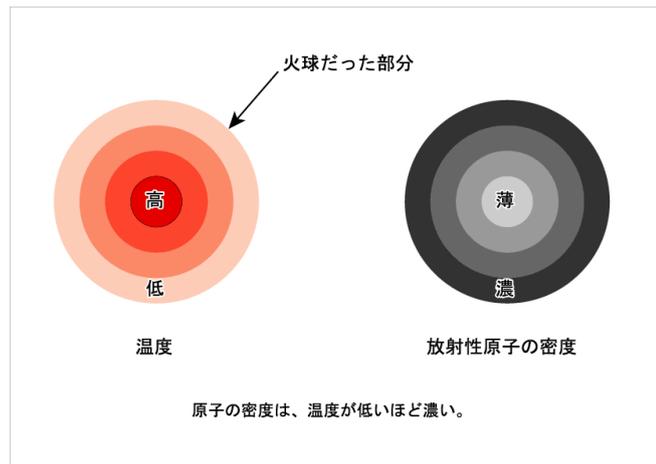


図4 真上から見た場合の火球および中心軸の温度分布と分子・微粒子の密度

温度分布は中心対称性(火球は点対称、中心軸は1軸対称)であり、分布は同心球あるいは同心円を成す。原子雲の中心軸が維持されている間はこの対称性はずっと維持される。

#### (5) 水平原子雲の形成

##### (概説)

図5に中心軸の浮力の大きさを概念的に示す。中心部分は温度が高く浮力が大きいので上昇力が大きい。したがって中心軸でもその中心部分は、圏界面を突き抜けて成層圏に達する。中心軸の外側部分は圏界面で浮力を失い、水平方向に押し出される。あとからあとから上がってくる周辺部分の気体に押されて水平面に繰り出していく。

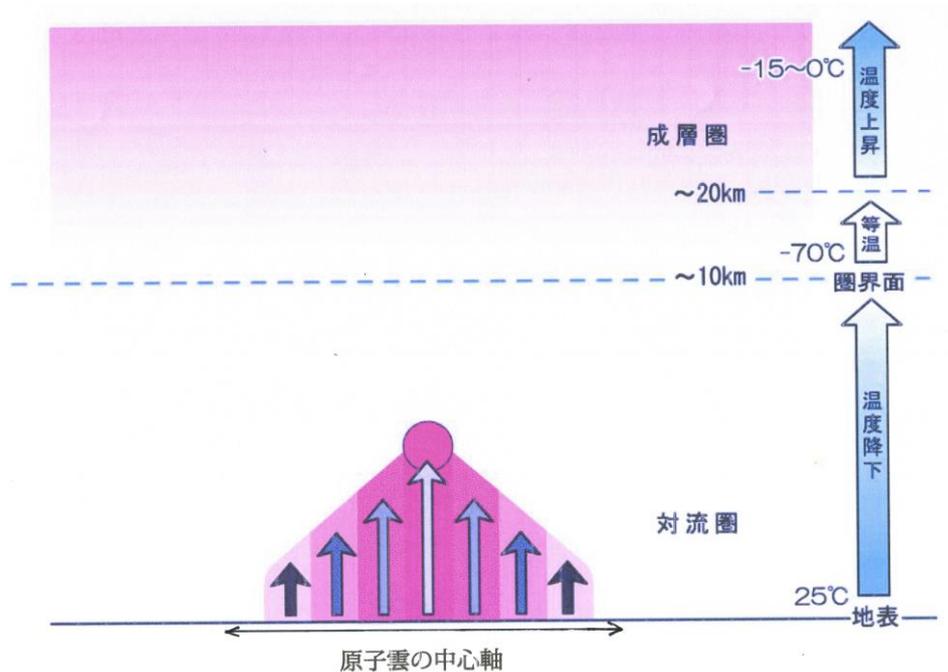


図5 中心軸浮力の分布

周辺部分は圏界面で浮力を失い、水平方向の原子雲となる。

#### (水平原子雲の形成理由)

対流圏では高度が上昇するとともに気温は低下するが、成層圏では逆に高度と共に温度が上昇する。原子雲の高温気団は断熱的に上昇し温度を降下させていく。このようにして圏界面に達した時、頭部の高温気団と中心軸中心部分は旺盛な上昇力（温度が周囲より高く浮力を持つ）により成層圏に突入する。ところが、中心軸の外周部分はそうはいかない。

原子雲の中心軸の外周辺部分は浮力が弱く（周囲との温度差が少なく）、圏界面で周囲と等温になり上昇できなくなる。原子雲の中心軸の真ん中部分は、周囲から冷却された周辺部分より高温に保たれ、浮力を維持し、上昇気流を維持する。この中心部分の浮力維持は、外周部分も引きずり上げ、多量に放射能を持つ気体が後から後から圏界面に到着することになる。これが水平方向の原子雲が中心から15キロメートル以上に展開していく力学的源である。

爆心地付近でなお、地表が熱せられ、その後の火災に伴う気流は原子雲の中心軸周囲で上昇気流となり、圏界面であるいは圏界面に到着する前に

浮力を失いやはり水平方向に押し出される雲となる。

図6に水平方向に原子雲が展開するメカニズムを図解する。

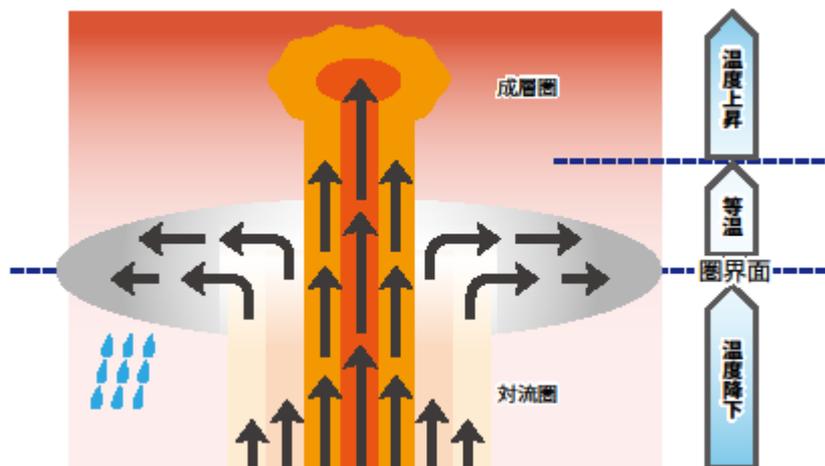


図6 水平方向の原子雲の形成

火球中心より周辺に押し出され中心軸にとどまった放射性物質密度の高い中心軸外周部分は、圏界面で水平の原子雲となる。

#### (6) 中心対称性

したがって、浮力の無くなった周辺部分は、水平方向に押し出される一方、原子雲の中心軸は中心軸対象、すなわちどの方向をとっても半径が等しければ等しい温度を取る。また、すべての半径方向部分に於いて下から押し上げる力は等しいので、水平に押し出される各方向へ展開する量は等しく、すなわち同心円的に等しい量が噴出される。この様子が上記図6である。これは中心軸対称であって水平に繰り出す雲の分布は同心円的になることが物質や分子の運動原理、法則から導かれるのである。

さらにこのことは、前記の写真1が示すように観察上も明瞭に確認されている。長崎原爆の場合、上述した理論をしっかりと裏付ける。圏界面より下の中心軸は上昇を続けるが、圏界面に達すると水平に移動方向を変える。原子雲は同心円的に広がり、圏界面を突き抜けて圏界面上部に達した中心軸は下部より明瞭に細くなっている。理論的考察の正しさは写真証拠により証明されている。すなわち、上部中心軸は、浮力が無くなって水平方向に展開する部分の太さが落ちているのである。

## (7) 放射能の濃い中心軸周辺部が水平雲に（放射線と水滴）

図6に示すように、原子雲中心軸の外周部分が水平な原子雲となる。放射性微粒子濃度の濃い部分である。周辺部分は、浮力は弱いにより中心側の部分の上昇に引かれるようにして圏界面に達する。そこで浮力を完全に失い水平方向に押し出される。この際、原理的には中心対称性を歪める物理的力は無い。

放射性微粒子などが放射線を出しながら運動しているので、微粒子の周囲に水分子が凝集する。凝結して水滴となる。その結果、水滴の集合としての白い雲が発生する。水分子は自身の電荷分布が非対称（マイナス電荷の酸素原子にほぼ104度の角度を持ってプラス電荷の二つの水素原子が結合しているため、プラス電荷とマイナス電荷の中心が合わない）なので、正負の電気量分布に敏感でありプラスあるいはマイナス電荷に強く引き付けられる。放射線の発せられるところ必ず電離が行われ、電離は正負の電気量を物体（放射性微粒子や空気の分子等）に生じさせる。また放射性微粒子は主たる放射能であるベータ線発射によって強くプラスに荷電される。よって放射性微粒子のあるところに水分子が凝集して水滴となる。雲が生じるのである。

原子雲中心軸の外周部分は水平に展開する原子雲となるので、図6に示すように、圏界面を突き抜けた原子雲の中心軸の太さは圏界面までの中心軸の太さより細くなる。そのことは写真1（原子雲の写真）に示すように、実際に生じた原子雲で明瞭に見られるものであり、ここで展開している熱力学的考察は現実には裏打ちされるものである。

以上が水平に広がる原子雲の生成原理であり、水平の原子雲が同心円的であること理由である。気候学的諸事情で放射性微粒子の周囲に水分子の凝結が消失しても同心円的な広がりは変わらない。その生成原理からして必然である。

## (8) 衝撃波

- ① 火球中心部から高温、高圧の気体が外に張り出していくと、その膨張前面フロントに接触する空気が急激に外側に押しやられ、それより外側の空気は慣性により力を受けずに静止しているため、膨張前面フロント部分の空気は強烈に圧縮される。このことにより、空気の高圧部分が高温・高圧の火球を包む卵の殻のような層を形成する。これをショックフロントという。なお、ショックフロントは火球と接触した空気層であり、必然的に放射能物質が含まれる。この様子を図7に示す。

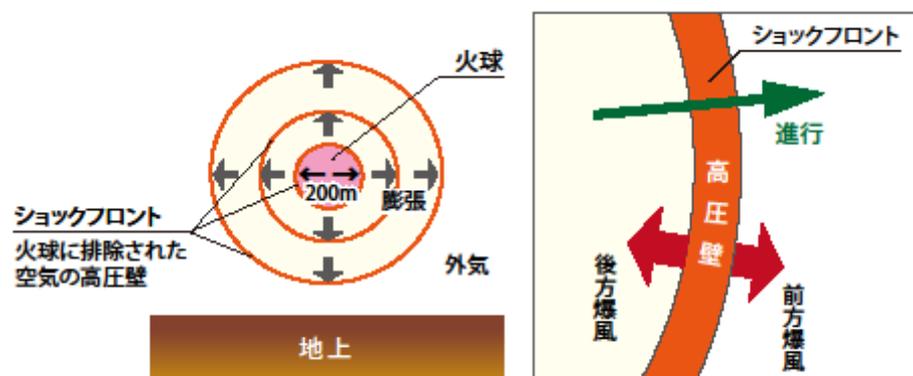


図7 衝撃波と爆風

- ② 火球膨張と共に高圧フロントは圧力を高めながら外へ向けて移動する。移動するにつれて火球に排除される空気量が集積されるので、半径を大きくするにつれて中心方向へ押し戻そうとする力は増加する。そして、高圧フロント部分の内側への圧力が火球の圧力とつりあった時点で、火球の膨張は止まり、高圧フロントは火球から分離して、高速で周囲に広がる衝撃波となる。この衝撃波が押し寄せ、到達した空間では急激に圧力が高まり外側への強風が吹き、過ぎ去るときは急激に圧力が下がり逆向きの風が吹く。被爆者には急激な高圧が加えられてすぐ後で高圧が抜き去られるので、眼が飛びだしたり、内臓が飛びだしたりする悲惨な被害状況をもたらした。

- ③ 高圧部分から低圧部分に急激な空気の移動により、衝撃波の襲来のときは前進方向に、通り過ぎる時には元来た方向に爆風を発生する。

衝撃波が離れ去ったあとも、火球は崩れずに形を保ち続けて、核分裂連鎖反応があったその場から急激な上昇過程に入る。もちろん、核分裂生成物など火球内にあった放射能原子、放射性物質は火球内に保たれつつかなりの部分が火球の上昇運動と共に原子雲頭部から高温気体の下部の中心軸へ拡散し、圏界面に達すると水平に展開した原子雲へと移行する。

## 第5章 放射性微粒子形成と水との合体

### (1) 火球から高温気団へ

火球は周囲の空気よりも軽くなるから、空気との相互作用で浮力を受け上昇を始める。上記の通り火球に封じ込まれていた放射性物質は、火球の上昇と共に上空へ運ばれる。そして、上昇するに従い、火球は冷えて、輝く光が外からは見えなくなる（光を失ってからの状態を「高温気団」という）。

なお、高温気団となっても、放射性物質は高温気団に充満していると共に、上昇過程で外部に下部に系統的に拡散し、原子雲中心軸を通じて水平原子雲と環境へもたらされる。これらは全て空中水分と合体して雲の運動として行われる。

### (2) (火球中) プラズマ状態から原子の再構成

核分裂連鎖反応のなかで発生した高温によって、全ての原子核や電子は大きな運動エネルギーを持つ。核分裂生成原子核は、原子核と電子が分かれて猛烈な勢いではじき出て飛び交い、火球の中ではプラズマ状態となっている。この状態では、原子核と電子とは結合できず、原子となることさえできないから、いわば裸のイオンの状態のままである。

この状態から、 $\gamma$ 線などの形で過剰なエネルギーを放出したり、温度の低い原子や分子と衝突することにより温度が下がる。また、周囲との熱平衡を保ちながらのゆっくりした運動ではないので、熱の出入りが無い断熱状態での変化であり、膨張すると温度が下がる。温度が下がる、すなわち熱エネルギーが減少し、原子核と電子が結合して原子が再構成できるようになる。

### (3) (火球中) 放射性微粒子の形成

原爆を構成したすべての個体は核分裂連鎖反応後、発生した強烈な熱のため、超高温となり瞬時にして気体となった。はじめ、原子を構成できない（原子核と電子が合体している原子状態を維持できずに、バラバラになって運動する）プラズマ状態が出現したが、断熱膨張する間に温度が下がり、原子が再構成され、ぶつかり合う原子が互いに結合しあう

ようになり、放射性微粒子が構成された。

#### **(放射性微粒子は光を反射しない：黒色である)**

最初は単体の時に高い融点を示す元素の原子が結合しあい、次第に融点の低い元素の原子が結合されていくプロセスであった。この微粒子の表面は原子が整然と並ぶような状態ではなく、従って光を反射しあるいは屈折させる状態にはなく、全ての光が吸収されてしまう状態である。火球内物質は大量の黒い微粒子群となったのである。

黒い微粒子には大量の放射性原子が包含されるために、微粒子の周囲には水分子が凝集し水滴の中心核となる（後述）。雲を形成したこれらの水滴（雨滴）が雨となって降ると黒い雨となった。

#### **(黒い雨)**

「黒い雨」の黒さはこの火球内で発生された黒い微粒子群に加えて、火災による煤（スス）が加わったものである。広島原爆はウラン65kgのうち概略1%程度が核分裂反応をしたとされる。核分裂反応をしなかったウランも含め総重量約4トンのリトルボーイが瞬時にして気化し火球が断熱膨張・冷却されるプロセスで総重量全てが放射能を帯びた黒い微粒子群となった。膨大な黒い微粒子群である。この膨大な黒い微粒子群に火災によるすすが加わり黒い雨となった。よって、火災によるすすが加わったとしても放射能を帯びた物質量は黒い雨の基本を制するものであった。

黒い雨の黒い微粒子は水溶性のものと不溶性のものがあり、黒い雨はそれらの混合物である。放射線による電離は強く放射性微粒子の周囲に水滴を凝結させるものであることは既に説いたが、微粒子自体水に溶けるものもあれば溶けないものもある。水に溶けないものでも、上記理由で水と良く混合している。黒い微粒子は雨全体を黒くするとともに、不溶性のものは（川などの）水面に油膜のように展開する部分もあった。

#### **(4) 放射性微粒子と電離イオンを核とする水滴形成**

放射性物質の原子核から発射された放射線は、標的となった（放射線の当たった）原子の電子を吹き飛ばす:すなわち「電離」を行う。電離された原子はイオン（電気量を持つ原子）となる。勿論吹き飛ばされた電

子はどこにくっついていてもマイナス電荷を提供する。空気中の水分子はイオンに吸着して水滴を形成する。

ベータ崩壊（原子核からマイナス電荷を持った電子が放出される）を行った放射性微粒子（原子集団）は、プラス電荷を帯び大気中の水分を付着させやすくなる。また、電荷を持たないガンマ線も含めて、放射線は大気中の原子を電離作用で、イオン化させて水分を付着させて水滴にする。

周囲の空気が乾燥していて水蒸気が飽和状態から遠いとしても、たくさんの放射線は水分を凝結させる。そもそも、原子雲ができる基本的、決定的要因は、急激な断熱膨張と放射性微粒子から放射線が出されていることにあるからである。ネバダ砂漠のように乾燥した地域でさえ、短時間ながら原子雲ができるのである。しかし、乾燥地帯では原子雲が形成されても、それに続く時間帯で周囲の空気との熱交換が生じると水の凝結は解除されて気化し雲は消失する。もともと水分子が少ないので、原子雲はすぐに消えてしまうのである。このとき放射性微粒子は個々単独で行動し、気中での運動はストークスの法則に従う運動となり、風下に放射性降下物の細長い楕円（あるいは帯状）の放射性物質降下地域を作る。

他方、海岸も近く水分を多量に含んでいる環境であった広島（長崎）では、核爆発の中心部から水平原子雲の直径36 km（30～60 km）程度までの一帯に水分子と共に広がり、砂漠地帯爆発では生じえない大量な放射性物質の水滴中の滞留をもたらしたのである。砂漠地帯ではあり得ない自然の風の風上やそれと直角方向に至るほぼ同心円的な放射能環境が水滴によってもたらされた。

## （5）放射能の分布

高温気団からは間断なく放射性物質が外部に、特に下方の中心軸に、放出され、巨大な原子雲の球形頭部を形成し原子雲中心軸を放射性物質で充満させる。浮力の大きい高温気団と中心軸の芯部分是对流圏と成層圏の境界の圏界面を突破し、上昇する。中心軸の外周部分は水平に広がる原子雲へと展開する。

圏界面を突き抜けできない軸周辺の原子雲は、圏界面で水平方向に同心

円的に広がる。水平な原子雲は、放射性物質を大量に含んでいる。

上昇してきた高温気団は、中心部分で一番温度が高く、原子の運動速度が大きい状態である。気団内の放射性原子は外へと押し出されていくが、外側に押し出されるほど低温になり原子速度が遅くなる。これが激しい頭部内の循環気流を生じ、中心軸に放射能を分配するのである。放射性微粒子から放射される放射線が電離作用を行い、空気中の水分子を集める。放射性微粒子は水滴の核となり大量の水分子を従えて原子雲を形成する。

## **(6) 圏界面**

成層圏は太陽からの放射熱と地球からの放射熱が高度に応じて平衡している領域である。成層圏では高度が増すにつれて平衡温度が高くなる。

これに対して対流圏では、高度を増すにつれて気圧が低くなり、大気が断熱膨張して熱を奪われるので、高度が増すほど気温が低くなる。

この二つの異なる熱現象の交わる境界が圏界面(成層圏と対流圏の境界面)と呼ばれ、圏界面の薄い層で大気は最低気温となり、ほぼ一定気温を保つ。

なお、放射線を含まない通常の雲形成は、上昇に伴う断熱膨張による温度低下と気温が低下して飽和蒸気圧となる温度で、気体状の水が凝固するに伴う発熱が生じ両者がバランスするのが圏界面で行われていると言える。ところが、原爆の場合、これに加えて、放射性微粒子からの放射線が電離を行う発熱が生じている。放射線を受けて空気は水分子がイオン化することから生じる電氣的引力による強制的水分凝結が生じる。このとき、気温が飽和蒸気圧に低下する前に強制的に凝結が生じる。自然的条件より発熱の方が多量となり、そのために、放射能を含む原子雲形成時には、自然的条件より低高度で原子雲が生成されると推測される。逆に言えば、原子雲の水平に広がる底部の高さが低いことが、原子雲に放射能が含まれる特徴ともなる。

## **(7) 水滴が雲を形成し放射性物質を運ぶ**

高温気団は内部の高温部分の浮力で上昇するので、高温気団に強制され

た周囲の空気粒子の運動を作り出す。それは大きな広がりを持つ原子雲頭部を形成し、中心軸を育てる。さらに大きな規模では、原子雲の中心軸で上昇し、必ず高温気団から或る程度の距離を隔てて、周囲に下降を伴う流れを作り出す。これが黒い雨の降雨が不均等であることと関係する。

放射性物質を多量に含む水平原子雲は、放射性微粒子を核にして水滴を形成し、やがて落下する。水滴の大きさと温度の兼ね合いで、この水滴落下は降雨となる。あるいは、空気温度が高い場合には、雨滴が途中で蒸発し高湿度の空気となって地上に充満する。放射能微粒子は空気より重いので、単独であっても地上に降下する性質を有する。これらは原子雲の半径約18kmほどの同心円内を放射能環境とする。

これらの現象は、砂漠内の原爆爆発と根本的に異なる（前述）。それはストークスの法則に従い、風下だけが放射能汚染されるか、あるいは同心円的な雲の下に雨降りによってもたらされるかを分ける。砂漠地帯と異なり、放射能汚染現象が原爆爆発中心地周辺広面積に集中するが、このことは空気中水分の多量存在が決定づけているのである。

また黒い雨の降雨域を考察する上で砂漠と異なるこの条件は決定的である。水分のほとんどない静止空気中の放射性微粒子単独（水と合体していない）の運動より、水滴中の放射性物質ははるかに早く降下する。水平原子雲からは地表に向けて、雨あるいは途中までの雨が蒸発した空気中の湿度と共に降下する。

黒い雨被爆者の居住地域が「放射能の影響を受ける」環境となっていたことは非常に明白である。

## **（8）水平原子雲は黒い雨の雨域を作る**

放射能を多量に含む水平原子雲は半径18km程度にもおよび、その空間を放射能空間とした。火災による雲は原子雲と合体し、局所的な環境条件が加味されつつ黒い雨となった。初期条件として直径36kmほどの地域は雨が降っても降らなくても放射能環境が作られた。この空間内ではどこで雨が降っても放射能が含まれている。火災によるすすが放射能微粒子の黒と混合している。局所的な条件により放射能空間は濃淡があり移動したりするが、放射能空間の基礎概念は上記のとおりである。放射能降雨が存在

する地域に自然の風により湿った空気が差し掛かると、水の凝結がさらに増し、雨を降らせる。放射能と降雨の関係は局地的な火勢の時間依存、風向き等により様々な展開がある。後述するように、黒い雨の雨域は半径約18kmの範囲を11kmほど北北西に平行移動したものである。これは3m/秒自然の風が1時間足らずの間に水平原子雲を移動させたものである。

## (9) 黒い雨地域と被曝

黒い雨が降った地域では雨と共に放射能がもたらされる。黒い雨を浴びた人は身体に、髪の毛に、衣服に、放射能物質を付着させることとなる。黒い雨の降る空間には放射性微粒子が充満するので、黒い雨に打たれても打たれなくとも呼吸による内部被曝は甚大である。土地の上に雨が降るので、大地に生育される野菜などに放射性物質が付着してそれらを食することにより内部被曝をさせる。土壌の汚染が作物に吸収される。黒い雨が流れ込んだ池や川の水に接すると水が媒体となって被曝をもたらす。水に漬けた物には放射性微粒子が付着する。水を飲むと内部被曝である。家の中に居て直接黒い雨を浴びなくとも、そこで生活する以上被曝を免れることはあり得ない。

黒い雨地域内では、全ての人が「放射能の影響を受ける環境にあったことは疑いようのないことである。

最近になってNHKで放映された『原爆死 ヒロシマ 72年目の真実』によれば、「さらにビックデータからは爆心地に近づいていない人の中に、同じようなケース（2.5キロ圏に一度も入らなかったのに、すぐに容態が悪化して亡くなっていった）があることがわかりました。爆心地の西にある旧己斐（こい）町です。ここでは67人が急性原爆症で亡くなったと記録されていました。山に囲まれたこの町で何が起きていたのか。私たちは亡くなった人のうち4人の遺族を捜しあてました。取材の結果、その4人は爆心地に近づいていないにも関わらず4ヶ月以内に亡くなっていたことがわかりました。・・・なぜ2人は亡くなったのか。大塚さんはある写真を見せてくれました。写っていたのは自宅の庭にあった灯籠です。上の部分がどす黒く見えます。その原因は原爆の後に降った放射性物質やすす等を含む黒い雨だと言います。」と報道され、黒い雨が急性原爆症で多くの

命を奪ったことが新たに報道されたのである。

#### (10) 測定と被曝環境の関係

後になって物理的測定によって放射能環境が示されることが可能かどうか？

物理的測定はその時に遡って放射能環境があったという証拠を示すうえで大切である。しかし、物理的測定によって放射能が証拠だてられなかったとしても、それはその場所が「放射能環境になかった証拠」にはなり得ない。あらゆる物理的測定は、原爆が投下されたその当時の放射能環境を定量的に示すことは不可能である。何故ならその測定は放射能環境のごく一部分であり、放射能環境の全事象を総合する測定などあり得ない。全ての測定はまさに放射能環境の一部分を示すに過ぎない。またその測定を受ける対象が現場保存されているのは極めて稀である。風や人的行為により、当時の放射能環境は破壊されているのである。したがって72年経過した今極めて重要で信頼性のあることは人々の記憶でありアンケート結果などの人々の一致した体験である。これがまさに現場保存された重要な証拠なのである。

## 第6章 「黒い雨」雨域



写真2 原爆投下後1時間の広島原爆(写真1bの拡大)

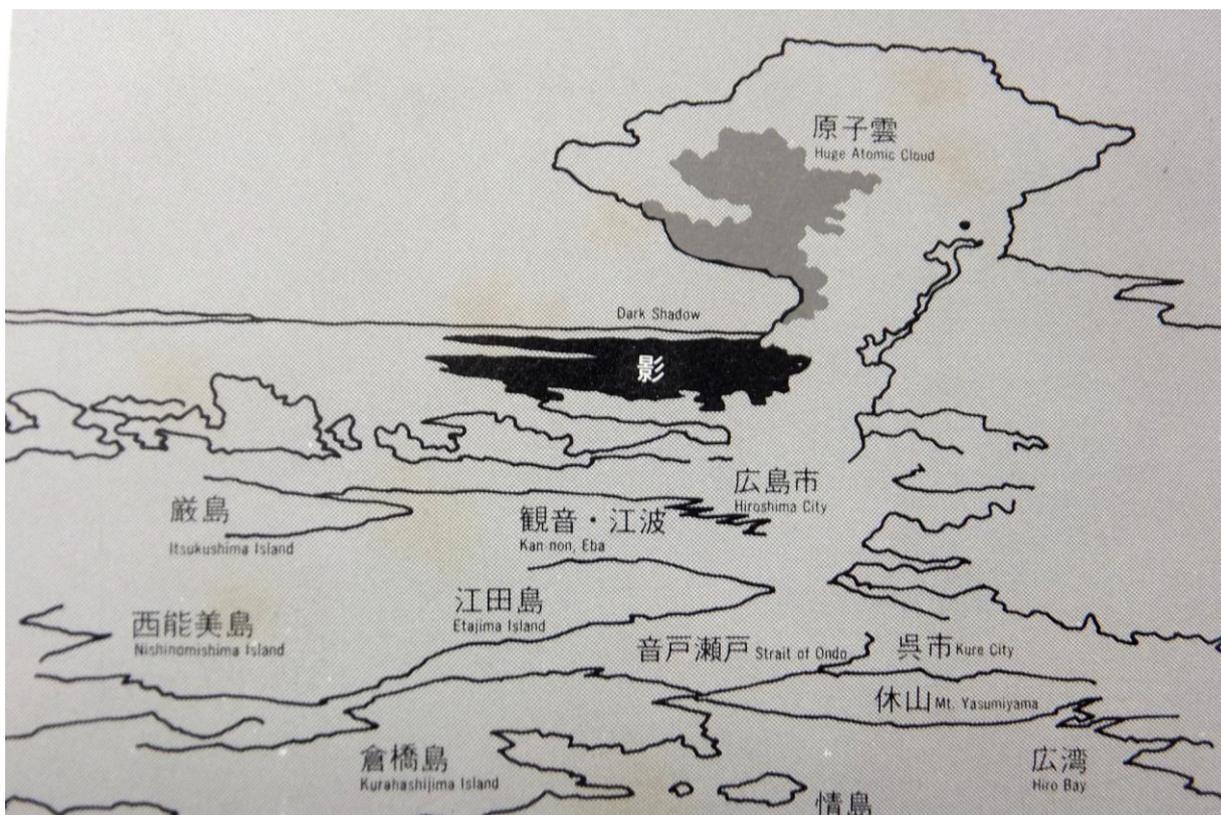


図8 写真2の位置図

写真2に米軍機により撮影された広島原子雲を再掲するとともに、図8で写真2の位置関係等の説明をする。馬場雅志氏らの解析によれば、この写真は原爆投下後約1時間後に撮影されたもので、爆心地から約56km（東に33km、南に45km）の地点、高度は8680mの地点から撮影している。原子雲の高さは16kmである。

水平の原子雲（写真では水平原子雲に頭部の影が明瞭に映っている。図8では「影」と記載され黒く塗られている箇所とその手前の白い雲を含む一帯。）より上に在る中心軸は図の右側（東側）に傾斜している。成層圏内であり偏西風の影響を受けて傾いたと判断できる。対流圏内の風は南南東の風であった。

**（水平原子雲の半径はおよそ18km）**

写真手前に展開する白い雲に隠されがちであるが、水平に広がる雲は原子雲中心軸より少し手前から風下へ奥深く展開している。当時対流圏では

南南東の毎秒 3 m の風が吹いていたとされるが、水平原子雲はその風に流されたと思わせる。なお米軍機はほぼ風上から撮影したことになる。

前述のとおり、水平原子雲の上には原子雲頭部の影がはっきりと写っているのが見て取れる。その雲の形状は写真から見て取れる範囲で円形である。この雲の半径を測ると半径を短く見積もれば 1.6 km 程度、長めにとれば 2.0 km 程度であるので、ここでは半径を 1.8 km 程度とする。

#### (水平原子雲は 1 時間でほぼ 1.1 km 平行移動した)

上昇気流と無縁になる水平原子雲は自然の風の影響を受ける。

当時対流圏では南南東の毎秒 3 m の風が吹いていたとされる。原爆投下後 1 時間での写真であるから、1 時間でこの風が運ぶ距離は約 1.1 km である。水平原子雲は 1.1 km ほど北北西に中心からずれていると予測される。写真手前には水平原子雲は約 7 km、奥には 2.9 km ほどまで展開していることが推察される。

長崎では爆心地からほぼ東に約 3.0 km にある「温泉岳測候所」からの観測記録が残っている（長崎被爆体験者訴訟意見書参照）。当時の気象記録は、ほぼ毎秒 3～4 m の南西の風であったが、この風に運ばれて「温泉岳測候所」に雲が押し寄せるが、水平原子雲の半径が約 3.0 km で形を余り崩さずに風に乗って押し寄せたと理解できる記録が残されている。

従って写真で判定できる水平原子雲の位置は「半径約 1.8 km ほどの水平原子雲が北北西に 1.1 km ほど移動した」ものとして理解できる。

#### (常識は「雨は雲の下に降る」)

本意見書では水平に広がる雲が黒い雨の範囲を決している（黒い雨を降らせる原因となっている）ことを説いている。

水平原子雲と雨との関わりは、以下のように論理的に理解することができる。水平原子雲ができ成長し半径約 1.8 km までに伸びる。これが南南東の風に流され北北西に進む。降雨は水平原子雲中心付近から降り始め時間と共に北北西に進む。また中心付近が最も強い。雨は早いものは投下後 5 分くらいで降り始め、最も盛んに降り始めるのは 1 時間後～2 時間後とされる。降雨の場所と時間は、1 時間から少し後の原子雲の位置の時を最も盛んなものだったとして理解できる。その前に降ったものもそれ以降に降ったものもあるが、雨の時間的分布も地域的分布も投下後 1 時間かそれ

より少し後の水平原子雲の位置が中心だった。中心域は風と共に北北西に移動していく。黒い雨の雨域や降雨の激しさは、上述のようにこの雲の発生・発達・進行・消滅と共に展開したと概ね理解できる。

以上の論理的理解は、以下の調査結果とほぼ一致する。すなわち、広島市の『原爆体験者等健康意識調査報告書』（甲A9）では、降雨時間の分布について「比較的長い降雨時間が推定された地域は、宇田雨域の北西部及びその周辺部であり、その時間は1時間半から2時間程度と推定され」、  
「黒い雨は、午前9時頃に広島市西方近郊から降り始め、その後北西に拡がり午前10時～11時頃に最も広い範囲で降り、その後縮小し、午後3時頃加計付近で消失している」とされている。また、降雨の強さの分布もについて「『黒い雨で土砂降りに降った』と推定された地域・・・は、宇田大雨地域のほぼ北半分を含み、さらにその北西側（湯来町東部）にも分布している」とされ、さらに降雨の色の分布について「真っ黒い雨の降った領域は広島市の北西近郊（沼田地区、湯来町東部）と推定され、その範囲は『黒い雨で土砂降りに降った』と推定された地域とほぼ一致している」とされているのであり（19～23頁）、上記論理的理解と調査結果はほぼ一致するのである。

#### （黒い雨雨域）

大瀧氏ら作成による「黒い雨」雨域図を図9に示す。

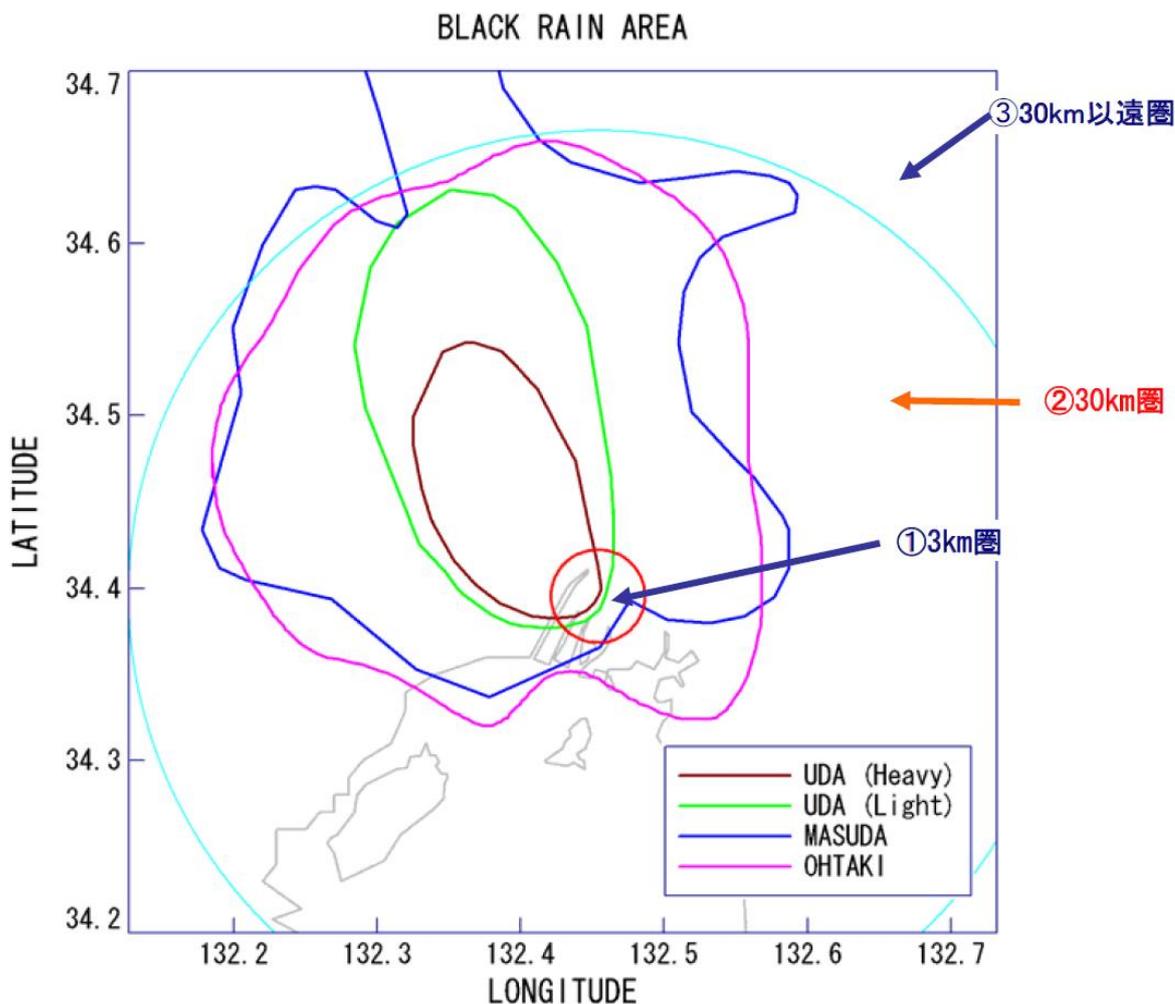


図9 黒い雨の雨域

まず、図には宇田雨域、増田雨域、大瀧雨域が示される。特に大瀧雨域に着目する。図中のピンクの線で囲まれた領域がそれである。この雨域は、歪みはあるが円に近似でき、平均半径18kmの円と見なせる形状である。先ず半径について分析すれば、上述の原子雲の写真から読み取れる水平原子雲半径がほぼ18kmであり、雨域の半径はこれと一致する。次に雨域の中心位置を分析すれば、北北西の雨域の辺が30kmラインに迫っているところから雨域中心が爆心地よりほぼ10km北北西にずれている円と見なされる。爆心地中心に描いた円を北北西に10kmほど平行移動すれば得られる雨域なのである。この中心のずれも上述の約1時間後の原子雲写真から読み取れるものと一致する。

ここで平行移動の10kmという距離は当時吹いていた南南東毎秒3mの

風により、ほぼ1時間で水平原子雲が平行移動する距離に一致する。

かくして1時間後の写真と黒い雨の降った雨域（大瀧雨域）は、自然の南南東の3 m/秒の風を媒介にして完全に合理的に説明できる。

増田雨域は概略大瀧雨域に重なるが、北北西方向へは30 kmラインを越えてさらに伸びている。それは原子雲の消滅は周辺から起こり、中心付近はかなり遅くまで降雨し続けていた、すなわち自然の風と共に北北西に進行したという理解で合理的である。

これらは本意見書で矢ヶ崎が述べているように、黒い雨の雨域は水平に広がる原子雲により基本的に条件づけられていることを示すものである。

これに対し宇田雨域は爆心地から1方向に展開する楕円形を示す。

#### （広島での「黒い雨に関する専門家会議」の誤謬）

今まで原子雲のでき方についてもその後の放射性降下物の分布についても、広島・長崎原爆については正論を得ていなかった。米国の砂漠地帯における核実験の後の放射性降下物の記録をそのまま砂漠ではない多湿状態の広島・長崎に適用したのである。砂漠状態での放射性降下物の分布を砂漠モデル（前述）と称すが、砂漠モデルは広島・長崎にはまったく適用できない。

砂漠モデルに基づいて考察するという誤謬は、原爆の後の放射性降下物の分布について、高湿度地域という条件で考察しなければならない認識が非常に遅れたことを反映して、支配的に根深く継続してきた。1990年代になって開かれた広島原爆での「黒い雨に関する専門家会議」がまとめた『黒い雨に関する専門家会議報告書』および『同資料編』（平成3年（1991年）5月）（乙55）では、明瞭にこの砂漠型モデルでストークスの原理に従ってシミュレーションしている。しかも「放射性降下物」の分布をシミュレーションしたにも拘らず「黒い雨」の分布と偽っている。いちじるしい誤謬である。

ストークスの法則とはどのようなものか？については、前述したとおりであるが繰り返す。つまり、大きさが数ミクロン以下の物体が従う運動法則である。身近の現象としては、霧粒が空中に浮かぶ状態である。空気や水（流体）の中の小さな物体が流線（流れを線で表したもの）を乱さずに

静かにゆっくりと移動する時に、物体はその流体から粘性抵抗と呼ばれる抵抗を受ける。毎秒 1 mm 以下の超低速の運動が実現する。粘性抵抗は物体のゆっくりした速度に比例する。すなわち、ストークスの法則としてあらわされる運動は、抵抗はゆっくりとした微粒子の速度に比例し、微粒子は流体を乱さずにゆっくりした速度が維持される。空気中を落下する場合は、微粒子に働く重力と粘性による抵抗がバランスし毎秒 1 mm に達しないゆっくりとした等速で落下する。微粒子の質量が 10 マイクログラム（10 万分の 1 グラム）から 1 ミリグラム（千分の 1 グラム）程度の場合に当てはまる運動だ。重力による力で、1 秒間に 1 mm に満たない速さで落下する。自然の風があれば、風に運ばれて数百キロメートル規模で遠くに運ばれる。微粒子の重さが重いほど重力で落下する早さも大きくなるので、重い微粒子ほど早く落下し軽い微粒子は遠くまで運ばれる。

「黒い雨に関する専門家会議」では、このシミュレーションの結果、増田雨域を退け宇田雨域を黒い雨区域とする誤りを犯している。加えて、宇田雨域の考察に当たって、専門家会議は原子雲の頭部の高さを問題にするものの、肝心の水平に広がる雲の広さは全く考慮対象外である。専門家会議のシミュレーションは、放射能が原子雲頭部のみにあり、中心軸や水平原子雲にあることを無視する。水平原子雲はその存在すら無視されている。

同様な誤謬は長崎に於いても著しい。長崎における島崎達也、奥村 寛、吉田正博、高辻俊宏諸氏による「長崎原爆フォールアウトによるプルトニウムおよびセシウムの分布」（1994）（広島医学, 47, 418-422）の分析やプルトニウム測定領域の設定に当たっては極めて強く砂漠モデルに依存していたことが示される。すなわちプルトニウム調査区域を爆心地からの風下の極めて細い 3 角形地域に限定しているのである。

これは本意見書で考察した水平原子雲が放射能汚染区域を基本的に決定し、黒い雨の雨域をも決定することと根本的に食い違う。砂漠の放射性微粒子の展開は広島・長崎にはまったく適用できないことを認識すべきである。「黒い雨に関する専門家会議」の結論は採用する根拠がない。

宇田雨域にこだわって黒い雨領域を線引きしようとする専門家会議の考え方は基本的に砂漠における放射性降下物の降下領域をモデルにしたものと判断でき、現実の雨域を説明できない。宇田雨域が現実に合致しないこ

とは住民の体験に反することで明瞭である。

再度言及するが、これらの宇田雨域を基本とした雨域設定および考察は間違っている。誰でも知っている常識は「雨は雲の下に降る」のである。まさに常識どおり、黒い雨は水平に展開した原子雲の下に降ったのである。

広島が多湿条件での放射性降下物の分布条件は水平原子雲の展開範囲に強く依存する。それに従えば、丁寧な住民アンケートを基に判断した増田あるいは大瀧雨域が極めて合理的である。さらに水平原子雲の放射能は物理的熱科学的に考察したことと住民：被爆者の方の体験から明白である。此処では降雨の現実と科学的道理に従った考察がきちんと一致している。

黒い雨の放射能と雨域の真実は此処にあると言える。

## まとめ

(1) 従来は「火球」という一言で片づけられ、火球内の物理的・熱力学的構造などは検討されずに来ていた。また、原子雲の急上昇の理由を爆風の地上からの反射によるなどと外因として考えるのはまったく間違っている。火球の自ら持つ強烈な熱による現象、強烈な温度を持つが故の気団自身の特性を原因とする運動なのである。

これまで放射性微粒子が「大量に閉じ込められている」とされてきただけの火球を、物理的・熱力学的に考察することによって、原子雲の内部構造が明瞭となった。また、それにより水平原子雲になぜ放射能が大量に移行するかが、解明できた。

(2) 広島・長崎での放射性降下物の展開は、砂漠と異なり、原子雲を構成する雲・雨滴と共に行動した。放射能環境・雨域は水平原子雲で基本的に決定づけられた。水平原子雲が中心対称性をもって展開したこと（爆心地を中心とする同心円だったこと）とそれが自然の風に運ばれたことは経験的、理論的に明らかにされ、広島の雨域調査（大瀧、増田）結果と合致し、長崎の温泉岳測候所の記録でも実際にそうであったことが記録されている。

(3) 広島では半径約18kmの広大な範囲が黒い雨の雨域であった。長崎では半径15km～30kmに及ぶ広大な範囲が濃厚な放射能汚染域であった。広島の場合は広島市の行ったアンケート結果（大瀧雨域）や増田の調査からも明白である。長崎の場合はマンハッタン調査団の調査結果から明瞭である。原子雲の形成は広島と長崎とは同じ原理であり、長崎の放射能環境の広がりも広島でも基本概念は同じである。

(4) 黒い雨専門家会議の検討結果は、砂漠で行った核実験の放射性降下物の分布を、広島・長崎に当てはめようとする誤りを犯していた。放射性微粒子が水との親和性を極めて強く有することを基にして、高湿度空間では放

放射性微粒子が従う物理法則が根本的に異なる。黒い雨専門家会議の行った微粒子が水分子と合体することのない砂漠型・ストークスモデルは広島・長崎では完全に誤りである。正しいモデルを使わなければ真実は解明できない。宇田雨域と同じ結論を導いた黒い雨専門家会議の検討結果は砂漠型に拘泥したモデルにこだわっており誤りである。理論的考察と明白な記憶による人々の体験が一致している大瀧あるいは増田雨域を採用すべきである。

- (5) 内部被曝を無視した現行の被爆者認定のあり方は重大な問題を孕んでいる。現行の健康手帳交付認定基準が被爆者の被害の実態に即していないのは、人々の被曝体験を通じたデータから明白である。国が、実態に合わない認定基準を設定している原因としては次のようなことが指摘できる。
- ① 第一に、核分裂に伴うガンマ線・中性子線による直接被曝に重点を置いていることである。全放射線量に対して一部分でしかない初期放射線を基盤として基準を作成していることは科学的ではない。
  - ② 第二は、内部被曝が人々の健康に極めて重大な影響を与えたことが無視されている。内部被曝は放射性降下物（と中性子誘導放射化物）によってもたらされる。放射性降下物は微粒子を構成し、不溶性の微粒子の割合も多大であった。内部被曝の深刻さ、特に不溶性の放射性微粒子による内部被ばくを無視している。被曝の実相を誠実に見ていないことである。直接被曝は初期放射線によるいわば一過性の強烈な外部被曝であったが、内部被曝は長期間継続して被曝を与え、ホットスポットを形成するという特殊な被曝状況を与える。その健康被害は外部被曝を延長しただけでは推し量ることができない。
  - ③ 長崎で亡くなった被爆者の方の臓器、あるいは広島の肺がん患者の被爆者の摘出臓器から、プルトニウム、ウランを含む放射性微粒子が確認されたことは身体内部での放射線微粒子の巨大な脅威を物語っている。これらは明確に微粒子が不溶性で長期にわたって微粒子のままの姿をとらえている。被告が内部被曝を質量ともに軽視することの反事実性は明らかである。
  - ④ 第三は、内部被曝を与える放射性降下物の量の判断を科学的に行わず

、極端な過少評価を行っていることである。大量降雨と台風の後の測定を、初期汚染が現場保存されていたデータとして扱っていることにあらわれている（DS86）。

- ⑤ 黒い雨被爆者の放射能被曝を否定しようとして、「黒い雨」の黒い原因は火災によるすすであり、放射能とは関係ない、などとの事実を依拠しない論を張っている。黒い微粒子は原爆構成物質からなる黒い微粒子と火災によるすすの両者からなる。放射能を含むのは微粒子を構成した生成原理からの必然性を持つ。

以上のように、黒い雨領域の誤判断と内部被曝を無視した現行の健康手帳認定のあり方は、誤った判断の上に成り立っているため、即刻是正すべきである。

原告ことごとくすべてが、法にいう「原子爆弾が投下された際又はその後において、身体に原子爆弾の放射能の影響を受けるような事情の下にあった者」であることは、客観的に十二分に裏付けられるのである。

以 上