

# 1

# 原子爆弾による物理的破壊

## 要約

広島原爆は $^{235}\text{U}$ (ウラン235)が使われ、TNT火薬16ktのエネルギーに相当した。長崎原爆は $^{239}\text{Pu}$ (プルトニウム239)が使われ、TNT火薬21ktのエネルギーに相当した。そのエネルギー分布は爆風50%, 熱線35%, 放射線15%であった。

爆発の瞬間に数100万℃で数10万気圧という超高温超高压が現れ、火球が形成された。0.3秒後には火球表面温度は約7,000℃であった。爆心地の表面温度は約3,000~4,000℃となった。火球表面から衝撃波が発生し、爆風となり超音速で大気中を伝播した。爆風は、爆発2秒後に爆心1kmの地点に、4.5秒後に2kmの地点に達した。原爆放射線による人々の被曝は、爆発の瞬間や上昇する火球から受ける「初期放射線被曝」、ならびに爆心近辺の土壤などが中性子線によって放射化されてできる誘導放射能や“黒い雨”などとともに地表に降下した放射能による「残留放射線被曝」とに分類される。

## 1 爆 発

1945(昭和20)年8月6日午前8時15分、広島原爆は原爆ドーム(旧広島県産業奨励館)に近い島病院(原爆ドームから南東160m)の上、高度600mで炸裂した。長崎では8月9日午前11時2分、長崎市北部の浦上、松山町171番地のテニスコート上空503mで炸裂した。

## 2 エネルギー

広島原爆(Little Boy)は $^{235}\text{U}$ (ウラン235)が使われており、TNT火薬16ktのエネルギーに相当した。長崎に投下された爆弾(Fat Man)は $^{239}\text{Pu}$ (プルトニウム239)が使われており、TNT火薬21ktのエネルギーに相当すると考えられている。原爆の特徴は通常の爆弾と異なり、爆風のほかに強烈な熱線と放射線を伴うことであり、そのエネルギー分布は爆風50%, 熱線35%, 放射線15%といわれている(図1)。

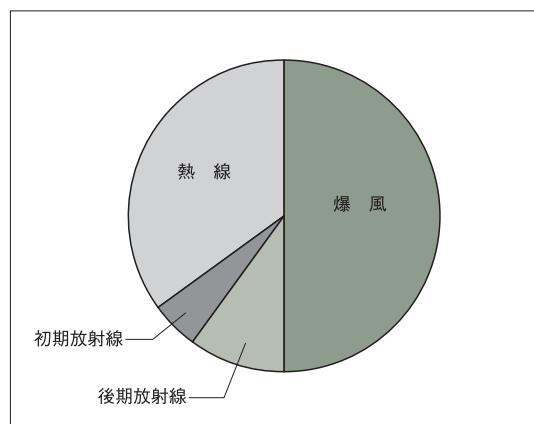


図1 原爆エネルギー  
(1977,Glasstoneら)

## 1) 爆 風

爆発とともに爆発点に数10万気圧という超高压が発生した。火球表面からは衝撃波が発生し、衝撃波が先行する爆風となって、超音速で大気中を伝播した。衝撃波は、爆発2秒後に爆心1kmの地点に、4.5秒後に2kmの地点に達した。30秒後には約11kmの距離に達した。衝撃波の後に強い外向きの風が続き、その風速は爆心地辺りで280m/秒、3.2km地点でも28m/秒であったとされている。外向きの風が吹き止むと、今度は外側から内側へそれまでより弱い風が吹き込み、爆心地では上昇気流となってキノコ雲の幹を形成した。衝撃波と爆風によって2km以内の木造家屋は壊滅的な損傷を受けた。爆心地から0.5km以内では、鉄筋コンクリートの建物ですら多くが崩壊した。

## 2) 热 線

爆発と同時に空中に発生した火球は、爆発の瞬間に温度が最高で数100万°Cに達し、0.3秒後には火球表面温度が約7,000°Cに達した。爆心地の地表温度は約3,000~4,000°Cとなり、爆心地で120cal/cm<sup>2</sup>、3.5km地点で2.2cal/cm<sup>2</sup>の熱線エネルギーを受けたと計算されている。爆発後3秒以内に火球から放射された99%の熱線が地上に影響を与えた。火球から放射された熱線のうち人体に多大な影響を及ぼしたのは赤外線であった。熱線による木材などの黒焦げは、広島では爆心地から約3kmまで、長崎では約3.5kmまでみられた。また、露出した皮膚での熱線熱傷は、広島では爆心地から3.5kmまで、長崎では4kmにまで及んだ。両都市とも爆心地から約1.2km以内で無遮蔽であった人は致命的な熱線熱傷を受け、死亡者の20~30%がこの熱傷によるものと推定されている。図2に広島の、図3に長崎の爆心地付近の熱線による全焼地区と、爆風による建物倒壊地区を示す。

## 3) 放射線

空中爆発による原爆放射線は、爆発の瞬間に放出される即発放射線に、上昇する火球中の核分裂生成物から1分以内に放出される遅発放射線を加えた「初期放射線」(全エネルギーの5%)と、1分以降に核分裂生成物から放出される「後期放射線」(全エネルギーの10%)とに分類される。核分裂生成物の大部分は上空高くに舞い上がり、一部は“黒い雨”などと一緒に地上に沈着して局地的な放射性降下物(フォールアウト)となった。人々の被曝は、「初期放射線による被曝」、ならびに爆心近辺の土壤などが中性子線によって放射化されてできる誘導放射能や放射性降下物による「残留放射線による被曝」の2種類に分けて考えることができる。

### ① 初期放射線

初期放射線の主要成分は $\gamma$ 線と中性子線である。初期放射線量としてはこれまでいくつかの推定があり、日米合同原爆放射線再評価検討委員会は1965年に決めた暫定線量推定方式T65Dを1987年に改定しDS86線量としたが、2002年に新たな線量計算システムDS02による推定線量を発表した(表1)。

## ②残留放射線

残留放射線は誘導放射線と放射性降下物(フォールアウト)の2種類に区別される。地上に降り注いだ初期放射線(中性子線)が土地や建築物資材の原子核に衝突して原子核反応を起こし、それによって放射能を帯びたのが誘導放射能である。 $\gamma$ 線や $\beta$ 線が放出される。また、火球が上空で冷えると、その中の核分裂物質の一部は雨とともに地上に降下し、放射性降下物(フォールアウト)となつた。そのときの雨が黒かったため黒い雨と呼ばれている。

残留放射能による被害の程度は、各人の行動条件に左右されるので、一般的な表現は困難である。DS02に基づく計算によると、被曝直後からずっと爆心地付近にどまっていたという仮想的な場合の $\gamma$ 線による外部線量は1.2Gy、また1日後に爆心地に入って丸1日どまつた場合は130mGy、あるいは1週間後に入つて1週間いた場合は2mGyという計算がある。しかし、このような計算結果は地面の組成や周辺の状況によって大きく異なる可能性があるので評価は難しい。

体内へ摂取された放射能が内臓諸臓器に及ぼす影響も考慮されるが、この場合は $\gamma$ 線以外に $\beta$ 線や $\alpha$ 線も影響しているといわれる。特に爆発直後や死体や建築物の残骸処理などで入市した者は誘導放射能を含んだ塵埃の吸入により内部被曝をきたした可能性はあるが誘導放射能は半減期が短いものが多いため時間とともに急速に減衰した。

図4に広島原爆爆発後の物理的影響を模式的に示す。図4aは爆発早期の火球と熱線の状況、図4bは早期の火球と爆風および熱線の状況、図4cは初期放射線の状況を示す。図4d, e, fは、1分後、2~3分後、20~30分後の雲の高さと雲の状態を示す。