平成 25 年度外務省委託

# 「核兵器使用の多方面における影響に関する調査研究」

平成 26 年 3 月

# 研究体制

| | |
|---|---|
| ＜放射線医学＞ | （血液内科学/放射線障害疫学） |
| **朝長 万左男**<br>（主査） | 日本赤十字社長崎原爆病院長 |
| ＜放射線医学＞ | （血液内科学/放射線生物学） |
| **鎌田 七男** | 広島大学名誉教授（公財）<br>広島原爆被爆者援護事業団理事長 |
| ＜放射線物理学＞ | （放射線物理学） |
| **葉佐井 博巳** | 広島大学名誉教授 |
| ＜防災＞ | （防災情報 システム） |
| **林 春男** | 京都大学防災研究所巨大災害研究センター教授 |
| ＜経済＞ | （マクロ計量モデル分析/経済予測/応用一般均衡モデル分析） |
| **伴 金美** | 大阪大学大学院経済学研究科教授 |

# 目次

**研究の目的** . . . . . 4
**要旨** . . . . . 5
**第１章　広島・長崎における原子爆弾の物理学的・医学的影響** . . . . . 10
**１．核爆発影響の推定方法** . . . . . 10
１．１　広島・長崎の原爆 ..... 10
１．２　米国政府の核の威力報告書（1977 年） ..... 11
１．３　現代都市における核爆発の想定 ..... 11
１．４　広島・長崎と現代都市の差異 ..... 11
**２．核兵器の特徴** . . . . . 12
２．１　広島・長崎の原子爆弾の特性 ..... 12
*（１）広島型原子爆弾　（ウラニウム爆弾）LITTLE BOY* ..... *12*
*（２）長崎型爆弾　（プルトニウム爆弾）FAT MAN* ..... *13*
２．２　原子爆弾の物理学的エネルギーの種類 ..... 13
*（１）初期放射線* ..... *13*
*（２）爆風（衝撃波）* ..... *13*
*（３）閃光及び熱線* ..... *13*
*（４）火災* ..... *13*
*（５）残留放射線* ..... *13*
*（６）電磁パルス* ..... *13*
**３．広島・長崎の初期人体影響** . . . . . 14
３．１　推定死亡者数（初期の調査） ..... 14
*（１）広島市* ..... *14*
*（２）長崎市* ..... *15*
３．２　広島・長崎の距離別死亡率比較 ..... 15
３．３　核分裂と連鎖反応 ..... 16
３．４　爆発の時間的経過と人的被害 ..... 16
３．５　初期放射線による急性放射線症 ..... 16
３．６　火球から生じた被害 ..... 19
*（１）火球から生じた被害* ..... *19*
*（２）熱線による影響* ..... *20*
*（３）火災による影響* ..... *21*
*（４）残留放射線による被害* ..... *21*
**４．広島・長崎の長期人体影響** . . . . . 22

４．１　原爆被爆者の総数 ..... 22
４．２　白血病 ..... 22
４．３　骨髄異形成症候群（MDS） ..... 24
４．４　固形がん ..... 25
４．５　多重癌 ..... 26
４．６　白血病および癌の過剰発生数の推定（1950~2000 年） ..... 27
４．７　なぜ生涯持続性か？ ..... 28
４．８　癌以外の健康影響 ..... 29
*（１）血管病（心筋梗塞）の増加傾向 ..... 29*
*（２）原爆体験による生涯持続性の精神的影響および社会的影響 ..... 29*
４．９　社会生活への影響 ..... 31
４．１０　原爆被爆者の子供達（被爆 2 世） ..... 31
４．１１　長期的人体影響のまとめ ..... 32
**第２章　現代都市における核爆発の被害想定 ..... 33**
**１．物理学的想定 ..... 33**
１．１　被害の影響範囲 ..... 33
*（１）初期放射線による人体被害推定（広島の線量から） ..... 33*
*（２）想定される爆風による影響範囲 ..... 34*
*（３）熱線による人体被害想定 ..... 34*
*（４）火災による人体被害想定 ..... 35*
*（５）誘導放射線による人体被害の想定 ..... 35*
*（６）放射性降下物による人体被害の想定 ..... 35*
*（７）電磁パルスの影響 ..... 35*
１．２　被害の総合評価 ..... 36
*（１）人口密度 ..... 36*
*（２）16 KT の原爆と 1 MT の水爆の影響範囲 ..... 36*
*（３）死傷者数の比較 ..... 38*
**２．医学的影響 ..... 38**
**３．仮想現代都市の上空爆発まとめ ..... 39**
**参考文献 ..... 40**
**第３章　社会インフラの被害予測 ..... 41**
**１．はじめに ..... 41**
**２．都市を構成する社会インフラ ..... 41**
**３．検討対象とする原子爆弾の条件 ..... 42**
３．１　対象とする原子爆弾の威力と形態 ..... 42

３．２　対象とする原子爆弾の影響 42
**４．社会インフラの爆風と熱線による影響 45**
４．１　社会インフラの構成要素の爆風・熱線による影響 45
４．２　社会インフラの爆風・熱線による影響 45
*（１）20KT 空中爆発 49*
*（２）100KT 空中爆発 50*
*（３）1,000KT（1MT）空中爆発 52*
*（４）20KT 地表爆発 53*
*（５）100KT 地表爆発 55*
*（６）1,000KT 地表爆発 56*
**５．社会インフラの復旧・復興過程 66**
**６．まとめ 68**
**参考文献 69**
**第４章　核兵器使用の経済的影響 70**
**１．はじめに 70**
**２．人的損失・資本損失による影響 71**
２．１　イラク 71
２．２　ルイジアナ州 72
２．３　阪神淡路大震災 73
２．４　東日本大震災 74
**３．ネットワーク遮断による影響 75**
３．１　サプライチェーン 75
３．２　情報通信ネットワーク 76
３．３　テロ・感染病 77
**４．金融市場の混乱による影響 78**
４．１　スターリンショック 79
４．２　北朝鮮の核実験 79
４．３　リーマンショック 80
**５．まとめ 81**
**参考文献 82**
**あとがき 83**

# 研究の目的

2010 年 NPT 再検討会議において「核兵器のいかなる使用も壊滅的な人道的結果をもたらすことに深い懸念」が表明された。以来、核兵器の人道面についての議論が盛んになり、2013 年 3 月にはオスロにおいてノルウェー政府により、核兵器の人道的影響に関する会議が世界で初めて開催された。また本年 2 月にはその第 2 回会議がメキシコ政府によって開催された。本研究の第一の目的は、一度ならず二度までも核攻撃を受け、核爆発の甚大な被害を経験した世界で唯一の被爆国である日本として、被爆後 69 年を経てもなお、様々な影響を与え続ける広島・長崎の原爆の実相を、物理学、医学、災害工学、マクロ経済学の専門家によって様々な角度から検討し、核兵器の人道面の影響を考察することである。第二の目的としては、広島・長崎のデータおよび米国政府の核兵器の威力に関する報告書に基づき、69 年前に比して建築法や IT 技術等の著しい進歩をうけて変貌したインフラを有する現代都市に対する核攻撃を想定し、核爆発のもたらす多方面への影響を検討することによって、現代における核兵器爆発のもたらす人道的結果を推定する。

なお本研究で表明される見解は必ずしも日本政府の見解を代表するものではない。

# 要旨

## １．核兵器使用の物理学的・医学的影響

我が国は第二次世界大戦において核攻撃による惨害を経験した世界で唯一の国である。広島市と長崎市はそれぞれ 16 キロトン（KT）と 21KT の原爆によって壊滅した。広島では 14 万人（推定）が、長崎では 7 万 3 千人（推定）が即時または 5 ヶ月以内に亡くなった。それは爆風、熱線、放射線の原爆エネルギーの 3 要素の複合作用によるものである。広島では全面積の 90%以上が、長崎では 70%以上が壊滅した。病院、学校、市役所、工場、商業ビル等あらゆる都市インフラが崩壊した。交通、電気、通信、放送の設備も完全に、または部分的に崩壊した。したがって救援隊による意味のある救護活動は皆無に近かった。医師、看護師、薬剤師も多くは死亡しており、医学的救護活動も最低限に止まった。少数の生存者がかろうじて鉄道輸送され、近辺の病院に収容されたのみである。しかしその多くもひどい外傷や重症の急性放射線症により次々に亡くなっていった。

本研究では現代都市（人口 100 万人と想定）が再び広島型爆弾と同じ 16KT の原爆攻撃を受けたときの、人的被害、インフラ被害、経済破綻について、広島についての諸研究に依拠して、死傷者数、負傷者数、そして後障害としての白血病および癌の過剰発生数（一定の人口からは必ず発症が生じるので、放射線起因性が明らかな過剰発生数として表した。）を推計した。仮想の都市は広島同様の平坦な都市とし、原爆はほぼその中心部分の上空 600 メートル（m）で爆発したと仮定した。広島データに加え、米国政府が 1977 年に出版した「核兵器の威力」に記載された諸データを参考とした。また平行して同じ都市の上空 2400 m で 1 メガトン（MT）の水爆が爆発した場合についても同様の概算を行った。

原爆の場合、爆心から半径 4.5 キロメートル（km）の円内の昼間人口を 48 万人と仮定し、600m で爆発した場合の死者数は 6 万 6 千人、負傷者数は 20 万 5 千人と推定された。1945 年の広島の人口 37 万人の内 14 万人の死者数であった事実に対して、現代都市での死者数が少ない理由は、建築の強度の著しい進歩によってビル内の市民の死亡率が低くなると見積もったためである。負傷者数は広島の場合の方がより多くなっている。負傷者の中からも、その後の放射線障害などで死亡者が出てくるがその推計は難しい。都市インフラはこの円内ではほぼ完全に破壊または剛構造の建築物は半壊し、都市機能は壊滅する。

以上の即時の被害に続いて、3～4 年後から原爆放射線による人体影響すなわち後障害が発生して来る。まず白血病が 10～20 年発生し続ける。継いであらゆる固形癌が 30～60 年（被爆者の一生涯）にわたって発生し続ける。半径 2.8ｋｍの放射線を被ばくした 15 万 5 千人から、白血病の過剰発生は 220 例、続いてあらゆる癌の過剰発生は 1 万 2 千例となる。また被爆者の子ども（2 世）における遺伝的影響の不安が高まってくる（広島・長崎でも同様であるが、科学的な知見はまだ確立していない）。

1 MT 級水爆の爆発の場合は、100 万都市とその周辺 40 万人が直撃され、37 万人が死亡し、46 万人が負傷する（この中からも死亡が続出する可能性が大きいが、今回はその推計

は行っていない)。放射線は爆発高度が高いため地表へ到達する線量は意外に低いものとなり、半径 3km の円内の範囲に止まる。爆風と熱線は半径 18km の円内をあまねく破壊、焼き尽くす。したがって放射線被ばく者の数は 3 万 6 千人と原爆よりかなり少ないものとなる。過剰な白血病発生数は 70 例、癌は 650 例と、やはり原爆より少ないものと推計された。以上のように現代の都市が、現在では最も小型の核兵器である原爆で攻撃された場合、さらに最も小型の水爆で攻撃された場合、1945 年の広島・長崎の被害状況を遥かに超える人命の喪失と都市インフラの破壊をもたらすことが明らかになった。

このような核兵器は人に対しては、民間人と兵員の区別なしに、また子供から老人まで、無差別に殺傷力を及ぼす。かろうじて生き延びた被爆者も生涯にわたって白血病や癌の発症の可能性におびえることとなる。このように核兵器は物理学的・医学的に耐えがたい短期・中期・長期の影響をもたらす兵器であると結論される。

## ２．核兵器使用の社会インフラへの影響（現代都市インフラへの被害想定）

本稿では核攻撃によって都市に発生する被害を以下のように概念化して検討した。都市とは多様な人々が稠密に多数生活する場であり、社会基盤、住宅、人間活動の 3 つの構成要素で構成されると想定する。核攻撃は、爆風、熱線、放射能、電磁波による 4 種類の被害が複合した状態によって短期的及び中長期的な影響を生み出すと考える。短期的な影響として、爆風による物理的な破壊、熱線による火災、電磁波による送電設備や電子機器の機能障害を想定している。また、中長期的には残留放射能による人体への影響とそれを回避するための人間の活動制限を考える。このうち、社会インフラへの被害では爆風と熱線による影響が同心円状に広がる短期的な影響について、本稿ではその概要を明らかにした。

本稿で扱う社会インフラとは、内閣府が社会資本と定義している「道路、港湾、航空、鉄道、公共賃貸住宅、下水道、廃棄物処理、水道、都市公園、文教施設、農林漁業、郵便、工業用水道」に、電力、通信を加えた 15 分野と定義し、これらを対象として被害想定を行った。また、原子爆弾の規模と爆発形態として、20KT、100KT、1MT の原子爆弾を、晴れの日の昼間に空中または地表爆発させる 6 ケースについて被害を想定した。

社会インフラの被害想定では、構成要素である各種建物構造、建物非構造部材（外装材、窓など)、構造道路橋梁、自動車車両、地上貯槽、鉄道橋梁、鉄道車両、下水道施設、上水道施設、電力施設、通信施設（固定電話）に関して、既往の研究を参考にして原子爆弾の規模、爆風圧、被害程度ごとの爆心地距離（しきい値）の関係を整理した後、爆心地からの距離 1km 以内、1～5km、5～10km に分けて爆風と熱線による社会インフラの被害様相を上述の 6 ケースについて定性的に記述した。

検討結果のうち、100KT の空中爆発（高度 3,000 フィート（ft）で爆発）による社会インフラの被害様相を示すと以下のようになる。

① 爆心地から半径 1 キロ km 以内の被害様相

高速道路橋梁は多くが崩壊または大被害を受けて通行不可能であるが、橋長 25m の桁橋に関しては中破以下の被害に留まる。乗用車・バスなどはほとんどすべて操作不能な状態となる。

港湾で見られる鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物・重量鉄骨構造の工場建物の多くが崩壊または大破する。直径 30m 以下の貯槽の多くは大破している。

空港施設では多くの建物の建物構造が崩壊または大破となり、窓ガラスや外壁など非構造部材も大破する。

鉄道施設に関しては、ほとんどの鉄道橋梁・鉄道車両が崩壊または大破して多くの路線が運行停止となる。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは構造体が崩壊または大破し、窓ガラスや外壁などの非構造部材も大破している。

公共賃貸住宅や文教施設などの公共建物で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は大破しており、非構造部材も大破する。

上水道、下水道、工業用水道、電力、電話に関しては拠点施設や埋設配管が壊滅的な被害を受けて機能停止する。

② 爆心地から半径 1～5km の範囲の被害様相

高速道路橋梁は崩壊または大破・中破・軽微または無被害が混在して存在している。車両に関しては爆心地から遠ざかるに従って中破・軽微または無被害のものが増えるようになる。

爆心地に近い港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物・重量鉄骨構造の工場建物は崩壊または大破する。また、直径 30m 以下の貯槽の多くも大破している。

空港施設では一部の建物が崩壊または大破となるが、鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物の構造被害は、軽微または無被害となる。一方で、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である。

鉄道施設は、爆心地に近い側の鉄道橋梁で崩壊または大破するものが見られるが、多くは中破・軽微または無被害となる。鉄道車両は一部が中破となるが多くは軽微または無被害となる。鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは軽微または無被害となるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破した状態である。

公共賃貸住宅や文教施設などの公共建物で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は軽微または無被害となるが、非構造部材は大破した状態である。

ライフライン施設は、爆心地に近い側の上水道・下水道・工業用水道・電力・電話に関しては拠点施設や埋設配管が壊滅的な被害を受けて機能停止するが、爆心地から離れた地域では使用可能となる。

③ 爆心地から半径 5～10km の範囲の被害様相

ほとんどの高速道路橋梁は軽微または無被害となり、車両に関しても走行が可能である。

港湾地域の鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物・重量鉄骨構造の工場建物は軽微また

は無被害である。また、直径 30m 以下の貯槽で内容液が空のものは大破しているが、その他に関してはほぼ無被害となる。

空港施設の建物は軽軽微な被害または無被害となるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である。鉄道施設では、ほとんどの鉄道橋梁・鉄道車両は軽微な被害または無被害となる。鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは軽微な被害または無被害となるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破した状態である。

公共賃貸住宅や文教施設などの公共建物で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は軽微または無被害となるが、非構造部材は大破した状態である。

上水道・下水道・工業用水道・電力・電話などのライフライン施設は通常通り使用可能な状況である。

### ３．核兵器使用の経済的影響（地域およびグローバル経済への被害想定）

核兵器使用による人的・物的な被害が甚大なものとなることは、原爆の投下された広島と長崎の壊滅的な被害状況から明らかである。重要なことは、経済社会に対する影響は、投下時点の人的・物的被害の深刻さだけにとどまらず、投下後数十年にわたって影響を及ぼし続けることである。核兵器の使用による人的災害や地震・津波・ハリケーンなどの自然災害の経済社会に与える影響を見る場合、有用な指標は人口趨勢である。広島の場合、人口が原爆投下前の 1925 年から 1940 年までの人口趨勢に戻ることができたのは、1975 年と推定されており、実に 30 年の長い期間を必要としている。その長さは、これまで観測されたどの自然災害による影響よりも遙かに長い期間である。

人口趨勢への復帰が長期化する第一の要因は、原爆投下による人的・物的な破壊力の大きさによるものであるが、社会基盤と産業基盤の破壊は、投下後の経済復興に対して大きな足かせとなっている。さらに、第二の要因として、放射能汚染への懸念が復興に対して大きな障害となったと考えられている。両市の放射能汚染は高空での爆発であったことから、一部地域を除いて軽微であったにもかかわらず、影響は深刻であった。テロなどで地上爆発が起きれば、放射能汚染は深刻な問題となる。東日本大震災によって引き起こされた福島第一原発事故による放射能汚染により、避難区域の住民の多くは帰還困難難な状況にあり、帰還促進を図るための除染費用も膨大な額に達している。

核兵器使用による経済的被害は、核兵器が使用された地域だけでなく、世界的な規模で影響が及ぶことである。東日本大震災で見られたように、サプライチェーンの破断は、世界的規模での生産の停止を引き起こす。日本で核兵器が使用された場合、その影響は中国や東南アジア諸国に大きな影響を及ぼすことが予想される。その理由は、日本、中国と東南アジア諸国が「もの作り」のために強固な分業・協業体制が構築されていることによる。

最後に、現代社会における経済的影響で最も深刻なのは、金融システムが危機にさらされることである。北朝鮮が核実験を行った時、韓国の株式市場は大きく混乱したが、核兵器が実際に使われなくても、その可能性が生まれただけで、金融市場は大混乱に陥る。現

代経済は、財・サービスでなく、信用に基づく金融システムが国際的に網の目のように張りめぐられている。最近の例では、米国の低所得者向けサブプライローンが不良債権化することで、欧州の銀行が破綻に追い込まれ、投資会社であるリーマン・ブラザースが破綻することで、世界的規模で金融システムが危機的な状況に陥り、世界経済を混乱させた。核兵器の使用は、当該国・当該地域の人的・物的な被害だけでなく、世界的規模で財・サービスの供給システムを破壊し、金融システムに壊滅的な影響を与えるリスクをはらんでいる。

# 第１章　広島・長崎における原子爆弾の物理学的・医学的影響

（朝長万左男 / 鎌田七男 / 葉佐井博巳）

## １．核爆発影響の推定方法

核兵器の爆発によって人間がこうむる被害は、まず核兵器の物理学的威力を理解し、それによって生じる標的都市に居住する住民に対する医学的影響および都市インフラの破壊の程度、さらにはその結果もたらされる経済的影響を分析しなければならない。しかしながら、核兵器の被害を定量化することは大変困難な作業である。なぜならば核兵器は戦争あるいはテロにおける攻撃を目的として使用されるため、使用者（国家あるいは非国家集団）がその攻撃でどのような被害効果を求めるかにより、選択肢が無数に存在するからである。例えば、攻撃目標たる都市の規模により、原子爆弾か水素爆弾かを決め、またそれぞれの核爆発のエネルギーをいくらにするかが決まる。次にその効果を最大限にするために、爆発を地上にするか、空中にするか、また空中の場合は、高度をどの程度にするべきかが決められる。また、核攻撃が最大効果をもたらす都市の生活時間帯も考慮されるであろう。

### １．１　広島・長崎の原爆

我々は、核兵器を持たず、実験をすることもないので、あくまでも広島と長崎に投下された 2 発の原子爆弾の被害の実相をもとに考察するしか方法は無いことになる。従って本研究では、最初に広島・長崎の被害の実相を明らかにし、その結果に基づき、近代社会における核攻撃被害を想定することにした。特に人体に及ぼす影響については、例え戦時とは言え、現実の都市に二度までも実施された核攻撃による爆発の結果に勝るものはないと考えた。

第二次世界大戦の終戦間際の 1945 年 8 月 6 日と 9 日に、それぞれ広島、長崎の都市上空でアメリカ軍の落とした原子爆弾がさく裂した。その時、生じた巨大なキノコ雲の下では、広島市民約 27 万人、長崎の約 24 万人が居住していたと推定されるが、これらの人びとが瞬時に犠牲者となった。広島市では約 14 万人、長崎市では約 7 万 3 千人が、即時に、あるいは約 5 カ月以内に、爆風、熱線、放射線などの物理学的威力の影響を受け死亡した[6)]。死亡率は、爆心地からの距離が 500 メートル（m）以内ではほぼ 100 パーセント（%）、750 m 以内 90 %、1,000 m 以内 70 %、1,250 m 以内 50 %、1,500 m 以内 30 %であり[20)]、この数値は綿密な調査により科学的に実証されたものである。特筆すべきは、これらの死亡者の大部分は子供を含む民間人であったことであり、無差別攻撃と言わざるを得ない。

### １．２　米国政府の核の威力報告書（1977 年）

核爆発による災害の定量化に当たっては、我々には広島、長崎の二つの原爆の威力に関するデータを参考にするしか方法は無い。我々の持ちえない、各種核兵器による被害想定には、多数の核実験から検証している米国政府の報告書を利用するしか方法がない。そこで、我々の研究では、広島・長崎のデータに加え、米国政府発刊の「核兵器の威力」[1)] を参考にし、被害の推定を行った。

この「核兵器の威力 1977 年版」は次のように述べている。

我々は以前の版においても記したように、この本に収録された数値データは正確でないし、正確にはなり得ないものもある。これらはまぎれもなく爆弾の効果の測定値であって、その結果は核攻撃の場合にあっては、しばしば予測不可能な状況に依存していることが多い。デザインが異なる二つの爆弾が同じ爆発的エネルギー出力を示すこともあり得るが、その効果は極めて異なるということもあり得る。このような可能性を考えると、このテキストにおいて示されたデータの限界も存在することは注意を要するところである。

従って想定には多くの不確定要素が含まれている。

### １．３　現代都市における核爆発の想定

広島・長崎から 69 年を経た現代における核爆発の影響を知るためには、攻撃の目標となる代表的な現代都市の被害を想定する必要がある。まず 2 種類の核兵器爆発を想定した。一つは核分裂を利用した原子爆弾で、すでに被害の実相が理解されている広島原爆の 16 キロトン（KT）とし、これは米国政府報告書の 20KT 級に相当する。もう一つは核融合を利用した核兵器である水素爆弾で、その最少のものと言える 1 メガトン（MT）級である。

次に現代都市としては、人口が 100 万人規模と相当大きく、河川のデルタ地帯にあるような起伏のない平坦な都市を対象とした。これは、同様の地形を有する広島原爆のデータを利用しやすくするためである。これにより広島同様、被害を等方向性に検証できる。長崎市は特殊な地形（山に囲まれた）であるため、データの利用は難しい点があり採用しなかった。1945 年の広島市と現代都市の違いとしては、建造物や生活環境、特に通信や情報コミュニケーションが大きく違っていることを挙げることができる。この仮想都市の人口密度は、当時の広島市中心部の人口密度とほぼ同等の密度での均等な広がりを持つものとした。推定に必要なデータについては、広島市が核兵器攻撃被害想定専門部会を設け、2007 年に策定した報告書[2)] を全面的に活用した。

### １．４　広島・長崎と現代都市の差異

ここで注目したのは、広島の当時の社会環境（生活、交通機関、医療など）が、現代都市のそれとは相当異なっていることであった。推定作業の結果、木造の和風建築が主体であった当時の広島に比し、現代都市の建造物がはるかに頑強になっており、それらの遮蔽

効果により、爆風、熱線、放射線については人的被害も減少することである。しかし、一方では、建造物が高層になり、高層建物からの迅速な避難は長大な階段の影響で困難となり（2001 年のマンハッタン同時テロ攻撃の場合のように)、時間的余裕がないため、火災の影響も大きくなる。また極端に多くなっている自動車などが道にあふれて避難を妨げ、火災を極大化するとも考えられる。また現代建築は種々の材料が使用され、また室内には様々な設備が施されている。それ等が爆風により破損した場合、凶器と化すことが想定されるが、その影響を見積もることも困難である。

1 MT 級の水爆が高度 2,400 m で爆発すると想定したのは、この高度が最もエネルギーが最大となるという米国政府報告書のデータに依拠した。水爆では爆発点が高高度のため、放射線の影響は空気の影響で弱くなるが、衝撃波や熱線の影響は依然として大きいという点で、原爆との差異が際立っている。いずれにしても、核爆発の被害は一瞬のうちに起き、火災に巻き込まれて死亡する住民数は想像を絶する。事前の予告のない核攻撃では、住民は退避することができないため、必然的に非戦闘員の民間人を巻き込んだ無差別攻撃となる。

## ２．核兵器の特徴

一般に核爆発は限られた空間に多量のエネルギーを極めて急速に放出するように設計されている。核兵器はそのエネルギーの発生方法が核反応（核分裂や核融合）によるため、爆発力が通常の TNT 爆弾の数千～数万倍の威力がある。温度と圧力が著しく大きいため、爆弾を気化し、高温高圧のガスに変えていく。このガスは急速に膨張し周囲の空気に圧力波を生じる。これを衝撃波と言い、爆風に似た強風を生む。高温に達したエネルギーは火球を作り熱線を放出することにより火災を発生し、人体には火傷を生じさせる。エネルギーの発生方法が原子核分裂のため大量の放射線も発生する。最初に初期放射線と呼ぶ透過性の強い放射線が短時間で地上に到達する。爆発後に残った物質が残留放射線を出し人体に影響を与える。

### ２．１　広島・長崎の原子爆弾の特性

使用された原子爆弾の構成を次に示す。

**（１）広島型原子爆弾　（ウラニウム爆弾）**LITTLE BOY

長さ：約 3 m、直径：約 0.7 m、重さ：約 4 T

燃料：濃縮ウラン 64 kg (濃縮度 89 % 50 kg, 50 % 14 kg)

Bullet：長さ 16 cm、 直径 10 cm の円柱、25.6 kg

Target: 長さ 16 cm、外径 14.6 cm、内径 10 cm の円筒 38.4 kg

中性子源（Po-Be）target の先端に 4 個張り付けてある

Bullet の速度 300 m/s、二つの燃料のすべてが合体する前に臨界に達する。

投下から 43 秒後、地上 600 m で爆発、消費量：約 850 g～900 g、爆発威力 16 KT

（２）長崎型爆弾　（プルトニウム爆弾）FAT MAN

長さ：約 3.2 m、直径約 1.5 m、重さ約 4.5 T、燃料プルトニウム　約 10 kg、地上 605 m で爆発、消費量約 1 kg　爆発威力 21 KT

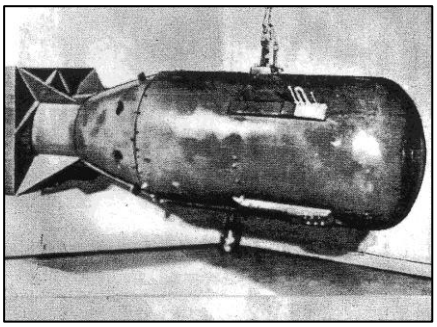


図 1　LITTLE BOY

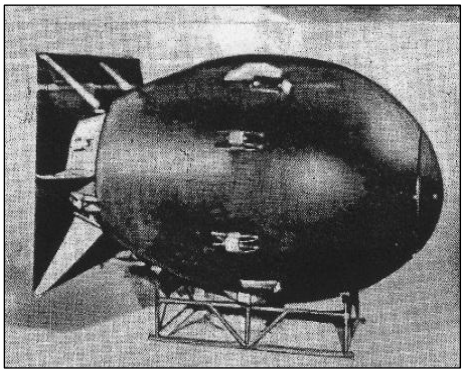


図 2　FAT MAN

## ２．２　原子爆弾の物理学的エネルギーの種類

（１）初期放射線

連鎖反応中に発生した中性子線やガンマ（γ）線は地上に達し、人々に放射線障害を与える。また地上に達した中性子線は物質と反応して、新たな放射線源（誘導放射能）を作る。

（２）爆風（衝撃波）

高温高気圧になった核爆弾は気化し、急激に膨張する。その結果、周囲の空気に衝撃波が発生して、建造物の崩壊を招き、直接人体に影響を与える。

（３）閃光及び熱線

爆発すると爆弾は超高温となり、火球を形成し、熱線を発生するため人体に火傷を生じさせる。また可燃物を燃やし、火災を発生する。同時に閃光を発生する。

（４）火災

熱線により可燃物が燃焼し、火災を発生すると、都市火災特有の火事嵐が生じる。

（５）残留放射線

①誘導放射能

地上に達した中性子は地上の物質を放射化し、誘導放射性物質となる。それから発生する放射線によって、被爆後に入市した人に対しても被ばくの影響を与える。

②核分裂片（フォールアウト）

核分裂時に発生した核分裂片など爆弾の全てが気体となり上昇するが、やがて地上に落下し、放射線を出し続ける。

（６）電磁パルス

発生したγ線と大気の相互作用により大量の電子が放出され、瞬間的に強力な電磁波が発生する。現代社会で急速かつ広範に発達した電子機器による通信、情報のあらゆるシステムに異常を生じさせる。

## ３．広島・長崎の初期人体影響

### ３．１　推定死亡者数（初期の調査）

原爆による死亡者数については正確な数値は明らかになっていない。それは放射線障害で死亡する人が、現在までずっと続いていることも原因であるが、当時の人口が正確に把握できていなかったことが大きい。また原爆の被害があまりにも大きかったため、被爆者の実態の全てをつかめなかったことも原因である。

#### （１）広島市

現在まで、表１のデータが基礎となって、多くの推定がなされてきた。広島市が公表し、現在用いている当時の人口と死亡者数は、1971 年の広島戦災史[3)]を基に推定した数である。この数は 1976 年 11 月広島・長崎市長が国連訪問を機に原爆被害の実態をワルトハイム国連事務総長に提出するため、「国連アピール資料編集専門委員会」（委員長・今掘誠二）が算定した。とくに被爆後 5 ヶ月間におびただしい数の被爆者が死亡した（最初の 2 週間で 90%に近い率で死亡）ため 1945 年 12 月 31 日までの死亡者を算定している。広島市の人口は軍人を除いた直接被爆者の 31 万～32 万と考えられ、これに軍人約 4 万人を加算すると 35 万人（プラスマイナス 1 万人）となり、死亡者は 14 万人と推定している。これらの数字には所在の明らかな外国人の一部も含まれている。

広島戦災誌（1946.8.10 付の広島市調査課のデータが基礎となっている）では被災者人口 320,081 人（5 km 超含）とし、死亡等（不明含）122,338 人、負傷 78,130 人、死傷率 62 %としている[4)]。現在公表されている死亡者数は軍人を含め 1945 年 12 月 31 日現在 14 万人とされている。この時使用された基礎データを別表で示す。

表１　広島原爆による行方不明をふくめた死亡者数の主要報告一覧（軍人を除く）

| 報告例 | | 死者 | 行方不明 | 計 |
|---|---|---|---|---|
| 1945.8.20 現在 | 広島県知事報告 | 32,959 | 9,591 | 42,550 |
| 1945.8.25 現在 | 広島県衛生課発表 | 46,185 | 17,429 | 63,614 |
| 1945.11.30 現在 | 広島県警察部発表 | 78,150 | 13,983 | 92,133 |
| 1946.3.8 日付 | 広島市事務報告 | 47,185 | 17,425 | 64,610 |
| 1946.8.10 日付 | 被害調査、広島市調査課 | 118,661 | 3,677 | 122,338 |
| 1951 | 日米合同調査団報告 | 64,602 | － | 64,602 |
| 1961 | 日本原水協専門委員会推算 | 119,000~<br>133,000 | － | 151,900~<br>165,900 |

別表　広島の日米合同調査団報告資料[4)]

| 爆心地からの距離(Km) | 実数(人) | | | | | | 構成比(%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 死亡 | 重傷 | 軽傷 | 不明 | 無傷 | 計 | 死亡 | 負傷 | 無傷 |
| ≦0.5 | 19,329 | 478 | 338 | 593 | 924 | 21,662 | 92.0 | 3.8 | 4.3 |
| 0.5-1.0 | 42,271 | 3,046 | 1,919 | 1,366 | 4,434 | 53,036 | 82.3 | 9.4 | 8.4 |
| 1.0-1.5 | 37,689 | 7,732 | 9,522 | 1,188 | 9,140 | 65,271 | 59.6 | 26.4 | 14.0 |
| 1.5-2.0 | 13,422 | 7,627 | 11,516 | 227 | 11,698 | 44,490 | 30.7 | 43.0 | 26.3 |
| 2.0-2.5 | 4,513 | 7,830 | 14,149 | 98 | 26,096 | 52,686 | 8.8 | 41.7 | 49.5 |
| 2.5-3.0 | 1,139 | 2,923 | 6,795 | 32 | 19,907 | 30,796 | 3.8 | 31.6 | 64.6 |
| 3.0-3.5 | 117 | 474 | 1,934 | 2 | 10,250 | 12,777 | 0.9 | 18.8 | 80.2 |
| 3.5-4.0 | 100 | 295 | 1,768 | 3 | 13,513 | 15,679 | 0.7 | 13.2 | 86.2 |
| 4.0-4.5 | 8 | 64 | 373 | | 4,260 | 4,705 | 0.2 | 9.3 | 90.5 |
| 4.5-5.0 | 31 | 36 | 156 | 1 | 6,593 | 6,817 | 0.5 | 2.8 | 96.7 |
| 5.0＜ | 42 | 19 | 136 | 167 | 11,798 | 12,162 | 1.7 | 1.3 | 97.0 |
| 計 | 118,661 | 30,524 | 48,606 | 3,677 | 118,613 | 320,081 | 38.2 | 24.7 | 37.1 |

（２）長崎市

長崎市でも同様の推定が行われ、全体で 27 万～28 万人が直接被曝し、約 7 万 3 千人が死亡したと推定されている。用いられたデータを表 2 に示す。

表 2 長崎原爆の主要報告一覧

| 報告例 | | 死者 | 行方不明 | 計 |
|---|---|---|---|---|
| 1945.8.31 日現在 | 長崎県発表 | 19,748 | 1,924 | 21,672 |
| 1945.10.23 日現在 | 長崎県外務課発表 | 23,753 | 1924 | 25,677 |
| 1947 以前に発表 | イギリス派遣調査団報告 | 39,500 | ー | 39,500 |
| 1949 | 長崎市原爆資料保存委員会調査 | 73,884 | ー | 73,884 |
| 1951 | 日米合同調査団報告 | 29,570~39,214 | ー | 29,570~39,214 |
| 1956 | 日米合同調査団報告 | 39,00 | ー | 39,000 |

３．２　広島・長崎の距離別死亡率比較

死亡者数を推定するためには距離別死亡率を参考にしている。資料を表 3[4)]で示す。

表 3　爆心地からの距離と死亡率（日米合同調査団報告資料）

| 爆心地からの距離（km） | 広島（%） | 長崎（%） |
|---|---|---|
| 0.5 未満 | 96.5 | 88.5<br>(0.5 未満と 0.5~1.0 合算) |
| 0.5～1.0 | 83.0 | |
| 1.0～1.5 | 51.6 | 51.5 |
| 1.5～2.0 | 21.9 | 28.4 |
| 2.0～2.5 | 4.9 | 6.4 |
| 2.5～3.0 | 2.7 | 2.1 |
| 3.0～4.0 | 2.5 | 1.2 |
| 4.0～5.0 | 1.1 | 0.7 |

注：この時死亡者数を広島で 64,601 人、長崎で 39,500 人と推定している。

### ３．３　核分裂と連鎖反応

核分裂反応は百万分の１秒（1μs）で終了し、内部では核分裂による質量欠損が核分裂などの運動エネルギーに変換され、高温高圧（数百万度、数十万気圧）となる。初期放射線のうち、透過力の強い中性子とγ線は、大気により減衰しながら地上に到達する。

### ３．４　爆発の時間的経過と人的被害

広島の場合高度約 9,600 m から投下された原子爆弾は､43 秒後に高度 600 m で爆発した。広島原爆エネルギーの分布は爆風 50 %、熱線 35 %、残留放射線 10 %、初期放射線 5 %と報告されている。爆発の時間的経緯とともに人体が受ける影響について表 4[5] に示す。

図 3. 広島原爆のキノコ雲

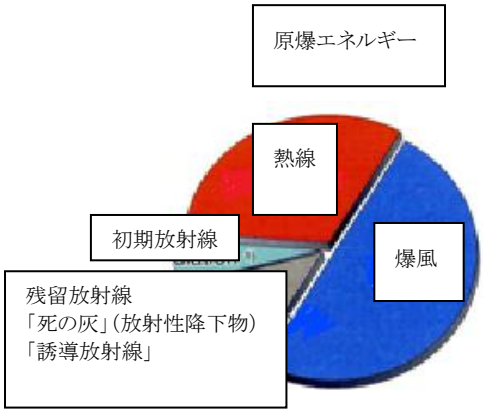



図 4. 広島原爆のエネルギー分布

表 4　爆発の時間経過（当時の広島）

| 経過時間　秒 | 現　　象 |
|---|---|
| 0 秒 | 高度約 9,600m で投下された原爆が、43 秒後、高度 600m で起爆。 |
| 1/1,000,000 秒 | 核分裂が終了。この間に中性子とガンマ線を放出。爆弾の内部が数百万℃、数十万気圧となり爆発。 |
| 1/10,000 秒 | 半径約 14m、温度約 30 万℃の火球を形成。 |
| 1/100 秒 | 火球の半径は約 90m、表面温度は 1,700℃まで低下し、その後上昇。 |
| 0.3 秒 | 火球の表面温度は 7,000℃まで上昇。光を感じる、衝撃波発生 |
| 1 秒 | 火球の半径は約 140m と最大化、表面温度は約 5,000℃まで低下。 |
| 3 秒 | 火球の表面温度は 1,700℃となり、エネルギーを出し尽くす。 |
| 約 10 秒 | 全市壊滅。火災が発生。 |
| 3 分後 | 人々はキノコ雲を見る。 |
| 20 分後 | 火災の塵と放射能を含む黒い雨がところにより降り始める。 |

### ３．５　初期放射線による急性放射線症

広島の地上に到達した初期放射線と爆心地からの距離の関係を表 5[5] に示す。爆発前の核分裂連鎖反応に伴い発生した電離放射線である中性子や γ 線は地上に達し、直接人体に

影響[5]を及ぼし、更に地上の物質を放射化する[6]。この時点で致死量の放射線を浴びた人は爆風や熱線に関係なく死ぬ運命にあった。一回の放射線照射量と人体影響の関係を表 6 に示す。

急性放射線症は、被爆時、爆風による外傷もなく、熱線も直接受けていなかった人たちの中に見られるようになった。外見上、傷が無かったため精力的に救護活動をした人達も多かった。その人たちの被曝地点は、おおむね爆心地から 1,000～1,500m の範囲であり、推定被曝線量が 1,500～2,500 ミリシーベルト（mSv）であった。典型例では、被曝 10 日目頃より体のだるさ、喉の痛み、続いて頭髪の脱毛（図 5）があり、これより 1 週間後には白血球数が 500～1000/μL と減少し、皮膚には点状の皮下出血による紫斑が多数みられ、3 週目から 6 週目にかけて死亡した。5 週目頃には、骨髄内に造血細胞の回復像が見られているが、急性放射線症を示して亡くなった人たちのほとんどは 9 月 15 日頃までの死亡であった[6]。良い栄養や適切な救護を受けてこの時期を脱し、完全に回復した人の中から、放射線の後障害と言われる白血病や癌などが高率にみられることになった。

表 5　爆心地からの距離と初期放射線量

| 距離 | 中性子線 | ガンマ線 | 全線量 | 人体に受ける線量 | 木造 |
|---|---|---|---|---|---|
| (m) | (mGy) | (mGy) | (mGy) | (mSv) | (mSv) |
| 100 | 32,000 | 115,000 | 147,000 | 435,000 | 302,000 |
| 200 | 25,100 | 95,600 | 120,000 | 346,600 | 239,000 |
| 300 | 17,500 | 73,000 | 90,500 | 248,000 | 169,000 |
| 400 | 11,100 | 52,600 | 63,800 | 163,700 | 110,000 |
| 500 | 6,480 | 35,700 | 42,180 | 100,500 | 66,000 |
| 600 | 3,610 | 23,600 | 27,210 | 59,700 | 38,000 |
| 700 | 1,950 | 15,500 | 17,450 | 35,000 | 22,000 |
| 800 | 996 | 10,000 | 10,996 | 19,960 | 12,000 |
| 900 | 517 | 6,470 | 6,987 | 11,640 | 7,000 |
| 1,000 | 260 | 4,220 | 4,480 | 6,820 | 4,000 |
| 1,100 | 129 | 2,750 | 2,879 | 4,040 | 2,100 |
| 1,200 | 67 | 1,810 | 1,877 | 2,475 | 1,300 |
| 1,300 | 34 | 1,190 | 1,224 | 1,527 | 700 |
| 1,400 | 17 | 789 | 806 | 960 | 500 |
| 1,500 | 9 | 527 | 536 | 617 | 300 |
| 1,600 | 5 | 353 | 358 | 403 | 200 |
| 1,700 | 2 | 237 | 239 | 262 | 100 |
| 2,000 | 0.4 | 76 | 77 | 80 | 31 |
| 2,300 | 0.1 | 25 | 25 | 26 | 10 |
| 2,500 | 0.00 | 13 | 13 | 13 | |

注：木造は当時の建造物はほとんどが木造だったため、木造の遮蔽を統計的に算定した値で、被爆者のリスクを求める時は各人の遮蔽を考慮して正確に求める。

表６　１回の放射線照射と身体影響

| 放射線照射 | 身体影響 |
|---|---|
| 250mSv 以下 | 身体症状なし |
| 500mSv | 白血球一時減少 |
| 1,000mSv | 吐き気、嘔吐 |
| 1,500mSv | 50%の人に放射性宿酔（二日酔いの状態） |
| 2,000mSv | 5%の人が死亡 |
| 4,000mSv | 30 日間で 50%の人が死亡（半致死線量） |
| 7,000mSv | 100%の人が死亡 |

（長崎大学　ホームページから）

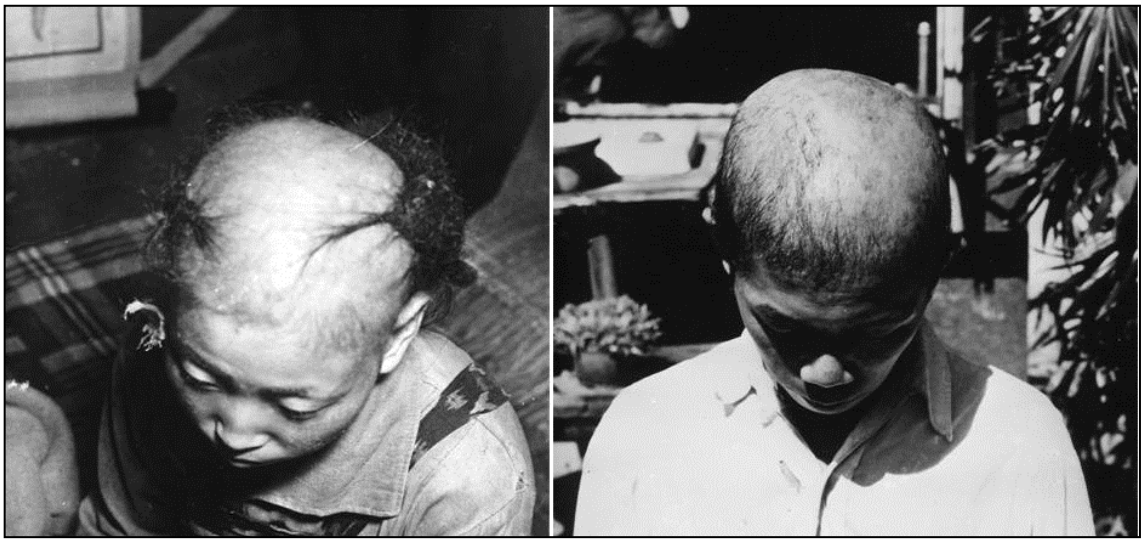


図 5.　急性期にみられた脱毛

図 6.　爆心地から 1.0 km で被曝、血小板減少による紫斑、２時間後死亡（当時 21 歳兵士）

## ３．６　火球から生じた被害

### （１）火球から生じた被害

高温度、高気圧のため爆弾は全て気化し火球を作る。火球は急速に膨張するため、その先端で衝撃波が発生する。建物の崩壊により死傷者が出る。爆心地からの距離と衝撃波の到達時刻、加圧、その地点での風速の関係を表７に示す。

表７　衝撃波の加圧と到達時間および到達地点での風速

| 距離(m) | 過圧(kPa) | 到達時間(秒) | 風速(m/秒) |
|---|---|---|---|
| 100 | 185.85 | 0.82 | 277.7 |
| 500 | 109.63 | 1.23 | 189.3 |
| 1000 | 69.56 | 2.15 | 132.3 |
| 1500 | 38.74 | 3.32 | 80.6 |
| 2000 | 24.51 | 4.60 | 53.5 |
| 2500 | 17.16 | 5.95 | 38.4 |
| 3000 | 12.88 | 7.34 | 29.3 |
| 3500 | 10.15 | 8.74 | 23.4 |
| 4000 | 8.29 | 10.16 | 19.2 |
| 4500 | 6.95 | 11.59 | 16.2 |

（文献 4）　　風速は推定（文献 1）

衝撃波の直接的人体への影響は表８に示す。図 7～10 に市内の爆心からの距離と建造物の破壊状況を示す。

表８　人体への影響（動物実験より推定）有効最大過圧（参考文献 1）

| 区分 | | Psi | KPa | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 肺の損傷 | しきい値 | 12 | 83 | |
| | 大被害 | 25 | 173 | |
| 致死 | しきい値 | 40 | 276 | |
| | 50% | 62 | 428 | |
| | 100% | 92 | 635 | |
| 鼓膜の破裂 | しきい値 | 5 | 34.5 | この値で木造住宅は倒壊 |

注：1psi (1 平方インチ当たりの重量ポンド）= 6.8947 キロパスカル（kPa）

衝撃波や爆風は各種建造物を破壊し、その影響が人体にも及ぶ。

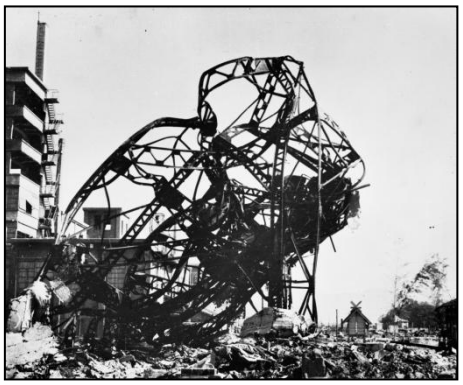


図 7. 爆心地から 850 m、鉄筋建築

図 8. 爆心地から 1400m逓信病院コンクリート建築

図 9. 爆心地から 2000 m、広島駅

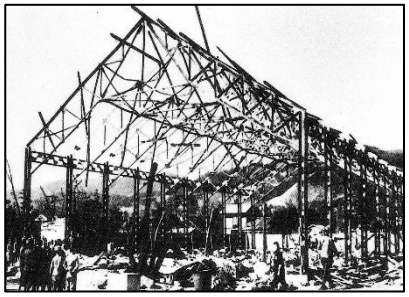


図 10. 爆心地から 2000 m、三篠国民小学校、鉄筋木造建築

### （２）熱線による影響

火球の膨張による温度の低下に伴って紫外線、可視光線（閃光)、赤外線（熱線）など波長の長い電磁波が徐々に放出される。可視光線の領域では人は火球を認識し、赤外線領域では熱線となり人に火傷を生じる。熱線の人体に及ぼしたす影響を表 9 で示す。

表 9　熱線の人体に及ぼす影響

| 距離(m) | cal/cm² | 被害 |
|---|---|---|
| 100 | 114.35 | |
| 500 | 68.77 | |
| 1000 | 30.26 | |
| 1500 | 15.42 | 殆どの物に着火　人体に致命的熱傷 |
| 2000 | 9.02 | 人体に 3 度の熱傷　全身の 25%で死亡 |
| 2500 | 5.81 | 人体に 2 度の熱傷　全身の 30%で死亡 |
| 3000 | 4.00 | 木材や黒い衣服が焦げる |
| 3500 | 2.90 | 人体に 1 度の熱傷　赤色 |

図 11　被爆 2 年後に見られたケロイド

図 12　瞬時火傷によるケロイド（瘢痕）

### （３）火災による影響

強烈な熱線により可燃物に引火し 10 秒後には火災が発生する。やがて都市火災特有の火事嵐が発生し、被害を極大化する。　建物の下敷きになり脱出できなかったものは焼死を免れなかった。

### （４）残留放射線による被害

残留放射線には、地上に達した中性子が地上の物質を放射化しそれから出る誘導放射線と、爆発で気化した原子爆弾の放射性物質が、一旦キノコ雲とともに上昇し、やがて雨になって降下した放射性降下物（ホールアウト）からの放射線の 2 種類がある。

①誘導放射線

地上に達した中性子は物質と核反応を起こし、放射性核種を生成する。生成された放射性物質は β 線や γ 線を放出する。それらの核種は、地上に到達した中性子の量に応じて生成される。放射線は時間と共に減衰するが、爆発時に当該領域で初期放射線を浴びなかった場合でも、爆発後に爆心地付近に立ち入った人の被曝原因となる。

誘導放射線量は地上の物質と中性子の線量の関係で決まる。広島の場合、爆心地からの距離と誘導放射線積算量の関係を図 13 で示す。爆発後 1 km 以内に 100 時間留まると数 Sv の線量を受けることになる。誘導放射線は 30 分で 1/100、1 日で 1/1000、1 週間で 1/100 万に減衰する（図 14）

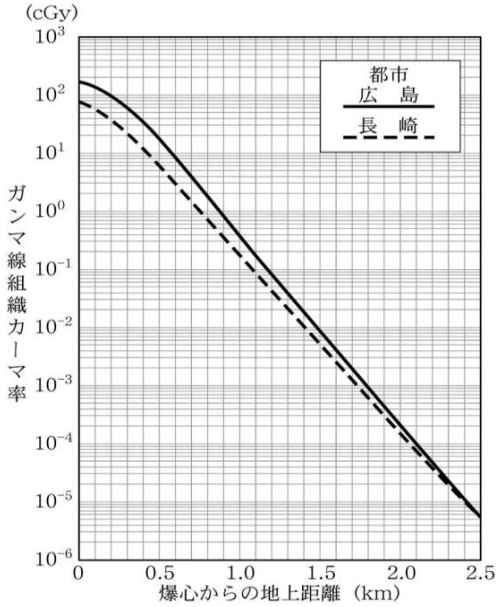



図 13. 爆心地からの距離と誘導放射線

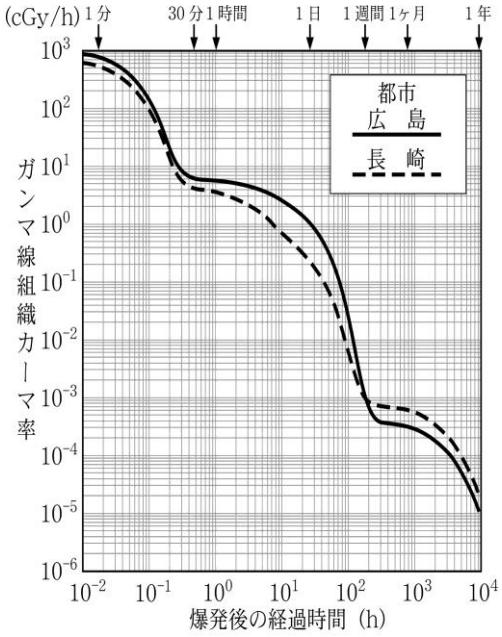



図 14. 誘導放射線の時間的減衰

②放射性降下物

核分裂反応により生成された多種多様な核分裂生成物（爆弾のすべて）はいったんキノコ雲と共に巻き上げられるが、その後の火災によるススや塵などを含む重油のような粘着性の雨（黒い雨）に含まれて降下した。その範囲や程度を正確に推定することは困難である。この中には核分裂しなかったウラン 235 やプルトニウム 239 なども含まれ α 線も放出される。α 線は体内に取り込んだ場合は内部被曝となって人体が受ける障害が大きくなる。誘導放射線と比較して半減期の長いものもある（プルトニウム 239 は 25,000 年）。

## ４．広島・長崎の長期人体影響

### ４．１　原爆被爆者の総数

広島・長崎両市合わせて約 25 万人が被爆の様々な影響を乗り越えて生存した。数週間後から両市の復興が開始されたが、その速度は遅々としたものであった。その主な理由は 8 月 15 日の第二次世界大戦の終結後の日本の敗戦に伴う、経済的、人的資源の困窮によるものであった。食糧難および日常生活必需品の欠乏も著しかった。これらの生存した人びとは原爆被爆者と呼ばれるようになった。約３年の復旧期間に日常生活は、ある程度の回復が認められたが、被爆者は後に原爆後障害と呼ばれる放射線被曝による健康影響の最初のサインであった白血病の急増という現実に直面することとなる（図 15）[7]。

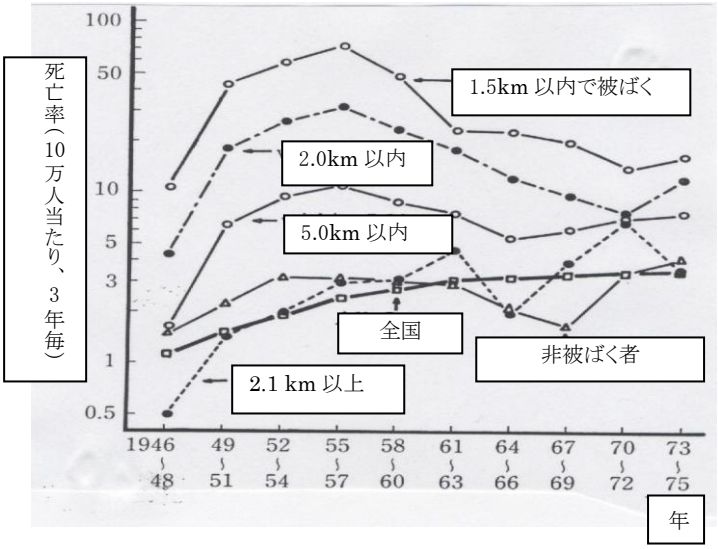



図 15．初期の白血病発生率（距離別）の上昇（大北）

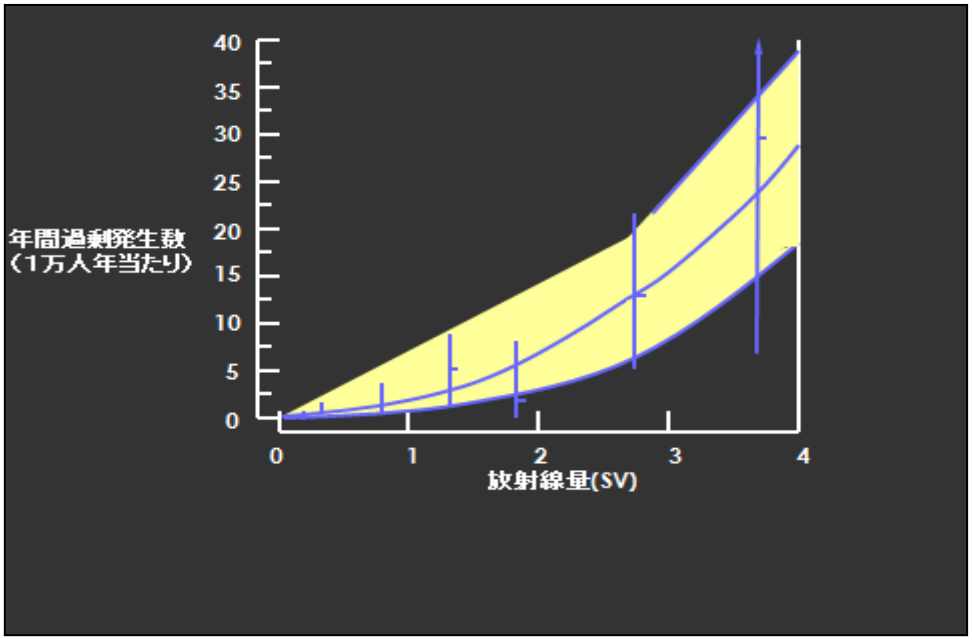
### ４．２　白血病

1948 年頃より広島と長崎の医師達は子供を中心に、徐々に白血病発症例が増え始めたことに気付いた。この増加傾向は急速に増強し、1955 年頃までにそのピークに達した [7]。成人にもその増加は確認され、急性白血病（骨髄性とリンパ球性ともに）と慢性白血病（骨

髄性のみで、リンパ性が増加していない）がともに増加した。その発生率は特に 1.5 km 以内の近距離被爆者において高かった（図 15）。

個々の被爆者の被ばく線量が 1965 年頃から推定出来るようなると、線量との関係が一層明瞭となった[8]（図 16）。

この事実は直ちに世界に向けて発信され、原爆放射線の人体影響が公知となった。その後白血病の発生率の調査は 69 年後の現在まで続けられてきているが、その総合的分析によれば、約 2 km に相当する線量の 100 mSv から白血病の過剰な発生が認められはじめる。その線量反応曲線は後述する骨髄異形成症候群（MDS）や固形がんとは異なり、下に凸カーブを描く特異なものとなっている。




注：実線曲線は影響修正なしの二次過剰絶対リスク（EAR）モデルに基づく近似白血病線量反応を示す。網掛け部分は近似曲線の 95%信頼領域、縦線は線量区分固有リスクの 95%信頼区間。各区分のリスク推定値は短い横線で示してある。

図 16. 白血病の過剰発生と被曝線量の関係（指数関数）

被爆時の爆心からの距離、遮蔽状況（路上、木造家屋内、コンクリート建物内、防空壕内など）、被爆時の年齢で白血病発生率は大きな影響を受けたが、総体として白血病は一般人の年間発生数の 4～5 倍まで発生数が増加した。小児に限れば数十倍の発生率となっている。半世紀以上続けられている白血病の疫学研究によって、現在もなお白血病のリスクが続いていることが判明している。その時間経過を見ると、初期の 15 年間にみられた白血病のピークと、現在増加傾向が徐々に露わになりつつある白血病関連疾患である骨髄異形成症候群（MDS）を中心とした後期の白血病ピークの 2 相性のリスク上昇パターンが確認されている（後述の図 21）。

## ４．３　骨髄異形成症候群（MDS）

最近発表された長崎における MDS の追跡調査の研究結果は、半世紀後もこの白血病類縁疾患は増加しつつあることを明瞭に示している。その発生リスクの上昇の程度は、初期の白血病のピーク時にみられたものに匹敵しており、瞬間的な原爆放射線の被爆が半世紀を経てもなお、影響を持続させているという驚くべき事実が判明した[9]。この MDS という疾患は人が高齢となるに連れて発生率が上昇する疾患であり、近年先進国の高齢化が進むにつれて、どの国でも増加が顕著となってきた現象である。原爆被爆者でもその傾向が著しく、一般の長崎の高齢者と比べれば、近距離の原爆被爆者で約 3～4 倍の増加が観察されている。

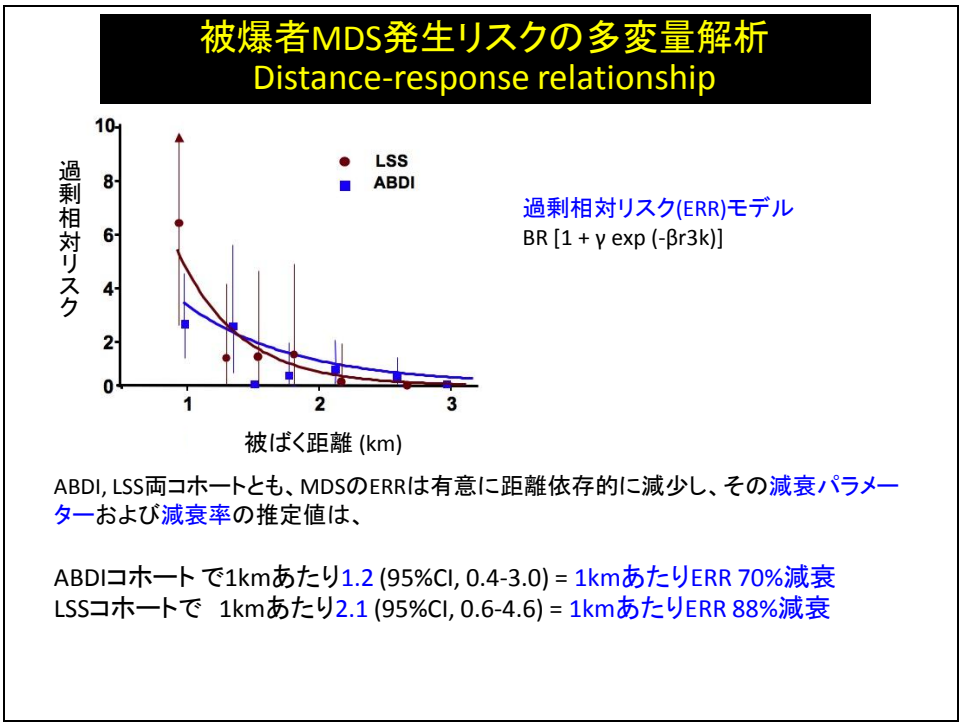



図 17．骨髄異形成症候群（MDS）の距離による過剰発生

最近、線量反応が明らかになっており、白血病と同様被ばく線量が 100 mSv を超えると過剰な発生が認められはじめ、2～4 シーベルト（Sv）まで直線的に増加する。これは白血病の下に凸の曲線と異なっている。また、MDS は白血病類縁疾患と考えられているように、その約半数は急性骨髄性白血病に進展し、患者は治療に抵抗性で死亡することが多い。被爆 69 年後の現在もなおなぜこのように白血病のリスクが持続するかは後障害研究の最大のテーマとなっており、同じく後述する固形がんもまた同様の状況にあり、放射線発がんのメカニズムを考える上で極めて大きな課題を突きつけている。

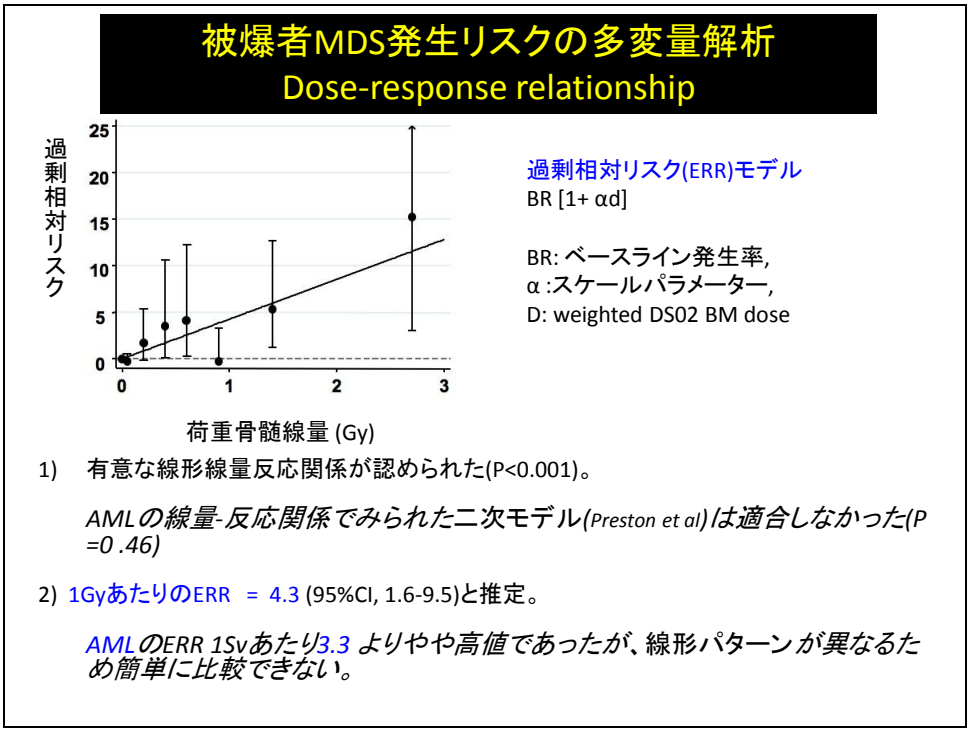



図 18. 骨髄異形成症候群（MDS）の線量と過剰発生

### ４．４　固形がん

図（15、21）に示すように白血病が 1960 年代後半なると次第に過剰なリスクが低下し始めた。これに代わるように、種々の臓器の固形癌が徐々に増加し始める。これまでに確認された癌の種類はほとんどの臓器に及んでいる [9]。肺癌、胃癌、大腸癌、乳癌、甲状腺癌、膀胱癌、前立腺癌、皮膚癌などである。

この固形がんの過剰な死亡は 2020 年まで増え続ける。今後も 5～10 年は持続すると見られている。この背景には MDS と同様、被爆者の高齢化が存在する。一般に人の癌は 50 才代後半から増加し始める。被爆者の平均年齢は 2013 年時点で 78 歳となっている。したがって原爆被爆時の年齢が 10 歳以下であった被爆者は過半数を占めている。

癌の過剰な発生と被ばく線量の関係が明らかとなっているが、白血病と同様 100 mSv 以上になると過剰の発生が確認されはじめ、高線量（2～4 Sv）になるにつれ、直線的に増加していく、線量依存性が明瞭である [9]。現在日本では福島の第一原子力発電所事故で 100 万人規模の被曝者が発生したがこの 100 mSv を超える被曝者は皆無であり、癌の発生数が増加するリスクは限りなく低いと推測されている。しかし 100 mSv 以下の発がんリスクについては未だ全貌が明らかになっておらず、住民の不安は少なからず強いものがある。同様に原爆被爆者でも遠距離の低線量（1～100 mSv 未満）の人びとの間においても不安が持続している。

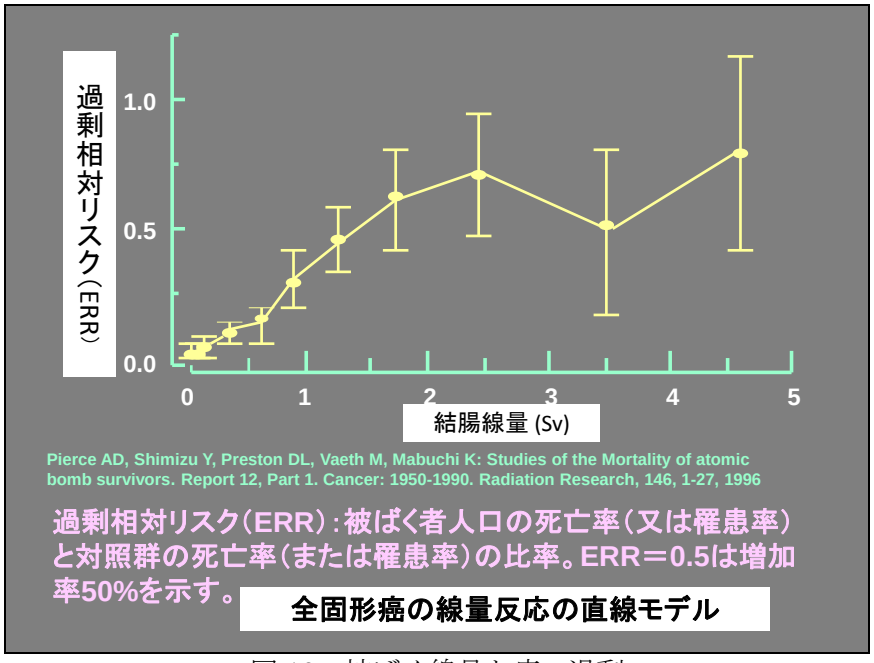



図 19.　被ばく線量と癌の過剰

## ４．５　多重癌

最近になって顕著になっているのが、ひとりの被爆者に別々の臓器の癌が同時にあるいは時期を違えて発生してくる多重癌の過剰な発生である。近距離被爆者では男女ともに遠距離被ばくの約 3 倍程度のリスクの増加となっている [11]。長崎原爆病院では毎年 700 名前後の被爆者が固形癌・白血病で入院してくるが、その約 5～8%が第 2，第 3 の癌に罹患したものである。4～5 重癌の症例も観察されている。このような状況において、10 歳以下の若年被爆者の間において、上述の MDS と固形癌・多重癌の増加傾向は新たな不安を被爆者集団に与えている。

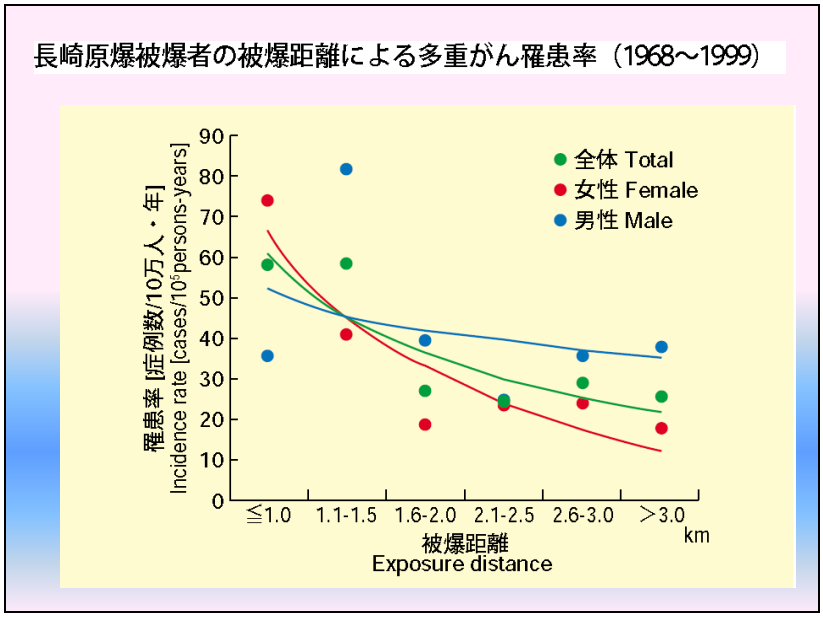



図 20.　多重癌の増加傾向

### ４．６　白血病および癌の過剰発生数の推定（1950~2000 年）

放射線影響研究所（RERF）では 1950～2000 年の 50 年間、約 10 万人の個人線量が推定されている被爆者集団（LSS コホート）を追跡調査して、この間の白血病と癌の発生率を追跡してきた。このデータに基づいてこの期間に被爆者において発生した悪性腫瘍の総数を計算できる。しかし一般に数万人の集団をこのように長期間追跡すると、必ず悪性腫瘍の発生が見られ、例えば現在の日本の悪性腫瘍の発生は男性では約二人に一人、女性では三人に一人の発生となっている。

従って真に原爆放射線によって生じた悪性腫瘍の総数を算定するには、白血病と癌における線量と過剰発生の関係（線量反応）から真の放射線誘発率（寄与率）を推定出来ることになる。その結果を表 10 に示す[12)]。現代都市における核爆発の場合にもこの寄与率を利用して白血病および癌の過剰発生数を推定できる。

白血病については、約 8 万 6 千人からの死亡数（当時は発症した全ての患者は死亡した）は 296 人、そのうち放射線起因性と推定されたのは 96 人（43%）である。2 Gy 以上の高線量群に限ると、56 人（80%）に達する。癌については、そもそも一般集団も癌の発生率が高いため、17000 人の癌発生中、853 人（10%）が放射線起因性と計算されている。

このように放射線起因性を寄与率として計算でき、上述の癌の場合の 10%は低いものと感じられるが、被爆者の個人個人にとってこの数字が持つ意味は想像以上に大きい。多くの被爆者は白血病あるいは癌に罹患した場合、寄与率から自らの悪性腫瘍を確率的に理解することはできないのである。ほとんどの被爆者が線量の多寡に関わらず、実際には発症が原爆放射線に起因するものと判断してしまう。これは発症前からいつの日か自分が悪性腫瘍にかかる運命にあるという諦観を生む心理ともつながっている。被爆者にとって重要なことは、原爆の放射線に被爆すると癌になる可能性が高くなるという事実であって、その割合（寄与率）ではない。

広島・長崎生存者における原爆放射線の長期的影響

集団ベースの白血病・癌統計　広島・長崎合計

| | 生存者<br>固定集団 | 50年間の<br>死亡者数 | 予想<br>死亡者数 | 過剰発生数 | 放射線関連<br>の比率 |
|---|---|---|---|---|---|
| 白血病<br>総線量 | 86,611 | 296 | 203 | 93 | 46% |
| （2Gy以上の<br>全線量域） | 2,709 | 64 | 8 | 56 | 88% |
| 癌総線量 | 105,427 | 17,448 | 16,500 | 853 | 10.7% |
| （2Gy以上の<br>全線量域） | 2,211 | 185 | 111 | 74 | 61% |

表 10.　被爆者に見られた白血病および固形がんの過剰発生数

## ４．７　なぜ生涯持続性か？

以上のように白血病も固形がんも生涯持続性が明らかになってきていることが原爆被爆者における健康影響研究の最大の知見になってきた。その生涯持続する真のメカニズムはまだ不明であるが、おそらく白血病も多くの固形がんも各臓器の幹細胞（白血病は骨髄の幹細胞、固形がんは各臓器の幹細胞）において遺伝子変異が蓄積した結果、癌化あるいは白血病化を起こした細胞が増殖してくる疾患であることが明らかになってきている。被爆者においても原爆時に一瞬にして各臓器の幹細胞の遺伝子（DNA）が傷つき、これを起点として様々な遺伝子変異が長年かかって蓄積してがん細胞の発生に至り、そのがん細胞が一定の大きさまで増殖すると癌の診断が下されるという過程を段階的に進んでいくものと考える仮説が有力視されている。一瞬にして臓器の幹細胞が癌化の宿命を負うことで発症すると思われる原爆放射線被ばくによる生涯持続性の健康影響は、原爆の長期的影響の中の最たるものであると言うことが出来る。

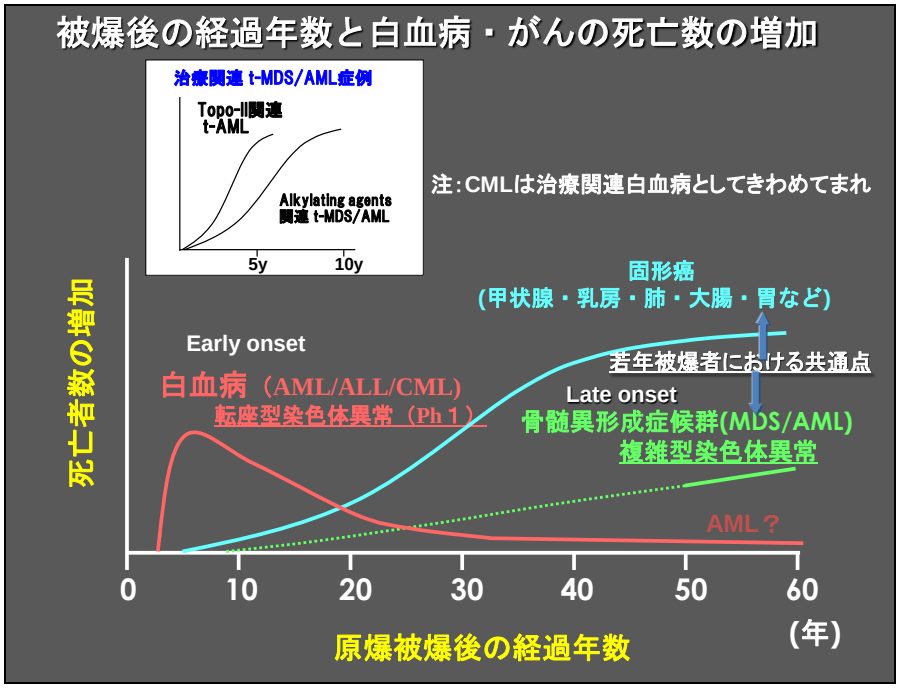


図 21. 原爆被爆者における白血病および癌の生涯持続性

## ４．８　癌以外の健康影響

### （１）血管病（心筋梗塞）の増加傾向

最近の原爆被爆者の疫学研究から、高齢化する被爆者で次第に心筋梗塞をはじめとする血管病の頻度が高まってきつつあることが注目されている[13)]。動脈硬化を基盤として発生するこれらの血管病を放射線被ばくがどのようなメカニズムでもたらすのか、癌の場合に比して未だ不明の部分が多い。慢性炎症の指標である CRP の高値がこれらの疾患で見られることから、血管の細胞（内皮細胞）に対する慢性の炎症を原因とみる考え方が出てきている。

### （２）原爆体験による生涯持続性の精神的影響および社会的影響

1995 年原爆の 50 周年を迎え、高齢化が進む原爆被爆者の精神的健康度の悪化が問題となり、大規模の精神的影響調査が長崎で実施された。WHO で採用されている社会集団を対象とする 12 項目のチェック（自記式 WHO General Questionnaire）で現在の精神的健康度を測るものである。図 22 のように 10 点以上の高得点は健康度の著しい悪化を意味するが、被爆距離との関係が明瞭に示された。このことからさらに被爆時の急性症状の有無、家族損失の有無、原爆後障害の有無などとの関係が分析された結果、高得点ものほどこれらを有する率が高いことが判明している [14)]。精神的健康度の内容は、8 月になると毎年悪夢や原爆の体験の記憶が蘇ることや、日常的に鬱状態が続くことなどの頻度が高くなっており、半世紀を経てもなお原爆体験は悲惨な記憶となって、原爆被爆者を悩ませている。

被爆者における具体的な精神的トラウマとして、1. 後悔と罪の意識：当時、助けること

のできる状態ではなかったにもかかわらず、あの時助けなかったという後悔。また、助けを求める生徒や肉親を置き去りにして自分だけが生き残ったという罪の意識。2．かぎりない不安：原爆症で死んでいく親類、知人の報せを聴いて、いずれは自分にも同じ結末が来るのではないかという不安、また、結婚しても子供へ何らかの影響があるのではないかという不安。3．あの場面からの逃避：2 度とあのような地獄のような場面に遭遇したくないという気持ちから、心に壁を作るようになる。この心の壁があるために、現在においても雷、強い光、大きな音に対する異常な恐怖感、拒否感を持っている。4．死者への尊敬と畏敬の念：被爆者は原爆犠牲者に対し、自分の身代わりとなって亡くなってくださったとの受け止めをしており、死者への尊敬と畏敬の念を持っている。死者を手厚く弔うのが、せめてもの罪ほろぼしであり、死者に礼を尽くす気持ちとなっている。

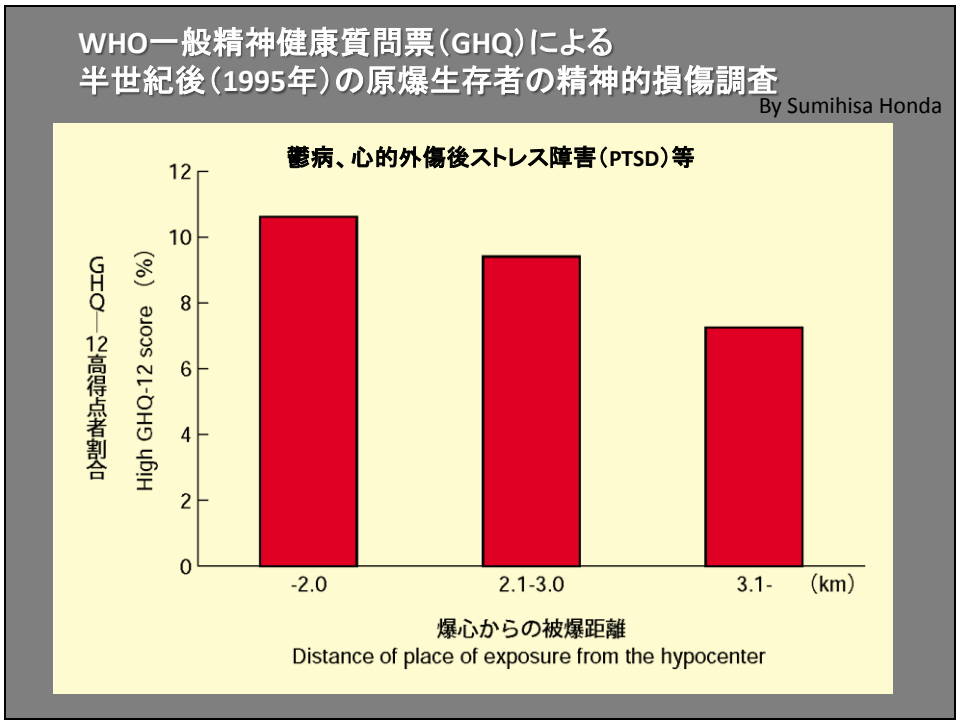



図 22．原爆被爆者における精神的影響調査

図 23. 長崎原爆により顔面全体に生じたケロイドの瘢痕

### ４．９　社会生活への影響

この他にも、社会的影響とも言える事柄が存在する。上述のような種々の原爆体験をこうむった人びとは、原爆被爆者として一般社会から一種の差別を受ける場合が、少なからず見受けられた。最も著しいのは若い女性の被爆者が経験した結婚に絡まる差別である。被爆２世にまで及ぶ場合があって、被爆者と名乗ることを躊躇した人びとも存在した。

### ４．１０　原爆被爆者の子供達（被爆 2 世）

原爆放射線によって親である被爆者の精子および卵子の遺伝子に傷が付き、それらが子供に遺伝するという可能性については、被爆 2 世の健康問題、とくに奇形、癌の発生、種々の成人病の発症のリスクを増加させることが不安視されてきた。これらの現象は、マウス・ラットなどの放射線被ばく実験で明らかになってきたものであり、実験的根拠に基づくものである。現在まで RERF（放射線影響研究所）を中心に、被爆線量が推定できている被爆者の親から生まれた 2 世を対象とする研究が、表 11 のようにいくつかなされている。いずれも明らかな遺伝的影響は認めることが出来ないという結果であった [15]。

これらの研究の対象となった 2 世の平均年齢はまだ比較的若いため、現在 50～60 代になりつつある彼らにおいて、これから 10～20 年の間、癌の発生、高血圧症、心筋梗塞、糖尿病等いわゆる多因子病における遺伝的影響の有無を観察することが極めて重要と言える。まだ結論を出すには時期尚早である。

もし影響が少しでも見られるとすればおそらく近距離被爆者を両親に持つ子供達であろう。動物実験で見られるような遺伝的影響が実際に確認されれば、原爆の人体影響は世代を超えていくと思われ、重大な事態となる。現時点では、被爆 2 世の不安が未解決のまま続いている状況が、精神的な影響となっている。

広島・長崎の被爆者における遺伝的影響調査のサマリー

| 調査項目 | 対象者数（人） | 遺伝的影響 |
|---|---|---|
| 異常妊娠<br>（奇形・死産・出産直後死亡） | 71,280 | なし |
| 男女比 | 47,624 | なし |
| 染色体異常<br>（リンパ球） | 16,298 | なし |
| 悪性腫瘍の頻度 | 72,000 | 検出されず |
| 死亡率 | 68,000 | 検出されず |
| 遺伝子突然変異<br>（タンパク質） | 30,000 | なし |
| DNA研究 | 1,000（家族） | 未定 |

現在被爆2世が成人病罹患年齢（多因子病）に達しているため、放射線影響研究所により大規模前向き調査が実施されている。

表 11 被爆者の子ども（被爆 2 世）の健康調査

### ４．１１　長期的人体影響のまとめ

以上の医学的考察から明らかなように、原爆は無差別殺戮兵器であり、その初期効果は爆風、熱線、放射線によるもので、人びとは一瞬にして 3 つの致死的物理力を受け殺戮されたものである。さらに原爆被爆は生涯にわたる健康影響を持続させている。そして、被爆者が全て亡くなる 2045 年（原爆後 100 年）頃まで持続することは間違いないところである。被爆者の受けた精神的影響と社会的差別は深刻かつ生涯持続性である。遺伝的影響についての懸念もまだ払拭されていない。原爆の人間に対する総合的な影響はまだ解明されていない。

# 第２章　現代都市における核爆発の被害想定

（朝長万左男 / 鎌田七男 / 葉佐井博巳）

## １．物理学的想定

想定には威力、高度、人口密度、時期、建造物など無限にある。実際に兵器として使用された広島・長崎の原子爆弾は 20 キロトン（KT）級と言われている。ここでは広島の原子爆弾を中心に現在の社会構成や建築環境を考慮しつつ被害を推定する。同時に水素爆弾を想定し高度 2,400 メートル（m）での 1 メガトン（MT）爆発推定も行う。高度は一定の破壊力の爆風が及ぶ範囲を最大にする高度である。

### １．１　被害の影響範囲

人体に及ぼす影響は直接被爆以外に、木造建造物による遮蔽の影響、非木造建造物による遮蔽を考慮する必要がある。最近の建造物は高層が増えたので、今回の想定は木造建造物の平均階数を 2 階、非木造の平均階数を 5 階とし、100 m の距離の間に 4 棟建っていると想定する。

#### （１）初期放射線による人体被害推定（広島の線量から）

広島の場合爆心地からの距離と被曝線量を表 12 に再度示す。非木材遮蔽は表 13 を使用して推定した。

表 12　爆心地からの距離と初期放射線量（遮蔽の影響を考慮）

| 距離 | 中性子線 | ガンマ線 | 全線量 | 人体に受ける線量 | 木造 | 非木造 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (m) | (mGy) | (mGy) | (mGy) | (mSv) | (mSv) | (mSv) |
| 100 | 32,000 | 115,000 | 147,000 | 435,000 | 302,000 | 66,000 |
| 500 | 6,480 | 35,700 | 42,180 | 100,500 | 66,000 | 14,000 |
| 1,000 | 260 | 4,220 | 4,480 | 6,820 | 4000 | 600 |
| 1,500 | 9 | 527 | 536 | 617 | 300 | 30 |
| 2,000 | 0.4 | 76 | 77 | 80 | 31 | |
| 2,500 | 0.00 | 13 | 13 | 13 | | |

参考文献 6

表 13 遮蔽の種類による初期放射線の遮蔽係数（透過度）

| 遮蔽の種類 | 中性子 | | γ 線 | |
|---|---|---|---|---|
| | 原爆 | 水爆 | 原爆 | 水爆 |
| コンクリート厚さ 60 cm | 0.2 | 0.01 | 0.02 | 同左 |
| 同　　100 cm | 0.1 | 0.001 | 0.005 | 同左 |
| 同　　160 cm | 0.02 | - | 0.00015 | 同左 |
| 木造建物 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 同左 |

放射線による急性期の影響は全身被曝の場合次の表 14 とする。

表 14　被害推定に用いた死傷者の被曝線量

| 被曝線量 | 死亡 | 急性障害 | 無傷 |
|---|---|---|---|
| 7 Sv 以上 | 100% | － | － |
| 4 Sv 以上 7 Sv 未満 | 50% | 50% | － |
| 2 Sv 以上 4 Sv 未満 | 5% | 95% | － |
| 1 Sv 以上 2 Sv 未満 | － | 100% | － |
| 0.1 Sv 以上 1 Sv 未満 | － | － | 100% |

想定される初期放射線の影響範囲（表 12,13,14 を用いて推定した影響範囲）をそれぞれ表 15 とする。

表 15　想定した放射線の影響範囲

| 区分 | | 16 KT | 1MT |
|---|---|---|---|
| 100 %　致死 | 開放<br>木造<br>非木造 | 0.9 km<br>0.8 km<br>0.6 km | 0.9 km<br>0.2 km<br>－ |
| 50 %　致死 | 開放<br>木造<br>非木造 | 1.1 km<br>0.9 km<br>0.7 km | 1.3 km<br>0.8 km<br>－ |
| 被曝者<br>0.01 Sv 以上 | 開放<br>木造<br>非木造 | 2.5 km<br>2.3 km<br>1.7 km | 3.0 km<br>3.0 km<br>2.1 km |

### （２）想定される爆風による影響範囲

衝撃波や爆風は各種建造物を破壊し、その影響が人体にも及ぶ。爆心地からの距離と衝撃波の到達時刻と死傷率の設定範囲を表 16 に示す。

表 16　爆風による死傷率算定の範囲と到達時間

| 区分 | | 16KT | 1MT |
|---|---|---|---|
| 死傷率の設定範囲 | | 4.5 km | 18.0 km |
| 上記への到達時間 | | 11.6 秒 | 46.4 秒 |
| 窓ガラスの破壊 | | 7.2 km | 29.0 km |
| 木造住宅 | 大破<br>中破 | 2.0 km<br>2.5 km | 8.9 km<br>10.1 km |
| 鉄骨ビル | 大破<br>中破 | 0.5 km<br>0.6 km | 2.5 km<br>2.8 km |
| 鉄筋コンクリート | 大破<br>中破 | 0.6 km<br>0.7 km | 2.8 km<br>3.1 km |

（参考文献１）

### （３）熱線による人体被害想定

熱線は帽子や衣服などにより、ある程度防護できる。ただし、一定以上の熱量が来ると、

それら自体が発火する。放射された熱線は、光と同時に届き、熱傷が発生する範囲をはるかに超えた広範囲地域で一時的な視力喪失を生じる。1 MT の核爆発の場合、高度 1 万フィート（ft）で爆心地から 21 キロメートル（km）の地点で 10 秒間視力が一時的に失われ、53km の地点でも火球に焦点が合えば網膜熱傷を起こすとされている（文献 1)。想定される熱線の影響を表 17 で示す。

表 17　想定される熱線の影響範囲

| 区分 | | 16 KT | 1MT |
|---|---|---|---|
| 熱傷の深さ | Ⅲ度<br>Ⅱ度 | 2.2 km<br>2.8 km | 12.3 km<br>15.0 km |
| 熱線の持続時間 | | 1.4 秒 | 8.7 秒 |

（参考文献 1）

**（４）火災による人体被害想定**

熱線により可燃物が発火し、爆風により崩壊した建造物が可燃物の引火を誘発し、広範囲に火災が発生するだろう。何処までの範囲で火災が発生するかは、種々の条件や防火対策にもよるが、69 年前と比べ路上の自動車が代表するように今日の都市は可燃物で満ちあふれている。大規模火災の範囲を当時の範囲で想定すると 16 KT で 2.0 km、1 MT で 7.9 km とする。広島では全焼地域の一部で火事嵐が発生している。想定される火災の発生範囲を表 18 で示す。

表 18　想定される火災の範囲

| 区分 | 16KT | 1MT |
|---|---|---|
| 大規模火災の範囲 | 2.0 km | 7.9 km |

（参考文献 1）

**（５）誘導放射線による人体被害の想定**

誘導放射線量は地上の物質と中性子の線量の関係で決まる。MT 級の爆弾では地表面に到達する中性子の線量が低く発生する放射性物質は KT 級の爆弾に比べて少ない。

**（６）放射性降下物による人体被害の想定**

広島の爆弾は爆発高度が高く、高温のため爆発後に残った物質は急激に上昇し拡散した。長崎の爆弾では爆発後に残った物質は西山地区に多く落下した。広島では己斐、高須付近で認められたが、その後の大気圏核実験による降下物が約 10 倍もあり、現時点では測定は困難である。MT 級の爆弾でも爆発後に残った物質が雨で降下する可能性は否定できないが、より高空に巻き上げられるため、相対的な危険性は低下する。

**（７）電磁パルスの影響**

当時関心がなかったが、現代では電子機器が発達し、電磁パルスの影響を考慮しなければならない。特に MT 級の爆弾では広範囲に影響を及ぼす。

## １．２　被害の総合評価

### （１）人口密度

初期放射線や熱線に対する遮蔽の有無等を考慮するため、「地震被害想定支援マニュアル」（内閣府防災担当）を参考に被災地域の昼間人口を以下の方法により分割した。平日昼間の屋内滞留率を 90 %、在宅率を 35 %、木造住宅比率を 60 %とし、住宅以外の建物についてはすべて非木造建物とみなした。屋外で建物等の影に入り遮蔽を受けた割合を 75 %に設定した。100 万人都市の人口密度が一様である都市は見つからないので、広島中心部の人口密度で広がったと想定した。広島原爆戦災誌方式で算出した昼間の推定人口密度を表 19 で示す。

表 19　4.5 km 圏の推定昼間人口分布（昼間の人口）

| 計 | 屋内（木造） | 屋内（非木造） | 屋外（遮蔽） | 屋外（開放） |
|---|---|---|---|---|
| 585,215 人 | 95,136 人 | 431,558 人 | 43,891 人 | 14,630 人 |
| 100 % | 16.3 % | 73.7 % | 7.5 % | 2.5 % |

### （２）16 KT の原爆と 1 MT の水爆の影響範囲

16 KT の原爆と 1MT の水爆による放射線、爆風、熱線の範囲をそれぞれ図 24 及び図 25 に示す。また図 26 に原爆と水爆のそれぞれの爆発高度での爆風・熱線による都市破壊の範囲（半径）を示した。

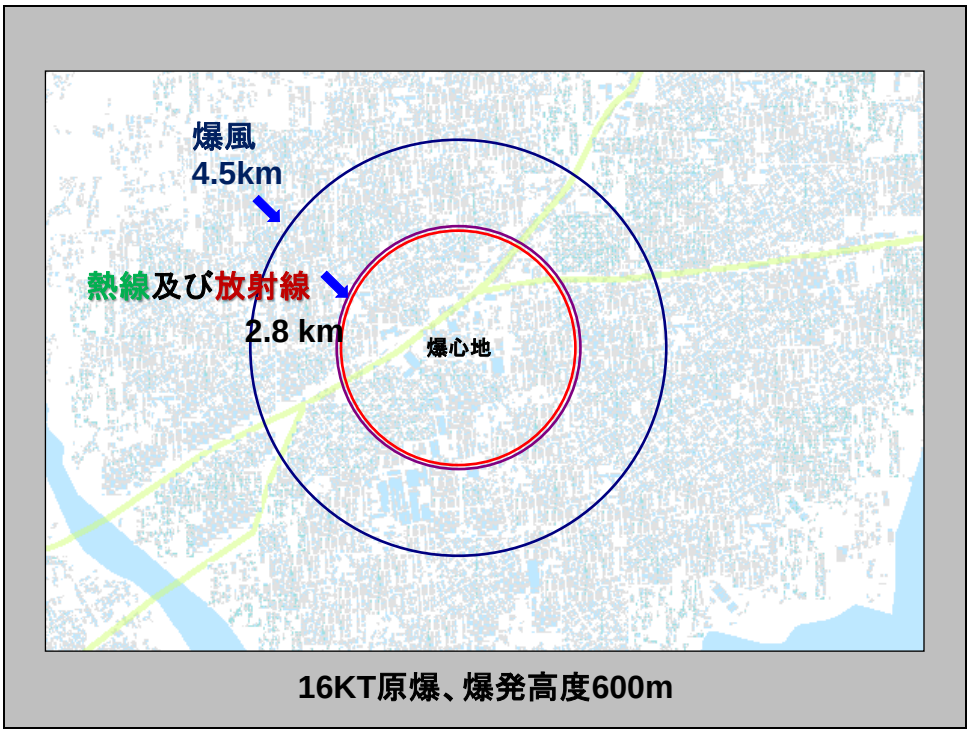



図 24.　人口 100 万人の現代都市に対する 16 KT 原爆の影響範囲

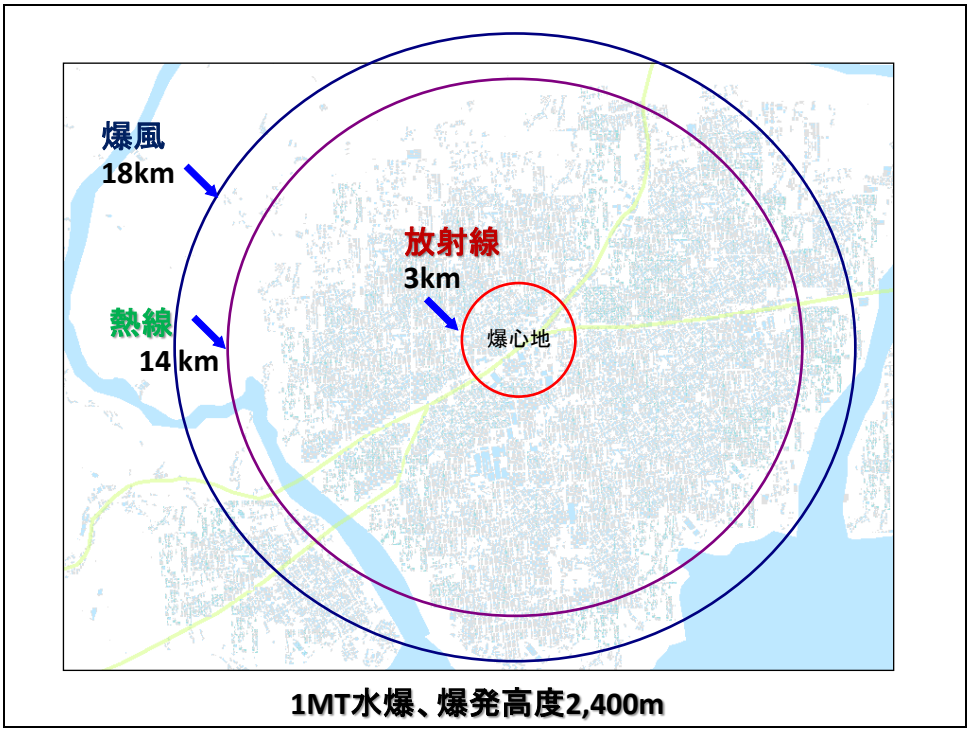



図 25. 人口 100 万人の現代都市に対する 1 MT 水爆の影響範囲

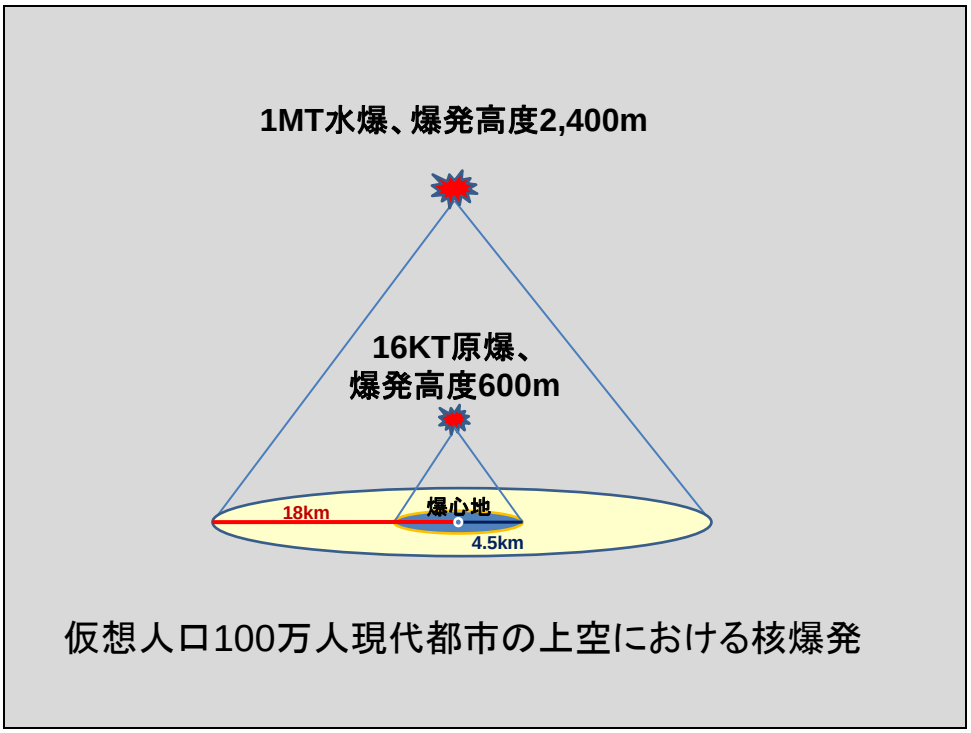



図 26. 爆発高度と影響範囲

**仮想人口100万人（郊外人口40万人）現代都市における核爆発の死傷者数（即時及び遅発）**

| | 16KT原爆 | 1MT水爆 |
|---|---|---|
| 即死者数 | 66,000 | 370,000 |
| 即時傷害者数 | 205,000 | 460,000 |
| 放射線影響人口 | 155,000<br>（2.8km以内） | 36,000<br>（3km以内） |
| 過剰白血病数 | 220 | 70 |
| 過剰癌数 | 12,000 | 650 |

表 20　仮想 100 万人都市の死傷者数、過剰白血病数、過剰癌数

（３）死傷者数の比較

広島原爆と推定した 16 KT と 1 MT 原爆による死傷者数（急性期)）を表 20 に示す。今回設定した死傷者率では、鉄筋コンクリート等の堅牢な建物による防護効果を高く見込んでいるためである。しかし高層ビルからの避難が困難になることが予想される。

## ２．医学的影響

以上に示した負傷者数の内、どの程度の住民が急性放射線症や外傷の経過不良で死亡するかを推定することはかなり困難な作業となるため、今回の研究ではこの推定は行わなかった。特に水爆の場合、高層ビル内で遮蔽効果により即死を免れた人々も、その後に迫り来る大火災（火事嵐）などにより焼死する確率はかなり高いものとなることは想像に難くない。そのような事例が経験されていないので、その計算を行う基礎データはない。

これらの負傷者群は、当然広島・長崎の事例と同様、被爆者となって多数の人がその後の人生を送ることとなる。その中から白血病と癌が発生してくる運命を担うことになる。その罹患数を原爆と水爆のそれぞれの場合において、広島原爆の放射線寄与率を援用して推定したのが表 20 である。

白血病は、原爆では 220 人、水爆では 70 人が発生すると推定された。水爆の場合の数が原爆の場合よりかなり少なくなる点が奇異に感じられるが、これは先に述べたように、地上に到達する放射線量が高空（2,400m）で爆発する水爆の場合、かなり途中で減衰することから、放射線被爆者の絶対数が少なくなるためである。癌においても同様に原爆の方が

12,000 人、水爆では 650 人とかなり少ない数となる。

## ３．仮想現代都市の上空爆発まとめ

以上のように一発の原爆あるいは水爆による 100 万都市の人的被害は一国にとって耐えられる規模を遙かに超えるものとなる。広島・長崎での経験同様、無警告であった場合、年齢別、男女別、民間人か軍人か、を問わず、爆発のもたらす結果は無差別殺戮であり、いかなる自然災害をも上回る被害を生じることは間違いない。その死傷率は社会が耐えられないレベルであり、負傷者が被爆者となって、広島・長崎同様、再び白血病と癌の過剰な発生に怯える生涯を送ることになる。

# 参考文献

（第 1 章及び第 2 章）


1） Samuel Glasstone and Philip J.Dolan, ed.,The Effects of Nuclear Weapons (3rd ed.), Washington, D,C.,U.S. Government Printing Office, 1977.

2）広島市『核兵器攻撃被害想定専門部会報告』広島市国民保護協議会、2007 年

3）広島市『広島原爆戦災誌　第一巻第一編総説』1971 年

4）Ashley W. Qughterson and Shields Warren. Medical effect of the Atomic Bomb In Japan.McGraw-Hill,1956

5）『広島および長崎における原子爆弾放射線被曝線量の再評価　線量評価システム 2002 DS02』財団法人放射線影響研究所、2006 年

6）日本学術会議原子爆弾災害調査報告書刊行委員会編『原子爆弾災害調査報告（総括編）日本学術振興会、1951 年

7）大北威、渡辺漸：白血病の疫学 D；原爆白血病（i）広島.白血病および類縁疾患 II、新版日本血液学全書 6:85-103, 1979

8）Preston DL, Kusumi S, Tomonaga M eta l. Cnacer incidence in atomic- bomb survivors. Part III. leukemia, lymphoma and multiple myeloma.1950-1987: Radiat Res. 1994:1137 (2 Suppl):S68-S97

9）Iwanaga M, Hsu WL, Soda M, et al.: Risk of myelodysplastic syndromes in people exposed to atomic bomb radiation: a retrospective cohort study of Nagasaki atomic bomb survivors. J Clin Oncol 2007:25:3503-3510

10）Preston DL, Ron E, Tokuoka S, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors:1958-1998. Radiation Res. 2007:168:1-64

11）Nakashima M, Kondo H, Miura S, et al.:Incidence of multiple primary cancers in Nagasaki atomic bomb survivoirs:association with radiation exposure. Cancer Sci. 2009:99:87-92

12）清水由紀子、小笹晃太郎、全白血病と全固形癌. 原爆放射線の人体影響 2012　pp.77-86 文光堂

13）Yamada M, Womg FL, Fujiwara S. et al. Noncancer disease incidence in atomic bomb survivors. 1958-1998. Radiat Res. 2004:161:622-632

14）Honda S, Shibata Y, Mine M, eta al. Mental health conditions among atomic bomb survivors in Ngasaki. Psychiatry Clin Neurosci. 2002:56:575-583

15） 中村　典、被爆 2 世（遺伝的影響）、原爆放射線の人体影響　2012、pp.319-325

# 第３章　社会インフラの被害予測

（林　春男）

## １．はじめに

内閣府によって社会インフラ（社会資本）と定義されている道路、港湾、航空、鉄道、公共賃貸住宅、下水道、廃棄物処理、水道、都市公園、文教施設、農林漁業、郵便、工業用水道に、電力、通信を加えた 15 分野を対象として被害想定を行った。

被害想定の検討対象とした原子爆弾の規模と爆発形態は、晴れの日の昼間に 20 キロトン（KT）、100 キロトン（KT）、1,000 キロトン（KT）の原子爆弾を空中または地表爆発させる 6 ケースとした。なお、空中爆発の場合は、既往の研究成果を参考にして爆風圧の等圧線が最も広くなるような爆発高度を設定した。また、原子爆弾の影響としては、爆風圧（急激な圧力上昇）と熱線による被害を対象とした。

## ２．都市を構成する社会インフラ

内閣府では社会インフラ（社会資本）を表 2.1 の道路、港湾、航空、鉄道、公共賃貸住宅、下水道、廃棄物処理、水道、都市公園、文教施設、治水、治山、海岸、農林漁業、郵便、国有林、工業用水道の 17 分野に定義してストック額の推計を行っている [1)]。社会インフラの定義は、他にもみられるが、本稿では、表 2.1 に示す 13 分野に電力、通信を加えた 15 分野を対象とし、既往の研究で原子爆弾による被害様相が明らかになっている社会インフラの構成要素に関する整理を行った。

表 2.1　本調査で対象とする社会インフラとその構成要素

| 番号 | インフラ種別 | 本調査の対象範囲 |
|---|---|---|
| 1 | 道路 | 高速道路橋梁、車両 |
| 2 | 港湾 | 建物、屋外タンク |
| 3 | 航空 | 建物 |
| 4 | 鉄道（鉄道建設・運輸施設整備支援機構等及び地下鉄等） | 鉄道橋、鉄道車両、地下鉄は対象外 |
| 5 | 公共賃貸住宅 | 建物 |
| 6 | 下水道 | 建物、処理場、管きょ |
| 7 | 廃棄物処理 | 建物 |
| 8 | 水道 | 建物、浄水場、埋設管 |
| 9 | 都市公園 | 建物 |
| 10 | 文教施設（学校施設・学術施設及び社会教育施設・社会体育施設・文化施設） | 建物 |
| 11 | 治水 | － |
| 12 | 治山 | － |
| 13 | 海岸 | － |
| 14 | 農林漁業（農業、林業及び漁業） | 建物 |
| 15 | 郵便 | 建物 |
| 16 | 国有林 | － |
| 17 | 工業用水道 | 建物、浄水場、埋設管 |
| 18 | 電力 | 建物、電柱、電線、柱上変圧器 |
| 19 | 電話 | 建物、電話線 |

## ３．検討対象とする原子爆弾の条件

### ３．１　対象とする原子爆弾の威力と形態

社会インフラの被害様相の調査では、原子爆弾の威力と爆発形態として表 3.1 の組み合わせに関して検討を行った。なお、爆発は昼間の晴れの条件とした。

表 3.1　爆発規模と爆発の形態

| 原子爆弾の威力 | 爆発形態 | |
|---|---|---|
| | 空中爆発 | 地上爆発 |
| 20KT | 高度 1400ft で爆発<br>昼間、晴れ | 地表で爆発<br>昼間、晴れ |
| 100KT | 高度 3000ft で爆発<br>昼間、晴れ | 地表で爆発<br>昼間、晴れ |
| 1,000KT（1MT ） | 高度 6500ft で爆発<br>昼間、晴れ | 地表で爆発<br>昼間、晴れ |

### ３．２　対象とする原子爆弾の影響

対象とする原子爆弾の影響としては、爆風圧（急激な圧力上昇）と熱線による被害を対象とし、放射能の影響は考慮しないものとする。

爆発による爆風圧のモデルとしては文献 3)-5)を参考にして、3 種類の原子爆弾に関して爆発形態、爆風圧ごとにその爆風圧が発生する爆心地からの距離を整理し、結果を図 3.1、表 3.2 に示した。

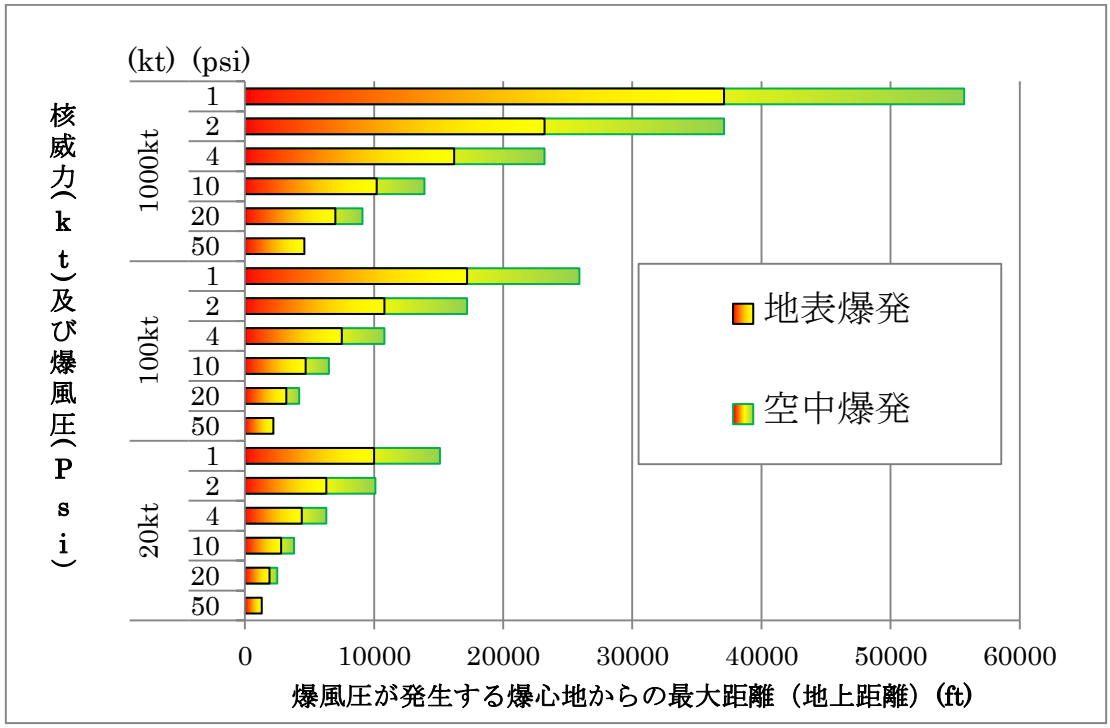



図 3.1　爆発規模ごとの爆風圧と爆心地からの距離の関係 [3),4)]

これによれば、負傷者が発生し始める 1psi の範囲[2)]は 20KT 原子爆弾の空中爆発で 15,100 フィート（ft）（約 4.6 キロメートル（km））、地表爆発で 10,000ft（約 3 km）となる。同様に 100KT 原子爆弾の空中爆発で 25.900 ft（約 7.9 km）、地表爆発で 17,200 ft（約 5.2 km）、1,000KT（1MT）原子爆弾の空中爆発で 55,700 ft（約 17 km）、地表爆発で 37,100 ft（約 11 km）となる。

爆発による熱線のモデルとしては文献 3）を参考にして、3 種類の原子爆弾に関して爆発形態・熱エネルギー量ごとにその熱エネルギー量が発生する爆心地からの距離を整理し、結果を表 3.3 に示した。これによれば、20KT 原子爆弾でⅡ度の皮膚熱傷（水泡形成）が発生し始める熱エネルギー量 4.5cal/cm$^2$ で 9500 ft（約 2.9 km）となる。同様に 1,000KT（1MT）原子爆弾では 44,900 ft（約 13.7 km）、地表爆発で 17,200 ft（約 5.2 km）、1,000KT(1MT) 原子爆弾の空中爆発で 55,700 ft（約 17km）となる。

表 3.2　核威力別の地上距離と最大過圧の関係 3),4)

| 核威力 (kt) | 最大過圧 (psi) | 空中爆発の爆心地からの地上距離 (ft) | 地表爆発の爆心地からの地上距離 (ft) |
|---|---|---|---|
| 20kt | 50 | 0 | 1,300 |
| | 20 | 2,500 | 1,900 |
| | 10 | 3,800 | 2,800 |
| | 4 | 6,300 | 4,400 |
| | 2 | 10,100 | 6,300 |
| | 1 | 15,100 | 10,000 |
| 100kt | 50 | 0 | 2,200 |
| | 20 | 4,200 | 3,200 |
| | 10 | 6,500 | 4,700 |
| | 4 | 10,800 | 7,500 |
| | 2 | 17,200 | 10,800 |
| | 1 | 25,900 | 17,200 |
| 1,000KT | 50 | 0 | 4,600 |
| | 20 | 9,100 | 7,000 |
| | 10 | 13,900 | 10,200 |
| | 4 | 23,200 | 16,200 |
| | 2 | 37,100 | 23,200 |
| | 1 | 55,700 | 37,100 |

表 3.3　核威力別の放射熱量と地上距離の関係 3),4)

| 核威力(kt) | 放射熱量(cal/cm$^2$) | 空中爆発の爆心地からの直距離(ft)<br>（高度最大 1 万 5,000 フィート、視界 12 マイル） |
|---|---|---|
| 20kt | 50 | 3200 |
| | 26 | 4500 |
| | 12 | 6300 |
| | 6 | 7900 |
| | 5 | 9500 |
| | 3 | 13200 |
| 100kt | 50 | 6300 |
| | 26 | 9500 |
| | 12 | 13200 |
| | 6 | 15800 |
| | 5 | 18500 |
| | 3 | 23800 |
| 1,000KT | 50 | 18500 |
| | 26 | 26400 |
| | 12 | 34300 |
| | 6 | 37000 |
| | 5 | 44900 |
| | 3 | 63400 |

# ４．社会インフラの爆風と熱線による影響

本章では、表 2.1 に示す社会インフラを構成する要素構造物等に関して爆風、熱線による被害影響に関する調査結果を整理した後、構成要素の被害状況を踏まえて社会インフラの被害様相を定性的に整理した。

## ４．１　社会インフラの構成要素の爆風・熱線による影響

社内インフラの構成要素である建物構造（表 4.1）、建物非構造部材（表 4.2）、構造道路橋梁（表 4.3）、自動車車両（表 4.4）、地上貯槽（表 4.5）、鉄道橋梁（表 4.6）、鉄道車両（表 4.7）、下水道施設（表 4.8）、上水道施設（表 4.9）、電力施設（表 4.10）、通信施設（固定電話）（表 4.11）に関して、原子爆弾の威力、爆風圧、被害程度別の発生距離（しきい値）を整理した[3)-5)]。詳細は、各表を参照されたい。

## ４．２　社会インフラの爆風・熱線による影響

本節では 20KT、100KT、1,000KT の原子爆弾が爆発した際の社会インフラの被害様相を整理した。図 4.1～4.3 には、社会インフラを構成する主要構造物に関して、それぞれ 20 KT、100 KT、1,000KT の核爆発に対する被害状況と被害発生距離を整理した[3)-5)]。

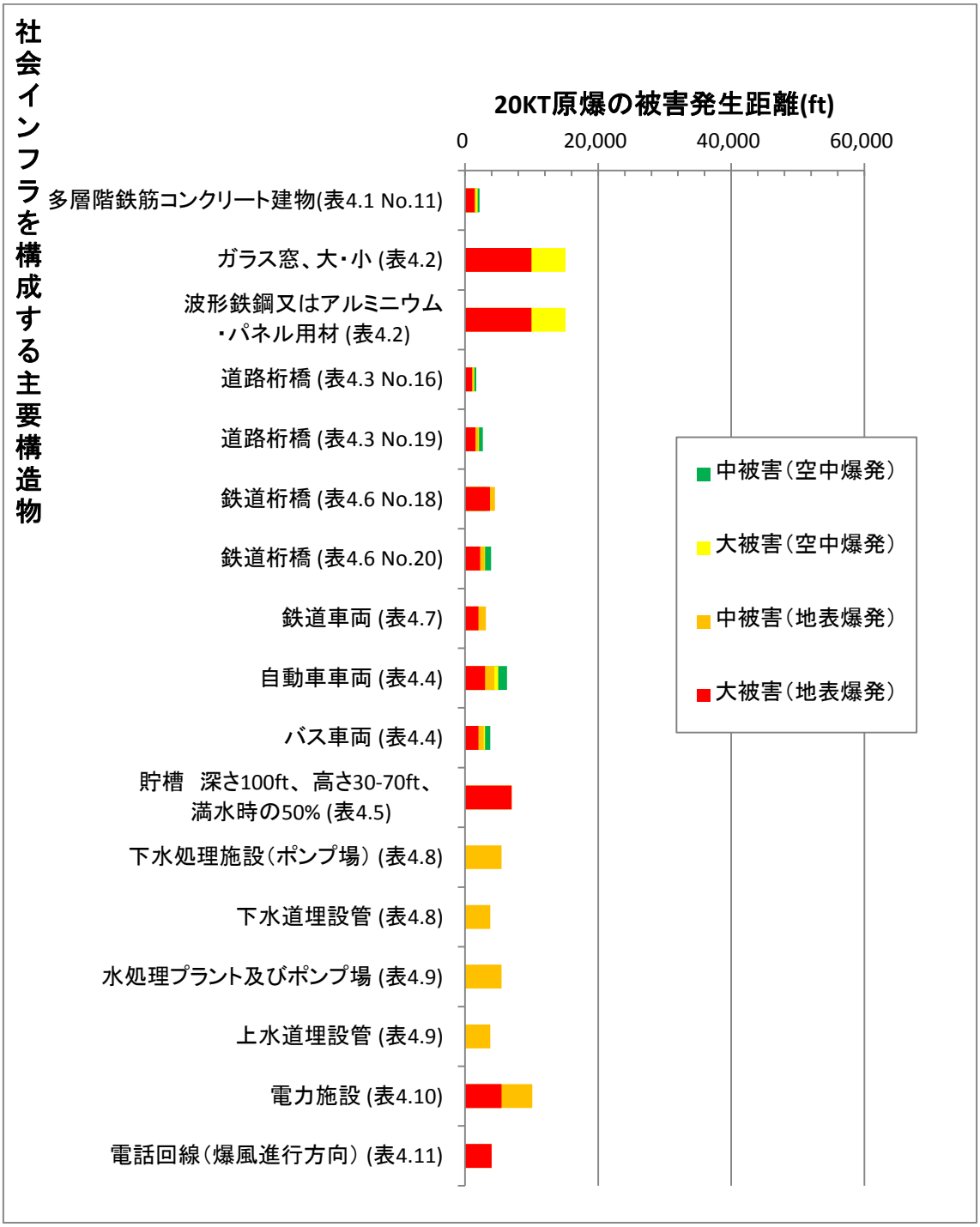



図 4.1　20 KT の原子爆弾による主要構造物と被害発生距離の関係 3)-5)

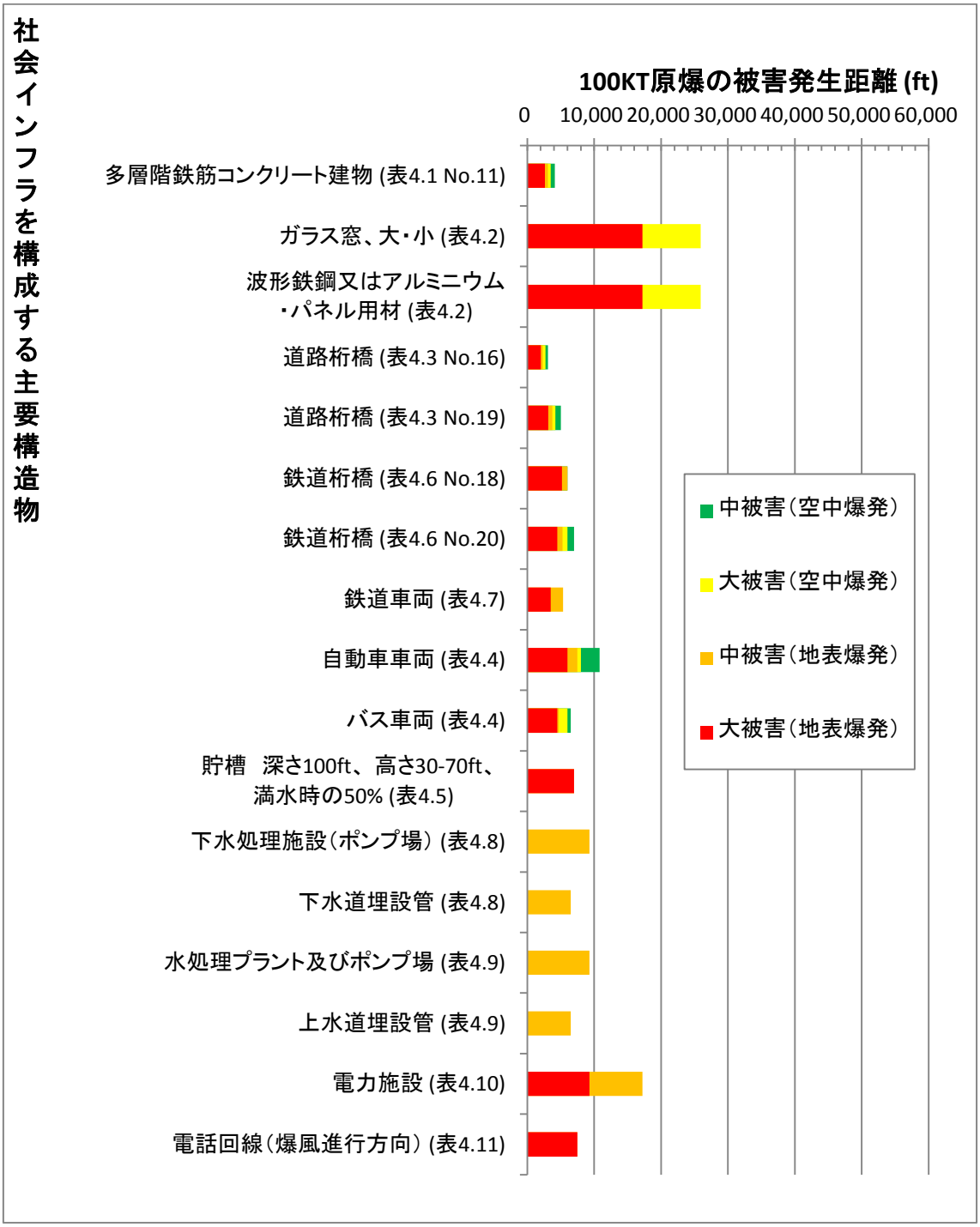



図 4.2　100 KT の原子爆弾による主要構造物と被害発生距離の関係 3)-5)

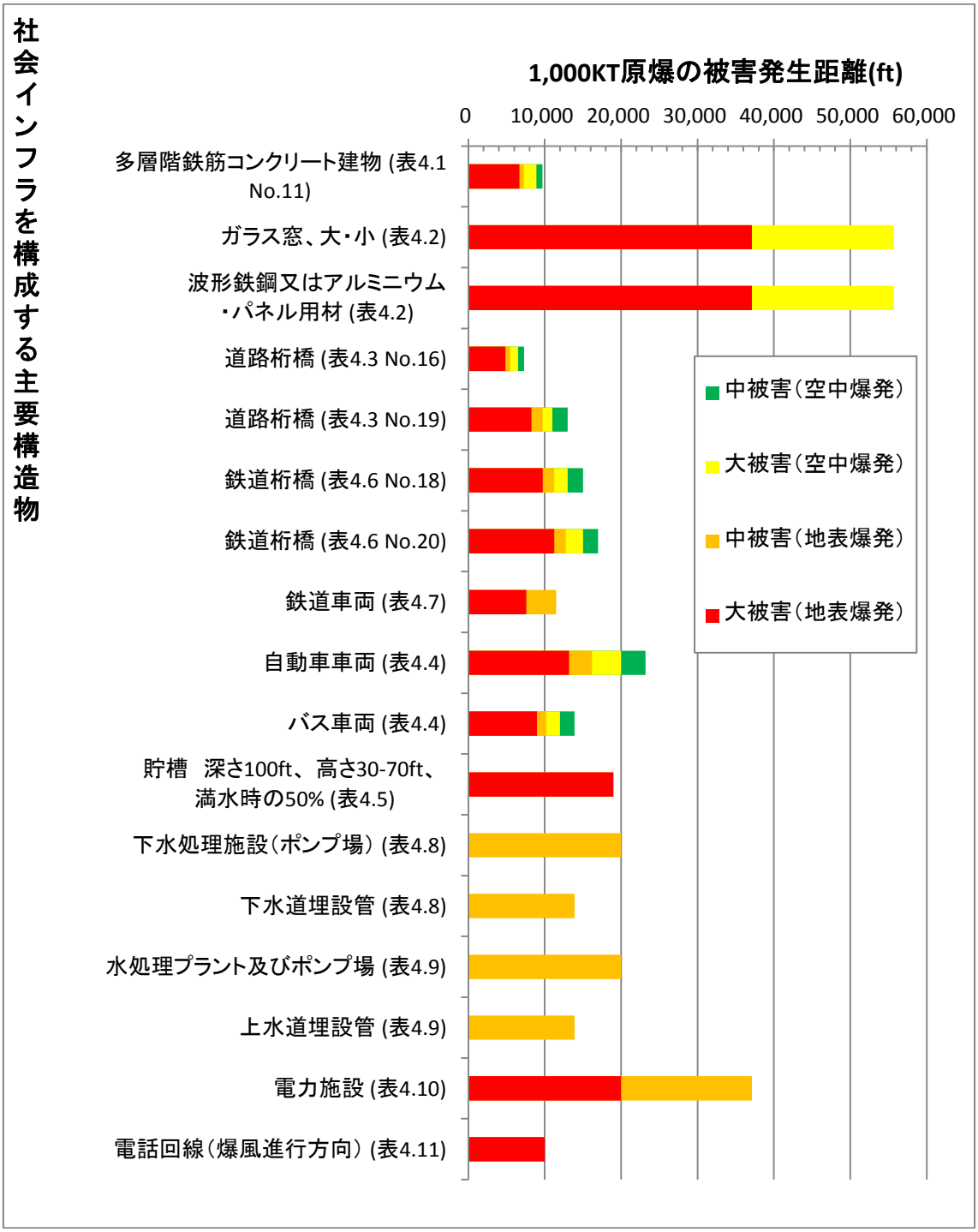



図 4.3　1,000KT（1MT）の原子爆弾による主要構造物と被害発生距離の関係 [3)-5)]

（１）20KT 空中爆発

①爆心地から半径 3280ft（1km）以内の被害様相

高速道路橋梁の多くは崩壊または大被害となるが、構造種別によって中破のものも見られる（表 4.3(a)）。乗用車、バスなどはほぼ全てが操作不能な状態である（表 4.4）。港湾に見られる鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物は崩壊または大破と中破のものが混在している（表 4.1(a)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽の多くは大破している（表 4.5）。空港施設内の建物構造に関しては崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害でも窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設に関しては、鉄道橋梁は構造形式によって崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在している（表 4.6(a)）。ほとんどの車両が大破しているが一部に走行可能な車両も見られる（表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の構造被害は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害でも窓ガラスや外壁など非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造に関しては崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害でも窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。ライフライン施設では上水道、下水道、工業用水道、電力、電話の拠点施設や埋設配管が壊滅的な被害を受けて機能停止している（表 4.8～4.11）。この他、農林漁業用の建物施設、郵便局舎の建物構造に関しては崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害でも窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。

②爆心地から半径 3280～16400ft（1～5 km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁の多くは軽微な被害または無被害である（表 4.3(a)）。乗用車などは走行不能であるが、バスなどの大型車両は走行可能である（表 4.4）。港湾に見られる鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物や重量鉄骨構造の工場建物については中破のものもみられるが、多くは軽微な被害または無被害となり、構造被害が軽微または無被害でも窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 2),7),8)、表 4.2(a)）。また、直径 100ft 以下の貯槽で内容液が半分程度や空のタンクに関しては崩壊または大破となる（表 4.5）。空港施設内の建物構造に関しては軽微または無被害であるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設に関しては、ほとんどの車両は無被害であり、鉄道橋梁に関してもほぼ軽微な被害または無被害となる（表 4.6(a)、表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎は構造的には軽微な被害または無被害であるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設は、軽微な被害または無被害であるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。上水道、下水道、

工業用水道、電力、電話は爆心地に近い側で被害を受けて機能停止するが、16400ft 付近では使用可能な状況にある（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物、郵便局舎建物で鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造のものは構造的には軽微な被害または無被害であるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。

**③爆心地から半径 16400～32800ft（5～10km）の範囲の被害様相**

高速道路橋梁の多くは軽微な被害または無被害で使用可能な状況であり、乗用車やバスなどの大型車両も走行可能な状態である（表 4.3(a)、表 4.4）。港湾地域では爆心地に近い側の鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物や重量鉄骨構造の工場建物の建物構造は無被害であるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材も無被害である（表 4,1(a)の 2),7),8)、表 4.2(a)）。直径 100ft 以下の貯槽で内容液が空のタンクに関しては崩壊または大破となるものがある（表 4.5）。空港施設の建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設に関しては、鉄道橋梁、鉄道車両ともに無被害である（表 4.6(a)、表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎は建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は無被害で使用可能な状況にある（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物、郵便局舎の建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。

**（２）100KT 空中爆発**

**①爆心地から半径 3280ft（1km）以内の被害様相**

高速道路橋梁は多くが崩壊または大被害を受けて通行不可能であるが、橋長 75ft の桁橋に関しては中破以下の被害となる（表 4.3(a)）。乗用車、バスなどはほとんどすべて操作不能な状態となる（表 4.4）。港湾で見られる鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物の多くが崩壊または大破する（表 4,1(a)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 下の貯槽の多くは大破している（表 4.5）。空港施設では多くの建物の建物構造が崩壊または大破となり、窓ガラスや外壁など非構造部材も大破する（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設に関しては、ほとんどの鉄道橋梁、車両が崩壊または大破して多くの路線が運行停止となる（表 4.6(a)、表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは構造体が崩壊または大破し、窓ガラスや外壁などの非構造部材も大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は大破しており、非構造部材も大破する（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話に関しては拠点施設や埋設配管が壊滅的な被害を受けて機能停止する（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物、郵便局舎の建物構造は崩壊または大破して使用不能となっている（表 4.1(a)の 9),11)）。

②爆心地から半径 3280～16400ft（1～5km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在して存在している（表 4.3(a)）。車両に関しては爆心地から遠ざかるにしたがって中破、軽微または無被害のものが増える傾向が見られる（表 4.4）。爆心地に近い港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物は崩壊または大破する（表 4.1(a)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽の多くも大破している（表 4.5）。空港施設では一部の建物が崩壊または大破となるが、鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物の構造被害は、軽微または無被害となる（表 4.1(a)の 9),11)）。一方で、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.2(a)）。鉄道施設は、爆心地に近い側の鉄道橋梁で崩壊または大破するものが見られるが、多くは中破、軽微または無被害となる（表 4.6(a)）。鉄道車両は一部が中破となるが多くは軽微または無被害となる（表 4.7）。鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは軽微または無被害となるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は軽微または無被害となるが、非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。ライフライン施設は、爆心地に近い側の上水道、下水道、工業用水道、電力、電話に関しては拠点施設や埋設配管が壊滅的な被害を受けて機能停止するが（表 4.8）、爆心地から離れた地域では使用可能となる（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎建物の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。

③爆心地から半径 16400～32800ft（5～10km）の範囲の被害様相

ほとんどの高速道路橋梁は軽微または無被害となり、車両に関しても走行が可能である（表 4.3(a)、表 4.4）。港湾地域の鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物は軽微または無被害である（表 4.1(a)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽で内容液が空のものは大破しているが、その他に関してはほぼ無被害となる（表 4.5）。空港施設の建物は軽軽微な被害または無被害となるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設では、ほとんどの鉄道橋梁、鉄道車両は軽微な被害または無被害となる（表 4.3(a)、表 4.4）。鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは軽微な被害または無被害となるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は軽微または無被害となるが、非構造部材は大破した状態である（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。ライフライン施設は、上水道、下水道、工業用水道、電力、電話が通常通り使用可能な状況である（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎建物の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。

（３）1,000KT（1MT）空中爆発

①爆心地から半径 3280ft（1km）以内の被害様相

高速道路橋梁は壊滅的な被害を受けて通行不可能である（表 4.3(a)）。また、乗用車、バスなどはほとんど全ての車両が操作不能な状態となる（表 4.4）。港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物（表 4.1(a)の 2),7),8)）は崩壊または大破している。また、直径 100ft 以下の貯槽は全て大破している（表 4.5）。空港施設では、全ての建物で構造体、非構造部材が崩壊または大破している（表 4.1(a)の 9),11)）。鉄道施設に関しては、全ての鉄道橋梁及び車両が崩壊または大破している（表 4.6(a),表 4.7）。鉄道駅舎の建物構造、非構造部材は大破している（表 4.1(a)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造、非構造部材は崩壊または大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は拠点施設や地中埋設管が壊滅的な被害を受けて機能停止する（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎建物は構造体、非構造部材が崩壊または大破して使用不能となる（表 4.1(a)）。

②爆心地から半径 3280～16400ft（1～5 キロ km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁の多くは、崩壊または大破となるが、橋長 75ft 程度の桁橋に関しては中破以下の被害のものもある（表 4.3(a)）。また、乗用車・バスなどは、ほぼ全ての車両が操作不能な状態であるが、爆心地から離れた場所で一部の大型車両は走行可能となる（表 4.4）。港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物の多くが崩壊または大破しているが、爆心地から離れた港湾では中破の工場建物も見られる（表 4.1(a)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽は全て大破している（表 4.5）。空港施設の建物は構造体、非構造部材が崩壊または大破しているもの、構造体は中破または軽微・無被害で非構造部材が大破しているものが見られる（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設に関しては、ほぼ全ての鉄道橋梁が崩壊または大破しているが、鉄道車両に関しては走行可能なものもある（表 4.6(a)、表 4.7）。鉄道駅舎の建物構造の被害状況は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害でも非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造の被害状況は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、非構造部材は崩壊または大破している（表 4.1(a)の 9),11), 表 4.2(a)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は拠点施設や地中埋設管が壊滅的な被害を受けて機能停止している（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎の建物構造の被害状況は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。

③爆心地から半径 16400～32800ft（5～10km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁の多くは、軽微な被害または無被害となる（表 4.3(a)）。また、車両に関しては一部の乗用車は大破しているものも見られるが、走行可能なものも多い。バスなどの

大型車両走行可能である（表 4.4）。港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物の構造体は軽微な被害または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 2),7),8)、表 4.2(a)）。また、直径 100ft 以下の貯槽は内容液の容量が少ないものほど大破している（表 4.5）。空港施設の建物の構造体は軽微な被害または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設に関しては、多くの鉄道橋梁が無被害であり、鉄道車両に関してもほぼ走行可能である（表 4.6(a)、表 4.7）。鉄道駅舎の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は崩壊または大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は拠点施設が大破しているため機能停止している（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(a)の 9),11)、表 4.2(a)）。

### （４）20KT 地表爆発

**①爆心地から半径 3280ft（1km）以内の被害様相**

高速道路橋梁の一部は崩壊または大被害、中破となるが、構造種別によって軽微な被害または無被害となっている（表 4.3(b)）。乗用車、バスなどは操作不能と中破が混在している（表 4.4）。港湾に見られる鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物は崩壊または大破、中破、軽微または無被害の建物が混在している（表 4.1(b)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽の多くは大破している（表 4.5）。空港施設内の建物構造は一部が崩壊または大破、中破であるが、軽微または無被害の建物も多数見られる（表 4.1(b)の 9),11)）。建物構造が軽微または無被害の建物でも窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.2(b)）。鉄道施設に関しては、鉄道橋梁は構造形式・橋長によって崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在している（表 4.3(b)）。一部の車両は大破しているが、走行可能な車両も見られる（表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の構造被害は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害の建物でも窓ガラスや外壁など非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造に関しては崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害の建物でも窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。ライフライン施設では上水道、下水道、工業用水道、電力、電話の拠点施設や埋設配管が壊滅的な被害を受けて機能停止している（表 4.8～4.11）。この他、農林漁業用の建物施設、郵便局舎の建物構造に関しては崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、構造被害が軽微または無被害の建物でも窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。

②爆心地から半径 3280～16400ft（1～5km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁の多くは軽微な被害または無被害である（表 4.3(b)）。一部の乗用車は走行不能であるが、バスなどの大型車両は走行可能である（表 4.4）。港湾に見られる鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物や重量鉄骨構造の工場建物については多くは軽微な被害または無被害であるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破した状態である（表 4.1(b)の 2),7),8)、表 4.2(b)）。また、直径 100ft 以下の貯槽で内容液が半分程度や空のタンクに関しては多数が崩壊または大破となる（表 4.5）。空港施設内の建物構造に関しては軽微または無被害であるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。鉄道施設に関しては、ほとんどの車両は無被害であり、鉄道橋梁に関しても長スパンの単線の桁橋を除いてほぼ軽微な被害または無被害となる（表 4.6(b)、表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎は構造的には軽微な被害または無被害であるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設は、軽微な被害または無被害であるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は爆心地に近い側で被害を受けて機能停止するが、16400ft 付近では使用可能な状況にある（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物、郵便局舎建物で鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造のものは構造的には軽微な被害または無被害であるが、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。

③爆心地から半径 16400～32800ft（5～10km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁の多くは軽微な被害または無被害で使用可能な状況であり、乗用車に加えてバス等の大型車両も走行可能な状態である（表 4.3(b)、表 4.4）。港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物や重量鉄骨構造の工場建物の建物構造は無被害であり、窓ガラスや外壁などの非構造部材も無被害である（表 4,1(b)の 2),7),8)、表 4.2(b)）。直径 100ft 以下の貯槽では内容液が空の貯槽に関しては崩壊または大破となるものがある（表 4.5）。空港施設の建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。鉄道施設に関しては、鉄道橋梁、鉄道車両ともに無被害である（表 4.6(b)、表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎は建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は無被害で使用可能な状況にある（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物、郵便局舎の建物構造、非構造部材ともに無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。

（５）100KT 地表爆発

①爆心地から半径 3280ft（1km）以内の被害様相

高速道路橋梁はほぼ全数が崩壊または大被害を受けて通行不可能であるが、橋長 75ft の桁橋に関しては中破程度の被害となるものも見られる（表 4.3(b)）。乗用車、バス等のほぼ全ての車両は操作不能な状態となる（表 4.4）。港湾で見られる鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物のほぼ全数が崩壊または大破する（表 4,1(b)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽の多くは大破している（表 4.5）。空港施設では崩壊または大破、中破、軽微または無被害の建物が混在しており、中には構造被害が見られない建物もある。窓ガラスや外壁など非構造部材は全ての建物で大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。鉄道施設に関しては、ほぼ全ての鉄道橋梁、車両が崩壊または大破して多くの路線が運行停止となる（表 4.6(b)、表 4.7）。鉄骨または鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在した状態であるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は全ての建物で大破する（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在した状態であるが、非構造部材は全ての建物で大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話に関しては拠点施設や地中埋設配管が壊滅的な被害を受けて機能停止する（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物、郵便局舎の建物構造は崩壊または大破して使用不能となっている（表 4.1(b)の 9),11)）。

②爆心地から半径 3280～16400ft（1～5km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁は一部に中破の橋梁が見られるがほとんどは軽微または無被害であり、通行も可能である（表 4.3(b)）。爆心地に近い側の車両に関しては操作不能の車両が見られるが、多くの車両は軽微な被害または操作可能である（表 4.4）。爆心地に近い港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物の多くが中破以下の被害であり、軽微または無被害の建物も多数存在する（表 4.1(b)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽では内容液が半分以下のものが大破している（表 4.5）。空港施設では一部の建物が中破となるが、ほとんどは軽微または無被害となる（表 4.1(b)の 9),11)）。一方で、窓ガラスや外壁など非構造部材は大破した状態である（表 4.2(b)）。鉄道施設は、一部の鉄道橋梁が中破となっているが、多くは軽微または無被害となる（表 4.6(b)）。鉄道車両は一部が中破となるが多くは軽微または無被害となる（表 4.7）。鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは軽微または無被害となるが、窓ガラスや外壁などの非構造部材は大破した状態である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は軽微または無被害となるが、非構造部材は大破した状態である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。ライフライン施設は、爆心地に近い側の上水道、下水道、工業用水道、電力、電話に関しては拠点施設や埋設配管が被害を受けて機能停止するが、爆心地から離れた地域では使用可能となる（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、

郵便局舎建物の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。

③爆心地から半径 16400～32800ft（5～10km）の範囲の被害様相

ほとんどの高速道路橋梁は軽微または無被害となり、車両に関しても走行が可能である（表 4.3(b)、表 4.4）。港湾地域の鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物は軽微または無被害である（表 4.1(b)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽で内容液が空のものは大破しているが、その他に関してはほぼ無被害となる（表 4.5）。空港施設の建物は軽軽微な被害または無被害となり、窓ガラスや外壁など非構造部材も一部の建物で被害が出ているが多くの建物は無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(a)）。鉄道施設では、ほとんどの鉄道橋梁、鉄道車は軽微な被害または無被害となる（表 4.3(b)、表 4.4）。鉄骨及び鉄筋コンクリート骨組構造の駅舎の多くは軽微な被害または無被害となり、窓ガラスや外壁など非構造部材も一部の建物で被害が出ているが多くの建物は無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設で鉄筋コンクリート骨組構造の中低層建物は軽微または無被害となり、非構造部材も多くの建物は無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。ライフライン施設は、上水道、下水道、工業用水道、電力、電話が通常通り使用可能な状況である（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎建物の建物構造は軽微または無被害であり、非構造部材も多くの建物は無被害である（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。

（６）1,000KT 地表爆発

①爆心地から半径 3280ft（1km）以内の被害様相

高速道路橋梁は壊滅的な構造被害を受けて全線が通行不可能である（表 4.3(b)）。また、乗用車、バスなどはほとんど全ての車両が操作不能な状態となる（表 4.4）。港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物は崩壊または大破している（表 4.1(b)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽は全て大破している（表 4.5）。空港施設では、全ての建物の構造体、非構造部材が崩壊または大破している（表 4.1(b)の 9),11)）。鉄道施設に関しては、全ての鉄道橋梁及び車両が崩壊または大破しており（表 4.6(b),表 4.7）、鉄道駅舎の建物構造・非構造部材は大破している（表 4.1(b)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造・非構造部材は崩壊または大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は拠点施設や地中埋設管が壊滅的な被害を受けて機能停止する（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎建物は構造体、非構造部材が崩壊または大破して使用不能となる（表 4.1(b)）。

②爆心地から半径 3280～16400ft（1～5km）の範囲の被害様相

高速道路橋梁の多くが崩壊または大破となるが、一部の橋梁に関しては中破以下の被害

のものも見られる（表 4.3(b)）。また、乗用車・バスなどは、ほぼ全ての車両が操作不能な状態であるが、爆心地から離れた場所で一部の大型車両は走行可能となる（表 4.4）。爆心地に近い側の港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物で崩壊または大破している建物も見られるが、爆心地から離れた港湾では中破以下の被害となっている（表 4.1(b)の 2),7),8)）。また、直径 100ft 以下の貯槽は全て大破している（表 4.5）。空港施設の建物は構造体、非構造部材が崩壊または大破しているものと構造体は中破または軽微・無被害で非構造部材が大破しているものが見られる（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。鉄道施設に関しては、崩壊または大破、中破、軽微または無被害の橋梁が混在している。鉄道車両の多くは中破または軽微・無被害であり、走行可能なものもある（表 4.6(b)、表 4.7）。鉄道駅舎の建物構造の被害状況は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造の被害状況は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11), 表 4.2(a)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は拠点施設や地中埋設管が壊滅的な被害を受けて機能停止している（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎の建物構造の被害状況は崩壊または大破、中破、軽微または無被害が混在しており、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。

**③爆心地から半径 16400～32800ft（5～10km）の範囲の被害様相**

高速道路橋梁の多くは、軽微な被害または無被害となる（表 4.3(b)）。また、ほとんどの車両が走行可能である（表 4.4）。港湾地域では鉄筋コンクリート壁式構造の倉庫建物、重量鉄骨構造の工場建物の構造体は軽微な被害または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 2),7),8)、表 4.2(b)）。また、直径 100ft 以下の貯槽は内容液の容量が半分以下のものほど大破している（表 4.5）。空港施設の建物の構造体は軽微な被害または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。鉄道施設に関しては、多くの鉄道橋梁が無被害であり、鉄道車両に関してもほぼ走行可能である（表 4.6(b)、表 4.7）。鉄道駅舎の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。公共賃貸住宅や文教施設の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は崩壊または大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。上水道、下水道、工業用水道、電力、電話は拠点施設が大破しているため機能停止している（表 4.8～4.11）。農林漁業用の建物施設、郵便局舎の建物構造は軽微または無被害であるが、非構造部材は大破している（表 4.1(b)の 9),11)、表 4.2(b)）。

表 4.1 (a) 核威力別の建物の被害発生距離（最適高度）[4)]

| 構造種別 | 構造物の説明 | 被害 | 爆心地からの距離（ft） | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 1) | 多層階鉄筋コンクリート造壁式建物、I メガトン 30psi マッハ領域圧力に対する爆風耐性設計、窓なし | 大被害 | 1,700 | 3,000 | 6,400 |
| | | 中被害 | 2,000 | 3,400 | 7,100 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 2) | 多層階鉄筋コンクリート造壁式建物、小窓面積、3-8 階 | 大被害 | 3,200 | 6,000 | 13,000 |
| | | 中被害 | 4,000 | 7,100 | 16,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 3) | 多層階レンガ造集合住宅、最大 3 階 | 大被害 | 5,800 | 10,000 | 20,000 |
| | | 中被害 | 6,900 | 11,000 | 23,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 4) | 多層階壁式構造歴史的建物、最大 4 階 | 大被害 | 4,000 | 7,000 | 15,000 |
| | | 中被害 | 4,800 | 8,000 | 17,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 5) | 木造建物（住宅）、1-2 階 | 大被害 | 3,200 | 13,000 | 29,000 |
| | | 中被害 | 4,100 | 15,000 | 33,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 6) | 1 階建て軽量鉄骨造工業用建物、クレーン能力最大 5 トン、壊れやすい低強度壁 | 大被害 | 3,200 | 6,200 | 18,000 |
| | | 中被害 | 4,100 | 8,000 | 20,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 7) | 1 階建て重量鉄骨造工業用建物、クレーン能力 25-50 トン、壊れやすい軽量低強度壁 | 大被害 | 2,800 | 5,100 | 14,000 |
| | | 中被害 | 3,500 | 6,100 | 16,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 8) | 1 階建て重量鉄骨造工業用建物、クレーン能力 60-100 トン、壊れやすい軽量低強度壁 | 大被害 | 2,400 | 4,700 | 11,000 |
| | | 中被害 | 3,000 | 5,200 | 12,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 9) | 多層階鉄骨造オフィス建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、耐震建築 | 大被害 | 1,600 | 3,100 | 8,000 |
| | | 中被害 | 2,000 | 3,800 | 9,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 10) | 多層階鉄骨造オフィス建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、非耐震建築 | 大被害 | 2,000 | 4,000 | 11,000 |
| | | 中被害 | 2,600 | 4,900 | 12,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 11) | 多層階鉄筋コンクリート造オフィス型建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、耐震建築 | 大被害 | 1,900 | 3,500 | 8,900 |
| | | 中被害 | 2,200 | 4,100 | 9,700 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |
| 12) | 多層階鉄筋コンクリート造オフィス型建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、非耐震建築 | 大被害 | 2,200 | 4,200 | 11,000 |
| | | 中被害 | 2,900 | 5,000 | 12,000 |
| | | 軽微被害 | － | － | － |

表 4.1 (b) 核威力別の建物の被害発生距離（地表）[4)]

| 構造種別 | 構造物の説明 | 被害 | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 1) | 多層階鉄筋コンクリート造壁式建物、I メガトン 30psi マッハ領域圧力に対する爆風耐性設計、窓なし | 大被害 | 1,275 | 2,250 | 4,800 |
| | | 中被害 | 1,500 | 2,550 | 5,325 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 2) | 多層階鉄筋コンクリート造壁式建物、小窓面積、3-8 階 | 大被害 | 2,400 | 4,500 | 9,750 |
| | | 中被害 | 3,000 | 5,325 | 12,000 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 3) | 多層階レンガ造集合住宅、最大 3 階 | 大被害 | 4,350 | 7,500 | 15,000 |
| | | 中被害 | 5,175 | 8,250 | 17,250 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 4) | 多層階壁式構造歴史的建物、最大 4 階 | 大被害 | 3,000 | 5,250 | 11,250 |
| | | 中被害 | 3,600 | 6,000 | 12,750 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 5) | 木造建物（住宅）、1-2 階 | 大被害 | 2,400 | 9,750 | 21,750 |
| | | 中被害 | 3,075 | 11,250 | 24,750 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 6) | 1 階建て軽量鉄骨造工業用建物、クレーン能力最大 5 トン、壊れやすい低強度壁 | 大被害 | 2,400 | 4,650 | 13,500 |
| | | 中被害 | 3,075 | 6,000 | 15,000 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 7) | 1 階建て重量鉄骨造工業用建物、クレーン能力 25-50 トン、壊れやすい軽量低強度壁 | 大被害 | 2,100 | 3,825 | 10,500 |
| | | 中被害 | 2,625 | 4,575 | 12,000 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 8) | 1 階建て重量鉄骨造工業用建物、クレーン能力 60-100 トン、壊れやすい軽量低強度壁 | 大被害 | 1,800 | 3,525 | 8,250 |
| | | 中被害 | 2,250 | 3,900 | 9,000 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 9) | 多層階鉄骨造オフィス建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、耐震建築 | 大被害 | 1,200 | 2,325 | 6,000 |
| | | 中被害 | 1,500 | 2,850 | 6,750 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 10) | 多層階鉄骨造オフィス建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、非耐震建築 | 大被害 | 1,500 | 3,000 | 8,250 |
| | | 中被害 | 1,950 | 3,675 | 9,000 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 11) | 多層階鉄筋コンクリート造オフィス型建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、耐震建築 | 大被害 | 1,425 | 2,625 | 6,675 |
| | | 中被害 | 1,650 | 3,075 | 7,275 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |
| 12) | 多層階鉄筋コンクリート造オフィス型建物、3-10 階、壊れやすい軽量低強度壁、非耐震建築 | 大被害 | 1,650 | 3,150 | 8,250 |
| | | 中被害 | 2,175 | 3,750 | 9,000 |
| | | 軽微被害 | — | — | — |

表 4.1 (c) 建物被害の説明 [4)]

| 構造種別 | 大被害 | 中被害 | 軽微被害 |
|---|---|---|---|
| 1) | 壁崩落、骨組みの重大な変形、初期段階の倒壊 | 壁に割れ目又は割れ目発生寸前、骨組みが変形、通路に被害、ドアが内側にめり込む又は動かなくなる、コンクリートが広範に砕け散る | コンクリート壁と骨組みの一部に亀裂 |
| 2) | 壁崩落、骨組みの重大な変形、初期段階の倒壊 | 外壁が激しく亀裂、内部隔壁が激しく亀裂又は倒壊、構造骨組みは回復不能な変形、コンクリートが広範に砕け散る | 窓とドアが内側にめり込む。内部隔壁に亀裂 |
| 3) | 耐力壁の崩落、その結果としての構造物の完全倒壊 | 外壁が激しく亀裂、内部隔壁が激しく亀裂又は倒壊 | 窓とドアが内側にめり込む。内部隔壁に亀裂 |
| 4) | 耐力壁の崩落、その結果としての耐力壁に支えられていた構造物の倒壊。壁の一部が仕切り壁によって遮蔽されていた場合、構造物の当該部分の被害は中被害にとどまる可能性あり | 爆風に面した外壁が激しく亀裂、内部隔壁が激しく亀裂、建物奥の被害はそれほど激しくない可能性も | 窓とドアが内側にめり込む。内部隔壁に亀裂 |
| 5) | 骨組みが崩壊、その結果、建物はほぼ完全に倒壊 | 壁の骨組みに亀裂。屋根に大きな被害、内部隔壁が倒壊。 | 窓とドアが内側にめり込む。内部隔壁に亀裂 |
| 6) | 骨組みの重大な変形又は倒壊 | 骨組みが軽微又は大きく変形;クレーンは、あったとしても、修理するまで使用不可。 | 窓とドアが内側にめり込む。外壁の軽量羽目板が剥げ落ちる |
| 7) | 骨組みの重大な変形又は倒壊 | 骨組みが一部変形;クレーンは修理するまで使用不可。 | 窓とドアが内側にめり込む。外壁の軽量羽目板が剥げ落ちる |
| 8) | 骨組みの重大な変形又は倒壊 | 骨組みが一部変形;クレーンは修理するまで使用不可。 | 窓とドアが内側にめり込む。外壁の軽量羽目板が剥げ落ちる |
| 9) | 骨組みの重大な変形又は倒壊 | 骨組みが中被害に変形、内部隔壁が倒壊。 | 窓とドアが内側にめり込む。外壁の軽量羽目板が剥げ落ちる、内部隔壁に亀裂 |
| 10) | 骨組みの重大な変形又は倒壊 | 骨組みが中被害に変形、内部隔壁が倒壊。 | 窓とドアが内側にめり込む。外壁の軽量羽目板が剥げ落ちる、内部隔壁に亀裂 |
| 11) | 骨組みの重大な変形又は倒壊 | 骨組みが中被害に変形。内部隔壁が倒壊、コンクリートが一定程度砕け散る | 窓とドアが内側にめり込む。外壁の軽量羽目板が剥げ落ちる、内部隔壁に亀裂 |
| 12) | 骨組みの重大な変形又は倒壊 | 骨組みが中被害に変形。内部隔壁が倒壊、コンクリートが一定程度砕け散る | 窓とドアが内側にめり込む。外壁の軽量羽目板が剥げ落ちる、内部隔壁に亀裂 |

表 4.2 (a) 核威力別の建物非構造部材の被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離（最適高度）[4)]

| 非構造部材 | 不具合 | 側面最大過圧（psi） | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| ガラス窓、大・小 | 通常､粉々に割れる、時には骨組みに不具合　（大被害） | 0.5-1.0 | 15,100 | 25,900 | 55,700 |
| 波形アスベストス羽目板 | 粉々に割れる（大被害） | 1.0-2.0 | 15,100-10,100 | 25,900-17,200 | 55,700-37,100 |
| 波形鉄鋼又はアルミニウム・パネル用材 | 接続不具合、次いでバックリング　（大被害） | 1.0-2.0 | 15,100-10,100 | 25,900-17,200 | 55,700-37,100 |
| レンガ壁パネル、厚さ８インチ又は12インチ（鉄筋なし） | せん断及び屈曲不具合　（大被害） | 3.0-10.0 | 6,300-3,800 | 10,800-6,500 | 23,200-13,900 |

表 4.2 (b) 核威力別の建物非構造部材の被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離（地表爆発）[4)]

| 非構造部材 | 不具合 | 側面最大過圧（psi） | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| ガラス窓、大・小 | 通常、粉々に割れる、時には骨組みに不具合　（大被害） | 0.5-1.0 | 10,000 | 17,200 | 37,100 |
| 波形アスベストス羽目板 | 粉々に割れる（大被害） | 1.0-2.0 | 10,000-6,300 | 17,200-10,800 | 37,100-23,200 |
| 波形鉄鋼又はアルミニウム・パネル用材 | 接続不具合、次いでバックリング　（大被害度） | 1.0-2.0 | 10,000-6,300 | 17,200-10,800 | 37,100-23,200 |
| レンガ壁パネル、厚さ８インチ又は12インチ（鉄筋なし） | せん断及び屈曲不具合　（大被害） | 3.0-10.0 | 4,400-2,800 | 7,500-4,700 | 16,200-10,200 |

表 4.3（a）　核威力別の道路橋梁の被害発生距離（最適高度）[4)]

| 構造種別 | 被害状況 | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 13)道路トラス橋、4 車線、全長 200～400 フィート | 大被害 | 2,200 | 4,300 | 11,000 |
| | 中被害 | 2,800 | 5,100 | 12,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 14)道路トラス橋、2 車線、全長 200～400 フィート | 大被害 | 2,700 | 5,100 | 13,000 |
| | 中被害 | 3,200 | 6,000 | 15,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 16)道路桁橋、4 車線スルー、全長 75 フィート | 大被害 | 1,400 | 2,700 | 6,500 |
| | 中被害 | 1,700 | 3,100 | 7,300 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 17)道路桁橋、2 車線デッキ、2 車線スルー、全長 75 フィート | 大被害 | 1,800 | 3,400 | 9,000 |
| | 中被害 | 2,100 | 4,000 | 10,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 19)道路桁橋、2 車線スルー、4 車線デッキ又はスルー、全長 200 フィート | 大被害 | 2,100 | 4,200 | 11,000 |
| | 中被害 | 2,700 | 5,000 | 13,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 20)道路桁橋、2 車線デッキ、全長 200 フィート | 大被害 | 3,000 | 6,000 | 15,000 |
| | 中被害 | 3,900 | 7,000 | 17,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |

表 4.3 (b) 核威力別の道路橋梁の被害発生距離（地表）[4)]

| 構造種別 | 被害 | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 13)道路トラス橋、4 車線、全長 200～400 フィート | 大被害 | 1,650 | 3,225 | 8,250 |
| | 中被害 | 2,100 | 3,825 | 9,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 14)道路トラス橋、2 車線、全長 200～400 フィート | 大被害 | 2,025 | 3,825 | 9,750 |
| | 中被害 | 2,400 | 4,500 | 11,250 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 16)道路桁橋、4 車線スルー、全長 75 フィート | 大被害 | 1,050 | 2,025 | 4,875 |
| | 中被害 | 1,275 | 2,325 | 5,475 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 17)道路桁橋、2 車線デッキ、2 車線スルー、全長 75 フィート | 大被害 | 1,350 | 2,550 | 6,750 |
| | 中被害 | 1,575 | 3,000 | 7,500 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 19)道路桁橋、2 車線スルー、4 車線デッキ又はスルー、全長 200 フィート | 大被害 | 1,575 | 3,150 | 8,250 |
| | 中被害 | 2,025 | 3,750 | 9,750 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 20)道路桁橋、2 車線デッキ、全長 200 フィート | 大被害 | 2,250 | 4,500 | 11,250 |
| | 中被害 | 2,925 | 5,250 | 12,750 |
| | 軽微被害 | － | － | － |

表 4.3 (c)　道路橋梁被害の説明 [4)]

| 被害状況 | 被害の説明 |
|---|---|
| 大被害 | 横支柱又はアンカレッジの完全破壊、橋梁倒壊 |
| 中被害 | 横支柱の大幅変形又はサポート上の滑脱、橋梁能力の大幅縮小 |
| 軽微被害 | 橋梁能力の大幅縮小回避、一部橋梁構造材の変形 |

表 4.4　核威力別の車両被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離 [4)]

| 車両の種類 | 被害 | 過圧（psi） | 爆心地からの距離(ft) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 空中爆発 | | | 地表爆発 | | |
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 乗用車 | 使用不可 | 5-6 | 5000 | 8000 | 20000 | 3000 | 6000 | 13200 |
| | 中被害 | 3-5 | 6300 | 10800 | 23200 | 4400 | 7500 | 16200 |
| バス | 使用不可 | 10-12 | 3000 | 6000 | 12000 | 2000 | 4500 | 9000 |
| | 中被害 | 6-10 | 3800 | 6500 | 13900 | 2800 | 4700 | 10200 |
| 消防車 | 使用不可 | 10-12 | 3000 | 6000 | 12000 | 2500 | 4500 | 10200 |
| | 中被害 | 6-10 | 3800 | 6500 | 13900 | 2800 | 4700 | 14000 |
| 修繕車 | 使用不可 | 10-12 | 3000 | 5000 | 12000 | 2500 | 4500 | 10200 |
| | 中被害 | 6-10 | 3800 | 6500 | 13900 | 2800 | 4700 | 9000 |
| 土砂・瓦礫運搬機械 | 使用不可 | 30-35 | 1000 | 3000 | 7000 | 1500 | 2700 | 5800 |
| | 中被害 | 20-30 | 2500 | 4200 | 9100 | 1900 | 3200 | 7000 |
| トラック搭載土木機械 | 使用不可 | 15-17 | 3000 | 5500 | 12000 | 2300 | 3800 | 9000 |
| | 中被害 | 12-15 | 3800 | 6500 | 13900 | 2800 | 4000 | 9500 |

表 4.5　浮き屋根又は円錐形屋根の貯槽の重度爆風被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離 [4)]

| 直径(ft) | 高さ(ft) | 容量 | 大被害が生じる最大過圧（psi） | | | 大被害被害の爆心地からの距離(ft) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 状況 | 1～500kt | 500kt 以上 | 1～500kt | 500kt 以上 |
| 100.0 | 30.0-70.0 | 満液時の90% | 大被害 | 12.7-22.5 | 6.6-6.7 | 6000-4000 | 19000 |
| | 30.0-70.0 | 満液時の50% | | 8.8-11.3 | 6.6-6.7 | 7000-6000 | 19000 |
| | 30.0-70.0 | 空 | | 1.4-0.9 | 1.3-0.9 | 25000 | 50000 |
| 75.0 | 22.5-52.5 | 満液時の90% | 大被害 | 5.7-9.0 | 5.8-5.3 | 8600 | 20000 |
| | 22.5-52.5 | 満液時の50% | | 5.7-9.0 | 5.8-5.3 | 8600 | 20000 |
| | 22.5-52.5 | 空 | | 1.4-0.9 | 1.3-0.9 | 25000 | 50000 |
| 50.0 | 15.0-35.0 | 満液時の90% | 大被害 | 5.9-6.2 | 5.8-4.1 | 9400 | 21000 |
| | 15.0-35.0 | 満液時の50% | | 5.9-4.3 | 5.8-4.1 | 10000 | 21000 |
| | 15.0-35.0 | 空 | | 1.4-0.8 | 1.3-0.9 | 25000 | 50000 |

表 4.6（a）　核威力別の鉄道橋梁の被害発生距離（最適高度）[4)]

| 構造種別 | 被害 | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 13)鉄道トラス橋、複線バラスト床、全長 200～400 フィート | 大被害 | 2,200 | 4,300 | 11,000 |
| | 中被害 | 2,800 | 5,100 | 12,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 14)鉄道トラス橋、単線バラスト又は複線バラスト床、全長 200～400 フィート；鉄道トラス橋、単線開床、全長 400 フィート | 大被害 | 2,700 | 5,100 | 13,000 |
| | 中被害 | 3,200 | 6,000 | 15,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 15)鉄道トラス橋、単線開床、全長 200 フィート | 大被害 | 3,000 | 5,900 | 15,000 |
| | 中被害 | 3,800 | 7,000 | 17,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 17)鉄道桁橋、複線デッキ、開床又はバラスト床、全長 75 フィート；鉄道桁橋、単線又は複線スルー、開床、全長 75 フィート | 大被害 | 1,800 | 3,400 | 9,000 |
| | 中被害 | 2,100 | 4,000 | 10,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 18)鉄道桁橋、単線デッキ、開床又はバラスト床、全長 75 フィート；鉄道桁橋、単線又は複線スルー、開床、全長 75 フィート | 大被害 | 2,700 | 5,000 | 13,000 |
| | 中被害 | 3,200 | 6,000 | 15,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 19)鉄道桁橋、複線デッキ又はスルー、バラスト床、全長 200 フィート | 大被害 | 2,100 | 4,200 | 11,000 |
| | 中被害 | 2,700 | 5,000 | 13,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 20)鉄道桁橋、単線デッキ又はスルー、バラスト床、全長 200 フィート；鉄道桁橋、複線デッキ又はスルー、開床、全長 200 フィート | 大被害 | 3,000 | 6,000 | 15,000 |
| | 中被害 | 3,900 | 7,000 | 17,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 21)鉄道桁橋、単線デッキ又はスルー、開床、全長 200 フィート | 大被害 | 4,800 | 9,000 | 23,000 |
| | 中被害 | 6,000 | 11,000 | 27,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |

表 4.6（b）　核威力別の鉄道橋梁の被害発生距離（地表）[4)]

| 構造種別 | 被害 | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 20kt | 100kt | 200kt |
| 13)鉄道トラス橋、複線バラスト床、全長 200～400 フィート | 大被害 | 1,650 | 3,225 | 8,250 |
| | 中被害 | 2,100 | 3,825 | 9,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 14)鉄道トラス橋、単線バラスト又は複線バラスト床、全長 200～400 フィート；鉄道トラス橋、単線開床、全長 400 フィート | 大被害 | 2,025 | 3,825 | 9,750 |
| | 中被害 | 2,400 | 4,500 | 11,250 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 15)鉄道トラス橋、単線開床、全長 200 フィート | 大被害 | 2,250 | 4,425 | 11,250 |
| | 中被害 | 2,850 | 5,250 | 12,750 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 17)鉄道桁橋、複線デッキ、開床又はバラスト床、全長 75 フィート；鉄道桁橋、単線又は複線スルー、開床、全長 75 フィート | 大被害 | 1,350 | 2,550 | 6,750 |
| | 中被害 | 1,575 | 3,000 | 7,500 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 18)鉄道桁橋、単線デッキ、開床又はバラスト床、全長 75 フィート；鉄道桁橋、単線又は複線スルー、開床、全長 75 フィート | 大被害 | 3,750 | 5,175 | 9,750 |
| | 中被害 | 4,500 | 6,000 | 11,250 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 19)鉄道桁橋、複線デッキ又はスルー、バラスト床、全長 200 フィート | 大被害 | 1,575 | 3,150 | 8,250 |
| | 中被害 | 2,025 | 3,750 | 9,750 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 20)鉄道桁橋、単線デッキ又はスルー、バラスト床、全長 200 フィート；鉄道桁橋、複線デッキ又はスルー、開床、全長 200 フィート | 大被害 | 2,250 | 4,500 | 11,250 |
| | 中被害 | 2,925 | 5,250 | 12,750 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 21)鉄道桁橋、単線デッキ又はスルー、開床、全長 200 フィート | 大被害 | 6,750 | 9,000 | 17,250 |
| | 中被害 | 8,250 | 12,000 | 20,250 |
| | 軽微被害 | － | － | － |

表 4.6（c）　鉄道橋梁被害の説明 [4)]

| 被害状況 | 被害の説明 |
|---|---|
| 大被害 | 横支柱又はアンカレッジの完全破壊、橋梁倒壊 |
| 中被害 | 横支柱の大幅変形又はサポート上の滑脱、橋梁能力の大幅縮小 |
| 軽微被害 | 橋梁能力の大幅縮小回避、一部橋梁構造材の変形 |

表 4.7　核威力別の鉄道車両及び機関車の爆風被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離 [4)]

| 鉄道車両の種類 | 被害 | 過圧（psi） | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 鉄道車両 | 使用不可 | 25 | 2000 | 3500 | 7600 |
| | 中被害 | 15 | 3150 | 5350 | 11500 |
| 機関車 | 使用不可 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| | 中被害 | 30 | 1600 | 2800 | 6100 |

表 4.8　核威力別の下水道施設の爆風被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離 [4),5)]

| ライフライン施設の種類 | 被害 | 過圧（psi） | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 下水処理設備（ポンプ場） | 使用可能 | 5 未満 | 5500 | 9300 | 20000 |
| 埋設管 | 安全 | 10-15 未満 | 3800 | 6500 | 13900 |

表 4.9　核威力別の上水道施設の爆風被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離 [4),5)]

| ライフライン施設の種類 | 被害 | 過圧（psi） | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 水処理プラント及びポンプ場 | 使用可能 | 5 未満 | 5500 | 9300 | 20000 |
| 上水道施設（建物内のサービス接続及び配管） | 不具合 | 2 超 | 10100 | 17200 | 37100 |
| 埋設管 | 安全 | 10-15 未満 | 3800 | 6500 | 13900 |

表 4.10　核威力別の電力施設の爆風被害発生の最大過圧及び爆心地からの距離 [4),5)]

| ライフライン施設の種類 | 被害 | 過圧（psi） | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 電力施設 | 停電 | 5 超 | 5500 | 9300 | 20000 |
| | 中被害 | 2-5 | 10100 | 17200 | 37100 |
| | 最小限 | 2 未満 | 15100 | 25900 | 37100 |
| 電柱及び送電塔 | 大被害（倒壊） | 約 3 | 6300 | 10800 | 23200 |
| 送電線ラジアル | 大被害（崩落） | 4-5 超 | 6300 | 10800 | 23200 |
| 固定アンテナ塔 | 大被害　（機能停止） | 4-6 | 6300 | 10800 | 23200 |
| 電柱搭載変圧器 | 大被害（損傷） | 約 3 | 12000 | 21000 | 29000 |

表 4.11 (a) 核威力別の電話回線の爆風被害発生距離（最適高度）[4),5)]

| ライフライン施設の種類 | 被害 | 爆心地からの距離（ft） | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 電話回線（爆風進行方向） | 大被害 | 4,000 | 7,500 | 10,000 |
| | 中被害 | 4,000 | 7,500 | 10,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 電話回線（爆風直行方向） | 大被害 | 5,000 | 10,000 | 13,000 |
| | 中被害 | 5,000 | 10,000 | 13,000 |
| | 軽微被害 | － | － | － |

表 4.11 (b) 核威力別の電話回線の爆風被害発生距離（地表）[4),5)]

| ライフライン施設の種類 | 被害 | 爆心地からの距離(ft) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 20kt | 100kt | 1,000KT |
| 電話回線（ラジアル） | 大被害 | 3,000 | 5,625 | 7,500 |
| | 中被害 | 3,000 | 5,625 | 7,500 |
| | 軽微被害 | － | － | － |
| 電話回線（トランスバース） | 大被害 | 3,750 | 7,500 | 9,750 |
| | 中被害 | 3,750 | 7,500 | 9,750 |
| | 軽微被害 | － | － | － |

## ５．社会インフラの復旧・復興過程

社会インフラの復旧・復興過程については、在留放射線の影響による復旧・復興作業の実施可能性に関する検討結果を示した。

風速 10 ノット（5.1m/s）で 20KT の地表爆発が発生した場合、1 時間当たり 0.01 シーベルト（Sv）以下の範囲は、長さ 792 キロフィート（kft）（241km）、幅 79kft（24km）の外側となる。100KT の地表爆発が発生した場合には、長さ 1,584kft（482km）、幅 158kft（48km）の外側となる。1,000KT（1MT ）の地表爆発が発生した場合には、長さ 4,224kft（1,287km）、幅 422kft（129km）の外側となる（図 5.1、表 5.1）。この範囲で、現在の環境省の基準値以下[6)]（1 時間当たり 3.8 マイクロシーベルト（μS v）、8 時間屋外で 16 時間屋内）となり、復旧・復興作業に着手できるようになるには約 30 日を必要とする(表 5.2)。

風速 10 ノット（5.1m/s）で 20KT の地表爆発が発生した場合に 1 時間当たり 30Sv の放射線量の範囲は、長さ 15.8kft（4.8km）、幅 0.5kft（0.15km）、100KT の場合には長さ 37kft（11km）、幅 2.1kft（0.64 km）、1,000KT （1MT）の場合には 95 kft（28 km）、14.8 kft（4.5 km）となる。この範囲において復旧・復興作業に着手できるようになるには約 7 年の期間を要する。

一方、阪神・淡路大震災において東西約 20km、南北 5～6km の社会インフラが復旧・復興工事が完了するのに 2～3 年を要したこと、及び上記の残留放射線の影響期間を考慮すると 1,000KT の地表爆発の場合では最短で 9～10 年程度、100 KT や 20 KT の場合にはさらに短期間で復旧・復興が可能になると考えられる。

なお、空中爆発の場合の放射線量は地表爆発の約 0.35 倍になるため、爆心地付近の 1 時間当たり 30Sv の地区で復旧･復興作業に着手できるようになるのに約 4 年の期間を要する。空中爆発の場合は、復旧・復興工事が完了するのに 6～7 年の歳月を要すると想定される。

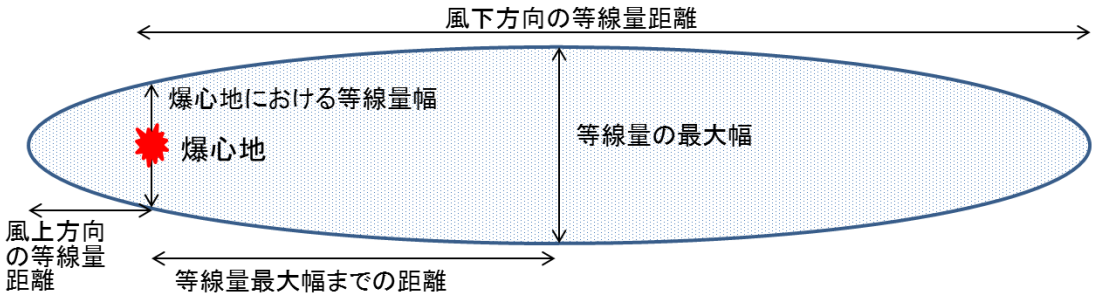



図 5.1　理論的な初期放射性降下物等線量線 [3)]

表 5.1 論理的初期放射性降下物等線量線モデルの核威力別の風下距離、最大幅、最大幅への距離、爆心地幅及び風上距離、有効風速 10 ノット単位 [3)]

(シーベルト/時)

| 核威力 (kt) | 風下距離(kft) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30Sv/h | 10Sv/h | 3Sv/h | 1Sv/h | 0.3Sv/h | 0.1Sv/h | 0.03Sv/h | 0.01Sv/h |
| 20 | 15.8 | 31.7 | 95.0 | 158.4 | 290.4 | 422.4 | 580.8 | 792.0 |
| 100 | 37.0 | 79.2 | 184.8 | 369.6 | 633.6 | 950.4 | 1161.6 | 1584.0 |
| 1000 | 95.0 | 205.9 | 528.0 | 1056.0 | 1584.0 | 2376.0 | 3168.0 | 4224.0 |
| 核威力 (kt) | 最大幅(kft) | | | | | | | |
| | 30Sv/h | 10Sv/h | 3Sv/h | 1Sv/h | 0.3Sv/h | 0.1Sv/h | 0.03Sv/h | 0.01Sv/h |
| 20 | 0.5 | 1.8 | 5.3 | 10.6 | 21.1 | 37.0 | 52.8 | 79.2 |
| 100 | 2.1 | 6.3 | 13.2 | 26.4 | 52.8 | 79.2 | 105.6 | 158.4 |
| 1000 | 14.8 | 31.7 | 63.4 | 105.6 | 158.4 | 237.6 | 316.8 | 422.4 |
| 核威力 (kt) | 最大幅への距離(kft) | | | | | | | |
| | 30Sv/h | 10Sv/h | 3Sv/h | 1Sv/h | 0.3Sv/h | 0.1Sv/h | 0.03Sv/h | 0.01Sv/h |
| 20 | 7.9 | 10.6 | 31.7 | 63.4 | 79.2 | 184.8 | 264.0 | 369.6 |
| 100 | 13.2 | 26.4 | 63.4 | 158.4 | 237.6 | 369.6 | 528.0 | 792.0 |
| 1000 | 18.5 | 63.4 | 105.6 | 422.4 | 792.0 | 1056.0 | 1584.0 | 2112.0 |
| 核威力 (kt) | 爆心地幅(kft) | | | | | | | |
| | 30Sv/h | 10Sv/h | 3Sv/h | 1Sv/h | 0.3Sv/h | 0.1Sv/h | 0.03Sv/h | 0.01Sv/h |
| 20 | 0.8 | 1.6 | 4.0 | 7.9 | 9.5 | 13.2 | 15.8 | 21.1 |
| 100 | 1.8 | 4.0 | 10.6 | 13.2 | 18.5 | 21.1 | 31.7 | 37.0 |
| 1000 | 7.9 | 15.8 | 26.4 | 37.0 | 44.9 | 63.4 | 79.2 | 105.6 |
| 核威力 (kt) | 風上距離(kft) | | | | | | | |
| | 30Sv/h | 10Sv/h | 3Sv/h | 1Sv/h | 0.3Sv/h | 0.1Sv/h | 0.03Sv/h | 0.01Sv/h |
| 20 | 0.4 | 0.8 | 2.0 | 4.0 | 4.8 | 6.6 | 7.9 | 10.6 |
| 100 | 0.9 | 2.0 | 5.3 | 6.6 | 9.2 | 10.6 | 15.8 | 18.5 |
| 1000 | 4.0 | 7.9 | 13.2 | 18.5 | 22.4 | 31.7 | 39.6 | 52.8 |

表 5.2　核分裂生成物崩壊要因（爆発後 1 時間から正規化）[3)]

| 爆発後経過時間（日数） | 爆発後経過時間（時間数） | 核分裂生成物崩壊要因 |
|---|---|---|
| 0.0 | 1 | 1.00000000 |
| 0.4 | 10 | 0.06000000 |
| 5.0 | 120 | 0.00300000 |
| 10.0 | 240 | 0.00150000 |
| 30.0 | 720 | 0.00030000 |
| 180.0 | 4320 | 0.00004000 |
| 365.0 | 8760 | 0.00000700 |
| 1825.0 | 43800 | 0.00000015 |
| 3650.0 | 87600 | 0.00000004 |
| 7300.0 | 175200 | 0.00000002 |

## ６．まとめ

本稿では、内閣府によって社会インフラ（社会資本）と定義されている道路、港湾、航空、鉄道、公共賃貸住宅、下水道、廃棄物処理、水道、都市公園、文教施設、農林漁業、郵便、工業用水道に、電力、通信を加えた 15 分野を対象として原子爆弾による被害想定を行った。

被害想定の検討対象とした原子爆弾の規模と爆発形態は、晴れの日の昼間に 20KT、100KT、1,000KT の原子爆弾を空中または地表爆発させる 6 ケースとした。なお、空爆発の場合は、既往の研究成果を参考にして爆風圧の等圧線が最も広くなくような爆発高度を設定した。また、原子爆弾の影響としては、爆風圧（急激な圧力上昇）と熱線による被害を対象とした。

爆風と熱線による社会インフラの被害想定では、構成要素である各種建物構造、建物非構造部材（外装材、窓など）、構造道路橋梁、自動車車両、地上貯槽、鉄道橋梁、鉄道車両、下水道施設、上水道施設、電力施設、通信施設（固定電話）に関して、既往の研究を参考にして原子爆弾の規模、爆風圧、被害程度ごとの爆心地距離（しきい値）の関係を整理した後、構成要素の被害状況を踏まえて社会インフラの被害様相を定性的に記述した。被害様相は、上述の 6 ケースの原子爆弾の規模と爆発形態について爆心地からの距離 1km 以内、1～5km、5～10km に分けて記述した。

さらに、残留放射線の減少期間と社会インフラの復旧・復興工事期間を考慮し、原子爆弾による社会インフラの復旧・復興期間の概算値を示した。

# 参考文献

1）内閣府政策統括官（経済社会システム担当）、日本の社会資本 2012、http://www5.cao.go.jp/keizai2/jmcs/docs/jmcs_document_list.html。

2）広島市国民保護協議会核兵器攻撃被害想定専門部会、核兵器攻撃被害想定専門部会報告書、平成 19 年 11 月 9 日。

3）Defense Nuclear Agency, Capabilities of Nuclear Weapons Part I Phenomenology, 1972.

4）Defense Nuclear Agency, Capabilities of Nuclear Weapons Part II Damage Criteria, 1972.

5）Federal Emergency Management Agency, Attack Environment Manual Chapter 2 What the planner needs to know about blast and shock, 1987.

6) 環境省 : 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料の掲載について（お知らせ）、(3)Q&A3.2. 第 2 章 事故の状況、http://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo-01.html.

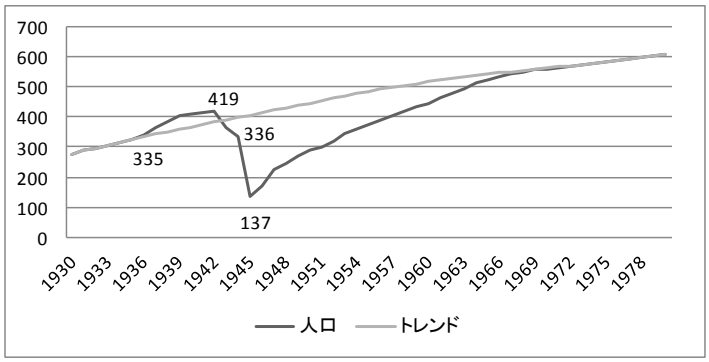
# 第４章　核兵器使用の経済的影響

（伴　金美）

## １．はじめに

核兵器の使用による人的・物的な被害とその経済的影響の大きさは計り知れないものがある。図 1 は、1930 年から 1980 年までの広島市人口の推移と原爆がなかったと仮定した場合の人口趨勢を表している。それによれば、1944 年時点の人口は、空爆の影響で疎開が行われ、ピーク時の 1942 年の 41 万 9 千人から減少し、33 万 6 千人であったが、原爆投下直後に 13 万 7 千人へ 19 万 9 千人も減少している。その水準に戻ったのは 1953 年であるが、第二次大戦中の米国による空爆がその後の日本の都市人口に与えた影響を分析した Davis and Weinstein (2002)によれば、広島市の人口が原爆投下前の 1925 年から 1940 年までの人口趨勢水準に戻ったのは 1975 年頃であったと推定している。また、長崎の場合は 1960 年頃であったと推定している。いずれの都市についても、人口回復力の視点から見た原爆投下の影響は、東京大空襲や大阪大空襲よりも遙かに大きかったとされている。人口動向は経済的影響を見る上で重要な指標であるが、原爆が投下された都市の回復には長い年月を要し、特に広島の場合、元の状態に戻るのに 30 年以上要したことになる。

図 1　広島市人口　（千人）　（広島市統計書）




広島に投下された原爆は TNT 換算で 16 キロトン（KT）であるが、核兵器の破壊力は冷戦下で著しく高まっている。Office of Technology Assessment (1979)は、25 メガトン（MT）規模の核兵器がデトロイト市上空で炸裂した場合の被害を詳細に試算しているが、自動車製造業の中心地であり、広島を著しく大きく上回る被害となる。

本論は、核兵器の使用が経済に与える影響を見ようとするものであるが、それを直接的に評価するのではなく、これまで世界が直面した戦争や様々な自然災害によって経済がどのような影響を受けてきたかを示すことで間接的に評価しようとするものである。

本論では、人的損失・資本損失による生産力低下、ネットワーク破断による影響、特に

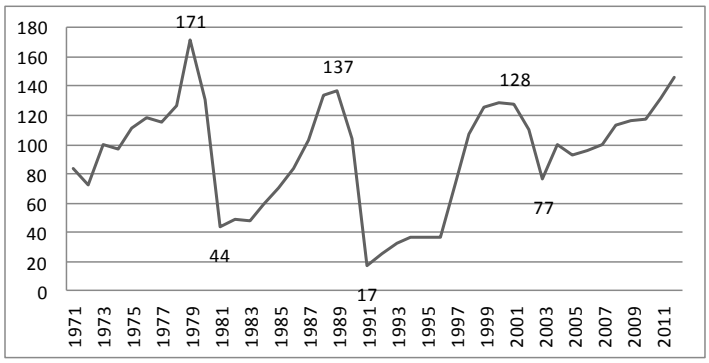
サプライチェーン破断による影響、金融市場の混乱による影響について評価する。

## ２．人的損失・資本損失による影響

### ２．１　イラク

イラクは、たびたび戦争を行っているが、その影響が最も大きく表れるのは原油生産量である。図 2 は、イラクの原油生産量の推移を表したものである。第 1 の戦争は、イラン・イラク戦争であり、1980 年 9 月 22 日に始まり 1988 年 8 月 20 日の停戦合意まで続いた。両国の石油輸出の要所であるシャトル・アラブ川の領有をめぐるものであったが、その結果、原油生産量は 1979 年 171 メガトン（Mt）の生産が、1981 年には 44 Mt に四分の一に激減した。第 2 の戦争は、1990 年 8 月 2 日にイラクがクウェートに侵攻したことに対して、1991 年 1 月 17 日に多国籍軍がイラク空爆することで始まり、同年 4 月 6 日の停戦で終わっている。この時も、原油生産は 1989 年 137 Mt から 1991 年には 17 Mt に八分の一に激減した。第 3 の戦争は、2003 年 3 月 20 日から米国を主体とする多国籍軍の空爆で始まり、同年 5 月に大規模な戦争は終結したものの、2010 年 8 月 31 日に米による戦闘終結宣言で終わっている。この間、原油生産は 2001 年 128 メガトンから 2003 年に 77 Mt まで 4 割減少した。ここで重要なことは、原油の生産が元に戻るのに数年を必要とするという点である。戦争による人的損失・資本損失の復旧には時間を必要とするためである。

図 2　イラクの原油生産量（Mt）（国際エネルギー機関エネルギー統計）




戦争と原油生産の減少は、イラク経済に対して大きな影響を与えている。図 3 は、データの利用可能な 2000 年から 2012 年までのイラクの実質 GDP（国内総生産）を表している。それによれば、GDP は 2000 年以降低下傾向にあったが、2002 年に 970 億ドルであったものが 2003 年に 570 億ドルに減少している。イラクの原油生産の減少は、国際的な原油価格に対しても影響を与えることで、原油価格を通して世界経済に大きな影響を与える可能性がある。図 4 によれば、短期間で終わった湾岸戦争を除けば原油価格は上昇している。

図 3　イラクの実質 GDP（2005 年 PPPUS$, 10 億ドル）（世界銀行、世界開発指標）

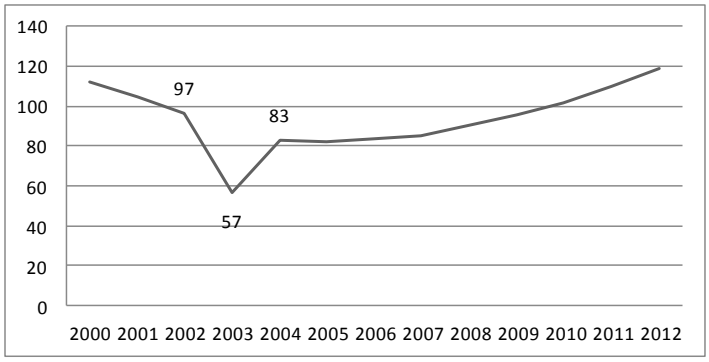
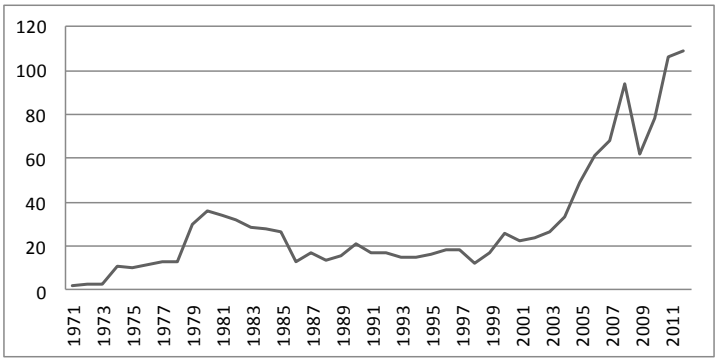



図 4　ドバイ原油価格（US$／バーレル）（国際通貨基金、国際金融統計）




## ２．２　ルイジアナ州

2005 年 8 月 29 日、ルイジアナ州を襲ったハリケーン・カトリーナにより、ニューオリンズ市は陸上面積の 8 割が水没する壊滅的な被害を受けた。図 5 はルイジアナ州の人口の推移を表したものであるが、2004 年 46 万人であったものが、2006 年には 43 万人へと 3 万人減少している。人口の回復は遅く、2012 年においても元の状態に戻っていない。図 6 はルイジアナ州の実質 GDP の推移を米国全体と比較したものであるが、元に戻ったのは 2010 年であり、その間、低迷が続いた。

図 5　ルイジアナ州の人口　（千人）（米国勢調査局）

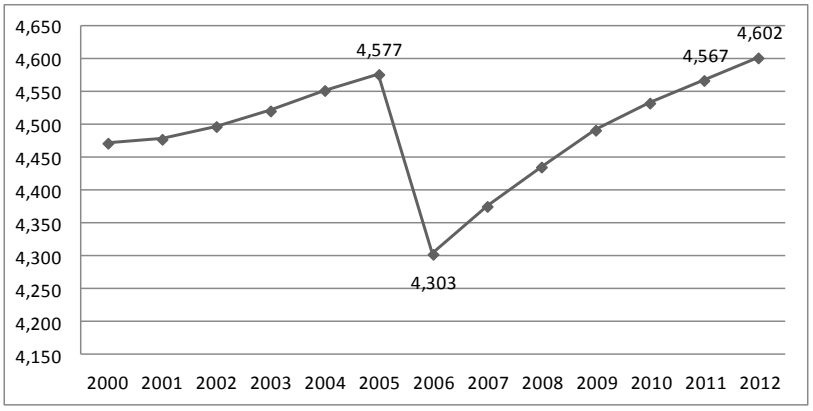
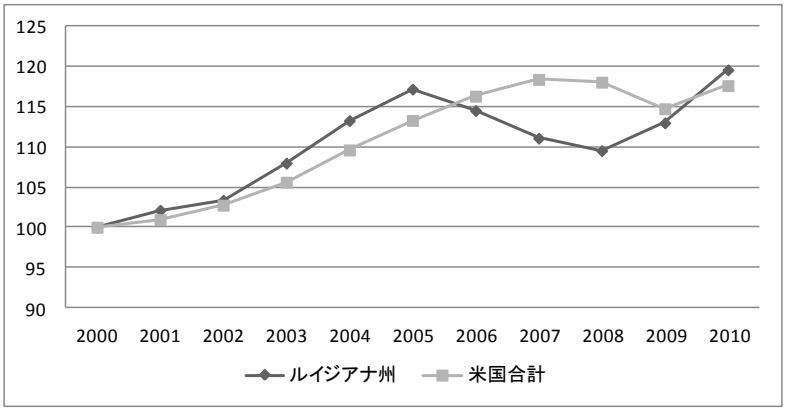


図 6　ルイジアナ州実質 GDP （2005 年価格で 2000=100）（米商務省経済分析局）




## ２．３　阪神淡路大震災

1995 年 1 月 17 日、淡路島北部を震源とするマグニチュード 7.3 の直下型地震であり、震度 7 を記録した神戸市を中心として大きな被害が生じた。鉄道・道路・電気・水道・ガスなどのインフラ・ライフラインが壊滅的な影響を受けた。鉄道の再開は、JR 神戸線は 4 月 1 日、山陽新幹線は 4 月 8 日であり、約 3 ヵ月間、日本の鉄道は東西に分断されることとなった。私鉄の再開はさらに遅れ、阪急電車は 6 月 12 日、阪神電車は 6 月 26 日であり、5 ヶ月以上の期間を要した。

図 7 は、神戸市の人口の推移を表している。それによれば、1994 年 152 万人の人口が 1995 年 142 万人に 10 万人減少している。元の水準に戻ったのは 2004 年であった。図 8 は、神戸市の実質 GDP の推移を全国と比較している。なお、年度データであるため、1994 年のデータに、1995 年 1 月から 3 月のデータが含まれており、それを考慮すれば 1 月から 3 月の経済活動はほとんど止まり、インフラや建物を含めた資本設備の損壊により、その後の回復もはかばかしくなかったことが分かる。1996 年に回復傾向が顕著に見られたが、インフラの復興事業や地震で倒壊した建物家屋の再建によるものであり、減損した資本を元に戻す役割しかなく、全国との格差は縮小するどころか、拡大傾向にあったと言える。

図 7　神戸市の人口（千人）（神戸市統計書）

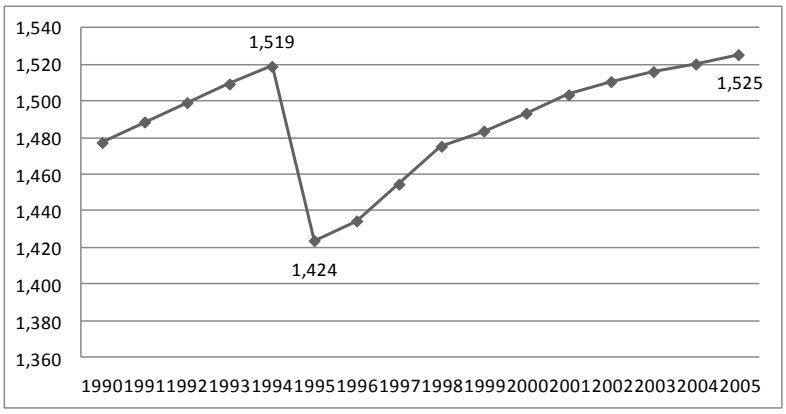
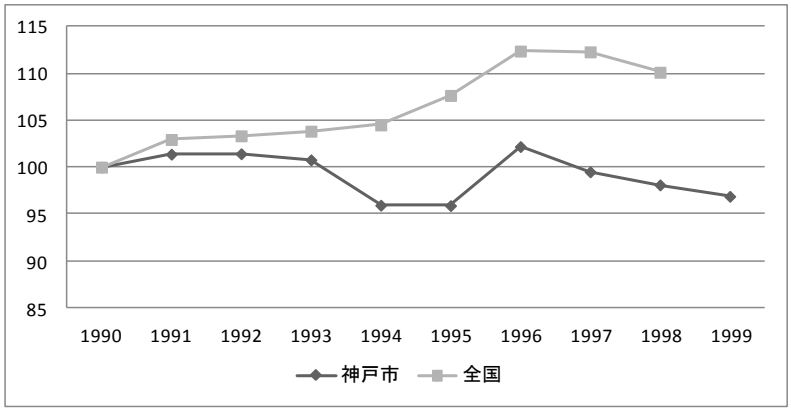


図 8　実質 GDP に与える影響(平成 2 年基準 1990=100)
（内閣府　府県民経済計算　注意）年度データ）




## ２．４　東日本大震災

2011 年 3 月 11 日、岩手県沖から茨城県沖までにわたる広範囲を震源域とするマグニチュード 9.0 の大規模地震が発生し、大規模な津波により多くの人命が失われた。さらに、福島第一原発が全電源喪失により 1 号機から 3 号機が炉心溶融し、水素爆発で原子炉建屋が破壊され、大量の放射性物質が大気中に漏洩した。同時に、地震で多くの工場も損壊し、生産停止に至った。また多くの火力発電所も地震で損傷し、電力不足により計画停電が実施され、経済活動に大きな制約が加わることとなった。図 9 は、四半期ベースで見た GDP の推移であるが、影響は第一四半期（1 月～3 月）と第二四半期（4 月～6 月）に集中して表れており、年率ベースで 12 兆円の損失となったことが分かる。

図 9　四半期 GDP　(2005 年価格実質年率、前期比%)（内閣府『国民経済計算』）

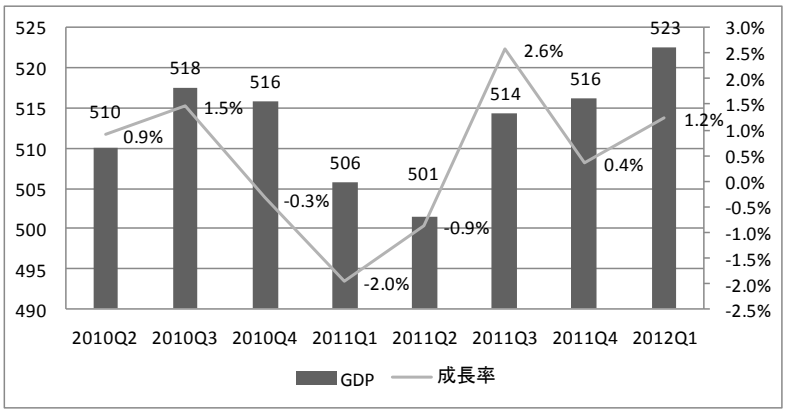


図 10　福島県の人口（各月 1 日、千人）（福島県『現住人口調査月報』）

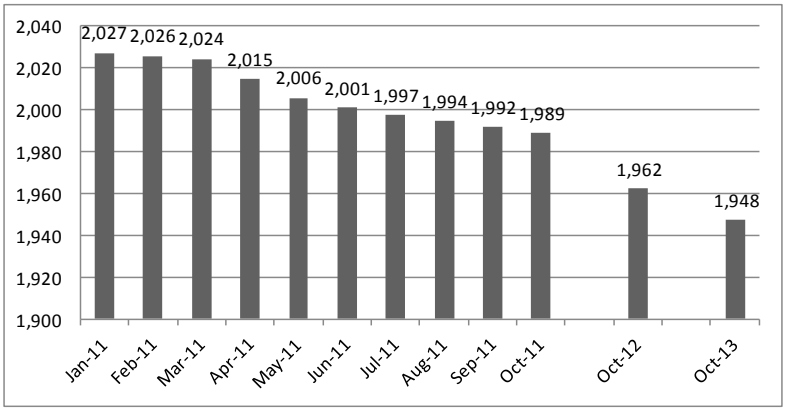



図 10 は、福島第一原発事故で一部を避難地域に指定された福島県の人口の推移を表したものである。それによれば、2011 年 1 月 1 日 202 万 7,138 人であった人口が、2013 年 10 月 1 日に 194 万 7,580 人となり、8 万人(▲3.9%)減少している。

福島第一原発事故の重要な課題は除染費用である。産業技術総合研究所の保高徹生・内藤 航 (2013)によれば、最大で 5 兆 1300 億円に達する。費用は除染方法や除染目標値に大きく依存する。除染費用として、2011 年から 2013 年に 1 兆 6 千億円支出されており、2014 年には 5 千億円が予算化されている。なお、テロによる核兵器使用時の除染費用の試算が Pacific Northwest National Laboratory の Reichmuth, Short, Wood ,Rutz and Schwartz (2005)により行われている。それによれば、除染費用は除染目標値に大きく依存するが、広島と同規模の 13KT がニューヨークで炸裂した場合、1 ミリシーベルト（mSv）以下にするには、6 兆ドル、5 mSv 以下にするには 4 兆ドルとなることが試算されている。

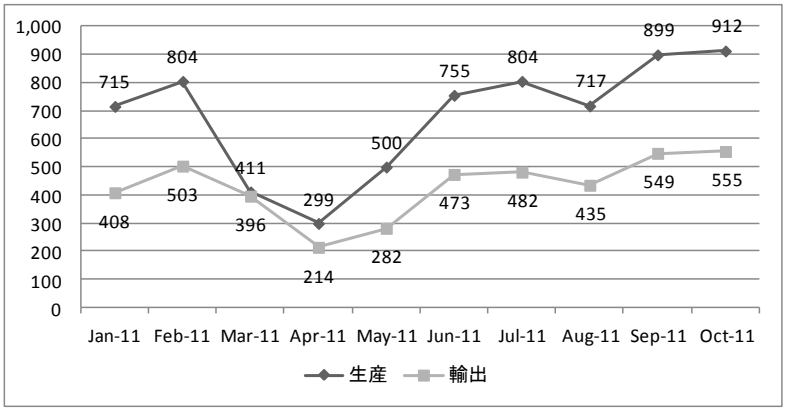
## ３．ネットワーク遮断による影響

核兵器使用による経済的影響は、投下された地点の産業基盤が壊滅して生産活動が停止するとともに、その被害が広範囲に及ぶことが考えられる。本節では、この問題について考える。

### ３．１　サプライチェーン

東日本大震災では、図 11 に示されるように、自動車生産が 2011 年 2 月に 80 万 4 千台であったものが、3 月に 41 万 1 千台に半減し、4 月には 29 万 9 千台まで落ち込んだ。ピーク時から 63%も減少している。元の水準に復帰できたのは 11 月になってからである。

図 11　自動車の生産・輸出台数（千台）（経済産業省 生産動態統計　財務省 貿易統計）




原材料の調達から生産、物流、販売まで、製品が消費者に届くまでの一連のプロセスはサプライチェーンとよばれる。サプライチェーンが破断すれば、部品の調達ができず、地震の被害を受けなかった工場でも製品を作ることができなくなる。東日本大震災における自動車の減産は、自動車の制御装置に生産に欠かせない部品生産を担当するルネサスエレクトロニクスの那珂工場（茨城県ひたちなか市）が被災し、部品供給ができなくなったことによると言われている。

### ３．２　情報通信ネットワーク

現代社会は、情報通信ネットワークに支えられて機能している。サプライチェーンも、情報通信システムに大きく依存している。もしそれが破壊されれば、その影響は多大である。東日本大震災では、情報通信システムが被災し、連絡手段が途絶えることで、救援に大きな支障となったことは記憶に新しい。

2003 年 3 月 1 日午前 7 時、東京航空交通管制部が運用する飛行計画情報処理システムが障害で停止した。その結果、20 分間全国の空港から航空機が出発できなくなった。7 時 54 分、システムの 1 系統が復旧し、10 時 58 分に 2 系統とも復旧したが、このシステムダウンの影響で、手動で飛行計画情報を入力しつつ管制運用を行わざるを得ない等の制約により出発制限を段階的に解除したことから、システム復旧後も航空機の運航に大きな支障が発生し、欠航 215 便、大幅な遅延 1500 便、足止めされた客は 30 万人にも達した。この時は、障害の発生したトラブルはシステムのプログラムミスが原因であったが、システムを短期間で復旧させることはできた。しかし、核兵器が使用されれば、人的・物的な被害が甚大となり、システムを短時間で復旧させることはできず、その間、全国の空港から航空機が出発できなくなる

2005 年 4 月、政府は情報セキュリティ対策の中核組織の必要性を重視し、我が国における情報セキュリティ政策の基本戦略を決定する「情報セキュリティ政策会議」と、その遂行機関である「内閣官房情報セキュリティセンター」とを設置した。この内閣官房情報セ

キュリティセンターは、国民生活及び社会活動に不可欠なサービスを提供している社会基盤であり、他に代替することが著しく困難なものであり、機能が停止すると社会経済活動に多大な影響を及ぼすおそれが生じるものを「重要インフラ」と定義し、「情報通信」、「金融」、「航空」、「鉄道」、「電力」、「ガス」、「政府・行政サービス」、「医療」、「水道」及び「物流」の 10 分野を指定している。東日本大震災時の重要インフラへの影響は、株式会社日立製作所 (2012)にまとめられている。

それによれば、固定電話の場合、NTT 東日本は、地震直後の 3 月 13 日時点で東北地方を中心に約 150 万回線で通信障害が発生したが、NTT 西日本からの融通を含めて 150 台を超える移動電源車を東日本の通信施設に配置、3 月 28 日には、85%の施設が復旧、5 月 16 日には 99%の回線が復旧した。

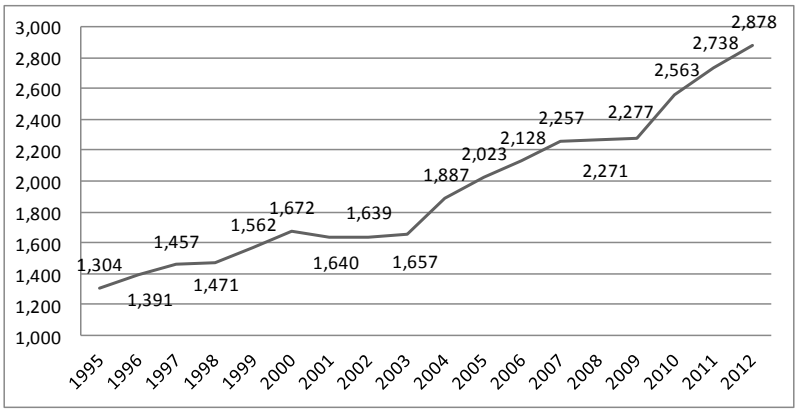
死者 500 人以上の大きな被害を出した岩手県山田町にある岩手銀行・山田支店の場合、町役場に部屋を借り、3 月 30 日に臨時出張所で平日午前 10 時から午後 2 時までの 4 時間だけの営業を開始し、引き出し可能預金を「1 人 1 日 10 万円まで」として、通帳や印鑑を無くした人に対しても対応した。同様な対応は、阪神淡路大震災時にも行われた。

### ３．３　テロ・感染病

核兵器の使用による影響として、航空管制システムが停止し、当該国の航空輸送が止まることが考えられるが、それは同時に核兵器が使用されたというリスクが顕在することで、国際的な波及効果も大きいと考えられる。

図 12 は、世界航空輸送人員が、テロや感染症に大きく影響されることを示している。特に、2001 年 9 月 11 日に発生した同時多発テロは、テロが世界的に拡大する可能性を人々の脳裏に刻み込むことで、航空機利用を控えさせた。もちろん、この時期、IT バブルの崩壊で世界経済が景気後退の面にあったこともあるが、テロに対する恐怖はそれを上回るものであった。航空輸送の低迷に追い打ちをかけたのは、新型肺炎(SARS: Severe Acute Respiratory Syndrome)の蔓延である。SARS の発生は、2002 年 11 月であったが、2003 年 2 月に中国からシンガポールに向かっていた航空機の中で発症し、ベトナムに緊急着陸し治療にあたったが、発症した本人と治療関係者が死亡したことで国際的に認知され、世界保健機関（WHO: World Health Organization）は 3 月に世界的規模で警報を発した。7 月に終息宣言が出されるまで、世界の航空輸送が低迷した。

図 12　世界航空輸送人員（百万人）(国際民間航空機関（ICAO)、理事会年報)




世界航空輸送人員は 2007 年から 2009 年にかけても低迷しているが、サブプライムショックとそれに引き続いたリーマンショックで金融市場が混乱することで世界経済が低迷したことが原因であるが、2009 年 4 月にメキシコで流行が始まり、6 月に WHO が世界的流行病（パンデミック）と宣言した A 型、H1N1 亜型という種類のインフルエンザの影響も大きかったと思われる。問題が大きくなったのは、流行初期にメキシコにおける感染死亡率が非常に高いと報道されたことによるが、世界全体では SARS のような高い死亡率は示していないことから、警報レベルは解かれることになった。しかし、当初空港でも機内検査が実施され、感染者は強制入院措置がとられたことから、感染リスクへの恐怖感から渡航を控える動きが見られた。

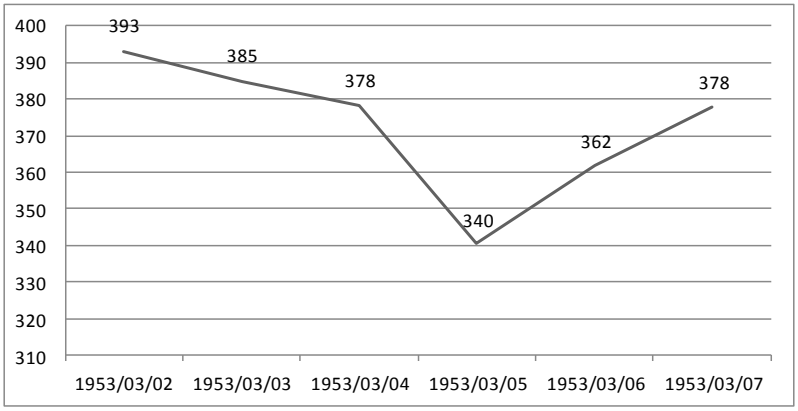
## ４．金融市場の混乱による影響

核兵器使用の影響で、世界経済に与える最も大きなものとして、世界の将来に対する不安感の高まりがある。これまで、世界経済は様々ショックに翻弄されてきたが、核兵器が実際に使用されるとすれば、その影響は計り知れないものとなろう。現代経済社会は、人的・物的な資産だけでなく、信用の上に成り立つ金融システムが大きな役割を果たしており、その中では金融資産・負債の動きから目を離すことはできない。金融市場に生じる信用不安によるショックは、企業や家計の活動に瞬時に大きな影響を与える。したがって、核兵器が使用されれば、信用が大きく揺らぐことで経済社会に対して甚大な悪影響を引き起こすことになる。何故なら、金融市場で大きな役割を持つものとして、株式市場における株価や債券市場における債券価格に代表される資産価格があるが、それらは経済の将来の期待と信頼に基づいて形成されており、核兵器の使用で将来に対する期待やリスクが想定外に高まれば、資産価格は瞬時に下落しあるいは消失することになる。資産価値が下落あるいは消失すれば、企業や家計の経済活動に対して深刻な影響を与える。

## ４．１　スターリンショック

1953 年 3 月 1 日、ソ連の最高指導者スターリンが倒れ、3 月 5 日に死亡した。日本では 3 月 4 日にスターリン重体のニュースが伝わり、3 月 5 日の朝に死去が報じられた。このとき、東京株式市場の株価は、378 円から 340 円に 38 円(▲10%)大幅に下落した。当時日本は、朝鮮戦争特需でバブル状態にあり、大きな衝撃が走った。スターリンの死は、朝鮮戦争の終結が早まり、それまで日本経済を支えていた朝鮮特需がなくなることが予想されたことによる。実際、同年 7 月 27 日は朝鮮戦争の停戦が宣言され、朝鮮特需が終結することによる反動で日本経済は不況期に突入した

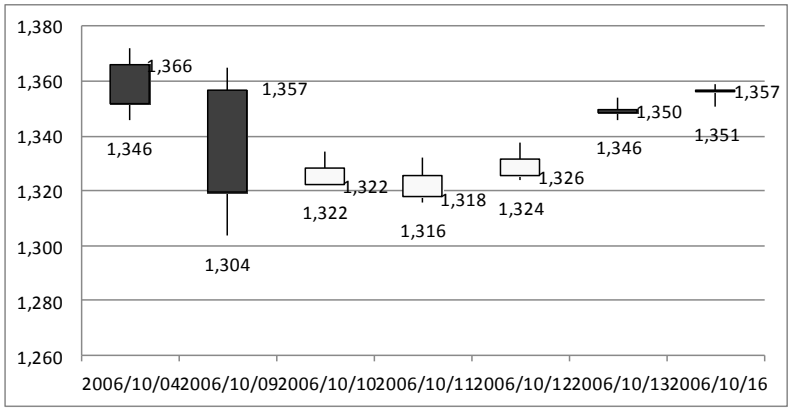
図 13　日経平均株価（1953 年 3 月 2 日～1953 年 3 月 7 日）（日本経済新聞社）




## ４．２　北朝鮮の核実験

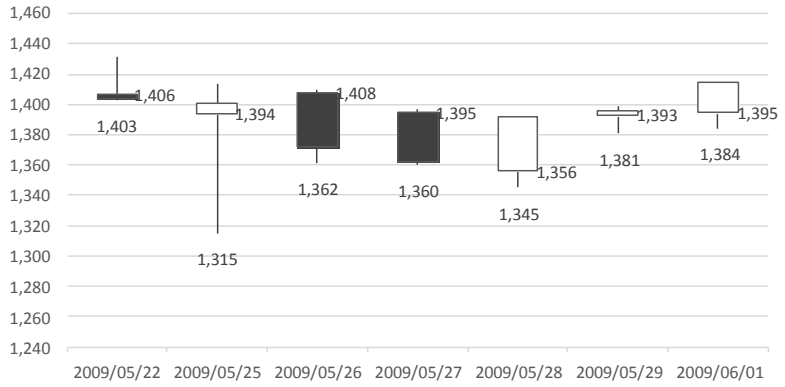
北朝鮮は 2006 年 10 月 9 日 10 時 35 分に地下核実験を行ったが、図 14 は韓国証券取引所における韓国総合株価指数の動きを表している。それによれば、地下核実験報道により、寄り付き 1,357 から一時急落し 1,304 を付けた。▲3.9%の下落であった。その後 12 日まで、安値で推移している。

図 14　韓国総合株価指数　(2006 年 10 月 4 日～10 月 16 日)
（韓国証券取引所　上段初値・下段最安値）



さらに、2009 年 5 月 25 日午前 9 時 54 分に二度目の地下核実験を行ったが、図 15 によれば、寄り付き 1,394 から一時 1,315 まで▲5.7%急落したものの、その後買い進まれ、1,401 と前日の終値に近い価格まで戻っている。株価への影響は、終値で見れば 2006 年より軽微だったものの、26 日から 28 日までの終値は、22 日と比較して▲2.5%低い水準が続いた。北朝鮮の核実験は、短期間であるが株価に大きな影響を与えている。

図 15　韓国総合株価指数　(2009 年 5 月 22 日～6 月 1 日)
(韓国証券取引所　上段初値・下段最安値)

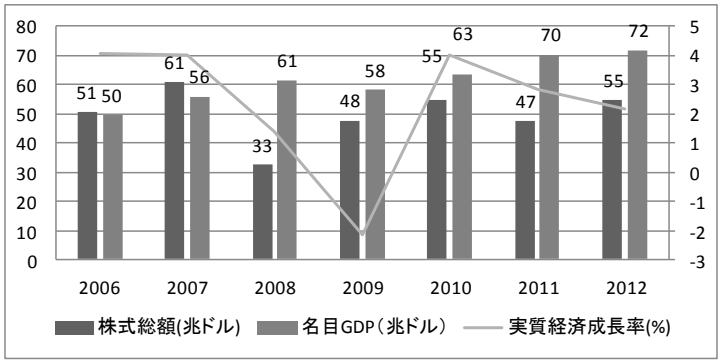



## ４．３　リーマンショック

2007 年に顕在化した米国サブプライム問題は、資産価格の下落を引き起こし、各国の金融機関の財務体質を大きく傷つけ、2008 年 9 月 15 日、リーマン・ブラザーズは連邦破産法を申請し倒産するに至った。リーマン・ブラザーズの負債総額は 6,000 億ドルであり、その倒産は、リーマン・ブラザーズが発行する社債や投信を保有している企業への悪影響と倒産の連鎖が懸念され、アメリカ経済に対する不安が高まることで世界的な金融危機を招くことになった。

図 16 は、世界の株式時価総額と名目世界 GDP と実質世界 GDP の成長率を表したものである。それによれば、株式時価総額は 2007 年の 61 兆ドルが、2008 年には 33 兆ドルに▲46%も下落した。1 年で資産価値が半減したことになる。その結果、名目 GDP は水準を維持したものの、実質世界 GDP 成長率は、2007 年の 4.0%から、2008 年は 1.4%、2009 年は▲2.2%へと低下した。株価は、将来の投資収益の予想に基づいて形作られるが、世界的金融危機の中で将来に対する不安リスクが高まることで急落している。株価の下落は設備投資を担う企業の資金計画・資金調達を困難にさせ、家計の資産額の減少は、消費を大きく後退させることから、経済に対して大きな影響を及ぼすことを意味している。核兵器の使用は、将来に対するリスクを増大させ、世界経済を大きく減速させることは確実である。

図 16　世界株式時価総額と世界 GDP（兆ドル）
（国際取引所連盟（WEF）統計　世界銀行、世界開発指標）




## ５．まとめ

政府の中央防災会議の首都直下地震対策検討ワーキンググループがまとめた最終報告によれば、東京都区部でマグニチュード 7 クラスの直下型地震が発生した場合、死者 2 万 3 千人、建物倒壊火災 61 万棟、避難者は 720 万人に達する。同時に電力は 5 割で停電し、停電により通信網は途絶え、上下水道は使えず、鉄道は一ヶ月程度停止することで、被害総額は建物等の直接被害 47 兆円にとどまらず、生産・サービス低下による被害 48 兆円の合計 95 兆円の被害が想定されている。

核兵器使用の経済的影響は、震災の影響を遙かに上回るものがある。さらに、福島第一原発事故でも問題となっている除染のための費用は、ニューヨーク市で広島と同程度の核爆発があっただけで 4～6 兆ドルの巨額な規模となることが試算されている。

さらに、核兵器の使用は、広島市人口の推移を見ても分かるように、人口が元の水準に戻るまでに 30 年以上を必要とする。すなわち、回復に必要とされる年数は阪神淡路大震災を大幅に上回ることは確実である。その意味において、核兵器の使用による経済的損失は震災を遙かに上回る甚大なものとなることは明白であろう。

核兵器使用による経済的被害は、核兵器が使用された地域だけでなく、世界的な規模で影響が及ぶ。東日本大震災で見られたように、サプライチェーンの破断は、世界的規模での生産の停止を引き起こす。日本で核兵器が使用された場合、その影響は中国や東南アジア諸国に大きな影響を及ぼすことが予想される。その理由は、日本、中国と東南アジア諸国が「もの作り」のために強固な分業・協業体制を構築していることによる。

最後に、国際的な規模での経済的影響で最も深刻なのは、金融システムが危機にさらされることである。世界各国は、財・サービスでなく、信用に基づく金融システムが網の目のように張りめぐられている。米国の低所得者向けサブプライローンが不良債権化することで、欧州の銀行が破綻に追い込まれ、さらにリーマンショックで追い打ちをかけられた世界的規模での金融システムが危機的な状況に陥り、世界経済を混乱させたのは最近のことである。核兵器の使用は、当該国の人的・物的な被害だけでなく、世界的規模で、財・サービスの供給システムを破壊し、金融システムに壊滅的な影響を与えるリスクをはらんでいることを忘れてはならない。

# 参考文献


1) 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ『首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）』2013 年 12 月

2) 株式会社日立製作所『東日本大震災における重要インフラの情報システムに係る対応状況等に関する調査報告書』2012 年 3 月

3) 保高徹生・内藤 航『福島県内の除染実施区域における除染の費用に関する解析』産業技術総合研究所、2013 年 7 月

4) Donald R. Davis and David E. Weinstein, *Bones, Bombs, and Break Points: The Geography of Economic Activity,* The American Economic Review, Vol. 92, no. 5 (December 2002), pp.1269-1289.

5) Office of Technology Assessment, *The Effects of Nuclear War*, U.S. (Washington D.C., U.S. Government Printing Office, 1979)

6) Barbara Reichmuth, Steve Short, Tom Wood, Fred Rutz, Debbie Schwartz, *Economic Consequences of a Rad/Nuc Attack: Cleanup Standards Significantly Affect Cost,* Pacific Northwest National Laboratory1 (April 2005)

# あとがき

核兵器の爆発による多方面的影響を、物理学・医学、災害工学およびマクロ経済学的手法により解析した。

核兵器の威力として 16KT のヒロシマ級原爆および 1MT の水爆の二つを選択し、その爆発の影響を推定するために、まず広島・長崎の原爆による攻撃の効果を各種研究データを網羅的に解析することにより、距離と死傷率や原爆後 50 年にわたる原爆後障害、特に白血病と癌の発生率をもとめ、原爆の人体影響の基礎データを集積、整理した。

ついで現代の 100 万都市を想定し、これに対する 16KT 原爆の 600m 上空爆発と 1MT 水爆の 2400m 上空爆発の影響を、主に広島原爆の基礎データおよび 1977 年発刊の米国政府の報告書「核兵器の効果」のデータを参考にして、それぞれの死傷率と白血病および癌の 50 年間における過剰発生数、都市破壊の範囲、都市インフラの破壊の程度、爆発後の長期にわたる経済破綻の持続の推定を行った。

両原爆および水爆ともに、69 年前の広島・長崎の原爆と同様の、あるいはそれを大幅に上回る高い死傷率と多数の後障害の発生を招き、都市インフラの広範囲の破壊、また経済の長期の破綻をもたらすことが推定できた。

このような核爆発が密集都市の上空で、無警告のまま生じた場合は、都市の住民においては、民間人と軍関係者の区別なく、また老若男女全てを含む無差別の殺戮を招くことが明白となった。さらに医療関係者、医療機関、消防関係者および救護機関のほぼ完全な喪失を招くため、実質的な救護活動も不可能となることも明らかとなった。また都市インフラの破壊は数十年に及ぶ復興の遅延を生じ、その間の人口回復を遅らせ、都市の再建は困難を極めることは間違いない。

以上の広島と長崎の原爆被災の検証と仮想都市の原爆と水爆の爆発による被害の推定から、核兵器の爆発はいかなる状況においても耐えられない非人道的結末をもたらすことになると結論される。