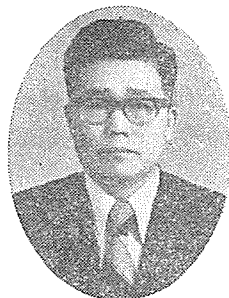


原子爆彈과 水素爆彈



鄭 雲 赫

韓國海洋大學

(理博：原子核物理學)

目 次

1. 原子爆彈	가. 核分裂	나. 原子爆彈
2. 水素爆彈	가. 核融合	나. 水素爆彈
3. 核武器擴散과 核軍縮狀況	가. 核武器擴散	나. 核武器擴散防止條約

1945年美國의 Alamogordo(7月16日), 日本의 Hiroshima(8月6日) 및 Nagasaki(8月9日)에 最初의 原子爆彈(20킬로톤)이 爆發된 以來, 오늘 날까지 30年間, 美國, 蘇聯, 英國, 佛蘭西, 中共, 印度등에 依해서 數 많은 大小原水爆彈實驗이 空中, 水中, 地下를 통해서 行해졌다. 이로 因해서 世界는 核戰爭의 恐怖와 아울러 核爆發 汚染의 念慮속에 쌓여 있게 되었다. 原子力의 이러한 應用은, 말 할것도 없이, 우리가 願하는 바가 아니다. 우리뿐만 아니라, 世界의 누구도 될수있으면 核武器發達은 迴避하기를 願하고 있다. 그러나 世界의 強大國들은 자기들의 勢力을 擴張하기 위해서, 서로 끊임없는 核競爭을 벌려 왔으며, 이제는 거의 飽和狀態에서 서로들 평평히 맞서고 있는 實情이다. 한편 이들은 지금 世界의 에너지問題解決과 아울러 核緊張의 觸消를 위해서, 原子力의 平和努力에 注意를 돌리고 있는 傾向이 濃厚해 졌다. 또한 이들은 다른 中小國들의 核武器開發과 擴張을 注視하고 念慮하고 있기도 하다. 그러나 核武器를 아직껏 所有하고 있지 못한 여러 中小國들은 겉으로 平和計劃을 내세워 속으로는 核武器保有의 꿈을 깊숙이 간직하고 있는 것 같다.

특히 著者自身 核戰爭에 關聯된 核爆彈에 對

한 글을 쓰게 되어, 마음속 깊이 언짢은 생각 禁할 길이 없다. 그러나 所謂 “核爆彈의 秘密”의 많은 知識이 이미 世上에 公開된 事實이니, 無知한 채로 있느니 보다는 차라리 알아야 할 것은 알아야 하지 않겠느냐 하는 생각에서, 이 題目을 잡았다.

여기서 世界의 核武器擴散 및 核軍縮狀況을 살펴보는 同時에, 原水爆彈에 關한 基礎原理를 概述하고자 한다.

1. 原子爆彈

가. 核分裂

核分裂이라는 것은 우라늄(U-235, U-233)이나 플루토늄(Pu-239)과 같은 重核이 中性子の 衝擊을 받아, 거의 切半으로 쪼개지는 것을 말한다. 核分裂時에는 대단히 큰 에너지가 放出되는데, 이 에너지를 動力에 使用할때 原子力의 平和利用이 되고, 戰爭武器에 使用할때 原子爆彈이 되는 것이다.

核分裂의 發見은 1934年에서 1939年사이에 이루어졌다. 1934年에 伊太利의 物理學者 Enrico Fermi는 最初로 우라늄核에 中性子를 衝擊하는 實驗을 行하였다. 그러나 Fermi는 이 實驗에서

複雜한 生成物의 檢出로 因하여 核反應結果를
 을마로 解析할 수 없었다. 그 후 많은 科學者들
 은 제 各己 同實驗을 여러번 反復하였으나, 赤
 是 새로 生成된 核種을 確認하는데 混亂만을 거
 듭하였다. 이들에게 獨逸의 Otto Hahn과 그의
 共同研究者였던 오스트리아의 物理學者 Lise
 Meitner 女史가 代表的이었다. Meitner 女史는
 猶太系라서 Nazi 政權下의 獨逸을 避하여 自己
 母國으로 돌아왔으나 1938年 獨逸이 오스트리아
 를 占領하자 다시 스웨덴의 Stockholm으로 亡
 命했다. Hahn은 獨逸에 그대로 남아서 獨逸에
 그대로 남아서 獨逸物理學者 Fritz Strassmann
 과 同研究를 계속했다. Hahn과 Strassmann은
 이 實驗에서 生成된 物質中에는 바리움(Barium)
 이 섞여 있을 것이라는 단서를 얻게 되었으나,
 그들은 우라늄이 두 쪽으로 쪼개지리라고는 생
 각치 못했기 때문에(우라늄이 둘로 쪼개질때 그
 한 쪽이 바리움이 됨) 오히려 이 바리움에 對하
 여 의아심을 가지게 되었다. 하여튼 Hahn과
 Strassmann은 이 實驗事實을 Stockholm에 가 있
 던 Meitner 女史에게 알렸다. 1939年 Meitner 女
 史는 당시 덴마크의 Copenhagen에서 有名한
 科學者 Niels Bohr와 함께 研究하고 있던 자기
 의 조카 Otto Erisch와 共同으로 Hahn의 實驗
 事實을 根據로 우라늄이 切半으로 破壞된다는
 核分裂의 論文을 처음으로 發表하였다. 이 무렵
 美國에서는 物理學會가 열렸는데 Bohr는 이 消
 息을 가지고 美國으로 건너가 有名한 物理學者
 Albert Einstein과 論議한 後 物理學會에 참석했
 던 物理學者들에게 核分裂에 對한 消息을 傳했
 다. 여기서 重要한 事實은 첫째로 核分裂時 核
 의 質量缺損이 생겨 Einstein의 公式

$$E=mc^2$$

에 따라 莫大한 에너지가 放出된다는 것이다.
 둘째로 核分裂時 새로운 中性자가 그 自體에서
 生成된다는 것이다. 이렇게 生成된 中性자는 다
 음 過程에서 周圍의 다른 우라늄核을 衝擊하여
 核反應은 連鎖的으로 일어난다. 이것을 所謂連
 鎖反應이라 한다. 1940년에 몇몇 有力한 物理學
 者들은 당시 가장 이름난 科學中의 하나인 Ein-
 stein을 訪問하여 그로 하여금 Roosevelt 大統領

에게 原子爆彈製造의 可能性과 必要性을 內容으
 로 하는 書翰을 낼것을 要請하였다. Einstein은
 미리 作成된 書翰에 署名을 했다. 이로부터 Ro-
 osevelt 大統領은 곧 原子爆彈製造의 特別計劃을
 設置하도록 指示했다. 1945年 爆發된 原子爆彈
 은 Manhattan 計劃에 依해서 製造되었는데, 이
 계획은 1942年 1月 19日 Roosevelt 大統領의 決
 定에 依해서 原子爆彈의 開發을 위해서 設置되
 었다. 1945年 7月까지 이 계획하에서 우라늄의
 供給, U-235의 分離, 플루토늄의 生産, 原子爆
 彈의 開發등 歷史的인 事業을 하는 동안 22억
 2000萬弗의 豫算이 投資되었다. 한편 伊太利에
 서 美國으로 亡命은 Enrico Fermi는 1942年
 Chicago 大學에서 人間 最初의 原子爐를 建造
 하여 가동하는데 成功하였다. 이 最初의 原子爐
 의 成功은 原子爆彈製造의 礎 反침을 했으며,
 戰後 原子力의 平和利用에 크게 이바지 하였다.

地球上에 存在하는 天然우라늄中에는 세가지
 種類의 同位元素 U-238, U-235, U-234가 있
 다. 이 중에서 U-238이 天然우라늄의 大部分

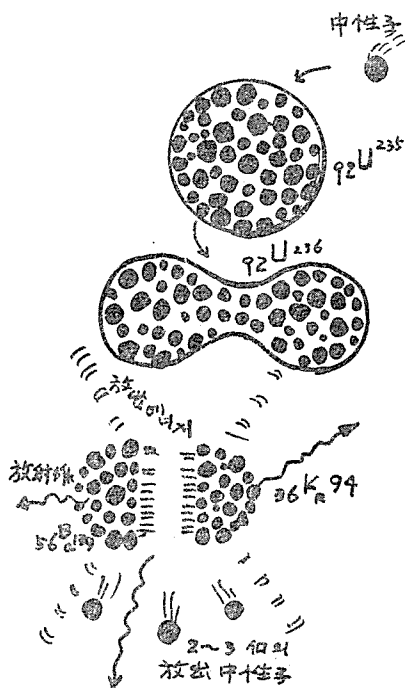
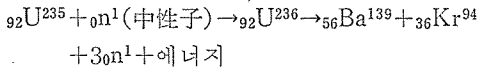


그림 1 우라늄 核分裂過程

(99.3%)을 차지하고 있고, U-235는 겨우 0.7% 밖에 안된다. U-234는 極少量(0.006%)이 포함되어 있을 뿐이다. 그러므로, 天然우라늄은 U-238과 U-235의 混合物이라고 생각할 수 있다. 그러나 여기서 核分裂을 일으킬 수 있는 것은 오직 U-235뿐이다. 여기서 中性子が U-235核에 接觸하면, 大部分의 中性子들은 U-235核에 吸收되어 勵起狀能의 U-236을 만든다. 이 U-236核은 不安定하여 감마線을 放出함에 依해서 安定한 U-236으로 되던지(16%), 或은 부분으로 쪼개져 分裂을 이룬다(84%). 核分裂이 일어날때는 核分裂當 2~3個의 새로운 中性子が 生成된다. 代表的인 核分裂過程을 式으로 표시하면,



核分裂時 생긴 두 分裂片, 여기서서는 비리움 ${}_{56}\text{Ba}^{139}$ 와 크리프톤 ${}_{36}\text{Kr}^{94}$ 을 核分裂生成物이라고 한다. 同一한 核分裂反應이라 할지라도 核分裂生成物의 種類는 경우에 따라서 다르다. 可能的 核分裂生成物의 種類는 60種以上이나 된다. 그러나 Ba^{139} 와 Kr^{94} 의 質量數에 가까운 두 種類

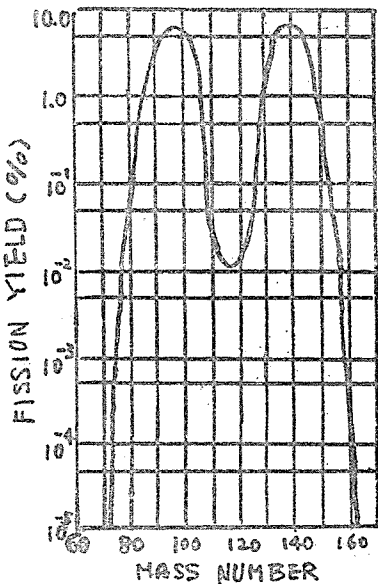


그림 2 U²³⁵의 熱中性子 核分裂에 있어서 質量數에 대한 核分裂生成物의 生成率

가 가장 많이 發生한다. (그림 2 참조) 그리고 U-235의 한 核이 核分裂을 일으킬때 發生하는 에너지는 約200Mev이다(1Mev=3.83×10⁻¹⁴cal)

나. 原子爆彈

原子爆彈은 致極히 짧은 時間에 일어나는 核分裂性連鎖反應을 통해서 에너지를 얻는다. 核分裂에서 生成되는 郎發中性子 或은 速中性子の 世代는 $\frac{1}{100,000,000}$ 秒마다 誕生한다. 約 80世代를 지나면 誕生된 中生子の 子孫들은 約 1g가 되는데, 이는 U-235(或은 U-233 및 Pu-239)를 分裂시키는데 充分하다. 따라서 爆發하는데 걸리는 時間은 約 $\frac{1}{1,000,000}$ 秒가 된다.

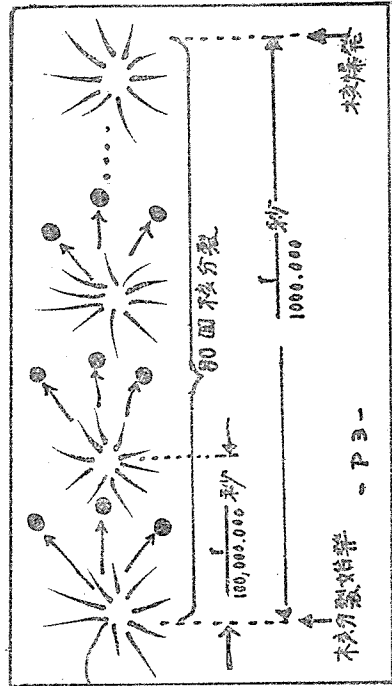


그림 3 核分裂과 核爆發

이 동안에 23,000,000 kw-hr 或은 20kt TNT의 에너지를 放出한다. 燃料物質이 爆發하기까지의 核分裂連鎖反應을 持續시키기 위해서는, 核分裂을 이룬데 充分한 中性子の 量을 維持해야 하며, 따라서 中性子の 燃料表面逸脫을 될수 있는대로 적게 해야 한다. 다시 말하면, 核分裂은 燃料內部에서 일어나고, 中性逸脫은

料燃表面에서 發生하므로, 核分裂에 對한 中性子逸脫率을 줄이기 위해서는 燃料의 크기를 增加시키면 된다. 即 燃料의 質量이 어떤 크기에 達해야만 連鎖反應이 持續될수 있는데, 이 크기를 特히 臨界量이라고 한다. 그림 4는 分裂性物質의 크기와 逸脫에 依한 中性子の 相對的損失을 보여준다.

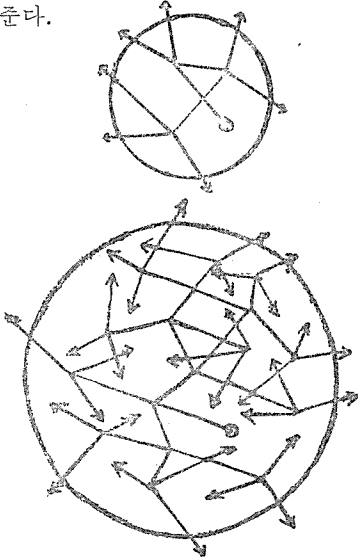


그림 4 分裂性物質의 크기와 逸脫에 依한 中性子の 相對的損失

原子爆彈이 爆發하기 위해서는, 分裂性物質(U-235, U-233, 및 Pu-239) 이 臨界量에 達해야만 된다.

臨界量의 値는 한 동안 爆彈의 秘密로 되어 왔었다. 1957년에 "Oralloy"라고 불리는 原子爆彈製造에 適當한 우라늄量이 公開되었는데, 이것은 93.5%의 U-235와 6.5%의 U-238이 含有된 密度 18.8인 濃縮 우라늄을 記述하기 위해서 1949년에 처음으로 使用된 術語로서 그의 臨界量의 値는 여러가지 因子들에 依하여 銳敏하게 影響을 받는다. 例를들면, 分裂性物質의 形態에 있어서, 凡柱形은 建造하기가 容易할 뿐만 아니라, 球形과 함께 大端히 効率的인 形狀이다 凡柱의 높이가 直徑의 0.8일때 最小의 臨界量의 値를 가진다. 또 中性子反射體도 大端히 重要한 影響을 준다. 美國의 한 研究所에서 小規模의 核分裂 에너지放出事故가 發生한 적이 있는데, 그 原因은 한 研究者가 木 木은 손을 어떤 量의

分裂性物質에 가까이 갔을때, 그의 손에 묻은 물이 中性子反射體로 作用해서, 中性子反射로 因한 分裂性物質內부의 中性子束이 갑자기 增加하였기 때문이었다.

가장 좋은 中性子反射體로는 베리움金屬인데, 此外에, 酸化베리움, 天然우라늄 및 텅그스텐金屬등도 좋은 反射體로 使用할 수 있다. 特히 天然우라늄을 反射體內로 使用하면, 連中性子が 天然우라늄反射體內의 U-238을 約千 分裂시킬 수 있으므로, 에너지 放出을 補強해 줄수 있어 効果的이다. 表 1은 反射體에 對한 臨界量의 變化를 보여 준다.

表 1 反射體에 對한 臨界量의 變化

Oralloy (93.5% U-235, 6.5% U-238, 밀도 18.8)		U-233(밀도 18.5) 및 Pu-239(밀도 15.6)	
反 射 體	臨界量 (kg)	反 射 體	臨界量 (kg)
10cm두께 베리움 反射體	14.1	베리움 反射體	5
10cm두께 우라와 反射體	18.5	두꺼운우라늄 反射體	6
5cm두께 우라늄 反射體	23.5	無反射體	16
2.5cm두께 우라늄 反射體	30.8		
無反射體	55		

核爆發에너지는 보통 같은 크기의 爆發效果를 내는데 必要한 TNT(Trinitrotoluene)의 무게로서 表示한다.

$$\begin{aligned}
 \text{例 } 20\text{kt} &= 2.3 \times 10^7 \text{kw-hr} \\
 &= 8.3 \times 10^{20} \text{ergs} \\
 &= 2 \times 10^{13} \text{cal} \\
 &= \text{U-235의 } 1.15\text{kg核分裂} \\
 &= 1\text{g 物質의 消滅}
 \end{aligned}$$

原子爆彈과 化學爆彈의 다른 點은 첫째 原子爆彈은 非常히 큰 量의 에너지를 放出하고, 致命的인 熱波 및 放射線과 高度의 放射性을 가진 生成物을 放出하는데 反하여, 化學爆彈은 比較的 작은 量의 에너지를 放出할 뿐이다. 例를 들면, 1kg의 U-235에 依하여 放出된 에너지는 20,000톤의 TNT에 依해서 放出된 에너지와 같다. 1945년에 Alamogordo에서 實驗된 最初의 原爆(Pu-239), Hiroshima에 投下된 原爆(U-235) 및 Nagasaki에 投下된 原爆(Pu-239)은 모두

20,000톤 級の 原子爆彈이었다. 둘째로 爆發速度에 있어서 化學爆發은 $\frac{1}{1,000}$ 秒 동안에 일어나는데 反하여, 原子爆彈은 $\frac{1}{1,000,000}$ 秒의 超短時間에 일어나기 때문에 爆發力이 超高度로 集中強化된다. 셋째로 化學爆發은 TNT 分子들이 分解함에 依해서 이루어짐에 反하여, 原子爆發은 原子核의 分裂에 依해서 일어난다.

原子爆彈을 組立하는데 보통 Gun-type 및 Implosion-type의 두가지 方式을 使用한다.

Gun-type 原子爆彈 :

Gun-type은 原子爆彈의 最簡型이다. 그림 5에서 보는 바와 같이, 臨界量에 未達되는 두 우라늄燃料의 片球가 어떤 間격을 두고 놓여 있다 두 片球가 멀리 떨어져 있는 限 우라늄燃料은 爆發할 罣려는 없다. 그러나 왼쪽장치의 砲口內에 놓여 있는 거의 凡柱形의 우라늄彈丸이 爆藥의 爆發에 依해서 오른쪽의 두 片球사이로 갑자기 射出되어 들어가 完全球形으로 結合될때, 그 우라늄球는 突然히 臨界量에 達하여 瞬間적으로 爆發하게 된다.

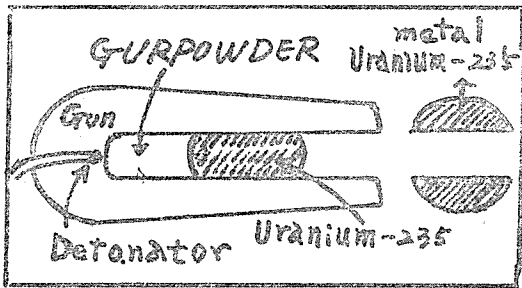


그림 5 Gun-type 原子爆彈

萬一 우라늄片球들의 結合이 瞬間적으로 되지 않고 徐徐히 進行되면, 連鎖反應이 部分的으로 始作되어 完全한 核分裂이 일어나기 前에 一部 質量이 崩壞되기 때문에 全에너지가 一時에 放出하지 못 한채 爆發하고 만다. 即弱爆發이 일어난다. 世界第二次大戰中에 Gun-type와 Implosion-type 두 型의 原子爆彈이 製造되었다. 이

것은 적어도 하나의 成功을 確保하기 위한 것이 었는데 實際로는 틀 다 成功의 이었다. Hiroshima 에 投下된 原爆은 U-235 燃料의 Gun-type였고, Alamogordo와 Nagasaki의 原爆은 Fu-239 燃料의 Implosion-type이었다.

Implosion-type:

現代의인 原子爆彈들은 普通 Implosion-type 이다. 이 型은 分裂性物質의 臨界量이 密度에 依存한다는 原理를 利用하고 있다. 表2는 93.5% U-235 濃縮우라늄의 密度에 따르는 臨界量의 變化를 보여준다.

表 2 密度와 臨界量

密 度	臨 界 量
9	38 kg
13	25
18.8	17

가령 原子爆彈의 燃料가 質量 17kg, 密度 10 의 우라늄粉末로 된 球形體라 하자. 우라늄球形體의 周圍에 均布되어 있는 爆藥이 同時에 爆發하면, 우라늄球는 Implosion에 依해서 强하게 壓縮되어 그의 密度는 19 以上으로 增加하게 된다. 이때 臨界密度와 臨界量이 틀 다 同時에 떨어지므로, 우라늄燃料은 爆發한다.

가장 簡單한 Implosion 장치는, 그림 6과 같

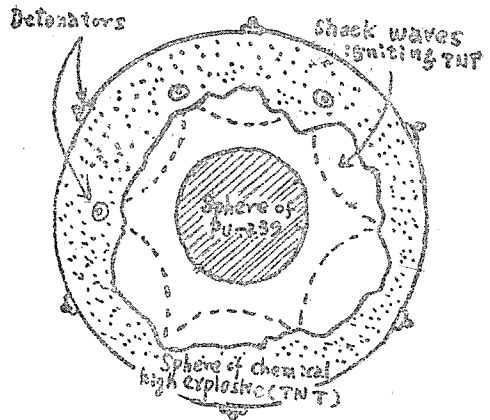


그림 6 Implosion type 原子爆彈

이, TNT의 球殼에 依해서 둘러쌓여진 Pu-239 (或은 U-239)의 固體球形으로 구성된다.

球殼面에는 電氣信號나 或은 다른 衝擊에 依해서 같은 瞬間에 TNT를 點火시키는 많은 雷管들이 配列되어 있다. 이때 TNT의 爆發은 內向의 急激한 衝擊波를 燃料表面에 주어 燃料球를 強力히 壓縮시킨다. 비록 燃料인 플루토늄은 剛한 金屬이지만 實際로 原體積의 $\frac{3}{4}$ 까지 瞬間的으로 壓縮시킬 수 있다. 壓縮前의 플루토늄은 臨界量에 未達이었으나 壓縮에 依해서 密度가 增加하면 갑자기 臨界量에 到達하여 爆發이 일어난다.

原子爆彈이 爆發할때, 보통燃料의10~20%만이 核分裂을 받는다. 그러나 이것은 大量의 에너지를 放出하는데 充分하다(한 核의 分裂에너지는 200Mev이다). 美國의 첫 原子爆彈은 7~10kg의 核分裂性物質을 使用했는데, 10kg의 10% 利用率을 잡으면, 1kg의 核分裂이 되어 이것은 20kt의 폭발에너지를 낸다.

原子爆彈의 크기에는 限界가 있다. 왜냐하면 爆發前의 크기는 臨界未滿集合體 (Subcritical assembly)이어야 하기때문이다. 美國은 1952年 水素爆彈이 發明되기 전에 이미 最大로 얻을 수 있는 크기인 250kt의 特大의 폭탄을 만들었다.

—다음호에 계속—

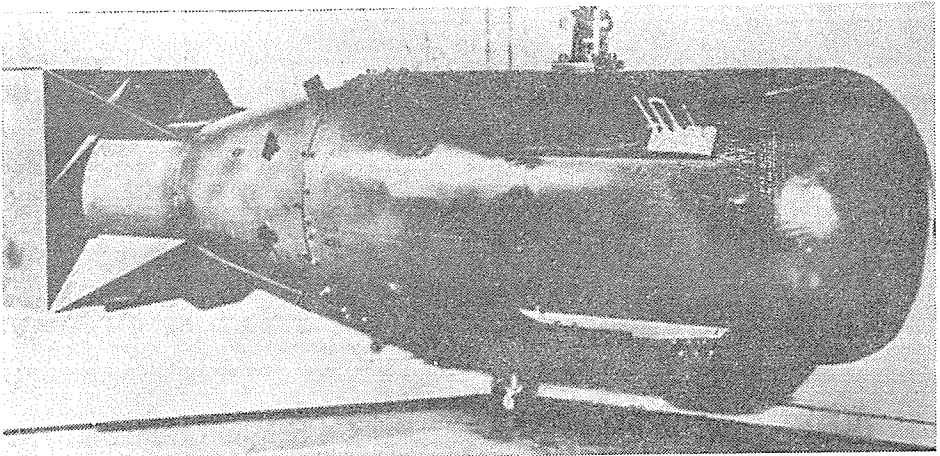


그림:7 1945년8월6일 히로시마에 투하된 原子爆彈
파괴력 20,000t TNT 중량9,000파운드

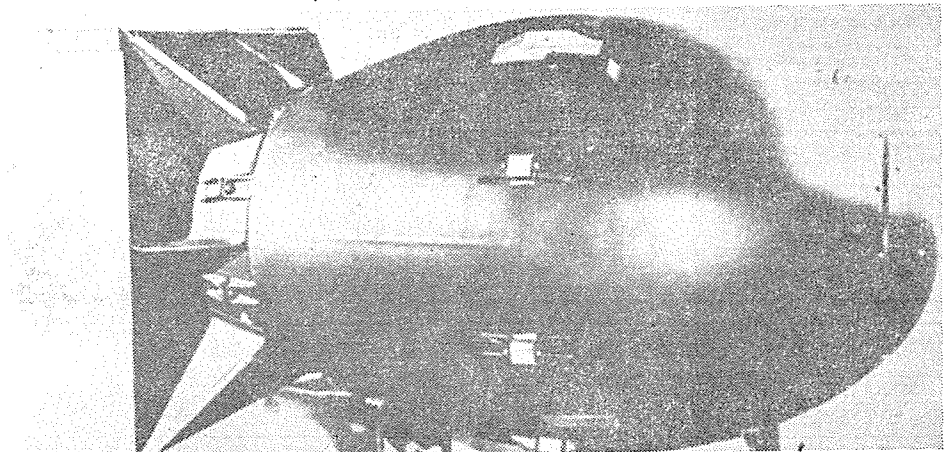


그림:8 1945년8월9일 나가사키에 투하된 原子爆彈
파괴력 20,000t TNT 중량 10,000 파운드