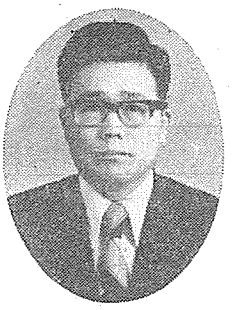
原子爆彈과 水素爆彈

1. 原子爆彈核分裂
2. 水素爆彈 核融合
3. 核武器擴散과 軍縮狀況

〈下〉



鄭 雲 赫
韓國 海洋大學
(理博·原子核物理學)

2. 水素爆彈

가. 核融合

輕元素(例水素) 두 個가 뭉쳐서 보다 무거운 核(例 헬리움)으로 融合할때 非常히 큰 에너지가 放出한다는 것이 알려졌다. 이것이 所謂 核融合에 依한 에너지 放出이다. 核融合의 代表的인 例로서 自然現象인 太陽에너지와 人工的인 水素爆彈을 들 수 있다. 또한 世界科學者들은 이 核融合에너지를 動力에 利用하기 위해서 가진 硏究를 다 하고 있는 中이다.

1938年 美國의 物理學者 Hans Bethe와 獨逸의 天文學者 Carl Weizsaecker는 獨立的으로 太陽에서 水素核融合이 行해지고 있다는 것을 確認했다. 太陽의 中心溫度는 15,000,000°C~20,000,000°C로서 이 高溫度에서 原子들은 地上의 存在하는 形態로는 存在할 수 없고, 서로 衝突하여 原子內의 電子들은 다 脫落되어 알몸의 核 만으로 남게 된다. 이 알 몸이 된 核들은 相衝結合하여 보다 複雜한 核을 構成한다. 이런 核反應을 熱核反應이라고도 한다. 太陽에 存在한는 莫大한 量의 水素와 核融合에너지로 因해서 太陽은 過去 50億年間 에너지를 放出해왔으며, 앞으로 적어도 또 50億年間은 充分히 에너지를 放出할 수 있으리라 본다. 太陽에서는 6億5,000萬톤의 水素가 每秒 헬리움으로 轉換되고 있으며, 이로 因해서 太陽의 質量은 每秒 460萬톤씩 減少되어 가고 있다.

水素에는 3가지 種類의 同位元素가 있다. 即 水素—1(輕水素; H^1 혹은 H), 水素—2(重水素; H^2 혹은 D) 및 水素—3(, 重水素; H^3 혹은 T), 天然水素는 大部分의 輕水素(~100%)와 極少量의 重水素(0.015%)로 되어 있고, 三重水素는 人工的으로 만들어진다. 核融合이 이루어지는데 容易한 順序는 三配水素—重水素—輕水素의 順이다.

核融合의 動力爐에의 應用에 있어서는 重水素가 가장 適合하다. 三重水素는 核融合이 가장 容易하지만 天然的으로 存在하지 않기 때문에 人工的으로 製造해서 쓰기란 困難하다. 重水素核融合過程을 式으로 表示한면

(重水素)+(重水素) → (헬리움—3)+(中性子)+(에너지 4MeV)

重水素는 6,000個의 天然水素原子中에 겨우 한 個 程度 섞여 있는 셈이다. 그러나 海水中에는 莫大한 量의 水素가 包含되어 있으므로 重水素 是亦相 當한 量을 차지한다. 地球上의 海水中에 있는 重水素는 世界를 現在狀態로 維持 하데 앞으로 5,000億年間 持續할 수 있다. 이것은 人間이 存在하는 限 充分하다. 問題는 世上에서 어떻게 人工的 太陽인 核融合爐를 만들 수 있느냐 하는 것이다.

水素爆彈의 製造에 있어서는, 普通 重水素보

다는 三重水素를 使用한다. 이 三重水素는 리튬(Li⁶)에 中性子를 衝擊 시키는 核反應에 依해서 만들어진다. 水素爆彈의 爆發은 瞬間的으로 이루어지는 核融合反應이다. 可能한 水素核融合反應들을 綜合하면 表 3과 같다.

表 3 水素核融合反應

水素融合反應	放出에너지	融 合 時 間
$H^1+H^1 \longrightarrow H^2+e^+$	1.4MeV	100,000,000,000年
$H^2+H^1 \longrightarrow He^3+$감마선	5MeV	0.5秒
$H^3+H^1 \longrightarrow He^4+$감마선	20MeV	0.05秒
$H^2+H^2 \longrightarrow He^3+n$	3.2MeV	0.00003秒
$H^2+H^2 \longrightarrow H^3+H^1$	4MeV	0.00003秒
$H^3+H^2 \longrightarrow He^4+n$	17.6MeV	0.0000012秒
$H^3+H^3 \longrightarrow He^4+n+n$	11MeV	?

나. 水素爆彈

水素爆製造의 起源을 大略 살펴보면, 1950年 1月 31日 美國大統領 Truman은 原子力 委員會에 水素爆彈製造를 着手하도록 命令했다. 3年後 1952年 11月 1日 午前 7時 14分 마침내 太平洋上에서 美國原子力委員會는 "Mike"라고 命名된 最初의 15Mt 水素爆彈을 爆發實驗함으로써 世界는 水素爆彈時代로 뛰어들었다. 그런데 이 最初의 美國水素爆彈 Mike는 높이가 約 7.5m의 立方體形으로 爆彈自體의 重量이 50톤이나 나가서 實用的인 軍事武器로는 使用할 수 없고 縮少改良해야만 되었다. 이 Mike 水爆은 燃料로서 壓縮液化水素를 使用하였다.

Mike의 爆發實驗後 뒤따라, 蘇聯에서도 1953年 8月 12日에, 1Mt의 첫 水素爆彈을 爆發實驗했다.

1954年 3月 1日 美國은 Bikini에서 一連의 水素爆彈實驗을 行하였는데, 最初의 것이 "Bravo"라고 命名된 15Mt 水素爆彈이었다. 이것은 美國 最初의 實用的인 水素爆彈이었다. Bravo 水素爆彈의 燃料는 液化水素가 아니고, 密度와 效率이 높은 物質, 即 리튬과 重水素로 構成되는 Li^6D의 固體化合物이었다. 爆彈自體內에서, 리튬(Li^6)은 中性子와 反應하여 核融合에 必要한 三重水素를 만든다. 다시 말하면, 비싼 값을 치루고 原子爐를 使用하여 三重水素를 만들 必要없이, 爆彈自身이 自己의 燃料를 自家生産한다. 다음에 原子爆彈의 爆發에 依해서 생기는 高熱로 因하여 三重水素는 重水素와 融合하여 莫大한 융합에너지를 放出한다. 이것이 바로 水素爆彈의 爆發이었다. 燃料의 外殼은 天然우라늄으로 둘러쌓여 있는데, 이 外殼우라늄은 中性子反射體의 役割을 하는 同時에 爆發에너지를 增加시켜준다.

水素爆彈의 具體的인 內部構造와 外殼圖形은 極秘로 되어 있다. 水素爆彈의 燃料로서 固體形의 Li^6D을 使用하면, 水素爆彈이 爆發時 Li^6은

Li^6+n 反應을 通해서 必要한 三重水素(T)를 供給해 준다. 即

$$Li^6+n\ He^4+T+5MeV$$

이렇게 해서 供給된 三重水素(T)는 燃料(Li^6D) 內의 重水素(D)와 融合反應

$$D+T\ He^4+n+17.6MeV$$

을 한다. 여기서 重水素 (D)는 三重水素(T)와 結合해서 알파粒子(He^4), 中性子(n) 및 에너지(17.6MeV)를 放出한다. 이 융합反應은 다른 反應에 比하여 큰 斷面積을 가지며, 比較的 낮은 溫度에서 熱核反應이 일어난다. 그러한 融合反應을 始作하기 위해서는 적어도 少量에 三重水素+重水素의 混合體가 事前에 押入될 것이 必要하다. 그러므로 水素爆彈은 中心에 原子爆彈과 그 周圍를 둘러싸고 있는 Li^6D로 構成되어 있는 셈이다. 原子爆彈이 爆發할때 生成되는 매우 强力한 中性子束은 Li^6을 衝擊하여 水素爆彈에 必要한 三重水素를 만든다. 이렇게 만들어진 三重水素와 燃料內에 있는 重水素는 原子爆彈에 依해서 生發된 高熱에 依해서 D+T 융합반응을 만든다. 이러한 核反應들이 스스로 加重됨에 따라서 D+T 융합반응은 急速度로 加速된다(그림 9 참조).

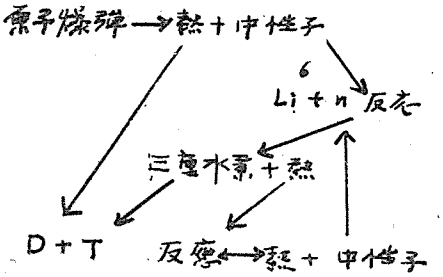


그림 9 水素爆彈에 있어서 融合反應過程

한번 水素融合反應이 定常軌道에 올라 高溫이 얻어지면 D+T 反應 以外의 다른 反應들이 附隨的으로 일어나 水素反應의 全體에너지는 增加한다. 主要한 核爆彈으로서

$$Li^6+D \longrightarrow 2He^4+22MeV$$
$$D+D \longrightarrow He^3+n+3MeV$$

가 있다. Li^6+D 反應은 大量의 에너지를 放出하지만, 原子番號 Z=3을 가진 리튬(Li^6)의 큰 電氣的斥力 때문에 特別히 높은 溫度를 要求한다. 따라서 水素爆彈의 爆發에너지의 大部分은 D+T 反應의 17.6MeV와 Li^6+D 反應의22MeV로 構成된다.

融合反應에너지 17.6MeV와 22MeV는 各各 우라늄核分裂反應에서 放出되는 200MeV의 에너지에 比하면 겨우 $\frac{1}{10}$에 지나지 않는다. 그러나 水素와 리튬은 우라늄보다 훨씬 가벼워서, 燃料의 kg當 에너지 産出은 水素融合 쪽이 훨씬 더 크다. 또 核融合에 있어서는 核反應이 停止되기 前에 더 많은 部分의 燃料를 消耗한다.

水素爆彈을 天然우라늄으로 둘러쌓음으로써 經濟的인 爆彈을 만들 수 있다.

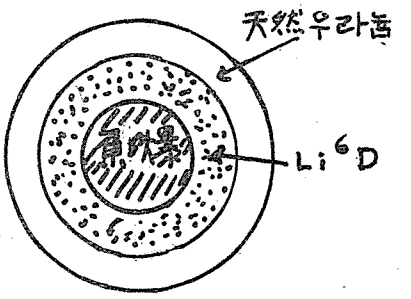


그림 10 水素爆彈

이것은 二重의 有效한 目的을 가지는데, 첫째 爆彈의 破裂에 對한 慣性을 높여 爆發時間을 延長할 수 있고, 둘째로 熱核反應에서 生成되는 中性子에 依한 U-238의 核分裂로 因해서 爆彈의 에너지가 증가한다. 即

$$\begin{cases} D+T \longrightarrow He^4+n+17.6MeV \\ D+D \longrightarrow He^3+n+3MeV \end{cases}$$
$$U^{238}+速中性子 \longrightarrow 核分裂$$

3. 核武器擴散과 核軍縮狀況

原子力産業에서 取扱하는 核物質들은, 비록 그것이 核武器는 아닐지라도, 두 가지 種類의 危險性, 放射性汚染 및 核爆彈製造의 潛勢力을

內包하고 있다. 原子爐에서 使用되거나 或은 生成되는 分裂性物質은 原子爆彈을 製造하는 材料로서 使用될 可能性이 豊富하기 때문에, 이들을 그대로 無責任한 손 아래에 放置해 두며 核戰爭의 危險性이 따른다.

가. 核武器擴散

1945年 世界 第2次大戰終末直後 한 동안은 美國만이 "原子爆彈의 秘密"에 對한 技術情報를 所有하고 있었다. 英國은 第二次大戰中 核爆彈製造의 協助國으로서, 核技術에 對한 많은 情報를 內密히 關與하고 있었다. 核秘密의 嚴格한 守備와 우라늄에 對한 情報의 閉鎖는 純粹科學의 發展에 까지도 阻害를 끼쳤다. 그 한 例로서 解放直後 日本에 駐屯하고 있던 美軍들은, 原子爆彈이 아니라는 美國物理學者들의 挽留에도 不拘하고, 日本의 純粹核物理學研究를 위한 싸이크로트론核裝置를 破壞해 버린 일이 있었다. 當時 被征服國들인 日本과 西獨은 核武器開發에 參與하지 못하게 되었었다.

核武器의 建造에 對한 仔細한 情報는 오늘날까지도 極秘에 붙여져 있고, 또 이것이 核武器擴散을 防止하는데 도움이 되지만, 1954年頃부터 核武器技術에 關한 極秘의 態度는 徐徐히 逆轉하기 如作했다. "平和를 위한 原子力"이란 슬로간 아래 原子爐技術 및 原子核物理學에 關한 情報가 放出되기 始作했다. 또 美國原子力委員會는 自由友邦國家들에게 原子爐建設을 支援해 주는데 活發했다. 特히 美國은 友邦中小國들에게 小型의 研究 및 教育用原子爐를 供給해 주었으며, 原子術技術教育을 위하여 外國學生들을 불러들였고, 貸與된 原子爐用으로 濃縮우라늄을 供給해 주었다.

이러한 傾向은 世界 많은 國家들로 하여금 核武器競爭에 들어설 수 있는 狀況에 까지 進陟되었다. 初期의 教育 및 研究用原子爐는 플루토늄을 大量生產하지 못했으나, 現在 몇몇 國家에서 使用하고 있는 大規模의 動力爐는, 萬一 適當히 統制하지 않으면, 核武器를 製造하기에 充分한 플루토늄을 만들 수 있다. 그리하여 世界는 核物質의 統制方案을 模索하지 않으면 안 되었다, 비엔나에 本部를 둔 國際原子力機構(IAEA)는 世界의 平和的原子力의 開發을 圖謀하고 核武器擴散에 對한 統制를 擔當하기 위해서 設立되었다.

美國은 濃縮우라늄을 供給해 주되 使用된 燃料는 플루토늄을 抽出하여 核武器製造에 濫用되지 못하도록, 美國으로 回收한다는 條件을 붙였다.

1970年에 核武器非擴散條約이 設定되었으며, 世界 많은 國家들이 加擔하여 調印했다. 主要視되고 있는 國家로서 印度와 이스라엘은 調印을 拒絕했으며, 1974年初 印度는 마침내 秘密裡에 原子爆彈을 製造하여 爆彈實驗을 行했다.

現代原子爐는 많은 量의 우라늄을 包含하고 있어, 플루토늄의 生產率은 MW·日電力當 約 0.5g의 率로서, 每年 數 10個의 原子爆彈을 製造할 수 있는 量의 플루토늄을 만들기에 充分하다. 한 原子爆彈은 約 7~10kg의 Pu-239와 U-235를 必要로 한다. 原子爐에서 얻어지는 플루토늄을 原子爆彈에 使用하는 경우에는, 燃料는 原子爐內에 오래 留置해 두어서는 안된다. 왜냐하면, 原子爐에서 生成된 Pu-239는 中性子의 砲擊을 받아 그것의 얼마간은 徐徐히 Pu-240으로 變해 가기 때문이다.

$$Pu^{239} + n(\text{中性子}) \longrightarrow Pu^{240}$$

이 Pu^{240}은, 化學的으로 Pu^{239}로 부터 分離될 수 없는 同位元素로서, 速中性子의 吸收毒 即 毒素로 作用하여 原子爆强의 爆發을 阻害한다. 따라서 萬一 原子爐가 너무 오래동안 運轉되면 使用된 燃料內의 플루토늄은 原子爆彈製造에는 使用할 수 없게 된다.

美國의 商用原子爐에서는 U-235의 6% 燃燒로 考案되어 플루토늄生產量을 故意로 充分히 작게 하고 있다. 그러나 原子爐를 燃料의 長期間週期를 通해서 운전되도록 考案함에 依해서 Pu-239의 抽出을 制約할 수도 있다. 이 方法은 아직까지 廣範하게 使用되지 않고 있다.

지금 世界에서 政治的인 決定이 이루어지면 原子爆彈을 製造할 수 있는 技術的能力을 가추고 있는 나라들은 約 10個國에 達한다. 1950年代에 核保有國은 3個國, 美國, 蘇聯, 英國 뿐이

었다. 英國은 原子爆彈의 戰時開發에 美國과 協助했으나, 秘密關係로 水素爆彈製造에 있어서는 獨占으로 開發하지 않으면 안되었다. 4번째의 核保有國이 된 佛蘭西 亦是 美國과 友好的인 關係에 있었으면서도 美國의 核武器擴散防止政策에 따라 佛蘭西獨力으로 核爆彈을 開發하지 않으면 안되었다. 5번째의 核保有國인 中共도 蘇聯과의 事情이 비슷했다. 蘇聯이 中共에게 原子爐物質과 核技術을 供給해 준 後 두나라 사이의 關係가 1958年에 갑자기 冷情해짐에 따라 中共은 同位元素分離와 原爆製造를 獨力으로 해나가지 않으면 안 되었다. 表 4는 核爆彈을 成就한 年代를 보여 준다.

表 4 核爆彈의 保有年代

保有國	原子爆彈	水素爆彈
美國	1945	1952(1954)
蘇聯	1949	1953
英國	(1945)	1957
佛國	1960	1968
中共	1964	1974
印度	1967	

여기서 特記할 것은 先進工業國인 佛蘭西가 原子爆彈을 만들기까지 15年間이나 가진 努力을 다했으며, 水素爆彈을 만들기까지 美國의 첫 水素爆彈에서 부터 16年間이나 걸렸다고 하는 事實이다. 이 事實은 核物質의 統制가 核武器擴散을 遲延시키는데 얼마나 重要한 가를 보여준다, 한편 中共을 보면, 땅이 巨大하기는 하나, 未開發工業國이면서도 빨리 核保有에 成功하였다는 事實은 많은 國家들이 經費와 努力을 傾注하여 原共爆彈을 만들겠다는 動機만 있으면 어느나라든지 核武器를 保有할 수 있다는 事實을 明示해 준다. 表 5는 世界의 1945年에서 1961年 사이에 爆發實驗한 量을 보여준다.

表 5 世界의 核爆彈實驗(1945—1961)

年度	爆彈	美國	蘇聯	英國	佛國	年度	爆彈	美國	蘇聯	英國	佛國
1945	原	60kt	—	—	—	1955	原	300kt	—	—	—
1946	原	40kt	—	—	—		水	—	3Mt	—	—
1947	—	—	—	—	—	1956	原	—	—	110	—
1948	原	102kt	—	—	—		水	30Mt	3Mt	—	—
1949	原	—	50kt	—	—	1957	原	330kt	—	22kt	—
1950	—	—	—	—	—		水	—	40Mt	14Mt	—
1951	原	410kt	80kt	—	—	1958	原	300kt	—	10kt	—
1952	原	200kt	—	20kt	—		水	30Mt	20Mt	1Mt	—
	水	15Mt	—	—	—	1959	原	—	—	—	—
1953	原	250kt	100kt	50kt	—		水	—	—	—	—
	水	—	1Mt	—	—	1960	原	—	—	—	70kt
1954	原	—	—	—	—		水	—	—	—	—
	水	40Mt	2Mt	—	—	1961	原	小型	小型	—	小型
							水	—	—	—	—

나. 核武器擴散防止條約

核武器擴散防止條約은 1968年에 核保有國들에 依해서 發起되어 1970年에 實施를 보았는데, 이 條約은 核保有國보다는 오히려 非保有國들에 對해서 더 많은 制約을 주도록 되어 있다. 그러나 大部分의 國家들에 依해서 受諾되고 있는 中이다. 이 條約은 3가지 主條項을 內容으로 하고 있다.

1. 核非保有國은 外國으로부터 核武器材料와 核武器를 受諾하지 않으며, 核武器를 製造하지 않는다. 信賴性을 保證하기 위해서 必要하면 國際原子力機構(IAEA)의 검열을 받는다. 경우에 따라서는 歐洲原子力共同體(Euratom)의 검열을 받을 수도 있다.

2. 核保有國은 核武器材料를 非保有國에 提供하지 않는다.

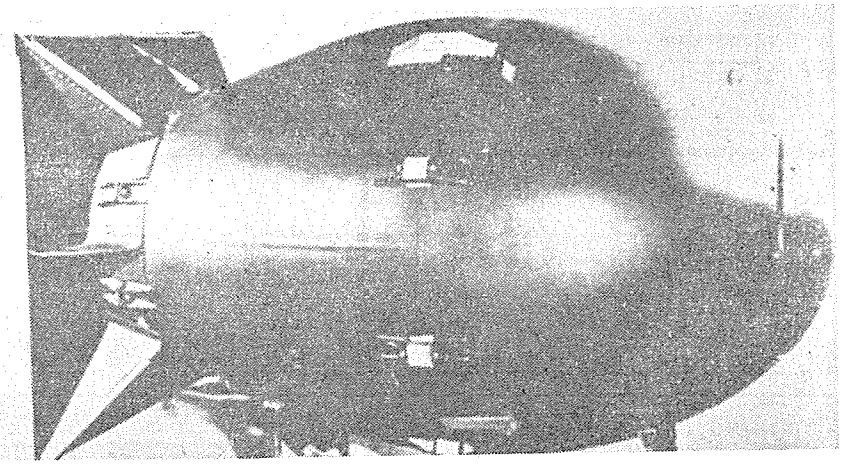
3. 核强大國들은 核武器競爭을 制限하기 위해서 신실한 交涉을 한다.

1970年 이 條約에 主要核保有國(中共 除外)을 위시하여 總 42個國이 調印했다。그러나 關係國들의 協助없이 이 條約만 가지고는 核武器擴散을 防止할 수 없다는 것을 明確한 事實이다.

끝으로 核保有國을 包含해서 全世界가 核에 對한 關心을 軍事的目的에서 産業 및 科學的競爭으로 轉換하기를 바라는 마음 간절하다.

參考文獻

1. Nuclear Energy—Its physics and its social challenge by D.R. Inglis, Addison-Wesley, 1972
2. Kill and Overkill by R.E. Lapp, New York, Basic Books, 1962
3. Nuclear Fission, Fusion, Beyon Fusion by I. Asimov, AEC Understanding the Atomic Series, 1972
4. The Atom: Friend or Foe? by C. Martin, Franklin Watts, 1962
5. Atomic Energy in War and Peace by C.B. W. Leyson, E.P. Dutton, 1951
6. Sourcebook on Atomic Energy by S. Glasstone Van Nostrand, 1967
7. The Hydrogen Bomb(I) by L.N. Ridenour Scientific American Vol. 182, No. 3, P11, 1950
8. The Hydrogen Bomb(II) by H.A. Bethe Scientific American Vol. 182, No. 4, P18, 1950
9. The Hydrogen Bomb(III) by R.F. Bacher Scientific American Vol. 182, No. 5, P11, 1950
10. The Hydrogen Bomb(IV) by R.E. Lapp Scientific American Vol. 182, No. 6, P11, 1950



1945년 8월 9일 나가사끼에 투하된 原子爆彈 파괴력 20,000t TNT 중량 10,000 파운드