

<解 說>

# 各國의 原子力發電所 敷地選定 基準에 대한 考察

李 相 薰 · 文 光 男

韓國原子力研究所  
(1977年 6月 21日 接受)

## Siting Criteria of Nuclear Power Station in Several Countries

Sang Hoon Lee and Kwang Nam Mun

Korea Atomic Energy Reserch Institute

### I. 緒 論

原子力發電所를 建設, 運轉하기 위해서는 필수적으로 敷地를 選定 확보 하여야 한다. 原子爐는 放射性物質을 상당 量 내포하고 있어, 事故가 발생하여 放射性物質이 의부로 유출되는 경우를 假定 할 때 住居民에 커다란 放射線障害를 가져다 주므로 各國 마다 엄격한 規制 및 基準이 적용 되고 있다.

즉, 原子力發電所 敷地는 주변의 人口密度가 충분히 낮아야 하며, 적절한 非居住區域이 설정 되어야 한다는 결과, 敷地에 대한 地質 및 地震學의인 충분한 조사와 環境工學的(氣象, 水文, 生態)등 특성 등이 고려 되어야 한다.

先進各國에서는 일찍 부터 原子爐建設에 대한 敷地選地로서의 적합성 여부를 판단하고 있으며, 특히 美國, 英國, 캐나다, 日本 등은 成文化된 敷地選定基準을 制定하여, 原子爐 施設(특히 安全施設)에 대한 安全設計와 人口密集地域으로의 接近 등을 제한하는 것을 골자로 하고 있으며, 各國 마다 그 내용 및 운영 면에서 약간의 차이를 보이고 있다.

본 技術報告書는 各國에서 현재 施行 되고 있는 原子力發電所 敷地選定基準에 대한 考察을 하고 우리나라에서 의 敷地選定에 대한 基本概念과 장차의 구체적인 基準設定에 있어서 그 方向을 제시 함으로써 原子力發電計劃의 安全性 確保에 기여 하는데 있다.

### 1. 美 國

美國의 敷地選定基準은 TID-14844<sup>1)</sup>의 기초적인 假定과 방법을 母體로 한 10 CFR Part 100 (Reactor

site Criteria)<sup>2)</sup>를 U. S. NRC(美國 原子力規制 委員會)에서 制定하여, 이들을 基盤으로 敷地選定基準을 定하고 있다. 그 내용의 골자를 보면 다음과 같다.

#### 1. 敷地評價因子

原子爐 施設의 設計 및 運轉상으로 보아, 敷地評價因子로서, 原子爐의 出力, 放射性物質의 特性和 事故의 確率, 그리고 만일의 事故時 放射性物質의 環境 放出前 차단 할 수 있는 工學的 安全設備를 들 수 있으며, 環境工學的 評價因子로서는, 人口分布 및 敷地環境의 利用 특성과 敷地 주위의 地質 地震 氣象 및 水文學의인 特性 등을 고려하여야 한다. 특히, 原子爐 施設의 耐震設計에 대해서는 建築基準法에 따라야 하며, 地質 및 地震에 대한 敷地選定基準을 10 CFR Part 100의 Appendix A 로써 1971년에 따로 制定 보완 하였다.<sup>3)</sup>

#### 2. 非居住區域, 低人口地帶, 및 人口中心距離

敷地 評價의 보완으로써 假想事故時 核分裂生成物에 대한 放出量의 假定 및 氣象學的 조건을 감안하여 아래와 같이 住居民에 대한 被曝線量을 基準으로 非居住區域, 低人口地帶 및 人口中心距離의 概念을 결정하고 있다.

##### 1) 非居住區域(Exclusion area)

假想事故時 核分裂生成物의 放出에 의한 住居民의 被曝線量이 2시간 이내에 全身에 25 rem, 放射性iodine에 의한 甲狀腺에 300 rem를 초과하여 받을 수 있는 거리까지의 地域을 말하며, 이 地域 내에는 一般 人의 居住 할 수 없으며 이 地域 내의 모든 활동은 原子力發電所 事業主의 통제를 받게 되어 있다.

##### 2) 低人口地帶(A low population zone)

非居住區域을 둘러 싸고 있는 地域으로써, 假想事故

時核分裂生成物の放出에 대한放射性을 띤 구름이 지나는全時間 동안(事故期間중) 住居民의 全身 被曝이 25 rem, 또는 放射性 iodine 에 의한 甲狀腺에 대해 300rem 을 초과하여 받을 수 있는 거리까지의 地域이며, 이 地域 내의 人口數 및 人口分布圖를 항시 파악하여, 重大한 事故가 발생할 경우 住居民의 보호를 위하여 人口 分散策 등 非常措置에 대한 적절한 방법은 事業主가 취할 수 있다.

3) 人口中心距離(A population center distance)

人口中心距離는 原子爐로 부터 低人口地帶의 외곽까지 거리의 최소한 1 1/3배 이상 떨어져 있는 거리까지의 地域을 말하며, 人口中心地란 25,000名 이상이 居住하는 地域을 지칭 한다. 이 地域에 대한 被曝線量은 總人口數에 대한 Population-Dose (man-rem dose) 로서 평가 되고 있다.

한편, 한 敷地 내에 1機 이상의 原子爐가 설치 될 경우는 1機의 原子爐事故에 의해 다른 原子爐에 영향이 미치지 않는다면, 各 原子爐로 부터 개별적으로 非居住區域, 低人口地帶 및 人口中心距離를 만족하면 된다.

III. 英 國

英國에서는 Nuclear Installation Act 가 發効되기 전까지의 모든 Central Electricity Generating Board 의 原子力發電所 敷地는 1955년에 제안된 Marley 및 Fry의<sup>1)</sup> 敷地選定基準을 기반으로 했으며, 상기 Act 가 1960년 効力を 發하므로써, Energy 長官(Secretary of state for Energy)에 의해 原子力 施設許可를 줄 수 있게 했고 이 Act 를 施行하기 위한 뒷받침으로써 Nuclear Installation Inspectorate 를 설치했으며, 또한 原子力安全諮問을 위해 Nuclear Safety Advisory Committee 가 구성되었다<sup>2)</sup>

1. 敷地選定基準 思考方式

英國의 敷地選定基準은 原子爐 事故의 敷地 주위의 住居民에 대한 放射線障害에 대한 確率論에 基準을 두고 있다. 즉, I-131 放出에 대해 1km 이內에 居住하는 住居民에 대한 死亡確率을 10<sup>-7</sup>/yr 이하가 되도록 規制하고 있다<sup>3)</sup>. 이 값은 개인의 事故死亡 確率보다 매우 낮은 값을 나타내고 있다.

2. 敷地政策

1955년 Marley 와 Fry 에 의해 제안된 敷地選定基準을 기반으로 했다.<sup>4)</sup> 이 基準은 人口와 距離에 따른 放射線 障害度를 고려해서 敷地를 A~G class 로 분류했

으며, class D site 를 標準敷地로 정하였고, 또한 I-131의 확산에 대한 各 距離의 人口分布를 고려한 Site rating 이 적용 되었다.<sup>4,7,8)</sup>

한편, 原子力發電所가 증가함에 따라, 최근의 敷地選定 政策은 國土의 협소한 점, 原子爐의 安全性 개선 및 放射線 障害와 그 특성에 따른 지식이 증가함에 따라 많이 달라지고 있다. 즉, Concrete 格納容器를 가지고 있는 AGR 은 이전 보다 人口密集地帶에 접근하여 건설하여도 容도록 許可 되었으며, 또한 敷地選定 방법으로써 人氣安定狀態(Pasquill F型)에 I-131의 방출에 대한 住居民의 甲狀腺 被曝線量을 기준으로 한 Sector risk factor 및 Siterisk factor 를 고려하고 있다.

IV. 카 나 다

캐나다는 確率論的 安全評價 방법에 근거를 두고 있으며, 캐나다 原子力公社(AECB)의 原子爐 設計 및 敷地에 대한 基準은 設計者에 의해 제안된 安全基準을 원칙으로 하고 있었으나, 1964년 부터 The Reactor Safety Advisory Committee (AECB의 原子力發電所 安全 諮問 기관)에 의해 基本安全基準을 設定하여 Pickering 原子力發電所의 後核機 建設에 적용되고 있다.

1. 安全基準

캐나다 原子力發電所의 安全基準은 原子爐 정상 運轉에 요구되는 Process system 과 이들 system 의 고장이나 기능의 마비시 이들을 뒷받침 할 수 있는 Special safety system 으로 構成된 "Defence-in-Depth" 政策을 택하고 있다.

Process system 이 피손 되어 保護系가 작동 하였을 때를 Single failure (單一事故)라 하여, 개인의 全身 및 甲狀腺 線量을 0.5 rem/yr 및 3 rem/yr 로 제한하고 있으며, 人口集團의 全身 및 甲狀腺에 대해 10<sup>4</sup> man-rem/yr 및 10<sup>4</sup> thyroid-rem/yr 를 제한하고, 이 system 의 完전 故障確率은 3년에 1번 이상 초과할 수 없으며, Process system 의 完전 고장 Special safety system 중 어느 한 기능이 마비 되었을 경우를 Dual failure (二重事故)라고 하여, 이런 事故 確率은 3×10<sup>9</sup> yr 에 1번 이상 일어 날 수 없으며 이때의 개인의 全身 및 甲狀腺 線量은 각각 25 rem, 250 rem 으로 제한하고 人口集團에 대한 全身 및 甲狀腺에 대해 각각 10<sup>6</sup> man-rem, 10<sup>6</sup> thyroid-rem 으로 제한하고 있다.

2. 非居住區域

캐나다의 原子爐는 PHWR 型으로써 美國의 LWR型

의 非居住區域 設定에 비해 약간 멀리, 原子爐로 부터 반경 900~1000m로 AECB에서 規制하고 있다. 美國의 경우와 마찬가지로, 이 地域 내에서는 永久的인 활동이 금지되어 있으며, 허가된 이외의 타 목적을 위한 用地的 사용은 따로 AECB로 부터 許可를 얻어야 하며 이 地域 내의 放射線 安全管理 문제는 AECB에서 認可된 事業主 또는 事業主가 選任한 者에 의해 規制管理된다.

### V. 印 度<sup>11, 12)</sup>

印度의 敷地選定基準은 工學的인 문제와 經濟的인 면을 고려하여 정상 稼動時 放射性物質의 방출에 대한 water body의 稀析能力, 原子爐의 Maximum credible accident와 氣象 조건을 감안한 住民의 被曝線量, 非居住區域에 대한 타당성을 고려하여 敷地選定基準으로 삼고 있으며, 또한 Tarapur, Ranapratapsagar 및 Kalpakkam의 原子力發電所의 建設 運營의 經驗을 감안하며, 後續機들의 새로운 設定 基準을 추가 보완하고 있다.

#### 1. 既存敷地選定基準

##### 1) 非居住地域(Exclusion area)

原子力發電所의 統制權 하에 있는 地域으로써, 이 地域 내에서의 一般人에 대한 活動은 금지되며 그 범위는 1.6~2.4km이다.

##### 2) 低人口地帶(Sterilized area)

非居住地域을 둘러 싸고 있는 環狀地帶으로써 이 地域의 범위는 原子爐로부터 반경 5km 이상으로 정하고 있는 것이 보통이며, 低人口密度를 유지해야 하며, 특히 産業과 人口의 증가는 물론 農業 活動의 증가 추세를 억제하는 방향으로 하고 있다.

##### 3) 人口中心地數(Population centers)

敷地로부터 반경 16km 이내에는 10,000名 이상의 人口中心地가 없어야 한다고 名文化 되어 있다.

한편, 다른 規定된 조건은 既存資料와 地形에 따른 氣象조건, 정상 稼動時 放射性廢棄物에 대한 水中 稀析 능력, 특히 敷地를 싸고 있는 地域의 food production을 위한 土地의 利用度와 用水의 利用度 등이며, 原子爐 정상 稼動時 0.5 rem/yr의 放射線許容值로 제한함은 물론 事故時 beta-gamma線 外部被曝에 대해 25rad, 16세 이하의 어린이에 대한 放射性 iodine의 內部被曝線量을 25 rad로 제한하고 있다.

#### 2. 現在의 敷地選定基準

지금까지의 原子爐의 運轉 經驗과 環境조사 및 規制가 엄격히 수행됨으로써 敷地選定基準이 보완 되었다.

즉, 1.6km의 非居住區域을 보다 축소할 수 있도록 하였으며, 또는 이 地域내에 大單位 (1,000 MWe) 原子力發電所(前에는 400~500 MWe를 基準으로 했음)를 建設할 수 있게 規制를 보완 하였다.

## VI. 日 本

日本에서는 1955년 5월에 제정된 原子爐敷地審査指針이 原子力委員會의 의결을 거쳐 敷地選定基準으로 적용하고 있다.<sup>13)</sup>

#### 1. 敷地選定條件

原子爐 事故가 일어나지 않게 設計, 建設 및 運轉되어야 함은 물론, 만일의 事故時에 대비해서 住居民의 安全을 확보하기 위해 아래의 敷地選定條件을 提示하고 있다

- 重大事故가 유발될수 있는 요인이 없을 것.
- 原子爐 假想事故에 대한 住居民의 放射線 被曝 障害를 고려하여, 一般 大衆의 居住 地域으로부터 가급적 멀리 떨어져 있을 것.

• 原子爐 假想事故時 原子爐 敷地 주변의 모든 활동 및 住居民에 대해 적절한 行政의 조치를 취할 수 있는 敷地環境이어야 할 것.

#### 2. 基本目標

• 기술적인 견지에서 최악의 경우 일어날지도 모르는 重大事故의 발생을 假定하여, 非居住區域 한계에서 全身에 대한 放射線 被曝이 25 rem, 放射性 iodine에 의한 甲狀腺 線量이 150 rem(어린이)를 초과할 수 없도록 되어 있다.

• 假想事故 발생을 고려하여 低人口地帶의 의과 세계에서 全身에 대해 25 rem, 放射性 iodine에 의한 甲狀腺線 量이 300 rem(成人)을 초과하여 被曝 될 수 없다.

• 假想事故 발생시에도 國民遺傳線量을 충분히 고려하여 모든 一般大衆에 대한 集團線量  $2 \times 10^8$  man-rem이 을 초과할 수 없도록 規定하고 있다.

## VII. 우리 나라

#### 1. 基本概念

현재, 우리나라에는 原子力發電所 敷地選定 規定은 따로 없고, 다만 原子爐施設의 技術基準 및 保安措置 등에 관한 規定에 敷地選定과 관련된 事項들이 기술 되어 있다.<sup>14)</sup>

1) 事故基準

• 重大事故: 原子爐 施設이 설치된 數地 주변의 상황, 原子爐의 특성, 安全防護施設 등을 고려하여 기술적인 면에서 최악의 경우에 발생할 가능성이 있다고 인정되는 중대한 原子力 事故를 말함.

• 假想事故: 기술적인 면에서는 일어날 수 없는 假想的인 原子力 事故를 말함.

2) 一般基準

• 原子爐는 地震, 洪水, 또는 海溢 등 重大한 事故의 원인이 될 수 있는 재해가 일어나지 아니 하였고, 일어날 가능성도 없다고 인정되는 곳에 설치하여야 한다.

• 原子爐는 가능한 人口密集地帶 또는 일상 居住地帶로 부터 멀리 떨어진 곳에 設置하여야 하며, 假想事故의 경우 人口密集地帶의 居住民의 全身에 被曝되는 放射線量의 積算値가 國民遺傳放射線量의 檢査에서 충분히 許容될 수 있는 정도로 人口密集地帶로 부터 떨어져 있어야 한다.

• 原子爐는 그 數地 주변의 一般人에 대하여 필요에 따라 적절한 조치를 취할수 있는 곳에 설치하여야 한다

• 原子爐 施設의 周圍에는 非居住區域을 두어야 하며, 該當 非居住區域은 重大事故가 발생한 경우에 그 地域내의 어느 지점에 있는 사람이라도 2시간동안 全身에 被曝되는 放射線量이 25 rem을 초과하거나, 狀甲腺

이 받는 放射線量이 300 rem을 초과하는 區域의 범위로 한다.

2. 基準設定條件

原子力發電 施設 등 이와 관련된 施設이 증가하므로 인하여 현재의 基準을 數地選定規定으로 분리제정함은 물론, 우리나라 특성에 맞게, 이들에 대한 보다 구체적인 보완이 요구되며, 이 보완에 고려 되어야 할 사항은 다음과 같다.

1) 人口密度가 높다는 점

2) 國土가 협소하며, 三面이 바다로 둘러 싸여 있다는 점

3) 農土의 확보 및 國土開發計劃

4) 우리나라의 고유한 地質, 地震學的인 特性을 反映

5) 간첩 등 불법 침입자에 대한 不法행위 및 분단된 國家라는 점

6) 추가하여, 우리나라에 맞는 國民遺傳放射線量을 결정하여야 할 것이며, 또한 原子力發電所 運轉 경험과 氣象資料 등 自然環境資料가 정립됨에 따라 점차적으로 수정 보완 되어 나아가야 할 것으로 본다.

이상과 같이 各國의 原子力發電所 數地選定基準에 대해 原子爐事故基準概念 및 事故時 一般人에 대한 放射線 被曝 制限을 基準으로 비교 고찰 하였으며, 상기 各國의 주요한 數地選定基準을 表로 게재하였다.

表: 各國의 數地選定基準 비교

國名	美國	英國	카나다	印度	日本	우리나라
事故基準	假想事故	確率論的 (I-131 放出에 의한)	單一事故(동상) 二重事故	最大事故 (MCA)	重大事故 假想事故	重大事故 假想事故
非居住區域	假想事故時 2時間 線量으로 판단	1.6~2.4km	0.9~1km	1.6~2.4km	重大事故로 판단	重大事故時 2時間 線量으로 판단
低人口地帶	假想事故로 판단	5km	—	5km	假想事故로 판단	—
人口密度	人口中心距離 (25,000人 이상)	16km 내 10,000인, 40km 내 100,000인 이하	集團線量으로 판단	16km 내 10,000人以下	假想事故時集團 線量規定	國民遺傳放射線 量으로 판단
被曝線量	全身 25 rem 甲狀腺 300 rem	—	二重事故時 個人 全身 25rem 甲狀腺 250rem 集團 10 <sup>6</sup> man-rem 10 <sup>6</sup> thyroid-rem	事故時 外部線量 25 rad	重大事故時 甲狀腺(소아) 150 rem 全身 25 rem 假想事故時 全身 25 rem 甲狀腺(成人) 300 rem	重大事故時 全身 25 rem 甲狀腺 300rem 集團: 2×10 <sup>6</sup> man-rem

参 考 文 献

1. DiNunno, J. J., Anderson, F. D., Baker, R. E., et al., Calculation of distance factors for power and test reactor sites, TID-14844, (1962).
2. 10 CFR Part 100, Reactor site criteria, U.S. NRC.
3. 10 CFR Part 100, App. A, Seismic and geologic siting criteria for nuclear power reactor, U.S. NRC.
4. Charlesworth, F. r., Gronow, W. S., A summary of experience in the practical application of siting policy in U.K., IAEA/SM-89/41, (1967).
5. Haire, T. P., Usher, E. F. F. W., Nuclear power station siting experience in the U.K., past and present and proposals for the future, IAEA/SM-188/39, (1975).
6. Beattie, J. R., Bell, G. D., A possible standard of risk for large accidental releases, IAEA/SM-169/33, (1973).
7. Bell, G. D., Charlesworth, F. R., Siting of reactors and nuclear research centers, the evaluation of power reactor siting, 317, IAEA, (1963).
8. European Parliament, Working documents 1975/76, Documents 392/75/Annex, (1975).
9. Gronow, W. S., Application of safety and siting policy to nuclear plants in U.K., IAEA/SM-117/21, (1969).
10. Beare, J. W., Duncan, R. M., Siting-means by which nuclear facilities are integrated into a Canadian Community, IAEA/SM-188/4, (1975).
11. Sarma, T. P., Shirvaiker, V. V., Ganguly, A. K., Site selection and optimisation of its use in India, IAEA/SM-169/30, (1973).
12. Venkatesh, L., Sarma, T. P., Siting of nuclear power station in India, IAEA/SM-188/25, (1975).
13. 日本 科學技術廳 原子爐立地審査指針.
14. 科學技術處, 原子爐 施設의 技術基準 및 保安措置 등에 관한 規定, 大統領令 第5493號.