

核燃料資源開發과 그展望



金 鍾 煥

〈動資研 鈾床部長〉

1. 賦存現況

核燃料資源은 우라늄과 토리움을 들 수 있다. 이들에 대한 資源探査는 1960年代부터 始作되어 間歇적으로 推進되어 왔으나 組織的이고 体系的인 調査研究 및 採鈾이 이루어진 것은 數年の 日淺한 年輪에 不過하나 將次 全國土에 대한 潛在核燃料資源探査 擴大의 必要性이 地質學的인 賦存展望面에 主張되고 있다.

近年 美國의 Three Mile 島原電事故에 따라 各國에서 原子力發電의 安全問題가 擡頭되어 其間 우라늄價格이 下落되고 短期間內에는 큰 需要伸張을 期待키 어려운 實情下에 있다고는 하나 世界 各國이 處하고 있는 에너지問題의 長期的인 眼目에서 볼 때 核發電은 消盡되어 가고 있는 化石燃料의 代替에너지로서 脚光받지 않을 수 없으며 2000年代에는 世界的으로 그 供給이 需要를 따르기 어려울 것으로 展望하는 見解도 있다.

더욱 우리나라와 같은 條件下에서는 核發電量의 增加比率이 年次로 漸增하나 아직 內國需要를 堪當할만한 資源確保가 안된 時点에서 當研究所는 國內賦存核燃料資源確保와 이의 國産化 促進을 基礎研究에 力點을 두어 重點基本資源으로 1976년부터 探査 및 採鈾을 繼續中에 있다.

먼저 우리나라의 우라늄과 토리움資源賦存現況을 살피기 前에 이에 대한 世界的인 概況을 簡略히 言及하므로써 比較研究될 것으로 본다.

1-1. 世界우라늄資源

地質學的인 側面에서의 鈾床類型別 分布現況 및 埋藏量의 占有率은 다음과 같다.

① 原生代基底石礫岩型鈾床으로 그 生成은 始生代의 花崗岩質岩과 變成基盤岩上部에 不整合으로 被覆하는 原生代下部의 基底礫岩層에 發達한다. 經濟的인 鈾床은 캐나다의 Elliot Lake-Blind River 地域, 남아프리카의 Witwatersrand Basin 鈾床이며 브라질, 印度, 濠洲에도 一部 賦存한다. 本 鈾床型의 埋藏量은 45 萬余ut으로 지금까지 確認된 世界埋藏量 165 萬ut의 約 27%를 占有하는 代表的인 鈾床型의 하나이다.

② 原生代下部 不整合面에 隨伴된 鈾床型은 約 18-16 億噸사이 世界的인 造山運動期間 동안에 發達된 大侵蝕不整合面에 密接히 胚胎되는 鈾床으로 代表的인 例는 캐나다 北部 Saskatchewan 地域의 Cluff Lake, Key Lake, Rabbit Lake 鈾床과 濠洲北部의 Pine Creek 地域이다. 本 鈾床型은 下部原生代 變成堆積岩類에 依해 被覆된 始生代基盤岩后期의 심한 地質變動을 받지않은 先캠브리아紀楯盤地域에 局限되어 産出되며 그 形態는 脉狀, 層狀, Diatreme, 其他 構造線等에 支配된다. 本 型의 埋藏量은 32 萬ut으로 全体埋藏量의 約 20%를 占有하는 重要鈾床型이다.

③ 砂岩型鈾床은 大部分이 하역 또는 沿海成

(Marginal marine)條件에서 形成되며 湖成이나 風成砂岩도 우리늄鎳化를 받으나 稀少하다. 母岩은 거의 恒常 硫化鐵이나 植物起源의 有機物을 含有하는 不良分級의 中粒 내지 粗粒砂岩이며 堆積岩類는 凝灰岩을 隨伴하기도 한다. 이러한 鎳床型의 非砂化帶는 알코식(arkosic), 硅岩質砂岩內에 pitchblende와 Coffinite를 隨含有하며 風化되면서 Carnotite, tyuyamunite와 Uranophane과 같은 二次鎳物이 生成된다. 本 鎳床型은 美國이 代表的인바 Colorado-Wyoming 地域이 包含되는 西部 Cordillera의 第三紀, 侏羅紀, 트리아스紀의 砂岩內에 發達하며 美國 우리늄生産의 95%를 占한다. 알젠티나에서는 百堊紀와 페름紀의 砂岩이 重要母岩이며 니제르에서는 石炭紀의 Deltaic (三角洲成)砂岩에, 블란서에서는 페름紀의 湖成실트스톤에 各各 胚胎된다. 本 鎳床型의 埋藏量은 57萬ut으로 全体量의 35%를 占有하며 아직까지 首位埋藏量의 位置를 確保하고 있는 역시 主要鎳床型의 하나이다.

④ 火成岩 및 變成岩內의 鎳梁, 岩漿性, 페그마타이트性과 接觸鎳床型

이 群에 該當되는 鎳床은 花崗岩, 미그마타이트, 閃長岩, 페그마타이트, Carbonatite, 火山岩類에 隨伴되는 것들이다. 가장 큰 規模로 알려진 鎳床은 Namibia의 Rössing鎳床으로 페그마타이트花崗岩과 Alaskite에 隨伴된다. 캐나다의 Bancroft地域에서는 페그마타이트에, 美國 Alaska의 Wales島의 南部 Prince의 Ross-Adam鎳床은 Peralkalic花崗岩의 岩株內에, Greenland의 Illimaussaq地域에서는 閃長岩質의 알카리岩內에 各各 胚胎된다. 本 型의 埋藏量은 11萬ut으로 全体埋藏量의 約 7%에 該當된다.

⑤ 脉狀鎳床型

本 型의 鎳床은 裂罅, Pore spaces, 角礫, 網狀과 같은 孔洞을 充填한 것으로 裂隙의 規模가 Jachymov, Shinkolobwe, Port Radium에서는 Pitchblende의 塊狀脉으로부터 캐나다, 유럽, 濠洲의 몇군데 鎳床에서는 좁은 Pitchblende로 充填된 斷層, 裂罅에 이르기까지 多様하다. 블란서는 世界主要鎳床과는 比較도 안되지만 수

많은 이런型的 鎳床을 가진 代表的인 例가 되며 모두 舍치면 U_3D_5 0.22%의 埋藏量 45,000屯이 된다. Limousin, Forez와 Vendée地域이 主發達地域이다. 스페인, 포르투갈의 鎳床은 블란서의 것처럼 Hercynian花崗岩에 隨伴되며 포르투갈의 Urgeirica鎳床은 典型的인 中熱水鎳床이다. 本 鎳床型의 埋藏量은 5萬ut으로 全体量의 3%에 不過하다.

⑥ 其他鎳床型

其他型에 屬하는 우리늄鎳床은 最近에 發見된 Calcrete에 隨伴된 것으로 이는 물의 運動이 主로 地下潛在作用을 하고 있는 半乾燥地域에서 形成되며 濠洲, Namibia, Somalia等の 沙漠準沙漠에서 產出된다. 濠洲西部의 Yeelirrie鎳床이 代表的이라 할 수 있으며 Carnotite鎳化가 Calcrete層內에 넓게 이루어졌다. 余他는 石炭岩과 石炭岩 Karst terrain內에 石灰岩의 燦鎳化分溜物로서 產出된다. 이의 例는 美國 New Mexico의 Grant地域, Wyoming鎳床, 中央아프리카帝國의 Bakouma鎳床等이다.

세 일에 胚胎된 鎳床은 約 300ppm의 低品位鎳床이나 그 規模가 크다. 本 例는 Sweden의 Ranstad地域의 鎳床이 代表的이나 韓國의 沃川系鎳床도 이에 屬한다.

其他 우리늄은 海成의 Phosphorite內에 100-150ppm程度로 濃集되어 產出되며 普通 燦鎳塩鎳床을 形成한다. 美國의 Floriba, Idaho, Utah Wyoming과 Morocco, 北아프리카 等地에서 產出된다.

1-2 世界토리움資源

世界토리움鎳床賦存現況을 보면 鎳床型 및 그 分布에 있어 大略 다음과 같이 区分된다.

- 1) 砂鎳床: 濠洲東海岸, 印度, 브라질
- 2) 變成分化鎳床: 南阿供和國 Steenskampske
- 3) Carbonatite鎳床: 美國 캘리포니아州, 브라질, 아프리카
- 4) 알카리複合岩體: 그린랜드
- 5) 堆積岩中에 存在하는 鎳床: 캐나다 Elliot Lake地域等이다.

埋藏量과 潛在量을 包含한 世界토리움埋藏量

은 1975年現在 202萬S/T이며 一位는 캐나다의 67萬S/T이고 다음으로 印度 45萬S/T, 美國 30萬S/T, 브라질 16萬S/T, 大洋洲 14萬S/T 順으로 되어 있다.

1-3 國內 烏拉늄 鉍床

他 鉍床과 마찬가지로 烏拉늄 鉍床 역시 어느 類型이든간에 地質 分布의 特性과 密接한 聯関性을 갖는다. 韓半島 全體의 地質과 그 分布의 百分率을 보면 先캄브리아紀의 結晶片岩系 10.3%, 花崗片麻岩系 30, 祥原系 2.2% 古生代와 中生代의 堆積岩類가 朝鮮系 8.4%를 包含시켜 21.1%이고 中生代의 花崗岩類가 25.7%, 新生代의 第3系가 1.5%이다. 따라서 우리나라 韓半島는 古期變成岩層과 캄브리아紀以後의 堆積岩層을 合하면 全國土의 7割을 占有하게 된다.

지금까지 國內에 賦存되고 있는 烏拉늄 鉍床 類型은

- 1) 沃川系 低品位 烏拉늄 鉍床으로 많은 探查 研究의 進척과 效果를 얻게 된 含 烏拉늄 黑色 셰일 型
- 2) 加平—楊平 地域 및 鎭川 地域의 先캄브리아紀의 變成 堆積岩類內에 胚胎하는 前紀 世界 鉍床 27型의 原生代 下部 不整合面에 隨伴된 鉍床
- 3) 平海—英陽 地域의 慶尙系 砂岩 型 鉍床 으로 지금까지 알려진 것은 洛東統의 礫岩, 砂質 셰일, 百聖紀의 流紋岩內에 賦存
- 4) 金化—鐵原—華川 地域, 玉洞, 五台山, 茂朱 地域의 佩그마타이트 型 鉍床
- 5) 銅店 烏拉늄 鉍床의 熱水 脈 型 등으로 分類된다.

當 研究所의 沃川系 烏拉늄 鉍床 調整 研究는 対象 面積 450km²中 1980年 末까지 360km²가 遂行 完了되고 이에 對한 35,601m, 總 213孔의 試錐 探 鉍 結果 埋藏量 4,360萬 噸 (U₃O₈ 0.04%)을 確 認하였다.

廣域 基本 調查 研究의 一環으로 進行되고 있는 加平—楊平 地域의 烏拉늄 鉍床은 長梁山 硅岩 層內 挾在되는 片岩, 硅岩 및 片岩의 接觸部, 片岩內의 鉍體外에 片麻岩內에도 胚胎되고 있으며 그간 밝혀진 大部分의 鉍床 露頭가 高品位를 이루고 있다. 本域에 對한 諸般 技術的인 探查

와 試錐가 繼續 並行되고 있는 만큼 潛在 鉍床 探 索의 期待 可能性이 크다고 보며 地質 鉍床 學의 으로 매우 興味스런 對象 地域이 되고 있다.

1-4 國內 托里 烏拉늄 鉍床

우리나라의 托里 烏拉늄 鉍床은 第4紀 沖積 層內에 產出되는 重砂 鉍床中에 모나자이트 鉍物이 貯藏, 탄철광, 磁鐵 鉍, 石榴石, 砂金等과 같이 隨伴 된다. 이의 根源岩은 古期의 花崗片麻岩과 其外 花崗岩이 主岩石이다. 地形 및 地構造 發達上 南韓의 水系 形成은 西傾 支配를 받고 西南 流함으로써 主要 砂 鉍床의 大部分이 國土 東部에 比하여 西南 海岸에 流入하는 五大江河床의 砂礫 堆積 層에 集中 分布되고 있다.

托里 烏拉늄 砂 鉍床에 對한 當 研究所의 探查 累計 物 量은 概查 對象 面積 2,000km²中 55%인 1,097km²의 精查 地域 800km²中 441km²가 '81年度 末까지 完了되며 寶城江上·下流, 蟾津江 下流等 地域의 探查 및 試錐 結果 모나자이트 1.5kg/m³를 Cut-off grade로 하여 81萬 噸의 埋藏量이 確保되었다.

2. 探查 方向

2-1 烏拉늄 鉍床

우리나라의 地質 分布 構成 및 世界의 大規模 烏拉늄 鉍床을 土台로 하여 크게 展望되는 國內 烏拉늄 有望 鉍床 型은 既述한 바 있는 原生代 下部 不整合面에 關係된 鉍床 型과 砂岩 型으로서 그 對象 地域은 地質 概況에서 밝힌 바 있듯이 古期 變成 岩層의 分布가 넓은 京畿 陸塊의 漣川系 및 春川系, 嶺南 陸塊의 嶺南系와 栗里系, 古生代 下部—中生代 層內 平安系 上部, 大同系, 慶尙系와 第三系 下部 堆積 岩層이라고 말할 수 있다.

調查 方法에 있어서는 全國土에 對한 航空 放射能 探查가 一次的으로 先行되어야 할 것이며 連繼的으로 廣域 車輛 放射能 探查, 地化學 探查, 廣域 地質 調查에 依해 그 鉍床 賦存 範圍가 限定되면 精密 地質 鉍床 調查와 合당한 諸般 方法의 物理 探查가 隨伴되어야 할 것이며 그 結果가 綜合 整理되어 試錐 探 鉍이 이루어지고 後統的인 放射能 檢層, 試錐 地質 柱狀 圖作成等의 資料 綜合, 室內 研究 順으로 學術的, 經濟的, 效果面에 對

한 結論에 到達하게 된다.

2 - 2 토리움 鈷床

토리움 鈷床의 探查方向은 既存 鈷床을 除外한 余他 重砂 鈷床으로 有望視되고 있는 公州—錦江流域과 瑞山—唐津—海美地域, 兩水里—溫水里—加平—楊平等地의 北漢江流域이 探查對象地域으로 選定되어야 할 것이다.

探查方法은 地表地質概查를 爲始하여 精査 및 試錐探 鈷을 試圖하므로써 正確性을 期하는 品位와 埋藏量을 算出토록 한다.

3. 活用關係, 需給展望과 海外資源開發方向

3 - 1 우라늄 資源

沃川系우라늄 鈷床은 低品位이나 低質炭 內에 胚胎되며 바나듐이 隨伴되기 때문에 이를 回收할 수 있는 活用方案이 要求된다. '80年末 現在 本 鈷床의 埋藏量은 4,360萬噸 (U_3O_8 0.04%)으로 이는 104,000餘ut에 該當된다.

活用 및 需給展望에 있어서는 本 鈷床에 對한 掘進試驗結果 鈷床의 發達이 比較的 健實하여 長壁式과 같은 大規模採 鈷法의 適用도 可能할 것으로 評價되었고, 選鈷回收試驗을 實施하여 우라늄 80%, 石炭 70%의 良好한 成果를 거둔바 있다. 아직 바나듐 (V_2O_5 0.2-0.6%)의 回收試驗을 着手하지 못하였으나 年 60萬噸處理規模로 稼行했을때 우라늄生産原價는 47.80\$ / lb로 國際우라늄價格이 이를 上廻할 境遇 그 開

發可能性을 排除할 수 없다고 본다. 上記 U_3O_8 量은 2,000년까지의 國內 核發電需要量의 15%에 該當되는 供給量으로 思料된다.

海外資源開發面에 있어서는 世界各國의 地質分布, 有望 鈷床型, 既確保우라늄 鈷量等을 聯關시켜 生算하지 않을 수 없는바 지금까지 入手된 地質 鈷床學的 資料와 探查 및 生産能力等을 根據로한 海外우라늄開發對象地域을 選定한다면 캐나다, 濠洲, 美國, 아프리카를 들 수 있을 것으로 본다. 그러나 海外資源探查 및 開發을 爲해서 이들 地域에 對한 探查難易度를 附言한다면 캐나다의 境遇는 氣候 및 地形關係上, 濠洲一部分의 砂漠條件, 아프리카의 熱帶장글林으로 因한 惡條件을 考慮해두고 임하는 姿勢와 準備가 있어야 할것으로 思料된다.

3 - 2 토리움 資源

既調査資料의 分析에 依하면 (1978年 基準) 國內砂 鈷床에서 採取되는 原砂中 모나자이트品位는 選鈷試驗結果 大略 0.12%이고 重砂中 含量 7.95%이다.

이 모나자이트內에 ThO_2 5-10%程度 含有되어 있는 토리움은 아직까지 技術上의 問題때문에 核燃料로 代替使用되지 못하여 各國의 備畜量이 增加되고 있으나 90年代에는 使用될수 있을 것으로 展望되고 있다. 따라서 이에 對한 探查는 円活하게 繼續 進行되어야 할 것이며 아울러 新型 探查裝備 및 機器의 補完策이 講究되어야 할것으로 믿는다.

利權請託 없는 社會

이룩되는 福祉國家!