

# 大田西南地帶에 있어서의 沃川帶 우라늄鑛床에 對한 鑛物學的 및 地化學的 研究

尹 碩 奎\*

## Mineralogical and Geochemical Studies of Uranium Deposits of the Okchon Group in Southwestern District off Taejon, Korea

Suckew Yun

**Abstract:** Uraniferous black slates of the Okchon sequence occur in Koesan (northeast) through Miwon-Boun (middle) to the southwest off Taejon (southwest) within the Okchon fold belt. The Uraniferous black slates in the southwest off Taejon are particularly well developed in Chubu (northeast) and Moksso-ri (middle) areas whereas they are less developed in Jinsan (southwest) area. The uraniumiferous beds range from less than a meter to 40 meters in thickness and range from less than 0.02%  $U_3O_8$  (cut-off-grade) to 0.05%  $U_3O_8$  in the southwestern district off Taejon.

Electron microprobe analysis of uranium-minerals found in graphitic slate samples enables to estimate their major compositions semi-quantitatively so that uraninite, ferro-uranophane and chlopinite are tentatively identified. Uranium-minerals are closely associated with carbon and metal sulfides. Correlation analysis of trace element concentrations revealed that U and F.C., and U and Mo are lineary correlative respectively and their correlation coefficients are positively high whereas those of U and V, U and Mn, and U and Zr are negatively low, implying that uranium mineralization has been closely related with concentrations of carbon and molybdenum.

Stable isotope analyses of pyrite sulfur range widely from +11.5% to -23.3% in  $\delta^{34}S$  values whereas those of graphite carbon fall within a narrow range between -23.3% and -28.9% in  $\delta^{13}C$  values. The wide range of  $\delta^{34}S$  values suggests that the sulfur could be of meteoric origin rather than of igneous source. The narrow range of  $\delta^{13}C$  values, which are close to those of coal, indicates that the graphite is organic carbon in origin. Therefore, it is concluded that the uranium mineralization in the Okchon sequence took place primarily in sedimentary environment rich in organic matter and sulfide ion, both of which served as the reducing agents to convert soluble uranyl complex to insoluble uranium dioxide.

### 序 論

沃川層群內의 우라늄鑛化帶는 忠北槐山을 起點으로 하여 西南方向으로 米院—龍遊里, 報恩西部를 거쳐 大田西南部에 이어서 있고 이들 鑛化帶에 대하여는 主로 動力資源研究所에 의해 廣範한 精密調査가 實施되었으 며(例: 김정택外, 1980, 1981; 김중환外, 1980, 1984), 一部 學界에서는 主로 成因考察을 위한 地質構造的, 鑛物學的 및 地化學的 研究가 試圖되었다.(例: 소철섭·

강정극, 1978; 이민성·전효택, 1980; 박봉순·소철섭·김옥배·전용원, 1980; 김옥배, 1981; 이상만外, 1981; 이동진·상기남, 1981; 이대성外, 1983).

本研究도 後者の 部類에 屬하는 것으로서 主로 大田南部 即 秋富—珍山地帶(Fig. 1)에 分布된 우라늄鑛層에 대하여 特히 Electron microprobe에 의한 鑛物識別과 安定同位元素分析에 의한 地化學的 研究를 念頭에 둔 것이었으나 當時 이 두가지 方法이 모두 國內에는 施設이 없고 外國에서 밖에 實施할 수 없었으므로 量的으로 制限된 資料를 갖이고 그 結果를 簡單히 報告하

\* 延世大學校 地質學科

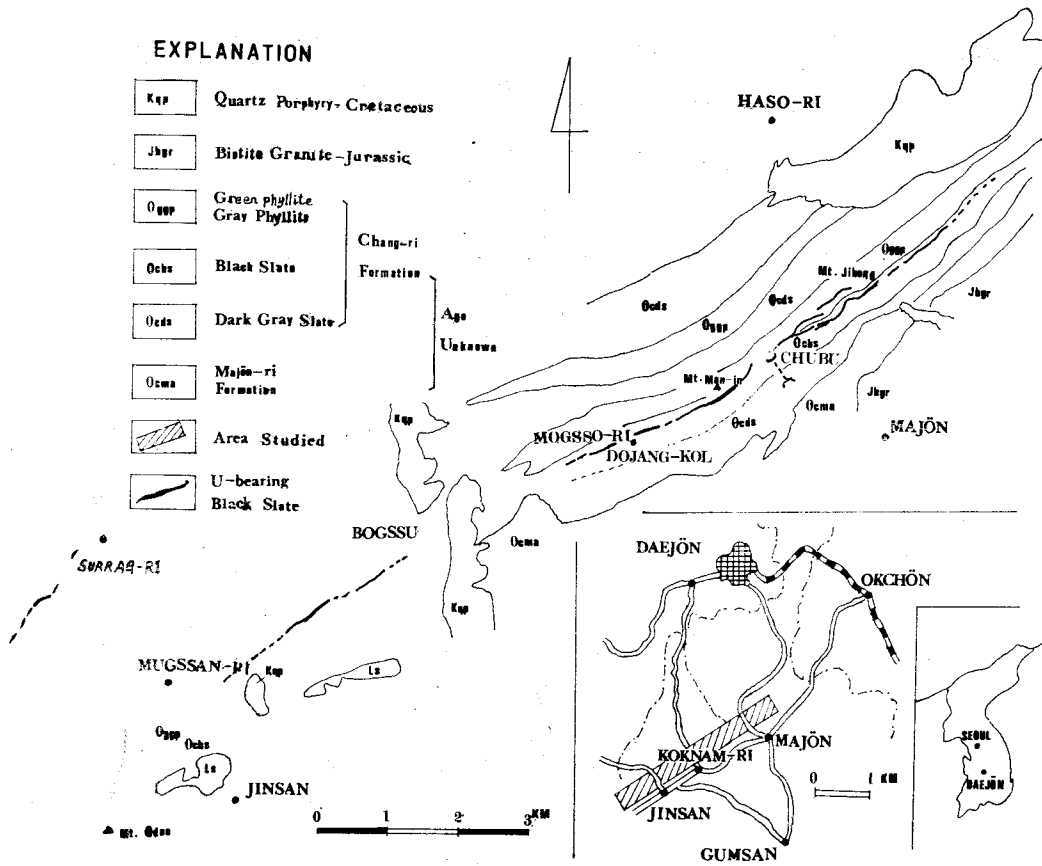


Fig. 1 Location and simplified geology of the southwestern area off Taejon showing uraniumiferous black slate beds in the Chang-ri formation, Okchon Supergroup.

기로 한다.

秋富—珍山地帶의 우라늄鑛床

沃川層群의 層序와 構造에 대하여는 아직 學者들 사이에 意見이 엇갈려 있으나 (김옥준, 1982), 우라늄鑛層은 沃川層群中 上部 및 下部의 黑色粘板岩層으로 代表되며 (김중환, 1982), 秋富地域에서는 外見上 (即 逆轉을 考慮하지 않을 경우) 倉里層中의 下部 黑色粘板岩層이 主要 鑛層이고 (Fig. 1), 止鳳山 近處에서는 黑色粘板岩의 上位層인 祿灰色 粘板岩層에도 一部 鑛層이 알려졌으나 그의 延長性은 微弱한 것으로 보인다. 이들 岩層의 走向은 西南方向이고 傾斜는 西北側으로 急斜하며 同斜의이다.

秋富地域

本調査에 의하면 秋富터널의 北側入口東北方 溪谷과 (소룡炭鑛) 및 止鳳山 東南側으로 富鑛帶가 나타나는 데 (Fig. 1) 前者의 경우는 放射能値가 普通 200cpm,

最高 2,000cpm에 이르는 眞幅 20m 内外의 舍우라늄 炭質粘板岩이 露出되며 後者의 경우는 止鳳山 西南地 下坑道에서 放射能値가 普通 300~600cpm인 黑色粘板 岩層內에 1,000cpm以上 最高 5,800cpm까지에 이르는 眞幅 20~30m의 高放射能 黑鉛質粘板岩層이 確認된다. 止鳳山 東南側에서의 試錐資料(김정택外, 1981)에 의 하면  $U_3O_8$ 의 品位 0.02%를 cut-off grade로 하였을 경우 大部分의 試錐孔에서 0.02%~0.05%  $U_3O_8$ 의 品位를 보이고 있으며 0.06%를 超過하는 것은 매우 드물고 이러한 品位를 範圍로 한 鑛層의 眞幅은 數m에서 10餘m가 大部分이고 20m를 넘는 것도 相當히 있으며 最高 46m에 이르는 것도 있다.

木巢里도장골地域

既述한 秋富地域의 舍우라늄黑鉛質粘板岩層은 그의 走向에 따라 西南方向으로 斷續하면서 萬勿山 東南側을 지나 木巢里도장골에 이르고 (Fig. 1), 西南方向으로 連續되어 珍山邑 西北墨山里에 이르며 다시 水落里

西南地帶로 斷續되다가 尖滅되어 더 以上은 連續되지 않는다(金鍾煥外, 1984). 本地域에 있어서의 우라늄品位와 鑛層의 眞幅도 秋富地域의 그것과 大同小異하여 우라늄의 品位는 0.02~0.05%  $U_3O_8$ 의 範圍로 代表되며(김정택外, 1981), 鑛層의 層厚는 數m에서 最高 25m까지에 이른다.

#### 珍川墨山里 및 水落里地域

木巢里 西南에서 一旦 消滅된듯한 우라늄鑛層은 壽永里에서 다시 露出되어 珍山面墨山里에 連續되는데 (Fig. 1) 이는 이 方向으로 點綴되는 石炭 探掘跡으로서 잘 알 수 있다(홍승호·최위찬, 1978). 墨山里地域에서의 調査에 의하면  $U_3O_8$  0.02~0.036%, F.C. 7.01~8.10%이며 水落里的 경우는  $U_3O_8$  0.02~0.048%, F.C. 10.08~34.9%로서(金鍾煥外, 1984) 炭質粘板岩의 우라늄品位와 固定炭素의 含量 등이 木巢里 地域의 경우와 大同小異함을 알 수 있다.

### 함우라늄鑛物과 隨伴鑛物

#### 우라늄鑛物

沃川層群內 含우라늄層으로 부터의 試料에서 發見되는 우라늄鑛物은 含우라늄alophane(?)을 비롯하여(이대성外, 1956), vandenbrandite, yoderite, autunite, metatorberite (Kim, B.K. et al., 1980), tyuyamunite, bergenite (이동진外, 1982), uraninite, torbernite, metatyuyamunite 및 metaautunite (이동진, 1984) 등이 發表되었는데 이들은 모두 X線回折分析에 의한 鑑定이었으므로 앞으로 Electron microprobe 등에 의한 定量分析으로 再確認하는 것이 바람직하다고 본다.

本 研究에서는 秋富地域 止鳳山 東南地下坑道에서 採取한 放射能值 1300~4800cpm인 黑鉛質粘板岩 試料 數個에 대하여 Electron microprobe 分析을 實施하였는데 使用機器는 日本 早稻田大學의 JXA-733으로서 適用電力은 20KV,  $1 \times 10^{-8}A$ 였다.

Fig. 2는 各 試料의 Back scattered electron image 寫眞으로서 中心에 各各 白色으로 빛나는 우라늄鑛物의 粒子를 捕捉하였다.

Fig. 2는 이들 우라늄鑛物에 대한 Spectrometer의 走査에 의해 定性分析한 것으로서 各主成分元素가 檢出되었는데 試料別로 이들의 準定量的 評價를 하고 暫定的인 鑛物名을 推定하면 다음과 같다.

#### 1) 46A

Fig. 2-A의 中央部에 長經 約  $5\mu m$ 의 회계 빛나는 長方形 結晶이 우라늄鑛物이다. Fig. 3-A에서 보는 바와 같이 이 鑛物은 몇개의 강한 U-피크와 Fe-피크, 그리고 弱한 Si-피크와 아주 弱한 Ca-피크와 Th-피크

를 나타내고 있어 主成分으로서 U와 Fe, 그리고 부성분으로서 Si, Th, Ca를 포함하고 있음을 보여 준다. 상당히 높은 鐵의 含量을 除外하면 이 鑛物의 化學成分은 uranophane의 그것에 가까운 점으로 보아 Ca이 Fe에 의해 置換된 것이 아닌가 한다. 따라서 잠정적으로 이 鑛物을 ferro-uranophane,  $(Fe, Ca)(H_2O)_2(UO_2)_2 \cdot SiO_4 \cdot 5H_2O$ 로 推定한다.

#### 2) 47A

Fig. 2-B의 中央部에 長經  $5\mu m$  정도의 회계 빛나는 碎그러진 형의 結晶이 우라늄鑛物이다.

Fig. 3-B에서 보는 바와 같이 反復되는 여러개의 강한U-피크와 弱한 Ca, Y, Fe 및 Th의 피크가 나타난다. Y을 함유하는 點으로 보아 U의 Nb, Ta, Ti산 鑛物中の 하나가 아닌가 推測되는데 萬一 Ti이 檢出된다면 brannerite,  $(U, Ca, Th, Y)Ti_2O_7$ 일 가능성이 있고 그렇지 않다면 chlopinite,  $(U, Y, Th)(Nb, Ta, Fe)_2O_6$ 일 가능성이 있는데 Fig. 3-B에서 Ti의 檢出이 없으므로 일단 後者の 경우로 보고 이 鑛物을 Nb, Ta을 缺如하는 chlopinite,  $(U, Y, Th)Fe_2O_6$ 로 推定한다.

#### 3) 48A

Fig. 2-C의 中央部에 長經 約  $5\mu m$ 의 회계 빛나는 長方形 結晶이 우라늄 鑛物이다. Fig. 3-C에서와 같이 反復되어 나타나는 여러개의 강한 U-피크와 이보다 弱한 Y과 Fe의 피크가 나타나는 點으로 보아 이 鑛物의 化學成分은 試料47A의 그것과 類似的한 것으로 보인다.

#### 4) 50A

Fig. 2-D의 中央部에 直經 約  $8\mu m$ 의 등그스런 結晶으로서 그 中心部에 母結晶인 黑鉛을 포획하고 있는 것이 우라늄鑛物이다. Fig. 3-D에서와 같이 강한 U-피크가 여러번 反復해서 나타나고 弱한 Fe, Ca, Th, Pb 등의 피크가 보이거나 이들은 無視해도 좋으리 만큼 微弱하므로 이 鑛物의 化學成分은 U의 酸化物로 보아 uraninite,  $UO_2$ 로 추정한다.

以上과 같은 3가지의 우라늄 鑛物에 대하여는 向後 Microprobe에 의한 定量分析과 其他 結晶學的인 特徵을 보다 세밀히 관찰하여 최종적으로 斷定해야 되겠지만, uraninite를 除外하면 이때까지 沃川帶 우라늄鑛床에서 同定되지 않았던 것들이다.

이밖에 秋富地域 우라늄鑛床에서는 coffinite,  $U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$ 와 haiweeite,  $Ca(UO_2)_2(Si_2O_6)_3 \cdot 5H_2O$ -magnioursilite,  $2MgO \cdot 2UO_3 \cdot 5SiO_2 \cdot 9H_2O$ 제의 존재가 報告(이대성외, 1983)되어 있어, 沃川帶 우라늄鑛床의 우라늄鑛物로서 이때까지 알려진 酸化物·水酸化物이나 砒酸鹽 鑛物外에 砒酸鹽의 存在가 추가 되는 것이

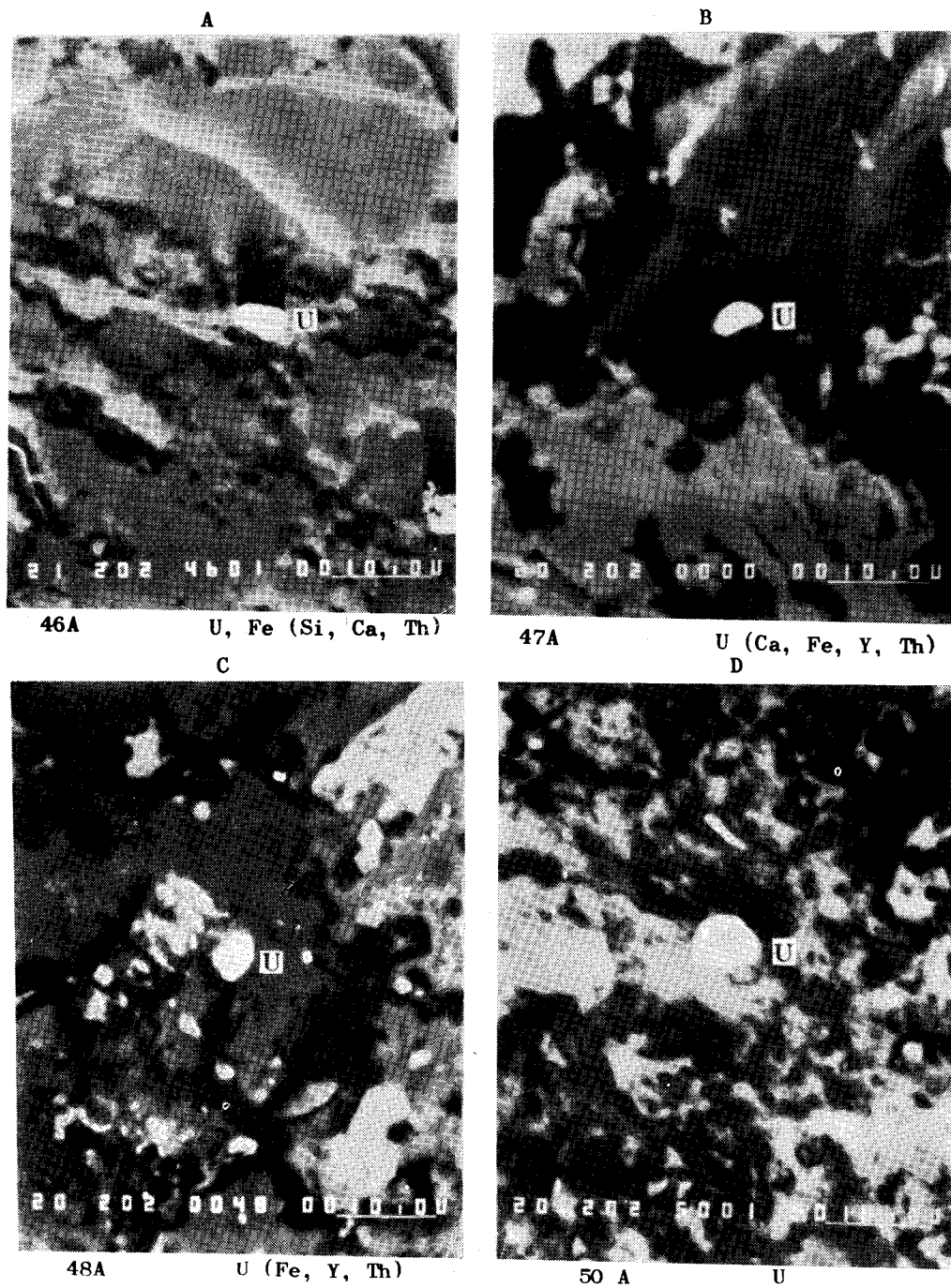


Fig. 2 Back scattered electron images of U-minerals from the Chubu area.

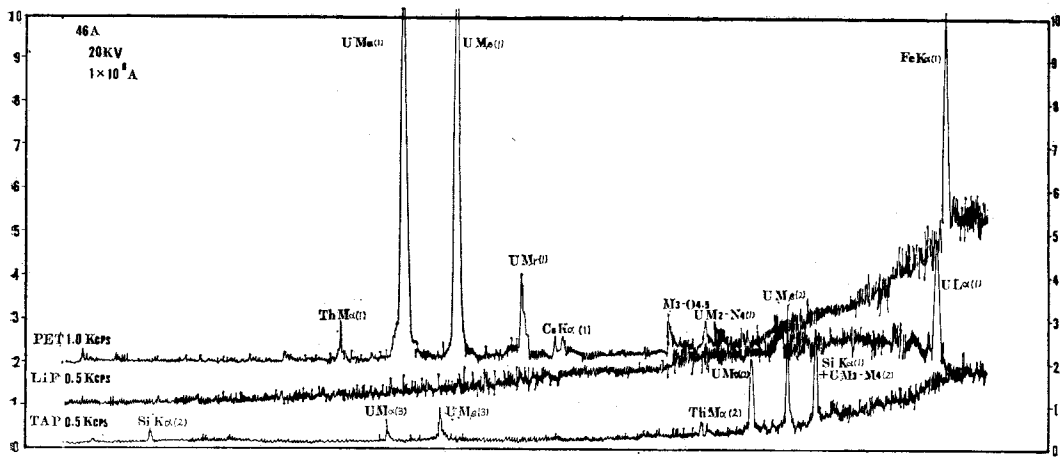


Fig. 3-A Electron microprobe spectroscopy of a U-mineral in Sample 46A, where U, Fe and Si are detected. Minor Si, Ca, and Th peaks are also found.

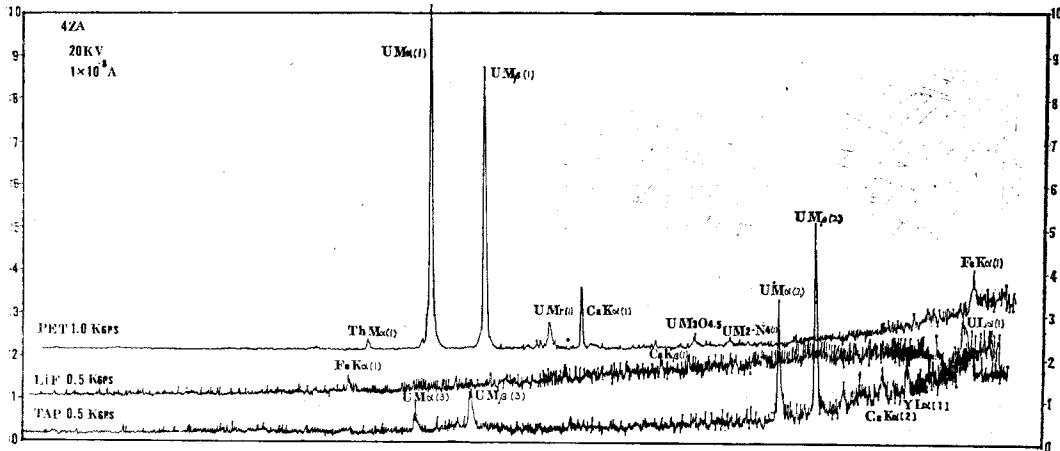


Fig. 3-B U, Ca, Y, Fe and Th peaks from Sample 47A.

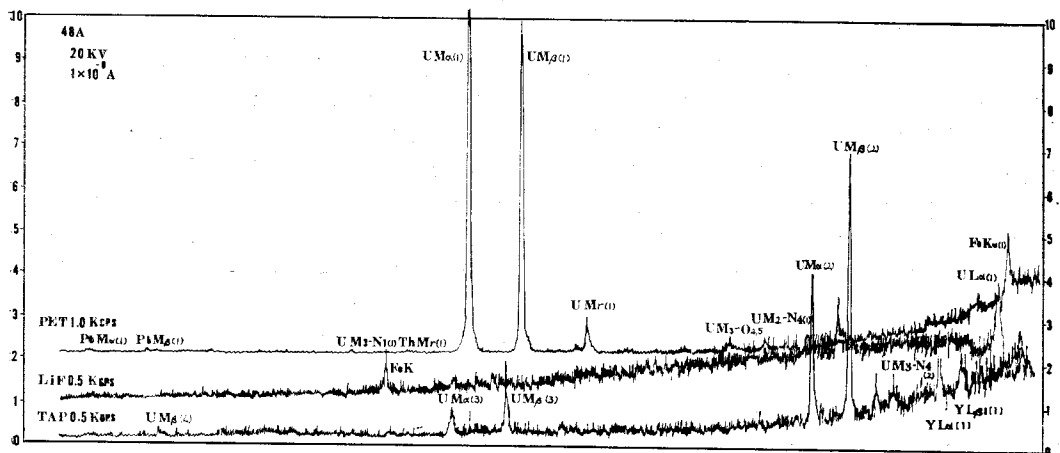


Fig. 3-C U, Y and Fe peaks from Sample 48A.

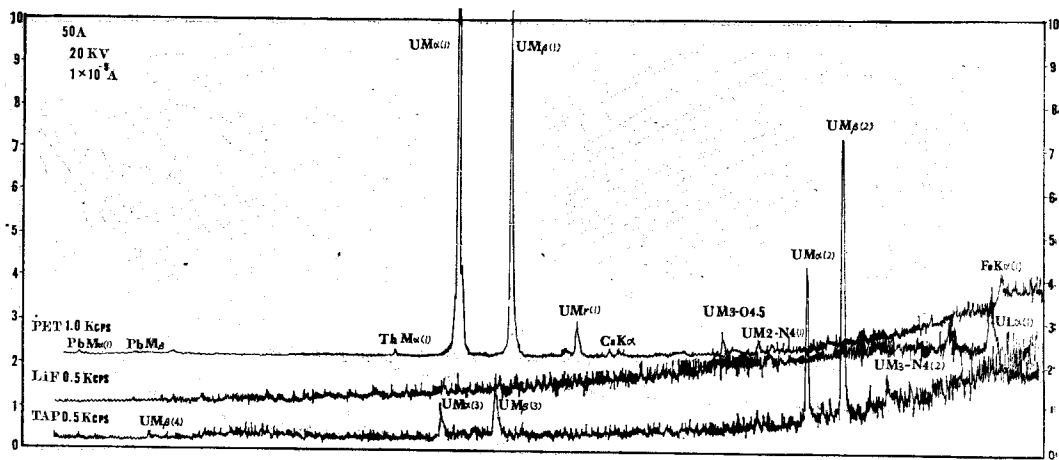


Fig. 3-D Major U and minor Fe, Ca, Th, and Pb peaks from Sample 50A.

며 이와 관련된 티탄산염礦物도 발견되고 있다(이동진, 1984).

#### 隨伴礦物

現在까지 沃川帶 舍우라늄礦物과 隨伴되는 礦物은 既研究者들(예 : 이동진, 1984)에 의해 많은 種類가 記載되었는데 其中에는 堆積過程에서 單純히 機械적으로 流入된 碎屑物에 不遇한 것이 있을 것임으로 舍우라늄礦物의 沈澱과 密接한 關係가 있었던 것이 무엇이나가 重要な 것이다.

이러한 觀點에서 볼때 舍우라늄의 濃集과 가장 直接의 關係에 있는 것은 炭質(黑鉛質)物로서 이 兩者間의 相關係數가 매우 높다는 것이 이미 잘 밝혀졌고(예 : 이진성·전효택, 1980), 沃川層群中 炭質 乃至 黑鉛質 粘板岩이 舍우라늄層이라는 點도 既述한 바와 같다.

다음으로 舍우라늄의 濃集과 關係가 깊었던 것은 重金屬의 硫化物이다. 其中 가장 普遍的인 것은 黃鐵石이고 其他 磁硫鐵石, 黃銅石, 閃亞鉛石이 있다. 舍우라늄과 水鉛과의 相關係數가 매우 높다는 事實은 後述하겠는데 水鉛이 어떤 形態로 存在하는지가 疑問이다.

其他 非重金屬硫化物로서 磷灰石이 往往 黑鉛-磷灰石 團塊를 이루어 舍우라늄礦物을 隨伴하며 重晶石이 石英 및 雲母類와 隨伴된다. 이 밖에 綠泥石, 透輝石, 스피넬, 透角閃石, 硅灰石, 石膏, 方解石, 沸石類等 碎屑性, 積成 또는 變成礦物이 普遍的으로는 없으나 場所에 따라서 나타난다.

#### 舍우라늄礦床의 地化學

##### 舍우라늄礦床의 微量元素

沃川帶 舍우라늄礦床의 微量元素에 대하여는 動力資源 研究所에서 舍우라늄礦床 綜合精密調査의 一環으로 實施

한 分析資料(예 : 김선익外, 1970; 김종환外, 1980)가 있어 各 微量元素間의 相關係數를 計算하였다(예 : 이진성·전효택, 1980).

本 報文에서는 김정택外(1980)에 의한 木巢里도장골 地域 試料에 대한 分析結果中  $U_3O_8$ , 固定炭素(F.C.), Mo,  $V_2O_5$ , Mn 및 Zr만을 Table 1에 摘記하여  $U_3O_8$ 와 其他 各 成分과의 量的 相關關係를 圖示하였고(Fig. 4-a, b, c, d, e) 또한 相關係數를 計算하였던 바 다음과 같은 結果가 나왔다.

$$U_3O_8 : F.C. = 0.76$$

$$U_3O_8 : Mo = 0.48$$

$$U_3O_8 : V_2O_5 = 1 : -0.03$$

$$U_3O_8 : Mn = 1 : -0.22$$

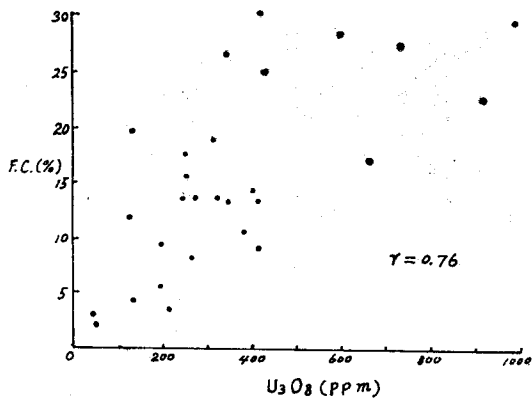
$$U_3O_8 : Zr = 1 : -0.23$$

以上的 結果에서  $U_3O_8$ 와 F.C. 및 Mo는 正의 線形 關係를 나타내어 이들이 沈澱過程에서 서로 同調적으로 濃集되었음을 가르키고 있으나  $V_2O_5$ , Mn 및 Zr은 U와는 關係없이 別個의 要因에 의하여 濃集되었음을 暗示한다. U와 V와는 다른 地域에서의 計算에 의하면 大體로 正의 線形關係를 보여주고 있으나(예 : 이진성·전효택, 1980) 本 地域의 경우는 負의 關係를 나타내고 있음으로 追加의 研究가 必要하다.

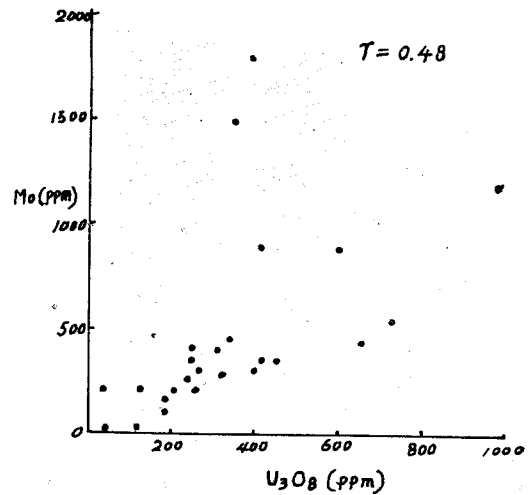
Levinson (1974)은 黑色 shale에 있어서의 一般의 인 경우로서 U—Cu—Pb—Zn—Cd—Ag—Au—V—Mo—Ni—Bi—Sb와 같은 地化學의 隨伴關係를 提示함으로써 舍우라늄이 이들 重金屬類와 密接한 關係를 가지고 釐化됨을 示唆하였는데 沃川帶 舍우라늄礦床에 있어서도 이와 같은 傾向이 있는 것으로 간주되나 보다 正確한 結論을 내리기 위하여는 보다 많은 化學分析이 이루어져야 할 것이다.

**Table 1** Chemical Analyses of Trace Elements, Dojang-kol Area(김정택 외, 1980).

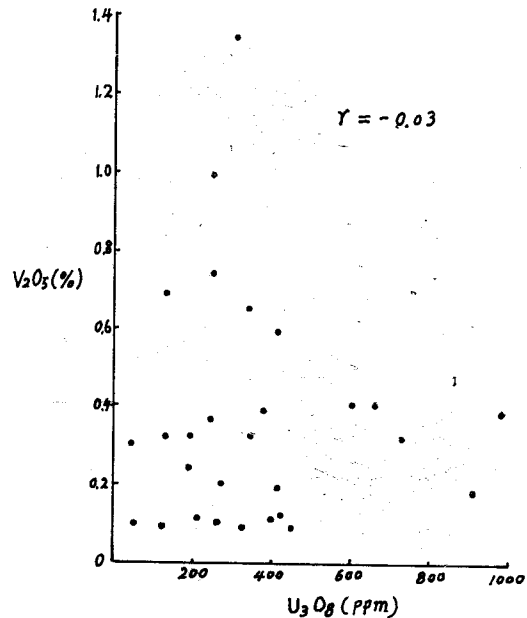
Sample No.	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (PPM)	F.C. (%)	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Mn (PPM)	Mo (PPM)	Zr (PPM)
1	40	3.00	0.30	200	200	1,800
2	380	10.80	0.38	250	1,800	500
3	50	2.17	0.10	400	15	350
4	270	13.70	0.20	20	300	400
5	130	9.20	0.69	50	200	400
6	410	19.70	0.19	580	900	600
7	190	9.60	0.32	550	150	100
8	600	29.00	0.40	60	900	300
9	340	26.60	0.32	600	1,500	500
10	120	12.00	0.09	700	10	400
11	130	4.37	0.32	420	200	700
12	210	3.68	0.11	850	200	500
13	190	5.70	0.24	70	100	450
14	450	24.90	0.09	550	350	600
15	340	13.30	0.65	220	450	700
16	730	27.80	0.32	180	550	400
17	410	13.50	0.59	50	900	800
18	240	13.80	0.36	200	250	200
19	310	18.90	1.34	50	400	1,000
20	420	31.00	0.12	400	350	900
21	260	8.45	0.10	480	200	1,000
22	980	30.10	0.38	250	1,200	600
23	660	17.10	0.40	450	450	350
24	250	17.80	0.99	400	350	500
25	250	15.80	0.74	100	400	400
26	400	14.40	0.11	90	300	250
27	320	13.80	0.09	80	280	120
28	910	22.60	0.18	20	500	150



**Fig. 4-a** Correlation diagram of U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> and F.C. in 28 samples of U-bearing black slate from the Mokssori area. Correlation coefficient: r=0.76.



**Fig. 4-b** Correlation diagram of U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> and Mo in 28 samples of U-bearing black slate from the Mokssori area. r=0.48.



**Fig. 4-c** Correlation diagram of U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> and V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 28 samples of U-bearing black slate from the Mokssori area. r=-0.03.

우리남鐵床의 安定同位元素

前述한 바와 같이 우리남鐵床은 固定炭素와 硫化金屬 特別히 黃鐵石과 密接한 關係를 가지고 이루어졌을 것으로 간주됨으로 本 研究에서는 舍우리남炭質 試料의 炭素同位元素와 이에 隨伴되어 含有된 黃鐵石의 硫黃同位元素를 日本 名古屋大學에서 分析하였다(但, 이대

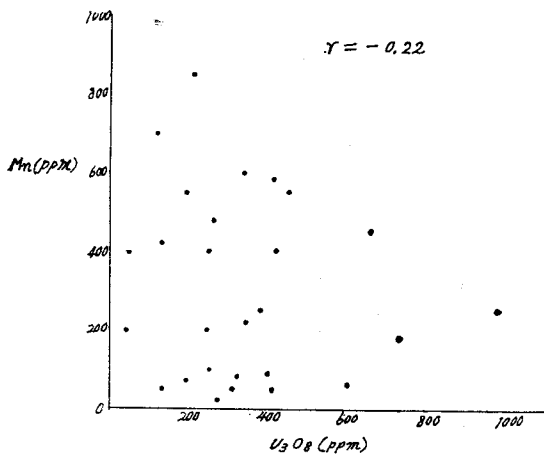


Fig. 4-d Correlation diagram of  $U_3O_8$  and Mn in 28 samples of U-bearing black slate from the Mokssori area.  $r = -0.22$ .

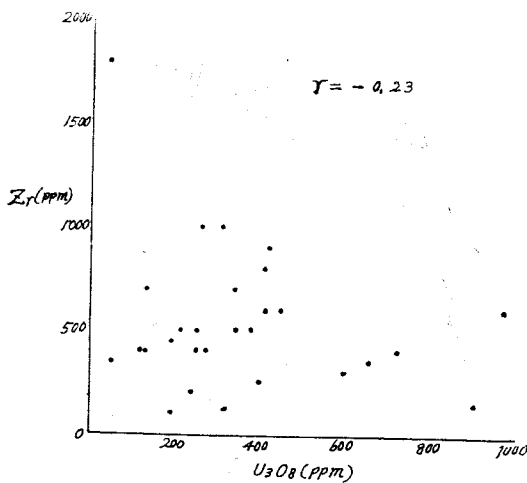


Fig. 4-e Correlation diagram of  $U_3O_8$  and Zr in 28 samples of U-bearing black slate from the Mokssori area.  $r = -0.23$ .

성외의 共同研究의 一部로 이루어졌다).

Table 2에서 보는 바와 같이  $\delta^{34}S$ 값은 大部分 +쪽으로 나타나 +11.5% (秋富)에서 +17.1% (木巢里)의 範圍에 걸쳐 있으며 한편 -12.9% (珍山)가 나타남으로서 相當히 넓은 範圍를 보여주고 있다. 그리고 +11.5%以下에서 0%에 이르는 사이의 값이 전혀 缺如되어 있는 것은 試料의 不足에 起因할지도 모르겠다. 極히 制限된 數의 資料이기는 하나 이것으로 硫黃의 起源을 해석한다면 다음과 같다. 即 萬一 이들 硫化礦物이 火成起源의 것이라면  $\delta^{34}S$ 값이 0%을 中心으로 좁은 範圍內에 集中되어야 하는데 (例: Hoefs, 1973) 이

Table 2 Stable Isotope Analyses of Sulfur and Carbon in Pyrite and Graphite, respectively, of Black Slate of the Okchon group.

Sample	$^{34}S(\%)$	Sample	$^{13}C(\%)$
K-13	+17.1	DO-15	-28.0
K-7	+15.5	K-7	-26.8
1-45	+14.7	1-93	-26.1
1-127	+12.7		
1-55	+11.9		
7-40	+11.5		
G-22	-12.9	G-24	-23.3

K-목초, Do, 1, 7-추부, G-진산

자리가 空白으로 남는다는 것은 이들 硫化礦物이 火成起源의 것이 아님을 가르키는 것이다. +9.1%~+17.1%은 堆積起源으로 해석되고 있는 Blue bell (Talor, 1974)의 硫化礦物의 경우와 거의 一致하고 있으며, 大田西南地域 舍우라늄黑鉛質粘板岩內의 硫化礦物은 堆積起源이며 이 岩層內에서의 우라늄 鑛化는 還元環境下에서 이들 硫化礦物의 沈澱과 成因的으로 密接히 關聯되어 있다면 이 우라늄 鑛化 亦是 堆積起源이라는 結論이 나오게 된다.

한편 炭素同位元素는 Table 2에서 보는 바와 같이 -23.3% (珍山)에서 -28.9% (秋富) 사이에 比較的 좁은 範圍內에 集中되는 傾向이 있으나, 地域的으로는 작은 差異를 보여주고 있다. -23.3%~-28.9%은 石炭의 平均  $\delta^{13}C$ 인 -25%에 매우 가까운 값이며 이는 大田西南地域 沃川層群 舍우라늄黑鉛質粘板岩內의 黑鉛質分이 石炭으로 부터 變成된 有機源 炭素임을 端的으로 가르키고 있다.

우라늄 鑛床의 成因

沃川層群內의 鈾 鑛床의 成因에 대하여는 國內 大部分의 研究者들이 그의 一次的 成因을 堆積起源으로 보고 있다 (例: 이상만 외, 1981; 김종환, 1982). 그의 根據로서는 廣範圍 層狀分布와 鑛體內에서의 堆積構造를 들 수 있으나 우라늄 鑛化와 直接的으로 關係된 隨伴鑛物의 起源을 追求하는 것이 또한 必要하고도 可能的 것이다.

本 研究에서는 이 點에 注目하여 특히 親우라늄成分인 固定炭素와 黃鐵石의 同位元素 分析으로 이들의 起源으로부터 우라늄 鑛化의 起源을 해석하였다. 前述한 바와 같이 炭素同位元素의 分析結果는 舍우라늄黑鉛質粘板岩의 固定炭素가 有機源임이 立證되었고 우라늄 鑛物의 隨伴鑛物의 하나인 黃鐵石의 硫黃同位元素의 分析結果는 同硫黃이 火成源이 아니고 表成源 即 堆積



源임이 밝혀졌다. 即 沃川層群의 우라늄鑛化가 有機物과 硫化鑛物의 沈澱이 密接히 隨伴되는 堆積環境에서 이루어졌음이 立證되는 것이다.

이 境遇 有機物은 溶液狀態에 있는  $UO_2^{2+}$ 를  $U^{2+}$ 의 形態로 還元시킴으로서 우라늄을 沈澱시켰다(예: Breger and Deul, 1955). 그러나 우라늄이  $UO_2$ 와 같은 酸化物로 固定될 때 까지의 過程에 대하여는 有機物과 密接히 隨伴되는 硫化物의  $S^{2-}$ 이온의 還元이 必要하다. 即 還元環境에서 有機物의 分解가 進行됨에 따라 이로부터  $H_2S$ 가 發生하고 이는 溶液狀態에 있는  $UO_2^{2+}$ 이온을 不溶性  $UO_2$ 로 還元시키는 것이다(Grunner, 1954). 炭質物은 이 경우 우라늄과 同一한 根源으로 부터 온 것은 아니고 堆積盆地內에서 만나게 되어 溶液中の 우라늄을 吸着하여(예: 김옥배, 1981) 우선 우라늄-有機質 complex의 形態로 우라늄을 바다밑으로 가라앉히고 그 後에 泥質物의 堆積과 더불어 이 complex에서 우라늄과 有機物이 分離되면서  $H_2S$ 의 還元作用을 받았을 것이다.

### 要約과 結論

大田西南地帶(秋富一珍山)의 沃川層群 우라늄鑛床은 倉里層 黑色粘板岩에 胚胎되어 品位 0.02~0.05%  $U_3O_8$ , 層幅 1~40m의 鑛層으로서 富鑛帶는 秋富地域과 木巢里地域에 發達하며 珍山地域은 品位가 微弱하다.

本 研究에서는 Electron microprobe 分析에 의하여 上記地域의 우라늄鑛物로서 uraninite 以外에 現在까지 알려지지 않았던 ferro-uranophane 및 chlopinite를 定量的으로 推定하였다.

우라늄鑛床의 微量元素中 U와 가장 密接히 隨伴되어 正의 相關關係를 나타내는 成分은 F.C.과 Mo으로서 그들의 相關係數는  $U_3O_8 : F.C. = 1 : 0.76$ ,  $U_3O_8 : Mo = 1 : 0.48$ 이며  $V_2O_5$ , Mn 및 Zr은 負의 相關係數 即  $U_3O_8 : V_2O_5 = 1 : -0.03$ ,  $U_3O_8 : Mn = 1 : -0.22$ ,  $U_3O_8 : Zr = 1 : -0.23$ 를 나타낸다.

습우라늄試料中の 固定炭素와 黃鐵石의 硫黃의 安定同位元素 分析結果  $\delta^{13}C$ 值가  $-23.3\% \sim -28.9\%$ 로서 습우라늄黑鉛質이 有機炭素임을 가르키고,  $\delta^{34}S$ 值가  $+11.5\%$ 에서  $-12.9\%$  사이에 넓게 分布되어 나타남으로써 黃鐵石의 硫黃이 火成源이 아니고 表成源 即 堆積源임을 가르킨다.

따라서 有機質 炭素와 表成源 硫黃과 成因的으로 密接히 關聯되면서 沈澱되었을 沃川層群의 우라늄鑛化는 一次的으로는 堆積起源에 의하여 이루어졌음이 立證된다.

### 謝 辭

本 研究는 1981年度 文敎部 交流教授 計劃에 依하여 筆者가 忠南大學校 地質學科에 滯在하는데 따라서 支給된 研究費로서 이루어진 것이다. 野外調査를 위해 協助를 해주신 動力資源研究所 金正澤 研究員, 梨花女子大學校 金奎漢教授 및 美國시카고大學院生 金潤中君에게 感謝드리며 우라늄鑛物의 Electron microprobe 分析을 協助해 주신 日本 早稻田大學 今井教授, 木內氏, 忠南大學校 李鉉具教授에게, 그리고 硫黃 및 炭素의 安定同位元素의 分析을 위하여 協助해 주신 日本 名古屋大學 中井教授에게 感謝드리며 微量元素의 相關係數 計算과 圖面作成을 擔當한 延世大學校 大學院生 蔡洙天君에게 謝意를 表한다.

### 參 考 文 獻

- 김옥배·전용원 (1980) 옥천계 함우라늄 탄층중에 부존하는 우라늄의 성인에 관한 연구. 광산학회지, 17권2호, p. 57-66.
- 김옥배 (1981) 옥천계 저질탄층중에 부존하는 우라늄 광상의 성인과 지구화학담사에 관한 연구. 서울대학교, 박사논문, 248p.
- 김선익·정창순·박석환·배용찬·임춘탁·강양평 (1970) 함우라늄 및 바나듐 흑색세일과 점편암에 대한 조사연구보고. 광연보, 4호, p. 232-292.
- 김옥준 (1982) 옥천지향대. 한국의 지질과 광물자원, 연세대학교, p. 33-44.
- 김정택·박중권·김태업·임현철 (1980) 충남금산지역 우라늄광상시추조사연구. 동력자원연구소, 우라늄-1, p. 5-50.
- 김정택·박중권·김대업·임현철 (1981) 대전동남지역 우라늄광상시추조사. 동력자원연구소, 우라늄-7, p. 7-78.
- 김종환·김정택·박중권·김대업·임현철 (1980) 대전 동남지역 우라늄광상 조사보고. 동력자원연구소, 우라늄-2, p. 5-112.
- 김종환 (1982) 우라늄. 한국의 지질과 광물자원, 연세대학교, p. 447-478.
- 김종환·박중권·김대업·김정택 (1984) 진산지역 우라늄광상조사연구. 동력자원연구소, 83-핵연료-1-10, p. 1-59.
- 박봉순·소철섭 (1980) 광물조성과 우라늄 분포와의 상관관계 연구. 광산지질, 13권 4호, p. 93-102.
- 소철섭·강정극 (1978) 옥천계 함우라늄 변성지층의 광물학적·지구화학적 연구. 지질학회지, 10권 p. 93-

- 102.
- 이대성·윤석규·이종혁·김정택 (1983) 옥천대 우라늄광층의 구조규제 및 지화학적 연구. 과학재단(미발간 보고서), p. 146.
- 이동진 (1984) 옥천층군에 부존하는 우라늄광석에 대한 광물학적·성인적 연구. 서울대학교, 박사논문, 75p.
- 이동진·상기남 (1981) 흑연질 우라늄광석의 광물학적 연구(대전 동남·덕평·목소). 동력자원연구소, 조사연구보고, 12호 p. 119-134.
- 이동진·상기남·이성록 (1982) 흑연질점판암내 우라늄 및 조성광물에 대한 광물학적 연구. 동력자원연구소, 조사연구보고, 13호, p. 167-181.
- 이민성·전효택 (1980) 옥천대 함우라늄지층층의 우라늄과 타성분과의 상관관계. 광산지질, 13권 4호, p. 241-246.
- 이상만·박희인·김수진·박봉순·이상현 (1981) 괴산군덕평리지역 변성퇴적암내에 배태된 우라늄광상의 성인 : 지질학회지, 17권 1호, p. 53-68.
- 홍승호·최위찬 (1978) 1 : 50,000 금산도폭. 동력자원연구소.
- Kim, B.K., Cheong, C.H., Lee, S.M., Park, H.I., Kim, S.J., Park, B.S., Baeg, G.H., and Lee, S.H. (1980) Study of energy resources in Korea. 서울대학교 자연과학종합연구소, 기초과학연구 논총, 제 1집, p. 166-168.
- Breger, I.A. and Deul, M. (1955) The organic geochemistry of uranium. Geol. Surv. Prof. Paper 300, p. 505-510.
- Gruner, J.W. (1954) Further experiments on the synthesis of uraninite: In annual report, April 1, 1953 to March 31, 1954. U.S. Atomic Energy Comm. RME-3094, p. 28-30.
- Hoefs, J. (1973) Stable isotope geochemistry. Springer-Verlag, Heiderberg, New York, p. 140.
- Levinson, A.A. (1974) Introduction to exploration geochemistry. Applied Publishing Ltd. Maywood, Illinois, p. 60.
- Taylor, H.P. (1974) The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. Econ. Geol., v. 59, p. 843-883.

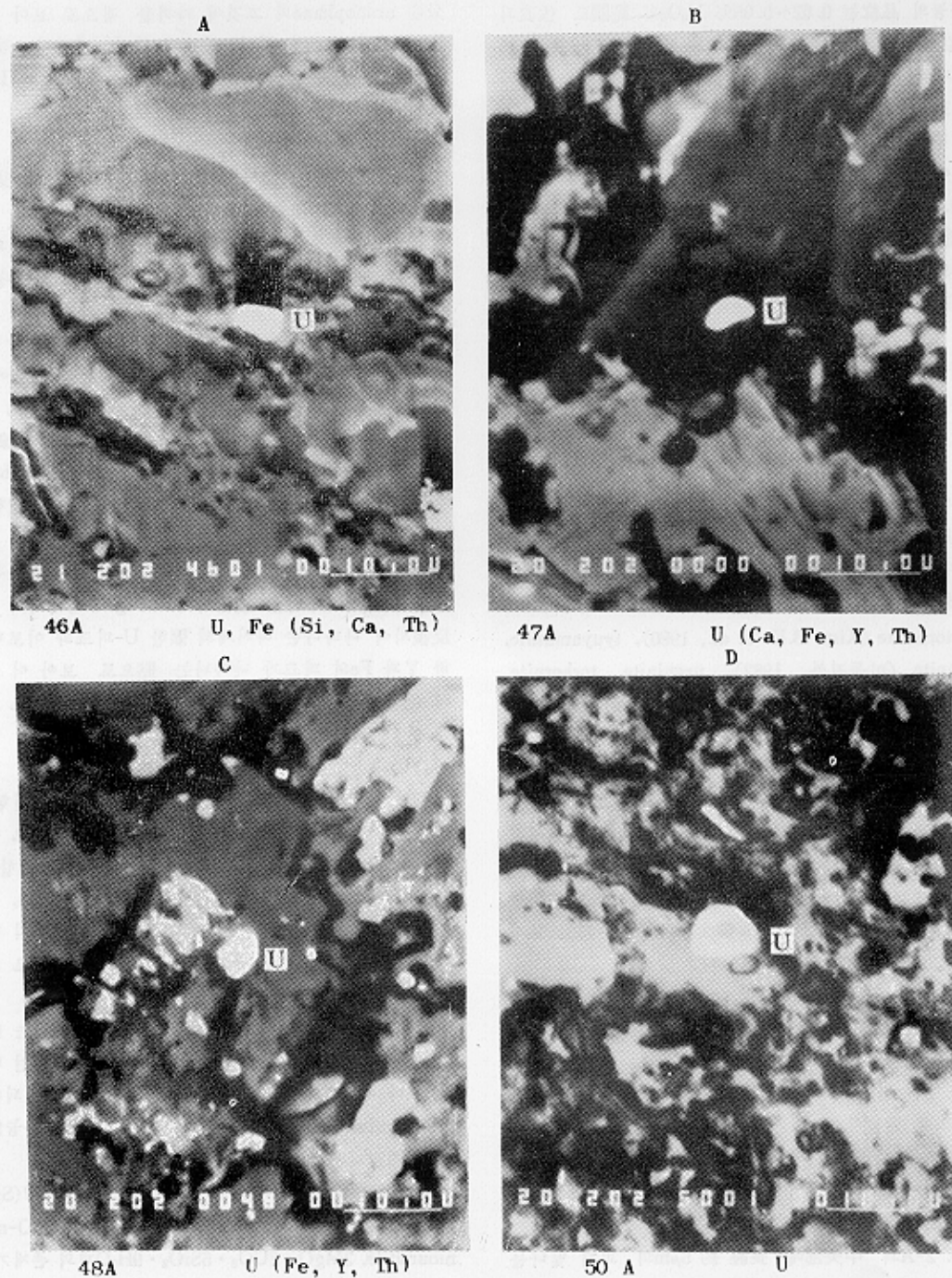


Fig. 2 Back scattered electron images of U-minerals from the Chubu area.