

## d 軌道元素(遷移元素)中の電子の動きに就いて(第 4 報)

## 6d-5f 軌道元素 (その 1)

浅田 幸作

Traveling of the Electrons Belonging to the Elements  
of d-Orbits (Transition Elements) (Fouth Report)

## 6d-5f Orbits Elements (No. 1)

Kosaku ASADA

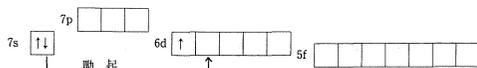
6d軌道の元素は所謂放射性の元素が大部分でその特徴は、放射性を持ち各種の放射線を放って核分裂、壊変等の核的性質を強く表わす処にあり、各種の核反応を展開する事が本命で電子の動きに就いて論ずる本題の主な目的は、第二義的な分野になってはいるが本報では電子の動きに就いての問題と同時に、此元素群の特徴である核反応に就いても少し言及する。

尚此元素群はその電子配置が6d軌道から、大部分がエネルギー単位の低い5f軌道に移り、稀土類元素群に入るという性質を持ち、前報の3d, 4d, 5dの元素とは可成り異なった性格を持つ元素群であって、本報の主旨とはいささか外れた処が多いけれども、放射性という重要な性質を持っているので是等の点に就いても少し触れる事にする。

又核の分裂、壊変等に依って起きる新しい核種、同位体の生成なども重要な分野になるのでそれ等に就いても少し触れる事にする。

## Ac(89)元素に就いて

その電子配置は次の様である。



即ち基底状態で1個勵起されて2, 3個が考へられるが実在する化合物は殆んど3個のみである。

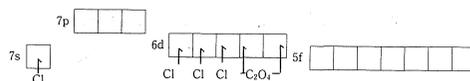
- 1 価 ———  
 2 〃 ———  
 3 〃  $\text{Ac}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ac}(\text{OH})_3$ ,  $\text{AcX}_3$ ,  $\text{AcOX}$ ,  $\text{Ac}_2\text{S}_3$ ,  
 $\text{AcPO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ac}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$

又異常原子価—2価として  $\text{AcH}_2$  が知られている。

Acはアクチニッド系列の代表元素でこの系列は原子番号89~102が含まれ大部分5f軌道に入ってしまう事になる。

此系列ではd軌道に見られた様な錯体形成は比較的少なくカルボニル及び有機金属化合物も少ない様である。

錯化合物としては  $\text{Ac}^{3+}$  の  $[\text{AcCl}_4(\text{C}_2\text{O}_4)]^{-}$ ,  
 $[\text{Ac}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3+}$  でその結合様式は  $[\text{AcCl}_4(\text{C}_2\text{O}_4)]^{-}$  は



$sd^5$  混成 6配位  $\mu = 0$

此系列の特徴は核の増殖、崩壊によって大部分が作られ種々の核種、同位体が生成される事でAcも原子炉中で中性子照射によってRaから作られる元素でその反応は  $^{236}\text{Ra}(n, r) \rightarrow ^{237}\text{Ra} \xrightarrow{\beta^-} ^{237}\text{Ac}$

( $n, r$ ): 中性子照射,  $r$ 線放出

$\beta^-$ :  $\beta$ 線吸収

又Acの同位体に就いては数も多く、その殆んどが核反応に依って作られている。即ち

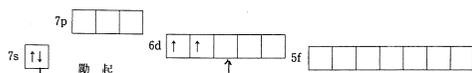
質量数	生成核反応	半減期
221	$^{232}\text{Th}(p, 8n) \rightarrow ^{225}\text{Pa} \xrightarrow{\alpha} ^{221}\text{Ac}$	短 時
	( $p$ ): 陽子の衝撃	
	$8n$ : 中性子崩壊 8回	
	$\alpha$ : $\alpha$ 粒子崩壊	
222	$^{226}\text{Ra}(p, 5n) \rightarrow ^{222}\text{Ac}$	5.5sec
223	$^{232}\text{Th}(p, 6n) \rightarrow ^{227}\text{Pa} \xrightarrow{\alpha} ^{223}\text{Ac}$	2.3min

224	$^{232}\text{Th}(p, 5n) \rightarrow ^{228}\text{Pa} \xrightarrow{\alpha} ^{224}\text{Ac}$	2.9hr
225	$^{226}\text{Ra}(d, 3n) \rightarrow ^{225}\text{Ac}$ ( <i>d</i> : 重陽子の衝撃)	10.0day
226	$^{226}\text{Ra}(d, 2n) \rightarrow ^{226}\text{Ac}$	29hr
227	$^{226}\text{Ra}(n, \gamma) ^{227}\text{Ra} \xrightarrow{\beta^-} ^{227}\text{Ac}$	21.6yr
228	$^{232}\text{Th}$ の壊変	6.13hr
229	$^{228}\text{Ra}(n, \gamma) ^{229}\text{Ra} \xrightarrow{\beta^-} ^{229}\text{Ac}$	66min
230	$^{232}\text{Th}(d, 3pn) ^{230}\text{Ra} \xrightarrow{\beta^-} ^{230}\text{Ac}$ <i>3pn</i> : 3陽子放出+中性子放出	< 1min
231	$^{232}\text{Th}(r, p) \rightarrow ^{231}\text{Ac}$ <i>p</i> : 陽子放出	15min

尚 Ac の壊変によって原子番号、質量数の異なる放射性核種が多く作られているがそれ等に就いては省略するが、Ac は将来は放射能、熱源として利用されるであろう元素である。

### Th(90)元素に就いて

その電子配置は次の様である。



基底状態で1, 2価勵起されて2, 3, 4価が考えられるが実在する化合物は4価のものが非常に多い。

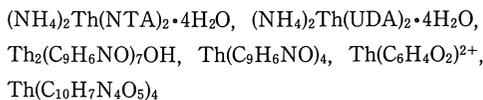
1価 ThI

2価 ThCl<sub>2</sub>, ThBr<sub>2</sub>, ThI<sub>2</sub>, ThS

3価 ThF<sub>3</sub>, ThOF, ThF<sub>3</sub>·*x*H<sub>2</sub>O, ThCl<sub>3</sub>, ThI<sub>3</sub>, Th<sub>2</sub>S<sub>3</sub>

4価 ThO<sub>2</sub>, Th(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, ThOCl<sub>2</sub>, Th(OH)Cl<sub>3</sub>, ThI<sub>4</sub>, ThF<sub>4</sub>, ThBr<sub>4</sub>, ThCl<sub>4</sub>, Th(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, Th(OH)<sub>4</sub>, Th(ClO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, Th(ClO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>, ThOBr<sub>3</sub>, ThOI<sub>3</sub>, Th(IO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, ThS<sub>2</sub>, ThOS, Th<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>·13H<sub>2</sub>O, Th(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Th(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>, Th<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>, ThOCO<sub>3</sub>·*x*H<sub>2</sub>O, Th(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, Th(OR)<sub>4</sub> R: アルコキシ  
Th(CrO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>, Th(CrO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CrO<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O, Th(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, Th(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

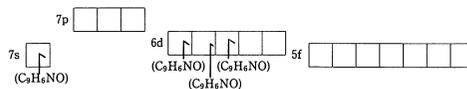
其他無機、有機酸、塩多数あり、錯体に就いては無機錯体は殆んどないが有機錯体は多数あり、殆んどが4価である。例へば、



其他呈色錯体が多数ある。

その結合様式は次の様に考えられる。

例へば、Th(C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>NO)<sub>4</sub>はsd<sup>3</sup>混成四面体 四配位  
 $\mu = 0$



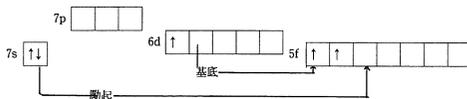
Thの同位体としては天然、人工合せて13種あるが主にUから人工的に $\alpha$ 壊変されるものが多い。

質量数	核生成反応	半減期
223	———	0.9sec
224	$^{228}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{224}\text{Th} \xrightarrow{\alpha}$ : $\alpha$ 壊変	1 "
225	$^{229}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{225}\text{Th}$	8.0min
226	$^{230}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{226}\text{Th}$	30.9 "
227	$^{231}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{227}\text{Th}$	18.2day
228	$^{232}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{228}\text{Th}$	1.9yr
229	$^{233}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{229}\text{Th}$	7340 "
230	$^{234}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{230}\text{Th}$	$8.0 \times 10^4$ "
231	$^{235}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{231}\text{Th}$	25.6hr
232	$^{236}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{232}\text{Th}$	$1.41 \times 10^{10}$ yr
233	$^{232}\text{Th}(n, \gamma) ^{233}\text{Th}$	22.2min
234	$^{238}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{234}\text{Th}$	24.1day
235	———	< 10min

尚 Thも壊変によって原子番号、質量数の異なる放射性核種が多数作られているがそれ等に就いては省略するが、Thの原子炉としての利用は<sup>235</sup>Uに比べ種々の不利な点があり、現在その開発は遅れている様であるが、将来は相当開発が進むものと思われる。

### Pa(91)元素に就いて

その電子配置は次の様である。



基底で6d<sup>2</sup>→5f<sup>1</sup>の電子移動が更に勵起されて電子は5f軌道に入るので対電子は1, 2, 3となり、原子価は1, 2, 3価勵起されて4, 5価が考えられ実在する化合物は5価が非常に多く知られている。

1価 ———

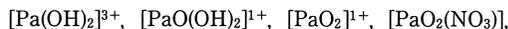
2価 PaO

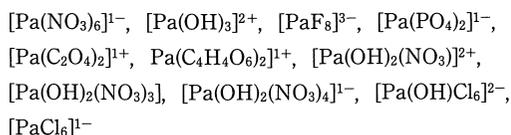
3価 Pa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, LiPaO<sub>3</sub>

4価 PaO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>·*x*H<sub>2</sub>O, PaOCl<sub>2</sub>, PaCl<sub>4</sub>, PaOBr<sub>2</sub>, PaBr<sub>4</sub>, PaI<sub>4</sub>, PaOl<sub>2</sub>, PaOS

5価 Pa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Pa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·*x*H<sub>2</sub>O, PaF<sub>5</sub>, PaCl<sub>5</sub>, M<sub>1/2</sub>PaF<sub>7</sub>, M<sup>1</sup>PaF<sub>6</sub>, NaPaO<sub>3</sub>, KPaO<sub>3</sub>, PaBr<sub>5</sub>, PaOBr<sub>3</sub>, HPa(NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>, PaO(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PaO(SO<sub>4</sub>), H<sub>3</sub>PaO(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, K<sub>3</sub>PaO(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

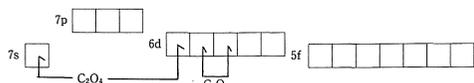
錯体に就いては主にPa<sup>5+</sup>の形で





$\text{Pa}^{4+}$  の形も一部に認められ  $[\text{Pa}(\text{OH})_3]^{1+}$  がある。

その結合様式は  $\text{Pa}(\text{V})$  の  $[\text{Pa}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{1+}$  では



$sd^3$  混成 四面体 四配位  $\mu = 0$

$\text{Pa}$  の同位体に就いては15種位あり、次の様に人工的核反応で作られる。

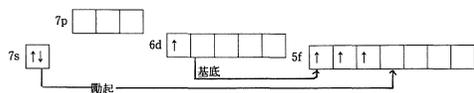
質量数	主なる生成核反応	半減期
224	$^{232}\text{Th}(d, 10n)^{224}\text{Pa}$ ( $d$ : 重陽子の衝撃 0.6sec 10n): 中性子放出10回	
225	$^{232}\text{Th}(p, 8n)^{225}\text{Pa}$ ( $p$ : 陽子の衝撃	2.0 "
226	$^{232}\text{Th}(d, 8n)^{226}\text{Pa}$	1.8min
227	$^{232}\text{Th}(d, 7n)^{227}\text{Pa}$	38.3 "
228	$^{232}\text{Th}(d, 6n)^{228}\text{Pa}$	22hr
229	$^{230}\text{Th}(d, 3n)^{229}\text{Pa}$	1.4day
230	$^{232}\text{Th}(d, 4n)^{230}\text{Pa}$	17.7day
231	$^{232}\text{Th}(n, 2n)^{231}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-} ^{231}\text{Pa}$ ( $n$ : 中性子衝撃, $\beta^-$ : 電子吸収)	32480 ± 260yr
232	$^{232}\text{Th}(d, 2n)^{232}\text{Pa}$	1.32 "
233	$^{232}\text{Th}(n, r)^{233}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{Pa}$ ( $r$ ): $r$ 線放出)	27.4 "
234	$^{238}\text{U} \xrightarrow{\alpha} ^{234}\text{Pa}(\xrightarrow{\beta^-} ^{234}\text{Pa} \xrightarrow{\alpha} \dots)$ ( $\alpha$ 粒子放出)	1.17min
235	$^{238}\text{U}(p, \alpha)^{235}\text{Pa}$	23.7 "
236	$^{238}\text{U}(d, \alpha)^{236}\text{Pa}$	12.5 "
237	$^{238}\text{U}(d, 2pn)^{237}\text{Pa}$ ( $2pn$ ): 2 陽子放出 + 中性子放出)	10.5 "

尚  $\text{Pa}$  も核壊変、分裂に依って原子番号、質量数の異なる放射性核種が多く作られているけれども、それ等に就いては省略するが核種として放射能の利用面はまだ少ない様である。

又我々は此放射性元素群の  $\text{CO}$  酸化触媒作用に就いての実験は残念ながら行えなかった。

### U(92)元素に就いて

その電子配置は次の様である。



電子は5fに入り基底状態で1, 2, 3, 4 価軌起されて5, 6 価が考へられ実在する化合物も2, 3, 4, 5,

6 価が知られている。

- 1 価 ———
- 2 "  $\text{UO}$
- 3 "  $\text{U}\text{BrCl}_2$ ,  $\text{U}\text{Br}_2\text{Cl}$ ,  $\text{UI}_3$ ,  $\text{U}\text{Br}_3$
- 4 "  $\text{UO}_2$ ,  $\text{UOCl}_2$ ,  $\text{UCl}_4 \cdot \text{UO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{U}\text{BrF}_3$ ,  
 $\text{UCl}_4 \cdot 2\text{UO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{UI}_4$ ,  $\text{UCl}_4 \cdot 5\text{UO}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{U}(\text{IO}_3)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{UICl}_3$ ,  $\text{UIBr}_3$ ,  $\text{UIF}_3$ ,  $\text{UI}_2\text{Br}_2$ ,  
 $\text{UI}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{UI}_3\text{Cl}$ ,  $\text{UI}_3\text{Br}$ ,  $\text{U}\text{Br}_4$ ,  $\text{U}(\text{HPO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{UH}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- 5 "  $\text{U}_2\text{O}_5$
- 6 "  $\text{UO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{UO}_2 \cdot \text{HCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{UO}_2(\text{ClO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{UO}_2\text{Br}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{UO}_2(\text{SO}_4) \cdot 2\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}\text{UO}_4(\text{NH}_4)_2\text{UO}_4$

錯体としては余り研究報告が見受けられないが、此元素が主に4, 6 価が安定で多くの化合物が出来る点から比較的エネルギー準位の低い  $f$  軌道に配置される特性を持っていると思う。同位体に就いては現在大体10種程作られている。

質量数	主なる生成核反応	半減期
228	$^{232}\text{Th}(\alpha, 8n)^{228}\text{U}$	9.3min
229	$^{232}\text{Th}(\alpha, 7n)^{229}\text{U}$	58.0 "
230	$^{232}\text{Th}(\alpha, 6n)^{230}\text{U}$	20.8day
231	$^{231}\text{Pa}(d, 2n)^{231}\text{U}$	4.3 "
232	$^{232}\text{Th}(\alpha, 4n)^{232}\text{U}$	74.0yr
233	$^{232}\text{Th}(n, r)^{233}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{Pa} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{U}$	$1.62 \times 10^5 "$
234	天然U中 0.0058%	$2.48 \times 10^5 "$
235	天然U中 0.715 %	$7.13 \times 10^8 "$
236	—————	$2.39 \times 10^7 "$
237	$^{238}\text{U}(n, 2n)^{237}\text{U}$	6.75day
238	天然U中に99.28 %	$4.51 \times 10^9\text{yr}$
239	—————	23.5min
240	—————	14.1hr

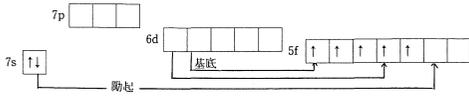
尚  $\text{U}$  の壊変、分裂によって生成する核種に就いては省略するが、 $\text{U}$  は目下核熱量として広く利用されており、即ち核分裂反応の際に生ずる超大量のエネルギーが利用されるが、それは我々化学者が手がけている化学反応の場合に出る熱量、それはモル当り殆んど百キロカロリー以内のもの（化学反応では熱量は目的ではないが）であるのに対し、核反応での発熱量は数 MeV のオーダーで此差を解り易く重さで表現するならば、gr 単位と ton 単位と言う大きな差になる訳で、熱源として原子力発電を利用する事は日本の様な熱資源のない国では好むと好まざるに拘らず核反応による熱源に頼らざるを得ないので我々日本の宿命でもあろうが、核反応によって起る種々の核種を外に漏らさない様な設備の充実と核反応廃棄物

の安全な処理を期待するものである。

尚原子力発電に就いては余り触れないが現在では<sup>235</sup>Uの中性子吸収による核分裂の際の発生熱を利用してボイラーを働かし、それを電力に転換する方式が大部分で、日本では計画中のものも合せて20数カ所あり、それが動くと年間4,000万kW程度供給されるという事である。

**Np(93)元素に就いて**

その電子配置は次の様である。



即ち基底状態で5fの1, 2, 3, 4, 5価勵起されて6, 7価が考へられ実在する化合物は2, 3, 4, 5, 6, 8価が知られている。

- 1 価 ———
- 2 〃 NpO
- 3 〃 Np<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NpF<sub>3</sub>, NpCl<sub>3</sub>, NpBr<sub>3</sub>, NpI<sub>3</sub>, Np<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>Np<sub>2</sub>O<sub>7</sub>·2H<sub>2</sub>O, NaNpO<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>NpO<sub>2</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>3</sub>
- 4 〃 NpO<sub>2</sub>, NpF<sub>4</sub>, NpCl<sub>4</sub>, NpBr<sub>4</sub>, NpOCl<sub>2</sub>, NpOBr, NpO(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, Np(IO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, Np(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, NpOS, Np(OH)<sub>4</sub>·xH<sub>2</sub>O, Np(HPO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·xH<sub>2</sub>O
- 5 〃 Np<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NpO<sub>2</sub>(OH)·xH<sub>2</sub>O
- 6 〃 NpO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, NpO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, Np<sub>3</sub>O<sub>8</sub>
- 7 〃 ———
- 8 〃 Np<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, NpO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O

錯体としてはNp<sup>4+</sup>, Np<sup>5+</sup>, Np<sup>6+</sup>の形で陰イオンは、Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, (OH)<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cr(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub><sup>3+</sup>, Rh(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub><sup>3+</sup>, (C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>, (CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>)<sup>-</sup>, 更に多くの有機化合物とも錯化合物を形成する様で恐らくd軌道の全空軌道に配位した形を作るものと考へられるが、その結合様式に就いては明らかでない。

Npの同位体は数多く、13種位作られている。

質量数	主なる生成核反応	半減期
231	<sup>238</sup> U(d, 9n) <sup>231</sup> Np	50min
232	<sup>233</sup> U(d, 3n) <sup>232</sup> Np	13〃
233	<sup>235</sup> U(d, 4n) <sup>233</sup> Np	35〃
234	<sup>236</sup> U(d, 4n) <sup>234</sup> Np	4.4day
235	<sup>235</sup> U(α, p3n) <sup>235</sup> Np	410±10〃
	p3n) : 陽子放出+中性子放出3回	
236	<sup>238</sup> U(d, 4n) <sup>236</sup> Np	22〃
237	<sup>235</sup> U(n, r) <sup>236</sup> U(n, r) <sup>237</sup> U $\beta^-$ , <sup>237</sup> Np	2.14×10 <sup>6</sup> yr
238	<sup>238</sup> U(d, 2n) <sup>238</sup> Np	2.10day

239	<sup>238</sup> U(n, r) <sup>239</sup> U $\beta^-$ , <sup>239</sup> Np	2.35〃
240	<sup>238</sup> U(n, r) <sup>239</sup> U(n, r) <sup>240</sup> U $\beta^-$ , <sup>240</sup> Np	7.3min
241	—————	16.0〃

Npは他の放射性元素同様、核分裂、中性子、α粒子、β線などに依る核変等々の核的性質を持っており、将来は<sup>238</sup>Puの原料となる可能性が強い。

その場合の核反応は、  
<sup>237</sup>Np(n, r)<sup>238</sup>Np  $\beta^-$ , <sup>238</sup>Pu

Npの核分裂、壊変等に依る核種の生成に関しては省略する。次のPu元素は次報に譲る。

**参 考 文 献**

著 者	書 名	発行所
1. 柴田村治	錯体化学入門	共立全書
2. D.P.Graddon	配位化合物と化学	化学同人
中原, 川口, 黒谷		
3. 中原勝儼	電子構造と周期律	培風館
4. F.Basolo R.Johnson	配位化学	化学同人
山田祥一郎		
5. E.Orgel	遷移元素の化学	岩波書店
小林宏		
6. 新村陽一	配位立体化学	培風館
7. 中井敏夫	無機化学全書	丸善書店
斉藤信房		
石森富太郎		
8. ゲ・イ・シュリンスキー	化学結合とは	東京図書KK
大竹三郎		
9. 福井謙一	化学反応と電子の軌道	丸善書店
10. L.Panling	化学結合論入門	共立出版KK
小泉正夫		
11. 清山哲郎	金属酸化物とその触媒作用	講談社
12. 井本稔	有機電子論 I II	共立出版KK
13. 化学大辞典編集委員会	化学大辞典 1 ~10巻	共立出版KK
14. 小谷正雄	分子化学と量子化学	共立出版KK
15. R.K.Murmann	錯化合物の化学	共立出版KK
中原, 藤枝		
16. H.H.Jaffé M.Orchin	群論入門	東京化学同人
斉藤喜彦	化学に於ける対称	

(受理 昭和56年 1月16日)