

# 窒酸우라늄-窒酸토륨 混合溶液中의 물含量 決定式 誘導

閔德基 · 崔炳日 · 魯聖基 · 嚴泰允 · 金鍾九

韓國에너지研究所

= 要 約 =

우라늄의 용存濃도와 토륨의 용存濃도 및 窒酸의 노르말濃도가 서로 다른 여러가지 窒酸우라늄-窒酸토륨 混合溶液을 만들어 피크노메타(pycnometer)로서 그 밀도를 측정 한 후 우라늄의 용존농도, 토륨의 용존농도 및 질산의 노르말농도만의 함수로서 물含量을 결정할 수 있는 실험식을 유도하였다.

그 결과 유도된 실험식은  $W = 1.0 - 0.3580 C_u - 0.4538 C_{Th} - 0.0307 H^+$ 로서 여기에서 W,  $C_u$ ,  $C_{Th}$  및  $H^+$ 은 각각 混合溶液中의 물含量(g/cc), 우라늄의 용存濃도(g/cc), 토륨의 용存濃도(g/cc) 및 窒酸의 노르말濃도를 나타낸다. 유도된 실험식에 의하여 산출된 물함량을 Bouly 등의 방법으로 계산한 結果値와 비교하였는데 그 차이는 2.7%이하인 것으로 나타났다.

## 序 論

核物質溶液에 대한 核臨界度の 계산을 수행하기 위해서는 그 용액의 구성원소별 原子數密度를 필요로 한다. 이 원자수밀도는 단위부피의 용액당 물의 무게, 즉, 물의 含量으로부터 결정될 수 있다. 물의 含量은 용액의 밀도, 핵물질의 용存濃도 및 窒酸의 노르말濃도를 알면 결정할 수 있다<sup>1)</sup>. 그러나 이 방법은 핵물질용액의 밀도를 측정해야 하는 번거로운 실험을 필요로 하기 때문에 핵물질의 용존농도 및 질산의 노르말농도만의 함수로서 물의 함량을 결정할 수 있는 연구가 수행되었다<sup>2-4)</sup>.

Richey<sup>2,3)</sup>는 窒酸플루토늄溶液中的의 물含量을 플루토륨의 용存濃도와 窒酸의 노르말濃도만의 函數로서 산출할 수 있는 實驗式을 구했다. Dickinson<sup>5)</sup>은 Richey의 實驗式을 바탕으로 窒酸플루토늄 溶液의 核臨界度를 求하여 Bouly 등의 式을 根據로 算出한 값과 비교함으로써 前者의 타당성을 確認한 바 있다. 또 Ro 등<sup>4)</sup>은 窒酸우라늄溶液中的의 물含量을 우라늄의 용存濃도와 窒酸의 노르말濃도의 函數로서 결정할 수 있는 實驗式을 얻어 窒酸우라늄溶液의 核臨界度를 산출한 바 있다. 그러나 지금까지 核物質 混合溶液中的의 물含量을

결정할 수 있는 實驗式은 알려진 바 없다.

그러므로 本 研究는 核物質 混合溶液中的의 물含量을 算出할 수 있는 실험식을 誘導하기 위한 一次試圖로서 窒酸우라늄-窒酸토륨 混合溶液을 그 對象으로 삼았다. 이것은 우라늄의 용存濃도와 토륨의 용存濃도 및 窒酸의 노르말濃도가 각각 다른 여러가지 混合溶液을 만들어 이들의 密度를 측정 한 후, 實驗結果를 最少自乘法로 分析하여 물含量을 결정할 수 있는 實驗式을 誘導하는 것이다.

## 물 含 量

窒酸우라늄-窒酸토륨 混合溶液이 窒酸우라늄[ $UO_2(NO_3)_2$ ], 窒酸토륨[ $Th(NO_3)_4$ ], 窒酸( $HNO_3$ ) 및 물( $H_2O$ )로 되어있다고 假定하면 이 液溶液中的의 물含量은 다음과 같은 Bouly 등의 식<sup>1)</sup>으로 표시된다.

$$W = d - \left\{ C_u + C_{Th} + \frac{78.0063}{0.6023} N_u(NO_3^-) + \frac{62.0064}{0.6023} N_{Th}(NO_3^-) + 0.0630 H^+ \right\} \dots\dots (1)$$

여기에서

W : 窒酸우라늄-窒酸토륨 混合溶液의 물含量, g/cc

d : 窒酸우라늄-窒酸토륨 混合溶液의 密度, g/cc

$C_u$  : 우라늄의 용存濃도, g/cc

Table 1. Density and Water Content of Mixed Uranyl Nitrate-Thorium Nitrate Solutions

HNO <sub>3</sub> Normality H <sup>+</sup>	Uranium Concentration C <sub>u</sub> (g/cc)	Thorium Concentration C <sub>Th</sub> (g/cc)	Solution Density d(g/cc)	Water Content(g/cc)		
				Eq(1)	Eq(3)	% Diff.
1.890	4.481 E-01	0.	1.644	7.831 E-01	7.816 E-01	-0.870 E-01
1.890	3.361 E-01	9.718 E-02	1.653	7.765 E-01	7.776 E-01	1.524 E-01
1.890	3.361 E-01	5.831 E-02	1.593	7.969 E-01	7.953 E-01	-2.003 E-01
1.890	3.361 E-01	1.944 E-02	1.537	8.213 E-01	8.129 E-01	-1.020 E+00
1.890	2.241 E-01	1.666 E-01	1.548	8.167 E-01	8.089 E-01	-9.502 E-01
1.890	3.361 E-01	3.887 E-03	1.511	8.275 E-01	8.200 E-01	-9.059 E-01
1.890	3.361 E-01	0.	1.504	8.285 E-01	8.217 E-01	-8.176 E-01
1.890	2.241 E-01	1.944 E-01	1.654	7.617 E-01	7.736 E-01	1.562 E+00
1.890	2.241 E-01	1.166 E-01	1.548	8.167 E-01	8.089 E-01	-9.502 E-01
1.890	2.241 E-01	5.831 E-02	1.451	8.403 E-01	8.354 E-01	-5.838 E-01
1.890	2.241 E-01	1.944 E-02	1.389	8.587 E-01	8.530 E-01	-6.621 E-01
1.890	2.241 E-01	3.887 E-03	1.361	8.629 E-01	8.601 E-01	-3.251 E-01
1.890	2.241 E-01	0.	1.357	8.699 E-01	8.618 E-01	-5.864 E-01
1.890	1.344 E-01	2.915 E-01	1.706	7.613 E-01	7.617 E-01	4.558 E-02
1.890	1.344 E-01	1.944 E-01	1.544	8.102 E-01	8.057 E-01	-5.531 E-01
1.890	1.344 E-01	1.166 E-01	1.429	8.462 E-01	8.410 E-01	-6.072 E-01
1.890	1.344 E-01	5.831 E-02	1.334	8.718 E-01	8.675 E-01	-4.913 E-01
1.890	1.344 E-01	1.944 E-02	1.271	8.892 E-01	8.851 E-01	-4.569 E-01
1.890	1.344 E-01	3.887 E-03	1.249	8.994 E-01	8.922 E-01	-7.986 E-01
1.890	1.344 E-01	0.	1.238	8.964 E-01	8.940 E-01	-2.745 E-01
1.890	6.722 E-02	2.915 E-01	1.633	7.995 E-01	7.857 E-01	-1.728 E+00
1.890	6.722 E-02	1.944 E-01	1.471	8.384 E-01	8.298 E-01	-1.031 E+00
1.890	6.722 E-02	1.166 E-01	1.340	8.684 E-01	8.651 E-01	-3.797 E-01
1.890	6.722 E-02	5.831 E-02	1.245	8.940 E-01	8.915 E-01	-2.732 E-01
1.890	6.722 E-02	1.944 E-02	1.181	9.104 E-01	9.092 E-01	-1.343 E-01
1.890	6.722 E-02	3.887 E-03	1.151	9.126 E-01	9.162 E-01	4.008 E-01
1.890	6.722 E-02	0.	1.148	9.176 E-01	9.180 E-01	4.137 E-02
1.890	2.241 E-02	2.915 E-01	1.575	8.157 E-01	8.018 E-01	-1.710 E+00
1.890	2.241 E-02	1.944 E-01	1.411	8.526 E-01	8.458 E-01	-7.949 E-01
1.890	2.241 E-02	1.166 E-01	1.283	8.856 E-01	8.811 E-01	-5.007 E-01
1.890	2.241 E-02	5.831 E-02	1.186	9.092 E-01	9.076 E-01	-1.737 E-01
1.890	2.241 E-02	1.944 E-02	1.120	9.236 E-01	9.252 E-01	1.777 E-01
1.890	2.241 E-02	3.887 E-03	1.093	9.288 E-01	9.323 E-01	3.791 E-01
1.890	2.241 E-02	0.	1.088	9.318 E-01	9.340 E-01	2.407 E-01
1.890	4.481 E-03	2.915 E-01	1.550	8.204 E-01	8.082 E-01	-1.488 E+00
1.890	4.481 E-03	1.944 E-01	1.389	8.603 E-01	8.523 E-01	-9.344 E-01
1.890	4.418 E-03	1.166 E-01	1.259	8.913 E-01	8.876 E-01	-4.146 E-01
1.890	4.481 E-03	5.831 E-02	1.161	9.138 E-01	9.140 E-01	1.743 E-02
1.890	4.481 E-03	1.944 E-02	1.100	9.333 E-01	9.316 E-01	-1.736 E-01
1.890	4.481 E-03	3.887 E-03	1.071	9.364 E-01	9.387 E-01	2.413 E-01
1.890	4.481 E-03	0.	1.064	9.375 E-01	9.405 E-01	3.180 E-01
1.890	0.	4.082 E-01	1.716	7.524 E-01	7.568 E-01	5.928 E-01

(Continued)

HNO <sub>3</sub> Normality H <sup>+</sup>	Uranium Concentration C <sub>u</sub> (g/cc)	Thorium Concentration C <sub>Th</sub> (g/cc)	Solution Density d(g/cc)	Water Content(g/cc)		
				Eq(1)	Eq(3)	% Diff.
2.834	4.033E-01	0.	1.614	7.678E-01	7.687E-01	1.255E-01
2.834	3.316E-01	5.831E-02	1.619	7.634E-01	7.663E-01	3.872E-01
2.834	3.361E-01	1.944E-02	1.558	7.828E-01	7.840E-01	1.502E-01
2.834	3.361E-01	3.887E-03	1.535	7.920E-01	7.910E-01	-1.192E-01
2.834	3.361E-01	0.	1.531	7.960E-01	7.928E-01	-4.048E-01
2.834	2.241E-01	1.749E-01	1.656	7.446E-01	7.535E-01	1.202E+00
2.834	2.241E-01	9.718E-02	1.540	7.894E-01	7.888E-01	-7.275E-02
2.834	2.241E-01	5.831E-02	1.479	8.088E-01	8.064E-01	-2.911E-01
2.834	2.241E-01	1.944E-02	1.417	8.272E-01	8.241E-01	-3.788E-01
2.834	2.241E-01	3.887E-03	1.391	8.334E-01	8.311E-01	-2.704E-01
2.834	2.241E-01	0.	1.385	8.354E-01	8.329E-01	-3.030E-01
2.834	1.344E-01	1.944E-01	1.578	7.747E-01	7.768E-01	2.672E-01
2.834	1.344E-01	1.166E-01	1.454	8.117E-01	8.121E-01	5.101E-02
2.834	1.344E-01	5.831E-02	1.360	8.383E-01	8.386E-01	3.205E-02
2.834	1.344E-01	1.944E-02	1.298	8.567E-01	8.562E-01	-5.966E-02
2.834	1.344E-01	3.887E-03	1.272	8.629E-01	8.633E-01	4.276E-02
2.834	1.344E-01	0.	1.267	8.659E-01	8.650E-01	-1.050E-01
2.834	6.722E-02	2.915E-01	1.653	7.601E-01	7.568E-01	-4.291E-01
2.834	6.722E-02	1.944E-01	1.493	8.009E-01	8.009E-01	-1.115E-02
2.834	6.722E-02	1.166E-01	1.368	8.369E-01	8.362E-01	-8.910E-02
2.834	6.722E-02	5.831E-02	1.271	8.605E-01	8.626E-01	2.451E-01
2.834	6.722E-02	1.944E-02	1.210	8.799E-01	8.802E-01	3.741E-02
2.384	6.722E-02	3.887E-03	1.183	8.851E-01	8.873E-01	2.496E-01
2.834	6.722E-02	0.	1.178	8.881E-01	8.891E-01	1.049E-01
2.834	2.241E-02	2.915E-01	1.590	7.712E-01	7.728E-01	2.077E-01
2.834	2.241E-02	1.944E-01	1.434	8.161E-01	8.169E-01	9.482E-02
2.834	2.241E-02	1.166E-01	1.307	8.501E-01	8.522E-01	2.491E-01
2.834	2.241E-02	5.831E-02	1.214	8.777E-01	8.787E-01	1.108E-01
2.834	2.241E-02	1.944E-02	1.152	8.961E-01	8.963E-01	2.147E-02
2.834	2.241E-02	3.887E-03	1.125	9.013E-01	9.034E-01	2.299E-01
2.834	2.241E-02	0.	1.118	9.023E-01	9.051E-01	3.097E-01
2.834	4.481E-03	2.915E-01	1.571	7.819E-01	7.793E-01	-3.401E-01
2.834	4.481E-03	1.944E-01	1.413	8.248E-01	8.233E-01	-1.803E-01
2.834	4.481E-03	1.166E-01	1.285	8.578E-01	8.568E-01	9.983E-02
2.834	4.481E-03	5.831E-02	1.191	8.844E-01	8.851E-01	8.039E-02
2.834	4.481E-03	1.944E-02	1.130	9.038E-01	9.027E-01	-1.183E-01
2.834	4.481E-03	3.887E-03	1.101	9.070E-01	9.098E-01	3.100E-01
2.834	4.481E-03	0.	1.094	9.080E-01	9.115E-01	3.891E-01
2.834	0.	3.693E-01	1.671	7.284E-01	7.456E-01	2.359E+00

(Continued)

HNO <sub>3</sub> Normality H <sup>+</sup>	Uranium Concentration C <sub>u</sub> (g/cc)	Thorium Concentration C <sub>Th</sub> (g/cc)	Solution Density d(g/cc)	Water Content(g/cc)		
				Eq(1)	Eq(3)	% Diff.
3.763	3.518 E-01	0.	1.577	7.575 E-01	7.587 E-01	1.602 E-01
3.763	3.104 E-01	1.728 E-02	1.553	7.663 E-01	7.657 E-01	-7.701 E-02
3.763	3.104 E-01	3.456 E-03	1.527	7.689 E-01	7.720 E-01	4.009 E-01
3.763	3.104 E-01	0.	1.525	7.740 E-01	7.735 E-01	-6.452 E-02
3.763	2.070 E-01	8.640 E-03	1.528	7.695 E-01	7.713 E-01	2.463 E-01
3.763	2.070 E-01	5.184 E-02	1.474	7.870 E-01	7.870 E-01	9.743 E-03
3.763	2.070 E-01	1.728 E-02	1.422	8.065 E-01	8.027 E-01	-4.640 E-01
3.763	2.070 E-01	3.456 E-03	1.401	8.141 E-01	8.090 E-01	-6.227 E-01
3.763	2.070 E-01	0.	1.396	8.162 E-01	8.106 E-01	-6.924 E-01
3.763	1.242 E-01	1.728 E-01	1.561	7.608 E-01	7.618 E-01	1.336 E-01
3.763	1.242 E-01	1.037 E-01	1.450	7.927 E-01	7.931 E-01	5.192 E-02
3.763	1.242 E-01	5.184 E-02	1.367	8.170 E-01	8.167 E-01	-4.266 E-02
3.763	1.242 E-01	1.728 E-02	1.312	8.335 E-01	8.324 E-01	-1.400 E-01
3.763	1.242 E-01	3.456 E-03	1.290	8.401 E-01	8.386 E-01	-1.779 E-01
3.763	1.242 E-01	0.	1.283	8.403 E-01	8.402 E-01	-9.094 E-03
3.763	6.210 E-02	2.420 E-01	1.595	7.544 E-01	7.526 E-01	-2.368 E-01
3.763	6.210 E-02	1.728 E-01	1.482	7.846 E-01	7.840 E-01	-7.042 E-02
3.673	6.210 E-02	1.037 E-01	1.371	8.165 E-01	8.154 E-01	-1.417 E-01
3.763	6.210 E-02	5.184 E-02	1.286	8.388 E-01	8.389 E-01	9.836 E-03
3.763	6.210 E-02	1.728 E-02	1.230	8.543 E-01	8.546 E-01	3.089 E-02
3.763	6.210 E-02	3.456 E-03	1.208	8.609 E-01	8.609 E-01	-7.374 E-03
3.763	6.210 E-02	0.	1.201	8.611 E-01	8.624 E-01	1.573 E-01
3.763	2.070 E-02	2.592 E-01	1.571	7.634 E-01	7.596 E-01	-4.872 E-01
3.763	2.070 E-02	1.728 E-01	1.430	8.011 E-01	7.988 E-01	-2.828 E-01
3.763	2.070 E-02	1.037 E-01	1.316	8.301 E-01	8.302 E-01	1.567 E-02
3.763	0.070 E-02	5.184 E-02	1.232	8.534 E-01	8.537 E-01	4.335 E-02
3.763	2.070 E-02	1.728 E-02	1.175	8.679 E-01	8.694 E-01	1.788 E-01
3.763	2.070 E-02	3.456 E-03	1.151	8.725 E-01	8.757 E-01	3.695 E-01
3.763	2.070 E-02	0.	1.146	8.746 E-01	8.773 E-01	3.021 E-01
3.673	4.140 E-03	2.592 E-01	1.551	7.708 E-01	7.656 E-01	-6.751 E-01
3.763	4.140 E-03	1.728 E-01	1.406	8.045 E-01	8.048 E-01	3.105 E-02
3.763	4.140 E-03	1.037 E-01	1.296	8.375 E-01	8.361 E-01	-1.618 E-01
3.763	4.140 E-03	5.184 E-02	1.212	8.608 E-01	8.597 E-01	-1.296 E-01
3.763	4.140 E-03	1.728 E-02	1.154	8.743 E-01	8.753 E-01	1.220 E-01
3.763	4.140 E-03	3.456 E-03	1.133	8.819 E-01	8.816 E-01	-2.961 E-02
3.763	4.140 E-03	0.	1.124	8.800 E-01	8.832 E-01	3.587 E-01
3.763	0.	2.938 E-01	1.588	7.430 E-01	7.513 E-01	1.118 E+00

(Continued)

HNO <sub>3</sub> Normality H <sup>+</sup>	Uranium Concentration C <sub>u</sub> (g/cc)	Thorium Concentration C <sub>Th</sub> (g/cc)	Solution Density d(g/cc)	Water Content(g/cc)		
				Eq(1)	Eq(3)	% Diff.
4.704	3.104 E-01	0.	1.550	7.397 E-01	7.447 E-01	6.699 E-01
4.704	2.070 E-01	8.640 E-02	1.551	7.332 E-01	7.425 E-01	1.275 E+00
4.704	2.070 E-01	5.184 E-02	1.499	7.527 E-01	7.582 E-01	7.349 E-01
4.704	2.070 E-01	1.728 E-02	1.445	7.702 E-01	7.739 E-01	4.821 E-01
4.704	2.070 E-01	3.458 E-03	1.425	7.788 E-01	7.801 E-01	1.779 E-01
4.704	2.070 E-01	0.	1.417	7.779 E-01	7.817 E-01	4.889 E-01
4.704	1.242 E-01	1.555 E-01	1.552	7.283 E-01	7.408 E-01	1.720 E+00
4.704	1.242 E-01	1.037 E-01	1.474	7.574 E-01	7.643 E-01	9.065 E-01
4.704	1.242 E-01	5.184 E-02	1.394	7.847 E-01	7.878 E-01	3.958 E-01
4.704	1.242 E-01	1.728 E-02	1.341	8.032 E-01	8.035 E-01	3.578 E-02
4.704	1.242 E-01	3.456 E-03	1.320	8.108 E-01	8.098 E-01	-1.283 E-01
4.704	1.242 E-01	0.	1.313	8.110 E-01	8.114 E-01	4.662 E-02
4.704	6.210 E-02	1.728 E-01	1.506	7.493 E-01	7.552 E-01	7.877 E-01
4.704	6.210 E-02	1.037 E-01	1.396	7.822 E-01	7.865 E-01	5.493 E-01
4.704	6.210 E-02	5.184 E-02	1.314	8.075 E-01	8.101 E-01	3.142 E-01
4.704	6.210 E-02	1.728 E-02	1.259	8.240 E-01	8.257 E-01	2.085 E-01
4.704	6.210 E-02	3.456 E-03	1.238	8.316 E-01	8.320 E-01	4.702 E-02
4.704	6.210 E-02	0.	1.231	8.318 E-01	8.336 E-01	2.175 E-01
4.704	2.070 E-02	2.420 E-01	1.590	7.586 E-01	7.386 E-01	-2.642 E+00
4.704	2.070 E-02	1.728 E-01	1.453	7.648 E-01	7.700 E-01	6.785 E-01
4.704	2.070 E-02	1.037 E-01	1.344	7.988 E-01	8.014 E-01	3.236 E-01
4.704	2.070 E-02	5.184 E-02	1.261	8.231 E-01	8.249 E-01	2.217 E-01
4.704	2.070 E-02	1.728 E-02	1.205	8.386 E-01	8.406 E-01	2.392 E-01
4.704	2.070 E-02	3.456 E-03	1.182	8.442 E-01	8.468 E-01	3.173 E-01
4.704	2.070 E-02	0.	1.175	8.443 E-01	8.484 E-01	4.852 E-01
4.704	4.140 E-03	1.728 E-01	1.434	7.732 E-01	7.759 E-01	3.498 E-01
4.704	4.140 E-03	1.037 E-01	1.323	8.052 E-01	8.073 E-01	2.608 E-01
4.704	4.140 E-03	5.184 E-02	1.240	8.295 E-01	8.308 E-01	1.615 E-01
4.704	4.140 E-03	1.728 E-02	1.184	8.450 E-01	8.465 E-01	1.800 E-01
4.704	4.140 E-03	3.456 E-03	1.160	8.496 E-01	8.528 E-01	3.759 E-01
4.704	4.140 E-03	0.	1.154	8.507 E-01	8.543 E-01	4.245 E-01
4.704	0.	2.592 E-01	1.558	7.253 E-01	7.382 E-01	1.776 E+00

$C_{Th}$  : 토륨의 용존농도, g/cc

$N_u(NO_3^-)$  : 질산우라늄에 포함되어 있는  $NO_3^-$ 이온  
 數密度, ions/b-cm

$N_{Th}(NO_3^-)$  : 질산토륨에 포함되어 있는  $NO_3^-$ 이온  
 數密度, ions/b-cm

$H^+$  : 질산우라늄-질산토륨 혼합溶液中的 질산노르말  
 濃度

식(1)의 獨立變數인 우라늄의 용존濃도와 토륨의 용  
 存濃度 및 질산의 노르말 濃度만의 함수로 표시된  
 Richey<sup>2)</sup>의 식 형태로 표시하면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$W = 1.0 - A C_u - B C_{Th} - D H^+ \dots \dots \dots (2)$$

여기에서 A, B와 D는 本 研究에서 混合溶液의 密度  
 測定實驗結果를 最少自乘法로 分析함으로써 결정되  
 는 常數이다.

### 實 驗

질산우라늄-질산토륨 混合溶液 149個를 만들어 우  
 라늄의 용존농도, 토륨의 용존농도, 질산의 노르말농  
 도 및 이 용액의 밀도를 측정하였다. 여기에 사용한 窒  
 酸은 순도 99%이상인 독일 Merck 사 시약이었으며,  
 $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 는 순도가 98%이상인 영국 BDH 사  
 시약이었고  $Th(NO_3)_4 \cdot H_2O$ 는 스위스 Fluka AG 사  
 시약이었다. 이들 시약을 증류수에 混入하였는데 이때  
 증류수의 電氣傳導度는  $1.0 \times 10^{-6}/ohm-cm$  정도였다.

우라늄의 용존농도는 酸化-還元 적정방법<sup>6)</sup>으로 측  
 정한 값을 美標準局 NBS-960의 標準우라늄금속과 비  
 교하여 구하였으며, 토륨의 용존농도는 EDTA 적정으  
 로 표준화하여 구하였다<sup>7)</sup>. 또 용액의 밀도는  $25 \pm 0.1^\circ C$   
 의 조건하에서 피크노메타(pycnometer)로 측정하였다.

### 結果 및 討議

Table 1에는 질산우라늄-질산토륨 혼합용액중의 질  
 산노르말농도, 우라늄의 용존농도, 토륨의 용존농도  
 및 용액의 밀도를 측정한 실험자료를 수록하였으며 이  
 들 실험결과를 最少自乘法로 분석하여 식(2)의 상수  
 A, B 및 D를 決定하였는데 그 값은 각각 0.3580,  
 0.4538 및 0.0307이었다. 결국 誘導된 물함량의 算出  
 式은 다음과 같다.

$$W = 1.0 - 0.3580 C_u - 0.4538 C_{Th} - 0.0307 H^+ \dots (3)$$

단,  $0.0 \leq C_u \leq 0.448$  g/cc

$0.0 \leq C_{Th} \leq 0.408$  g/cc

$1.890 \leq H^+ \leq 4.704$

誘導된 물함량 算出式인, 식(3)의 妥當性を 確認하  
 기 위하여 질산우라늄-질산토륨 混合溶液中的 물함량  
 을 식(3)에 의하여 산출한 값과 식(1)에 의하여 구한  
 결과를 Table 1에 비교하였다. Table 1에서 보는 바와  
 같이 양자는 잘 일치하고 있으며 最大差異는 2.7%에  
 불과하다. 그리고 식(3)에 의한 물함량 算出值의 相對  
 誤差도  $\pm 0.61\%$ 로 그 正確도가 높다. 따라서 誘導된  
 實驗式은 前述한 核物質의 용존濃度 및 窒酸의 노르말  
 농도 범위내에서 물함량 산출에 有用하게 活用될 수  
 있을 것으로 믿어진다. 한편 식(1)은 번거로운 密度  
 測定實驗을 통하여 물함량을 결정할 수 있다는 것을  
 뜻하지만 誘導된 實驗式(3)을 활용하면 용액의 밀도를  
 實測하지 않고도 물함량을  $\pm 0.61\%$  誤差範圍內에서 決  
 定할 수 있다는 것을 意味한다.

### 結 論

우라늄 및 토륨의 용존濃도가 각각 0.448 g/cc와  
 0.408 g/cc 이하이고, 질산의 노르말농도가 1.890에서  
 부터 4.704까지인 질산우라늄-질산토륨 混合溶液중의  
 물함량을 산출할 수 있는 實驗式,  $W = 1.0 - 0.3580$   
 $C_u - 0.4538 C_{Th} - 0.0307 H^+$ 을 구했다.

誘導된 實驗式에 의하여 산출한 물함량은 Bouly  
 등의 식에 의하여 算出한 물함량과 2.7%이내에서 잘  
 일치하였다. 그리고 誘導된 實驗式을 써서 計算한 물  
 함량의 相對誤差도  $\pm 0.61\%$ 로 그 正確도가 높았다.

### 參 考 文 獻

- 1) J.C. Bouly et al., "Expériences de Criticité Réalisées avec une Solution Homogène de Plutonium, Résultate Expérimentaux, Interpretations Theoretiquer," Centre D'Etudes Nucleares de Saclay Report, CEA-R-3367(1967).
- 2) C.R. Richey, "Theoretical Analysis of Homogeneous Plutonium Critical Experiments," *Nucl. Sci. Eng.* **31**, 32(1968).
- 3) C.R. Richey, "Corrigendum," *Nucl. Sci. Eng.*, **49**, 246(1972).
- 4) S.G. Ro, D.K. Min and J.K. Chon, "Atom Number Densities for Uranyl Nitrate Solution," *J. Korean Nucl. Soc.* **14**, 103(1982).
- 5) D. Dickinson, "Criticality Calculations for Plutonium Nitrate Solutions," Dow Chemical

- Rocky Flats Division Report, RFP-2034(1973). (1972).  
 6) USAEC, "Selected Measurement Methods for Plutonium and Uranium in the Nuclear Fuel Cycle (Edited by C.J. Rodden)," TID-7027  
 7) "Dosage Volumetrique Du Thorium(No. 243)," in *Methods D'Analyse*(Edited, by CETAMA), CETAMA (1970).

**Derivation of An Empirical Formula for Determining Water Content of Mixed Uranyl Nitrate-Thorium Nitrate Solutions**

**Duck Kee Min, Byung Il Choi, Seung Gy Ro, Tae Yoon Eom, Zong Goo Kim**

*Korea Advanced Energy Research Institute, Daejun, Korea*

**=Abstract=**

Densities of a large number of mixed uranyl nitrate-thorium nitrate solutions were measured with pycnometer. By the least squares analysis of the experimental result, an empirical formula for determining water content of mixed uranyl nitrate-thorium nitrate solutions as functions of uranium concentration, thorium concentration and nitric acid normality is derived;

$$W = 1.0 - 0.3580 C_u - 0.4538 C_{Th} - 0.0307 H^+$$

where  $W$ ,  $C_u$ ,  $C_{Th}$ , and  $H^+$  stand for water content(g/cc), uranium concentration (g/cc), thorium concentration(g/cc), and nitric acid normality, respectively.

Water contents of the mixed uranyl nitrate-thorium nitrate solutions are calculated by using the empirical formula, and compared with the values calculated by Bouly's equation in which an additional data, solution density, is required. The two results show good agreements within 2.7%.