

## Zeolite-Y 型 觸媒의 陽 Ion 交換效果에 關하여

李 斗 謙\* · 河 白 顯\* · 文 世 基\*

## Cation Effect of Ion-exchanged Y type Zeolite on the Catalytic Activities

Doo Kyum Lee, \*, Baik Hyon Ha, \*, Sei Ki Moon\*

Dept. of Chem. Eng., Han Yany Univ.

## Abstract

In this work the cation effect of ion-exchanged y type Zeolite catalyst in the case of cracking and or isomerization reactions of n-pentane were investigated.

Pure n-pentane was converted into various lower hydrocarbons under the conditions of below 2 atm, and 400°C to 600°C through isomerization and cracking reactions.

According to a conventional method, the order of catalytic reactivity of the ion-exchanged catalysts for both reactions were confirmed as following ;

- 1) Isomerization reactions,  $\text{Cr}^{+3}\text{-y} > \text{Mg}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Ca}^{+2}\text{-y} > \text{Fe}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Mn}^{+2}\text{-y} > \text{Cd}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Cu}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Zn}^{+2}\text{-y} > \text{Al}^{+3}$ ,  $\text{H}^{+}\text{-y}$ ,  $\text{Mg}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Co}^{+2}\text{-y}$
- ii) Cracking, reactions  $\text{Ni}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Cd}^{+2}\text{-y} > \text{Ca}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Cr}^{+3}\text{-y}$ ,  $\text{Zn}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Mn}^{+2}\text{-y} > \text{Fe}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Cu}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Co}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{Mg}^{+2}\text{-y}$ ,  $\text{H}^{+}\text{-y}$ ,  $\text{Al}^{+3}\text{-y}$ ,  $\text{Hg}^{+2}\text{-y}$

## 1. 緒 論

$\text{Na}^{+}\text{-y}$  型인 Zeolite 는 吸着能은 있으나 觸媒로써의 活性은 없다. 그러나 Na 를 各種 多價의 ion 으로 交換시킨것은 酸性을 나타내는 特性을 갖고 있으며 酸의 強度分布는 交換된 陽 ion 에 따라 달라진다. 交換된 Zeolite M-y (M:多價金屬)는 Silica-alumina 系 觸媒와 類似한 特性을 나타내며 그自體만도 異性化의 活性이 있으나 여기다 白金을 擔持시킨 二元機能觸媒는 白金—Silica alumina 보다 훨씬 큰 活性을 나타낸다는 사실이 알려져 있다<sup>1)</sup>. Rabo 等은 Na-y 型 觸媒를 alkali 土類의 二價金屬 ion 으로 交換한 Zeolite M-y 型 및 M-x 型 觸媒를 n-pentane, n-hexane 의 異性化反應을 研究함으로써 그 活性을 검토한바 M-y 는 活性이 크지만 M-x 型은 活性이 낮으며 交換된 陽 ion 은 그 ion 半徑이 작을수록 活性이 크다고 報告하였다.

그러나 松本<sup>2)</sup>等은 알카리土類金屬外에  $\text{Mn}^{+2}\text{-x}$   $\text{Ce}^{+3}$

-x 인 Zeolite-x 型에서는 水分의 吸着으로 인하여 活性이 生成된다고 말함과 동시에 活性點의 生成機構도 說明하였다. 此外에 n-hexane 의 異性化反應에 對한 Zeolite M-y 型 및 M-x 型의 活性을 檢討한 報告<sup>3,4)</sup>도 있으나 이들은 모두 交換된 陽 ion 이 alkali 土類金屬이며 ion 交換效果를 系統의 檢討하지 못하였다. 따라서 本研究에서는 0.3% Pt-Zeolite-y 를 轉移金屬의 陽 ion 을 包含하는  $\text{H}^{+}$ ,  $\text{Li}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Co}^{+2}$ ,  $\text{Ni}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Hg}^{+2}$  等으로 交換하여 이때生成된 觸媒를 使用하여 異性化와 分觸反應이 同時에 일어날 수 있는 比較的 높은 온도인 400~600°C 와 2 atm 의 壓力下에서 n-pentane 에 對한 反應生成物의 分布 및 分解反應의 活性化 energy 의 比較로부터 各種 陽 ion 의 交換效果와 觸媒 活性點의 特性을 檢討했다.

## 2. 實驗裝置 및 方法

本 實驗에서의 實驗裝置는 前報한 南宮·河<sup>5)</sup>등의 촉매 연구에서 使用한 裝置를 使用했으며 反應爐內的 溫度

\*漢陽工大 化學工學科

Table 1. Conditions of Ion Exchange

Catalyst Formed	Temp. C	Salt used	pH	Ref.
0.3% Pt-H-y	80~90	—	—	Ammonia desolation at 500°C after ammonium ion exchange
0.3% Pt-M-gy	"	MgCl <sub>2</sub>	4.5	2N
0.3% Pt-Ca-y	"	CaCl <sub>2</sub>	3.5	2N
0.3% Pt-Cr-y	"	CrCl <sub>3</sub>	—	Saturated Soln
0.3% Pt-Mn-y	"	MnCl <sub>2</sub>	—	"
0.3% Pt-Fe-y	"	FeCl <sub>2</sub>	—	Saturated Soln reduction with pydaxzi amine
0.3% Pt-Ni-y	"	NiCl <sub>2</sub>	—	"
0.3% Pt-Co-y	"	CoCl <sub>2</sub>	6.5	2N
0.3% Pt-Cd-y	"	CdCl <sub>2</sub>	2.0	Saturated Soln
0.3% Pt-Zn-y	"	ZnCl <sub>2</sub>	1.5	2N
0.3% Pt-Al-y	"	AlCl <sub>3</sub>	3.0	2N
0.3% Pt-Pb-y	"	Pb(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3.5	Saturated Soln
0.3% Pt-Hg-y	"	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.0	"
0.3% Pt-Cu-y	"	CuCl <sub>2</sub>	4.5	Saturated Soln
0.3% Pt-Li-y	"	LiCl	6.5	2N

를 일정히 유지시키기 위하여 自動溫度調節計를設置하였다. Carrier gas는 30~100 ml/min로 통과시켰으며 反應溫度 400~600°C에서 實驗을行하였다. 觸媒試料는 約 0.1gr程度를 取하여 反應器 (4mmφ pyrex)에 充填하였으며 試料바로 옆에 熱電對를 附着시켜 反應溫度를 測定하였다. n-pentane은 5μl씩 小型주사기로 注入했으며 反應生成物의 分析은 gas chromatograph로 했으며 column 및 操作條件은 다음과 같다.

分離 Column: D. M. F 4%-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Carrier gas : H<sub>2</sub> gas

Column temp. : 15°C

Flow rate : 30~100 ml/min

또한 本實驗에서 使用한 觸媒는 Na<sup>+</sup>-y를 Table 1과같은 條件下에서 各種 陽 ion으로 交換시킨 다음 陽ion 溶液으로 10회以上 처리하여 포화 ion 交換을 行한後 陽 ion이 檢出되지 않을때까지 수채하였다. 이와같이 製造한 觸媒에 白金함량이 0.3%가 되도록 염화 白金酸을 加하여 침적시킨後 증발건조하여 500°C의 水蒸氣流中에서 5時間以上 처리하였다.

### 3. 實驗結果 및 考察

#### a. 觸媒活性的 經時變化

觸媒의 使用條件을 알기爲하여 Fig. 1에 그活性的 經時變化를 分解反應의 轉換率로 表示하였다. 觸媒의 活

性은 試料 gas를 5~6회 이상 注入하면 거의一定해진다는 事實을 알았다. Zeolite Cd<sup>+</sup>-y, Ni<sup>+</sup>-y, Ca<sup>+</sup>-y, H<sup>+</sup>-y의 경우는 分解活性이 크기때문에 이로인한 炭素의 析出 및 不安定한 活性點이 없어지므로 活性이 多少 떨어진다고 생각된다. 또한 ion 交換時交換 狀態가 아닌 微量의 鹽이 남아있다가 酸化物의 形態로 되고 還元性분위기에서 다시 金屬狀態로 되어作用하는 것으로 생각된다.

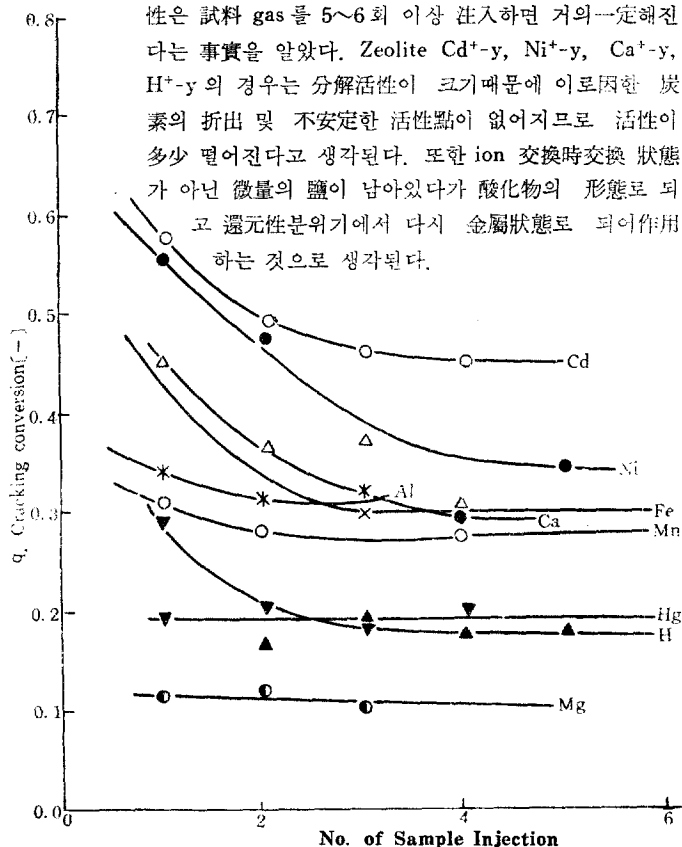


Fig. 1 Fouling Effect of Catalyst.

b. 各種 陽ion으로 交換된 Zeolite M-y型的 活性  
Zeolite Na<sup>+</sup>-y型을 各種 陽 ion으로 交換시킨것에 0.3% 白金을 擔持시킨 觸媒를 使用하여 n-pentane을  
화학공학 제8권 제4호 1970년 12월

5.41식 反應器內에 注入하여 그의反應 生成物 組成을 mole分率로 나타내며 그結果를 Table 2에 表示했다. 分解反應 및 異性化反應의 反應開始溫度가 觸媒에 따라 달라지므로 그의 活性化 順序를 一定溫度區間에서의 生成物의 mole分率를 取하여 活性化의 順位로 나열하면 다음과 같다.

異性化反應의 活性順位 (450~600°C)

$\text{Cr}^{+3-y} > \text{Mg}^{+y}, \text{Ca}^{+y} > \text{Fe}^{+y}, \text{Mn}^{+y} > \text{Cd}^{+y}, \text{Cu}^{+y}, \text{Zn}^{+y} > \text{Al}^{+3-y}, \text{H}^{+y}, \text{Hg}^{+y}, \text{Co}^{+y}$   
 分解反應의 活性 順位 (450~600°C)  
 $\text{Ni}^{+y}, \text{Cd}^{+y} > \text{Ca}^{+y}, \text{Cr}^{+y}, \text{Zn}^{+y}, \text{Mn}^{+y} > \text{Fe}^{+y}, \text{Cu}^{+y}, \text{Co}^{+y}, \text{Mg}^{+y}, \text{H}^{+y}, \text{Al}^{+2-y}, \text{Hg}^{+y}.$

Table 2. Product Distribution of n-pentane Cracking

Temp. 450°C											
Catalyst	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> -	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> -	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> -	i-C <sub>4</sub> -	i-C <sub>5</sub>	n-C <sub>5</sub>
Mg-y	—	0.005	—	0.012	0.005	0.012	0.0095	0.0064	—	0.13	0.82
Ca-y	0.0047	0.014	—	0.056	0.048	—	0.024	—	—	0.26	0.58
Cr-y	0.0013	0.0015	—	0.00545	—	0.0048	—	—	—	0.15	0.83
Mn-y	—	—	—	0.0108	—	0.00335	0.00925	0.0264	—	0.107	0.843
Fe-y	0.0242	0.00837	—	0.0199	0.01035	0.0362	0.00346	—	—	0.137	0.75
Cd-y	0.0182	0.0317	—	0.0076	0.0164	0.0137	—	—	—	0.095	0.819
Cu-y	0.0025	—	—	0.0047	—	0.0012	0.00236	—	—	0.06	0.93
Temp. 500°C											
Catalyst	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> -	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> -	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> -	i-C <sub>4</sub> -	i-C <sub>5</sub>	n-C <sub>5</sub>
H-y	0.004	0.009	0.008	0.011	—	0.025	0.006	—	0.008	0.026	0.92
Mg-y	—	0.01	0.003	0.024	0.015	0.015	0.009	0.005	0.005	0.105	0.805
Cu-y	0.23	0.066	—	0.193	0.113	—	0.081	—	—	0.152	0.155
Cr-y	0.0017	0.00208	—	0.00388	0.00042	0.00246	0.00234	—	0.00091	0.278	0.588
Mn-y	0.00278	0.0180	0.00927	0.0295	0.02075	0.0203	0.0206	0.00333	0.01367	0.0955	0.767
Fe-y	0.0097	0.0274	0.0105	0.0424	0.0445	0.0158	0.0165	0.00645	0.0174	0.10	0.71
Cd-y	0.019	0.0673	—	0.096	0.0367	0.057	0.0337	—	0.0201	0.105	0.565
Al-y	—	0.0067	—	—	0.0114	—	0.0093	0.034	0.00543	0.0294	0.902
Hg-y	0.10	0.05	—	0.10	0.10	—	0.05	—	—	0.10	0.50
Cu-y	0.036	0.016	0.009	0.024	0.021	0.012	0.013	—	0.0081	0.056	0.81
Temp. 550°C											
Catalyst	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> -	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> -	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> -	i-C <sub>4</sub> -	i-C <sub>5</sub>	n-C <sub>5</sub>
H-y	0.0383	0.0475	0.0386	0.0453	—	0.0775	0.00145	—	0.0346	0.043	0.665
Mg-y	0.0355	0.0525	0.0345	0.053	0.0664	0.0239	0.0194	0.0315	0.017	0.077	0.591
Cu-y	0.14	0.167	—	0.117	0.105	—	0.062	0.017	—	0.13	0.27
Cr-y	0.129	0.094	—	0.097	0.0386	0.065	0.054	0.0062	0.031	0.202	0.279
Mn-y	0.141	0.0715	0.0224	0.106	0.0793	0.0459	0.040	0.0190	0.0466	0.111	0.318
Fe-y	0.069	0.071	0.041	0.067	0.086	0.032	0.018	0.037	—	0.064	0.513
Ni-y	0.25	0.14	—	0.12	0.08	—	0.04	0.033	—	0.08	0.25
Co-y	0.346	0.188	—	0.171	—	0.063	0.0497	0.0263	0.0391	0.0503	0.0653
Cd-y	0.0635	0.196	—	0.212	0.0704	0.0646	0.0477	—	0.01605	0.0477	0.283
Zn-y	0.187	0.072	0.029	0.0435	—	0.0563	0.0137	0.0203	—	0.0522	0.528
Al-y	0.0297	0.0398	0.0275	0.047	0.0707	0.0342	0.0177	0.046	—	0.0925	0.695
Pb-y	0.004	0.003	—	0.0036	—	—	0.00427	—	—	0.0114	0.97
Hg-y	0.0185	0.0254	0.0435	0.0175	0.062	0.01	0.0046	0.011	—	0.0051	0.73
Cu-y	0.058	0.107	0.064	0.094	0.066	0.032	0.026	—	0.034	0.037	0.48
Li-y	0.056	0.167	—	0.117	0.105	—	0.062	0.017	—	0.13	0.27

Temp. 600°C

Catalyst	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> -	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> -	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> -	i-C <sub>4</sub> -	i-C <sub>5</sub>	n-C <sub>5</sub>
Mg-y	0.084	0.075	0.05	0.046	0.069	0.021	0.012	0.0735	—	0.07	0.50
Ca-y	0.256	0.198	—	0.071	0.14	—	0.034	0.0128	0.0153	0.0396	0.234
Cr-y	0.241	0.16	0.69	0.122	0.062	0.037	0.039	0.016	0.048	0.11	0.097
Mn-y	0.217	0.798	0.0476	0.0422	0.0945	0.0183	0.0918	0.0525	0.0913	0.0547	0.295
Fe-y	0.189	0.133	0.1	0.0566	—	0.105	0.01	0.0186	0.0509	0.0565	0.279
Ni-y	0.625	0.150	—	0.075	0.048	—	—	—	—	0.057	0.0415
Co-y	0.121	0.147	0.0639	0.0553	—	0.0682	0.0129	—	—	0.0147	0.457
Zn-y	0.403	0.129	0.0542	0.1085	—	0.075	0.0157	0.0136	—	0.0178	0.186
Al-y	0.0512	0.0637	0.098	0.024	0.0815	0.00955	0.0129	0.0503	0.016	0.0382	0.557
Hg-y	0.063	0.043	0.098	0.017	0.096	—	0.003	0.03	—	0.016	0.65
Cu-y	0.15	0.15	0.12	0.12	0.05	0.03	0.04	—	0.016	0.03	0.30
Li-y	0.116	0.0655	0.0525	0.013	—	—	0.039	—	0.0145	0.0275	0.67

異性化反應은  $\text{Cr}^{+3}$ -y 가 活性이 가장크며 다음이  $\text{Ca}^{+2}$ -y,  $\text{Mg}^{+2}$ -y 이고 나머지는 轉移金屬의 順位이며 轉移金屬中에서는 ion 半徑이 제일큰  $\text{Cr}^{+3}$  이 제일큰 活性化 energy 를 갖고있다.  $\text{Ca}^{+2}$ -y,  $\text{Mg}^{+2}$ -y 의 活性이 큰 理由는 酸性도가 크기 때문이며 특히  $\text{Ca}^{+2}$ -y 의 경우는 酸의 強度가 클므로 강한 分解反應과 이로인한 異性화가 일어나는 것으로 생각된다.

$\text{Mn}^{+2}$ -y,  $\text{Fe}^{+2}$ -y 도  $\text{Cr}^{+3}$ -y 와 비슷한 性質을 갖고며  $\text{Hg}^{+2}$ -y,  $\text{Pb}^{+2}$ -y 를 除外하고는 거의가 이와 類似한 傾向을 보이고 있는데 이것은 ion 에 포함된 移動性을 가진電子가 活性을 일으켜 活性點으로서의 역할을 하는것으로 생각된다.  $\text{Ni}^{+2}$  ion 으로 交換된  $\text{Ni}^{+2}$ -y 는 二價의 ion 狀態로 存在하나 그 ion 이 가진 電子가 反應에 參與하는것이 分明하며 白金 및 酸과의 二元機能의 效果가 水素化 및 脫水素作用을 強하게 일으키므로 methane 과 같은 低級炭化水素의 生成率이 높을것으로 생각된다.  $\text{Li}^{+}$ -y 는 一價陽 ion 으로서 酸性이 거의 없다. 따라서 白金을 擔持하고 있을지라도 酸性이 없을 때는 活性은 없으며 酸性을 가지고 白金을 포함할지라도 陽 ion 效果가 없을때는 活性이 적다는 事實을 알 수 있다. 그런데 南宮·河<sup>5)</sup> 등에 依하면  $\text{H}^{+}$ -y 경우 白金을 포함하지 않을때에는 活性이  $\text{Ca}^{+2}$ -y 와 類似하다고 報告했다. 따라서 白金의 擔持되어 있을때에는 分解活性은 陽 ion 을 포함하지 않는것이 有利하다.  $\text{Pb}^{+2}$ -y 의 경우는 活性이 거의 없으며 分解反應도 거의 일어나지 않는다. 즉 原子量이 크고 電子의 效果가 없을때에는 活性은 없다. Zeolite-y 가 石油의 變成觸媒로 使用될때는 陽 ion 으로 악티늄系列의 元素 ion 이 有利하다. 變成反應은 脫水素 알킬화 異性化等 복잡한 反應이 同時에 일어나므로 이 경우는 f 電子의 미치는 영향이 活性을 지배한다고 報告한바있

다<sup>6,7)</sup>. 따라서  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  보다는 d 電子의 영향력이 적은  $\text{Cr}^{+3}$  이 異性化에 적합하다고 생각된다.

#### c. 各媒에對한 n-pentane 의 分解活性化 energy.

Table 3 에 各種觸媒에 對한 n-pentane 의 分解活性化 energy 를 表示했다.

Table 3. Activation Energy of n-pentane Cracking (450~600°C)

Catalysts	E (Activation energy) (Kcal/mole)
Li-y	22
Ca-y	13
Ni-y	18
H-y	12
Cr-y	36
Fe-y	28
Cd-y	18
Mg-y	12
Mn-y	22
Hg-y	24
Cu-y	28

Table 3 에서 보면 分解活性化 energy 가 가장 큰것은 Zeolite  $\text{Cr}^{+3}$ -y 이고 적은것은  $\text{H}^{+}$ -y  $\text{Ca}^{+2}$ -y,  $\text{Mg}^{+2}$ -y 이다.  $\text{H}^{+}$ -y  $\text{Mg}^{+2}$ -y  $\text{Ca}^{+2}$ -y 와 같이 酸性도가 큰것은 Brönsted 酸에 依한 것으로 생각되나  $\text{Cr}^{+3}$ -y 의 경우는 3價의 陽 ion 이므로 酸性도가 가장 적으며 따라서 分解活性化 energy 는 대단히 커야한다. 또한 異性化活性도  $\text{Cr}^{+3}$ -y 가 가장 큰것으로 보아 異性化反應을 위해서는 酸性도가 오히려 낮은편이 유리한 것으로 생각된다. 결국 轉移金屬中에는  $\text{Cr}^{+3}$ -y 다음에  $\text{Mn}^{+2}$ -y  $\text{Fe}^{+2}$ -y 의 順位 即 原子番號順으로 活性化 energy

가 감소하는 것으로 보아 이성화와 함께 일어나는 분해반응도 그活性化 energy가 클수록 좋고 ion半徑이 적고 移動性이 민감하지 않는것이 유리할 것으로 추측된다.

#### d. 觸媒의 選擇性

Zeolite M-y 觸媒에 對한 n-pentane의 反應은 넓은 의미에서 分解反應과 異性化反應인 一次 併發反應이며<sup>5)</sup> 分解反應 速度定數에 對한 異性化反應速度定數의 比를 選擇度( $S = \frac{k_2}{k_1}$ )로하여 選擇度の 溫度에 對한 變化狀況을 Fig. 2에 나타냈다. Zeolite Cr<sup>3+</sup>-y의 경우 550°C가 될때까지 分解反應은 거의없고 異性化反應만이 支配의이다. 그러나 Ni<sup>2+</sup>-y의 경우는 넓은 溫度범위에 걸쳐 分解反應만을 일으키게하는 特性이 있음을 알 수 있다.

Ni<sup>2+</sup>-y의 경우는 거의 分解反應만이 일어나기 때문에 Ni<sup>2+</sup>-y는 白金과 함께 分解觸媒로서의 역할을 하는것으로 믿어지며 이것들을 分解觸媒로서 使用할 경우에는 H<sup>+</sup>y에 白金을 擔持시키는것 보다는 Ni<sup>+</sup>를 交換시키는것이 有利할것으로 추측된다. Ca<sup>2+</sup>-y, Mg<sup>2+</sup>-y에서는 選擇적으로 볼때 Mg<sup>2+</sup>-y가 Ca<sup>2+</sup>-y보다 有利한 것은 넓은酸強度分布를 갖기때문인것으로 생각된다.

#### 4. 結 論

Zeolite M-y 型 觸媒에 對한 n-pentane의 分解 및 異性化的 併發反應에서

##### ① 分解反應의 活性 順位 (450~600°C)

Ni<sup>2+</sup>-y, Cd<sup>2+</sup>-y > Ca<sup>2+</sup>-y, Cr<sup>3+</sup>-y, Zn<sup>2+</sup>-y, Mn<sup>2+</sup>-y > Fe<sup>2+</sup>-y Cu<sup>2+</sup>-y, Co<sup>2+</sup>-y, Mg<sup>2+</sup>-y, H<sup>+</sup>-y, Al<sup>3+</sup>-y, Hg<sup>2+</sup>-y

##### ② 異性化反應의 活性順位

Cr<sup>3+</sup>-y > Mg<sup>2+</sup>-y, Ca<sup>2+</sup>-y > Fe<sup>2+</sup>-y, Mn<sup>2+</sup>-y > Cd<sup>2+</sup>-y Cu<sup>2+</sup>-y, Zn<sup>2+</sup>-y > Al<sup>3+</sup>-y, Hg<sup>2+</sup>-y Co<sup>2+</sup>-y 임을 알았다.

#### 使用記號

E: Activation Energy (Kcal/mole)

k<sub>1</sub>: Reaction rate constant of the (sec<sup>-1</sup>) n-pentane cracking

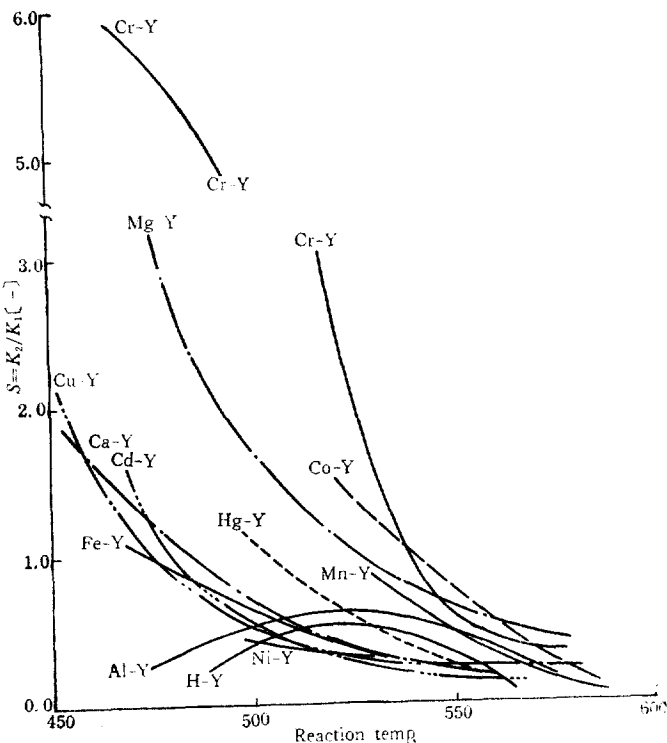


Fig 2. Selectivity of catalyst.

k<sub>2</sub>: Reaction rate constant of the isomerization (sec<sup>-1</sup>)

q: conversion (—)

S ( $= \frac{k_2}{k_1}$ ) Selectivity of the Catalyst (---)

#### 引用文獻

- 1) Rabo J. A, P. E. Pickeet, D. N. Stamiros, J. E. Bozle : 第二回國際觸媒會議(Paris) (1960)
- 2) 松本・森田 : 石油學會誌(日本) 10, 572 (1967)
- 3) 山本, 大森. 出丸, 藤井 : 石油學會誌(日本) 9, 30 (1967)
- 4) 山本・大森 : 石油學會誌(日本) 9, 539 (1966)
- 5) 南宮 寛, 河白顯 : 화학공학 6, 4 (1969)
- 6) 斯波忠夫 : 觸媒化學概論(共立) p. 80 (1968)
- 7) 李斗謙 : 한양대학논문집 p. 333 (1969)