

## รายการอ้างอิง

- สมนึก ศิริสุนทร. เรื่องนำรู้เกี่ยวกับอะลูมินา. เซรามิกส์ 2 (พฤศจิกายน 2539 - กุมภาพันธ์ 2540): 71-76.
- Abraham, T. Economics of electronic ceramics. Am.Ceram.Soc.Bull. 75 (February 1996): 47-49.
- Anderson, E. M.; Marra, R.A.; and Mistler, R.E. Tape casting reactive aluminas. Am.Ceram.Soc.Bull. 76 (July 1997): 45-50.
- Anjard, R.P. Increased microelectronics packaging capabilities through green tape technology. InterCeram. 41(1992) : 15-17.
- Baik, S.; and Moon, J. H. Effective of Magnesium oxide on grain boundary segregation of calcium during sintering of alumina. J.Am.Ceram.Soc. 74 (1991): 819-822.
- Berry, K. A.; and Harmer, M. P. Effect of MgO solute on microstructure development in  $Al_2O_3$ . J.Am.Ceram.Soc. 69 (1986): 143-149.
- Boch, P., and Chartier, T. Ceramic development: Understanding and improvement of ceramic processes : The example of tape casting. Switzerland : Tran Tech Publications, 1988.
- Bohnlein-Mauß, J.; and others. The function of polymers in the tape casting of alumina. Adv. Mater. 4 (1992) : 73-81.
- Burke, J. E. Role of grain boundary in sintering. J.Am.Ceram.Soc. 40(1957): 80-85.
- Flock, W. M. Ceramic processing before firing: Bayer-Process Aluminas. New York : John Wiley & Sons, 1978.
- Geho, M.; and Palmour, H. Sources of sintering inhibition in tape-cast aluminas. Ceram.Eng. Sci.Proc. 14 (1993) : 97-129.
- Gil, P.; Almeida, M.; and Diz, H.M.M. Effect of powder conditioning on rheological behaviour of alumina part 2 : Variation in suspension pH. Tran.Br.Ceram.Soc. 95 (1996) : 254-257.
- Gitzen, W. H. Alumina as a ceramic material. Ohio: The American Ceramic Society, 1970.
- Grader, G. S.; and Zuri, L. Tape casting slip preparation by *in situ* polymerization. J.Am. Ceram.Soc. 76 (1993): 1809-1814.
- Grosjean, P. Talking talc. Ceramic Industrial International (December 1995-January 1996) : 18.
- Hyatt, T. P. Electronics : Tape casting, roll compaction. J.Am.Ceram.Soc. 74 (October 1995): 56-59.
- Kerkar, A. V. Aqueous processing of green ceramic tapes (1994) U.S. Patent 5,279,994
- Kingery, W. D.; Bowen, H. K.; and Uhlmann, D.R. Introduction to ceramics : Development of microstructure in ceramics. 2nd ed. Singapore: John Wiley & Sons, 1991.

- Lewis, J. A.; Blackman, K. A.; Ogden, A. L.; Payne, J. A.; and Francis L. F. Rheological property and stress development during drying of tape-cast ceramic layers. J.Am. Ceram.Soc. 79 (1996): 3225-3234.
- Maczura, G.; Francis, T. L.; and Roesel, R. E. Special aluminas for ceramics and other industrial applications. Interceram. : Alcoa International Inc., 1976.(Unpublished)
- Marucusand, H. L.; and Fine, M.E. Grain boundary segregation in MgO-doped Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . J.Am.Ceram.Soc. 55 (1972): 568-570.
- Mistler, R. E. Ceramic processing:The principle of tape casting and tape casting application. 1st ed. London : Chapman & Hall, 1995.
- Mistler, R. E. Tape casting:The basic process for meeting the needs of the electronics industry. Am.Ceram.Soc.Bull. 69 (1990) : 1022-1026.
- Mistler, R. E.; Shanefield, D. J.; Runk, R.B. Ceramic processing before firing:Tape casting of ceramics. New York : John Wiley & Sons, 1978.
- Moreno, R. The role of slip additive in tape casting technology : Part 1 - solvents and dispersants . Am.Ceram.Soc.Bull. 71 (1992) : 1521-1531.
- Moreno, R. The role of slip additive in tape casting technology : Part 2 - binders and plasticizers . Am.Ceram.Soc.Bull. 71 (1992) : 1647-1657.
- Pauley, D. S.; and Lockwood, D.L. Method of manufacturing ceramic substrates for electrical circuits. (1967) U.S.Patent 3,324,212
- Rodel, J.; and Glaeser, A. M. Anisotropy of grain growth in alumina. J.Am.Ceram.Soc. 73 (1990): 3292-3301.
- Runk, R. B.; and Andrejco, M. J. A precision tape casting machine for fabrication thin ceramic tapes. Am.Ceram.Soc.Bull. 54 (1975) : 199-200.
- Ryu, B. H.; Takahashi, M.; and Suzuki, S. Rheological characteristics of aqueous alumina slurry for tape casting. J. Ceram. Soc. Jpn. 101(1993) : 626-631.
- Shanefield, D. J. Organic additives and ceramic processing. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1995.
- Shanefield, D. J.; and Mistler, R.E. Fine grained alumina substrates : I the manufacturing process. Am.Ceram.Soc.Bull. 53 (No. 5 1974) : 416-420.
- Shappard, L. M. Surge in electronic materials continues. Am.Ceram.Soc.Bull. 70 (1991) : 1465-1477.
- Southern, J. Developements in alumina for ceramic use. (unpublished)
- Thompson, J. J. Forming thin ceramics. J.Am.Ceram.Soc. 42 (1963): 480-481.

Ushifusa, N.; and Cima, M.J. Aqueous processing of mullite-containing green sheets.

L.Am.Ceram.Soc. 74 (1991): 2443-2447.

Wefers, K. Alumina chemicals : Nomenclature, preparation, and properties of aluminum oxides, oxide hydroxides and trihydroxides. Ohio:The American Ceramic Society,

1990.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## คำศัพท์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

Additive	สารเติมแต่ง
Alumina	อลูมินา
$\alpha$ -alumina	แอลฟาอลูมินา
Apparent porosity	ความพรุนปรากฏ
Bayer process	กระบวนการบายเออร์
Binder	สารช่วยการยึดเกาะ
Blade gap	ระยะใบมีด
Bulk density	ความหนาแน่นรวม
Calcine	แคลไซน์
Carrier film	แผ่นรองรับพลาสติก
Carrier speed	ความเร็วแผ่นรองรับพลาสติก
Ceramic	เซรามิก
Cerander	ซีรานเดอร์
Crack	การแตกราน
cm.	เซ็นติเมตร
Defoamer	สารลดฟอง
Dielectric Constant	ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก
Dispersant	สารช่วยการกระจายตัว
Doctor blade	กระบวนการค็อกเตอร์เบลด
Electronic	อิเล็กทรอนิกส์
Flexibility	ความยืดหยุ่น
Green density	ความหนาแน่นก่อนเผา
$\text{g/cm}^3$	กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร
Microstructure	จุลโครงสร้าง
mm.	มิลลิเมตร
New Zeland clay	ดินขาวนิวซีแลนด์
Plasticizer	สารเพิ่มความยืดหยุ่น
PVA	โพลีไวนิลแอลกอฮอล์

PEG	โพลีเอทิลีนไกลคอล
Release	การลอกตัว
Shrinkage	การหดตัว
Solvent	ตัวทำละลาย
Substrate	แผ่นรองวงจร
Talcum	ทัลคัม
Thick film	แผ่นชนิดหนา
Thin film	แผ่นชนิดบาง
%	เปอร์เซ็นต์
Water absorption	การดูดซึมน้ำ
Weight loss	การสูญเสียน้ำหนัก
%wt.	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลดิบ

### ข.1 การหาขนาดและการกระจายของอนุภาคของสารตั้งต้น

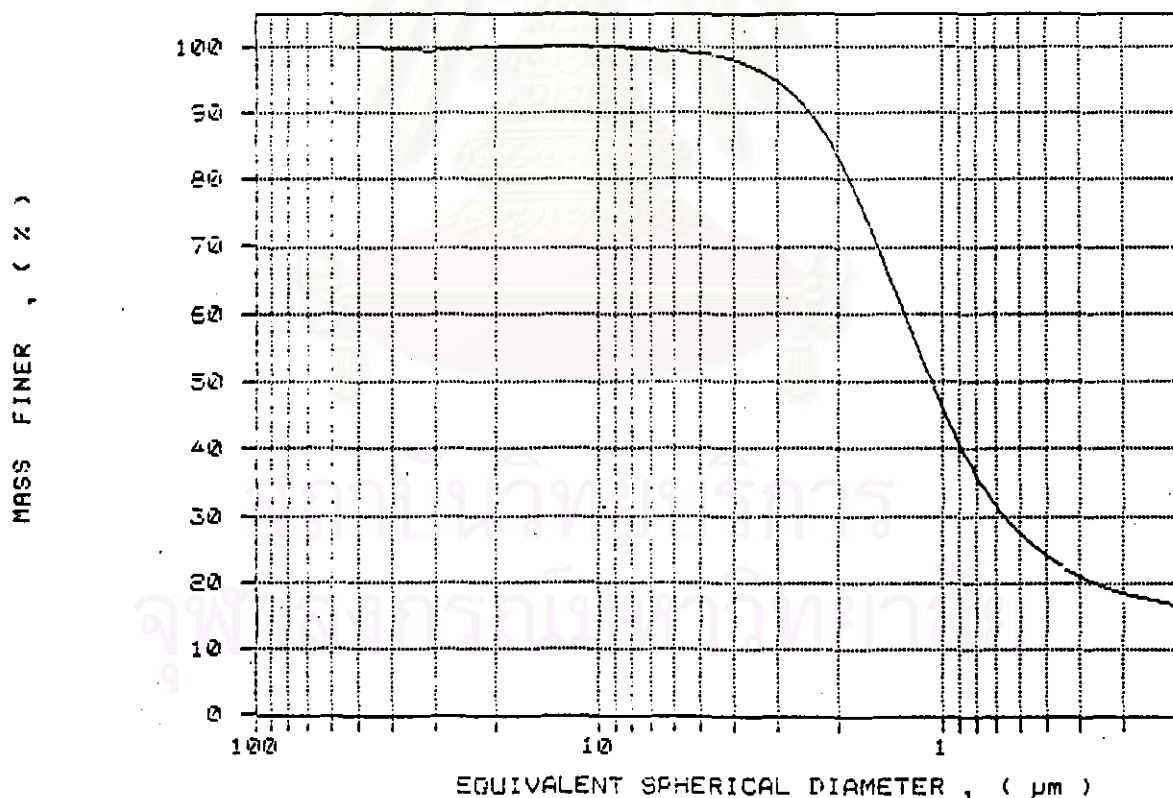
SediGraph 5100 V3.02

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: DATA2 /180  
 SAMPLE ID: A-152 SG  
 SUBMITTER: Micromeritics  
 OPERATOR: S.Sawalee  
 SAMPLE TYPE: A-152 SG  
 LIQUID TYPE: 0.05 % Calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.0 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 101 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 10:52:06 04/19/98  
 REPR1 11:33:06 04/20/98  
 TOT RUN TIME 0:20:02  
 SAM DENS: 3.9994 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9948 g/cc  
 LIQ VISC: 0.751B cp  
 RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER





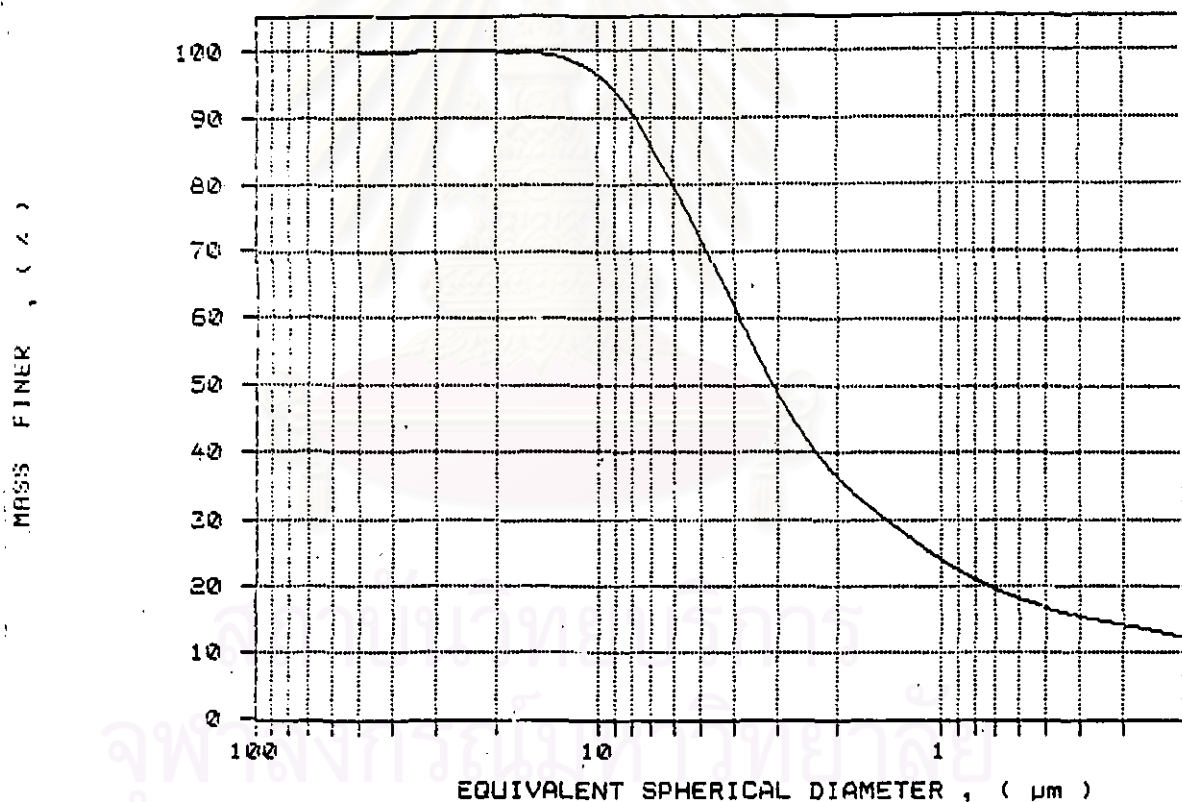
SediGraph 5100 V3.02

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: DATA2 /164  
SAMPLE ID: SCA-96  
SUBMITTER: Micromeritics  
OPERATOR: S.Sawalee  
SAMPLE TYPE: SCA-96  
LIQUID TYPE: 0.05 % Calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.0 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 93 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 11:29:30 04/19/98  
REPT 11:28:24 04/20/98  
TOT RUN TIME 1:20:36  
SAM DENS: 1.7141 g/cc  
LIQ DENS: 0.9945 g/cc  
LIQ VISC: 0.7423 cp  
RUN TYPE: High Speed

## CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



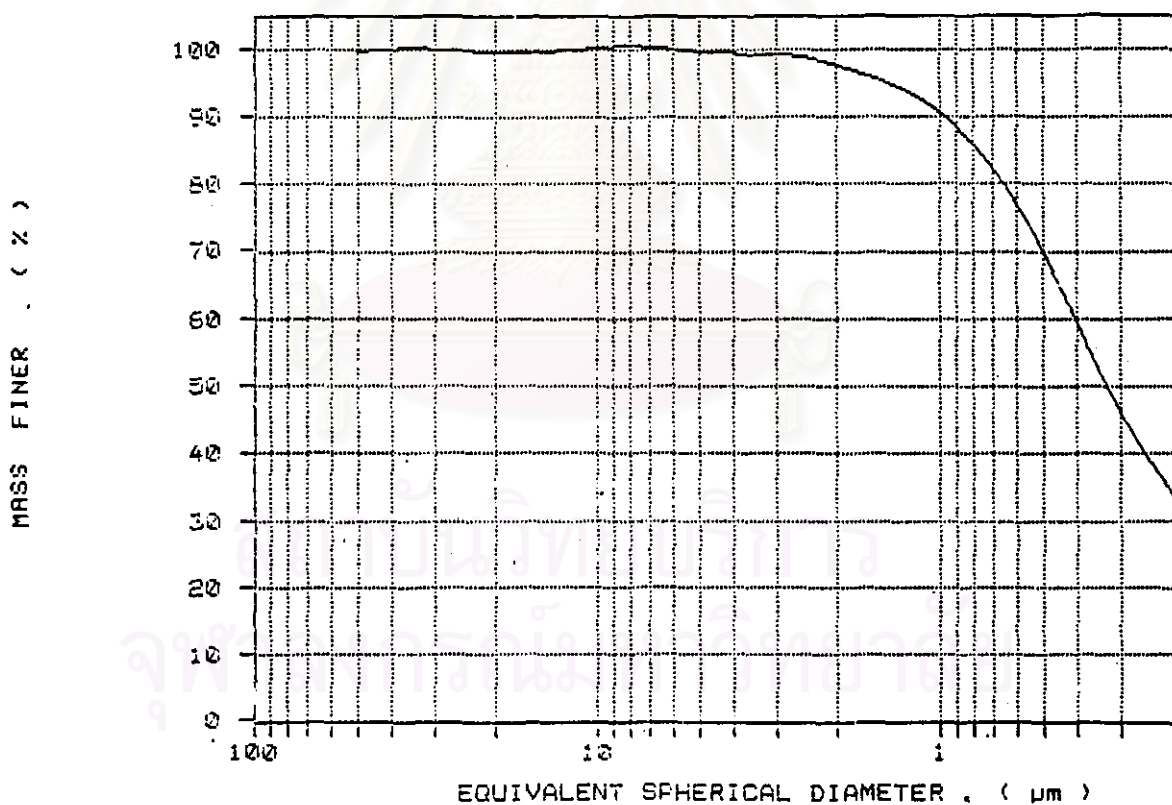
SeulGraph 5100 V3.02

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: DATA2 /169  
SAMPLE ID: Newzeland Clay  
SUBMITTER: Micromeritics  
OPERATOR: S.Sawalee  
SAMPLE TYPE: Newzeland Clay  
LIQUID TYPE: 0.05 % Calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.0 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 93 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 14:13:47 04/18/98  
REPRT 11:29:43 04/20/98  
TOT RUN TIME 0:38:21  
SAM DENS: 2.4679 g/cc  
LIQ DENS: 0.9948 g/cc  
LIQ VISC: 0.7526 cp  
RUN TYPE: High Speed

## CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



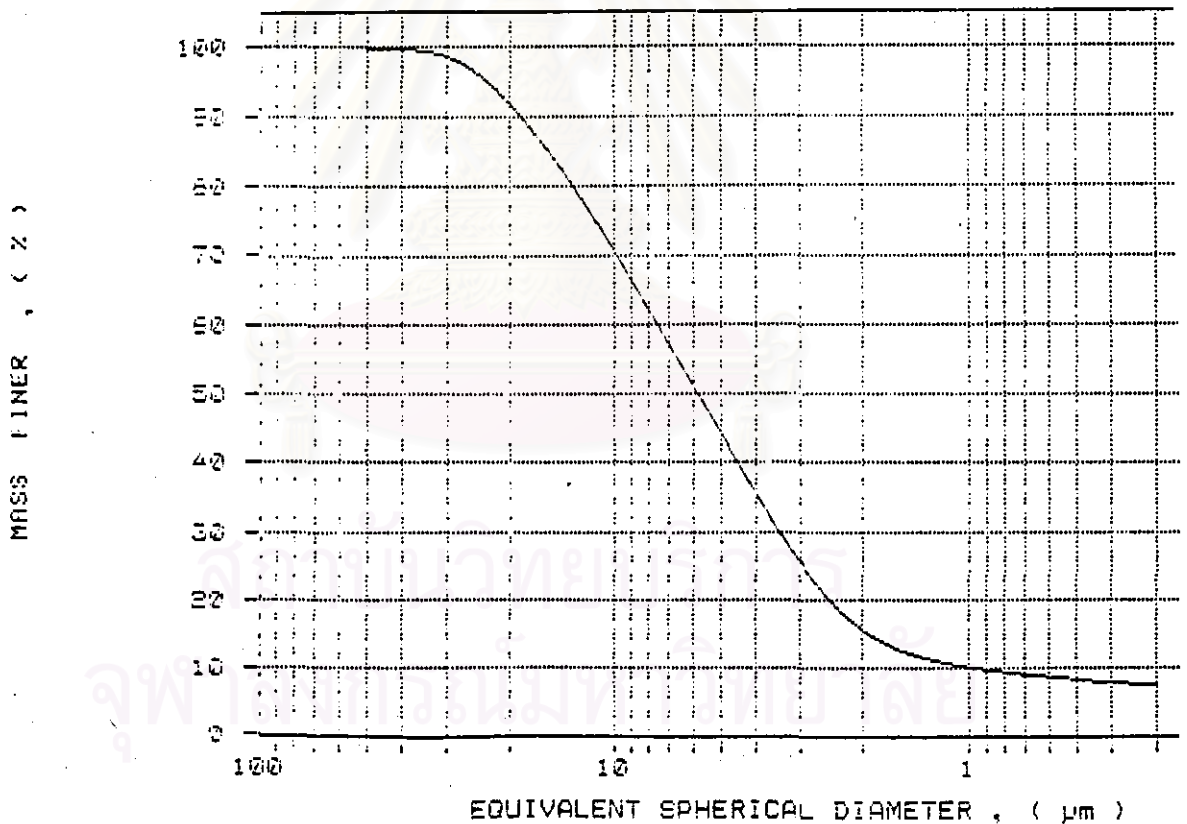
Densitraph 5100 V3.02

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: DATA2 /199  
 SAMPLE ID: Talcum  
 SUBMITTER: Micromeritics  
 OPERATOR: S.Sawalee  
 SAMPLE TYPE: Talcum  
 LIQUID TYPE: 0.05 % Calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.0 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 74 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 17:18:59 04/19/98  
 REPR 11:35:29 04/20/98  
 TOT RUN TIME 0:18:19  
 SAM DENS: 2.1744 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9948 g/cc  
 LIQ VISC: 0.7518 cp  
 RUN TYPE: High Speed

## CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



## ข.2 การหาพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น

MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION  
FlowSorb 2300

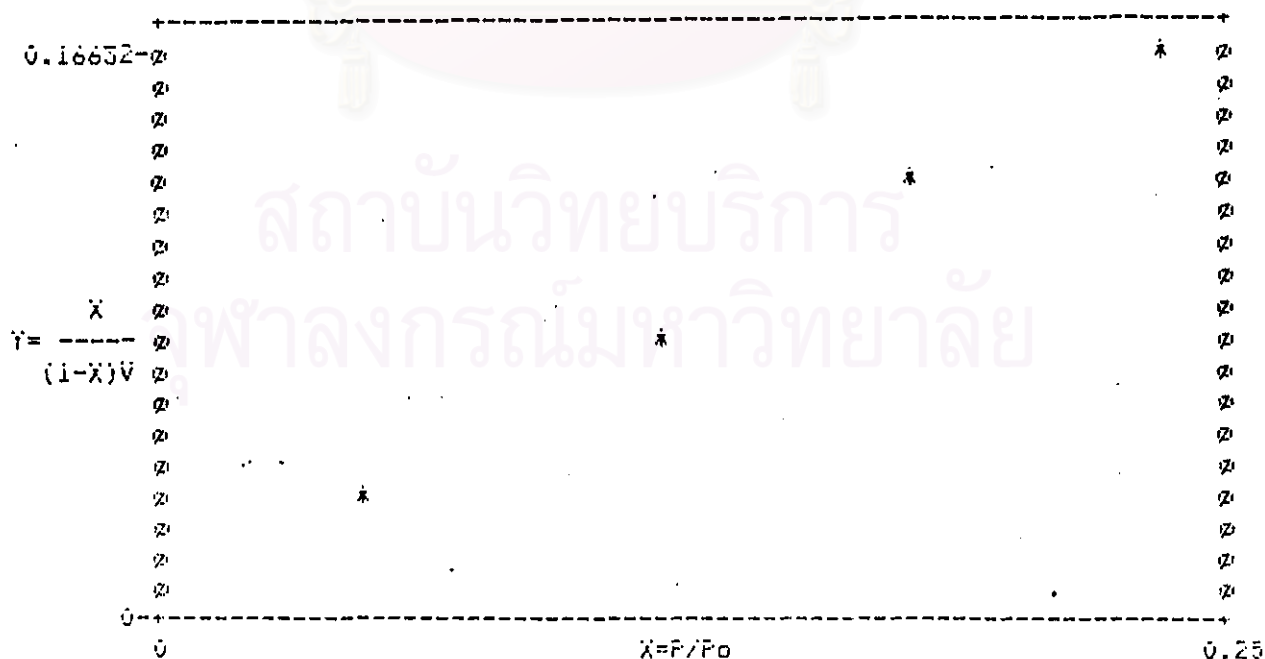
BET SURFACE AREA ANALYSIS  
REPORT DATE: 3/23/98

SAMPLE I.D.: A1203 (A-1525G)  
SAMPLE WEIGHT: 0.4701 g  
MOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 nm<sup>2</sup>  
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

ADSORBATE: Nitrogen  
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg  
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (Z)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm <sup>3</sup> /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/R(1-X)VA
5.000	0.61	1.30	0.0490	0.03974
12.000	0.73	1.55	0.1177	0.08589
18.000	0.80	1.70	0.1765	0.12596
24.000	0.87	1.85	0.2354	0.16632

BET SURFACE AREA: 6.35 +/- 0.02 m<sup>2</sup>/g  
SLOPE: 0.6794 +/- 0.0022  
INTERCEPT: 0.0062 +/- 0.0004  
C: 110.34  
Vm: 1.46 cm<sup>3</sup>/g  
CORRELATION COEFFICIENT 1.0000



MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION  
FlowSorb 2300

BET SURFACE AREA ANALYSIS  
REPORT DATE: 3/24/98

SAMPLE I.D.: AL303 (SCA-96)  
SAMPLE WEIGHT: 0.3481 g  
MOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 nm<sup>2</sup>  
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

ADSORBATE: Nitrogen  
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg  
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (%)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm <sup>3</sup> /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/R(1-X)VA
5.000	0.30	0.86	0.0490	0.05983
12.000	0.36	1.03	0.1177	0.12896
18.000	0.42	1.21	0.1765	0.17766
24.000	0.45	1.29	0.2354	0.23810

BET SURFACE AREA: 4.54 +/- 0.13 m<sup>2</sup>/g  
SLOPE: 0.9450 +/- 0.0263  
INTERCEPT: 0.0144 +/- 0.0042  
C: 66.41  
Vm: 1.04 cm<sup>3</sup>/g  
CORRELATION COEFFICIENT 0.9992



MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION  
FlowSorb 2300

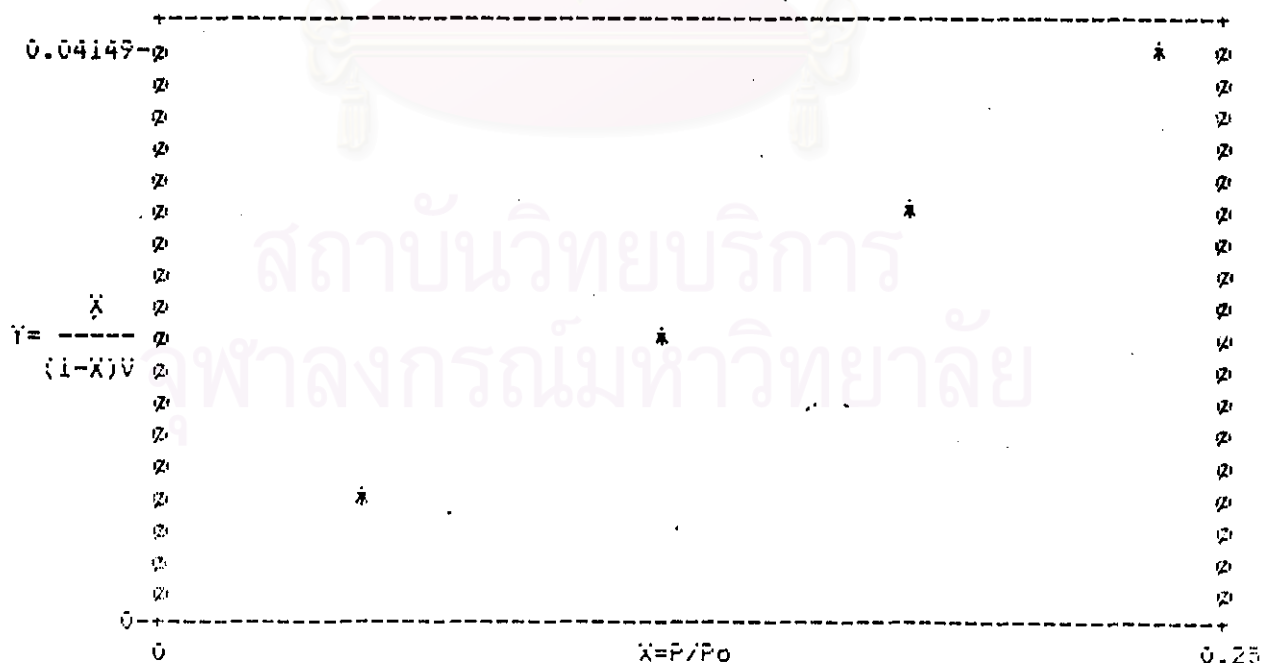
BET SURFACE AREA ANALYSIS  
REPORT DATE: 3/24/98

SAMPLE I.D.: Newzealand Clay  
SAMPLE WEIGHT: 0.3222 g  
MOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 nm<sup>2</sup>  
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

ADSORBATE: Nitrogen  
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg  
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (P)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm <sup>3</sup> /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/R(1-X)VA
5.000	1.84	5.71	0.0490	0.00903
12.000	2.09	6.49	0.1177	0.02056
18.000	2.22	6.89	0.1765	0.03111
24.000	2.39	7.42	0.2354	0.04149

BET SURFACE AREA: 24.89 +/- 0.26 m<sup>2</sup>/g  
SLOPE: 0.1746 +/- 0.0018  
INTERCEPT: 0.0003 +/- 0.0003  
C: 604.87  
Vm: 5.72 cm<sup>3</sup>/g  
CORRELATION COEFFICIENT 0.9999



MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION  
FlowSorb 2300

BET SURFACE AREA ANALYSIS  
REPORT DATE: 3/24/98

SAMPLE I.D.: Talcum  
SAMPLE WEIGHT: 0.3758 g  
NOL. CROSS-SECTIONAL AREA: 0.162 nm<sup>2</sup>  
AMBIENT TEMPERATURE: 0.00 C

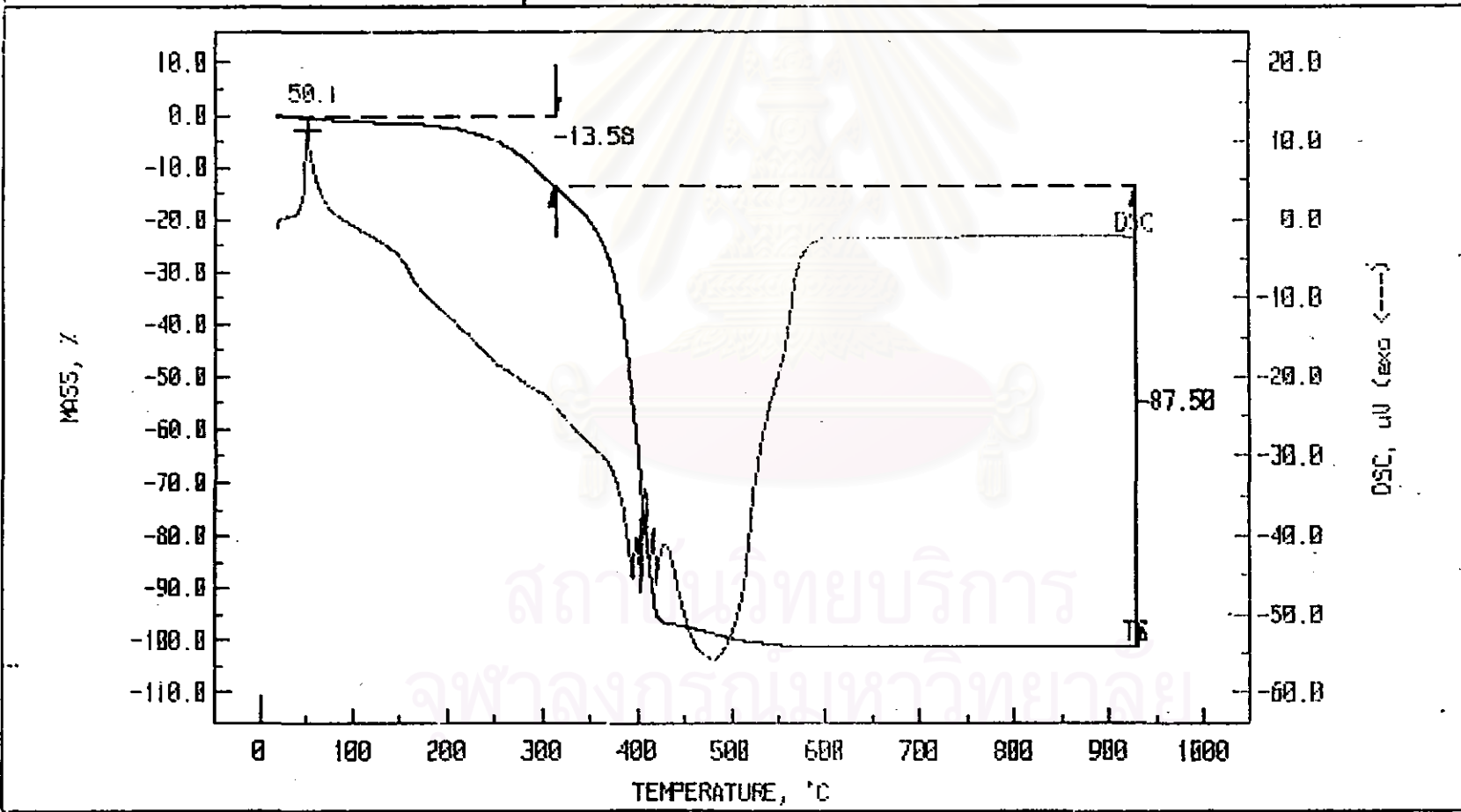
ADSORBATE: Nitrogen  
BAROMETRIC PRESSURE: 760 mmHg  
SATURATION PRESSURE: 775 mmHg

EXPERIMENTAL DATA (P)	(VOL)	VOL ADSORBED (cm <sup>3</sup> /g AT STP)	X=P/Po	Y=X/R(1-X)VA
5.000	0.22	0.59	0.0490	0.08807
12.000	0.27	0.72	0.1177	0.18563
18.000	0.29	0.77	0.1765	0.27777
24.000	0.32	0.85	0.2354	0.36147

BET SURFACE AREA: 2.92 +/- 0.04 m<sup>2</sup>/g  
SLOPE: 1.4762 +/- 0.0200  
INTERCEPT: 0.0147 +/- 0.0032  
C: 101.32  
Vm: 0.67 cm<sup>3</sup>/g  
CORRELATION COEFFICIENT 0.9998



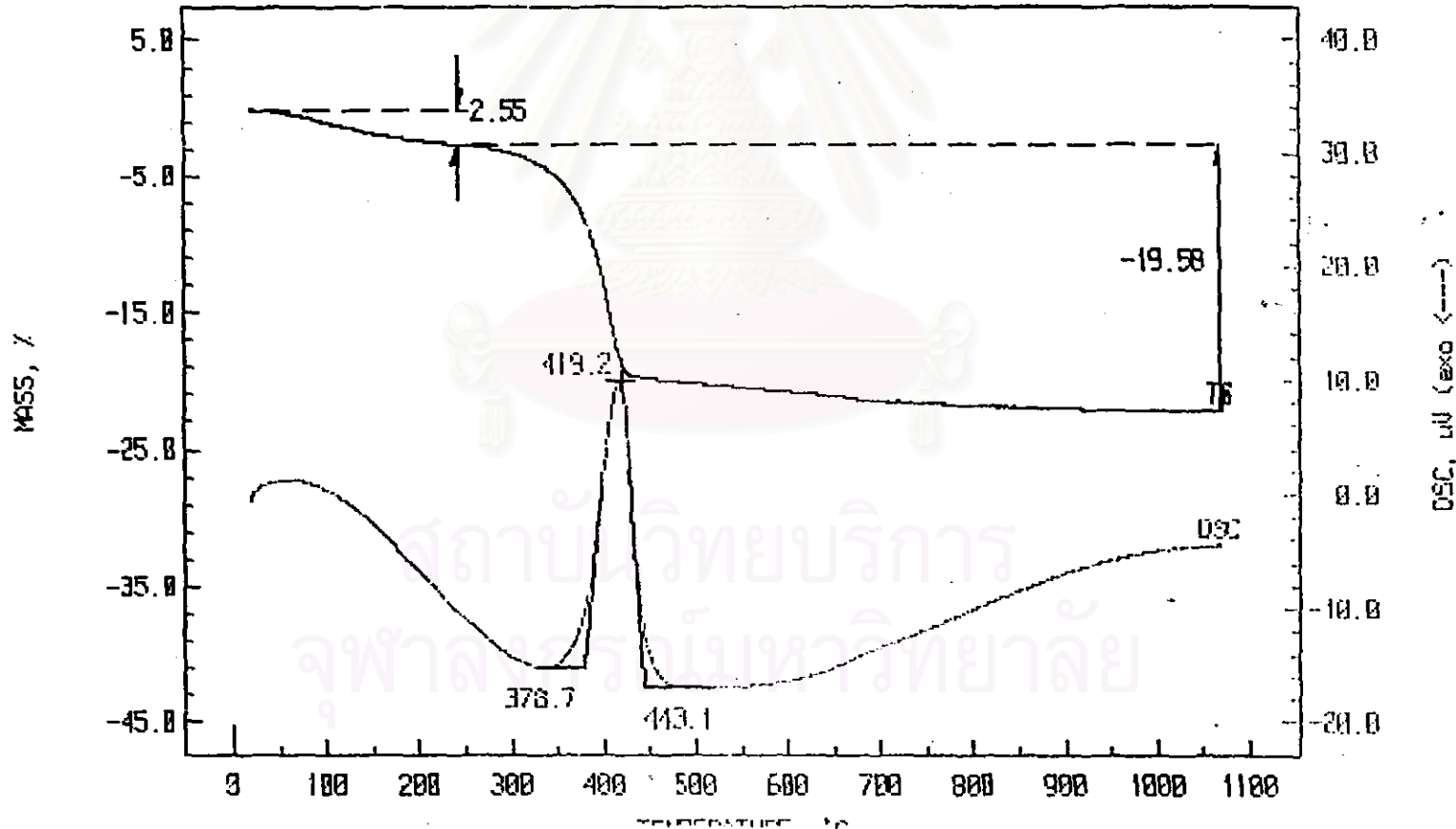
DATE : 4 Jun 1997	DESCRIPTION	SAMPLE	REFERENCE
TIME : 15:21:03	WEIGHT mg	24.2	B.B
PROJECT I.D. : PATTARAWAN	CHANNEL	RAW	COR.
TEST I.D. : M39	TEMPERATURE	4000	X
SAMPLE : Polymer PEG	MASS	500	001000
REFERENCE : EMPTY	DSC	500	001000
HEATING RATE : 10			
TEMP RANGE : 20/1100			
ATMOSPHERE : AIR			
FLOW RATE : 100(35/10)			
INSTRUMENT : NETZSCH STA 409 C			





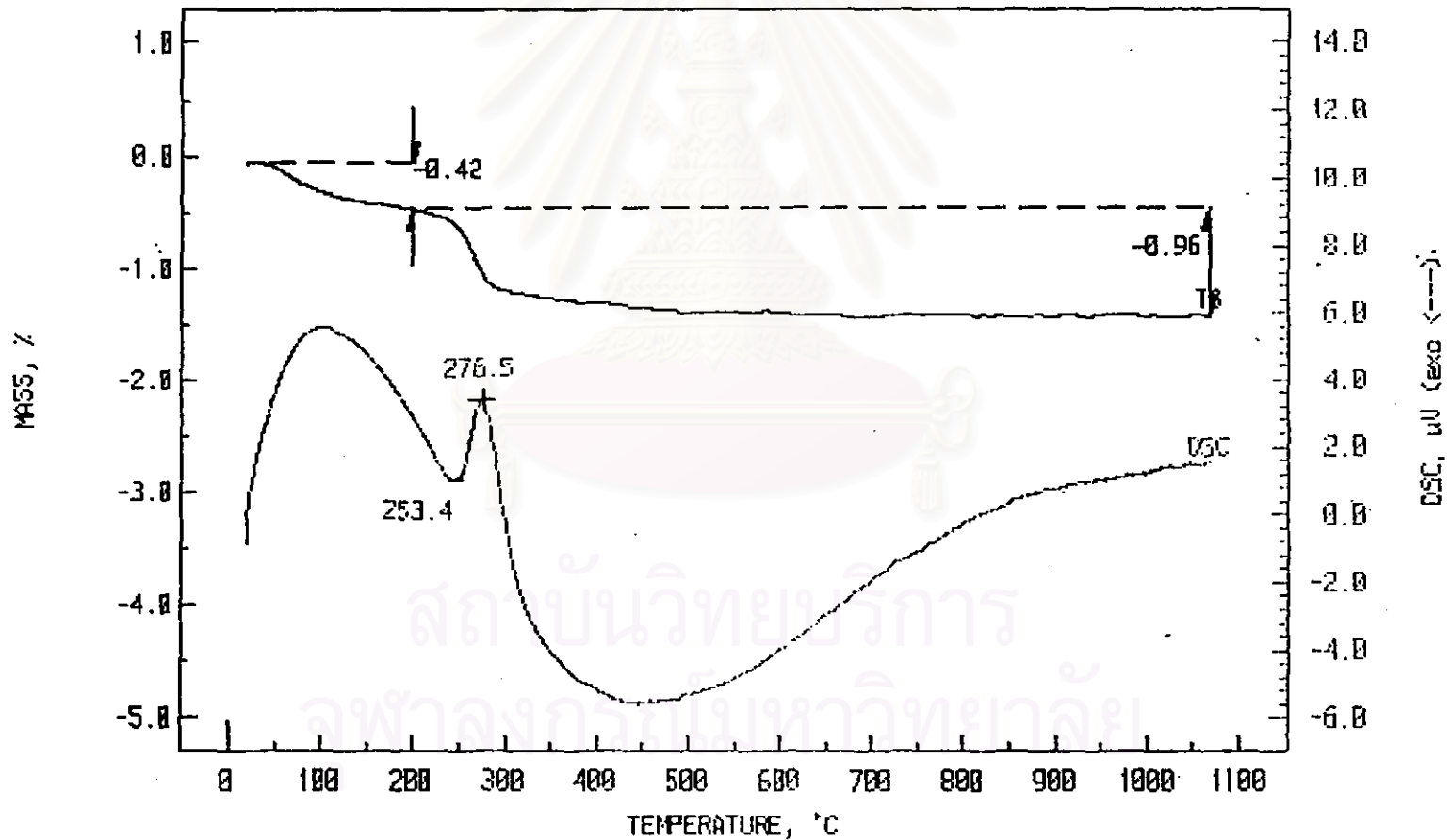
DATE : 3 Jun 1957  
 TIME : 15:39:24  
 PROJECT I.D. : PATTARAWAN  
 TEST I.D. : N37  
 SAMPLE : MgO  
 REFERENCE : EMPTY  
 HEATING RATE : 10  
 TEMP RANGE : 20/1100  
 ATMOSPHERE : AIR  
 FLOW RATE : 100(35/10)  
 INSTRUMENT : NETZSCH STA 409 C

DESCRIPTION	SAMPLE	REFERENCE
WEIGHT	mg 66.6	0.0
CHANNEL	RANGE	RAW
TEMPERATURE	4000	X
MASS	500	001000
DSC	500	001000



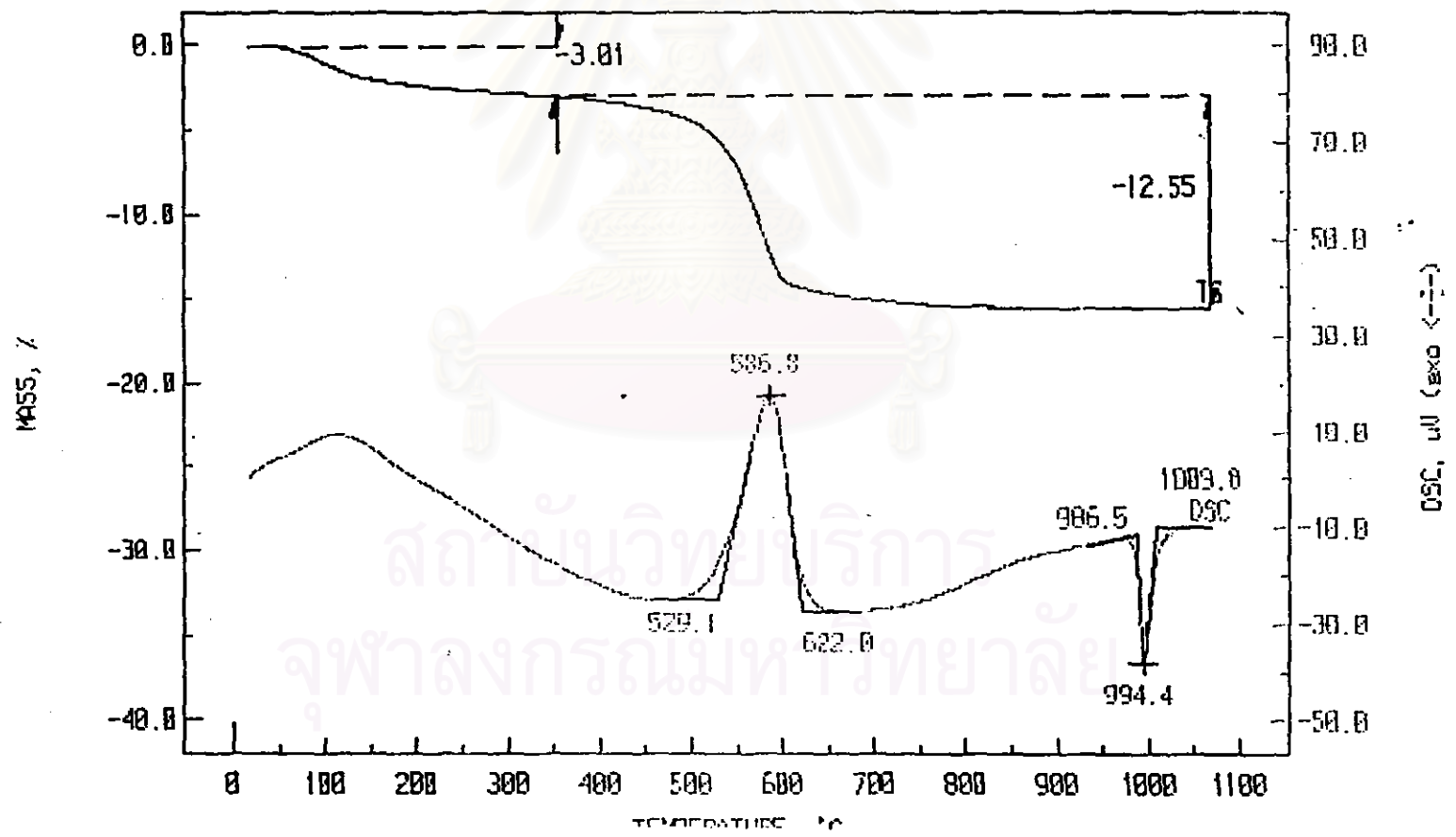
DATE : 2 Jun 1997  
 TIME : 11:37:19  
 PROJECT I.D. : PATTARAWAN  
 TEST I.D. : N34  
 SAMPLE : AL2O3 99%  
 REFERENCE : EMPTY  
 HEATING RATE : 10  
 TEMP RANGE : 20/1100  
 ATMOSPHERE : AIR  
 FLOW RATE : 100(35/10)  
 INSTRUMENT : NETZSCH STA 409 C

DESCRIPTION	SAMPLE	REFERENCE	
WEIGHT	mg	171.6	
		B.B	
CHANNEL	RANGE	RAW	COR.
TEMPERATURE	4000	X	
MASS	500		001001
DSC	500		001000



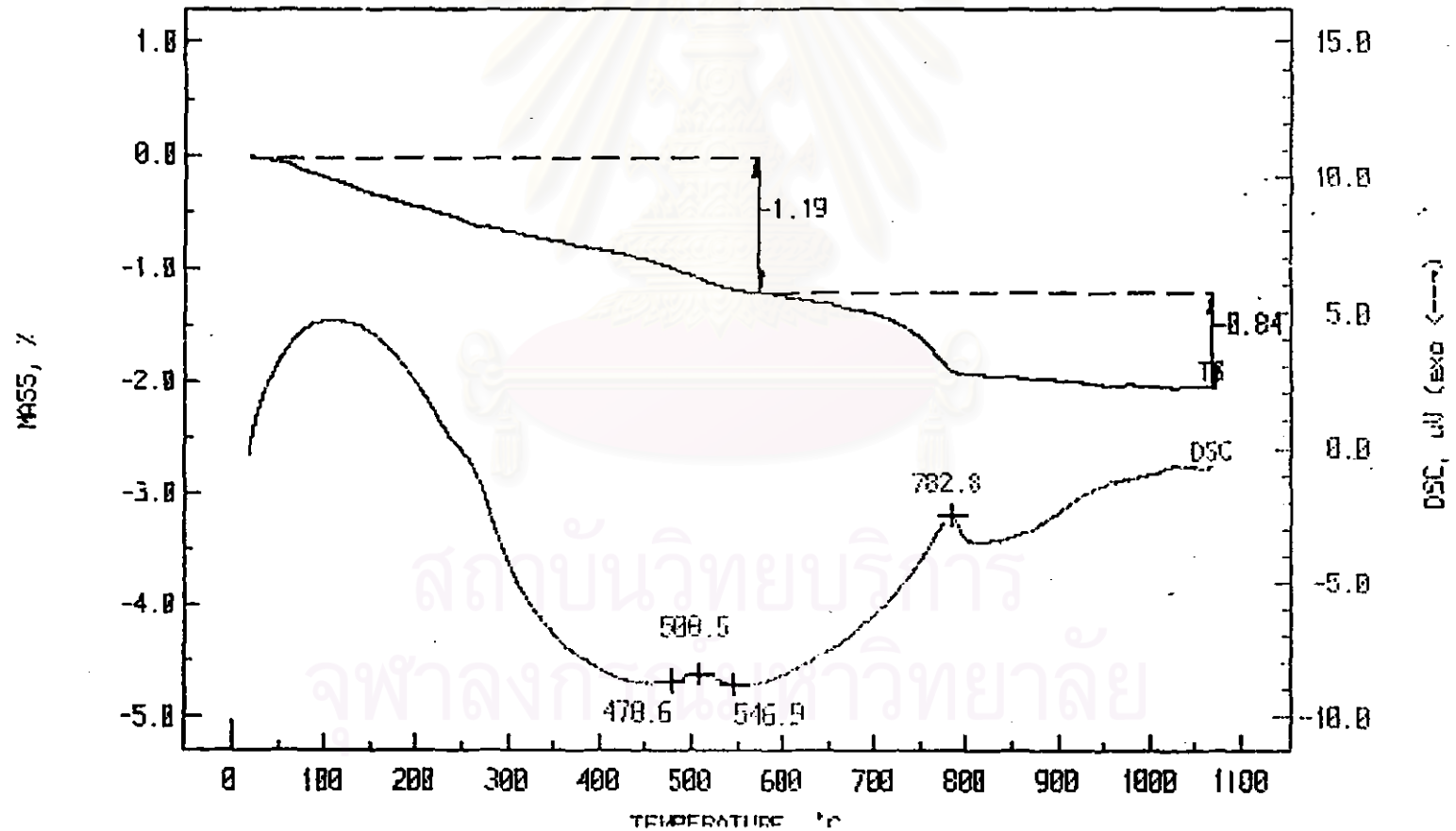
DATE : 30 May 1997  
 TIME : 10:56:28  
 PROJECT I.D. : PATTARAWAN  
 TEST I.D. : N33  
 SAMPLE : Newzeland cia  
 REFERENCE : EMPTY  
 HEATING RATE : 10  
 TEMP RANGE : 20/1100  
 ATMOSPHERE : AIR  
 FLOW RATE : 100(35/10)  
 INSTRUMENT : NETZSCH STA 409 C

DESCRIPTION		SAMPLE	REFERENCE
WEIGHT	mg	157.6	0.0
CHANNEL	RANGE	RAW	COR.
TEMPERATURE	4000	X	
MASS	500		001000
DSC	500		001000



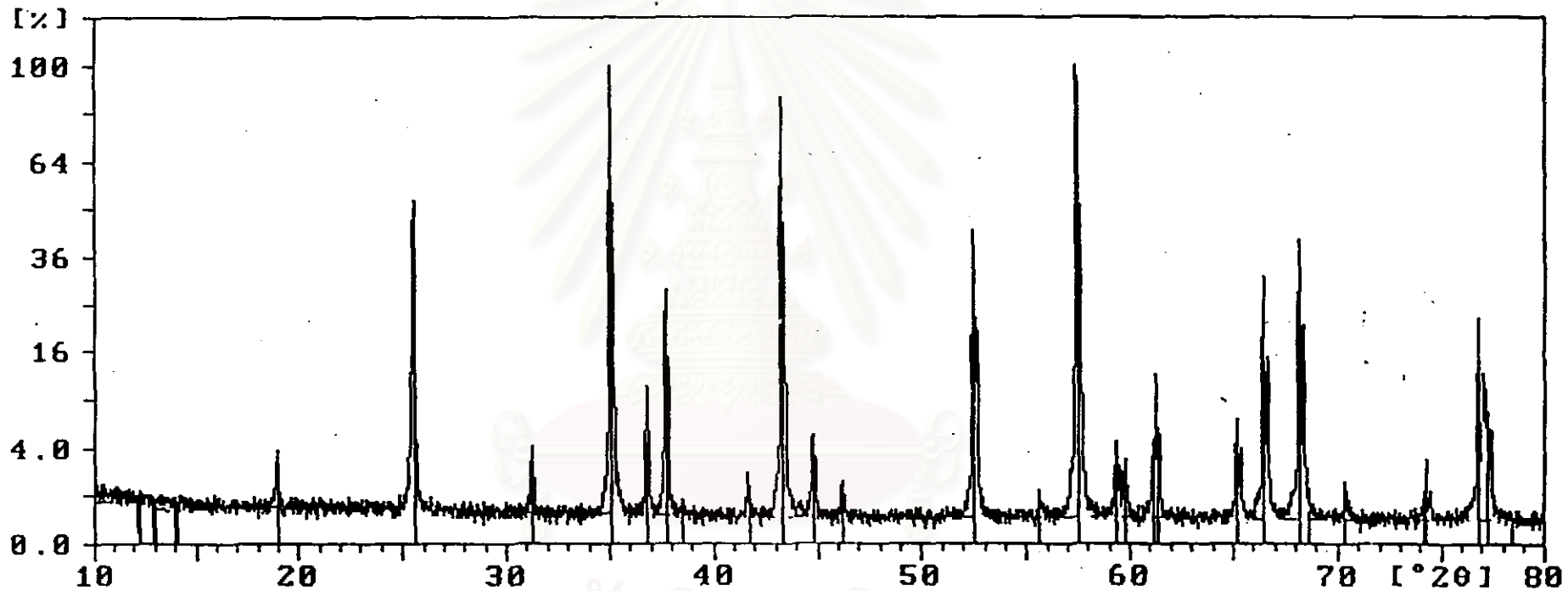
DATE : 2 Jun 1997  
 TIME : 16:47:46  
 PROJECT I.D. : PATTARAWAN  
 TEST I.D. : N35  
 SAMPLE : AL2O3 96%  
 REFERENCE : EMPTY  
 HEATING RATE : 18  
 TEMP RANGE : 28/1100  
 ATMOSPHERE : AIR  
 FLOW RATE : 100(35/18)  
 INSTRUMENT : NETZSCH STA 409 C

DESCRIPTION		SAMPLE	REFERENCE
WEIGHT	mg	166.6	B.B
CHANNEL	RANGE	RAW	COR.
TEMPERATURE	4000	X	
MASS	500		001001
DSC	500		001000



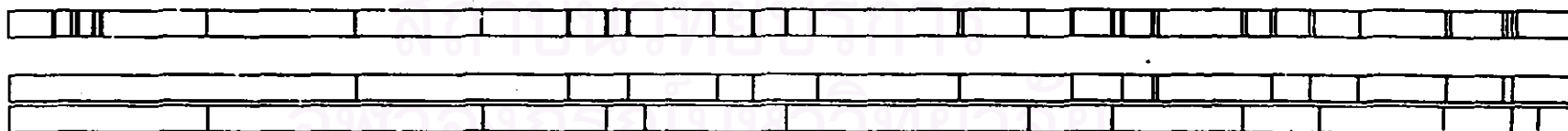
Sample ident.: 93:7,1:2(1550C)

19-Apr-1998 13:51



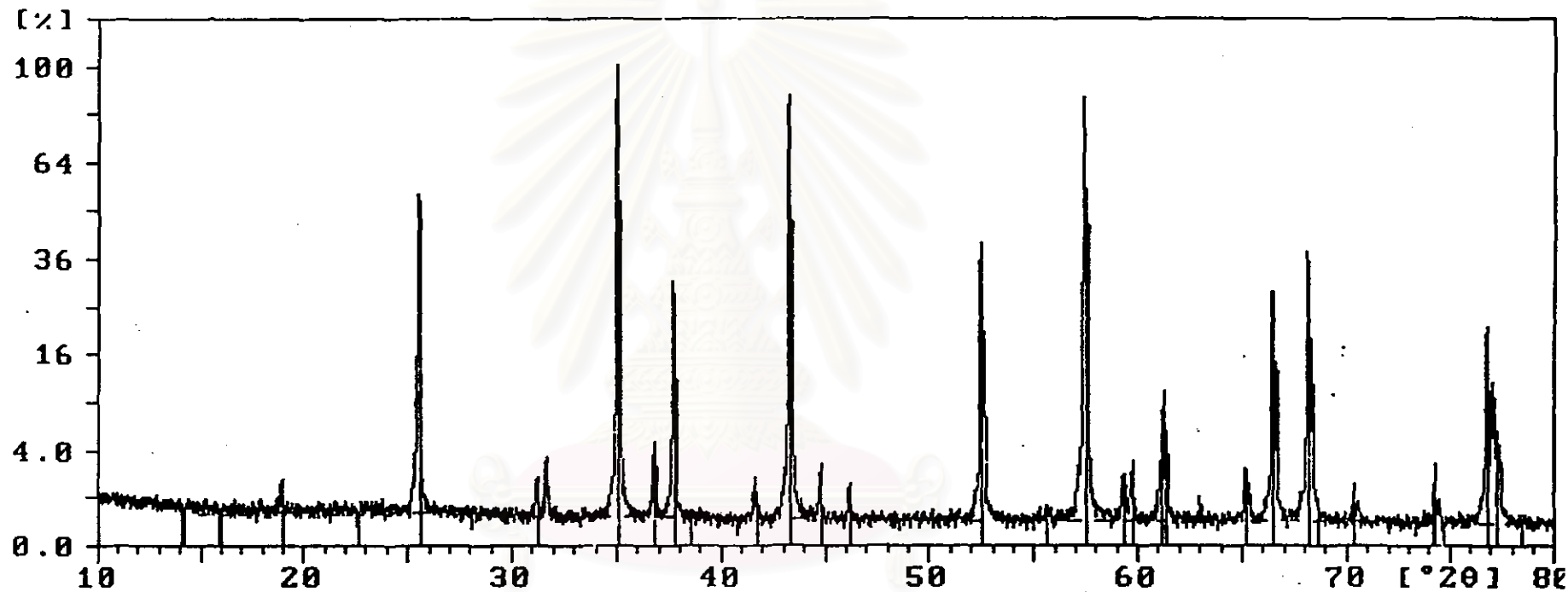
MC-277

10-0173  
21-1152



Sample ident.: 93:7,1:1(1550C)

19-Apr-1998 13:47



MC-275

10-0173

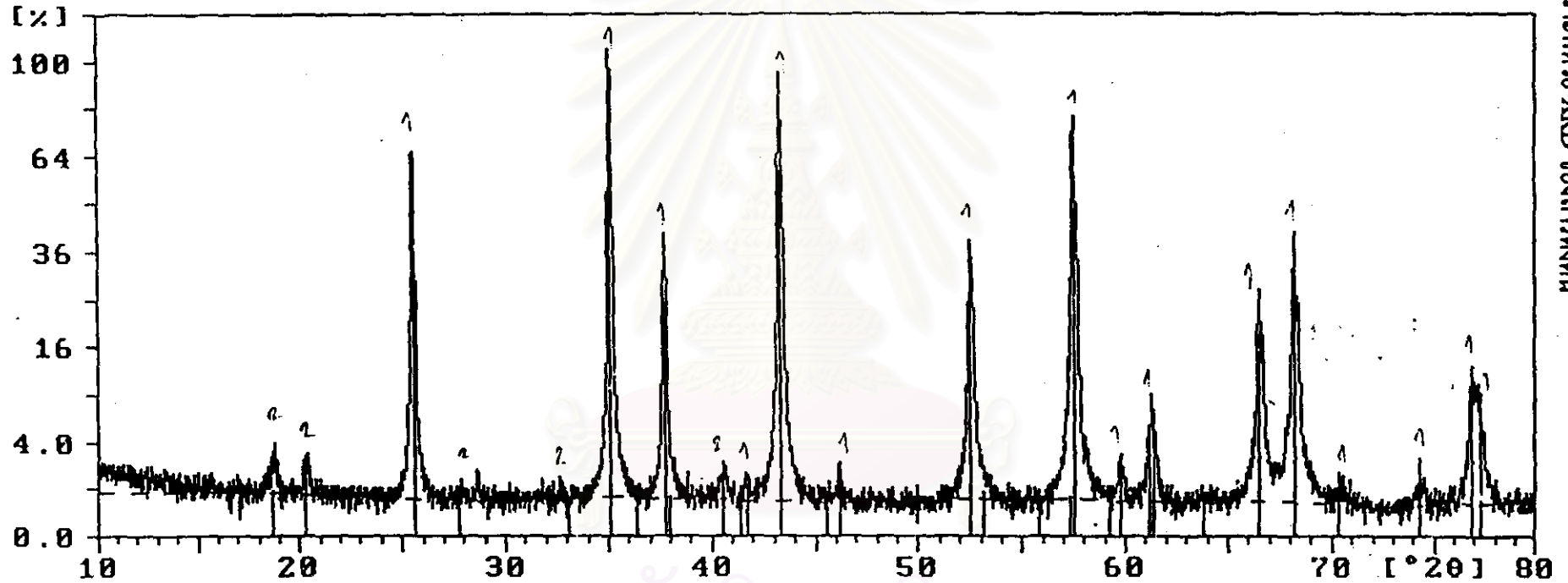
21-1152



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

mple ident.: A-125SG

11-Apr-1998 11:30



1C-267

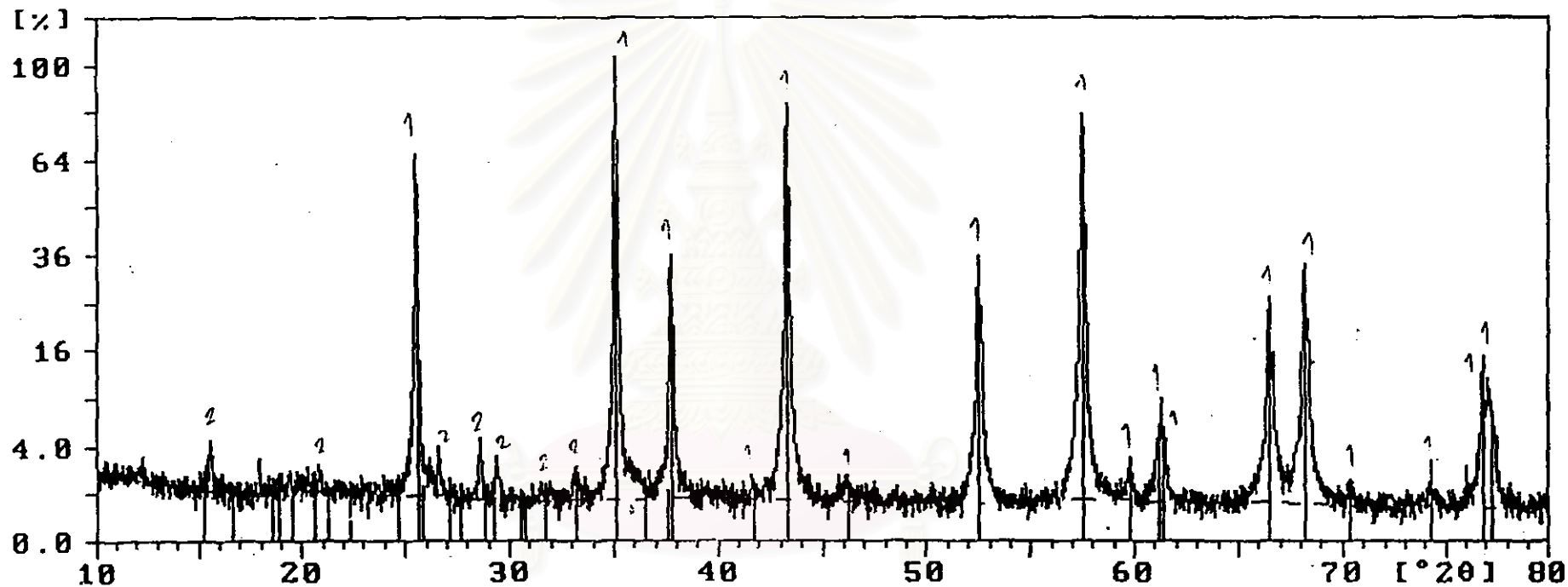
10-0173

15-0136

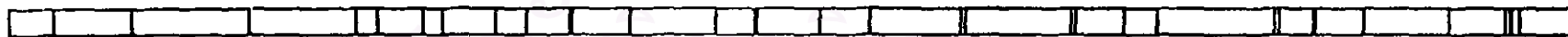
วิ.4 การวิเคราะห์ด้วย XRD ของสารตั้งต้น

Sample ident.: SCA-96

11-Apr-1998 11:37



MC-268



10-0173

36-0262

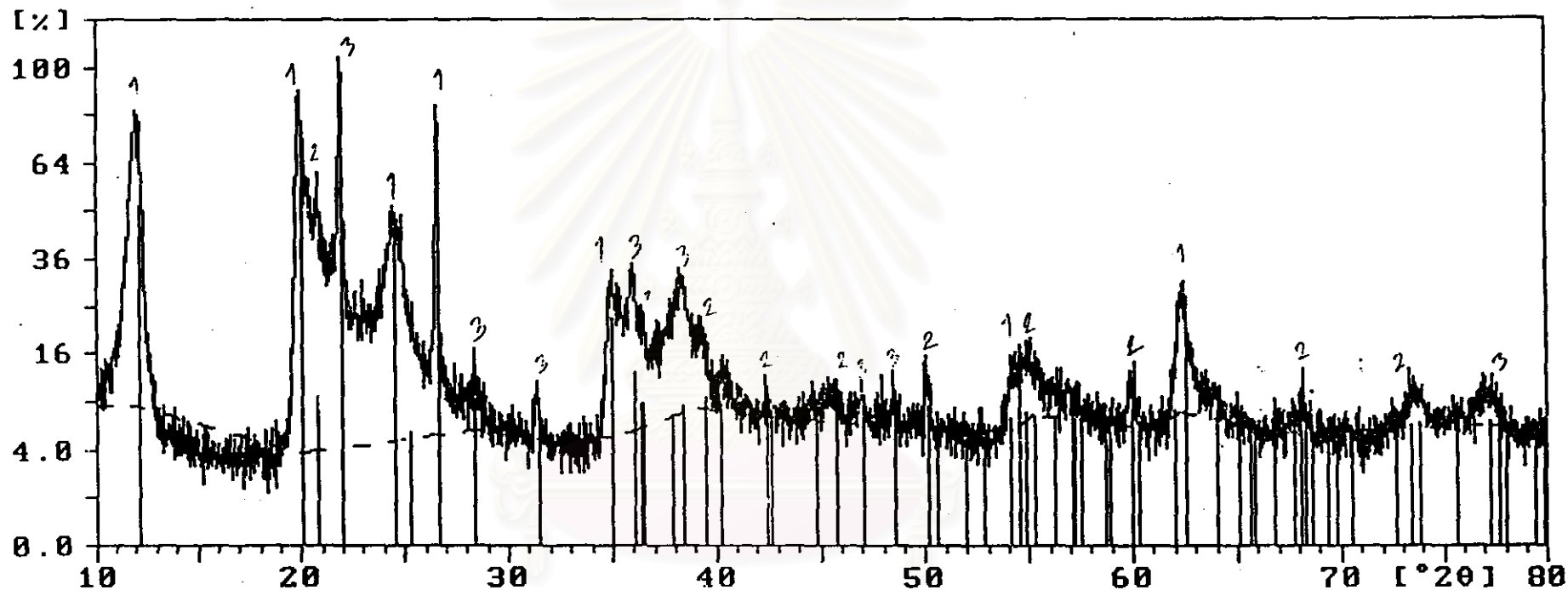


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Sample ident.: Newzeland clay

11-Apr-1998 11:41



MC-269

29-1487

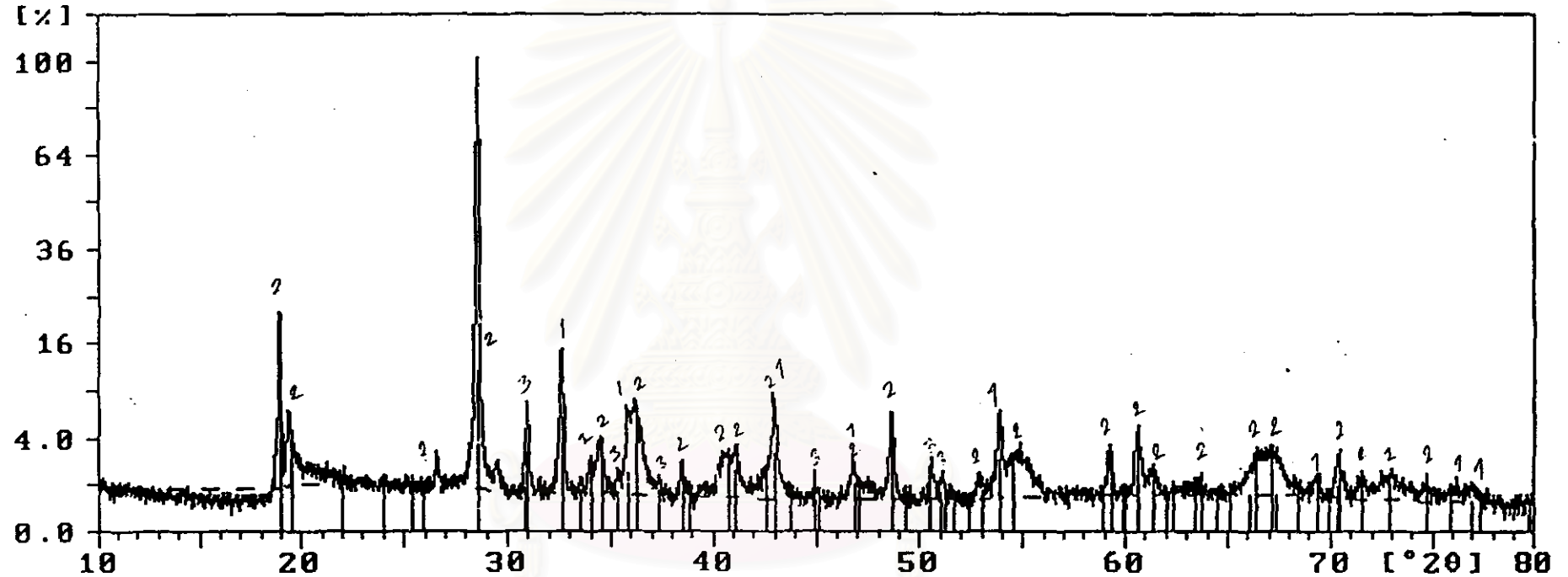
05-0490

39-1425



Sample ident.: Talcum of red china

11-Apr-1998 11:23

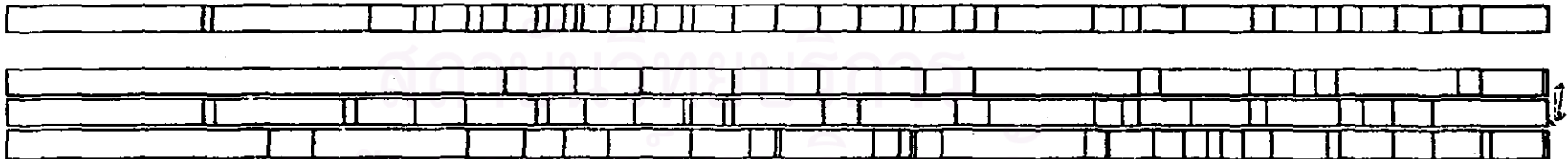


MC-266

08-0479

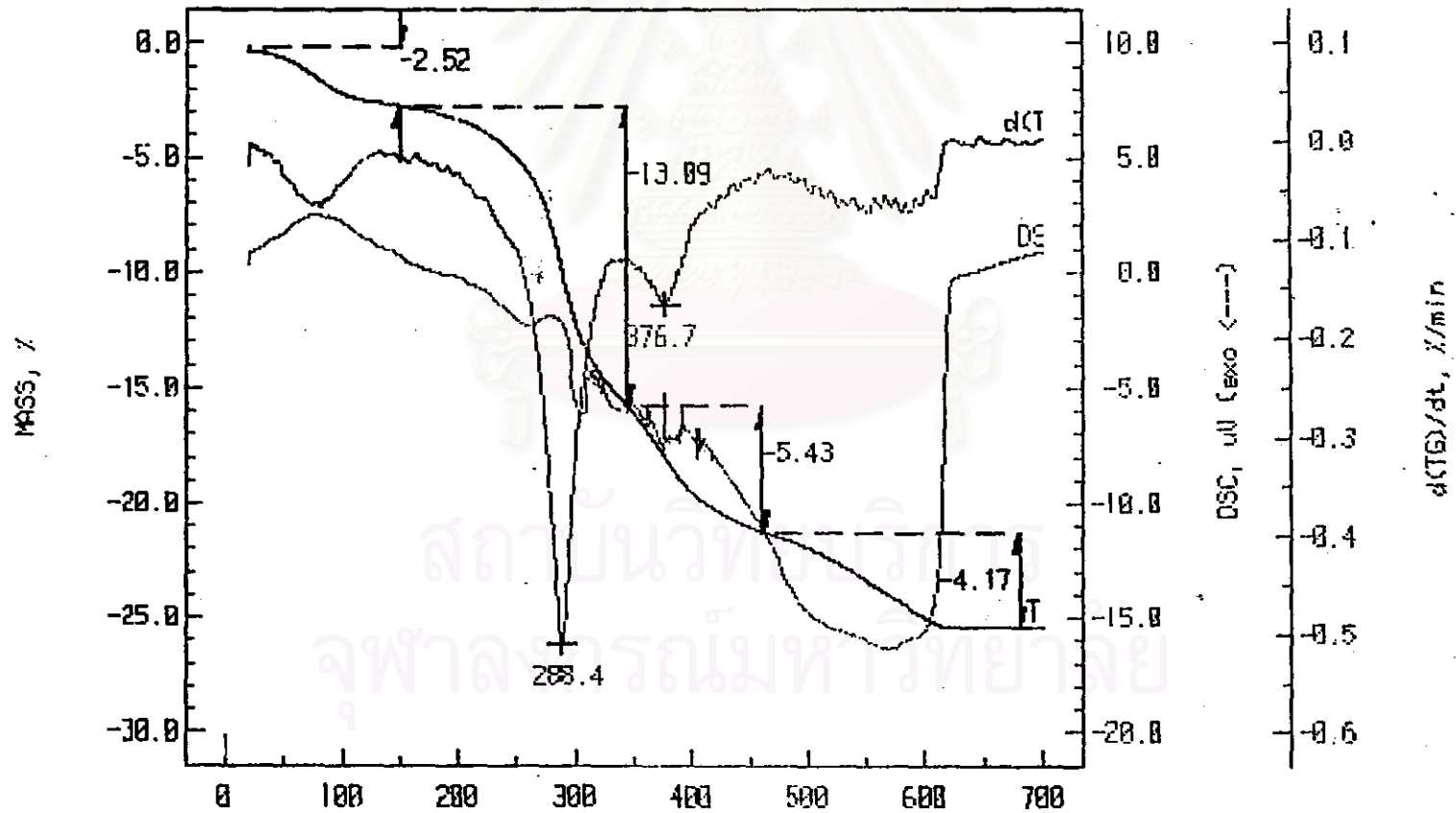
13-0558

36-0426



DATE : 25 Nov 1997  
 TIME : 18:33:52  
 PROJECT I.D. : PATTAMA  
 TEST I.D. : N21  
 SAMPLE : CLAY  
 REFERENCE : ALZ03  
 HEATING RATE : 2  
 TEMP RANGE : 20/800  
 ATMOSPHERE : AIR  
 FLOW RATE : 100(35/18Ar)  
 INSTRUMENT : NETZSCH STA 409 C

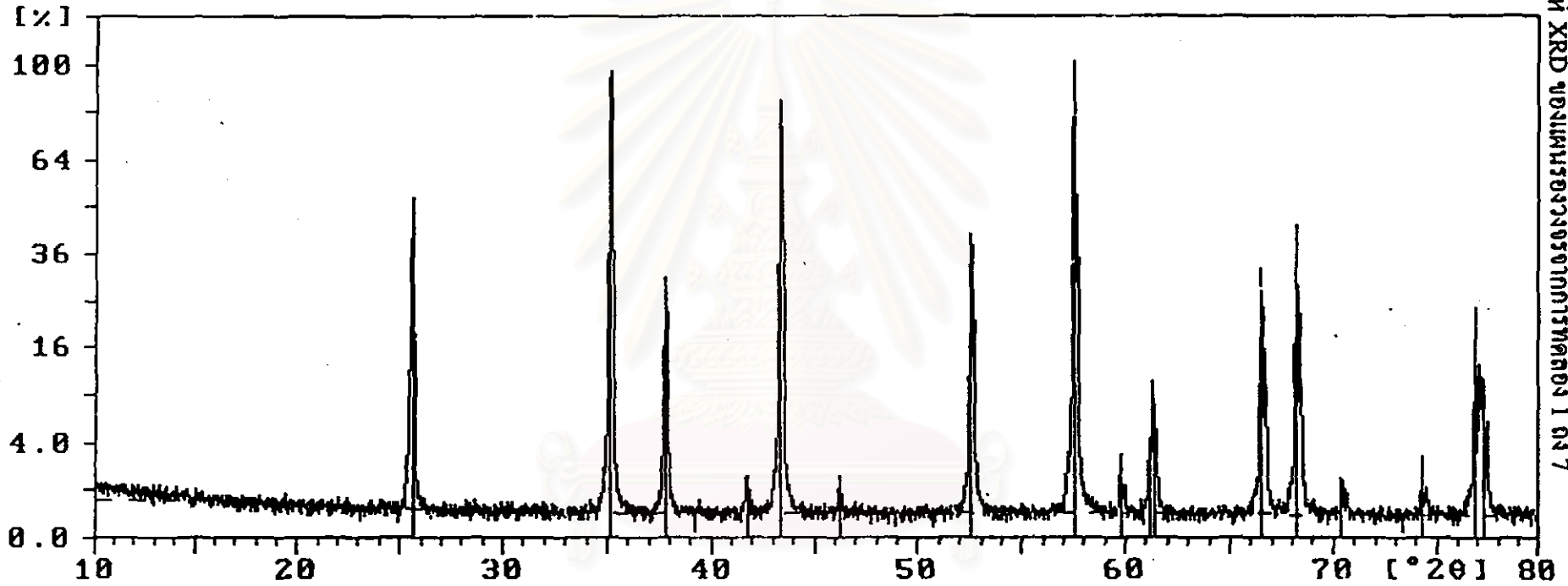
DESCRIPTION	WEIGHT	SAMPLE	REFERENCE
	mg	178.8	163.6
CHANNEL	RANGE	RAW	COR.
TEMPERATURE	4000	X	
MASS	500		010000
DSC	500		010000
d(TG)/dt	---	X	



ample ident.: A-152 SG(1658C)

19-Apr-1998 13:42

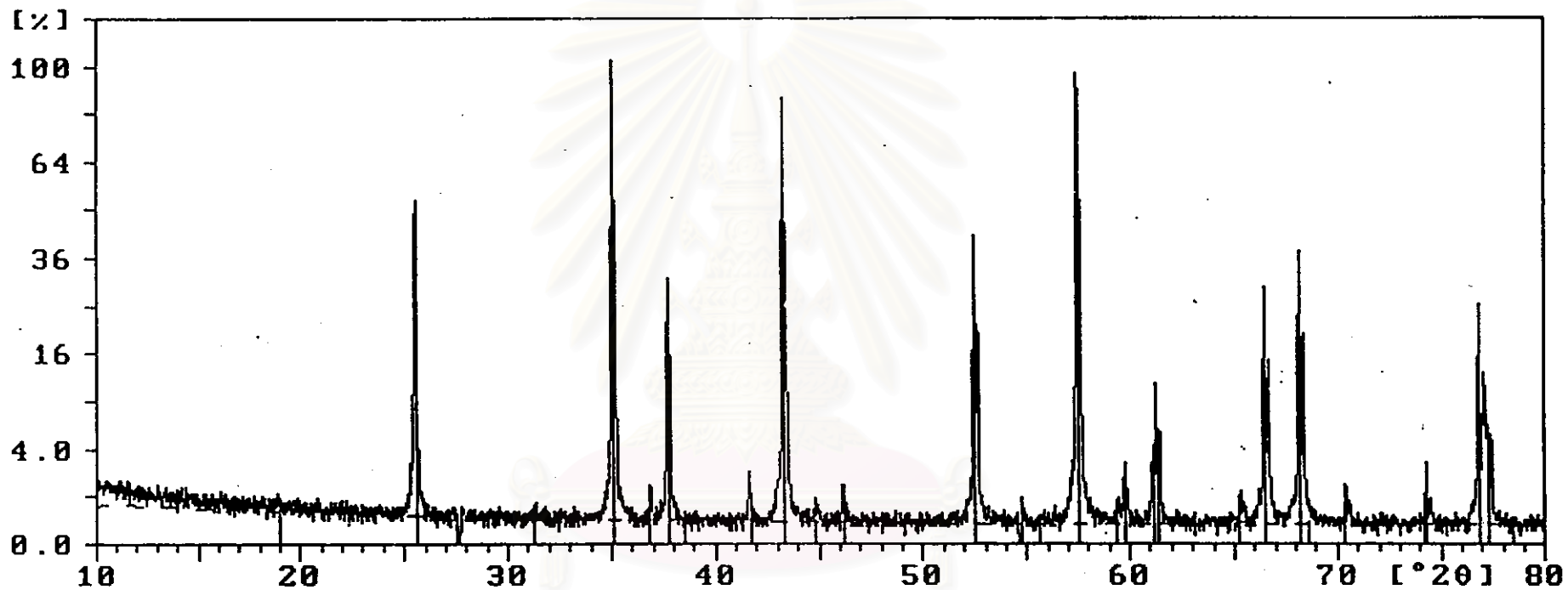
9.6 คิวบิกเมตร XRD ของแผ่นรองวงจรรวมการทดลอง 1 ถึง 7



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: A-152SG+MgO(1650C)

19-Apr-1998 13:46



MC-274



10-0173



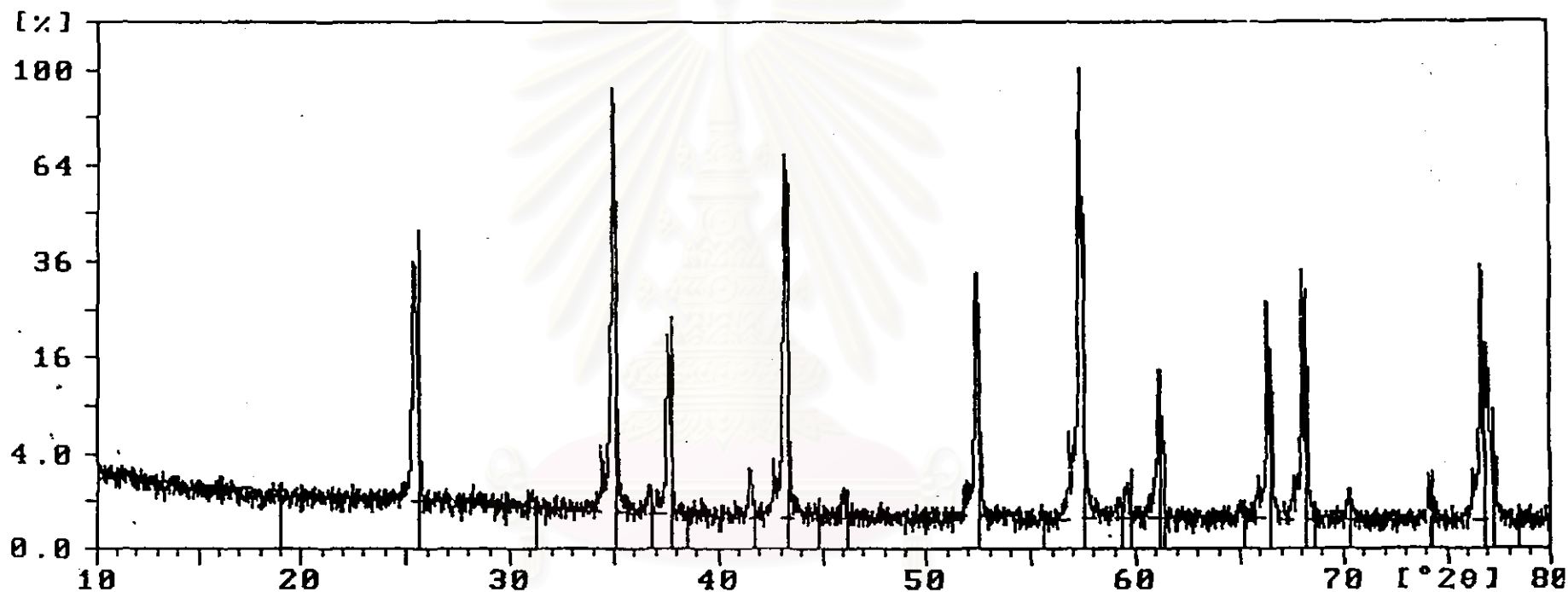
21-1152



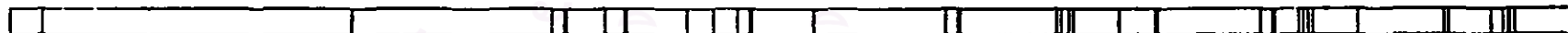
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: SCA-96(1650C)

19-Apr-1998 13:44



MC-273



10-0173



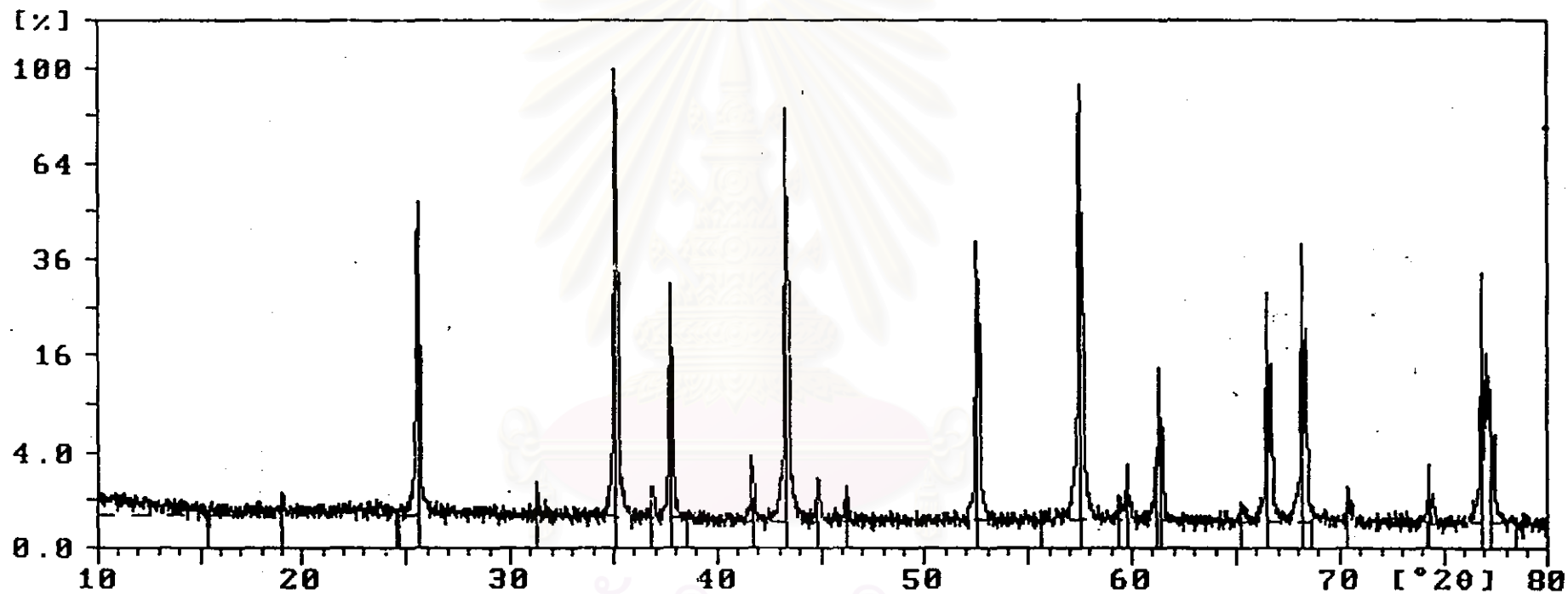
21-1152



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: 93:7,1:1(1650C)

19-Apr-1998 13:49



MC-276

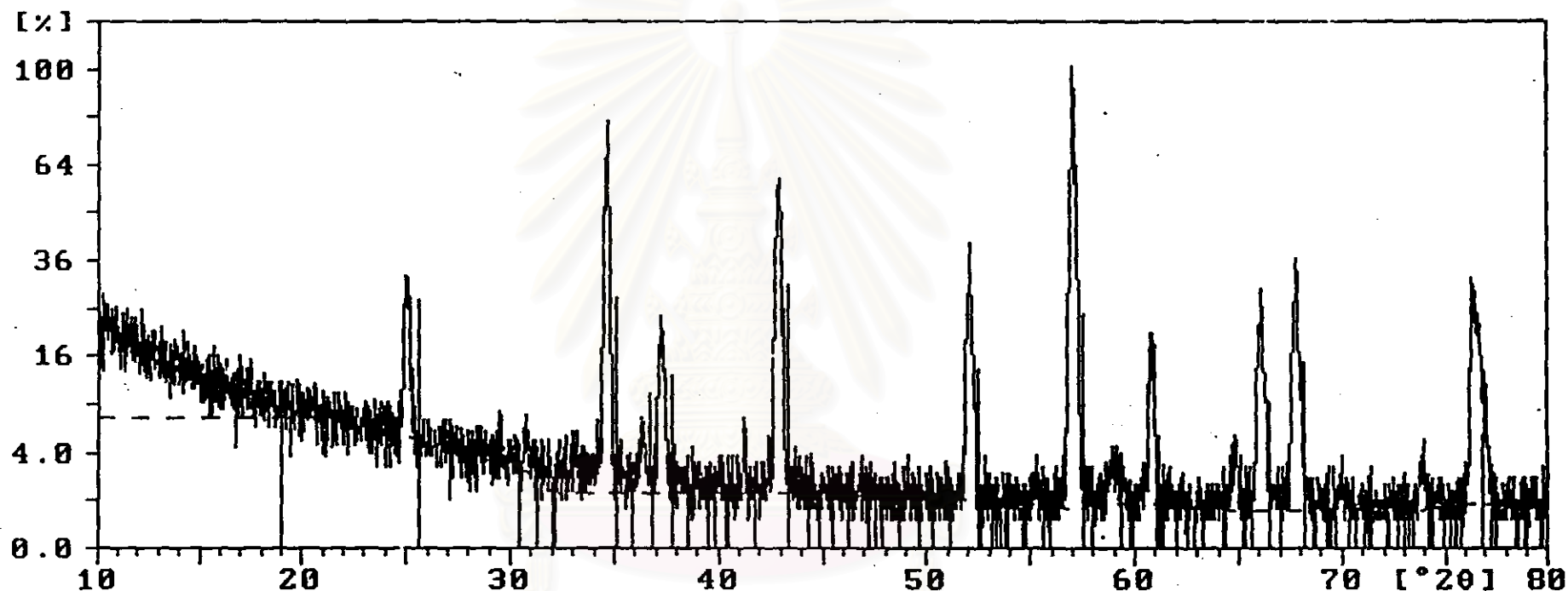
10-0173

21-1152



Sample ident.: 9010,1:2(1620C)

20-Apr-1998 11:11



MC-278

10-0173

21-1152

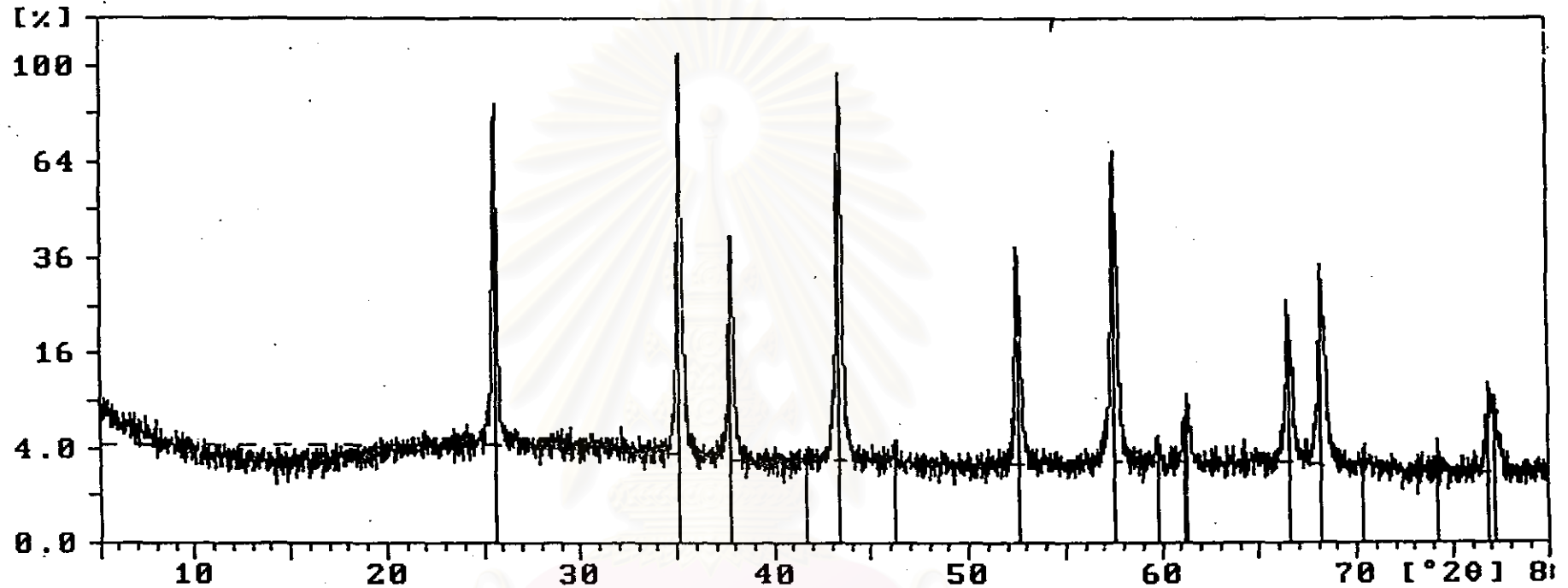


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Sample ident.: 2/2 (650 C)

27-Oct-1997 8:50



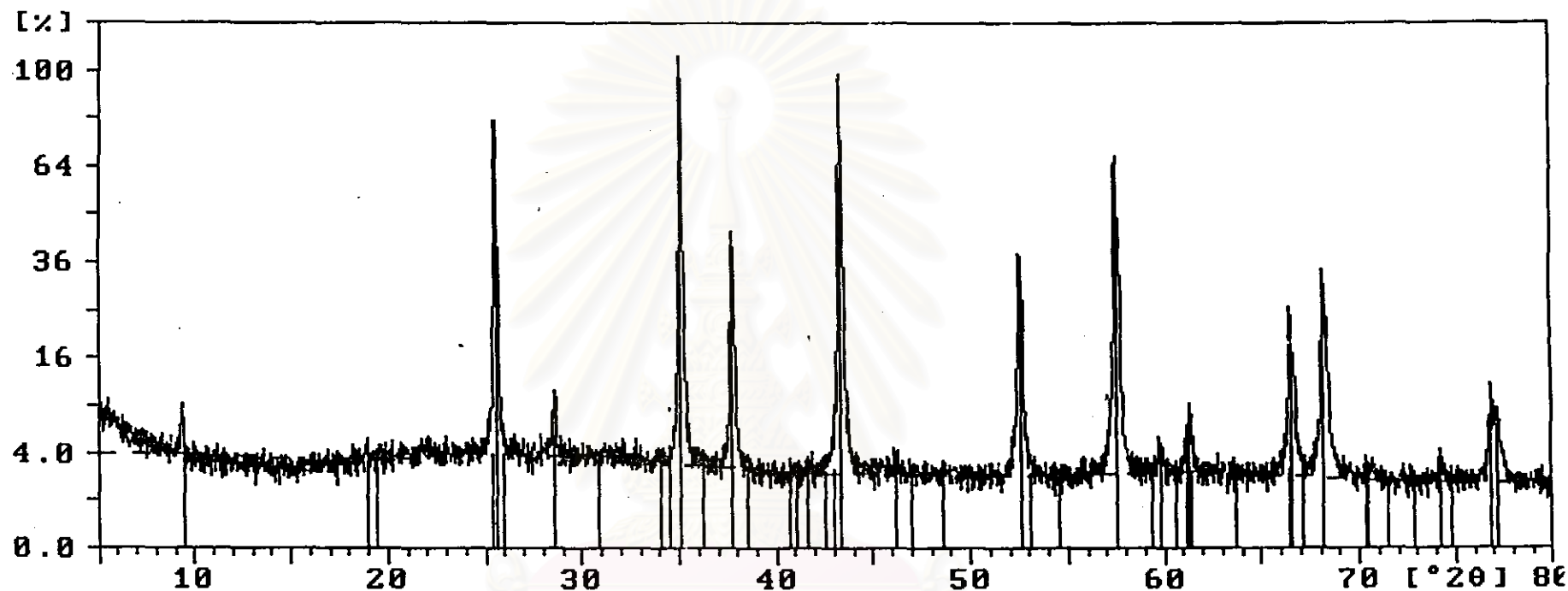
MC-226

10-0173

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample ident.: 6/1 (650C)

26-Oct-1997 14:24



MC-225

10-0173

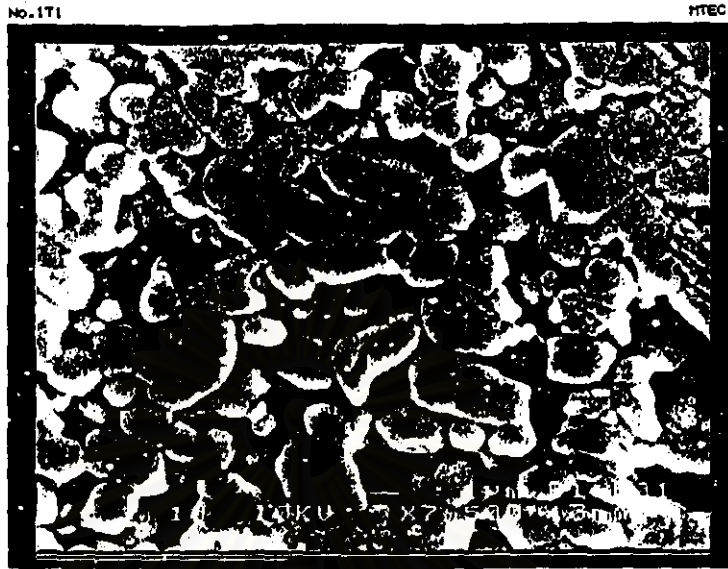
13-0558



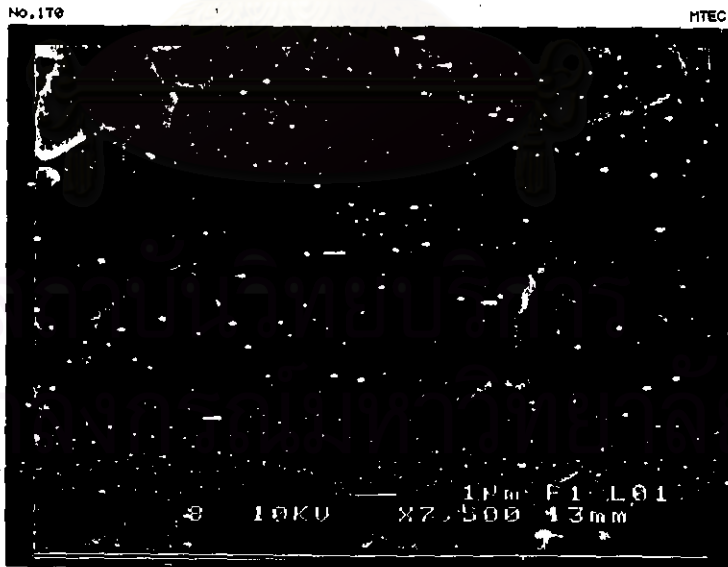
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.7 จุดโครงสร้างของแผ่นรองวงจรจากการทดลอง 1 ถึง 7

การทดลองที่ 1



1550 อากาศเซลเซียส



1620 องศาเซลเซียส

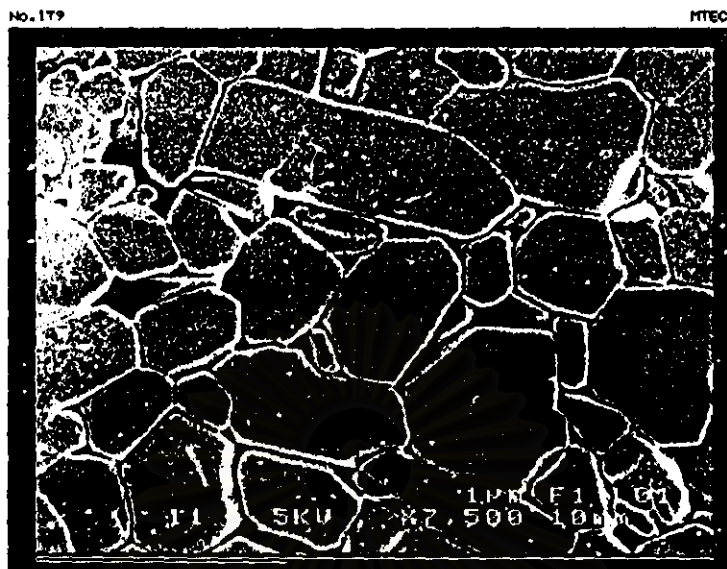
การทดลองที่ 2



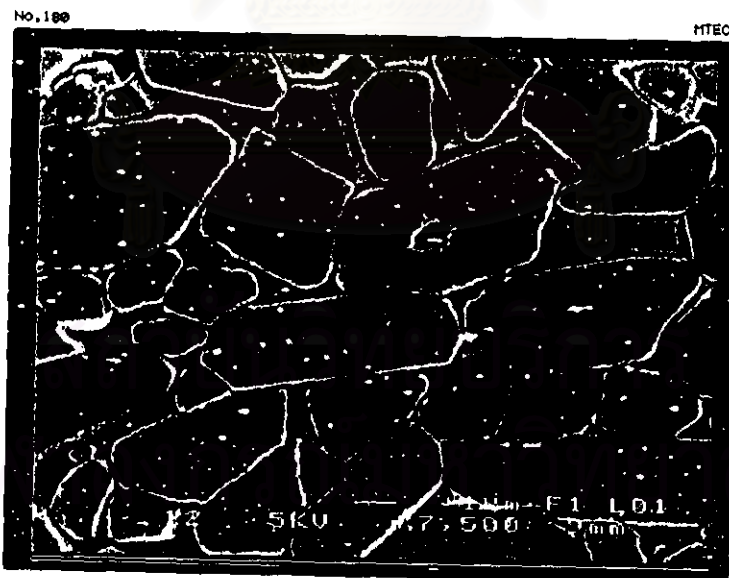
1620 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่ 3



1550 องศาเซลเซียส



1620 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 4



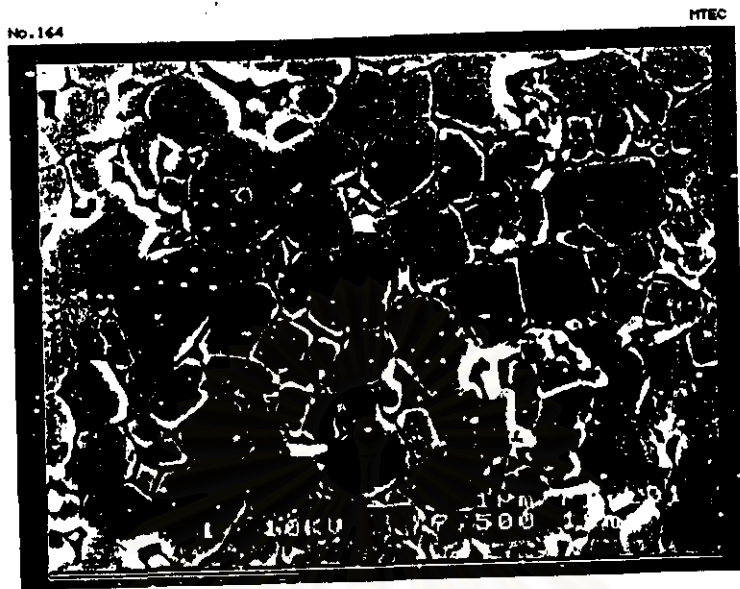
1620 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 5

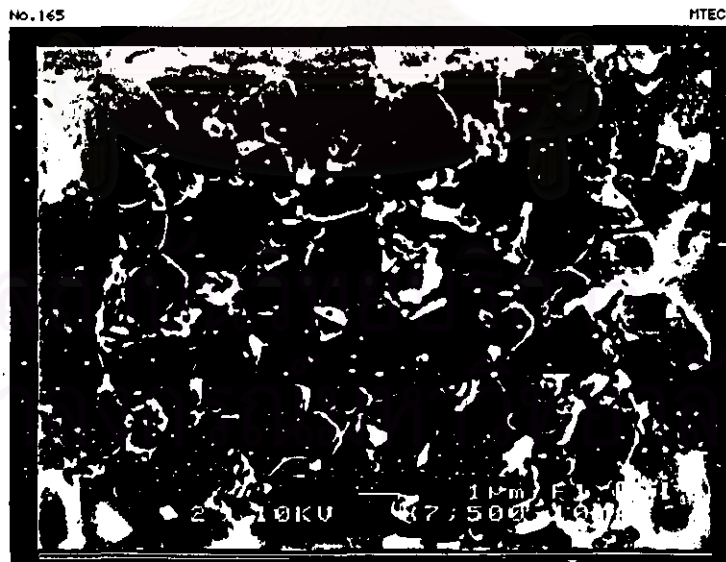


1620 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 6



1500 องศาเซลเซียส



1550 องศาเซลเซียส



1620 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 7

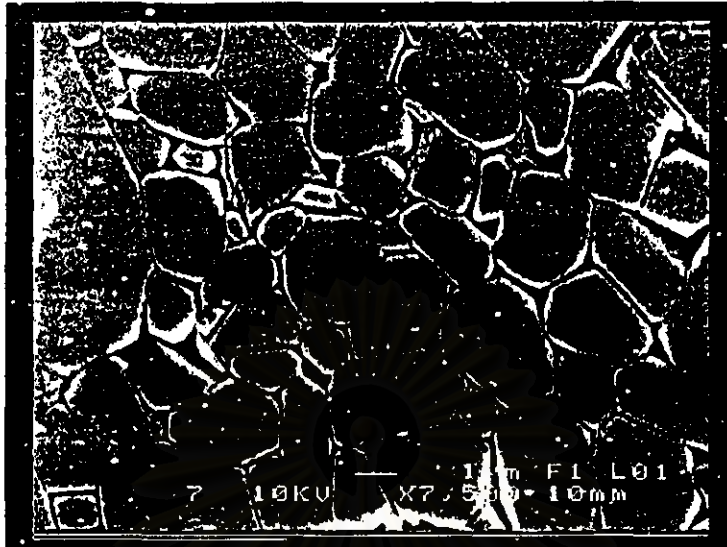


1500 องศาเซลเซียส



No. 169

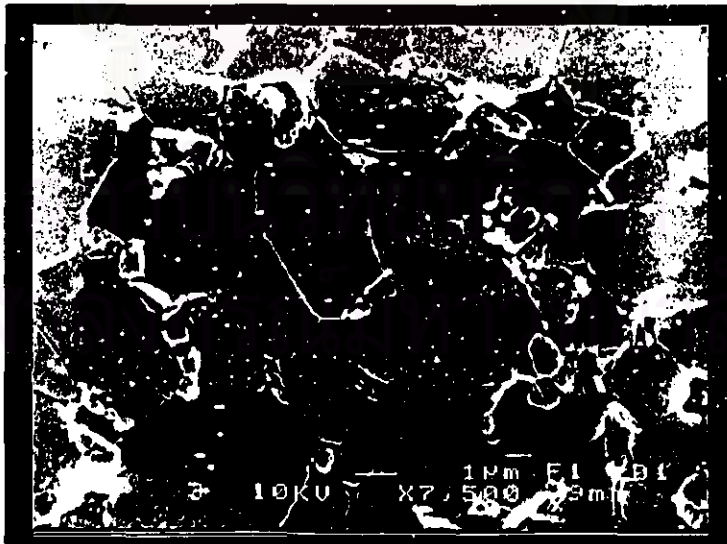
MTEC



1550 องศาเซลเซียส

No. 166

MTEC



1620 องศาเซลเซียส



ภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลดิบ

### ก.1 ข้อมูลดิบของการทดลองที่ 1

#### ตารางที่ ก.1 ข้อมูลดิบของการหดตัวในด้านต่างๆ

temp.	shrinkage (%)								
(°C)	width(cm.)			length(cm.)			thickness(cm.)		
	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%
1500									
1	1.505	1.374	8.704319	3.001	2.751	8.330556	1.3962	1.288444	7.717805
2	1.523	1.399	8.141825	3.009	2.763	8.175474	1.4613	1.357778	7.08424
3	1.557	1.434	7.899807	3.023	2.793	7.608336	1.2768	1.186556	7.067982
4	1.572	1.435	8.715013	3.033	2.785	8.176723	1.2803	1.193	6.818714
5	1.5652	1.416	9.532328	2.993	2.748	8.185767	1.3554	1.258	7.186071
aver.			8.598658			8.095371			7.174963
1550									
1	1.419	1.288	9.231853	3.05	2.634	13.63934	1.3691	1.20222	12.18903
2	1.487	1.29	13.24815	3.041	2.639	13.21934	1.4098	1.237778	12.20187
3	1.484	1.29	13.07278	2.965	2.68	9.612142	1.3062	1.212667	7.160695
4	1.493	1.278	14.40054	2.966	2.555	13.85705	1.2343	1.080444	12.46504
5	1.4792	1.278	13.60195	2.972	2.576	13.32436	1.1063	0.976333	11.7479
aver.			12.71105			12.73045			11.15291
1620									
1	1.494	1.242	16.86747	3.038	2.54	16.39236	1.381	1.207	12.59957
2	1.438	1.21	15.85535	3.03	2.508	17.22772	1.126	1.081	3.996448
3	1.452	1.197	17.56198	2.999	2.539	15.33845	1.229	0.993	19.2026
4	1.528	1.275	16.55759	3.058	2.646	13.47286	1.135	0.982	13.48018
5	1.528	1.275	16.55759	2.999	2.516	16.10537	1.381	1.153	16.50978
aver.			16.68			15.70735			13.15771

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

temp. (°C)	weight (g)				bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	apparent porosity (%)	water absorption (%)
	green weight	dry weight	weight in water	saturated weight			
1500							
1	1.4264	1.2027	0.8971	1.3716	2.527241	35.59536	14.0434
2	1.5131	1.2772	0.9546	1.465	2.495019	36.79467	14.70404
3	1.3906	1.1733					
4	1.3976	1.1813	0.8807	1.3391	2.569456	34.42408	13.35816
5	1.4427	1.2179	0.9074	1.3859	2.537788	35.10972	13.79424
ค่าเฉลี่ย					2.532376	35.48096	13.97496
1550							
1	1.164	0.982	0.7315	1.0531	3.044536	22.10821	7.240326
2	1.2822	1.0806	0.8053	1.1637	3.006233	23.18638	7.690172
3	1.3256	1.1171	0.8373	1.2053	3.026704	23.96739	7.895444
4	1.4271	1.2019	0.8989	1.2921	3.047758	22.93998	7.504784
5	1.3822	1.1648	0.8706	1.2561	3.012677	23.68353	7.838255
ค่าเฉลี่ย					3.027582	23.1771	7.633796
1620							
1	1.4248	1.2019	0.8974	1.2565	3.337172	15.20468	4.542807
2	1.109	0.9358	0.6972	0.9822	3.273888	16.2807	4.958324
3	1.2108	1.0219	0.7622	1.0701	3.30921	15.65443	4.716704
4	1.1928	1.0063	0.7514	1.0489	3.37261	14.31933	4.23333
5	1.4389	1.2152	0.9078	1.2703	3.342454	15.2	4.534233
ค่าเฉลี่ย					3.327067	15.33183	4.59708

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลดิบของค่าคงตัวไดอิเล็กตริก

temp. (°C)	capa- sistance (pF)	surface area (m <sup>2</sup> )	thickness (mm.)	dielectric constant
1500	41.3216	0.000314	1.107	16.46083
1550	197.207	0.000314	1.173	83.24294
1620	44.0954	0.000314	1.209	19.18433

ตารางที่ ค.4 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นก่อนเผา

temp. (°C)	width (cm.)	length (cm.)	thickness (mm.)	weight (g)	green density (g/cm <sup>3</sup> )
1	1.505	3.001	1.3962	1.4264	2.261993
2	1.523	3.009	1.4613	1.5131	2.259468
3	1.557	3.023	1.2768	1.3906	2.313943
4	1.572	3.033	1.2803	1.3976	2.289529
5	1.5652	2.993	1.3554	1.4427	2.272124
1	1.491	3.05	1.3691	1.164	1.869564
2	1.487	3.041	1.4098	1.2822	2.011272
3	1.484	2.965	1.3062	1.3256	2.306451
4	1.493	2.966	1.2343	1.4271	2.610975
5	1.4792	2.972	1.1063	1.3822	2.841988
1	1.494	3.038	1.381	1.4248	2.273117
2	1.438	3.03	1.126	1.109	2.260433
3	1.452	2.999	1.229	1.2108	2.262442
4	1.528	3.058	1.135	1.1928	2.249111
5	1.528	2.999	1.381	1.4389	2.273721
aver.					2.290409

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ค.2 ข้อมูลดิบของการทดลองที่ 2

ตารางที่ ค.5 ข้อมูลดิบของการหดตัวในด้านต่างๆ

temp. (°C)	shrinkage (%)								
	width(cm.)			length(cm.)			thickness(cm.)		
	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%
1500									
1	1.602	1.348	15.85518	3.007	2.747	8.646492	0.969444	0.872889	9.959885
2	1.489	1.388	6.783076	3.025	2.735	9.586777	0.945111	0.857889	9.22878
3	1.528	-	-	3.015	-	-	0.932444	0.884	5.195424
aver.			11.31913			9.116634			8.12803
1550									
1	1.484	1.292	12.93801	3.009	2.543	15.48687	0.957444	0.861444	10.02669
2	1.519	1.292	14.94404	3.008	2.565	14.72739	0.919222	0.805111	12.41388
3	1.511	1.262	16.47915	3.007	2.565	14.69904	1.001556	0.821444	17.98314
aver.			14.78707			14.9711			13.47457
1620									
1	1.527	1.251	18.07466	3.039	2.495	17.90063	1.008556	0.832	17.50578
2	1.501	1.233	17.85476	3	2.466	17.8	0.959	0.811667	15.36323
3	1.488	-	-	3.036	-	-	0.913444	-	-
aver.			17.96471			17.85031			16.4345

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.6 ข้อมูลดิบของ ความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

temp. (°C)	weight (g)				bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	apparent porosity (%)	water absorption (%)
	green weight	dry weight	weight in water	saturated weight			
1500							
1	1.051	0.9007	0.6714	0.9891	2.826758	27.82499	9.814589
2	1.0657	0.8971	0.668	0.9899	2.778725	28.82883	10.34444
3	1.0617	0.8067	0.6013	0.8889	2.796719	28.58136	10.18966
aver.					2.800734	28.41173	10.11623
1550							
1	1.0503	0.8975	0.6674	0.9433	3.243459	16.60022	5.103064
2	1.0306	0.8705	0.6485	0.9085	3.338267	14.61538	4.365307
3	1.0636	0.8874	0.6654	0.9231	3.433449	13.85332	4.022989
aver.					3.338392	15.02297	4.49712
1620							
1	1.0938	0.9234	0.6822	0.9402	3.568583	6.511628	1.819363
2	1.0181	0.86	0.6357	0.874	3.598322	5.874948	1.627907
3	0.9735	-	-	-	-	-	-
aver.					3.583453	6.193288	1.723635

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.7 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นก่อนเผา

temp. (°C)	width (cm.)	length (cm.)	thickness (mm.)	weight (g)	green density (g/cm <sup>3</sup> )
1	1.602	3.007	0.969444	1.051	2.250525
2	1.489	3.025	0.945111	1.0657	2.50341
3	1.528	3.015	0.932444	1.0617	2.471543
1	1.484	3.009	0.957444	1.0503	2.456652
2	1.519	3.008	0.919222	1.0306	2.453771
3	1.511	3.007	1.001556	1.0636	2.337251
1	1.527	3.039	1.008556	1.0938	2.337052
2	1.501	3	0.959	1.0181	2.357599
3	1.488	3.036	0.913444	0.9735	2.359115
aver.					2.39188

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### ค.3 ข้อมูลดิบของการทดลองที่ 8

ตารางที่ ค.8 ข้อมูลดิบของการหดตัวในด้านต่างๆ

temp. (°C)	shrinkage (%)								
	width(cm.)			length(cm.)			thickness(cm.)		
	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%
1500									
1	1.488	1.257	15.52419	3.011	2.545	15.47659	1.127667	0.976	13.4496
2	1.508	1.249	17.17507	3.013	2.493	17.25855	1.118778	0.965556	13.6955
3	1.502	1.267	15.64581	2.958	2.481	16.12576	1.236222	1.056444	14.54251
4	1.491	1.257	15.69416	2.998	2.524	15.81054	1.196778	1.035667	13.46207
5	1.484	1.25	15.76819	2.965	2.492	15.95278	1.212556	1.066889	12.0132
aver.			15.96148			16.12484			13.43258
1550									
1	1.531	1.246	18.61528	2.972	2.403	19.14536	1.272444	1.033444	18.78275
2	1.493	1.212	18.82117	3.084	2.507	18.70947	0.997556	0.849778	14.81399
3	1.5	1.222	18.53333	2.989	2.438	18.43426	1.024	0.861889	15.83116
4	1.505	1.223	18.73754	2.961	2.405	18.77744	1.178889	0.951333	19.30254
5	1.496	1.209	19.18449	2.969	2.403	19.06366	1.224	0.990889	19.04503
aver.			18.77836			18.82604			17.55509
1620									
1	1.503	1.152	23.35329	2.968	2.427	18.22776	1.056778	0.923667	12.59594
2	1.429	1.213	15.11547	3.014	2.402	20.30524	1.165444	0.914444	21.53685
3	1.525	1.225	19.67213	2.967	2.387	19.54837	1.243111	1.002	19.39578
4	1.444	1.145	20.70637	3.001	2.418	19.42686	1.156333	0.991778	14.23081
5	1.48	1.176	20.54054	3.017	2.429	19.48956	1.145889	0.960222	16.20285
aver.			19.87756			19.39956			16.79245

ตารางที่ ค.9 ข้อมูลดิบของ ความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

temp. (°C)	weight (g)				bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	apparent porosity (%)	water absorption (%)
	green weight	dry weight	weigh in water	saturated weight			
1500							
1	1.1254	0.9455	-	-	-	-	-
2	1.136	0.954	-	-	-	-	-
3	1.228	1.0314	-	-	-	-	-
4	1.1832	0.9938	-	-	-	-	-
5	1.1834	0.9941	-	-	-	-	-
aver.					-	-	-
1550							
1	1.2909	1.0848	0.7886	1.0882	3.610219	1.134846	0.313422
2	1.0053	0.8446	0.6138	0.8486	3.586564	1.703578	0.473597
3	1.011	0.8498	0.6173	0.8537	3.584222	1.649746	0.458932
4	1.1642	0.9787	0.7115	0.9826	3.599529	1.438584	0.398488
5	1.2069	1.0143	0.7364	1.0182	3.588815	1.38396	0.384502
aver.					3.59387	1.462143	0.405788
1620							
1	1.0396	0.9373	0.6852	0.9397	3.672117	0.943026	0.256055
2	1.1161	0.8731	0.6378	0.877	3.639389	1.324278	0.446684
3	1.2478	1.048	0.7655	1.0496	3.678034	0.563182	0.152672
4	1.1274	0.9288	0.6781	0.9323	3.64311	1.376869	0.37683
5	1.1274	0.9474	0.6917	0.9503	3.652839	1.121423	0.306101
aver.					3.657098	1.065756	0.307668

ตารางที่ ค.10 ข้อมูลดิบของค่าคงตัวไดอิเล็กตริก

temp. (°C)	capa- sistance (pF)	surface area (m <sup>2</sup> )	thickness (mm.)	dielectric constant
1500	53.054	0.000314	0.904	17.25892
1550	51.3835	0.000314	0.91	16.82644
1620	60.7551	0.000314	0.837	18.29933

ตารางที่ ค.11 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นก่อนเผา

temp. (°C)	width (cm.)	length (cm.)	thickness (mm.)	weight (g)	green density (g/cm <sup>3</sup> )
1	1.488	3.011	1.127667	1.1254	2.227473
2	1.508	3.013	1.118778	1.136	2.234776
3	1.502	2.958	1.236222	1.228	2.235804
4	1.491	2.998	1.196778	1.1832	2.211747
5	1.484	2.965	1.212556	1.1834	2.21805
1	1.531	2.972	1.272444	1.2909	2.229614
2	1.493	3.084	0.997556	1.0053	2.188691
3	1.5	2.989	1.024	1.011	2.202085
4	1.505	2.961	1.178889	1.1642	2.216051
5	1.496	2.969	1.224	1.2069	2.219975
1	1.503	2.968	1.056778	1.0396	2.20526
2	1.429	3.014	1.165444	1.1161	2.223494
3	1.525	2.967	1.243111	1.2478	2.21844
4	1.444	3.001	1.156333	1.1274	2.249893
5	1.48	3.017	1.145889	1.1274	2.203426
aver.					2.218985

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### ก.4 ข้อมูลดิบของการทดลองที่ 4

ตารางที่ ก.12 ข้อมูลดิบของการหดตัวในด้านต่างๆ

temp. (°C)	shrinkage (%)								
	width(cm.)			length(cm.)			thickness(cm.)		
	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%
1500									
1	1.502	1.224	18.50866	3.051	2.481	18.6824	1.151	0.9818	14.70026
2	1.474	1.212	17.77476	2.915	2.386	18.14751	1.26	1.0364	17.74603
3	1.504	1.231	18.1516	2.935	2.41	17.88756	1.1418	0.9518	16.64039
aver.			18.145			18.23916			16.36223
1550									
1	1.5	1.214	19.06667	2.999	2.434	18.83961	1.1472	0.98	14.57462
2	1.512	1.241	17.92328	2.968	2.43	18.12668	1.341	1.1772	12.21477
3	1.498	1.229	17.95728	2.96	2.426	18.04054	1.2946	1.0896	15.83501
aver.			18.31574			18.33561			14.20813
1620									
1	1.542	1.246	19.19585	2.964	2.479	16.36302	-	-	-
2	1.522	-	-	3.033	-	-	3.6412	3.078889	15.44302
3	1.503	1.225	18.49634	3.004	2.424	19.30759	-	-	-
aver.			18.8461			17.83531			-

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.13 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

temp. (°C)	weight (g)				bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	apparent porosity (%)	water absorption (%)
	green weight	dry weight	weight in water	saturated weight			
1500							
1	1.1868	0.9876	0.7102	0.9932	3.479528	1.978799	0.567031
2	1.236	1.0284	0.7375	1.0329	3.471181	1.523358	0.437573
3	1.1466	0.9536	0.6853	0.9562	3.509804	0.959764	0.272651
aver.					3.486838	1.487307	0.425752
1550							
1	1.1865	0.9851	0.712	0.9884	3.553595	1.193922	0.334991
2	1.395	1.1592	0.8388	1.1632	3.562896	1.233046	0.345066
3	1.3433	1.1166	0.8078	1.1214	3.550154	1.530612	0.429876
aver.					3.555548	1.319193	0.369978

ตารางที่ ค.14 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นก่อนเผา

temp. (°C)	width (cm.)	length (cm.)	thickness (mm.)	weight (g)	green density (g/cm <sup>3</sup> )
1	1.502	3.051	1.151	1.1868	2.250039
2	1.474	2.915	1.26	1.236	2.283031
3	1.504	2.935	1.1418	1.1466	2.274919
1	1.5	2.999	1.1472	1.1865	2.299116
2	1.512	2.968	1.341	1.395	2.318087
3	1.498	2.96	1.2946	1.3433	2.340097
1	1.542	2.964	1.3588	1.4621	2.354285
2	1.522	3.033	1.147	1.2082	2.281857
3	1.503	3.004	1.1354	1.1775	2.296958
aver.					2.299821

ค.5 ข้อมูลดิบของการทดลองที่ 5

ตารางที่ ค.15 ข้อมูลดิบของการหดตัวในด้านต่างๆ

temp. (°C)	shrinkage(%)								
	width(cm.)			length(cm.)			thickness(cm.)		
	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%
1500									
1	1.503	1.244	17.2322	2.968	2.458	17.18329	1.288	1.1074	14.02174
2	1.422	1.196	15.89311	2.949	2.466	16.37843	1.0864	0.9848	9.351988
3	1.542	1.272	17.50973	2.968	2.455	17.28437	1.1372	0.9722	14.50932
aver.			16.87835			16.9487			12.62768
1550									
1	1.481	1.22	17.62323	2.926	2.411	17.60082	1.249	1.0904	12.69816
2	1.52	1.24	18.42105	2.979	2.436	18.22759	1.2342	1.0856	12.04019
3	1.522	1.246	18.13403	2.944	2.414	18.00272	1.0864	0.964	11.26657
aver.			18.05944			17.94371			12.00164
1620									
1	1.506	-	-	2.867	-	-	1.2604	-	-
2	1.515	-	-	3.03	-	-	1.0554	-	-
3	1.446	1.197	17.21992	2.924	2.402	17.85226	1.1952	1.0726	10.2577
aver.			17.21992			17.85226			10.2577

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.16 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

temp. (°C)	weight (g)				bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	apparent porosity (%)	water absorption (%)
	green weight	dry weight	weight in water	saturated weight			
1500							
1	1.3826	1.1193	0.8054	1.1224	3.520569	0.977918	0.276959
2	1.1597	0.9409	0.6763	0.9443	3.500534	1.268657	0.361356
3	1.2436	1.0125	0.7296	1.0232	3.438465	3.644414	1.05679
aver.					3.486523	1.963663	0.565035
1550							
1	1.333	1.0798	0.785	1.0842	3.598383	1.470588	0.407483
2	1.3183	1.0733	0.7757	1.0773	3.54826	1.32626	0.372682
3	1.1731	0.9527	0.6893	0.9556	3.567062	1.088997	0.304398
aver.					3.571235	1.295282	0.361521
1620							
1	1.2998	0.3334	0.2364	0.3347	3.381721	1.322482	0.389922
2	1.1571	1.3278	0.9606	1.3329	3.556029	1.369863	0.384094
3	1.25	1.3481	0.976	1.3625	3.477749	3.725744	1.06817
aver.					3.471833	2.139363	0.614062

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.17 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นก่อนเผา

temp. (°C)	width (cm.)	length (cm.)	thickness (mm.)	weight (g)	green density (g/cm <sup>3</sup> )
1	1.503	2.968	1.288	1.3826	2.406345
2	1.422	2.949	1.0864	1.1597	2.545549
3	1.542	2.968	1.1372	1.2436	2.389437
1	1.481	2.926	1.249	1.333	2.462852
2	1.52	2.979	1.2342	1.3183	2.358928
3	1.522	2.944	1.0864	1.1731	2.409866
1	1.506	2.867	1.2604	1.2998	2.388446
2	1.515	3.03	1.0554	1.1571	2.388353
3	1.446	2.924	1.1952	1.25	2.473568
1	1.497	2.948	1.0974	1.1476	2.369607
2	1.514	2.985	1.1752	1.2406	2.335876
3	1.431	2.963	1.131	1.158	2.414764
aver.					2.411966

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค.6 ข้อมูลดิบของการทดลองที่ 6

ตารางที่ ค.18 ข้อมูลดิบของการหดตัวในด้านต่างๆ

temp. (°C)	shrinkage(%)								
	width(cm.)			length(cm.)			thickness(cm.)		
	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%
1500									
1	1.506	1.226	18.5923	2.963	2.405	18.83226	1.4166	1.162	17.97261
2	1.493	1.21	18.95512	2.876	2.39	16.89847	1.4626	1.2094	17.31164
3	1.554	1.261	18.85457	3.027	2.461	18.69838	1.1502	0.9636	16.22327
aver.			18.80066			18.14304			17.16917
1550									
1	1.468	1.182	19.48229	2.963	2.442	17.58353	1.3766	1.1486	16.56255
2	1.475	1.1994	18.68475	2.876	2.455	14.63839	1.2174	1.0106	16.98702
3	1.447	1.171	19.07395	3.027	2.387	21.14305	1.3492	1.1302	16.23184
aver.			19.08033			17.78832			16.5938
1620									
1	1.303	1.051	19.33998	3.515	2.822	19.7155	1.268222	1.036444	18.2758
2	1.214	0.985	18.86326	3.57	2.858	19.94398	1.330333	1.082444	18.63359
3	1.233	0.998	19.05921	3.487	2.782	20.21795	1.408667	1.077667	23.4974
aver.			19.08748			19.95914			20.1356

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.19 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

temp. (°C)	weight (g)				bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	apparent porosity (%)	water absorption (%)
	green weight	dry weight	weight in water	saturated weight			
1500							
1	1.4239	1.1945	0.8628	1.198	3.553103	1.044153	0.29301
2	1.459	1.2222	0.8844	1.2265	3.562172	1.256942	0.351825
3	1.2153	1.0189	0.7372	1.0241	3.541006	1.812478	0.510354
aver.					3.552094	1.371191	0.385063
1550							
1	1.3788	1.1582	0.8465	1.1617	3.663726	1.110406	0.302193
2	1.212	1.0166	0.7365	1.021	3.562817	1.546573	0.432815
3	1.3122	1.101	0.8004	1.1055	3.59808	1.474926	0.408719
aver.					3.608207	1.377302	0.381243
1620							
1	1.2634	1.0631	0.7733	1.0658	3.623881	0.923077	0.253974
2	1.2505	1.0518	0.7647	1.0538	3.627528	0.691802	0.19015
3	1.3156	1.1082	0.8047	1.1117	3.599195	1.140065	0.315827
aver.					3.616868	0.918315	0.253317

ตารางที่ ค.20 ข้อมูลดิบของค่าคงตัวไดอิเล็กตริก

temp. (°C)	capa- sistance (pF)	surface area (m <sup>2</sup> )	thickness (mm.)	dielectric constant
1500	37.9026	0.000314	1.01	13.76929
1550	32.5945	0.000314	1.162	13.62296
1620	43.9577	0.000314	0.916	14.48276

ตารางที่ ค.21 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นก่อนเผา

temp. (°C)	width (cm.)	length (cm.)	thickness (mm.)	weight (g)	green density (g/cm <sup>3</sup> )
1	1.506	2.963	1.4166	1.4239	2.252556
2	1.493	2.876	1.4626	1.459	2.32317
3	1.554	3.027	1.1502	1.2153	2.246191
1	1.468	2.963	1.3766	1.3788	2.302692
2	1.475	2.876	1.2174	1.212	2.346867
3	1.447	3.027	1.3492	1.3122	2.220459
1	1.303	3.515	1.268222	1.2634	2.175083
2	1.214	3.57	1.330333	1.2505	2.168884
3	1.233	3.487	1.408667	1.3156	2.172204
aver.					2.245345

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.7 ข้อมูลดิบของการทดลองที่ 7

ตารางที่ ค.22 ข้อมูลดิบของการหดตัวด้านต่างๆ

temp. (°C)	shrinkage (%)								
	width(cm.)			length(cm.)			thickness(cm.)		
	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%	green sheet	sintered sheet	%
1500									
1	1.478	1.202	18.67388	3.044	2.473	18.75821	1.5478	1.274	17.68962
2	1.479	1.219	17.57945	3.032	2.496	17.6781	1.5254	1.3134	13.89799
3	1.499	1.235	17.61174	3.018	2.456	18.6216	1.2366	1.0384	16.02782
aver.			17.95502			18.35264			15.87181
1550									
1	1.481	1.201	18.90614	2.991	2.421	19.05717	1.1962	1.0078	15.74987
2	1.482	1.194	19.4332	3.025	2.457	18.77686	1.3204	1.1068	16.17692
3	1.453	1.186	18.37577	3.045	2.472	18.81773	1.4472	1.2164	15.94804
aver.			18.90504			18.88392			15.95828
1620									
1	1.518	1.221	19.56522	2.932	2.456	16.23465	1.334	1.0588	20.62969
2	1.5	1.189	20.73333	3.04	2.397	21.15132	1.2772	0	-
3	1.484	1.225	17.45283	2.975	2.379	20.03361	1.3652	2.2442	-
aver.							2.6424	2.2442	15.06963

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.23 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

temp. (°C)	weight (g)				bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	apparent porosity (%)	water absorption (%)
	green weight	dry weight	weight in water	saturated weight			
1500							
1	1.6408	1.3112	0.9486	1.3158	3.560344	1.252723	0.350824
2	1.5736	1.3645	0.9916	1.3699	3.596357	1.427439	0.395749
3	1.3123	1.0938	0.7918	1.0988	3.552427	1.628664	0.457122
aver.					3.569709	1.436275	0.401232
1550							
1	1.2314	1.0284	0.7497	1.0324	3.62712	1.414927	0.388954
2	1.3737	1.1459	0.835	1.1513	3.612212	1.70724	0.471245
3	1.5023	1.2528	0.9147	1.2567	3.652425	1.140351	0.311303
aver.					3.630585	1.420839	0.390501
1620							
1	1.3944	1.1369	0.8292	1.1406	3.640234	1.188182	0.325446
2	1.3648	2.3073	1.6834	2.3179	3.625752	1.670607	0.459411
3	1.3885						
aver.					3.632993	1.429395	0.392429

ตารางที่ ค.24 ข้อมูลดิบของค่าคงตัวไดอิเล็กตริก

temp. (°C)	capa- sistance (pF)	surface area (m <sup>2</sup> )	thickness (mm.)	dielectric constant
1500	45.0645	0.000314	0.9564	15.50226
1550	40.8987	0.000314	1.031	15.16663
1620	40.8496	0.000314	0.9913	14.56512

ตารางที่ ค.25 ข้อมูลดิบของความหนาแน่นก่อนเผา

temp. (°C)	width (cm.)	length (cm.)	thickness (mm.)	weight (g)	green density (g/cm <sup>3</sup> )
1	1.478	3.044	1.5478	1.6408	2.356252
2	1.479	3.032	1.5254	1.5736	2.300452
3	1.499	3.018	1.2366	1.3123	2.345757
1	1.481	2.991	1.1962	1.2314	2.323934
2	1.482	3.025	1.3204	1.3737	2.320667
3	1.453	3.045	1.4472	1.5023	2.346255
1	1.518	2.932	1.334	1.3944	2.348528
2	1.5	3.04	1.2772	1.3648	2.343394
3	1.484	2.975	1.3652	1.3885	2.303715
aver.					2.332106

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้วิจัย

นางสาว กัทธาวรรณ คหะวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2517 จังหวัดนครศรีธรรมราช  
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร-  
มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเซรามิก ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อเดือน  
พฤษภาคม พ.ศ. 2538 และสำเร็จหลักสูตรในเดือนเมษายน พ.ศ. 2541



สถาบันวิทย์บริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย