



ตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกต

ตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกต เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ประกอบด้วยซิลิกา กับ วานาเดียม ซึ่งถูกเตรียมขึ้นครั้งแรกโดย Professor T. Inui แห่งมหาวิทยาลัยเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ตัวเร่งปฏิกิริยานี้ในเงื่อนไขการทำปฏิกิริยาและ Si/V ที่เหมาะสมสามารถเปลี่ยนเมทานอลเป็น น้ำมันเบนซินได้สูงถึงร้อยละ 65 (6) และจากความสำเร็จนี้จึงเป็นแนวทางการสร้างเครื่องปฏิกรณ์สำหรับปฏิกิริยานี้ให้มีขนาดเล็กลง (4)

2.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกต (4)

ตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกตถูกเตรียมขึ้นครั้งแรกโดยวิธีที่ปรับปรุงโดยห้องปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรมตัวเร่งปฏิกิริยา มหาวิทยาลัยเกียวโตโดยใช้สารเตตราโปรพิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (Tetrapropyl ammoniumbromide, TPABr) เป็นแม่แบบ (template) แรกเริ่มต้องเตรียมสารละลายดีแคน (decant solution) และสารละลายเจล (gel solution)

สารละลายดีแคนประกอบด้วยสารละลาย A1, B1, และ C1 ผสมกันโดย

สารละลาย A1 ประกอบด้วย

VCl_3	=	X	กรัม
TPABr	=	7.53	กรัม
H_2O	=	60.0	ลูกบาศก์เซนติเมตร
H_2SO_4 (CONC.)	=	3.37	ลูกบาศก์เซนติเมตร

สารละลาย B1 ประกอบด้วย

Water glass	=	69.0	กรัม
H_2O	=	45.0	ลูกบาศก์เซนติเมตร

สารละลาย C1 ประกอบด้วย

NaCl	=	26.27	กรัม
H_2O	=	104.0	กรัม

นำสารละลาย A1, B1 ผสมกันโดยรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)=9.8 แล้วนำเข้าเครื่อง

แยกสารแขวนลอยด้วยแรงหนีศูนย์กลาง (centrifuge) เก็บเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำใสไว้ผสมกับ ตะกอน เจล

สารละลาย เจลประกอบด้วยสารละลาย A2, B2 และ C2 ผสมกันโดย

สารละลาย A2 ประกอบด้วย

VCl_3	=	X	กรัม
TPABr	=	5.72	กรัม
NaCl	=	11.95	กรัม
H_2O	=	60.0	ลูกบาศก์เซนติเมตร
H_2SO_4 (conc)	=	3.37	ลูกบาศก์เซนติเมตร

สารละลาย B2 ประกอบด้วย

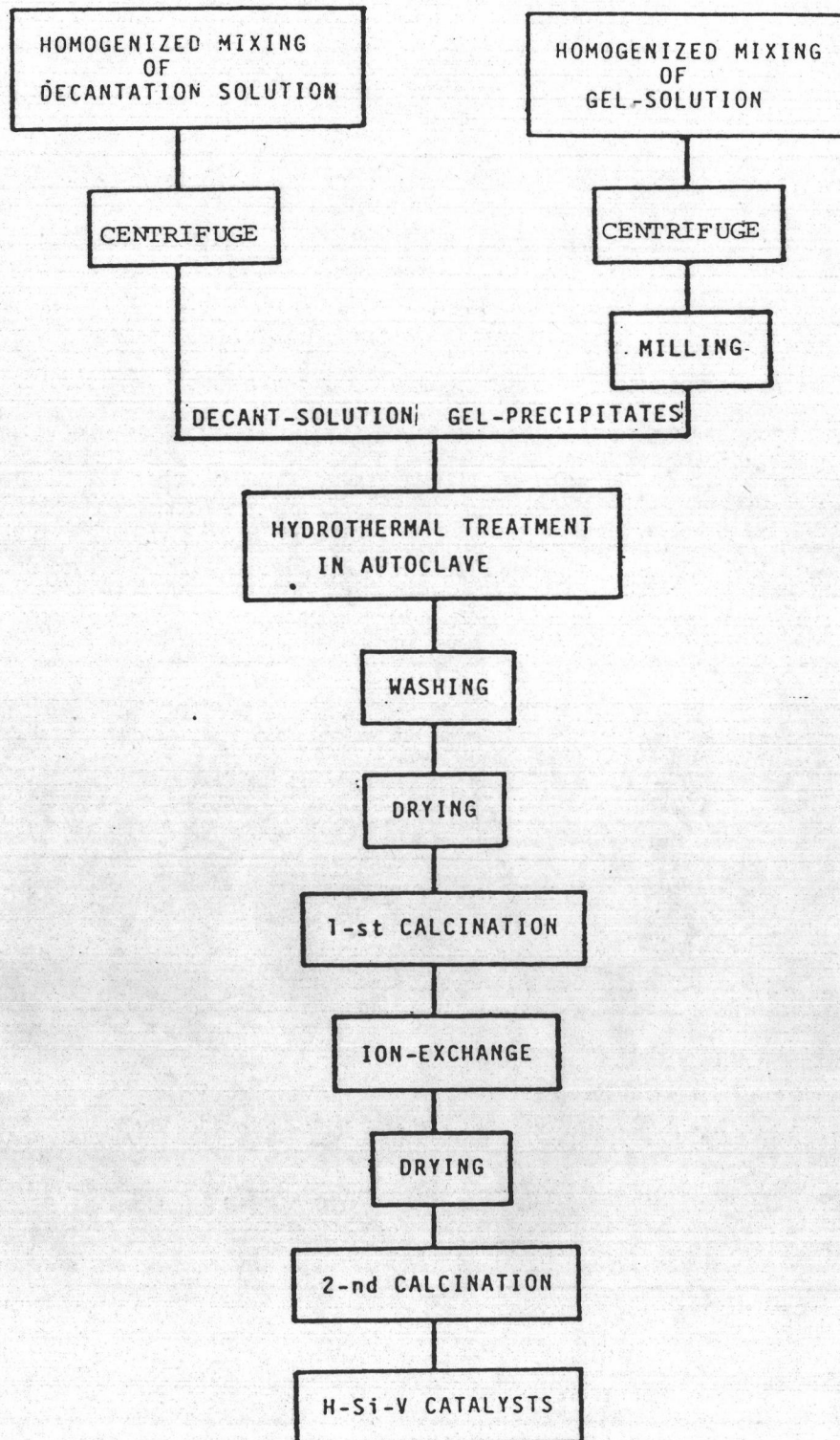
Water glass	=	69.0	กรัม
H_2O	=	45.0	ลูกบาศก์เซนติเมตร

สารละลาย C2 ประกอบด้วย

TPABr	=	2.16	กรัม
NaCl	=	40.59	กรัม
NaOH	=	2.39	กรัม
H_2O	=	208.0	ลูกบาศก์เซนติเมตร
H_2SO_4	=	0.98	ลูกบาศก์เซนติเมตร

ทำเช่นเดียวกับสารละลายดีแคน เพียงแต่เก็บสารที่เป็นตะกอนมาผสมกับส่วนที่เป็นน้ำใสของสารละลายดีแคน การเตรียมผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาทำโดยนำเอาส่วนผสมใส่ในเครื่องออโตเคลบ (autoclave) ภายใต้ความดัน 3 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ของก๊าซไนโตรเจนเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องเป็น 160 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 90 นาที ต่อจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 210 องศาเซลเซียส ภายใน 4.2 ชั่วโมง ล้างผลึกที่ได้ด้วยน้ำกลั่นเสร็จแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เผา TPABr ในอากาศที่อุณหภูมิ 540 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง นำผลึกที่ได้ไปแลกเปลี่ยนไอออนกับ $1\text{M NH}_4\text{NO}_3$ แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ในขั้นสุดท้ายไล่ NH_3 และ NO_x ออกจากผลึกโดยเผาที่อุณหภูมิ 540 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง โดยขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวนี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แผนภูมิการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโดยวิธีที่ปรับปรุงโดยห้องปฏิบัติการวิจัยทาง
วิศวกรรมตัวเร่งปฏิกิริยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (4)





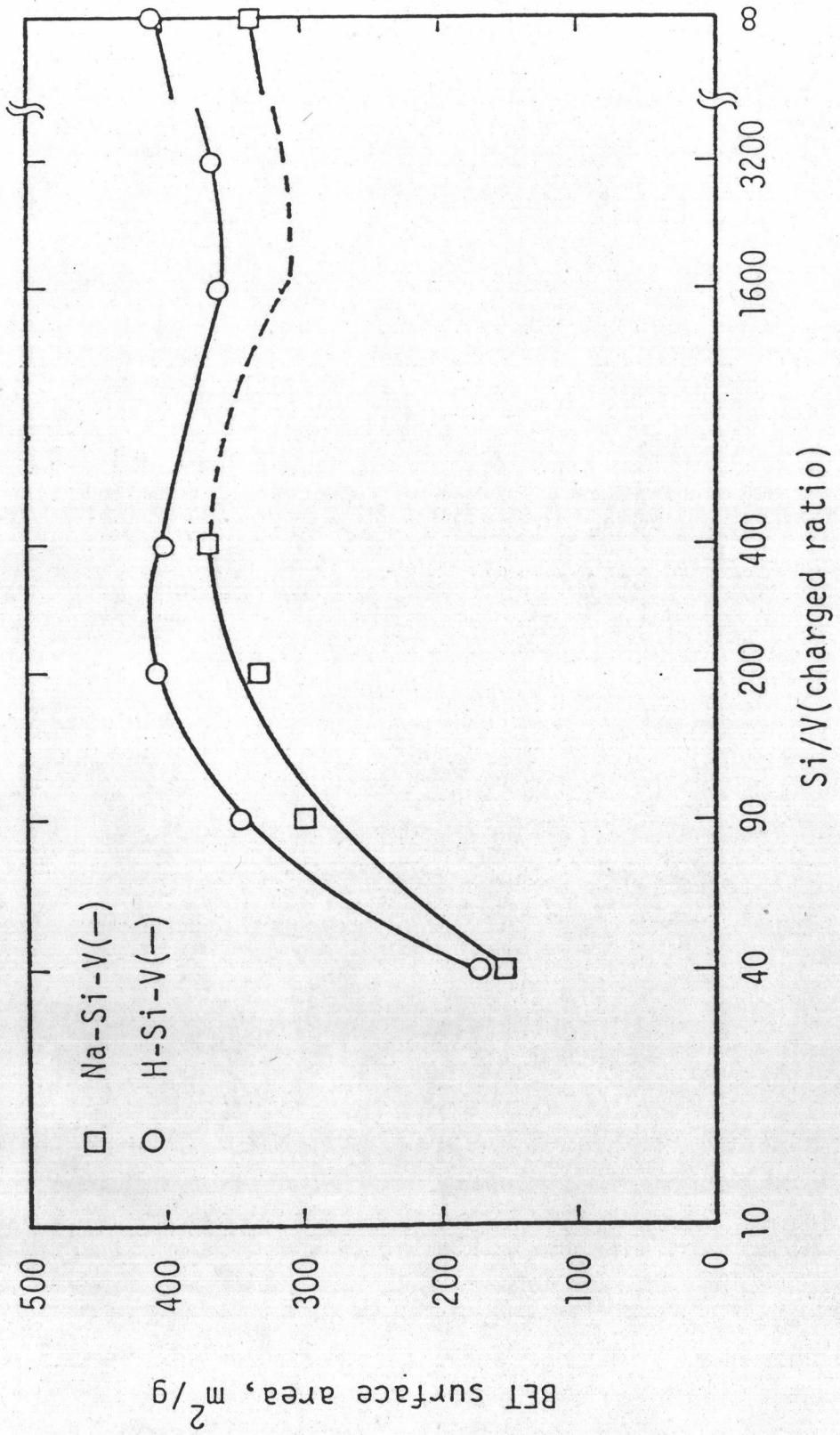
2.2 คุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกต (4)

2.2.1 พื้นที่ผิวทั้งหมด (BET surface area)

พื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถวัดได้โดยผ่านก๊าซไนโตรเจนที่ผสมกับก๊าซฮีเลียม (อัตราส่วนโมลของไนโตรเจน = 0.3) ลงบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่บรรจุอยู่ในภาชนะที่จุ่มอยู่ในไนโตรเจนเหลว จากจำนวนโมเลกุลของไนโตรเจนที่ถูกดูดซับบนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถคำนวณหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยานี้ได้จากตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าพื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกตที่มีอัตราส่วนระหว่าง Si/V ต่าง ๆ กัน จะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปของไฮโดรเจนจะมีค่าพื้นที่ผิวมากกว่าในรูปของไฮเดียม ทั้งนี้เพราะขนาดของไฮเดียมไอออนใหญ่กว่าขนาดของไฮโดรเจนไอออน ดังนั้นจะทำให้รูและช่องว่างของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไฮเดียมเล็กกว่าไฮโดรเจน จากกราฟรูปที่ 2.2 จะพบว่าค่าพื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีค่าอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ยกเว้นที่ค่า $Si/V = 40$

ตารางที่ 2.1 พื้นที่ผิว BET (BET surface area) ของ Na-form และ H-form ของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกต (4)

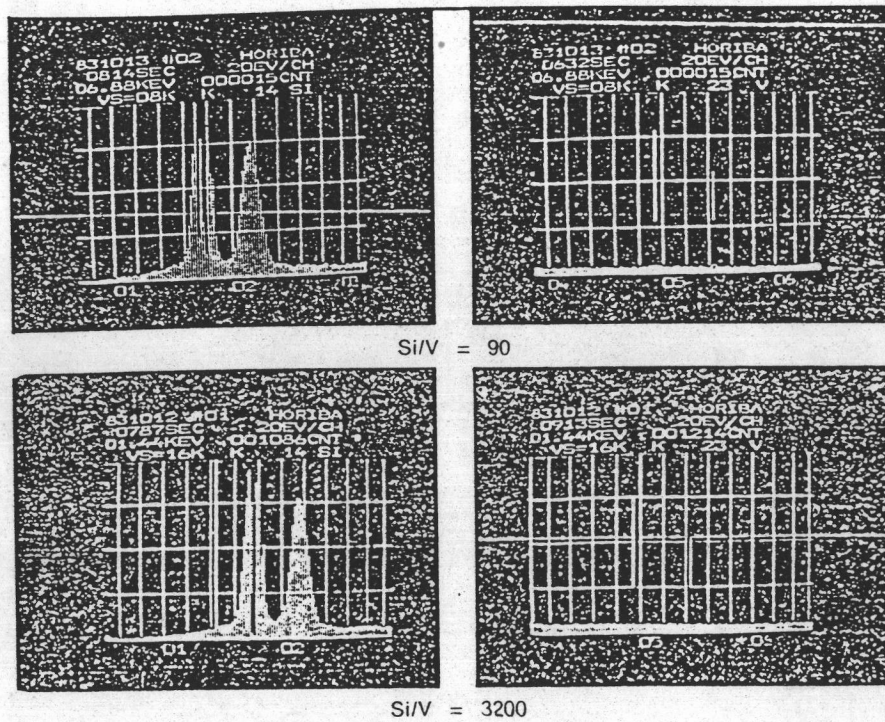
ตัวเร่งปฏิกิริยา	พื้นที่ผิว BET (ตารางเมตร/กรัม)
Na-Si-V (∞)	338.4
H-Si-V (∞)	408.8
H-Si-V (3200)	366.3
H-Si-V (1600)	361.4
Na-Si-V (400)	367.6
H-Si-V (400)	399.4
Na-Si-V (200)	331.0
H-Si-V (200)	405.6
Na-Si-V (90)	296.1
H-Si-V (90)	346.3
Na-Si-V (40)	155.3
H-Si-V (40)	171.8



รูปที่ 2.2 พื้นที่ผิว BET ของ Na-form และ H-form ของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาดีซิลิเกต (4)

2.2.2 การวิเคราะห์ธาตุที่อยู่บนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา (7)

จากการศึกษาโดยใช้เครื่อง EMAX ซึ่งมีหลักการง่าย ๆ ของเครื่องมือคือ ใช้ลำแสงอิเล็กตรอนฉายลงบนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ลำแสงที่ออกมาสามารถบอกถึงธาตุต่าง ๆ ที่อยู่บนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาดังในรูปที่ 2.3 สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกตที่ Si/V เท่ากับ 90 และ 3200 พบว่าไม่มีธาตุวานาเดียมอยู่ที่ผิวของผลึกเลย



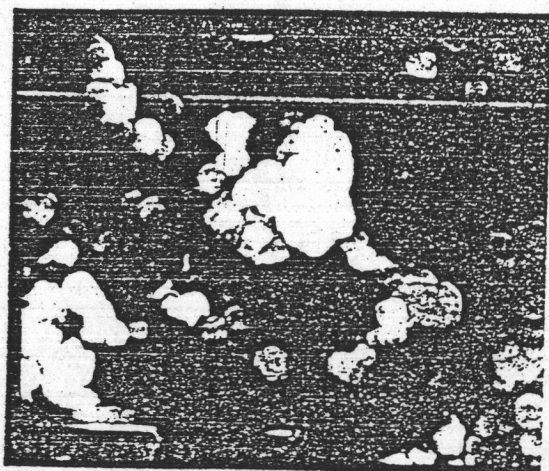
รูปที่ 2.3 แสดงผลจาก EMAX ของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกตที่ Si/V เท่ากับ 90 และ 3,200 (7)

2.2.3 การศึกษาผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยา (4)

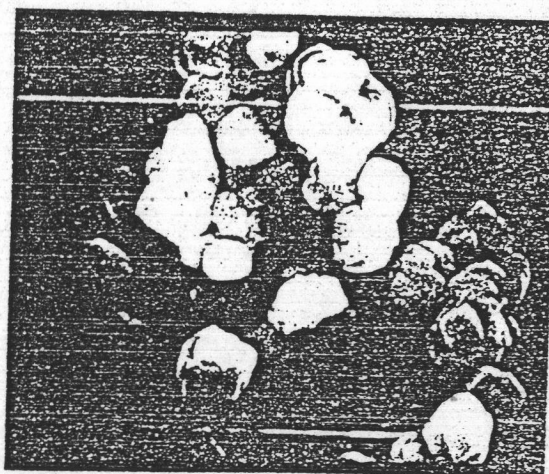
จากการศึกษาพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีอัตราส่วนของ Si/V เท่ากับ ∞ , 200 และ 90 จะต่างกันในรูปแบบลักษณะภายนอกเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยา Si/V = 40 มีรูปลักษณะผลึกคล้ายหกเหลี่ยม และไม่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนซึ่งแตกต่างจากกลุ่มแรกมาก ดังนั้นพอสรุปได้ว่าขนาดของรูและช่องว่างภายในตัวเร่งปฏิกิริยา Si/V = 40 ไม่เหมาะกับปฏิกิริยาที่เปลี่ยน เมธานอล เป็นน้ำมัน เบนซินสังเคราะห์ ดังรูปที่ 2.4, 2.5, 2.6 และ 2.7 ซึ่งแสดงผลการตรวจผลึกโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) นอกจากนั้นการศึกษาโดยใช้ X-Ray Diffraction (XRD) ดังรูปที่ 2.8 พอสรุปได้ว่าวานาเดียมไอออนและซิลิคอนไอออนรวมกันเป็นรูปผลึก ยกเว้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีค่า Si/V = 40 เกิดพีค (Peak) ของวานาเดียมออกไซด์ขึ้น

รูปที่ 2.4 รูปถ่าย SEM ของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี $S_i/V = \infty$ ที่กำลังขยายในช่วง
3,000 - 10,000 เท่า (4)

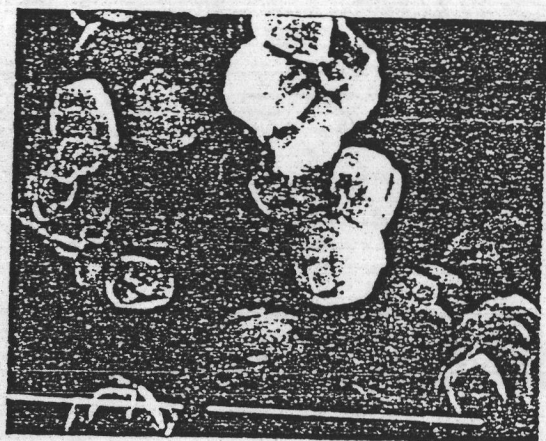
1x3,000



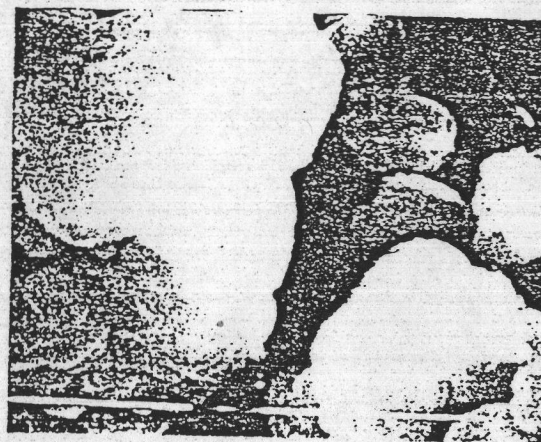
1x5,000



1x7,000

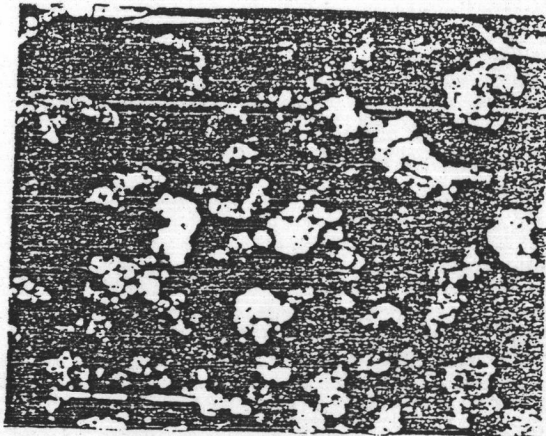


1x10,000

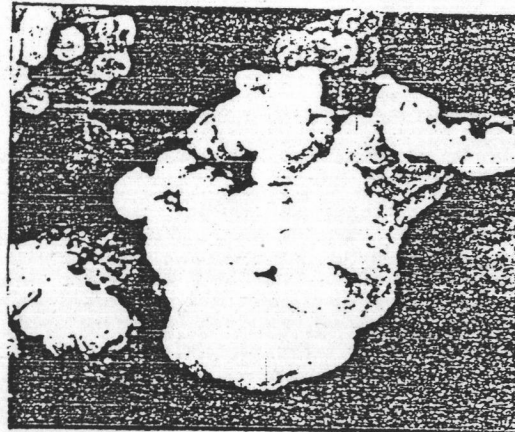


รูปที่ 2.5 รูปถ่าย SEM ของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี $S i / V = 200$ ที่กำลังขยายในช่วง
500 - 7,000 เท่า (4)

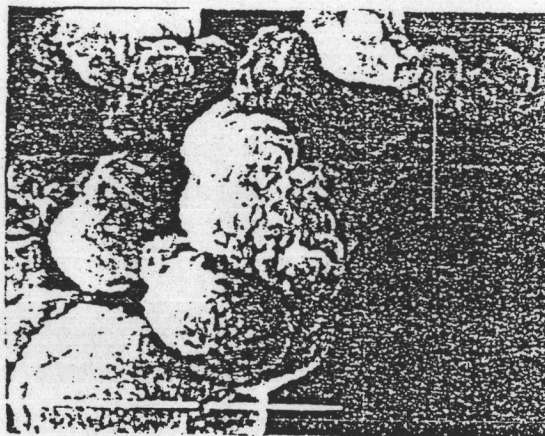
1x500



1x3,000

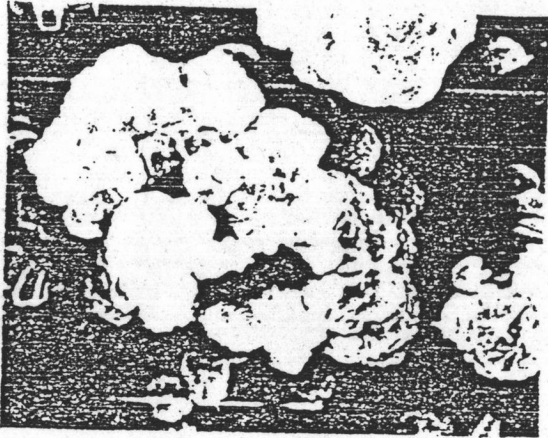


1x7,000

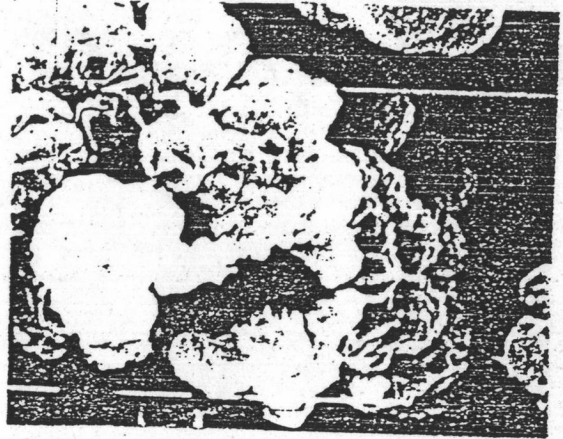


รูปที่ 2.6 รูปถ่าย SEM ของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี $S i / V = 90$ ที่กำลังขยายในช่วง
5,000 - 10,000 เท่า (4)

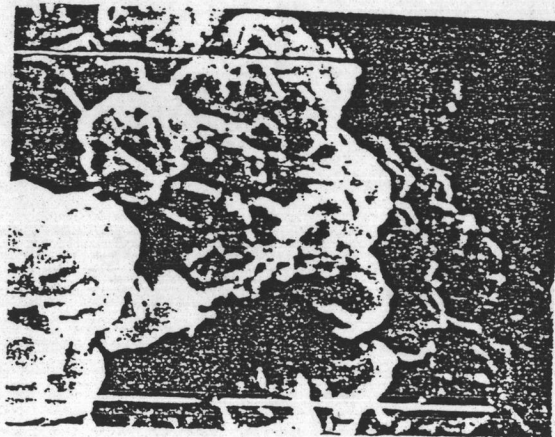
1x5,000



1x7,000

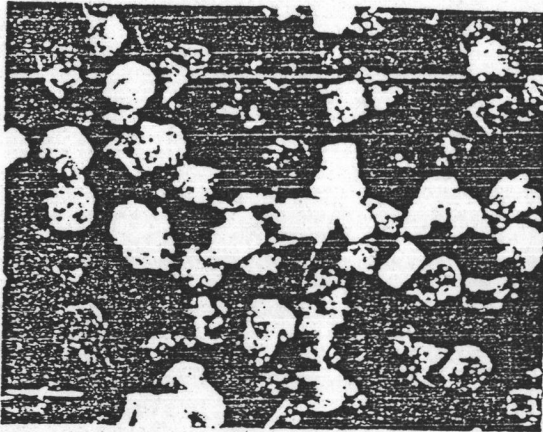


1x10,000

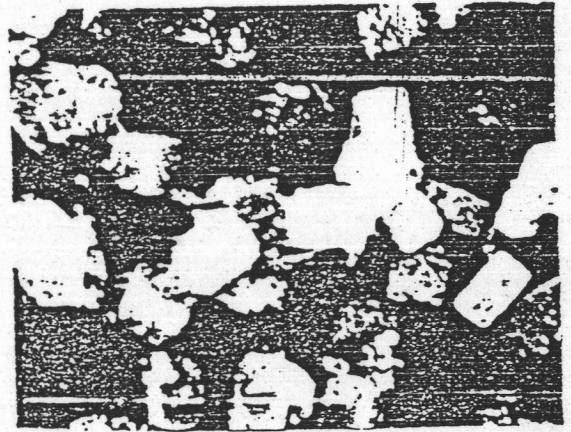


รูปที่ 2.7 รูปถ่าย SEM ของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี $S i / V = 40$ ที่กำลังขยายในช่วง
3,000 - 10,000 เท่า (4)

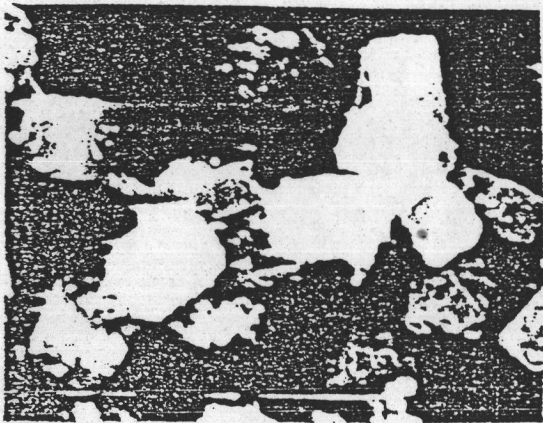
1x3,000



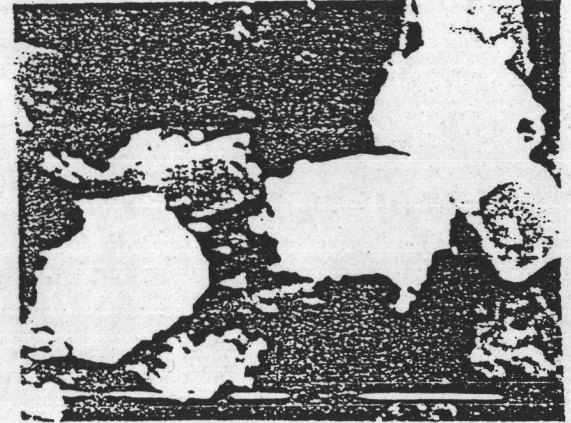
1x5,000

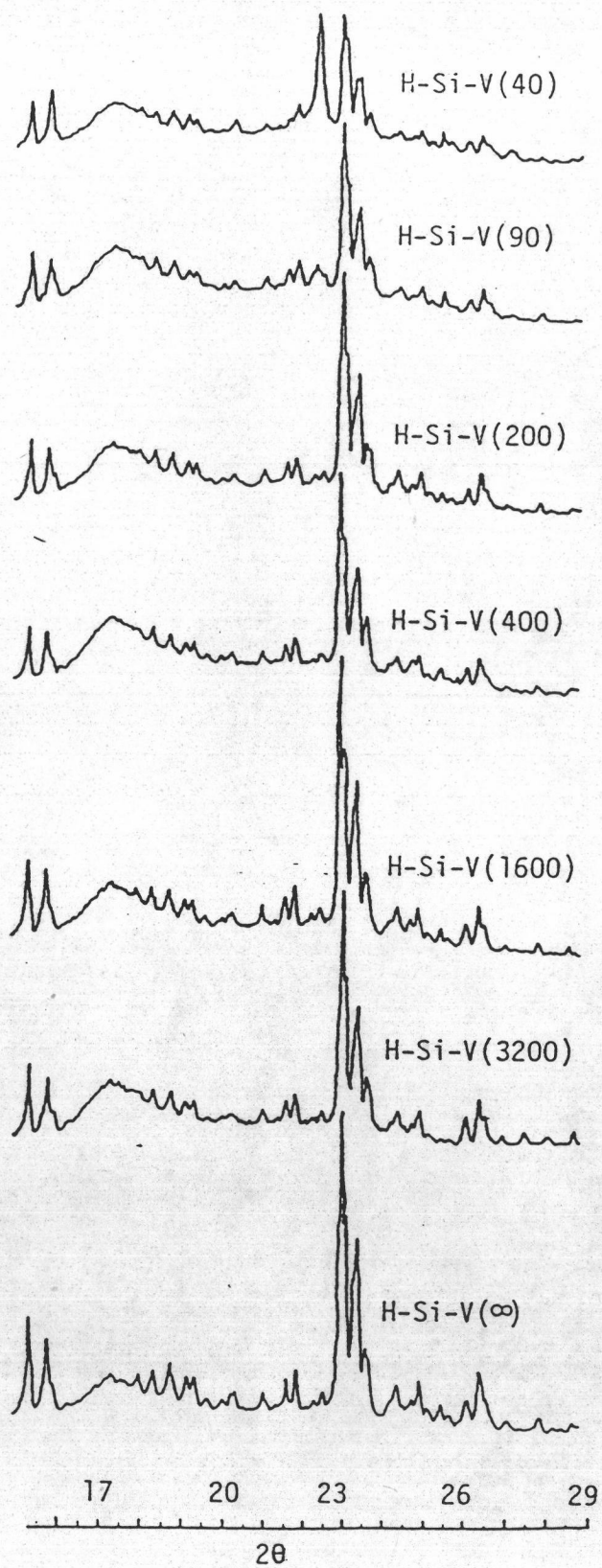


1x7,000



1x10,000





รูปที่ 2.8 การศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาวานาไดซิล.เคตโดยใช้ XRD (4)

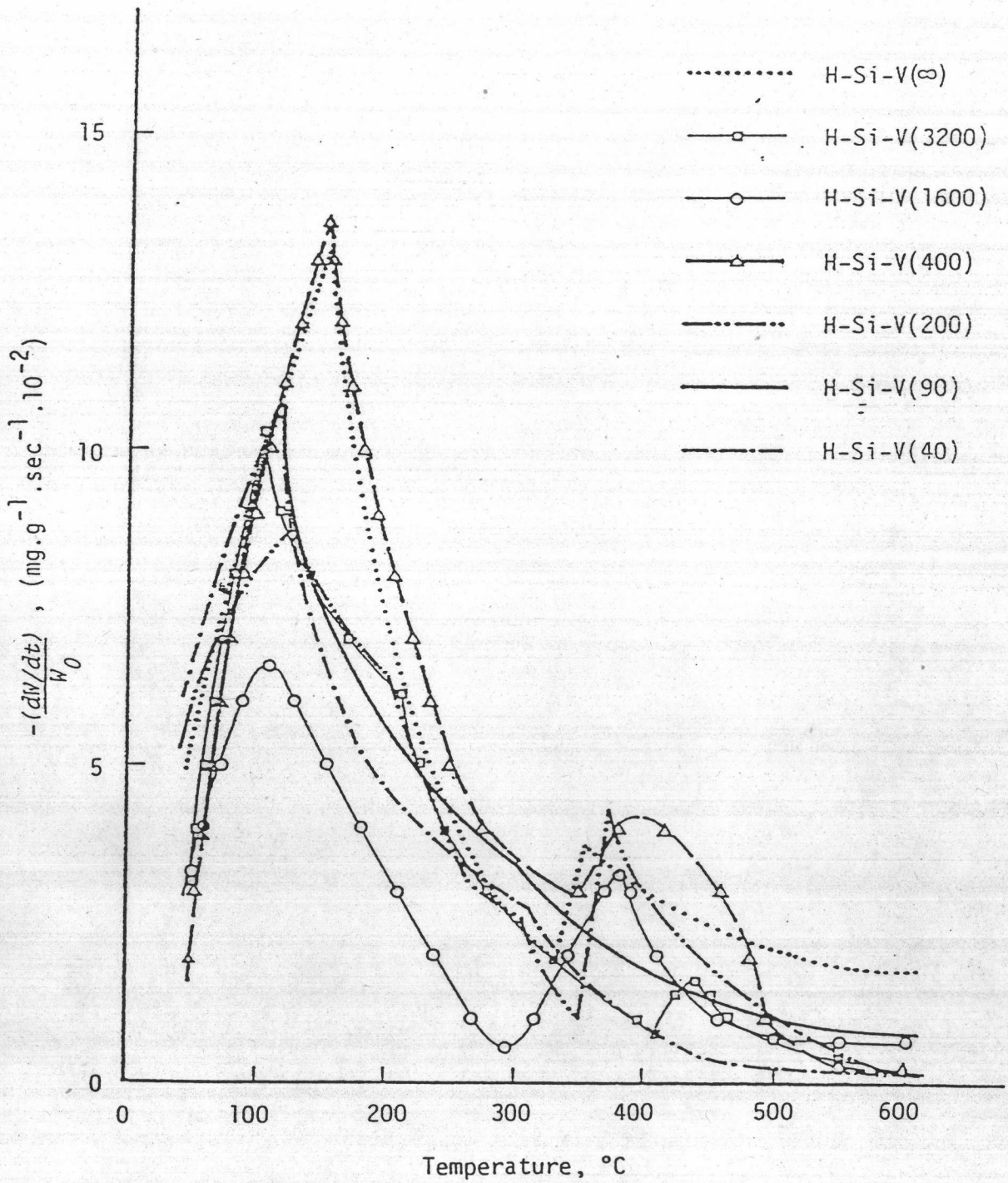
2.2.4 คุณสมบัติความเป็นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยา (Acidity of catalysts) (4)

จากการศึกษาโดยการผ่านก๊าซแอมโมเนียลงบนตัวเร่งปฏิกิริยา ก๊าซแอมโมเนียที่ถูกดูดไว้แสดงถึงค่าความเป็นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยา จากรูปที่ 2.9 ระหว่างอุณหภูมิ 300 ถึง 600 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีอัตราส่วน Si/V จาก ∞ ถึง 200 มีพื้นที่ของแอมโมเนียที่คายออกมาจากการดูดซับใหญ่กว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีค่า Si/V = 90 และ 40 นั้น แสดงว่าในช่วงอุณหภูมินี้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีค่า Si/V จาก ∞ ถึง 200 มีค่าความเป็นกรดสูงกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีค่า Si/V = 90 และ 40 นั้นย่อมาหมายความว่ามีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา (activity) สูงกว่า

2.3 ผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมทานอลเป็นก๊าซโซลีนบนตัวเร่งปฏิกิริยา วานาไดซิลิเกต (4)

2.3.1 ผลของอัตราส่วนของ Si/V ต่อความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติการสังเคราะห์เลือก

ตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.10 แสดงผลกระทบที่เกิดจากอัตราส่วนของ Si/V ต่อการกระจายของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าการกระจายของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างจะคงที่เมื่อค่าของ Si/V มีค่าสูงกว่า 400 และเมื่อศึกษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นถึง 360 องศาเซลเซียส การกระจายของผลิตภัณฑ์ก็ยังมีรูปแบบเดียวกับที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส. แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงมีค่าสูงขึ้นดังตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.11 จากรูปที่ 2.10 และ 2.11 พบว่าคุณสมบัติการเลือกสารโอลิฟินที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 2-4 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ Si/V มีค่าต่ำกว่า 400 และสรุปได้ว่าการที่อัตราส่วน Si/V มีค่าต่ำเกินไปความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมทานอลเป็นก๊าซโซลีนมีค่าลดลง ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับปฏิกิริยาซีโอไลท์อื่น ๆ (4) โดยอิทธิพลของวานาเดียมในเมทัลโลซิลิเกตจะมีผลต่อการแตกตัวของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอมสูงกว่า 5 อะตอม และสารอโรมาติกเป็นสารโอลิฟินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ



รูปที่ 2.9 กราฟ TPD (NH_3) ของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกต (4)

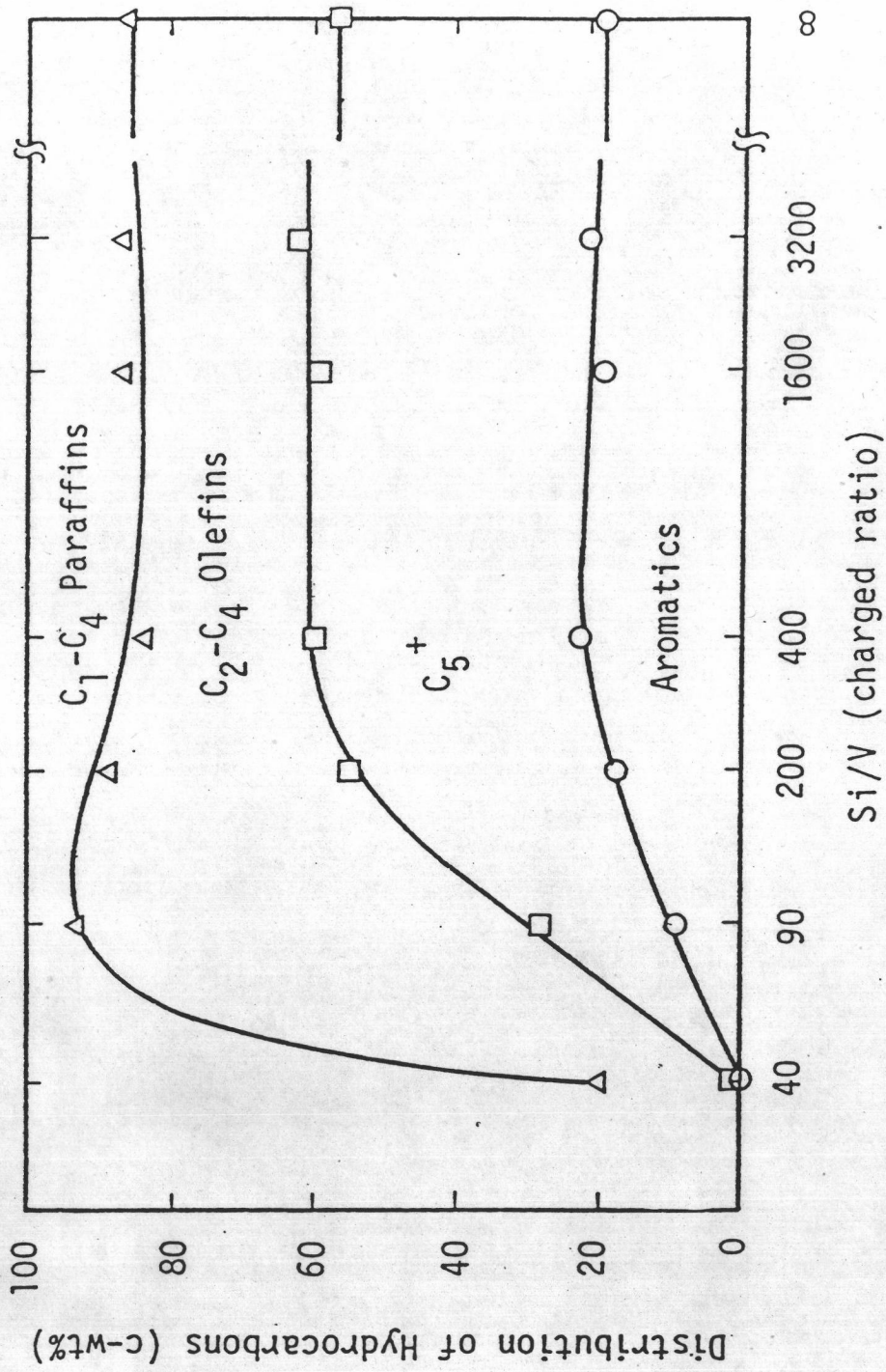
ตารางที่ 2.2 อิทธิพลของอัตราส่วน Si/V ต่อความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์ของตัวเร่งปฏิกิริยาเมทัลโลซีลิกेट

ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส (4)

Si/V (charged ratio) :	∞	3200 ^a	1600	400	200	90	40
MeOH conv. (%) :	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	84.0	33.6
Conv. to H.C (%) :	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	74.3	68.7
c-wt% C ₂ -C ₄ (olefins) :	29.8	24.7	27.1	23.8	33.0	65.7	19.3
C ₅ ⁺ :	39.5	39.7	39.8	36.2	37.0	18.2	0.3
Aromatics :	17.6	21.9	19.8	23.1	17.8	9.4	-

a : data from Inui, T., et al, 52th CSS meeting, 1983, preprint p. 218

(Reaction condition: SV = 2000 h⁻¹, T = 300 °C, 80% N₂, 20% MeOH, 1 h on stream)



รูปที่ 2.10 ผลของอัตราส่วน Si/V ต่อการกระจายของสารไฮโดรคาร์บอน (C-wt %)

(สภาวะของการเกิดปฏิกิริยา : SV = 2.000 ต่อชั่วโมง, อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส,

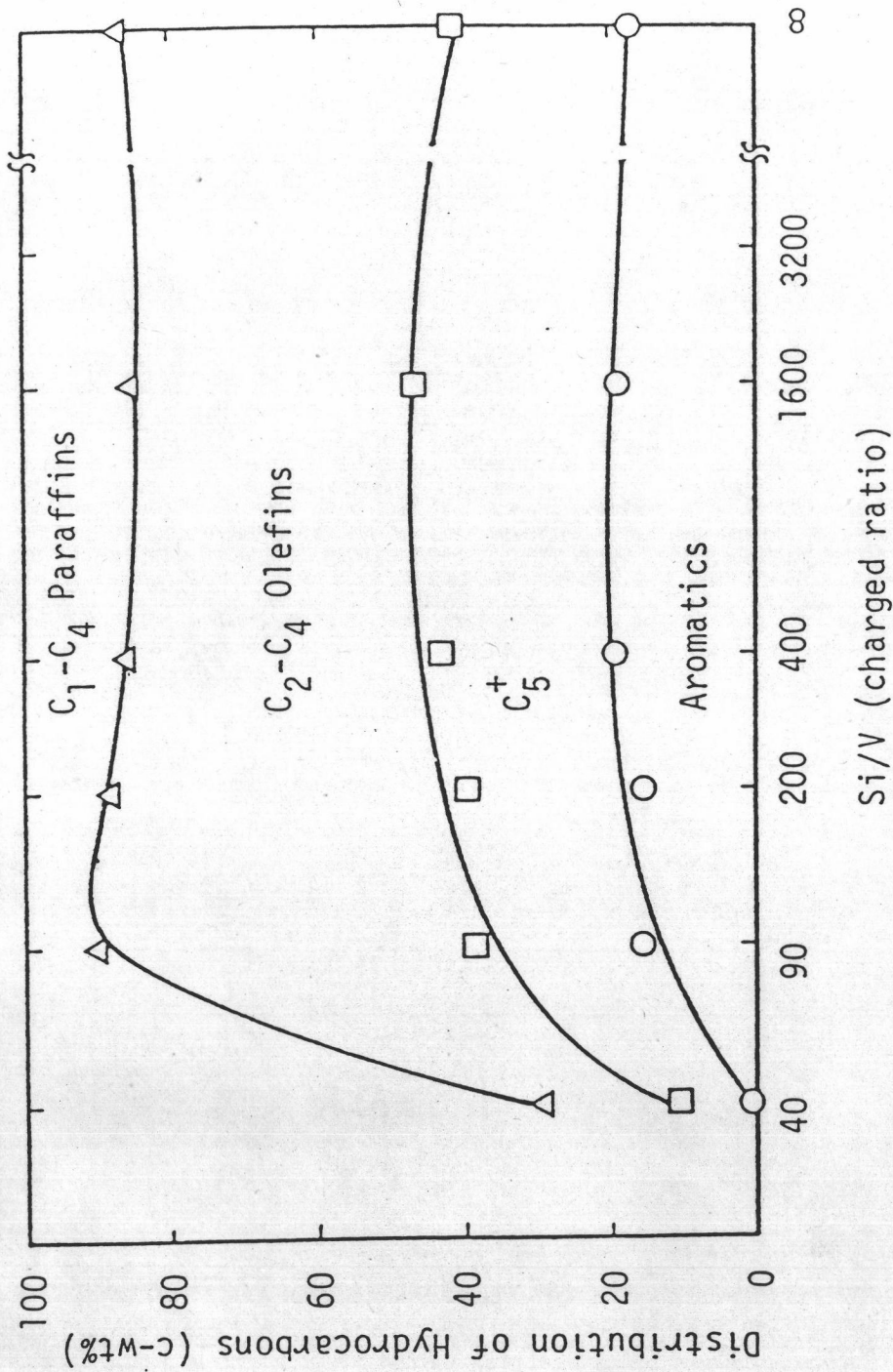
80 % N₂ , 20 % MeOH) (4)

ตารางที่ 2.3 อิทธิพลของอัตราส่วน Si/V ต่อความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

เมทัลไลซ์ที่อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส (4)

Si/V (charged ratio) :	∞	1600	400	200	90	40
MeOH conv. (%) :	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	44.8
Conv. to H.C (%) :	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	85.7
c-wt% C ₂ -C ₄ (olefins) :	45.4	38.5	42.9	48.7	51.2	18.6
C ₅ ⁺ :	24.7	28.0	23.9	24.3	23.2	10.8
Aromatics :	17.1	19.0	19.1	15.2	15.6	0.1

(Reaction condition: SV = 2000 h⁻¹, T = 360 °C, 80% N₂, 20% MeOH, 1 h on stream)



รูปที่ 2.11 ผลของอัตราส่วน Si/V ต่อการกระจายของสารไฮโดรคาร์บอน (C-wt %)

(สภาวะของการเกิดปฏิกิริยา : SV = 2,000 ต่อชั่วโมง, อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส,

80 % N₂, 20 % MeOH) (4)

2.3.2 ผลของความเร็วเชิงสเปซ (space velocity)

ความเร็วเชิงสเปซมีผลต่อการเกิดสารพวกอโรมาติกและสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากับหรือสูงกว่า 5 อะตอมเนื่องจากเมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่าสูงจะทำให้เวลาสัมผัส (contact time) ของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำบนส่วนที่ไวต่อปฏิกิริยา (active site) ในรูและช่องว่างของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง

จากตารางที่ 2.4 และรูปที่ 2.12 แสดงผลของความเร็วเชิงสเปซที่มีต่อตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเคตที่มีอัตราส่วนของ Si/V เท่ากับ 200, 400 และ ∞ พบว่าเมทานอลจะเปลี่ยนเป็นสารไฮโดรคาร์บอนอย่างสมบูรณ์ เมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่าในช่อง 500 ถึง 2,000 ต่อชั่วโมง เมื่อเพิ่มค่าความเร็วให้มากกว่า 4,000 ต่อชั่วโมง อัตราการเปลี่ยนแปลงของเมทานอลเป็นสารไฮโดรคาร์บอนจะลดลงโดยจะเกิดเป็นไดเมทิลอีเทอร์ (dimethyl ether, DME) แทน และสารโอลิฟินที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 2 ถึง 4 จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเร็วเชิงสเปซมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่สารอโรมาติกมีค่าลดลง

2.3.3 ผลของความเข้มข้นของเมทานอล

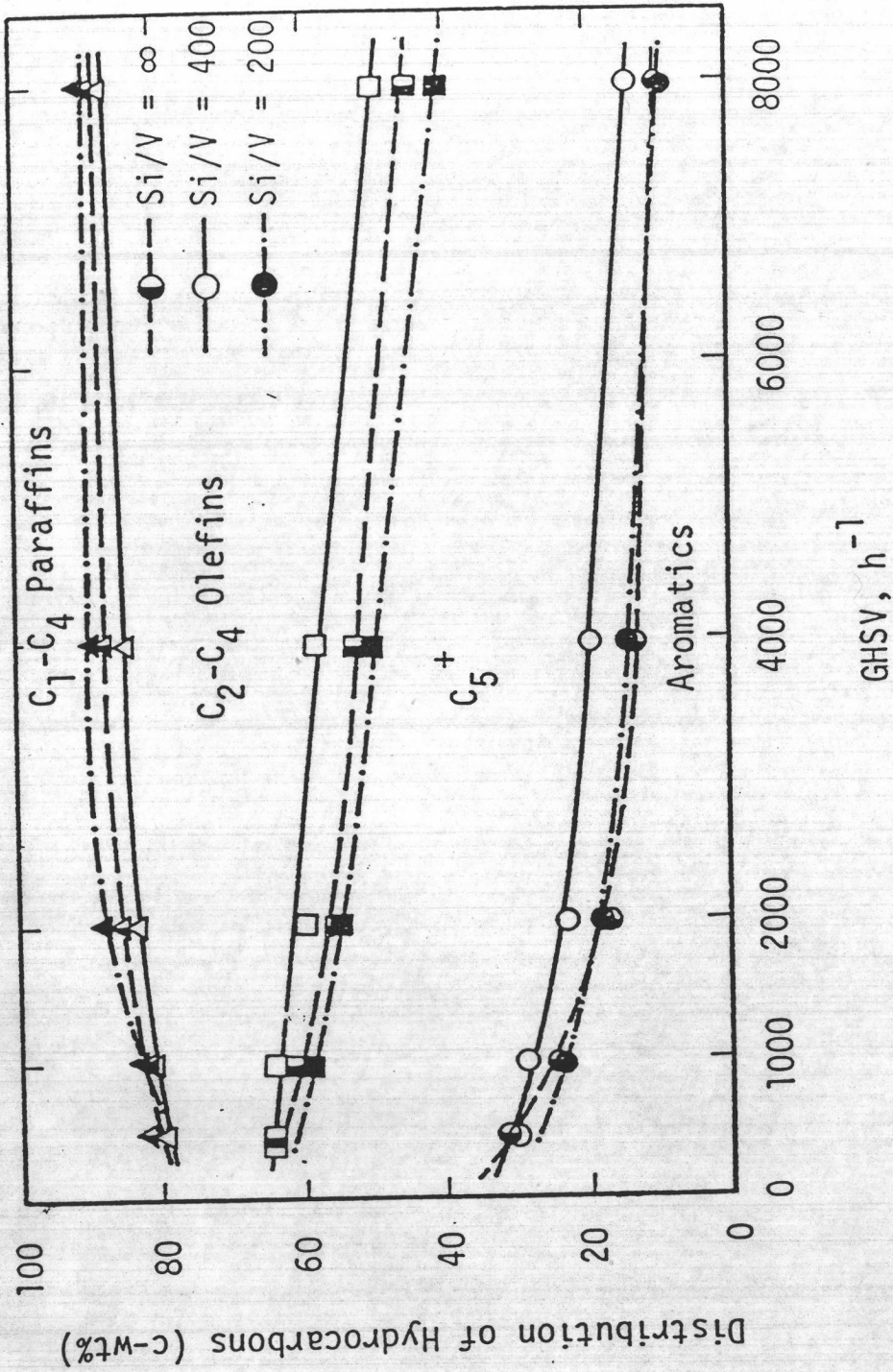
สำหรับอิทธิพลของความเข้มข้นของเมทานอลต่อการกระจายของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมทานอลเป็นก๊าซโซลีน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเคตมีบ้างเล็กน้อยเท่านั้น ในตารางที่ 2.5 และรูป 2.13 แสดงร้อยละของการเปลี่ยนแปลงและการกระจายของผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี Si/V เท่ากับ 1,600

ตารางที่ 2.4 ผลของความเร็วเชิงสเปซต่อความว่างไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์

ของตัวเร่งปฏิกิริยา H-Si-V (∞ , 400, 200) (4)

SV, h ⁻¹	500		1000		2000		4000		8000				
	∞	400	∞	400	∞	400	∞	400	∞	400			
MeOH conv. (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	99.7	97.6	90.3	94.7	90.2
Conv. to H.C (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	100.0	99.4	92.9	96.6	91.7
c-wt% C ₂ -C ₄ (o)	20.6	16.0	18.8	16.1	24.3	23.8	33.0	34.9	27.4	36.8	45.0	35.8	49.6
C ₅ ⁺	32.3	32.7	37.0	36.1	34.6	39.5	37.0	40.6	38.5	37.7	33.3	35.4	30.0
Aromatics	30.7	30.4	24.8	28.9	24.3	17.6	23.1	13.6	19.6	14.6	11.2	15.6	10.8

(Reaction condition: T = 300 °C, 80% N₂, 20% MeOH, 1 h on stream)



รูปที่ 2.12 ผลของความเร็วเชิงสเปซต่อการกระจายของสารไฮโดรคาร์บอน

(สภาวะของการเกิดปฏิกิริยา : อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส, 80 % N₂, 20 % MeOH

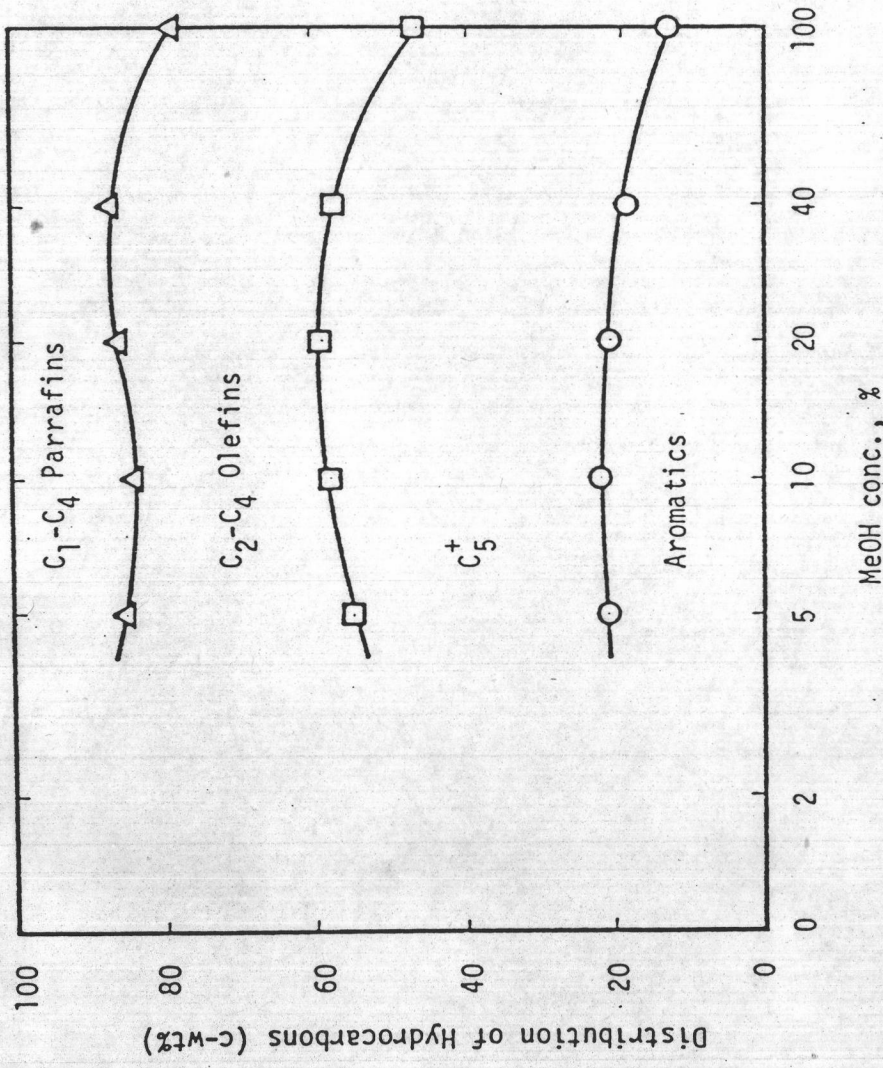
เวลา 1 ชั่วโมง) (4)

ตารางที่ 2.5 ผลของความเข้มข้นของ MeOH ต่อความไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์ของ

ตัวเร่งปฏิกิริยา H-Si-V (1600) (4)

MeOH conc., %	:	5	10	20	40	100
MeOH conv. (%)	:	100.0	100.0	100.0	98.	96.9
Conv. to H.C (%)	:	100.0	100.0	100.0	99.3	90.9
c-wt% C ₂ -C ₄ (o)	:	30.6	26.2	27.1	29.1	32.5
C ₅ ⁺	:	33.7	35.9	39.2	39.0	33.2
Aromatics	:	20.8	21.8	19.8	18.6	12.8

(Reaction condition: SV = 2000 h⁻¹, T = 300 °C, 80% N₂, 20% MeOH)



รูปที่ 2.13 ผลของความเข้มข้นของ MeOH ต่อการกระจายของสารไฮโดรคาร์บอนของตัวเร่งปฏิกิริยา H-Si-V (1600)
(สภาวะของการเกิดปฏิกิริยา : SV = 2,000 ต่อชั่วโมง, อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส) (4)

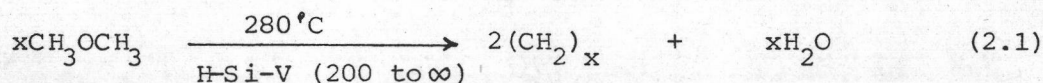
2.3.4 ผลของอุณหภูมิ (4)

อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาและการกระจายของผลิตภัณฑ์ จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกตที่มีค่า Si/V เท่ากับ 1,600 และ 90 โดยมีเงื่อนไขของการทำปฏิกิริยาดังนี้คือ

- ความเร็วเชิงสเปซเท่ากับ 2,000 ต่อชั่วโมง
- ความเข้มข้นของเมทานอลในก๊าซที่เข้ามีค่าเท่ากับร้อยละ 20 โดยปริมาตร

จากตารางที่ 2.6 จะเห็นได้ว่า สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี Si/V = 1,600 นั้น

ในช่วงอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส เมทานอลเปลี่ยนไปเพียงร้อยละ 86.7 ซึ่งผลิตภัณฑ์หลักที่ได้คือ DME ถึงร้อยละ 74.2 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 280 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนของเมทานอลเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 98 ได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นสารไฮโดรคาร์บอนแทนที่จะเป็น DME และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 300 ถึง 370 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลงของเมทานอลเป็นสารไฮโดรคาร์บอนเกิดอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ DME เปลี่ยนเป็นสารไฮโดรคาร์บอนซึ่งสารไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นจาก DME คือสารโอลิฟินซึ่งแสดงปฏิกิริยาไว้ในสมการที่ (2.1)



สารโอลิฟินที่ได้จะเปลี่ยนต่อไปเป็นสารพาราฟินและอโรมาติก และในช่วงอุณหภูมิ 300 ถึง 370 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 370 องศาเซลเซียสนั้น จะเกิดการแตกตัวของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 5 อะตอมขึ้นไปทำให้คุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์ของสารโอลิฟินที่มีคาร์บอนอะตอม 2-4 อะตอม มีค่าสูงขึ้น และในขณะเดียวกันคุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์ของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 5 อะตอมขึ้นไปก็จะมีค่าลดลง ดังในรูปที่ 2.14

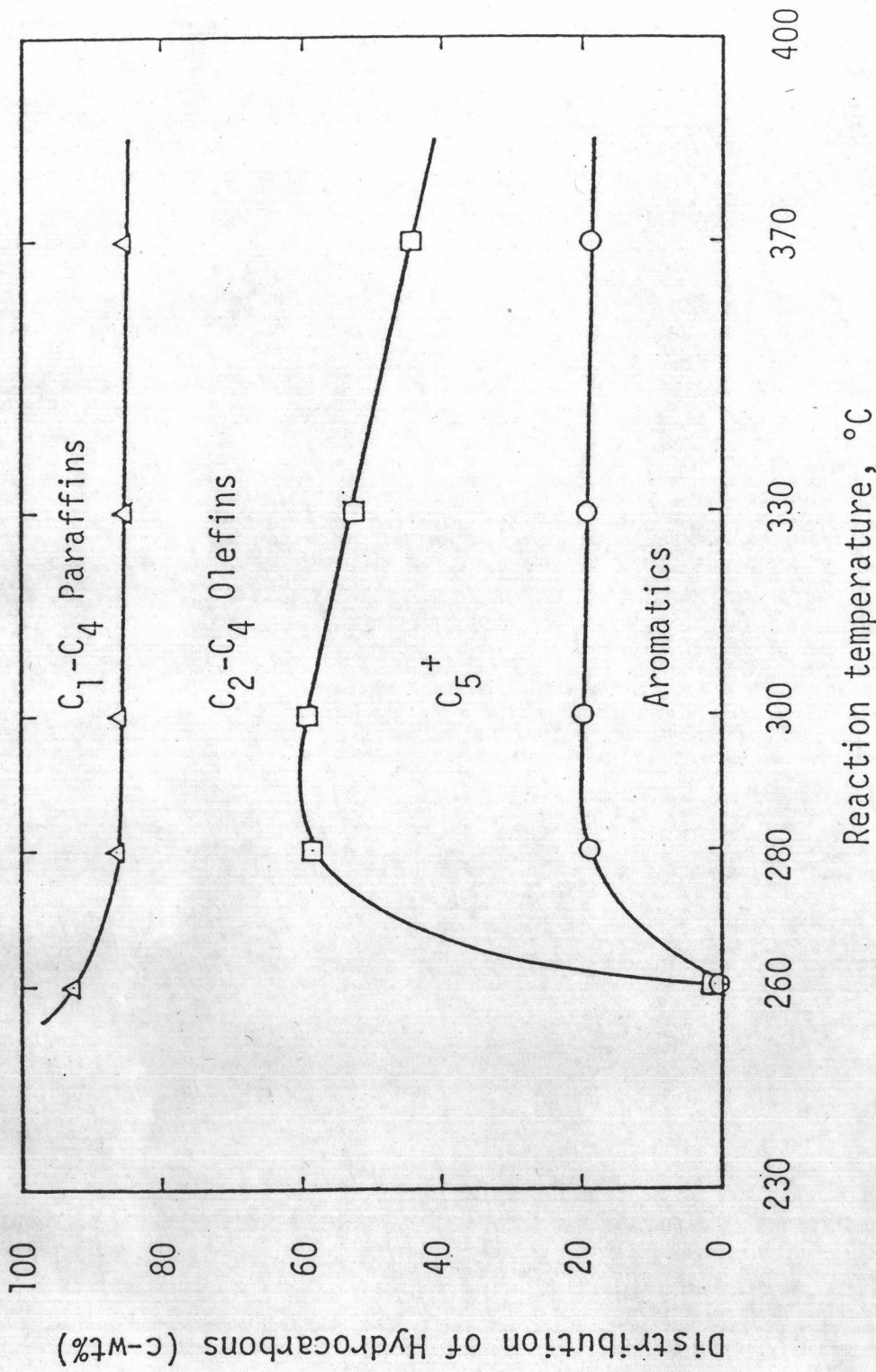
ในกรณีของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเกตที่มี Si/V = 90 ก็มีรูปแบบของการเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่มี Si/V = 1,600 ดังแสดงผลในตารางที่ 2.7 และรูปที่ 2.15

ตารางที่ 2.6 ผลของอุณหภูมิต่อความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์ของตัวเร่งปฏิกิริยา

H-Si-V (1600) (4)

Temp., °C	:	260	280	300	330	370
MeOH conv. (%)	:	86.7	98.0	100.0	100.0	100.0
Conv. to H.C (%)	:	25.8	99.2	100.0	100.0	100.0
c-wt% C ₂ -C ₄ (o)	:	92.5	28.0	27.1	32.9	41.1
C ₅ ⁺	:	0.2	39.6	39.2	33.2	25.3
Aromatics	:	0.2	18.9	19.8	19.1	18.9

(Reaction condition: SV = 2000 h⁻¹, 80% N₂, 20% MeOH)

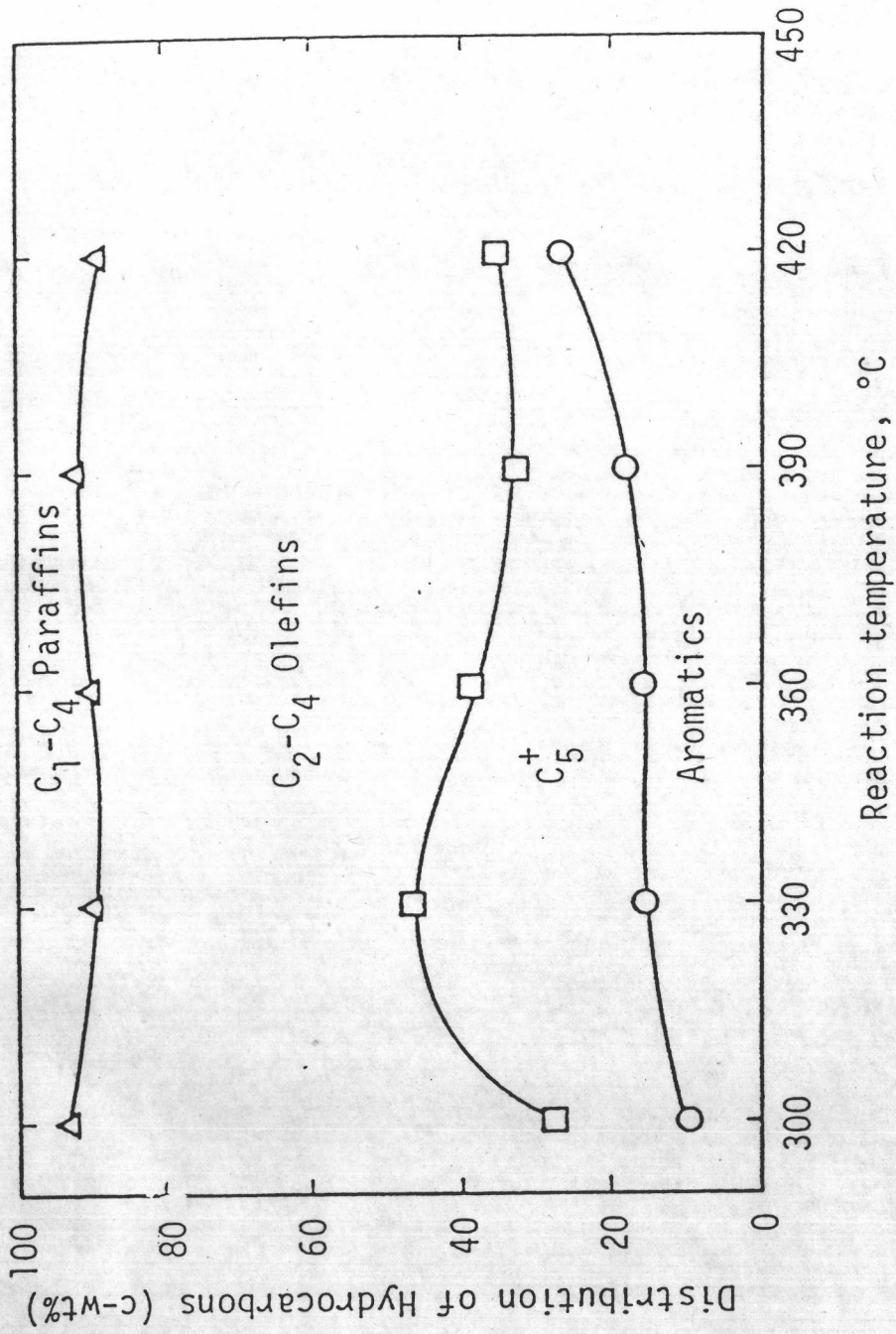


รูปที่ 2.14 ผลของอุณหภูมิต่อการกระจายของสารไฮโดรคาร์บอนของตัวเร่งปฏิกิริยา H-Si-V (1600)
 (สภาวะของการเกิดปฏิกิริยา : SV = 2,000 ต่อชั่วโมง, 80 % N₂, 20 % MeOH) (4)

ตารางที่ 2.7 ผลของอุณหภูมิต่อความไวในการเกิดปฏิกิริยาและคุณสมบัติการเลือกผลิตภัณฑ์
ของตัวเร่งปฏิกิริยา H-S i-V (90) (4)

Temp., :C	:	300	330	360	390	420
MeOH conv. (%)	:	84.0	99.5	100.0	100.0	100.0
Conv. to H.C (%)	:	74.3	100.0	100.0	100.0	100.0
c-wt% C ₂ -C ₄ (o)	:	65.7	43.0	51.2	59.2	53.4
C ₅ ⁺	:	18.2	31.2	23.2	14.6	8.6
Aromatics	:	9.4	15.4	15.6	17.9	26.9

(Reaction condition: SV = 2000 h⁻¹, 80% N₂, 20% MeOH)



รูปที่ 2.15 ผลของอุณหภูมิต่อการกระจายของสารไฮโดรคาร์บอนของตัวเร่งปฏิกิริยา H₂i-V (90)

(สภาวะของการเกิดปฏิกิริยา : SV = 2,000 ต่อชั่วโมง 80 % N₂, 20 % MeOH) (4)