

ปีที่ ๔

ผลการทดลอง



การศึกษาการถ่ายเทมวลสารในระบบฟลูอิดโคเซชันสามสถานะนี้เป็นงานใหญ่ และมีปัญหามากมาย และซับซ้อน จึงต้องอาศัยผลการทดลองจำนวนมากเพื่อมาใช้แก้ปัญหาต่างที่มีอยู่ในระบบ การศึกษาครั้งนี้มีส่วนคล้ายกับการทดลองของ DAMRONGLEK (30) แตกต่างกันอยู่เล็กน้อยที่การทดลองของผู้วิจัยดังกล่าว เป็นการศึกษาถึงการถ่ายเทของก๊าซ ออกซิเจนในน้ำ ส่วนการทดลองนี้ใช้ก๊าซแอมโมเนียดูคกสีนด้วยน้ำ จึงจะใช้ผลงานบางส่วนของผู้วิจัยดังกล่าวมาประยุกต์กับการทดลองครั้งนี้

ตลอดการทดลองนี้ จะคิดว่าปริมาณของ Schmidt number และ Bond number เป็นปริมาณคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เพราะเป็นการทดลองที่มีอุณหภูมิของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สารละลายก็เป็นเพียงน้ำเท่านั้นเอง นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่ผู้ก เป็นสมการยกกำลังของ dimensionless group นั้น สำหรับค่ายกกำลังของ Schmidt number จะใช้ค่า 0.5 ตลอดการทดลองครั้งนี้ ซึ่งค่านี้นักวิทยาศาสตร์หลายคนได้ทำการทดลองหาอิทธิพลของค่านี้ต่อการถ่ายเทของมวลสาร และได้เสนอให้ใช้สำหรับกรณีของก๊าซกับของเหลว

๔.๑ แนวทางการทำการทดลอง

จากภาคทฤษฎีที่ได้ทำการวิเคราะห์ถึงตัวแปรต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในหอทดลอง เกี่ยวกับการถ่ายเทของมวลสาร มีความสอดคล้องกับผลงานทดลองที่ปรากฏในเอกสารอ้างอิงของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ได้ทำการค้นคว้าไว้แล้ว กล่าวคือ ปริมาณของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทของมวลสาร เป็นสัดส่วนแปรผันโดยตรงกับตัวแปรต่างๆ อยู่ในรูปของสมการยกกำลัง อาจเขียนได้สำหรับระบบฟลูอิดโคเซชันสามสถานะที่มีการไหลหมุนเวียนของน้ำแบบต่อเนื่องดังนี้

$$Sh = a_{17} Fr^{m_1} \left(\frac{D}{H}\right)^{m_4} Re_L^{m_5} Sc^{0.5} \left[1 + a_{16} \left(\frac{v_s}{v_p}\right)^{m_7} Mv^9 \left(\frac{H}{D}\right)^{m_8} Ga^{m_{10}} \right] \quad (86)$$

ส่วนเทอมของ $\frac{D^3}{\mu_L^2} \frac{L^2}{g}$ และ Bond number เป็นค่าคงที่รวมอยู่ใน

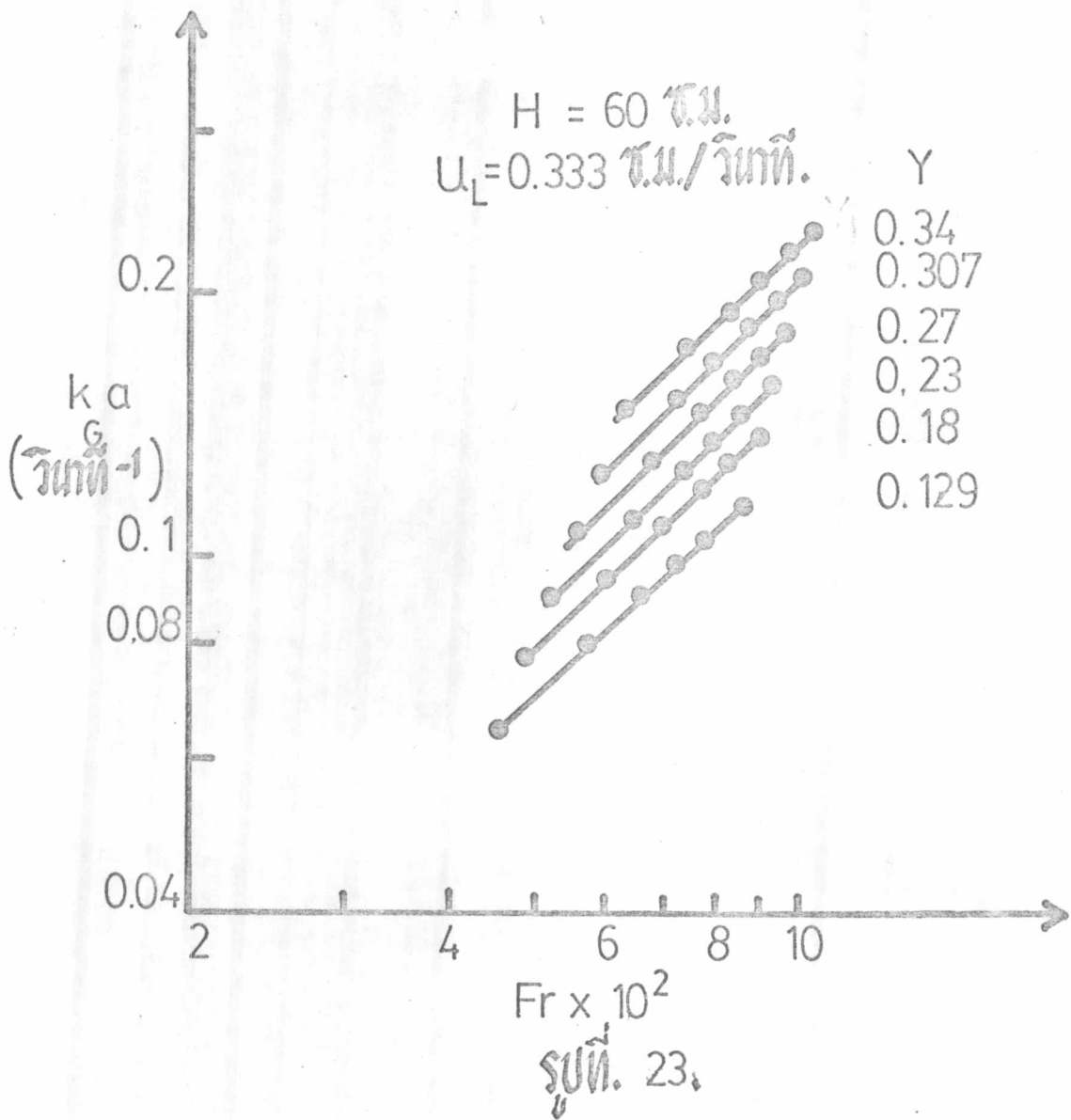
a_{17} แล้ว

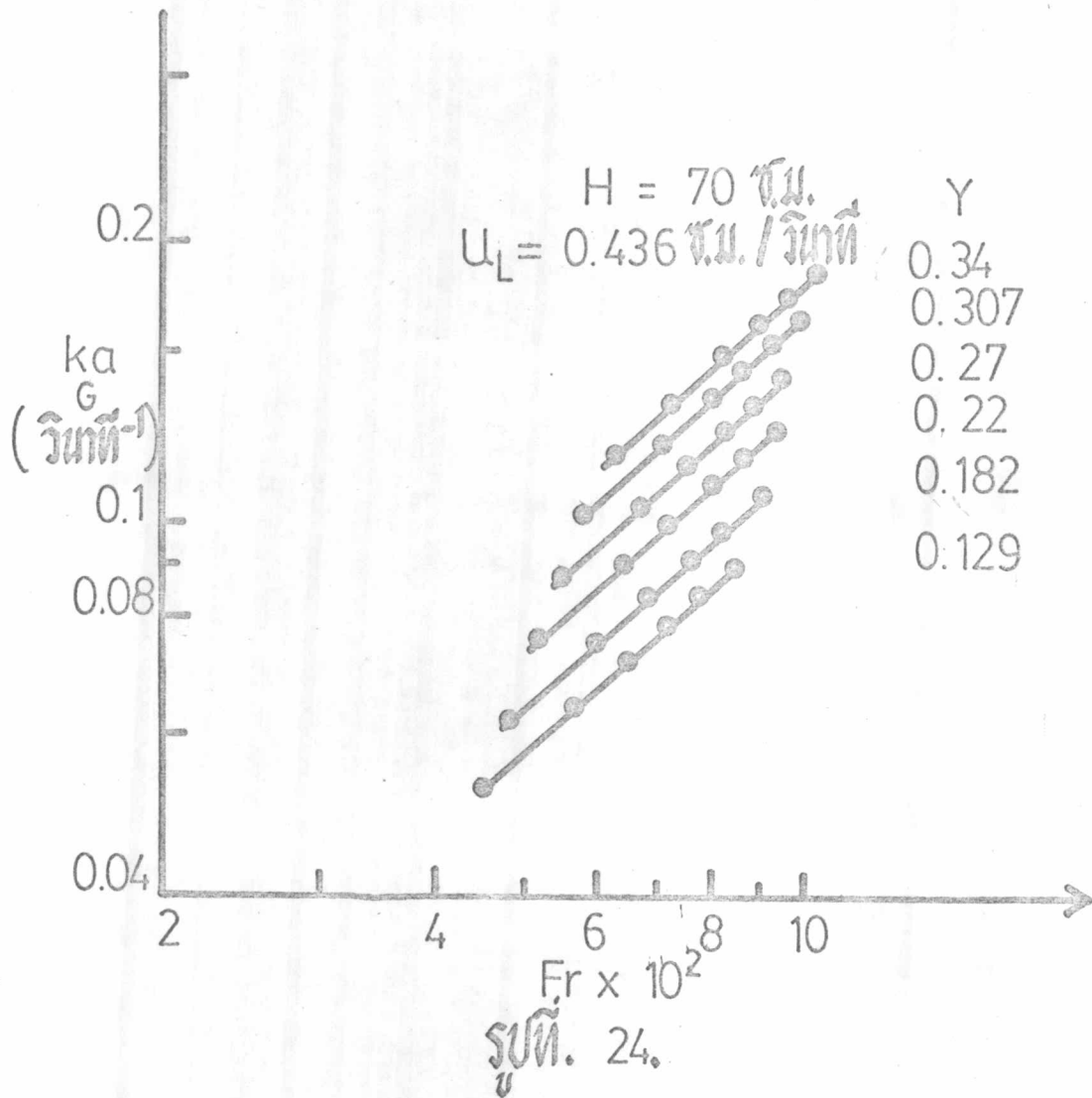
๔.๒ อธิพจน์ของ Froude number (Fr)

การทดลองหาอิทธิพลของ Froude number นี้ จะต้องพยายามรักษาระดับความสูงของเบคให้คงที่ โดยมีการไหลของน้ำผ่านเข้ามาในทอทดลองด้วยความเร็วอันหนึ่ง สิ่งที่เป็นปัญหาสำคัญคือการเพิ่มอัตราความเร็วของก๊าซผสม ทุกครั้งที่เปลี่ยนความเร็วของก๊าซผสมจะต้องทำการปรับความเร็วของอากาศและแอมโมเนียควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้ความเข้มข้นของก๊าซผสมเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

๔.๒.๑ ผลการทดลอง

มีทั้งหมด ๑๒ อนุกรม การทดลองแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกกระทำที่ความสูงของเบค ๖๐ ซม ความเร็วของน้ำ ๐.๓๓๓ ซม ต่อวินาที มี ๖ อนุกรม แต่ละอนุกรมมีความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนียแตกต่างกันออกไป กลุ่มที่สองกระทำที่ความสูงของเบค ๗๐ ซม ความเร็วของน้ำ ๐.๔๓๖ ซม. ต่อวินาที มี ๖ อนุกรมเช่นกัน แต่ละอนุกรมก็มีความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนียแตกต่างกันไป เมื่อนำผลการทดลองมา plot ในมาตราส่วน logarithmics ระหว่าง $k_G a$ และ F_r รูปที่ ๒๓ และ ๒๔ พบว่าจุดที่ได้จากการทดลองของแต่ละอนุกรมเรียงตัวกันเป็นเส้นตรงและขนานกัน ความชันของเส้นตรงเหล่านี้คำนวณได้จาก least square method ค่าที่คำนวณได้รวบรวมไว้ในตารางที่ ๔ ดังนี้





ตารางที่ ๕

$U_L = 0.436 \text{ ซม./วินาที} ; H = 70 \text{ ซม}$		$U_L = 0.333 \text{ ซม./วินาที} H = 60 \text{ ซม}$	
y	ความชัน	y	ความชัน
0.129	0.876	0.129	0.871
0.182	0.892	0.182	0.884
0.228	0.883	0.228	0.924
0.270	0.890	0.270	0.927
0.307	0.908	0.307	0.915
0.340	0.906	0.340	0.909

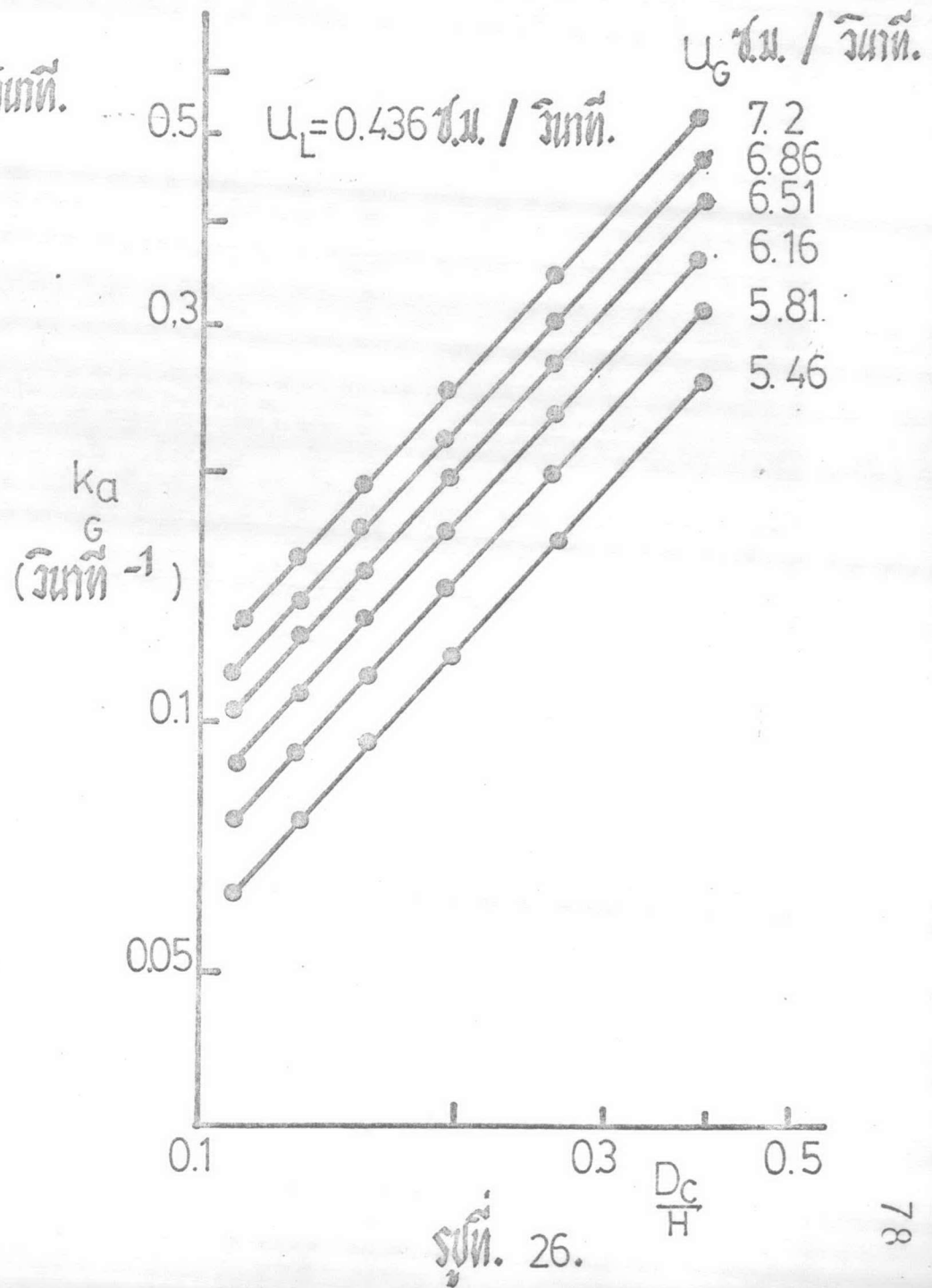
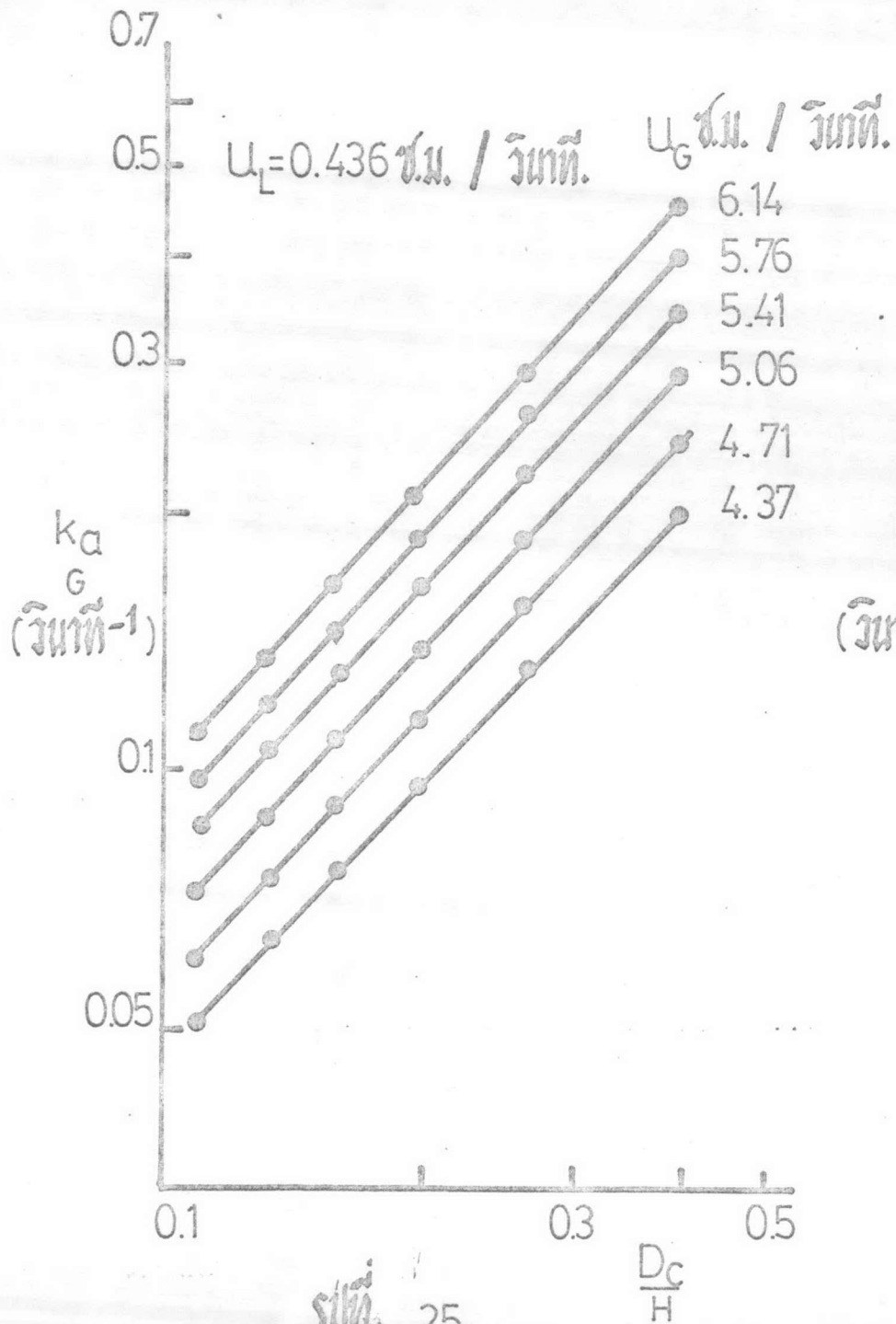
ค่าเฉลี่ยของความชันประมาณ ๐.๘๘๘ ความผิดพลาดที่เกิดจากการทดลองต่างจากค่าเฉลี่ยนี้ไม่เกินร้อยละ ๓.๕

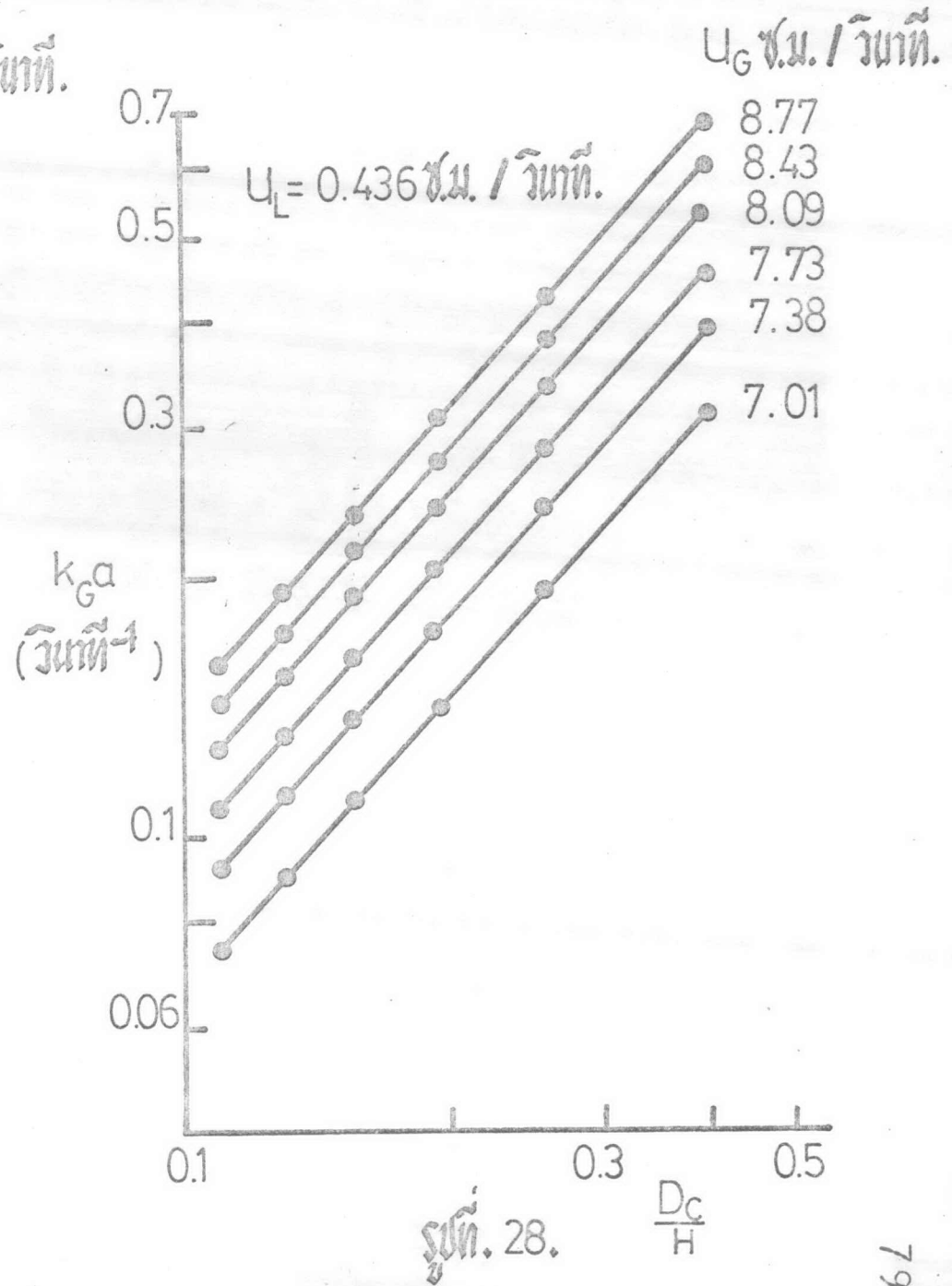
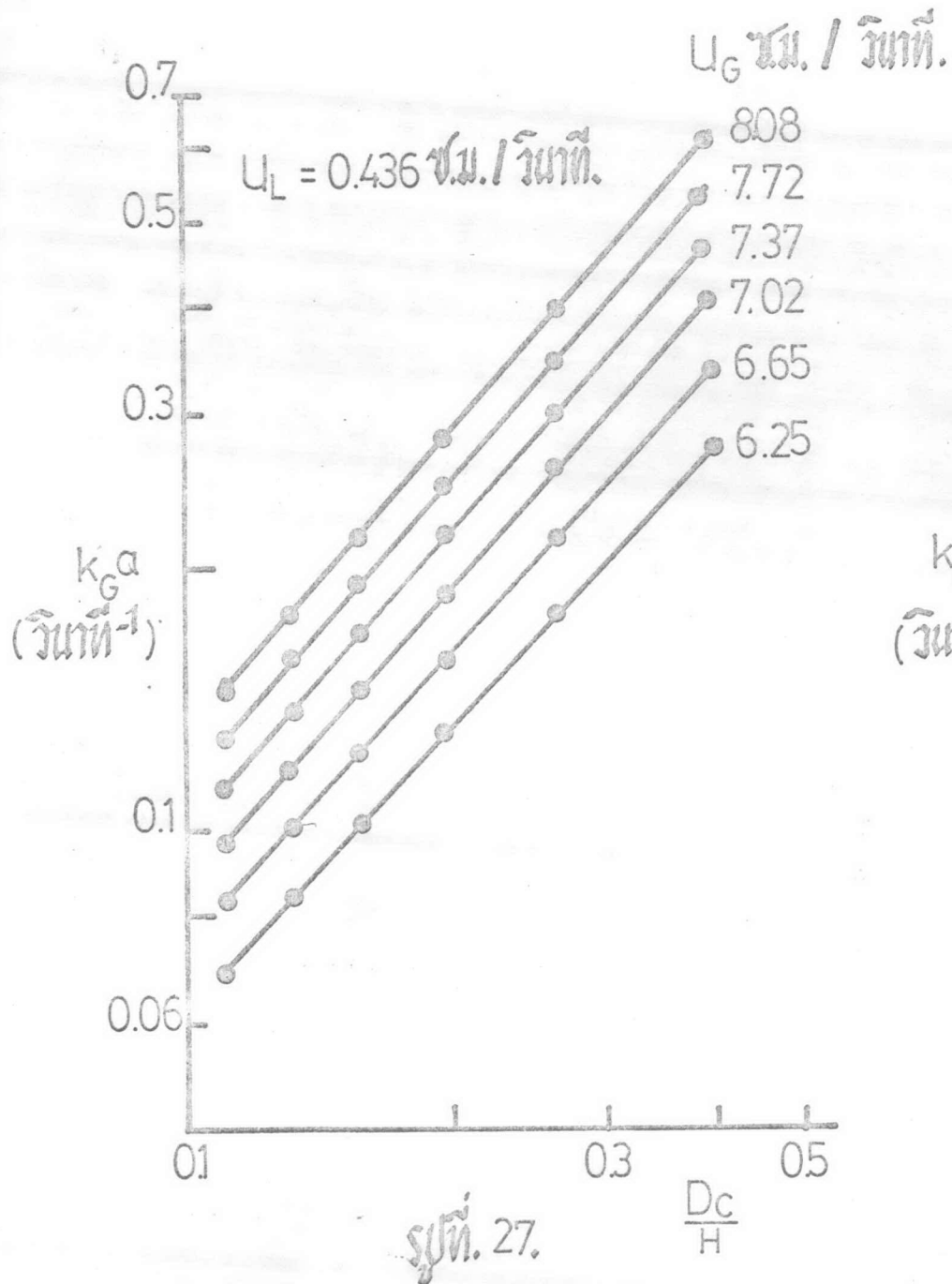
๔.๓ อิทธิพลของความสูงของเบตหรือกลุ่ม $\frac{D_C}{H}$

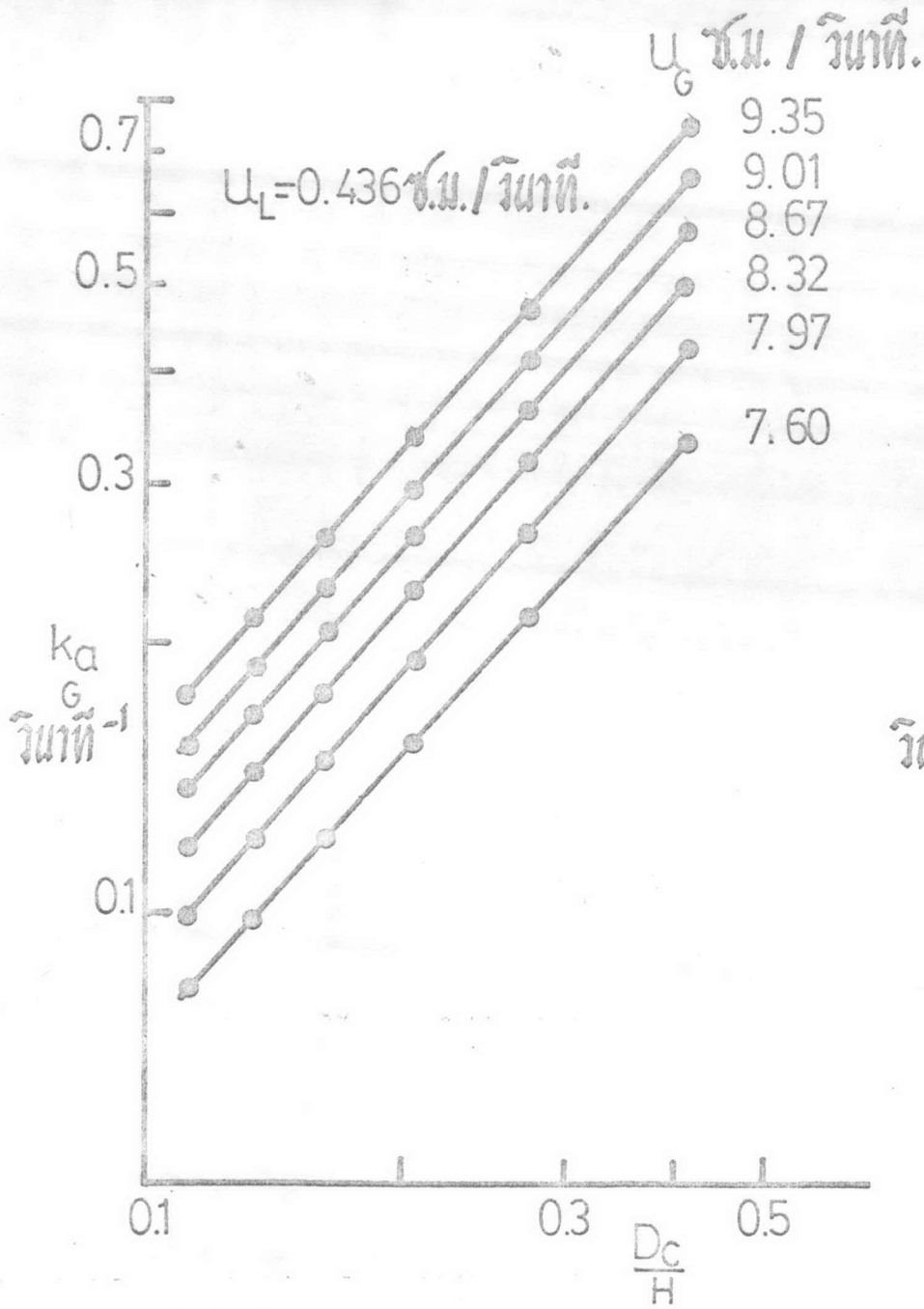
ในครั้งนี้นำทำการทดลองด้วยความเร็วกับความเข้มข้นของก๊าซผสมที่มีค่าคงที่ในแต่ละอนุกรม นอกจากนี้แล้วยังต้องปรับให้ความเร็วของน้ำมีค่าคงที่ด้วย การทดลองเพียงแต่ขยายความสูงของเบตให้มากขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงความสูงของเบตที่ต้องการ

๔.๓.๑ ผลการทดลอง

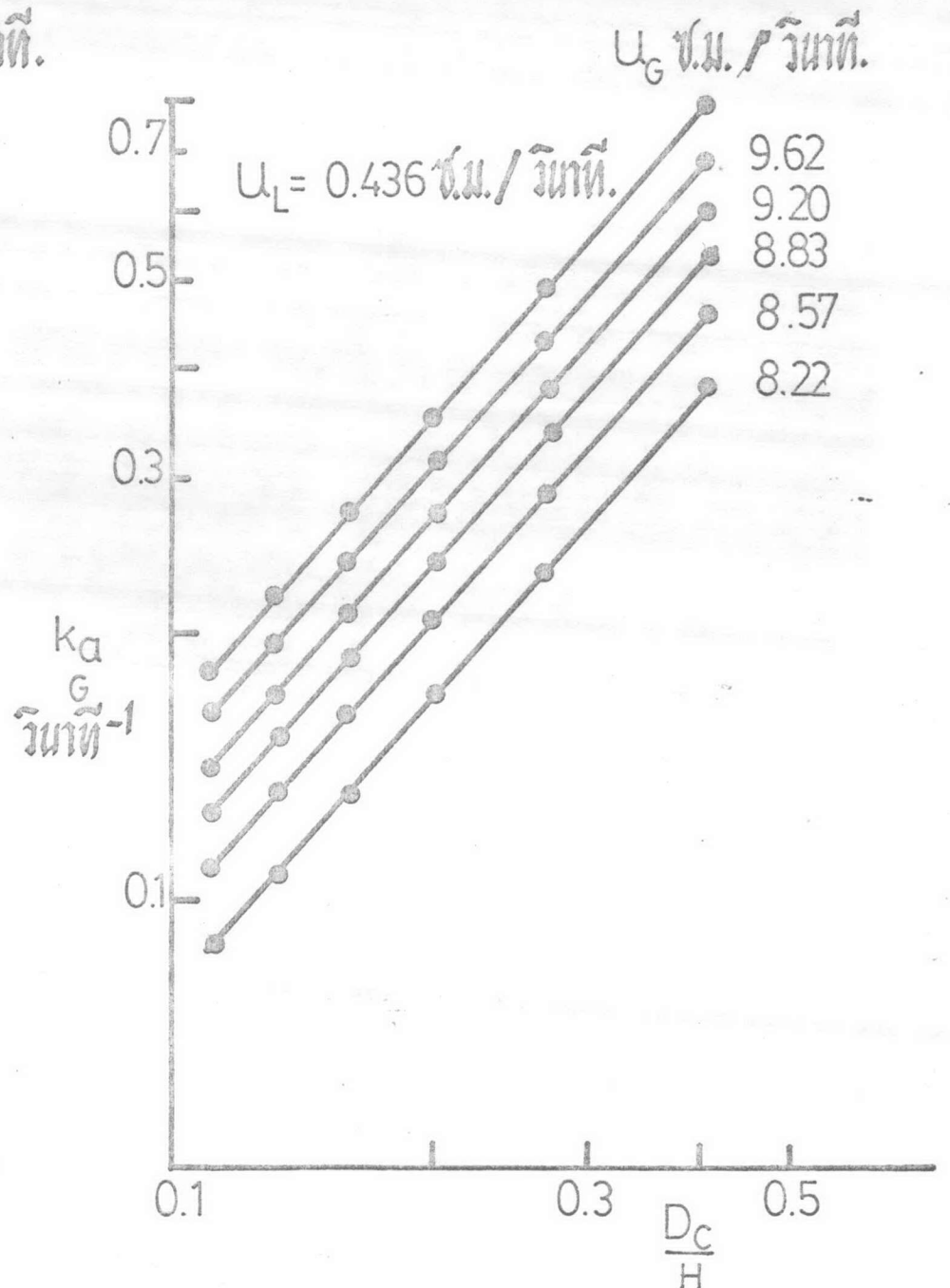
มีทั้งหมด ๗๒ อนุกรมแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกทำการทดลองด้วยความเร็วของน้ำ ๐.๔๒๖ ซม.ต่อวินาที ตั้งในรูปที่ ๒๕ ถึง ๓๐ กลุ่มที่สองทำการทดลองด้วยความเร็วของน้ำ ๐.๓๓๓ ซม.ต่อวินาที ตั้งในรูปที่ ๓๑ ถึง ๓๖ ซึ่งได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทมวลสารกับส่วนกลับความสูงของเบต พบว่า ผลการทดลอง



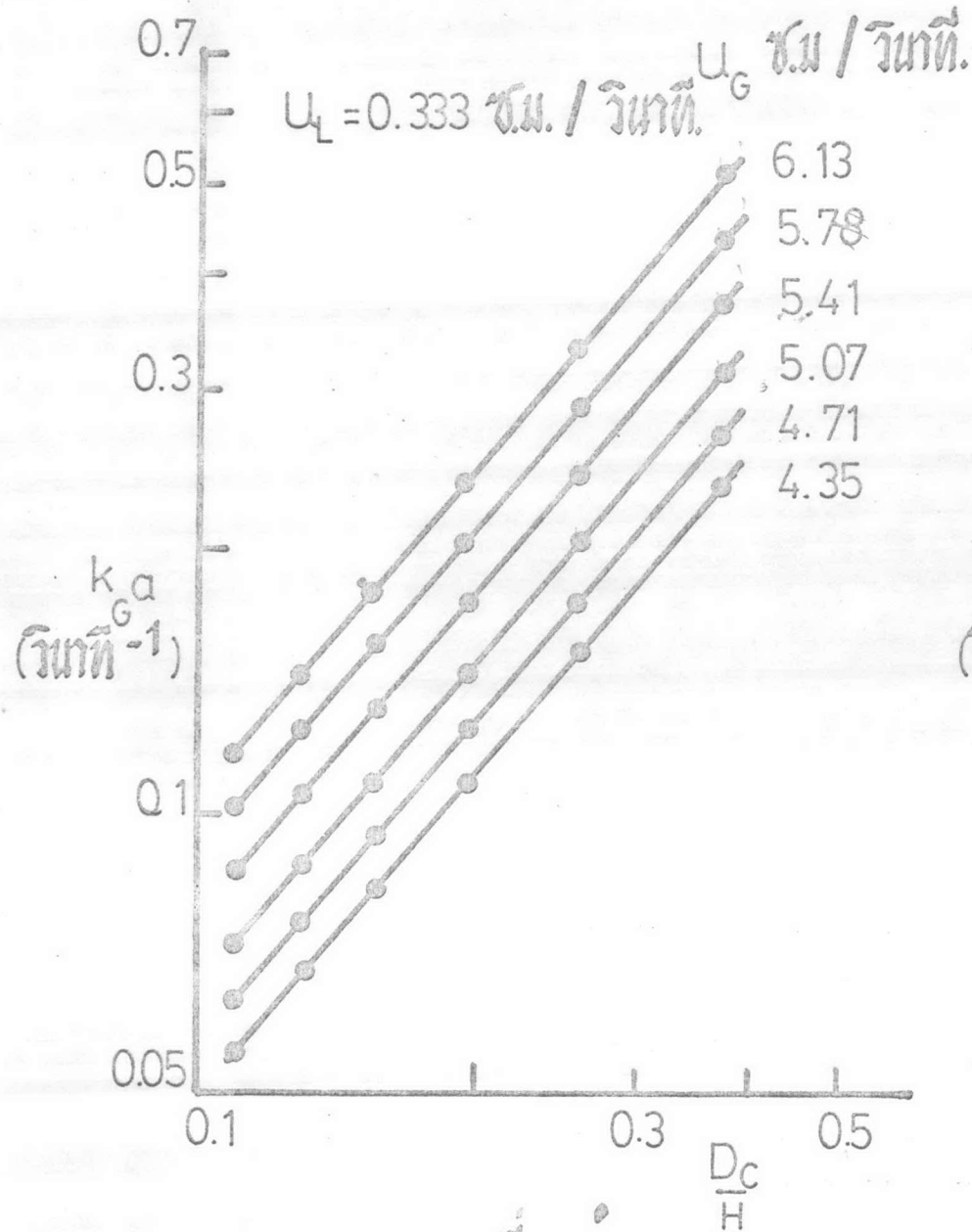




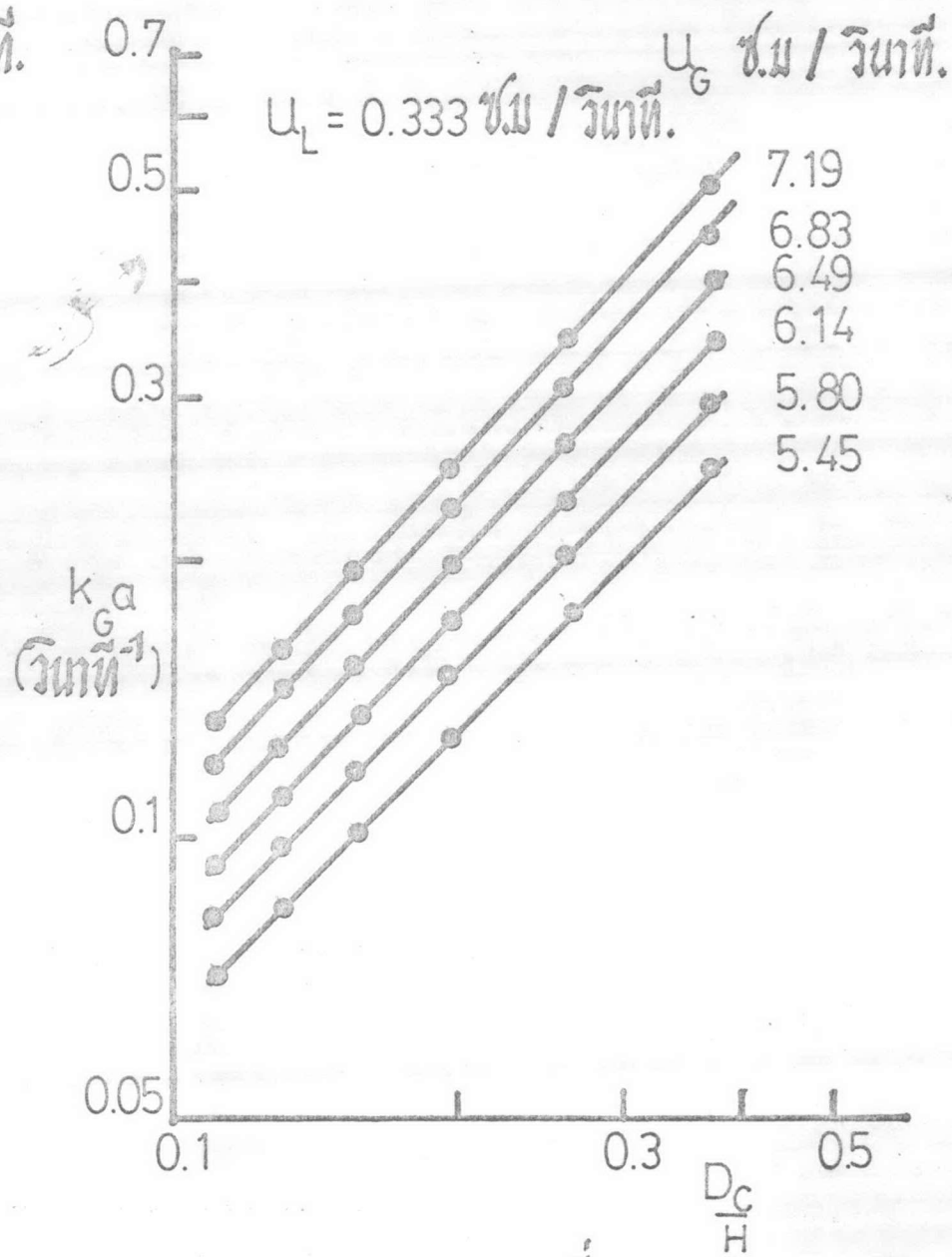
รูปที่. 29.



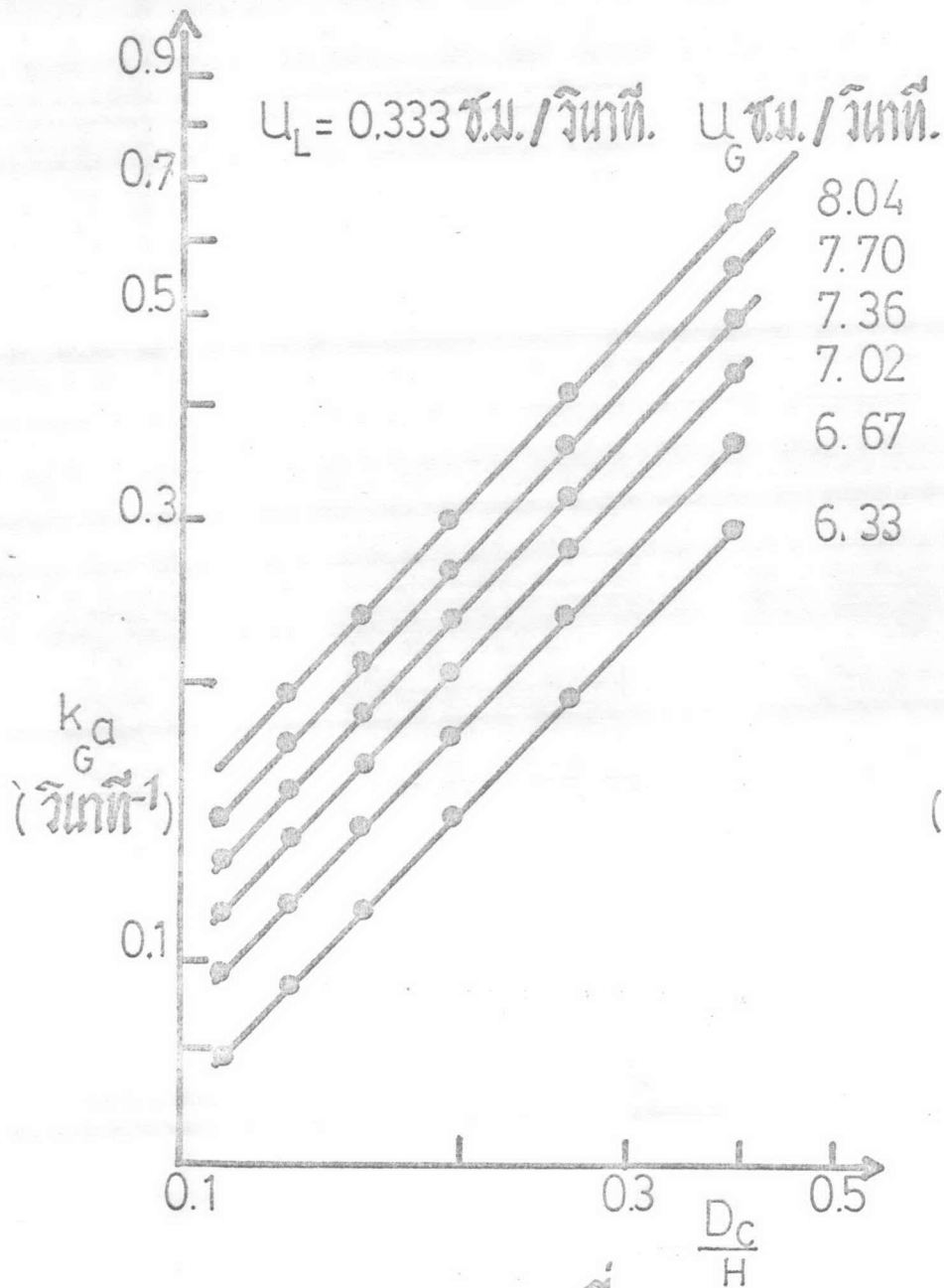
รูปที่. 30.



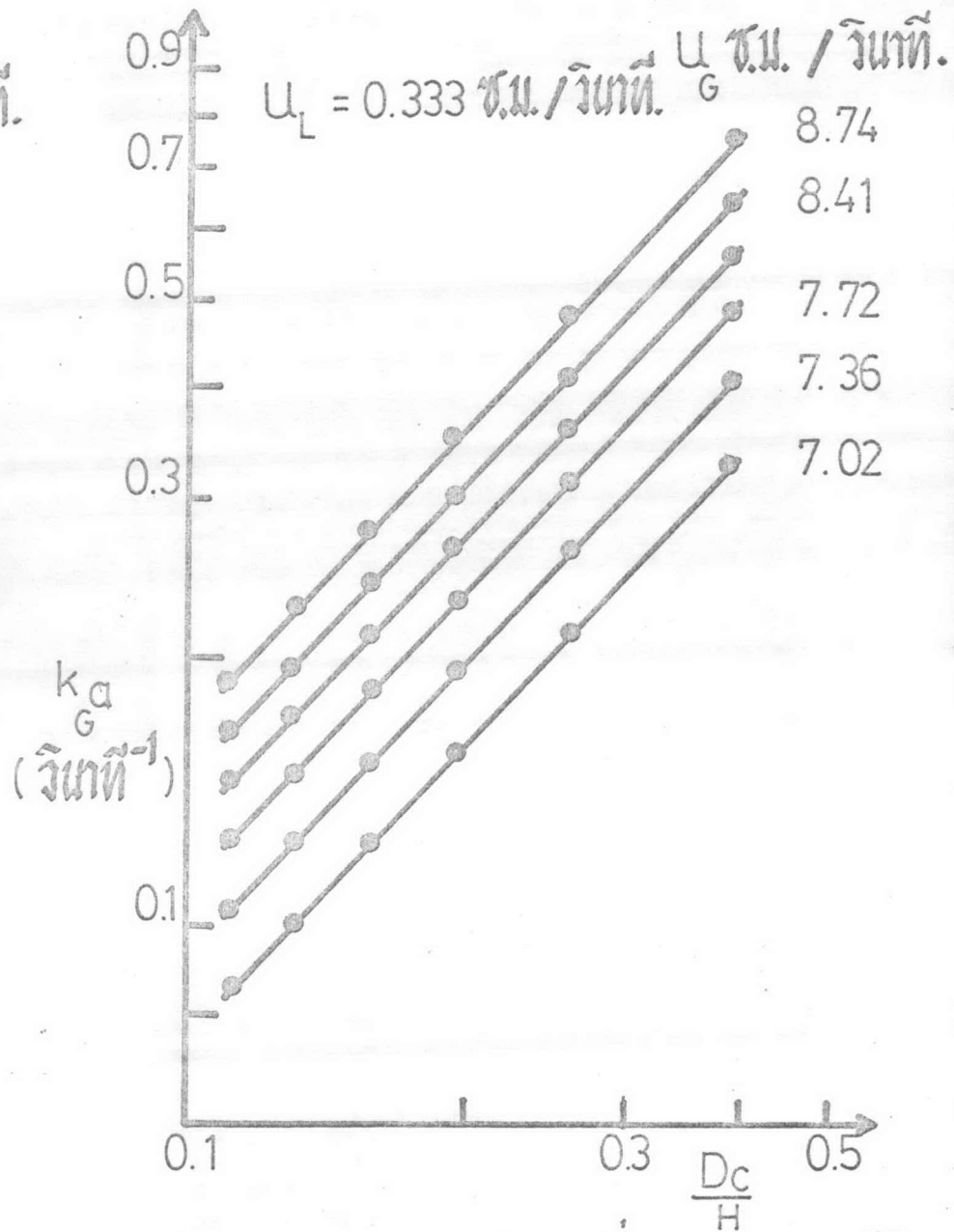
รูปที่. 31.



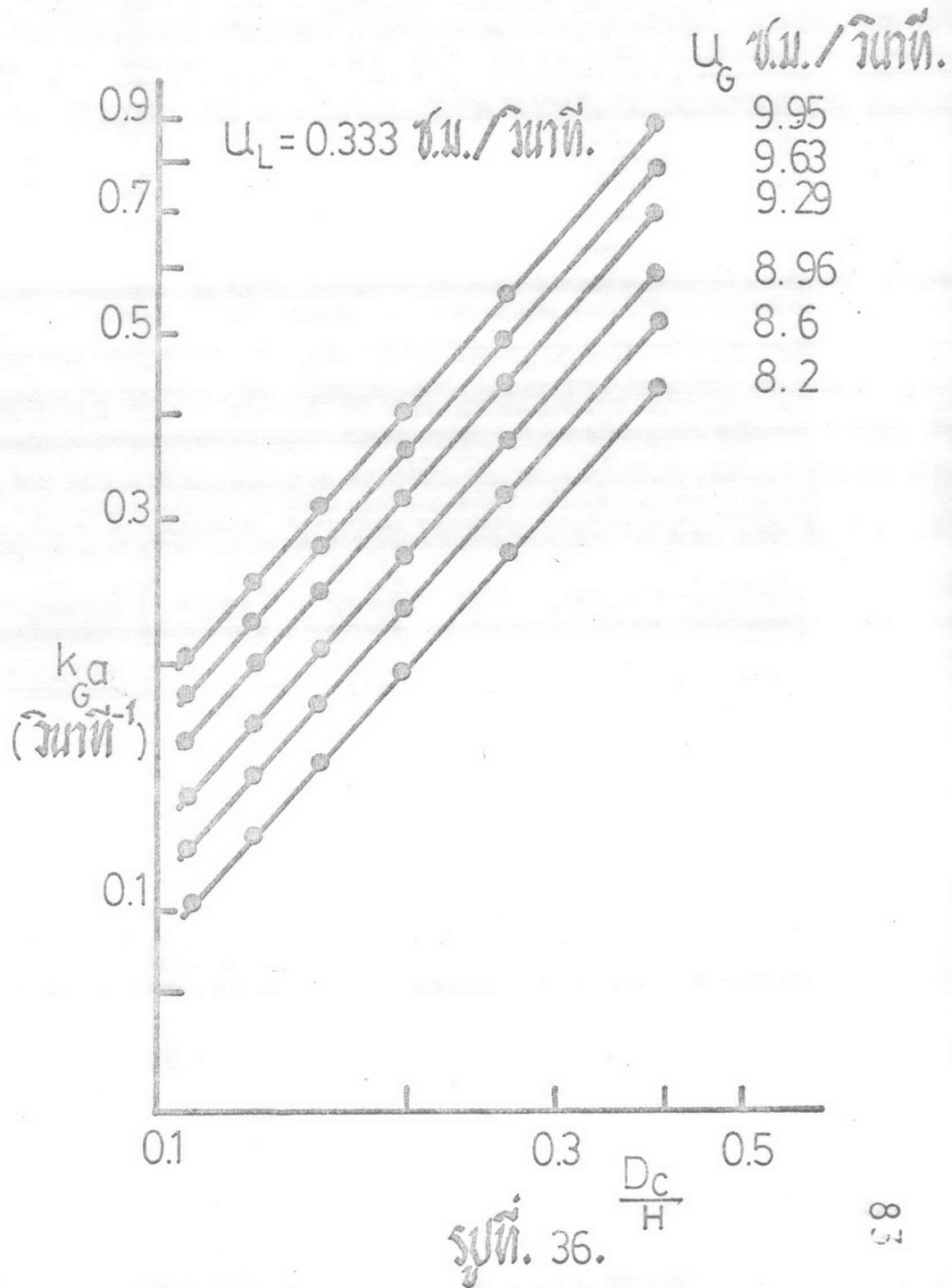
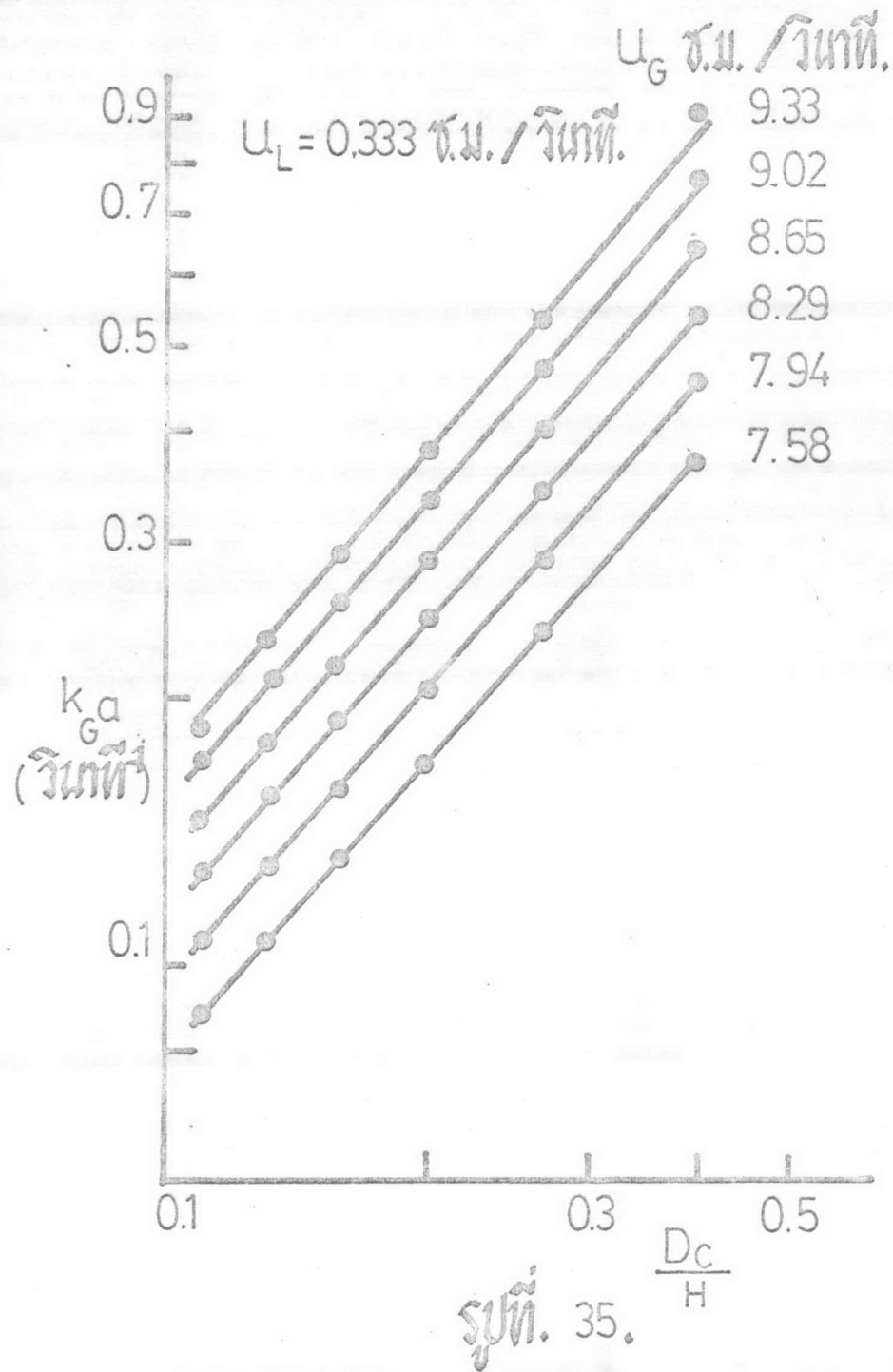
รูปที่. 32.



รูปที่. 33.



รูปที่. 34.



เรียงอยู่ในแนวเส้นตรงที่ขนานกันในมาตราส่วน logarithmic ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ DAMRONGLERD⁽³⁰⁾ ด้วยวิธีของ least square method ค่าความชันของเส้นตรงเหล่านี้ได้ถูกคำนวณและรวบรวมไว้ในตารางที่ ๑๐

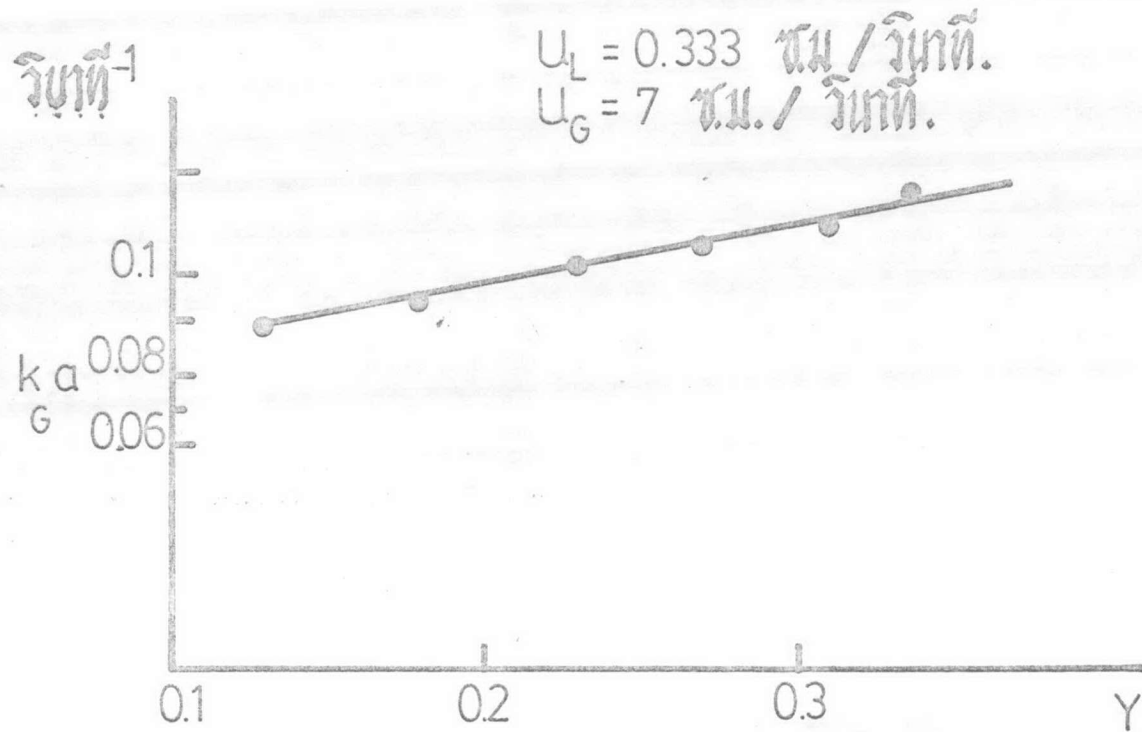
เมื่อนำค่าความชันที่ได้ทั้งหมดนี้มาหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ ๑.๑๑๒ ค่าเฉลี่ยนี้สามารถใช้เป็นค่ายกกำลังของความสูงของเบตได้ ความผิดพลาดของผลการทดลองที่ต่างไปจากค่าเฉลี่ยของเส้นตรงที่ได้มีไม่เกิน ๕.๐%

๔.๔ อธิทธิพลของความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนีย y

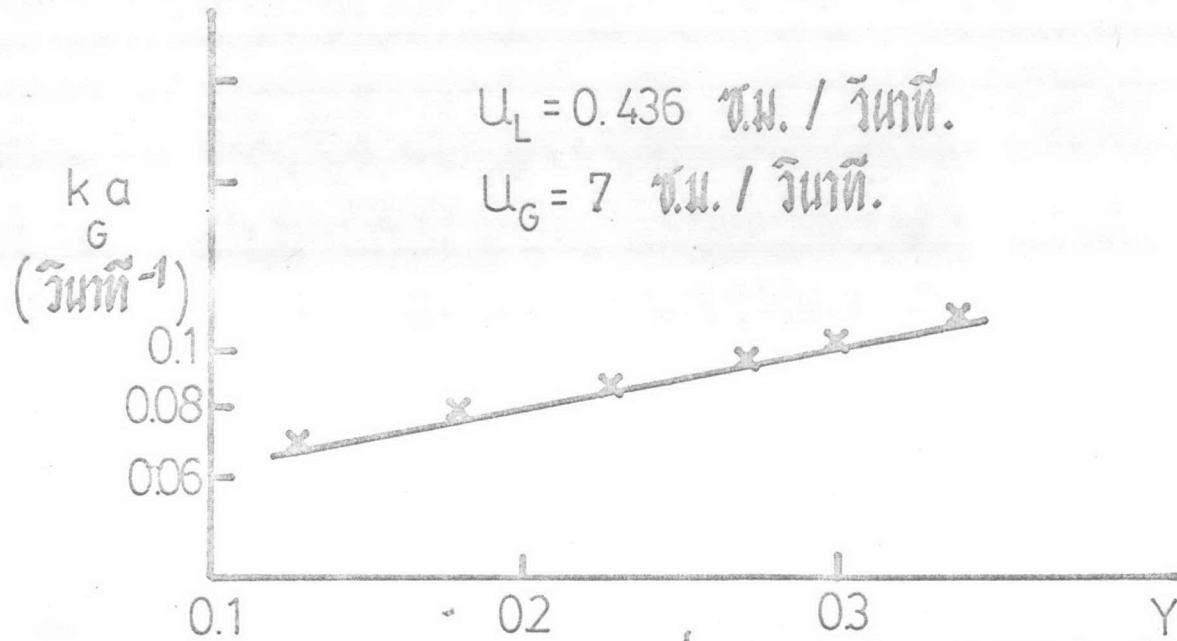
โดยทั่วไปการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายเทมวลสารของก๊าซเข้าไปในเนื้อของของเหลว มักจะเป็น liquid disperse อยู่ในกระแสของก๊าซ หมายความว่าในหอทดลองจะมีปริมาณของของเหลวน้อยกว่าของก๊าซ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงไม่พบว่าความเข้มข้นของ solute gas มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทของมวลสาร การทดลองครั้งนี้ในหอทดลองมีปริมาณของของเหลวมากกว่าของก๊าซอย่างน้อยสามเท่าตัว ประกอบกับแอมโมเนียเป็นก๊าซที่ละลายในน้ำได้ง่ายด้วย ดังนั้นจึงคิดว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในก๊าซผสมควรมีอิทธิพลต่อสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทด้วย ซึ่งดูได้จากการทดลองในรูปที่ ๓๗ และ ๓๘ ที่ทำการทดลองในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ความเข้มข้นยิ่งมากยิ่งทำให้เกิดค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทยิ่งสูงขึ้น

๔.๔.๑ ผลการทดลอง

ได้ทำการทดลองที่ความสูงของเบต ๖๐ ซม. ความเร็วของน้ำ ๐.๓๓๓ ซม.ต่อวินาที ความเร็วของก๊าซผสม ๗ ซม.ต่อวินาที และที่ความสูงของเบต ๗๐ ซม. ความเร็วของน้ำ ๐.๔๓๖ ซม.ต่อวินาที และความเร็วของก๊าซผสม ๗ ซม.ต่อวินาที พบว่าความเข้มข้นของก๊าซผสม (y) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทมวลสาร $k_G a$ ในมาตราส่วน semi-logarithmic ดังรูปที่ ๓๗ และ ๓๘ ซึ่งดูได้จากจุดของผลการทดลอง เรียงต่อกันอยู่ในแนวเส้นตรงและขนานกันด้วย ความชันของเส้นตรงเหล่านี้คำนวณได้ด้วยวิธี least square method ดังที่ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ ๑๑



รูปที่. 37.



รูปที่. 38.

ตารางที่ ๑๐

$$P_L = 0.436 \text{ ชม./วินาที}$$

U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน
4.37	1.066	5.46	1.111	6.28	1.069	7.01	1.118	7.6	1.101	8.22	1.149
4.71	1.079	5.81	1.115	6.65	1.094	7.38	1.110	7.97	1.138	8.57	1.130
5.06	1.081	6.16	1.091	7.02	1.121	7.73	1.114	8.32	1.147	8.83	1.127
5.41	1.087	6.57	1.099	7.37	1.115	8.09	1.116	8.67	1.123	9.20	1.132
5.76	1.107	6.86	1.101	7.72	1.122	8.43	1.127	9.01	1.28	9.62	1.133
6.14	1.105	7.2	1.096	8.08	1.118	8.77	1.125	9.35	1.133	10.0	1.127

ตารางที่ ๑๐ (ต่อ)

$$U_L = ๑.๓๓๓ \text{ ชม./วินาที}$$

U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน	U_G ชม./วินาที	ความชัน
4.35	1.167	5.45	1.031	6.33	1.062	7.02	1.082	7.55	1.145	8.2	1.118
4.71	1.178	5.8	1.037	6.67	1.057	7.36	1.079	7.94	1.134	8.6	1.134
5.01	1.188	6.14	1.048	7.02	1.062	7.72	1.070	8.29	1.140	8.96	1.133
5.41	1.772	6.49	1.072	7.36	1.087	8.06	1.068	8.65	1.156	9.29	1.142
5.78	1.167	6.83	1.099	7.70	1.095	8.41	1.085	9.02	1.169	9.63	1.137
6.13	1.159	7.19	1.089	8.04	1.093	8.74	1.088	9.33	1.163	9.95	1.146

ตารางที่ ๑๑

H, cm	U_L , cm /sec	ความชัน
60	0.333	2.42
70	0.436	2.44

ค่าเฉลี่ยของความชันเท่ากับ ๒.๔๓ ความแตกต่างระหว่างผลการทดลองและค่า
เฉลี่ยบนเส้นตรงมีไม่เกิน ๒.๐ %