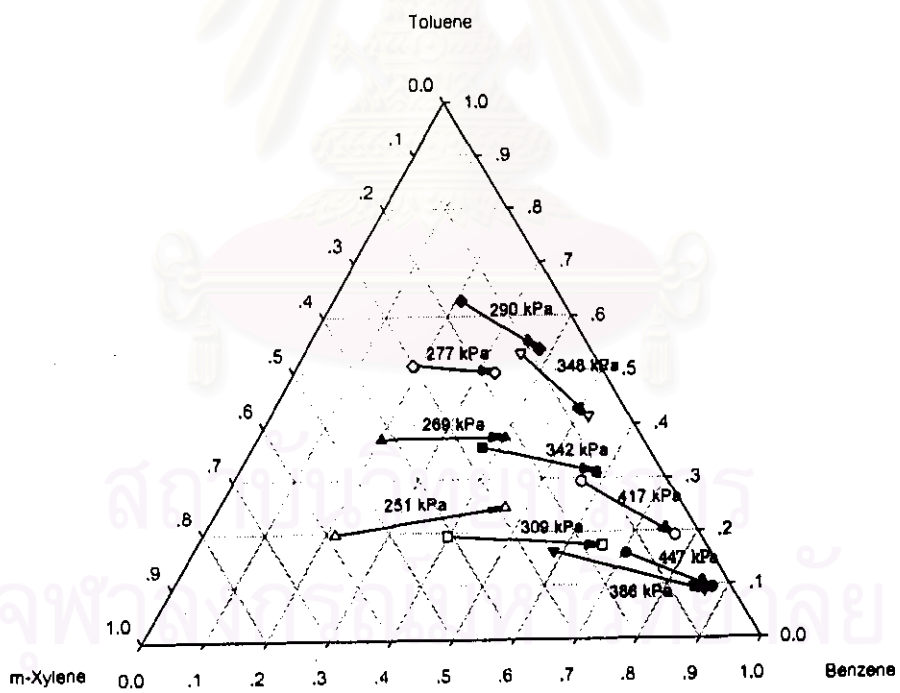
บทที่ 5

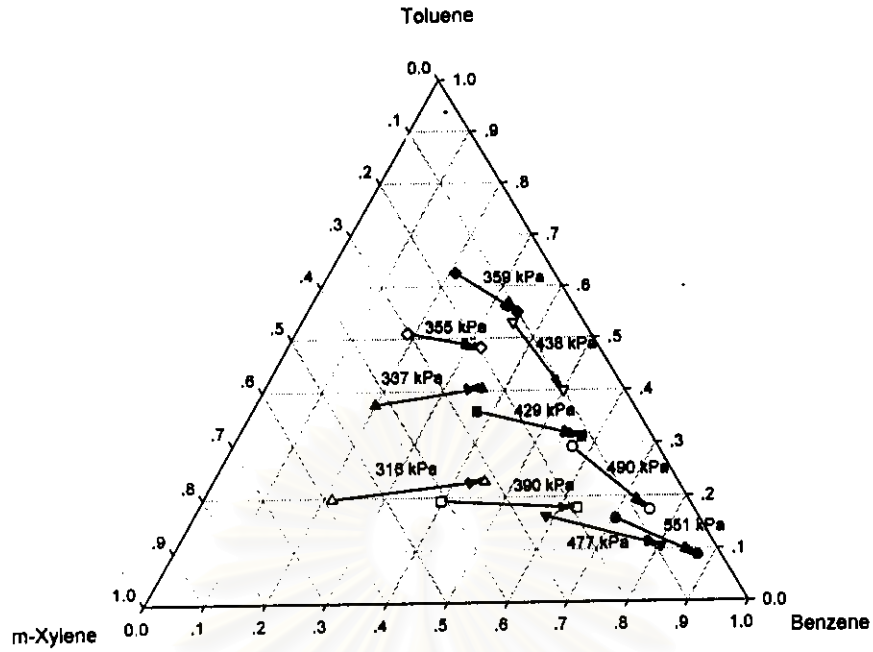
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 <u>ผลการทดลองที่สมดุลไอ-ของเหลวของระบบสามองค์ประกอบและสององค์ประกอบ</u>

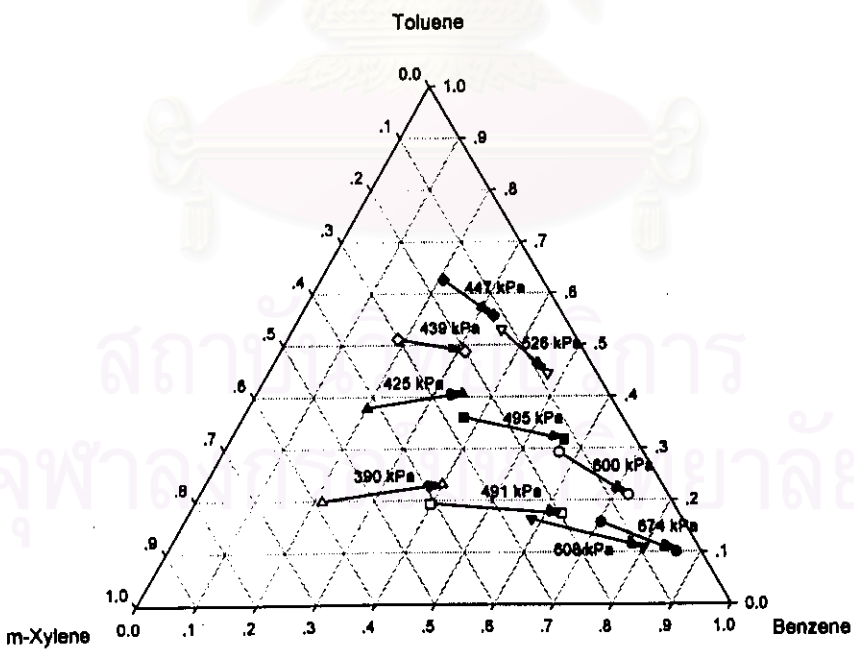
ผลการทดลองจะแสดงดังตารางที่ ค.6, ค.7, ค.8 และ ค.9 นำค่าองค์ประกอบของเฟสของเหลวและองค์ประกอบของเฟสไอของระบบสามองค์ประกอบมาวาดกราฟสามเหลี่ยมดังรูปที่ 5.1, 5.2, 5.3 และ 5.4 โดยเส้นกราฟที่วาดจากองค์ประกอบของเฟสของเหลวไปสู่องค์ประกอบของเฟสไอในหนึ่งสมดุลเรียกว่า เส้นไทไลน (Tie line) โดยปลายหัวลูกศรเป็นองค์ประกอบของเฟสไอ จะมีลักษณะสู่เข้าเบนซีน และเมื่อลากเส้นความดันคงที่ผ่านจุดองค์ประกอบของของเหลวและลากเส้นความดันคงที่ผ่านจุดองค์ประกอบไอเส้นทั้งสองจะไม่ตัดกันในพื้นที่สามเหลี่ยม แต่จะตัดกันที่สารบริสุทธิ์(หรือมุมของกราฟสามเหลี่ยม) แสดงว่าจะไม่มีจุดอะซิโอโทปเกิดขึ้น



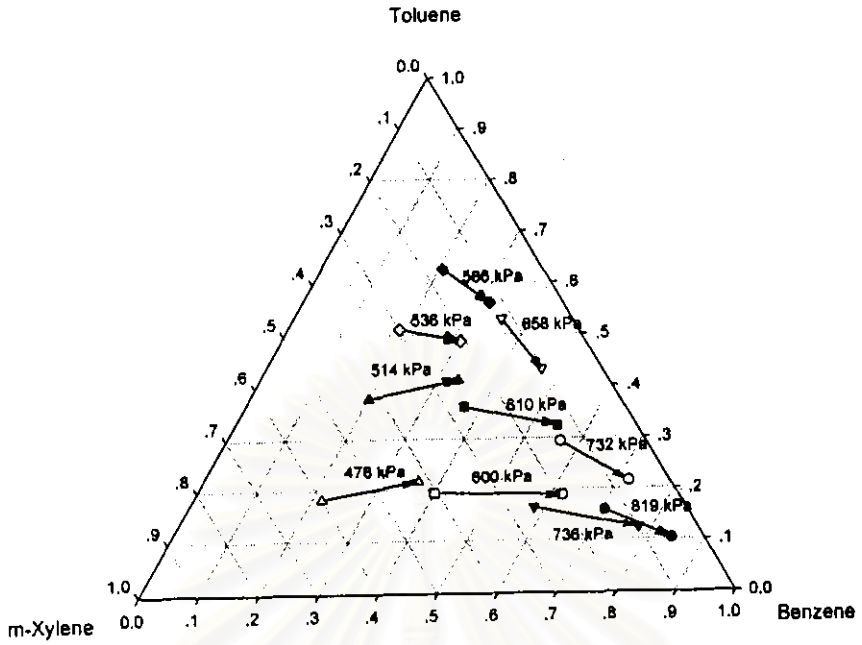
รูปที่ 5.1 กราฟเส้นไทไลนของระบบเบนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีนที่อุณหภูมิตู้อบ 150 °ซ



รูปที่ 5.2 กราฟเส้นไทไลนของระบบเบนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีนที่อุณหภูมิตู้อบ 160 °ซ



รูปที่ 5.3 กราฟเส้นไทไลนของระบบเบนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีนที่อุณหภูมิตู้อบ 170 °ซ



รูปที่ 5.4 กราฟเส้นไทไลนของระบบเบนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีนที่อุณหภูมิตู้อบ 180 °ซ

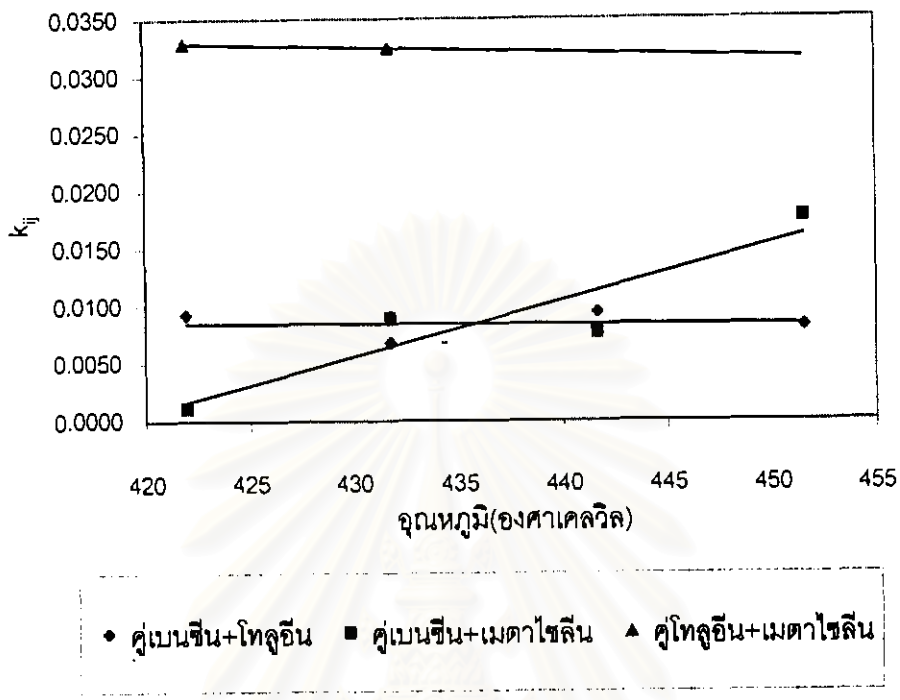
5.2 <u>การทดสอบโปรแกรมกับผลการทดลอง</u>

โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบข้อมูลจะใช้สมการเปง-โรบินสัน (วิธีการเขียนโปรแกรมดังในภาคผนวก จ.) การวิเคราะห์ผลการทดลองกับโปรแกรมทำได้โดยนำข้อมูลระบบสององค์ประกอบมาคำนวณหาค่า k_{ij} เฉลี่ยแต่ละอุณหภูมิ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิจะไม่คงที่ที่อุณหภูมิหนึ่งเมื่ออุณหภูมิของตู้อบคงที่ ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ย จะได้ว่าเมื่ออุณหภูมิของตู้อบมีค่า 150, 160, 170 และ 180 °ซ จะมีอุณหภูมิการทดลองเป็น 148.8, 158.6, 168.5 และ 178.4 °ซ แต่ในการคำนวณจะใช้ข้อมูลจริงแต่ละจุด ดังนั้นค่า k_{ij} ในแต่ละอุณหภูมิแสดงดังในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า k_{ij} ที่คำนวณได้ตามอุณหภูมิ

อุณหภูมิ	เบนซีน+โทลูอีน	เบนซีน+เมตาไซลีน	โทลูอีน+เมตาไซลีน
148.8	0.00924	0.00110	0.03292
158.6	0.00676	0.00893	0.03247
168.5	0.00941	0.00765	-
178.4	0.00815	0.01765	-

เมื่อนำค่า k_{ij} ไปสร้างกราฟดังรูปที่ 5.5 จากรูปจะประมาณค่า k_{ij} ในรูปของสมการเส้นตรง ซึ่งสมการที่ได้จะเป็นไปตามสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า k_{ij} กับอุณหภูมิ

คู่เบนซีน+โทลูอีน : $k_{ij} = -0.0000062T + 0.011115$ (5.1)

คู่เบนซีน+เมตาไซลีน : $k_{ij} = 0.0004899T - 0.205118$ (5.2)

คู่โทลูอีน+เมตาไซลีน : $k_{ij} = -0.0000453T + 0.052030$ (5.3)

เมื่อ T เป็นอุณหภูมิหน่วยเป็น K

จากสมการ k_{ij} สามารถบอกได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่า k_{ij} อย่างไรบ้าง ซึ่งจะสามารถดูแนวโน้มค่า k_{ij} ได้

เมื่อได้สมการ k_{ij} จึงคำนวณทำนายผล โดยทำการคำนวณกับผลการทดลองสามองค์ประกอบ จะแสดงดังตารางที่ ง.1, ง.2, ง.3 และ ง.4 และหาค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความดันและองค์ประกอบของเฟสไอ โดยใช้สมการที่ 5.4 และ 5.5 ค่าเบี่ยงเบนที่ได้แสดงดังในตารางที่ 5.2 และ 5.3 และแสดงผลเปรียบเทียบกับผลการทดลองดังรูปที่ 5.6 ถึง 5.15 สำหรับสององค์ประกอบ ส่วนระบบสามองค์ประกอบจะแสดงผลเปรียบเทียบในกราฟสามเหลี่ยมเป็นเส้นไทไลนดังรูปที่ 5.16 ถึง 5.19

$$\Delta P = \left(\sum_{k=1}^{N} \left| \frac{P_{exp} - P_{cal}}{P_{exp}} \right|_k \right) / N \qquad (5.4)$$

$$\Delta y_i = \left(\sum_{k=1}^{N} \left| y_{i,exp} - y_{i,cal} \right|_k \right) / N \qquad (5.5)$$

ตารางที่ 5.2 ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของการคำนวณความดันและองค์ประกอบของเฟสไอของระบบสององค์ประกอบ

คู่เบนซีน+โทลูอีน		คู่เบนซีน+เมตาไซลีน		คู่โทลูอีน+เมตาไซลีน	
ΔP	Δy_1	ΔP	Δy_1	ΔP	Δy_1
0.0124	0.0201	0.0144	0.0154	0.0042	0.0019

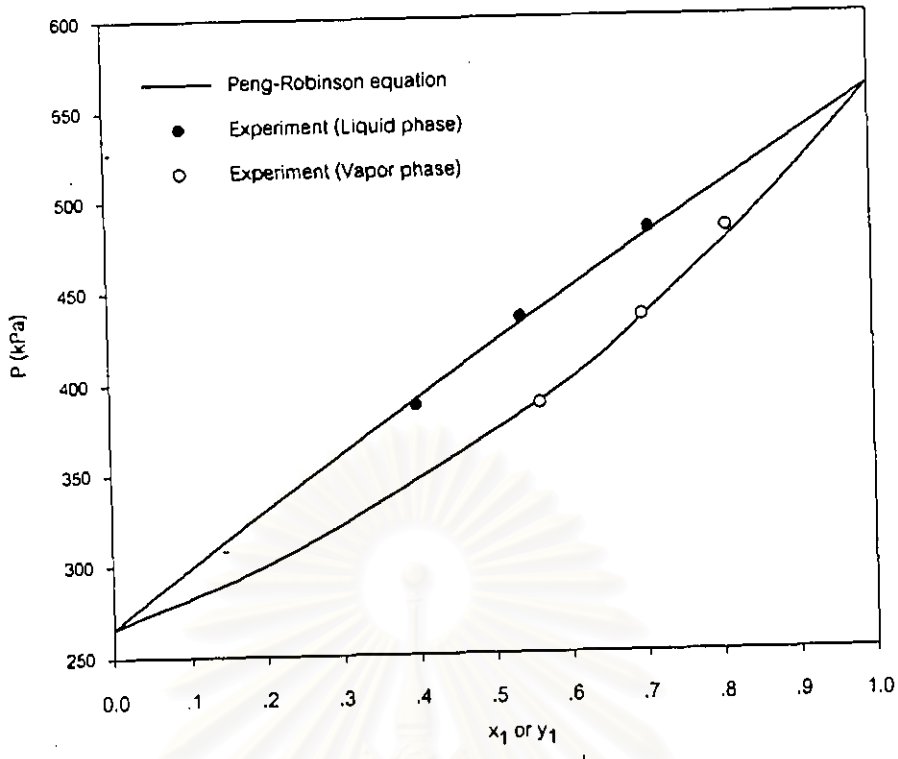
ตารางที่ 5.3 ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของการคำนวณความดันและองค์ประกอบของเฟสไอของระบบสามองค์ประกอบ

Δy_1	Δy_2	Δy_3	ΔP
0.0180	0.0227	0.0232	0.0312

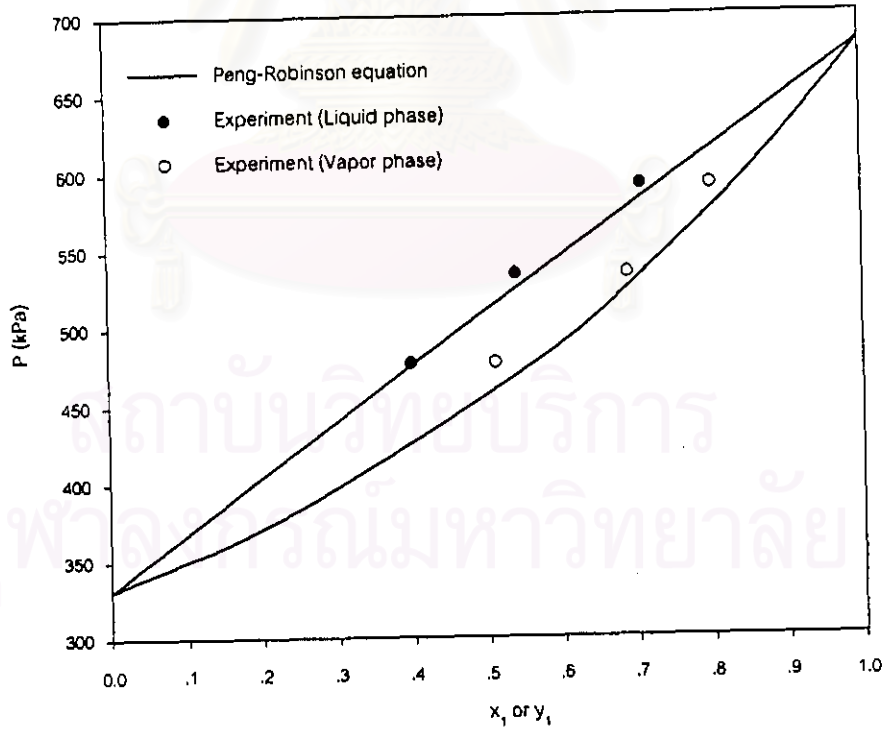
จากตารางที่ 5.2 และ5.3 ผลการคำนวณค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความดันมีค่าใกล้เคียงกับค่าของผลงานของ Klara(1987) (ตารางที่ 2.3) ย่อมแสดงว่าการทำนายผลมีความใกล้เคียงกับผลงานของ Klara(1987)

จากกราฟที่ 5.6 ถึง 5.9 ซึ่งเป็นกราฟของระบบเบนซีน+โทลูอีนจะเห็นว่าเส้นกราฟไม่ได้ลากผ่านได้ทุกจุด โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง อาจเนื่องมาจากผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนในการวัดความดัน ซึ่งสังเกตจากกราฟ จุดจะมีลักษณะเลื่อนขึ้นไปด้านบนของกราฟเกือบทุกจุด และสมการเปง-โรบินสันมีค่า k_{ij} ที่ช่วยปรับให้ตรงกับการทดลองแล้ว แต่ยังไม่สามารถปรับได้ และจากผลการทดลองที่ผ่านมา สมการเปง-โรบินสันสามารถทำนายระบบที่อุณหภูมิและความดันสูงได้ดี ดังนั้นการคลาดเคลื่อนจึงน่ามาจากการทดลอง

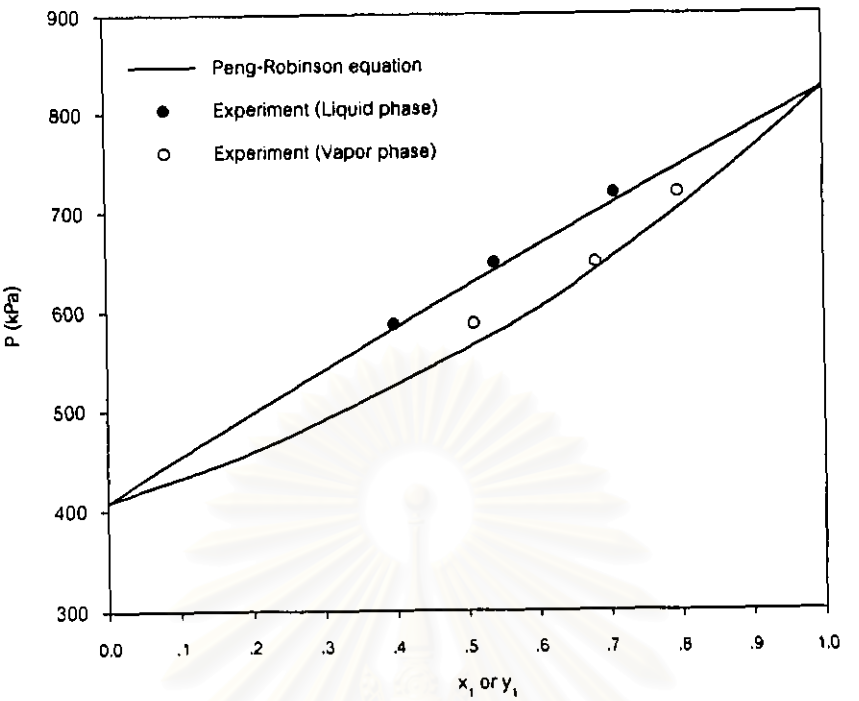
ส่วนกราฟอื่นในระบบสององค์ประกอบจะสามารถทำนายได้ โดยสังเกตจากกราฟมีการลากผ่านได้ทุกจุด ส่วนในระบบสามองค์ประกอบสามารถทำนายได้โดยมีค่าเบี่ยงเบนดังตารางที่ 5.3



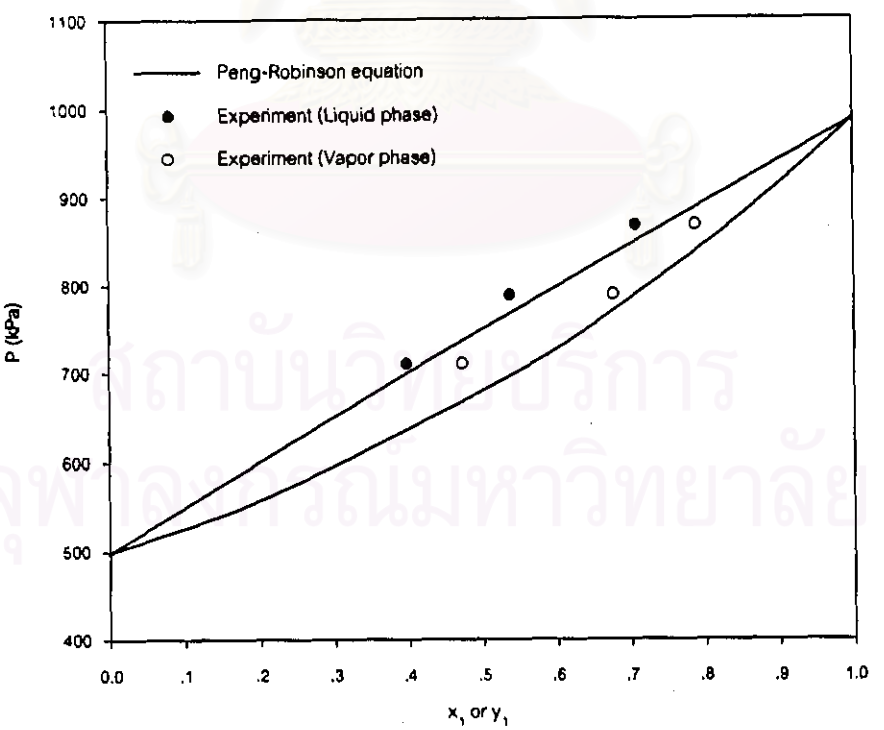
รูปที่ 5.6 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+โทลูอีนที่ 148.8 °ซ กับจุดผลการทดลอง



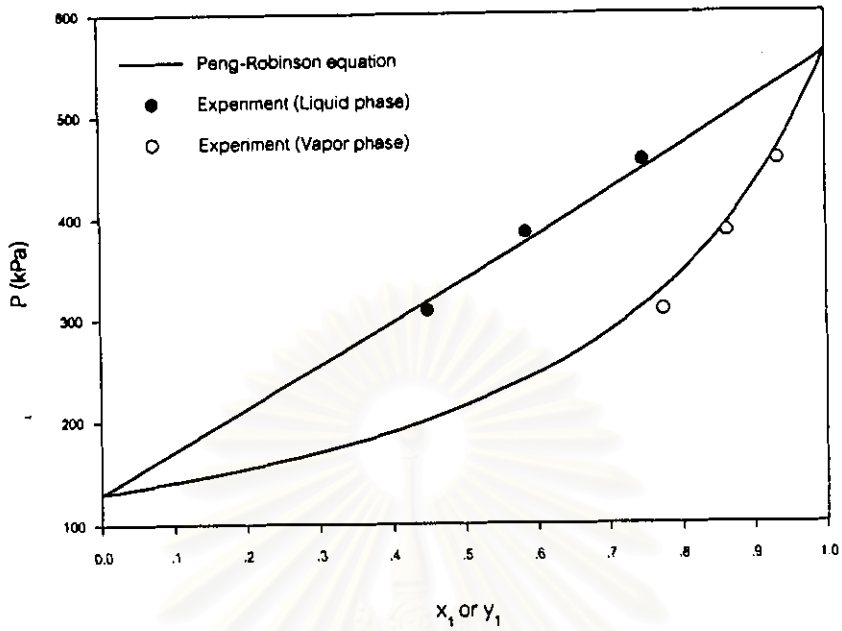
รูปที่ 5.7 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+โทลูอีนที่ 158.6 °ซ กับจุดผลการทดลอง



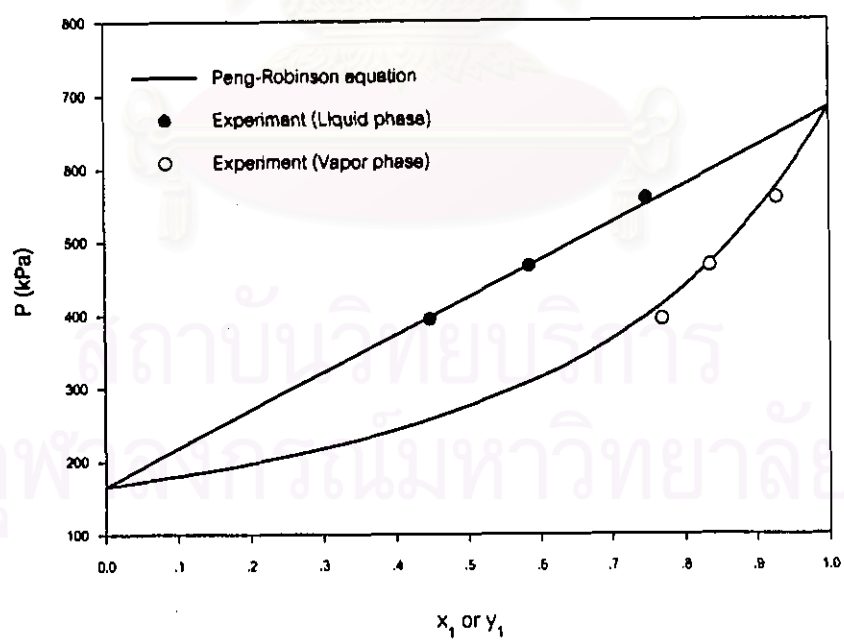
รูปที่ 5.8 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+โทลูอีนที่ 168.5 °ซ กับจุดผลการทดลอง



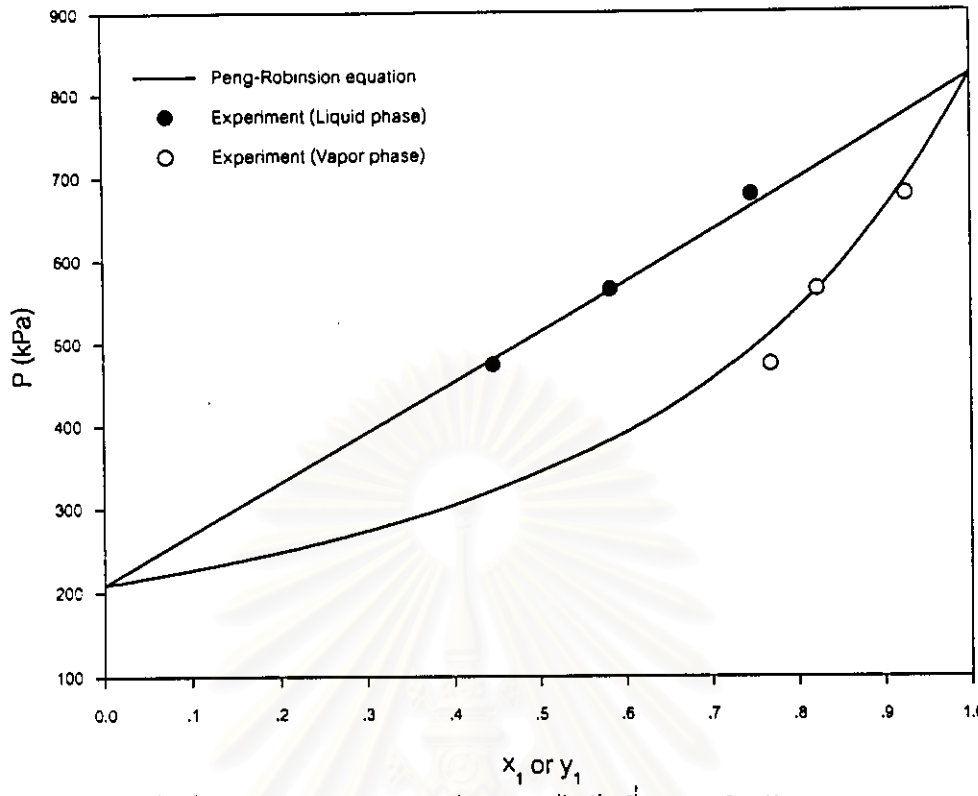
รูปที่ 5.9 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+โทลูอีนที่ 178.4 °ซ กับจุดผลการทดลอง



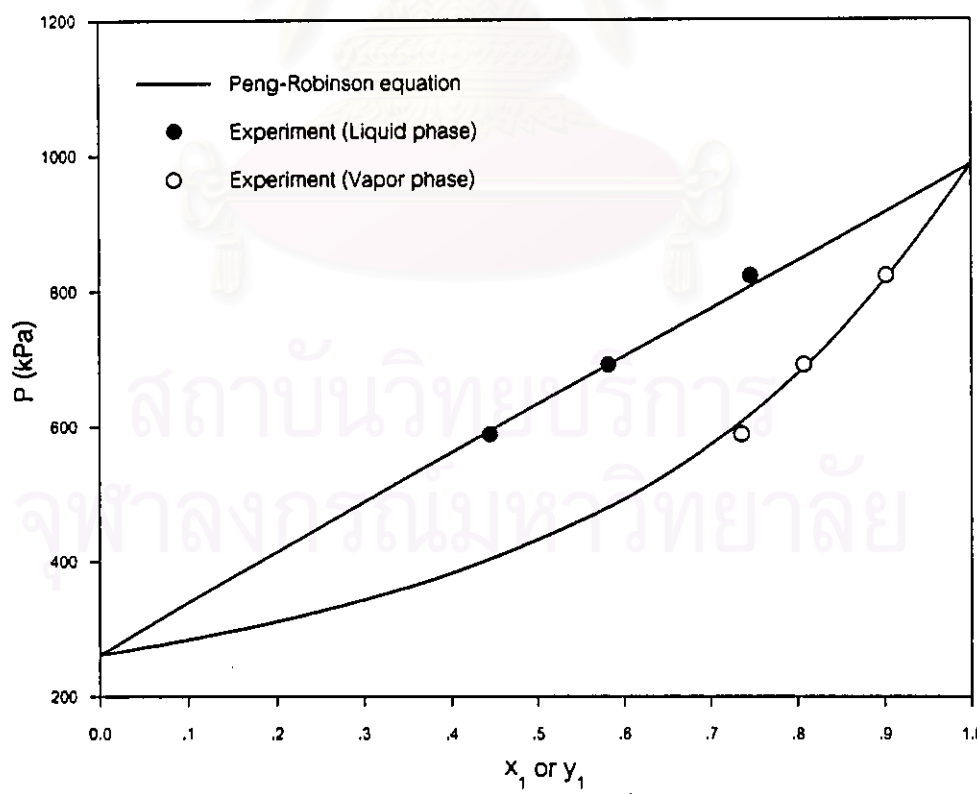
รูปที่ 5.10 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+เมตาไซลีนที่ 148.8 °ซ กับจุดผลการทดลอง



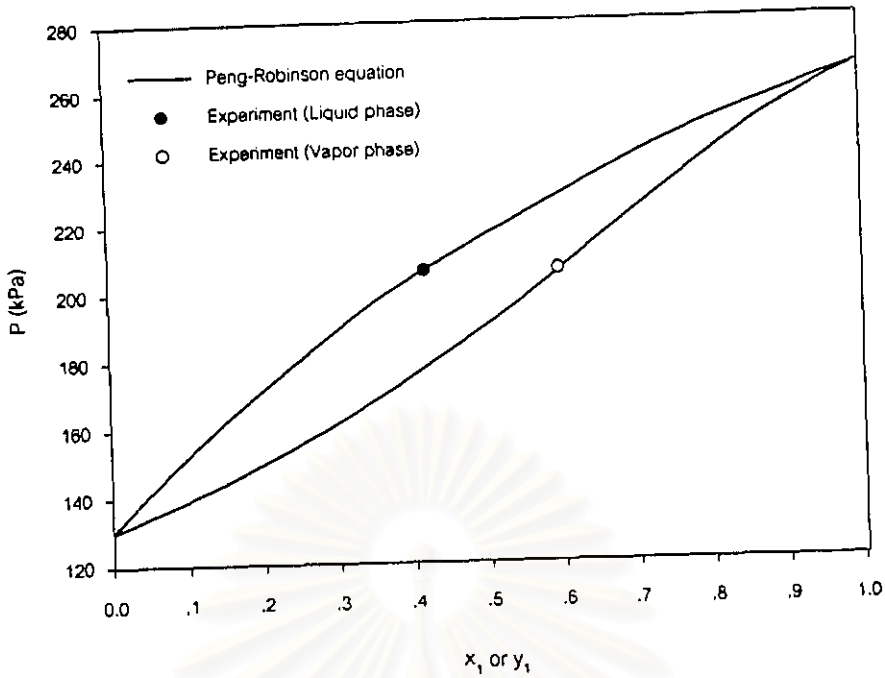
รูปที่ 5.11 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+เมตาไซลีนที่ 158.6 °ซ กับจุดผลการทดลอง



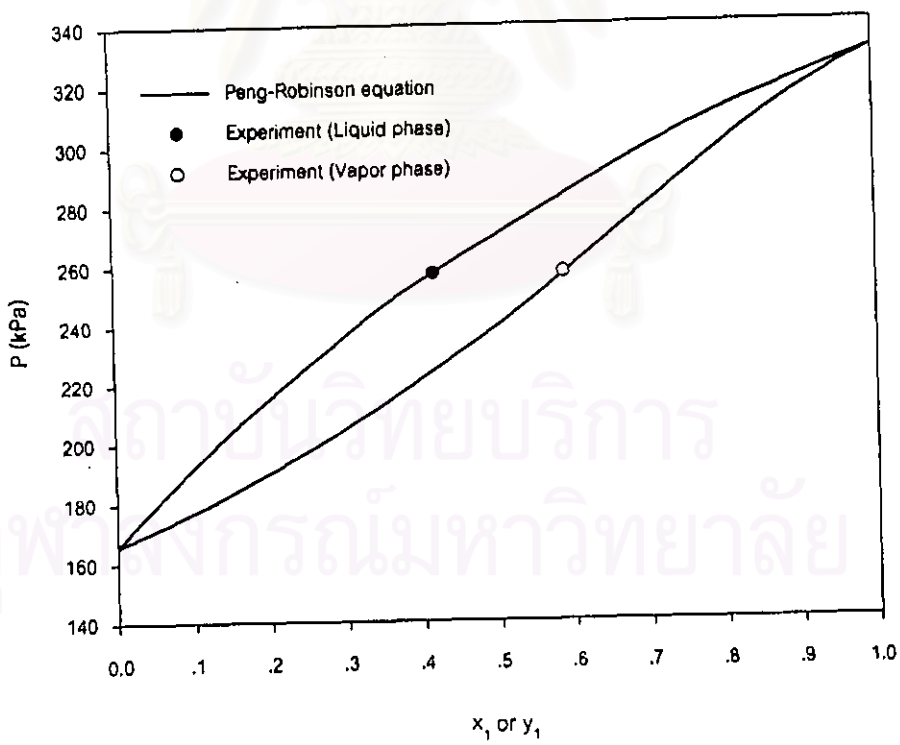
รูปที่ 5.12 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+เมตาไซลีนที่ 168.5 °ซ กับจุดผลการทดลอง



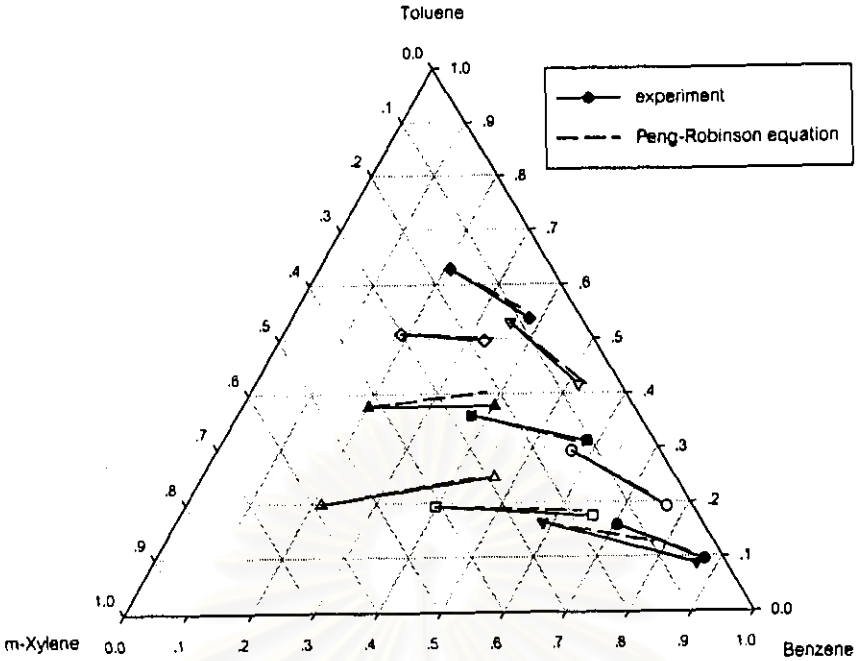
รูปที่ 5.13 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบเบนซีน+เมตาไซลีนที่ 178.4 °ซ กับจุดผลการทดลอง



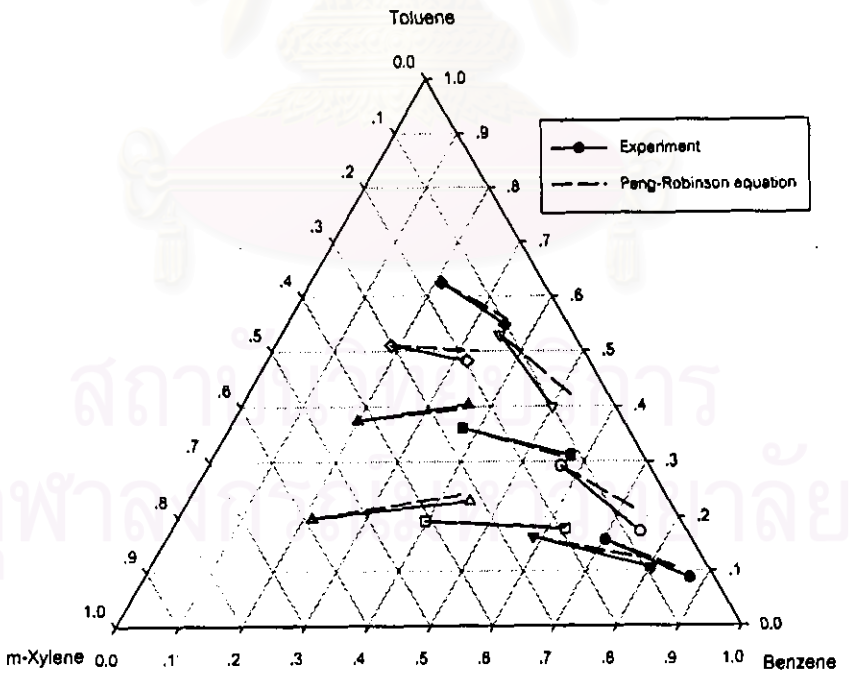
รูปที่ 5.14 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบโทลูอีน+เมตาไซลีนที่ 148.8 °ซ กับจุดผลการทดลอง



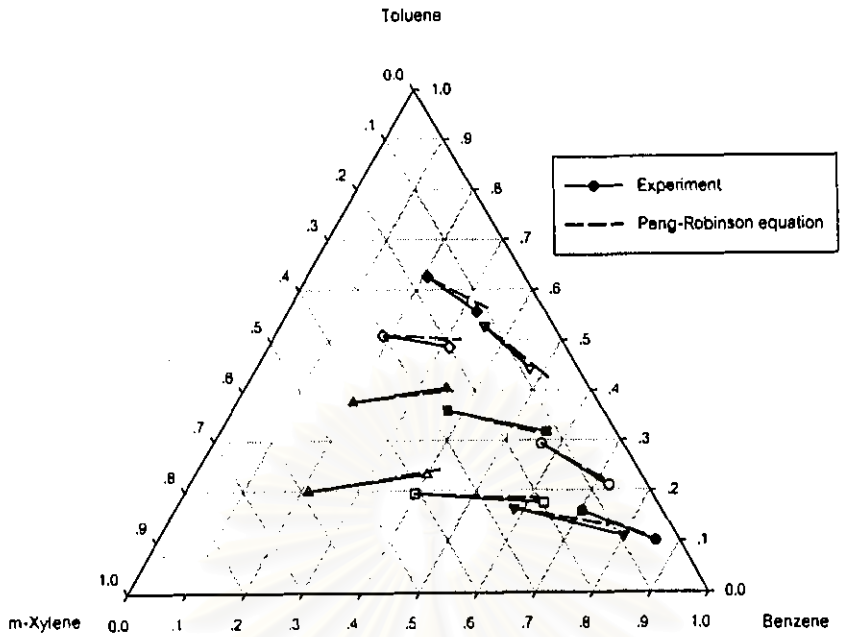
รูปที่ 5.15 กราฟเฟสไดอะแกรมของระบบโทลูอีน+เมตาไซลีนที่ 158.6 °ซ กับจุดผลการทดลอง



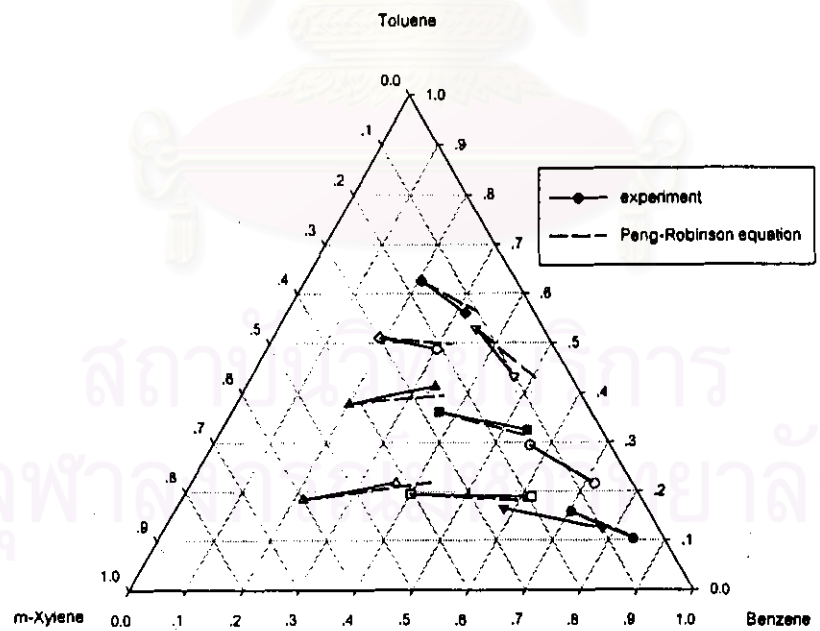
รูปที่ 5.16 แสดงเส้นไทไลนเปรียบเทียบระหว่างการทดลองกับการคำนวณของระบบเบนนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีน ที่ 148.8 °ซ



รูปที่ 5.17 แสดงเส้นไทไลนเปรียบเทียบระหว่างการทดลองกับการคำนวณของระบบเบนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีน ที่ 158.6 °ซ



รูปที่ 5.18 แสดงเส้นไทไลนเปรียบเทียบระหว่างการทดลองกับการคำนวณของระบบเบนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีน ที่ 168.5 °ซ



รูปที่ 5.19 แสดงเส้นไทไลนเปรียบเทียบระหว่างการทดลองกับการคำนวณของระบบเบนซีน+โทลูอีน+เมตาไซลีน ที่ 178.4 °ซ