บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ปริมาณค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1 ปริมาณค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์

ค่าปริมาณการแผ่รังสีแสงอาทิตย์รวมที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน วัดด้วยไพรานอมิเตอร์ให้ค่าพลังงานสูงสุดเท่ากับ 595.60 วัตต์/ม.^{2} และให้ค่าพลังงานต่ำสุดเท่ากับ 348.50 วัตต์/ม.^{2}

5.1.2 ปริมาณค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์เทียม

ค่าปริมาณการแผ่รังสีแสงอาทิตย์เทียมที่ทำการทดลองวัดได้ที่ผิวน้ำตอนบนของสระแสงอาทิตย์ วัดด้วยไพรานอมิเตอร์ให้ค่าพลังงานเท่ากับ 492.3 วัตต์/ม.^{2}

5.2 ผลการทดลอง

การทดลองแบบจำลองสระแสงอาทิตย์ด้วยแสงอาทิตย์เทียมและด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ผลการทดลองเกิดขึ้นดังต่อไปนี้

รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระแสงอาทิตย์กับเวลาที่เปลี่ยนไปตามจำนวนวัน ในกรณีที่ใช้แสงอาทิตย์เทียมนี้ต้องปรับค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าปริมาณการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์เทียมที่ผิวน้ำตอนบนของสระแสงอาทิตย์ให้มีค่าพลังงานเท่ากับค่าพลังงานของแสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจริง และขณะเดียวกันเมื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณต้องใส่ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เท่ากันพร้อมด้วยขนาดความลึกของแบบจำลองสระแสงอาทิตย์เดียวกันนี้ จึงสามารถนำค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระแสงอาทิตย์ที่วัดได้จากการทดลอง และจากการคำนวณด้วยโปรแกรม-คอมพิวเตอร์นำมาเขียนเปรียบเทียบกันได้ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนช่วงเริ่มต้นการทดลองจะให้ค่าอุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 3 °ซ เพราะมีการสูญเสียความร้อนเกิดขึ้นในสระทดลองนั่นเอง.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นกับความลึกของสระแสงอาทิตย์ ทุก ๆ 10 ซม. จากผิวน้ำตอนบนของสระลงไปจนถึงใต้สระลึก 120 ซม. เส้นกราฟที่แสดงไว้นี้เป็นค่าอุณหภูมิที่จดบันทึกค่าไว้ในวันที่ 12 ก.ย. 2528 เวลา 09.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. ตามลำดับ ค่าพลังงานความร้อนที่สระแสงอาทิตย์ได้รับที่ผิวน้ำตอนบนนั้นได้มาจากแสงอาทิตย์เทียมที่ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจนกระทั่งมีค่าเท่ากับพลังงานแสงอาทิตย์จริงซึ่งตรวจวัดได้ด้วยไพรานอมิเตอร์

รูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่เติมลงไปในสระแสงอาทิตย์กับระดับความลึกของสระแสงอาทิตย์จากผิวน้ำตอน. บนของสระแสงอาทิตย์ลงไปจนถึงใต้สระลึก 120 ซม. ดังเส้นกราฟที่แสดงไว้ว่าเป็นค่าความถ่วงจำเพาะที่เริ่มต้นการทดลองกับเส้นกราฟหลังการทดลองเมื่อน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์ได้รับความร้อน ความร้อนจะถูกนำไปเก็บในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระและเมื่อความร้อนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การแพร่กระจายของชั้นน้ำเกลือที่มีค่าความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นสูงบริเวณใต้สระขึ้นสู่ชั้นที่มีค่าความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นที่ต่ำกว่าในชั้นของน้ำเกลือตอนบนซึ่งจะทำให้ชั้นของน้ำเกลือที่สร้างไว้ในสระแสงอาทิตย์ค่อย ๆ หมดความคงเสถียรภาพไปด้วย ดังกราฟที่แสดงไว้ในรูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 ซึ่งทั้งสองรูปจะมีเส้นกราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่ใส่เข้าไปครั้งแรกที่เริ่มต้นการทดลองนำมาเปรียบเทียบกับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่เปลี่ยนไปเมื่อได้รับแสงอาทิตย์เทียมหลาย ๆ วัน

รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราพลังงานความร้อนในสระแสงอาทิตย์เทียบกับเวลาที่ได้จากการทดลองกับจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เมื่อค่าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เทียมที่ให้กับสระแสงอาทิตย์ จำนวนวันที่ทำการทดลอง และความลึกของสระแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากันซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 5.5

รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของสระแสงอาทิตย์กับเวลาที่ได้จากการทดลองและได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งข้อกำหนดเช่นเดียวกับที่ได้จากกราฟรูปที่ 5.5 แล้วนำค่าพลังงานความร้อนที่ได้รับไว้ในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระแสงอาทิตย์จริงนำมาคำนวณเปรียบเทียบกับพลังงานความร้อนที่สระแสงอาทิตย์รับได้จริงทั้งหมดที่ผิวน้ำตอนบนของสระแสงอาทิตย์ ซึ่งจะพบว่าประสิทธิภาพช่วงแรกต่ำเพราะความร้อนจะสูญเสียเข้าไปในผนังสระและใยแก้วที่ห่อหุ้มรอบ ๆ ผนังสระแสงอาทิตย์

รูปที่ 5.7 และรูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นของน้ำเกลือเทียบกับเปอร์เซนต์ของเกลือที่ผสมกับน้ำต่อน้ำหนักที่ชั้นไม่มีการพาความร้อนเกิดขึ้น (Non - convecting Zone) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชั้นตามความลึกของสระแสงอาทิตย์ซึ่งหนาชั้นละ 10 ซม. เริ่มจากผิวบนของชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) ขึ้นมาด้านบนของสระแสงอาทิตย์ซึ่งเรียงตามลำดับดังนี้ ชั้นแรกมีส่วนผสมของเกลือ 16 % ชั้นที่สองมีส่วนผสมของเกลือ 12 % ชั้นที่สามมีส่วนผสมของเกลือ 8 % ชั้นที่สี่มีส่วนผสมของเกลือ 4% โดยน้ำหนัก ตามลำดับเมื่อสระแสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์จนอุณหภูมิที่ใต้สระเพิ่มขึ้นถึง 60 °ซ. ต้องรักษาอุณหภูมิให้คงที่ในระดับนี้เพื่อดูการแพร่กระจายชั้นที่มีค่าความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นของน้ำเกลือมากกว่าซึ่งอยู่ชั้นล่างที่เปอร์เซนต์ของเกลือ 20% ขึ้นสู่ข้างบนในชั้นที่มีเปอร์เซนต์ของน้ำเกลือ 16%, 12%, 8%และ 4% โดยน้ำหนัก ว่ามีค่าเท่าใดซึ่งหาได้จากการดึงน้ำเกลือออกมาจากในแต่ละชั้นของน้ำเกลือทั้งสี่ชั้นเข้าตรวจสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะด้วยชุดหลอดแก้วตรวจสอบดังแสดงไว้ในบทที่ 4 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.7 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือ ที่ได้จากการให้พลังงานความร้อนด้วยแสงอาทิตย์เทียม และในรูปที่ 5.8 เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่ได้จากการให้ความร้อนด้วยฮีทเตอร์ ซึ่งพบว่าการให้ความร้อนแก่น้ำเกลือด้วยฮีทเตอร์จะมีการแพร่กระจายของน้ำเกลือมากกว่าการให้ความร้อนด้วยแสงอาทิตย์เทียม

รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราพลังงานความร้อนที่สูญเสียเปรียบเทียบกับเวลาที่เกิดการสูญเสียไปกับด้านบนของสระแสงอาทิตย์ สูญเสียผ่านผนังสระแสงอาทิตย์และการสูญเสียบริเวณใต้สระ ตามลำดับ เมื่อค่าพลังงานความร้อนที่ให้แก่สระแสงอาทิตย์ที่ผิวน้ำตอนบนของสระเท่ากับแสงอาทิตย์จริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การรักษาเสถียรภาพของน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์

เมื่อทำการทดลองให้ความร้อนด้วยฮีทเตอร์ในชั้นเก็บสะสมความร้อน ตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 จนถึงวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2528 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะหรือค่าความหนาแน่นของน้ำเกลือตอนบนของชั้นเก็บสะสมความร้อนลดลงซึ่งวัดค่าได้เท่ากับ 1.100 (ค่า ณ.พ. เดิม 1.110) รวมเวลาที่ทำการทดลองทั้งสิ้น 15 วัน และเพื่อให้น้ำเกลือในสระยังคงรักษาเสถียรภาพไว้ได้ จึงจำเป็นต้องทำการเติมน้ำและน้ำเกลือ ซึ่งการทดลองได้กระทำดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2528 เติมน้ำและน้ำเกลือดังต่อไปนี้

- ดึงน้ำเกลือจากชั้นเก็บสะสมความร้อนออกมา 10 กก.
- เทน้ำเกลือให้เหลือเท่ากับ 9.54 กก.
- เติมเกลือเพิ่มขึ้นอีกจนได้ปริมาณน้ำเกลือเท่าเดิม คิดเป็นปริมาณเกลือที่ใช้เท่ากับ 1 กก.
- เติมน้ำเกลือที่ผสมได้ใหม่นี้เข้าไปในชั้นเก็บสะสมเช่นเดิม
- นำน้ำเค็มที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระออกมาเท่ากับ 10 กก.
- เติมน้ำจืดเข้าไปในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระเท่ากับ 10 กก. เท่าเดิม
- ทำให้รักษาเสถียรภาพของน้ำเกลือในสระได้นาน 16 วัน

ครั้งที่ 2 วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2528 เติมน้ำและน้ำเกลือดังนี้

- ดึงน้ำเกลือในชั้นเก็บสะสมความร้อนออก 20 กก.
- เทน้ำเกลือให้เหลือน้ำหนักเท่ากับ 18.39 กก.
- เติมเกลือเพิ่มเข้าไปอีก จนได้ปริมาณน้ำเกลือเท่าเดิม คิดเป็นปริมาณเกลือที่ใช้เท่ากับ 3.5 กก.
- เติมน้ำเกลือที่ผสมได้ใหม่นี้เข้าไปในชั้นเก็บสะสมเช่นเดิม
- นำน้ำเค็มที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระออกมาเท่ากับ 15 กก.
- เติมน้ำจืดเข้าไปในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระเท่ากับ 15 กก. เท่าเดิม ทำให้รักษาเสถียรภาพของน้ำเกลือในสระได้นาน 10 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ครั้งที่</u> 3 วันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2528 เติมน้ำและน้ำเกลือดังนี้

- ดึงน้ำเกลือจากชั้นเก็บสะสมความร้อนออก 34 กก.
- เทน้ำเกลือให้เหลือน้ำหนักเท่ากับ 30.55 กก.
- เติมเกลือเพิ่มเข้าไปอีก จนได้ปริมาณน้ำเกลือเท่าเดิม คิดเป็นปริมาณเกลือที่ใช้ 7.49 กก.
- เติมน้ำเกลือที่ผสมได้ใหม่นี้เข้าไปในชั้นเก็บสะสมเช่นเดิม
- นำน้ำเค็มที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระออกมาเท่ากับ 20 กก.
- เติมน้ำจืดเข้าไปในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระเท่ากับ 20 กก. เท่าเดิม
- ทำให้รักษาเสถียรภาพของน้ำเกลือได้นาน 14 วัน ซึ่งพบว่าให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองครั้งแรกเมื่อบรรจุน้ำเกลือเข้าไปใหม่ ๆ

<u>สำหรับในกรณีที่ทดลองด้วยแสงอาทิตย์เทียม</u> เริ่มต้นการทดลองวันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2528 ซึ่งการทดลองได้กระทำดังต่อไปนี้

<u>ครั้งที่</u> 1 วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2528 สร้างชั้นและชั้นน้ำเกลือในสระตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากการทดลองพบว่า สามารถรักษาเสถียรภาพในสระได้นาน 36 วัน

<u>ครั้งที่</u> 2 วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528 เติมน้ำและน้ำเกลือดังนี้

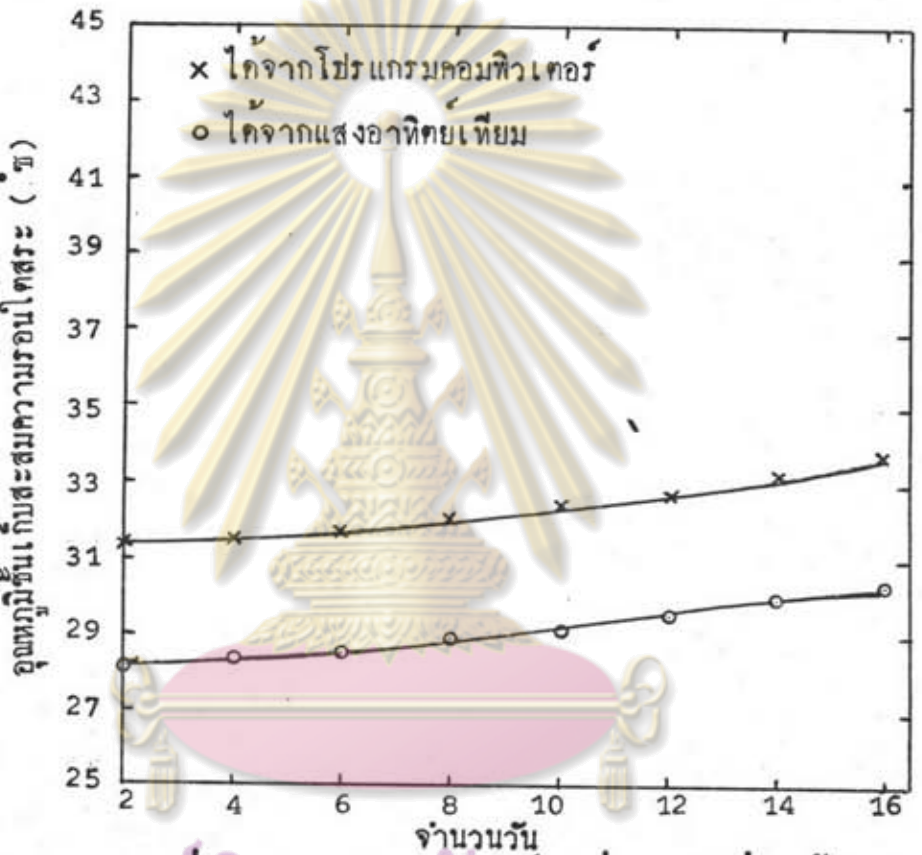
- ดึงน้ำเกลือจากชั้นเก็บสะสมความร้อนออก 34 กก.
- เทน้ำเกลือให้เหลือปริมาตรเท่ากับ 30.55 กก.
- เติมเกลือเพิ่มขึ้นอีก จนได้ปริมาณน้ำเกลือเท่าเดิม คิดเป็นปริมาณเกลือที่ใช้ 7.49 กก.
- เติมน้ำเกลือที่ผสมได้ใหม่นี้เข้าไปในชั้นเก็บสะสมเช่นเดิม
- นำน้ำเค็มที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระออกมาเท่ากับ 20 กก.
- เติมน้ำจืดเข้าไปในชั้นน้ำจืดตอนบนของสระเท่ากับ 20 กก. เท่าเดิม ทำให้รักษาเสถียรภาพของน้ำเกลือในสระได้นาน 36 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนาแน่นหรือค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่า ใน 16 วันจากการทดลองด้วยแสงอาทิตย์เทียม จะให้ค่า ถ.พ. 1.098 และใน 7 วัน จากการทดลองด้วยฮีทเตอร์ จะให้ค่า ถ.พ. 1.098

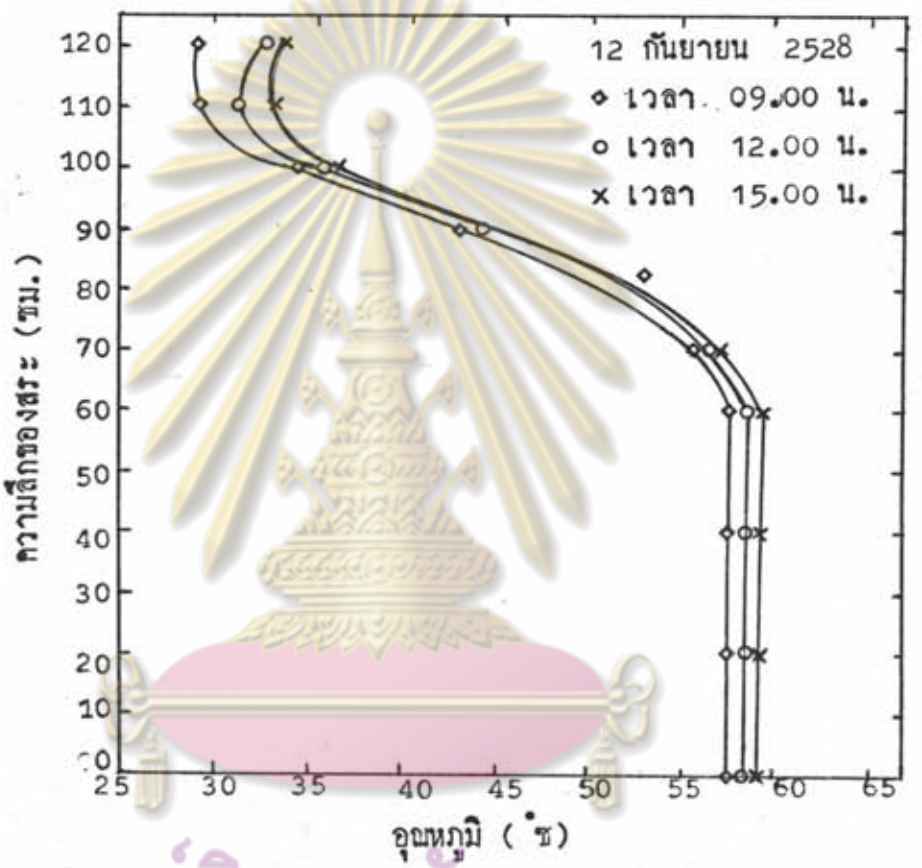
แสดงว่า จากการทดลองด้วยฮีทเตอร์เป็นเวลา 7 วัน และจากการทดลองด้วยแสงอาทิตย์เทียมเป็นเวลา 16 วัน จะให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของถ.พ. เท่ากัน ดังนั้น สัดส่วนจำนวนวันจากการทดลองด้วยแสงอาทิตย์เทียมต่อจำนวนวันจากการทดลองด้วยฮีทเตอร์ จะได้ค่าเท่ากับ $\frac{16}{7} = 2.29$ นั่นคือจำนวนวันที่คงเสถียรภาพน้ำเกลือจากการทดลองด้วยแสงอาทิตย์เทียมมากกว่าจากการทดลองด้วยฮีทเตอร์ มีค่าประมาณ 2.29 เท่า เพราะฉะนั้น จะให้ค่าการคงเสถียรภาพน้ำเกลือเท่ากับ $16 \times 2.29 = 36.57$ วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



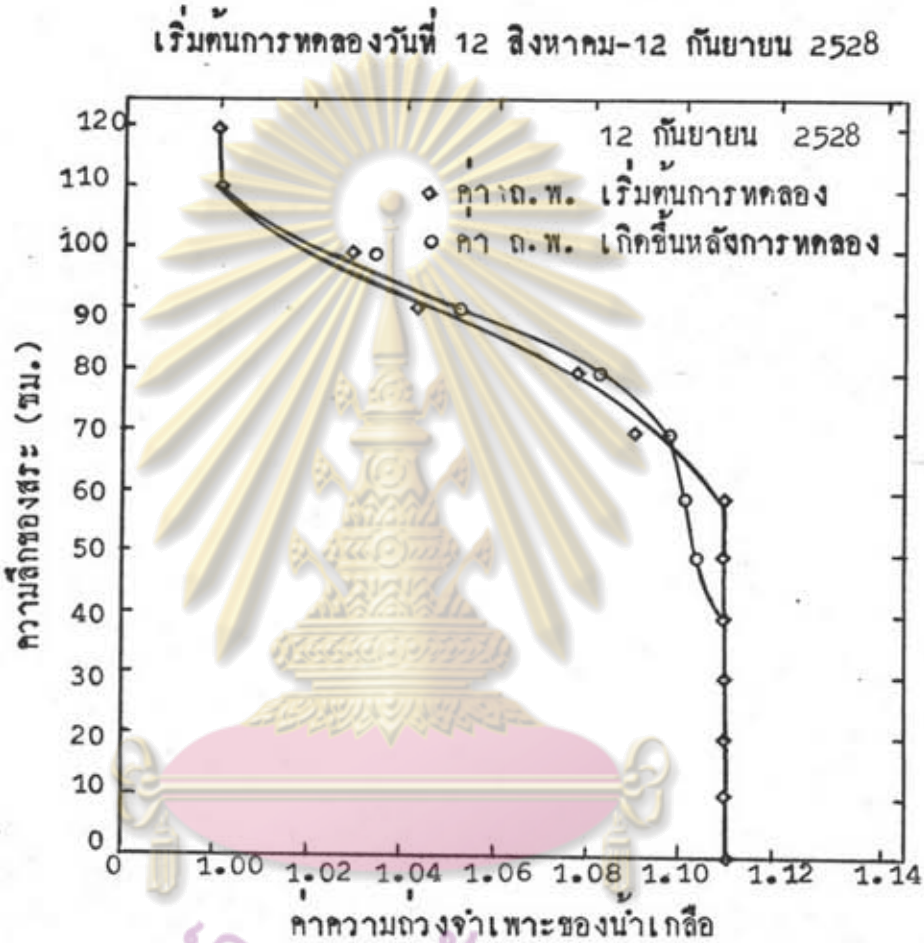
รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนกับจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



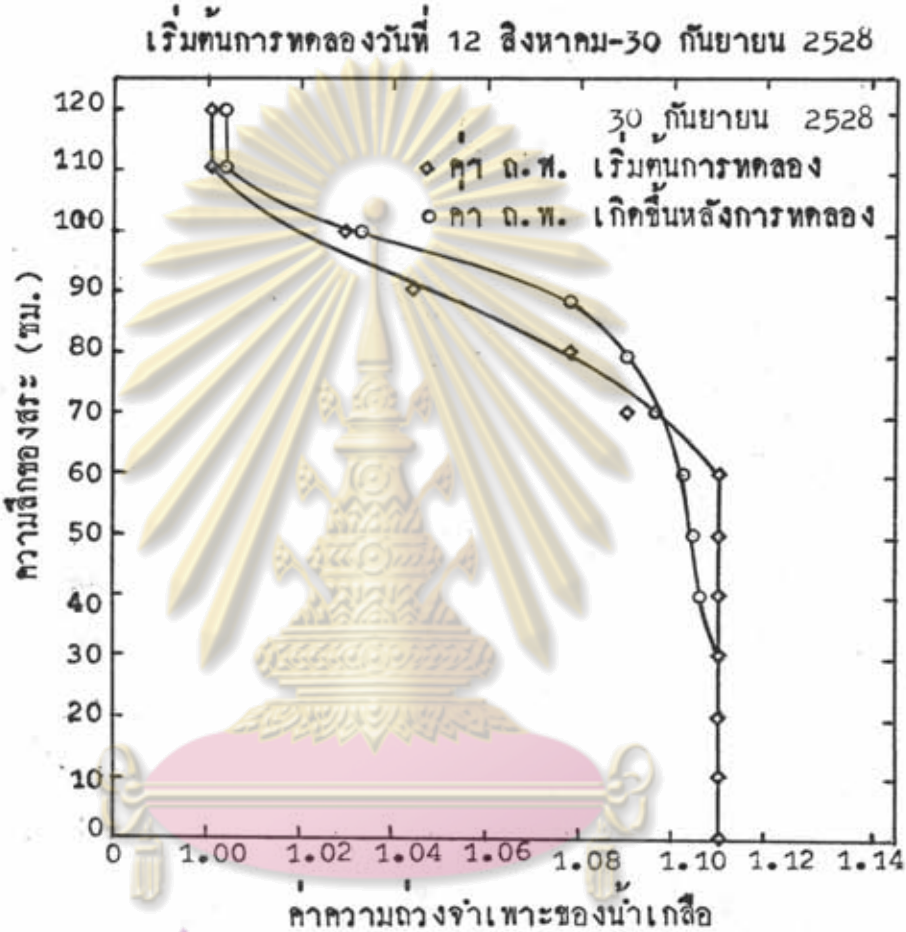
รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับความลึกของสระเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



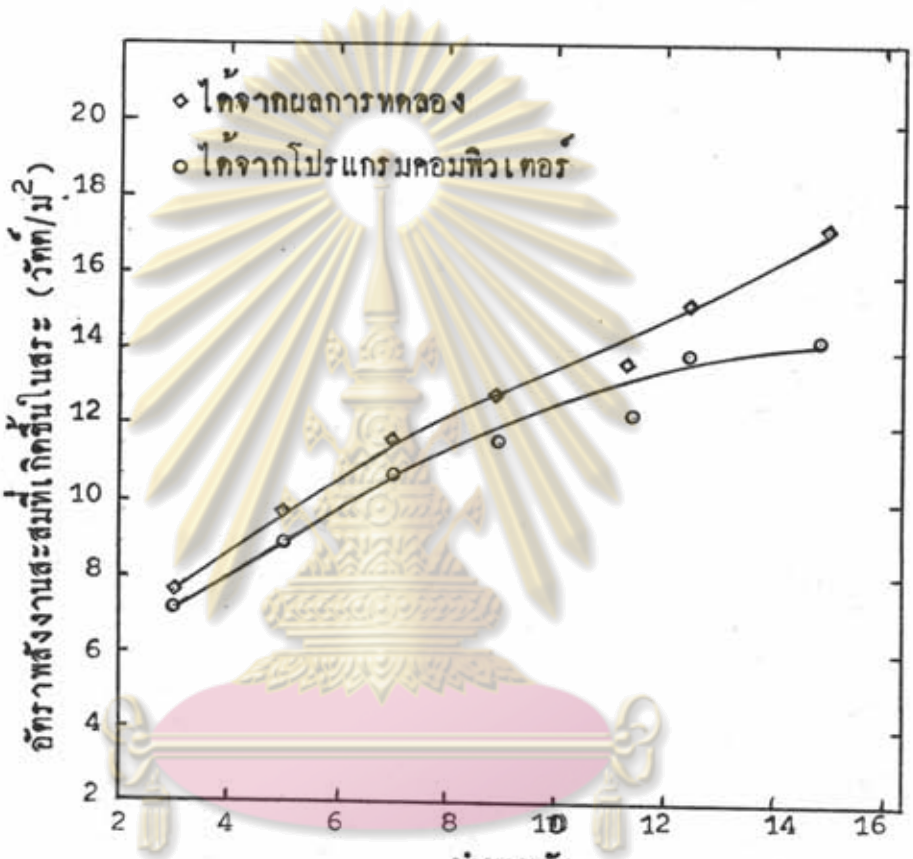
รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่เกิดขึ้นเมื่อทำการทดลองกับความลึกของสระ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



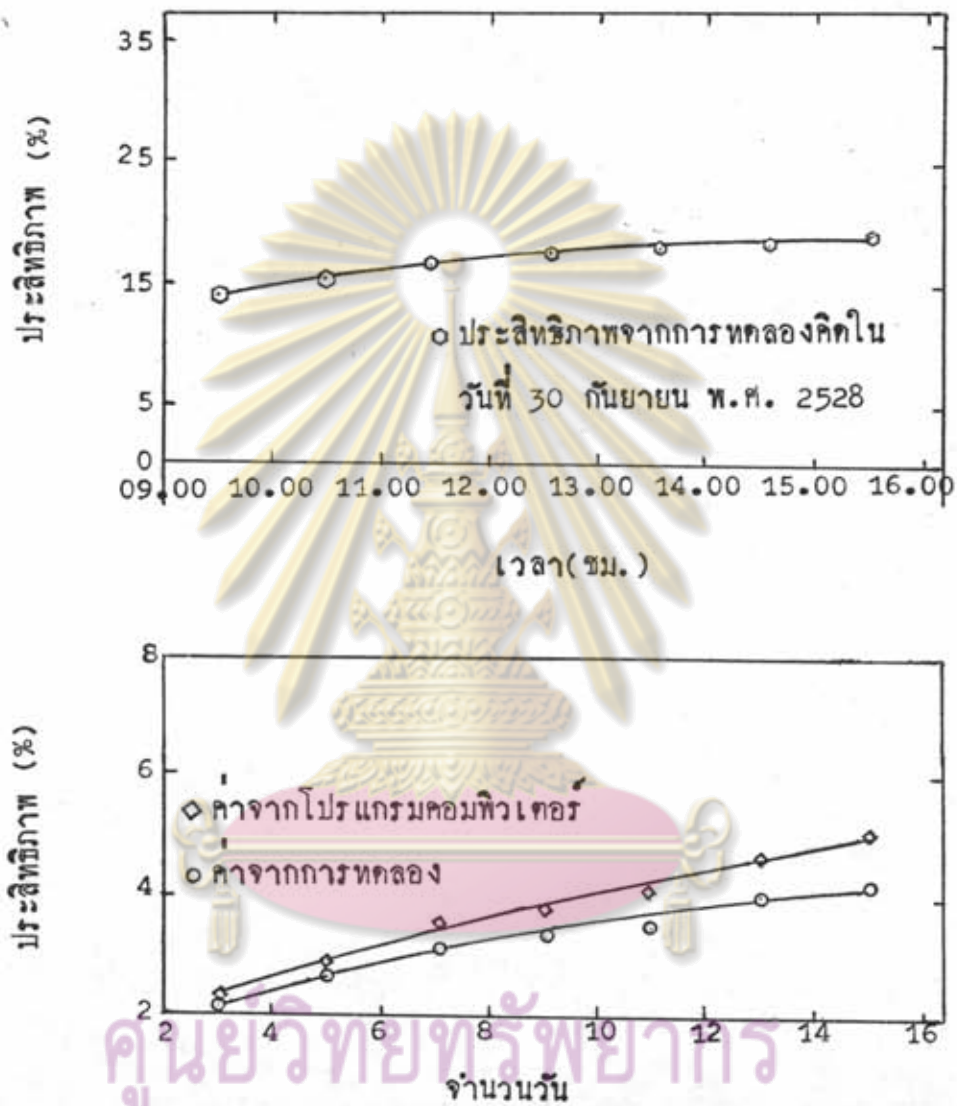
รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่เกิดขึ้นเมื่อทำการทดลองกับความลึกของสระ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



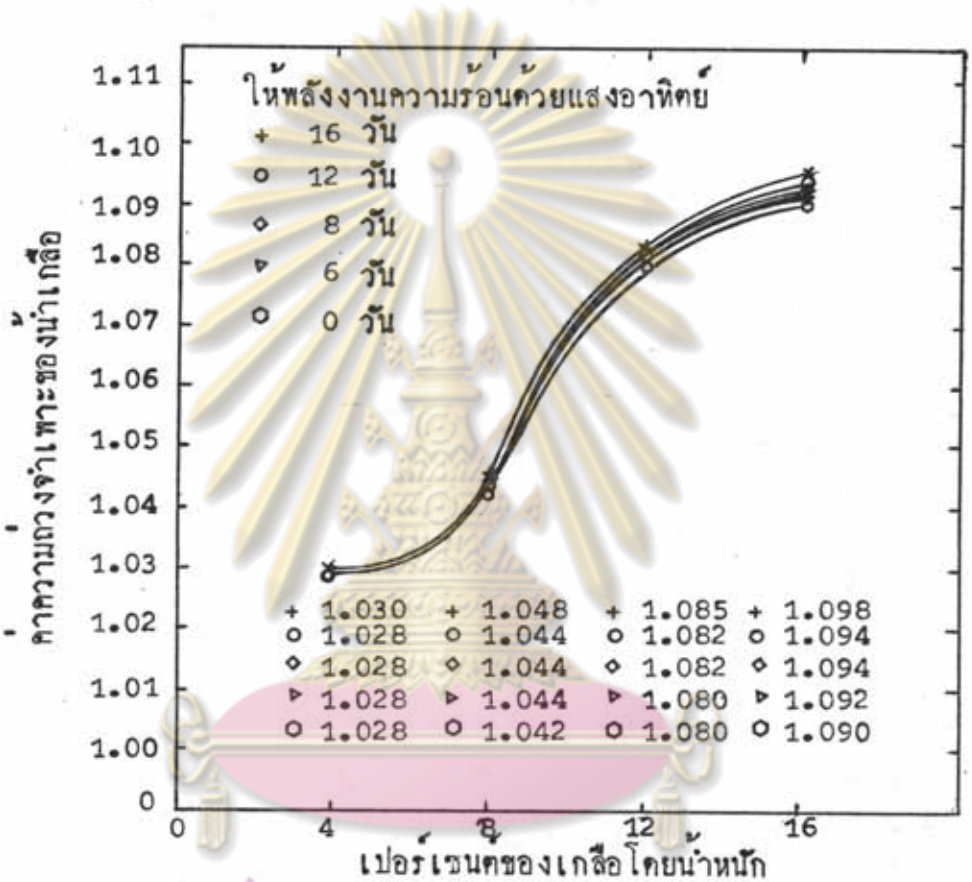
รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนกับจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



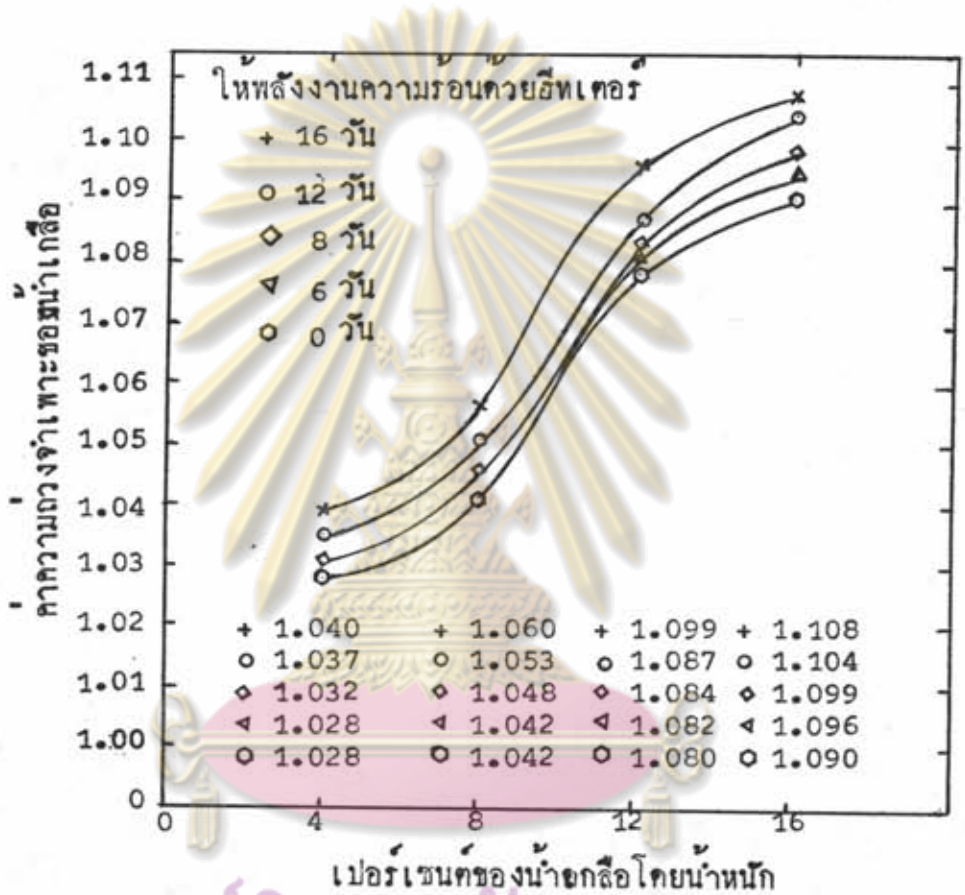
รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มของประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นเทียบกับจำนวนวันที่ทำการทดลอง 16 วันแรก และประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในการทดลองวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



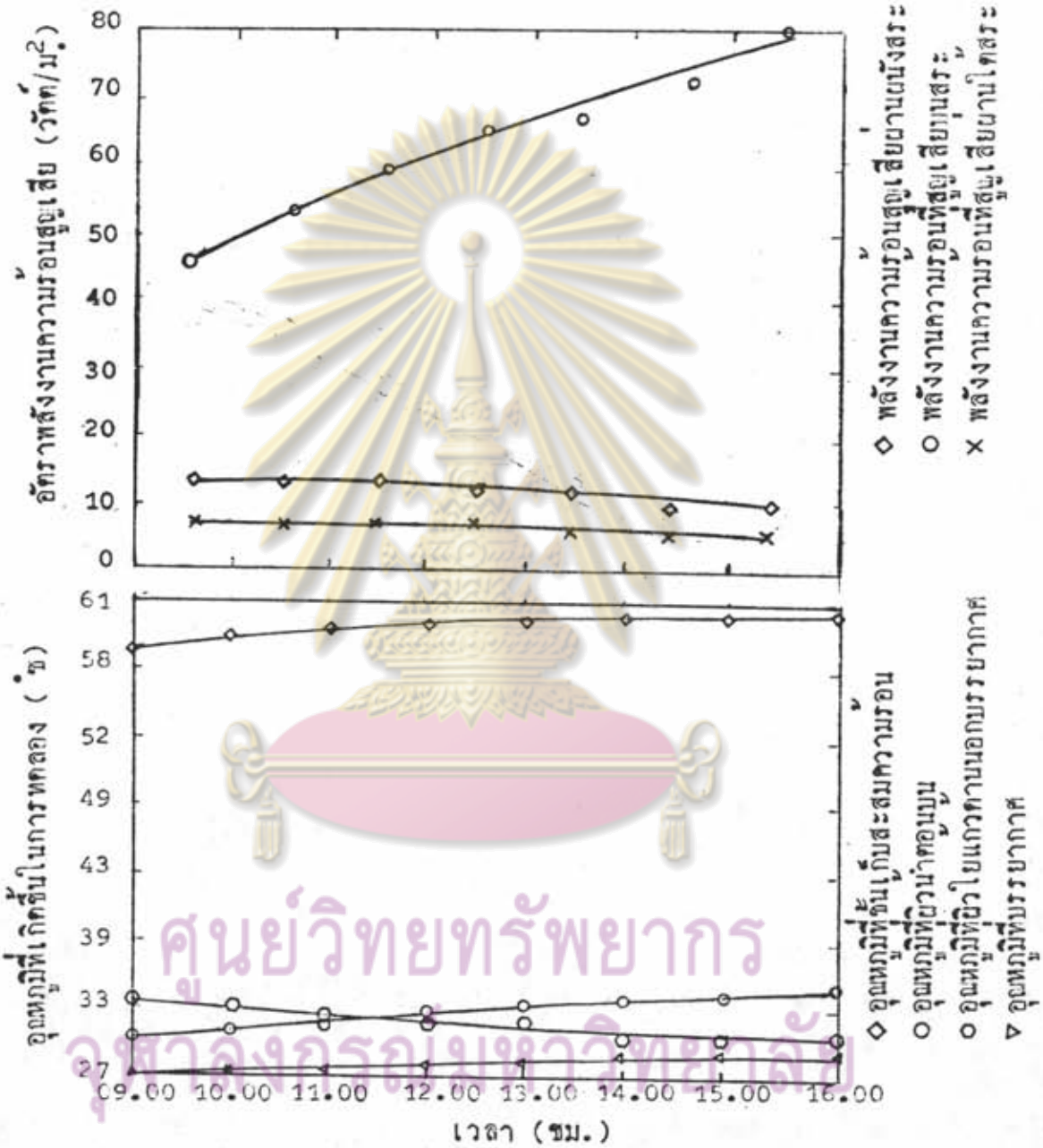
รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือในชั้น Non - Convecting Zone ที่อุณหภูมิชั้นเก็บสะสมความร้อนเท่ากับ 60 °ซ.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือในชั้น Non - Cnovecting Zone ที่อุณหภูมิชั้นเก็บสะสมความร้อนเท่ากับ 60 °ซ.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราพลังงานความร้อนสูญเสียออกจากชั้นสะสมความร้อนเทียบกับเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย