สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ค

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ฉ

สารบัญ ซ

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญรูปภาพ ฎ

อักษรย่อและสัญลักษณ์ ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1

1.2 สรุปสาระสำคัญจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9

1.4 ขอบเขตการศึกษาวิจัย 9

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 9

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 ระบบผลิตน้ำร้อนและน้ำเย็นโดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดไฮบริดโฟโตโวลทาอิก/ความร้อน 10

2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ 11

2.2.1 การผลิตน้ำร้อนเวลากลางวัน 11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 การผลิตน้ำเย็นเวลากลางคืน 16
2.2.2.1 การผลิตน้ำเย็นเวลากลางคืน สำหรับระบบโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับบน 17
2.2.2.2 การผลิตน้ำเย็นเวลากลางคืน สำหรับระบบโมดูลชนิดมีกระจกปิดทับบน 20
2.3 การคำนวณค่าอุณหภูมิอากาศและท้องฟ้า 25
2.4 การคำนวณค่ารังสีแสงอาทิตย์ 26
2.5 การประเมินกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ 31
2.6 การประยุกต์ใช้น้ำเย็น ในตอนกลางวัน 32
2.7 การประเมินสมรรถนะในการผลิตไฟฟ้า น้ำร้อนและน้ำเย็นของโมดูล 34
2.8 การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน 36

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 37
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย 37
3.1.1 การทำงานของระบบ 37
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ 38
3.3 แผนการดำเนินงาน 43

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 52
4.1 การผลิตน้ำร้อน และไฟฟ้าตอนกลางวัน 52
4.2 การผลิตน้ำเย็น ตอนกลางคืน 54
4.3 การทำนายพฤติกรรมของระบบ 55
4.3.1 การทำนายอุณหภูมิของโมดูลและอุณหภูมิของน้ำในถังน้ำร้อนในเวลากลางวัน 56
4.3.2 การทำนายพลังงานไฟฟ้า ในเวลากลางวัน 58
4.3.3 การทำนายอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็นตอนกลางคืน 61
4.4 การประยุกต์ใช้น้ำเย็น ในตอนกลางวัน 64

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า น้ำร้อน และน้ำเย็นของโมดูล 68
4.6 การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน 69
4.6.1 ระยะเวลาคืนทุน 73

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 75

5.1 สรุปผลการวิจัย 75
5.2 ข้อเสนอแนะ 76

เอกสารอ้างอิง 77

ภาคผนวก 80

ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ 81
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบระบบ ในแต่ละกรณีศึกษา 95
ภาคผนวก ค ผลงานวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่ 121

ประวัติผู้เขียน 131

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 Exergy gain ในการทำน้ำร้อนและผลิตไฟฟ้าของโมดูลโซล่าร์เซลล์และระบบทำร้อนแสงอาทิตย์ 4

ตารางที่ 2.1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิกระเปาะแห้ง เฉลี่ยรายเดือน 26

ตารางที่ 2.2 วันที่ที่เป็นตัวแทนของแต่ละเดือน 28

ตารางที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ a, b, c, d, e และ f ของสถานีต่างๆ ในประเทศไทย 29

ตารางที่ 3.1 รายละเอียด ของ PV/T รุ่น Power Volt และ Power Therm 35

ตารางที่ 4.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทำนายอุณหภูมิของโมดูลและอุณหภูมิน้ำร้อนตอนกลางวัน 55

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณค่าสภาพเปล่งรังสีของโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับ 60

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของโมดูลกับอากาศหน้าโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับ ในตอนกลางคืน 60

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของโมดูลกับน้ำที่ไหลผ่านโมดูลชนิดมีและไม่มีกระจกปิดทับ ในตอนกลางคืน 61

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณค่าค่าความต้านทานร้อนระหว่างโมดูลและอากาศแวดล้อม (R total) ของโมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ ในตอนกลางคืน 61

ตารางที่ 4.6 สมรรถนะในการผลิตน้ำเย็นของโมดูลสำหรับโมดูล ชนิดมีกระจกปิดทับและชนิดไม่มีกระจกปิดทับ 68

ตารางที่ 4.7 สมรรถนะในการผลิตไฟฟ้า และ น้ำร้อน ของโมดูล ชนิดมีกระจกปิดทับและชนิดไม่มีกระจกปิดทับ 68

ตารางที่ 4.8 พลังงานไฟฟ้าที่หยัดได้ของแต่ละกรณี จากการทำนาย 69

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนของโมดูลระหว่างโมดูลชนิดมีและไม่มีกระจกปิดทับบน 72

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 รายละเอียดของโมดูลชนิด PV/T ที่มีและไม่มีกระจกปิดทับด้านบน 3

ภาพที่ 1.2 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับอุณหภูมิของโมดูล ที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่างๆ 4

ภาพที่ 1.3 ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบจริงกับการประเมินโดยใช้สมการในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ 5

ภาพที่ 1.4 ระบบทำความเย็นโดยการแผ่รังสีความร้อนในเวลากลางคืนและการเก็บกักน้ำไว้ใต้พื้นดิน 6

ภาพที่ 1.5 ระบบทำน้ำเย็นโดยวิธีประยุกต์ใช้เทอร์โมไซฟอนเป็นตัวถ่ายเทความร้อนจากถังน้ำในเวลากลางคืน 7

ภาพที่ 1.6 ระบบผลิตน้ำเย็นภาคกลางคืนแบบการพาและการแผ่รังสีความร้อนใช้เทอร์โมไซฟอน 8

ภาพที่ 2.1 ระบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดไฮบริดโฟโตโวลทาอิก/ความร้อน 10

ภาพที่ 2.2 สมดุลพลังงานการผลิตน้ำร้อนสำหรับเวลากลางวันของระบบ 11

ภาพที่ 2.3 สมดุลพลังงานที่โมดูล และ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิโมดูลน้ำขาเข้า ขาออกกับพื้นที่ ในตอนกลางวัน 13

ภาพที่ 2.4 แผนผังการทำนายอุณหภูมิของน้ำในถังน้ำร้อน ในตอนกลางวัน 16

ภาพที่ 2.5 สมดุลพลังงานการผลิตน้ำเย็นสำหรับเวลากลางคืนของระบบโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับในตอนกลางคืน 17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.6 สมดุลพลังงานที่โมดูล และ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิโมดูล น้ำขาเข้า ขาออกกับพื้นที่ของโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับในตอนกลางคืน 20
ภาพที่ 2.7 สมดุลพลังงานการผลิตน้ำเย็นสำหรับเวลากลางคืนของระบบ โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับในตอนกลางคืน 21
ภาพที่ 2.8 สมดุลพลังงานที่โมดูล และ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิโมดูล น้ำขาเข้า ขาออกกับพื้นที่ของโมดูลชนิดมีกระจกปิดทับในตอนกลางคืน 24
ภาพที่ 2.9 แผนผังการทำนายอุณหภูมิของน้ำในถังน้ำร้อน ในตอนกลางวัน 26
ภาพที่ 2.10 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ในช่วง 30 ปี พ.ศ. 2524-2553 ของจังหวัดเชียงใหม่ 27
ภาพที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และอุณหภูมิโมดูล ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์นั้นๆ 23
ภาพที่ 2.12 แผนผังการทำนายอุณหภูมิของน้ำในถังน้ำร้อน ในตอนกลางวัน 34
ภาพที่ 2.13 แผนผังการทำนายหาระบบที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้น้ำเย็น ระบายความร้อนแก่โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ในตอนกลางวัน 35

ภาพที่ 3.1 การผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนในตอนกลางวัน และการผลิตน้ำเย็นในตอนกลางคืน 39
ภาพที่ 3.2 PV/T รุ่น Power Volt 39
ภาพที่ 3.3 PV/T รุ่น Power Therm 39
ภาพที่ 3.4 Thermocouple Type T 40
ภาพที่ 3.5 อุปกรณ์วัดความเข้มรังสีอาทิตย์ 40
ภาพที่ 3.6 Multi-meter 41
ภาพที่ 3.7 Data-logger 41
ภาพที่ 3.8 Flow meter 41
ภาพที่ 3.9 ปั๊มน้ำร้อน กระแสสลับ 42
ภาพที่ 3.10 ถังน้ำหุ้มฉนวน 42
ภาพที่ 3.11 ผังชุดทดสอบสำหรับ โมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับบน และชนิดมีกระจกปิดทับ 43
ภาพที่ 3.12 ระบบ โมดูล ชนิดมีกระจกปิดทับบนและไม่มีกระจกปิดทับบน 44
ภาพที่ 3.13 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ 45
ภาพที่ 3.14 แผนผังการทดสอบและบันทึกข้อมูล 45
ภาพที่ 3.15 แผนผังการทำนายอุณหภูมิน้ำในถังน้ำร้อนและพลังงานไฟฟ้า 46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3.16 แผนผังการทำนายอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็น ระบบโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับ 47
ภาพที่ 3.17 แผนผังการทำนายอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็น ของระบบโมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ 48
ภาพที่ 3.18 แผนผังการระบายความร้อนโดยใช้น้ำเย็นที่ผลิตได้ตอนกลางคืนแก่โมดูล ในตอนกลางวัน 49

ภาพที่ 4.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแต่ละระบบในช่วงเวลากลางวัน 51
ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิน้ำร้อนภายในถังน้ำร้อนของแต่ละระบบในช่วงเวลากลางวัน 52
ภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับตอนกลางวัน 52
ภาพที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโมดูลชนิดมีกระจกปิดทับตอนกลางวัน 53
ภาพที่ 4.5 อุณหภูมิโมดูล ตอนกลางคืนระหว่างระบบโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับและ ชนิดมีกระจกปิดทับบน 53
ภาพที่ 4.6 อุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็นที่ผลิตได้ ตอนกลางคืน ระหว่างระบบโมดูลชนิดไม่มี กระจกปิดทับ และ ชนิดมีกระจกปิดทับบน 54
ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของโมดูลระหว่างการทดสอบจริงกับการทำนาย ตอนกลางวัน ของชุดทดสอบสำหรับโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับบน กับ ชนิดมีกระจกปิดทับบน 56
ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำในถังน้ำร้อนระหว่างการทดสอบจริงกับการ ทำนายตอนกลางวัน ของชุดทดสอบสำหรับ โมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับ บน กับชนิดมีกระจกปิดทับบน 56
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และอุณหภูมิโมดูลชนิด ไม่มีกระจกปิดทับบนที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่างๆ ในวันที่ทำการทดสอบ 57
ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และอุณหภูมิโมดูลชนิด มีกระจกปิดทับบนที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ต่างๆ ในวันที่ทำการทดสอบ 58
ภาพที่ 4.11 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ระหว่างการทดสอบจริงกับการ ทำนาย ตอนกลางวัน ของชุดทดสอบสำหรับ โมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับบน และ ชนิดมีกระจกปิดทับบน 59
ภาพที่ 4.12 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็นที่ผลิตได้ระหว่างการทดสอบจริง กับการทำนาย ตอนกลางคืน ของระบบ โมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับ 62

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.13 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็นที่ผลิตได้ระหว่างการทดสอบจริง กับการทำนาย ตอนกลางคืน ของระบบ โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ 62
ภาพที่ 4.14 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของโมดูลของระบบ โมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับ หลังป้อนน้ำเย็นที่อัตราการไหลต่างๆจากการทำนาย 63
ภาพที่ 4.15 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของโมดูลของระบบ โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ หลังป้อนน้ำเย็นที่อัตราการไหลต่างๆจากการทำนาย 64
ภาพที่ 4.16 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ทั้งก่อนและหลังจากป้อนน้ำเย็นเข้าสู่โมดูลชนิด ไม่มีกระจกปิดทับในช่วงเวลาหลังเที่ยงวัน 64
ภาพที่ 4.17 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ทั้งก่อนและหลังจากป้อนน้ำเย็นเข้าสู่โมดูลชนิด มีกระจกปิดทับ ในช่วงเวลาหลังเที่ยงวัน 65
ภาพที่ 4.18 ประสิทธิภาพและอุณหภูมิของโมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับ ทั้งก่อนและ หลังจากป้อนน้ำเย็นเข้าโมดูล ในช่วงเวลาหลังเที่ยงวัน 65
ภาพที่ 4.19 ประสิทธิภาพและอุณหภูมิของโมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ ทั้งก่อนและ หลังจากป้อนน้ำเย็นเข้าโมดูล ในช่วงเวลาหลังเที่ยงวัน 66
ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในถังน้ำร้อนและน้ำเย็น ระหว่างการ ทดสอบจริงกับการทำนายตอนกลางวัน ชุดทดสอบ โมดูลชนิดไม่มีกระจก ปิดทับบน 66
ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในถังน้ำร้อนและน้ำเย็น ระหว่างการ ทดสอบจริงกับการทำนายตอนกลางวัน ชุดทดสอบ โมดูลชนิดมีกระจก ปิดทับบน 67
ภาพที่ 4.22 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าและราคาค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน ระหว่าง โมดูลสำหรับระบบ โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ และชนิดไม่มีกระจกปิดทับ 69
ภาพที่ 4.23 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าและราคาค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือนจากการ ผลิตน้ำร้อนระหว่างระบบ โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับและชนิดไม่มีกระจกปิดทับ 70
ภาพที่ 4.24 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าและราคาค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือนจากการ ผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมกัน ระหว่างระบบ โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับ และชนิดล ไม่มีกระจกปิดทับ 70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

a, b, c, d, e, f	ค่าคงที่ความสัมพันธ์ของกราฟกำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิโมดูล	-
$\boldsymbol{Q_{coll}}$	อัตราความร้อนที่ผลิตได้จากโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์	W
$\boldsymbol{Q_{loss}}$	อัตราความร้อนที่สูญเสียจากน้ำในถังน้ำ	W
$\boldsymbol{Q_{conv}}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนเกิดจากการพาความร้อน	W
$\boldsymbol{Q_{rad}}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนเกิดจากการแผ่รังสี	W
$\boldsymbol{Q_{water_H}}$	อัตราความร้อนที่ถ่ายเทไปที่ของไหลที่ผ่านโมดูล	W
$\boldsymbol{Q_{water_c}}$	อัตราความร้อนที่ระบายออกจากของไหลที่ผ่านโมดูล	W
$\boldsymbol{Q_{stored_H}}$	อัตราความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในถังน้ำร้อน	W
Q_{stored_c}	อัตราความร้อนที่ระบายออกจากน้ำในถังน้ำเย็น	W
PV/T	โมดูลชนิดไม่มีกระจกปิดทับบน	-
PV/T$_c$	โมดูลชนิดมีกระจกปิดทับบน	-
$\boldsymbol{M_w}$	มวลของน้ำในถังน้ำ	kg
$\boldsymbol{\dot{m}_w}$	อัตราการไหลของน้ำ	L/H
$\boldsymbol{C_{pw}}$	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ	kJ/kg-K
A_{PV}	พื้นที่รับรังสีด้านหน้าของโมดูล	m^2
I_T	ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกบนโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์	W/m^2
$(\tau\alpha)_c$	ค่าการสะท้อนของแสง และค่าการดูดกลืนแสง	-
U_L	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมผิวดูดรังสีอาทิตย์	W/m^2K
$(UA)_{PV}$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของโมดูล	W/K
$h_{PV,a}$	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของโมดูลกับอากาศหน้าโมดูล	W/m^2K
$(hA)_{PV,w}$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างโมดูลกับน้ำที่ผ่านโมดูล	W/K
$R\ total$	ความต้านทานความร้อนระหว่างโมดูลและอากาศแวดล้อม	W/K
ε	ค่าสภาพการเปล่งรังสี	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

σ	ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann	W/m^2K^4
T_a	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	K
T_{sky}	อุณหภูมิของท้องฟ้า	K
T_{wh_o}	อุณหภูมิน้ำร้อนขาออกจากโมดูล	K
T_{wh_i}	อุณหภูมิน้ำร้อนขาเข้าจากโมดูล	K
$T_{wh_i}^{t+\Delta t}$	อุณหภูมิของน้ำร้อนในถังที่เวลา t + Δt	K
$T_{wh_i}^{t}$	อุณหภูมิของน้ำร้อนในถังที่เวลา t	K
T_{wc_o}	อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากโมดูล	K
T_{wc_i}	อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าจากโมดูล	K
$T_{wc_i}^{t+\Delta t}$	อุณหภูมิของน้ำเย็นในถังที่เวลา t + Δt	K
$T_{wc_i}^{t}$	อุณหภูมิของน้ำเย็นในถังที่เวลา t	K
$T_{PV\,h}$	อุณหภูมิของโมดูล ตอนกลางวัน	K
$T_{PV\,c}$	อุณหภูมิของโมดูล ตอนกลางคืน	K
Δt	ช่วงเวลาในการคำนวณ	s
η_{elec}	ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโมดูล	W/mK
η_H	ประสิทธิภาพในการผลิตน้ำร้อนของโมดูล	W/mK
COP_c	สมรรถนะในการผลิตน้ำเย็นของโมดูล	W/mK
$\dot{W}_{pump}$	พลังงานไฟฟ้าของปั๊มน้ำ	W

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved