สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
รายการตาราง		ญ
รายการรูปประกอบ		ฏ
รายการสัญลักษณ์		ฒ
บทที่		
1.	**บทนำ**	**1**
1.1	ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3	ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2.	**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**4**
2.1	จุลชีววิทยาคืออะไร	4
2.2	จุลินทรีย์ (Microorganism)	5
2.2.1	แบคทีเรีย (Bacteria)	5
2.2.2	ไวรัส (Viruses)	5
2.2.3	ฟังไจ (Fungi)	5
2.2.4	สาหร่าย (Algae)	6
2.2.5	โปรตัวซัว (Protozoa)	6
2.3	สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	6
2.4	จุลินทรีย์ในน้ำเสีย	6
2.5	คุณภาพน้ำ	7
2.5.1	วิธีทางเคมี	7
2.5.2	วิธีทางชีววิทยา	7
2.6	กระบวนการโฟโตแคตาไลซิส (Photocatalysis)	7

หน้า

2.6.1	การเกาะหรือการดูดติดผิว (Adsorption Process)	8
2.6.2	กระบวนการฉายแสง (Irradiation Process)	9
2.7	ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide)	10
2.7.1	รูไทล์ (Rutile)	10
2.7.2	อนาเทส (Anatase)	10
2.7.3	บรูคไคต์ (Brookite)	11
2.8	กระบวนการโฟโตแคตาไลติคของไทเทเนียมไดออกไซด์	12
2.9	การคำนวณค่ารังสีอาทิตย์	13
2.9.1	ทิศทางของรังสีตรง	13
2.9.2	รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวราบเหนือบรรยากาศ	14
2.9.3	การประมาณค่ารังสีอาทิตย์	14
2.9.4	การประมาณค่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม	16
2.9.5	การใช้ประโยชน์ของแผงรับรังสีอาทิตย์	17
2.9.6	ลักษณะของการรวมรังสีสามารถแบ่งออกตามอัตราส่วนรวมรังสี 2 ชนิด	18
2.9.7	รูปร่างลักษณะของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา (CPC)	18
2.9.8	สมบัติการรวมรังสีของพาราโบลา (Parabola Curve)	19
2.9.9	สมบัติพิเศษในการรวมรังสีของรูปพาราโบลา	19
2.9.10	การรับรังสีของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา (CPC)	20
2.9.11	ลักษณะทั่วไปของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา (CPC)	21
2.9.12	ข้อจำกัดของ CPC ในการรับรังสี	25
2.9.13	ลักษณะการสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา (CPC)	26
2.9.14	ความสัมพันธ์ของรังสีตรงกับแผงรับรังสี	27
2.9.15	การส่งผ่านตัวกลางโปร่งใส	30
2.9.16	ความร้อนนำไปใช้ประโยชน์จากตัวรวมรังสี	32
2.9.17	ทฤษฎีการสมดุลพลังงานสำหรับของไหลในท่อ	33
2.10	หลักการทำงานและการใช้งานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	34
2.11	อัตราการเคลื่อนย้ายก๊าซสำหรับการเติมอากาศ	36
2.12	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง	37
2.12.1	งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการกำจัดเชื้อด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และการเกิดกระบวนการโฟโตคาตาไลซิสกับไทเทเนียมไดออกไซด์	38
2.12.2	งานวิจัยที่เกี่ยวกับอัตราการไหลที่มีผลต่อการกำจัดเชื้อ *E. coli*	40

หน้า

2.12.3 ความเข้มข้นของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *E.coli* 41
2.12.4 พื้นที่การรับแสงที่เกิดกระบวนการโฟโตแคตาไลซิสที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 42
2.12.5 ความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย 46

3 การดำเนินงานวิจัย **47**
3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย 47
3.2 การทดสอบระบบ 49
3.2.1 การทดลองการยับยั้งแบคทีเรีย 49
3.2.2 การทดลองการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของพื้นผิวของรีแอคเตอร์โดยการรับรังสีอาทิตย์ 50
3.3 การออกแบบรีแอคเตอร์และสร้างตัวรวมรังสีอาทิตย์รูปประกอบพาราโบล่า 51
3.3.1 การออกแบบรีแอคเตอร์และรีแอคเตอร์พื้นผิวดำ 51
3.3.2 การออกแบบรีแอคเตอร์ที่เคลือบ TiO_2 52
3.3.3 การออกแบบรางรวมแสงรูปประกอบพาราโบล่า 53
3.4 การออกแบบการทดลองเครื่องเติมอากาศ 54
3.4.1 การออกแบบขาตั้งถาดเติมอากาศ 54
3.4.2 การออกแบบท่อปล่อยน้ำลงถาดเติมอากาศ 55
3.4.3 การออกแบบถาดเติมอากาศ 55
3.5 การทดลองหาการถ่ายเทออกซิเจนที่ระดับต่างๆ 56
3.5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 56
3.5.2 วิธีการทดลองเครื่องเติมอากาศบนผิวน้ำ 59
3.6 การออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับระบบที่ต้องการ 61
3.6.1 การประเมินความต้องการน้ำ 61
3.6.2 คำนวณพลังงานส่งน้ำที่ต้องการ 61
3.6.3 การหาค่าเฉลี่ยพลังงานรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของสถานการที่ทดลอง 61
3.6.4 คำนวณหาขนาดมอเตอร์ปั๊ม 62
3.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายระบบทำน้ำร้อน 63
3.7.1 สมการสมดุลพลังงานของพื้นกระจกที่ดูดกลืนรังสี 66
3.7.2 การหาผลเฉลยของสมการแบบจำลอง 69

หน้า

4. ผลการทดลอง **71**

4.1 การทดลองการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ 71

4.1.1 ค่าปริมาณพลังงานรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการยับยังเชื้อแบคทีเรีย 71

4.1.2 ค่าพลังงานรังสีอาทิตย์สะสมที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 73

4.1.3 ค่าปริมาณพลังงานรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการยับยังเชื้อแบคทีเรียในพื้นผิวดำ 74

4.1.4 ค่าพลังงานรังสีอาทิตย์สะสมที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่รีแอคเตอร์พื้นผิวดำ 76

4.1.5 ค่าปริมาณพลังงานรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการยับยังเชื้อแบคทีเรียในพื้นผิวเคลือบ TiO_2 77

4.1.6 พลังงานรังสีอาทิตย์สะสมที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เคลือบ TiO_2 78

4.1.7 ค่าอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ 79

4.1.8 ค่าอุณหภูมิน้ำที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยกระบวนการโฟโตแคตาไลติค 80

4.1.9 การเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยพลังงานรังสีอาทิตย์สะสมกับรีแอคเตอร์ 3 ชนิด 82

4.1.10 ความเข้มข้น TiO_2 ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์สะสม 83

4.2 ผลของการเติมอากาศด้วยถาดเติมอากาศ 84

4.2.1 ผลการเติมอากาศด้วยถาดเติมอากาศของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 10 มิลลิเมตร จำนวน 10 รู 84

4.2.2 ผลการเติมอากาศด้วยถาดเติมอากาศของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 5 มิลลิเมตร จำนวน 20 รู 86

4.2.3 ผลการเติมอากาศด้วยถาดเติมอากาศของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 10 มิลิเมตร จำนวน 10, 20 และ 30 รู 88

4.3 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 89

4.3.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำจากการวัดและค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์ 89

4.3.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำจากการวัดและค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์พื้นผิวดำ 90

4.3.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำจากการวัดและค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์พื้นผิวเคลือบ TiO_2 92

5. สรุปและข้อเสนอแนะ **94**

5.1 สรุปผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ 94

5.2 สรุปผลการเติมอากาศในน้ำ 95

หน้า

5.3 การประยุกต์ใช้งานการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและการเติมอากาศ 96
5.4 ข้อเสนอแนะ 96

เอกสารอ้างอิง **97**

ภาคผนวก 100
ก. การออกแบบรางรวมแสงรูปประกอบพาราโบล่า 100
ข. ค่ารังสีค่าอาทิตย์และค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดและผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ 102
ค. ค่าการเติมอากาศและการถ่ายเทออกซิเจนในน้ำที่เพิ่มขึ้นแต่ละกรณี 106
ง. ตัวอย่างการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 112
จ. ตัวอย่างการคำนวณอัตราการไหลของเครื่องเติมอากาศ 114
ฉ. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ 118

ประวัติผู้วิจัย 144

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ค่าช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ	10
2.2	การเปรียบเทียบสมบัติของ TiO_2 ระหว่างรูไทล์กับอนาเทส	12
2.3	ชั่วโมงมีแดดเฉลี่ยของแต่ละเดือน	15
2.4	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของรังสีรายวันต่อรังสีนอกบรรยากาศ และชั่วโมงที่มีแดดต่อความยาวนานของวัน	16
2.5	อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของอากาศแวดล้อมในประเทศไทยในแต่ละช่วงเดือน	17
2.6	ความสัมพันธ์ของความสูง (H) ความยาวโฟกัส (f) ครึ่งมุมรับรังสี (θ_c) และเส้นรอบรูปของเป้ารังสี (เฉพาะด้านที่รับรังสี, a) ของ CPC	23
3.1	ลักษณะการทดลอง	50
3.2	ค่าคงที่ a, b, m และ n ที่ใช้ในสมการ 3.2	68
ข-1	ค่าพลังงานรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิน้ำที่วัดได้และคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์	100
ข-2	ค่าพลังงานรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิน้ำที่วัดได้และคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์พื้นผิวดำ	104
ข-3	ค่าพลังงานรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิน้ำที่วัดได้และคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์พื้นผิวเคลือบ TiO_2	105
ค-1	ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นบน จำนวน 10 รู เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร	107
ค-2	ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นกลาง จำนวน 10 รู เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร	107
ค-3	ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นล่าง จำนวน 10 รู เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร	108
ค-4	ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นบน จำนวน 20 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร	108
ค-5	ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นกลาง จำนวน 20 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร	109
ค-6	ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นล่าง จำนวน 20 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร	109

รายการตาราง(ต่อ)

ตาราง **หน้า**

ค-7 ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นกลาง จำนวน 20 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร 110
ค-8 ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของถาดเติมอากาศชั้นกลาง จำนวน 30 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร 110
ค-9 ผลการทดลองที่ระดับต่างๆ 111
จ-1 รายละเอียดอุปกรณ์ระบบท่อน้ำที่ออกแบบ 116

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	กระบวนการโฟโตคาตาไลซิสบนอนุภาคตัวเร่งปฏิกิริยา	9
2.2	โครงสร้างผลึกไทเทเนียม (a) อนาเทส, (b) รูไทล์	11
2.3	ส่วนประกอบของ CPC	18
2.4	ส่วนประกอบของพาราโบลา	19
2.5	การสะท้อนรังสีของรูปประกอบพาราโบลา	20
2.6	การสะท้อนรังสีเข้าเป้าของรูปประกอบพาราโบลา	20
2.7	ชนิดและส่วนประกอบของ CPC แต่ละแบบ	24
2.8	อัตราส่วนความสูงต่อหน้าตัดรับรังสี (H/A) ของ CPC แบบเต็มและแบบที่ถูกตัดบางส่วน	25
2.9	อัตราส่วนของผิวสะท้อนรังสีต่อพื้นที่หน้าตัดแผงรับรังสีของ CPC แบบเต็ม และแบบที่ถูกตัดบางส่วน	26
2.10	ความสัมพันธ์ของมุมต่างๆ บนพื้นราบและระนาบเอียง	27
2.11	ค่ามุม γ_S การเอียงมุมของ CPC เป็น β ที่จะสามารถให้รังสีตกทำมุม $(\beta-\theta_C)$ และ $(\beta+\theta_C)$ จากเส้นตั้งฉากกับพื้นราบ (Zenith)	28
2.12	รังสี Gb_n ทำมุมกับเส้นตั้งฉากของพื้นราบ (θ_Z) และของพื้นเอียง (θ) ตามลำดับ	30
2.13	จำนวนครั้งในการสะท้อนเข้าเป้าโดยเฉลี่ย กับอัตราส่วนรวมรังสี	31
2.14	การต่อวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์	34
2.15	ไดอะแกรมของตัวเร่งโฟโตคาตาไลซิสใน CPC	38
2.16	จำนวนเชื้อที่ลดลงระหว่างการทดลอง	39
2.17	จำนวนเชื้อที่ลดลงเมื่อเทียบกับ Q_{UV}	39
2.18	(ซ้าย) ส่วนประกอบต่างๆ ของการเคลือบ TiO_2 (ขวา) ทดลองในท่อแก้วที่เคลือบ TiO_2	40
2.19	การยับยั้งเชื้อ *E.coli* ที่อัตราการไหลที่แตกต่างกัน	40
2.20	การทดลองกระบวนการโฟโตแคตาไลซิสทั้ง 3 อัตราการไหล	41
2.21	การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกับ Q_{UV} ที่ระดับความเข้มข้นของ TiO_2 ที่แตกต่างกัน	42
2.22	(a) การยับยั้งเชื้อ *E.coli* ของพื้นที่ 1 m^2 และ 3 m^2 กับเวลา (b) การสะสมของ Q_{UV} กับพื้นที่ 1 m^2 และ 3 m^2	43
2.23	(a) จำนวนเชื้อที่ลดลงเมื่อเทียบกับเวลา (b) จำนวนเชื้อที่ลดลงเมื่อเทียบกับ Q_{UV}	44
2.24	การทดลองพื้นที่การแผ่รังสีลงบน 4 พื้นที่การทดสอบ	45
2.25	เชื้อ *E.coli* ที่ลดลงหลังจากการแผ่รังสีลงบนพื้นที่ 4 ขนาดการทดสอบ	46

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูป		หน้า
2.26	การกำจัดเชื้อที่ความเข้มแสงต่างๆทั้งผสม TiO_2 และไม่ผสม TiO_2	46
3.1	แผนภูมิขั้นตอนการวิจัย	48
3.2	การทดลองการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	49
3.3	พื้นที่รีแอคเตอร์รับรังสีอาทิตย์	51
3.4	รีแอคเตอร์พื้นผิวดำ	52
3.5	(a) แผ่นสแตนเลสที่เคลือบ TiO_2 (b) รีแอคเตอร์ที่เคลือบ TiO_2	52
3.6	(a) CPC แบบเป้ารับแสงแบนราบ (b) รีแอคเตอร์ใน CPC	53
3.7	ขาตั้งถาดเติมอากาศในน้ำ	54
3.8	ท่อปล่อยน้ำลงสู่ถาดเติมอากาศในน้ำ	55
3.9	ถาดเติมอากาศ	56
3.10	เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (DO Meter)	57
3.11	เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ	57
3.12	เครื่องสูบน้ำ	58
3.13	ถังบรรจุน้ำ	58
3.14	สายน้ำขณะทำการทดลอง	60
3.15	การสมดุลสมการความร้อนของรีแอคเตอร์	63
3.16	การแบ่งองค์ประกอบของตัวทำอากาศร้อนเป็นส่วนย่อย	69
4.1	ผลกระทบของพลังงานรังสีอาทิตย์ (เส้นประ) ต่อเชื้อแบคทีเรียที่ลดลง (เส้นทึบ)	72
4.2	ผลกระทบของพลังงานรังสีอาทิตย์สะสมต่อเชื้อแบคทีเรีย	73
4.3	ผลกระทบของพลังงานรังสีอาทิตย์ (เส้นประ) บนพื้นผิวดำต่อเชื้อแบคทีเรีย (เส้นทึบ)	75
4.4	ผลกระทบของพลังงานรังสีอาทิตย์สะสมบนพื้นผิวดำต่อเชื้อแบคทีเรีย	76
4.5	ผลกระทบของพลังงานรังสีอาทิตย์ (เส้นประ) บนพื้นเคลือบ TiO_2 ต่อเชื้อแบคทีเรีย (เส้นทึบ)	77
4.6	ผลกระทบของพลังงานรังสีอาทิตย์สะสมบนพื้นเคลือบ TiO_2 ต่อเชื้อแบคทีเรีย	78
4.7	ผลกระทบของอุณหภูมิน้ำโดยพลังงานรังสีอาทิตย์ (เส้นประ) ต่อเชื้อแบคทีเรีย (เส้นทึบ)	80
4.8	ผลกระทบของอุณหภูมิน้ำด้วยกระบวนการโฟโตแคตาไลซิสต่อเชื้อแบคทีเรีย	81
4.9	การเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยรีแอคเตอร์ทั้ง 3 ชนิด	82
4.10	ความเข้มข้นของ TiO_2 ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์	83
4.11	ค่าความเข้มข้นออกซิเจนกับเวลาที่ความสูง 3 ระดับ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร	85

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูป **หน้า**

4.12 ค่า K_La ที่หาได้จากความชันของกราฟที่ความสูง 3 ระดับ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 20 รู ทุกๆ 10 นาที 85

4.13 ค่าความเข้มข้นออกซิเจนกับเวลาที่ความสูง 3 ระดับ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร 86

4.14 ค่า K_La ที่หาได้จากความชันของกราฟที่ความสูง 3 ระดับ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 20 รู ทุกๆ 20 นาที 87

4.15 ค่าความเข้มข้นกับเวลาที่ความสูงระดับเดียวกัน ของขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร 88

4.16 ค่า K_La ที่หาได้จากความชันของกราฟเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 10, 20 และ 30 รู ทุกๆ 20 นาที 88

4.17 ค่าอุณหภูมิน้ำที่ได้ของรีแอคเตอร์จากการวัดและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา 90

4.18 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำที่ได้จากการวัดและค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์พื้นผิวกระจก 90

4.19 ค่าอุณหภูมิน้ำที่ได้ของรีแอคเตอร์พื้นผิวดำจากการวัดและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา 91

4.20 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำของที่ได้จากการวัดและค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์พื้นผิวดำ 91

4.21 ค่าอุณหภูมิน้ำที่ได้ของรีแอคเตอร์พื้นผิวเคลือบ TiO_2 จากการวัดและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา 92

4.22 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดและค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรีแอคเตอร์พื้นผิวเคลือบ TiO_2 93

รายการสัญลักษณ์

t คือ เวลาที่วัดหลังจากเที่ยงสุริยะ (hr)

n คือ ลำดับวันของปี

G_{sc} คือ ค่าคงตัวรังสีอาทิตย์ (1,367 W/m^2)

$\overline{H}_0$ คือ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่ารายวันของรังสีอาทิตย์ในแนวระดับเหนือบรรยากาศ (MJ/m^{2}day)

ω_s คือ มุมชั่วโมงพระอาทิตย์ขึ้น (องศา) = $\cos^{-1}(\tan\phi\tan\delta)$

a, b คือ สัมประสิทธิ์ความถดถอยโดยแสดงในตารางที่ 6.4

$\overline{H}$ คือ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่ารายวันของรังสีรวมบนพื้นราบในแนวระดับ (MJ/m^{2}day)

$\overline{N}$ คือ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่ารายวันของความยาวนานของวัน

เมื่อ $N = \frac{2}{15}\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta)$

$\overline{S}$ คือ ค่าเฉลี่ยรายเดือนของค่ารายวันของชั่วโมงที่มีแดด โดยใช้ข้อมูลทางสถิติของกรุงเทพฯ (1991-1998) แสดงในตารางที่ 2.3

hr คือ เวลาในชั่วโมงที่พิจารณา

$T_a(t)$ คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมในเวลา t (K)

$T_{\max}$ คือ อุณหภูมิสูงสุดของอากาศแวดล้อมของวันในเวลา t (K)

$T_{\min}$ คือ อุณหภูมิต่ำสุดของอากาศแวดล้อมของวันในเวลา t (K)

t คือ ระยะเวลาของการทดสอบในชั่วโมงที่พิจารณาก่อนแปดชั่วโมง (hr)

ω คือ $2\pi/24$

A คือ หน้ากว้างของพื้นที่รับรังสี (aperture)

a คือ เส้นรอบรูปของเป้ารับรังสี (receiver)

θ_c คือ ครึ่งมุมรับรังสีของ CPC (acceptance half angle)

BC คือ ส่วนโค้งรูปพาราโบลา

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m)

r คือ รัศมีของท่อ (m)

β คือ มุมเอียงของแผงรับรังสี (slope), $0 \le \beta \le 180$

θ คือ มุมตกกระทบบนระนาบกับรังสี (angle of incident)

θ_Z คือ มุมซีนิธ (zenith angle)

ϕ คือ มุมของเส้นรุ้ง (latitude), $-90 \le \phi \le 90$

ω คือ มุมของเวลา (hour angle)

α คือ มุมอัลติจูด (solar–altitude)

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

γ คือ มุมอะซิมุธของแผงรับรังสี (Surface-azimuth)

γ_s คือ มุมอะซิมุธของดวงอาทิตย์ (Solar–azimuth)

Gb คือ ปริมาณรังสีตรงที่ตกตั้งฉากบนพื้นราบ (W/m^2)

Gb_n คือ ปริมาณรังสีตรง (W/m^2)

Gb_T คือ ปริมาณรังสีตรงที่ตกตั้งฉากบนพื้นเอียง (W/m^2)

I_b คือ ปริมาณรังสีตรงที่ตกตั้งฉากบนพื้นราบ (W/m^2)

I_d คือ ปริมาณรังสีกระจายที่ตกตั้งฉากบนพื้นราบ (W/m^2)

I_{dT} คือ ปริมาณรังสีกระจายที่ตกตั้งฉากบนพื้นเอียง (W/m^2)

I_T คือ ปริมาณรังสีรวมที่ตั้งฉากบนพื้นเอียง (W/m^2)

R_b คือ อัตราส่วนของปริมาณรังสีตรงบนระนาบเอียงต่อปริมาณรังสีบนพื้นราบ

ρ คือ ค่าการสะท้อนรังสีจากพื้นดิน

K คือ Extinction coefficient (m^{-1})

L คือ ความหนาของตัวกลางโปร่งใส (m)

θ_r คือ มุมหักเหของแสง

nr คือ จำนวนครั้งในการสะท้อนเข้าเป้าโดยเฉลี่ย (Average number of reflections by radiation)

ρ คือ ค่าการสะท้อนรังสีของวัสดุทำรางสะท้อนรังสี

αb คือ ค่าการดูดรังสีตรงของวัสดุทำเป้ารับรังสี

αd คือ ค่าการดูดรังสีกระจายของวัสดุทำเป้ารับรังสี

τ_{cb} คือ ค่าการผ่านทะลุของรังสีตรงผ่านตัวกลางโปร่งใส

τ_{cd} คือ ค่าการผ่านทะลุของรังสีกระจายผ่านตัวกลางโปร่งใส

A_c คือ พื้นที่รับรังสี (Aperture area) (m^2)

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kgK)

CR คือ อัตราส่วนรวมรังสี

FR คือ ตัวประกอบการนำความร้อนมาใช้ (Heat removal factor)

I คือ ความเข้มรังสีอาทิตย์รวม (kJ/m^2)

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)

Q_u คือ พลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ (W)

S คือ อัตราการรับความร้อนต่อพื้นที่ของแผงรับรังสี (W/m^2) = $\tau\alpha\rho G_T$

T_a คือ อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม (K)

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

T_s คือ อุณหภูมิสมดุล (K)

T_{fi} คือ อุณหภูมิของน้ำขณะไหลเข้าแผงรับรังสี (K)

T_{fO} คือ อุณหภูมิของน้ำขณะไหลออกจากแผงรับรังสี (K)

U_L คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์ (W/m^2K)

ρ คือ สภาพสะท้อนรังสีอาทิตย์ของผิวสะท้อนรังสี

$(\tau\alpha)_e$ คือ ค่าผลคูณประสิทธิผลของสภาพส่งผ่านรังสีอาทิตย์ของแผ่นพลาสติกครอบ (τ) และสภาพดูดกลืนรังสีของตัวรับรังสี (α)

γ คือ อัตราส่วนการตกกระทบเป้ารับรังสี

C_P คือ ความร้อนจำเพาะของของไหล (J/kg K)

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหล $(kg/s)^2$

$\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อน (J/s)

ΔT คือ ความแตกต่างอุณหภูมิของของไหลระหว่างขาเข้าและขาออกจากท่อ (K)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระทางไฟฟ้า, A

I_{ph} คือ กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแสง (Photo current), A

I_0 คือ กระแสไฟฟ้าอิ่มตัวย้อนกลับ (Reverse saturation current), A

V คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมภาระทางไฟฟ้า, V

q คือ ประจุของอิเล็กตรอน, C

K คือ Boltzmann's constant, J/K

T คือ อุณหภูมิองศาสัมบูรณ์, K

A คือ ไดโอดแฟคเตอร์

R_S คือ ความต้านทานอนุกรม, Ω

R_{sh} คือ ความต้านทานขนาน, Ω

r_m คือ อัตราการถ่ายเทมวลสารต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Kg/s)

K_g คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารของก๊าซ (m/s)

A คือ พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างฟองอากาศกับน้ำ (m^2)

C_s คือ ความเข้มข้นอิ่มตัวในสารละลาย (mg/l)

C คือ ความเข้มข้นของก๊าซในสารละลาย ณ ช่วงเวลาพิจารณา (mg/l)