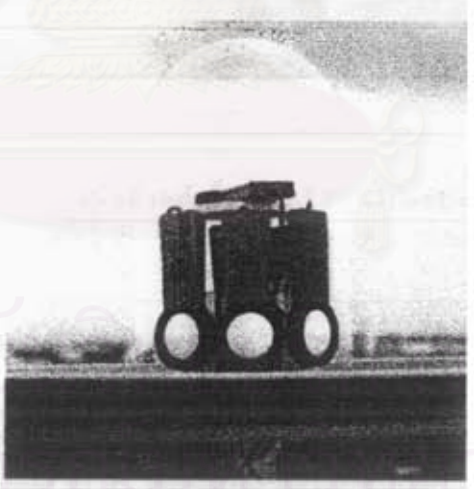
บทที่ 3
เครื่องมือ และวิธีการติดตั้งที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือ

3.1.1 ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter DX-200)

ลักซ์มิเตอร์ คือ เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณแสงสว่างมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) แล้วแต่ประเภทการทำงานของลักซ์มิเตอร์ เริ่มจากการที่อนุภาคของแสง (Flux) ตกกระทบในบริเวณจุดรับแสง แล้วทำให้เกิดความต่างศักย์ของไฟฟ้า เกิดขึ้นในบริเวณจุดรับแสงดังกล่าว ส่งผลให้เครื่องมือ ที่ใช้ตรวจวัดจะอ่านค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า ที่เกิดขึ้น แล้วแปลข้อมูลดังกล่าว ออกมาเป็นหน่วยความสว่างของแสง ตามที่เราต้องการ ลักซ์มิเตอร์

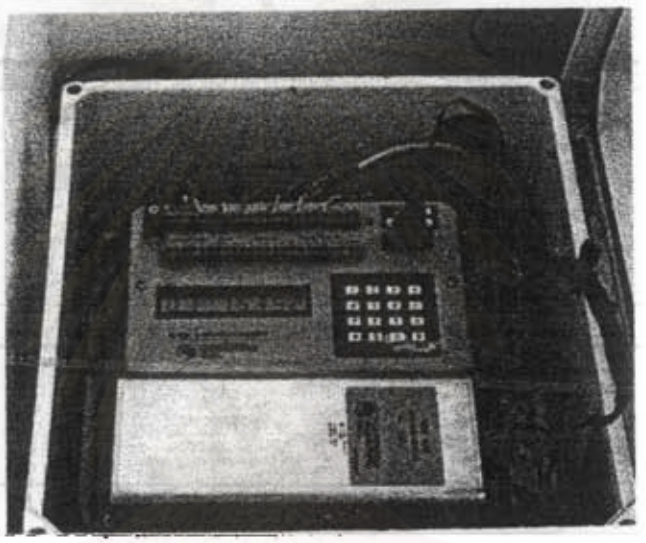
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ ลักซ์มิเตอร์ที่มีช่วงการวัด (Measuring range) ระหว่าง 0 - 200,000 ลักซ์ (ข้อมูลจาก Instruction Mamual E Chroma meter xy-1,Minalta Camera Co.,Ltd) ในการวัดค่าระดับความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบนอน ไม่รวมรังสีตรงดวงอาทิตย์ (Exterior Illumination Horizontal exclude Direct Sun) และค่าระดับความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบตั้ง (Exterior Illumination Vertical exclude Direct Sun) ทั้ง 8 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการศึกษา ลักซ์มิเตอร์ D x-200

3.1.2 แคมเบลล์ดาต้า ล็อคเกอร์ 21 X (Cambell Datalogger 21 X)

ทำงานโดยอาศัยหลักความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกัน ซึ่งแรงดันไฟฟ้าสามารถวัดและแปลงออกมาโดยเครื่อง Cambel scientific Data Logger เป็นตัวเลข Digital ที่อ่านค่าได้ โดยใช้หลักการทำงานของ Wihstone Bridge ในการเก็บข้อมูลค่ารังสีดวงอาทิตย์ หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร (watt / sqm.) และค่าความส่องสว่างภายนอก หน่วยเป็น LUX อาศัยโปรแกรมการใช้งาน P 02, P 00 (Instruction P 02, P 00) ของคู่มือการใช้งาน และใช้เครื่องมือไพโรโนมิเตอร์กับลักซ์มิเตอร์ ต่อเข้าเครื่องให้แปลงค่าเป็นตัวเลข โดยข้อมูลทั้งหมดจะทำการบันทึกลงบน Storage Module ที่อ่านได้แล้วถ่ายข้อมูลจาก Storage Module ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



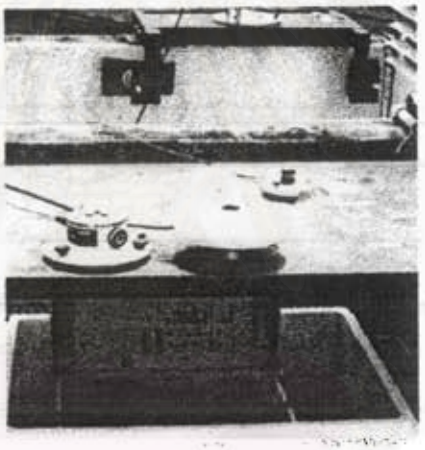
รูปที่ 3.2 รูปแสดงเครื่องมือแคมเบลล์ เดต้าล็อกเกอร์ 21 X (Cambell Datalogger 21 X)

3.1.3 ไพรานอมิเตอร์ (Pyronometer)

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดค่ารังสีดวงอาทิตย์ (ดูรูปที่ 3.3) โดยใช้ร่วมกับ แคมเบลล์ เดต้าล็อกเกอร์ 21 X (Cambell Scientific Datalogger 21 X) โดยที่เครื่องวัดแต่ละเครื่องจะมีค่าตัวคูณประกอบแตกต่างกัน ซึ่งค่าที่อ่านได้จะต้องคูณค่าประกอบดังกล่าวเพื่อให้อ่านค่าเป็นหน่วยของ วัตต์ต่อตารางเมตร (watt / sqm.) และอ่านได้ใกล้เคียงกัน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้เก็บค่าดังนี้

- ค่ารังสีรวมดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบ (Global Horizontal Solar Radiation)
- ค่ารังสีกระจายดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบ (Diffuse Horizontal Solar Radiation)

ไพรานอมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดรังสีรวม โดยทั่วไปประกอบด้วยตัวรับแสง (Detector) ที่ประกอบด้วยเทอร์โมไพล์ (Theropile) หลายชุดต่ออนุกรมกัน ตัวรับแสงบรรจุอยู่ในโดมแก้วครึ่งทรงกลม โดมแก้วนี้มีหน้าที่ปกป้องตัวรับแสงจากฝุ่นและลม ซึ่งจะทำให้ตัวรับแสงสูญเสียความร้อนไปเนื่องจากการพาและการแผ่รังสี ปกติโดมแก้วจะมี 2 ชั้น ทำด้วยแก้วพิเศษซึ่งจะต้องมีความหนาที่สม่ำเสมอเพื่อที่จะไม่ก่อให้เกิดการกระจาย ของรังสีที่ตกกระทบตัวรับแสง เทอร์โมไพล์ประกอบด้วยโลหะต่างชนิดเชื่อมกันอยู่ โลหะแต่ละชิ้นข้างหนึ่งชุบเคลือบด้วยสีดำและอีกด้านหนึ่งชุบเคลือบด้วยสีขาวสลับกันไป โลหะด้านที่ชุบเคลือบด้วยสีขาวจะมีคุณสมบัติสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ โลหะสีดำมีคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ เมื่อมีแสงตกกระทบจะก่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผิวทั้งสอง เนื่องจากโลหะข้างหนึ่งดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ อีกข้างหนึ่งสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากปรากฏการณ์เทอร์โมอิเลคตริค โดยที่แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ จะเกิดขึ้นกับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของโลหะขาวและดำ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับตัวรับแสง แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าประมาณ 5-10 m V.cal^{-1}.cm^{-2}.min^{-1} ใต้โดมแก้วมีจานกลมสีขาวสวมอยู่ จานกลมนี้มีหน้าที่ป้องกันรังสีกระจายที่สะท้อนจากพื้นดินและสิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะให้รังสีที่เข้าโดมเป็นรังสีที่มาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าเท่านั้น



รูปที่ 3.3 แสดงไพรานอมิเตอร์

ในการที่จะวัดรังสีที่กระจายในแนวราบสามารถทำได้โดยการใช้ไพรานอมิเตอร์ ชนิดเดียวกับที่ใช้วัดรังสีรวม แต่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้บังรังสีตรงไม่ให้รังสีตรงตกลงบนตัวรับแสง อุปกรณ์บังรังสีตรงที่สำคัญมี 2 ชนิดคือ

1. จานบังเงา (Shading Disc) มีลักษณะเป็นจานกลมเล็กซึ่งขับดันโดยใช้เครื่องมือติดตามแสงอาทิตย์ (Solar Tracking) โดยที่เงาของจานกลมจะตกลงบนผิวรับแสงตลอดทั้งวัน และขนาดของเงาจะต้องมีขนาดพอดีกับผิวรับแสงเพื่อไม่ให้จานกลมบัง รังสีส่วนอื่นที่ไม่ใช่รังสีตรง รังสีที่ตกกระทบผิวรับแสงจึงเป็นรังสีกระจายเท่านั้น

2. แหวนบังเงา (Shading Ring) มีลักษณะเป็นส่วนของวงแหวน โดยที่วงแหวนนี้จะต้องวางให้มีมุมเอียงเท่ากับเส้นรุ้งของตำแหน่งที่ต้องการวัด และจะต้องมีการขยับวงแหวนให้เงาของวงแหวนตกลงบนผิวรับแสงตลอดเวลา เนื่องจากวงแหวนมีขนาดใหญ่ เงาของวงแหวนนอกจากจะบังรังสีตรงแล้วยังบังรังสีกระจายบางส่วน ไม่ให้ตกกระทบตัวรับแสง ดังนั้นจึงจะต้องมีค่าชดเชยรังสีกระจายที่วัดได้โดยที่ค่าชดเชยนี้ จะขึ้นอยู่กับขนาดของวงแหวน สถานที่ตั้งและฤดูกาล

ถ้าสมมุติว่ารังสีกระจายจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้ามีลักษณะสม่ำเสมอตลอดทั้งท้องฟ้า (Isotropic) สามารถหาค่าชดเชยได้จากสมการ

$$X = \frac{2b}{\pi r} \cos 3\delta \left[\frac{\pi \omega_s}{180} \sin \varnothing \sin + \cos \varnothing \cos\delta \sin \omega_s \right] \qquad (3.1)$$

เมื่อ X = สัดส่วนของรังสีจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าที่ถูกวงแหวนบัง

b = ความกว้างของวงแหวน

r = รัศมีของวงแหวน

δ = มุมเดคลิเนชั่นดวงอาทิตย์ (องศา)

$\varnothing$ = เส้นละติจูดของสถานที่วัดรังสี (องศา)

ω_s = มุมชั่วโมงพระอาทิตย์ตก (องศา)

และสามารถหาค่ารังสีกระจายได้จาก

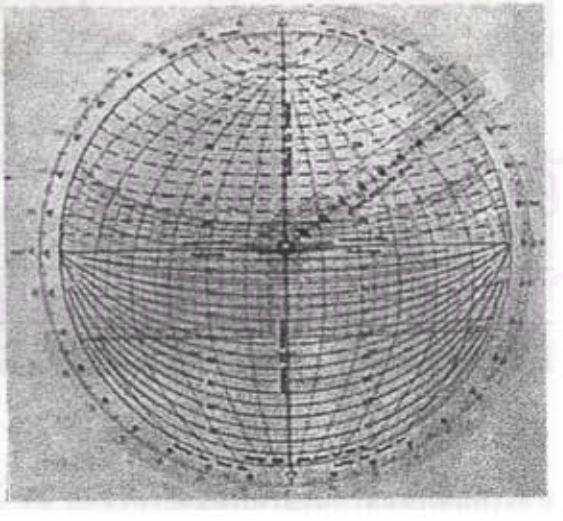
$$R_d = \left[\frac{1}{1-X} \right] R_{d,Measure} \qquad (3.2)$$

เมื่อ R_d คือรังสีกระจายรายวันที่ถูกต้อง(อาจเป็นรายชั่วโมงหรือรายวันก็ได้)$R_{d,Measure}$คือค่ารังสีกระจายที่วัดได้

รูปที่ 3.4 แสดงไพรานอมิเตอร์วัดรังสีกระจาย

ในการวัดค่าระดับรังสีดวงอาทิตย์ และความส่องสว่างภายนอกไม่รวมแสงตรงของดวงอาทิตย์ อาศัยอุปกรณ์บังแดดที่เป็นแถบเงา (Shadow Band) มีความทึบแสงเพื่อป้องกันไม่ให้ตัววัดได้รับอิทธิพลของรังสีตรงของดวงอาทิตย์ ความกว้างของแถบเงากำหนดให้มีความกว้างน้อยที่สุด เพื่อให้ตัววัดสามารถรับค่ารังสีกระจายดวงอาทิตย์มากที่สุด แถบเงานี้มีลักษณะเป็นแถบโค้งพาดไปตามวงโคจรของดวงอาทิตย์ (ดูรูปที่ 3.4) โดยอาศัยตารางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ปรับตั้งแถบเงาให้สามารถบังดวงอาทิตย์ได้ในวัน และเวลาที่ต้องการ ซึ่งหากมีการคลาดเคลื่อนการปรับมุมของแถบเงาก็สามารถปรับด้วยมือโดยการสังเกตเงาที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

รูปที่ 3.5 เครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์ไพโรโนมิเตอร์ รูปที่ 3.6 รูปแสดงอุปกรณ์บังเงา (Shadow Band)



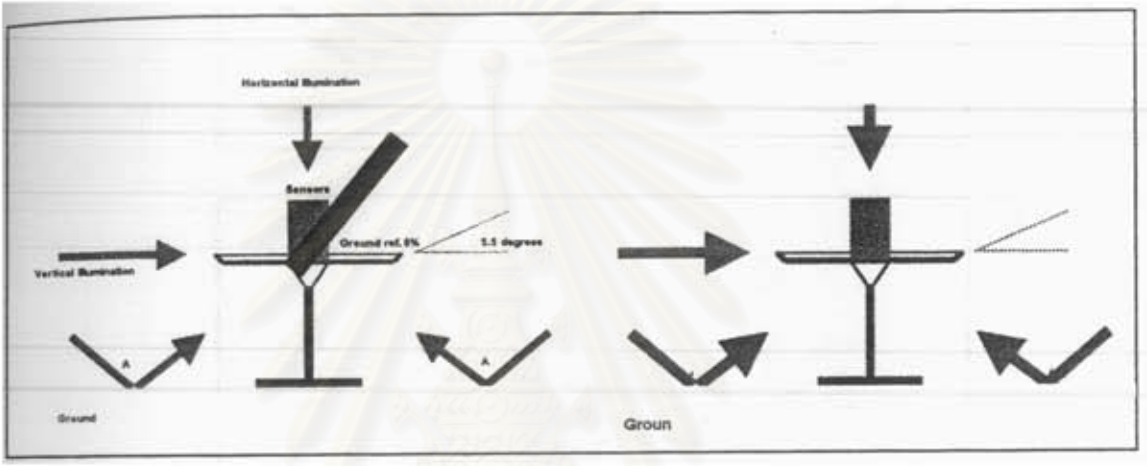
รูปที่ 3.7 รูปแสดงตารางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

3.2 วิธีการติดตั้งเครื่องมือ

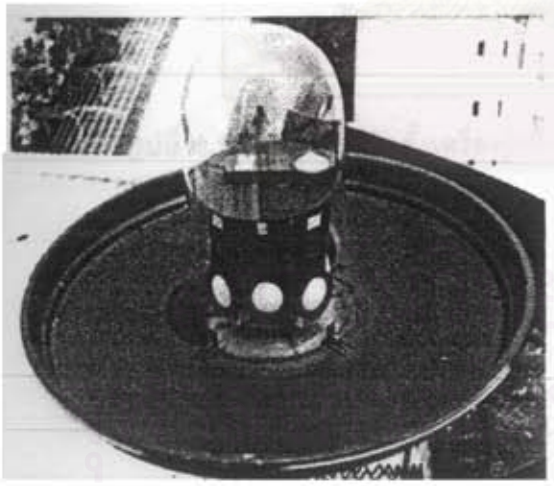
การติดตั้งเครื่องมือได้เริ่มทำการติดตั้งและทดลอง ตั้งแต่วันที่ 15 กันยายน 2542 – 31 มีนาคม 2543 ณ ชั้นดาดฟ้าชั้น 8 ของอาคารบ้านสวนธน รัชดาภิเษก

เครื่องมือทั้งหมดที่ทำการติดตั้ง ได้มีการบันทึกข้อมูลตลอดทั้งวัน (24 ชั่วโมง) และส่งข้อมูลทั้งหมดลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ โดยมาตรฐานในการติดตั้งเครื่องมือทั้งหมด ติดตั้งตามมาตรฐานของ CIE และ ได้รับคำแนะนำจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT.)

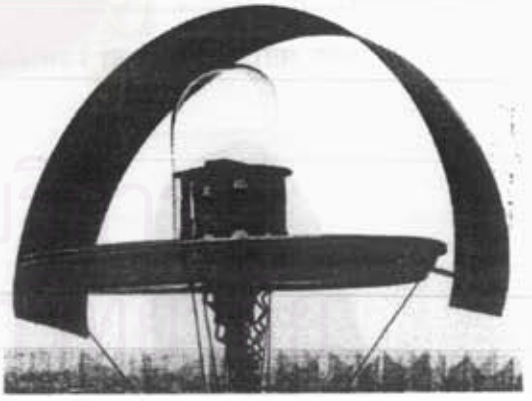
3.2.1 การติดตั้งเครื่องมืออ่านค่าแสงภายนอก



รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งเครื่องมือลักซ์มิเตอร์ DX-200



(ก)

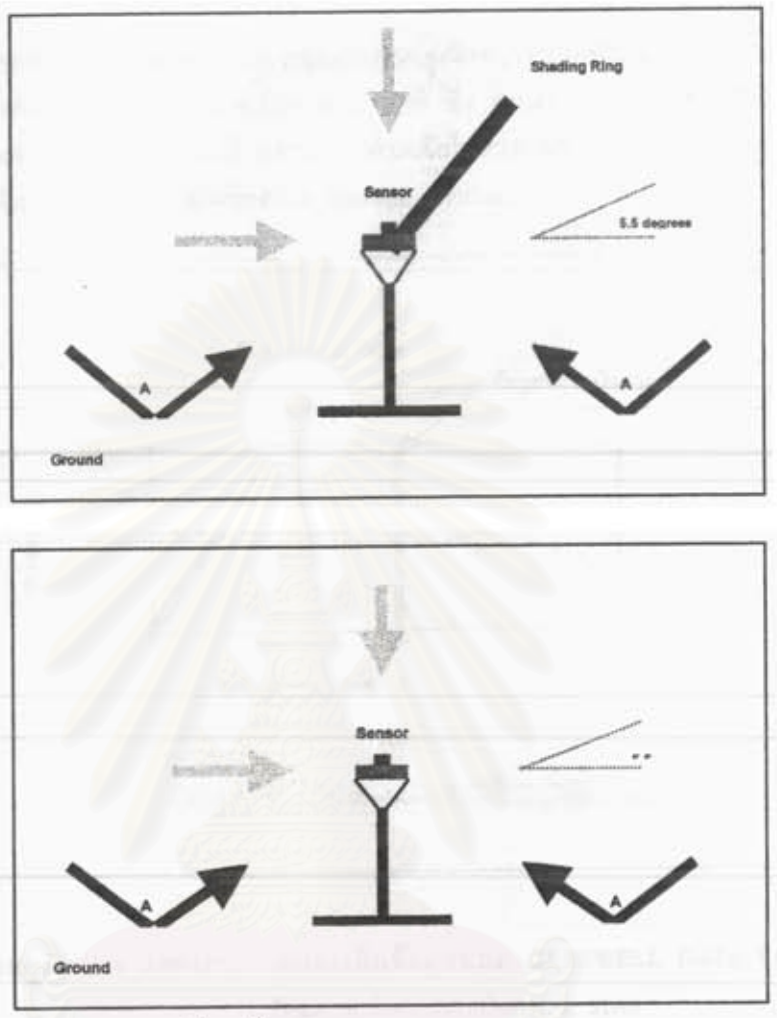


(ข)

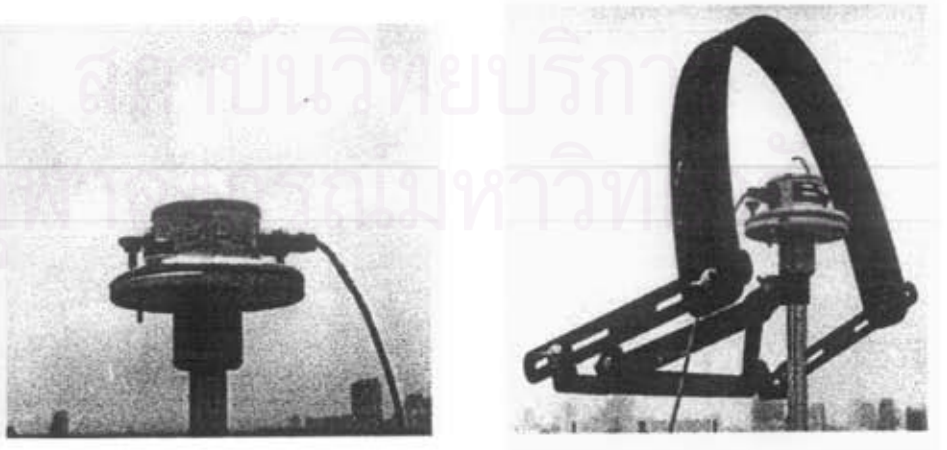
(ก) รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

(ข) รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดแสงกระจายจากดวงอาทิตย์

3.2.2 การติดตั้งเครื่องมืออ่านค่ารังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งเครื่องมือไพรานอมิเตอร์ (PYRANOMETER PSP)



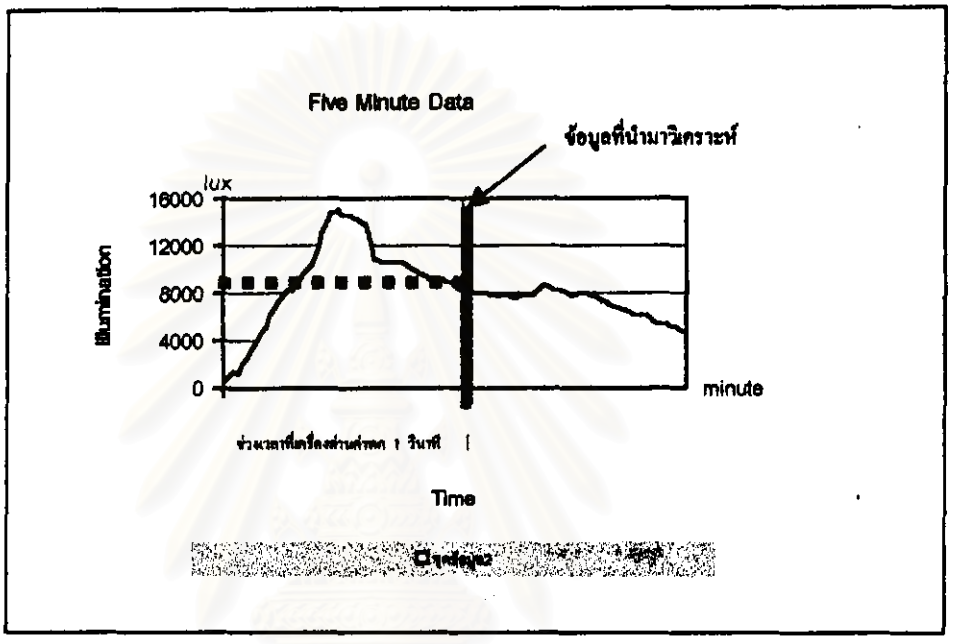
(ก) (ข)

(ก) รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดรังสีรวมจากดวงอาทิตย์

(ข) รูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์

3.2.3 การบันทึกข้อมูล

เนื่องจากท้องฟ้าในเขตร้อนชื้นมีความแปรปรวนสูงจึงทำการเก็บข้อมูลจากค่าเฉลี่ย เพื่อลดความผิดพลาดของค่าที่อ่านได้ จึงเก็บข้อมูลเป็นราย 5 นาที ซึ่ง CAMPBELL DATA LOGGER อ่านข้อมูล ณ สภาพท้องฟ้าจริง ทุก 1 วินาที แล้วนำเอาค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 5 นาที (นำข้อมูล 300 ตัว มาหาค่าเฉลี่ย เป็นข้อมูล 1 ครั้ง) มาบันทึกลงใน Storage Module

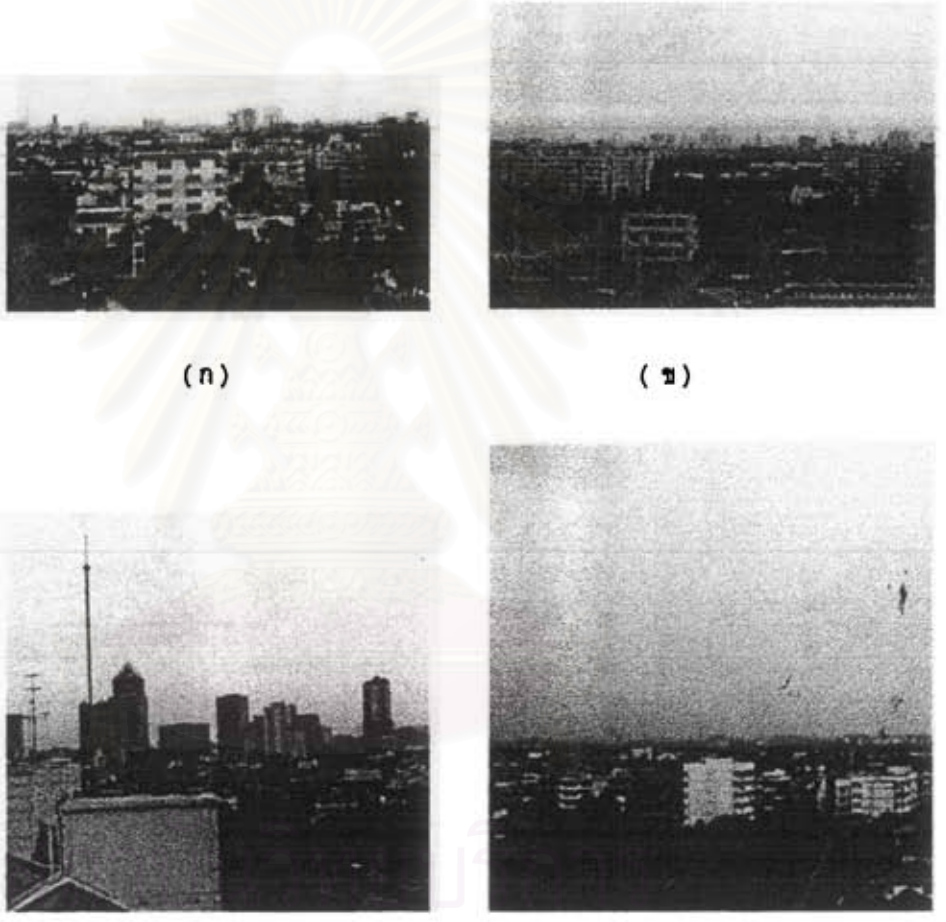


แผนภูมิที่ 3.1 แสดงการอ่านและเก็บข้อมูลของ CAMPBELL DATA LOGGER
ข้อมูล ณ วันที่ 20 กันยายน 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.4 สถานที่และสภาพแวดล้อม

ติดตั้งชั้นดาดฟ้าเพื่อป้องกันผลกระทบจากค่าสะท้อนแสงของอาคารและพื้นผิวโดยรอบ



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 3.14 แสดงสภาพแวดล้อม ณ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องมือ

(ก) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศเหนือ

(ข) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศใต้

(ค) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศตะวันออก

(ง) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศตะวันตก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(จ)

(ฉ)

(ช)

(ซ)

รูปที่ 3.15 แสดงสภาพแวดล้อม ณ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องมือ

(จ) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

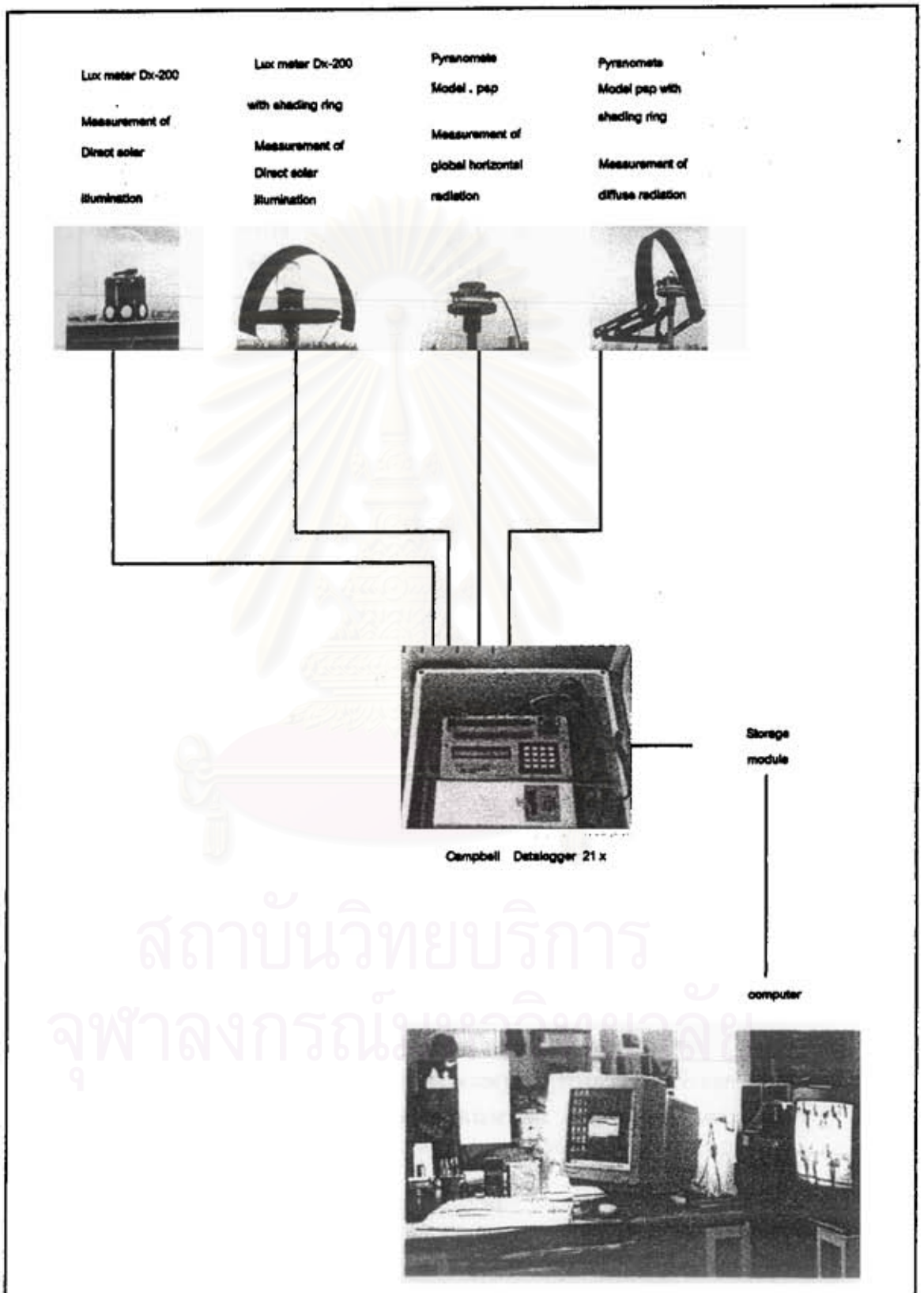
(ฉ) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้

(ช) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

(ซ) สภาพแวดล้อมทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้

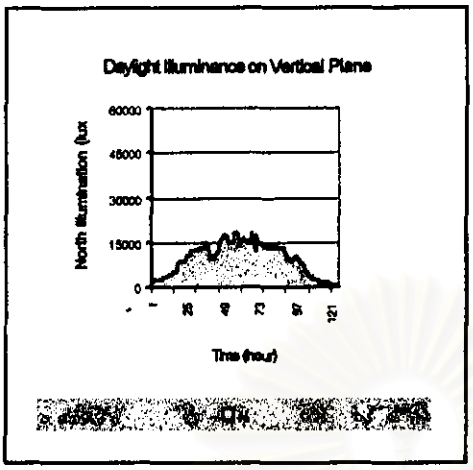
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.5 ผังแสดงการติดตั้งเครื่องมือ

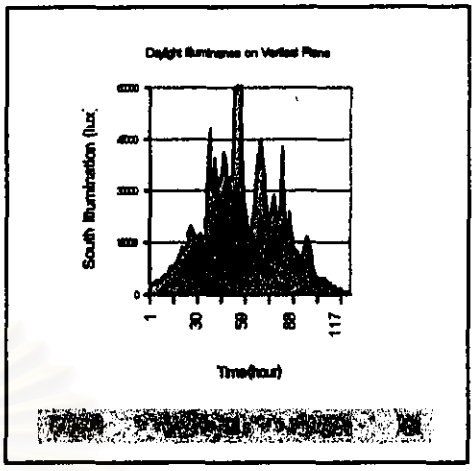


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

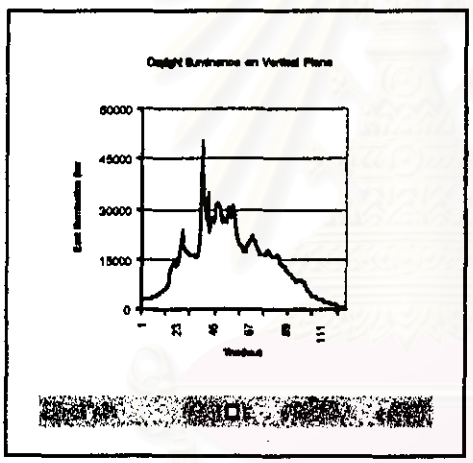
3.2.6 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง



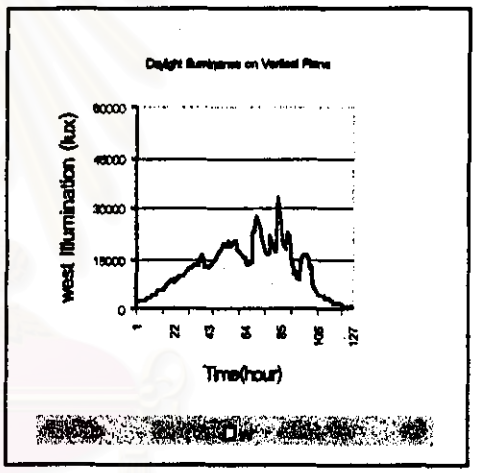
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

แผนภูมิที่ 3.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่เก็บได้จากการใช้เครื่องมือวัด

(ก) แสดงค่าความส่องสว่างของแสงในระนาบตั้ง ทางด้านทิศเหนือ

(ข) แสดงค่าความส่องสว่างของแสงในระนาบตั้ง ทางด้านทิศใต้

(ค) แสดงค่าความส่องสว่างของแสงในระนาบตั้ง ทางด้านทิศตะวันออก

(ง) แสดงค่าความส่องสว่างของแสงในระนาบตั้ง ทางด้านทิศตะวันตก

ข้อมูลที่ได้จากการใช้เครื่องมือวัด(raw data)															ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ(Ashrae1995)						
AVERAGE RAW DATA FROM STATION																					
	Date	Time	Global-R	Diffuse-R	Ho	N	S	E	W	NE	NW	SE	SW	SC	SAlt	SAzm	SHr	Stime	Radiatio	Radiation	Radiation
	(Day)	(Hr)	(watt/sq)	(watt/sq)	(Day)	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(watt/sq)	(degree)	(degree)	(hours)	(hours)	(watt/sq)	(watt/sq)	(watt/sq)
104	49	700	13.72	10.14	1085	703	637.9	603.6	468.4	395	274.5	512.1	337.9	0.74	3.86	-76.42	-82.99	9.47	46.63	134.27	32.21
104	49	705	19.89	14.56	1603	883	1018	897	471.8	642.5	392	982	519.8	0.73	4.72	-76.09	-81.51	9.47	68.63	194.51	47.04
104	49	710	27.45	19.52	2200	1144	1313	1223	636.1	1075	562.4	1012	805	0.71	5.80	-75.74	-80.48	9.83	78.91	192.48	41.76
104	49	715	35.73	24.52	2456	1502	1591	1582	903	1804	832	2739	1136	0.69	6.97	-75.39	-78.98	9.97	94.16	219.31	44.84
104	49	720	44.04	28.54	2917	1467	2000	1843	1179	2312	1150	4219	1841	0.67	8.24	-75.03	-77.99	9.80	107.91	241.88	48.13
104	49	725	51.1	34.08	3448	2166	2362	2327	1334	3436	1263	6184	2290	0.67	9.41	-74.66	-76.74	9.91	120.86	266.63	52.57
104	49	730	59.79	38.89	4027	2341	2834	2679	1348	4442	2111	7920	2849	0.65	10.57	-74.29	-75.48	9.87	144.40	284.26	55.84
104	49	735	72.3	43.76	4408	2719	3336	3108	1666	5010	2411	8450	3189	0.61	11.74	-73.91	-74.04	9.96	156.66	299.06	58.01
104	49	740	89.7	50.41	5226	3027	4024	3676	1506	6033	2756	9562	3571	0.56	12.90	-73.51	-72.99	7.13	184.18	320.62	62.56
104	49	745	108.1	56.9	5834	3505	4564	4033	2000	7550	3073	12000	4083	0.53	14.05	-73.11	-71.74	7.23	196.39	329.04	64.21
104	49	750	120.9	62.65	6474	3872	5178	5266	2151	9180	3376	13600	4565	0.52	15.21	-72.71	-70.49	7.30	226.30	362.12	68.78
104	49	755	130.7	67.65	7210	4111	5745	5803	2127	10430	3670	14890	4993	0.52	16.37	-72.29	-69.24	7.37	241.16	368.66	71.97
104	49	800	147.5	74.3	7800	4451	6803	6267	2420	11200	3894	16523	6322	0.50	17.52	-71.86	-67.99	7.47	279.08	376.56	75.91
104	49	805	161.9	79.5	8220	4847	7120	6882	2716	11870	4122	18950	5938	0.49	18.66	-71.43	-66.74	7.53	292.30	389.60	78.60
104	49	810	179.3	86.4	8930	5094	7740	7490	2789	12920	4313	21460	6026	0.48	19.81	-70.99	-65.49	7.63	314.29	400.45	80.88
104	49	815	196.2	91.1	9540	5460	8330	8020	3010	13660	4551	22956	6454	0.46	20.95	-70.54	-64.24	7.73	336.30	409.30	82.68
104	49	820	206.1	95.1	10010	5673	8990	8450	3102	14620	4786	24600	6874	0.46	22.09	-70.02	-62.99	7.80	358.49	416.16	84.19
104	49	825	226.6	101	10600	6081	9890	9110	3385	15090	4954	27883	7200	0.45	23.22	-69.53	-61.74	7.87	380.64	422.82	85.61
104	49	830	248.2	107.6	11270	6257	11950	9670	3469	15410	5103	28883	7460	0.43	24.36	-69.02	-60.48	7.97	402.07	431.98	90.69
104	49	835	265.7	113.1	11830	6544	12660	10150	3626	15870	5288	30210	7800	0.43	25.49	-68.50	-59.24	8.03	423.95	437.86	91.88
104	49	840	282.3	120.2	12510	6749	12930	10450	3763	16240	5461	32660	8100	0.43	26.60	-67.97	-57.99	8.13	444.66	442.31	94.82
104	49	845	299.2	125.1	12840	6994	12450	10710	3899	16490	5637	36460	8420	0.43	27.73	-67.43	-56.74	8.20	466.04	444.80	95.21
104	49	850	278.1	128.6	12840	7220	11730	10680	4120	16880	5832	36580	8800	0.46	28.84	-66.86	-55.49	8.30	486.25	449.84	96.32
104	49	855	292	135.2	13400	7170	12330	10830	4149	17070	6044	41260	9150	0.46	29.94	-66.28	-54.24	8.30	506.43	454.87	100.73
104	49	900	295.1	137.9	13670	7310	12010	10710	4229	17050	6217	43260	9450	0.47	31.08	-65.66	-52.99	8.47	528.37	464.00	101.11
104	49	905	260.2	132.6	13230	7260	10410	9860	4195	17090	6383	45213	9800	0.53	32.19	-65.01	-51.74	8.50	548.89	469.33	102.07
104	49	910	238.9	139.4	13360	7220	10910	9310	4412	17180	6662	45610	10190	0.56	33.24	-64.38	-50.48	8.53	564.38	456.09	103.37
104	49	915	352.4	160.8	14840	7890	11110	9940	4746	17150	6731	44320	10550	0.46	34.33	-63.73	-49.24	8.73	583.27	466.36	104.43
104	49	920	360.7	154.8	14640	8000	9880	9540	4673	17190	6901	46520	10980	0.43	35.41	-63.01	-47.99	8.80	602.33	466.14	105.21
104	49	925	163.4	116.4	12200	7250	6636	6501	4527	17010	7070	46560	11430	0.71	36.46	-62.28	-46.74	8.83	620.89	466.42	105.71
104	49	930	141.6	105.9	10520	6035	6071	4335	3987	16900	7270	47580	11960	0.75	37.50	-61.55	-45.49	8.87	638.84	463.08	107.38
104	49	935	129.7	99.4	9710	6041	5741	3744	3644	16410	7250	52360	12300	0.77	38.51	-60.77	-44.24	8.93	656.45	461.34	107.66
104	49	940	147.6	115.7	10870	6804	7290	3648	4172	16430	7460	53240	12910	0.78	39.56	-59.97	-43.00	9.13	666.17	449.29	106.84
104	49	945	163.8	122.7	11220	6890	9240	4450	4580	16380	7600	54230	13400	0.75	40.70	-59.17	-41.74	9.20	675.20	437.39	104.99
104	49	950	209.9	158.7	14360	6911	12320	6262	5663	16120	7750	55280	13970	0.76	41.74	-58.27	-40.48	9.30	721.17	444.48	108.86
104	49	955	270.7	176.7	15720	7680	11610	7950	5724	15900	7830	54230	14460	0.65	42.76	-57.37	-39.24	9.40	737.80	441.60	109.07
104	49	1000	256.9	185	16970	8750	9710	9190	5740	15690	7910	58000	15080	0.71	43.77	-56.43	-37.99	9.47	761.76	436.89	110.46
104	49	1005	374.9	223.7	19960	10410	13600	11550	6663	15490	8040	57840	15720	0.60	44.76	-55.48	-36.74	9.63	784.80	434.10	110.99
104	49	1010	376.1	241.8	21770	11100	13780	10380	7740	14670	8140	58963	16220	0.64	45.77	-54.43	-35.48	9.63	780.79	432.30	111.30
104	49	1015	336.1	248.1	22480	12080	12370	9520	7930	14520	8190	60120	16820	0.74	46.71	-53.37	-34.24	9.73	797.66	429.79	111.79
104	49	1020	391.6	229	20440	10780	12080	8020	8090	14310	8370	62310	17360	0.58	47.71	-52.27	-32.99	9.89	808.80	425.16	112.10
104	49	1025	276.9	212.8	21280	10730	10890	8220	7540	14000	8490	66360	18210	0.77	48.64	-51.11	-31.74	9.93	820.80	421.80	112.48
104	49	1030	334.2	218.6	21860	9910	14630	8520	7620	13670	8530	66660	18830	0.85	49.58	-49.91	-30.48	9.97	833.44	417.76	112.66
104	49	1035	375.1	274.9	26750	12490	17630	11260	8720	13230	8820	64000		0.73	50.51	-48.66	-29.24	10.00	845.60	413.25	112.57
104	49	1040	360.6	223.8	21230	11280	15720	9250	8100	12970	8750	64040	20730	0.64	51.40	-47.33	-27.99	10.13	857.02	410.10	113.57
104	49	1045	310	225.1	21590	11130	12970	9500	7920	12720	8860	63270	21380	0.73	52.24	-45.88	-26.74	10.23	868.53	406.52	113.62
104	49	1050	297.6	180.3	18640	10280	10340	7450	6919	12660	9080	63000	22220	0.61	53.14	-44.53	-25.49	10.80	878.78	402.31	114.25
104	49	1055	196.8	153.7	14940	8860	6689	6119	5988	12470	9330	62280	23030	0.77	53.98	-43.07	-24.24	10.53	887.45	398.49	114.57
104	49	1100	246.4	193	19300	9700	10320	7450	6327	12210	9380	61410	23800	0.78	54.79	-41.46	-22.99	10.47	898.28	394.89	114.87
104	49	1105	309	226.8	21200	10820	11030	8220	7560	11890	9440	60200	24400	0.74	55.54	-39.73	-21.74	10.63	907.41	389.24	115.17
104	49	1110	311.7	243.5	22360	11550	12540	9380	8030	11800	9890	60220	25360	0.78	56.24	-38.12	-20.48	10.53	915.66	387.23	115.46
104	49	1115	345	259	23380	12180	13170	9390	8680	11670	9940	58270	26070	0.75	56.97	-36.53	-19.24	10.73	923.41	385.66	115.71

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา กรณีแสงกระจายจากดวงอาทิตย์

หมายเหตุ ข้อมูล ณ.วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2543