ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
RP1977/564
The atmospheric structure
and radiation of a forest

ภ. 19-14/รายงานฉบับที่ 1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

โครงสร้างของบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานรังสีของระบบนิเวศป่าไม้ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช

โดย
สมศักดิ์ ศุภรรัตน์

สวป., กรุงเทพฯ 2520
ไม่พิมพ์เผยแพร่

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยเลขที่ ภ. 19-14

โครงสร้างทางบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานของระบบนิเวศป่าไม้ สถานีวิจัยสะแกราช

รายงานฉบับที่ 1

โครงสร้างของบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานรังสีของระบบนิเวศป่าไม้ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช

โดย
สมศักดิ์ ศุภรรัตน์

สวป., กรุงเทพฯ 2520

สารบาญ

	หน้า
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	2
2. การตรวจวัดข้อมูลและการวิเคราะห์	3
3. โครงสร้างทางบรรยากาศ	5
3.1 การแปรผันของความเร็วลม	5
3.2 การแปรผันของอุณหภูมิอากาศ	13
3.3 การแปรผันของอุณหภูมิดิน	20
4. การสมดุลย์ของพลังงานรังสี	21
4.1 พลังงานรังสีระดับเรือนยอดของป่าดิบแล้ง	28
4.2 พลังงานรังสีระดับผิวดินภายในบริเวณป่าดิบแล้ง	30
4.3 พลังงานรังสีในบริเวณที่โล่ง	32
5. บทสรุป	32
เอกสารอ้างอิง	34

สารบาญภาพ

หน้า

รูปที่ 1. การแปรผันของความเร็วลมตามแนวยืน 8

รูปที่ 2. การแปรผันของอุณหภูมิอากาศตามแนวยืน 14

รูปที่ 3. การแปรผันของอุณหภูมิดินตามความลึก 22

รูปที่ 4. การสมดุลย์ของพลังงานรังสีในระดับเรือนยอดของป่าดิบแล้ง 29

รูปที่ 5. การสมดุลย์ของพลังงานรังสีในระดับผิวดินบริเวณป่าดิบแล้ง 31

รูปที่ 6. การสมดุลย์ของพลังงานรังสีบริเวณที่โล่ง 33

บทกล่าวนำ

การศึกษาโครงสร้างของบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานรังสี เป็นการศึกษาในด้านอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดิน (Micrometeorology) เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาวิจัยทางนิเวศวิทยาป่าไม้ของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. การวิจัยร่วมกันเป็นไปภายใต้การประสานงานของคณะกรรมการสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช, ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนของหน่วยราชการต่าง ๆ รวมทั้งผู้แทนของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทยด้วย, และในคณะกรรมการนี้มีเลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติเป็นประธาน.

การศึกษาเป็นเพียงเพื่อแสดงลักษณะโครงสร้างของบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานรังสีในระบบนิเวศป่าไม้, และเปรียบเทียบกับบริเวณที่โล่ง ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ป่าไม้ถูกแผ้วถางเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะการเกษตรกรรม แล้วได้ถูกละทิ้งไปจนถึงปัจจุบัน. การศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดิน จึงเป็นเพียงเพื่อให้เห็นความแตกต่างในลักษณะดังกล่าว, เพื่อเป็นความเข้าใจในการพิจารณาจัดใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะในการจัดใช้ที่ดิน ซึ่งเหมาะสมกับการเป็นป่าหรือสวนป่า, และเพื่อกิจกรรมอื่น ๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อเศรษฐกิจในสังคม ซึ่งอยู่ในภูมิประเทศที่คล้ายคลึงกับสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช.

THE ATMOSPHERIC STRUCTURE AND RADIATION OF A FOREST ECOSYSTEM AT SAKAERAT ENVIRONMENTAL RESEARCH STATION

By Somsak Supornrut

ABSTRACT

The differences between the micromate of a dryevergreen forest and an adjacent forest-clearing area are determined by a demonstration of the vertical variation of the micrometeorological parameters such as wind speed, air temperature, soil temperature and solar radiation balance of both areas. Data used in the study covers only one day variation of February 16, 1970, which was observed during project TREND. The differences in magnitude and the variation of these micrometeorological parameters may be used as a partial guide in land use allocation considerations.

โครงสร้างของบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานรังสีของระบบนิเวศป่าไม้
สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช

โดย สมศักดิ์ ศุภรรัตน์*

บทคัดย่อ

ความแตกต่างกันระหว่างภูมิอากาศใกล้ผิวดินของบริเวณป่าดิบแล้ง และบริเวณที่โล่ง เห็นได้จากการแปรผันในแนวยืนของค่าอุตุนิยมต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ความร้อน, อุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิดิน, และจากการสมดุลย์ของพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ของบริเวณทั้งสองดังกล่าว. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครอบคลุมการแปรผันของวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2513, ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เก็บรวบรวมในสมัยโครงการเก็บรวบรวมข้อมูลภาวะแวดล้อมเขตร้อน. ความแตกต่างในขนาดและการแปรผันของค่าอุตุนิยมวิทยาเหล่านี้ อาจใช้ประกอบเป็นแนวทางในการพิจารณาในการจัดการที่ดิน.

1. บทนำ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในโครงการนี้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันในโครงสร้างทางบรรยากาศ และการสมดุลย์ของพลังงานรังสีของบริเวณป่าดิบแล้งและบริเวณที่โล่ง, ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากป่าไม้ได้ถูกทำลายไป เพื่อเอาพื้นที่สำหรับการเกษตรกรรม และได้ถูกละทิ้งไปในกาลต่อมา. ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลที่ว่า ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาการเสื่อมเสียคุณภาพของสิ่งแวดล้อม, โดยเฉพาะการตัดไม้ทำลายป่า, อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนประชากรของประเทศ และการขาดแคลนพื้นที่ดินซึ่งเหมาะสมต่อการเกษตรกรรม. ดังนั้น จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่จะต้องมีการอนุรักษ์ป่าไม้และการปลูกป่าไม้เพิ่มเติม, ซึ่งในการนี้ข้อมูลหรือความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาของป่าไม้ ซึ่งรวมถึงสภาพสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของป่าไม้อันมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและอยู่รอดของป่าไม้ จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นด้วย.

---

*ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยา, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย.

ผลของการศึกษานี้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในการพิจารณาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ป่าไม้และการปลูกป่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้. ตามรายงานของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม (2519) ในการวิเคราะห์ทางกายภาพภาคตะวันออกเฉียงเหนือระบุไว้ว่า, เปอร์เซนต์ต่ำสุดของพื้นที่ป่าในภาคนี้ควรเป็น 38.6%; ซึ่งในปัจจุบันมีพื้นที่ป่าเพียง 21.9%, จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องอนุรักษ์ป่าไม้เดิมให้คงอยู่และทำการปลูกป่าเพิ่มขึ้นอีก 16.7% หรือประมาณ 30,000 ตารางกิโลเมตร. โดยที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีบริเวณประกอบด้วยป่าดิบแล้ง, ป่าเต็งรัง, และบริเวณที่โล่งปกคลุมด้วยหญ้า ซึ่งเป็นพื้นที่หลังการเกษตรกรรม อันเป็นลักษณะแบบอย่างโดยทั่วไปของพื้นที่ในภาคนี้.

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น Micrometeorological Data ซึ่งเก็บรวบรวมในสมัยโครงการ TREND ระหว่างปี พ.ศ. 2510-2513, แต่ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นช่วงเวลาเพียงวันเดียวคือ ข้อมูลของวันที่ 16 กุมภาพันธ์, 2513. เหตุผลที่เลือกวันที่ระบุไว้เพียงวันเดียวก็เพราะ: หนึ่ง ข้อมูลของวันเดียวก็มีปริมาณมาก, และการเปลี่ยนแปลงค่าและความแตกต่างที่ได้ก็พอที่จะชี้ให้เห็นถึงสภาพที่แตกต่างกันของบริเวณป่าไม้และที่โล่งได้ดี; สอง เนื่องจากเป็นเวลาที่อยู่ในหน้ามรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรือหน้าหนาว ซึ่งฝนน้อยหรือแทบไม่มีเลย, โครงสร้างบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงในวันต่อวันน้อย.

2. การตรวจวัดข้อมูลและการวิเคราะห์

รายละเอียดเกี่ยวกับการตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมภาคผิวพื้นและการติดตั้งเครื่องมือ ได้บรรยายไว้อย่างละเอียดในรายงานของ Zabransky (2512), ในบทนี้จะกล่าวแต่เพียงย่อ ๆ ที่จำเป็นและเกี่ยวพันกับข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้.

ข้อมูลอุตุนิยมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานรังสีซึ่งประกอบด้วยพลังงานรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์, พลังงานรังสีคลื่นยาวที่เกิดจากการคายพลังงานรังสีของวัตถุในพิภพ, ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิดิน, และความเร็วลม การตรวจวัดข้อมูลทำในแนวยืน, โดยติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดบนหอคอยสูงประมาณ 50 เมตร ในบริเวณป่าดิบแล้งและในบริเวณที่โล่ง; บริเวณทั้งสองอยู่ห่างกันประมาณ 450 เมตร.

ในการตรวจวัดพลังงานรังสีมีเครื่องมือตรวจวัดอยู่ 3 ชุด ชุดหนึ่งติดตั้งไว้ในระดับพื้นดินในที่โล่ง, อีกสองชุดติดตั้งที่ยอดหอคอยระดับ 46 เมตร ซึ่งอยู่เหนือยอดไม้ และที่ระดับผิวดินใต้ป่าไม้, ทั้งนี้ก็เพื่อจะดูการผ่านทะลุของรังสีในป่าว่าจะมีเปอร์เซนต์สูงเพียงใด. เครื่องมือที่ใช้ในแต่ละชุดมี Eppley Pyromometer กับ CSIRO Funk Net Radiometer.

ในการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดิน ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบพิเศษ ชื่อ Hewlet-Packard Quartz Thermometer. ภายในเทอร์โมมิเตอร์ประกอบด้วยผลึกของ quartz ซึ่งความถี่ในการสั่นของโมเลกุล จะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิ และความถี่ดังกล่าวก็ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญานไฟฟ้า. ในการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศระดับต่าง ๆ ที่ตรวจวัดทั้งในบริเวณป่าไม้ และที่โล่งเหมือนกันคือมี 15 ระดับ ได้แก่ 46, 40, 36, 32, 30, 28, 24, 20, 16, 12, 8, 4, 2, 1 และ 0.5 เมตร จากพื้นดินขึ้นไป. สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิดินมี 6 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10, 20, 50 และ 100 เซ็นติเมตร ใต้ผิวดินลงไป.

ในการตรวจวัดความเร็วลมใช้เครื่องมือ Climet 3-cup ซึ่งสามารถตรวจวัดความเร็วลมต่ำสุดได้ 0.6 ไมล์/ชม. ระดับในการตรวจวัดในบริเวณป่าไม้และบริเวณที่โล่งต่างกัน ทั้งนี้ถือกฎเกณฑ์ที่ว่า การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมตามความสูง เป็นไปตาม Logarithmic Law. ระดับที่ตรวจวัดมี 8 ระดับเหนือผิวดิน คือ 46, 32, 24, 16, 8, 4, 2 และ 1 เมตร สำหรับพื้นที่โล่ง.

ข้อมูลอุตุนิยมดังกล่าวที่ตรวจวัดจะอยู่ในรูปสัญญานไฟฟ้า ซึ่งจะถูกส่งเข้าเครื่อง Data Acquisition System ซึ่งเป็นเครื่องมืออิเล็คโทรนิคที่สามารถบันทึกข้อมูลได้รวดเร็ว และได้ค่าละเอียด, และเครื่องนี้ก็จะเปลี่ยนสัญญานไฟฟ้าให้อยู่ในรูป BCD code ใส่ลงไปใน Magnetic Tape. ต่อจากนั้นนำ Tape มาวิเคราะห์และหาค่าเฉลี่ยในทุก 30 นาที โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สำนักงานสถิติแห่งชาติที่กรุงเทพฯ. หลังจากนั้นก็ต้องเขียน computer program คอมพิวเตอร์ดึงข้อมูลออกจาก Magnetic Tape พิมพ์บนกระดาษ Print-Out.

ข้อมูลที่อยู่ในกระดาษ Print-Out เกี่ยวกับพลังงานรังสีต้องนำมาคำนวณอีกครั้งหนึ่งเพื่อหาปริมาณพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ได้มาจากดวงอาทิตย์ และที่สะท้อนกลับขึ้นไปในบรรยากาศ โดยผิวดินและเรือนยอดของป่าไม้, ปริมาณพลังงานรังสีคลื่นยาวที่คายออกมาโดยโมเลกุลของก๊าซในบรรยากาศ และซึ่งคายออกไปโดยผิวดินและเรือนยอดของป่าไม้.

3. โครงสร้างทางบรรยากาศ

โครงสร้างทางบรรยากาศในที่นี้หมายถึงรูปแบบของการแปรผันของค่าอุตุนิยมในแนวยืน. ค่าอุตุนิยมที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ก็ได้แก่ ความเร็วลม, อุณหภูมิอากาศ, และอุณหภูมิดิน. สิ่งที่จะเห็นได้อย่างชัดเจนในบทที่จะกล่าวต่อไปนี้คือ ความแตกต่างในโครงสร้างของบรรยากาศของบริเวณป่าดิบแล้งและบริเวณที่โล่ง. ความแตกต่างที่ได้จะเป็นเครื่องชี้หรือข้อพิจารณาในการจัดการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ป่าไม้หรือการปลูกป่าได้เป็นอย่างดี, เพราะในการปลูกป่านั้นจะเริ่มทำในบริเวณที่โล่ง การเจริญของต้นอ่อนจะอยู่ในสภาพโครงสร้างบรรยากาศที่แปลกแตกต่างไปจากการเจริญเติบโตตามธรรมชาติ คือเจริญเติบโตภายในบริเวณป่า.

3.1 การแปรผันของความเร็วลม

โดยทางทฤษฎี การแปรผันในแนวยืนของความเร็วลม มีรูปแบบเปลี่ยนแปลงไปตามเสถียรภาพของบรรยากาศ (atmospheric stability) และตามลักษณะของผิวพื้น (surface characteristic). ได้มีผู้พยายามสร้างกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการแปรผันตามแนวยืนของความเร็วลมหลายท่านด้วยกัน, แต่กฎเกณฑ์ที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ของ Deacon (1949) ซึ่งเขียนออกในรูปสมการดังนี้คือ

$$U = \frac{U_*}{K(1-\beta)} \left[\left(\frac{z}{zo}\right)^{1-\beta} - 1 \right] \qquad \text{.....(1)}$$

ซึ่งในที่นี้ U และ z เป็นค่าความเร็วลมและความสูงตามลำดับ; ค่าคงที่ K เท่ากับ 0.4; zo และ U_* เป็นความขรุขระของผิว (surface roughness) และ friction velocity; β เป็นปริมาณที่ขึ้นอยู่กับเสถียรภาพของบรรยากาศ. Davison และ Barad (1956) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าได้แก่ β อยู่ในระหว่าง 0.60 ถึง 1.10 และพบว่าค่า β จะลดลงตามความสูงในสภาพบรรยากาศที่มีเสถียรภาพดี และเพิ่มขึ้นตามความสูงในสภาพบรรยากาศที่ไม่มีเสถียรภาพ, แต่อย่างไรก็ตามค่านี้ก็พอสรุปได้ว่า:

$\beta < 1$ ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีเสถียรภาพ (stable condition)

$\beta = 1$ ภายใต้สภาพบรรยากาศที่เป็นกลาง (neutral condition)

$\beta > 1$ ภายใต้สภาพบรรยากาศที่ไม่มีเสถียรภาพ (unstable condition)

ในสภาพบรรยากาศที่เป็นกลาง $\beta = 1$ อุณหภูมิอากาศไม่มีการแปรค่ากับความสูง สมการที่ (1) จะเขียนใหม่ให้ง่ายขึ้น เป็น

$$U = \frac{U_*}{K} \ell n \frac{z}{z_o} \qquad \text{.....(2)}$$

สมการที่ (1) และ (2) ใช้ได้ดีสำหรับพื้นผิวที่ปกคลุมด้วยพืชเตี้ย ๆ เช่น หญ้า, ดังนั้นจึงนำไปใช้ได้ดีในบริเวณที่โล่ง. แต่สำหรับในบริเวณป่าไม้ ลักษณะโครงสร้างของการแปรผันของความเร็วลมเปลี่ยนแปลงไป, ค่าความสูง z ในทั้งสมการที่ (1) และ (2) ต้องแทนด้วยค่า z-d เมื่อค่า d เป็นค่า zero-plane displacement, ดังนั้น ในสมการที่ (2) อาจเขียนใหม่ได้เป็น

$$U = \frac{U_*}{K} \ell n \frac{z-d}{z_o} \qquad \text{.....(3)}$$

การแปรผันของความเร็วลมตามความสูงในบริเวณป่าดิบแล้งและบริเวณที่โล่งซึ่งปกคลุมด้วยหญ้า แสดงไว้ในรูปที่ 1. เส้นแปรผันแต่ละเส้นแทนค่าเฉลี่ยทุก ๆ 30 นาทีของข้อมูลที่ตรวจวัดในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2513.

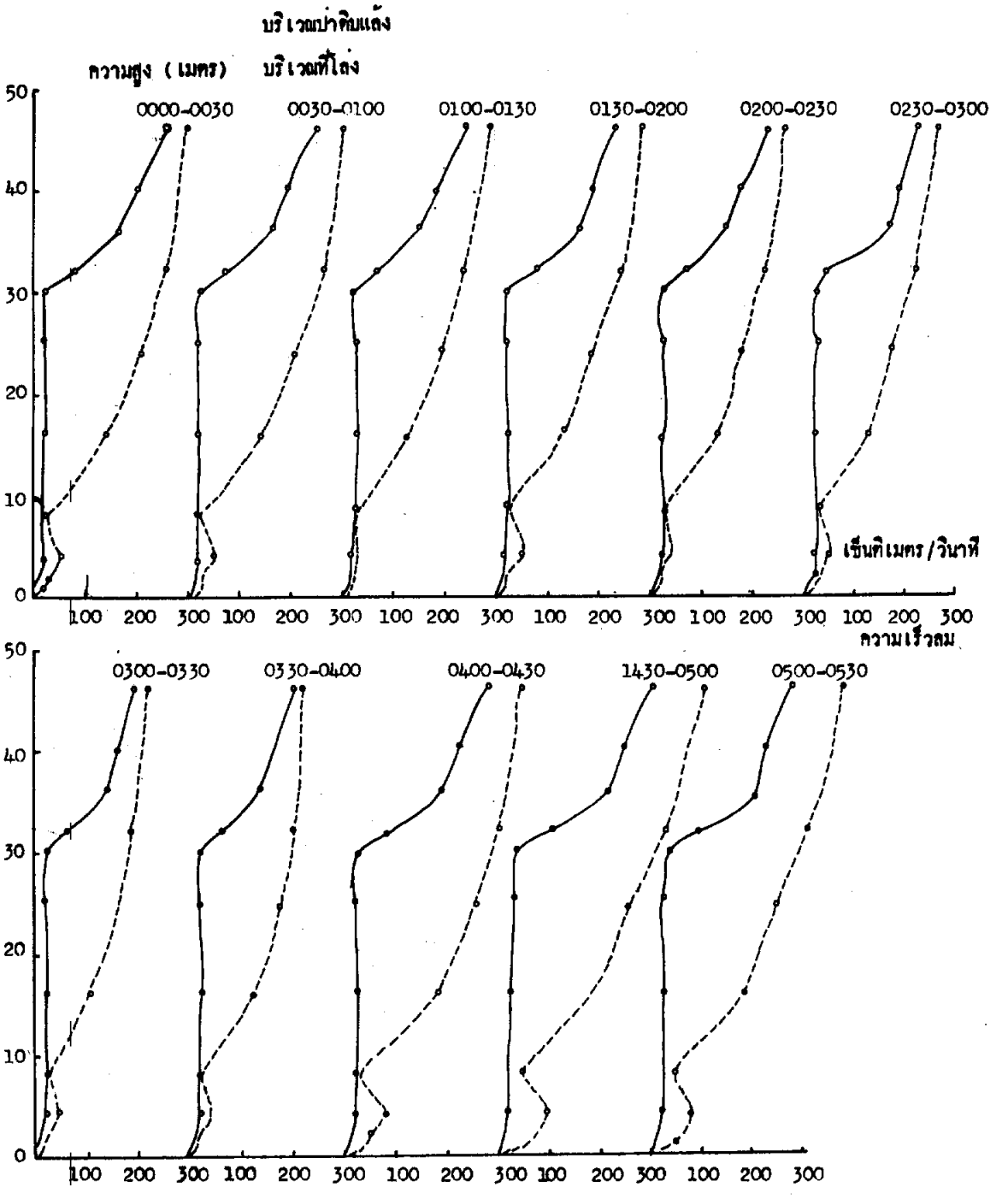
ในบริเวณป่าดิบแล้ง การแปรผันของความเร็วลมตามแนวยืนมีลักษณะที่แตกต่างกันใน 2 ช่วงระดับ คือช่วงระดับภายในป่า ตั้งแต่ผิวพื้นป่าถึงเรือนยอดประมาณ 30 เมตร, ความเร็วลมแทบไม่มีการแปรผันกับความสูง โดยเฉพาะในเวลากลางคืนปริมาณมีค่าประมาณ 25 เซ็นติเมตรต่อวินาที ซึ่งนับว่ามีค่าน้อย. ในเวลากลางวันการแปรผันตามความสูงจะเปลี่ยนแปลงโดยเส้นแปรผันมีลักษณะโค้งออกจากแถบความสูง, ความเร็วลมภายในป่ามีค่าสูงขึ้น, โดยเฉพาะในระดับ 16 เมตร มีค่าสูงสุด 70 เซ็นติเมตรต่อวินาที. ในเวลาตอนบ่ายการเปลี่ยนแปลงของเส้นแปรผันแสดงให้เห็นว่าอากาศภายในป่าในเวลากลางวันมีการหมุนวนสูงขึ้น, ซึ่งเกี่ยวพันไปสู่การเอื้ออำนวยในการถ่ายเทปริมาณความร้อน และปริมาณไอน้ำในบรรยากาศภายในป่า. สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากในเวลากลางวันเรือนยอดของป่าไม้ได้รับพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้ใบไม้กิ่งไม้และอากาศรอบ ๆ ในบริเวณเรือนยอดมีอุณหภูมิสูงขึ้น, เมื่ออากาศในแต่ละระดับภายในป่าไม้มีอุณหภูมิต่างกันก็จะเกิดแรงผลักดันให้อากาศมีการหมุนเวียนขึ้น.

ตั้งแต่เรือนยอดขึ้นไป การแปรผันตามแนวยืนมีลักษณะเป็นอีกแบบต่างจากแบบที่เกิดขึ้นภายในป่า, คือความเร็วลมมีค่าเพิ่มขึ้นตามความสูง และมีแนวโน้มว่าในระดับความสูงระดับใดระดับหนึ่ง

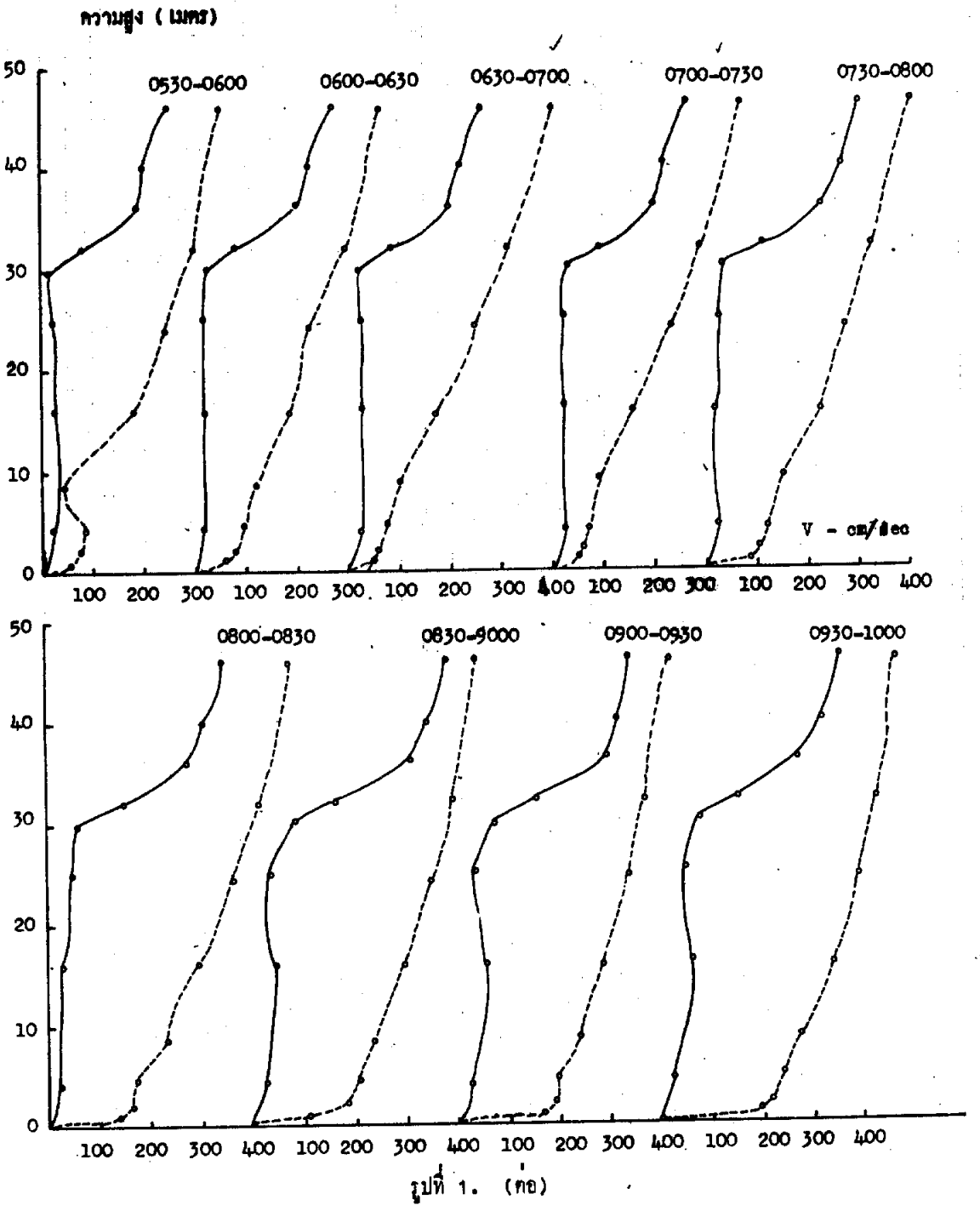
ความเร็วลมเหนือนบริเวณป่าและเหนือนบริเวณที่โล่งจะมีค่าเท่ากับในเวลากลางคืน. การเพิ่มตามความสูงมีอัตราต่ำคือประมาณ 15 เซ็นติเมตรต่อวินาทีต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 1 เมตร, แต่ในเวลากลางวันเมื่อเรือนยอดได้รับพลังงานรังสีและร้อนขึ้น อัตราการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมต่อ 1 เมตร เพิ่มเกือบ 40 เซ็นติเมตรต่อวินาที, การแปรผันตามแนวยืนในช่วงตั้งแต่ระดับเรือนยอดขึ้นไปมีลักษณะแบบ exponential form สมการที่ (1) และ (3) อาจนำมาประยุกต์ได้.

ในการพิจารณาเกี่ยวกับการแปรผันของความเร็วลมเหนือพื้นผิวใด ๆ เป็นที่นิยมในการคำนวณหาค่าคงที่ในสมการ, ซึ่งในกรณีนี้ค่าคงที่สำหรับพื้นผิวเรือนยอดของป่าไม้ คือค่าคงที่ zo และ d เป็นค่าที่ควรรู้, สำหรับค่า u_* นั้นเปลี่ยนแปลงได้ตามความเร็วลมในระดับสูงขึ้นไป จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาของวัน. เพื่อวิเคราะห์หาค่าดังกล่าวจึงได้เลือกการแปรผันของความเร็วลมในช่วงเวลา 0600-0630 ซึ่งเป็นช่วงสับเปลี่ยนระหว่างกลางวันกับกลางคืน (transitional period), ซึ่งในช่วงนี้บรรยากาศในระดับเหนือเรือนยอดขึ้นไปมีเสถียรภาพเป็นกลาง ซึ่งสังเกตได้จากอุณหภูมิอากาศมีอัตราการเปลี่ยนแปลงตามความสูงในระหว่างค่า -0.098 °ซ./10 ม. จากการเขียนกราฟและโดยใช้สมการที่ (3) ได้ค่า u_*, d, และ zo ออกมาเท่ากับ 30.6 เซ็นติเมตรต่อนาที, 28.40 เมตร และ 60 เซ็นติเมตร ตามลำดับ.

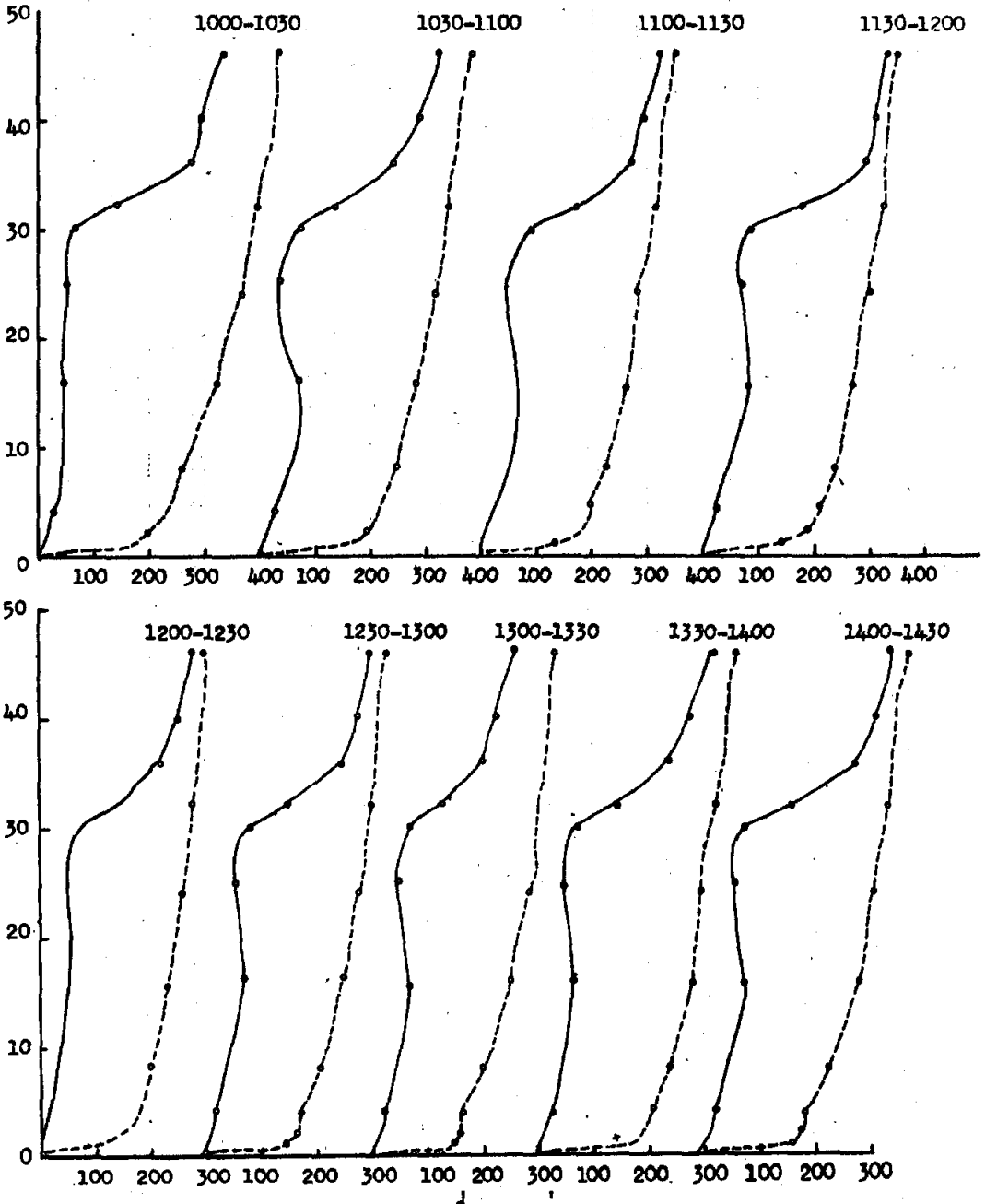
รูปที่ 1 ได้แสดงการแปรผันในแนวยืนของความเร็วลมในบริเวณที่โล่ง เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับการแปรผันที่เกิดขึ้นในบริเวณป่าไม้. จะสังเกตได้ว่าทั้งลักษณะการแปรผันและปริมาณมีความแตกต่างกัน, ความเร็วลมในบริเวณที่โล่งมีค่าสูงกว่าในบริเวณป่าไม้แทบทุกระดับและแทบตลอดวัน ในระดับใกล้ผิวดินหรือระดับสูงประมาณ 1 เมตร; ลมในบริเวณที่โล่งพัดแรงกว่าในป่าถึง 200 เซ็นติเมตรต่อวินาที ในเวลากลางวันขึ้นไปจนถึงระดับเรือนยอด; การเพิ่มขึ้นกับความสูงของความเร็วลมในช่วงระดับต่ำกว่า 1 เมตร มีค่าสูงมากในเวลากลางวัน. โดยที่การถ่ายเทพลังงานความร้อน, ปริมาณไอน้ำ, และโมเมนตัม เป็นสัดส่วนกับอัตราเพิ่มความเร็วต่อความสูง ฉะนั้นจึงพออนุมานได้ว่า ขบวนการถ่ายเทปริมาณเหล่านี้มีค่ามากในเวลากลางวันในระดับผิวดิน. สำหรับในเวลากลางคืนความเร็วลมในแทบทุกระดับมีค่าต่ำลง โดยเฉพาะในช่วงที่ต่ำกว่า 8 เมตร ลงมา จะมีค่าใกล้เคียงกับของในบริเวณป่า, ค่า zo และ u_* ได้จากการเขียนกราฟและใช้สมการที่ (2) โดยเลือกการแปรผันในช่วงเวลา 0700-0730, 0730-0800 และ 0800-0830 ได้ค่า zo ออกมาเท่ากันคือ 4.5 เซ็นติเมตร และได้ค่า u_* ออกมาเท่ากับ 6.7, 12.0, และ 18.7 เซ็นติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ.



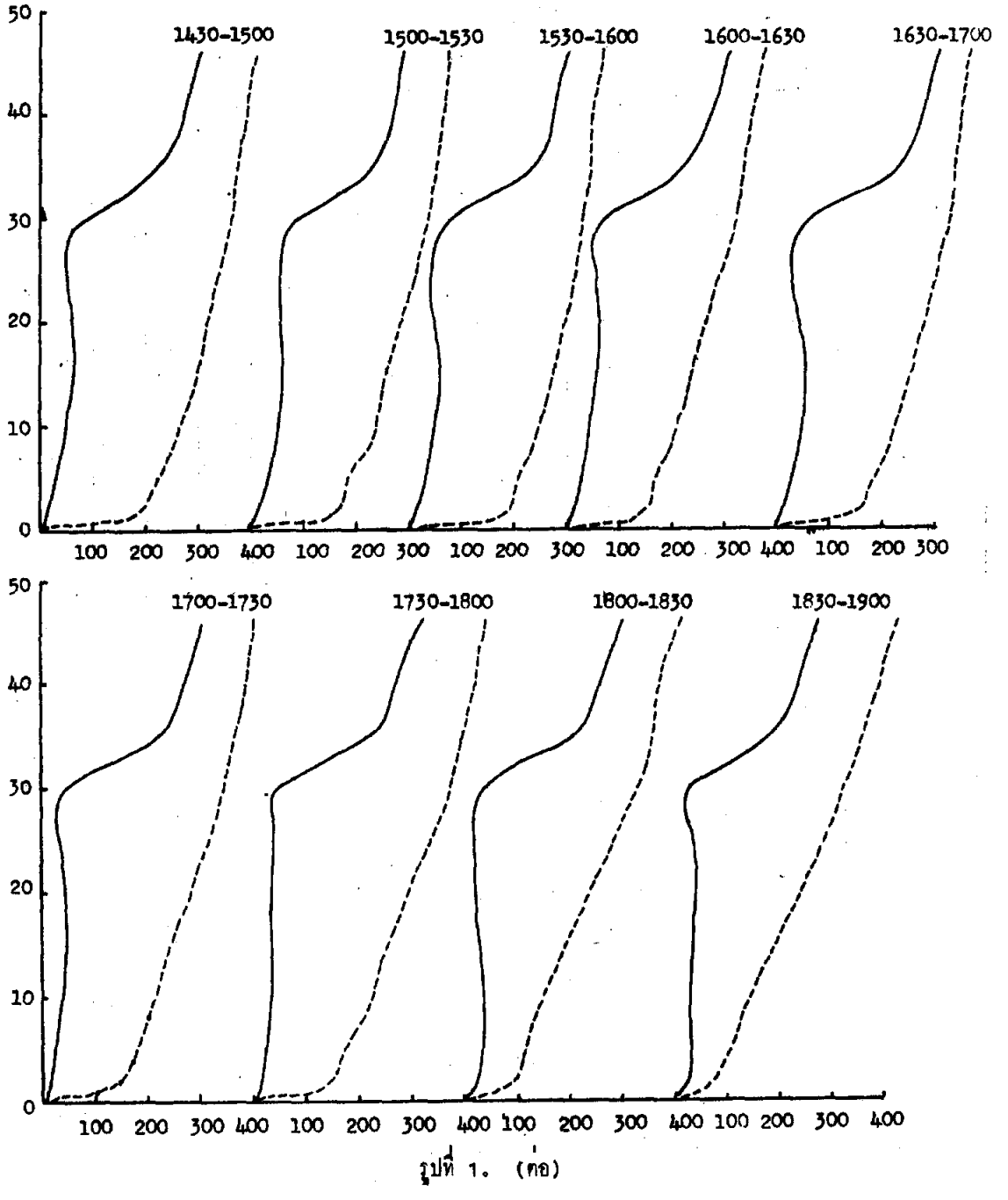
รูปที่ 1. การแปรผันของความเร็วลมตามแนวยืน.


ความสูง (เมตร)
0530-0600
0600-0630
0630-0700
0700-0730
0730-0800
0800-0830
0830-0900
0900-0930
0930-1000
V - cm/sec
0
10
20
30
40
50
100 200 300 400

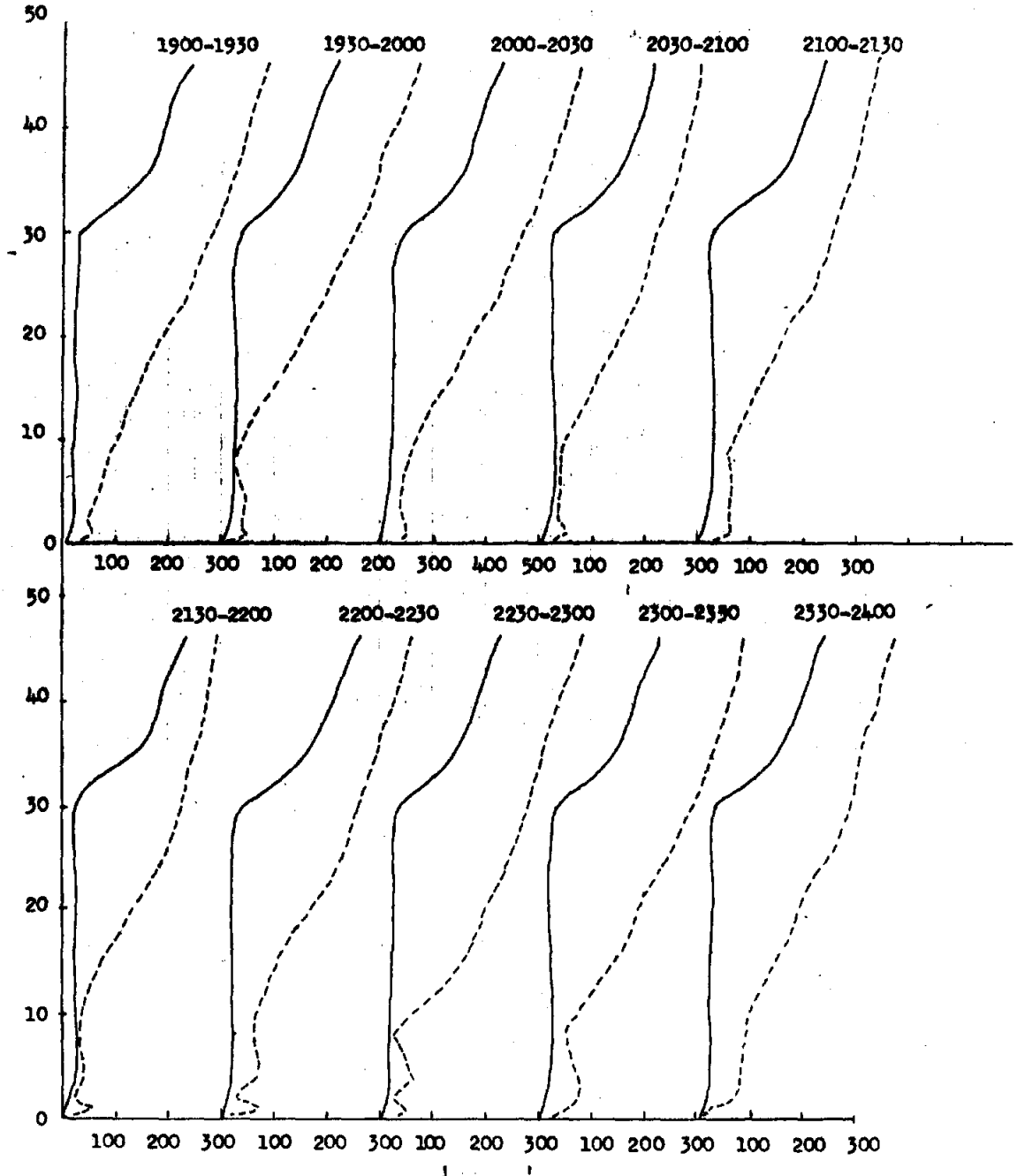
รูปที่ 1. (ต่อ)


1000-1030
1030-1100
1100-1130
1130-1200
1200-1230
1230-1300
1300-1330
1330-1400
1400-1430
50
40
30
20
10
0
100 200 300 400 100 200 300 400 100 200 300 400 100 200 300 400
100 200 300 100 200 300 100 200 300 100 200 300 100 200 300

รูปที่ 1. (ก๓)


1430-1500
1500-1530
1530-1600
1600-1630
1630-1700
1700-1730
1730-1800
1800-1830
1830-1900
0
10
20
30
40
50
100
200
300
400

รูปที่ 1. (ต่อ)


1900-1930
1930-2000
2000-2030
2030-2100
2100-2130
2130-2200
2200-2230
2230-2300
2300-2330
2330-2400
50
40
30
20
10
0
100 200 300 100 200 200 300 400 500 100 200 300 100 200 300
100 200 300 100 200 300 100 200 300 100 200 300 100 200 300

รูปที่ 1. (ต่อ)

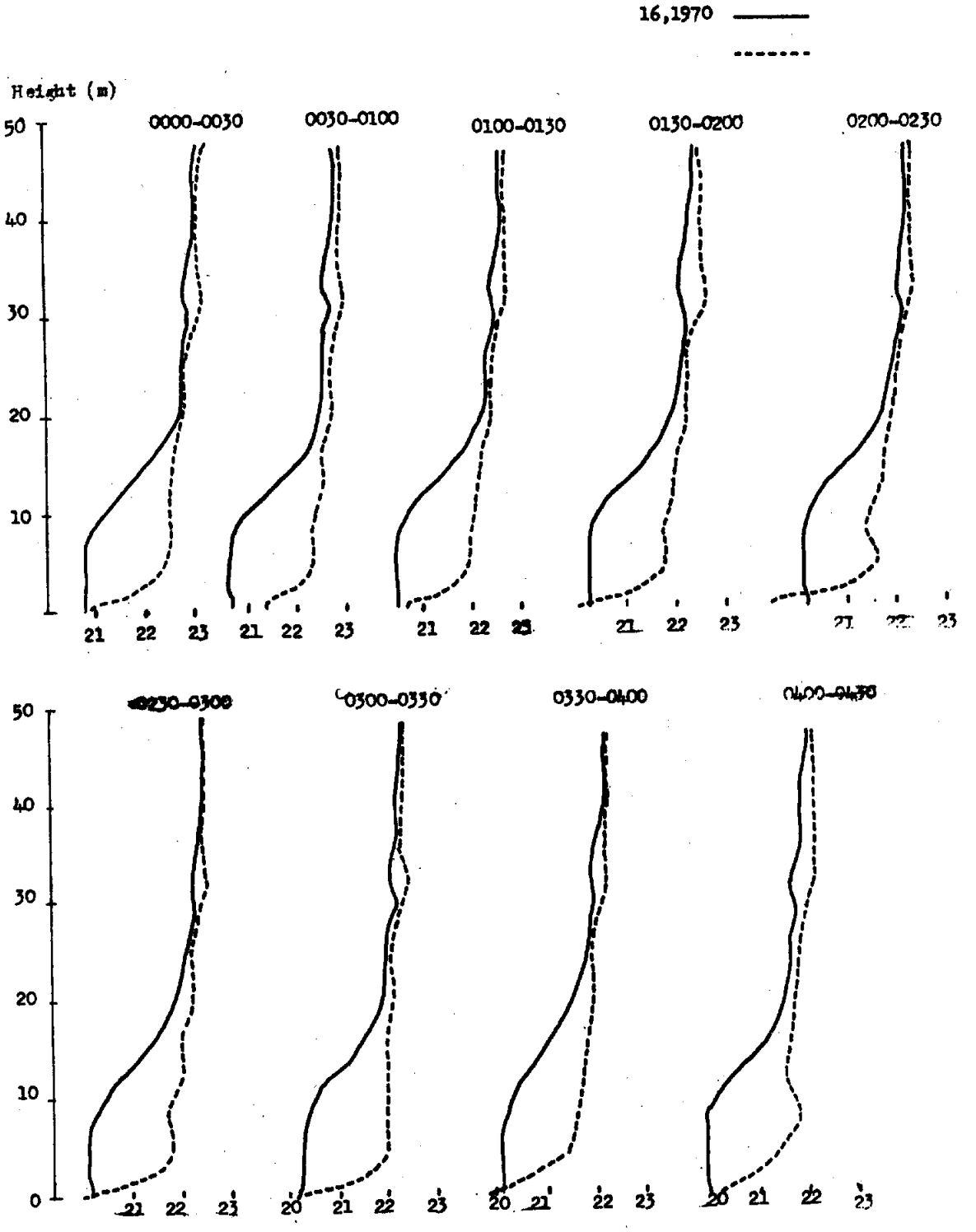
3.2 การแปรผันของอุณหภูมิอากาศ

การแปรผันของอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานรังสีที่ผิวพื้นได้รับ, และอัตราการแปรผันกับความสูงของอุณหภูมิอากาศเป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงการมีเสถียรภาพของบรรยากาศในช่วงระดับนั้น ๆ. อัตราการแปรผันตามความสูงแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบแรก dry adiabic lapse rate (P_d) อุณหภูมิอากาศลดลงตามความสูงในอัตรา 0.98°ซ./100 ม., บรรยากาศมีเสถียรภาพเป็นกลาง; แบบที่สอง superadiabatic lapse rate อุณหภูมิอากาศลดลงตามความสูงในอัตราที่มากกว่า P_d บรรยากาศ ไม่มีเสถียรภาพ; และแบบที่สาม inversive lapse rate อุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามความสูง บรรยากาศมีเสถียรภาพดี.

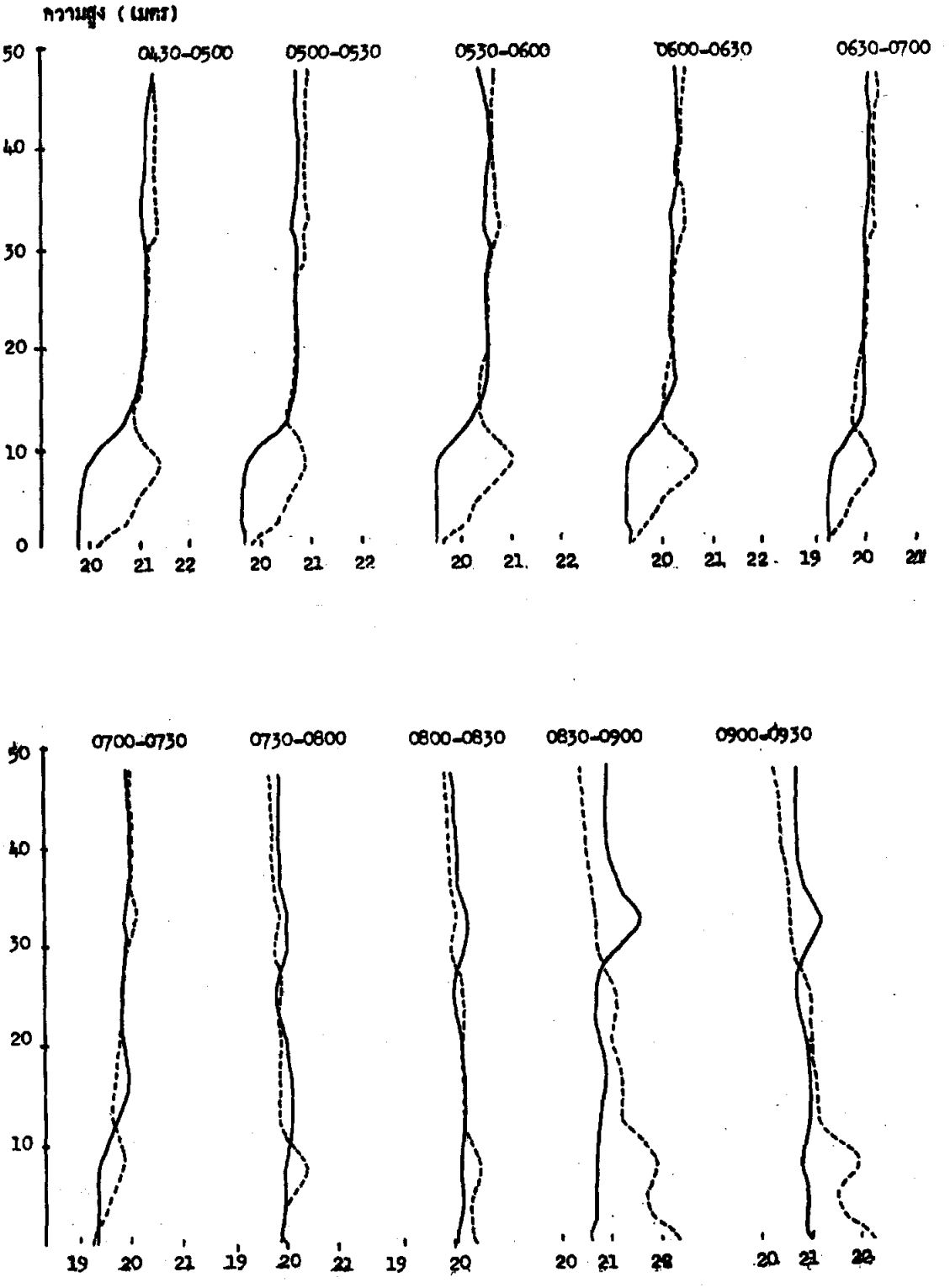
รูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการแปรผันตามความสูงของอุณหภูมิอากาศในบริเวณป่าดิบแล้ง และบริเวณที่โล่ง. ในเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศตั้งแต่ระดับ 15 เมตร ขึ้นไปของทั้งสองบริเวณจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างไม่เกิน 0.5°ซ., แต่ต่ำกว่าระดับนั้นลงมา ความแตกต่างกันมีค่ามากขึ้นจนถึง 1.5°ซ. ในช่วงเวลากลางวัน พื้นผิวดินของที่โล่งได้รับพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ทำให้อากาศใกล้ผิวดินมีอุณหภูมิสูง และมีค่ามากกว่าอุณหภูมิในพื้นล่างของป่าถึง 3°ซ. ในช่วงเวลา 0700-0830 อุณหภูมิอากาศของทั้งสองบริเวณแทบไม่มีการแปรผันไปกับความสูง บรรยากาศสภาพนี้เรียกว่าอยู่ในภาวะ isothermal condition.

ระดับที่น่าสนใจของการแปรผันของอุณหภูมิอากาศในบริเวณป่าดิบแล้งก็คือระดับเรือนยอดไม้ซึ่งอยู่ประมาณ 30 เมตร. การแปรผันในระดับนี้มีลักษณะโค้งเข้าหาแกนความสูง ในเวลากลางคืน, ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการคายพลังงานรังสีคลื่นยาวของเรือนยอดซึ่งมีผลให้ส่วนของต้นไม้ เช่น ใบกิ่งในระดับนี้มีอุณหภูมิลดลง, และก็มีผลทำให้อากาศที่อยู่รอบ ๆ เย็นลงด้วย. สำหรับในเวลากลางวันเรือนยอดรับพลังงานรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ดูดกลืนไว้เป็นส่วนมาก จึงมีผลทำให้อากาศรอบ ๆ ร้อนขึ้น, เห็นได้จากเส้นแปรผันของอุณหภูมิอากาศโค้งออกจากแถบความสูง.

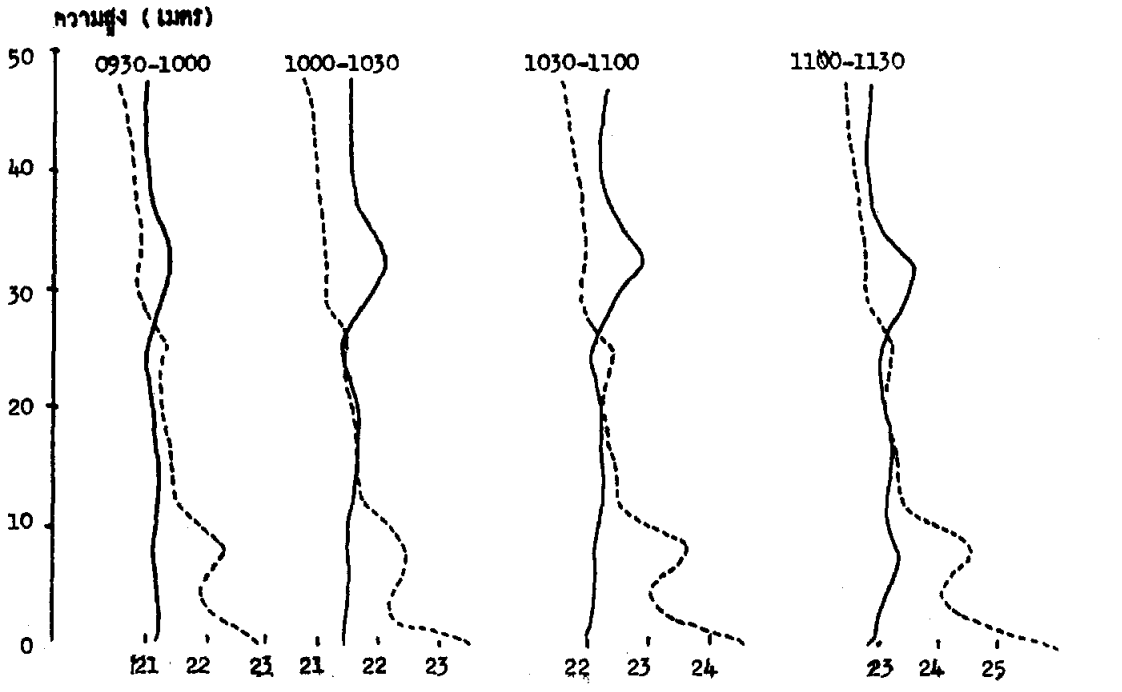
เสถียรภาพของบรรยากาศภายในป่าและเหนือเรือนยอดขึ้นไป อยู่ในแบบที่เป็นกลาง หรือไม่ก็อยู่ในแบบมีเสถียรภาพดีมาก; จะเห็นได้จากในช่วงระดับ 0-8 ม. และ 20-46 ม. ของตอนกลางคืน อุณหภูมิเกือบไม่แปรผันไปกับความสูง, และในช่วง 8-20 ม. เพิ่มตามความสูง โดยมีอัตราเพิ่มประมาณ 1.0°ซ./10 ม. บรรยากาศมีเสถียรภาพดีมาก, ซึ่งอันนี้สอดคล้องกับความเร็วลมภายในป่าเวลากลางคืน ซึ่งมีค่าน้อยมากและไม่แปรผันกับความสูง. สำหรับในเวลากลางวันเสถียรภาพของบรรยากาศภายในป่าเป็นกลาง แต่เหนือเรือนยอดขึ้นไปไม่มีเสถียรภาพ.

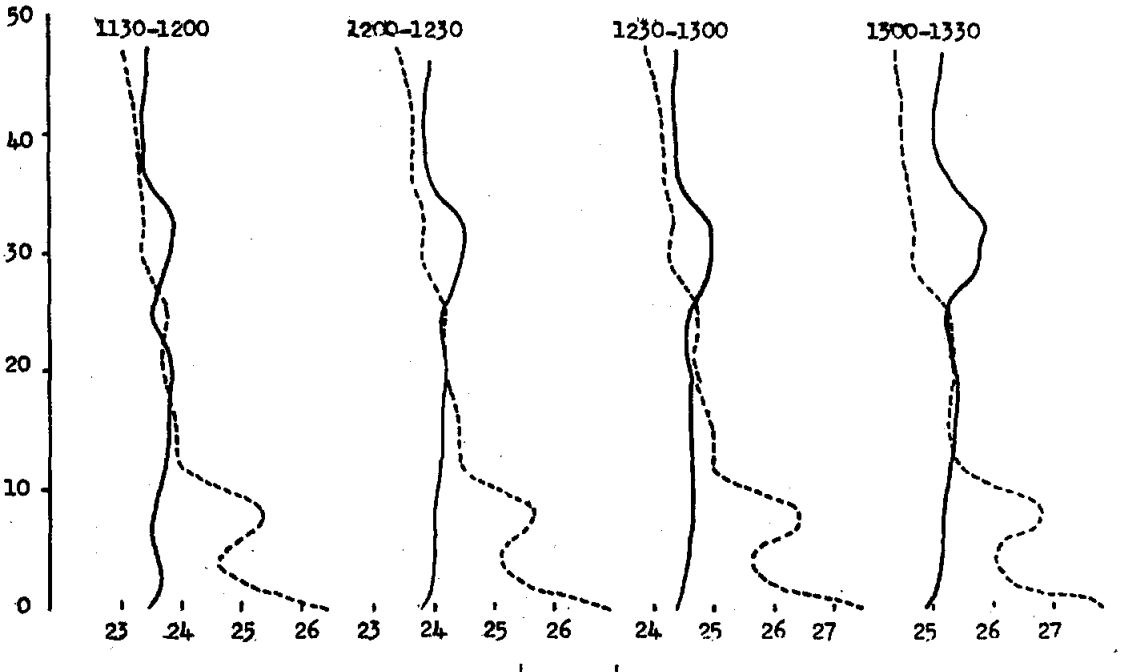


รูปที่ 2. การแปรผันของอุณหภูมิอากาศตามแนวยืน .

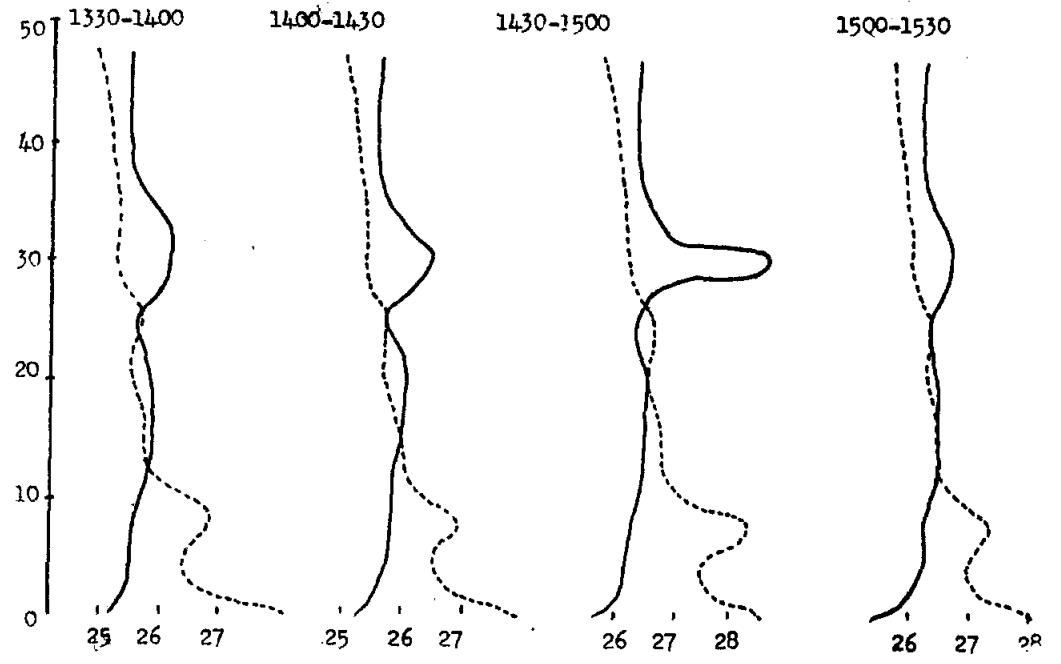

ความสูง (เมตร)
0430-0500
0500-0530
0530-0600
0600-0630
0630-0700
0700-0730
0730-0800
0800-0830
0830-0900
0900-0930
50
40
30
20
10
0
19
20
21
22

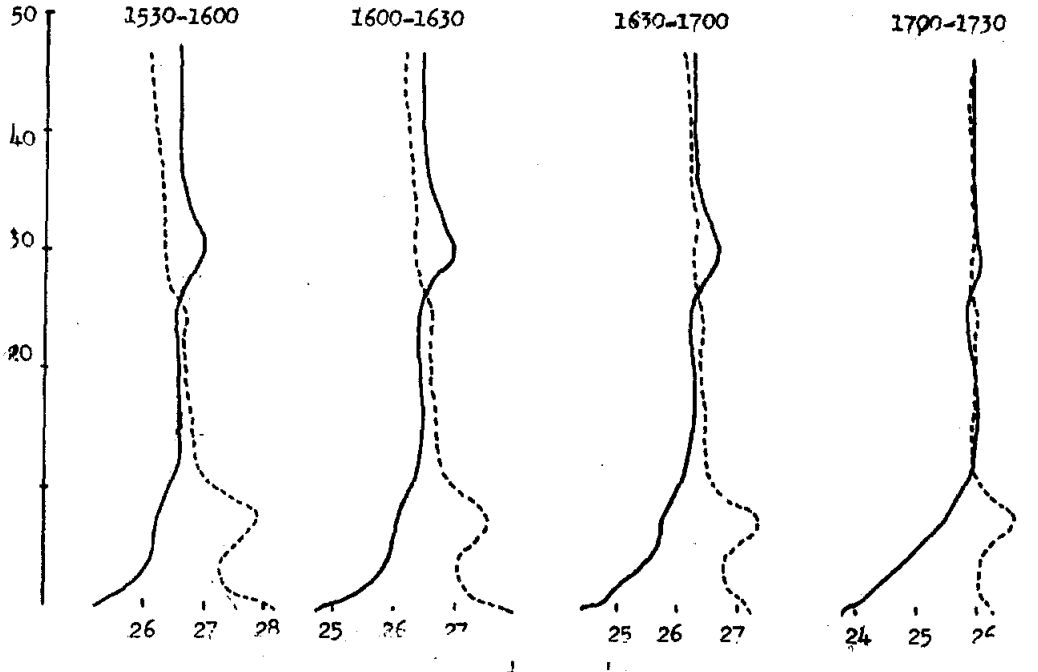
รูปที่ 2. (ต่อ)


ความสูง (เมตร)
50
40
30
20
10
0
0930-1000
1000-1030
1030-1100
1100-1130
21 22 23
21 22 23
22 23 24
23 24 25

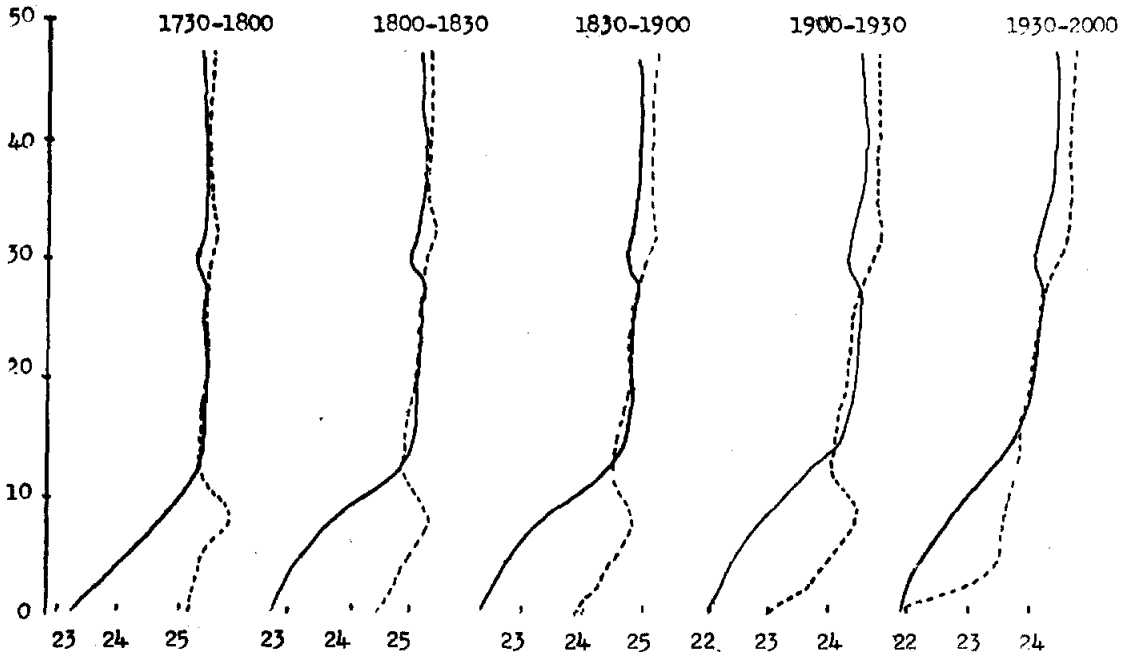

50
40
30
20
10
0
1130-1200
1200-1230
1230-1300
1300-1330
23 24 25 26
23 24 25 26
24 25 26 27
25 26 27

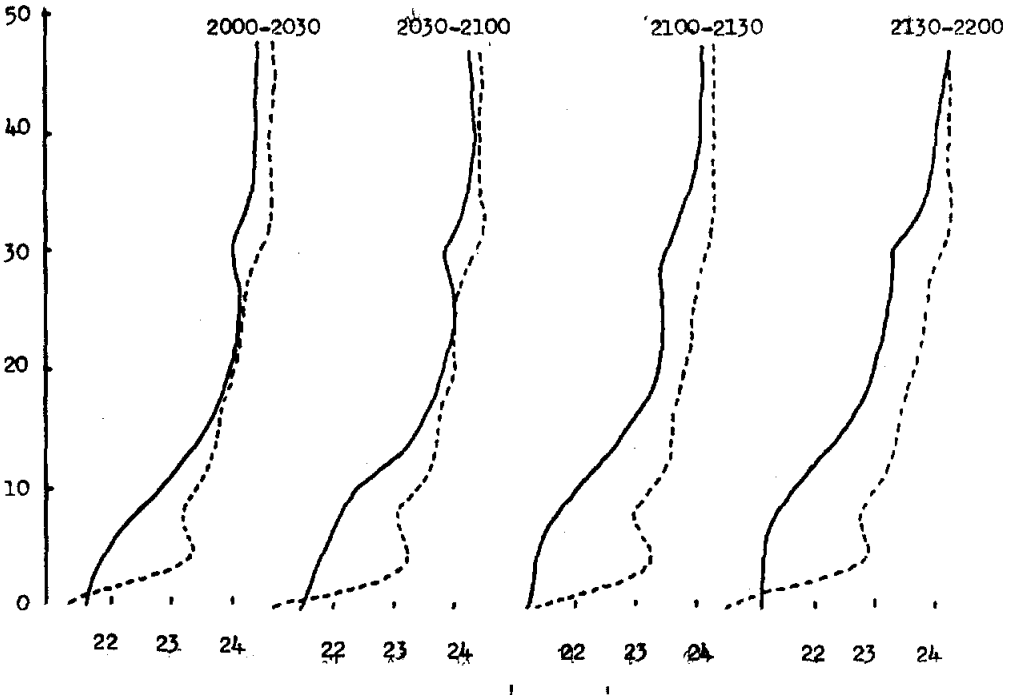
รูปที่ 2. (ต่อ)


1330-1400
1400-1430
1430-1500
1500-1530
50
40
30
20
10
0
25 26 27
25 26 27
26 27 28
26 27 28


1530-1600
1600-1630
1630-1700
1700-1730
50
40
30
20
26 27 28
25 26 27
25 26 27
24 25 26

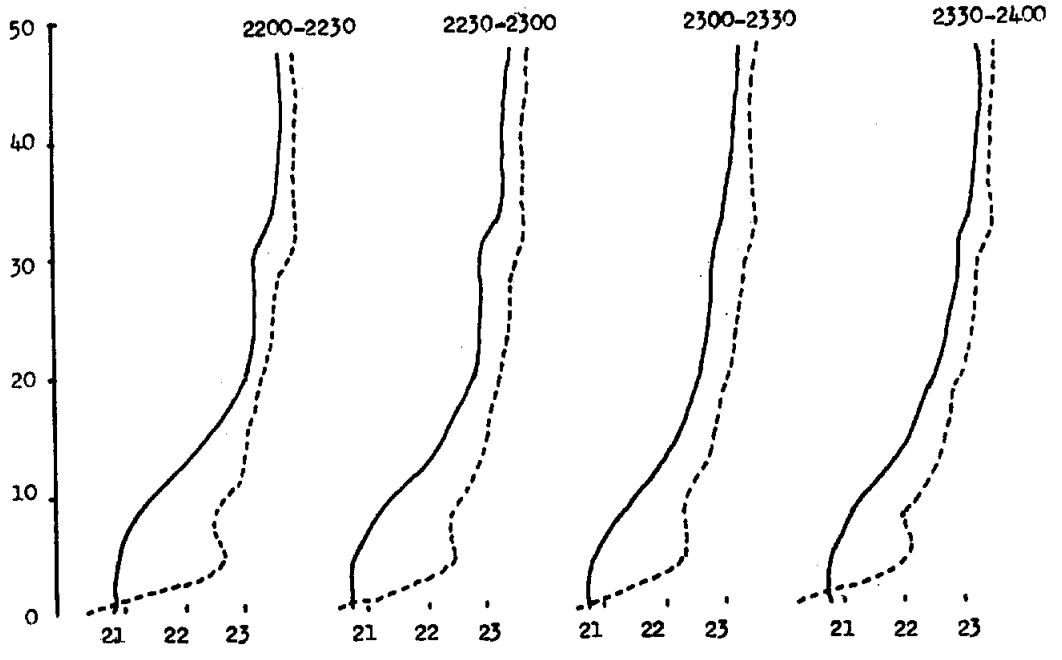
รูปที่ 2. (ต่อ)


50
40
30
20
10
0
1730-1800
1800-1830
1830-1900
1900-1930
1930-2000
23 24 25
23 24 25
23 24 25
22 23 24
22 23 24


50
40
30
20
10
0
2000-2030
2030-2100
2100-2130
2130-2200
22 23 24
22 23 24
22 23 24
22 23 24

รูปที่ 2. (ต่อ)

รูปที่ ๒ (ต่อ)



รูปที่ 2. (ต่อ)

การแปรผันของอุณหภูมิอากาศตามความสูงของบริเวณที่โล่งมีรูปลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา, โดยเฉพาะในระดับใกล้ผิวดินต่ำลงมาจากระดับความสูง 10 ม. ในเวลากลางคืนอุณหภูมิจะเพิ่มตามความสูงโดยมีอัตราการเพิ่มประมาณ 5°ซ./10 ม. เป็นแบบ inversive lapse rate บรรยากาศในช่วงระดับนี้มีเสถียรภาพดี, แต่ในเวลากลางวันเมื่อผิวดินได้รับพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ ผิวดินดูดกลืนพลังงานรังสีไว้และร้อนขึ้น, ความร้อนจะถูกถ่ายเทให้แก่อากาศที่อยู่เหนือขึ้นไป ผลก็คืออุณหภูมิอากาศจะลดลงตามความสูง โดยมีอัตราลดมากที่สุดในเวลาประมาณเที่ยงวัน มีค่าประมาณ 6°ซ./10 ม. อัตราการลดลงเป็นแบบ superadiabatic lapse rate, เสถียรภาพของอากาศไม่แน่นอน; การถ่ายเทความร้อน, ปริมาณไอน้ำ, และมวลอากาศเกิดขึ้นได้ดีมาก.

3.3 <u>การแปรผันของอุณหภูมิดิน</u>

การแปรผันของอุณหภูมิดินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงานรังสีที่ชั้นผิวดินได้รับการดูดกลืนพลังงานรังสีซึ่งเกิดขึ้นในชั้นผิวดินหน้าเพียงไม่กี่มิลลิเมตร, และชั้นผิวดินดังกล่าวนี้ก็จะทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งปล่อยหรือรับพลังงานความร้อนที่ไหลลึกลงไปในดิน หรือที่ไหลขึ้นมาจากดิน. การไหลขึ้นหรือลงของพลังงานความร้อน สังเกตได้จากอัตราการเพิ่มหรือลด ตามความลึกของอุณหภูมิดิน; ถ้าหากว่าอุณหภูมิดินเพิ่มตามความลึก ความร้อนจะถูกถ่ายเทจากใต้ดินขึ้นสู่ผิวดิน, แต่ถ้าหากอุณหภูมิลดตามความลึก ความร้อนจะไหลจากชั้นผิวดินลึกลงไป.

ในทางทฤษฎี การพิจารณาการแปรผันของอุณหภูมิดินตามความลึก เริ่มจากสมมุติฐานที่ว่าการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของอุณหภูมิที่ผิวดินเป็นไปตามสมการดังนี้ คือ:

$$T(o,t) = \bar{T} + \Delta To \sin wt \qquad \ldots\ldots\ldots(4)$$

เมื่อ $\bar{T}$ เป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่ผิว, ΔTo เป็นครึ่งหนึ่งของความแตกต่างของค่าสูงสุด และต่ำสุด, w เป็นความถี่ของการเปลี่ยนแปลงในรอบวันมีค่าเท่ากับ $2\pi/24$ เรเดียนต่อชั่วโมง หรือ $2\pi/24x60x60$ เรเดียนต่อวินาที.

จากข้อสมมุติฐานตามสมการที่ (4), Carslaw และ Jacger (1959) ได้สร้างสมการเกี่ยวกับการแปรผันของอุณหภูมิดินในทุกระดับความลึกดังนี้ คือ:

$$T(z,t) = \bar{T} + \Delta To \; c \; x \; p(-z/d)\sin \left[wt-z/d \right] \qquad \ldots\ldots\ldots(5)$$

เมื่อ D เป็น damping depth.

ในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการแปรผันตามความลึกของอุณหภูมิดินของพื้นที่บริเวณป่าไม้และพื้นที่โล่งซึ่งปกคลุมด้วยหญ้า. จะเห็นได้ชัดว่าในทุกเวลาตลอดวันอุณหภูมิดินของบริเวณที่โล่งมีค่ามากกว่าของบริเวณป่าในทุกระดับความลึก. ในเวลากลางคืนความแตกต่างกันมีน้อย คือเพียงประมาณ 0.5°ซ., แต่ในเวลากลางวัน โดยเฉพาะในเวลาบ่าย ความแตกต่างของอุณหภูมิดินที่พื้นผิวมีมากถึงเกือบ 4°ซ. โดยที่ผิวดินใต้ป่าไม้ได้รับปริมาณพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์น้อยกว่า การแปรผันของอุณหภูมิดินในป่ามีการเปลี่ยนแปลงลึกลงไปเพียงประมาณ 10 เซ็นติเมตร เท่านั้น, ซึ่งในขณะเดียวกันผิวดินในที่โล่งมีโอกาสรับพลังงานรังสีได้มากกว่า, อิทธิพลของพลังงานรังสีจึงมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอุณหภูมิดินได้ลึกกว่าจนถึงระดับเกือบ 50 เซ็นติเมตร ลึกลงไปใต้ดิน.

พิจารณาตามสมการที่ (4) และ (5) ได้ค่า T, ΔT_o มีค่าเท่ากับ 21.2°ซ. และ 1.3°ซ. สำหรับอุณหภูมิดินที่ผิวดินในบริเวณป่าไม้ และมีค่าเท่ากับ 23.2°ซ. และ 3.1°ซ. สำหรับในบริเวณที่โล่ง, จะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนว่า นอกจากอุณหภูมิเดิมโดยเฉลี่ยของวันของบริเวณที่โล่งจะสูงกว่าในบริเวณป่าไม้แล้ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของที่โล่งยังมีช่วงมากกว่าอีกด้วย.

4. การสมดุลย์ของพลังงานรังสี

เมื่อพลังงานรังสีคลื่นสั้นดวงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวใด ๆ, ไม่ว่าจะเป็นพื้นดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าหรือเรือนยอดของป่าไม้, ส่วนหนึ่งของพลังงานรังสีคลื่นสั้นจะถูกสะท้อนกลับไปสู่บรรยากาศ, และอีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้และคายออกมาในรูปของพลังงานรังสีคลื่นยาวและให้กลับออกไปให้บรรยากาศ. เช่นเดียวกับบรรยากาศซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของก๊าซต่าง ๆ และฝุ่นละอองเล็ก ๆ ก็มีการคายพลังงานรังสีคลื่นยาวออกมา, ดังนั้น สมการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการสมดุลย์ของพลังงานรังสีที่พื้นผิวใด ๆ อาจเขียนได้เป็น:

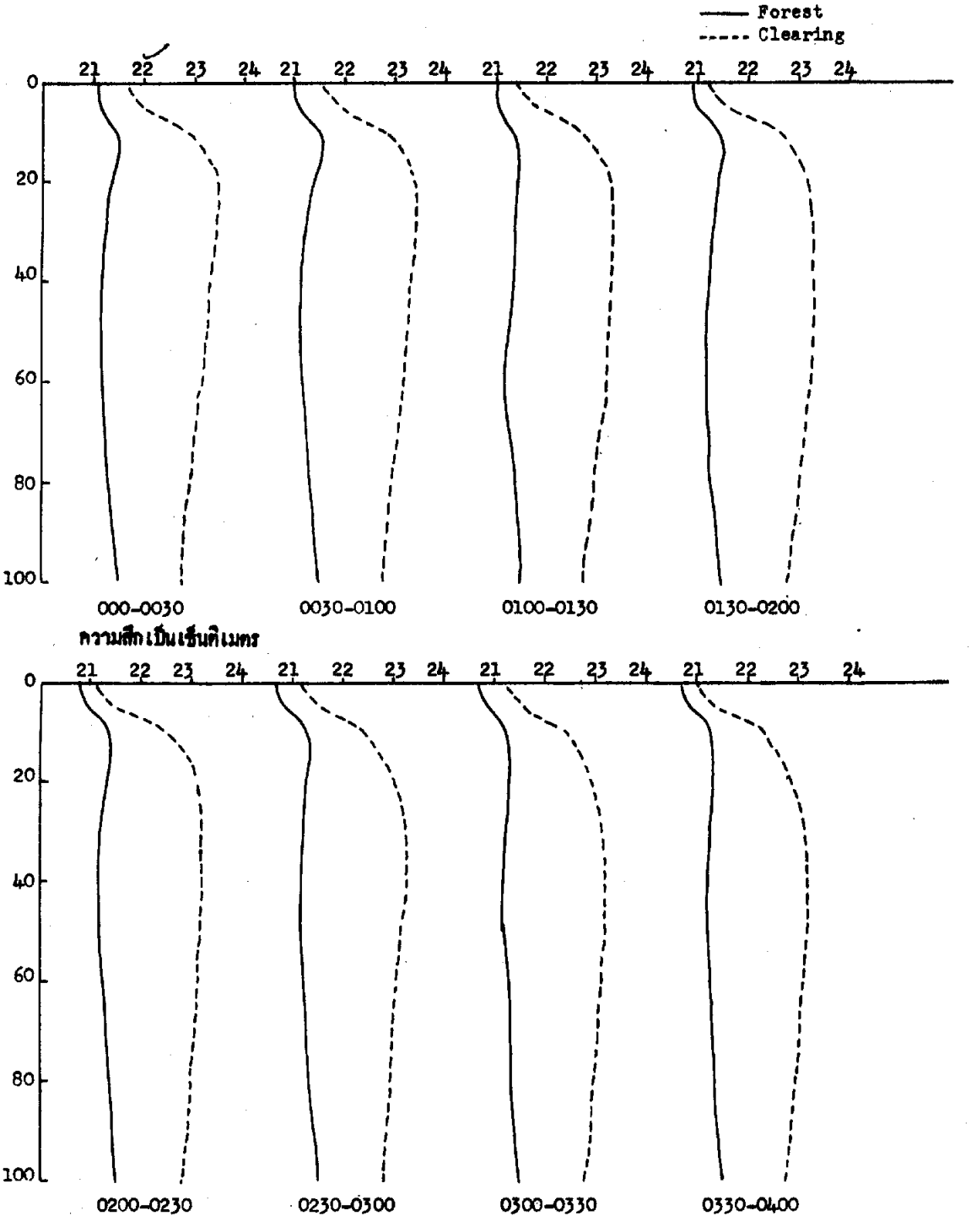
$$R\downarrow = SW\downarrow + LW\downarrow = SW\downarrow - SW\uparrow + LW\downarrow - LW\uparrow \qquad \text{.....(6)}$$

เมื่อ $SW\downarrow$ เป็นปริมาณพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบผิวพื้นใด ๆ

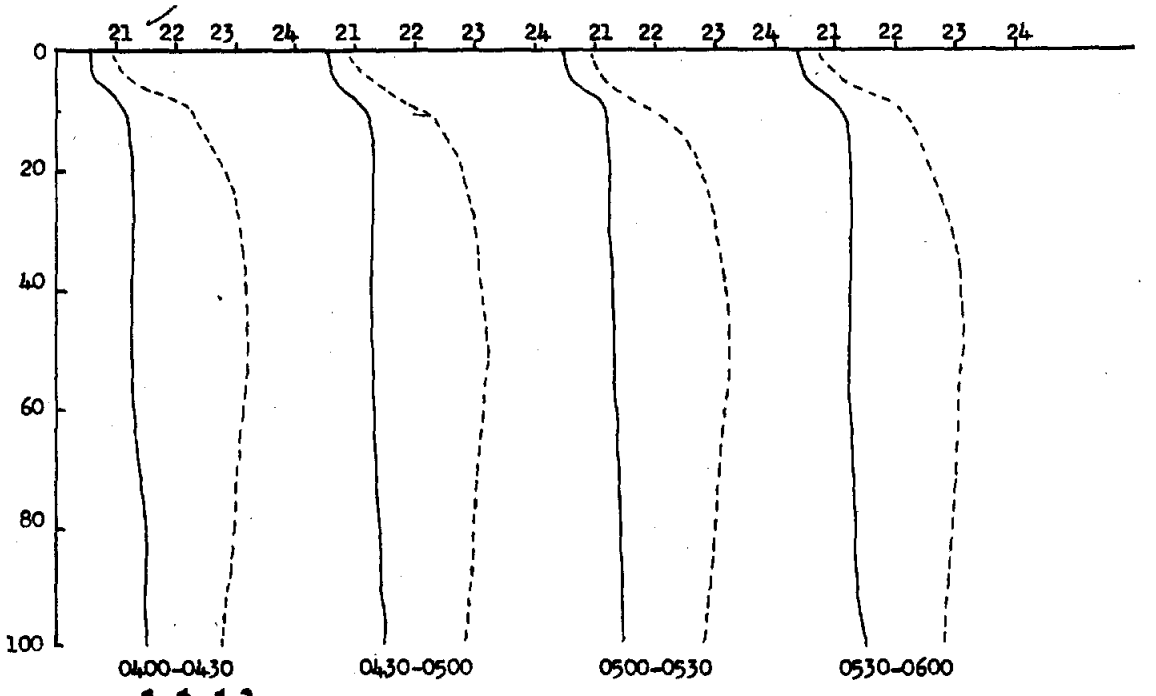
$SW\uparrow$ เป็นปริมาณพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนกลับ

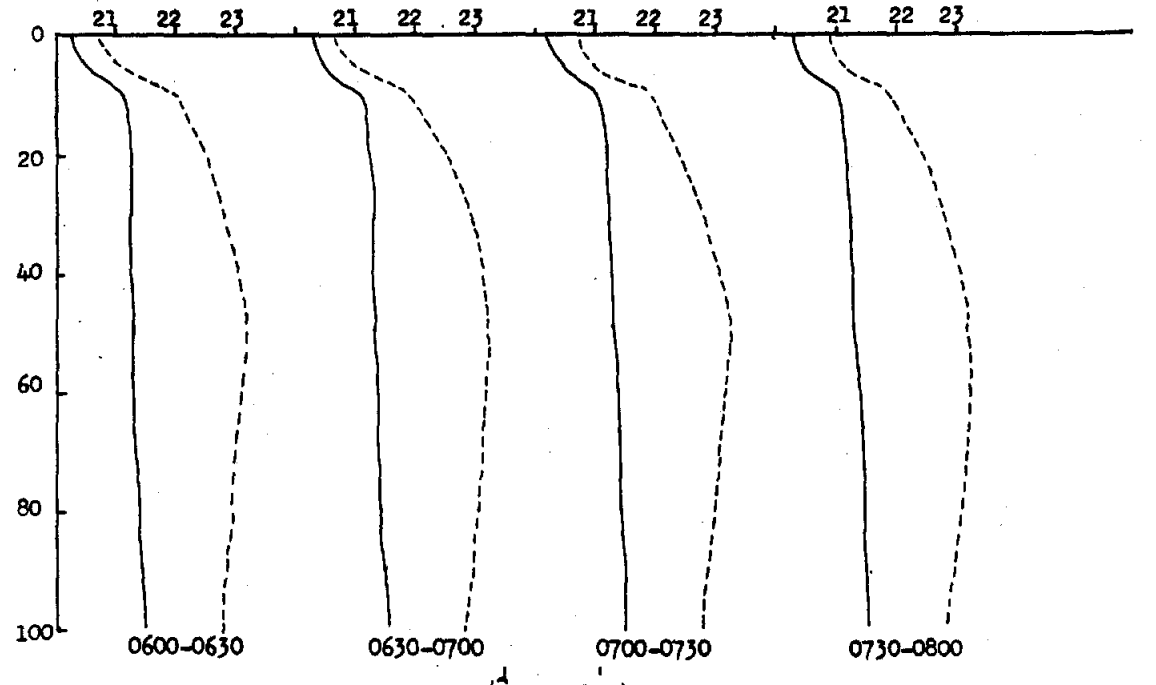
$LW\downarrow$ เป็นปริมาณพลังงานรังสีคลื่นยาวที่พื้นผิวได้รับ

$LW\uparrow$ เป็นปริมาณพลังงานรังสีคลื่นยาวที่พื้นผิวคายออกไป

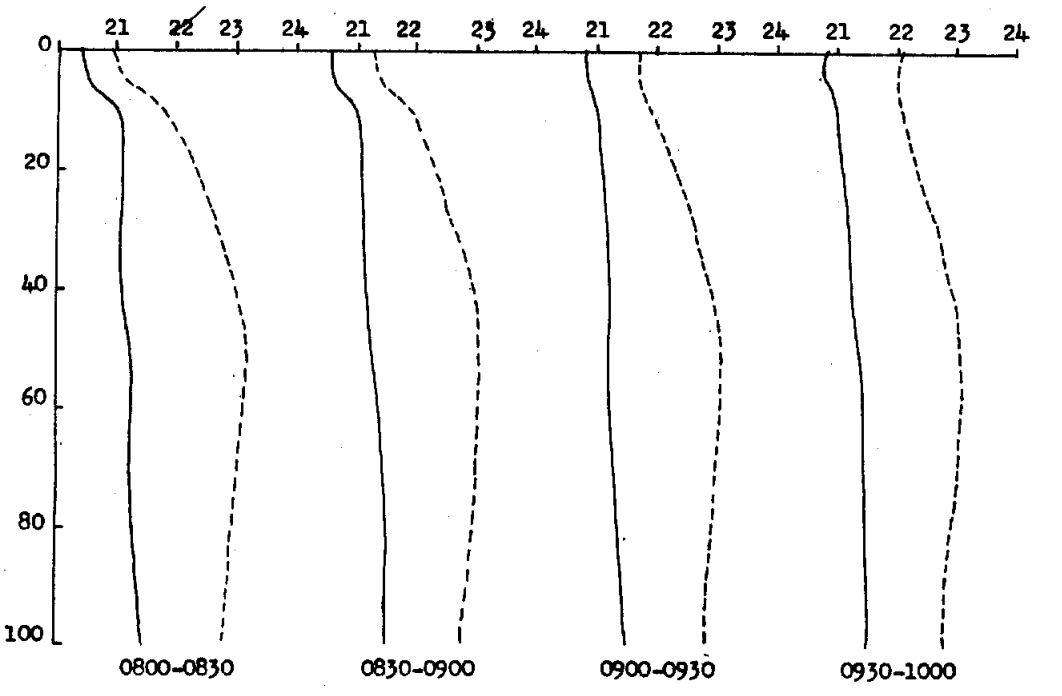


รูปที่ 3. การแปรผันของอุณหภูมิดินตามความลึก.

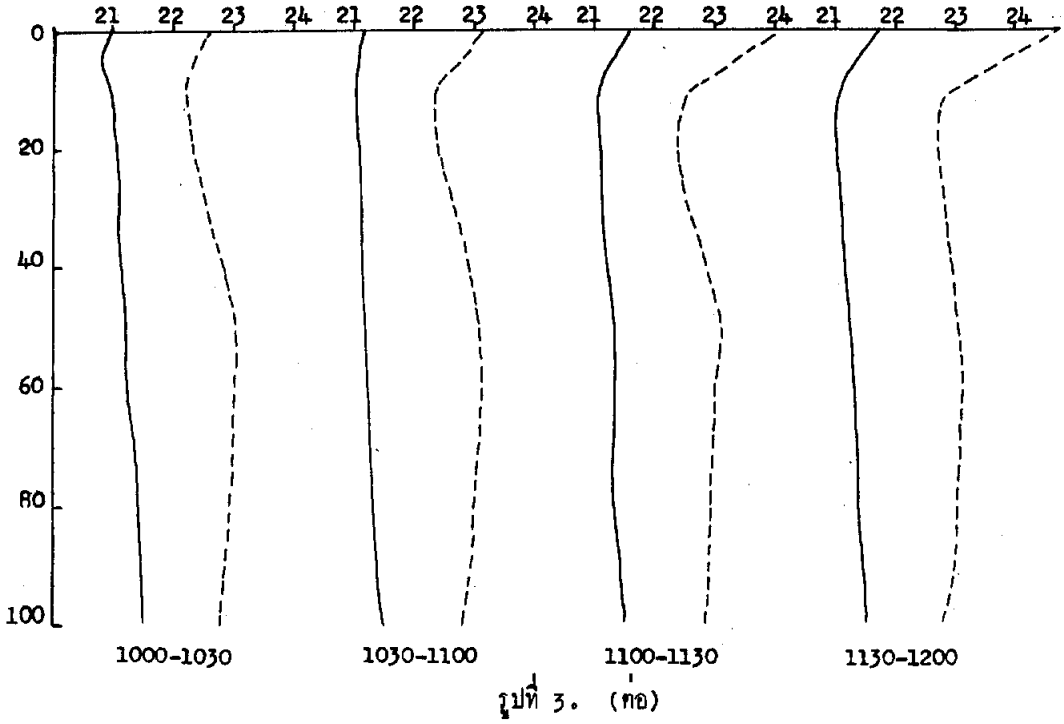

21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24
0
20
40
60
80
100
0400-0430
0430-0500
0500-0530
0530-0600
ความลึกเป็นเซนติเมตร


21 22 23 21 22 23 21 22 23 21 22 23
0
20
40
60
80
100
0600-0630
0630-0700
0700-0730
0730-0800

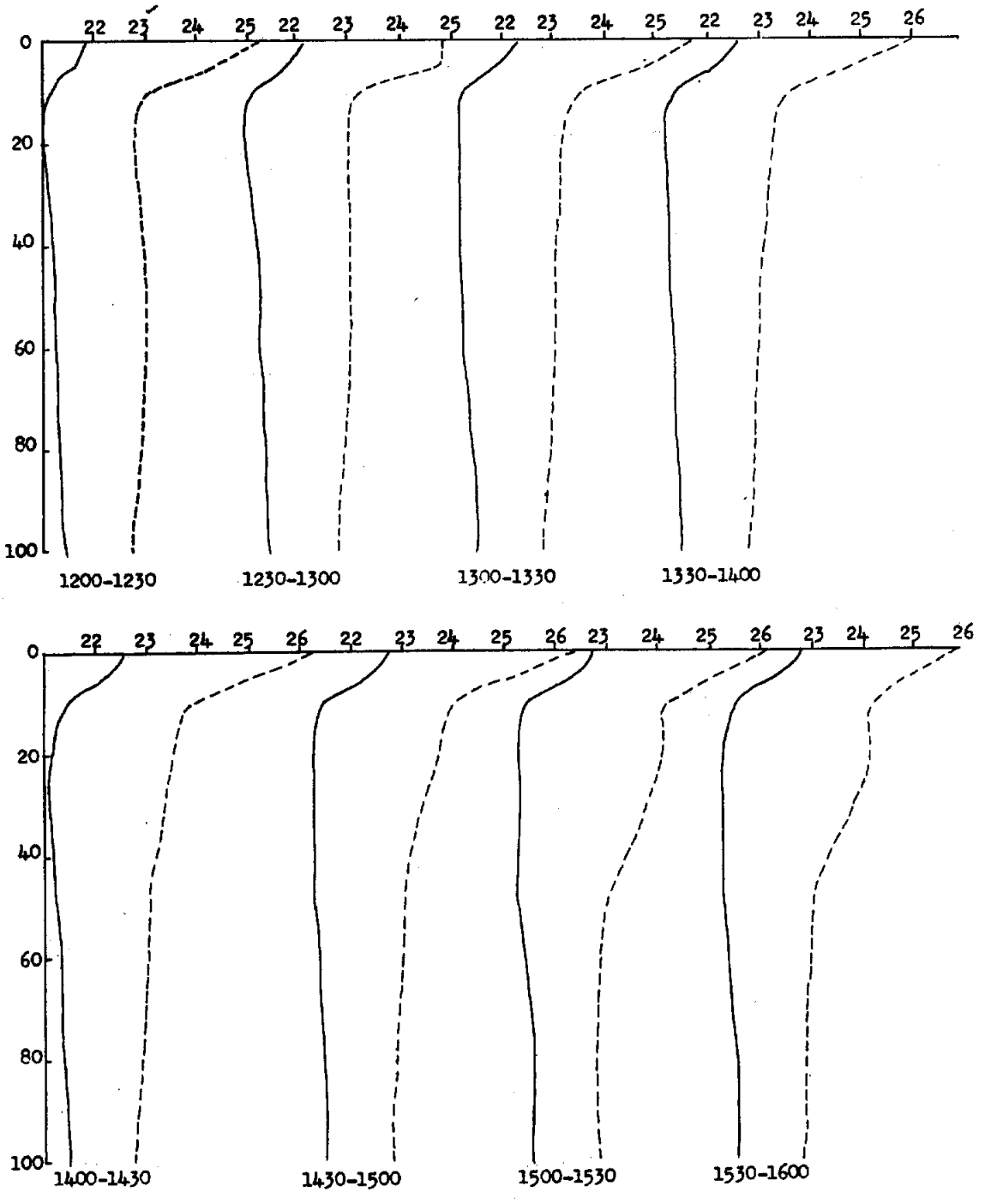
รูปที่ 3. (ต่อ)



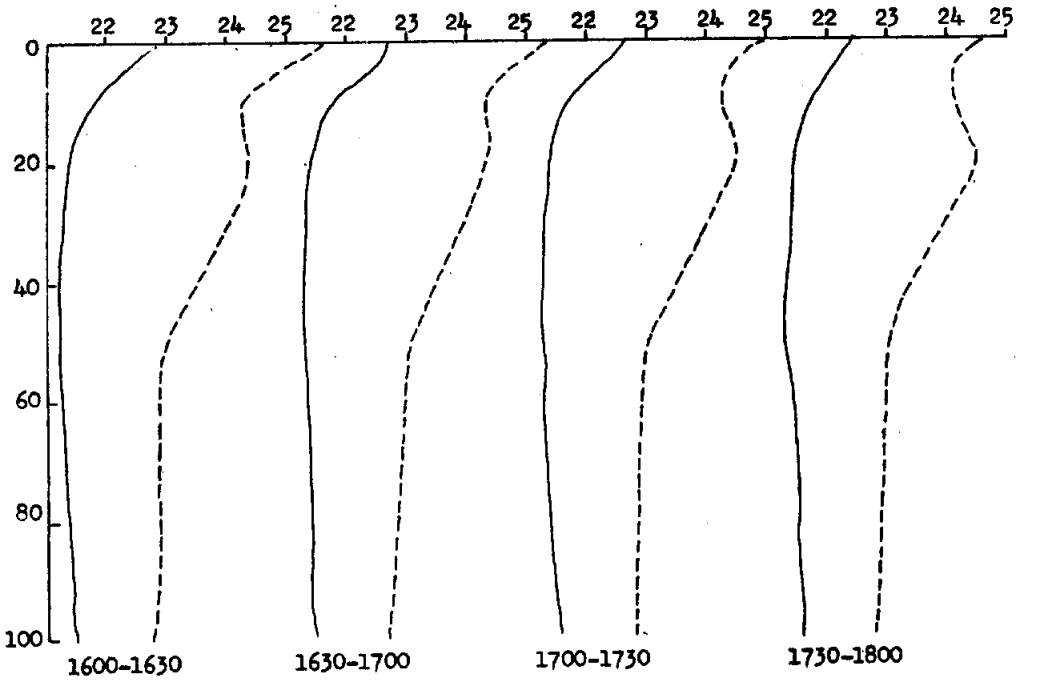
ความลึก เป็นเซ็นติเมตร

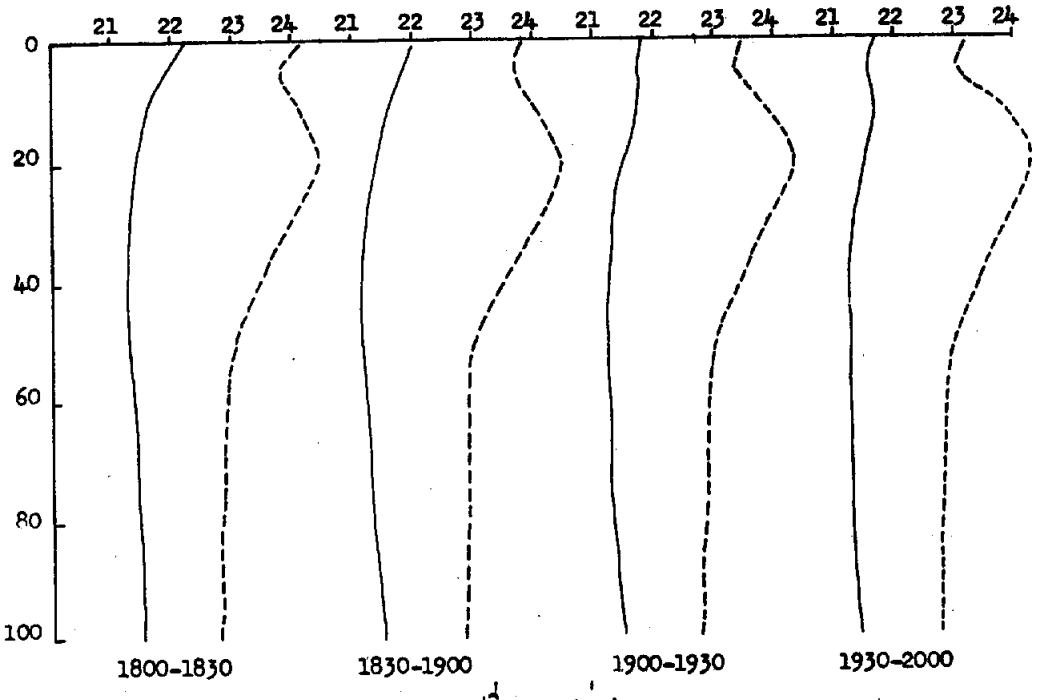


รูปที่ 3. (ต่อ)

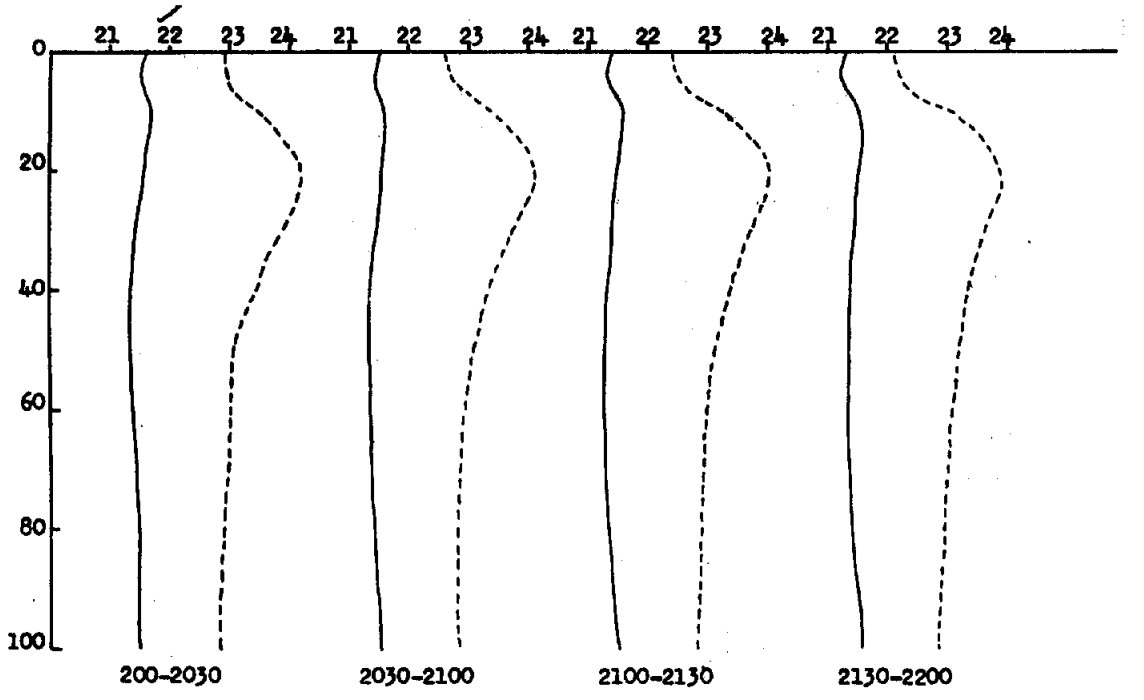

22 23 24 25 22 23 24 25 22 23 24 25 22 23 24 25 26
0
20
40
60
80
100
1200-1230
1230-1300
1300-1330
1330-1400
22 23 24 25 26 22 23 24 25 26 23 24 25 26 23 24 25 26
0
20
40
60
80
100
1400-1430
1430-1500
1500-1530
1530-1600

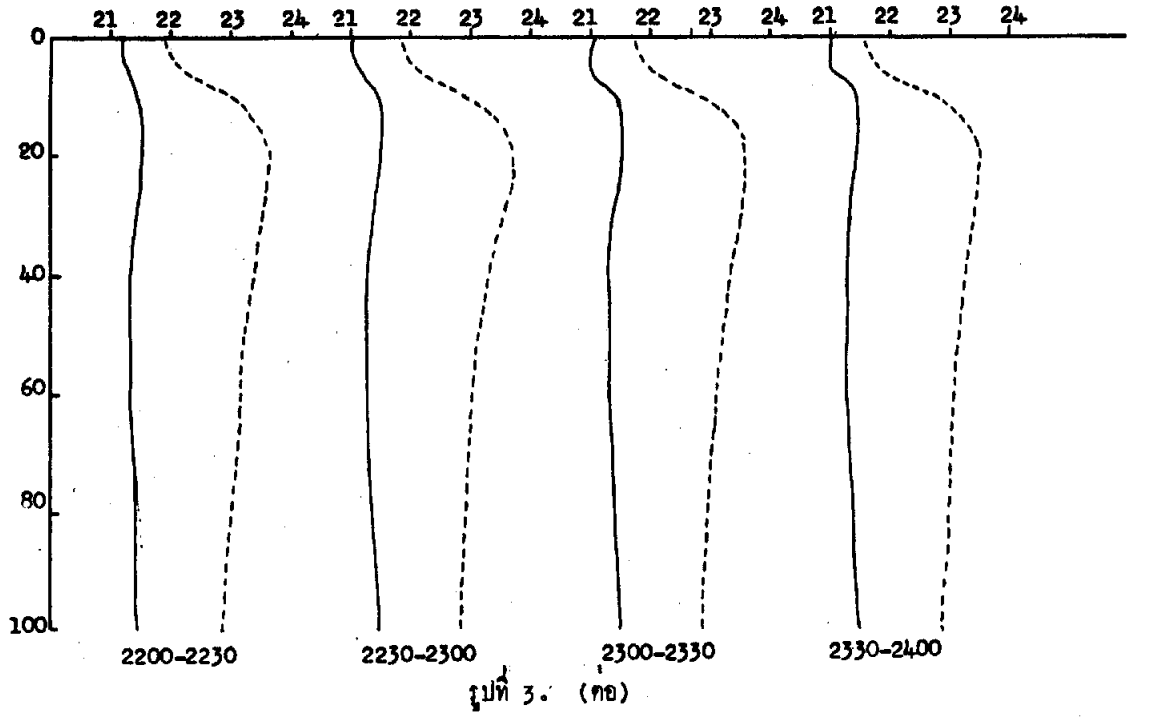
รูปที่ 3. (ต่อ)


22 23 24 25 22 23 24 25 22 23 24 25 22 23 24 25
0
20
40
60
80
100
1600-1630
1630-1700
1700-1730
1730-1800


21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24
0
20
40
60
80
100
1800-1830
1830-1900
1900-1930
1930-2000

รูปที่ 3. (ก๓)


21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24
0
20
40
60
80
100
200-2030
2030-2100
2100-2130
2130-2200


21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24 21 22 23 24
0
20
40
60
80
100
2200-2230
2230-2300
2300-2330
2330-2400

รูปที่ 3. (ต่อ)

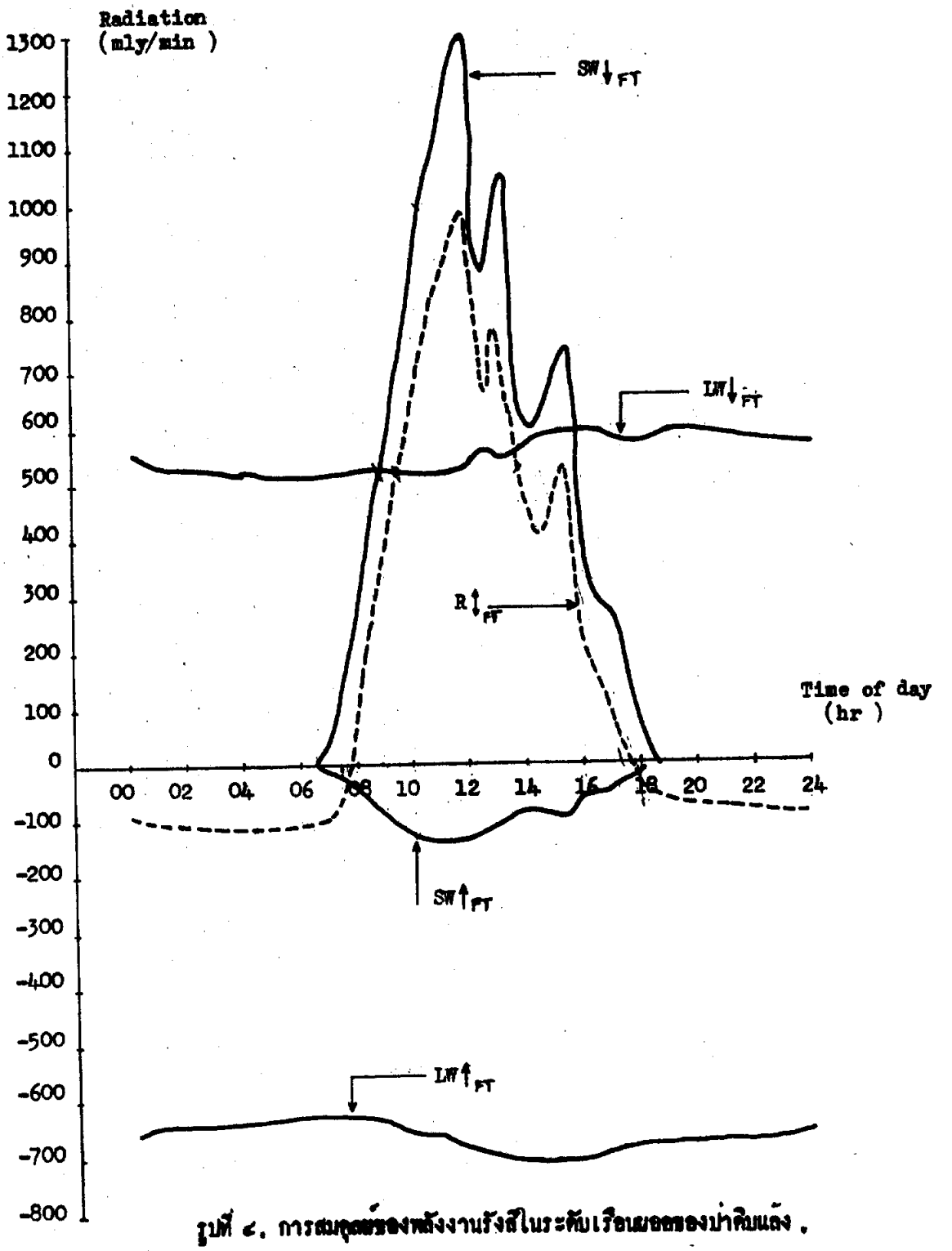
พลังงานรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.3 ถึง 2 ไมครอน, ที่ระดับบรรยากาศสูงขึ้นไปมาก ๆ จนถือเสมือนเป็นขอบเขตนอกสุดของบรรยากาศ ปริมาณพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบบนหนึ่งตารางพื้นที่มีค่าคงที่, มีค่าเท่ากับ 2.0 แลงเลย์ต่อนาที. เมื่อพลังงานรังสีผ่านเข้ามาในบรรยากาศส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว้, ส่วนที่เหลือผ่านทะลุตกกระทบผิวโลก. ส่วนที่ถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของก๊าซ, ฝุ่นละออง, ไอน้ำ, และเมฆ ในบรรยากาศ จะถูกคายออกมาในรูปพลังงานรังสีคลื่นยาว. พลังงานรังสีคลื่นสั้นเมื่อตกกระทบผิวโลก ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ อีกส่วนก็ถูกดูดกลืนไว้. อัตราส่วนของพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนกลับต่อที่ตกกระทบ สำหรับลักษณะผิวพื้นใด ๆ จะมีค่าเฉพาะเรียกกันว่าอัลบิโด (albedo) เช่นเดียวกันกับกรณีของบรรยากาศ, พลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ถูกดูดกลืนไว้ก็จะถูกคายออกมาในรูปพลังงานรังสีคลื่นยาว.

หน่วยที่นิยมใช้ในการวัดปริมาณพลังงานรังสี คือหน่วยแลงเลย์ (langley). หนึ่งแลงเลย์มีค่าเทียบเท่ากับหนึ่งกรัมแคลอรี่ต่อตารางเซ็นติเมตร และมีค่าเท่ากับ 1,000 มิลลิแลงเลย์.

4.1 <u>พลังงานรังสีที่ระดับเรือนยอดของป่าดิบแล้ง</u>

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในรอบวันของพลังงานรังสีที่ระดับเรือนยอดของป่าดิบแล้ง. ปริมาณที่แสดงมีพลังงานรังสีคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเรือนยอด SW↓FT ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณพลังงานรังสีที่ผ่านทะลุโดยตรงถึงเรือนยอด กับพลังงานรังสีที่ถูกสะท้อนกลับไปมาในบรรยากาศก่อนแล้วค่อยตกบนเรือนยอด. พลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ถูกสะท้อนกลับโดยเรือนยอด SW↑FT, พลังงานรังสีคลื่นยาวที่คายออกมาโดยบรรยากาศและตกกระทบบนเรือนยอด LW↓FT, พลังงานรังสีคลื่นยาวที่คายออกมาโดยเรือนยอดให้ไปแก่บรรยากาศ LW↑FT, และผลรวมสุทธิของพลังงานรังสีที่เรือนยอดได้รับ R↕FT.

เรือนยอดของป่าดิบแล้งได้รับพลังงานรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ ในช่วงเวลา 0630-1830, โดยเริ่มจากค่าต่ำสุดคือศูนย์ ไปถึงค่าสูงสุดในเวลาเที่ยงวันมีค่าเท่ากับ 1,300 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที, ตอนบ่ายปริมาณนี้ก็เริ่มลดลงจนถึงศูนย์อีก. โดยปกติแล้วลักษณะการแปรผันกับเวลาของปริมาณนี้ในช่วงเช้าและบ่ายมีความสมมาตร (symmetry), แต่การลดลงทันทีทันใดของปริมาณในเวลา 1230 และ 1415 เกิดจากการมีเมฆเข้ามาปิดบัง. การสะท้อนกลับคืนสู่บรรยากาศของพลังงานรังสีคลื่นสั้นมีค่าสูงสุดประมาณ 150 มิลลิแลงเลย์ ต่อนาที หรือประมาณ 11.5% ของปริมาณที่ตกกระทบ, ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอีก 88.5% ถูกดูดกลืนโดยเรือนยอดและทะลุทะลวงผ่านเรือนยอดลงไป.



รูปที่ ๔. การสมดุลของพลังงานรังสีในระดับเรือนยอดของป่าดิบแล้ง .

การแปรผันของพลังงานรังสีคลื่นยาวทั้งที่ได้มาจากบรรยากาศและคายออกไปจากเรือนยอดมีการแปรเปลี่ยนไปกับเวลาน้อย, คือปริมาณแรกแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 500-600 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที โดยมีค่าเฉลี่ย 554.6 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที; ปริมาณหลังอยู่ในช่วง 600-700 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที มีค่าเฉลี่ย 661.5 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที. ผลก็คือเรือนยอดไม้ต้องเสียพลังงานรังสีคลื่นยาวให้แก่บรรยากาศในอัตราเฉลี่ย 100 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที. โดยใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานรังสีคลื่นยาวที่คายออกไปกับอุณหภูมิของวัตถุที่คายรังสีนั้น ทำให้คำนวณได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 14.5 องศาเซ็นติเกรต, และอุณหภูมิเฉลี่ยของเรือนยอดมีค่าเท่ากับ 27.2 องศาเซ็นติเกรต.

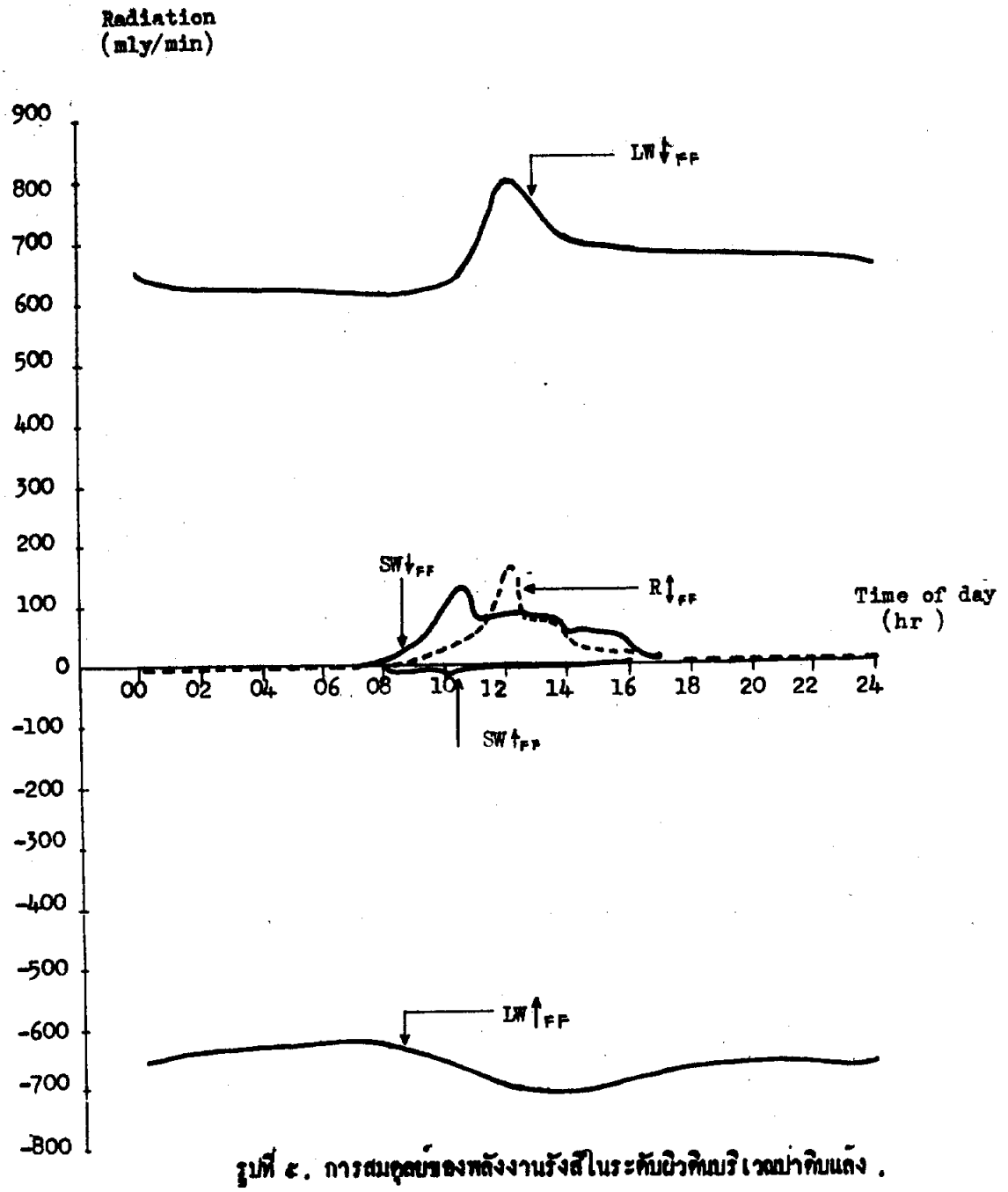
ปริมาณพลังงานรังสีผลรวมสุทธิมีค่าเป็นบวก ในช่วง 0745-1745, และมีค่าสูงสุดประมาณ 1,000 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที. ในช่วงที่มีค่าเป็นบวก ปริมาณนี้จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานในรูปอื่น เช่น พลังงานความร้อน ที่ทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของต้นไม้และอากาศในบริเวณรอบ ๆ ร้อนขึ้น, เป็นพลังงานที่ทำให้พืชทำการสังเคราะห์แสงเจริญเติบโต.

4.2 <u>พลังงานรังสีในระดับผิวดินภายในบริเวณป่าดิบแล้ง</u>

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในรอบวันของพลังงานรังสีที่ระดับผิวพื้นดินภายในป่าดิบแล้ง ซึ่งประกอบด้วยพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่สามารถทะลุทะลวงผ่านเรือนยอดและส่วนล่างลงมาถึงระดับผิวดินภายในป่า SW↓FF, พลังงานรังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนกลับที่ผิวดินภายในป่า SW↑FF, พลังงานรังสีคลื่นยาวที่ป่าคายออกมาและตกกระทบผิวดิน LW↓FF, พลังงานผลรวม R↕FF.

พลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบผิวพื้นมีค่าประมาณ 8% ของพลังงานรังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบเรือนยอดไม้, อีก 80% จึงถูกดูดกลืนโดยมีส่วนต่าง ๆ ของป่าไม้. ค่าสูงสุดมีค่าเพียงประมาณ 130 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที เมื่อเวลา 1030 น. พลังงานรังสีที่สะท้อนกลับโดยผิวพื้นยิ่งมีค่าน้อยกว่าคือมีค่าสูงสุดเพียงไม่เกิน 20 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที.

พลังงานรังสีคลื่นยาวที่คายออกโดยป่าไม้และที่คายออกไปโดยผิวพื้นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน, ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิของผิวพื้นและของป่าไม้ก็มีค่าใกล้เคียงกันด้วย. ในเวลากลางวันปริมาณพลังงานรังสีทั้งสองมีลักษณะต่างกัน โดยปริมาณแรกมีค่าสูงสุดเวลา 1215 น. และการเพิ่มหรือลดลงของปริมาณเป็นไปอย่างรวดเร็ว; ส่วนปริมาณอันหลังมีค่าสูงสุดประมาณ 1315 น. และการเพิ่มหรือลดของปริมาณเป็นไปอย่างช้า ๆ. เนื่องมาจากอิทธิพลของ



รูปที่ ๕. การสมดุลของพลังงานรังสีในระดับผิวดินบริเวณป่าดิบแล้ง .

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อป่าไม้ ค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานรังสีในคลื่นยาวที่คายออกจากป่าไม้และที่คายออกจากผิวพื้นดินมีค่าเท่ากับ 623.1 และ 661.0 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที, และช่วงการเปลี่ยนแปลงมีค่า 600-800 และ 600-700 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที ตามลำดับ.

พลังงานรังสีผลรวมมีค่าเกือบใกล้ศูนย์ในเวลากลางคืน แต่มีค่าเป็นบวกในเวลากลางวัน, ค่าสูงสุดมีค่าประมาณ 160 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที. เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่าสูงสุดของพลังงานรังสีผลรวมเกิดขึ้น ในเวลาเดียวกันคือ 1200 น. กับค่าสูงสุดของพลังงานรังสีคลื่นยาวที่ต้นไม้คายออกมาแทนที่จะไปเกิดขึ้นพร้อมกันกับค่าสูงสุดของพลังงานรังสีคลื่นสั้น.

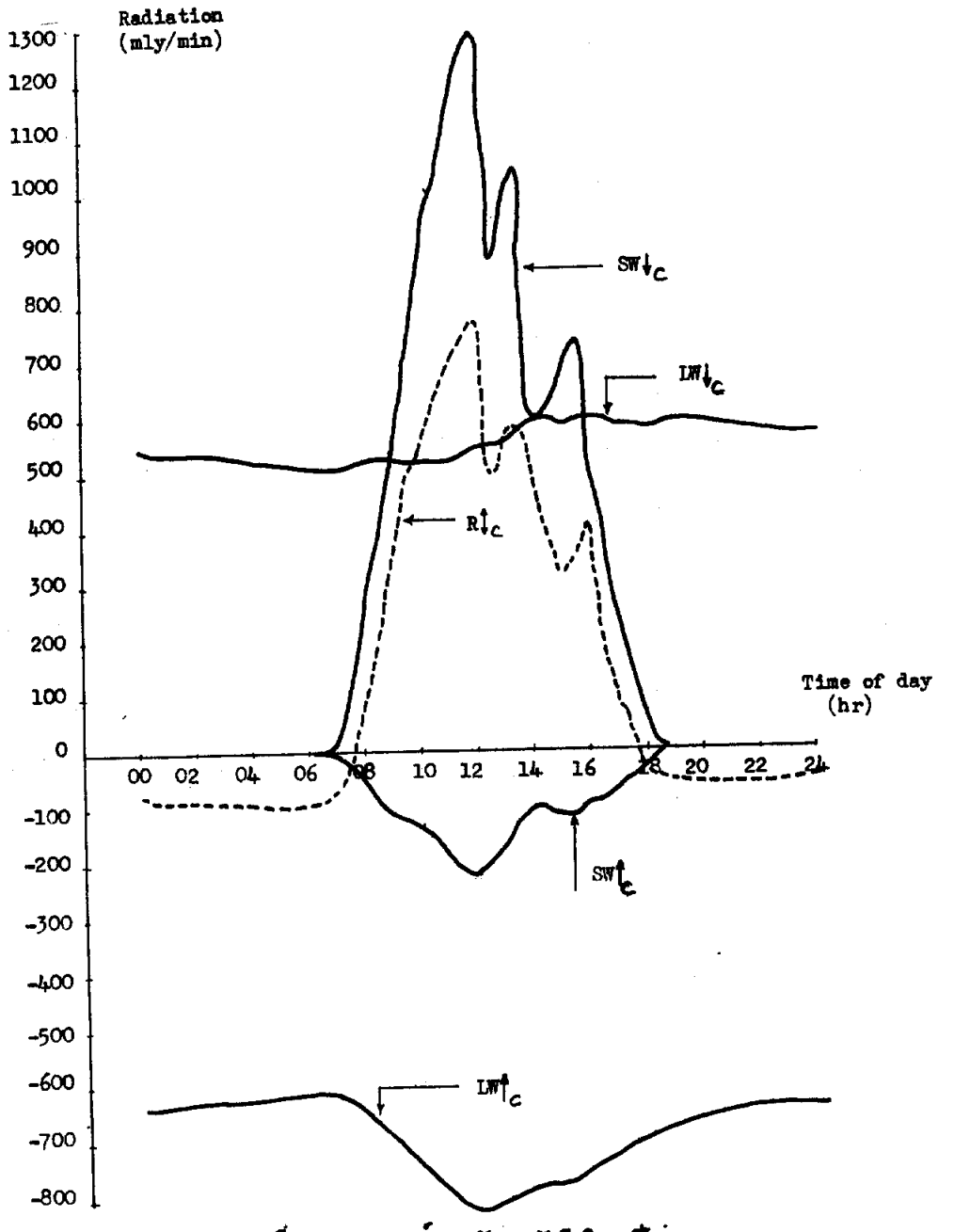
4.3 <u>พลังงานรังสีในบริเวณที่โล่ง</u>

รูปที่ 6 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในรอบวันของพลังงานรังสีที่ระดับผิวพื้นของบริเวณที่โล่ง, ซึ่งประกอบด้วย พลังงานรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิว SW↓C, ที่สะท้อนกลับ SW↑C, พลังงานรังสีคลื่นยาวที่ได้รับจากบรรยากาศ LW↓C, ที่คายออกไปโดยผิวพื้น LW↑C, และปริมาณพลังงานรังสีสุทธิ R↕C.

ในบริเวณที่โล่งซึ่งปกคลุมด้วยหญ้า การสะท้อนพลังงานรังสีคลื่นสั้นของดวงอาทิตย์มีอัตราสูงกว่าของเรือนยอดของป่าไม้, คือมีค่าสูงสุดถึง 220 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที. อัตราสะท้อนกลับหรืออัลบิโดเท่ากับ 17%, การแปรผันกับเวลาของปริมาณพลังงานรังสีคลื่นยาวที่คายออกไปโดยผิวดินมีค่าสูงสุดถึง 830 มิลลิแลงเลย์ต่อนาที และมีช่วงของการแปรผันกว้างกว่าของเรือนยอดและบริเวณผิวดินภายในป่า.

5. <u>บทสรุป</u>

การแปรผันตามแนวยืนและขนาดของปริมาณของความเร็วลม, อุณหภูมิอากาศ, และอุณหภูมิดินที่เกิดขึ้นภายในป่าดิบแล้ง แสดงลักษณะโครงสร้างของบรรยากาศเฉพาะตัวที่แปลกแตกต่างไปจากลักษณะโครงสร้างบรรยากาศในบริเวณที่โล่ง. ขนาดของความเร็วลมภายในปริมาณป่าจะมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับความเร็วลมในที่โล่ง ในระดับความสูงอันเดียวกัน. การแปรผันในระดับเหนือเรือนยอดขึ้นไปมีส่วนคล้ายคลึงกับการแปรผันในบริเวณที่โล่ง เพียงแต่อัตราการเพิ่มขนาดความเร็วลมในบริเวณที่โล่งมีค่าสูงกว่ามากในเวลากลางวัน. ลักษณะการแปรผันของอุณหภูมิอากาศในบริเวณป่ามีระดับที่น่าสนใจคือบริเวณเรือนยอด ซึ่งรับและดูดกลืนพลังงานรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์,



รูปที่ ๖. การสมดุลย์ของพลังงานรังสีบริเวณที่โล่ง.

ทำให้เส้นการแปรผันโน่งออกในเวลากลางวัน และคายพลังงานรังสีคลื่นยาวในเวลากลางคืน ทำให้เส้นแปรผันยุบเข้าไป. โดยที่เรือนยอดเป็นเสมือนเพดานที่คอยกั้นพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายในป่าโดยเฉพาะระดับพื้นดิน, ซึ่งไม่มากนัก เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในระดับผิวดินของที่โล่ง, การแปรผันตามความลึกของอุณหภูมิดินภายในบริเวณป่า เกิดขึ้นในช่วงระดับที่ลึกน้อยกว่าที่เกิดขึ้นในบริเวณที่โล่งมาก, ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณพลังงานรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ที่ทะลุทะลวงถึงผิวดินภายในป่ามีค่าเพียง 8% ของปริมาณที่ตกกระทบเรือนยอดหรือผิวดินในที่โล่ง.

ในการปลูกป่าเพื่อให้ได้ป่าตามธรรมชาติ เป็นสิ่งสำคัญที่ควรต้องพิจารณาโครงสร้างบรรยากาศและการสมดุลย์ของพลังงานรังสีภายในป่าเปรียบเทียบกับบริเวณที่จะทำการปลูก, ซึ่งโดยส่วนมากแล้วจะเป็นบริเวณที่โล่งปกคลุมด้วยหญ้า ทั้งนี้เพราะต้นอ่อนหรือเมล็ดพืชมีความไวต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศและไวต่อปริมาณพลังงานรังสี. การเปลี่ยนแปลงหรือปริมาณที่ผิดขนาดตามธรรมชาติเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนหรือเมล็ดได้. จากข้อมูลที่แสดงอาจเป็นข้อสรุปอันพอจะเป็นแนวทางในการปลูกป่าได้ว่า โดยสภาพธรรมชาติ การเจริญเติบโตของเมล็ดหรือต้นอ่อนของป่าดิบแล้งเขตร้อน มีความต้องการในพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์น้อย, คือเพียงประมาณไม่เกิน 150 มิลลิแลงเลย์ต่อนาทีหรือ 8-12% ของปริมาณพลังงานรังสีที่ตกกระทบบนเรือนยอดหรือบริเวณที่โล่ง. ในบริเวณที่ทำการปลูก ความเร็วลมจะต้องไม่สูงนัก, อุณหภูมิดินและอากาศในระดับผิวดินจะต้องมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มาก. เมื่อบริเวณป่าไม้ถูกทำลาย สิ่งที่ตามมาก็คือการมีหญ้าขึ้นปกคลุมในบริเวณนั้น, ทั้งนี้ก็เนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมของบรรยากาศในที่โล่ง เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของหญ้าได้ดีกว่าลูกไม้หรือต้นอ่อนของไม้. อีกทั้งหญ้ามีความทนทานต่อปริมาณรังสี, ทนทานต่ออุณหภูมิอากาศ, ดิน, และความเร็วลมได้สูงกว่า.

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2519).—รายงานการวิเคราะห์และวางแผนกายภาพภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. คณะทำงานวางแนวทางพัฒนาระดับท้องถิ่น, กองวางแผนภาพ, ฝ่ายวิเคราะห์ด้านกายภาพ. (กรุงเทพฯ.)

CARSLAW, H.S. and JACGER, J.C. (1950).—"Conduction of Heat in Solids." (Clarendon Press: Oxford.)

DAVIDSON, B. and BARAD, M.L. (1956).—Some comments on the Deacon wind profile. Trans.Am.geophys.Un. 37: 168-76.

DEACON, E.L. (1949).—Vertical diffusion in the lowest layers of the atmosphere quart.J.Roy.Meteozol.Soc. 75: 89-103.

ZABRANSKY, Joseph (1969).—Micrometeorological instrumentation and installation at ASRCT Sakaerat Experiment Station. Mimeographed, Bangkok: ASRCT (Report No. 1 on Research Project No. 27/3).