

บทที่ 3

มนุษย์กับบรรยากาศของโลก

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อให้นักศึกษาอธิบายชั้นบรรยากาศของโลกได้
- 1.1.2 เพื่อให้นักศึกษาจำแนกประเภทของชั้นบรรยากาศได้
- 1.1.3 เพื่อให้นักศึกษาเปรียบเทียบชั้นของบรรยากาศได้
- 1.1.4 เพื่อให้นักศึกษาออกถึงแหล่งที่มาของพลังงานได้
- 1.1.5 เพื่อให้นักศึกษาเปรียบเทียบพลังงานในแต่ละชั้นบรรยากาศของโลกได้
- 1.1.6 เพื่อให้นักศึกษาอธิบายถึงแหล่งที่มาของน้ำได้
- 1.1.7 เพื่อให้นักศึกษาอธิบายถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดฝนได้
- 1.1.8 เพื่อให้นักศึกษาสรุปความสัมพันธ์ของมนุษย์กับบรรยากาศของโลกได้

1.2 เนื้อหาสำคัญ

บรรยากาศมีความสำคัญในการสกัดกั้นและดูดซับรังสีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตให้เบาบางลง ขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่ถ่ายเทและควบคุมความร้อนในโลกให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต หากไม่มีชั้นของบรรยากาศห่อหุ้มโลก มนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งปวงจะได้รับอันตรายจากรังสีและจะต้องร้อนจนไหม้ไปในเวลากลางวัน หรือไม่ก็ต้องหนาวจนแข็งตายไปในเวลากลางคืน

ชั้นของบรรยากาศ

ชั้นของบรรยากาศของโลกประกอบไปด้วยแก๊สต่าง ๆ หลายชนิดห่อหุ้มโลก ชั้นของบรรยากาศถูกยึดเหนี่ยวไว้ด้วยแรงดึงดูดของโลก นอกจากแก๊สแล้วยังประกอบไปด้วยไอน้ำ ฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ฝุ่นละอองในอากาศนอกจากเป็นตัวการสะท้อนแสงทำให้ท้องฟ้าเป็นสีแดงในตอนรุ่งอรุณและตอนสนธยาแล้ว ยังเป็นสื่อกลางให้ละอองไอน้ำยืดยึดเกาะ ทำหน้าที่เป็นจุดรวมของการกลั่นตัว (condensation nuclei) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดฝนไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ในบรรยากาศยังคงช่วยดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์และความร้อนที่สะท้อนออกไปจากโลกเอาไว้ เมฆและฝุ่นละอองในบรรยากาศยังช่วยสะท้อนและกระจายรังสีจากดวงอาทิตย์ เกิดการแลกเปลี่ยนและถ่ายเทความร้อนระหว่างโลกกับบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิของโลกอยู่ในสภาวะสมดุล ชั้นของบรรยากาศแบ่งโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นเกณฑ์ได้ 2 ส่วนใหญ่ ๆ หรือ 4 ชั้นย่อย คือ

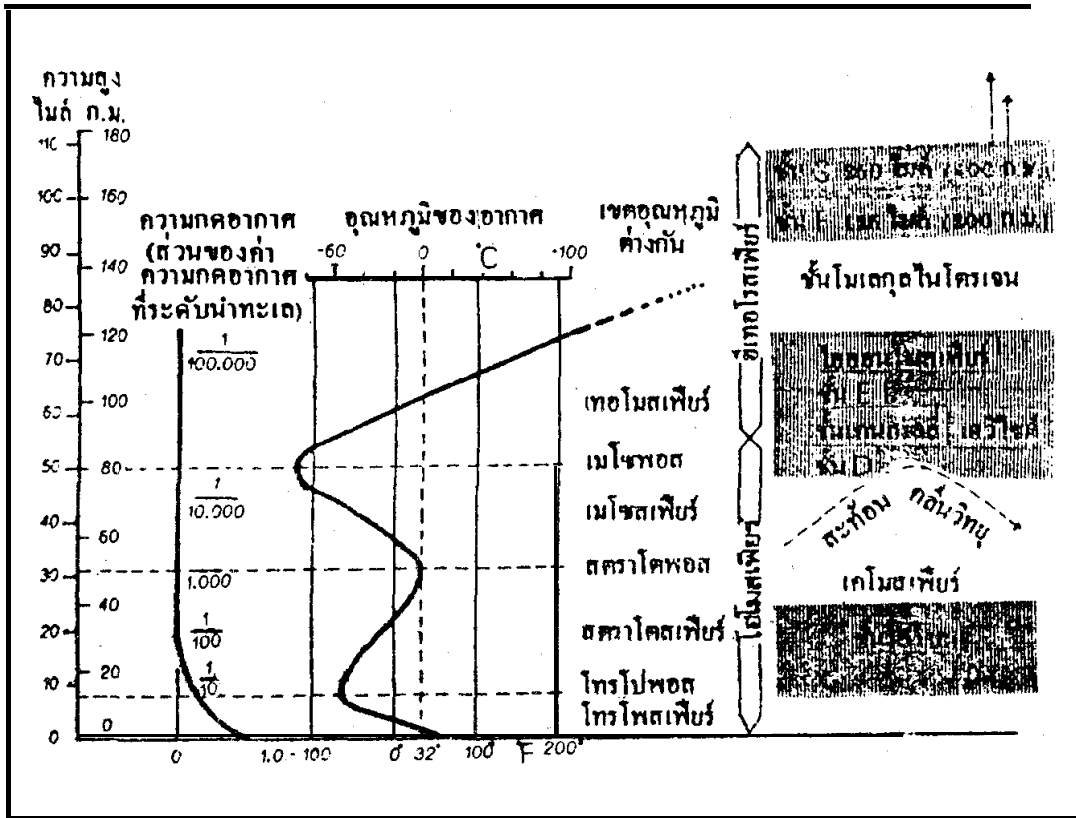
1. บรรยากาศชั้นล่าง (Homosphere)
2. บรรยากาศชั้นบน (Heterosphere)

1. **บรรยากาศชั้นล่าง** อยู่สูงจากผิวโลก 80 กิโลเมตร (50 ไมล์) แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ

ก. **บรรยากาศชั้นแรก (Troposphere)** อยู่เหนือผิวโลกที่ศูนย์สูตรประมาณ 12.5-15 กิโลเมตร (8-9 ไมล์) ที่ขั้วโลกประมาณ 8-10 กิโลเมตร (5-6 ไมล์) ระดับสูงสุดเรียกว่า "โทรโปพอส" (Tropopause) เป็นชั้นที่มีการลดอุณหภูมิตามความสูงประมาณ 3.5 ฟุตต่อความสูง 1,000 ฟุต หรือ 6.4 ฟ. ต่อความสูง 1,000 เมตร ยิ่งสูงอุณหภูมียิ่งลดต่ำลงจนถึงจุดเยือกแข็ง บรรยากาศชั้นนี้แปรปรวนมีเมฆเต็มท้องฟ้า

ข. **บรรยากาศชั้นที่สอง (Stratosphere)** อยู่เหนือระดับบรรยากาศชั้นล่างนับจากผิวโลกขึ้นไปสูง 50 กิโลเมตร (30 ไมล์) เรียกว่า "สตราโตพอส" (Stratopause) ชั้นนี้อุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นถึง 0 ฟ. (32 ฟ.) บรรยากาศชั้นนี้เคลื่อนที่ในแนวอนท้องฟ้าแจ่มใสบินสบาย

ค. บรรยากาศชั้นที่สาม (Mesosphere) อยู่สูงจากผิวโลกขึ้นไปถึง 80 กิโลเมตร (50 ไมล์) เรียกว่า "เมโซพอส" (Mesopause) ชั้นนี้อุณหภูมิจะลดลงจนต่ำกว่า -60°ซ.



ชั้นของบรรยากาศบนพื้นผิวโลกสู่อวกาศ

2. บรรยากาศชั้นบน อยู่เหนือบรรยากาศชั้นล่างของเมโซสเฟียร์ขึ้นไป ในระดับความสูง 80-400 กิโลเมตร (50-250 ไมล์) อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยจนถึง 1,100-1,650°ซ. บรรยากาศเบาบางมาก ประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน ฮีเลียม และไฮโดรเจน บรรยากาศชั้นนี้อาจแผ่ขยายไปถึง 35,000 กิโลเมตร (22,000 ไมล์)

พลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์

พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์เป็นในรูปร่างสีที่มีขนาดคลื่นต่าง ๆ กัน การแผ่รังสีเป็นวิธีการหนึ่งในการเคลื่อนย้ายพลังงานจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง ช่วงคลื่นจากการแผ่รังสีมีตั้งแต่สั้นที่สุดจนถึงรังสีที่ยาวมาก ๆ รังสีจากดวงอาทิตย์แบ่งตามความยาวคลื่นออกได้เป็น 3 กลุ่ม

ประกอบด้วย

1. รังสีอุลตราไวโอเล็ต เป็นรังสีคลื่นที่สั้นมาก มีช่วงคลื่น 0.1-0.4 ไมครอน (9%)
2. แสง เป็นรังสีคลื่นสั้นที่มองเห็นด้วยตาเปล่า มีช่วงคลื่น 0.4-0.7 ไมครอน (41%)
3. รังสีอินฟราเรด เป็นรังสีคลื่นสั้นที่อยู่ในช่วงคลื่น 0.7-4.0 ไมครอน (50%)

รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศของโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพแตกต่างกันไปในแต่ละชั้นของบรรยากาศของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตมากที่สุด ได้แก่ แสงหรือช่วงคลื่น ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยเฉพาะคลื่นแสงสีน้ำเงินและสีแดง แสงจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตทั้งปวง ความเข้มข้นของแสง ระยะเวลาที่ได้รับแสง และคุณภาพของแสงต่างก็มีอิทธิพลต่อผลิตผลและการเจริญเติบโตของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการแสงผิดแปลกกันไป พืชที่เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงสว่างมาก ๆ (light demander) เรียกว่า "เฮลิโอไฟต์ส" (heliophytes) และพวกที่ทนร่มได้ดี (shade tolerance) คือ เจริญเติบโตได้โดยไม่ต้องอาศัยแสงมากนัก เรียกว่า "สกีโอไฟต์ส" (skiophytes)

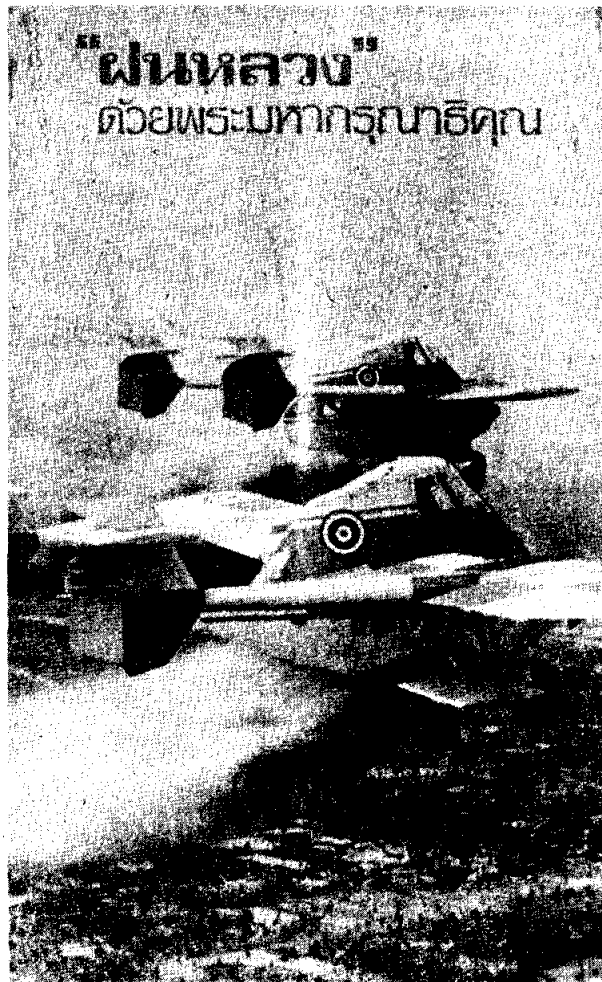
พลังงานความร้อนจากโลก

กฎการแผ่รังสีที่ว่า วัตถุใดก็ตามที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0° สมบูรณ์ (Absolute) จะสามารถแผ่รังสีออกไปจากวัตถุนั้น ๆ ได้ แผ่นดินและพื้นน้ำของโลกเป็นวัตถุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวคือสามารถแผ่รังสีได้เช่นกัน รังสีจากดวงอาทิตย์ที่โลกดูดซับเอาไว้ จะค่อย ๆ แผ่กลับออกไปสู่บรรยากาศในรูปของความร้อน พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปจากโลกจะสูญเสียโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวประมาณร้อยละ 14 ในรูปของความร้อนแฝงจากการระเหยน้ำถึงร้อยละ 23 โดยการนำ (conduction) และการพา (convection) ซึ่งอยู่ในรูปของความร้อน (sensible heat) อีกร้อยละ 10 รวมพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปจากโลกเท่ากับร้อยละ 47 ซึ่งสมดุลกับพลังงานที่โลกได้รับมา

อุณหภูมิต

เป็นตัววัดระดับความร้อนที่รู้สึกได้ (sensible heat) ไม่ว่าจะเป็ นอุณหภูมิตในรูปของน้ำ อากาศ หรือดิน สิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อความร้อนหรือความหนาวของสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัวเสมอ อุณหภูมิตเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืช นักนิเวศวิทยาจึงมักใช้อุณหภูมิตเป็นหลักในการแบ่งเขตของการกระจายของสังคมพืช การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตเป็นผลมาจากพลังงานที่ได้รับและที่ต้อ งสูญเสียไปในกระบวนการดูดซับและการแผ่รังสีในลักษณะต่าง ๆ กัน

ลม ลมเป็นอากาศที่เคลื่อนไหวไปมาในบรรยากาศของโลก มีความหนาแน่นน้อยมาก เบา และลอยตัวไปมา เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการช่วยพัฒนาเอากระแสอากาศ



ทั้งร้อนและเย็น ตลอดจนเมฆหมอกจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ทำให้ฝนตกกระจายไปตามทิศทางที่ลมพัดผ่าน นอกจากนั้นยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกระจายพันธุ์ของพืช โดยการพัดพาเมล็ดปลิวไปตามลมเป็นระยะทางไกล ๆ เช่น สปอร์ของพวกมอส และเห็ดรา เป็นต้น

ความชื้นและปริมาณน้ำฝน

น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญในโลกของสิ่งมีชีวิต แหล่งที่มาของน้ำจืดที่สำคัญ ได้แก่ ไอน้ำจากบรรยากาศที่ควบแน่นแล้วตกลงมาเป็นฝน น้ำฝนที่ตกลงมาจะไหลผ่านพื้นดินไปสู่ทะเล มหาสมุทร การระเหยของน้ำจืดจากพื้นดินและแหล่งน้ำจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เกิดการหมุนเวียน เช่นนี้เรื่อยไป

ความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเรียกว่า "ความชื้นในบรรยากาศ" (humidity) การจัดปริมาณไอน้ำ หรือความชื้นในอากาศนิยมวัดเป็นความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) หรือ (R. H.) หมายถึง สัดส่วนของปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในบรรยากาศ (A. H.) ต่อปริมาณความชื้นที่สามารถมีอยู่ได้สูงสุด (capacity หรือ C) ในบรรยากาศนั้น **อุณหภูมิที่กำหนดให้** ($R. H. = \frac{A. H.}{C} \times 100$) A.H. คือความชื้นสมบูรณ์ (absoute humidity)

สาเหตุสำคัญของความผันแปรของความชื้นสัมพัทธ์ ได้แก่ แหล่งน้ำที่จะถูกแดดเผาให้กลายเป็นไอ ทำให้ความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น ประการต่อมาคืออุณหภูมิของอากาศ ถ้าอุณหภูมิลดลง ถึงแม้ว่าจะไม่มีไอน้ำเพิ่มเข้าไปในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น

ปริมาณน้ำฝน น้ำที่ตกจากบรรยากาศลงสู่พื้นโลก ได้แก่ ลูกเห็บ หิมะ รวมเรียกว่า "หยาดน้ำฟ้า" (precipitation) ก่อนที่ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงสู่พื้นดิน อุณหภูมิของไอน้ำจะต้องลดต่ำลงไปกว่าจุดน้ำค้างเสียก่อน อุณหภูมิของมวลอากาศจะลดต่ำลงโดยการลอยตัวสูงขึ้นในบรรยากาศ กฎสำคัญในทางอุตุนิยมวิทยามีว่า "อุณหภูมิของมวลอากาศจะลดลงขณะลอยตัวสูงขึ้น แม้พลังงานความร้อนของมวลอากาศจะไม่สูญเสียไปก็ตาม" การลดลงของอุณหภูมิจนลอยตัวสูงขึ้นเนื่องจากความดันอากาศลดลง ทำให้มวลอากาศมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น โมเลกุล

ของก๊าซจะกระจายตัวและเคลื่อนไหวช้าลง อุณหภูมิของอากาศที่ขยายตัวจะลดลง กระบวนการนี้ เรียกว่า "adiabatic lapserate" (ทุก ๆ ความสูง 1,000 ฟุต อุณหภูมิจะลดลง 3.5°F. เป็นแบบปกติ)

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดฝน ได้แก่ ไอน้ำในบรรยากาศ (water vapour) ซึ่งพุ่งลงลงในบรรยากาศทำหน้าที่เป็นแกนกลางให้ไอน้ำเกาะรวมตัวเป็นเม็ดฝนที่เรียกว่า "condensation nuclei" ปัจจัยสุดท้ายได้แก่ กลวิธีต่าง ๆ ที่ทำให้อากาศเย็นตัวเกิดการควบแน่นจนกลายเป็นหยดน้ำตกลงสู่พื้นโลก ฝนที่ตกลงบนพื้นโลกแบ่งตามปัจจัยที่ทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้นได้ เป็น 3 ชนิด คือ

1. cyclonic precipitation (ฝนที่เกิดจากพายุหมุน)
2. Convection หรือ thunderstorm (ฝนที่เกิดจากการพาความร้อน)
3. Orographic precipitation (ฝนที่เกิดจากการปะทะภูเขาหรือที่สูง)

1.3 สรุป

บทบาท ความสำคัญและอิทธิพลของบรรยากาศที่มีต่อมนุษย์ จะเห็นได้ว่าบรรยากาศมีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งปวง ขณะเดียวกันปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีผลมาจากบรรยากาศก็เป็นอันตรายและกระทบกระเทือนต่อชีวิตความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตเช่นกัน เป็นต้นว่าความเลวร้ายของสภาพอากาศทางใต้ฝุ่น ฟ้าผ่า หิมะ ลูกเห็บ โดยส่วนรวมแล้วบรรยากาศก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตอยู่นั่นเอง ในอีกแง่หนึ่งจะเห็นว่ามนุษย์ก็มีอิทธิพลส่งผลกระทบต่อบรรยากาศอยู่ไม่น้อย กิจกรรมของมนุษย์นั้น โดยเฉพาะการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้เกิดผลกระทบต่อบรรยากาศอย่างมากมาย เช่น การขนส่งโดยใช้เครื่องบินซูเปอร์โซนิค (supersonic transport, SST.) จะมีผลกระทบต่อโอโซนในบรรยากาศ

ในยุคอุตสาหกรรมใหม่ทำให้เกิดการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละออง และสารมลพิษในบรรยากาศมากขึ้น การพัฒนาความเจริญของมนุษย์ทำให้เกิดมลพิษในอากาศที่เป็นอันตรายต่อชีวิตมากขึ้น รวมทั้งทำให้อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และสภาพลมฟ้าอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ ผลกระทบจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่มีต่อบรรยากาศ เป็นสิ่งสมควรได้รับความสนใจ

ติดตามพร้อมทั้งพยายามควบคุมแก้ไข เพื่อมนุษย์จะได้ใช้ประโยชน์จากบรรยากาศได้ตลอดไป

1.4 ศัพท์สำคัญ

1.4.1 **Troposphere** เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ใกล้ผิวโลกมากที่สุด อุณหภูมิของชั้นนี้จะลดลงตามระดับความสูง เป็นชั้นที่มีลักษณะความแปรปรวนมากที่สุด มีปริมาณไอน้ำและฝุ่นละอองมากกว่าบรรยากาศชั้นอื่น ๆ ปรากฏการณ์ด้านลมฟ้าอากาศทั้งหมดที่มีอิทธิพลต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์และชีวิตทั้งปวงในโลกเป็นผลมาจากบรรยากาศชั้นนี้ (อุณหภูมิจะลดลง 3.5° ฟ. ต่อความสูง 1,000 ฟุต)

1.4.2 **Stratosphere** เป็นชั้นบรรยากาศที่มีสภาพค่อนข้างจะอยู่ตัว มีความแปรปรวนน้อย ไอน้ำ เมฆ หมอกและฝุ่นละอองในบรรยากาศมีน้อยมาก เป็นชั้นที่อยู่ของโอโซนที่คอยสกัดกั้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์

1.4.3 **Mesosphere** เป็นชั้นบรรยากาศชั้นที่ 3 อุณหภูมิจะลดลงตามความสูง

1.4.4 **Thermosphere** เป็นชั้นบรรยากาศชั้นนอกสุดอุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

1.4.5 รังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นรังสีคลื่นสั้นมากมีความยาวคลื่นต่ำกว่าช่วงคลื่นสีม่วง อยู่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.4 ไมครอน 9% ของพลังงานทั้งหมดที่บรรยากาศของโลกได้รับจะตกอยู่ในช่วงคลื่นนี้

1.4.4 แสง เป็นรังสีคลื่นสั้นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าอยู่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.4 ถึง 0.7 ไมครอน 41% ของพลังงานทั้งหมดที่บรรยากาศของโลกได้รับจะตกอยู่ในช่วงคลื่นนี้ แสงออกเป็น แถบสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสดและแดง

1.4.7 รังสีอินฟราเรด เป็นรังสีคลื่นสั้นที่อยู่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.7 ถึง 4.0 ไมครอน 0% ของพลังงานทั้งหมดที่บรรยากาศของโลกได้รับจะตกอยู่ในช่วงคลื่นนี้ รังสีจากดวงอาทิตย์ทั้งหมดเป็นรังสีคลื่นสั้น

1.4.8 ความชื้นในบรรยากาศ (humidity) หมายถึงปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ บริเวณใกล้ทะเลมหาสมุทรจะมีความชื้นสูง

1.4.9 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เป็นการวัดปริมาณไอน้ำหรือความชื้นในอากาศ หมายถึง สัดส่วนของปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในบรรยากาศต่อปริมาณความชื้นที่สามารถมีอยู่ได้สูงสุด (capacity) ในบรรยากาศนั้น

1.4.10 cyclonic precipitation หมายถึง หยดน้ำที่ตกลงสู่พื้นโลก เนื่องมาจากการลอยตัวสูงขึ้นของมวลอากาศที่เย็นไปสู่บริเวณที่มีความกดดันต่ำเกิดปะทะกับมวลอากาศร้อน ทำให้มวลอากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากเย็นตัวแล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมาเป็นฝน ฝนชนิดนี้มักเกิดในบริเวณแถบอบอุ่น บางครั้งเรียกว่า "ฝนพายุหมุน" (cyclonic rain)

1.4.11 convection or thunderstorm precipitation เป็นการลอยตัวของมวลอากาศ การลอยตัวสูงขึ้นของมวลอากาศร้อนไปสู่ที่มีอากาศเย็นอยู่โดยรอบ ฝนแบบนี้จะพบในแถบร้อนที่มีความชื้นสูงและตกเป็นบริเวณแคบ ๆ แต่มักจะตกหนักและรุนแรง

1.4.12 orographic precipitation คือ การเกิดฝนชนิดหนึ่งที่เกิดจากมวลอากาศลอยตัวผ่านภูเขาซึ่งมีอากาศเย็น จึงกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน โดยเฉพาะบริเวณด้านรับลมฝนจะปะทะภูเขาและตกหนัก ส่วนบริเวณตรงข้ามกับทิศทางลมหรืออีกด้านหนึ่งของภูเขาฝนจะตกน้อยหรือพื้นที่อับฝน ที่เรียกว่า "rainshadow" ทำให้เกิดความแห้งแล้ง เช่น ทะเลทรายโกบี หลังเทือกเขาหิมาลัย

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อชีวิต ความเป็นอยู่ของมนุษย์ สัตว์ และพืช ได้แก่ข้อใด ?
 - 1) ที่ดิน
 - 2) อาหาร
 - 3) บรรยากาศ
 - 4) ทรัพยากรธรรมชาติ

2. การเปลี่ยนแปลงแบ่งชั้นของบรรยากาศจากพื้นโลกถึงอวกาศนั้น ถัดตามลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งใดเป็นหลัก ?
 - 1) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตั้งแต่พื้นโลกถึงอวกาศ
 - 2) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ
 - 3) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ
 - 4) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่แปรปรวน

3. พลังงานจากดวงอาทิตย์ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตมากที่สุดได้แก่ข้อใด ?
 - 1) แสง
 - 2) ช่่วงคลื่น
 - 3) รังสี
 - 4) แสงหรือช่่วงคลื่น

4. รังสีคลื่นยาวจากพื้นโลกและในบรรยากาศจะแผ่กลับออกไปอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาใด ?
 - 1) กลางวัน
 - 2) กลางคืน
 - 3) เช้าตรู่
 - 4) กลางวันและกลางคืน

5. หลักในการแบ่งเขตการกระจายของสังคมพืช นักนิเวศวิทยาใช้สิ่งใดเป็นหลักในการแบ่งเขต ?
 - 1) อุณหภูมิ
 - 2) การแผ่รังสี
 - 3) แสงแดดที่ส่องถึง
 - 4) ระดับความร้อนที่ได้รับ