

บทที่ 7

แสง และการดำรงชีพของสิ่งที่มีชีวิตในแหล่งน้ำ

(Light and the aquatic system)

การแผ่รังสีแสงส่องมาที่ผิวหน้าของทะเลสาบ ทำให้เกิดขบวนการสังเคราะห์แสง มันทำให้นักชลชีววิทยาเกิดความรู้ว่า ปริมาณของแสงที่ส่องมายังผิวหน้าของทะเลสาบเท่าไรในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ, มันส่องทะลุผ่านไปไกลเท่าไร และมีผลต่อการดำรงชีพของสิ่งที่มีชีวิตที่นำมาใช้อย่างไร มันมีอิทธิพลทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นหรือลดลง

Solar constant and nature of light

Solar constant หมายถึง จำนวนพลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์ ควรมี $2.0 \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$ พอเหมาะ มันเป็นพลังงานจำนวนมากมาย ถ้า phototrophic plants มีความสามารถนำไปใช้ 100 % จะมีผลผลิต 325 ตันของ vegetable material บนเนื้อที่ 1.0 ตารางกิโลเมตรของผิวโลกแต่ละช.ม. พลังงานส่วนมากไม่ถึงพวก phototrophic plants, พลังงานมาในรูปของรังสีถูกจำกัดโดยบรรยากาศของโลก, มันสูญเสียในรูป แสงอาทิตย์ ถูกกระจัดกระจาย, มีผลต่อการที่โมเลกุลของ CO_2 , O_3 และ H_2O นำมาใช้พลังงานส่วนมากจะสูญเสียกว่า 50%

แสงมาในรูปของ electromagnetic force ประกอบด้วยกระแสคลื่นจากดวงอาทิตย์ 186,000 miles/sec แสงนำพลังงานเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อความถี่หรือจำนวนกระแสคลื่นที่ถูกสร้างขึ้นต่อวินาที รังสีของแสงแต่ละรังสีมีความยาวคลื่น และความถี่ภายในตัวของมัน

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าถูกสร้างโดยช่วงคลื่นของแสงที่แผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ แต่มีเพียงเล็กน้อยที่แตกกระจายออกไป จำนวนคลื่นเกือบครึ่งประกอบด้วยแสงที่สามารถมองเห็นด้วย pyreliometer ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดรังสีแสง มันวัดไวต่อความยาวของคลื่นแสงที่มาถึง

Photosynthetic plants ได้นำเอาแรงแม่เหล็กไฟฟ้าบางแรง และเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี ดีกว่าที่จะปล่อยมันหนีในสภาพความร้อน หรือการเรืองแสง มันไม่จำเป็นจริง ๆ ในการเปลี่ยนบางที่เกือบ 99% สูญหาย, แต่ถ้าพลังงานแสงส่องมายังผิวโลกมันจะถูกนำมาใช้, glucose จำนวน 258×10^9 ตัน จะถูกสร้างทุก ๆ 12 ช.ม. ในเวลากลางวัน พลังงานก็เป็นความต้องการตลอดปีของสัตว์ทุกวันนี้

ความยาวของคลื่นแสงใช้หน่วยต่าง ๆ กัน แต่หน่วย Angstrom (A) ถูกใช้มาก, nanometer (nm.), micron (μ) คลื่นแสงน้ำเงินแกมเขียวมีพลังสูงสุด ประกอบด้วยคลื่นต่าง ๆ ที่มองเห็นได้ประมาณ 4,900 A, 490 nm., 0.49 μ ; สีรุ้งที่มองเห็น น้ำเงิน 460 nm., เขียว 520 nm., ม่วง 400 nm., เหลือง 580 nm., แสด 620 nm., แดง 700 nm., ตาคคนสามารถมองคลื่นแสง 380-780 nm. รังสีสั้นหรือยาวที่มองเห็นเป็นการแผ่รังสี ไม่ใช่มาจากแสงโดยตรง

ความยาวและความถี่ของคลื่นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ขนาดจำนวนของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้ามีความเกี่ยวข้องกับความถี่ คลื่นสั้นมีจำนวนมากกว่าคลื่นยาว, เพราะว่ามันมีความถี่สูงกว่า แสงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 299,790 km. แสงสีแดงตาคคนเกือบมองเห็น เพราะฉะนั้นจำนวนคลื่นมากเป็นความต้องการมาก จำนวนพลังงานมากกว่ามักมีคลื่นสั้น

Light at the earth surface

การแผ่รังสีของแสงมี 2 วิธีคือ direct และ diffuse direct หมายถึงจากดวงอาทิตย์, diffuse หมายถึงมาจากก้อนเมฆ, ท้องฟ้า

เครื่องมือ pyrhelimeter มีหน้ากว้างสามารถวัดคลื่นแสงถึง 5,000 nm. ที่ผ่านลงในน้ำ และมีความไวต่อความยาวของคลื่นแสง รังสีจากท้องฟ้าและดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 290-3,000 nm. แสงที่ถูกใช้เป็นกำลังการตอบสนองทางเคมีสท้อนกลับไป พวก blue green, eukaryotic plants มี chlorophyll สามารถดูดซึมคลื่นสีแดง, สีม่วง, สท่อนสีเขียว, เหลืองปานกลาง นี่คือสาเหตุว่า ทำไมพืชปรากฏสีเขียวต่อดวงตา, ประสิทธิภาพการสังเคราะห์สูงมากในแสงสีม่วงน้ำเงิน และสีแสดแดง

ในสิ่งที่มีชีวิตเกิดขบวนการ metabolism จาก ecosystem พบว่าการถ่ายเทความร้อนเป็น calories จากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง จัดอยู่ในหน่วยเฉพาะพื้นที่ผิวหน้า พลังงานการแผ่รังสีปรกติใช้หน่วยอื่น คือ ly (langley) 1 ly = 1 cal/m² ในการที่รังสีแสงปรากฏชัดเจนควรใช้ ly/minute, ly/day, ly/year หรือหน่วยอื่น ๆ แต่ Westlake (1965) ใช้หน่วย m-kg-sec system คือ ly/minute ในหน่วย c g s (cm-gm-sec)

Light at the lake surface

ส่วนหนึ่งของพลังงานมาถึงผิวน้ำทะเลสาบไม่ได้ผ่านทลเข้าสู่ น้ำ แต่มันสะท้อนกลับ มันขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ, ดวงอาทิตย์, เวลา, ฤดู และเส้นรุ้ง แสงถ้าตกตั้งได้ฉากกับผิวน้ำ จะไม่สะท้อนกลับ (ดวงอาทิตย์อยู่ที่ Zenith)

เมื่อแสงส่องมากกระทำผิวน้ำ แล้วผ่านทลเข้าไปมันจะหักเป็นมุม จำนวนแสงเข้าไปมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1. มุมที่ตกกระทบ เช่น 60° แสงผ่านทล 6%
70° แสงผ่านทล 13.4%
80° แสงผ่านทล 34.8%
2. ตำแหน่งดวงอาทิตย์ เมื่อลอยขึ้นสูงหรือต่ำก็จะมีผลต่อจำนวนแสง
3. สิ่งที่มาขวางกั้นทางเดินของแสง เช่น เมฆ, ภูเขา, ต้นไม้
4. ฤดูกาล (ฤดูหนาว, ฤดูใบไม้ผลิ, ฤดูร้อน, ฤดูใบไม้ร่วง)
5. elevation ของดวงอาทิตย์ว่าเป็นแนวราบ หรือเอียง

แสงที่ผ่านทลเข้ามาบางส่วนกระจาย, บางส่วนถูกดูดซึม, และเปลี่ยนรูปมันเป็นพลังงาน ความร้อน

การคำนวณการสะท้อนของแสง มีสาเหตุซับซ้อนหลายประการ เช่น ลมพัดผ่านผิวน้ำของทะเลสาบ กระแสลมพัดโชยเบา ๆ แสงจะทลผ่านมากกว่ากระแสลมพัดแรง

ใน Phoenix, Arizona ค่าเฉลี่ยในการสะท้อนแสงกลับ 5% ในฤดูร้อน, 12% ในฤดูหนาว

การแตกต่างของฤดูกาล ทำให้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ 45 latitude ที่เมือง Ames รัฐ Iowa ใน U.S.A. ทำให้อุณหภูมิของทะเลสาบในรอบเดือนเป็นดังนี้

มกราคม	52 Cal/cm
มีนาคม	367 Cal/cm
พฤษภาคม	625 Cal/cm
กันยายน	415 Cal/cm
ธันวาคม	130Cal/cm

Light below the water surface

น้ำเป็นของเหลวโปร่งใส แสงสามารถทะลุผ่านเข้าไป Lambert (1760) ได้ตั้ง Bouguer's law อธิบายถึงบางสิ่งๆ ที่เกี่ยวกับการทะลุผ่านของแสงต่อตัวกลางที่ซึมผ่าน มีความหนาขนาดต่าง ๆ กัน

Beer's law อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการซึมผ่าน และความเข้มของตัวกลางขนาดเดียวกันตลอดที่แสงผ่านตลอด

แสงประกอบด้วยความยาวคลื่นแสงจำนวนมากที่ตกกระทบทำมุมมากมายกับผิวหน้าทะเลสาบ มันมีผลต่อการซึมผ่านของ materials ซึ่งจะเปลี่ยนความเข้มของแสงให้น้อยลง

ทั้ง ๆ ที่กฎ Bouguer's law และ Beer's law ไม่ค่อยสมบูรณ์นัก แต่ก็มีกรรวมกฎทั้งสองเข้าด้วยกันเรียกว่า Beer-Bouguer law ซึ่งนำมาใช้ทาง limnology และ Oceanography ประสิทธิภาพการส่องผ่านทูลในแนวตั้งของแสงผ่านผิวน้ำ มีเครื่องมือบางชนิดที่มีความไวต่อแสงอยู่บนแนวราบ วัดแสงที่มาจากข้างบน ความยาวของคลื่นแสงที่ส่องทะลุผ่านไม่เท่ากัน เนื่องจากมุมตกกระทบ, เมฆบนท้องฟ้า, materials ภายในน้ำ

$$\text{Vertical absorbtion coefficient (K)} = \frac{I_n I_0 - I_n I_z}{Z}$$

I_z = ความเข้มของแสงผ่านทูลเข้าน้ำลึกระดับ Z เมตร

Z = ความหนาของน้ำที่แสงผ่านทูลเข้าไปเป็นเมตร

I_0 = ความเข้มของแสงที่ความลึกเท่ากับศูนย์

I_n = ความเข้มของแสงผ่านทูลเข้าน้ำลึกระดับ n เมตร

Coefficient of absorbtion มากกว่า 2-3 เท่าของ coefficient of extinction

$$\begin{aligned} \text{Antenuation coefficient (OD)} &= \log \frac{I_0}{I_z} \\ \text{(Diminution coefficient)} & \end{aligned}$$

ผลรวมของ coefficient ทั้งสามคือ Total coefficient of absorbtion ดังนั้นความเข้มของแสง ที่ความลึก Z (I_z) คือ

$$I_z = I_{0e}^{-k_w} \times e^{-k_p} \times e^{-k_c}$$

k_w สามารถหาได้จากการทดลองจากรายละเอียดที่มีก่อน

k_p = สารที่แขวนลอย

k_c = สารที่ถูกละลาย

Transmittance (T) คือเปอร์เซ็นต์ที่แสงส่องผ่านทะลุเข้าไป 1.0 เมตร ถ้า $T = 100^{-k}$, k คือ vertical absorbtion coefficient, wave length = λ เมื่อ λ คือแสงสีแดง 680 nm., $T = 100^{-\lambda k}$ 680, ในน้ำกลั่น $k \lambda 680 = 0.455$, จาก $T \lambda 680 = 100 e^{-k} = 63.47$

ภายหลังจากการสำรวจ Saguaro Lake, Arizona พบว่าแสงที่มีความยาวคลื่นผสมมากมาย ในระดับความลึก 10 เมตร มีแสงบนผิว 1.3% สีรุ้งก็เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับความลึก ประมาณ 65% ของแสงสีแดงถูกส่งทะลุผ่านลึก 2 เมตร คลื่นแสง infrared ถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนเมื่อทะลุผ่านเข้าไปลึก 1.0 เมตร แล้วค่อย ๆ สูงขึ้น จากผลนี้ในฤดูร้อนอุณหภูมิชั้นล่างจะร้อนกว่า ผิวน้ำ

ทะเลสาบตามธรรมชาติ, น้ำทะเล, จะประกอบด้วยคลื่นแสงมากกว่าในน้ำบริสุทธิ์ ไม่เพียงแต่การผ่านทะลุของแสงลดลง, สีรุ้งจะเห็นแตกต่างกัน พวก material ที่ละลายและตกตะกอนมี การเกี่ยวข้องต่อแสงจะแตกต่างกันไปในแต่ละทะเลสาบ (Figs. 7-1, 7-2 และ 7-3)

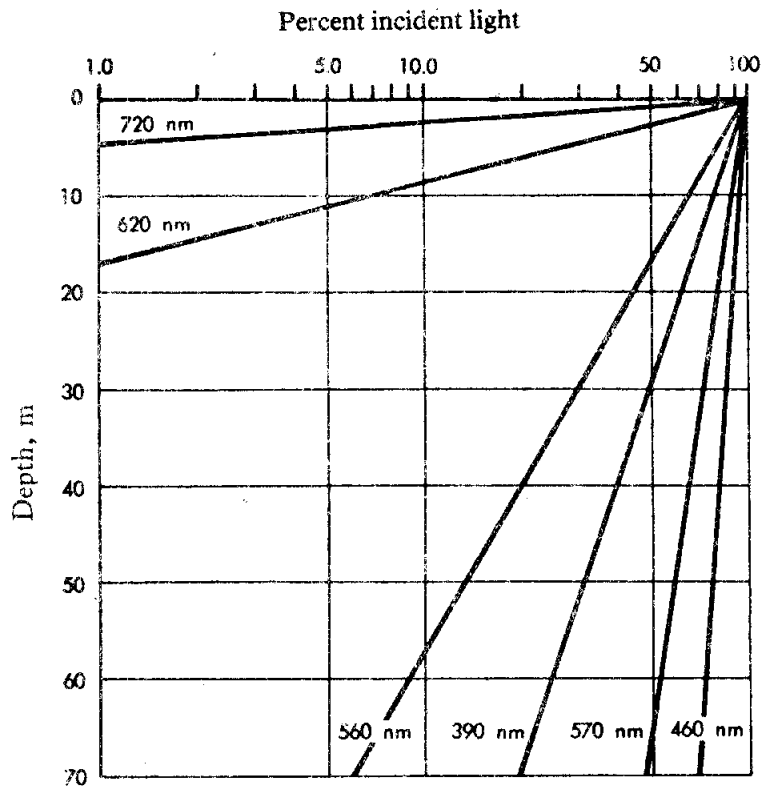


Fig. 7-1. The vertical paths of selected wavelengths through distilled water, showing differential penetration. (Modified from Clarke 1939.)

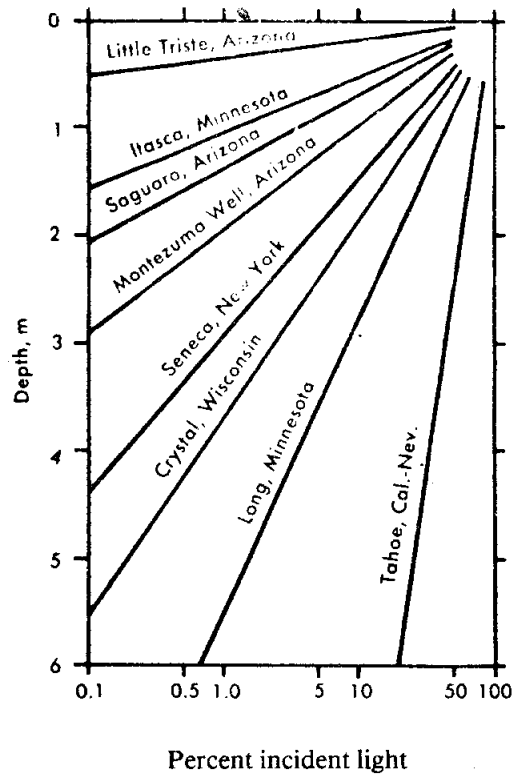


Fig. 7-2. Vertical penetration of light in various bodies of water, showing percentage of incident light remaining at different depths.

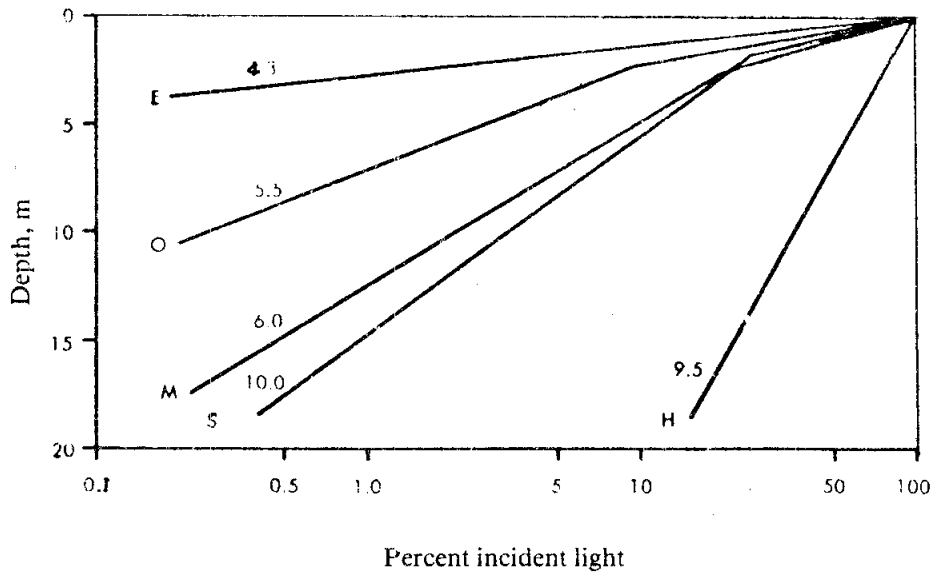


Fig. 7-3. Vertical penetration of blue light (400 to 490 nm) in the Laurentian Great Lakes: *E* Lake Erie; *O*, Lake Ontario; *M*, Lake Michigan; *S*, Lake Superior; and *H*, Lake Huron. Figures on lines refer to typical Secchi disc transparencies in meters. Orange light penetrates farthest in *E* and *O*; green light in *M* and *S*; and blue light penetrates deepest in *H*. (Modified from Beeton 1962.)

Vertical visibility, The Secchi disc and The eutrophic zone

Italian oceanographer ได้สร้างเครื่องมือทดลองเป็นลักษณะแผ่นสีขาว (white disc) ต่อมาผู้สังเกตการณ์ ชื่อว่า Secchi นำเครื่องมือมาใช้ เครื่องมือนี้ต่อมาจึงได้ชื่อว่า Secchi disc. ขนาดของเครื่องมือเป็นแผ่นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-25 ซม. ด้านบนแผ่นวงกลมแบ่งเป็นสี่ส่วน ทาสีดำสลับขาวตรงกันข้ามกัน ด้านล่างทาสีขาว ตรงกลางมีตะขอ แล้วเอาเชือกผูกที่ตะขอเพื่อที่จะนำแผ่นป้ายนี้ไปวัดความขุ่นใสของน้ำ ควรทำระหว่างเวลา 10.00 AM-2.00 PM โดยการจดความลึกเมื่อมองแผ่นป้ายที่หย่อนลงไปใต้น้ำไม่เห็นค่อยตั้งเชือกยกแผ่นป้ายนี้ขึ้นมา แล้วจดความลึกเมื่อมองเห็นแผ่นป้าย ค่าเฉลี่ยของความลึกทั้งสองที่อ่านได้เป็นค่าจำกัดของการมองเห็น (Limit of Visibility)

ข้อควรระวังในการใช้ เวลาวัดอย่าเอาเงาของตัวเองไปบังแสงที่ส่องลงมาที่ secchi disc จะทำให้ค่าผิดไป, อย่างนำไปวัดในบริเวณที่มีคลื่นซัดแรง ๆ จะได้ค่าไม่แน่นอน

Secchi disc transparency (Zsd) วัดในระดับที่ลึกเป็นเมตร แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางดูว่าความใสของทะเลสาบเปลี่ยนไปอย่างไร

ความเข้มข้นที่สุดของที่อยู่ผิวด้านล่างของแสง จะทำให้เกิดขบวนการสังเคราะห์แสง ประมาณ 1% ของบริเวณผิวด้านบนของแสง ดังนั้นบริเวณจากผิวทะเลสาปลึกลงไป 99 % ไม่มีแสงบนผิวน้ำปรากฏ เรียกว่า euphotic zone (photic zone) ต่ำลงไป primary productivity จะไม่มี eutrophic zone สามารถตรวจสอบในเวลา 10 AM และ 2 PM โดยแสงส่องทะลุผ่านอยู่ในรูปของ Spectrum

เครื่องมือวัดปริมาณของแสง

Photo electric cell วัดรังสีของแสงในน้ำสามารถใช้ในที่ลึกกว่า Thermophile (วัด total radiation ของความยาวคลื่นทั้งหมด) แต่มันมีจุดอ่อนที่วัดแถบสีของแสงที่หักผ่านเข้าในน้ำ (Spectrum) ไม่หมด ช่วงที่มันว่องไวต่อแสงคล้ายกับตาคนที่มองเห็น มันเหมาะสมที่วัดส่วนประกอบแถบสีของแสงที่ผ่านเข้าในน้ำ เช่น infrared, ultra violet ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

Photocell ผูกติดกับสายเคเบิลไปต่อเข้ากับ Galvanometer อยู่บนเรือ รังสีของแสงที่ซึมอยู่ในน้ำจะผ่านเครื่องมือนี้ แล้วส่งต่อไปยัง Galvanometer ที่จะบอกว่ามีกระแสความร้อนในระดับความลึกต่าง ๆ Photo electric cell นี้ประกอบด้วย Ph คือ Photo cell, GL คือแผ่นกระจกปิด, Fi คือ colour filter กรองแสงที่ผ่าน (Fig. 7-4)

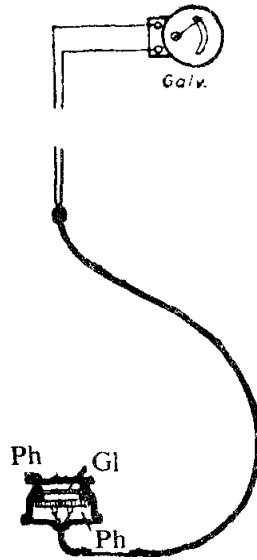


Fig. 7-4. Apparatus for measuring radiation under water. *Ph*, photocell; *Gl*, glass cover; *Fi*, colour filter. From Eckel (1935), diagrammatic.

Photometer นี้ ผิวหน้าทำด้วยโลหะที่มีความไวต่อ electron เช่น Sr, Ca, Li, Na, K, เครื่องมือนี้วัดพลังงาน 20-200 โวลต์ ที่ผ่านเข้ามาใน cell มีความไวดีกว่า pyrhelometer

Birge และ Juday ทดลองว่า 47% ของ total radiation ทลุผ่านน้ำบริสุทธิ์ลึก 1 เมตร, 40% ของ total radiation ทลุผ่านน้ำในทะเลสาปลึก 1 เมตร

Percent transmission Wavelength, nm

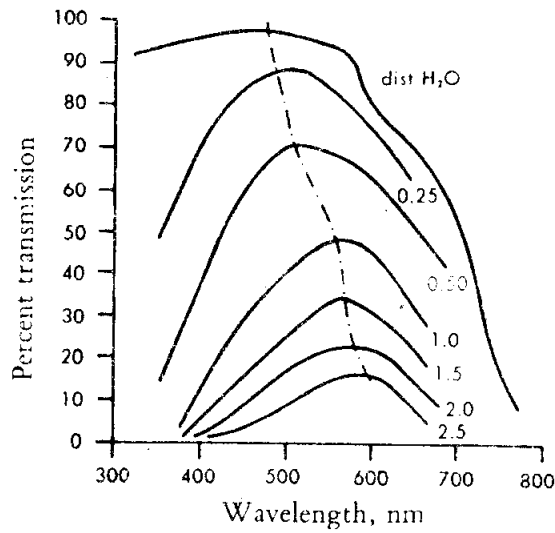


Fig. 7-5. Transmission curves as functions of absorption coefficients (indicated by figures on each curve) Dotted line shows wavelength with greatest transmittance, illustrating a shift toward increased transmittance of long waves as absorption coefficient increases. (Modified from Vollenweider 1961.)

Effect of ice and snow cover (ผลของน้ำแข็ง และหิมะปกคลุมผิวทะเลสาบ)

น้ำแข็งที่ปกคลุมผิวทะเลสาบ ทำให้ทะเลสาบหยุดการหมุนเวียนของกระแสน้ำ และแยกทะเลสาบออกจากบรรยากาศที่ไม่เกี่ยวข้องกัน น้ำแข็งไม่สามารถที่จะหยุดแสงผ่านทะลุเข้าไป น้ำแข็งใส ยอมให้แสงผ่านดีกว่าน้ำที่อยู่ด้านล่าง, electrolytic materials ลดลงในชั้นน้ำแข็ง

เมื่อหิมะตก, ความเข้มของแสงส่องทะลุผ่านในแนวตั้งน้อยกว่าหิมะเก่า และหนาแน่นกว่า หิมะใหม่จะลดการแผ่รังสีแสงส่องทะลุผ่านเข้าไป 6.7% ก่อนถึงน้ำ หิมะเก่าจะลดรังสีแสงส่องทะลุผ่านเข้าไป 1.0 %

Opaque layer and the horizontal transmission of light แสงส่องผ่านในแนวตั้งสามารถที่จะนำมาพล็อตบน semilog paper (Fig. 7-1 ถึง 7-3) มันสามารถอธิบายว่า 50% ของ total illumination จะหายไปในความลึก 100 ซม. ได้ลงไปมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในการซึมผ่านของแสงทะลุเข้าไปแต่ละเมตร

ในบางสถานการณ์ Vertical light สามารถวัดได้, ชั้นที่หนาของอนุภาคเล็ก ๆ ที่อยู่ใต้ผิวของทะเลสาบและจุดแสงมีผลมากกว่าชั้นอื่น (Fig. 7-6)

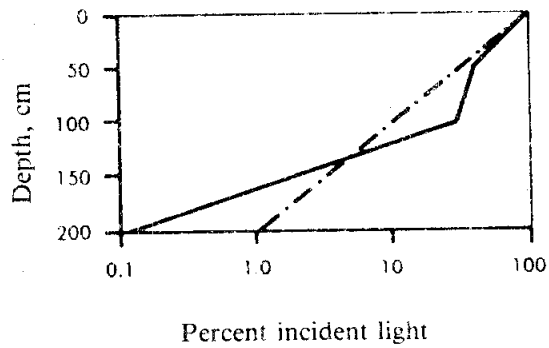


Fig. 7-6. Vertical transmittance of incident light on two occasions in Red Pond, Arizona. Solid line represents June 1964, when a stratum of purple sulfur bacteria was met about 100 cm below the surface. Dotted line represents light penetration in August 1964, when the bacterial concentration was absent.

เครื่องมือ **transmissiometer** สามารถวัดชั้นของแสงที่ส่องทะลุผ่านในแนวตั้ง เครื่องมือนี้บางทีก็หาส่วนที่อยู่ข้างใต้ของสภาพสิ่งแวดล้อมว่าไม่ได้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน, บางครั้งชั้นที่ยอมให้แสงผ่านอยู่ระหว่างชั้นของผิวน้ำที่ใส ใต้ผิวของ OD (optimum density) จะมี phytoplankton จำนวนมาก เช่น Bluegreen, sulfur bacteria, eukaryotic algae

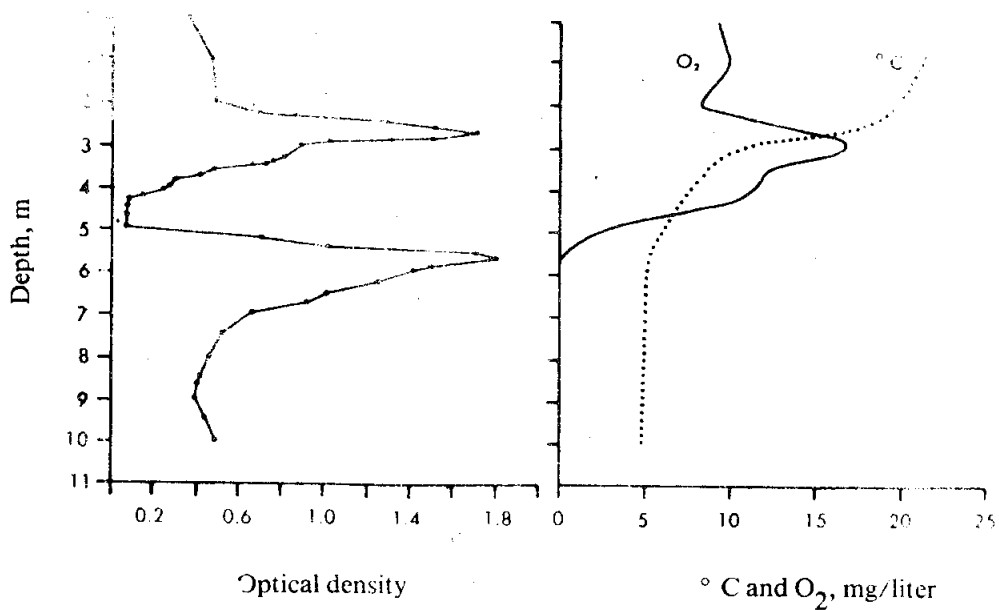


Fig. 7-7. Data from Arco Lake, Minnesota, 27 June 1970: optical density from use of transmissometer at left; temperature and oxygen profiles at right. The peaks in OD were due to a concentration of *Oscillatoria* at the upper level and a dense assemblage of sulfur bacteria below.

Color สี

การมองเห็นสีของผิวน้ำทะเลสาบ เกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน

1. พวก materials ที่อยู่ในน้ำ
2. พวก particulate matter, รวมทั้งสิ่งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิต
3. ผลสะท้อน (reflection) ของสิ่งแวดล้อม เช่น จากท้องฟ้า, ต้นไม้ที่อยู่รอบ ๆ

ถ้าแหล่งน้ำมีผลผลิตต่ำ น้ำจะมีสีน้ำเงินเข้ม, ถ้าน้ำมีสีน้ำเงินอ่อนกว่าจะมี Organism อิสระที่ลอยตัวได้ ถ้าน้ำมี plankton สูง น้ำปรกตสีเหลืองเขียวหรือเหลือง ดังนั้นสีของน้ำจึงเป็น มาตรการผลผลิตของทะเลสาบ

น้ำในบ่อสีแดง เนื่องจากผลของ inorganic particles ตกตะกอนของสิ่งที่มีชีวิต บ่อเล็กตั้ง ใน Arizona เช่น red pond เนื่องจาก purple sulfur bacteria อยู่ใต้ผิวน้ำไม่ห่างนัก (Fig. 7-6)

และมีพวก brine shrimp *Artemia* sp. มาก มีเปลือกสีแดงมาก *Oscillatoria rubescens* พวก blue green algae ใน eutrophication ทำให้บางครั้งสีของทะเลสาบเป็นสีแดงเรื่อ บ่อเล็ก ๆ ที่เรียก - Blood lake นั้นเนื่องจากมีพวก *Euglena sanguinea*, *Diatom Ceratium* sp. ทำให้น้ำมีสีเหลืองคล้ำ ถ้าพวก blue green algae มีมากทีเดียว สีของผิวน้ำจะมีสีเขียว

ถ้าเราทำการกรองพวกนี้ให้หมดจะได้สีผิวของน้ำที่แท้จริง มันจะเป็นสีน้ำเงินจางถึงน้ำตาลเข้ม น้ำสีน้ำเงินมีพวก humus material และ seston น้อย

น้ำที่มีพวก organic materials เช่น humic substance, oligotrophic lake จะมีสีเขียว, eutrophic lake จะมีสีเหลือง, bog lake จะมีสีน้ำตาล เพราะมีการผสมของ materials มากที่สุด

เม็ดสีของพืชและแบคทีเรียช่วยในการดูดแสง (Absorbtion of light by plant and bacterial pigments)

Chlorophyll a เป็น pigment หลักใน blue green และ eukaryote plant ในขบวนการสังเคราะห์แสงใน cell ที่มีชีวิตสามารถจะดูดซึมแสงถึง 2 จุด, จุดแรกระหว่าง 670-680 nm และจุดสองประมาณ 435 nm. รังสีคลื่นยาวมีมากในน้ำตื้นระดับน้ำตื้น, และคลื่นสั้นจะทะลุผ่านเข้าไปยังที่ลึก ทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงหลายระดับขึ้นของพืชที่มี pigment หลัก

โมเลกุลของ pigment หลักจะดูดซึมพลังงานจากคลื่นแสง พลังงานจะถูกนำมาใช้โดย chlorophyll a บางส่วนก็เรืองแสง แล้วส่งผ่านไป pigment ที่ดูดซึมรังสีคลื่นสั้น ผ่านพลังงานบางส่วนไปยังคลื่นยาวที่ถูกดูดซึม เช่น Yellow carotenoid ดูดซึมแสงน้ำเงินและผ่านไปยัง reddish phycoerythrin ที่ดูดซึมคลื่นยาวของ green light

Chlorophyll a พบในพืชที่มีขบวนการสังเคราะห์แสง ยกเว้นพวก bacteria นอกจากนี้ยังมี chlorophylls b, c และ d นำพลังงานจากคลื่นแสง 400 nm-700 nm มาใช้ใน primary production ของพืชชั้นสูง

ใน green bacteria มี chlorobium, chlorophyll ช่วยดูดซึมแสง 755 nm, bacterio chlorophyll a พบใน purple และ green bacteria จำนวนมากดูดซึมแถบรังสีสีแดง 800, 850 และ 890 nm, สีรุ้งต่ำกว่า 400-900 nm.

ในที่ลึกมาก มีแสงผ่านทลุน้อย, blue green algae เป็นตัวทำให้เกิดสีแดงเรื่อ ๆ, Phycoerythrins เป็น chlorophyll ใน red algae ที่อยู่ในทะเล มันได้ปรับตัวของมันที่จะดูดซึม blue green light.

Light penetration and aquatic plant zonation

ความเกี่ยวพันระหว่าง secchi disc transparencies, euphotic zone, และความลึกที่มีต่อพวกพืชน้ำทั้งที่มีขนาดเล็ก และใหญ่ ในที่ที่รวมพวกพืชน้ำมักพยายามจะอยู่ห่างเนื่องจากไม่มีแสงที่จะนำมาใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง Nutrients ที่ใส่เพิ่มลงในแหล่งน้ำทำให้ phytoplankton เพิ่มมากขึ้น จะทำให้เป็นตัวขวางกั้นทางเดินของแสง เมื่อมี phytoplankton มากในทะเลสาบ จะเป็นสาเหตุให้เกิดน้ำเสีย Severson lake, Minnesota ในฤดูร้อน secchi disc ที่เห็นได้ในความลึกระหว่าง 0.5-1.0 เมตร, มีพวก submerged macrophytes พบอยู่ในที่ลึก 1.0 เมตร ในปี ค.ศ. 1965 ฤดูหนาวทะเลสาบที่มีน้ำแข็งปกคลุมเป็นพืช, พบ Daphnia pulex พบ cladocerans ในเดือนมิถุนายน secchi disc สามารถเห็นในความลึก 4.5 เมตร ในเดือนกรกฎาคม พบพวก rooted plants มีมากขึ้นในระดับลึก 3 เมตร, พวกมันเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแสง

Table 7-1. Relation between Secchi disc transparency and depths to which aquatic macrophytes grow in selected lakes

Lake	Secchi disc (m)	Deepest plant growth (m)
Crystal Lake, Minnesota	0.32-0.55	1.75
Sweeney Lake, Wisconsin	0.6-1.0	2.25
Lake Itasca, Minnesota	1.8	3.5
Montezuma Well, Arizona	3.1	7.5
Walden Pond, Massachusetts	6.0+	16
Long Lake, Minnesota	8	11
Weber Lake, Wisconsin	8	13.5
Lake Ontario, USA-Canada (1912-1914)	12 (est.)	46
Crystal Lake, Wisconsin	14	20
Waldo Lake, Oregon	28	127
Crater Lake, Oregon	38	120
Lake Tahoe, California-Nevada	33-41	136

Table 7-1 แสดงตารางต่าง ๆ ของ secchi disc transparency (Z_{sd}) และส่วนลึกที่สุดที่ถูกควบคุมโดยพวก macroscopic hydrophytes

Light and aquatic plants

แสงมีความสำคัญต่อสัตว์น้ำ, พืชน้ำ สิ่งที่มีชีวิตสามารถตอบสนองต่อแสงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของมัน เช่น ตัวอ่อนของ Chaoborus sp. ผังตัวที่ sediment ได้ euphotic zone, มันจะขึ้นมาระหว่างพระอาทิตย์ตกกับแสงสลับ ๆ

Smith และ Baylor (1953) รายงานผลของแสงที่มีต่อ Cladocera ขณะที่แสงสว่าง มันจะเคลื่อนไหวสู่ด้านล่าง ถ้าแสงน้อยมันจะเคลื่อนไหวสู่ด้านบน มันตอบสนองต่อความยาวของคลื่นแสง สีน้ำเงิน, เหลือง และแดง เช่น แสงสีน้ำเงิน มันจะจมลง จนพระอาทิตย์สลับมันก็จะเคลื่อนขึ้นมาอีก

Mc Naught (1971) พบว่า cladocerans ส่วนมากมี pigments ที่ดูดซึมแสง 430, 630 และ 670 nm

ระยะเวลาของแสง เป็นส่วนหนึ่งของวงจรชีวิตของสิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

การกระจายของแสง เมื่อแสงส่องทะลุผ่านเข้าสู่ผิวน้ำ ความเข้มและขนาดของแสงจะเปลี่ยน ส่วนที่ผ่านเข้าไปจะเปลี่ยนแปลงเป็นความร้อน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการดำรงชีพของสิ่งที่มีชีวิต

การตกกระทบของแสง มี 3 แบบด้วยกัน

1. **Vertical illumination** คือ แสงตกในแนวตั้งบนพื้นระนาบ
2. **Maximum illumination** คือ แสงจำนวนมากมาตกกระทบเป็นมุมกับระนาบ
3. **Total illumination** คือ แสงที่มาตกกระทบรวมกันเป็นจุดแล้วค่อยกระจายออกเป็นรอบ

นอก

Effect rate of photosynthesis

ขบวนการ photosynthesis มีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและแสงสว่าง มันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อแสงเพิ่มขึ้น

ถ้ามีความเข้มของแสงมากจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ ecosystem ควบคุมความเข้มของแสงลง

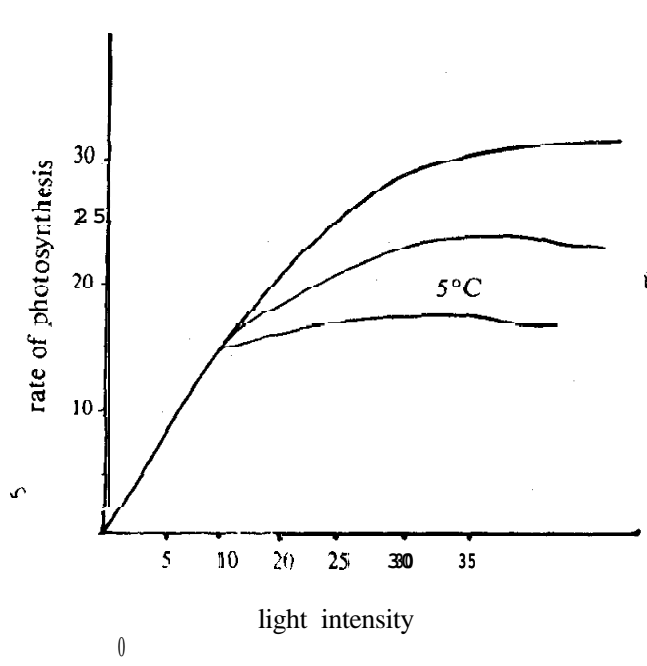
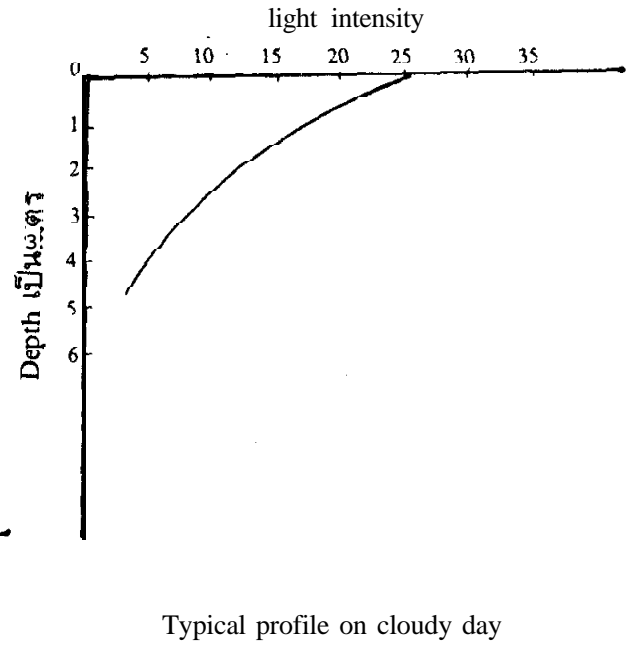


Fig. 7-8. ผลของขบวนการสังเคราะห์แสงขึ้นอยู่
กับอุณหภูมิ



Typical profile on cloudy day
Fig. 7-9. จำนวนแสงในท้องฟ้ามีดครึ้ม

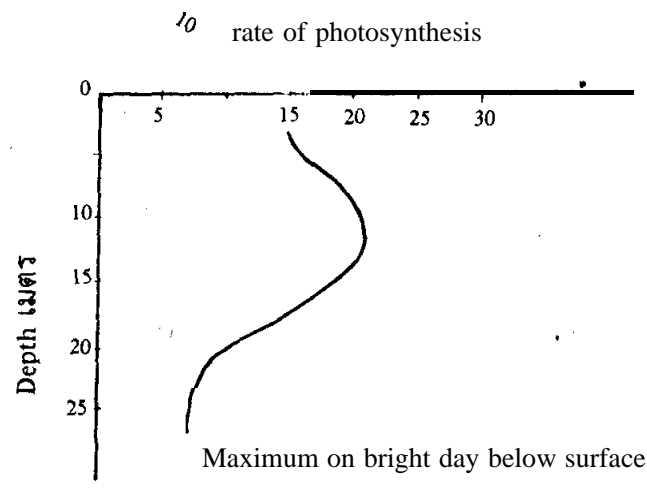


Fig. 7-10. ผลของขบวนการสังเคราะห์แสง
ในระดับความลึกต่าง ๆ

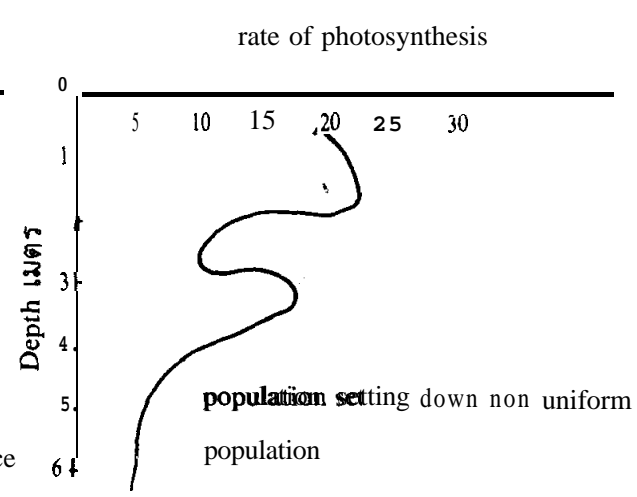


Fig 7-11. ผลของสิ่งที่มีชีวิตลดลงอย่างไม่เป็น
ระเบียบ