บทที่ 3

สิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำและสภาพความเป็นอยู่ของสิ่งที่มีชีวิต (The Freshwater biota and aquatic habitats)

สิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืด บางชนิดต้องปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม สัตว์น้ำ, พืชน้ำต้องมีความเป็นอยู่ในแหล่งน้ำที่เหมาะสม เช่น บางชนิดอยู่ในน้ำจืด, น้ำกร่อย หรือน้ำเค็ม

แฟกเตอร์ทางฟิสิคส์ (Physical factor)

กระแสน้ำในแหล่งน้ำต้องมีระดับน้ำคงที่ตลอดปี คือ ไม่มากเกินไป หรือน้อยเกินไป น้ำทะเล และน้ำจืดแตกต่างกัน ทั้งทางด้านความเค็ม, อุณหภูมิ, น้ำขึ้น, น้ำลง เกิดจากการเคลื่อนไหวของดวงดาว ซึ่งมีผลต่อสภาพความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลปรกติไม่ควรน้อยกว่า 15° C ส่วนในน้ำจืดไม่ควรน้อยกว่า 25° C

แฟกเตอร์ทางเคมี (Chemical factor)

p^H ของน้ำที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ, พืชน้ำ, ควรอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ในน้ำจืด ส่วนพวก alkaline lake บางที่ p^H สูงถึง 10-11 หรือน้ำที่เป็นกรด บางที่ p^H ต่ำกว่า 3 จะทำให้พวกสัตว์น้ำ และพืชน้ำตายได้

สิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม, สภาพความเค็มไม่ควรเปลี่ยนแปลงเกิน 3.5% ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย NaCl สิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดมักมี $CaCO_3$ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากการทำปฏิกิริยาของ Ca กับ CO_2 กับ H_2O ถ้าในน้ำกร่อยจะมีอัตราส่วนของ ions ที่สำคัญจะแตกต่างกันไป

การปรับตัวต่อน้ำจืด (Adaptation to Freshwater)

สิ่งที่มีชีวิตมีการดัดแปลงตัวเองในขณะที่ย้ายถิ่นจากทะเลไปยังน้ำจืด, เป็นการดัดแปลงอย่างปรกติตามธรรมชาติ ซึ่งประสพปัญหาที่พยายามรักษาเกลือภายในร่างกาย เพราะจะถูกกระแสน้ำจืดทำให้เจือจาง พวกพืช, สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มจะรอดชีวิตน้อยที่มาอยู่ในน้ำจืด พวกพืช, สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม เช่น ฟองน้ำจืด, bryozoans พวกสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีการอพยพขึ้นมาอาศัยบนบกต้องสร้างเครื่องมือช่วยในการหายใจ

สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดมักจะขาดระยะตัวอ่อน (larval stage) ซึ่งแตกต่างจากที่มันมีการกำเหนิดจากทะเล, เพราะว่าในช่วงชีวิตของมันอ่อนแอกว่าในสภาพของ lotic environment, หรืออาหารธรรมชาติในแหล่งน้ำมีน้อย จากนั้นก็มาถึงระยะการเคลื่อนไหวจนถึงเติบโตเต็มที่, มันจะปรับตัวเองอย่างมากในหลาย ๆ species ด้วยกัน เช่นในระยะ nauplius ของ copepod, branchiopod, crustaceans

The Monera-Prokaryota

Bacteria และ Blue green algae มีโครงร่างไม่คล้ายกับพวก organism อื่น มันประกอบด้วย cell อย่างง่าย ๆ ไม่มีเยื่อหุ้ม nucleus, endoplasmic reticulum, chloroplasts และ mitochondira การแบ่ง cell บังเกิดขึ้นเล็กน้อยไม่มีขั้น mitosis ทั้งสองชนิดนี้เป็นตัวถูกกำหนดในการดัดแปลงต่อสภาพความเป็นอยู่ในดิน, น้ำจืด, น้ำเค็ม จึงทำให้ต้องศึกษาถึง bacteria ที่เป็นตัวกลางในวัฏจักรของธาตุ เช่น ไฮโดรเจน, ซัลเฟอร์, คาร์บอนด์, เหล็ก, ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มันทำหน้าที่เหมือน decomposer และทำให้ห่วงโซ่อาหาร (Food chain) เกิดวงจรขึ้นใหม่

The Cyanophyta

Cyanophyta หรือ Myxophyceae พวกนี้มี pigment phycocyanin และมี pigment อื่นได้แก่ phycoerythrin สีแดง และ pigment อื่นให้สีน้ำเงินแกมเขียว พวกนี้มีขบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งมี bacteria จำพวกมากใช้ chlorophyll a พวก blue green algae ใช้แสงเป็นพลังงาน และ CO_2 เป็นตัวช่วยในการสังเคราะห์แสง ทำให้สร้างอาหารขึ้นมาได้เอง

blue green algae เป็นเรื่องสำคัญที่ทำให้เกิดการวิจัย เพราะมันมีอิทธิพลต่อสิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ในบางสาเหตุเมื่อมันได้เกิดการเจริญอย่างรีบเร่ง จะเป็นผลทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิตในแหล่งน้ำ ตัวอย่างเช่น Microcystic sp และ Anabaena sp เมื่อเกิดขบวนการการหายใจ จะได้อ๊อกซิเจนออกมามาก และตายลง ทำให้เกิดทรากเน่าเปื่อย และมีแกซพิษขึ้น

มี blue green algae อยู่ 7 ชนิดที่ฆ่าพวกปลา, ม้า, แกะ, ห่าน, สุนัข, ลูกไก่, กระรอก และสัตว์อื่นที่ไปกินสิ่งที่มันได้สร้างขึ้นที่เป็นพิษ ได้แก่ Microcysts sp. Nodularia sp., Coelosphaerium sp., Gloeotrichia sp., Anabaena sp., และ Aphanizomenon sp.

Arnold (1971) รายงานว่า blue green algae บางชนิดเป็นอาหารเช่น Daphnia pulex, Spirulina sp., Anabaenopsis sp., พวกมันชอบอยู่ในน้ำที่มี Na_2CO_3 มาก Oscillatoria rubescens-เป็น organism ตัวกลางที่จะบอกให้รู้ถึง eutrophication

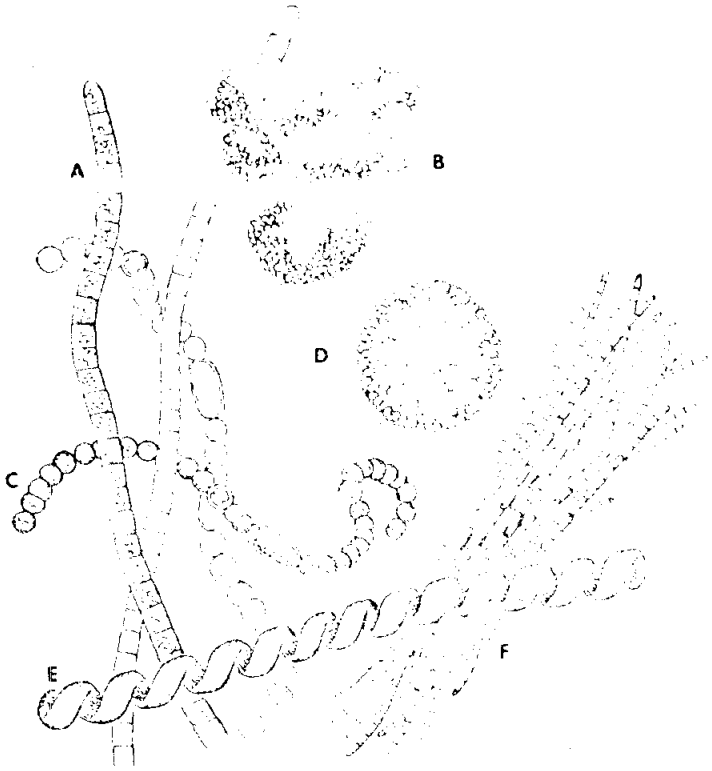

Fig. 3-1 Some blue-green algae (Cyanophyta) from inland waters. A, *Oscillatoria;* B, *Microcystis aeruginosa;* C, *Anabaena;* D, *Coelosphaerium;* E, *Spirulina;* F, *Aphanizomenon flos-aquae.*

The Eukaryota

The Plants

พวกพืชที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม เป็นตัวแทนที่หายาก ในการศึกษาเกี่ยวกับสภาพความเป็นอยู่, มีแต่พวกอยู่ในน้ำจืด เช่น blue green algae สร้าง chlorophyll a, chlorophyll b พวก vascular plants ได้แก่ green algae จำนวนมาก (Chlorophyta) และ euglenoids (Euglenophyta), green algae เช่น Spirogyra sp. Volvox sp., Chlorella sp., และ Ulothrix sp., พบมากในน้ำจืด พวก Desmidaceae (เป็น family หนึ่งของ green algae) กำลังน่าสนใจ เพราะมันถูกพบใน bog lake, และใน oligotrophic lake (Fig. 3-2, B, D, F, G และ H)

ใน eutrophic lake, oligotrophic lake พบ Cosmarium sp., (Fig. 3-2, H); Micrasterias sp., (Fig. 3-2, F) และ Xanthidium sp., (Fig. 3-2, G) พบใน oligotrophic lake

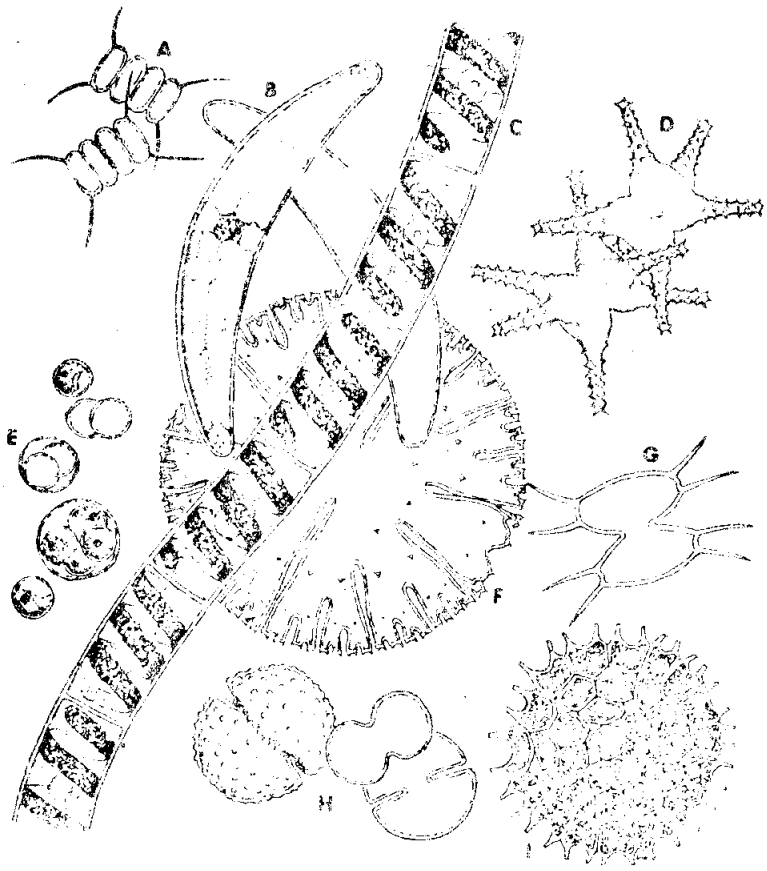

Fig. 3-2. Some green algae (Chlorophyta) from inland waters. A, *Scendesmus;* B, *Closterium;* C, *Spirogyra;* D, *Staurastrum,* E, *Chlorella;* F, *Micrasterias;* G, *Xanthidium,* H, *Cosmarium;* I, *Pediastrum,* B, D, F, G, and H belong to the Desmidaceae.

ในพวกพืชที่พบในน้ำจืด เช่น golden brown phyla (Fig. 3-3) Pyrrophyta พบมากในน้ำเค็ม, ในน้ำจืดพบน้อย Ceratium hirundinella (Fig. 3-3, E) พบโดยทั่วไป

golden brown algae สองกลุ่มที่มี flagellate ได้แก่ Cryptophyta (cryptomonads) และ Chrysophyceae เป็น family หนึ่งของ Chrysophyta (Fig. 3-3) พวก Chrysophyceae เป็นพวก flagellate ที่มีอยู่รวมเป็น colony เช่น Dinobryon sp. (Fig. 3-3, D), Synura sp. (Fig. 3-3, G), Uroglenopsis sp., Mallomonas sp., (Fig. 3-3, A) ทั้ง 2 กลุ่มนี้ พบใน ELA lakes (Experimental Lake Area) พวก Chrysophyta เช่น diatom (Fig. 3-3, C, F, H, I) มีขบวนการสังเคราะห์แสง มันสร้าง silica เพื่อสร้าง

ฝาครอบตัว ตรากของ diatom ที่อยู่บนพื้นใต้ทะเลสาบทำให้ paleolimnologist บอกถึงสภาพของน้ำ ก่อนได้ Diatom บางพวกเป็นตัวกลางที่ชี้ให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของน้ำ

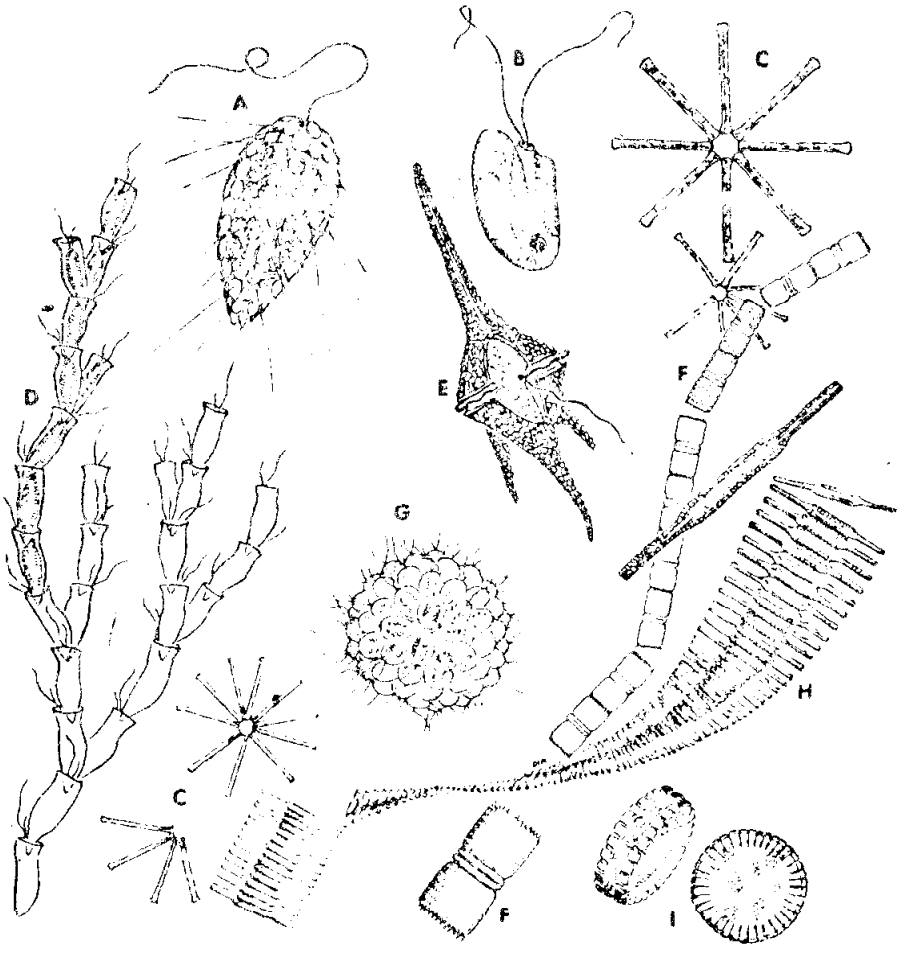

Fig. 3-3. Representative of the golden brown phyla in inland waters. A, *Mallomonas,* Chrysophyceae: B, *Cryptomonas,* Cryptophyta; *C, Asterionella,* Bacillariophycese, D, *Dinobryon,* Chrysophyceae, E, *Ceratium hirundinella,* Pyrrophyta; F, *Melosira,* Bacillariophyceae, G, *Synura,* Chrysophyceae; H, *Fragilaria,* Bacillariophyceae, 1, *Cyclotella,* Bacillariophyceae.

The animals

มีพวกสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดเพียงไม่กี่ phyla หรือ class ที่สำคัญ พวกที่สำคัญได้แก่ rotifer, crustaceans, insects และ fishes ในน้ำจืดพวกปลาเป็นหลัก Rotifers, crustaceans เป็นเพียงตัวแทนพวก plankton, ส่วน insects อยู่ในกันพื้นทะเลสาป และชายฝั่งที่มีกระแสน้ำไหล พวก Helobates sp. เป็นพวก Hemipterans มักพบบนผิวน้ำ พวก crustaceans ได้แก่ Branchiopoda พบในน้ำจืดรวมถึงพวก cladocera.

Rotifers (ดู Fig. 3-6) มีลักษณะที่มี pseudocoelom, cilia ที่ด้านหน้าช่วยในการเคลื่อนไหว และพัดพาเอาอาหารเข้าปาก, ได้ลงมาเป็น mastax apparatus ซึ่งประกอบด้วย jaw รวมอยู่ มันมีประมาณ 1,800 species ประมาณ 94% ในน้ำจืด, 2.5% ในน้ำเค็ม (Pennak 1963) มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในกลุ่มพวกนี้

สภาพความเป็นอยู่อย่างไม่ถาวรของสิ่งที่มีชีวิต

(Impermanent habitats and some inhabitants)

พวกบ่อชั่วคราวมักจะถูกพิจารณาถึงสภาพความเป็นอยู่ซึ่งแตกต่างไปจากมหาสมุทร น้ำที่มีชั่วคราว ส่วนมากมักพบในบริเวณที่แห้งแล้งในถิ่นทุระกันดาล ซึ่งจะถูกระเหยกลายเป็นไอมากกว่า จะมีน้ำเข้ามาเพิ่มเติม ที่นี้ไม่ได้หมายถึง humid region (บริเวณที่มีความชื้น)

ในแหล่งน้ำที่มีน้ำชั่วคราว เรียกว่า Astatic ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

1. Perennially astatic หมายถึงแหล่งที่มีน้ำขึ้นและลง แต่ไม่แห้งตลอดปี

2. Seasonally astatic หมายถึงแหล่งที่แห้งตลอดปี

บ่อที่เกิดชั่วคราวมีผลต่ออากาศ และอุตุนิยมมากกว่าบ่อลึกถาวร, พวกสิ่งที่มีชีวิตพยายามปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง กลไกลของสิ่งที่มีชีวิตที่อยู่รอดในสภาพที่แห้งแล้งพยายามสร้างเกราะขึ้นมาคุ้มครองตัวอ่อน หรือตัวเต็มวัย หรือหนี, ฝังตัวใต้โคลนในบ่อ

ขณะที่เกิดวิกฤติกาลเรื่องนี้, สิ่งที่มีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลง physicochemical characteristic O_2 ลดระดับลง salinity เปลี่ยนแปลงในทางที่สูงขึ้น, อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในช่วงสั้น

บ่อชั่วคราวมีพวก predator อยู่ เช่น ปลาพวก Nothobranchius sp., ใน cyprinodont สามารถอยู่ในบ่อที่มีน้ำเกือบแห้งถึง 8 เดือน ปรกติแล้วในแหล่งน้ำชั่วคราว มีพวก hemipterans และ coelopterans อยู่, บางกลุ่มต้องการสภาพที่แห้งเพื่อผสมไข่ เพื่อฟักเป็นตัว ในการปรับตัวต่อ

สภาพแหล่งน้ำที่มีอยู่ในระยะสั้น พวก competitors จะถูกกำจัด Haematococcus sp. เป็นพวก small green flagellate สามารถมีชีวิตรอดจากสภาพแห้งที่มีน้ำชั่วระยะหนึ่ง

สิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบ่อชั่วคราวจะมีการแปลงมากกว่าที่อยู่ในบ่อถาวร

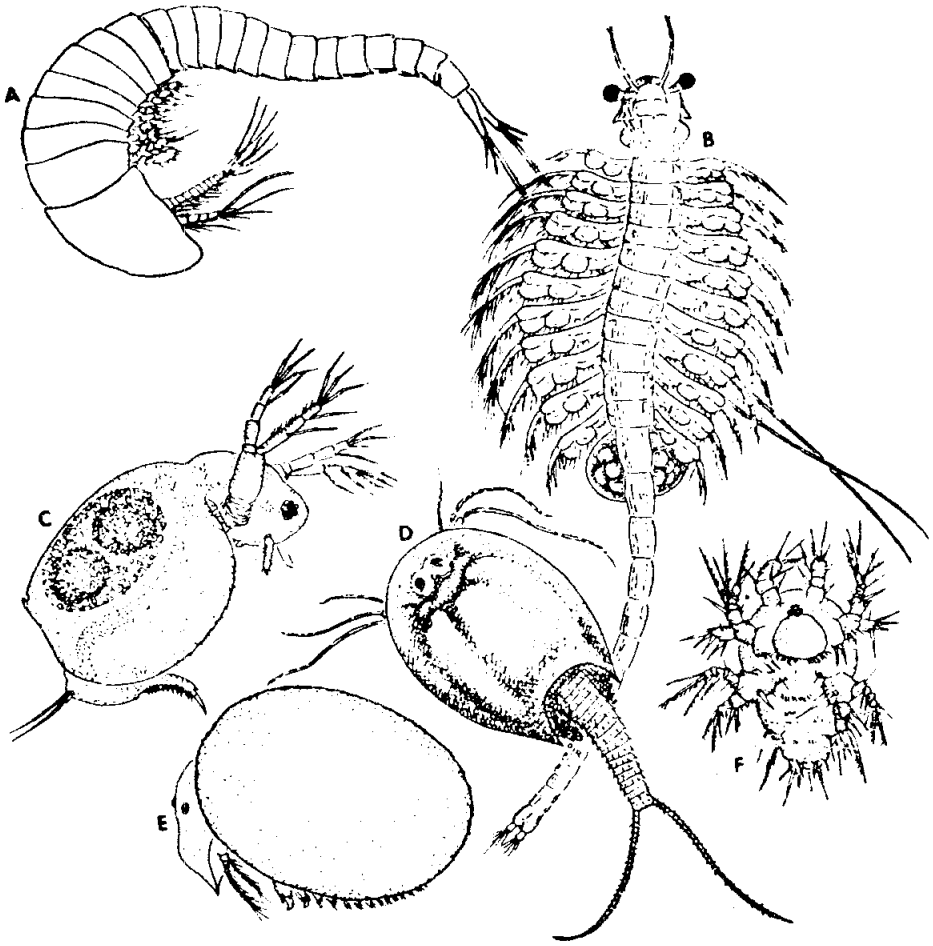

Fig. 3-4. Some crustaceans, including inhabitants of temporary ponds. A, *Hutchinsoniella,* Cephalocarida, marine; B, female *Artemia salina,* Anostraca from hypersaline waters; C, *Moina weizejskii,* Cladocera; D, *Tripos,* Notostraca, E, *Lynceus,* Conchostraca; F, crustacean metanauplius larva.

The Branchiopoda

พวก crustaceans บางชนิดที่พบในน้ำจืด (Fig. 3-4, B, C, D และ E) คือพวก Branchiopod, มันจะอยู่ในบ่อชั่วคราว, เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นอยู่ถาวร ขณะที่ปลา, predators ขนาดใหญ่หายไป อย่างไรก็ดี Lepidurus arcticus (Notostraca) ใน Norwegian lake เป็นอาหารของปลา trout, Cyclestheria hislopi ใน Lake Victoria ไม่ทนทานต่อพวก predators

Branchiopods เป็นพวก crustacea โบราณมาก ในการกำเหนิดของ crustacea. Sanders เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย yale ได้พบ crustacea เล็ก ๆ ใน marine sediments ที่ทางใต้ของ New Haven เขาตั้งชื่อนี้ว่า Hutchinsoniella sp. อยู่ใน subclass Cephalocarida ซึ่งเป็นเกียรติประวัติแก่ศาสตร์จารย์ G.E. Hutchinson มันง่ายที่จะศึกษาว่าเป็น genus ใหม่ของ Malacostraca และ Branchiopods.

Branchiopoda แบ่งออกเป็น 3 order โดยทั่วไป และอาจจะมีมากกว่านี้อีก ได้แก่

Order 1 Anostraca ได้แก่ fairyshrimps, และ brine shrimp (Fig. 3-4, B)

Order 2 Conchostraca ได้แก่ clam shrimps (Fig. 3-4, E)

Order 3 Notostraca ได้แก่ Triop sp. (Fig. 3-4, D) และ Lepidurus sp.

Order ต่อไปใน Text อื่นอาจจะมี Order ที่ 4

Order Cladocera (Fig. 3-4, C และ 3-7)

พวก branchiopod พบมากในบ่อชั่วคราว ส่วน cladocerans พบมากทุก ๆ แห่ง

The Cladocera

Cladoceran ยาว 1.5 ม.ม. ส่วนหัวเห็นชัด, ลำตัวปกคลุมด้วยฝา 2 ฝา ไม่มีที่ยึดฝาทั้งสอง, ตา 1 คู่, หนวด antennae เป็นหนวดเส้นแรกขนาดเล็ก, หนวดที่ 2 ใหญ่ ช่วยในการว่ายน้ำ, ระยางค์เป็นแบบ biramous, ขามี 5 หรือ 6 คู่ อยู่ใต้ carapace, ส่วนท้องตอนท้ายได้ขยายเพื่อสร้าง postabdomen (abreptror), เล็บ 1 คู่, หัวใจอยู่ทางด้าน dorsal, posterior dorsal blood อยู่ใต้ carapace, carapace อยู่รอบ ๆ sexual eggs

พวกนี้พบในบ่อชั่วคราว ได้แก่ Daphniidae, Moinidae

Clams and others

Sphaeriidae หรือ fingernail clamps อาศัยอยู่ในน้ำจืด, เป็น hermaprodite, ไม่มีระยะตัวอ่อน ตัวอย่างที่พบได้แก่ Corbicula sp. พบในบ่อชั่วคราว, Sphaerium occidentale พบในหนองน้ำในป่า

The plankton

Plankton หมายถึงสิ่งที่มีชีวิตขนาดเล็ก ๆ ลอยตัวอยู่ในน้ำอิสระ ผู้ที่ตั้งชื่อ plankton ได้แก่ Victor Hensen (1887)

Plankter หมายถึงสิ่งที่มีชีวิตแต่ละชนิด เช่น พืช, สัตว์, bacteria ที่อยู่ใน plankton community แบ่งออกได้

1. Plant plankters ได้แก่ phytoplankton
2. Animal plankters ได้แก่ Zoo plankton

1. The phytoplankters

Plankters เป็นที่น่าสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับการดัดแปลงสภาพในการลอยตัว ภายในร่างกายมีพวก oil droplets, gas bubbles, gelatin, น้ำ เพื่อที่จะดัดแปลงสภาพให้น.น.ลดลงหรือ ถ.พ.ลดลง ส่วนของร่างกายที่ยื่นยาวออกมา เช่น เขา (horns), หนาม (spines), setae เพื่อเพิ่ม น.ท.ผิวหน้าของโครงร่าง ช่วยต้านทานในการจมตัว สาเหตุของน.น.ลด และเพิ่มน.ท.ผิวหน้าที่จะตอบสนองต่อความหนืด (Viscosity) ของตัวกลางที่มันอาศัยอยู่ Scenedesmus sp. มีโครงร่างแตกออกเป็นแฉก และมี spine เพิ่มน.ท.ช่วยในการพยุงตัว Munk และ Riley (1952) ว่า phytoplankton cell จะดูดซึม nutrients โดยขบวนการ diffusion

รูปร่าง, ขนาด, และความหนาแน่นได้ถูกนำมาคิดต่ออัตราการจมของมัน ในขณะที่มันจม cell ถูกแบ่งตัวได้ daughter cells ขึ้นมาอยู่ข้างบน การปรับตัวของ phytoplankton มีปัญหาเกี่ยวกับ flotation, absorbtion, และ herbivory ใน diatom ที่มีขนาดใหญ่พบปัญหา flotation, absorbtion ใน diatom เล็กพบปัญหาการเลือกการกินอาหารที่มีขนาดใหญ่พวก herbivore

Phytoplankton ได้แบ่งออกตามขนาดของมันได้แก่

Net plankton หมายถึง plankton ที่มีขนาดเล็กที่สามารถถูกนำมาได้โดย plankton net

Nano plankton หมายถึง plankton ที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ไม่สามารถถูกนำมาได้โดย plankton net

ขนาดตาของ net ตาข่ายที่นิยมใช้ 63 μm. (millimicron)

ในการหาความแตกต่างของ photosynthetic activity ของ phytoplankton ได้จาก activity coefficient ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนด์พบในขบวนการสังเคราะห์แสง กับคาร์บอนด์พบใน algae พบว่า chlorophycea อยู่ชั้นบน และ diatom อยู่ชั้นล่าง

Oligotrophic lakes พบ phytoplankton เช่น Staurastrum sp. (Fig. 3-2, D), Dinobryon sp. (Fig. 3-3, D) ไม่ค่อยมีความต้านทานต่ออุณหภูมิ, มี phosphate น้อย

Eutrophic lakes พบพวกกลุ่มของพวก diatoms, blue green algae เช่น Melosira sp. (Fig. 3-3, F) Stephanodiscus sp., Cyclotell sp., Asterionella sp. (Fig, 3-3, C), Fragilaria sp. (Fig. 3-3, H)

2. The Zooplankton

Zooplankton ในน้ำจืด ส่วนมากพบพวก Protozoa, rotatoria, cladocera, copepoda crustacean, เหาน้ำ, ตัวอ่อนของ Molluscs เช่น Dreissena, mysid crustacean (Fig. 3-9,B), ตัวอ่อนของแมลง Chaoborus (Fig. 2-2, C)

Zooplanktonแบ่งออกตามการกินอาหาร

(Feeding method of zooplankton) แบ่งออกได้

1. Filter feeder หมายถึง zooplankton กินอาหารโดยการกรองอาหารที่มากับน้ำ อาหารจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของน้ำที่จะพามา

2. Seizer feeder หมายถึง zooplankton กินอาหารโดยการเลือกขนาดของอาหารที่มันจะกิน เช่น flagellate Bodo sp. กินพวก Chrysomonads.

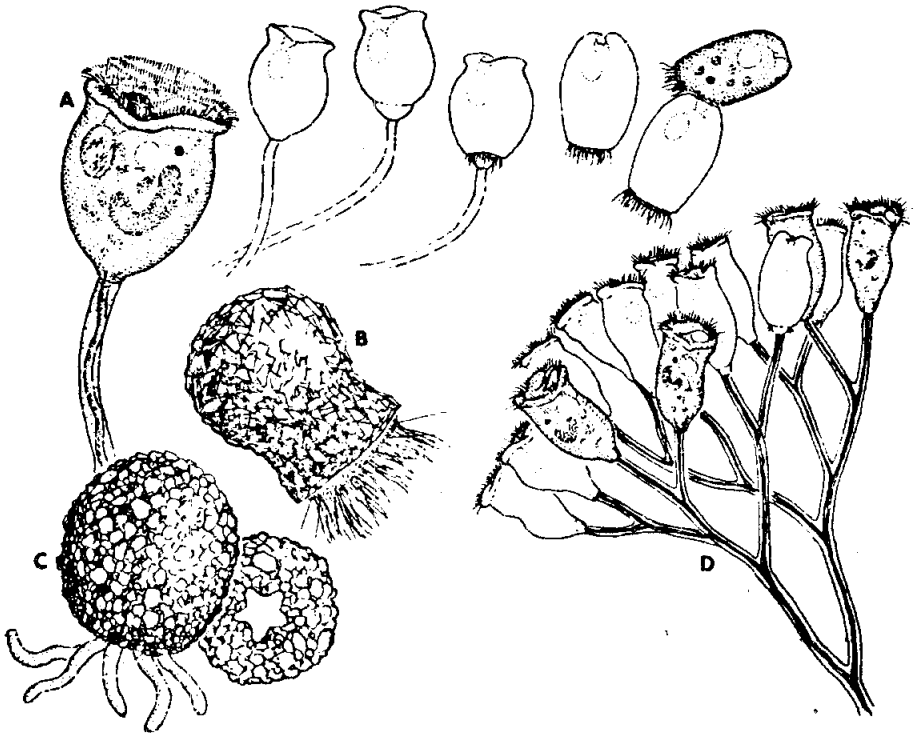

Fig. 3-5. Some protozoans occasionally found in freshwater plankton. A, *Vorticella,* a peritrich ciliate, its free-swimming telotroch stage shown at right; B, *Codonella cratera,* a tintinnid ciliate; C, *Difflugia lobostoma,* Testacea, Rhizopoda; D, *Zoothamnium,* a peritrich ciliate.

การลอยตัวในน้ำ (Flotation in water)

การลอยตัวในน้ำขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของ organism. ถ้าความหนาแน่นของพืชหรือสัตว์มากกว่าน้ำ หรือน้อยกว่าก็มีน้อยมาก การลอยตัวของมันจะค่อย ๆ จมลงช้า ๆ อัตราการจมตัว, มันได้ปรับสภาพความเป็นอยู่ แม้ว่าการเคลื่อนไหวของมันพยายามจะรักษาระดับไว้ใน marine plankton จะมีการลอยตัวอย่างแท้จริง เพราะว่าความเค็มสูงจะเปลี่ยนสภาพของเหลวในร่างกายเท่ากับความแตกต่างในความหนาแน่นมากหรือน้อยกว่า, เช่น Noctiluca sp. ไข่ปลาลอยน้ำ

นักชลธีวิทยาชาวเดนมาร์คชื่อ Wesenberg-Lund (1980) ตั้งทฤษฎีการลอยตัว (flotion theory) และถูกทำให้สมบูรณ์ โดย Wo. Ostwald (1902) อธิบายจากสูตร

$$\text{rate of sinking} = \frac{\text{excess weight}}{\text{from resistance} \times \text{Viscosity}}$$

excess weight = (ความหนาแน่นของสิ่งที่มีชีวิต-ความหนาแน่นของน้ำ) Volume ของสิ่งที่มีชีวิต

= (Density ของสิ่งที่มีชีวิต-Density ของน้ำ) Volume ของสิ่งมีชีวิต

$$\text{from resistance} = \frac{\text{ความเสียดทาน (friction)}}{\text{specific surface area และ Area of orthogonal}}$$

$$\text{specific surface area} = \frac{\text{Total surface Area}}{\text{Volume}}$$

การปรับตัวของ organisms ทำให้ excess wt. ลดลงมีหลายวิธี

1. การอยู่รวมกันเป็น colony เช่น volvox ยังมี jelatinous substance หุ้มไว้จะช่วยพยุงตัวไว้ ทำให้การจมตัวช้าลง

2. การลด น.น.ของ integument ต่าง ๆ เปลือกกุ้งปรับตัวให้บางลง, ฝาของ diatom ปรับตัวให้บางลง

3. Oil มีจุดน้ำมันในตัวทำให้เบา เช่น ไข่ปลาทู

4. ฟองอากาศ (air bubble) ช่วยพยุงตัวลอยตัวในน้ำได้ เช่นสาหร่ายไส้ไก่

Specific surface area มากจะมีความสัมพันธ์กับแรงเสียดทานกับน้ำ ดังนั้นอัตราการจม จะจมน้อยลง specific surface area เพิ่มขึ้นเมื่อรูปร่างแตกต่างจากทรงกลม เช่นเป็นหนาม, เขา

Area of orthogonal คือส่วนของร่างกายที่ยื่นยาวออกมาของสิ่งที่มีชีวิต ตั้งได้ฉากกับทิศทางของการเคลื่อนไหว ช่วยให้พยุงตัวลอยน้ำได้ เช่นมีเขายื่นออกมา จาก desmid

Viscosity คือความหนืด มันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น excess weight จะเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน viscosity จะลดลง ถ้าอุณหภูมิต่ำ viscosity จะสูง น้ำมี viscosity สูง อัตราการจมลงจะช้าลง ถ้าน้ำมี viscosity ต่ำอัตราการจมลงเร็วขึ้น

Cyclomorphosis หมายถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปตามฤดูกาล ขึ้น ๆ ลง ๆ ในอุณหภูมิของน้ำ เช่น เขา (horn) ของ Ceratium hirundinella ในฤดูร้อนจะยาวกว่าในฤดูหนาว

การขยายการแพร่กระจายของ plankton (spatial Distribution) ขึ้นอยู่กับ สาเหตุ 2 ประการ

1. Physiological activity เช่น ขบวนการณ์หายใจ, การเคลื่อนไหว, การสืบพันธุ์

2. Environmental factor สภาพสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสง อ๊อกซิเจน ซึ่งจัดเป็น external factor เริ่มจาก

Minimum level เริ่มที่ระดับต่ำ แล้วก็ค่อย ๆ มาระดับที่สูงกว่า คือ ระดับกลาง Optimum level พอถึงจุดสุดยอด เมื่อเพิ่ม factor เข้าไปมันจะค่อย ๆ ลดลงจนถึง Maximum level

ส่วนทาง physiological activity ของ organism ก็ริ่มคล้ายกับ environmental factor

จากการขยายการแพร่กระจาย ก็เข้าไปเกี่ยวข้องกับ Law of tolerence

Law of tolerence หมายถึงกฎที่กล่าวถึงสิ่งที่มีชีวิตแต่ละชนิด มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของ material factor เช่น อุณหภูมิ

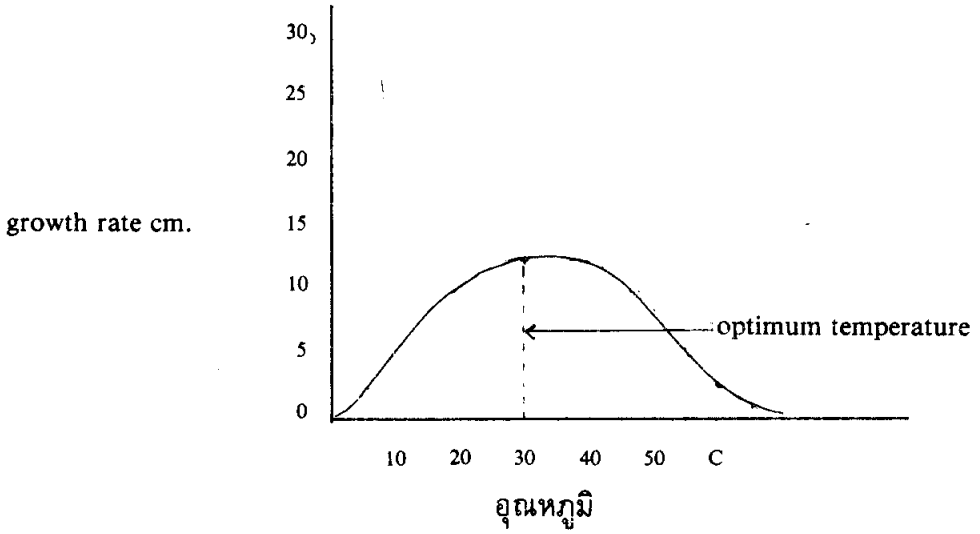

Fig 3-6 การเจริญเติบโตของ Plankton

จากกร๊าฟ แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของสิ่งที่มีชีวิตขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มันจะเจริญดีที่สุดตรงที่อุณหภูมิพอเหมาะ (Optimum temperature) สิ่งที่มีชีวิตถ้ามีความคงทนต่ออุณหภูมิต่ำ (น้อย) เรียก Stenothermal โดยมันพยายามหลีกเลี่ยงความร้อน โดยจมตัวลงสู่เบื้องล่าง (ดูจาก Fig. 3-7, A,B) หรือสิ่งมีชีวิตถูกจำกัดหรือต้านทานน้อยต่อ environmental factor เรียก stenotopic สิ่งที่มีชีวิต ถ้ามีความต้านทานต่ออุณหภูมิสูง (กว้าง) เรียก Eurythermal (ดูจาก Fig 3-7, C) หรือสิ่งมีชีวิตมีความต้านทานต่อ environmental factor สูงเฉพาะเรียก Eurytopic

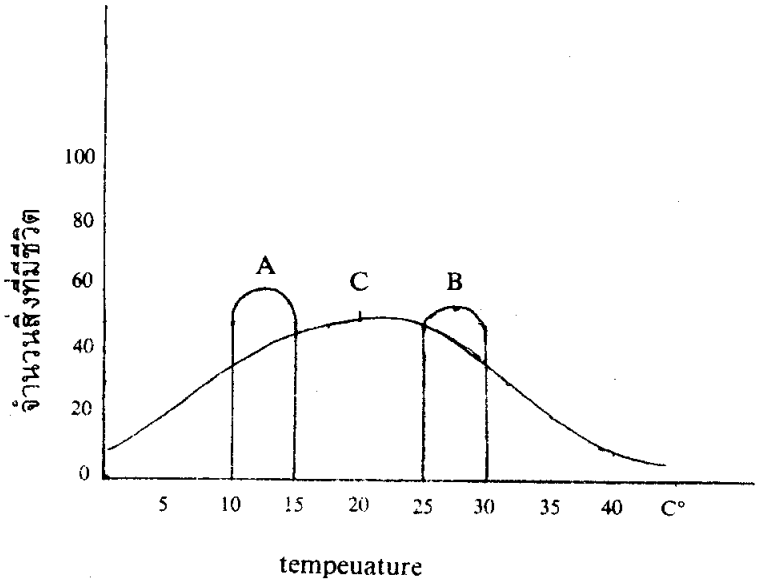

Fig 3-7 จำนวนสิ่งที่มีชีวิตที่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

สิ่งที่มีชีวิตที่มีความต้านทานต่ออุณหภูมิสูงกว่า (higher temperature) ใน temperate lake เรียก polythermal.

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำจะมีผลต่อการแพร่กระจายของ Plankton community ใน 2 ลักษณะด้วยกัน

1. เวลา เหมือนผลของการเปลี่ยนแปลงในสภาพอากาศระหว่างปี
2. ความลึก เนื่องจากผลทาง physical และ chemical stratification.

1. เวลา มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนไหวของ plankton เช่นเวลาเช้าตรู่ plankton บางชนิดเคลื่อนที่ลงเวลาเย็น plankton บางชนิดเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนลงส่วนมากแล้วจะหนีแสง พอเวลาเย็นไม่ค่อยมีแสง มันก็จะเคลื่อนขึ้น

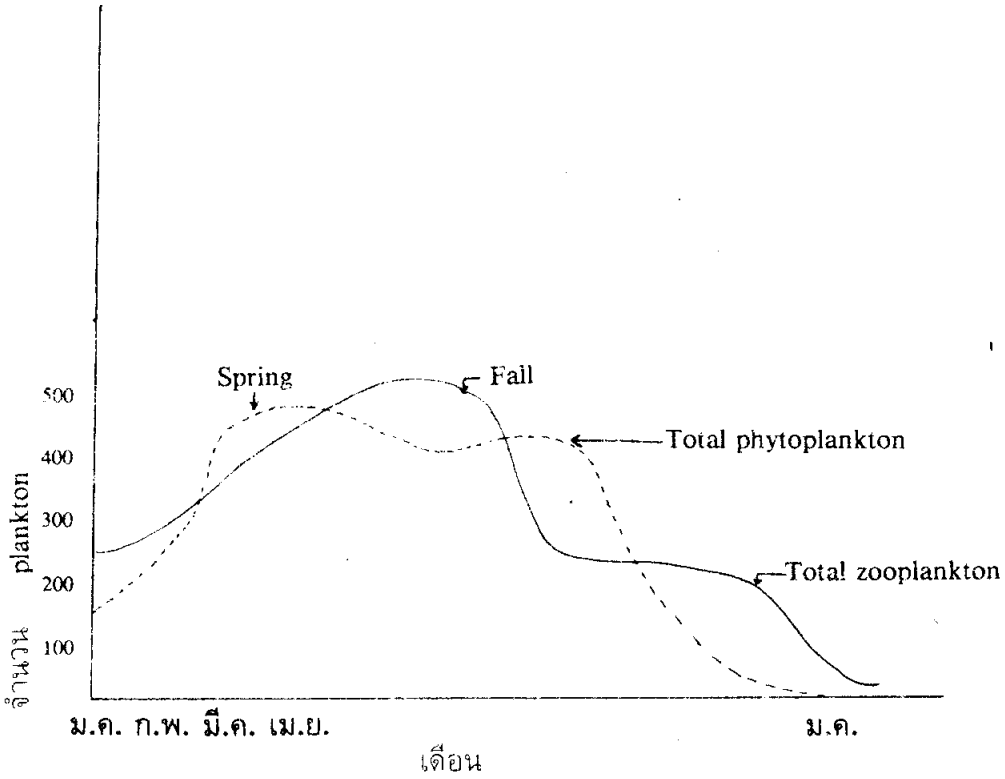

Fig. 3-8 การขึ้นลงของ plankton ขึ้นอยู่กับฤดูกาล

จำนวน planktonลดลงเนื่องจาก จำนวน nutrient ลดลง แล้ว metabolism จะหยุดการเจริญ

จากผลของการตรวจสอบความหนาแน่น ชนิดของ plankton เช่น

spp.	ml	Rank
A	100	4
B	10	5
C	1000	3
D	100,000	1
E	10,000	2

เมื่อนำมา plot graph ดูจาก Fig. 3-9

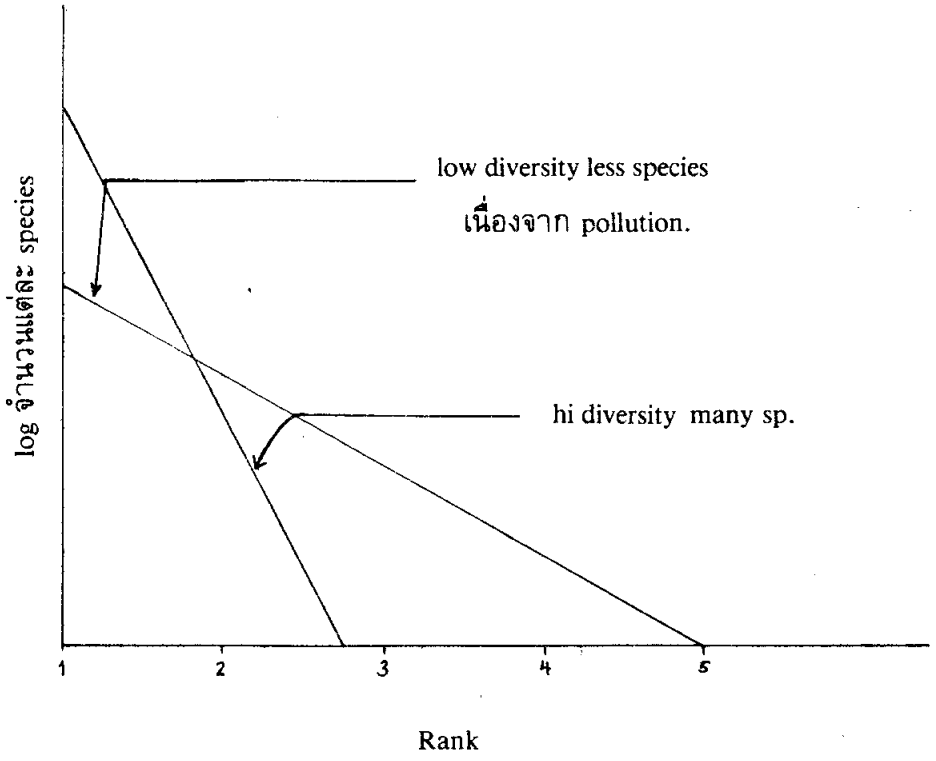

Fig. 3-9 แสดงถึงความหนาแน่นของ plankton ต่อปริมาตร

2. ความลึก

จากการทดสอบ ทะเลสาป 11 แห่งใน eastern Alps ดังปรากฏตัวเลขจาก Table 3-1

Tabel 3-P

	Phytoplankton	Zooplankton	Total
Depth	%	%	%
a-1 ม.	6	9	7
l-5 ม.	40	40	40
5-10 ม.	27	37	32
IO-20 ม.	12	9	10
20-30 ม.	9	6	3
30-50 m.	6		3
verage depth of greatest	9.7 ม.	7.0 ม.	9.7 ม. 7.8 ม.

จาก Table 3-1 จะเห็นว่าระหว่าง 1-10 ม. จะพบ plankton มากที่สุด ต่ำกว่า 30 ม.จะไม่พบพวก zooplankton.

ทฤษฎีของแพลงค์ตอน (Theory of Separation of two kind of plankton)

The theory of grazing ทฤษฎีนี้ตั้งโดย Harveyว่า ถ้ามีปริมาณของ zooplanktonมากแล้ว phytoplankton ก็ไม่สามารถเพิ่มจำนวนมากขึ้น แต่เมื่อใดที่ zooplankton มีปริมาณลดลง phytoplankton ก็จะเพิ่มจำนวนขึ้นทันที

2. The theory of animal exclusionทฤษฎีนี้ตั้งโดย Hardy และ Gunther ว่าในขณะที่ zooplankton มีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เป็นประจำวัน เพื่อลงในที่ลึก phytoplankton จะมีการเคลื่อนที่ขึ้นมาข้างบน และสังเกตุได้ว่า zooplankton จะพยายามอยู่ห่างจากแหล่งที่มีพวก phytoplankton มาก และมันเคลื่อนที่ (migrate) ขึ้นผิวน้ำเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง

แต่จากการทดลองของ Bianbridge ปรากฏว่า Neomysis vulgaris จะเคลื่อนเข้าหา ซึ่งไม่ตรงกับทฤษฎีนี้

3. The theory of differential growth rate ทฤษฎีนี้ตั้งโดย Neilson ว่า phytoplankton มีวงจรในการผลิตสั้นมาก เมื่อเทียบกับพวกสัตว์ (zooplankton) เพราะฉะนั้นพวกสัตว์จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็วและหนาแน่น ส่วน zooplankton ที่ยังอ่อนอยู่นั้นต้องอาศัย phytoplankton เป็นอาหารแต่เนื่องจากวงจรการเกิดต้องใช้ระยะเวลานานจน phytoplanktonลดจำนวนลงแล้วก่อนที่มันจะโตขึ้นได้ทัน

การแพร่กระจายของ plankton (Distribution of plankton) มี 2 ทางคือ

I. การแพร่กระจายในแนวราบ (Horizontal distribution) ขึ้นอยู่กับ

1. ความหนาแน่นของ plankton ถ้าน้อยกว่าน้ำมันจะลอยตัวเนื่องจากมีแรงพยุง ความหนาแน่นถูกลดโดย fatty oil เช่น green algae Botryococcus sp.

2. gas vacuole ใน blue green algae ขณะที่อากาศสงบ มันจะขึ้นมาลอยที่ผิวหน้า

3. กระแสลม ทำให้เกิดกระแสคลื่น turbulent พยายามที่จะรักษา plankton ที่เคลื่อนไม่ว่องไวให้แขวนลอย

4. แนวชายฝั่งไม่เสมอกัน จะทำให้ plankton บางแห่งมีมาก บางแห่งมีน้อย เช่น entomostraca พยายามหลีกเลี่ยงน้ำที่ตื้น

5. ความแรงของกระแสน้ำ พัดทำให้ plankton อยู่กระจัดกระจายมากน้อยต่างกัน

6. ความลึกของน้ำทำให้ plankton บางชนิดต้องขึ้นมาอยู่ผิวน้ำ เพราะต้องการแสง

7. ศัตรู plankton บางชนิดหลบหลีกศัตรูที่จะมาทำอันตรายมัน

II. การแพร่กระจายในแนวดิ่ง (Vertical distribution) ทำให้ plankton อยู่ในระดับต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับ

1. biotic factor หมายถึงสิ่งที่มีชีวิต เช่น พืชหรือสัตว์ไปจำกัดสถานที่ ๆ มันจะเคลื่อนที่, การสืบพันธุ์ (reproduction) ก็แพร่กระจายทำให้มันอยู่ในระดับที่มันเคยอยู่ จะมีขอบเขตขยายใหญ่ขึ้น การเคลื่อนไหวว่องไวของ plankton (active movement) ทำให้เกิดการทดแทนส่วนที่หายไป

2. mechanical factor หมายถึงสิ่งที่มีชีวิตสร้างสารแขวนลอยไปขวางทางการเคลื่อนที่ ถ้าน.น.มากกว่าน้ำ plankton สามารถปรับตัวให้สมดุลย์ มันจะจมผ่านชั้น epilimnion ที่อุ่นมาที่ metalimnion ที่เย็นกว่า เนื่องจากความหนืดของน้ำมากกว่ามารองรับมันไม่ให้จมลงสู่ hypolimnion plankton บางชนิด เช่น rotifer สามารถเลือกระดับความลึกที่เหมาะสม อุณหภูมิขึ้น ๆ ลง ๆ จะลดจำนวน plankton ที่บริเวณผิวหน้า เมื่อแรงลมที่ทำให้เกิด turbulent current พัดปะทะผิวหน้า ทำให้มันเคลื่อนที่ลงต่ำ น้ำที่ไหลเข้าและไหลออก จะทำให้จำนวน plankton ออกจากทะเลสาป แต่ก็มีบางชนิดสามารถว่ายน้ำหลบหลีกได้ internal seiche ของ standing wave ทำให้ plankton ที่อยู่ชั้น metalimnion ขึ้นสูงและลงต่ำ

สภาพแวดล้อมเฉพาะก็มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เช่น

อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิขึ้นสูง plankton แต่ละชนิดจะเลือกอยู่ความลึกที่อุณหภูมิพอเหมาะ จากการศึกษาทะเลสาปหลาย ๆ แห่งของ alpine lakes

Table 3-2	Percentage of the species %		
Mean temperature ℃ of Maximum abundance	phytoplankton	zooplankton	Total
5-7°	15	12	13
7-9°	6	3	4
9-11°	15	23	19
11-13°	30	31	31
13-15°	33	31	32

Cold stenothermal (Oligothermal) organism ได้แก่ diatom เช่น Synedra sp., desmid, Closterium polystictum, blue green algae, Oscillatoria rubescens, Ciliate เช่น Stokesia vernalis, rotifer เช่น Filinia longiseta

Eurythermal organism ได้แก่ Branchionus sp., Trichocera sp.

Ectotype หมายถึง ลักษณะของ species หนึ่งที่มีความแตกต่างทางสรีระวิทยา

การเคลื่อนที่เป็นไปตามธรรมชาติ (intrinsic movements) ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือช้าลง และทิศทางของการเคลื่อนที่ภายในอุณหภูมิขึ้น ๆ ลง ๆ เรียก Thermotaxis

แสง ส่องทะลุเข้าไปในน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิ ขณะที่อุณหภูมิเป็น all metabolic process, แสงเป็นแหล่งพลังงาน และเป็น controlling factor ในขบวนการสังเคราะห์แสง มีพวก organism เคลื่อนที่ไปทิศทางเดียวกัน แสงที่มากระตุ้นเรียก phototaxis และแสงจะเป็น limiting factor ในที่ลึก ๆ

พวก phytoplankton ชอบแสง ส่วนใหญ่มาอยู่บนบริเวณผิวในชั้น epilimnion ชั้นนี้มีแสงสว่างส่องถึง บางทีเรียกตามชั้นที่มีแสงสว่างส่องถึงว่า photic zone ส่วนในชั้น metalimnion มีพวก organism ที่ไม่เคลื่อนไหว ความเข้มของแสงเริ่มลดน้อยลง และเริ่มมีผลต่ออุณหภูมิสูง ๆ ต่ำ ๆ เรียกชั้นนี้ว่า twilight zone (dystrophic zone) ส่วนชั้น hypolimnion ที่ไม่มีแสงส่องถึง เรียกว่า

Aphotic zone plankton บางชนิดมีความทนทานต่อแสงน้อย และแบบทนทานต่อแสงมาก (weak-light forms และ strong light forms)

Chemical stratification ในทะเลสาปมีผลต่อการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง เมื่อคุณสมบัติทางเคมีของน้ำ เกิดการเปลี่ยนแปลง ขณะที่ทะเลสาปมีความใสมาก เมื่อเกิดสภาวะพอเหมาะในชั้นบนของ hypolimnion algae ที่เฉพาะจะเพิ่มผลผลิตจมลงในระหว่างฤดูร้อน

food material แพร่กระจายจากผิวหน้าลงสู่ผิวล่าง ทำให้ผิวบนขาดแคลนเป็นเหตุให้ plankton ที่อยู่ข้างบนจะลดลง

จำนวน O_2 ที่อยู่ระหว่าง trophogenic และ tropholytic zones ใน eutrophic lake จะทำให้มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของ plankton ถ้า O_2 น้อย zooplankton จะรู้สึกเร็วกว่า phytoplankton crustacea จะพบที่ O_2 ต่ำกว่า 0.5 mg./lt, rotifer จะพบที่ O_2 ต่ำกว่า 0.25 mg/lt และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ต่ำลงด้วย plankton นี้จะใช้ O_2 จนหมดแล้วต่อมาก็ตาย ใน tropical lake มีอุณหภูมิที่ hypolimnion สูง จะทำให้การใช้ O_2 ของ plankton ลดลง ในขณะที่มีระดับ O_2 สูงกว่า เช่น Chaoborus sp. ใน teperate lake พวก organism ที่อยู่ใน physiological group เช่น ซัลเฟอร์, Iron organisms ต้องการ O_2 ต่ำ ชั่วขณะหนึ่ง ในขณะเดียวกันก็ต้องการพวก inorganic material เล็กน้อย ใช้ในการ oxidize ได้แก่ H_2S, สารประกอบของ ferrous

การแพร่กระจายของแพลงค์ตอนในวันหนึ่ง ๆ (Diunal movement of plankton) พบมากในพวก Cladocera, Copepoda, rotifer, diatom, flagellate ที่เคลื่อนช้า, การเคลื่อนที่ของ plankton นี้ ขึ้นอยู่กับสภาวะของแหล่งน้ำ

แบ่งแพลงค์ตอนเป็น 8 ชนิด ในการเคลื่อนที่แต่ละวัน

1. plankton กระจายขึ้นมาที่ผิวบนตอนกลางคืน ตอนกลางวันกลับลงมาข้างล่าง

2. plankton จะ migrate ไปที่ผิวหน้าน้ำตอนกลางคืน และกลับลงมาข้างล่างตอนกลางวัน

3. plankton ที่อยู่ในชั้น hypolimnion จะเคลื่อนขึ้นมาบนชั้น thermocline ในตอนกลางคืน, ตอนกลางวันก็เคลื่อนลงอยู่ในชั้น hypolimnion

4. plankton มีการเคลื่อนที่น้อย บางชนิด migrate มาที่ผิวบนตอนกลางคืน ซึ่งมาจากน้ำลึก ๆ

5. plankton บางชนิดขึ้นมาบนผิวน้ำตอนพระอาทิตย์ขึ้นและตก จะกลับลงไปชั้นล่างตอนกลางวันและกลางคืน

6. plankton บางชนิดขึ้นมาบนผิวหน้าตอนกลางวัน และกลับลงล่างตอนกลางคืน

7. ตัวเต็มวัยของ plankton บางชนิดอยู่ที่ผิวหน้าน้ำในตอนกลางวันและกลางคืน ส่วนมากตัวอ่อน (juvenile stage) จะ migrate ลงชั้นล่างในเช้ามืด

8. ตัวอ่อนของ plankton บางชนิดขึ้นมาที่ผิวหน้าน้ำตอนกลางคืน กลางวันกลับลงชั้นล่าง ตัวเต็มวัยกลางวันอยู่ที่ผิวน้ำ กลางคืนกลับลงชั้นล่าง

The Protozoa

พวก protozoa (Fig. 3-5) ส่วนใหญ่เป็นพวก nanoplankton เช่น

Difflugia sp. สร้างเปลือกหุ้มรอบมีลักษณะคล้ายเม็ดทรายเล็ก, สามารถลอยน้ำได้, มีกรดอยู่ใน gas vacuole

Codonella cratera (Fig. 3-5, B) คล้าย Difflugia sp. แต่มีพวก cilia ตอนท้ายมาก พบในน้ำเค็ม

Tintinnidium sp. พบน้อยกว่า Codonella sp. พบในน้ำจืด

Zoothamnium limneticum (Fig. 3-5, D) กินพวก bacteria, nanoplankton algae

The Rotatoria

พวก rotifer ที่พบในทะเลสาป ได้แก่ Asplancha sp. (Fig. 3-6, A) เป็น rotifer ที่ใหญ่ที่สุด มีขนาด 0.5-1.2 ม.ม. รูปร่างโปร่งใสคล้ายถุง ภายในมีของเหลวซึ่งช่วยลดถ.พ. มันเป็น plankto predator, secondary consumer, carnivore เริ่มแรกใน planktonic ecosystem, viviparous, ตัวอ่อนเจริญในร่างกายของแม่

Synchaeta sp. (Fig. 3-6, G) รูปร่างโปร่งใส, prerdator, มี ถ.พ.ลดลงเหมือน Asplancha,ขนาด 0.6 ม.ม.

Conochilus sp. รูปร่างทรงกลม มีแผ่นเมือก ช่วยลด ถ.พ., อยู่กันเป็น colony

พวก rotifer ส่วนมากมีเท้า และนิ้วเท้าช่วยในการยึดเกาะ เช่น Synchaeta sp., Asplancha sp., และ Polyarthra sp. (Fig 3-6, B) มีรูปร่างเป็นแผ่น, มีอวัยว่ะคล้ายขนนกช่วยในการว่ายน้ำ,

Hexarthra sp. (Fig. 3-6, F) พบมาก, มีเท้าและกล้ามเนื้อช่วยในการว่ายน้ำ Kellicottia sp. (Fig. 3-6, E) และ Keratella (Fig. 3-6, D) มี spine ยาว Brachionus sp. (Fig. 3-6, H) เช่น Brachionus rubens ใช้เท้าเป็นอวัยวะช่วยในการยึดเกาะ พวกนี้ส่วนใหญ่เป็นพวก herbivore, primary consumer

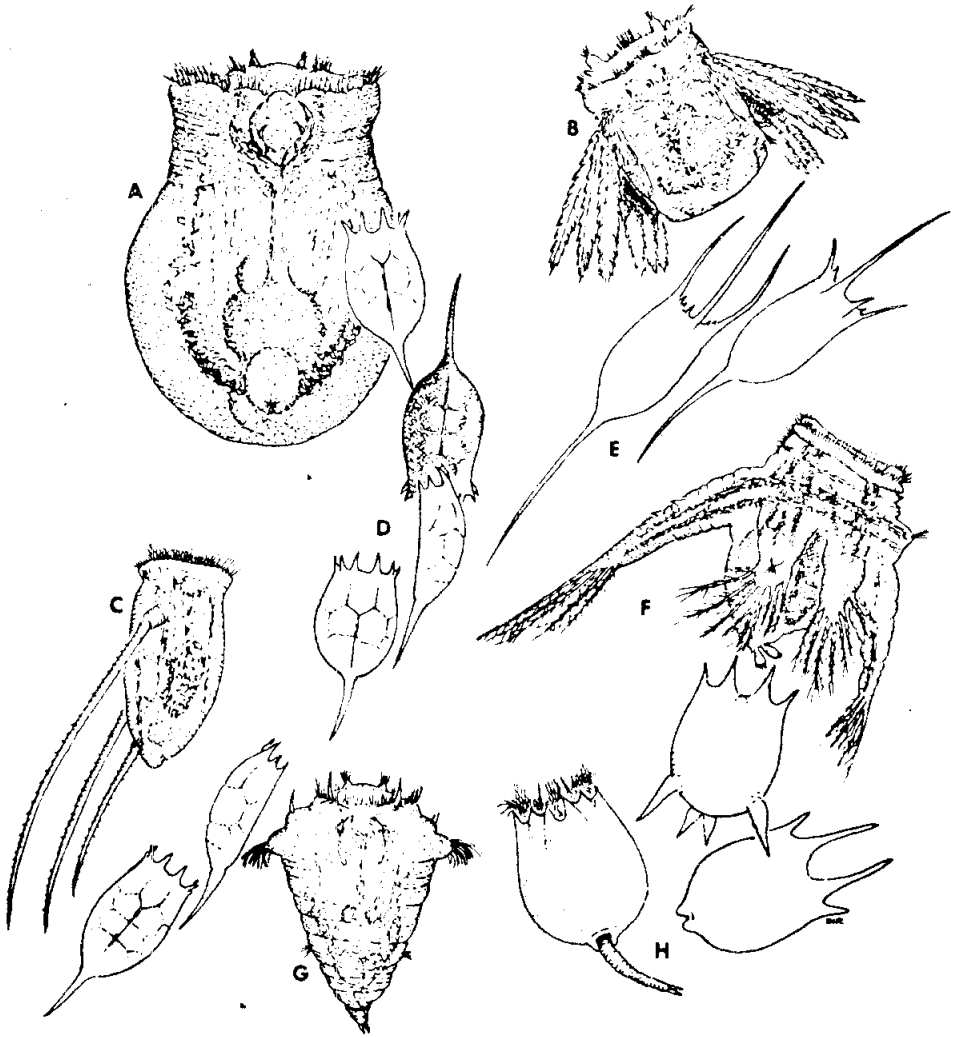

Fig. 3-6. Some common planktonic rotifers. A, *Asplanchna seiboldi;* B, *Polyarthra;* C, *Filinia;* D, *Keratella cochlearis;* E, *Kellicottia;* F, *Hexarthra;* G, *Synchaeta;* H, *Brachionus plicatilis, B. calyciflorus* (two at right).

The Cladocera (Fig.3-7)

Daphnia sp. (Fig. 3-7, B), Diaphanosoma sp., (Fig. 3-7, F), Bosmina sp. (Fig. 3-7, C), Ceriodaphnia lacrustris (Fig. 3-7, D) พบในบริเวณชายฝั่ง limnetic zone ในทะเลสาป Chydorus sphaericus (Fig. 3-9, D) พบในบ่อเล็ก ๆ Simocephalus sp. จะพบที่ก้นพื้นน้ำ ของทะเลสาปใหญ่ที่ตื้น พวกนี้หากินแบบ filter feeder โดยการกรองอาหาร

Leptodora sp. (Fig. 3-7, A) เป็น crustacea รูปร่างโปร่งใส มันปรากฏในเวลากลางคืน หากินพวก zooplankton ในเวลานี้เราก็สามารถที่จะเก็บตัวอย่างได้ง่าย แต่เวลากลางวันมันไม่ปรากฏ

Polyphemus sp. (Fig. 3-7, E) เป็น predator carapace ไม่เจริญ, มี brood pouch

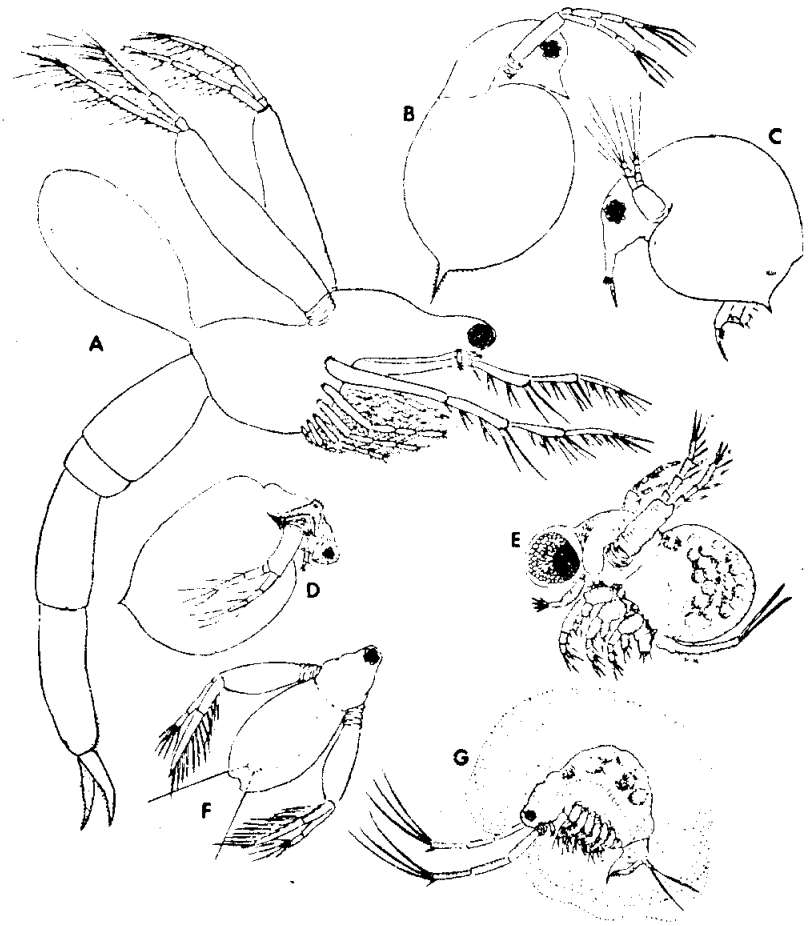

Fig. 3-7. Some planktonic cladocerans. A, *Leptodora kindtii;* B, *Daphnia rosea;* C, *Bosmina longirostris;* D, *Ceriodaphnia lacustris;* E, *Polyphemus pediculus;* F, *Diaphanosoma;* G, *Holopedium gibberum.*

Holopedium sp. (Fig. 3-7, G) อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มี calcium ต่ำ, มี secondary antennae, รูปร่างคล่องแคล่ว ส่วนใหญ่ร่างกายปกคลุมด้วย gelatin

Cyclomorphosis ใน rotifer, limnetic dinoflagellates, cladocerans มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปตามฤดูกาล, สภาพแวดล้อมที่พวกมันอาศัยอยู่

The Copepoda

พวก copepods พบมากในทะเล แต่ในน้ำจืดก็มีบ้าง ซึ่งพบโดยทั่วไป 3 พวกด้วยกันได้แก่ Harpactioida, Cyclopoida และ Calanoida (Fig. 3-8)

Harpacticoids (Fig. 3-8, D) ส่วนมากพบบริเวณชายฝั่ง littoral zone ได้แก่ psammon

Cyclopoids (Fig. 3-8, B) พบอยู่ทั่วไป และพบมากบริเวณชายฝั่ง littoral zone และที่ limnetic zone เล็กน้อย

Calanoids พบตามบริเวณที่มีน้ำไหลเข้าและออกในทะเลสาป เช่น Diaptomus sp. (Fig. 3-8, E) พบในบริเวณที่มีน้ำขังอยู่ชั่วคราว, บ่อเล็ก ๆ , ทะเลสาปใหญ่ กินอาหารโดยการกรองอาหารซึ่งกระแสน้ำพัดพามา Diaptomus sp. และ Cladocera ซึ่งกินอาหารโดยการกรองอาหารเปลี่ยนสภาพ protein, fats และ carbohydrates เป็นเนื้อเยื่อ

Diaptomidae และ calanoids บางชนิดที่พบในน้ำจืดมาจากพวก family ที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม Family Centropagidae อยู่ในน้ำเค็ม แต่พบ 2 species ในน้ำจืด ได้แก่ Limnocalanus sp. (Fig. 3-8, A) ใน North America, Calamoecia sp. ใน Australia

ในทะเลสาปอเมริกาเหนือ, พวก zooplankton ที่พบมากได้แก่พวก Cyclopoids, Tropho-cyclops pracinus, Mesocyclops edax, และ Cyclops bicuspidatus

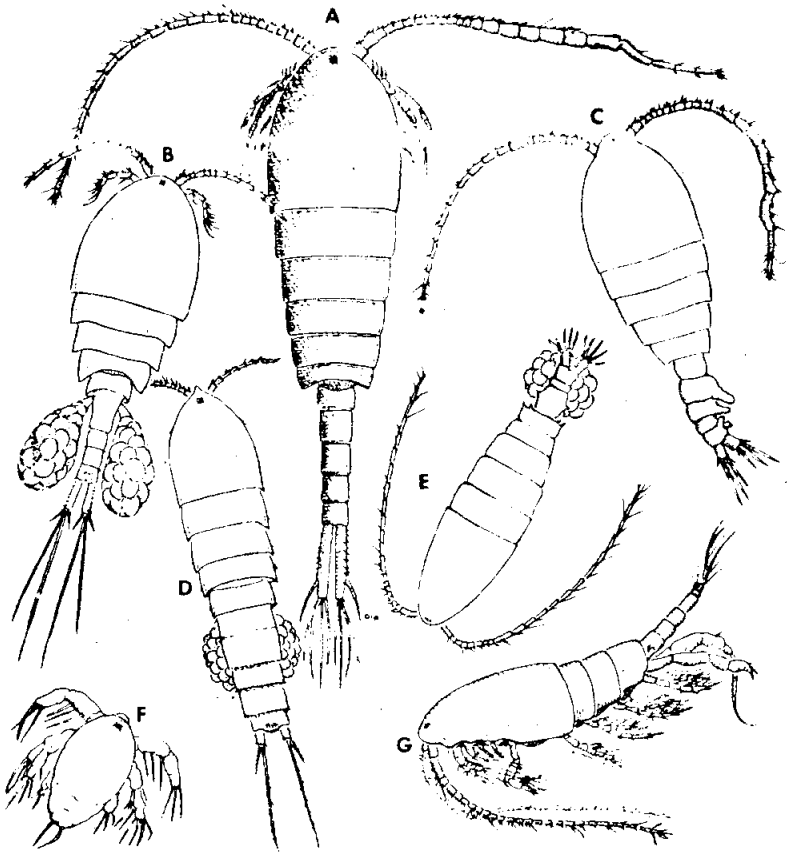

Fig. 3-8. Some copepods of inland waters. A,*Limnocalanus macrurus,* Centropagidae, Calanoida, male; B, *Eucyclops serrulatus,* Cyclopoida, female; C, *Epischura lacustris,* Temoridae, Calanoida, male; D, *Canthocomptus,* Harpacticoida, female; E, *Diaptomus siciloides,* Diaptomidae, Calanoida, female; F, nauplius larva of *Diaptomus;* G, *Senecella calanoides,* Pseudocalanidae, Calanoida, male.

The insect Chaoborus sp.

Chaoborus sp. (Fig. 2-2, C) พบมากใน dystrophic และ eutrophic lake แต่ใน oligotrophic lake พบไม่บ่อยนัก ระยะตัวอ่อนมีรูปร่างโปร่งแสง, มี antennae, pigmented air sac ที่เห็นชัดอยู่ 4 ถุง, มีความคงทนต่อสภาพแห้งแล้ง, พบในชั้น hypolimnion ในเวลากลางวัน ขึ้นมาบนผิวน้ำในเวลากลางคืน

Leptodora sp. พบเมื่อพระอาทิตย์ตก, มันกินอาหารพวก micro crustaceans, rotifer, มันเป็น predator, secondary consumer ถุงแกซที่เป็น pigment ของตัวอ่อนจะเคลื่อนจากส่วนที่อยู่ลึกขึ้นมาบนผิวบน pigmented cells ได้สร้างผนังของ sac แล้วขยายใหญ่ขึ้นมา ช่วยลดความหนาแน่น ทำหน้าที่ช่วยในการรับเสียง

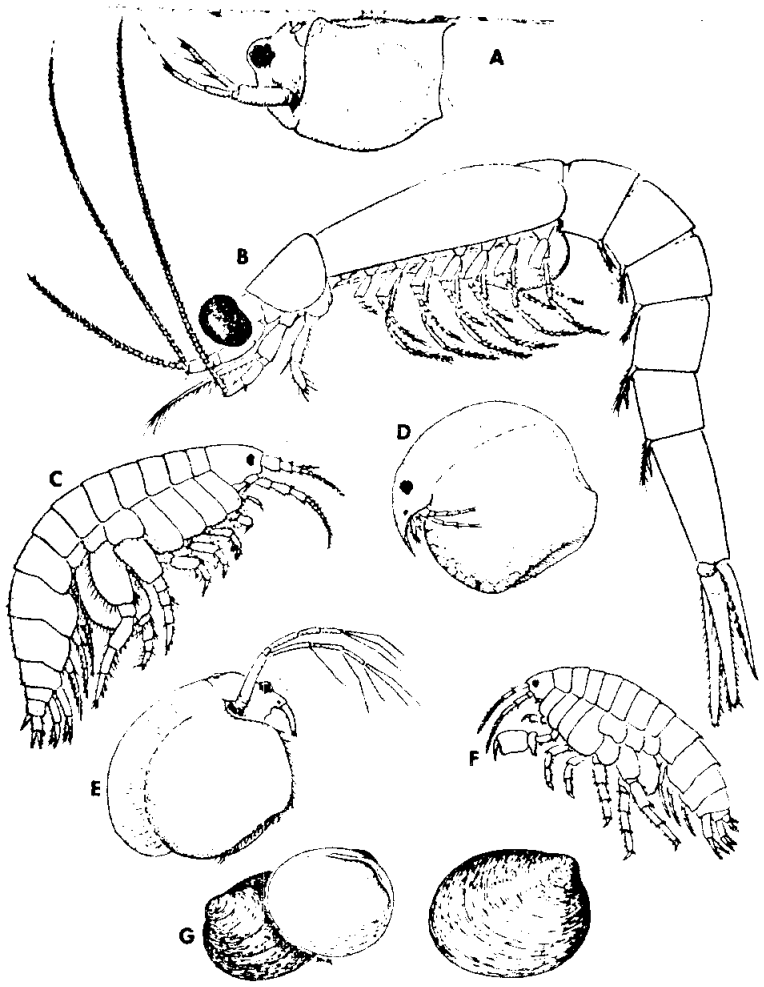

Fig. 3-9. Miscellaneous lacustrine species of special interest. A, *Scapholeberis kingi,* female, a hyponeustonic cladoceran. B, *Mysis relicta,* female, a nektonic glaciomarine relict from northern lakes. C, *Pontoporeia affinis,* female; a benthic glaciomarine relict amphipod. D, *Chydorus sphaericus;* a common chydorid cladoceran, E, *Bunops* sp.; a macrothricid cladoceran. F, *Hyalella azteca,* male; a North American amphipod. G, *Pisidium conventus;* a cold-water sphaeriid clam.

Glaciomerine relicts and other plankters

กลุ่มของสัตว์ที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับสภาพความเป็นอยู่ในทะเล ได้แก่ glaciomerine relict species (Fig. 3-9) พบในที่ลึก, cold oligotrophic lake พวก copepods, Limnocalanus macrurusและ Senecella calanoides เป็นตัวแทนของ marine family มันอยู่กระจัดกระจายใน oligotrophic lake ที่อยู่ตอนเหนือ Eurytemora sp. พบในน้ำจืดทุกวันนี้ใน Lake Erie

Mysis relicta (Fig. 3-9, B) อยู่ใน order Mysidacea เป็น order พวกน้ำเค็ม มันอาศัยอยู่ในชั้นลึก, profundal benthose ใน oligotrophic lake ที่อยู่ตอนเหนือ Mysis sp. ว่ายน้ำแข็งแรงในกระแสคลื่น turbulent current นักวิทยาศาสตร์บางคนตั้งชื่อว่า Nekton

Amphipods ของพวก sow bugs ส่วนใหญ่เป็นพวกน้ำเค็ม แต่ก็มีเป็นพวกน้ำจืด

The Benthose

Benthose หมายถึง organism ที่อยู่กันพื้นทะเลสาป ถ้าแบ่งทาง phylogenetic จะแบ่งออกได้ 2 พวกคือ Phytobenthos และ Zoobenthos ในการศึกษาพวก benthic ใช้เครื่องมือเรียกว่า sieves ช่วยแยก organism จาก sediments sieves เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วยตาขนาดเล็ก 0.833-0.417 ม.ม. พวก macrobenthic ก็อยู่บนตาของตาข่าย ส่วน microbenthic ก็ลอดผ่านไป ส่วน meiobenthose คือ benthos ขนาดกลางระหว่าง macro และ microbenthic

1. The phytobenthos

Phytobenthos ได้แก่พวก aquatic macrophytes และ bottom dwelling algae พวกพืชมีขนาดใหญ่เป็นพวก algae ที่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับ Chlorophyceans ได้แก่ Chlorophyta เช่น Chara sp. และ Nitella sp. Chara sp. มีรูปร่างเป็นลำต้น, มีพวก calcareous ปกคลุม พบในทะเลสาปที่มีน้ำกระด้าง Nitella sp. เป็นพืชพบในน้ำอ่อนที่มีสภาพความเป็นกรด

พวก moss (Bryophyta) และ ferns (Peridophyta) พบในส่วนลึกของทะเลสาปที่มีน้ำใส

Aquatic plant ที่พบที่ littoral zone มีแรงจากกระแสคลื่น, physical, chemical, ทางธรรมชาติ มีความสำคัญต่อมัน Potamogeton praelongus และ P. obtusifolius มีความคงทนในที่ลึก และสามารถเกิดขบวนการสังเคราะห์แสงต่อความเข้มของแสงที่สลัว ๆ

พวก littoral macrophytes เป็นที่พักของ epiphytic algae และสัตว์เช่น bryozoans พวกหอย และ organism ที่อยู่เหนือพวก weeds ถูกเรียกรวมเป็น epiphytic plants พวก pond weeds มีความสำคัญต่อพวกแมลงที่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ที่จะใช้ในการยึดเกาะ, ซ่อนตัว, อาศัยอยู่

พวก macrophytes นำ inorganic nutrients จาก sediments เข้าไปและปล่อยพวก organic compound ออกมาละลายในน้ำ

tissue ของฟองน้ำของพวก aquatic plants เก็บพวก metabolic gas บางครั้งก็ปล่อยอ๊อกซิเจนออกมาในเวลากลางคืน

The Zoobenthos

พวก zoobenthos ที่อาศัยตามชายฝั่ง จะแตกต่างกับพวกที่อยู่ในที่ลึก ได้แก่ Protozoans, sponges, coelenterates, rotifera, nematodes, bryozoans, decapods, ostracods, cladocerans copepods, pelecypods, gastropods, insects

พวก microbenthic จะมีความสำคัญต่อผลผลิตในทะเลสาป เช่น พวก entomostracans ได้แก่ crustacea ตัวเล็ก ๆ (cladocerans, ostracods, copepods)

Arthropods ส่วนมากตายแล้วจะเหลือทรากของ exoskeleton อยู่ เช่น carapace, postabdomens

พวก zoobenthos จะมีมากตาม littoral zone พอมาถึง sublittoral zone มันจะลดน้อยลงมาก, profundal ก็จะมีน้อย species ที่อยู่กระจาย (monotony) แต่มีเพียงหนึ่งหรือสอง species ที่มีจำนวนมาก เพราะว่า Profundal zone นี้น้ำเย็นกว่า, 0_2 และ p^H น้อย, $C0_2$ สูง, CH_4, $HC0_3^-$, P, NH_3, Organic compound และ Nitrogen compound.

Profundal benfhos ใน oligotrophic lakes มี species มากกว่าสิ่งที่มีชีวิต ที่อาศัยอยู่ก้นพื้นน้ำใน eutrophic lakes.

Northern oligotrophic lakes ที่อยู่ในเขตหนาวมีสิ่งมีชีวิต เฉพาะได้แก่ Mysis relicta, Pontoporeia offinis (Fig. 3-9, C) มีการเคลื่อนไหวไปในทิศทางตรงกันข้ามกับ Pisidium conventus (Fig. 3-9, G), Heterotrissocladius subphilosus (เป็น chironomid มีความทนทานต่ออุหภูมิน้อย)

Profundal benthos ของ eutrophic lakes จะมีบาง species คงทนต่อ 0_2 ที่มีอยู่น้อย เช่น chironomus sp., Limnodrilus sp. coligochate worms) Pisidium sp. (Sphaeriid clams), Chaoborus sp. (dipteran) ถ้าสภาพแวดล้อมไม่เปลี่ยนแปลงมากนักจะมีพวก ciliates (Loxodes so., Coleps sp., Rhagadostoma sp., และ Metopus sp.), Protozoans (rhizoropod เช่น Pelomyxa sp., flagellates เช่น Bodo sp.,Chilomonas sp., Monas sp., Phacotus sp.) อยู่ที่ sediments พวก rotifer Rotaria rotatoria, nematodes, Trilobus มีความทนทานต่อแหล่งที่มี 0_2 น้อย

สัตว์ใน Profundal benthos มีอุปนิสัย การกินอาหารแตกต่างกัน อาหารที่กินได้แก่พวก phytoplankton ฮีโมโกลบินอยู่ใน benthic animals ช่วยในการเพิ่ม 0_2 เข้าในเม็ดเลือด

จากการศึกษาสิ่งที่มีชีวิตที่ก้นพื้นทะเลสาป พบว่า Profundal benthos ในรอบปีมีจำนวน, ปริมาณ, น.น.ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

The Periphyton (Aufwuchs)

Aufwuchs หมายถึง organism เกาะอยู่กับ substrate ไม่ได้แทงทลุลงไป การเปลี่ยนแปลงของมันไม่จำกัด

Substrate ที่มันยึดเกาะแบ่งออกได้

1. เป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต (non-living substrate)

2. เป็นสิ่งที่มีชีวิต (living substrate) แม้ว่าพวกพืชหรือสัตว์ที่ตายแล้วเราถือว่าเป็น living substrate.

การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของ Aufwuchs มี factor ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง

1. อุณหภูมิ algae สีแดงจะมีการเปลี่ยนแปลงให้มีสีสดใสมากขึ้นที่ 26 ใน tropical lake

2. แสง เป็น controlling factor จะเปลี่ยนแปลงไปตามความลึก พืชสามารถใช้พวก nutrient ที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างสลายตัวในสารละลายโดย pigment ที่ดูดซึมรังสีของแสง เช่น green,

chromatophores สามารถใช้แสงสีแดงดีที่สุด ถ้าในที่ลึกเมื่อรังสีสีเขียวเริ่มมีมากขึ้น พวก brown และ red algae จะปรับตัว และเปลี่ยนแปลงการใช้

The Seston

Seston หมายถึงสิ่งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิตพบอยู่ในแหล่งน้ำ แบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

1. Bioseston หมายถึงสิ่งที่มีชีวิตอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ

2. Abiosestor หมายถึงสิ่งที่ไม่มีชีวิตอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ

The Neuston

Neuston หมายถึงกลุ่มของพืช และสัตว์ที่อยู่รวมกันเป็น community แบ่งออกได้

Epineuston หมายถึง neuston ที่อยู่บนผิวน้ำ เช่น arach nids Acari sp. Order Collembola

Hyponeuston หมายถึง neuston ที่อยู่ใต้ผิวน้ำ เช่น ปลา minows, Gambusia sp., crustaceans, Notodromus sp., Scapholeberis sp.

The Psammon

Psammon หมายถึงสิ่งที่มีชีวิต(พืช, สัตว์)อาศัยอยู่ที่หาดทราย หรือผิวน้ำของทะเลสาป เช่น turbellaria, nematodes, insect larvae และอื่น ๆ

Hydropsammon หมายถึง psammon ที่อยู่ใต้ระดับน้ำ

ในขณะที่ชายหาดลาดลงไป มีความลึกตั้งแต่ 1-4 ม. บริเวณผิวบน แสงส่องทลุผ่านมีพวก diatom ชนิดพิเศษอยู่ ต่ำลงไปมีพวกสัตว์และแบคทีเรีย

The Tripton (Detritus)

Detritus หมายถึงสิ่งที่ไม่มีชีวิตประกอบด้วยพวกพืชและสัตว์

Lotic communities

potamology เป็นวิชาหนึ่งที่อยู่ในวิชา Limnology ซึ่งศึกษาถึงสภาพความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิต ที่มีอยู่ก่อนและเข้ามาครอบครอง

พวก micro organisms ที่พบในแหล่งน้ำเล็ก ๆ ลำธารที่มีน้ำไหล มันไม่สามารถยึดเกาะจากฐานที่มันเกาะอยู่ได้ กระแสน้ำไหลออกจากทะเลสาปเข้าสู่ลำธารปรกติจะนำ plankton

organisms เข้าสู่ลำธารด้วยในลำธารที่มีขนาดใหญ่ จะมีกลุ่มพวก phytoplankton ที่เป็นพวก diatoms, zooplankton ส่วนมากเป็นพวก rotifers, crustacea ขนาดเล็ก

ผลผลิตเริ่มแรกส่วนมากในลำธารเล็กมาจากพวก periphyton algae มากกว่า phytoplankton แม้ว่าสิ่งที่ชีวิตอยู่รวมกันเป็น communities ในแหล่งน้ำที่มีกระแสน้ำไหล พลังงานของพวกนี้ได้มาจากพวก allochthonous เมื่อกระแสน้ำไหลผ่านสิ่งที่มีชีวิตที่อยู่ด้านล่าง, พวก benthic plants, algal หรือสิ่งที่มีชีวิตสูงกว่าจะมีผลผลิตเพราะว่ามันได้รับพวก nutrients จากกระแสน้ำตอนต้นใน กระแสน้ำไหลจะพบพวก invertebrates ด้วยเช่น Blackflies, dipterans, ในลำธารมากกว่าในบ่อ

Hynes (1970) ว่า substrates ที่อยู่ในลำธารมันควบคุมการเคลื่อนไหวของสัตว์ ถ้า substrate ถูกทำให้เคลื่อนที่โดยกระแสน้ำพวกสิ่งที่มีชีวิตจะลดลง ในสระน้ำที่มี subatrate อ่อนนุ่ม พวกสัตว์ที่มีชนิดต่าง ๆ กัน จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย สัตว์ต่าง ๆ ที่อาศัยในกระแสน้ำไหลจะมีการดัดแปลงรูปร่างให้เหมาะสมเช่น ลำตัวแบนเพื่อลดขนาดลงไม่ให้ปะทะกับ substrates หรือความเร็วของกระแสน้ำลดลงหรือหลีกเลี่ยงการปะทะกระแสน้ำโดยการซ่อนตัวตามซอกก้อนหิน พวกที่มีขนาดเล็ก เช่น rotifers nematodes, และ protozoans สามารถหลบซ่อนอยู่ใต้ก้อนหิน

พวก may flies (Ephemeroptera), planarians, leeches, ดัดแปลงให้ตัวแบนเพื่อหลีกการปะทะของกระแสน้ำมาก ปลาก็ดัดแปลงให้เป็นรูปกระสวย และกลมเมื่อผ่าตัด cross-section

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้มีการเปลี่ยนแปลงหลายแบบด้วยกัน เช่น สร้าง hooks, น้ำเหนียว ๆ, เกราะหุ้มตัว (case)