# บทที่ 8
## กำเนิดของชีวิต

ปัญหาหรือข้อสงสัยที่ว่า ชีวิตมีจุดกำเนิดขึ้นมาในโลกนี้ได้อย่างไร เป็นปัญหาที่มนุษย์ได้ขบคิดและพยายามหาคำอธิบายตลอดมา นับตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์จนกระทั่งถึงปัจจุบัน และถึงแม้ว่าจะมีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อยู่อย่างมากมาย แต่ก็ยังไม่มีข้ออธิบายใดที่จะถือเป็นอันยุติแน่นอน เป็นแต่เพียงการสันนิษฐานโดยนำหลักฐานต่าง ๆ มาประกอบสนับสนุนให้เชื่อได้มากขึ้นเท่านั้น ในยุคสมัยที่ผ่านมา มีนักปรัชญาและผู้ที่สนใจในวิทยาการได้ให้ข้ออธิบายขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ตามความเจริญของอารยธรรม วัฒนธรรม และสังคมในสมัยนั้น ๆ ซึ่งพอจะประมวลได้เป็นลำดับมาดังต่อไปนี้

ในสมัยที่มนุษย์ยังมีความเชื่อในอิทธิปาฏิหาริย์ และในสมัยที่ศาสนามีอิทธิพลต่ออารยธรรมและสังคมมาก นักศาสนามักอ้างคัมภีร์ในศาสนาว่า ชีวิตต่าง ๆ นั้นเกิดมาจากการเสกสรรค์ของพระผู้เป็นเจ้า และทรงเป็นผู้กำหนดควบคุมความเป็นไปของชีวิตเหล่านั้น ความเชื่อในทำนองนี้มีอยู่ในแทบทุกลัทธิศาสนา และเป็นความเชื่อที่ยังมีผู้เชื่อถือต่อมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ หรือแม้แต่ในปัจจุบันก็ยังมีคนบางจำพวกเชื่อกันเช่นนั้น

ต่อมาเมื่อวิทยาการเจริญมากขึ้น มนุษย์ได้พิจารณาธรรมชาติอย่างพินิจพิเคราะห์และมีเหตุผลมากขึ้นกว่าเดิม แนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องกำเนิดของชีวิตจึงเปลี่ยนแปลงไป โดยในตอนแรกเกิดแนวความคิดในทางที่เชื่อว่า ชีวิตก่อกำเนิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิตโดยมีการเปลี่ยนแปลงทีละเล็กทีละน้อย (spontaneous changes) ความเชื่อนี้มีนักปรัชญาและนักปราชญ์โบราณสนับสนุนอยู่มาก เช่น

Thales กล่าวว่า ชีวิตเกิดมาจากโคลนในทะเล โดยได้รับความร้อนหรือความอบอุ่นจากทะเลนั้น

Anaximander กับ Xenophane กล่าวว่า ชีวิตเกิดมาจากดินและน้ำ โดยเกิดขึ้นในน้ำ และมีแสงแดดเป็นองค์ประกอบ

Anaxagorus กล่าวว่า พืช สัตว์ และมนุษย์เกิดมาจากโคลนเลนบนพื้นโลก

Aristotle กล่าวว่า สิ่งมีชีวิตเกิดจากสารไม่มีชีวิตเมื่อประกอบกันขึ้นเป็นรูปร่างแล้ว จะมีวิญญาณเข้ามาสิงอยู่ วิญญาณนั้นประกอบด้วยธาตุ ดิน น้ำ ลม ไฟ จากนั้นสิ่งมีชีวิตอย่างง่าย ๆ นี้จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีรูปร่างซับซ้อนยิ่งขึ้น บุคคลผู้นี้ได้ยกตัวอย่างประกอบ เช่น ไส้เดือนเกิดจากของบูดเน่าในดิน หิ่งห้อยและแมลงเกิดจากหยดน้ำค้าง ยุงและลูกน้ำเกิดจากน้ำ กุ้ง หอย กบ เกิดจากโคลน หนูเกิดจากดินชื้น ส่วนมนุษย์นั้นเดิมมีรูปร่างเป็นตัวหนอนแล้วเปลี่ยนรูปร่างมาจนเป็นมนุษย์

Saint Augustine กล่าวว่า สิ่งมีชีวิตเกิดจากการที่พระผู้เป็นเจ้าทรงสร้างจากอนินทรีย-สาร ในขณะที่ทรงสร้างโลก

Epicurus กล่าวว่า พืชและสัตว์เกิดมาจากดิน โดยมีดวงอาทิตย์ พายุ และฝนเป็นผู้ควบคุม

ความเชื่อและแนวคิดของนักปราชญ์โบราณเหล่านี้มีอิทธิพลต่อเนื่องมาจนถึงสมัยกลาง ก่อนยุคศิลปวิทยาการจะก้าวหน้า ผู้ที่ยังเชื่อว่าชีวิตเกิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิตในยุคกลางนี้ ได้แก่

Paracelsus เชื่อว่า กบ ปลาไหล หนู เต่า เกิดมาจาก อากาศ น้ำ และไม้ผุเปื่อย

Jean Baptiste Van Helmont เชื่อว่าเหงื่อของมนุษย์จะทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตได้ ได้ทำการทดลองโดยเอาเสื้อที่ชื้นเหงื่อใส่ลงในหม้อ แล้วใส่เมล็ดข้าวสาลีลงไปด้วย ต่อมาพบว่ามีหนูเกิดขึ้นในหม้อนั้น ทำให้เขาแน่ใจว่า สิ่งมีชีวิตนั้นเกิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิตอย่างแน่นอน

ประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 17 ซึ่งเป็นระยะที่วิทยาการแขนงต่าง ๆ ในยุโรปกำลังเจริญรุ่งเรืองอย่างยิ่ง วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแนวจากแบบพรรณนามาเป็นแบบที่มีการทดลองประกอบเหตุผลการอธิบาย ประกอบกับมีการค้นพบเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ขึ้นอย่างมากมาย ทำให้ความเชื่อที่ว่าสิ่งมีชีวิตมีกำเนิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิตนั้นเริ่มเปลี่ยนแปลงไป แต่ก็ยังมีบุคคลบางกลุ่มยังยึดมั่นอยู่ในความเชื่อเดิมนั้น เหตุผลของนักวิทยาศาสตร์ในยุคนี้จึงมีการโต้แย้งกันเสมอ เช่น

Francesco Redi (ค.ศ. 1626 - 1697) เป็นผู้พิสูจน์ว่าสิ่งมีชีวิตไม่ได้เกิดมาจากสิ่งไม่มีชีวิต เขาทำการทดลองโดยเอาเนื้อใส่ลงในขวดปากกว้าง 3 ใบ ซึ่งใบที่หนึ่งเปิดฝา ใบที่สองปิดปากขวดด้วยผ้ากรอง และใบที่สามปิดจุกสนิท ตั้งทิ้งไว้จนเนื้อในขวดทั้งสามใบนั้นเน่า ปรากฏว่าขวดใบที่หนึ่งมีแมลงวันลงไปตอมเนื้อแล้วต่อมาเกิดตัวหนอนไต่บนก้อนเนื้อ ขวดใบที่สองมีแมลงวันไปไข่บนผ้าแล้วฟักออกมาเป็นตัวหนอนบนผ้า ส่วนขวดใบที่สามนั้นไม่มีตัวหนอนเลย Redi จึงสรุปว่าตัวหนอนเกิดมาจากไข่ของแมลงวัน เนื้อเน่าเป็นเพียงแหล่งที่ช่วยให้แมลงวันมาวางไข่เท่านั้น แต่ผลการทดลองนี้ไม่มีผู้ใดยอมรับว่าถูกต้อง

ในระยะนั้น Antony Van Leeuwenhoek (ค.ศ. 1632 - 1723) ได้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ขึ้นได้ ใช้ส่องขยายดูสิ่งต่าง ๆ พบว่ามีสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ปนอยู่ในนั้นเป็นจำนวนมาก ทำให้คนเป็นจำนวนมากเชื่อกันว่าสิ่งมีชีวิตนั้นเกิดขึ้นมาได้เองจากสิ่งไม่มีชีวิตอย่างแน่นอน

John Tuherville Needham (ค.ศ. 1713 - 1781) ได้ทดลองต้มน้ำซุปใส่ถ้วยแก้วเล็ก ๆ แล้วปิดจุกไว้ ต่อมามีสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ เกิดขึ้นมากมาย จึงสรุปว่าสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากน้ำซุปและเป็นตัวรับช่วง "พลังชีวิต" จากน้ำซุปนั้น (ในสมัยนั้นนักปรัชญามีความเชื่อว่า พืชและสัตว์จะมีวิญญาณและมีพลังชีวิต (Vital force) อยู่ พลังชีวิตนี้สามารถถ่ายทอดแก่กันได้)

Lazzaro Spallanzani (ค.ศ. 1729 - 1799) ได้คัดค้านความเห็นของ Needham โดยทดลองตุ๋มซุปโดยใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลานาน แล้วหลอมปากขวดแก้วให้ปิดสนิทอากาศผ่านเข้าไม่ได้ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลานานก็ไม่ปรากฏว่ามีสิ่งมีชีวิตใด ๆ เกิดขึ้น ในเรื่องนี้ Needham ค้านว่าการต้มนาน ๆ จะทำให้ความร้อนไปทำลายพลังชีวิต พร้อมกันนั้นมีการกล่าวโจมตีว่าไม่ถูกต้องจนเป็นเหตุให้ไม่มีผู้ยอมรับผลงานของ Spallanzani จนถึงกลางศตวรรษที่ 19

Louise Pasteur (ค.ศ. 1822 - 1895) ได้ทำการทดลองและย้ำว่า สิ่งมีชีวิตจะต้องเกิดจากสิ่งมีชีวิต ในอากาศทั่วไปนั้นจะมีสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ หรือจุลินทรีย์ลอยปะปนอยู่ การเน่าของเนื้อหรือของน้ำซุป เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์เหล่านี้ ถ้าป้องกันหรือทำลายจุลินทรีย์เสียก่อน น้ำซุปหรือเนื้อจะไม่เสียหายบูดเน่าเลย

John Tyndall (ค.ศ. 1820 - 1893) ได้ย้ำความคิดของ Pasteur ว่า จุลินทรีย์สามารถสร้างสปอร์ (spore) ซึ่งทำหน้าที่เป็นหน่วยขยายพันธุ์ได้ สปอร์นี้ทนทานต่อความร้อนและความแห้งแล้งมาก และเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว

แม้ว่าแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ในสมัยกลางนี้จะมีความโน้มเอียงว่าชีวิตจะต้องเกิดมาจากสิ่งมีชีวิตรุ่นก่อน ๆ แล้ว แต่ก็ยังไม่มีผู้ใดให้คำอธิบายได้อย่างชัดแจ้งว่าจุดกำเนิดของชีวิตนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร

มีนักปรัชญาอีกกลุ่มหนึ่งมีความคิดเห็นว่า ชีวิตนั้นเป็นสิ่งที่ไม่มีที่สิ้นสุด กำเนิดของชีวิตนั้นมีมาพร้อมกับการเกิดของเอกภพ ในปี ค.ศ. 1865 Richter ได้ตั้งทฤษฎีชื่อ Cosmazoan Theory กล่าวว่า ชีวิตแรกบนพื้นพิภพนั้นมาจากดาวดวงอื่น สิ่งมีชีวิตนั้นลอยมาในรูปของสปอร์ซึ่งมีขนาดเล็กและทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้อย่างดี สปอร์นี้มาสู่โลกได้พร้อมกับสะเก็ดดาวหรืออุกกาบาต เมื่อมาถึงโลกในเวลาพอดีที่สิ่งแวดล้อมขณะนั้นเหมาะสมแก่การเจริญชีวิต จึงได้ขยายพันธุ์และมีวิวัฒนาการมาเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ จนปัจจุบันนี้

ใน ค.ศ. 1903 Svante Arrhenius ได้กล่าวเสริมว่าสปอร์ของชีวิตนั้นอาจผ่านจากดาวดวงอื่นมายังโลกได้ โดยใช้ความเร็วชั่วโมงละ 360,000 กิโลเมตร

มีผู้กล่าวค้านทฤษฎีทั้งสองนี้ว่า ในจักรวาลนั้นมีความเย็นจัด แห้งแล้งจัด ทั้งยังมีรังสีที่เป็นอันตรายต่าง ๆ อีกมากมายไม่มีทางเป็นไปได้ที่สปอร์นั้นจะทนทานรอดมาถึงพื้นพิภพได้ นอกจากนั้นทฤษฎีทั้งสองนี้ก็ยังไม่ได้อธิบายว่าชีวิตนั้นมีจุดเริ่มต้นอย่างไร

ในเวลาต่อมานักวิทยาศาสตร์เริ่มสนใจและมีความรู้ในเรื่องราวทางชีวเคมี และอินทรีย์เคมีมากขึ้น ทำให้แนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องกำเนิดของชีวิตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

Edvard Pflüger (1829 - 1910) กล่าวว่า ชีวิตแรกเริ่มนั้นเกิดจากธาตุต่าง ๆ มาทำปฏิกิริยาเคมีกันในขณะโลกยังร้อนอยู่ ทำให้เกิดเป็นสารอินทรีย์ แล้วเป็นสิ่งมีชีวิตในที่สุด

ในปี ค.ศ. 1925 Bailey สามารถสังเคราะห์น้ำตาลจากสารอนินทรีย์ จึงสรุปว่าสิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งไม่มีชีวิตได้โดยการผสมอย่างเหมาะสม

J.B.S. Haldane, R. Beutner และ A.I. Oparin กล่าวไว้ในปี ค.ศ. 1924 1929 และ 1936 ตามลำดับในทำนองเดียวกันว่า สิ่งมีชีวิตประกอบขึ้นด้วยสารอินทรีย์ ซึ่งต้องมีธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ประกอบอยู่ ทำให้เชื่อว่าโลกในสมัยแรกในขณะหนึ่งนั้นจะมีภาวะเหมาะสมที่จะทำให้ธาตุทั้ง 4 ชนิดนี้มาประกอบกันได้ แล้วกลายเป็นสารส่วนหนึ่งของสิ่งมีชีวิต

ในปี ค.ศ. 1930 และในปี ค.ศ. 1953 Harold C. Urey กับ Stanley L. Miller ได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสารอินทรีย์เกิดจากสารอนินทรีย์ โดยเอาไอน้ำ แอมโมเนีย

มีเทน และไฮโดรเจนมารวมกัน โดยใช้กระแสไฟฟ้าช่วย ทำให้ได้สารอินทรีย์ประเภทโปรตีนขึ้นมา

ค.ศ. 1955 Blum ได้ให้เหตุผลในทางประนีประนอมว่า ชีวิตแรกเริ่มอาจเกิดแบบ spontaneous generation ได้ แต่จะเกิดในช่วงระยะเวลาอันสั้น เมื่อประมาณไม่ต่ำกว่า 3,000 ล้านปีมาแล้ว เมื่อชีวิตแรกเริ่มเกิดขึ้นมาแล้ว สภาวะที่อำนวยให้เกิดชีวิตนั้นก็ไม่มีอีก ส่วนชีวิตนั้นก็มีวิวัฒนาการสืบต่อกันต่อมาเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ

ค.ศ. 1957 Sidney W. Fox ได้ทดลองเอากรดอะมิโน (ซึ่งเป็นสารอินทรีย์) มาทำปฏิกิริยาเคมีรวมกัน ได้สารใหม่มีสภาพคล้ายโปรตีนในสัตว์

ค.ศ. 1961 Dr. Melvin Calvin ได้ทำการทดลองคล้ายกับ Stanley L. Miller แต่ผ่านรังสีแกมมาเข้าไป ปรากฏว่าได้สารประกอบหลายชนิดที่พบในสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นยังได้สารที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานในสิ่งมีชีวิตอีกด้วย จึงลงความเห็นว่า อินทรียสาร (รวมไปถึงชีวิต) อาจเกิดจากอนินทรียสารได้ถ้ามีพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดได้

ด้วยความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ในแขนงต่าง ๆ ทั้งทางธรณีวิทยา ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา เมื่อประมวลความรู้เหล่านี้เข้าหากันแล้ว อาจสันนิษฐานการกำเนิดของชีวิตเริ่มแรกได้ว่า สิ่งมีชีวิตเริ่มแรกนั้นเกิดจากการรวมตัวของสารอนินทรีย์ในปริมาณ และสภาพการณ์ที่เหมาะสมยิ่ง และสภาพการณ์นั้นเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว ประมาณ 2,000 ล้านปีมาแล้ว เมื่อชีวิตแรกเริ่มเกิดขึ้นแล้ว ต่อมาจะมีวิวัฒนาการทีละน้อย ๆ ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมานับล้าน ๆ ปี จนกลายเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ตามหลักของวิวัฒนาการ

## ลำดับขั้นของการกำเนิดของชีวิต

ดังได้กล่าวมาในบทต้น ๆ แล้วว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหลายมีองค์ประกอบขั้นมูลฐานเป็นธาตุทางเคมีทั้งสิ้น นอกจากนั้นยังมีการยืนยันว่า โลกในยุคก่อนที่จะมีชีวิตเกิดขึ้นนั้นจะมีแต่ธาตุและสารเคมีในรูปของอะตอมเท่านั้น ดังนั้นเรื่องราวเกี่ยวกับการกำเนิดของชีวิตหน่วยแรกของโลก จึงเป็นเรื่องราวที่จะลำดับให้ทราบว่า ธาตุหรือสารเคมีในระดับอะตอมนั้นมาประกอบกันขึ้นเป็นชีวิตได้อย่างไร

เพื่อที่จะให้ความเข้าใจในเรื่องจุดกำเนิดของชีวิตเริ่มแรกกระจ่างชัดขึ้น นักศึกษาควรจะได้ทราบเรื่องราวหรือวิวัฒนาการของโลกตั้งแต่เริ่มก่อตัวขึ้นในระบบสุริยะเสียก่อน

วิวัฒนาการของโลกตั้งแต่สมัยแรกเริ่มเป็นต้นมาจนถึงระยะที่ชีวิตเริ่มอุบัตินั้น อาจแยกกล่าวได้เป็นสองระยะ คือ

ระยะที่เป็นวิวัฒนาการทางเคมี (Chemical evolution)

ระยะที่เป็นวิวัฒนาการทางชีวภาพ (Biological evolution)

## 8.1 วิวัฒนาการทางเคมี (Chemical Evolution)

จากการคาดคำนวณโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่า โลกมีอายุประมาณ 4,500 - 5,000 ล้านปี ลักษณะของโลกในระยะก่อนเกิดนั้น เป็นกลุ่มก๊าซซึ่งประกอบขึ้นด้วยละอองรังสี และอนุภาคของธาตุต่าง ๆ ในสภาพของอะตอม อะตอมที่พบมากที่สุดได้แก่ อะตอมของธาตุไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และคาร์บอน (C) นอกจากนั้นก็มีอะตอมของธาตุอื่น ๆ ทั้งที่เป็นโลหะและอโลหะ อะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักต่างกัน เมื่ออุณหภูมิของกลุ่มก๊าซนั้นเริ่มลดลง อนุภาคหรืออะตอมจะมารวมกันเข้าเป็นโมเลกุล ทำให้กลุ่มก๊าซนั้นจะจับตัวแน่นมากขึ้น ในระยะนี้ถ้าอะตอมหรือโมเลกุลใดมีน้ำหนักมาก เช่น อะตอมหรือโมเลกุลของธาตุเหล็ก นิเกิล เงิน ก็จะจมเข้าสู่ชั้นในของกลุ่มก๊าซ อะตอมหรือโมเลกุลของธาตุที่มีน้ำหนักปานกลางจะประกอบกันเป็นชั้นกลาง เช่น อะตอมของธาตุซิลิกอน อะลูมิเนียม ส่วนอะตอมหรือโมเลกุลที่มีน้ำหนักเบา เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และคาร์บอน จะปกคลุมอยู่ที่บริเวณผิวนอก ต่อมาเมื่อกลุ่มก๊าซนั้นได้รับความเย็นจากห้วงอวกาศ จะทำให้กลุ่มก๊าซนั้นอัดตัวแน่นมากขึ้น และอุณหภูมิเริ่มลดลงทีละน้อย ๆ จนสามารถทำให้อะตอมต่าง ๆ เริ่มมีปฏิกิริยาทางเคมีต่อกัน กลุ่มก๊าซจึงเริ่มเปลี่ยนสถานะมาเป็นของแข็งและก่อตัวขึ้นเป็นโลก และนับได้ว่าระยะนี้เป็นระยะเริ่มต้นของวิวัฒนาการทางเคมีของโลก

ในขณะที่โลกเริ่มมีอุณหภูมิลดลง สภาพของอะตอมที่แตกตัวอยู่อย่างอิสระจะหมดไปด้วย และเริ่มทำปฏิกิริยากับอะตอมอื่นเป็นโมเลกุลมากขึ้น การรวมตัวเป็นโมเลกุลนี้จะเพิ่มมากขึ้นและมีสภาพเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ สภาพการณ์ดังกล่าวนี้ใช้เวลานับเป็นล้านปี

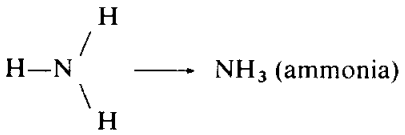
ระยะที่เป็นวิวัฒนาการทางเคมีของโลก อาจแบ่งลำดับออกได้เป็นสี่ระยะที่แตกต่างกันตามลำดับ คือ

*ระยะที่ 1* เมื่ออุณหภูมิของโลกเย็นลงจนอำนวยให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นได้แล้ว อะตอมของธาตุเบา ๆ ซึ่งปกคลุมผิวโลกอยู่จะทำปฏิกิริยาต่อกัน เกิดเป็นสารประกอบทางเคมีขึ้นมาโดยอะตอมของธาตุไฮโดรเจนซึ่งเป็นอะตอมที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยามากที่สุด

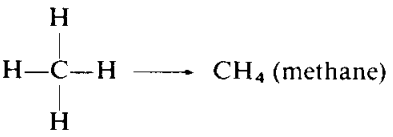
เมื่อทำปฏิกิริยากับอะตอมของออกซิเจน ได้เป็นไอน้ำ

$$H—O—H \longrightarrow H_2O \text{ (water)}$$

เมื่อทำปฏิกิริยากับอะตอมของไนโตรเจน ได้เป็นก๊าซแอมโมเนีย




เมื่อทำปฏิกิริยากับอะตอมของคาร์บอน ได้เป็นก๊าซมีเทน




ไอน้ำและก๊าซต่าง ๆ เหล่านี้จะปกคลุมและเป็นบรรยากาศของโลกในระยะนั้น

จากหลักฐานทางดาราศาสตร์ ฟิสิกส์ ธรณีวิทยา และเคมี นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโลกในระยะนั้นอาจมีสภาพการณ์เช่นที่ว่านี้จริง โดยการศึกษาดาวเคราะห์ต่าง ๆ พบว่าในดาวพฤหัสยังพบว่ามีไอน้ำ ก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซมีเทน อยู่ในสภาพที่เป็นเกล็ดน้ำแข็งปรากฏอยู่จนทุกวันนี้

เมื่อโลกลดอุณหภูมิลงเรื่อย ๆ ไอน้ำเมื่อได้รับความเย็นจะจับตัวเป็นกลุ่มก้อนเมฆมีความหนานับเป็นร้อย ๆ ไมล์ เมื่อถูกความเย็นในเบื้องสูงก็จะกลั่นตัวเป็นฝนตกลงสู่พื้นโลก แต่เมื่อตกกระทบพื้นผิวโลกซึ่งยังร้อนระอุอยู่ ก็จะระเหยเป็นไอลอยกลับขึ้นสู่บรรยากาศใหม่แล้วกลายเป็นฝนตกลงมาอีก วนเวียนอยู่เช่นนี้นับเป็นศตวรรษหรือเป็นพัน ๆ ปี ในที่สุดความเย็นของน้ำฝนจะทำให้ผิวโลกเย็นลงทีละน้อย ๆ จนหยดน้ำสามารถคงสภาพเป็นของเหลวอยู่บนพื้นโลกได้ เมื่อฝนตกลงมาบ่อยครั้งขึ้นในที่สุดก็จะไหลมารวมลงสู่ที่ต่ำ เกิดเป็นแหล่งลุ่มน้ำ ลำธาร แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทรขึ้น

ห้วงน้ำระยะแรกจะมีก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซมีเทนละลายปนอยู่ ในเวลาต่อมาเมื่อน้ำไหลผ่านผิวโลก ทำให้เกิดการชะและกัดกร่อนพัดพาเอาแร่ธาตุและเกลือแร่ต่าง ๆ มา

สะสมไว้ด้วยกัน นอกจากนั้นแรงกระทำของกระแสน้ำและเกลียวคลื่นที่มีต่อชายฝั่งจะช่วยให้แร่ธาตุต่าง ๆ ถูกกัดเซาะลงมาเพิ่มพูนอยู่ในห้วงน้ำมากขึ้น จึงทำให้แหล่งน้ำนั้นเริ่มมีความเค็มขึ้นทีละน้อย ๆ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าแหล่งน้ำนี้เป็นที่รวมของวัตถุธาตุต่าง ๆ ที่จะประกอบกันขึ้นเป็นชีวิตแรกได้

*ระยะที่ 2* เป็นระยะที่เริ่มเกิดสารประกอบอินทรีย์ (สารอินทรีย์หรืออินทรียสารเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีอะตอมของธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ)

คุณสมบัติและความสามารถโดยทั่วไปของอะตอมของธาตุคาร์บอน เป็นธาตุที่มีความสามารถที่จะเข้าทำปฏิกิริยาทางเคมีกับอะตอมของธาตุอื่น ๆ ได้ง่าย ยิ่งไปกว่านั้นสารประกอบของคาร์บอนมีความสามารถที่จะเชื่อมต่อกันได้อย่างไม่มีขีดจำกัด การเชื่อมต่อของอะตอมของธาตุคาร์บอนนั้นอาจเชื่อมต่อเป็นแนวยาวหรือเป็นวงบรรจบก็ได้

ทะเลและมหาสมุทรในระยะเริ่มแรกนั้นจะมีสารประกอบคาร์บอนหรือสารอินทรีย์ชนิดมีเทนเป็นจำนวนมาก มีเทนนั้นจะไปทำปฏิกิริยาเคมีกับโมเลกุลของมีเทน น้ำ แอมโมเนีย หรือไปทำปฏิกิริยาเคมีกับอะตอมหรือโมเลกุลของธาตุหรือสารประกอบอื่น ๆ เกิดเป็นสารประกอบใหม่ขึ้นมาซึ่งแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

(1) น้ำตาล (sugar)

(2) กลีเซอรีน (glycerin)

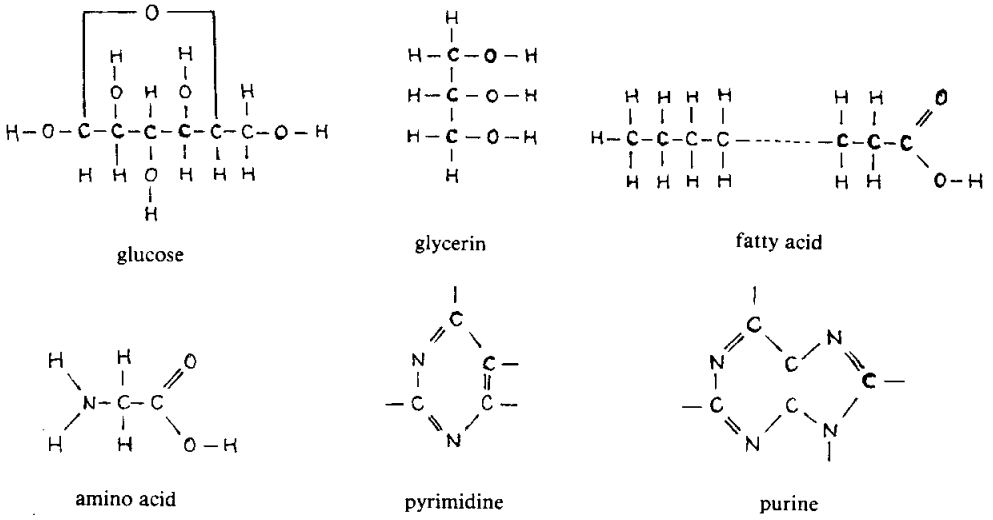
(3) กรดไขมัน (fatty acid)

(4) กรดอะมิโน (amino acid)

(5) ไพริมิดีน (pyrimidines)

(6) พิวรีน (purines)

สารอินทรีย์แต่ละชนิดนี้มีสูตรโครงสร้างคือ




**ภาพ 8-1** แสดงสูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์ทั้งหกชนิด

โมเลกุลของน้ำตาลประกอบด้วยอะตอมของธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน สารประกอบประเภทน้ำตาลนี้นับเป็นส่วนหนึ่งของอินทรียสารพวกคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

กลีเซอรีน (Glycerin) เป็นสารอินทรีย์ที่คล้ายกับคาร์โบไฮเดรต คือ ประกอบด้วยอะตอมของธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนซึ่งปรกติจะมีอยู่ 3 อะตอม

กรดไขมัน (fatty acid) นอกจากจะมีอะตอมของธาตุไฮโดรเจน และออกซิเจนแล้วยังมีอะตอมของธาตุคาร์บอนอยู่ตั้งแต่ 2-20 อะตอม

กรดอะมิโน (amino acid) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีอะตอมของไนโตรเจนเพิ่มไปจากไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน โดยอะตอมของไนโตรเจนจะจับกับอะตอมของไฮโดรเจนเป็นหมู่อะมิโน (amino group-$NH_2$) นอกจากนั้น จำนวนอะตอมของคาร์บอนยังมีได้ในจำนวนต่าง ๆ กัน และการเกาะเกี่ยวของอะตอมของคาร์บอนอาจจะเป็นเส้นตรงหรือเป็นวงบรรจบก็ได้

ไพริมิดีน (pyrimidine) กับ พิวรีน (purine) เป็นอินทรียสารที่มีสูตรโครงสร้างชนิดเป็นวงบรรจบ โดยไพริมิดีนเป็นวงเดี่ยว และพิวรีนเป็นวงคู่

ในการประกอบกันขึ้นเป็นอินทรียสารทั้ง 6 ชนิดนี้ จะต้องมีพลังงานเข้าไปเกี่ยวข้อง แหล่งที่จ่ายพลังงานให้แก่ขบวนการปฏิกิริยานี้มี 2 แหล่ง แหล่งแรกคือ ดวงอาทิตย์ แม้ว่าชั้น

ของหมอกเมฆที่หนาทึบจะบังกั้นแสงแดดไม่ให้ส่องถึงพื้นโลกได้ก็ตาม แต่รังสีต่าง ๆ จากดวงอาทิตย์ เช่น รังสีอุลตราไวโอเลต (ultraviolet) รังสีเอ็กซ์ (X-ray) และรังสีซึ่งมีอำนาจทะลุทะลวงสูงชนิดต่าง ๆ ก็สามารถจะพุ่งผ่านม่านเมฆนั้นลงมาได้

แหล่งพลังงานแหล่งที่สอง ได้แก่พลังงานที่ได้จากปรากฏการณ์ ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า และประจุไฟฟ้าซึ่งอยู่ในกลุ่มของเมฆหมอกที่ปกคลุมเป็นบรรยากาศของโลกในยุคนั้น

พลังงานจากแหล่งทั้งสองนี้จะช่วยให้ก๊าซและสารต่าง ๆ มารวมกันเป็นอินทรียสารได้ ในเรื่องของการรวมตัวของอนินทรียสารแล้วเกิดอินทรียสารนี้ มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น A.I.Oparin, Harold C.Urey และ Stanley L. Miller ได้ทำการทดลองพิสูจน์และได้ผลการทดลองสนับสนุนความเชื่อนี้

จึงอาจสรุปได้ว่า จากการได้รับพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งจากภายนอกและภายในบรรยากาศที่หุ้มห่อโลกอยู่นั้น ทำให้สารอนินทรีย์ต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำบนพื้นโลกรวมตัวกันขึ้นเป็นสารประกอบอินทรีย์ และสารอินทรีย์เหล่านี้จะเกิดสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระยะแรก ๆ นี้ ยังไม่มีความซับซ้อนในองค์ประกอบมากมายนักแต่ถึงกระนั้นก็ตาม การที่มีอินทรียสารสะสมอยู่เช่นนี้ เป็นหนทางที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงให้เกิดชีวิตขึ้นมาได้

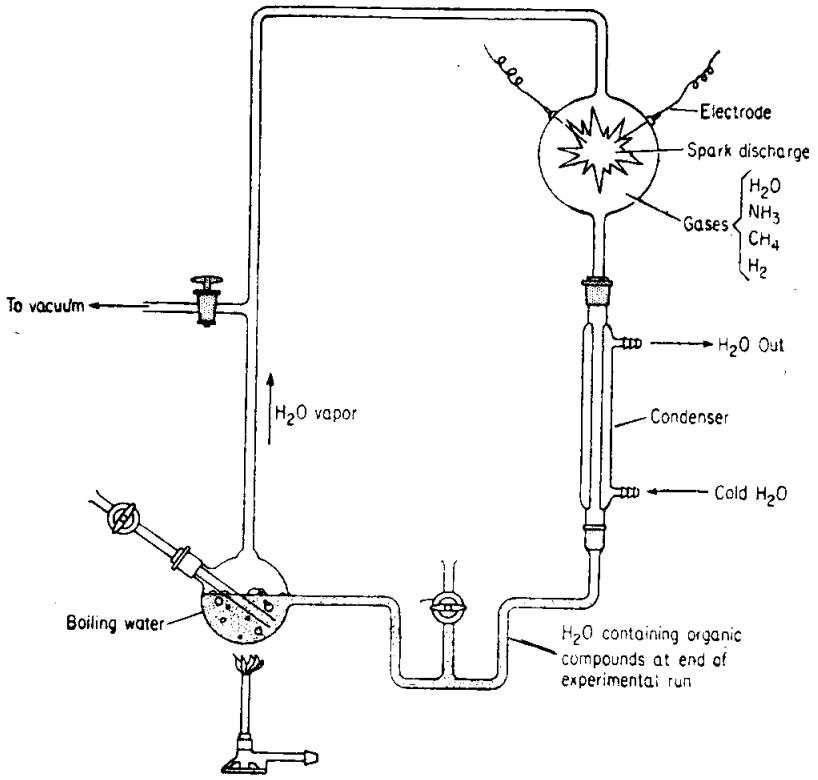
*ระยะที่ 3* ในระยะนี้โลกทั้งในส่วนที่เป็นพื้นดินและแหล่งน้ำยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ อุณหภูมินี้อำนวยให้เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวของอินทรียสารทั้ง 6 ชนิดนั้น กล่าวคือ

โมเลกุลของน้ำตาลจะรวมกันเองเข้าเป็นโมเลกุลใหญ่ เรียกว่า polysaccharide ซึ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน คือ กลายเป็นแป้ง (starch) cellulose และ glycogen แต่สารเหล่านี้ก็ยังจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกัน

กลีเซอรีนรวมตัวกับกรดไขมัน เกิดเป็นไขมัน (fats)

กรดอะมิโนรวมตัวกัน เกิดเป็นโปรตีน (protein) แต่เนื่องด้วยกรดอะมิโนมีสูตรโครงสร้างต่าง ๆ กันประมาณ 24 ชนิด จึงทำให้โปรตีนมีอยู่มากมายหลายชนิดและมีความซับซ้อนของโครงสร้างต่างกันไปด้วย นอกจากนั้น โปรตีนบางชนิดยังมีความสามารถที่จะไปเร่งให้ปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเร็วขึ้น โปรตีนชนิดนี้เรียกว่า เอ็นไซม์ (enzyne)

ส่วนสารอินทรีย์ประเภทไพริมิดีนและพิวรีนนั้นจะเข้าไปรวมกับน้ำตาลและสารประกอบอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ คือ สารฟอสเฟต (phosphate) ได้เป็นสารใหม่ เรียกว่า ไพริมิดีนชูการ์ฟอสเฟต (pyrimidine-sugar-phosphate) แต่ทั้งสองชนิดนี้อาจเรียกชื่อรวม ๆ




ภาพ 8-2

แสดงการทดลอง

ของ

Stanley L. Miller

ว่า *นิวคลีโอไทด์* (nucleotide) และในลำดับต่อมา นิวคลีโอไทด์เหล่านี้จะมารวมตัวทำให้โมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมอีก เรียกสารที่ได้นี้ว่า *กรดนิวคลีอิค* (nucleic acid)

อาจสรุปเหตุการณ์ความเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดในระยะที่สามนี้เป็นไดอะแกรมได้ดังนี้

sugar + sugar ——→ polysaccharide

fatty acid + glycerin ——→ fat

amino acid + amino acid ——→ protein

purin<br>pyrimidine } + sugar + phosphate ——→ nucleotide

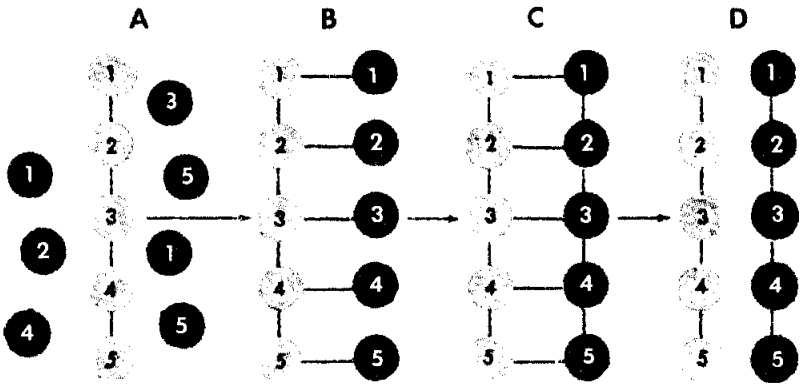
nucleotide + nucleotide ——→ nucleic acid

*ระยะที่ 4* เป็นระยะที่สารอินทรีย์เชิงซ้อนต่าง ๆ เกิดขบวนการสังเคราะห์ทางเคมีต่อไป ได้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ชนิดใหม่ต่อไปเรื่อย ๆ ในบรรดาสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่เหล่านี้มีสารที่สำคัญชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการรวมตัวระหว่างโปรตีนกับกรดนิวคลีอิค สารนี้เรียกว่า *นิวคลีโอโปรตีน* (nucleo protein) ได้เกิดคุณสมบัติใหม่ขึ้นมา อันนับได้ว่าเป็น

คุณสมบัติที่สำคัญยิ่ง คือมีความสามารถที่จะสร้างโมเลกุลใหม่ให้มีลักษณะเหมือนโมเลกุลเดิมได้ คุณสมบัตินี้คือคุณสมบัติของการสืบพันธุ์หรือทวีจำนวน

แม้ว่าการทวีจำนวนในระยะแรก ๆ นั้น โมเลกุลที่เกิดใหม่ไม่ได้เป็นชิ้นส่วนที่มาจากโมเลกุลเดิม แต่โมเลกุลเดิมก็ทำหน้าที่เป็น "หุ่น" หรือ "แบบพิมพ์" ที่จะทำให้เกิดโมเลกุลใหม่ขึ้นมาในลักษณะที่เหมือนโมเลกุลเดิมทุกประการ

วิธีการทวีจำนวนของนิวคลีโอโปรตีน เกิดขึ้นโดยองค์ประกอบย่อยของโมเลกุล เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน พิวรีน ไพริมิดีน และหมู่ธาตุฟอสเฟต ซึ่งมีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ในทะเล จะเข้ามาจับคู่กับสารที่เหมือนกันในนิวคลีโอโปรตีนในโมเลกุลเดิมจนครบถ้วน ในเวลาต่อมาสารใหม่ที่มาจับคู่กันนั้นจะเชื่อมต่อกันเอง เกิดเป็นนิวคลีโอโปรตีนโมเลกุลใหม่แล้วจึงแยกตัวออกจากโมเลกุลเดิม




สมมติให้ ① แทน โมเลกุลของ น้ำตาล
② แทน โมเลกุลของ กรดอะมิโน
③ แทน โมเลกุลของ พิวรีน
④ แทน โมเลกุลของ ไพริมิดีน
⑤ แทน หมู่อะตอม ฟอสเฟต

**ภาพ 8-3** แสดงวิธีการทวีจำนวนของนิวคลีโอโปรตีน

โมเลกุลของสารอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดนี้ นอกจากจะทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของนิวคลีโอโปรตีนแล้วยังทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นแหล่งอาหารของนิวคลีโอโปรตีนด้วย ดังนั้นเมื่อโมเลกุลเหล่านี้ถูกนำมาสร้างเป็นนิวคลีโอโปรตีนมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของสารที่ทำหน้าที่เป็นอาหารลดน้อยลงทุกที ๆ

การสร้างนิวคลีโอโปรตีนในระยะหลัง ๆ จึงมีการแย่งสารที่เป็นองค์ประกอบและสารที่เป็นอาหาร ด้วยเหตุนี้นิวคลีโอโปรตีนบางโมเลกุลจึงอาจมีโครงสร้างบางประการผิดแปลกออกไปกลายเป็นชนิดใหม่ขึ้นมาแต่ก็ยังมีความสามารถจะทวีจำนวนเผ่าพันธุ์ของตนได้ โดยที่โมเลกุลซึ่งเกิดใหม่มีลักษณะเหมือนของเดิมทุกประการ จึงเป็นเสมือนว่านิวคลีโอโปรตีนสามารถจะถ่ายทอดลักษณะของตนไปยังรุ่นลูกได้ ความผิดแปลกจากเค้าเดิมแล้วเกิดเป็นลักษณะใหม่ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้นี้ เรียกว่า *มิวเตชัน* (mutation) และด้วยปรากฏการณ์มิวเตชันนี้เองทำให้เกิดนิวคลีโอโปรตีนขึ้นมาได้หลายแบบหลายพันธุ์ซึ่งมีลักษณะผิดแปลกออกไป แต่ละสายพันธุ์นั้นก็มีความสามารถแตกต่างกันจนเกิดเป็นการได้เปรียบเสียเปรียบกว่ากันขึ้น เมื่อเวลานานเข้าสายพันธุ์ที่มีความสามารถด้อยกว่าสายพันธุ์อื่นก็จะถูกทำลายไป

จะเห็นได้ว่า เมื่อมาถึงระยะนี้สารประกอบอินทรีย์เริ่มมีคุณสมบัติก้ำกึ่งระหว่างการไร้ชีวิตกับการมีชีวิต แต่อย่างไรก็ตาม เหตุการณ์ที่เป็นมาในทั้ง 4 ระยะข้างต้นนั้น ก็นับว่าเป็นวิวัฒนาการทางเคมี ส่วนความเปลี่ยนแปลงหรือวิวัฒนาการที่จะเกิดขึ้นหลังจากระยะที่ 4 นี้เป็นต้นไป นับเป็นวิวัฒนาการของการกำเนิดชีวิต

## 8.2 วิวัฒนาการทางชีวภาพ (Biological Evolution)

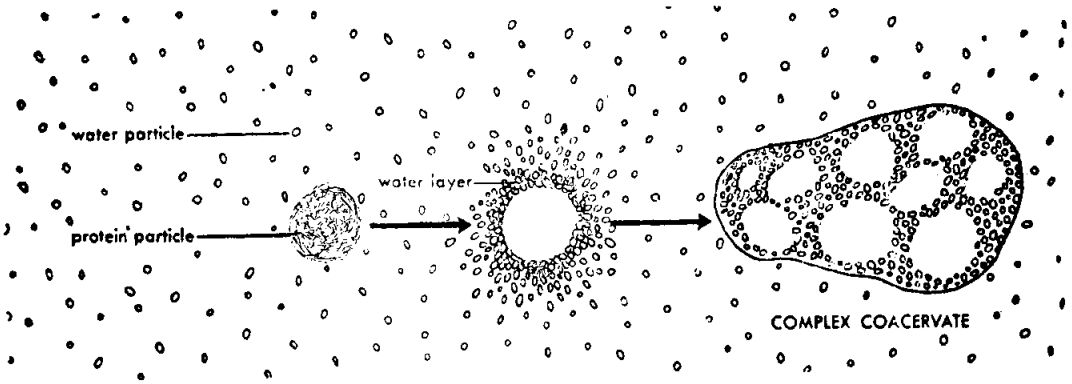
อาจนับได้ว่าเป็น *ระยะที่ 5* ของวิวัฒนาการเพื่อการกำเนิดชีวิต

วิวัฒนาการทางชีวภาพ เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายหลังที่วิวัฒนาการทางเคมีดำเนินมาเป็นเวลาประมาณ 3,000 ล้านปี ขณะเมื่อเกิดวิวัฒนาการทางชีวภาพนั้น มิได้หมายความว่าวิวัฒนาการทางเคมีหยุดลงเลย แต่จะยังคงดำเนินต่อมาเรื่อย ๆ เพียงแต่สภาพการณ์ต่าง ๆ ที่อำนวยให้เกิดโมเลกุลของสารอินทรีย์นั้นหมดสิ้นลง แต่การทวีจำนวนของนิวคลีโอโปรตีนยังมีต่อไปพร้อมกับมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อจะเป็นหน่วยของชีวิตอย่างแท้จริง

ความเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดชีวิตหน่วยแรกขึ้นมาในโลกนั้น มีสมมติฐานที่อธิบายไว้แยกออกเป็น 2 สมมติฐาน

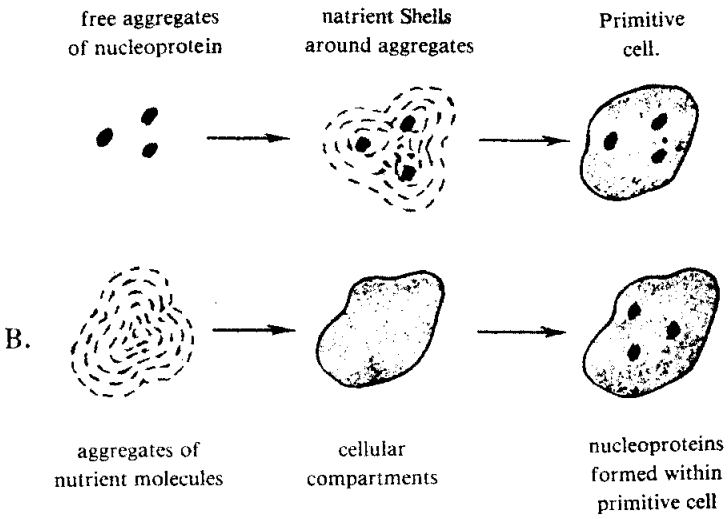
สมมติฐานแรกให้คำอธิบายว่า สารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่อย่างอุดมในทะเลหรือมหาสมุทรจะมาจับกลุ่มกัน กลุ่มของสารอินทรีย์นี้ A.I. Oparin ให้ชื่อว่า *โคแอคเซอร์เวท* (coacervate) สารที่มีมากในโคแอคเซอร์เวทหน่วยหนึ่ง ๆ นั้น ส่วนมากเป็นโปรตีน ขณะที่โปรตีนละลายในน้ำ โมเลกุลของโปรตีนจะเกิดประจุไฟฟ้าขึ้น ประจุไฟฟ้านี้จะดึงดูดโมเลกุล

ของน้ำให้มาเกาะติดรอบ ๆ โคแอคเซอร์เวท นอกจากจะมีโมเลกุลของน้ำแล้วอาจมีโมเลกุลของสารอินทรีย์อื่นมาเกาะติดด้วย ด้วยปรากฏการณ์นี้จะทำให้โคแอคเซอร์เวทเพิ่มขนาดขึ้นจนเป็นกลุ่มที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (complex coacervate) ในขณะเดียวกันสารต่าง ๆ ภายในโคแอคเซอร์เวทจะมีปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดพลังงานขึ้น พลังงานเหล่านี้จะดึงดูดให้โมเลกุลของสารที่อยู่บริเวณรอบนอกยึดเหนี่ยวกันแน่นขึ้นจนกลายเป็นสิ่งห่อหุ้ม (sheell) รอบโคแอคเซอร์เวทนั้น และแปรสภาพกลายเป็นชีวิตหน่วยแรกขึ้นซึ่งในเวลาต่อมาเรียกว่าเซลล์ (cell)




**ภาพ 8-4** แสดงลำดับขั้นของสมมติฐานโคแอคเซอร์เวท

สมมติฐานที่สองให้คำอธิบายว่า ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในทะเลหรือมหาสมุทรในสมัยนั้น จะเหนี่ยวนำให้สารอินทรีย์ต่าง ๆ มาอยู่รวมกันและมีลักษณะคล้ายเซลล์ที่มีชีวิตแล้วในเวลาต่อมาสารอินทรีย์ภายในนั้นมีปฏิกิริยาทางเคมีและก่อตัวเป็นนิวคลีโอโปรตีนขึ้นภายในหยดน้ำซึ่งมีลักษณะคล้ายเซลล์นั้น และมีกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งแสดงคุณสมบัติของการมีชีวิตต่อไป




**ภาพ 8-5** แสดงสมมติฐานการกำเนิดเซลล์เริ่มแรก

สมมติฐานทั้งสองแนวนี้ แม้ว่ายังไม่ได้รับการยืนยันว่าสมมติฐานอันใดเป็นอันถูกต้อง แต่ก็ยังไม่มีข้อพิสูจน์ใดที่จะชี้แจงได้อย่างแจ่มชัด จึงเป็นที่ยอมรับโดยมีเงื่อนไขว่าสภาพการณ์ตามสมมติฐานนั้นอาจเป็นไปได้ และเป็นที่คาดคะเนกันต่อไปว่า สิ่งมีชีวิตเซลล์แรกนี้เกิดมาประมาณ 2,000 ล้านปีล่วงมาแล้ว

**คุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตสมัยแรก**

เซลล์ที่เกิดขึ้นในสมัยแรกเริ่ม นอกจากจะแสดงคุณสมบัติของโมเลกุลที่เป็นองค์-ประกอบแล้ว ยังแสดงคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติมซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ได้จากการรวมกันของโมเลกุลต่าง ๆ นั้น

คุณสมบัติพิเศษประการแรกก็คือ เซลล์เริ่มมีขบวนการหายใจหรือแลกเปลี่ยนก๊าซ (respiration) หรือเริ่มรู้จักใช้โมเลกุลของสารต่าง ๆ เป็นแหล่งให้พลังงาน โดยการทำให้สารที่มีขนาดของโมเลกุลใหญ่สลายตัวลงเป็นโมเลกุลเล็ก ในการสลายตัวของโมเลกุลนี้พลังงานซึ่งสะสมอยู่ภายในโมเลกุลจะถูกปลดปล่อยออกมา ผลของการหายใจในเซลล์ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ยิ่งเซลล์มีการหายใจมากก็จะยิ่งทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์มาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะซึมแพร่ออกจากเซลล์ไปสู่น้ำ บางส่วนอาจละลายในน้ำ แต่บางส่วนจะลอยเข้าสู่บรรยากาศ เมื่อบรรยากาศมีก๊าซชนิดนี้สะสมอยู่มากขึ้น ทำให้สภาพของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในบรรยากาศนั้นจะ

ทำหน้าที่เป็นฉากกำบังรังสีพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์ ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถปรับปรุงสภาพการมีชีวิตต่อไปได้

คุณสมบัติประการต่อไปคือ นิวคลีโอโปรตีนภายในเซลล์สามารถที่จะสร้างโมเลกุลใหม่ขึ้นมาภายในเซลล์ได้ จึงทำให้มีขนาดเพิ่มขึ้นซึ่งนับเป็นการเจริญเติบโต (growth) และในเวลาต่อมาเมื่อเซลล์มีขนาดใหญ่มากก็จะมีการแบ่งออกเป็นสองเซลล์เล็ก ๆ

นอกจากนั้นภายในเซลล์ยังเกิดปฏิกิริยาเคมีในลักษณะใหม่ ๆ ทำให้ได้สารใหม่และคุณสมบัติผิดแปลกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ ทำให้เซลล์มีรูปร่างและพฤติกรรมเปลี่ยนไป ซึ่งนับได้ว่าเซลล์เกิดการปรับปรุงภายใน (internal development) ขึ้น

ในขณะเดียวกันกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ก็จะดำเนินไปอย่างสอดคล้องประสานกันอย่างดี ทั้งนี้โดยมีนิวคลีโอโปรตีนเป็นผู้ควบคุมการทำงานให้ดำเนินไปด้วยดี นิวคลีโอ-โปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและควบคุมการปรับตัวของเซลล์ให้เหมาะสมกับภาวะแวดล้อมนี้ ต่อมาเรียกว่า *ยีนส์* (genes)

**เซลล์และไวรัส**

เซลล์ในสมัยแรกเริ่มนั้น จะมียีนส์หรือนิวคลีโอโปรตีนหลายหน่วยประกอบอยู่ภายใน นิวคลีโอโปรตีนเหล่านี้จะลอยตัวอยู่อย่างอิสระและในบางครั้งอาจหลุดออกมาจากเซลล์ ในขณะที่หลุดออกมานอกเซลล์นั้น จะทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ของนิวคลีโอโปรตีนขาดความคล่องตัว จึงต้องพยายามหาทางเข้าไปอยู่ในเซลล์ใหม่อีกครั้งหนึ่ง นิวคลีโอโปรตีนที่มีพฤติกรรมเช่นนี้สันนิษฐานว่าจะเป็นบรรพบุรุษของไวรัส (Virus) ในสมัยปัจจุบัน ซึ่งมีพฤติกรรมในลักษณะเดียวกัน คือ ในด้านองค์ประกอบไวรัสประกอบด้วยนิวคลีโอโปรตีน โดยมีกรดนิวคลีอิคเป็นแกนกลาง และมีโปรตีนล้อมอยู่โดยรอบ เนื่องจากมีองค์ประกอบอยู่เพียงเท่านี้ ไวรัสจึงไม่นับว่าเป็นเซลล์ นอกจากนั้น ไวรัสยังมีลักษณะของการมีชีวิตคล้ายกัน คือจะเจริญได้ดีต่อเมื่อเข้าไปอาศัยอยู่ในเซลล์อื่นแล้ว ในการจำแนกหมวดหมู่มักจัดไวรัสเข้าไว้เป็นพวก *ปาราสิต* (parasite)

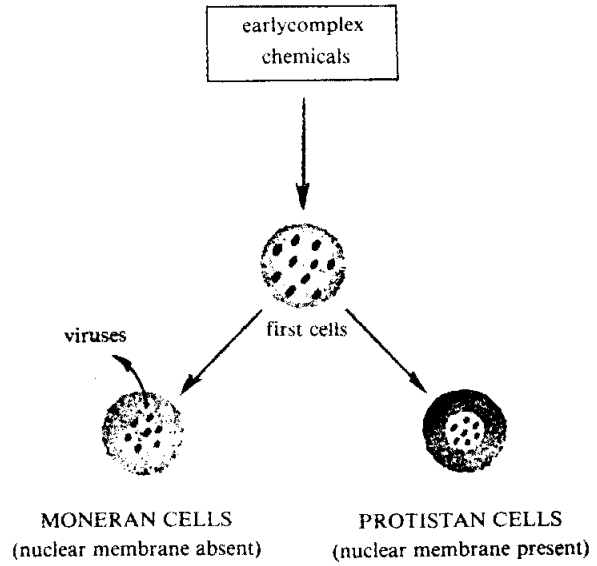
**ลักษณะเซลล์ในสมัยแรก**

ดังได้กล่าวแล้วว่า ภายในเซลล์ที่เกิดขึ้นในสมัยแรกเริ่มนั้นจะมีนิวคลีโอโปรตีนกระจายอยู่ ในเวลาต่อมาเซลล์มีความเปลี่ยนแปลงและมีวิวัฒนาการทำให้นิวคลีโอโปรตีนเหล่านั้นมารวมกลุ่มกัน การรวมกลุ่มของนิวคลีโอโปรตีนในเซลล์บางเซลล์จะรวมกันอย่างหลวม ๆ

และไม่ได้เกิดเป็นรูปใด ๆ ขึ้น เซลล์ที่มีลักษณะเช่นนี้ นักชีววิทยาสมัยใหม่เรียกว่า *โมนีรา* (Monera) ซึ่งแยกออกตามลักษณะของเซลล์ได้เป็นสองประเภท คือถ้าภายในเซลล์นั้นไม่มีสารที่ทำให้เกิดสี (pigment) อยู่ด้วยเลย เรียกโมนีราพวกนั้นว่า บัคเตรี (bacteria) แต่โมนีราบางชนิดมีสารที่ทำให้เกิดสีปนอยู่ด้วยทำให้มีความสามารถจะสร้างอาหารโดยวิธีสังเคราะห์แสงได้ โมนีราพวกนี้ได้แก่แอลจีสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae)

ถ้ากลุ่มของนิวคลีโอโปรตีนนั้น มารวมกลุ่มกันอย่างหนาแน่น เป็นก้อนลอยอยู่กลางเซลล์และมีเยื่อบาง ๆ มาห่อหุ้มกลุ่มของนิวคลีโอโปรตีนนั้นให้แยกออกจากส่วนอื่น ๆ ของเซลล์ กลุ่มของนิวคลีโอโปรตีนที่มีลักษณะเช่นนี้เรียกว่า *นิวเคลียส* (nucleus) เซลล์ในสมัยแรก ๆ ที่ภายในมีนิวเคลียสอยู่นี้เรียกว่า *โปรติสตา* (Protista) สันนิษฐานว่า โปรติสตานี้เป็นบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในปัจจุบัน

ความเปลี่ยนแปลงของเซลล์ตั้งแต่เริ่มวิวัฒนาการทางชีวภาพเป็นต้นมาจนถึงเกิดเซลล์แบบต่าง ๆ อาจเขียนเป็นแผ่นภาพได้ดังภาพ 8-6




**ภาพ 8-6** แสดงวิวัฒนาการของเซลล์

*ระยะที่ 6* เมื่อสิ่งมีชีวิตมีปริมาณเพิ่มขึ้น การใช้อาหารก็จะมีมากขึ้นตาม ทำให้ปริมาณของอาหารลดน้อยลงและในที่สุดก็มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ เป็นเหตุให้เซลล์ต่าง ๆ ในสมัยนั้นตายเพราะขาดอาหาร จะมีเพียงเซลล์จำนวนหนึ่งซึ่งมีความสามารถพิเศษในการที่

จะปรับตัว (adapt) และเปลี่ยนแปลงเอาสิ่งแวดล้อมมาทำให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตได้ การปรับตัวของเซลล์เหล่านี้จะมีวิธีการต่าง ๆ กัน ทำให้วิธีของการดำรงชีวิตแตกต่างกันออกไปในลักษณะต่าง ๆ กัน คือ

PARASITE, SAPROPHYTE, AND EATER วิวัฒนาการทางด้านการปรับตัวเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการขาดอาหารวิธีหนึ่งก็คือ การเข้าไปหาอาหารในเซลล์อื่น เช่นในกรณีของไวรัสที่ได้กล่าวมาแล้ว การดำรงชีพแบบนี้เรียกว่า Parasitism สิ่งมีชีวิตที่มีการหากินแบบ parasitism เรียกว่า *ปาราสิต* (parasite)

การปรับตัววิธีต่อไปของเซลล์เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการขาดอาหารก็คือ การเปลี่ยนลักษณะของอาหารที่เคยเป็นอยู่เดิม มาเป็นการกินซากเซลล์อื่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะของการกินอาหารมาเป็นแบบนี้ ทำให้เกิดการเน่าเปื่อย (decay) ขึ้นในซากของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตแบบนี้เรียกว่า Saprophytism ตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตที่หากินโดยวิธีนี้ คือ บัคเตรี

การปรับตัววิธีที่สามเพื่อการอยู่รอดของเซลล์ โดยวิธี "กิน" เซลล์อื่น ๆ เซลล์ที่หากินโดยวิธีนี้จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือโครงสร้างของเซลล์ เพื่อให้สะดวกแก่การกลืนกิน เซลล์ที่มีลักษณะเช่นนี้นับว่าเป็นบรรพบุรุษของสัตว์ การดำรงชีวิตแบบนี้เรียกว่า Eating และเซลล์พวกนี้เรียกว่า Eater

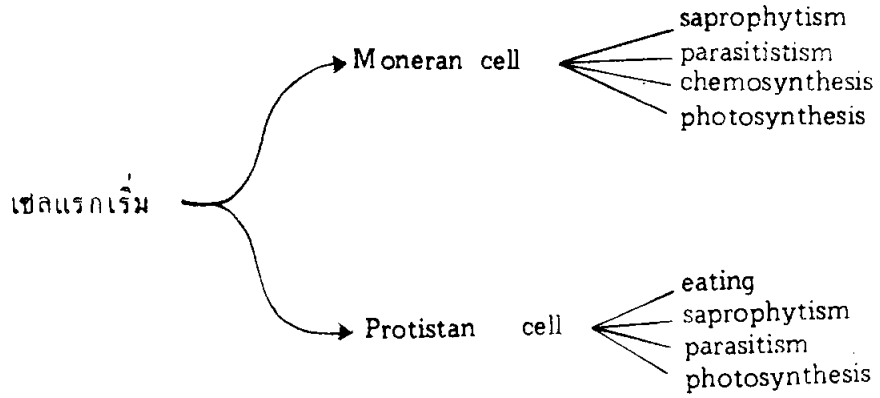
CHEMOSYNTHESIZER สิ่งมีชีวิตบางเซลล์จะมีการปรับตัวในการหาพลังงานจากแหล่งอื่นมาใช้ในการดำรงชีวิต โดยจะนำเอาสารประกอบอนินทรีย์มาทำการแยกสลายโดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมี ในขบวนการแยกสลายนั้น พลังงานจะถูกปลดปล่อยออกมา และเซลล์สามารถนำไปใช้งานได้ นอกจากนั้นเซลล์ยังสามารถเอาธาตุซึ่งแยกสลายแล้วมาประกอบกันขึ้นเป็นโมเลกุลของอาหารได้อีก เซลล์ที่มีความสามารถเช่นนี้ เรียกว่า Chemosynthesizer และขบวนการดำรงชีวิตแบบนี้เรียกว่า Chemosynthesis

PHOTOSYNTHESIZER ในระยะต่อมาเมื่อสุริยจักรวาลมีอายุมากขึ้น ปริมาณของรังสี ซึ่งมีพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์ลดน้อยลงไป และแปรสภาพเป็นรังสีพลังงานต่ำ เช่น แสงแดดแทน เป็นเหตุให้ปฏิกิริยาการสร้างโมเลกุลต่าง ๆ ลดน้อยลงด้วย สิ่งมีชีวิตบางเซลล์จึงต้องมีการปรับตัว เพื่อที่จะใช้พลังงานแสงสว่างนั้นมาสร้างประโยชน์ให้ได้ โดยการสร้างสารซึ่งมีความสามารถที่จะเก็บกักเอาพลังงานจากแสงแดดไว้ได้ แล้วพลังงานจากแสงนั้นจะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์อาหาร โดยนำเอาโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปรวม

กับโมเลกุลของน้ำ การสร้างอาหารโดยวิธีนี้เรียกว่า *การสังเคราะห์แสง* หรือ Photosynthesis โมเลกุลของสารที่ทำหน้าที่เก็บกักพลังงานแสงไว้เรียกว่า *คลอโรฟิลล์* (Chlorophyll)

เซลล์ที่มีความสามารถสังเคราะห์อาหารได้เองนี้ นับว่าเป็นบรรพบุรุษของพืช เซลล์เหล่านี้ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และที่ตายแล้วจะกลายเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตพวกอื่นที่ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารได้เอง

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่เริ่มเกิดเซลล์สมัยแรกจนถึงระยะที่กล่าวมานี้อาจสรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้ คือ




*ระยะที่ 7* เป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (Physical environment) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการทำงานของสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้โดยวิธีสังเคราะห์แสง

ในขบวนการสังเคราะห์แสงนั้นผลพลอยได้ที่ได้รับคือ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซนี้จะถูกปล่อยออกจากเซลล์และสะสมอยู่ในบรรยากาศ ก๊าซออกซิเจนมีสมรรถภาพในการรวมตัวกับสารอื่นได้เป็นอย่างดี เช่น รวมกับก๊าซมีเทน ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กับไอน้ำ

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

รวมกับก๊าซแอมโมเนีย ได้เป็นก๊าซไนโตรเจน กับ ไอน้ำ

$$4NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2N_2 + 6H_2O$$

จากสภาพการณ์เช่นนี้ ทำให้บรรยากาศเดิมของโลกซึ่งมีแต่ก๊าซมีเทนกับแอมโมเนียเปลี่ยนไปเป็นไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน รวมไปถึงออกซิเจนเอง

ในบรรยากาศเบื้องสูง ซึ่งได้รับรังสีพลังงานสูงอยู่มาก รังสีเหล่านั้นจะเหนี่ยวนำให้ออกซิเจนรวมกันเองเป็นก๊าซโอโซน (Ozone-$O_3$) และทำหน้าที่เป็นฉากกำบังมิให้รังสีพลังงานสูงผ่านลงมาทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ นอกจากนั้นออกซิเจนในระดับผิวโลกจะทำปฏิกิริยาเคมีกับธาตุโลหะและเกลือแร่ต่าง ๆ กลายเป็นสารประกอบประเภทออกไซด์ (oxide) และทำให้เกิดเป็นสินแร่ (ore) และหิน (rock) อีกด้วย

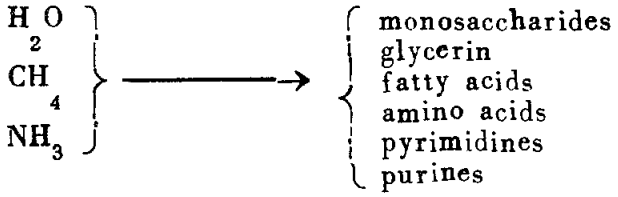
นอกจากออกซิเจนจะทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งมีชีวิตอีกด้วย กล่าวคือก๊าซออกซิเจนจะเข้าไปมีบทบาทในการแยกสลายโมเลกุลของอาหารเพื่อให้ได้พลังงานออกมา *การใช้ออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยาในเซลล์นั้นเรียกว่า* aerobic respiration ซึ่งแต่เดิมยังไม่มีก๊าซออกซิเจนนั้น ปฏิกิริยาการแยกสลายโมเลกุลของอาหารภายในเซลล์เพื่อให้ได้พลังงาน เป็นแบบ anaerobic respiration หรือ fermentation ซึ่งขบวนการนี้ยังสามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตบางชนิดในปัจจุบัน

จากที่ได้กล่าวถึงวิวัฒนาการของการกำเนิดชีวิตนั้น จะเห็นได้ว่า สิ่งมีชีวิตมิได้ถือกำเนิดขึ้นมาเป็นรูปสมบูรณ์แบบในทันทีทันใด แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปในระยะเวลาอันยาวนานนับล้านปี และบรรดาสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในปัจจุบันนี้ก็ยังมิใช่จุดสมบูรณ์ของการเปลี่ยนแปลงนั้น ต่างก็จะมีวิวัฒนาการไปตามแนวทางของตนเองทั้งสิ้น โดยไม่มีผู้ใดทราบได้ว่าวิวัฒนาการนั้นจะสิ้นสุดลงเมื่อใด

ถ้าจะนำเอาเรื่องราวทั้งหมดที่บรรยายมาในบทนี้ มาสรุปเป็นแผนภาพ จะได้ดังนี้คือ

Round 1: Formation of $H_2O$, $CH_4$, $NH_3$

Round 2:




Round 3: monosaccharides + monosaccharides ⟶ polysaccharides

fatty acids + glycerin ⟶ fats, lipids

amino acids + amino acids ⟶ proteins ⟶ enzymes

pyrimidines / purines + sugar + phosphate ⟶ nucleotides

nucleotides + nucleotides ⟶ nucleic acids

Rounn 4: nucleic acids + proteins ⟶ nucleoproteins

*reproduction*
*mutation*
*nutrition*
*coacervation (aggregation)*

Round 5: nucleoproteins + organic shells ⟶ early cells

*synthesis*
*growth*
*development*
*division*
*internal control*
*fermentation* $CO_2$

by product

Round 6: early cells ⟶ chlorophyll

early cells ⟶ parasites, eaters, saprophytes, chemosynthesizers

chlorophyll ⟶ photosynthesizers

$CO_2$ + $H_2O$ ⟶ sugar,

$O_2$ by product

Round 7: oxygen revolution

$O_2$ + methane ⟶ $CO_2$

$O_2$ + ammonia ⟶ $N_2$

$O_2$ + oxygen ⟶ $O_3$, ozone

$O_2$ + metals ⟶ ores, rocks

$O_2$ + organisms ⟶ aerobic respiratior