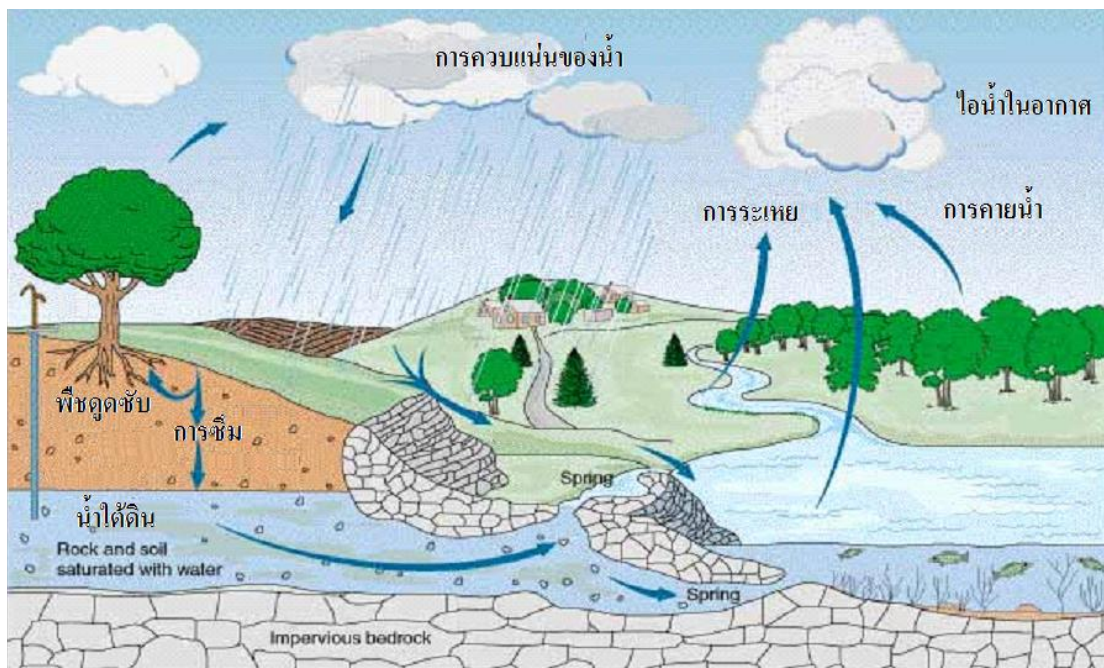


บทที่ 8

น้ำและคุณสมบัติของน้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบของผิวโลกในอัตราส่วน 3 ใน 4 น้ำจึงมีอยู่ทุกๆ ที่โดยทั่วไปตามวัฏจักรของน้ำดังภาพที่ 8.1 และมีส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตต่างๆ และเป็นสารที่มีความสำคัญมากกว่าสารเคมีอื่นๆ อีกมากมาย น้ำบริสุทธิ์ไม่ปรากฏว่าพบในธรรมชาติ โดยมากน้ำมักมีสารอื่นๆ ละลายปนอยู่ ทั้งนี้เพราะน้ำจะละลายสารอื่นๆ ได้ง่าย ดังนั้นในบทนี้จะได้กล่าวถึงสมบัติของน้ำ สารเจือปนในน้ำ สารแขวนลอย สารละลาย ความเข้มข้น สารละลายอิ่มตัว น้ำอ่อน น้ำกระด้างและวิธีแก้ น้ำประปา น้ำเสีย วิธีป้องกันและกำจัดน้ำเสีย



ภาพที่ 8.1 วัฏจักรของน้ำในธรรมชาติ
ที่มา (Terrell, 2004)

8.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำ

น้ำบริสุทธิ์เป็นของเหลวไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่มีสี น้ำธรรมชาติในปริมาณมากจะมีสีเขียวแกมน้ำเงิน น้ำดื่มที่มีรสดี เนื่องจาก มีแก๊สในอากาศ เกิดจากผิวโลกละลายอยู่ และสารอื่นๆ ดังตารางที่ 8.1 น้ำมีจุดเยือกแข็ง 0°C จุดเดือด 100°C ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ความดันไอของน้ำแข็งและของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆจะต่างกัน มวลของน้ำตามระบบเมตริก 1 มิลลิลิตร ที่ 4°C (อุณหภูมิที่มีความหนาแน่นสูงสุด) เท่ากับ 1.0000 กรัม หน่วยวัดความร้อนตามระบบเอสไอ มีหน่วยเป็นแคลอรี (1 แคลอรี เท่ากับ 4.1840 จูล) ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กรัมร้อนขึ้นจาก 14.6°C เป็น 17.6°C น้ำเป็นสารที่ใช้มาตรฐาน ในการหาความถ่วงจำเพาะของของเหลวและของแข็ง ความร้อนของการหลอมเหลวของน้ำ(น้ำแข็ง) เท่ากับ 80 แคลอรีต่อกรัมที่ 0°C และความร้อนของการกลายเป็นไอ เท่ากับ 540 แคลอรีต่อกรัมที่ 100°C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ (760 มิลลิเมตร) ที่อุณหภูมิสูงขึ้น น้ำจะเปลี่ยนจากน้ำแข็งไปเป็นของเหลวที่ 0°C และที่ความดันเดียวกันนี้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอีกน้ำจะเปลี่ยนเป็นแก๊สที่ 100°C แต่ถ้าความดันลดลง การเปลี่ยนสถานะของของเหลวไปเป็นแก๊ส จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำลงเรียกที่ 0°C ความดัน 1 บรรยากาศว่า “จุดหลอมเหลวปกติ” เรียกจุดที่ 100°C ความดัน 1 บรรยากาศว่า “จุดเดือดปกติ” เราจะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อความดันเพิ่มขึ้นจุดเดือดของน้ำจะเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ต่างจากการหลอมเหลวของน้ำ จุดเดือดของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามความดันที่เปลี่ยนไป

8.2 สมบัติทางเคมีของน้ำ

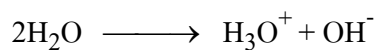
เฮนรี คาเวนดิช (Henry Cavendish) ได้แสดงให้เห็นว่า น้ำเกิดจากการเผาแก๊สไฮโดรเจน และอีก 2-3 ปีต่อมา ลาวัซซีเออร์ (Lavoisier) ได้หาส่วนประกอบของน้ำ เป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก น้ำมีสูตรเป็น H_2O อัตราส่วนโดยน้ำหนักของส่วนประกอบของน้ำ คือ $\text{H} : \text{O}$ เท่ากับ 1.0076 : 8.000 น้ำเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในสารละลายน้ำ สมบัติทางเคมีของน้ำมีดังนี้

ตารางที่ 8.1 องค์ประกอบของน้ำธรรมชาติ

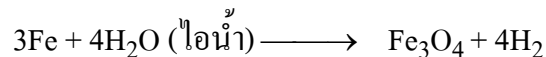
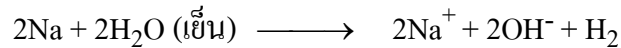
สาร	สูตรทางเคมี	แหล่งที่มา
คาร์บอนไดออกไซด์	CO ₂	บรรยากาศ
ฝุ่นละออง	-	บรรยากาศ
ไนโตรเจน	N ₂	บรรยากาศ
ออกซิเจน	O ₂	บรรยากาศ
กรดไนตริก	HNO ₃	บรรยากาศ
ผงทรายและดิน	-	ดินและหิน
โซเดียมไอออน	Na ⁺	ดินและหิน
โพแทสเซียมไอออน	K ⁺	ดินและหิน
แคลเซียมไอออน	Ca ⁺	หินปูน
แมงกานีสไอออน	Mn ⁺	หินโดโลไมต์
เหล็ก(II)ไอออน	Fe ²⁺	ดินและหิน
คลอไรด์ไอออน	Cl ⁻	ดินและหิน
ซัลเฟตไอออน	SO ₄ ²⁻	ดินและหิน
ไบคาร์บอเนตไอออน	HCO ₃ ⁻	ดินและหิน

ที่มา (Hill, 1992, p. 487)

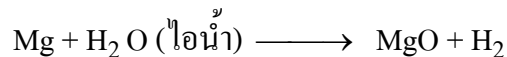
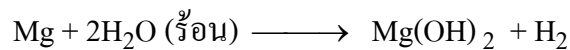
8.2.1 การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ น้ำแตกตัวให้ไฮเดรตไอออน ในสารละลายจะไม่พบไฮโดรเจนไอออนที่อิสระ เพราะจะรวมกับโมเลกุลของน้ำเกิด ไฮเดรตไอออน เรียกว่าไฮโดรเนียมไอออน (hydronium ion) มีสูตรเป็น H⁺- H₂O หรือ H₃O⁺ ซึ่งสูตรนี้เป็นสูตรที่ใช้กันบ่อยๆ ดังนั้น สมการการแตกตัวของน้ำมักเขียนด้วย H₃O⁺ แทนที่จะเขียน H⁺ ดังนี้



8.2.2 ปฏิกิริยาของน้ำกับโลหะ จะให้เกิดไฮโดรเจน โลหะที่อยู่เหนือโคบอลต์ ในอนุกรมความว่องไว (activity series) จะสามารถแทนที่ไฮโดรเจนกับน้ำได้ โลหะที่ว่องไวจะทำปฏิกิริยากับน้ำเย็น ส่วนโลหะที่ว่องไวน้อยกว่าต้องการอุณหภูมิที่สูงขึ้นโดยทำปฏิกิริยากับไอน้ำ ตัวอย่างปฏิกิริยาของโลหะกับน้ำมีดังนี้



โลหะแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับน้ำร้อน ได้สารประกอบไฮดรอกไซด์กับแก๊สไฮโดรเจน แต่ถ้าเผาแมกนีเซียมในไอน้ำ จะได้สารประกอบออกไซด์ ดังนี้

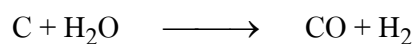


8.2.3 ปฏิกิริยาของน้ำกับอโลหะ พบว่า Cl_2 , Br_2 และ I_2 ทำปฏิกิริยากับน้ำที่อุณหภูมิห้อง ปฏิกิริยาของ Cl_2 กับน้ำดังนี้

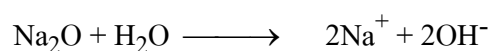


HCl จะแตกตัวเป็นไอออนหมด เนื่องจากเป็นสารละลายน้ำที่เจือจางและได้สารละลายของกรดแก่ ส่วน HOCl จะแตกตัวได้น้อย ส่วนมากจะอยู่ในรูปของโมเลกุล จึงเป็นสารละลายของกรดอ่อน

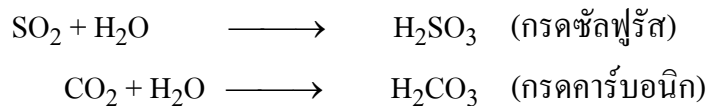
คาร์บอนที่เผาจนร้อนทำปฏิกิริยากับไอน้ำได้คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน



8.2.4 ปฏิกิริยาของน้ำกับสารอื่น ออกไซด์ของโลหะอัลคาไล (Li , Na , K , Rb และ Cs) ทำปฏิกิริยากับน้ำให้ปฏิกิริยาคายความร้อนและได้สารประกอบไฮดรอกไซด์

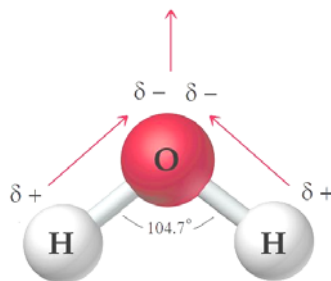


ออกไซด์ของโลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Ba Mg Ca Sr Ba และ Ra) ทำปฏิกิริยากับน้ำได้น้อยกว่า และไฮดรอกไซด์ซึ่งอาจสลายตัวในออกไซด์และน้ำเมื่อเผา ออกไซด์ของ Ba และ Mg ซึ่งไม่ละลายน้ำจะทำปฏิกิริยากับน้ำช้าๆ อย่างไม่สมบูรณ์ ออกไซด์ของโลหะที่ทำปฏิกิริยากับน้ำได้เบสนี้เรียกว่า **เบสิกแอนไฮไดรด์** (basic anhydride) ส่วนออกไซด์ของอโลหะทำปฏิกิริยากับน้ำให้กรด เรียกออกไซด์ชนิดนี้ว่า **แอซิดแอนไฮไดรด์** (acid anhydride) เช่น



8.3 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

โมเลกุลของน้ำไม่ได้เป็นแบบเส้นตรง จากการศึกษาดังวิธีเอกซเรย์คิฟเฟรคชัน (x-ray diffraction) พบว่ามุมระหว่างพันธะ O-H นั้นเท่ากับ 104.7 องศา เนื่องจากอะตอมของออกซิเจนสามารถดึงคู่อิเล็กตรอนได้ดีกว่าอะตอมของไฮโดรเจน ทำให้อิเล็กตรอนเข้าใกล้ออกซิเจนมากกว่า จากการที่มีประจุไม่สมดุลนี้ทำให้อะตอมของออกซิเจนค่อนข้างเป็นลบมากกว่า

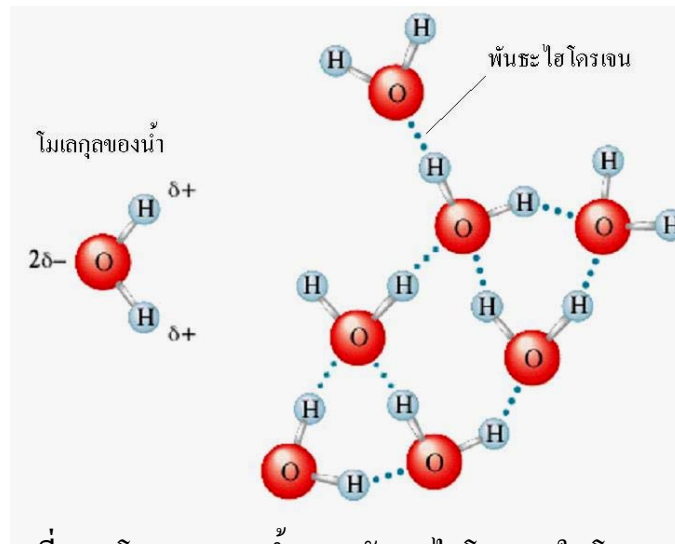


ภาพที่ 8.2 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ
ที่มา (White, 2003)

การแยกกันของประจุอาจแสดงให้เห็นได้ด้วยเครื่องหมายเดลตา (delta, δ) ซึ่งเป็นบวกที่อะตอมไฮโดรเจน และเป็นลบที่อะตอมออกซิเจน ซึ่งให้เห็นถึงการแยกกันของประจุที่เกิดขึ้น โดยที่โมเลกุลนั้นไม่ได้เป็นไอออน

จากการแยกกันของประจุ และประกอบกับการวางตัวของพันธะในลักษณะที่เสริมแรงกัน จึงทำให้โมเลกุลของน้ำมีสภาพขั้ว (dipole moment) เกิดขึ้นซึ่งก็หมายถึงโมเลกุล

เป็นขั้ว จากที่น้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วนี้เองจึงทำให้น้ำสามารถละลายตัวถูกละลายที่มีโมเลกุลเป็นขั้วได้ เช่น พวกเกลือเชิงไอออน เป็นต้น



ภาพที่ 8.3 โมเลกุลของน้ำ และพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำ
ที่มา (Terrell, 2004)

8.4 สารเจือปนในน้ำ สารละลายและสารแขวนลอย

น้ำเป็นสารที่สามารถละลายสารอื่นได้ดี ดังนั้น จึงมีสารเจือปนในน้ำธรรมชาติอยู่เสมอ โดยเฉพาะสารประกอบเชิงไอออนโมเลกุลของน้ำ มีสภาพขั้วสูง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายอื่นๆ จึงทำให้น้ำละลายสารประกอบเชิงไอออนได้ดี เพราะเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับไอออนของตัวถูกละลายขึ้น ปกติสารประกอบเชิงไอออนจะไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้ว เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์หรือเบนซิน เป็นต้น ตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้วจะมีสภาพขั้วต่ำ เมื่อนำโมเลกุลของสารประกอบเชิงไอออนละลายในน้ำ จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว (dipole molecule) กับไอออนของสารประกอบเชิงไอออน จะถูกห้อมล้อมด้วยโมเลกุลของน้ำ ทำให้ระยะทางระหว่างประจุบวกและประจุลบของสารห่างกัน ยิ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ ระยะทางก็ยิ่งจะห่างมากขึ้นและแรงดึงดูดระหว่างประจุก็ลดน้อยลง นอกเหนือจากนี้ น้ำก็เป็นฉนวนกั้นทำให้แรงดึงดูดระหว่างไอออนน้อยลงด้วย การละลายของสารประกอบของโลหะชนิดต่างๆในน้ำ ที่รู้จักกันทั่วไป มีดังนี้

8.4.1 สารประกอบไนเตรตเกือบทั้งหมดและสารประกอบอะซิเตท ละลายในน้ำได้ดี ส่วน ซิลเวอร์ อะซิเตรต โครเมียม(II) อะซิเตรต และ เมอร์คิวรี(I) อะซิเตรต ละลายได้เล็กน้อย บิทมัส อะซิเตรต ไฮโดรไลซ์ เป็น บิทมัส ออกซิอะซิเตรต ($C_2H_3O_2$) ซึ่งไม่ละลายในน้ำ

8.4.2 สารประกอบคลอเรตทั้งหมด ยกเว้น โปแตสเซียมคลอเรต ละลายในน้ำ ได้เล็กน้อย

8.4.3 สารประกอบคลอไรด์ทั้งหมดละลายในน้ำ ยกเว้นสารประกอบคลอไรด์ของปรอท(I) เงิน ตะกั่ว และทองแดง(I) เลดคลอไรด์ละลายในน้ำร้อน

8.4.4 สารประกอบซัลเฟตทั้งหมด ยกเว้นสารประกอบของสตรอนเตียม แบเรียม และตะกั่ว ละลายในน้ำ แคลเซียมซัลเฟต ซิลเวอร์ซัลเฟต ละลายได้เล็กน้อย

8.4.5 สารประกอบคาร์บอเนต ฟอสเฟต โบเรต อาร์เซเนต และอาร์เซไนต์ ไม่ละลายน้ำ ยกเว้นแอมโมเนีย

8.4.6 ซัลไฟด์ของแอมโมเนีย และของโลหะอัลคาไลด์ ละลายในน้ำ และซัลไฟด์ของโลหะอื่น ไม่ละลาย ซัลไฟด์ของแอลคาไลด์เอิร์ทจะไฮโดรไลซ์ในน้ำ

8.4.7 ไฮดรอกไซด์ของโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมเนีย แบเรียม สตรอนเตียม ละลายในน้ำ ส่วนไฮดรอกไซด์อื่นๆ ไม่ละลาย แคลเซียมไฮดรอกไซด์ละลายได้เล็กน้อย

ถ้าหากสารที่เจือในน้ำมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 10^{-7} เซนติเมตร ซึ่งสามารถผ่านกระดาษกรองหรือกระดาษเซลโลเฟน ได้ จะเรียกว่า สารละลาย (solution) ถ้ามีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 10^{-7} - 10^{-4} เซนติเมตร ซึ่งสามารถผ่านกระดาษกรองได้แต่ผ่านกระดาษเซลโลเฟนไม่ได้ จะเรียกว่า คอยลอยด์ (colloid) แต่ถ้ามีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 10^{-4} เซนติเมตร ซึ่งไม่สามารถผ่านกระดาษกรองและกระดาษเซลโลเฟนได้ จะเรียกว่า สารแขวนลอย (suspension)

8.5 ความเข้มข้นในการละลายและสารละลายอิ่มตัว

สารประกอบที่ละลายได้ในน้ำ จะละลายได้มากหรือน้อยนอกจากจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารประกอบนั้นแล้ว ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการละลายของสารในน้ำอีกด้วย เช่น ถ้าการละลายเป็นการดูดกลืนความร้อนแล้ว ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ สารจะละลายได้น้อยลงเช่น Na_2SO_4 ที่ $40^\circ C$ ละลายได้ 48.8 กรัม ในน้ำ 100 กรัม แต่ที่ $100^\circ C$ จะละลายได้ 42.5 กรัม ดังนั้น ในการละลายของสารประกอบใดๆ ในน้ำ จำเป็นจะต้องระบุความเข้มข้นของสารละลายนั้นด้วยเสมอ

8.5.1 ความเข้มข้นของสารละลาย สามารถที่ระบุความเข้มข้นของสารละลายใดๆ โดยให้หน่วยความเข้มข้นที่ใช้กันมากในปัจจุบัน เช่น

1) ความเข้มข้นเป็นร้อยละ เช่น

ก) ร้อยละโดยมวล (% w/w) เช่น เข้มข้นร้อยละ 5 กรัมต่อกรัม หมายถึง สารละลาย 100 กรัม มีตัวถูกละลาย 5 กรัม

ข) ร้อยละโดยปริมาตร (% v/v) เช่น เข้มข้นร้อยละ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หมายถึง สารละลาย 100 ซม³ มีตัวถูกละลาย 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค) ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (% w/v) เช่น เข้มข้นร้อยละ 20 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร³ หมายถึง สารละลาย 100 ซม³ มีตัวถูกละลาย 20 กรัม

2) ความเข้มข้นเป็นโมลต่อลิตร (mol/L) หรือ โมลาริตี (molarity, M) เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมล/ลิตร หมายความว่า ในสารละลาย 1 ลิตร มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมล (จำนวนโมล เท่ากับ มวลของสาร (กรัม) ต่อมวลโมเลกุลของสารนั้น)

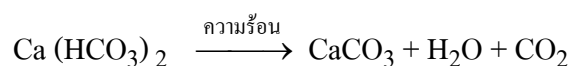
3) ความเข้มข้นเป็นสัดส่วนโดยมวล เช่น ความเข้มข้นเป็นสัดส่วนต่อล้านส่วน (parts per million, ppm) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายเป็นส่วนต่อสารละลาย 1 ล้านส่วน ที่นิยมใช้คือ มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวอย่างเช่น สารละลายทองแดง 5 ppm จึงหมายความว่า สารละลายนี้มีทองแดง 5 มิลลิกรัมต่อสารละลาย 1 ลิตร (1000 มิลลิลิตร) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีหน่วยความเข้มข้นในลักษณะเดียวกันอีก เช่น ส่วนต่อพันล้านส่วน (parts per billion, ppb) และ ส่วนต่อหมื่นล้านส่วน (parts per thousand, ppt) เป็นต้น

8.5.2 สารละลายอิ่มตัว เมื่อใส่ตัวถูกละลายลงในตัวทำละลาย การละลายจะดำเนินติดต่อกันไปแต่พอระยะหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาผันกลับ ส่วนประกอบของสารที่ละลาย (อะตอม ไอออนหรือโมเลกุล) จะกลับมาเป็นสารเคมีที่ยังไม่ละลาย ขบวนการนี้เรียกว่า การตกผลึก (precipitation) ถ้าสารละลายและการตกผลึกดำเนินต่อไปในอัตราเดียวกัน ปริมาณของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในตัวทำละลาย ที่ยังคงตัวตลอดเวลา กระบวนการนี้อยู่ในภาวะสมดุล สารละลายจะอยู่ในสภาพอิ่มตัว ความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวขึ้นอยู่กับ การละลายของตัวถูกละลายในตัวทำละลาย การละลายโดยทั่วไป ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิดังกล่าวมาแล้ว ถ้าเราเตรียมสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิหนึ่ง และแล้วก็มี การเปลี่ยนอุณหภูมิไปสู่อุณหภูมิที่มีการละลายน้อยลง(โดยทั่วไปคือการลดอุณหภูมิ) ผลที่เกิดขึ้นคือ ตัวถูกละลายที่ละลายอยู่มากจะตกผลึกลง

มา ในบางกรณีตัวถูกละลายทั้งหมด อาจยังอยู่ในสารละลาย เพราะจำนวนของตัวถูกละลาย ในกรณีนี้มีมากกว่าในสารละลายอิ่มตัวตามปกติ สารละลายนี้ เรียกว่า สารละลายอิ่มตัวอย่างยิ่งยวด ถ้านำผลึกของตัวถูกละลายมาสัมผัสกับสารละลายอิ่มตัวอย่างยิ่งยวด เช่น ใช้เชือกผูกผลึกมาแขวนไว้ในสารละลาย ตัวถูกละลายก็จะตกผลึกลงมา สารละลายอิ่มตัวอย่างยิ่งยวดเป็นสารที่ไม่เสถียร สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่น้อย เรียกว่า สารละลายไม่อิ่มตัว

8.6 น้ำอ่อนและน้ำกระด้าง

น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีจึงทำให้น้ำมีสิ่งเจือปนอยู่หลายอย่างจะแตกต่างกันตามแหล่งน้ำ ถึงแม้ว่ามองเห็นน้ำใส ไม่มีสี ก็อาจมีสิ่งเจือปนได้ สิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำจะทำให้สมบัติของน้ำเปลี่ยนไป เช่น สี กลิ่น รส เมื่อนำน้ำที่มีสิ่งเจือปนมาใช้ อาจทำให้เกิดโคลสบู หรือสบู่มีฟองน้อย ทำให้เกิดตะกอนในภาชนะที่ใช้ต้ม การที่น้ำเกิดฟองกับสบู่ ได้ง่ายหรือยากนั้น ทำให้สามารถจำแนกน้ำออกเป็น 2 พวก ได้แก่ น้ำอ่อน (soft water) และน้ำกระด้าง (hard water) โดยน้ำอ่อน เป็นน้ำที่มีสมบัติทำสบู่เกิดฟองมาก เช่น น้ำกลั่น น้ำประปา น้ำฝน เป็นน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ ส่วนน้ำกระด้าง จะเป็นน้ำที่มีสมบัติทำสบู่เกิดฟองน้อยหรือ ไม่เกิดฟองกับสบู่จะเกิดโคลสบู เช่น น้ำบาดาล น้ำทะเล น้ำกระด้าง ซึ่งมีสมบัติเช่นนี้ เนื่องจากมีสารเคมีละลายอยู่หลายชนิด เช่น แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) แคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) แคลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (CaHCO_3) แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl_2) แมกนีเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (MgHCO_3) ความกระด้างของน้ำ มันเกี่ยวข้องกับปริมาณของเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำด้วยปริมาณที่มากพอ (โดยปกติมากกว่าร้อยละ 0.005) ความกระด้างของน้ำนั้นขึ้นกับชั้นหินที่น้ำผ่านไปสัมผัส น้ำกระด้างนี้จะทำให้เกิดปัญหาในหม้อต้ม น้ำและในเครื่องซักผ้า กล่าวคือจะมีตะกอนเกิดขึ้น ในหม้อต้มน้ำและในท่อน้ำร้อนและทำให้เกิดตะกอนที่ไม่ละลายน้ำกับสบู่ ซึ่งทั้งนี้สัมพันธ์กับเกลือของแมกนีเซียมและแคลเซียม แมกนีเซียมไอออนและแคลเซียมไอออน เป็นไอออนบวกที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในน้ำกระด้าง ส่วนไอออนอื่นๆ เช่น Na^+ จะไม่ทำให้เกิดปัญหาเหล่านี้เพราะว่าเกลือของโซเดียมสามารถละลายน้ำได้ ภายในหม้อต้มน้ำจึงมีแคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนต สำหรับแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นได้จากการสลายตัวของแคลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ดังนี้



8.6.1 ความกระด้างของน้ำ ความกระด้างของน้ำสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

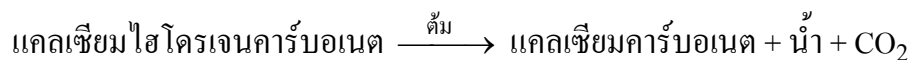
1) **ความกระด้างชั่วคราว** (temporary hardness) เกิดจากการมีอยู่ของเกลือไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งได้แก่ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ และ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ความกระด้างแบบชั่วคราวนี้สามารถจัดออกไปได้โดยการต้มน้ำทำให้เกลือไฮโดรเจนคาร์บอเนตสลายตัวเป็นเกลือคาร์บอเนตที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ CaCO_3 และ MgCO_3 ซึ่งจะตกตะกอนออกมา

2) **ความกระด้างถาวร** (permanent hardness) เกิดจากการมีเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของแคลเซียมและแมกนีเซียม เกลือเหล่านี้ไม่สามารถจะจัดออกจากน้ำโดยการต้ม แต่สามารถใช้วิธีการเหล่านี้ คือ การกลั่น การตกตะกอน และการแลกเปลี่ยนไอออน

8.6.2 วิธีการแก้ความกระด้าง

วิธีการที่จะแก้ความกระด้างของน้ำมีหลายวิธี ดังนี้

1) **การต้ม** ใช้แก้ความกระด้างชั่วคราวเท่านั้น การต้มจะทำให้สารเจือปนในน้ำจำพวกแคลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต แมกนีเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตเกิดการสลายตัวให้แคลเซียมคาร์บอเนตหรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต แล้วจะได้ น้ำ กับ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากวิธีการต้ม จะทำให้เกิดตะกอนเกาะในภาชนะที่ใช้ต้มน้ำ



2) **การกลั่น** วิธีนี้ใช้แก้ความกระด้างทั้ง 2 ชนิด เป็นวิธีที่ต้องให้ความร้อนกับสารนั้นจนกลายเป็นไอ ก่อนที่ไอน้ำจะเย็นตัวควบแน่นเป็นหยดน้ำที่บริสุทธิ์ วิธีการแก้ความกระด้างโดยการกลั่นนี้จะไม่นิยมใช้เนื่องจากสารเจือปนที่เหลือตกค้างจะเกาะติดภาชนะและเป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

3) **การใช้สารเคมี** ใช้แก้ความกระด้างทั้ง 2 ชนิด สารเคมีที่ใช้ในการแก้ความกระด้าง คือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) หรือ โซดาแอช ซึ่งสารเคมีชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับสารเจือปนที่ทำให้มีความกระด้าง โดยสารจะรวมตัวกับสิ่งเจือปนแล้วแยกออกจากน้ำทำให้เกิดตะกอนส่วนน้ำก็จะหายกระด้าง

4) **การใช้เปอร์มิวไตต์** (permutit) เป็นวิธีที่ใช้แก้ความกระด้างทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์ คือ เปอร์มิวไตต์ มีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมอะลูมิเนียมซิลิเกต จะนำ

สารเคมีชนิดนี้ใส่ไว้ในเครื่องกรองน้ำ น้ำที่มีความกระด้างเมื่อผ่านเครื่องกรองน้ำชนิดนี้ใช้เปอร์มิวไตต์จะทำให้น้ำที่ออกจากเครื่องกรองน้ำหายกระด้างได้

8.7 น้ำประปา

เนื่องจากน้ำธรรมชาติมักมีสารต่างๆ เจือปนอยู่ จึงทำให้น้ำสกปรกไม่เหมาะที่จะนำมาดื่มหรือใช้ได้ แต่เราสามารถกำจัดสารเจือปนดังกล่าวได้ โดยวิธีการทำให้น้ำตกตะกอน การกรองและอื่น ๆ ดังนั้นเราจึงนำหลักการนี้มาใช้ในกระบวนการทำน้ำธรรมชาติให้สะอาด เพื่อเป็นน้ำใช้สำหรับประชาชนซึ่งเราเรียกว่า น้ำประปา น้ำประปา เป็นน้ำที่ผ่านขบวนการต่างๆ มากมาย กว่าจะเป็นน้ำประปาให้บริการแก่ประชาชนได้นั้น มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน ดังนี้

8.7.1. การสูบน้ำ การผลิตน้ำประปา เริ่มจาก "โรงสูบน้ำแรงต่ำ" ทำการสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบผลิต ซึ่งน้ำดิบที่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้นั้นต้องเป็นน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่มีสิ่งสกปรกโสโครกปนเปื้อนเกินกว่าที่กำหนด ซึ่งได้ผ่านการวิเคราะห์ตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์แล้วว่าสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำประปาได้ และต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่อง

8.7.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ น้ำดิบที่สูบเข้ามาแล้ว จะถูกผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาว เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ สารละลายสารส้มจะช่วยให้การตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และสารละลายปูนขาวจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำหรือสาหร่ายในน้ำ หรือบางครั้งจะมีการเติมคลอรีน เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคที่อาจปะปนมากับน้ำในขั้นต้นนี้ก่อน

8.7.3 การตกตะกอน ขั้นตอนนี้จะปล่อยน้ำที่ผสมสารส้มและปูนขาวแล้ว ที่ทำให้เกิดการหมุนวนเวียนเพื่อให้น้ำกับสารเคมีรวมตัวกันจะช่วยให้มีการจับตัวของตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และจะนำน้ำเหล่านั้นให้เข้าสู่ถังตะกอนที่มีขนาดใหญ่ เพื่อทำให้เกิดน้ำนิ่ง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะตกลงสู่ก้นถังและถูกดูดทิ้ง น้ำใสด้านบนจะไหลตามรางรับน้ำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

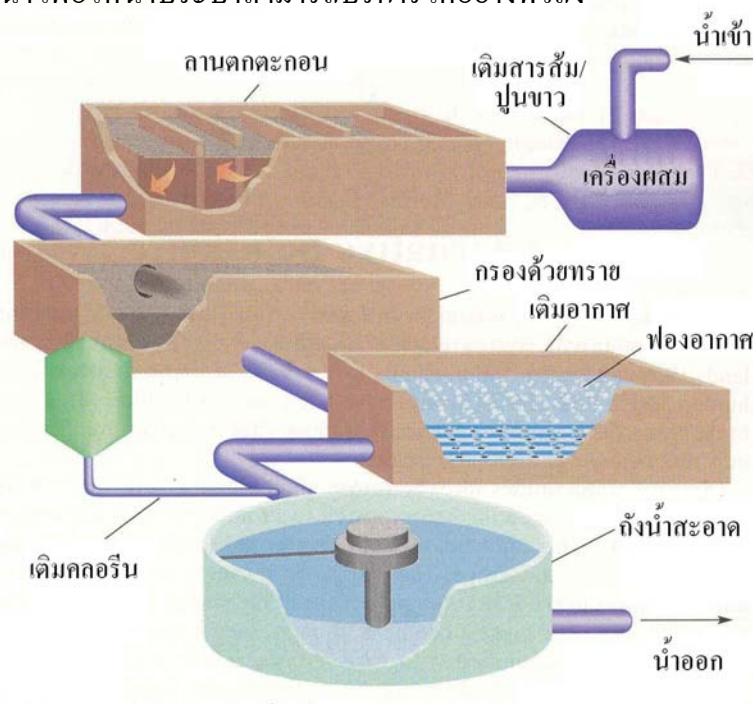
8.7.4 การกรอง ในการกรองจะใช้ทรายหยาบและทรายละเอียดเพื่อการกรองตะกอนขนาดเล็กมากในน้ำ และให้มีความใสสะอาดมากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ น้ำที่ผ่านการกรอง

จะมีความใสมากแต่จะมีความขุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณ 0.2-2.0 หน่วยความขุ่น และทรายกรอง จะมีการล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพ

8.7.5 การฆ่าเชื้อโรค น้ำที่ผ่านการกรองมาแล้วจะมีความใส แต่อาจจะมีเชื้อโรคเจือปนมากับน้ำ ฉะนั้นจึงจะต้องทำการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้ คลอรีน ซึ่งคลอรีนนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี น้ำที่ได้รับการผสมคลอรีนแล้ว เรียกกันว่า "น้ำประปา" สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ และจะทำการจัดเก็บไว้ในถังขนาดใหญ่ เรียกว่า ถังน้ำใส เพื่อจัดการบริการต่อไป

8.7.6 การควบคุมคุณภาพน้ำประปา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะน้ำประปาที่ทำการผลิตมาแล้วนั้น จะต้องวิเคราะห์ตรวจสอบอีกครั้งจากนักวิทยาศาสตร์ และการตรวจสอบนี้จะดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัย สำหรับการอุปโภคบริโภค

8.7.7 การสูบน้ำประปา น้ำประปาที่ผลิตมาแล้วนั้น จะต้องให้บริการถึงบ้านเรือนของผู้ใช้น้ำโดยส่งผ่านไปตามเส้นท่อ ดังนั้นการสูบน้ำจึงมีความจำเป็น ด้วยการส่งจากหอถังสูงที่สามารถบริการได้ในพื้นที่ใกล้เคียง และในพื้นที่ที่ไกลออกไปหรือมีความสูงมากจำเป็นต้องใช้เครื่องอัดแรงดันน้ำ เพื่อให้ น้ำประปาสามารถบริการได้อย่างทั่วถึง



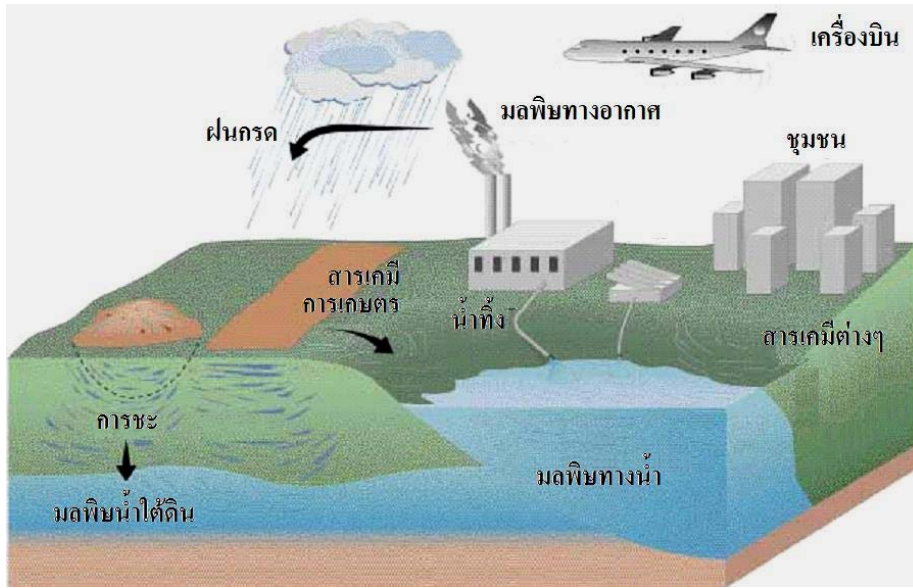
ภาพที่ 8.4 กระบวนการทำน้ำประปา
ทิมา (Hill, 1992, p. 500)

8.8 น้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนสูงเกินกว่าที่กำหนด หรือน้ำที่มีสมบัติเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ จนทำให้มนุษย์ สัตว์และพืชที่นำน้ำนั้นมาอุปโภคบริโภคได้รับอันตรายทั้งทางตรงและทางอ้อม การพิจารณาว่าน้ำนั้นเป็นน้ำเสียหรือไม่ หลักสำคัญต้องพิจารณาว่าจะนำน้ำนั้นไปใช้ในกิจการใด เพราะน้ำนั้นอาจเป็นน้ำเสียถ้านำไปใช้ในกิจกรรมหนึ่ง แต่อาจไม่ใช่ถ้านำไปใช้ในอีกกิจกรรมหนึ่งก็ได้ เช่น น้ำจากห้วย คลอง บึง เป็นต้น อาจไม่ใช่ถ้าเสียเมื่อนำไปใช้เพื่อการเกษตรกรรม แต่อาจเป็นน้ำไม่ดีหรือน้ำเสียเมื่อนำมาใช้บริโภค เป็นต้น เมื่อกล่าวถึงสภาพของน้ำเสียเรามักนึกถึงน้ำที่มีสีดำและมีกลิ่นเหม็น แต่แหล่งน้ำบางแห่งอาจไม่มีสีหรือกลิ่นดังกล่าวก็ได้ ทั้งๆ ที่มีสารที่เป็นพิษหรือเชื้อโรคปนอยู่ จนทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่นำน้ำเหล่านั้นไปใช้ในการอุปโภคบริโภค

น้ำเสียทางกายภาพ (physical waste water) เป็นน้ำเสียที่สัมผัสได้ด้วยประสาทสัมผัส เช่น ไข่มุกกลมกลื่น ไขมันขิมรส ไข่ตาตุ่ม ไข่ผิวหนังสัมผัส เป็นต้น สิ่งที่บ่งบอกลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ สี ความขุ่น กลิ่น รส ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และของแข็งในน้ำ สารแขวนลอย เป็นต้น ส่วนน้ำเสียทางเคมี (chemical waste water) หมายถึง น้ำที่มีสารเคมีละลายอยู่โดยไม่ทำให้ลักษณะทางกายภาพของน้ำเปลี่ยนไป น้ำเสียทางเคมีจึงได้แก่ น้ำเสียที่มีสิ่งต่อไปนี้เป็นส่วนประกอบ คือ โลหะหนัก เมทัลลอยด์ สารอนินทรีย์ สารกัมมันตรังสี และวัตถุพิษ เช่น สารเคมีที่ใช้ฆ่าหรือทำลายศัตรูพืชและสัตว์ เป็นต้น

การตรวจคุณภาพน้ำ จะต้องวัดปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำหรือค่า DO (dissolved oxygen) ถ้าค่า DO น้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตรน้ำ 1 ลิตรก็จัดว่าน้ำนั้นเป็นน้ำเสีย วัดปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำ หรือหาค่า BOD (biochemical oxygen demand) ในกรณีพบว่าค่า BOD สูง แสดงว่าในน้ำนั้นมีอินทรีย์สารมาก จุลินทรีย์ต้องใช้ใช้ออกซิเจนในน้ำในการย่อยสลายมากตามไปด้วย และถ้าค่า BOD สูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรน้ำ 1 ลิตรก็จัดว่าน้ำนั้นเป็นน้ำเสียและวัดค่าปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการสลายสารอินทรีย์ในน้ำ หรือหาค่า COD (chemical oxygen demand) โดยการออกซิไดส์ ด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต ซึ่งปกติแล้วค่า COD จะสูงกว่า BOD



ภาพที่ 8.5 สาเหตุมลพิษทางน้ำ
ที่มา (Terrell, 2004)

8.8.1 สาเหตุของน้ำเสีย แหล่งที่มาของสาเหตุที่ทำให้น้ำเสียที่สำคัญ มีดังนี้

- 1) จากแหล่งอุตสาหกรรม ซึ่งปล่อยน้ำทิ้งและวัสดุเหลือใช้ลงสู่แม่น้ำ และลำคลอง เป็นสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ
 - 2) จากแหล่งชุมชนและธุรกิจการค้า ซึ่งมักจะไม่ผ่านกระบวนการบำบัด จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ
 - 3) จากแหล่งเกษตรกรรม ซึ่งมีสารพิษต่างๆ เช่น ยาปราบศัตรูพืช ชากพืช และซากสัตว์ที่ตายทับถม
 - 4) จากแหล่งคมนาคมทางเรือ ซึ่งทำให้เกิดคราบน้ำมัน ลอยที่ผิวน้ำ
- จากแหล่งที่มาต่างๆ ของน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้น้ำเสีย โดยจะทำให้แหล่งน้ำต่างๆ มีสิ่งเจือปนเกิดขึ้น ซึ่งได้แก่ สารแขวนลอยจำพวกฝุ่นดิน เชื้อโรคต่างๆ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ และ สารเคมีที่ละลายในน้ำ ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดมลพิษทางน้ำตามมา

8.8.2 วิธีการป้องกันน้ำเสีย สำหรับการป้องกันระยะสั้น นอกจากให้สร้างระบบปรับปรุงคุณภาพของน้ำแล้ว ควรมีกฎหมายควบคุมการใช้วัสดุหรือสารสังเคราะห์ต่างๆ ที่เป็นต้นเหตุของปัญหามลพิษทางน้ำ เพิ่มการควบคุมโดยให้โรงงานต่างๆ ให้ปฏิบัติตามกฎหมาย ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบถึงอันตรายและวิธีป้องกัน รวมทั้งการร่วมกันแก้ไขปัญหา

เช่น น้ำที่จากแหล่งชุมชน ควรมีการร่วมมือกันจัดสร้างระบบปรับคุณภาพของน้ำ เช่น สร้างบ่อกักน้ำสำหรับน้ำที่ระบายออกจากที่ชุมชน เพื่อนำมาผ่านกระบวนการลดพิษบางชนิดออกก่อนจนได้คุณภาพตามมาตรฐานแล้วจึงระบายสู่อ่างน้ำล้นคลอง โดยประชาชนแต่ละคนต้องถือเป็นหน้าที่ที่จะต้องช่วยกันดูแลรักษาแหล่งน้ำให้ได้อยู่เสมอ ไม่ทิ้งขยะมูลฝอย หรือสิ่งปฏิกูลต่างๆลงในน้ำโดยตรง ส่วนโรงงานอุตสาหกรรมก็ควรเลือกใช้วัสดุคืบและกระบวนการผลิตที่ไม่เกี่ยวข้องและเกิดปัญหามลพิษหรือให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด น้ำที่ที่เกิดจากกระบวนการผลิตต้องผ่านกระบวนการกำจัดสารมลพิษให้เป็นไปตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรมก่อนแล้วจึงระบายสู่อ่างน้ำล้นคลอง และน้ำที่ดองไม่มีน้ำมัน ไขมัน หรือวัตถุเป็นพิษที่ใช้ในการเกษตรอุตสาหกรรม ต้องไม่มีสารกำมะถันตรึงสี กลิ่นและสีที่ฟุ้งรังเกียจ เป็นต้น

ส่วนการป้องกันระยะยาว ต้องมีการวางแผนร่วมกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และนักวางผังเมือง เพื่อกำหนดเขตชุมชนที่มีขนาดเหมาะสมและสอดคล้องกับระบบปรับคุณภาพของน้ำมีการกระจายชุมชนให้อยู่ในทิศต่างๆ เพื่อไม่ให้แออัดในบริเวณใดบริเวณหนึ่งมากเกินไป พร้อมกับกำหนดเขตและการกระจายของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนไม่ให้มีมากเกินไปที่สิ่งแวดล้อมจะรับไหวได้

8.8.3. การกำจัดน้ำเสีย ในการกำจัดน้ำเสียจำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำจากแหล่งต่างๆ โดยจะต้องทราบก่อนว่าน้ำทิ้งเหล่านั้นมีสารมลพิษใดเป็นองค์ประกอบ แล้วจึงเลือกกระบวนการที่สอดคล้องกับการแยกสารมลพิษเหล่านั้น โดยทั่วไปน้ำที่จากแหล่งชุมชน มักจะมีพวกเศษผง ขยะมูลฝอย และสารอินทรีย์ต่างๆ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของน้ำจึงใช้การกรองและการตกตะกอนก่อน แล้วจึงใช้จุลินทรีย์ลงไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำ ซึ่งกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของน้ำจากแหล่งชุมชนอาจจะมีลักษณะต่างๆไป วิธีการกำจัดน้ำเสียและวิธีบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปอาจแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

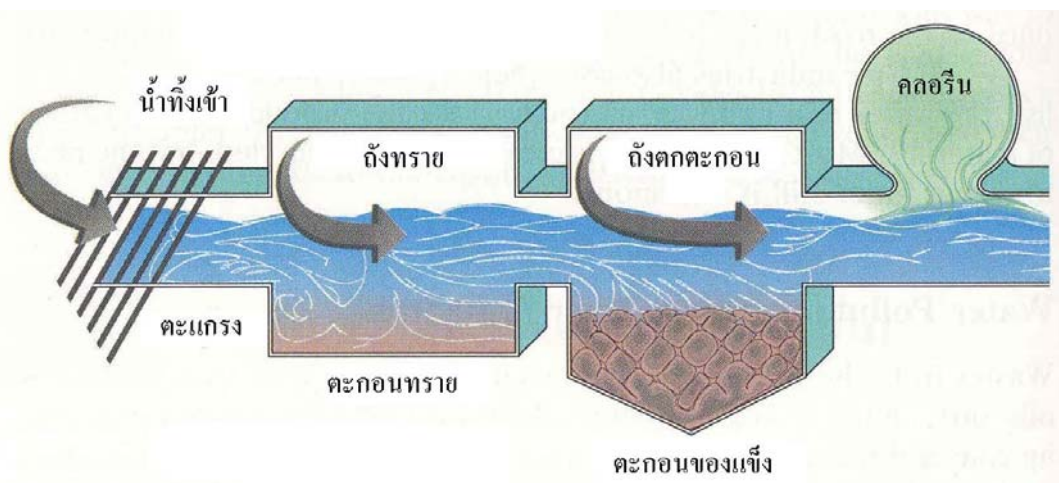
1) กระบวนการกำจัดน้ำเสียขั้นที่ 1 เป็นขั้นตอนของการกำจัดของแข็งส่วนใหญ่ที่ลอยและแขวนลอยในน้ำด้วยวิธีการตักออกและด้วยวิธีการให้ตกตะกอนโดยแรงดึงดูดของโลก กระบวนการนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้น

ก) การสกัดกั้นวัตถุชิ้นใหญ่ๆที่ลอยน้ำโดยผ่านน้ำเสียไปยังตะแกรง

ข) การกำจัดกรวดทรายโดยการให้รางตกตะกอน เศษหิน กรวด ทราย

หรือวัตถุชิ้นเล็กๆ จะตกลงไปยังด้านล่างของรางตกตะกอน

ค) การกำจัดโคลนตม หรือสิ่งแขวนลอยโดยใช้ถังตกตะกอน น้ำเสียที่ผ่านตะแกรงและรางตกตะกอนมาแล้ว ยังคงมีโคลนตมหรือตะกอนแขวนลอยอื่นๆปะปนอยู่ในน้ำ เมื่อปล่อยให้ น้ำเสียนี้ผ่านเข้าไปในถังพัก เพื่อตกตะกอนโดยลดความเร็วของการไหลของน้ำเสีย ก็จะได้ตะกอนของการแขวนลอยตกลงไปอยู่ด้านล่างของถัง เรียกของแข็งที่ตกลงมานี้ว่า กากตะกอนแบคทีเรีย (raw sludge) ซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ในการถมที่ได้ น้ำที่ผ่านออกมาจากถังตกตะกอนจะมีการฆ่าเชื้อโรค โดยการผ่านคลอรีนลงไปก่อนที่จะปล่อยลงสู่คลองสาธารณะ



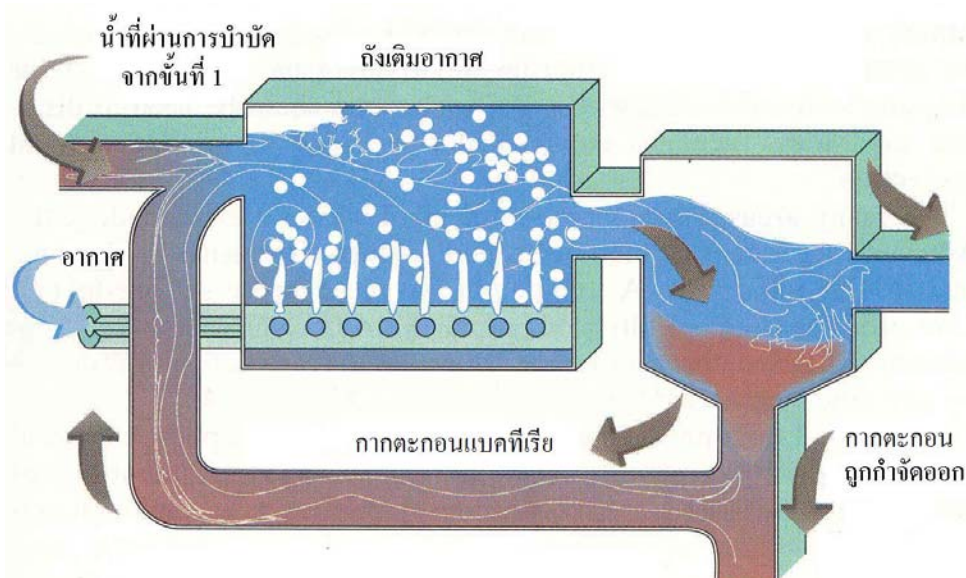
ภาพที่ 8.6 กระบวนการกำจัดน้ำเสียขั้นที่ 1
ที่มา (Hill, 1992, p. 496)

2) กระบวนการกำจัดน้ำเสียขั้นที่ 2 เป็นขั้นตอนที่มีการลดค่า BOD ของน้ำ โดยใช้วิธีการทางชีววิทยารวมทั้งสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ นิยมใช้กากตะกอนแบคทีเรีย (activated sludge) และวิธีการหยด (trickling filters) กันมากที่สุด วิธีการตกตะกอนแบคทีเรีนั้นสามารถกำจัดสารแขวนลอยและ BOD ออกได้ถึงร้อยละ 90 ส่วนวิธีการกรองหยดสามารถลดได้ประมาณ 80-85% การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีการกรองหยดนั้นกระทำโดยการผ่านน้ำเสียอย่างช้าๆลงไปในภาชนะที่ประกอบด้วยก้อนกรวดเล็กๆหรือก้อนหิน ซึ่งแบคทีเรียที่อยู่บนก้อนกรวดหรือหินจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย น้ำที่ได้ออกมาจะมี BOD ต่ำและค่อยๆ หยดลงไปยังด้านใต้ของภาชนะ ทางตอนบนของภาชนะจะเกิดสภาวะที่มีการใช้ออกซิเจน สำหรับด้านล่างของภาชนะจะเกิดสภาวะที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน ในปัจจุบัน การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนแบคทีเรีนิยมใช้กันมาก รวมทั้งการแก้ไขน้ำเสียจาก

แหล่งชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรม อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยแบคทีเรียเพิ่มขึ้นโดยการสูบอากาศเข้าไปในน้ำเสีย และให้กากตะกอนแบคทีเรียได้สัมผัสกับน้ำเสีย หรือน้ำผ่านออกมาจากการแก้ไขขั้นที่ 1 มากที่สุดเท่าที่จะได้โดยวิธีการตกตะกอนแบคทีเรีย จะทำให้น้ำเสีย อากาศและตะกอนแบคทีเรียจะอยู่ร่วมกันหลายชั่วโมง ในถังเติมอากาศ (aeration tank) ในช่วงเวลานี้จะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยการกระทำของแบคทีเรีย ซึ่งอธิบายโดยสมการต่อไปนี้



3) กระบวนการกำจัดน้ำขั้นที่ 3 เป็นขั้นตอนที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดสารมลพิษอินทรีย์ที่เหลืออยู่รวมทั้งเกลือแร่อนินทรีย์ โดยเฉพาะสารไนเตรตและฟอสเฟต ที่ไม่ถูกกำจัดออกไปในการกำจัดขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 กระบวนการนี้จึงทำให้น้ำที่ได้มีความสะอาดยิ่งขึ้นก่อนปล่อยออกไปสู่สิ่งแวดล้อม การนำเทคนิคต่างๆที่ทันสมัยมาใช้ในการกำจัดน้ำเสียขั้นที่ 3 นี้ เช่น กระบวนการออสโมซิสผันกลับ (electrodialysis) นอกเหนือจากการตกตะกอน การกรองและการดูดซับกลิ่นและสีด้วยถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ดังนั้นกระบวนการกำจัดน้ำเสียขั้นที่ 3 จึงมีค่าใช้จ่ายสูงมากและไม่นิยมใช้ในประเทศกำลังพัฒนา



ภาพที่ 8.7 กระบวนการกำจัดน้ำเสียขั้นที่ 2
ที่มา (Hill, 1992, p. 497)

8.9 บทสรุป

สมบัติทางกายภาพของน้ำ เช่น น้ำบริสุทธิ์เป็นของเหลวไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่มีสี น้ำธรรมชาติในปริมาณมากจะมีสีเขียวแกมน้ำเงิน น้ำดื่มที่มีรสดี เนื่องจาก มีแก๊สในอากาศและเกลือจากผิวโลกละลายอยู่ น้ำมีจุดเยือกแข็ง 0°C จุดเดือด 100°C ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท เป็นต้น สำหรับสมบัติทางเคมีของน้ำ เช่น การแตกตัวของน้ำ เป็น H_3O^+ และ OH^- ปฏิกิริยาของน้ำกับโลหะจะให้แก๊สไฮโดรเจน ปฏิกิริยากับอโลหะ เป็นต้น โมเลกุลของน้ำไม่ได้เป็นแบบเส้นตรง พบว่ามุมระหว่างพันธะ O-H นั้นเท่ากับ 104.7 องศา ทำให้โมเลกุลของน้ำมีสภาพขั้ว ปกติน้ำจะเป็นน้ำอ่อน มีสมบัติทำให้สบู่เกิดฟองมาก ถ้ามีแก๊สไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งได้แก่ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ และ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ละลายอยู่จะกลายเป็นน้ำกระด้างชั่วคราวซึ่งไม่ค่อยเกิดฟองกับสบู่และจะเกิดโคลสบู่ แต่สามารถขจัดออกไปได้โดยการต้ม แต่ถ้ามีเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของแคลเซียมและแมกนีเซียม จะเป็นน้ำกระด้างถาวร ขจัดโดยการกลั่น การตกตะกอน และการแลกเปลี่ยนไอออน

น้ำเป็นสารที่สามารถละลายสารอื่นได้ดี โดยเฉพาะสารประกอบเชิงไอออน โมเลกุลของน้ำ มีสภาพขั้วสูง จึงทำให้น้ำละลายสารประกอบเชิงไอออนได้ดี เช่น สารประกอบไนเตรต คลอไรด์ คลอไรด์ และซัลเฟต เป็นต้น การทำประปาเป็นวิธีการทำน้ำให้สะอาด โดยการสูบน้ำ การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ การตกตะกอน การกรอง การฆ่าเชื้อโรค การควบคุมคุณภาพน้ำประปา และการสูบน้ำจ่าย โดยต้นเหตุของน้ำเสียมาจาก จากแหล่งอุตสาหกรรม ชุมชนและธุรกิจการค้า การเกษตร และคมนาคมทางเรือ ซึ่งมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การกำจัดสารแขวนลอยและตกตะกอน การลด BOD โดยใช้กากตะกอนแบคทีเรีย และการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

8.10 คำถามท้ายบท

- 8.10.1 วัฏจักรของน้ำคืออะไร จงวาดแผนภาพประกอบการอธิบาย
- 8.10.2 องค์ประกอบของน้ำในธรรมชาติ มีอะไรบ้าง และมีแหล่งที่มาจากอะไร
- 8.10.3 สมบัติทางเคมีของน้ำมีอะไรบ้าง จงอธิบาย
- 8.10.4 จงวาดรูปโครงสร้างโมเลกุลของน้ำ พร้อมอธิบายสภาพขั้วของโมเลกุลด้วย
- 8.10.5 น้ำอ่อน น้ำกระด้าง คืออะไร และ น้ำกระด้างจำแนกได้ที่ชนิด อะไรบ้าง
- 8.10.6 น้ำกระด้างชั่วคราว และน้ำกระด้างถาวร มีสมบัติ และวิธีการแก้ น้ำกระด้าง

แตกต่างกันอย่างไร

8.10.7 สารประกอบชนิดใดที่สามารถละลายได้ดีในน้ำ และสารประกอบชนิดใดที่ไม่ค่อยละลายในน้ำ

- 8.10.8 จงอธิบายขั้นตอนในการทำน้ำประปา
- 8.10.9 จงอธิบายความหมายของ น้ำเสีย ทางกายภาพ และทางเคมี
- 8.10.10 DO BOD และ COD คืออะไร มีความสำคัญอย่างไร
- 8.10.11 น้ำเสียเกิดมาจากสาเหตุใด และจะมีวิธีการป้องกันได้อย่างไร
- 8.10.12 จงอธิบายขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารอ้างอิง

Hill, J. W. (1992). **Chemistry for changing time** (6th ed). New York: Macmillan.

Moore, J.W. , Stanitski, C.L & Jurs, P.C. (2002). **CHEMISTRY-The Molecular Science**.
Fort Worth: Harcourt college.

Terrell, D. J. (2004). **General Chemistry II** [Online], Available HTTP:

<http://www.warnerpacific.edu/personal/DTerrell/Homepage/CvDJT.htm>

White, D. P. (2003). **General Chemistry** [Online], Available HTTP:

<http://www.chem.neu.edu/courses/reiff/download/>