หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

การผลิตน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2526, โกมล ศิวะบวร และคณะ,2527) เป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. **การจัดหาแหล่งน้ำ** การเลือกแหล่งน้ำที่จะใช้ในการผลิตน้ำประปาให้มีคุณภาพดี คือเลือกแหล่งน้ำที่มีปริมาณเพียงพอต่อการผลิตน้ำประปา และมีความสกปรกน้อยที่สุดที่จะหาได้ ส่วนใหญ่น้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ไม่ควรมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินที่ไม่ใช่ทะเล ประเภทที่ 3 (ภาคผนวก ค) ตามประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ซึ่งจะช่วยให้สามารถผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพได้ในราคาประหยัด

2. **ระบบผลิตน้ำประปา** เป็นกระบวนการปรับสภาพน้ำดิบที่มีการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกต่างๆ ให้กลายเป็นน้ำที่มีความสะอาดสามารถใช้ในการอุปโภค-บริโภค ซึ่งแบ่งขั้นตอนใหญ่ๆ ได้ 3 ขั้นตอน คือ

2.1 การจัดสารแขวนลอย ประกอบด้วย

การจับก้อน (Coagulation) คือการทำให้สารแขวนลอยที่มีอนุภาคเล็กๆ จับตัวกัน โดยอาศัยสารเคมีและการกวน ทำให้เกิดเป็นอนุภาคขนาดใหญ่เรียกว่า ฟล็อค (Floc) บางครั้งกระบวนการนี้ถูกเรียกว่า การจับกลุ่ม (Flocculation) สารเคมีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ สารส้ม (Aluminium sulfate $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) นอกจากนั้นอาจใช้สารประกอบของเหล็กเช่นเฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) สารประกอบของแมกนีเซียมเช่น แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) เป็นต้น นอกจากนี้อาจใช้สารช่วยการจับก้อน (Coagulant Aid) ได้แก่ สารโพลิเมอร์ จำพวก Polyelectrolyte แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ โพลีเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer) โพลีเมอร์ประจุลบ (Anionic Polymer) โพลีเมอร์ไม่มีประจุ (Non-Ionic Polymer) การใช้สารเคมีแต่ละชนิด จำเป็นต้องปรับสภาวะ (condition) ให้เหมาะสมด้วย

การนอนก้น (Sedimentation) เป็นการแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลวด้วยแรงดึงดูดของโลก ทำให้ได้ส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ น้ำใส และ ตะกอนเหลวหรือสลัดจ์ (Slugde) ถ้าจุดหมายเป็นไปเพื่อให้ได้น้ำใสจะเรียกกระบวนการนี้ว่า Clarification

การกรอง (Filtration) เป็นการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำมาไว้บนสารกรองหรือที่ช่องว่างระหว่างสารกรอง แต่มีข้อจำกัดในการใช้คือ

- คุณภาพน้ำดิบที่ใช้กรอง คุณภาพน้ำดิบสามารถบอกให้ทราบว่าจะต้องมีการเตรียมน้ำก่อนกรองโดยการนำน้ำดิบผ่านเข้าการจับก้อนและการนอนก้นก่อนหรือไม่ เพราะการกรองน้ำที่มีความขุ่นสูงบางส่วนเท่านั้นจะสามารถกรองได้ เนื่องจากทั้งสารแขวนลอย และสารกรองส่วนใหญ่มีประจุเป็นลบจึงมีการผลักกัน การผ่านกระบวนการทั้งสองเป็นการทำลายประจุของสารแขวนลอยนั่นเอง

- การเลือก ชนิด และขนาดของสารกรอง เป็นสิ่งสำคัญเพราะถ้าเลือกใช้สารกรองที่มีขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้อัตราการกรองทำได้ช้าและเกิดการอุดตันเร็ว ถ้าใช้สารกรองขนาดใหญ่จะทำให้น้ำที่กรองได้ไม่ใสเท่าที่ควร

- ความแปรปรวน และอัตราการล้างย้อน อัตราการกรองจะลดลงอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการอุดตันของสารกรอง ดังนั้นเมื่ออัตราการกรองลดลงมากๆ จะต้องมีการล้างสารกรองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการกรอง

2.2 กำจัดสารละลาย ได้แก่

การตกตะกอน (Precipitation) เป็นการใช้สมบัติของสิ่งเจือปนที่ละลายในน้ำบางชนิดเช่นสารประกอบของแคลเซียม และแมกนีเซียมซึ่งเป็นตัวการเกิดความกระด้างของน้ำสามารถตกตะกอนเมื่อทำปฏิกิริยากับปูนขาว (CaO) โซดาแอส(Na_2CO_3) และโซดาไฟ (NaOH) มาใช้ในการกำจัดสารละลายในระบบการผลิตน้ำประปา เป็นต้น

การดูดซับ (Adsorption) เป็นการดึงโมเลกุล หรือ คอลลอยด์ ซึ่งอยู่ในของเหลวให้มาเกาะจับและติดบนผิวของสารดูดซับ ตัวอย่างสารที่สามารถในการดูดซับได้แก่ คาร์บอนกัมมันต์ (Activated Carbon) ในระบบการการผลิตน้ำประปาแบบนี้สามารถกำจัดสารมลทินที่มีขนาดเล็กจนถึงขั้นโมเลกุล ซึ่งไม่

สามารถกำจัดได้ด้วยการจับก้อน หรือการกรองแบบธรรมดาได้

การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) เป็นการกำจัดไอออนของธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ ประโยชน์ของวิธีนี้ในระบบผลิตน้ำประปาคือ สามารถกำจัดความกระด้าง ความเป็นด่างไบคาร์บอเนต และเกลือแร่ทุกชนิด แต่น้ำที่ได้จะมีสมบัติเป็นน้ำอ่อนมาก และก่อนที่น้ำจะผ่านกระบวนการนี้ จะต้องผ่านการกำจัดสารแขวนลอยจนมีความขุ่นต่ำมากๆ ก่อน

การผ่านเมมเบรน (Membrane Processes) เป็นกระบวนการที่สามารถแยกสารอินทรีย์ขนาดใหญ่และสารอนินทรีย์ชนิดต่างๆ เกือบทุกชนิดออกจากน้ำได้ แต่มีข้อจำกัดมากมายในแต่ละชนิดของเมมเบรน

2.3 การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา ทำได้ 2 วิธี คือ

การทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) เป็นการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดที่มีในน้ำ ไม่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาเพราะเสียค่าใช้จ่ายสูง

การทำลายเชื้อ (Disinfection) เป็นการฆ่าจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้ วิธีนี้เหมาะในกระบวนการผลิตน้ำประปา สารที่นิยมใช้คือ คลอรีนซึ่งเป็นสารฆ่าเชื้อที่มีอำนาจออกซิไดซิงค์สูงสามารถหยุดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ นอกจากนี้ได้แก่สารประกอบคลอรีนอื่นๆ เช่นคลอรีนไดออกไซด์ เป็นต้น โอโซน โปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต ความร้อน และ แสงอุลตราไวโอเลต

3. ระบบการขนส่งน้ำ เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญสำหรับการผลิตน้ำ เพราะทุกขั้นตอนการผลิตจะต้องมีระบบการขนส่งน้ำเข้าไปเกี่ยวข้องทุกขั้นตอนคือการนำน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบมายังระบบผลิตน้ำประปา ส่งน้ำภายในระบบผลิต และส่งน้ำประปาที่ผลิตได้ไปสู่ประชาชน

ขั้นตอนในการผลิตน้ำประปานั้น ไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการที่กล่าวไปทั้งหมด การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบในการผลิตว่ามีคุณภาพดีมาก-น้อยเพียงใด โดยทั่วไปการสร้างระบบผลิตที่ใช้ในประเทศไทย จะต้องศึกษาถึงคุณภาพน้ำดิบก่อนว่ามีสมบัติใดบ้างที่จำเป็นต้องกำจัดซึ่งแต่ละที่มักมีปัญหาทางด้านความขุ่น ปริมาณจุลินทรีย์

และสาหร่าย เป็นส่วนใหญ่

กระบวนการในการผลิตโดยทั่วๆ ไป ของประเทศไทยประกอบด้วย

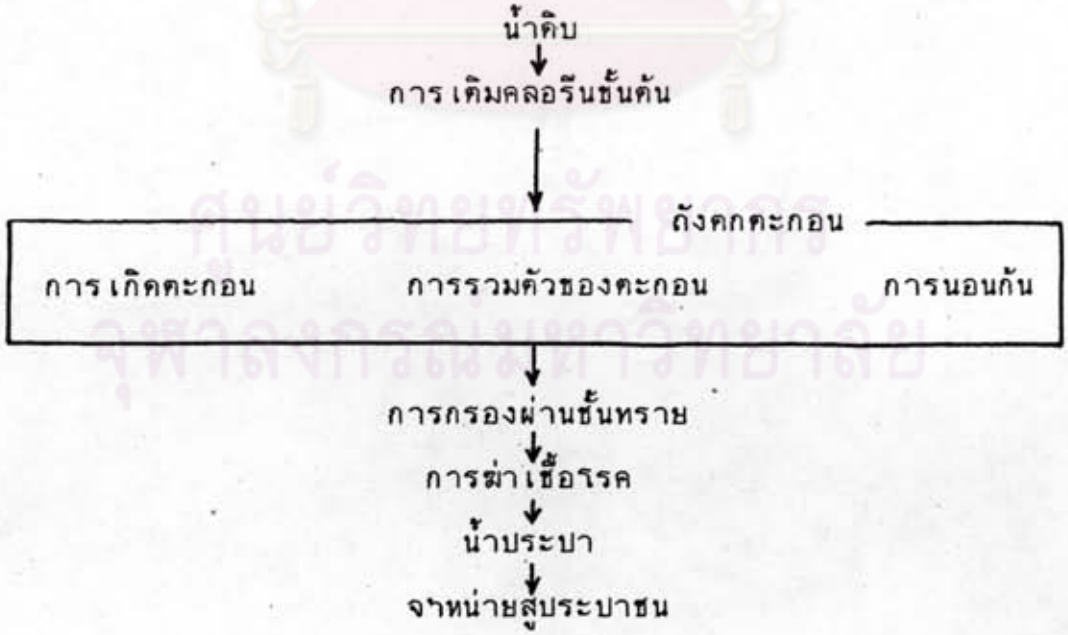
ก. การเติมคลอรีนขั้นต้นเป็นการทำลายสาหร่ายและจุลินทรีย์ เพื่อให้ง่ายในการกำจัดสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ออกจากน้ำ

ข. ทำการจับก้อนและนอนก้น เพราะสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำมีบางส่วนเป็นคอลลอยด์ซึ่งยากต่อการนอนก้น จำเป็นต้องอาศัยสารเคมีและการกวนช่วยให้จับก้อนก่อน แล้วจึงทำการนอนก้นต่อไป

ค. การกรองสารแขวนลอยที่คงเหลือจากการนอนก้นโดยการกรองผ่านชั้นทรายภายใต้ความดันเพื่อเพิ่มความเร็วในการกรอง

ง. ทำการทำลายเชื้อโรคที่อาจตกค้างในน้ำ ซึ่งผ่านกระบวนการผลิตโดยการใช้คลอรีน เป็นสารทำลายเชื้อจุลินทรีย์

จ. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ เพื่อตรวจว่าน้ำประปามีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคของกระทรวงอุตสาหกรรม (ภาคผนวก ค)



รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการผลิตน้ำประปา

ก่อนที่ทางการประปานครหลวงจะก่อสร้างโรงผลิตน้ำแบบเคลือนที่ได้ ได้มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตธนบุรี จากบริเวณหน้าการไฟฟ้าผ่ายผลิต เชิงสะพานพระรามหกถึงปากคลองบางกอกน้อย (รูปที่ 2) ในช่วงเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน 2530 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่จะใช้ในการผลิต น้ำประปา โดยเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณต่างๆ มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมีและจุลชีววิทยา

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ

1. หน้าการไฟฟ้าผ่ายผลิตฯ ใต้สะพานพระรามหก
2. หน้าวัดฉัตรแก้วจงกลณี
3. หน้าวัดอาวุธฯ
4. ใต้สะพานกรุงธนฯ
5. หน้า สน.ดับเพลิงบวรมงคล
6. ปากคลองบางกอกน้อย

รูปที่ 2 แผ่นที่แสดงสถานที่เก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ทางการประปานครหลวงทำการสำรวจก่อนสร้างโรงผลิตน้ำแบบเคลือนที่

ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาช่วงปากคลองบางกอกน้อย ถึงสะพานพระรามหก พบว่าคุณภาพน้ำในบริเวณสะพานพระรามหก มีคุณภาพดีที่สุดในเขตธนบุรี (ภาคผนวก ข ตารางแสดงคุณภาพน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงเดือน มิถุนายน-พฤศจิกายน 2530) ดังนั้นการประปานครหลวงจึงสร้างโรงผลิตน้ำแบบเคลื่อนที่ได้ ณ.บริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยา เชิงสะพานพระรามหก ซอยทางเข้าวัดวิมุติยาราม โดยการติดตั้งของบริษัทอดวาไทยจำกัด

สำหรับโรงผลิตน้ำแบบเคลื่อนที่ได้ (อดวาไทย จำกัด,2532) ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาดังนี้

1. เครื่องสูบน้ำดิบขนาด 210 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ใช้งาน 4 ชุด
2. ระบบสูบจ่ายสารเคมี มีการสูบจ่ายสารเคมี 4 ระบบ คือ

2.1 ระบบเติมสารละลายปูนขาว ประกอบด้วยถังโพลีเอทธีลีนขนาดบรรจุ 2,000 ลิตร 8 ชุด เครื่องกวน เครื่องสูบจ่ายขนาด 150 ลิตรต่อชั่วโมง พร้อมอุปกรณ์และสายยางสำหรับสูบสารเคมี

2.2 ระบบเติมสารส้ม ประกอบด้วยถังเหล็กภายในเคลือบไฟเบอร์กลาสหนา 3 มิลลิเมตร บรรจุ 9,800 ลิตร 4 ชุด เครื่องกวน เครื่องสูบจ่าย 100 ลิตรต่อชั่วโมง พร้อมอุปกรณ์และสายยางสำหรับสูบสารเคมี

2.3 ระบบเติมสาร Polyelectrolite ประกอบด้วยถังโพลีเอทธีลีนขนาดบรรจุ 1,000 ลิตร 3 ชุด เครื่องกวน เครื่องสูบขนาด 110 ลิตรต่อชั่วโมง พร้อมอุปกรณ์และสายยางสำหรับสูบสารเคมี

2.4 ระบบสูบจ่ายคลอรีน

3. ถังตกตะกอน แบบ Sludge Blanket Clarifier ชนิด Pulsator plate type 4 ชุดซึ่งแต่ละชุดมีส่วนประกอบดังนี้

3.1 ถังตกตะกอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.3 เมตร สูง 3.5 เมตร ถังทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 6 มิลลิเมตร ส่วนประกอบภายในทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 4.5 มิลลิเมตร ภายในและภายนอกทาสีกันสนิม 3 ชั้น

3.2 ถังสูญญากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.14 เมตร สูง 5.14 เมตร ทำด้วยแผ่น เหล็กหนา 6 มิลลิเมตร ทาสีกันสนิทเช่นเดียวกับถังตกตะกอน

3.3 ท่อจ่ายน้ำดิบขนาด 8 นิ้ว และท่อรับน้ำใส ขนาด 5 นิ้ว

3.4 แผ่นช่วยตกตะกอน แผ่นกันตะกอนฟุ้ง และช่องเก็บตะกอน

3.5 ระบบควบคุมการระบายตะกอนแบบอัตโนมัติ

3.6 ระบบระบายอากาศอัตโนมัติ

4. ถังกรองทราย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เมตร ยาว 9.30 เมตร พื้นที่การกรองน้ำ 20 ตารางเมตร ปกติสามารถกรองน้ำได้ 200 ลูกบาศก์เมตร และสูงสุด 250 ลูกบาศก์เมตร ทาสีภายในและภายนอกด้วย สีอีพ็อกซี่ (Epoxy) 2 ชั้น ติดตั้งแผ่นเหล็กรองรับทรายและหัวกรองประมาณ 690 ชุดมีประตูน้ำแบบผีเสื้อขนาด 200 มิลลิเมตร จากทางน้ำที่ผ่านจากถังตกตะกอน ทางน้ำสะอาดออกและเข้าและทางน้ำล้างออก บรรจุทรายกรองน้ำขนาด 4-8 มิลลิเมตร สูง 0.1 เมตรและ 1.1-1.5 มิลลิเมตร ประมาณ 20.8 ลูกบาศก์เมตร สูง 0.9 เมตร 4 ชุด

5. ถังเก็บน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เมตร สูง 3.0 เมตรจุ 125 ลูกบาศก์เมตร 4 ใบ ควบคุมการผ่านเข้าออกของน้ำได้ด้วยประตูน้ำแบบผีเสื้อ

6. ระบบสูบจ่ายน้ำ เครื่องสูบขนาด 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ใช้งาน 4 ชุด

โรงผลิตน้ำแห่งนี้ใช้ระบบ Pulsator Clarifier ช่วยให้ขนาดของถังตกตะกอนมีขนาดเล็กลงแต่มีประสิทธิภาพในการผลิตสูง ระบบนี้เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับจากประเทศแคนาดา และเม็กซิโกในทวีปอเมริกา ถูกใช้ในการผลิตที่มีอัตราการไหลของน้ำตั้งแต่ 50-7,200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และในประเทศไทยมี 4 โรงผลิตที่ใช้ระบบนี้คือที่โรงแรมรอยัลออคิด, โรงไฟฟ้าพระนครใต้, โรงไฟฟ้าคนอม, และที่หนองคาย ใช้กับการผลิตที่มีอัตราการไหลของน้ำ 50-120 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่โรงผลิตน้ำแบบเคลื่อนที่ได้แห่งนี้ใช้กับการผลิตที่มีอัตราการไหลของน้ำถึง 800 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เมื่อก่อสร้างเสร็จได้เริ่มดำเนินงานผลิตน้ำเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2532 ภายใต้การดำเนินงานของบริษัทอควาไทยจำกัด ซึ่งได้มีการควบคุมคุณภาพโดยกำหนดว่า น้ำประปาที่ผลิตจะต้องมีสมบัติได้มาตรฐานของการประปานครหลวง