

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในการทำวิจัยเรื่องการตรวจสอบปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำประปาของมหาวิทยาลัย
นครสวรรค์ ได้ทำการทดสอบตามทฤษฎีทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้ได้คุณสมบัติของน้ำประปาที่ถูก
ต้องตามมาตรฐานกรณีของงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อประโยชน์ด้านการปรับปรุงคุณ
ภาพน้ำ และการเติมคลอรีนจึงต้องมีการทดสอบด้านกายภาพ และด้านเคมี ของน้ำประปา ซึ่งมี
วิธีและทฤษฎีที่ใช้ดังนี้

2.1 คุณสมบัติและมาตรฐานของน้ำดื่มที่ใช้

เนื่องจากน้ำ เป็นสิ่งจำเป็นอันสำคัญยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ และจากประวัติการใช้
ของมนุษย์ จะเห็นได้ว่าความต้องการน้ำและการใช้น้ำของมนุษย์ได้วิวัฒนาการมามากมายจน
กระทั่งเรารู้จักกำหนดได้ว่า น้ำชนิดไหนเหมาะที่จะใช้เพื่อวัตถุประสงค์อะไรแม้กระทั่งนั้นก็ตามเราก็
มีอาจหาแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติที่มีคุณสมบัติหรือคุณภาพที่เหมาะสมตามความต้องการได้
ง่าย ๆ ทั้งนี้เพราะในน้ำตามธรรมชาตินั้นย่อมมีสิ่งต่าง ๆ ปะปนอยู่มากมายทั้งที่สามารถมองเห็นได้
ด้วยตาเปล่าและที่มองไม่เห็น โดยที่สิ่งปนเปื้อนเหล่านั้นอาจจะมีคุณประโยชน์แก่มนุษย์ หรือเป็น
สิ่งที่เป็นอันตรายร่างกายมนุษย์จะขาดเสียมิได้ แต่ในทางกลับกันอาจจะให้โทษแก่มนุษย์อย่างมาก
มายจนถึงตายได้ ปัญหาใหญ่ที่เราพบอยู่ในขณะนี้คือ ทำอย่างไรจึงจะรู้ได้โดยง่ายว่าแหล่งน้ำนั้น ๆ มี
คุณสมบัติอย่างไร เกี่ยวกับสี กลิ่น รส และความขุ่นของน้ำ

สมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำนั้นเราสามารถจะทราบได้จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ และ
สามารถจะกำจัดออกได้โดยวิธีง่าย ๆ มากกว่าคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ นอกจากนั้นยังอาจเป็น
อันตรายน้อยกว่าคุณสมบัติด้านอื่นถ้าหากมีความจำเป็นต้องบริโภคน้ำนั้น ตัวอย่างเช่น น้ำผิวดิน
โดยมากคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์มักจะไม่ค่อยดีนัก เพราะมีตะกอนหรือความขุ่นมากเนื่องจากน้ำ
ได้พัดพาเอาอนุภาค (particle) ของสารต่าง ๆ ในพื้นดินปะปนมา ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย เช่น
ฤดูฝน น้ำผิวดินจะขุ่นมาก และมีผลกระทบต่อปรับปรุงคุณภาพน้ำอย่างมาก เราสามารถ
แบ่งคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำออกตามสาเหตุต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.1.1 กลิ่นและรสของน้ำ (Odour and Test)

กลิ่นของน้ำเกิดจากพวกสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ และเกิดจากสารอนินทรีย์เคมีบางตัว นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากสารพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ (Microorganism) เช่น พวกสาหร่าย ชนิดต่าง ๆ คือ สาหร่ายสีเขียว (green algae) สาหร่ายสีเขียวปนน้ำเงิน (blue green algae) หรือเกิดจากไดอะตอม (Diatom) และโปรโตซัว (Protozoa) พวกจุลินทรีย์เหล่านี้บางตัวจะสามารถสร้างน้ำมันที่ระเหยได้ (Volatile Oil) และเป็นตัวทำให้น้ำมันนั้นมีกลิ่นน้ำจึงมีกลิ่นด้วย

ส่วนรสของน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้หลายรส คือรสเค็ม เช่นน้ำทะเล รสเปรี้ยว หวาน ขม ซึ่งรสเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากมีปริมาณของเกลือที่ละลายน้ำได้ปนอยู่ในน้ำ หรือ เกิดจากจำนวนสารประกอบของกรดและด่าง (Acid and Alkaline Compounds) หรือมีสารประกอบของเหล็กละลายปนอยู่จึงทำให้รสของน้ำเปลี่ยนไป

เราพอจะสรุปสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้น้ำเกิดกลิ่นและรสได้ดังนี้

1. เกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่สามารถผลิตสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสขึ้นได้
2. เกิดจากการนำเปื่อยสลายตัวของพวกจุลินทรีย์เหล่านั้น เมื่อจุลินทรีย์ตายลง
3. เกิดจากการนำเปื่อยของใบไม้ หญ้า และ พืชน้ำต่าง ๆ
4. เกิดจากก๊าซต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่เกิดจากการนำเปื่อยของดินไม้และพืชน้ำ หรือเกิดจาก reduction ของสารพวก sulfate ไปเป็น sulfides ในกรณีนี้น้ำนั้นขาดออกซิเจน
5. เกิดจากน้ำเสียของโรงงานต่าง ๆ ที่มีสารพวกฟีนอล (phenol)
6. เกิดจากสารเคมีที่เราใส่ลงไปฆ่าเชื้อโรคในการทำน้ำประปาที่มากเกินไป เช่น กลิ่นคลอรีนในน้ำ

แต่การตรวจวิเคราะห์เกี่ยวกับกลิ่นและรสของน้ำโดยมากมักไม่ทำกัน ถึงแม้ว่าจะมีความสำคัญเกี่ยวกับการสังเกตความเข้มข้นและธรรมชาติของสารมลพิษ ทั้งนี้เพราะวิธีการและเครื่องมือที่จะใช้ตรวจกลิ่นและรสของน้ำไม่มีผู้ที่คิดสร้างอย่างถาวร และเป็นหลักฐานได้นอกจากจะใช้ความรู้สึกของคน ตัวอย่างเช่นจะวิเคราะห์รสของน้ำ ก็จะใช้การชิม การวิเคราะห์กลิ่นของน้ำ ก็ใช้การดม แต่ผู้ที่วิเคราะห์ควรจะต้องล้างมือ ล้างหน้าให้สะอาดด้วยสบู่หรือสารซักฟอกชนิดไม่มีกลิ่นเสียก่อน และควรอยู่ห่างจากควันไฟ อาหารกลิ่นฉุน ๆ หรือสิ่งที่มีกลิ่นต่าง ๆ อย่างน้อย 30 นาที ก่อนจะวิเคราะห์ จะเห็นว่าวิธีการยุ่งยากมาก และผลที่ได้ออกมาก็ไม่เป็นที่พอใจนัก

ดังนั้นจึงไม่นิยมวิเคราะห์กันแต่การชิมรสของน้ำ บางครั้งจะมีประโยชน์มากในการใช้เป็นการวิเคราะห์สารเคมีบางตัว เช่น คลอไรด์ (Cl^-) เพราะน้ำที่มีคลอไรด์สูง ๆ โดยมากรสจะกร่อย ซึ่งสามารถบอกได้จากการชิม

ดังนั้นการที่เราจะควบคุมน้ำไม่ให้เกิดกลิ่นและรสขึ้นได้ก็โดย

1. ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่จะก่อให้เกิดกลิ่นและรสของน้ำเสีย
2. ยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารบางตัวที่อาจจะปะปนลงไปในน้ำได้
3. ทำการเติมอากาศ (aeration) หรือใช้คลอรีนไปออกซิไดส์ (Oxidise) หรือใช้ activated carbon ไปดูดซับสารที่เป็นตัวทำให้เกิดกลิ่นและรสของน้ำ
4. ใช้โอโซน (O_3) เป็นตัวควบคุม ซึ่งจะมีประโยชน์ถึง 2 อย่างคือ นอกจากจะเป็นตัวควบคุมกลิ่นและรสของน้ำแล้ว ยังเป็นตัวฆ่าเชื้อโรคในน้ำอีกด้วย

2.1.2 สี (Color)

สีของน้ำเกิดขึ้นจากสาเหตุใหญ่ ๆ 2 ประการคือ

ก) เกิดจากการสลายตัวของพวกสารอินทรีย์ (Organic matter) ต่าง ๆ สีของน้ำที่เกิดจากต้นหญ้า ใบไม้เน่าเปื่อยนั้น โดยมากมักจะเป็นสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาล ทั้งนี้เพราะจะเกิดสารประกอบของพวก Tannic acid ขึ้น

ข) เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial waste) หรือเกิดจากน้ำทิ้งของฟาร์มต่าง ๆ สีของน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม มักจะมีสีตามน้ำทิ้งนั้น ๆ

ส่วนมากแล้วสารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสีในน้ำ มักจะเป็นสารพวก colloidal ที่มีประจุลบ (negative charge) ด้วยเหตุนี้จึงสามารถกำจัดสีของน้ำได้โดยใช้เกลือของธาตุที่มีวาเลนซ์ 3 (Trivalent metallic ion) ได้ เช่น พวก Al^{+++} และ Fe^{+++} เป็นต้น โดยมากน้ำผิวดินจะปรากฏว่ามีสีสูงมาก ทั้งนี้เพราะสารที่ทำให้น้ำเกิดสีสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ และน้ำผิวดินมีโอกาที่จะถูกปนเปื้อนได้มากกว่าน้ำชนิดอื่น ๆ สีของน้ำจะมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ

- (1) สีปรากฏ (Apparent color) เกิดจากสารพวกแขวนลอย (suspended matter) ต่าง ๆ ซึ่งสามารถจะกำจัดออกได้โดยการกรองหรือปั่น (centrifugation)
- (2) สีจริง (True color) คือสีของน้ำที่เกิดจากสารพวกที่ละลายได้เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ (Dissolved matter)

ดังนั้นในการวิเคราะห์น้ำ เมื่อกรองเอาสีที่เกิดจากสารที่แขวนลอยออกจากน้ำแล้วก็จะได้สีจริงของน้ำอย่างเดียว

“หน่วย” ของการวัดสีของน้ำเราเรียกเป็น “ Unit “ ไม่ใช่ “ppm” เพราะว่าเราไม่สามารถหาน้ำหนักของสารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสีในน้ำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น เราจึงต้องเทียบกับ Standard unit ของสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมคลอโรแพลทตินัท (Potassium Chloroplatinate) ผสมกับสารละลายมาตรฐานโคบอล คลอไรด์ (Cobaltous Chloride) คือ 1 mg/l ของ Pt ในสารละลายมาตรฐาน = 1 Unit ของสีในน้ำ

ความสำคัญของสีของน้ำทางด้านสุขาภิบาล (Sanitary Significance)

สีของน้ำที่เกิดจากการเน่าเปื่อยสลายตัวของพืชต่าง ๆ หรือสารในธรรมชาติ มักจะไม่มีอันตรายหรือเป็นพิษ แต่ถ้าเป็นสีของน้ำที่เกิดจากการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มักจะเป็นพิษ ถึงแม้ว่าสีของน้ำจะไม่เป็นอันตรายก็ตาม ถ้าน้ำมีสีไม่น่าดื่มแล้วก็จะทำให้ประชาชนหันไปหาแหล่งน้ำอื่นซึ่งอาจไม่สะอาดหรือปลอดภัยพอก็ได้

2.1.3 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากสารที่แขวนลอย (Suspended matter) ต่าง ๆ เช่น พวกโคลนตม (Clay) ซิลท์ (Silt) และพวกแพลงตอน (Plankton) ซึ่งสารพวกนี้ไม่ยอมให้แสงผ่านไปได้อย่างตลอด หรือสามารถทำให้แสงเกิดการหักเหไปคนละทิศละทาง หรือ กระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ จึงทำให้มองเห็นน้ำนั้นขุ่น

ความขุ่นของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- (1) ขนาดของสิ่งแขวนลอย
- (2) ปริมาณมากหรือน้อย
- (3) ความกระจัดกระจายของอนุภาค
- (4) คุณสมบัติของการดูดซึมแสงของสารแขวนลอยเหล่านั้น

ตามความจริงแล้ว ความขุ่นไม่ได้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์เลย เพียงแต่เป็น Optical effect คือประชาชนเห็นน้ำขุ่นไม่ชวนดื่ม ก็จะหันไปดื่มน้ำจากแหล่งน้ำอื่นซึ่งอาจจะไม่สะอาดพอ ปกติแล้วหน่วยของความขุ่นไม่ได้วัดเป็น ppm แต่จะวัดเป็น Units เพราะไม่สามารถแยกออกจากกันได้ว่าสารแขวนลอยตัวไหนยอมให้แสงผ่าน ตัวไหนไม่ยอมให้แสงผ่านได้บ้าง จึงมักใช้ silica เป็นตัวตั้ง unit ของความขุ่นในลักษณะเดียวกันกับการวัดสี

ความขุ่น 1 unit = 1 mg/l of Silica
= 1 ppm as SiO₂

หรือมีหน่วยเป็น JTU = Jackson Turbidity Unit

ความสำคัญของความขุ่นของน้ำทางด้านสุขาภิบาล (Sanitary Significance)

ความขุ่นของน้ำมีความสำคัญเกี่ยวกับน้ำประปามาก กล่าวคือ

(1) ประชาชนที่ใช้น้ำประปาทั่วไป มักจะเข้าใจกันว่า น้ำที่ขุ่นมักจะถูกปนเปื้อนมาจากพืชน้ำที่มาจากอาคารบ้านเรือน เพราะส่วนมากแล้วน้ำที่มาจากอาคารบ้านเรือนมักจะมีขุ่นมาก ซึ่งจะก่อให้เกิดพิษภัยต่อสุขภาพขึ้นได้ ทำให้ประชาชนไม่นิยมดื่ม น้ำของการประปา หันไปใช้น้ำแหล่งอื่นที่อาจจะไม่ปลอดภัยพอก็ได้

(2) น้ำที่มีความขุ่นสูง ๆ จะทำให้การกรองน้ำของกิจการประปาช้าลง และประสิทธิภาพของการกรองก็สั้นเข้า น้ำที่มีความขุ่นมาก ๆ จะใช้กับการใช้ทรายกรองแบบช้า แทนไม่ได้เลย จะต้องใช้กับทรายกรองเร็ว ซึ่งถ้าใช้กับทรายกรองเร็ว ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถของสารช่วยการตกตะกอน (chemical coagulants) ว่าจะกำจัดความขุ่นได้มากน้อยเท่าไร อายุการใช้งานของเครื่องกรองจะได้ยืนยาวขึ้น

(3) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) น้ำที่มีความขุ่นสูง ๆ จะเป็นอุปสรรคต่อการฆ่าเชื้อมาก เพราะแบคทีเรียอาจจะไปหลบอยู่ตามสารแขวนลอยเหล่านั้น ทำให้สารฆ่าเชื้อเข้าไปทำลายไม่ถึง ทำให้การฆ่าเชื้อไม่ได้ผลเต็มที่ และเป็นการเปลืองสารฆ่าเชื้อด้วย

2.1.4 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำทางด้านฟิสิกส์ คือ ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ความหนาแน่นของน้ำน้อยลง ตามปกติน้ำจะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่ 4°C แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำ จะทำให้น้ำมีความหนืดมาก และ มีความต้านทาน (friction) ด้วย นอกจากนี้ น้ำที่มีอุณหภูมิสูง ๆ สารต่าง ในน้ำจะถูกทำลายได้ดี เพราะน้ำเป็นตัวทำละลาย (solvent) ที่ดี

2.2 การฆ่าเชื้อ (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปา โดยมากจะเป็นกระบวนการสุดท้าย คือภายหลังจากกระบวนการกรองน้ำ ก็จะนำมาฆ่าเชื้อโรคที่หลงเหลืออยู่ในน้ำใส่ที่ผ่านการกรองแล้ว การฆ่าเชื้อโรคในน้ำอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ Disinfection และ Sterilization

Disinfection หมายถึงการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นต้นเหตุของโรคต่าง ๆ ส่วน Sterilization นั้นหมายถึงการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดที่อยู่ในน้ำ น้ำประปาควรผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธี Disinfection เป็นอย่างน้อย การทำ Sterilization ให้กับน้ำประปานั้น ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากจนเป็นไปได้ยาก ในการปฏิบัติ ระบบประปาทั้งหลาย จึงทำการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยวิธี Disinfection ทั้งสิ้น โดยทั่วไปน้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะยังคงมีสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้

- ก) มีจุลชีพต่าง ๆ
- ข) มีกลิ่น และรสไม่พึงปรารถนา
- ค) มีสี
- ง) สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ (Dissolved inorganic salts)

ดังนั้นจำเป็นต้องนำน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว มาผ่านกระบวนการ Disinfection โดยใช้สารเคมีที่นิยมเรียกว่า Disinfectant ได้แก่ ก๊าซคลอรีน , หรือสารประกอบของคลอรีน เช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรต์, โซเดียมไฮโปคลอไรต์, โซเดียมคลอไรด์, โซเดียมเปอร์แมงกาเนต, เงิน, ความร้อน, และแสงอัลตราไวโอเล็ต เพื่อให้มีคุณสมบัติ ทางด้านกายภาพดีขึ้น (สี , กลิ่น , รส , ความขุ่น) และคุณภาพทางแบคทีเรียก็ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น (โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำที่ผ่านระบบการกรองช้า) โดยมีหลักการในการเลือกใช้ Disinfectant ที่ควรพิจารณาดังนี้ คือ

- ก) สามารถกำจัดจุลชีพที่ก่อให้เกิดโรค ภายในเวลาจำกัด
- ข) ไม่ควรทำให้น้ำประปาเปลี่ยนคุณลักษณะ ทางกายภาพ และ ทางเคมี
- ค) ไม่ควรทำให้น้ำประปาเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ก่อให้เกิดสารพิษและทำให้น้ำประปาที่ไม่สามารถใช้อุปโภค - บริโภคได้
- ง) ราคาของ Disinfectant ไม่ควรสูงเกินไป
- จ) ควรมีปริมาณ Disinfectant หลงเหลือในน้ำประปาที่ภายในท่อประปาตลอดเวลา เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อโรคที่อาจเกิดขึ้นได้ในท่อประปา
- ฉ) สามารถวัดหาปริมาณ Disinfectant ได้ด้วยวิธีง่าย ๆ

ข) การเก็บสารเคมีของ Disinfectant สามารถกระทำได้ง่ายมีความปลอดภัยขณะขนส่งและเก็บไว้ใช้ต่อไป

2.2.1 ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาขึ้นอยู่กับ

- ก) จำนวนความเข้มข้น และ ชนิดสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค
- ข) ระยะเวลาที่อยู่ในน้ำ (Control time)
- ค) อุณหภูมิของน้ำ
- ง) คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ
- จ) ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่ต้องการทำลาย

2.2.2 วิธีการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา

วิธีที่สามารถใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาได้มีอยู่ 7 วิธี ดังนี้

- ก) วิธีต้มน้ำให้ถึงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

การต้มน้ำให้ถึงจุดเดือด เป็นเวลา 15-20 นาที เชื้อจุลินทรีย์ทั่วไปจะถูกฆ่าหมด แต่มีข้อเสียของวิธีนี้คือการต้มน้ำจะเปลี่ยนรสชาติของน้ำดื่มไป และการต้มน้ำไม่เป็นวิธีที่ประหยัดสำหรับการต้มน้ำปริมาณมาก ๆ เช่น ปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ในโรงผลิตน้ำประปา

- ข) วิธีการเติมก๊าซโอโซน

ก๊าซโอโซน (O_3) ประกอบด้วยสามอะตอมของออกซิเจน แต่จะมีอยู่หนึ่งอะตอมที่ง่ายต่อการแตกตัวออกมา ทำให้ก๊าซโอโซนเป็นก๊าซที่ไม่มีเสถียรภาพ แต่เป็นสาร Disinfectant ที่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคสูง ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นหรือรสชาติ สำหรับข้อเสียของก๊าซโอโซน ได้แก่ ราคาค่าใช้จ่ายมีสูงกว่าของคลอรีน เนื่องจากก๊าซโอโซนเป็นก๊าซที่ไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ไม่สามารถเก็บไว้ใช้ในระยะเวลาที่นานเกินไป และจะไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคหลงเหลืออยู่ในท่อประปาต่าง ๆ เป็นต้น

ค) วิธีเติมต่างให้มีปริมาณมากเกินไป

การเติมสารบางชนิด เช่น ปูนขาว ลงในน้ำประปาจะทำให้ pH สูงขึ้นซึ่งทำให้ฆ่าเชื้อโรคได้ แต่จะไม่เหมาะสมกับการผลิตน้ำประปาสำหรับชุมชนทั่วไป เพราะไม่สามารถนำน้ำประปาที่ได้มาใช้ได้โดยตรง และต้องมีกระบวนการกำจัดปูนขาวส่วนเกินออกจากน้ำไปด้วย

ง) วิธีเติมไอโอดีน และ โบรมีน

สารฆ่าเชื้อโรคทั้งสองดังกล่าวเป็นสาร Disinfectant ที่ดีสารหนึ่ง สารนี้มักบรรจุไว้ในลักษณะคล้ายเป็นเม็ดผง ข้อเสียของวิธีนี้คือ มีราคาสูง จะทำให้น้ำประปามีกลิ่นและรส แต่นิยมใช้กับสระว่ายน้ำ จะไม่นิยมใช้กับระบบประปาสาธารณะ

จ) วิธีใช้แสง Ultraviolet (UV rays)

แสงยูวีนี้จะมีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคสูงสำหรับข้อเสียของวิธีนี้คือ มีราคาสูง ไม่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคหลงเหลืออยู่ในท่อประปาจะไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาที่มีค่าความขุ่นเกินกว่า 15 หน่วย

ฉ) วิธีใช้ Potassium permanganate ($KMnO_4$)

วิธีนี้ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดอหิวาตกโรคจะได้ผลดีมาก แต่ไม่สามารถฆ่าพวกแบคทีเรียอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพวิธีนี้นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อโรคที่มีอยู่ในบ่อน้ำทั่วไปของหมู่บ้านชนบท สำหรับข้อเสียของวิธีนี้คือ ไม่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ทุกชนิด จะทำให้เกิดสีเกาะปนเปื้อนตามผิววัสดุทั่วไปซึ่งยากแก่การล้างออก

ช) วิธีเติมคลอรีน

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการกำจัดเชื้อโรคต่าง ๆ ในน้ำประปา ซึ่งอาจจะมีสารคลอรีนหลงเหลืออยู่ในน้ำประปาจนกระทั่งถึงก๊อกน้ำภายในบ้าน ทำให้สามารถฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ ในน้ำประปาได้ตลอดเวลา แม้กระทั่งจะมีเชื้อโรคเข้าไปในท่อประปา ณ ที่ใดก็ตาม เนื่องจากวิธีเติมคลอรีนเป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ในระบบประปา ดังตารางที่ 2.1 ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพวิธีการต่าง ๆ ส่วนรายละเอียดนั้นจะได้อธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 2.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพวิธีการต่าง ๆ
ที่มา : มั่นสิน ตันทุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1,2538

คุณสมบัติ	กำจัดโดย				
	พ่นอากาศ (Aeration)	ตกตะกอนธรรมดา (Plain Sedimentation)	ตกตะกอนด้วย สารเคมี และ กรองอย่างรวดเร็ว (Coagulation, Rapid filtration)	แก้ความกระด้าง โดยใช้ปูนขาว (Lime Softening)	ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (Disinfection)
จุลินทรีย์ (Microorganisms)	ไม่ได้ผล	พอประมาณ	ดี	พอประมาณ (โดยวิธี excess lime)	ดี
สี	ไม่ได้ผล (ยกเว้น Fe)	ไม่ได้ผล	ดี	ดี	ไม่ได้ผล (ยกเว้น ในกรณี dose สูง ๆ)
ความขุ่น	ไม่ได้ผล	พอประมาณหรือดี	ดี	ดี	ไม่ได้ผล
กลิ่น, รส	ดี	ไม่ได้ผล	ดี	ได้ผลเล็กน้อย	ดีถ้าเป็น Superchlorination
ความกระด้าง	ได้ผลเล็กน้อย (CO ₂)	ไม่ได้ผล	เปลี่ยนแปลงของ ความกระด้าง	ดี	ไม่ได้ผล
ความกัดกร่อน (Corrosiveness)	กำจัด CO ₂ แต่เพิ่ม O ₂	ไม่ได้ผล	ตัวช่วยสร้าง ตะกอน (Coagulants จะ ให้ก๊าซ CO ₂ ออก มา	ไม่แน่นอน	ไม่ได้ผล
เหล็กและแมงกานีส	ดี	ดี, หลังจากผ่านขบวนการเติมอากาศ			

2.3 ระบบคลอรีน

การเติมคลอรีนลงในน้ำประปา นอกจากจะสามารถฆ่าเชื้อโรค (Disinfectant) กำจัดกลิ่น รสชาติ และสีออกจากน้ำได้แล้ว สารคลอรีนยังสามารถกำจัดพวกแอมโมเนีย เหล็ก แมงกานีส และซัลไฟด์ ได้อีกด้วย โดยทั่วไปแล้วคลอรีนที่ใช้อยู่จะผลิตขึ้นมาได้สองวิธีคือ การแยกสลายด้วยไฟฟ้าของ NaCl หลอมเหลว และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ อย่างไรก็ตาม จะได้รับความนิยมมากกว่า ปัจจุบันมีการใช้คลอรีนหลายล้านตันทั่วโลก จำนวนหนึ่งใช้ไปในการทำน้ำประปา เพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่ม น้ำในสระว่ายน้ำ น้ำเสีย และวัสดุเหลือทิ้งจาก โรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยสมบัติของการเป็นตัวออกซิไดส์ของคลอรีน และของไฮโปคลอไรต์ ซึ่งก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดนั้น จะได้สรุปข้อดี และข้อเสียของระบบ คลอรีนในน้ำประปาได้ดังนี้

ข้อดีของการใช้คลอรีนในน้ำประปา

- (1) ราคาถูก
- (2) มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง
- (3) สามารถจัดหาได้ง่าย
- (4) ไม่มีพิษอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์ขนาดใหญ่ เมื่อมีปริมาณไม่มาก
- (5) สามารถมีปริมาณหลงเหลือค้างอยู่ในน้ำประปา

ข้อเสียของการใช้คลอรีนในน้ำประปา

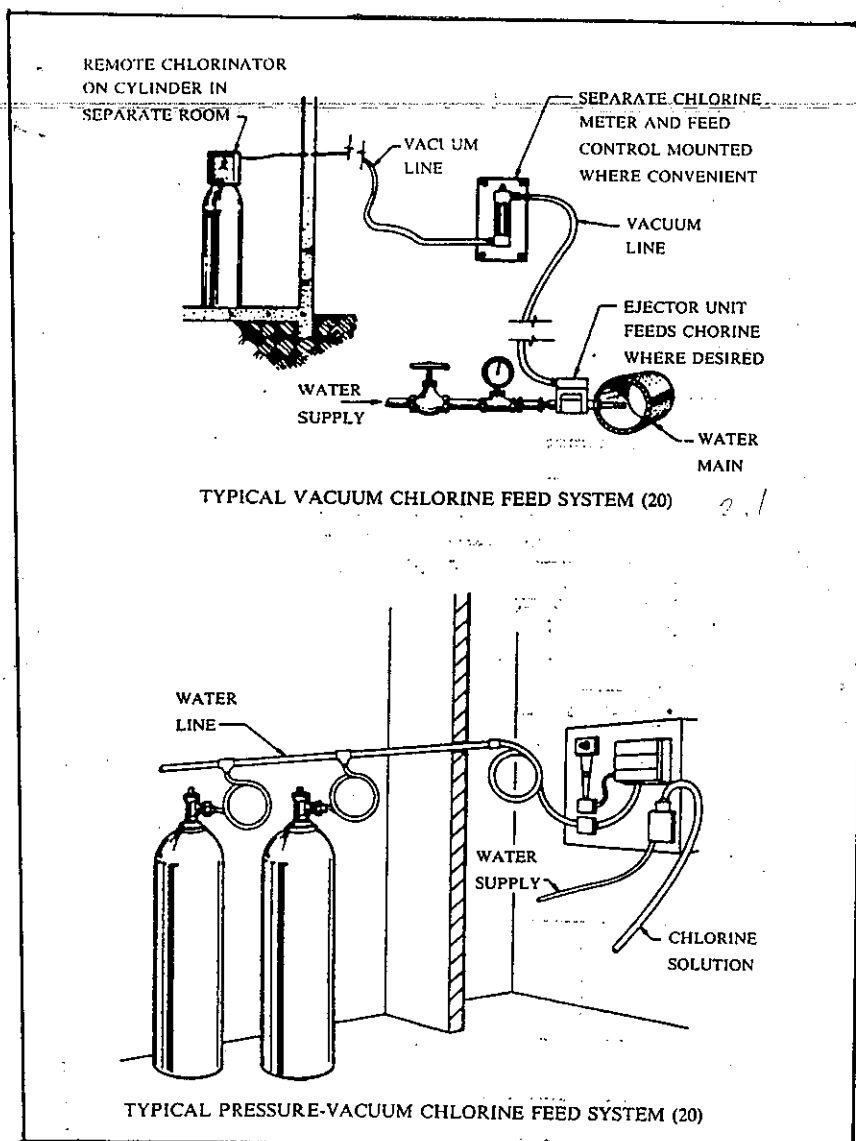
- (1) จะเกิดสภาพกรด ได้แก่ HCl
- (2) มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น (Total Dissolved Salts)
- (3) อาจก่อให้เกิดสารพวก Carcinogenic ซึ่งก่อให้เกิดมะเร็งได้
- (4) ต้องระมัดระวังในความปลอดภัย เกี่ยวกับปริมาณที่เติมลงในน้ำประปา และระบบ เติมน้ำคลอรีนที่ใช้ก๊าซคลอรีน

2.3.1.1 ก๊าซคลอรีน

ก๊าซคลอรีน เหมาะสำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำและเพื่อจุดประสงค์อื่น ๆ ของระบบประปา ขนาดกลางและขนาดใหญ่ เพราะถึงแม้จะต้องลงทุนเบื้องต้นแพง แต่จะเป็นการประหยัดกว่าในระยะยาว โรงงานประปาขนาดเล็กนิยมใช้คลอรีนผงหรือน้ำเพราะไม่ต้องเสียเงินลงทุนเบื้องต้นสูงมากนัก และไม่ต้องการผู้ควบคุมดูแลที่มีความรู้สูง ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ที่มีใช้บ้างในการควบคุมกลิ่นและรสของน้ำ ก๊าซในน้ำไม่ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย แต่ทำลายฟินอลได้ ข้อเสียคือราคาแพง ภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงวิธีการป้องกันก๊าซคลอรีนให้กับน้ำของระบบประปาขนาดเล็ก และขนาดใหญ่

ก๊าซคลอรีนจะมีสีเหลืองแกมเขียว หนักเป็น 2.5 เท่าของอากาศ เมื่อเป็นของเหลวจะมีสีเหลืองอำพัน และหนักเป็น 1.44 เท่าของน้ำ คลอรีนเหลวระเหยเป็นก๊าซได้รวดเร็วถ้าปิดไม่มิดชิด คลอรีนเหลว 1 หน่วยปริมาตรจะให้ก๊าซ 450 ปริมาตรก๊าซคลอรีนที่สามารถละลายน้ำได้ไม่เกิน 1% (น้อยมาก) และจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับน้ำกลายเป็น HCl และ HOCl เนื่องจากก๊าซคลอรีนละลายน้ำได้เล็กน้อย จึงไม่นิยมใช้เป็นตัวกลางในการขนส่งคลอรีน

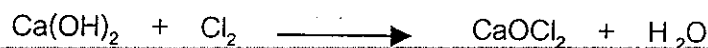
คลอรีนในถังเหล็กอยู่ในสถานะของเหลว แต่เมื่อถูกลดความดันจะกลายเป็นก๊าซไหลออกจากถังเหล็ก ก๊าซคลอรีนจะถูกละลายน้ำให้กลายเป็นสารละลายก่อนป้อนเข้าสู่เส้นท่อประปา สารประกอบคลอรีนต่าง ๆ อาจเปรียบเทียบได้กับก๊าซคลอรีนในเทอมของอำนาจออกซิไดส์ซิง (Oxidizing) หน่วยที่ใช้คือ % Available Chlorine โดยกำหนดให้ก๊าซคลอรีนมี Available Chlorine 100 %



รูปที่ 2.1 วิธีการเติมก๊าซคลอรีนให้กับน้ำ
 ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1,2538

2.3.1.2 ปูนคลอรีน (Chlorinated Lime)

ปูนคลอรีนผลิตได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างคลอรีนและปูนขาว



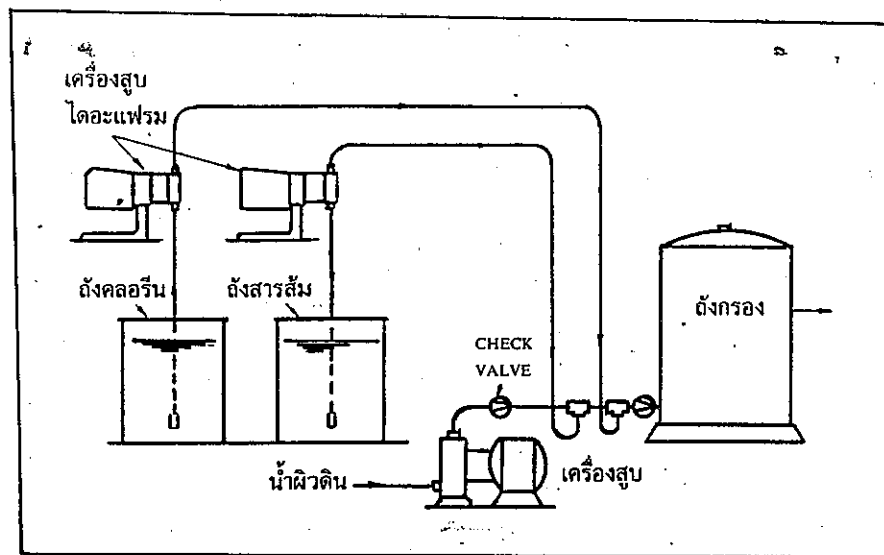
ปูนคลอรีนบางที่เรียกว่า ผงฟอกขาว ซึ่งจะมีความบริสุทธิ์ประมาณ 70 % (ที่เหลือเป็นปูนขาวประมาณ 20% และสารคาร์บอนเนต) ปูนคลอรีนเป็นผงหรือเม็ดสีน้ำตาล ไม่ควรเป็นก้อน % available chlorine ควรสูงประมาณ 27 – 37 %

2.3.1.3 แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Ca(OCl)_2)

แคลเซียมไฮโปคลอไรต์มี 2 ชนิด คือ ชนิดสารละลาย และชนิดผง สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรต์มี % available Chlorine ประมาณ 6 % เป็นของเหลวสีเหลือง ส่วนผงไฮโปคลอไรต์มี % available Chlorine สูงมากคือประมาณ 70 – 80 % (เรียกว่า HTH หรือ High Test Hypochlorine) แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ที่ผลิตภายในประเทศเป็นชนิดสารละลายเท่านั้น ผงแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ที่มีขายในท้องตลาดล้วนส่งมาจากนอกประเทศทั้งสิ้น

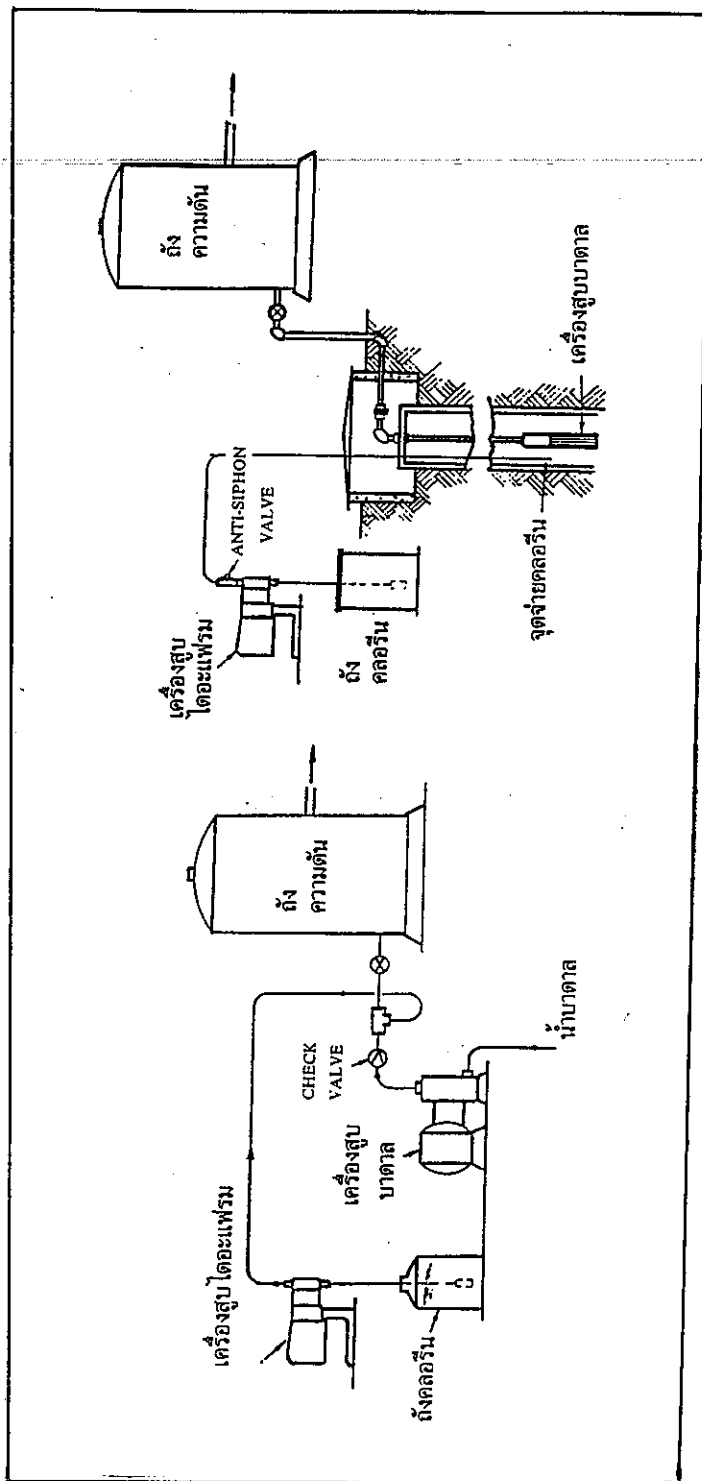
2.3.1.4 โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)

สารโซเดียมไฮโปคลอไรต์นี้มักผลิตเป็นสารละลายเท่านั้น สารละลายนี้เป็นของเหลวใสสีเหลืองอมเขียว สารคลอรีนประเภทนี้นิยมใช้กับระบบประปาขนาดเล็กหรือสระว่ายน้ำ โซเดียมไฮโปคลอไรต์มีเสถียรภาพต่ำกว่า Ca(OCl)_2 ทำให้เสื่อมคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว ควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิไม่สูงกว่า 30 °C เพื่อชะลออัตราเสื่อมคุณภาพ อายุในการเก็บไม่ควรเกิน 60 – 90 วัน สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์มี 2 เกรดคือ ชั้นคุณภาพ ก และชั้นคุณภาพ ข ซึ่งมี % Available Chlorine ประมาณ 10 และ 5 % ตามลำดับ รูป 2.2 – 2.3 แสดงตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ป้อนสารไฮโปคลอไรต์ให้กับน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ตามลำดับ



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ป้อนสารไฮโปคลอไรต์ให้กับน้ำผิวดิน

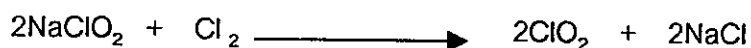
ที่มา : มั่นสิน ตันทุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1,2538



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ปั๊มน้ำคอนกรีตไฮโดรไลติกกับน้ำใต้ดิน
 ที่มา : มั่นดิน ตันทุลเวศม์. วิศวกรรมกรรมการประปาเล่ม 1,2538

2.3.1.5 ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์

ก๊าซนี้เตรียมได้จากการผสมสารประกอบไฮเดียมคลอไรด์ (NaClO_2) กับคลอรีน ดังสมการ



เมื่อเตรียมได้แล้วต้องนำไปใช้ทันทีที่มิฉะนั้นก๊าซนี้จะเสื่อมคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ClO_2 ยังไม่รวมกับแอมโมเนีย ทำให้ลดความสิ้นเปลืองในการฆ่าเชื้อโรค อย่างไรก็ตาม ก๊าซนี้มีข้อเสียคือ ราคาแพง และยังไม่มียุทธวิธีจัดปริมาณตกค้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ทำให้ยุ่งยากและขาดความมั่นใจในระหว่างการควบคุมระบบ)

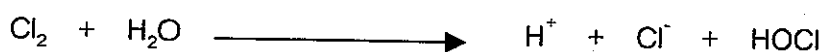
2.3.2 ข้อพิจารณาในการทำคลอรีเนชัน

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการทำคลอรีเนชัน มีดังนี้

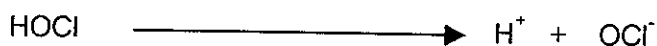
- (1) ปฏิกริยาของคลอรีนในน้ำ
- (2) ความเข้มข้นของคลอรีน
- (3) พีเอช
- (4) เวลาสัมผัสระหว่างคลอรีนกับน้ำ
- (5) ความขุ่นของน้ำ

2.3.2.1. ปฏิกริยาของคลอรีนในน้ำ

เมื่อมีการเติมก๊าซคลอรีนในน้ำบริสุทธิ์ จะมีปฏิกริยาไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วดังนี้



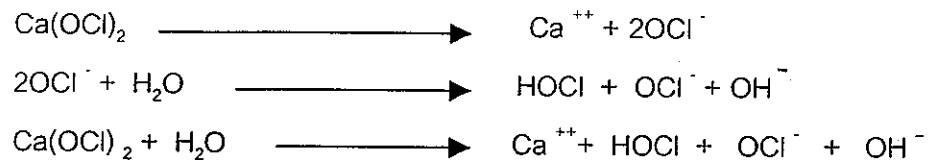
กรดเกลือ (HCl) สามารถแตกตัวได้อย่างสมบูรณ์กลายเป็น H^+ และ Cl^- แต่กรดไฮโปคลอรัส (HOCl) เป็นกรดอ่อนจึงแตกตัวได้เพียงบางส่วน



ด้วยเหตุนี้ ในน้ำจึงมีคลอรีนอยู่ในรูปกรดเกลือที่แตกตัว HOCl , OCl^- และมีก๊าซคลอรีนเหลืออยู่ในรูปอิสระบ้างเล็กน้อย กรดเกลือที่เกิดขึ้น ทำให้พีเอชของน้ำมีค่าลดน้อยลง แต่ไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคลดน้อยลง HOCl และ OCl^- รวมเรียกว่า Free Available Chlorine หรือ คลอรีนอิสระ ซึ่งเป็นส่วนที่รับผิดชอบในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ระดับการแตกตัว

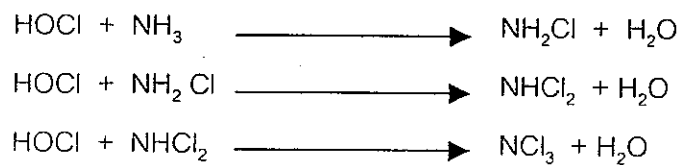
เป็นไอออนของกรดไฮโปคลอรัสขึ้นอยู่กับพีเอช ดังแสดงในภาพ 2.4 จะเห็นว่าถ้าพีเอชต่ำน้ำจะมี HOCl มาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำมีพีเอชสูง จะมี OCl^- มาก แต่เนื่องจาก HOCl มีอำนาจในการฆ่าเชื้อโรคสูงกว่า OCl^- หลายเท่า การทำคลอรีนชั้นที่พีเอชต่ำ จึงได้ผลมากกว่าที่พีเอชสูง เหตุผลที่ HOCl มีอำนาจมากกว่า OCl^- ก็เพราะว่าสารตัวแรกมีอำนาจในการออกซิไดส์ซึ่งสูงกว่า นอกจากนี้เนื่องจาก OCl^- มีประจุลบทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของเซลล์จุลชีพซึ่งมีประจุลบเหมือนกัน กรดไฮโปคลอรัสไม่มีประจุ จึงสามารถสัมผัสกับเซลล์ได้ง่ายกว่าเพราะไม่ถูกผลัก

การเติมสารประกอบคลอรีน เช่น แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ให้กับน้ำบริสุทธิ์ จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสดังนี้



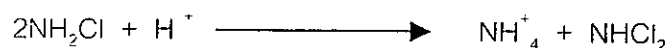
จะเห็นได้ว่า มีคลอรีนอิสระเกิดขึ้น เช่นเดียวกับในกรณีของการเติมก๊าซคลอรีนให้กับน้ำ สิ่งที่แตกต่างกันคือ Ca(OCl)_2 ทำให้น้ำมีพีเอชสูงขึ้น แต่คลอรีนทำให้พีเอชของน้ำลดลง

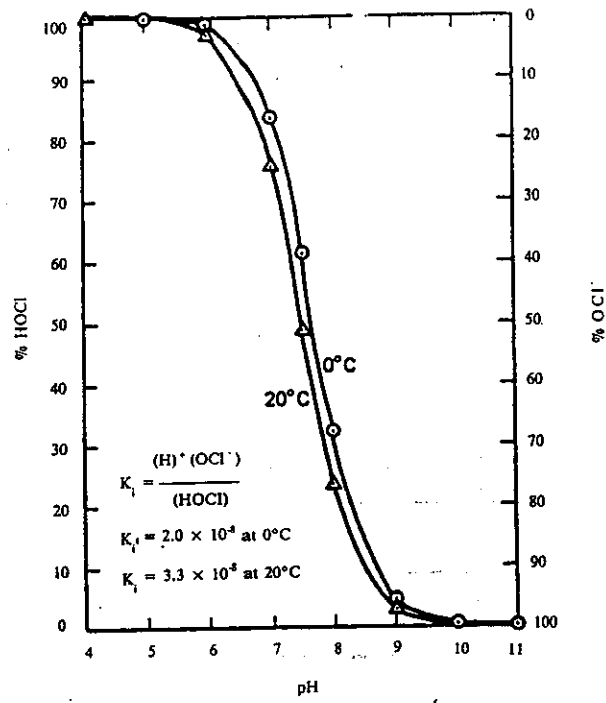
ในกรณีที่น้ำมีสารละลายหรือตะกอนแขวนลอย ปฏิกิริยาของคลอรีนจะมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ได้แทบทุกชนิด สารประกอบที่ควรแก่การพิจารณาก็คือ แอมโมเนีย นั่นคือเมื่อเติมคลอรีนหรือสารประกอบของคลอรีนให้กับน้ำที่มีแอมโมเนีย (มีเหลืออยู่เองหรือเติมลงไป) กรดไฮโปคลอรัส (HOCl) จะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย ทำให้เกิดสารประกอบโมโนคลอรามิน (NH_2Cl), ไดคลอรามิน (NHCl_2) และไตรคลอรามิน (NCl_3) ดังนี้



อัตราส่วนระหว่างสารคลอรามินทั้งสามชนิด ขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวทำปฏิกิริยาทั้งคู่และพีเอช

เมื่ออัตราส่วนของจำนวนโมลระหว่างคลอรีนและแอมโมเนียไม่เกิน 1:1 โมโนและไดคลอรามินจะเกิดขึ้นได้ทั้งคู่ อย่างไรก็ตาม ปริมาณของสารทั้งสองขึ้นอยู่กับพีเอชดังนี้





รูปที่ 2.4 การกระจาย HOCl และ OCl⁻ ในน้ำที่มี pH ต่าง ๆ
 ที่มา : มั่นสิน ตันทุลเวศม์. วิศวกรรมกรรมการประปาเล่ม 1,2538

ส
 1D
 491
 ๙๖๓๖
 ๘๖๖
 C.)

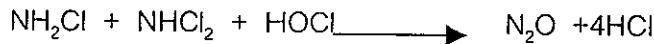
- 5 ก.ค. 2542 |

4240143



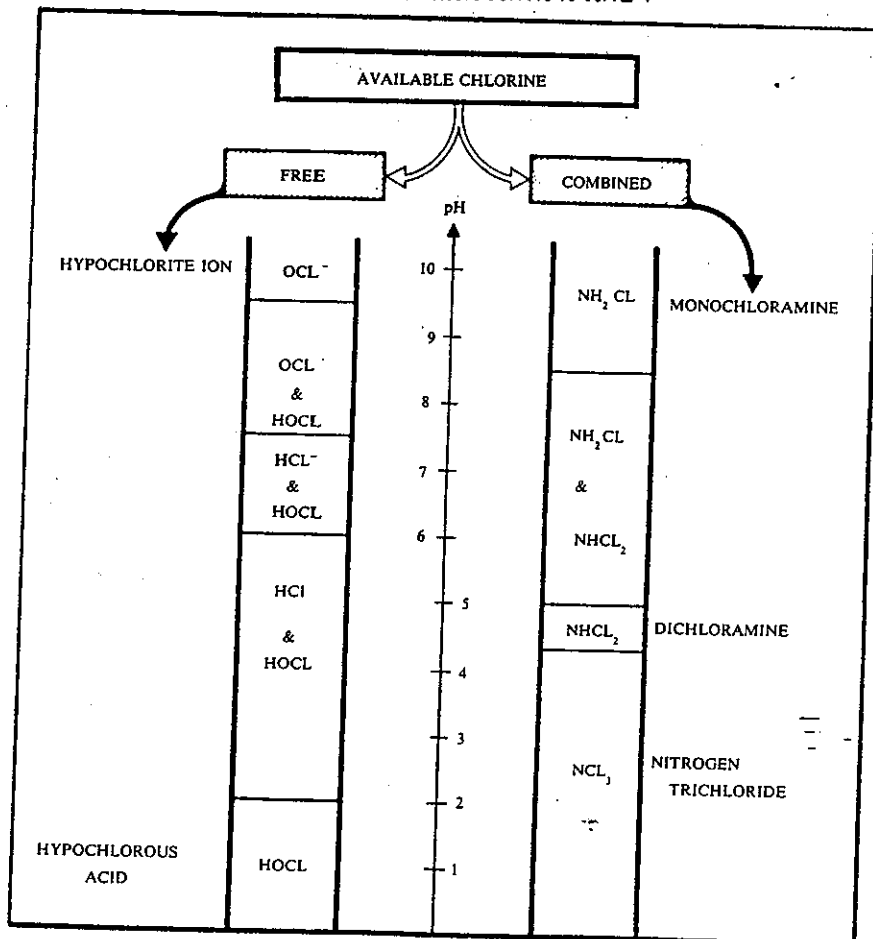
สำนักหอสมุด

เมื่อพีเอชต่ำ จะมีสารไดคลอโรامينมาก แต่ถ้าพีเอชสูงจะมีสารโมโนคลอโรامينมากกว่า (ดูภาพที่ 2.5) เมื่ออัตราส่วนระหว่างคลอรีนและแอมโมเนียสูงกว่า 1:1 จะมีไตรคลอโรامينเกิดขึ้น สำหรับในน้ำที่มีแอมโมเนียอยู่เล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนระหว่างคลอรีนและแอมโมเนียเท่ากับ 2:1 จะได้ก๊าซ N_2O เกิดขึ้น

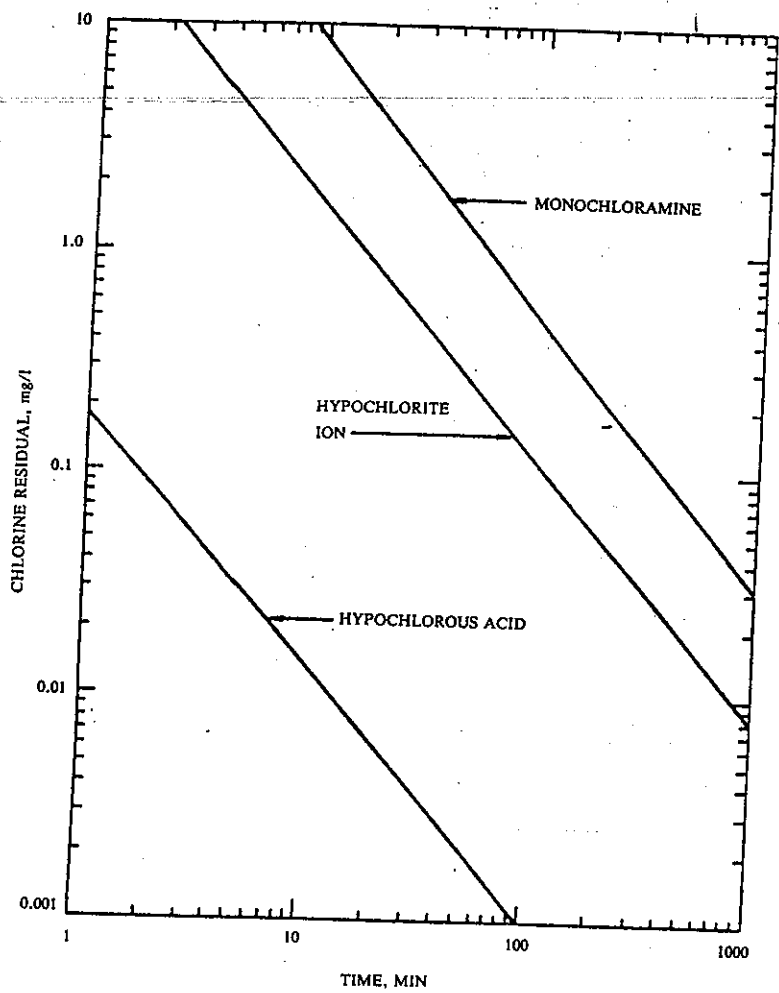


สารประกอบคลอโรامينทั้งสามรวมเรียกว่า Combined Available Chlorine หรือคลอรีนรวม คลอรีนรวมนี้อาจมีอำนาจในการฆ่าเชื้อต่ำกว่าคลอรีนอิสระมาก (ดูภาพที่ 2.6) แต่มีข้อดีคือสามารถคงตัวอยู่ในน้ำได้นานกว่าคลอรีนอิสระ ทำให้มีอำนาจในการฆ่าเชื้ออยู่ได้นาน ๆ จึงเหมาะสำหรับใช้ในระบบท่อส่งน้ำ (จากโรงประปาไปให้ผู้รับบริการ) ทั้งนี้เพื่อให้มีคลอรีนจนถึงมือผู้ใช้ นอกจากนี้ คลอรีนรวมยังมีข้อดีอีกประการหนึ่งคือ มีอำนาจฆ่าเชื้อที่พีเอชสูงกว่า 10 ได้ดีกว่าคลอรีนอิสระ

นอกจากแอมโมเนียแล้ว คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซิงเอเจนต์อื่น ๆ เช่น H_2S , Fe^{++} , NO_2^- เป็นต้น บางครั้ง คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ (ที่มีความเข้มข้นต่ำมาก) ในน้ำ เช่น ฟีนอล, คลอโรฟอร์ม เป็นต้น ทำให้เกิดกลิ่นและรสที่น่ารังเกียจ



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH และสารประกอบคลอรีนชนิดต่าง ๆ
 ที่มา: มั่นสิน, ดันทุลเวศม์, วิศวกรรมกรรมการประปาเล่ม 1 2538



รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบอำนาจในการฆ่าเชื้อโรคระหว่างคลอรีนรวมและคลอรีนอิสระ
ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมกรรมการประปาเล่ม 1,2538

2.3.2.2. ความเข้มข้นของคลอรีน

เมื่อพูดถึงความเข้มข้น สิ่งที่สำคัญที่สุดไม่ใช่ปริมาณของคลอรีนที่เติมลงไปใต้น้ำหากแต่เป็นปริมาณของคลอรีนที่ตกค้างอยู่ในน้ำ (Chlorine Residual) ซึ่งวัดได้จากช่วงเวลาสัมผัสผิวน้ำหนึ่ง (การบอกปริมาณคลอรีนตกค้าง จะต้องบอกด้วยว่าวัดที่เวลาสัมผัสเท่าใด เนื่องจากคลอรีนสลายตัวได้ไม่หมดภายในระยะเวลาอันสั้น)

ดังได้ทราบแล้วว่า คลอรีนเป็นสารออกซิไดส์ซึ่งอย่างแรง ดังนั้น เมื่อเติมลงไปใต้น้ำคลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถ้าเติมคลอรีนน้อยเกินไป ก็จะไม่มีความคลอรีนเหลือตกค้าง แต่ถ้าเติมคลอรีนให้มากพอ หลังจากทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ แล้ว ก็จะมีคลอรีนอิสระหรือคลอรีนรวมเหลือตกค้างอยู่ในน้ำทำให้สามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ ปริมาณของคลอรีนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับสารนั้นเรียกว่า "Chlorine Demand" หรือ "ความต้องการคลอรีน" ด้วยเหตุนี้ ปริมาณคลอรีนที่เติมเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำจึงเท่ากับผลบวกระหว่าง "ความต้องการคลอรีน" รวมกับ "ปริมาณคลอรีนที่ต้องการให้ตกค้างเพื่อสำรองไว้ฆ่าเชื้อโรค" อนึ่ง ความต้องการคลอรีนขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำ เช่น น้ำที่มีความขุ่นหรือสารละลายมาก ต้องการคลอรีนสูง เป็นต้น ส่วนระดับคลอรีนตกค้างนั้นขึ้นอยู่กับมาตรฐานน้ำประปาที่กำหนดขึ้น โดยปกติระดับคลอรีนตกค้างอิสระที่เวลาสัมผัส 20 นาที ไม่ควรน้อยกว่า 0.5 มก./ล. อย่างไรก็ตาม คลอรีนตกค้างสูงเกินไปก็ไม่ดี เพราะทำให้น้ำประปามีกลิ่นไม่ชวนให้น้ำใช้หรือดื่ม ระบบจ่ายน้ำประปาสำหรับชุมชนควรมีคลอรีนตกค้างอิสระที่เวลาสัมผัส 20 นาที ไม่น้อยกว่า 0.3 - 0.5 มก./ล. เมื่อวัดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบ การเติมคลอรีนในน้ำประปาจะต้องระวังให้มีเวลาสัมผัสประมาณ 20 - 30 นาทีเสมอ โดยที่ตำแหน่งเติมคลอรีนมักเป็นถังน้ำใส ทั้งนี้เพื่อให้มีเวลาสัมผัสพอเพียงนั่นเอง

ถ้าการเติมคลอรีนทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นและรสของน้ำเพิ่มรุนแรงมากขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาปฏิบัติมีดังนี้

ก) ถ้ารสเกิดจากฟีนอลหรือสาหร่ายสีเขียวควรเติมคลอรีนจนกระทั่งมีคลอรีนตกค้างแบบอิสระ (วิธีนี้เรียกว่า Breakpoint Chlorination) หรืออาจจะเติมสารคลอรีนไดออกไซด์, โอโซน, ไปแตสซีแอมเปอร์แมงกานีส, หรือ ถ่านแอ็คทีเวเต็ดคาร์บอน (Activated Carbon) แทนก็ได้

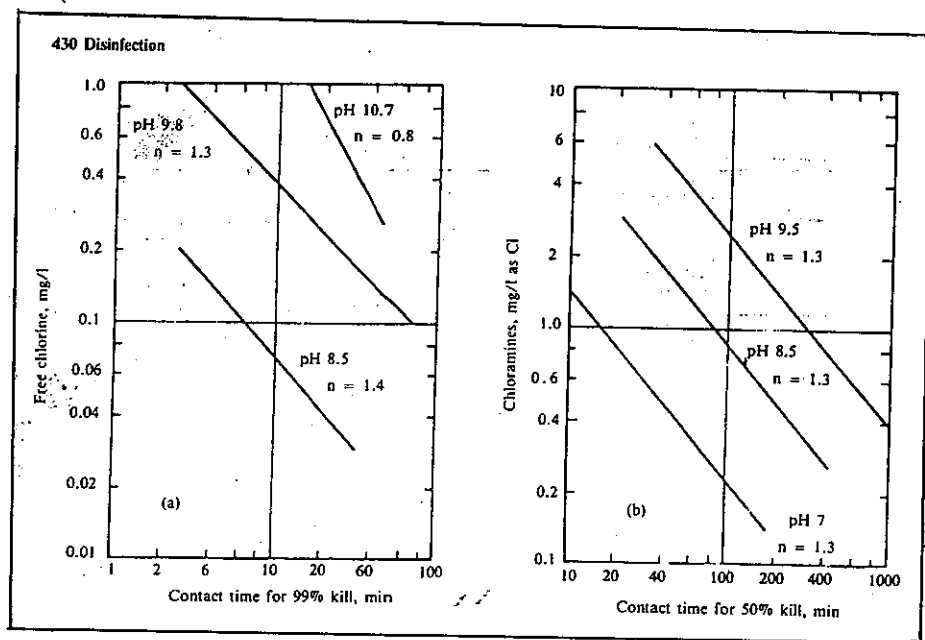
ข) ถ้าการเติมคลอรีนไม่ทำให้เกิดปัญหาในทันที แต่หลังจากผ่านเข้าไปในถังเก็บน้ำ เช่น หอถังสูงหรือในระบบจ่ายน้ำแล้วมีกลิ่นหรือรสที่น้ำรังเกียจเกิดขึ้น ลักษณะเช่นนี้อาจสันนิษฐานว่า เกิดจากแบคทีเรีย (เช่น Iron Bacteria) อยู่ในถังน้ำ หรือในระบบท่อส่งน้ำ วิธีแก้ไขก็คือ

ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคให้กับถังน้ำหรือท่อส่งน้ำ ถังน้ำที่เพิ่งสร้างเสร็จหรือเริ่มใช้ อาจทำให้น้ำมีกลิ่นและรส แต่มักเกิดขึ้นไม่นาน และจะค่อย ๆ หายไปในที่สุด วิธีแก้ไขก็คือ ทำความสะอาดถังเก็บน้ำให้เรียบร้อยก่อนนำมาใช้

ค) โดยปกติแล้วน้ำไม่มีปัญหา แต่ในเวลาต่อมาเกิดมีกลิ่นและรสขึ้นอย่างกะทันหัน กรณีนี้ให้ตรวจสอบดูว่า มีน้ำสกปรกเข้าสู่ท่อประปาโดยทาง Cross Connection หรือ Back Siphonage บ้างหรือไม่ การแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำชนิดอื่น ๆ ออกจากกันอย่างเด็ดขาด จะป้องกันปัญหานี้ได้

2.3.2.3. ฟีเอช

HOCl มีอำนาจในการฆ่าเชื้อได้ดีกว่า OCl^- เป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อพีเอชต่ำจึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับทำคลอรีนชัน เนื่องจากคลอรีนจะอยู่ในรูปของ HOCl ที่พีเอชต่ำ และทำให้สิ้นเปลืองคลอรีนน้อยด้วย ความสำคัญของพีเอช อาจเห็นได้จากภาพที่ 2.7



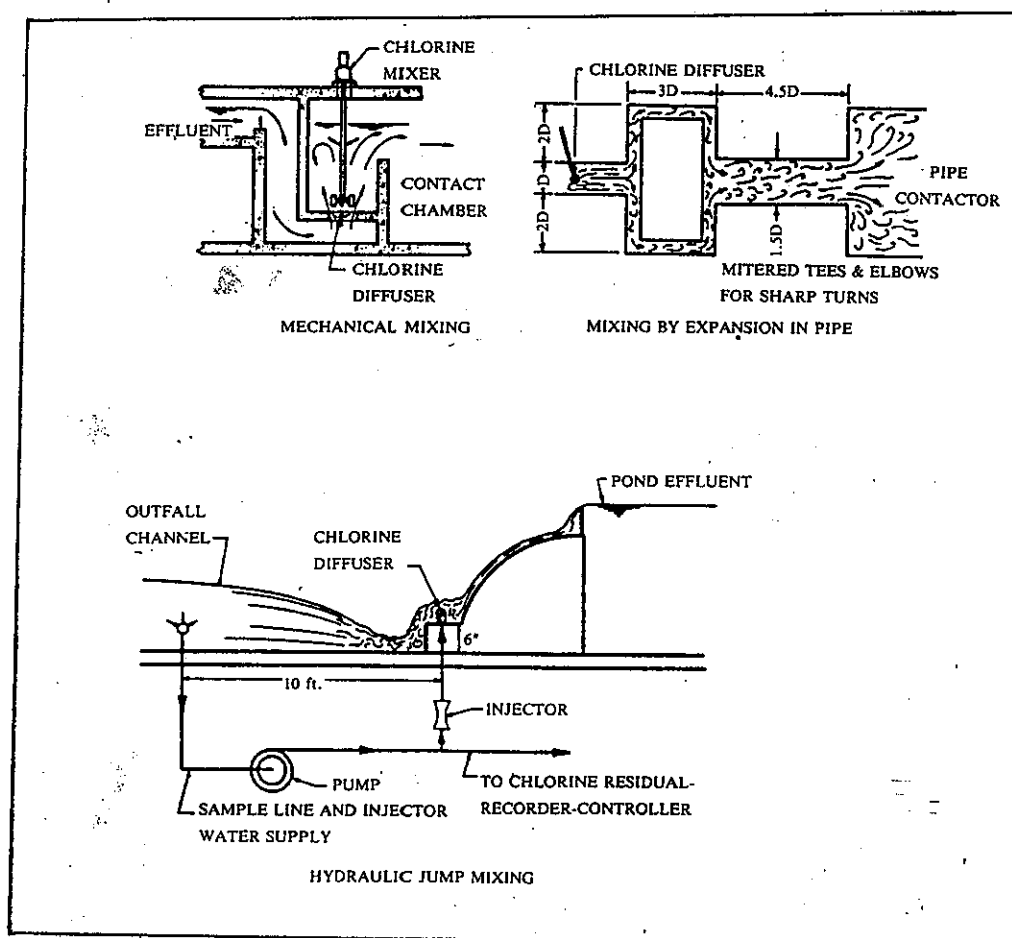
รูปที่ 2.7 ความสำคัญของ pH และเวลาสัมผัสในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนในรูปแบบต่าง ๆ

ที่มา : มั่นสิน ตันจุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1,2538

2.3.2.4. เวลาสัมผัส

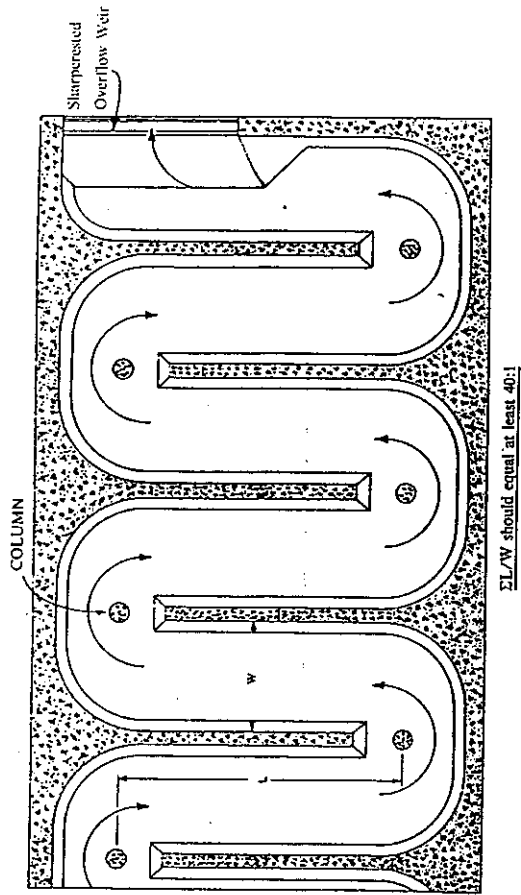
การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีนหรือสารอื่น ๆ จะต้องมีเวลาสัมผัสที่นานเพียงพอจึงจะได้ผล เวลาสัมผัสขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของคลอรีนที่ใช้เป็นสำคัญ ถ้าใช้คลอรีนมาก เวลาสัมผัสอาจจะต่ำได้ แต่ถ้าใช้คลอรีนน้อย ก็จำเป็นต้องใช้เวลาสัมผัสนาน (ดูภาพที่ 2.7) นอกจากนี้ ถ้าใช้คลอรีนอิสระฆ่าเชื้อโรค เวลาสัมผัสก็ไม่จำเป็นต้องสูง เนื่องจากคลอรีนอิสระมีอำนาจสูงและฆ่าเชื้อโรคได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าใช้คลอรีนรวม (Combined Chlorine) ต้องให้มีเวลาสัมผัสที่นานกว่า ทั้งนี้เพื่อให้มีความมั่นใจว่า เกิดการฆ่าเชื้อโรคได้อย่างแน่นอน

เมื่อเติมคลอรีนลงไปในน้ำ ต้องให้เกิดการผสมระหว่างคลอรีนและน้ำขึ้นทันที ทั้งนี้อาจใช้ถึงกวนเร็วแบบธรรมดา หรือใช้วิธีการศาสตร์ เช่น Hydraulic Jump หรือผสมในเส้นท่อ เป็นต้น (ดูภาพที่ 2.8) หลังจากนั้น ต้องปล่อยให้มีการสัมผัสระหว่างคลอรีนและน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่งในถังสัมผัส (Chlorine Contact Tank) เพื่อให้มีการฆ่าเชื้อโรคเกิดขึ้นอย่างแน่นอน (ดูภาพที่ 2.9)



รูปที่ 2.8 วิธีผสมคลอรีนรูปแบบต่าง ๆ

ที่มา : มั่นสิน ตันกุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1,2538



รูปที่ 2.9 ถึงสี่เหลี่ยมคดโค้ง

ที่มา : มั่นสิน ตัญญาเดศม์. วิศวกรรมกรรมการประปาเล่ม 1,2538

2.3.2.5. ความขุ่นของน้ำ

อนุภาคความขุ่น อาจเป็นเกาะกำบังให้กับเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์อื่น ๆ ทำให้คลอรีนไม่สามารถเข้าไปสัมผัสได้นาน ดังนั้นการฆ่าเชื้อโรคจะให้ผลดีก็ต่อเมื่อน้ำมีความใสสูง เช่น น้ำที่ผ่านเครื่องกรองแล้ว เป็นต้น

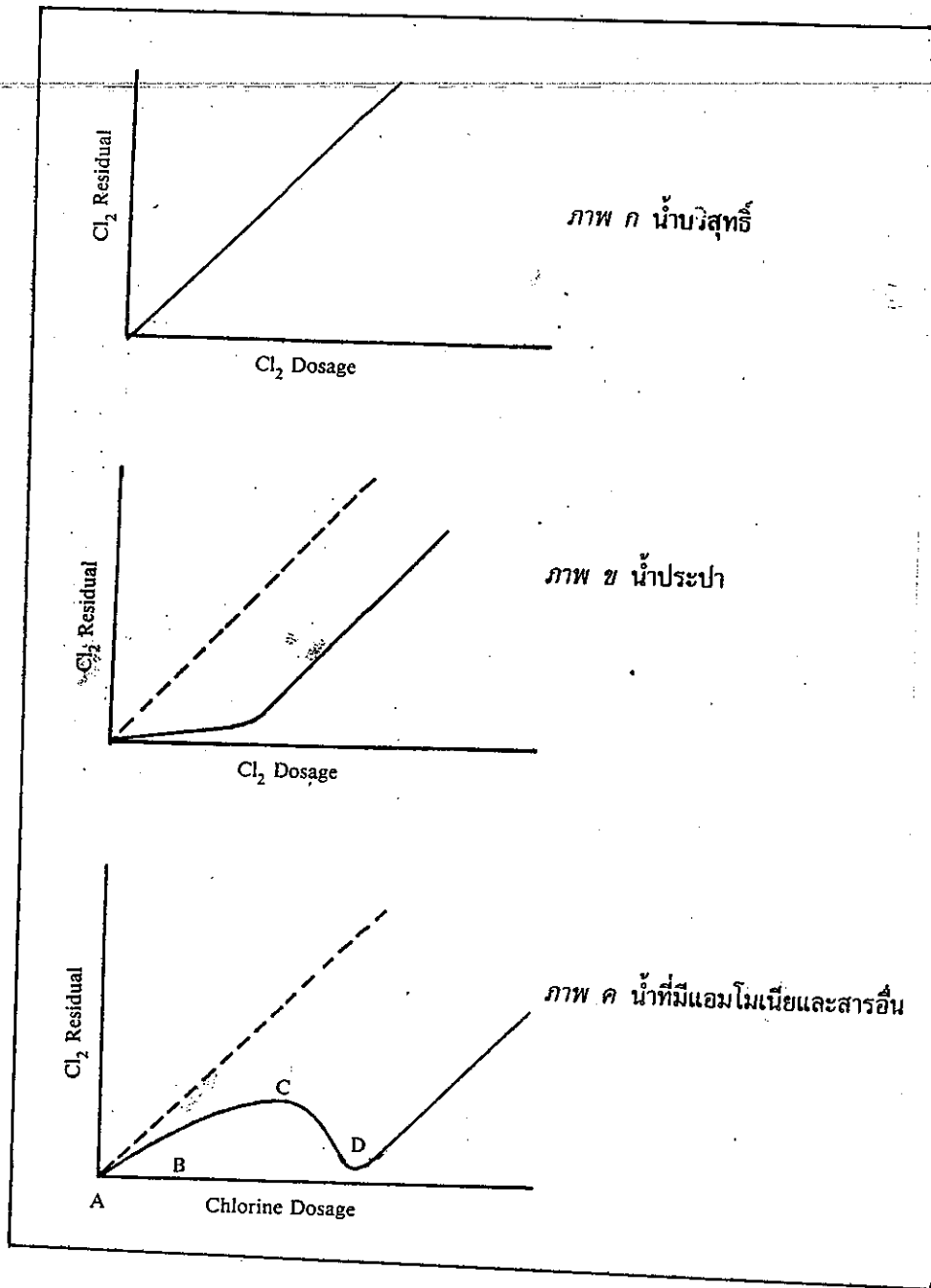
2.3.3 Breakpoint Chlorination (Super Chlorination)

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีน จะได้ผลอย่างแน่นอนก็ต่อเมื่อมีการเติมคลอรีน จนกระทั่งมีคลอรีนอิสระตกค้าง (Free Chlorine Residual) ปรากฏอยู่ในน้ำ วิธีการเช่นนี้เรียกว่า Breakpoint Chlorination หรือ Super Chlorination

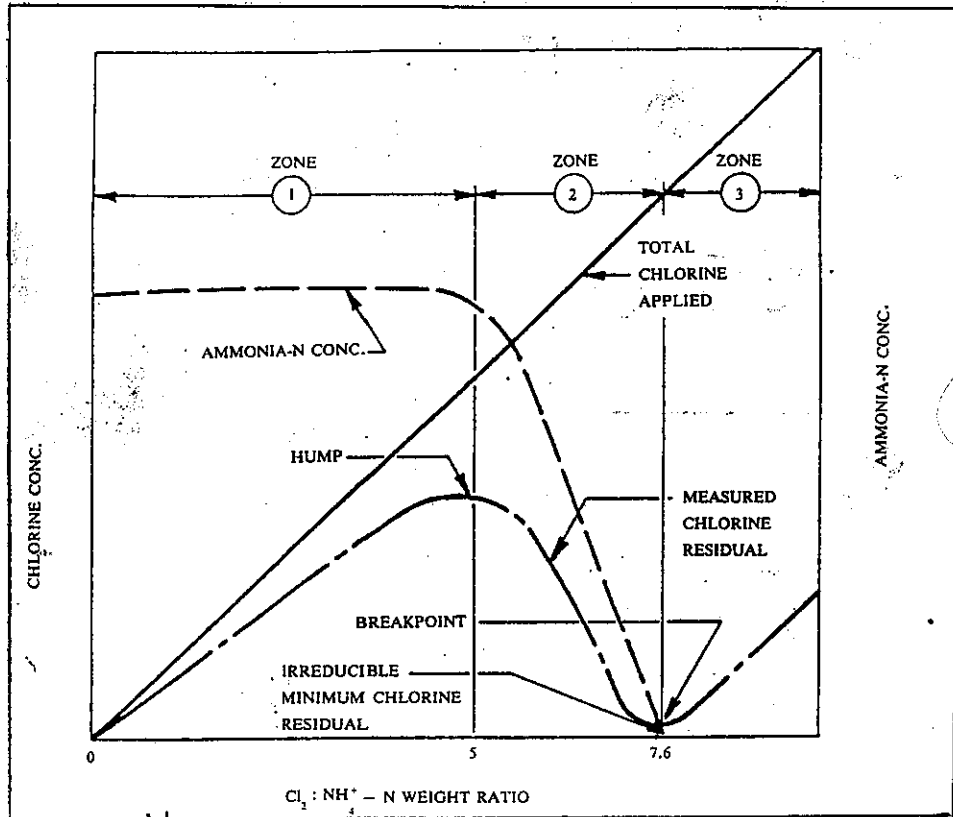
ถ้าทดลองเติมคลอรีนในปริมาณต่าง ๆ ให้กับน้ำ และวัดปริมาณคลอรีนตกค้างหลังจากเวลาสัมผัส 30 นาที เราจะได้กราฟความสัมพันธ์ ระหว่างคลอรีนที่เติมและปริมาณคลอรีนตกค้าง ดังภาพที่ 2.10 นั่นคือ เมื่อเติมคลอรีนให้กับน้ำบริสุทธิ์ ตามทฤษฎีแล้วจะได้คลอรีนตกค้างเท่ากับคลอรีนที่เติมเนื่องจากไม่มีการสูญเสียคลอรีนเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม การเติมคลอรีนให้กับน้ำประปาที่สะอาดย่อมมีการสูญเสียคลอรีนเกิดขึ้นเสมอ เนื่องจากในน้ำประปามักมีสารละลายที่เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ เช่น Fe^{++} เป็นต้น ทำให้มีคลอรีนตกค้างน้อยกว่าคลอรีนที่เติมลงไป แต่หลังจากที่เกิดปฏิกิริยากับสารรีดิวซิงเอเจนต์ไปแล้ว คลอรีนที่เติมลงไปจะเท่ากับคลอรีนที่ตกค้าง (ดูภาพที่ 2.10 ข.)

ในกรณีที่น้ำประปามีแอมโมเนียหรือมีสารมลทินอื่น ๆ กราฟที่ได้มักจะเป็นดังภาพที่ 2.10 ค. ช่วงแรกของกราฟ (ระยะ AB) มีคลอรีนตกค้างต่ำมาก เนื่องจากคลอรีนถูกสารประกอบอินทรีย์จับไว้เกือบหมด นอกจากนี้ คลอรีนยังทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซิงเอเจนต์ที่มีอยู่ในน้ำ ระยะจาก B ไป C มีปฏิกิริยาระหว่าง คลอรีนกับแอมโมเนียเกิดขึ้น ทำให้ได้สารคลอรามินต่าง ๆ ซึ่งเป็นคลอรีนรวม (Combined Chlorine) ด้วยเหตุนี้แม้ว่าคลอรีนอิสระจะลดลงแต่คลอรีนรวมมีเพิ่มมากขึ้น กราฟในช่วง BC จึงยังปรากฏให้เห็นการเพิ่มของคลอรีนตกค้าง เมื่อเติมคลอรีนเพิ่มขึ้นอีกจนเลยจุด C ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยังเกิดต่อไปแต่เป็นการทำลายสารประกอบคลอรามิน ให้กลายเป็นไนโตรเจนออกไซด์ ปริมาณคลอรีนตกค้างจึงลดลง แอมโมเนียและสารประกอบคลอรามินจะลดลงจนเหลือน้อยที่สุดที่จุด D จุดนี้เรียกว่า Breakpoint มีความสำคัญเพราะแสดงว่าปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับสารในน้ำถึงที่สุดแล้ว จากนั้นไปคลอรีนตกค้างจะอยู่ในรูปคลอรีนอิสระ

ซึ่งใช้ฆ่าเชื้อโรค คลอรีนตกค้างจะเท่ากับคลอรีนที่เติมเมื่อถึงและเลยจุด D ไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงของสารต่าง ๆ ในการทำ Breakpoint Chlorination ตามที่ได้กล่าวไปแล้วดังภาพที่ 2.11



รูปที่ 2.10 กราฟของการเติมคลอรีนแบบ Breakpoint Chlorination
ที่มา : มั่นสิน ตันจุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1,2538



รูปที่ 2.11 การเปลี่ยนแปลงของคลอรีนและแอมโมเนียในระหว่างการทำ

Breakpoint Chlorination

ที่มา : มั่นสิน ดัชนีกุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1,2538

2.3.4 การลดคลอรีน (Dechlorination)

คลอรีนที่มากเกินไปอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเติมมากเกินไปโดยอุบัติเหตุ หรือโดยตั้งใจ เช่น การต้องการเร่งปฏิกิริยาจึงเติมคลอรีนมาก หรือเมื่อพบว่ามีสารปนเปื้อนของน้ำสกปรกเข้าไป น้ำประปามีสี มีเหล็ก และอื่น ๆ มากเกินมาตรฐาน ซึ่งนิยมเรียกลักษณะการเติมคลอรีนแบบนี้ว่า Superchlorination โดยทั่วไปควรให้มีระยะเวลาของทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับน้ำประปา ประมาณ 10 – 30 นาที ก่อนที่จะกำจัดคลอรีนส่วนเกินออก สำหรับวิธีการกำจัดคลอรีนออกจากน้ำประปาในท่อประปามีอยู่ด้วยกันหลายวิธีดังนี้

(1) การเติมอากาศเพื่อไล่คลอรีนออกจากน้ำประปาในรูปของก๊าซคลอรีน

การกำจัดคลอรีนด้วยวิธีแอร์เรชัน เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด และจะได้ผลน้อยที่พีเอชสูง เนื่องจาก คลอรีนจะอยู่ในรูปที่เป็นสารละลายน้ำได้

(2) ใช้ Sulfur dioxide, Sodium bisulfite, หรือ Sodium sulfite จะทำให้คลอรีนเปลี่ยนเป็นคลอไรด์ (Chloride)

สารเคมีที่นิยมใช้กำจัดคลอรีนมากที่สุดคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) , โซเดียมไบซัลไฟต์ (NaHSO_3), และ โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3)

(3) ใช้ Activated carbon

แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอนแบบเกร็ด ที่บรรจุในถังคล้ายถังกรอง สามารถกำจัดคลอรีนได้ดีเช่นเดียวกับการกำจัดกลิ่นและรสในน้ำ การใช้ถังคาร์บอนมีลักษณะคล้ายกับการใช้ถังกรองน้ำทั่วไปคือปล่อยให้ น้ำไหลผ่าน

(4) ใช้ Sodium thiosulfate

สำหรับในห้องปฏิบัติการ นิยมใช้ โซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ในการทำลายคลอรีนในน้ำประปาก่อนทำการวิเคราะห์ทางแบคทีเรีย ในทางปฏิบัติมักใช้ไบซัลไฟต์ เพราะมีราคาถูก และมีเสถียรภาพสูง แต่สำหรับระบบขนาดใหญ่ มักใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่าสารชนิดอื่น

2.4 จุดประสงค์ของการเติมคลอรีนในเวลาที่แตกต่างกัน

2.4.1. การเติมคลอรีนก่อนบำบัด (Prechlorination)

น้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปา เช่น จากแม่น้ำ คลอง เป็นต้น ควรมีการเติมคลอรีนลงไปในน้ำดิบตั้งแต่ยังไม่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้

- (1) ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีของ Coagulation ดีขึ้น
- (2) ช่วยลดกลิ่นและรส เนื่องจากตะกอนอินทรีย์ในถังตกตะกอน
- (3) ช่วยป้องกันการเกิดสาหร่ายขึ้นในชั้นกรอง

โดยทั่วไป จะเติมคลอรีนลงในน้ำดิบด้วยปริมาณพอที่จะทำให้มีความเข้มข้นของคลอรีนเหลือตกค้างอยู่ในถังกรองประมาณ 0.1 – 0.5 มก./ลิตร

2.4.2. การเติมคลอรีนภายหลัง (Postchlorination)

การเติมคลอรีนที่ตำแหน่งหลังจากกระบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว โดยทั่วไปจะเติมคลอรีนลงไปในถังเก็บน้ำประปาก่อนจะจ่ายไปในชุมชนต่าง ๆ และต้องให้แน่ใจว่าจะมีระยะเวลาที่ให้คลอรีนทำปฏิกิริยากับน้ำประปาอย่างน้อย 30 นาที ก่อนที่จะจ่ายถึงผู้ใช้ น้ำประปา โดยทั่วไปจะเติมคลอรีนประมาณ 0.25 ถึง 0.5 มก./ลิตร เพื่อให้ได้ค่าคลอรีนเหลือตกค้างอยู่ประมาณ 0.1 – 0.5 มก./ลิตร ในน้ำประปา ที่ไหลออกจากโรงผลิตน้ำประปา แต่พบว่า ในบางเมืองอาจต้องเติมคลอรีนอีกลงไปในระบบท่อประปาประจําตามจุดต่าง ๆ ของเมือง เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำประปาไม่มีกลิ่นที่เกิดจากสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นภายในท่อประปา ซึ่งเรียกรวมการเติมคลอรีนแบบนี้ว่า Postchlorination

2.5 ระบบน้ำประปามหาวิทยาลัยนเรศวร

มหาวิทยาลัยนเรศวร ส่วนหนองอ้อ มีพื้นที่ทั้งหมด 1,284 ไร่ ประกอบด้วย อาคารสำนักงาน คณะ หอพักนิสิต นักศึกษา จำนวนมาก มหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องมีระบบสาธารณูปโภค คือ ระบบน้ำประปา ระบบน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร เริ่มดำเนินการเมื่อปี พ.ศ.2534 โดยอาศัยน้ำดิบจากคลองชลประทาน ในระยะแรกๆ มีท่อรับน้ำดิบโดยการ

สูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 25 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จากคลองชลประทานเข้าสู่อาคารโรงผลิตน้ำประปา 1 สร้างถึงจ่ายน้ำขนาดความจุ 2,500 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้เพียงพอต่อการใช้ ซึ่งขณะนั้นยังมีอาคารสิ่งก่อสร้างและประชากรไม่มาก ในปัจจุบัน จำนวนประชากรและอาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นผลให้น้ำประปาที่ผลิตจากอาคารโรงผลิตน้ำประปา 1 มีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้ ทำให้ต้องมีการขยายกำลังการผลิต โดยการสร้างอาคารโรงผลิตน้ำประปา 2 สร้างถึงจ่ายน้ำขนาดความจุ 5,000 ลูกบาศก์เมตร และอ่างเก็บน้ำในมหาวิทยาลัยซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 1 ตารางกิโลเมตร ขนาดความจุประมาณ 300,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ทางด้านหลังมหาวิทยาลัยโดยดำเนินการเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2539 ทำให้สามารถจ่ายน้ำให้แก่ผู้ใช้ได้อย่างพอเพียง

2.5.1 ระบบการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร

กระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำดิบนั้นเริ่มต้นจากการสูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำ ขนาดความจุ 300,000 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 2,500 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จำนวน 2 เครื่อง สูบน้ำดังกล่าวเข้าระบบผสมสารส้ม และระบบตกตะกอน เพื่อตกตะกอนแล้วปล่อยเข้าสู่ระบบกรองน้ำ ในขณะที่ปล่อยน้ำสู่ระบบน้ำใสก็จะมีกรรมผลคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนเข้าสู่ถังเก็บน้ำดิบขนาด 5,000 ลูกบาศก์เมตร และเข้าสู่ระบบจ่ายน้ำต่อไป ขั้นตอนดังกล่าวแสดงอยู่ในรูปที่ 2.12

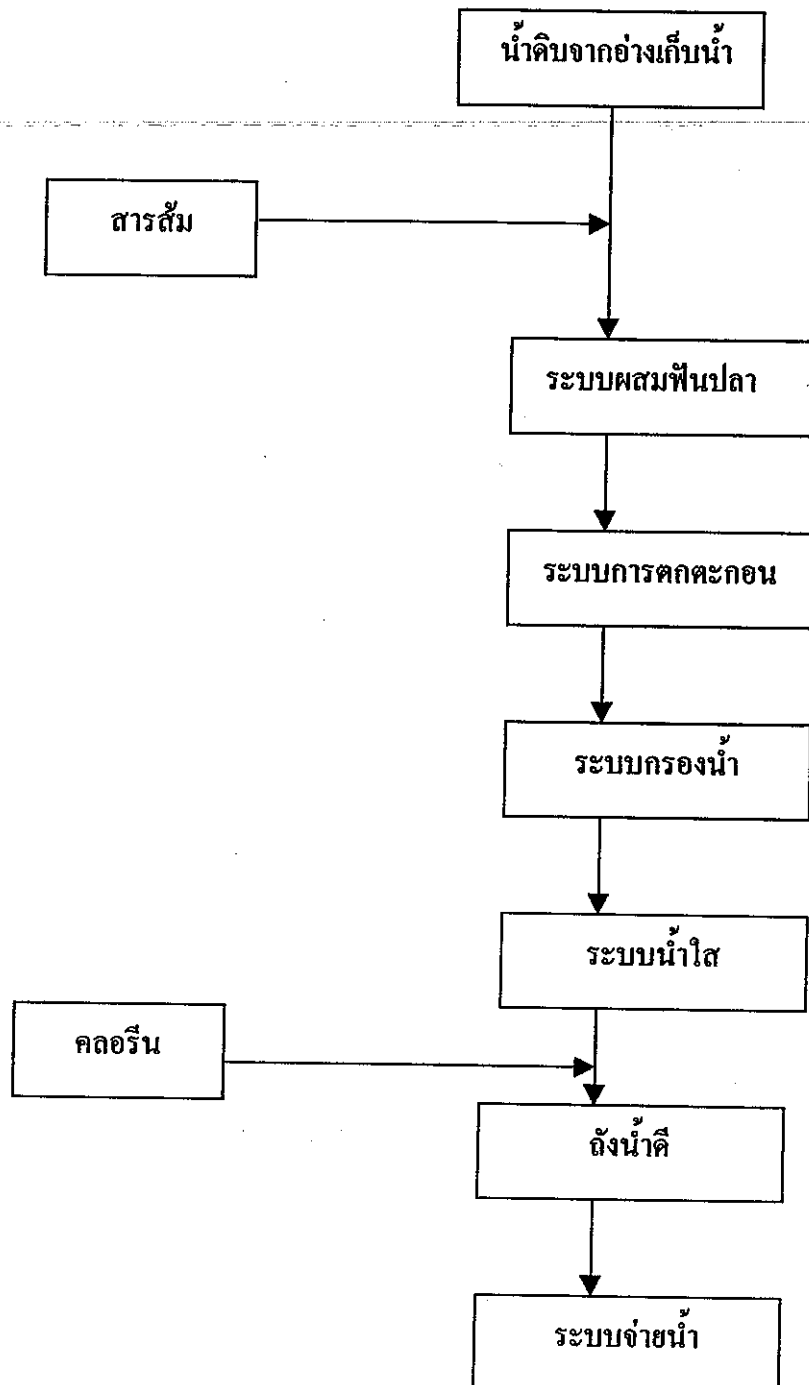
2.5.2 ระบบการจ่ายน้ำประปา

ระบบการจ่ายน้ำ ดำเนินการโดยจ่ายน้ำไปตามท่อด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ เครื่องจ่ายน้ำด้วยไฟฟ้า ขนาด 25 แรงม้า โดยจ่ายตรงไปตามคณะต่างๆ อาคาร สำนักงาน หอพักนิสิต อีกส่วนหนึ่งจ่ายตรงขึ้นแท่งเก็บน้ำขนาดความจุ 2,500 ลูกบาศก์เมตร (รายละเอียดดูได้จากภาคผนวก)

ระบบการจ่ายน้ำประปา ส่งไปตามท่อส่งน้ำขนาดต่างๆ ดังนี้

- ท่อขนาด 12 นิ้ว ลักษณะ เป็นท่อซีเมนต์ใยหิน
- ท่อขนาด 8 นิ้ว ลักษณะ เป็นท่อซีเมนต์ใยหิน

รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนครสวรรค์



- ท่อขนาด 6 นิ้ว ลักษณะ เป็นท่อเหล็กชุบสังกะสี
- ท่อขนาด 4 นิ้ว ลักษณะ เป็นท่อเหล็กชุบสังกะสี, PVC
- ท่อขนาด 2 นิ้ว ลักษณะ เป็นท่อเหล็กชุบสังกะสี, PVC
- ท่อขนาด 1 นิ้ว ลักษณะ เป็นท่อเหล็กชุบสังกะสี, PVC

ระบบการจ่ายน้ำประปา จ่ายตรงไปตามคณะต่างๆ ในปัจจุบัน

- อาคารมิ่งขวัญ
- อาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์
- อาคารเรียนรวมคณะเภสัชศาสตร์
- อาคารเรียนรวมคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
- อาคารสำนักหอสมุด
- อาคารโภชนาการ
- อาคารหอพักนิสิต
- อาคารที่พักอาจารย์และข้าราชการ
- บ้านพักข้าราชการ
- กลุ่มอาคารปฏิบัติการเฉพาะทาง (คณะเกษตรศาสตร์ฯ)
- กลุ่มอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์
- สนามกีฬาากลางแจ้ง
- สถานีวิทยุ

ในระยะแผน 8 มหาวิทยาลัย มีอาคารเพิ่มขึ้นอีกจำนวนมาก ระบบน้ำประปาต้องจ่ายน้ำประปาไปยังอาคารต่างๆ ดังนี้

- อาคารวิทยาศาสตร์การแพทย์
- อาคารศูนย์วิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ
- อาคารคณะพยาบาลศาสตร์
- อาคารคณะทันตแพทยศาสตร์
- อาคารคณะสหเวชศาสตร์
- อาคารหอพักอาจารย์แพทยศาสตร์และพยาบาลศาสตร์
- อาคารเทคโนโลยีและการสื่อสาร

- อาคารเลนกประสงค์
- สระว่ายน้ำ
- หอประชุม
- อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
- กลุ่มอาคารคณะวิทยาศาสตร์
- อาคารกิจกรรมนิสิต

ในอนาคตจะมีการใช้น้ำประปาเป็นจำนวนมาก ซึ่งกำลังการผลิตน้ำประปาอาจไม่เพียงพอ จึงควรมีมาตรการการใช้น้ำอย่างประหยัด และเห็นควรเพิ่มกำลังการผลิตด้วยระบบน้ำประปาบาดาล

2.5.3 อัตราการผลิตน้ำประปา

อัตราการผลิตน้ำประปา ผลิตได้จากน้ำดิบ โดยใช้เครื่องสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ 5 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับ 12,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2.5.4 ระบบการผลิตและการกรองน้ำประปา

ในการผลิตน้ำประปา ต้องใช้สารส้มเพื่อให้น้ำดิบตกตะกอนและใช้สารคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อโรคและแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ ดังนั้น จึงต้องมีอัตราส่วนในการใช้ เพื่อผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพอัตราส่วนเป็นดังนี้

คิดเป็นอัตราส่วนลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

- | | | |
|-------------|-------|----------------------|
| - สารส้ม | 8 | กิโลกรัม |
| ต่อน้ำดิบ | 2,500 | ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง |
| - สารคลอรีน | 1.3 | กิโลกรัม |
| ต่อน้ำดิบ | 2,500 | ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง |

คิดเป็นอัตราส่วนลูกบาศก์เมตร/วัน

- สารส้ม	40	กิโลกรัม
ต่อน้ำดิบ	12,500	ลูกบาศก์เมตร/วัน
- สารคลอรีน	6.5	กิโลกรัม
ต่อน้ำดิบ	12,500	ลูกบาศก์เมตร/วัน

อัตราการใช้น้ำอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการใช้น้ำมากหรือน้อยและช่วงเวลาเปิดภาคเรียน อัตราการใช้น้ำจะมากกว่าช่วงปิดภาคเรียน