หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

การนำน้ำจืดจากอ่างเก็บน้ำและทะเลสาบซึ่งเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติมาผลิตเป็นน้ำประปา มีข้อดีคือน้ำใส ไม่มีปัญหาทางด้านความขุ่น ทำให้สามารถนำน้ำมากรองได้เลยโดยไม่ต้องใช้ระบบตกตะกอนเพื่อกำจัดความขุ่นเสียก่อน แต่การที่น้ำในแหล่งน้ำมีความขุ่นต่ำ และสภาพน้ำค่อนข้างนิ่ง แสงแดดส่องผ่านได้ลึก ทำให้จุลชีพพวกแพลงตอนที่ใช้แสงแดดในการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหารและเจริญเติบโต สามารถเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะพวกแอลจีซึ่งพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ แอลจีมีหลายขนาดหลายชนิด แอลจีขนาดใหญ่มีหลายเซลล์ประกอบกันสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แอลจีขนาดเล็กมีเซลล์เดียวต้องมองโดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์ แอลจีขนาดใหญ่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบผลิตน้ำประปามากนักเนื่องจากสามารถกำจัดออกได้ง่าย ส่วนแอลจีที่มีขนาดเล็กกำจัดได้ยากและก่อให้เกิดปัญหาในระบบผลิตน้ำประปามากมาย เช่น รบกวนการทำงานของกระบวนการโคแอกกูเลชัน (coagulation) และการตกตะกอน ทำให้ถังทรายกรองอุดตันเร็ว ทำให้น้ำมีกลิ่นและรส ดังนั้นการนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติดังกล่าวมาผลิตเป็นน้ำประปาจึงต้องคำนึงถึงปัญหาสำคัญที่เกิดจากแอลจี

1.2 ปัญหาในระบบผลิตน้ำประปาที่เกิดจากแอลจี

1.2.1 **ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำ** เช่น ค่าพีเอช ความเป็นด่าง ความกระด้าง และค่าออกซิเจนละลายน้ำ (1)

1.2.2 **รบกวนการทำงานของกระบวนการโคแอกกูเลชัน** มีรายงานว่า Asterionella และ Synedra เป็นตัวขัดขวางการเกิดฟลอคที่เหมาะสม (1) และในบางกรณีการเพิ่มปริมาณสารเคมีก็ไม่ช่วยในการกำจัดแอลจีเลย (2)

1.2.3 **รบกวนการทำงานของถังตกตะกอน** เนื่องจากแรงลอยตัวของแอลจี ทำให้แอลจีมีแนวโน้มที่จะกระจายอยู่ทั่วไปในถังตกตะกอน จึงขัดขวางการตกตะกอนของฟลอค (3)

ทำให้ประสิทธิภาพของถังตกตะกอนลดลง

1.2.4 **ทำให้ถังทรายกรองอุดตันเร็ว** เนื่องจากสาเหตุหลายประการเช่น ความสามารถในการเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็วของแอลจี ลักษณะของเซลล์ที่ประสานในเม็ดทราย เช่น ผนังเซลล์ที่แข็งของไดอะตอม เมือกที่หุ้มรอบเซลล์ของ Pamella และแนวโน้มที่จะประสานกันเป็นร่างแหในกรณีของ Fragilaria และ Tribonema (1)

1.2.5 **ทำให้เกิดการอุดตันของท่อส่งน้ำจากระบบผลิตน้ำประปา** เนื่องจากแอลจีบางชนิด และแบคทีเรียพวก iron bacteria สามารถเจริญเติบโตได้ในที่มืดเมื่อมีปริมาณมากเข้าก็จับตัวเป็นกลุ่มทำให้เกิดการอุดตัน (4)

1.2.6 **ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ กลิ่น และรสในน้ำ** แอลจีทำให้น้ำมีกลิ่นต่างๆ เช่น กลิ่นคาวปลา กลิ่นหญ้า กลิ่นไม้ผุ ซึ่งปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นต่างๆ เหล่านี้ทำให้น้ำไม่น่าดื่มและใช้ (5)

1.3 การควบคุมแอลจี

การควบคุมแอลจีสามารถแบ่งเป็นวิธีใหญ่ๆ 2 วิธีคือ การควบคุมในแหล่งน้ำดิบ และการควบคุมในระบบผลิตน้ำประปา

1.3.1 การควบคุมแอลจีในแหล่งน้ำดิบ

1) **การควบคุมทางกายภาพ** การควบคุมแอลจีโดยวิธีทางกายภาพมีหลายวิธี เช่นการใช้เครื่องจักรตักช้อนขึ้น การใช้สี หรือแอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน(activated carbon) เพื่อเป็นตัวบิดกั้นแสง การขุดลอกอ่างเก็บน้ำเพื่อกำจัดสารอาหารในตะกอนที่ทับถมอยู่ก้นอ่างเก็บน้ำ การใช้คลื่นเสียง (ultrasonic radiation) เพื่อกำจัดแอลจีสีเขียวอมน้ำเงิน (blue - green algae) เป็นต้น (6)

2) **การควบคุมทางเคมี** การใช้สารฆ่าแอลจี (algicides) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการควบคุมแอลจี และสารฆ่าแอลจีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) (7) ในบางกรณีการใช้โปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ก็ให้ผลดีเช่นกัน (8) สารฆ่าแอลจีที่ดีควรมีคุณสมบัติคือ ฆ่าแอลจีเฉพาะชนิดที่ต้องการจะกำจัดโดยไม่เป็นพิษต่อสิ่ง

มีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ในแหล่งน้ำ ไม่ทำให้เกิดอันตรายกับมนุษย์ ไม่ทำให้คุณภาพน้ำต่ำลง ไม่เป็นตะกอนสะสมอยู่ใต้แหล่งน้ำ มีราคาถูกและใช้งานได้ง่าย (6)

3) **การควบคุมทางชีวภาพ** มีการศึกษาการควบคุมแอลจีด้วยวิธีทางชีวภาพหลายวิธี วิธีเหล่านี้ได้แก่ การใช้โปรโตซัว แพลงตอนสัตว์ (zooplankton) และปลาเป็นตัวควบคุมแอลจี (9) เพื่อให้การควบคุมเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวควบคุมทางชีวภาพเหล่านี้ควรจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และสามารถลดปริมาณแอลจีได้ โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ข้อเสียของวิธีนี้คือเป็นวิธีที่ค่อนข้างใหม่ การศึกษาส่วนใหญ่จึงจำกัดอยู่ในพื้นที่ขนาดเล็กเช่นห้องปฏิบัติการ หรือบ่อขนาดเล็ก ยังไม่สามารถนำไปใช้งานจริงกับอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดใหญ่ได้ (6)

4) **การควบคุมสารอาหาร** เป็นการควบคุมแอลจีโดยตรง และมีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ทำได้โดยการควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งลงในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้ง และมาตรฐานลำน้ำ โดยควบคุมให้ปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแอลจี เช่น ฟอสฟอรัส มีค่าต่ำจนไม่เกิดปัญหาในการเจริญเติบโตของแอลจี(10) แต่ในกรณีที่อัตราส่วนของพื้นที่รับน้ำ (watershed area) ต่อพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำมีค่าเกินกว่า 10 : 1 การควบคุมสารอาหารจากพื้นที่รับน้ำจะไม่สามารถกระทำได้ (6)

5) **การป้องกันการแบ่งชั้นของน้ำ(Destratification)** การเป่าอากาศลงในน้ำเพื่อให้น้ำที่เย็นกว่าจากก้นอ่างเก็บน้ำเคลื่อนที่ขึ้นมาที่ผิวน้ำ สามารถยับยั้งการเพิ่มปริมาณของแอลจีได้ แต่วิธีนี้อาจทำให้เกิดผลกระทบทางกายภาพและทางเคมีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ภายในอ่างเก็บน้ำ (11) Symons et.al. (12) รายงานถึงการลดปริมาณแอลจีด้วยวิธีป้องกันการแบ่งชั้นของน้ำ โดยใช้เครื่องอัดอากาศลงในน้ำด้วยพลังงาน 6 กิโลจูล / ลบ.ม. พบว่าสามารถลดปริมาณแอลจีได้ดี

6) **การเลือกตำแหน่งรับน้ำ (Water Intake)** เนื่องจากแอลจีส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณส่วนบนของอ่างเก็บน้ำ การเลือกตำแหน่งรับน้ำให้ต่ำลงไปถึงระดับน้ำที่เย็นกว่า (hypolimnetic water) สามารถลดปริมาณแอลจีในน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้ แต่ในบางกรณี วิธีนี้อาจเกิดปัญหาที่ต้องกำจัด ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เหล็ก และแมงกานีส ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำสูงขึ้น (10)

1.3.2 การควบคุมแอลจีในระบบผลิตน้ำประปา

1) **การเพิ่มพีเอช** เพื่อปรับสภาพของน้ำไม่ให้มีค่าเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแอลจี ที่เมืองลากอส ประเทศไนจีเรีย การปรับพีเอชของน้ำในถังตกตะกอนจากพีเอช 6 เป็นพีเอช 8 สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของ Spirogyra และ แอลจีที่เป็นพวกเส้นใย (filamentous algae) ได้ แต่ถ้าพีเอชลดต่ำลงแอลจีก็จะสามารถเจริญเติบโตได้อีก (3) วิธีนี้ใช้ได้ค่อนข้างดีแต่ก็ยังมีปัญหา เพราะเป็นเพียงการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของแอลจี ยังมีแอลจีเข้าสู่ถังทรายกรองทำให้เกิดการอุดตันได้

2) **การควบคุมการทำงานของระบบโคแอกกูเลชัน การตกตะกอน และการกรอง ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ** หากระบบเหล่านี้ ถูกควบคุมอย่างดีแล้ว การโคแอกกูเลชันและการตกตะกอนสามารถกำจัดแอลจีได้ถึง 90 % และถังทรายกรองเร็วสามารถลดแอลจีได้อีก 90 % แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เปอร์เซนต์การกำจัดด้วยระบบโคแอกกูเลชันจะลดลงเมื่อปริมาณแอลจีในน้ำดิบมีน้อยลง (13) และแอลจีบางชนิดทำให้ตะกอนตกช้าจึงลดประสิทธิภาพของถังตกตะกอนให้ต่ำลง (3) สำหรับถังทรายกรองหากต้องกรองแอลจีด้วยจะทำให้ช่วงเวลาการทำความสะอาดทรายกรองลดลง ทำให้ต้องล้างทรายกรองบ่อยขึ้น เปลืองน้ำสะอาดที่ใช้ล้างมากขึ้น เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปา

3) **การเพิ่มปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) หรือเติมสารช่วยการโคแอกกูเลชัน (coagulation aid)** วิธีนี้สามารถควบคุมแอลจีได้ในบางกรณี (14) แต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีสูงขึ้น นอกจากนี้การใช้สารโคแอกกูแลนท์อาจจะทำให้เกิดปัญหามากขึ้น เนื่องจากแรงลอยตัวของแอลจีจะขัดขวางการตกตะกอนของฟลอค ทำให้ภาระการกรองสูงขึ้น (3)

4) **การทำพรีคลอริเนชั่น (Prechlorination)** การใช้คลอรีนในระบบผลิตน้ำประปา ในวัตถุประสงค์เพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนผ่านถังทรายกรองต้องใช้คลอรีนปริมาณมาก ความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้นั้นสูงพอที่จะฆ่าแอลจีได้หลายชนิด(15) ข้อเสียของวิธีนี้คือ เมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของแอลจี จะทำให้เกิดสาร ไตรฮาโลมีเทน (trihalomethanes) (16) จากการวิจัยพบว่าสารไตรฮาโลมีเทนนี้ เป็นสารก่อมะเร็ง (17) องค์การป้องกันสภาวะแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency) จึงกำหนดให้มีสารไตรฮาโลมีเทนได้ไม่เกิน 100 ไมโครกรัม/ลิตร ในน้ำที่ผู้บริโภคได้รับ (18)

5) **การใช้แอคติเวตเต็ดคาร์บอน** โดยเติมก่อน หรือเติมพร้อมสารโคแอกกูแลนท์ จะช่วยให้ฟลอคตกตะกอนได้ดีขึ้น และยังเป็นการกำจัดปัญหาเรื่องกลิ่นและรสที่เกิดจากแอลจีอีกด้วย แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือแอคติเวตเต็ดคาร์บอนมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตน้ำประปาสูงขึ้น (8)

6) **การใช้กระแสไฟฟ้า (Electrocution)** มีการใช้กระแสไฟฟ้าฆ่าแอลจีที่ระบบผลิตน้ำประปาที่ Poitiers ประเทศฝรั่งเศส โดยให้น้ำก่อนเข้าถังทรายกรองไหลด้วยความเร็ว 30 ซม./ วินาที ผ่านรางที่มีขั้วทองแดง (electrodes) จุ่มอยู่ในน้ำเพื่อให้มีสนามไฟฟ้า 36 โวลต์ / ซม. ใช้กระแส 2.6 แอมแปร์ ความต่างศักย์ 115 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ พบว่าสามารถลดปริมาณแอลจีพวกที่เป็นเส้นใยได้ และมีแอลจีที่เข้าถังกรองน้อยมาก (8) วิธีนี้ ถึงแม้ลดปริมาณแอลจีได้ แต่ก็ต้องสิ้นเปลืองค่ากระแสไฟฟ้า

7) **การปิดกั้นแสงแดด** โดยทำฝาปิดถังเก็บน้ำและถังทรายกรอง เพื่อป้องกันแสงแดดอันเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแอลจี จากการวิจัยของบริษัท Général des Eaux ในประเทศฝรั่งเศส โดยเปรียบเทียบถังทรายกรองที่มีฝาปิดและไม่มีฝาปิดพบว่า ถังทรายกรองที่มีฝาปิดสามารถแก้ปัญหาเรื่องแอลจีได้ดีกว่าถังที่ไม่มีฝาปิด (8) วิธีนี้ เป็นการป้องกันการเพิ่มปริมาณแอลจีภายในระบบผลิตน้ำประปา แต่ไม่ได้เป็นการลดปริมาณแอลจีลงจนไม่ทำให้เกิดปัญหาแก่ระบบดังกล่าว

8) **การใช้ระบบกรองก่อนที่จะเข้าสู่ถังทรายกรอง** เช่นไมโครสเตรนเนอร์ (microstrainer) และ พรีฟิลเตอร์ (prefilter) การใช้ไมโครสเตรนเนอร์ ซึ่งปกติมีช่องตะแกรง (apertures) ขนาด 35 ไมครอน (19) สามารถกำจัดแอลจีที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของช่องตะแกรง ส่วนแอลจีที่มีขนาดเล็ก สามาร์ถหลุดรอดตะแกรงออกไปได้ หากต้องการกำจัดแอลจีที่มีขนาดเล็กก็ต้องใช้ตะแกรงที่มีช่องตะแกรงเล็กลงไปอีก ทำให้สูญเสียแรงดันของน้ำมาก และระบบนี้ต้องใช้กลไกควบคุมการหมุนของตะแกรงและการฉีดน้ำล้างตะแกรงอยู่ตลอดเวลา ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง ส่วนพรีฟิลเตอร์ที่ใช้นั้นส่วนมากใช้กรวดเป็นสารกรอง ค่าลงทุนและค่าดำเนินงานต่ำ แต่จะมีปัญหาเมื่อสารกรองอุดตันจะไม่สะดวกในการทำความสะอาด

จะเห็นได้ว่า วิธีกำจัดแอลจีแบบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ส่วนใหญ่จะต้องสิ้นเปลืองเงินเพื่อติดตั้งระบบเพิ่มเติมและซื้อสารเคมี อีกทั้งยังทำให้ระบบซับซ้อนขึ้น ต้องอาศัยผู้มีความรู้ความชำนาญในการควบคุม วิธีดังกล่าวจึงไม่เหมาะสมนักสำหรับการกำจัดแอลจีในระบบ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลิตน้ำประปาทั่วๆ ไป ส่วนวิธีกำจัดแอลจีโดยใช้พรีฟิลเตอร์ซึ่งใช้เงินลงทุนต่ำและควบคุมระบบได้ง่าย ก็ยังมีปัญหาอยู่บ้าง จึงได้มีการเปลี่ยนจากกรวดมาใช้แหวนพลาสติกเป็นฟิลเตอร์มีเดีย โดยการวิจัยของ สุวิมล ผดุงธนมงคล (20)

จากการวิจัยของสุวิมล ผดุงธนมงคล โดยใช้พลาสติกมีเดียพรีฟิลเตอร์ และให้น้ำไหลในแนวราบ เพื่อกำจัดแอลจี ที่ทำให้เกิดปัญหาอุดตันถังทรายกรองของระบบผลิตน้ำประปาเขื่อนศรีนครินทร์ พบว่ากลไกการกำจัดสารแขวนลอยในน้ำคือ การดูดติดผิว และการตกตะกอน ประสิทธิภาพการกำจัดแอลจีวัดในรูปคลอโรฟิลด์ เอ อยู่ในช่วง 20 - 40 % ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอยู่ในช่วง 12 - 37 % และจากการศึกษาการทำงานของระบบผลิตน้ำประปาดังกล่าวในปัจจุบัน พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่มีปัญหาการอุดตันด้วยแอลจีในถังทรายกรอง

ในปัจจุบัน ระบบผลิตน้ำประปามักนิยมใช้ถังตกตะกอนแบบน้ำไหลขึ้น (upflow clarifier)และการออกแบบถังพรีฟิลเตอร์ก็ใช้หลักการเดียวกับการออกแบบถังตกตะกอน ฉะนั้นจึงคิดว่า ถังตกตะกอนแบบน้ำไหลขึ้นที่มีอยู่แล้ว ถ้านำพลาสติกมีเดีย มาใส่ลงไปก็คงจะสามารถกำจัดแอลจีได้ โดยพื้นที่ผิวของพลาสติดมีเดียจะทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะของแอลจี เมื่อแอลจีสะสมมากเข้าก็จะหลุดออกและตกตะกอนลงสู่ก้นถังซึ่งทำการระบายออกในภายหลัง ด้วยหลักการนี้ จึงเป็นที่มาของการวิจัย เพื่อพัฒนาระบบผลิตน้ำประปาที่ใช้อยู่โดยทั่วไปให้สามารถกำจัดแอลจีได้โดยไม่ต้องมีข้อกำหนดในการออกแบบใหม่ เพียงแต่ปรับปรุง แก้ไขถังตกตะกอนที่มีอยู่เดิม และใส่แหวนพลาสติกมีเดียลงไปเท่านั้น

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาการใช้พลาสติกมีเดียร่วมกับถังตกตะกอนแบบน้ำไหลขึ้น เพื่อกำจัดแอลจี

1.4.2 หาประสิทธิภาพในการกำจัดแอลจีของระบบ

1.4.3 เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับนำไปปรับปรุงระบบการตกตะกอนแบบน้ำไหลขึ้นที่ใช้กำจัดความขุ่นมาใช้ในการกำจัดแอลจี

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์

1.5.2 ใช้แบบจำลองถังตกตะกอนแบบน้ำไหลขึ้นที่มีอัตราน้ำล้นผิว (surface overflow rate) 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม. ตลอดการทดลอง

1.5.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดแอลจีจากการใช้ชั้นพลาสติกมีเดียที่มีความสูง 10 , 30 และ 50 ซม.ตามลำดับ