



บทที่ 1

บทนำ

ระบบผลิตน้ำประปาประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งมีบทบาทหน้าที่ในการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของน้ำดิบที่ผ่านเข้าสู่ระบบ ให้มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ สามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ น้ำดิบที่นำมาใช้ผลิตน้ำประปา ได้แก่ น้ำใต้ดิน (ground water) และน้ำผิวดิน (surface water) น้ำดิบทั้งสองประเภทดังกล่าวมีลักษณะที่แตกต่างกันไป ทำให้ระบบผลิตน้ำประปาที่ใช้ น้ำใต้ดินและน้ำผิวดินเป็นน้ำดิบมีความแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำใต้ดินต้องใช้การเติมอากาศ (aeration) หรือออกซิเดชัน (oxidation) ในขณะที่การกำจัดความขุ่นในน้ำผิวดินต้องใช้กระบวนการรวมตะกอน (coagulation process) เป็นต้น

ในการกำจัดความขุ่นตลอดจนสารแขวนลอยอื่น ๆ ในน้ำ เช่น บักเตรีย อัลจี และสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของอนุภาคคอลลอยด์ (colloidal particles) อาจใช้กระบวนการรวมตะกอนร่วมกับการตกตะกอน (sedimentation) และการกรอง (filtration) โดยมีลำดับของการทำงานเริ่มจากการทำลายสภาวะคงตัว (destabilization) ของอนุภาคความขุ่นหรือคอลลอยด์ในขั้นผสมเร็ว (rapid mix stage) และการสมานอนุภาคซึ่งไม่คงตัวหรืออนุภาคตะกอน (microfloc) ที่ได้จากขั้นผสมเร็วในขั้นสมานตะกอน (flocculation stage) ของกระบวนการรวมตะกอน ลำดับการทำงานต่อไปคือการแยกตะกอนสมานออกจากน้ำ โดยการตกตะกอน และลำดับสุดท้ายคือการกรองตะกอนที่หลุดรอดจากการตกตะกอน ที่กล่าวมาจะเห็นว่าหน่วยดำเนินการทั้งสามมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างแนบแน่น การพิจารณาความสัมพันธ์ที่ว่านี้อาจแบ่งออกเป็นสองลักษณะ กล่าวคือ ลักษณะแรกพิจารณาว่าการกรองมีขอบเขตความสามารถในการกำจัดอนุภาคแขวนลอยสมบูรณ์อยู่ในตัว ดังนั้นกระบวนการรวมตะกอนและการตกตะกอนจึงเปรียบเสมือนปฏิบัติการขั้นเตรียมการ (pretreatment) สำหรับการกรอง ลักษณะที่สองพิจารณาว่ากระบวนการรวมตะกอน และตกตะกอนเป็นกระบวนการหลักในการกำจัดอนุภาคแขวนลอย โดยมีการกรองเป็นปฏิบัติการขั้นสุดท้าย ซึ่งทำหน้าที่กำจัดอนุภาคหรือตะกอนที่หลุดรอดจากกระบวนการข้างต้น การพิจารณาในสองลักษณะดังกล่าวมานี้ให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละกระ-

บวนการแตกต่างกันไป การพิจารณาใช้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งในระบบผลิตน้ำประปาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น สมบัติของน้ำดิบโดยเฉพาะอย่างยิ่งความขุ่น วิธีการควบคุมที่ให้ประโยชน์สูงสุด เป็นต้น อย่างไรก็ตามจะเห็นว่ากระบวนการรวมตะกอนมีบทบาทสำคัญอยู่เสมอไม่ว่าทรศนะใดจะได้รับการนำมาปฏิบัติ

กระบวนการรวมตะกอนมีประวัติความเป็นมานับแต่การนำวัสดุธรรมชาติ เทาที่จะสรรหาได้มาใช้กำจัดความขุ่นของน้ำด้วยวิธีการง่ายๆ เช่น ชาวอินเดียใช้ผงปูนละเอียดของผลไม้เปลือกแข็ง ชาวอียิปต์ใช้ผงถั่ว และชาวจีนใช้สารส้ม ใส่ลงในน้ำขุ่นจากนั้นจึงกวนหรือแกว่งแล้วปล่อยให้ตกตะกอนจนได้น้ำใสในที่สุด จวบจนในปี ค.ศ. 1885 Austen & Wilber จึงได้เริ่มทดลองกระบวนการรวมตะกอนอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยใช้สารส้ม การศึกษาดังกล่าวได้รับการจำแนกถึงรายละเอียดมากขึ้นโดย Fuller ในปี ค.ศ. 1898 จะเห็นว่าวิวัฒนาการของกระบวนการรวมตะกอนในช่วงเวลาดังกล่าวมานี้ดำเนินไปอย่างเชื่องช้า สาเหตุที่สำคัญเนื่องจากขาดพื้นฐานทางทฤษฎีรองรับนั่นเอง ยุคใหม่ของกระบวนการรวมตะกอนเพิ่มขึ้นในต้นคริสต์ศตวรรษที่ 19 เมื่อ Smoluchowski ได้เสนอทฤษฎีว่าด้วยการชนกันระหว่างอนุภาค (collision theory) ใน ค.ศ. 1917 ทฤษฎีดังกล่าวนี้เป็นทฤษฎีแม่บทอันสำคัญของชั้นสมานตะกอนในกระบวนการรวมตะกอน ต่อมาใน ค.ศ. 1924 และ 1928 Stern และ Mattson ได้เสนอทฤษฎีทางกายภาพและทางเคมีซึ่งว่าด้วยสภาวะคงตัวและไม่คงตัว (stability and instability) ของอนุภาคคอลลอยด์ โดย Stern เสนอทฤษฎีสองชั้นประจุไฟฟ้า (electrical double layer theory) และ Mattson เสนอทฤษฎีว่าด้วยปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารรวมตะกอน (coagulant) กับคอลลอยด์ ทั้งสองทฤษฎีดังกล่าวนี้เป็นทฤษฎีแม่บทของชั้นผสมเร็วในกระบวนการรวมตะกอน⁽¹⁵⁾

การศึกษาวิจัยกระบวนการรวมตะกอน เจริญรุดหน้าอย่างรวดเร็วนับแต่มีการเสนอทฤษฎีทั้งสามดังกล่าว ประเด็นการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่ลักษณะทางเคมีของน้ำดิบ ธรรมชาติและความเข้มข้นของคอลลอยด์ ชนิดและปริมาณของสารเคมีที่ใช้ ไปจนถึงจลนพลศาสตร์ (kinetic) ของชั้นผสมเร็วและชั้นสมานตะกอน ในแง่มุมทางจลนพลศาสตร์นี้เองที่การศึกษาวิจัยดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นถึงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ (parameter) ที่ใช้ควบคุมกระบวนการ เช่น เวลาพักน้ำ (hydraulic residence time) ความลาดชันของความเร็ว (velocity gradient) กับกลไกที่เกิดขึ้นในชั้นผสมเร็ว หรืออัตราสมานตะกอนในชั้นสมานตะกอน เหล่านี้เป็นต้น ความรู้จากวิวัฒนาการดังกล่าวมานี้ได้รับการนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งในการออกแบบ

และควบคุมกระบวนการรวมตะกอนสำหรับกำจัดความขุ่นในระบบผลิตน้ำประปา

ปริมาณตะกอนในเทอมความเข้มข้นเชิงปริมาตรของตะกอน (floc volume concentration) ก็เป็นพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่มีความสำคัญในทางจลนพลศาสตร์ของกระบวนการรวมตะกอน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชี้ให้เห็นว่า อัตราสมานตะกอนแปรตามปริมาณตะกอน ดังนั้นเมื่อปริมาณตะกอนในชั้นสมานตะกอนเพิ่มขึ้น อัตราสมานตะกอนจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถลดเวลาสมานตะกอนให้น้อยลงโดยที่ยังคงประสิทธิภาพของกระบวนการไว้ได้ หลักการดังกล่าวนี้เป็นพื้นฐานอันสำคัญในการพัฒนาถังหมุนเวียนตะกอนในตัว (sludge recirculation clarifier) และถังชั้นตะกอน (sludge blanket clarifier) ซึ่งเป็นถังปฏิกรณ์ (reactor) ที่รวมกระบวนการรวมตะกอนและตกตะกอนไว้ด้วยกัน โดยออกแบบทางชลศาสตร์ให้ตะกอนหมุนเวียนจากส่วนตกตะกอนกลับเข้าสู่ส่วนรวมตะกอนในถังปฏิกรณ์ชนิดแรก และให้ตะกอนสะสมอยู่ในชั้นสมานตะกอนในถังปฏิกรณ์ชนิดหลัง ลักษณะเช่นนี้ทำให้ถังปฏิกรณ์ดังกล่าวมีอัตราสมานตะกอนสูงขึ้น และสามารถลดขนาดของส่วนรวมตะกอนในถังให้มีขนาดเล็กกว่ากระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานโดยที่ยังคงประสิทธิภาพของกระบวนการไว้ได้ในระดับเดียวกัน อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีข้อดีที่เด่นชัดดังกล่าว ถังปฏิกรณ์ทั้งสองก็ยังมีอาจแทนที่กระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไปได้อย่างแท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากต่างก็มีความเหนือกว่าและความด้อยกว่าแตกต่างกันไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของระบบผลิตน้ำประปาศูนย์ขนาดเล็กซึ่งยังคงนิยมใช้กระบวนการรวมตะกอนในลักษณะเดิม

ดังนั้นจึงควรที่จะได้ทำการวิจัยโดยเน้น เป้าหมายถึงการเพิ่มประสิทธิภาพจากกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานโดยตรง ทั้งนี้โดยใช้หลักการเดียวกับที่ใช้ในการพัฒนากระบวนการขึ้นมาเป็นถังหมุนเวียนตะกอนในตัวและถังชั้นตะกอน นั่นคือ เพิ่มปริมาณตะกอนเพื่อเพิ่มอัตราสมานตะกอน การประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าวนี้ภายใต้สภาพพื้นฐานเดิมของกระบวนการรวมตะกอนเป็นการแก้ไขจุดอ่อนของกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานในประเด็นที่มีปริมาณตะกอนน้อยมากเมื่อเทียบกับถังปฏิกรณ์ทั้งสอง โดยไม่จำเป็นต้องจะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือลักษณะทางชลศาสตร์ของกระบวนการแต่อย่างใด ลักษณะเช่นนี้กระทำโดยหมุนเวียนตะกอนจากกันถังตกตะกอนกลับเข้าสู่ถังผสมเร็วหรือถังสมานตะกอนในกระบวนการรวมตะกอน ดังนั้นหากการวิจัยที่มีเป้าหมายดังกล่าวประสบความสำเร็จก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานที่มีอยู่เดิม เป็นจำนวนมากในระบบผลิตน้ำประปาให้สูงขึ้นได้โดยเพียงแค่เพิ่ม เติมระบบหมุนเวียนตะกอนเท่านั้น หรือสามารถลดขนาดของถังสมานตะกอนในการออกแบบกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐาน เช่นเดียวกับในกรณีของถังปฏิกรณ์ดังกล่าวข้างต้น