

## บทที่ 4

### หลักการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์

ในบางเหตุการณ์จะไม่สามารถแสดงหรือบอกได้ว่าสิ่งต่างๆที่เราสนใจมีปริมาณ,องค์ประกอบหรือลักษณะต่างๆ เป็นอย่างไร จึงต้องมีการสุ่มหรือเลือกตัวอย่างออกมาจากสิ่งที่เราสนใจ เพื่อนำไปวิเคราะห์หรือทำนายสิ่งที่เราสนใจนั้น ดังนั้น การเก็บตัวอย่างจึงมีความสำคัญอย่างมาก ในทางวิศวกรรม ตัวอย่างที่ดีจะสามารถแสดงหรือเป็นตัวแทนสิ่งที่เราสนใจทั้งหมด

ในงานวิจัยนี้จะแยกพิจารณาการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศและการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อการวิเคราะห์ การเก็บตัวอย่างของอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศจะทำการเก็บตัวอย่างของอนุภาคที่มากับกระแสแก๊สเสียที่ได้จากการเผาไหม้ก่อนเข้าสู่ระบบ ที่ตำแหน่งท่อทางเข้าของระบบเครื่องเก็บอนุภาค เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคทั้งหมดและการกระจายขนาดของอนุภาคที่จะเข้าสู่ระบบด้วยเครื่องวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคที่มีชื่อว่า “Mastersizer” โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการใช้งาน ดังที่ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก จ สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ออกจากระบบเครื่องเก็บอนุภาค ที่ถังรองรับน้ำเสีย เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคทั้งหมดและการกระจายขนาดของอนุภาคที่ถูกดักเก็บได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคเช่นเดียวกันกับที่ใช้วิเคราะห์ในข้างต้น

#### 4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อการวิเคราะห์

ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำเสียจะเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการเก็บตัวอย่างน้ำที่ถูกต้องและเป็นตัวแทนที่แท้จริง ซึ่งผู้ที่จะทำหน้าที่ในการเก็บตัวอย่างน้ำหรือผู้ที่จะวิเคราะห์ จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดของระบบบำบัดเป็นอย่างดีเสียก่อนและจะต้องทราบว่า จะเก็บตัวอย่างน้ำนั้นไปเพื่อวิเคราะห์อะไร จะได้ทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำได้ถูกต้อง ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเก็บตัวอย่างน้ำ คือ อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำ, จุดเก็บ, วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ, การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

#### 4.1.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำ

อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำประกอบด้วย

1. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ มักเป็นชนิดขวดแก้วหรือโพลีเอทิลีน(Polyethylene) ขนาดใหญ่พอที่จะบรรจุน้ำไปเพื่อทำการวิเคราะห์ มีฝาเกลียวปิดมิดชิด ก่อนใช้ควรล้างให้สะอาดก่อนด้วยกรดโครมิก (chromic acid) และล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 2-3 ครั้ง แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่น ในกรณีที่ใช้ขวดแก้วเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์จะต้องทำการอบนึ่ง (Sterilized) เพื่อฆ่าเชื้อโรคเสียก่อน การใช้ภาชนะอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวแล้ว ควรหลีกเลี่ยงเพราะอาจเกิดปฏิกิริยากับกรดหรือด่างที่มีในตัวอย่งน้ำที่เก็บ ซึ่งทำให้ลักษณะสมบัติของตัวอย่งน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงไปได้
2. อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ประกอบในการเก็บตัวอย่างน้ำ ได้แก่ ภาชนะสำหรับตักตัวอย่างน้ำ, กระบอกตรง, เทอร์โมมิเตอร์, ฉลากสำหรับปิดขวด, สารเคมีที่ใช้ประกอบการเก็บตัวอย่างน้ำ ฯลฯ

#### 4.1.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

1. ถ้าเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากทุกๆ จุดที่มีการปล่อยน้ำเสียออกมา และ/หรือ ที่จุดรวมของน้ำเสีย ก่อนระบายออกนอกโรงงาน
2. ถ้าเป็นน้ำเสียชุมชน (domestic waste) ให้เก็บจากปลายท่อระบายน้ำโสโครกหรือบ่อตรวจการระบาย (Manhole) หรือจากบ่อสูบ
3. ถ้าเป็นน้ำเสียโรงพยาบาล ให้เก็บจากปลายท่อระบายน้ำโสโครกจากอาคารต่างๆ ในโรงพยาบาล
4. ในการตรวจสอบหาประสิทธิภาพและควบคุมการทำงานของระบบบำบัด ให้เก็บจากจุดต่างๆ ตามขั้นตอนของระบบบำบัด บริเวณที่จะเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวจะต้องเป็นบริเวณที่ไม่มีการตกตะกอนและน้ำเสียควรผสมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี

#### 4.1.3 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ

การที่จะเก็บตัวอย่างน้ำให้มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะของน้ำเสียทั้งหมดนั้น จำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การเก็บแบบจ้วง (Grab or Catch sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาเฉยๆแล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบ ดังนั้นตัวอย่างน้ำที่ได้จากการเก็บแบบนี้ จะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำนั้น เฉพาะเวลาและจุดที่เก็บใดๆเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพที่ค่อนข้างคงที่ ตลอดเวลา ณ จุดต่างๆ ก็อาจกล่าวได้ว่า ตัวอย่างน้ำเพียงตัวอย่างเดียว ก็อาจใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำทั้งหมดได้ ตัวอย่างของแหล่งน้ำประเภทนี้ได้แก่ น้ำประปา, น้ำผิวดิน, น้ำบ่อลึก

ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพแปรผันตามเวลา การเก็บตัวอย่างแบบนี้ในช่วงเวลาที่เหมาะสมมาทำการวิเคราะห์จะช่วยให้ทราบถึงขอบเขต ความถี่และช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงได้ ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับความถี่ของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น จึงอาจจะแปรผันได้ตั้งแต่ 5 นาที ถึง 1 ชั่วโมง หรือนานกว่านี้ การเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้มีข้อดีในกรณีที่

ก. น้ำเสียไม่ได้ไหลแบบต่อเนื่อง เช่น ปล่อยทิ้งเป็นครั้งคราวเนื่องจากกระบวนการผลิตเดินเครื่องเป็นช่วงๆ

ข. ต้องการศึกษากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำเสีย ตามกรรมวิธีการผลิต ในกรณีนี้ต้องจ้วงเก็บตัวอย่างหลายตัวอย่าง ณ เวลาต่างๆ มาเทียบกัน

ค. ต้องการหาลักษณะบางอย่างของน้ำเสีย ณ จุดที่เก็บ เนื่องจากค่าเหล่านั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น พีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย ตะกอนหนักหรือคลอรีนหลงเหลือ

2. การเก็บแบบผสมรวม (Composite sampling) เป็นการเก็บตัวอย่าง ณ จุดเดียวกันที่เวลาต่างๆ โดยแบ่งแต่ละช่วงเวลาของการเก็บให้สม่ำเสมอ ปริมาณของการเก็บขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำ แล้วนำมาผสมรวมกันในถังเก็บใบเดียวกัน วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้เหมาะสมกับงานที่ต้องการทราบความเข้มข้นเฉลี่ย เพื่อนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องจักรในโรงงานกำจัดน้ำเสียหรือความสามารถที่กำจัดน้ำเสีย การเก็บแบบนี้มีข้อดีตรงที่ ลดจำนวนตัวอย่างน้ำที่ต้องวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายเคมีภัณฑ์และเวลาในการศึกษาได้มาก เพราะไม่ต้องทำการวิเคราะห์แยกแต่ละตัวอย่างเหมือนการเก็บแบบแรกแต่ทำการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียวจากตัวอย่างรวม ส่วนข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้ คือ การเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้งที่ชุดเดียวกันใช้วิธีไม่เหมือนกัน ทำให้ตัวอย่างรวมซึ่งเป็นตัวอย่างเฉลี่ยมีความผิดพลาดได้ การถ่ายตัวอย่างน้ำ ในแต่ละครั้งจากจุดที่เก็บลงในถังเก็บรวม ไม่ละเอียดพอเป็นผลให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้

ช่วงความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำและจำนวนครั้งของการเก็บขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและลักษณะของน้ำเสียต่างๆ ปริมาณตัวอย่างน้ำในการเก็บแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับว่าต้องการเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์หาอะไรบ้าง เพื่อที่จะได้เก็บตัวอย่างน้ำให้มีปริมาณมากพอที่จะทำการวิเคราะห์ได้ตามต้องการ ในกรณีแบบเก็บผสมรวม ปริมาณตัวอย่างน้ำควรจะสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำด้วย โดยทั่วไปแล้วควรเก็บตัวอย่างน้ำรวมแล้วปริมาณรวมไม่น้อยกว่า 5 ลิตร ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์แต่ละค่าจะแสดงในเชิงวิเคราะห์ซึ่งอยู่หัวข้อถัดไป

#### 4.1.4 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

โดยทั่วไปผลการวิเคราะห์จะนำเชื้อถือและเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เมื่อต้องการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันทีภายหลังการเก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เพราะเมื่อทิ้งตัวอย่างไว้นานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเคมีและชีวภาพได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำและช่วงเวลาที่ยอมให้เก็บ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จะศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตาราง 4.1 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ<sup>(13)</sup>

พารามิเตอร์	การเก็บรักษา	ช่วงระยะเวลาที่ยอมให้เก็บ
สภาพกรด-ด่าง	แช่เย็น 4°C	24 ชั่วโมง
สี	แช่เย็น 4°C	6 ชั่วโมง
ปริมาณของแข็ง	แช่เย็น 4°C	7 วัน
ความขุ่น	เก็บในที่มืดและแช่เย็น 4°C	24 ชั่วโมง
คลอไรด์	ไม่จำเป็น	7 วัน

#### 4.1.5 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งในน้ำทิ้ง

ของแข็งทั้งหมด (Total Solid; TS) หมายถึง สิ่งที่เหลืออยู่ภายหลังจากระเหยน้ำออกจนหมดและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 ถึง 105 องศาเซลเซียส ของแข็งทั้งหมดนี้จะแบ่งได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการละลาย คือ

1. ของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids; TDS) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่ละลายได้ในน้ำซึ่งส่วนมากได้แก่ เกลืออนินทรีย์ เช่น  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  และสารอินทรีย์บางชนิด เช่น น้ำตาล

2. ของแข็งไม่ละลายน้ำ (Insoluble Solids) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่ไม่ละลายในน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามขนาดของชิ้นส่วนที่ไม่ละลาย คือ

2.1 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS) หมายถึง ส่วนที่ไม่ละลายในน้ำแต่มีขนาดเล็กพอที่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ หาได้โดยการกรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองชนิดพิเศษ เรียกว่า Glass fibre paper (Whatman GF/C) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 ถึง 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบนแผ่นกรอง

2.2 ตะกอนหนัก (Settleable Solid) หมายถึงตะกอนใหญ่และหนัก สามารถตกลงมารวมกันยังส่วนล่างได้ หาได้โดยการนำตัวอย่างน้ำมาใส่ในภาชนะพิเศษ เรียกว่า Imhoff cone ขนาด 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 45-60 นาที อ่านปริมาตรของตะกอนจากสเกลบน Imhoff cone ค่าที่อ่านได้คือ Settleable Solid มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อลิตร

การวิเคราะห์ค่าของแข็ง(Solids) มีความสำคัญดังนี้

ก) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) แสดงถึง ปริมาณสิ่งเจือปนหรืออนุภาคทั้งหมดในน้ำว่ามีมากน้อยเพียงไร

ข) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากสารแขวนลอยนี้จะเป็นตัวกั้นแสงแดดที่ส่องลงมาในน้ำ เป็นผลให้การสังเคราะห์แสงของพืชในน้ำลดลงซึ่งจะเป็นการลดออกซิเจนในน้ำลงได้ทางหนึ่ง

ค) ปริมาณตะกอนหนัก มีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียว่าจำเป็นต้องใช้ถังตกตะกอนหรือไม่ และเพื่อหาขนาดของเครื่องสูบน้ำตะกอน (Sludge pumps)

#### 4.1.5.1 วิธีวิเคราะห์หาตะกอนหนัก

ตะกอนหนัก หมายถึง ปริมาณตะกอนที่จมตัวได้เมื่อตั้งตัวอย่างน้ำทิ้งไว้นิ่งๆ ในเวลา 1 ชม. มีหน่วยเป็น ลบ.ซม./ลิตร/ชั่วโมง

เครื่องมือและอุปกรณ์ (ดังแสดงใน ภาคผนวก ญ)

กรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) หรือกระบอกตวง ความจุ 1 ลิตร

### วิธีวิเคราะห์

1. เทตัวอย่างน้ำที่เขย่าจนเข้ากันดีแล้วลงในกรวยอิมฮอฟฟ์หรือกระบอกตวงจนกระทั่งได้ปริมาตรเป็น 1,000 ลบ.ซม.
2. ปล่อยให้สารที่หนักมตัวลงเป็นเวลา 45 นาที ใช้แท่งแก้วค้อยๆ กวนข้างๆ กรวย เพื่อให้สารต่างๆ จมตัวได้ถึงก้นให้หมด
3. ตั้งทิ้งไว้อีก 15 นาที (รวมทั้งหมดเป็น 60 นาที) จึงอ่านปริมาตรของสารที่จมตัวได้เป็น ลบ.ซม. ค่าตกตะกอนหนักจะมีหน่วยเป็น ลบ.ซม./ลิตร/ชั่วโมง

#### 4.1.5.2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอย (SS) หมายถึง ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

#### เครื่องมือและอุปกรณ์ (ดังแสดงใน ภาคผนวก ก)

1. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 ซม.
2. กรวยบุคเนออร์ ความจุ 100 ลบ.ซม.
3. เครื่องดูดอากาศ
4. เตาอบแห้ง
5. โถทำแห้ง
6. เครื่องชั่งละเอียด

### วิธีวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง
2. ทำซ้ำในข้อ 1 จนชั่งน้ำหนักกระดาษกรองได้ค่าคงที่หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น A มิลลิกรัม
3. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ ซึ่งจะให้ค่าของแข็งซึ่งได้โดยประมาณอย่างน้อยที่สุด 2.5 มก. (เพิ่มจากน้ำหนักของกระดาษกรอง)
4. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนออร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
5. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกและให้ถูกดูดติดแน่นกับกรวยบุคเนออร์

6. กรองตัวอย่างน้ำตามปริมาตรที่ต้องการ โดยอาศัยแรงดูดช่วย
7. ในน้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรองจนกว่าจะแห้ง
8. ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะเชื้อ (Petri dish) ด้วยอะลูมิเนียมหรือกระจกนาฬิกา
9. นำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้ง ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
10. ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองใหม่
11. ทำซ้ำในข้อ 9, 10 จนชั่งน้ำหนักกระดาษกรองได้ค่าคงที่หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น B มิลลิกรัม

#### การคำนวณ

$$SS \text{ (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \left[ \text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกระดาษกรอง(B-A)} \times 1,000 \right] / \text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(ลิตร)}$$

#### 4.1.5.3 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด

ของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) หมายถึง ของแข็งที่ละลายน้ำได้และสามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว นำตัวอย่างของน้ำที่ผ่านกระดาษกรองใยแก้วไประเหยน้ำออกให้หมด จะได้ปริมาณของแข็งละลายได้ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

#### เครื่องมือและอุปกรณ์ (ดังแสดงใน ภาคผนวก ญ)

1. จานระเหย (Evaporating dish)
2. เครื่องอังน้ำ (Water bath or steam bath)
3. เตาอบแห้ง
4. โถทำแห้ง
5. เครื่องชั่งละเอียด

#### วิธีวิเคราะห์

1. กรองของแข็งที่สามารถกรองได้ออกทิ้ง หรือใช้น้ำส่วนที่ได้จากการกรอง (filtrate) ที่เหลือจากการหาปริมาณของแข็งแขวนลอย

2. ชั่งงานระเหยที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงและปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้งมาแล้ว จนได้น้ำหนักคงที่ สมมติเป็น A มิลลิกรัม
3. ตวงน้ำส่วนที่ได้จากการกรอง 50 ลบ.ซม. (ปริมาตรของตัวอย่างน้ำขึ้นอยู่กับขนาดของงานระเหย) ใส่ในงานระเหย
4. นำไปตั้งบนเครื่องอังน้ำให้น้ำระเหยจนแห้ง
5. นำงานระเหยที่แห้งไปเข้าเตาอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส อบจนแห้ง นาน 1 ชั่วโมง
6. ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งจนถึงอุณหภูมิห้อง
7. ชั่งงานระเหยทันทีที่เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง
8. ทำซ้ำใน ข้อ 5 ถึง 7 อีกครั้ง จนชั่งงานระเหยได้น้ำหนักคงที่หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติว่าเป็น B มิลลิกรัม

#### การคำนวณ

$$\text{TDS (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \left[ \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของงานระเหย(B-A)} \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(ลิตร)}} \right]$$

#### 4.1.5.4 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด

ของแข็งทั้งหมด(TS) หมายถึง ปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ในภาชนะภายหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำจนหมด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักของของแข็งในภาชนะนั้นๆ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ ลิตร

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.1.5.3

#### วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมงานระเหย โดยงานที่ใช้จะต้องสะอาดและนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนัก สมมติเป็น A มิลลิกรัม
2. เลือกใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำให้เหมาะสมโดยปกติใช้ 50 หรือ 100 ลบ.ซม.
3. ค่อยๆ รินตัวอย่างน้ำที่เขย่าให้เข้ากันดีแล้วลงในถ้วยระเหยที่ตั้งบนเครื่องอังน้ำ เมื่อให้น้ำระเหยออกหมดแล้ว ให้ทำข้อ 4 ต่อ



4. ให้นำงานระเหยไปอบที่เตาอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง
5. ชั่งงานระเหยทันทีที่เย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง
6. ทำซ้ำในข้อ 4, 5 จนชั่งน้ำหนักงานระเหยได้ค่าคงที่หรือน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4 สมมติเป็น B มิลลิกรัม (น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคือน้ำหนักของปริมาณสารทั้งหมดหรือ TS)

#### การคำนวณ

$$TS \text{ (มิลลิกรัม/ลิตร)} = [\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของงานระเหย(B-A) x 1,000}] / \text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (ลิตร)}$$

$$\text{หรือ } TS \text{ (มิลลิกรัม/ลิตร)} = TDS \text{ (มิลลิกรัม/ลิตร)} + SS \text{ (มิลลิกรัม/ลิตร)}$$

#### 4.2 การเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศ

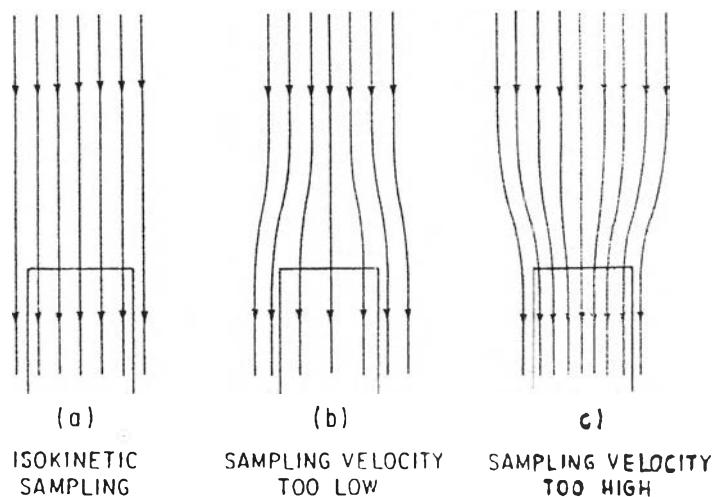
ตัวอย่างของแก๊สเสีย ที่จะเป็นตัวแทนของแก๊สเสียทั้งหมดได้จะมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับแก๊สเสียทั้งหมดและต้องมีคุณสมบัติหรือองค์ประกอบใกล้เคียงกันนั้น การเก็บหรือชักตัวอย่างอนุภาคจากกระแสการไหลของแก๊สเสียจึงต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากเพื่อที่จะได้ตัวอย่างที่มีปริมาณและความเข้มข้นของอนุภาคใกล้เคียงกับความเข้มข้นของอนุภาคจริงๆที่มีอยู่ในแก๊สเสีย นั้น การเก็บตัวอย่างอนุภาคจากกระแสแก๊สเพื่อที่จะให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของแก๊สเสียทั้งหมดได้นี้จะต้องเป็นการเก็บตัวอย่างแบบความเร็วเท่า (Isokinetic Sampling) กล่าวคือ ความเร็วของแก๊สเสียในท่อชักตัวอย่างที่วางตัวในแนวเดียวกันกับปล่อง (sampling velocity;  $U$ ) จะต้องเท่ากับความเร็วของแก๊สเสียในปล่องที่ไหลผ่านรอบๆ ท่อชักตัวอย่าง (stack velocity;  $U_0$ ) นั่นคือ

$$U = U_0 \quad (4.1)$$

พิจารณารูปที่ 4.1(ก) ความเร็วของแก๊สในท่อชักตัวอย่างมีค่าเท่ากับความเร็วในปล่อง เป็นผลให้เส้นสายธารการไหล (stream line) มีรูปแบบที่ไม่เปลี่ยนไป เป็นผลให้การชักตัวอย่างเป็นแบบ Isokinetic จะได้ตัวอย่างของแก๊สมีความเข้มข้นของอนุภาค (particulate concentration) ใกล้เคียงหรือเท่ากับความเข้มข้นของอนุภาคทั้งหมดในปล่อง

พิจารณารูปที่ 4.1(ข) ความเร็วของแก๊สในท่อชักตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าความเร็วของแก๊สในปล่อง ในกรณีนี้เส้นสายธารการไหลจะเปลี่ยนไปในลักษณะที่ไหลเข้าท่อชักตัวอย่างน้อยเป็นผลให้ปริมาณของแก๊สเสียที่ไหลเข้าท่อชักตัวอย่างมีค่าน้อยแต่อนุภาคจะเข้ามาในท่อชักตัวอย่างนี้มากกว่า ทำให้ตัวอย่างที่ได้มีความเข้มข้นของอนุภาคที่เก็บได้มากกว่าความเข้มข้นจริง ตัวอย่างนี้จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบที่เราสนใจ

พิจารณารูปที่ 4.1(ค) ความเร็วของแก๊สในท่อชักตัวอย่างมีค่ามากกว่าความเร็วของแก๊สในปล่อง ในกรณีนี้เส้นสายธารการไหลจะเปลี่ยนไปในลักษณะที่ไหลเข้าท่อชักตัวอย่างมากกว่า เป็นผลให้ ตัวอย่างที่เก็บได้มีความเข้มข้นของอนุภาคน้อยกว่าความเข้มข้นจริง ตัวอย่างที่ได้จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบ



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการไหลของกระแสแก๊สที่เข้าท่อชักตัวอย่าง

Watson<sup>(15)</sup> ได้พัฒนาสมการกึ่งเอมไพริคัล (semiempirical) เพื่อที่จะใช้อธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้นไว้ ดังนี้

$$\frac{C_i}{C_{o_i}} = \frac{U_o}{U} \left\{ 1 + f(p) \left[ \left( \frac{U}{U_o} \right)^{1/2} - 1 \right] \right\}^2 \quad (4.2)$$

เมื่อ

$C_i$  = ความเข้มข้นของอนุภาคที่เก็บตัวอย่างได้ (Indicated particulate concentration);  
kg.particle/m<sup>3</sup>.gas

$C_{o_i}$  = ความเข้มข้นจริงของอนุภาคในปล่อง (True particulate concentration);  
kg.particle/m<sup>3</sup>.gas

$U_o$  = ความเร็วเฉลี่ยของแก๊สในปล่อง; m/s

$U$  = ความเร็วเฉลี่ยของแก๊สในท่อชักตัวอย่าง; m/s

$D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อชักตัวอย่าง; m

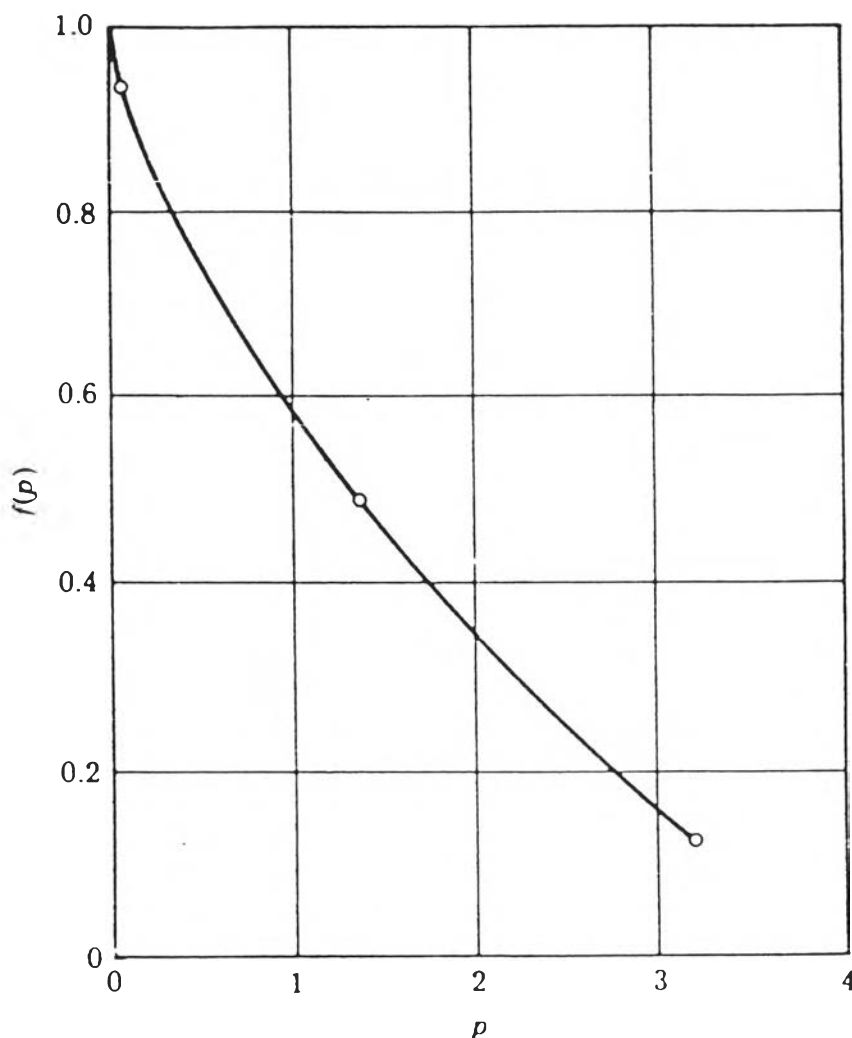
$d_p$  = เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของอนุภาค; m

$\rho_p$  = ความหนาแน่นของอนุภาค; kg/m<sup>3</sup>

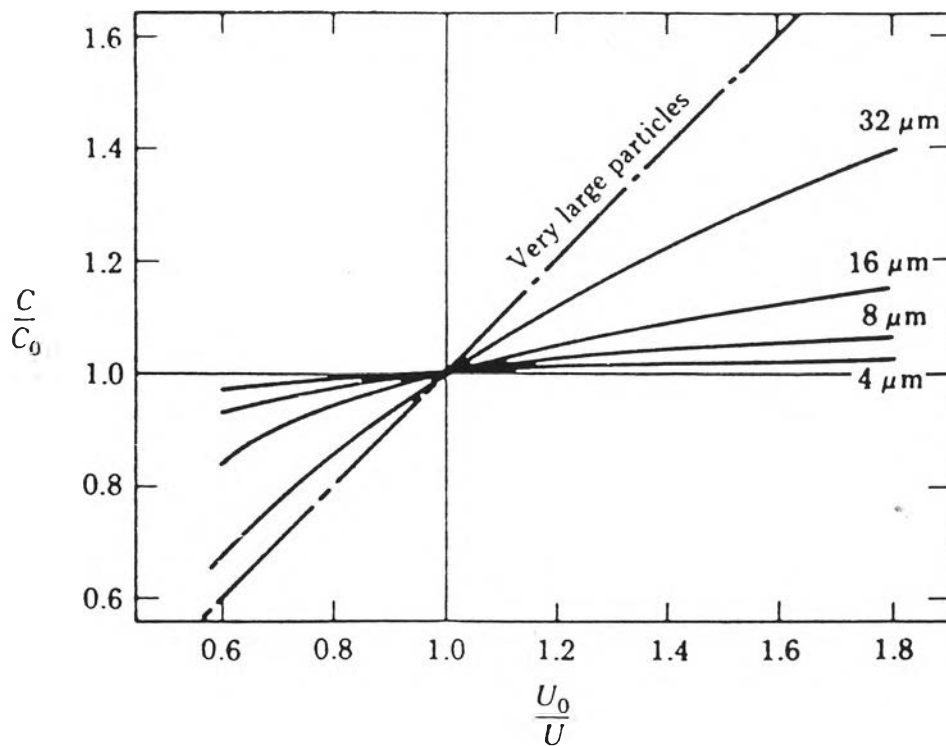
$\mu$  = ความหนืดของแก๊ส; kg/m.s

$$P = \frac{d_p^2 \rho_p U_o}{18 \mu D}; \text{ ไม่มีหน่วย} \quad (4.3)$$

ค่าของ  $f(p)$  แสดงได้ด้วยกราฟ ดังรูปที่ 4.2 ส่วนในรูปที่ 4.3 จะเป็นกราฟที่แสดงผลของการเก็บตัวอย่างที่อาจเกิดขึ้นได้ จากการคำนวณด้วยสมการที่ (4.2) เมื่อพิจารณาจากกราฟจะพบว่าความผิดพลาดที่เกิดจากกระบวนการ Non-isokinetic จะมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อขนาดของอนุภาคมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟระหว่าง  $f(p)$  กับ  $p$  สำหรับใช้ในสมการที่ (4.2)<sup>(15)</sup>



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลของการเก็บตัวอย่างที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคำนวณจากสมการที่ (4.2) สำหรับอนุภาคที่มีความหนาแน่น  $1 \text{ g/cm}^3$  <sup>(15)</sup>