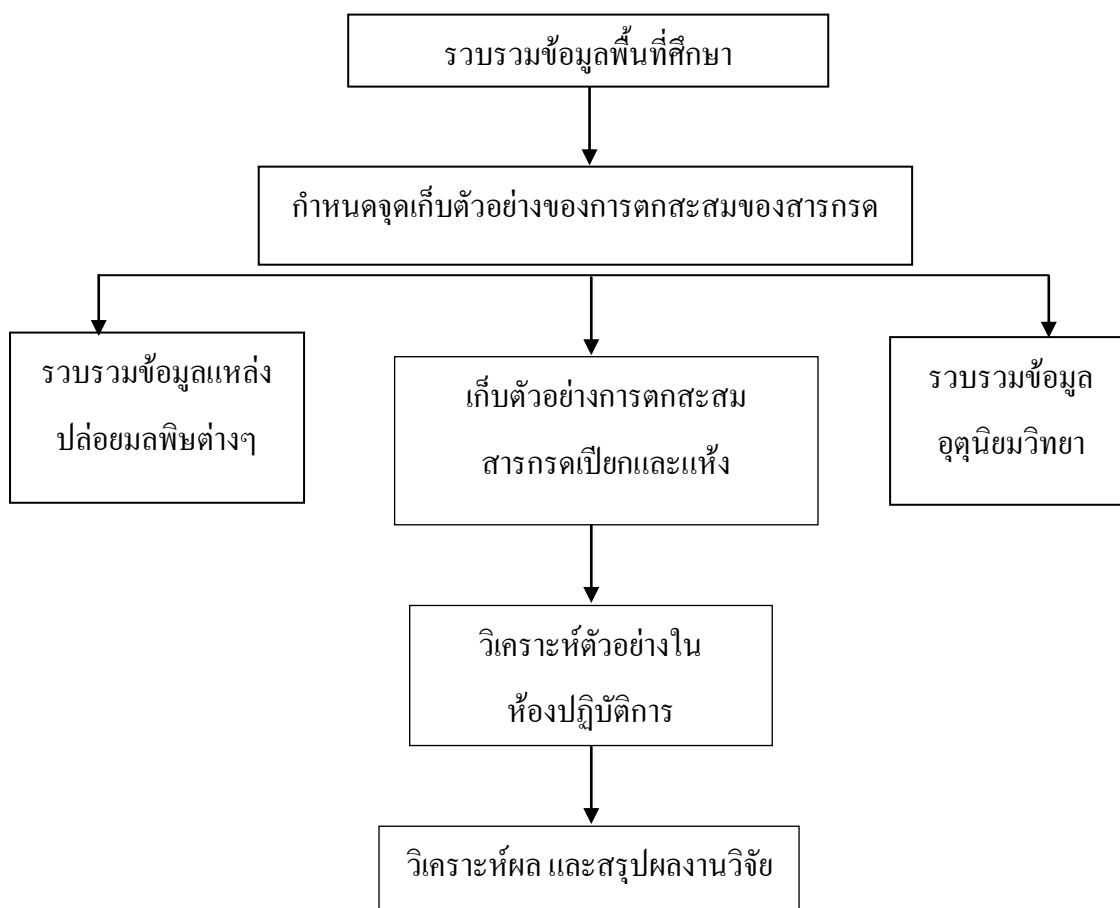


บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดและความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในบรรยากาศต่อการตกสะสมของสารกรด ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เพื่อเป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่ศึกษาในด้านต่างๆ เช่น ที่ตั้งทางสภาพภูมิศาสตร์ ลักษณะการใช้ที่ดิน โดยรอบ ลักษณะภูมิอากาศ จากนั้นสำรวจและเลือกจุดเก็บตัวอย่าง แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่าง พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลแหล่งปล่อยมลพิษและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญ จากนั้นนำตัวอย่างทั้งเปียกและแห้งมาวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ผล และสรุปผลงานวิจัย แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยสังเขป

3.1 คั่นคว้าและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

งานรวบรวมและคั่นคว้าข้อมูล ประกอบด้วย

3.1.1 ทำการรวบรวมข้อมูลทฤษฎีงานวิจัย และการทดลองที่เกี่ยวข้อง

คั่นคว้างานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ทั้งในแง่ของพื้นที่ทำการศึกษา ชนิดของตัวแปรที่วิเคราะห์ วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อข้อมูลที่วิเคราะห์ เป็นต้น

3.1.2 ศึกษาข้อมูลการติดตามตรวจสอบที่ต้องการโดยอ้างอิงตามข้อกำหนดของการจัดตั้งเครือข่ายติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง (Acid Deposition Monitoring Network in East Asia :EANET)

3.1.3 รวบรวมข้อมูลพื้นที่ที่ใช้เป็นจุดเก็บตัวอย่างทางด้านที่ตั้งทางสภาพภูมิศาสตร์

ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณรอบจุดเก็บตัวอย่าง ลักษณะภูมิอากาศ โดยมีลักษณะของสถานีติดตามตรวจสอบดังนี้

3.1.3.1 ที่ตั้งทางสภาพภูมิศาสตร์ สถานีที่ติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างการตกสะสมเปียกและแห้งของภาคกลางตั้งอยู่ในบริเวณสถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัยนาท ตำบลบางหลวง อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งของภาคกลางตอนบน ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี ลพบุรี สระบุรี และชัยนาท ตั้งอยู่บริเวณฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยาและเป็นตอนเหนือสุดของภาคกลาง บนเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 16.854 เมตร และห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 195 กิโลเมตร

3.1.3.2 ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณโดยรอบจุดเก็บตัวอย่าง ลักษณะบริเวณโดยรอบสถานีเก็บตัวอย่างมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ผลที่ตรวจวัดได้ในเชิงของการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารที่ตรวจวัดกับลักษณะการใช้ที่ดินและแหล่งปล่อยของสารนั้นๆ ซึ่งลักษณะการใช้ที่ดินแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1. ระดับสถานีที่เก็บ (ระยะห่างจากสถานีเก็บตัวอย่าง 150 เมตร) 2. ระดับท้องถื่น (ระยะห่างจากสถานีเก็บตัวอย่าง 150 เมตร-10 กิโลเมตร) และ 3.ระดับภูมิภาค (ระยะห่าง 10-50 กิโลเมตร)

1) ระดับสถานที่เก็บ

ลักษณะการใช้ที่ดินในระดับสถานที่เก็บ ในวงรัศมี 150 เมตร แสดงดังรูปที่ 3.2ก และ 3.2ข

ทิศเหนือ เป็นที่ตั้งของอาคารสำนักงาน

ทิศใต้ เป็นที่ตั้งของบ่อเก็บน้ำ ห่างจากจุดเก็บตัวอย่างประมาณ 20 เมตร

ทิศตะวันออก เป็นที่ตั้งของบ้านพักสองชั้นและหอเรดาร์ (อยู่ระหว่างการก่อสร้าง) ขนาบด้วยคลองส่งน้ำ ห่างจากจุดเก็บตัวอย่าง 100 เมตร

ทิศตะวันตก ขนาบด้วยคลองส่งน้ำ ห่างจากจุดเก็บตัวอย่าง 60 เมตร

2) ระดับท้องถิ่น

ลักษณะการใช้ที่ดินในระยะรัศมีตั้งแต่ 150 เมตร ถึง 10 กิโลเมตร โดยรอบจุดเก็บตัวอย่าง

ทิศเหนือ เป็นที่ตั้งของแปลงทดลองกรมวิชาการ สหกรณ์จังหวัดชัยนาท และศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สหกรณ์

ทิศใต้ เป็นที่ตั้งของเขื่อนเจ้าพระยา ห่างจากจุดเก็บตัวอย่าง 1 กิโลเมตร และโรงสีข้าว

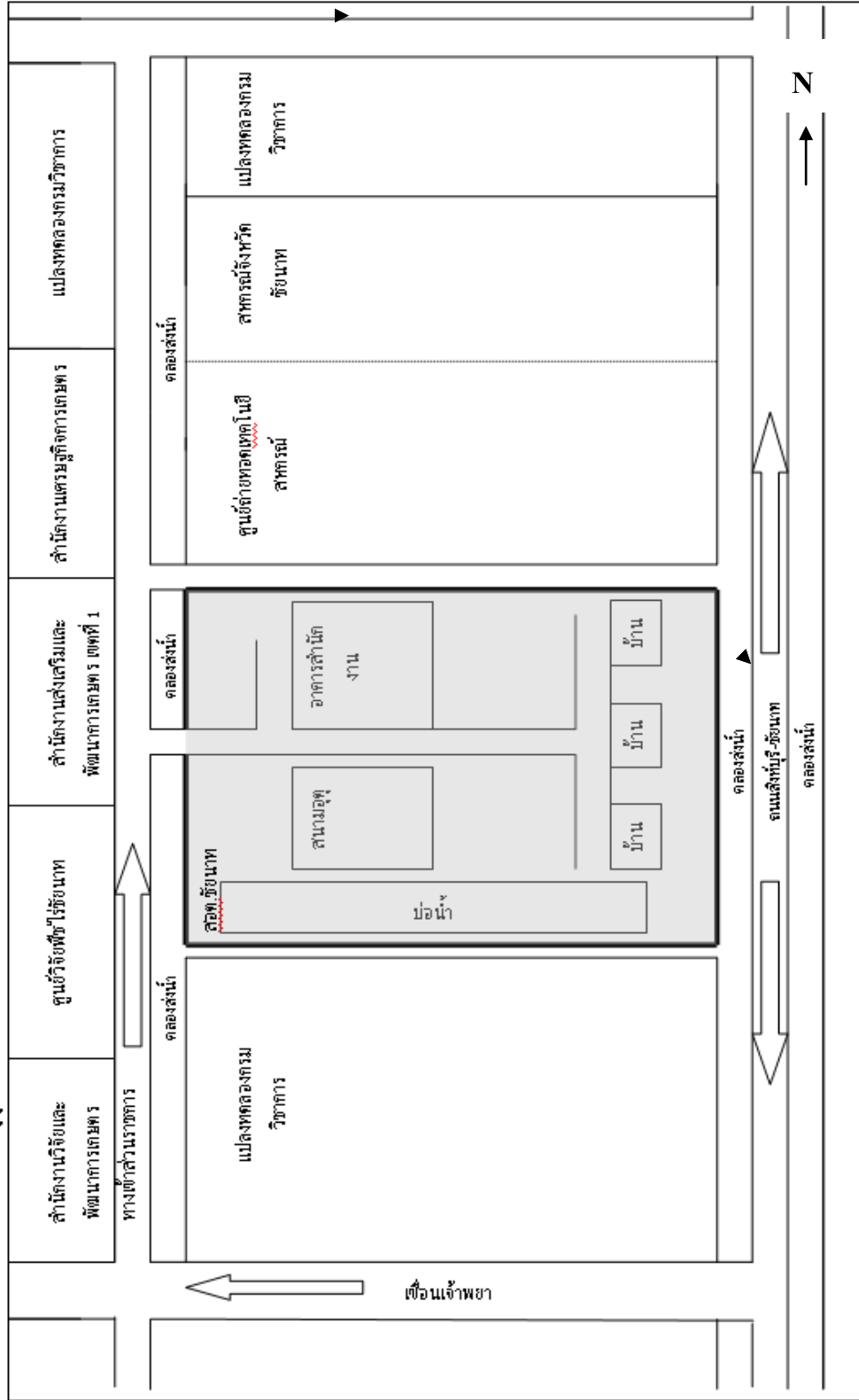
ทิศตะวันออก มีถนนตัดผ่าน 1 สาย คือถนนหมายเลข 311 (สิงห์บุรี-ชัยนาท) ห่างจากสถานีประมาณ 10 กิโลเมตร

ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นที่ตั้งของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร และสำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตร

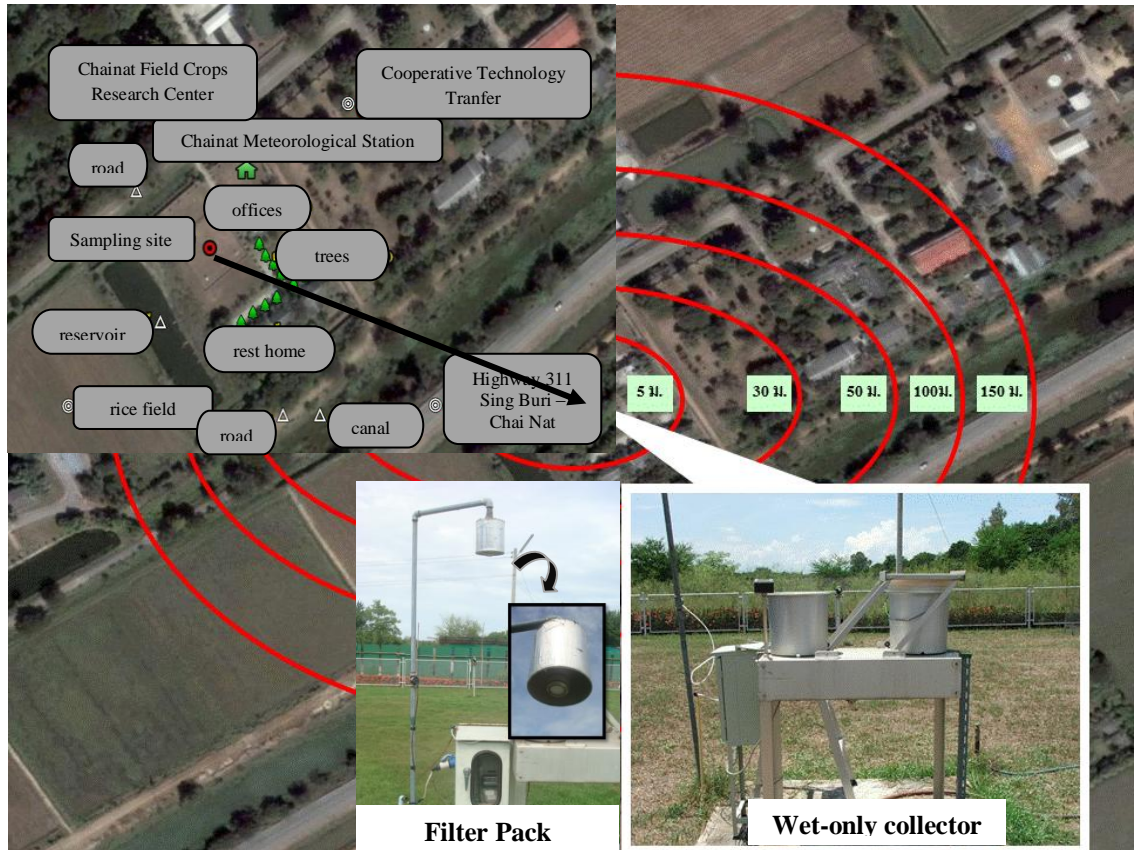
3) ระดับภูมิภาค

ลักษณะโดยรอบจุดเก็บตัวอย่างในระยะรัศมีตั้งแต่ 10 กิโลเมตร ถึง 50 กิโลเมตร จะครอบคลุมชุมชนต่างๆ ในเขตจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี นครสวรรค์ สุพรรณบุรี และอุทัยธานี

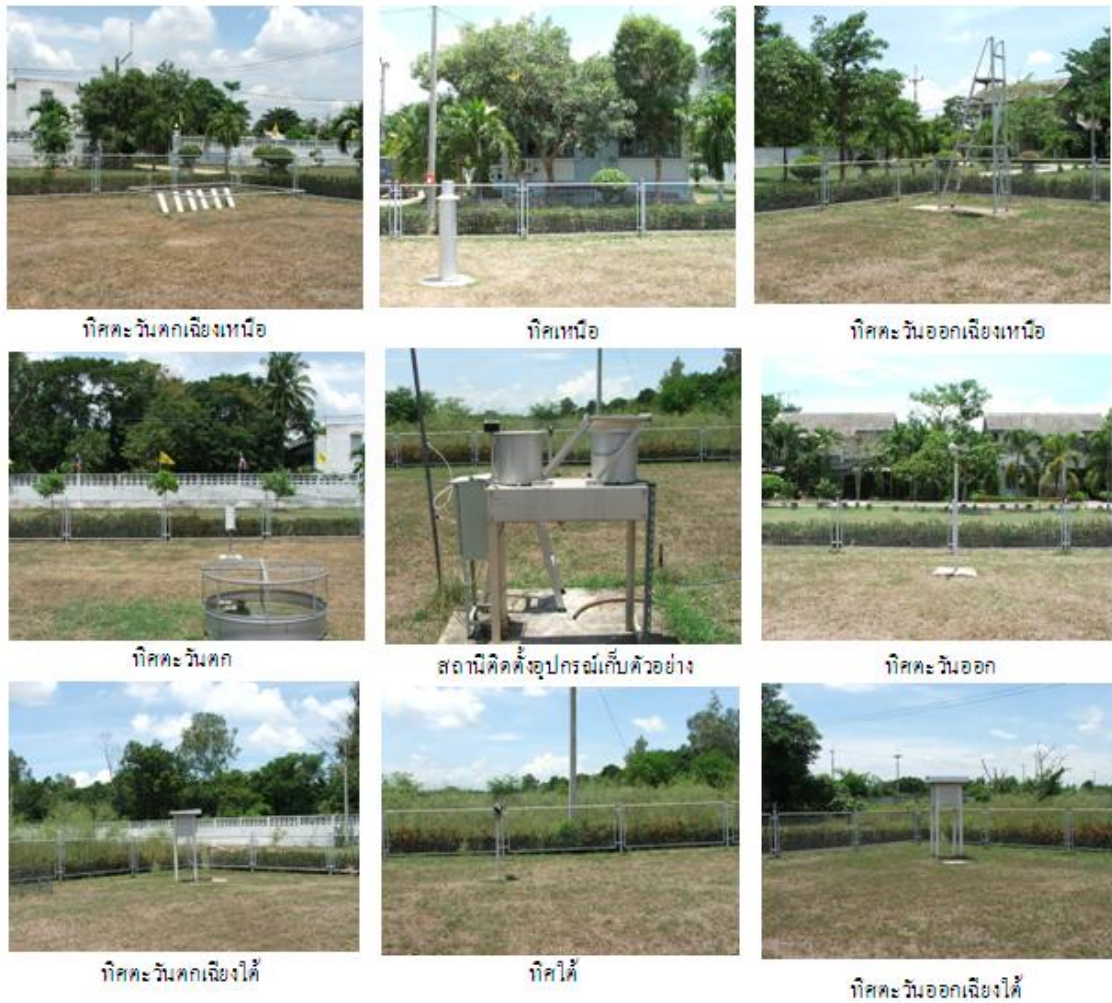
แผนผังที่ตั้งสถานี สถานีศูนย์นิคมวิทยาศาสตร์ อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 17150 เนื้อที่สถานี 7 ไร่ 1 งาน 78 ตารางวา



รูปที่ 3.2ก ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณโดยรอบจุดเก็บตัวอย่างระดับสถานีที่เก็บ



รูปที่ 3.2 ข ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณ โดยรอบจุดเก็บตัวอย่างระดับสถานที่เก็บและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดแบบเปียกและแบบแห้ง



รูปที่ 3.3 จุดติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างการตกสะสมแบบเปียกและแบบแห้งในสถานีอุตุนิยมวิทยา
ชัยนาทและบริเวณโดยรอบของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 ทิศทาง

3.1.3.3 ลักษณะภูมิอากาศ จังหวัดชัยนาทอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมที่พัดผ่านประจำฤดูทำให้สามารถแบ่งฤดูกาลออกได้ 3 ฤดูคือ

1) ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณความกดอากาศสูงหรือมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนที่มีคุณสมบัติเย็นและแห้งจะแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยในช่วงนี้แต่เนื่องจากจังหวัดชัยนาทอยู่ในภาคกลางอิทธิพลของบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่แผ่ลงมาปกคลุมในช่วงฤดูหนาวจะช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มีอากาศหนาวเย็นช้ากว่าสองภาคดังกล่าวโดยเริ่มมีอากาศหนาวเย็นประมาณกลางเดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป ซึ่งอากาศหนาวที่สุดจะอยู่ระหว่างเดือนธันวาคมและมกราคม

2) **ฤดูร้อน** เริ่มเมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือสิ้นสุดลงคือประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงว่างจากลมมรสุมลมที่พัดปกคลุมจะเปลี่ยนเป็นลมใต้หรือลมตะวันออกเฉียงใต้และจะมีหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนปกคลุมประเทศไทยตอนบนทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไปโดยมีอากาศร้อนจัดในเดือนเมษายน

3) **ฤดูฝน** เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยร่องความกดอากาศต่ำหรือร่องฝนที่พาดผ่านบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยจะเลื่อนขึ้นมาพาดผ่านบริเวณภาคกลางและภาคเหนือเป็นลำดับในระยะนี้ทำให้มีฝนตกชุกขึ้นตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป เดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกมากที่สุดในรอบปีและเป็นช่วงที่มีความชื้นสูง ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีอุตุนิยมวิทยาชยันนาทค่าปกติหรือค่าเฉลี่ยในคาบ 35 ปีมาตรฐาน (พ.ศ. 2513-2548) สรุปได้ดังนี้

1. **ปริมาณฝนจังหวัดชยันนาท** เป็นจังหวัดที่มีฝนอยู่ในเกณฑ์น้อยจึงค่อนข้างแล้งปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ย 1,036.5 มิลลิเมตร สำหรับเดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายนมีปริมาณฝนรวมตลอดเดือนเฉลี่ย 245.8 มิลลิเมตรและมีวันฝนตก 19 วัน

2. **อุณหภูมิจังหวัดชยันนาท** อยู่บริเวณภาคกลางตอนบนพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำและมีเนินเขาเล็กๆ ทั่วไปทั้งจังหวัดจึงมีอุณหภูมิก่อนข้างสูงและอากาศร้อนอบอ้าวในฤดูร้อนส่วนในฤดูหนาวอากาศไม่หนาวจัดมากนักมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยทั้งปี 28.4 องศาเซลเซียส โดยมีอากาศร้อนจัดอยู่ในเดือนเมษายนเคยตรวจอุณหภูมิสูงที่สุดวัดได้ 41.3 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 14 เมษายน 2535 และมีอากาศหนาวที่สุดในเดือนธันวาคมเคยตรวจวัดอุณหภูมิต่ำที่สุดได้ 8.3 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2542

3. **ความชื้นสัมพัทธ์** พบว่ามีค่าเฉลี่ยตลอดปี 70 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยอยู่ในเดือนกันยายนและตุลาคมมีค่าเฉลี่ย 97 เปอร์เซ็นต์และต่ำสุดเฉลี่ย 35 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกุมภาพันธ์

4. **พายุหมุนเขตร้อน** ส่วนใหญ่พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านเข้าสู่จังหวัดชยันนาทเป็นพายุดีเปรสชันที่อ่อนกำลังลงจากพายุโซนร้อนและความรุนแรงมีไม่มากนักแต่ส่งผลให้มีฝนตกหนักและเกิดน้ำท่วมบางพื้นที่รวมถึงเกิดความเสียหายต่อสาธารณูปโภคต่างๆ ได้ตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไปพายุหมุนเขตร้อนที่มีอิทธิพลต่อจังหวัดชยันนาท ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดในทะเลจีนใต้และมีบางส่วนเกิดทางมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตกเคลื่อนตัวผ่านประเทศเวียดนาม

3.1.4 รวบรวมข้อมูลแหล่งปล่อยมลพิษบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.1.5 **ศึกษาข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในอดีตของพื้นที่ที่ทำการศึกษา** เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

3.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างของการตกสะสมของสารกรด

หลังจากสำรวจจุดเก็บตัวอย่างแล้ว โดยจุดเก็บตัวอย่างมีความเหมาะสมทั้งด้านการสภาพแวดล้อมของสถานที่ตามรูปแบบของพื้นที่ และการใช้พื้นที่ จากนั้นจึงเลือกจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างที่มีพื้นที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ติดตามตรวจสอบที่สะดวกทั้งการติดตั้ง การดูแลรักษา ตลอดจนการเก็บตัวอย่างตลอดช่วงระยะเวลาทำการวิจัย

3.3 ดำเนินการเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์ตัวอย่างการตกสะสมของสารกรด

การเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศในงานวิจัยประกอบด้วย การเก็บตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดเปียก (Wet deposition) และการเก็บตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดแห้ง (Dry deposition)

3.3.1 การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดเปียก (Wet deposition)

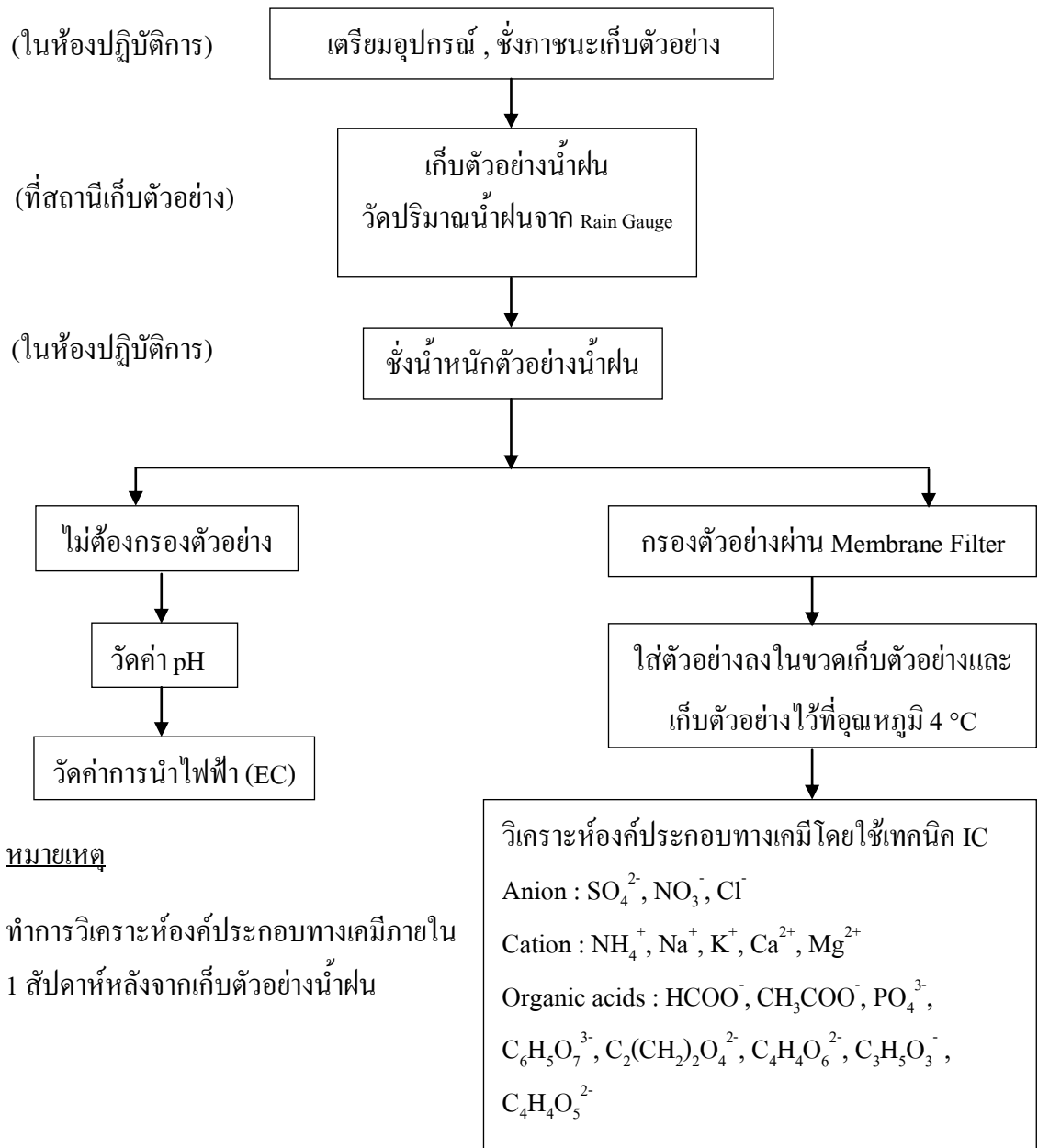
3.3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่าง เป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำฝน เรียกว่า wet only collector ประกอบด้วยถังเก็บที่มีฝาเปิดปิดได้ สัญญาณรับการตกของฝน และมอเตอร์เปิดปิดฝา เมื่อแผ่นสัญญาณได้สัมผัสกับหยดน้ำจะทำให้มอเตอร์ถูกกระตุ้น มีผลทำให้ฝาของถังเก็บเปิด โดยถังเก็บทำด้วยเทฟรอนหรือ โพลีเอทิลีน ซึ่งเป็นวัสดุที่เฉื่อยต่อสารเคมี แสดงดังรูปที่ 3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำฝน จะทำความสะอาดและเปลี่ยนถังทุกวัน



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดเปียก (Wet only collector)

3.3.1.2 ความถี่ในการตรวจวัด การเก็บตัวอย่างน้ำฝนจะกระทำทุกๆ 24 ชั่วโมง ทำการเก็บทุกวัน ไม่ว่าจะฝนจะตกหรือไม่ก็ตามนับจากช่วงเวลา 7.00 น. ของวันแรกถึงเวลา 7.00 น. ของวันถัดมา เป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 6 เดือน ตัวอย่างที่เก็บได้จะมีการเติมสารคลอโรฟอร์มเพื่อเป็นการเก็บรักษาตัวอย่าง

3.3.1.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำฝน หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำฝนแล้วจะทำการชั่งน้ำหนัก และอ่านค่าความสูงของมาตรวัดน้ำฝนมาตรฐานที่อ่านได้ แล้วจึงนำตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการ เพื่อทำการวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ทันทีหลังจากได้รับตัวอย่างจากนั้นกรองน้ำตัวอย่างผ่านแผ่นกรองเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน น้ำที่ได้จากการกรองจะถูกเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และจะต้องวิเคราะห์ค่าไอออนลบ ได้แก่ SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} ค่าไอออนบวก ได้แก่ NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} และค่ากรดอินทรีย์ ได้แก่ HCOO^- (ฟอร์มเมต), CH_3COO^- (อะซิเตต), PO_4^{3-} (ฟอสเฟต), $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ (ซิเตรต), $\text{C}_2(\text{CH}_2)_2\text{O}_4^{2-}$ (ซักซิเนต), $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ (ทาร์เทรต), $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$ (แลคเตต), $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5^{2-}$ (มาเลต) ด้วยเครื่อง Ion chromatography (IC) ที่มีตัว Suppressor เพื่อเพิ่มศักยภาพของเครื่องวิเคราะห์ให้อ่านค่าความเข้มข้นต่างๆได้ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำฝนแสดงดังรูปที่ 3.5



หมายเหตุ

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีภายใน 1 สัปดาห์หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำฝน

รูปที่ 3.5 การวิเคราะห์ทางเคมีของการตกสะสมของสารกรดเปียก (Wet deposition)

3.3.1.4 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านการตกสะสมของสารกรดเปียก (wet deposition)

พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดคือ ค่า pH, conductivity, ปริมาณน้ำฝน, ความเข้มข้นของไอออนบวก ไอออนลบ และกรดอินทรีย์ โดยมีรายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.1

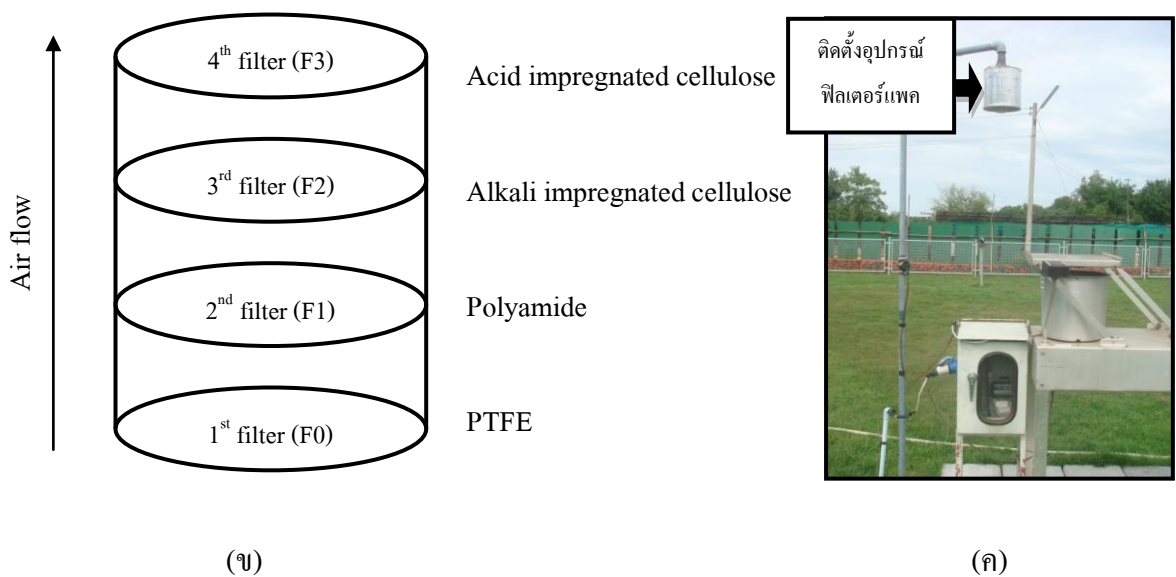
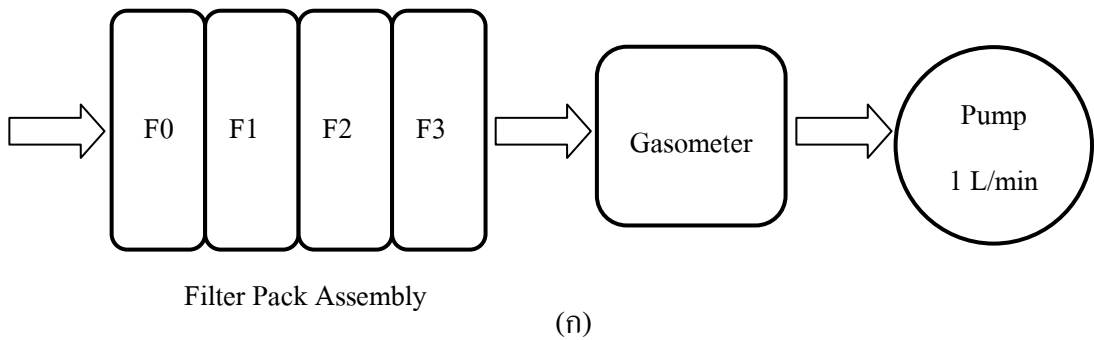
ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในน้ำฝน

พารามิเตอร์	วิธีการ	ความละเอียด
ปริมาณน้ำฝน (กรัม)	ชั่งน้ำหนัก	ความละเอียดในระดับ 0.1 กรัม
ปริมาณการตกของฝน (มิลลิเมตร)	Rain gauge	ความละเอียดในระดับ 0.1 มิลลิเมตร
ค่าการนำไฟฟ้า	Conductivity cell	ความละเอียดในระดับ 0.01 ms/m
พีเอช	Glass electrode	ความละเอียดในระดับ 0.01 หน่วย
SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , HCOO ⁻ , CH ₃ COO ⁻ , PO ₄ ³⁻ , C ₆ H ₅ O ₇ ³⁻ , C ₂ (CH ₂) ₂ O ₄ ²⁻ , C ₄ H ₄ O ₆ ²⁻ , C ₃ H ₅ O ₃ ⁻ , C ₄ H ₄ O ₅ ²⁻	Ion Chromatography (preferably with suppressor)	ความละเอียดในระดับ 0.1 µmol/L
NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Ion Chromatography	ความละเอียดในระดับ 0.1 µmol/L

3.3.2 การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดแห้ง (Dry deposition)

3.3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างการตกสะสมของสารกรดแห้ง (Dry deposition) ใช้อุปกรณ์ 4-Stage Filter Pack, NILU (Norwegian Institute for Air Research) ร่วมกับชุดดูดอากาศ ดังรูปที่ 3.6 ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

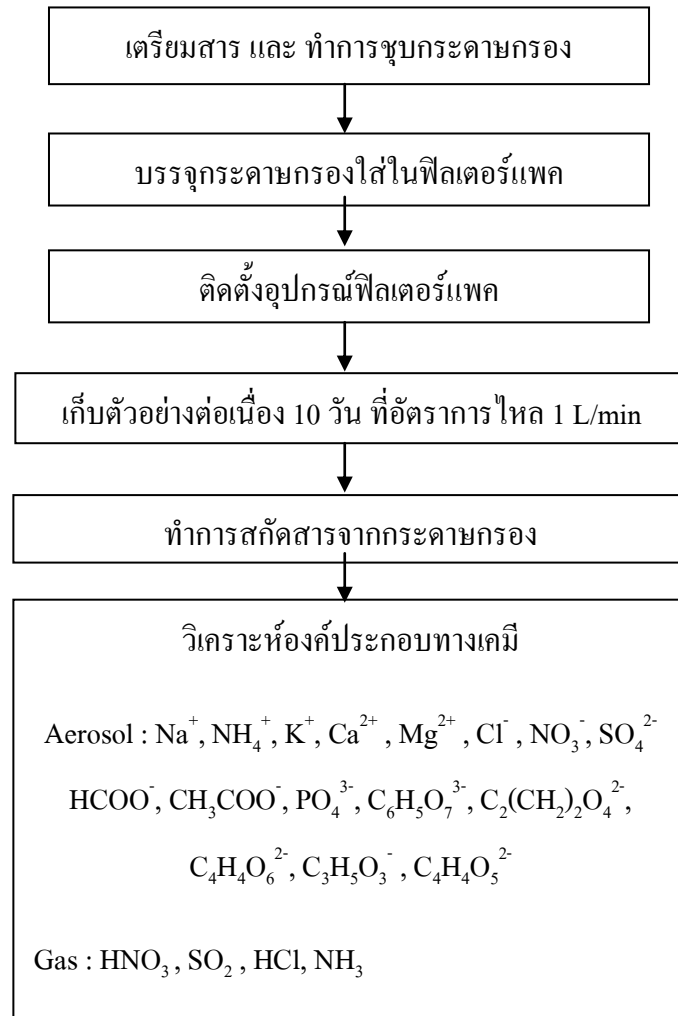
- 1) ชุดอุปกรณ์ Filter Pack Assembly
- 2) ตัววัดปริมาตรอากาศ (Gasometer)
- 3) ปั๊มดูดอากาศ (Pressure-Vacuum Air Pump)



รูปที่ 3.6 (ก) ขั้นตอนการต่อชุดอุปกรณ์ฟیلเตอร์แพค (ข) ลักษณะของฟیلเตอร์แพคแบบ 4 ชั้น (ค) ติดตั้งอุปกรณ์ฟیلเตอร์แพค

3.3.2.2 ความถี่ในการตรวจวัด โดยทำการเก็บตัวอย่างก๊าซและอนุภาคในอากาศ 3 ครั้งต่อเดือน แต่ละครั้งนาน 10 วันต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2556

3.3.2.3 การวิเคราะห์การตกสะสมของสารกรดแห้ง (Dry deposition) ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง dry deposition แสดงดังรูปที่ 3.7 สำหรับการสกัดสารจากแผ่นกรองด้วยสารละลายที่กำหนด แสดงดังตารางที่ 3.2 กรองสารละลายแล้วนำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณไอออนชนิดต่างๆโดยใช้เครื่อง Ion Chromatography ถ้าไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทันทีให้แช่สารละลายไว้ในตู้เย็นจนกว่าจะทำการวิเคราะห์ และทำการคำนวณความเข้มข้นของอนุภาค และก๊าซต่างๆ ตามสมการในหัวข้อ 3.4.2



รูปที่ 3.7 การวิเคราะห์ทางเคมีของการตกสะสมของสารกรดแห้ง (Dry deposition)

ตารางที่ 3.2 สรุปการใช้ 4-Stage Filter Pack

ชั้น แผ่น กรอง	สารที่เก็บได้	ชนิดแผ่นกรอง	สารละลาย ชุบแผ่นกรอง	สารละลาย ที่ใช้สกัด	วิธีการ วิเคราะห์
F0	Aerosol	Teflon (PTFE) filter pore size 0.8 μm	-	Deionized water 20 mL	IC
F1	HNO ₃ HCl SO ₂ NH ₃	Nylon (Polyamide) filter pore size 0.45 μm	-	Deionized water 20 mL	IC
F2	SO ₂ HCl	Cellulose	6% K ₂ CO ₃ + 2% glycerin in pure water	0.05% H ₂ O ₂	IC
F3	NH ₃	Cellulose	5% H ₃ PO ₄ + 2% glycerin in pure water	Deionized water 20 mL	IC

ที่มา: Technical Documents for Filter Pack Method in East Asia (2003)

3.4 การคำนวณ

3.4.1 การตกสะสมของสารกรดเป็ยก

3.4.1.1 การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของไอออน โดยการถ่วงน้ำหนัก

$$\bar{C} = \frac{\sum_i C_i P_i}{\sum_i P} \quad (3.1)$$

เมื่อ \bar{C} คือ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนโดยการถ่วงน้ำหนัก ($\mu\text{eq/L}$)

C_i คือ ความเข้มข้นตัวอย่างที่ i ($\mu\text{eq/L}$)

P_i คือ ปริมาณน้ำฝนตัวอย่างที่ i (mm)

3.4.1.2 การคำนวณค่าการตกสะสมของสารกรดแบบเปียก (Wet deposition) สามารถทำได้ดังสมการ จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำฝนในวันที่ฝนตกแต่ละวัน น้ำหนักของตัวอย่างน้ำฝนที่ซึ่งได้สามารถนำมาคำนวณค่าการตกสะสมของสารกรดแบบเปียก (Wet deposition) ได้ ดังนี้

- 1) ค่าความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่อง Ion Chromatograph มีหน่วยเป็น μeqL^{-1}
- 2) ปริมาตรของตัวอย่างน้ำฝน โดยน้ำหนักของน้ำฝนที่ซึ่งได้มีหน่วยเป็นลิตร (L)
- 3) พื้นที่ของการตกสะสม คัดจากพื้นที่หน้าตัดของภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำฝนซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 285.0 มิลลิเมตร (mm)

$$\text{ดังนั้น พื้นที่ภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำฝน} = \pi R^2 = 3.14 \times 0.142 \times 0.142 \text{ m}^2 = 0.063 \text{ m}^2$$

$$\text{การตกสะสมต่อพื้นที่ต่อปี} (\mu\text{eq/m}^2\text{-year}) = \mu\text{eq} / (0.063 \times 1)$$

$$\text{การตกสะสมแบบเปียก} (\mu\text{eq/m}^2\text{-year}) = \frac{\text{ความเข้มข้นของไอออน} (\mu\text{eqL}^{-1}) \times \text{ปริมาตร (L)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดรับน้ำฝน (m}^2)} \quad (3.2)$$

3.4.2 การตกสะสมของสารกรดแบบแห้ง

3.4.2.1 การคำนวณความเข้มข้นของสารต่าง ๆ

การคำนวณความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ใช้สมการพื้นฐาน ดังต่อไปนี้

$$C_{\text{Air}} = \alpha * \text{net } C_{\text{Sol}} * V_{\text{Sol}} / V_{\text{Air}} \quad (3.3)$$

$$\text{ค่า net } C_{\text{Sol}} \text{ คำนวณโดย } \text{net } C_{\text{Sol}} = C_{\text{Sol, Sample}} - C_{\text{Sol, Blank}}$$

$$\text{เมื่อ } \alpha = 10^3 / M$$

$$C_{\text{Air}} = \text{concentration in the air (nmol/m}^3)$$

$$\text{net } C_{\text{Sol}} = \text{net concentration in the solution (mg/L)}$$

$$V_{\text{Sol}} = \text{volume of the solution (mL)}$$

$$V_{\text{Air}} = \text{volume of the sampled air corrected at } 20^\circ\text{C, 1 atm (m}^3)$$

$$M = \text{molecular weight}$$

$$C_{\text{Sol, Sample}} = \text{concentration in the solution from the sample filter}$$

$$C_{\text{Sol, Blank}} = \text{median concentration in the solutions from the blank filters}$$

กรณีที่ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ blank สูงกว่าตัวอย่างให้ระบุค่าที่ได้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็น non-detected data (N.D.)

สมการที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สมการที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารต่าง ๆ

Species	M	Equation
SO ₄ ²⁻	96.06	$C_{Air} = \alpha * net C_{Sol, F0} * V_{Sol} / V_{Air}$
NO ₃ ⁻	62.01	
Cl ⁻	35.45	
Na ⁺	22.99	
K ⁺	39.10	
NH ₄ ⁺	18.04	
Ca ²⁺	40.08	
Mg ²⁺	24.31	
SO ₂	96.06 (SO ₄ ²⁻)	$C_{Air} = \alpha * (net C_{Sol, F1} + net C_{Sol, F2}) * V_{Sol} / V_{Air}$
HNO ₃	62.01 (NO ₃ ⁻)	$C_{Air} = \alpha * net C_{Sol, F1} * V_{Sol} / V_{Air}$
HCl	35.45 (Cl ⁻)	$C_{Air} = \alpha * (net C_{Sol, F1} + net C_{Sol, F2}) * V_{Sol} / V_{Air}$
NH ₃	18.04 (NH ₄ ⁺)	$C_{Air} = \alpha * (net C_{Sol, F1} + net C_{Sol, F3}) * V_{Sol} / V_{Air}$

ที่มา: The Third Session of the Science Advisory Committee (SAC3). 2003.

หมายเหตุ $\alpha = 10^3 / M$, net C_{Sol, F1} means the net C_{Sol} of the F1 sample filter

3.5 สมดุลของอออนบวกและอออนลบ (R₁)

1) น้ำฝนจะมีสมมูลย์ของอออนบวกและลบเท่ากัน จึงทำการสมดุลอออนได้ โดยคำนวณจาก

$$R_1 = (C-A)/(C+A) \times 100\% \quad (3.4)$$

เมื่อ A และ C เป็นสมมูลย์ของอออนลบและบวกตามลำดับ

2) ความเข้มข้นของอออนลบ (A) ในรูปของไมโครกรัมสมมูลย์ต่อลิตร (µeq/L) คำนวณจากผลรวมของความเข้มข้นของอออนแต่ละตัวในหน่วย ไมโครโมล/ลิตร (C: µmol/L)

$$A (\mu\text{eq/L}) = \sum n C_{Ai} (\mu\text{mol/L}) = 2C(\text{SO}_4^{2-}) + C(\text{NO}_3^-) + C(\text{Cl}^-) \quad (3.5)$$

เมื่อ n = ประจุไฟฟ้าของอออนลบ

$$C_{Ai} = \text{ความเข้มข้นของอออนลบ} (\mu\text{mol/L})$$

3) ความเข้มข้นของอออนบวก (C) ในรูปของไมโครกรัมสมมูลย์ต่อลิตร (µeq/L) คำนวณจากผลรวมของความเข้มข้นของอออนแต่ละตัวในหน่วยไมโครโมล/ลิตร (C: µmol/L)

$$C (\mu\text{eq/L}) = \sum nC_{ci} (\mu\text{mol/L}) \quad (3.6)$$

$$= 10^{(6-\text{pH})} + C(\text{NH}_4^+) + C(\text{Na}^+) + C(\text{K}^+) + 2C(\text{Ca}^{2+}) + 2C(\text{Mg}^{2+})$$

เมื่อ n = ประจุไฟฟ้าของไอออนบวก

C_{ci} = ความเข้มข้นของไอออนบวก ($\mu\text{mol/L}$)

4) ถ้าความเข้มข้นใช้หน่วย mg/L ต้องเปลี่ยนเป็นหน่วย $\mu\text{mol/L}$ ดังนี้

$$(\mu\text{mol/L}) = (\text{mg/L}) \times 1000/M \quad (3.7)$$

เมื่อ M คือน้ำหนักโมเลกุลของไอออนบวก และไอออนลบ

5) เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่ามากกว่า 6 และค่า R_1 มากกว่า 0 จะต้องคำนวณค่า R_1 และ R_2 โดยนำค่าความเข้มข้นของไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) มาประเมินด้วย และหากมีการตรวจวัดค่ากรดอินทรีย์ จะต้องคำนวณค่า R_1 และ R_2 โดยนำไอออนของกรดอินทรีย์มาประเมินด้วย

ค่าความเข้มข้นของกรดอ่อนจะคำนวณได้จากค่าการแตกตัวของกรด (K_a) และค่า pH ดังสมการ

$$[\text{HCO}_3^-] = P_{\text{CO}_2} \text{H}_{\text{CO}_2} K_a / [\text{H}^+] \quad (3.8)$$

$$= 1.24 \times 10^{\text{pH}-5.35}$$

$$[\text{HCOO}^-] = [\text{HCOOH}] K_a / [\text{H}^+] = [\text{HCOOH}] \times 10^{\text{pH}-\text{p}K_a} = [\text{HCOOH}] \times 10^{\text{pH}-3.55}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{CH}_3\text{COOH}] K_a / [\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COOH}] \times 10^{\text{pH}-\text{p}K_a} = [\text{CH}_3\text{COOH}] \times 10^{\text{pH}-4.56}$$

ค่าสมดุลของไอออนของน้ำฝนต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดดังตารางที่ 3.4 ถ้าไม่ตรงตามเกณฑ์ ควรจะทำการวิเคราะห์ซ้ำ

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์ที่ต้องการสำหรับ R_1

(C+A), $\mu\text{eq/L}$	$R_1, \%$
<50	± 30
50-100	± 15
>100	± 8

3.6 การเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าระหว่างค่าที่คำนวณได้ กับค่าที่วัดได้ (R_2)

1) ค่าอัตราส่วน (R_2) ของค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้ กับค่าที่วัดได้ (Λ_{means}) คำนวณจาก

$$R_2 = 100 \times (\Lambda_{\text{cal}} - \Lambda_{\text{means}}) / (\Lambda_{\text{cal}} + \Lambda_{\text{means}}) \%$$

2) ค่าการนำไฟฟ้าทั้งหมด (Λ_{cal}) คำนวณจากสมการ

$$\Lambda_{\text{cal}} (\text{ms/m}) = \{349.7 \times 10^{(6-\text{pH})} + 80.0 \times 2C(\text{SO}_4^{2-}) + 71.5C(\text{NO}_3^-) + 76.3C(\text{Cl}^-) + 73.5C(\text{NH}_4^+) + 50.1C(\text{Na}^+) + 73.5C(\text{K}^+) + 59.8 \times 2C(\text{Ca}^{2+}) + 53.3 \times 2C(\text{Mg}^{2+})\} / 10000$$

เมื่อ C คือ ค่าความเข้มข้นของไอออนในหน่วย $\mu\text{mol/L}$ ของไอออนในวงเล็บ และค่าคงที่ คือ ค่า molar conductivity ของไอออนแต่ละตัวที่ 25°C

3) ค่า R_2 ที่คำนวณได้จากสมการข้างต้น สามารถนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดดังตารางที่ 3.5 ถ้าค่า R_2 ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด จะต้องมีการตรวจสอบกราฟมาตรฐานหรือทำการตรวจวัดใหม่

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์ที่ต้องการของค่า R_2

Λ_{means} , mS/m	R_2 , %
<0.5	± 20
0.5-3	± 13
>3	± 9