

การศึกษาปริมาณธาตุต่างๆในน้ำฝน

อริษฏี สิรินันท์วิทย* ศุภมัทรี บุญประภพ* วรรณณา เชื้ออินต๊ะ เชาวัน รอดทองคำ
โครงการวิจัยเคมีและวัสดุศาสตร์ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
โทร. 02-5620124 e-mail: alice@oaep.go.th

บทคัดย่อ

ในหลายพื้นที่ของประเทศน้ำฝนยังเป็นที่นิยมใช้ในการอุปโภคและบริโภค คุณภาพของน้ำฝนในแต่ละแห่งจะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมของบริเวณนั้นๆ เนื่องจากน้ำฝนได้ชะล้างฝุ่นละอองอากาศลงมาผสม จึงมีการปนเปื้อนของธาตุหรือสารประกอบต่างๆจากฝุ่นอากาศในน้ำฝน ทั้งในรูปที่ละลายในน้ำและไม่ละลายน้ำ ในการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำฝนที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติในระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม 2545 ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำฝนแบบ wet and dry precipitation collector แล้ววิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆที่ละลายในน้ำฝนและในส่วนที่ไม่ละลายด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน พบว่าธาตุที่ละลายอยู่ในสารละลายมากกว่าอยู่ในส่วนของตะกอนได้แก่ Ca Mn Mg V Sb Br K Na As และ Zn ค่าEnrichment Factor ที่มีค่าสูง ที่แสดงว่าเป็นธาตุที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติของส่วนนี้ได้แก่ Ca Sb Br K As และ Zn ธาตุที่พบว่าอยู่ในส่วนของตะกอนของน้ำฝนมากกว่าอยู่ในส่วนที่ละลายน้ำได้แก่ Al Ti Sc และ Fe ซึ่งธาตุกลุ่มนี้มีค่า Enrichment Factor ที่มีค่าต่ำ ซึ่งแสดงว่าธาตุเหล่านี้มาจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่

The study of elemental content in rain water

Alice Sirinuntavid* Supamatthree Bunprapob* Wanna Chueinta Chouvana Rodthongkom
Chemistry Research and Material Science Program, Office of Atomic Energy for Peace
Tel. 02-5620124, E-mail: alice@oaep.goth

Abstract

Rainwater is still commonly consumed in daily life in many areas in Thailand. The quality of the rainwater at each area is different depending on its circumstance. Since rain leaches air particulate matter and mixes it in rainwater, then rainwater is contaminated of some elements and compounds in soluble fraction and insoluble fraction. In this study, rainwater was collected at the Office of Atoms for Peace during April to July 2002 with wet and dry precipitation collector. Some elements were analyzed by NAA in both fractions. It was found that Ca, Mn, Mg, V, Sb, Br, K, Na, As and Zn were in soluble fraction more than in insoluble fraction. The high enrichment factor which identify the element of anthropogenic pollutant load, of these elements were Ca, Sb, Br, K, As and Zn. For the insoluble fraction, Al, Ti, Sc and Fe were found higher than soluble fraction. The enrichment factor of them were low.

Keywords : NAA, rainwater, wet precipitation.

บทนำ

การศึกษามลพิษในอากาศจะศึกษาจากสองสิ่งหลักคือ dry deposit ได้แก่ฝุ่นอากาศ (Air particulate matter) และ wet deposit(1,3,4) ได้แก่ ฝน หมอก หิมะ เป็นต้น การศึกษาในน้ำฝนส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับฝนกรด (acid rain) ซึ่งคือฝนที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.6 ดังนั้นจึงมีการศึกษาความเข้มข้นของไอออนมีผลต่อพีเอชของน้ำฝนได้แก่ NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^+ , Mg^+ , K^+ และ NH_4^+ ในน้ำฝนอย่างกว้างขวางเช่น กรมควบคุมมลพิษ(1,2) แต่ยังไม่มีการศึกษาปริมาณธาตุต่างๆ เช่นธาตุปริมาณน้อย ธาตุพิษ ซึ่งมีปะปนอยู่ในฝุ่นอากาศทั่วไป ซึ่งจะถูกวาดโดยฝนและปะปนในน้ำฝน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ จะถูกวาดได้มากกว่าฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคเล็กมากๆ พีเอชของน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญในการละลายธาตุต่างๆจากฝุ่นอากาศที่ปะปน เนื่องจากน้ำฝนของเขตกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่เป็นฝนกรด มีความเป็นกรดและมีพีเอชต่ำกว่าน้ำฝนของต่างจังหวัด มีค่าพีเอชโดยเฉลี่ยทั้งปีมีประมาณ 5 ซึ่งสามารถละลายธาตุต่างๆจากฝุ่นอากาศที่ปะปนได้ดีกว่าน้ำฝนของต่างจังหวัด(1)

การศึกษานี้ได้เก็บน้ำฝนที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติในช่วงเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม 2545 จำนวน 30 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำฝน Automatic sensing wet/dry precipitation collector น้ำฝนที่เก็บได้จะแยกโดยการกรองออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่ละลายน้ำหรือ the atmospheric wet precipitation soluble fraction (AWPSF) ซึ่งเป็นน้ำฝนและส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือ the atmospheric wet precipitation particulate matter (AWPPM) ซึ่งเป็นตะกอน จากนั้นศึกษาหาวิธีการวิเคราะห์และทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆด้วยเทคนิคการอบนิวตรอนในตัวอย่างทั้งสองส่วน(3,4) แล้วจึงศึกษาความเป็นมลพิษของธาตุที่วิเคราะห์ได้ในน้ำฝนและในตะกอนด้วยการหาค่า Enrichment factor ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้

วิธีการ

การเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างน้ำฝนในช่วงระหว่าง เมษายน 2545 ถึง 30 กรกฎาคม 2545 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ฝนมากในปี 2545 ได้เก็บน้ำฝน 30 ตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำฝนแบบ Automatic sensing wet/dry precipitation collector แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยถังพลาสติกโพลีเอทิลีนสองถัง ถังหนึ่งเป็นถังแห้ง อีกถังหนึ่งเป็นถังเปียก ถังเปียกจะมีฝาครอบปิดสนิทตลอดเวลา เมื่อเวลามีฝน ฝาจะเปิดออกอัตโนมัติไปปิดบนถังแห้งแทน เมื่อฝนหยุดตก ฝาจะเลื่อนกลับมามีปิดถังเปียกดังเดิม ดังนั้นน้ำฝนที่เก็บได้ในถังเปียก จะไม่มีฝุ่นหรือสิ่งอื่นๆตกลงไปปนเปื้อนได้ น้ำฝนแต่ละตัวอย่างเก็บด้วยช่วงระยะเวลาหนึ่งวัน

การเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างที่เก็บได้นำมาวัดปริมาตร แล้วกรองผ่านเยื่อกรองเซลลูโลสไนเตรต (cellulose nitrate) ที่มีรูพรุนขนาด 0.45 ไมครอน เพื่อแยกศึกษาส่วนที่ไม่ละลายและส่วนที่ละลายน้ำ ส่วนที่กรองได้หรือส่วนที่ไม่ละลายจะอบแห้งในเตาซีเคเตอร์ไฟฟ้า จนแห้งสนิทแล้วชั่งน้ำหนัก หาน้ำหนักตะกอนที่ได้เป็นน้ำหนักของส่วนที่ไม่ละลายน้ำในน้ำฝน จากนั้นพัวจนมีขนาดเล็กโดยเอาส่วนที่มีตะกอนไว้ด้านใน แล้วบรรจุในถุงพลาสติกเล็กๆสองชั้น ติดสติกที่ชั้นนอก จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆด้วยเทคนิคการอบนิวตรอนต่อไป ถุงพลาสติกนี้เตรียมจากแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนบริสุทธิ์ ซึ่งผลิตโดยสถาบัน JAERI(Japan Atomic Energy Research Institute) ประเทศญี่ปุ่น สำหรับส่วนที่ผ่านการกรองเป็นส่วนที่ละลายน้ำ จะนำมาเติมกรดไนตริกเข้มข้นบริสุทธิ์สูง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร นำไประเหยในสูญญากาศด้วยอุปกรณ์ในรูปที่ 2 จนเหลือปริมาตรเล็กน้อยประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จึงถ่ายลงถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนบริสุทธิ์ แล้วนำไประเหยจนแห้งสนิท ผึ่งปากถุงแล้วพัวจนมีขนาดเล็กนำไปบรรจุในถุงพลาสติกเล็กๆสองชั้น ติดสติกที่ชั้นนอก จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆด้วยเทคนิคการอบนิวตรอนต่อไป ในการศึกษานี้มีตัวอย่างจากน้ำฝนดังกล่าวชนิดละ 30 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่างทั้งสองชนิดด้วยเทคนิคการอบนิวตรอน โดยนำตัวอย่างไปอบรังสีนิวตรอนพร้อมกับสารมาตรฐานในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย Triga MarkIII ด้วยระบบท่อลม(Pneumatic Rabbit System) สำหรับการวิเคราะห์ธาตุที่ให้ไอโซโทปที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น และใช้ระบบ Lazy Susan สำหรับการวิเคราะห์ธาตุที่ให้ไอโซโทปที่มีค่าครึ่งชีวิตปานกลางและยาว ดังมีรายละเอียดดังนี้

ระยะเวลาอบรังสี	เวลาละลายตัว	เวลาวัดรังสี	ธาตุที่วิเคราะห์
60 วินาที	5 นาที	5 นาที	Al, Ca, Mg, Mn, V, Ti
12 ชั่วโมง	2 วัน	40 นาที	As, Br, La, Sb, Sm, K, Na
	25 วัน	1 ชั่วโมง	Sc, Fe, Zn

ผลการทดลองและวิจารณ์

ช่วงของความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ค่าเฉลี่ยและค่า Enrichment factor (EF) ในน้ำฝนส่วนที่ผ่านการกรองหรือส่วนที่ละลายน้ำหรือ AWPSF และในส่วนตะกอนที่กรองได้บนแผ่นเนื้อเยื่อหรือส่วนที่ไม่ละลายน้ำของน้ำฝนหรือ AWPPM แสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 แสดงช่วงปริมาณทั้งหมดของธาตุต่างๆ ค่าเฉลี่ยและค่า EF ในแต่ละตัวอย่าง จากตารางที่ 1 จะสังเกตเห็นว่าความเข้มข้นของทุกๆ ธาตุที่วิเคราะห์ในส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือในตะกอนสูงกว่าส่วนที่ละลายน้ำหรือส่วนที่เป็นน้ำฝน เพราะว่ามีปริมาณตะกอนของน้ำฝนมีน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณของน้ำฝนส่วนที่ผ่านการกรองแล้ว แต่เมื่อคำนวณถึงปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุในแต่ละตัวอย่าง ซึ่งแสดงในตารางที่ 2 จะพบว่าธาตุที่มีในน้ำฝนในส่วนที่ละลายน้ำสูงกว่าส่วนที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ Ca Mn Mg V Sb La K Sm Na As Br และ Zn ส่วนธาตุที่มีในส่วนที่ไม่ละลายน้ำมากกว่าส่วนที่ละลายน้ำได้แก่ Al Ti Sc และ Fe จากรูปที่ 3 แสดงปริมาณทั้งหมดของแต่ละธาตุในแต่ละชนิดของตัวอย่าง ทั้ง 30 ตัวอย่างรวมกัน โดยเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำฝนส่วนที่ไม่ละลายน้ำและน้ำฝนส่วนที่ละลายน้ำ จะเห็นว่าธาตุ Al Ti Sc และ Fe มีอยู่ในน้ำฝนส่วนที่ไม่ละลายน้ำสูงกว่าส่วนที่ละลายน้ำ ซึ่งปกติธาตุเหล่านี้ที่สามารถละลายน้ำได้ยากเนื่องจากน้ำฝนที่เก็บได้ส่วนมากมีค่าเป็นกรดอ่อน มีค่าพีเอชตั้งแต่ 4-6 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.2 จัดว่าเป็นฝนกรด จึงเป็นเหตุให้ธาตุส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดี และอยู่ในน้ำฝนส่วนที่ละลายน้ำได้มากกว่าส่วนที่เป็นตะกอน

ค่า EF เป็นค่าปัจจัยที่ชี้บอกถึงความเป็นมลพิษ ถ้าหากค่านี้ของธาตุใดๆ มีค่ามากกว่าสิบ แสดงว่าธาตุนั้นเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ผลิตและปล่อยออกสู่อากาศ ไม่ใช่เกิดจากธรรมชาติและแสดงว่าธาตุนั้นเป็นมลพิษ และถ้าหากธาตุนี้อาจเท่ากับหนึ่งหรือใกล้เคียงหนึ่ง แสดงว่าเป็นธาตุเกิดมาจากสารอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณค่า EF หรือคือมาจากธรรมชาตินั่นเอง หลักการคำนวณค่า EF คือค่าสัดส่วนของสองอัตราส่วนระหว่าง ธาตุที่สนใจเทียบกับธาตุอ้างอิงในตัวอย่างกับอัตราส่วนนี้ในสารอ้างอิงดังแสดงในสมการดังนี้

$$\begin{aligned} EF &= (X/C)_{\text{ตัวอย่าง}} / (X/C)_{\text{สารอ้างอิง}} \\ X &= \text{ความเข้มข้นของธาตุที่สนใจ} \\ C &= \text{ความเข้มข้นของธาตุอ้างอิง} \end{aligned}$$

สารอ้างอิงที่ใช้สำหรับการศึกษาความเป็นมลพิษในสิ่งแวดล้อมมีหลายสารเช่น Mason(crustal) Vinogradov (sediment rock) Vinogradov(soils) Wedepohl(crustal) Taylor(crustal) ส่วนธาตุอ้างอิงนิยมใช้ธาตุสแกนเดียม (Sc) หรือธาตุอะลูมิเนียม (Al) ในการศึกษาใช้ธาตุสแกนเดียมและใช้ Mason เป็นสารอ้างอิง(4,5)

จากตารางที่ 1 และ 2 ค่า EF ของแต่ละธาตุทั้งตัวอย่างน้ำฝนทั้งส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งสองตาราง โดยส่วนที่ละลายน้ำธาตุที่มีค่า EF สูงกว่าสิบ ได้แก่ Ca Mn V Sb K Na As Br และ Zn ส่วนที่ไม่ละลายน้ำธาตุที่ค่า EF สูงกว่าสิบมีน้อยกว่าได้แก่ Sb As Br และ Zn ซึ่งสอดคล้องผลการศึกษารายงานที่พบว่าธาตุส่วนใหญ่อยู่ในตัวอย่างน้ำฝนส่วนที่ละลายน้ำมากกว่าส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นธาตุที่มีค่า EF สูงกว่าสิบก็มีอยู่ในตัวอย่างน้ำฝนส่วนที่ละลายน้ำมากกว่าด้วย กลุ่มธาตุที่มีค่า EF สูงกว่าสิบในตัวอย่างน้ำฝนจากการศึกษานี้ เป็นกลุ่มธาตุเดียวกับกลุ่มธาตุที่ค่า EF สูงกว่าสิบในตัวอย่างฝุ่นอากาศ(6) นั้นแสดงว่าน้ำฝนได้กวาดชะเอาฝุ่นอากาศมาผสมกับน้ำฝน และความเป็นกรดของน้ำฝนทำให้มีการละลายของธาตุต่างๆ จากฝุ่นอากาศดีขึ้น

สรุป

น้ำฝนหรือ Wet deposit ถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือส่วนที่ละลายน้ำหรือ AWPSF และส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือ AWPPM การศึกษานี้พบว่าตัวอย่างน้ำฝนที่เก็บได้เป็นฝนกรด มีค่าพีเอชเฉลี่ย 5.2 จึงมีธาตุต่างๆ ละลายอยู่ในตัวอย่างน้ำฝนส่วนที่ละลายน้ำมากกว่าส่วนที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ธาตุ Ca Mn Mg V Sb La K Sm Na As Br และ Zn และในธาตุกลุ่มนี้ธาตุที่มีค่า EF มากกว่าสิบ คือ Ca Mn V Sb K Na As Br และ Zn ส่วนธาตุที่อยู่ในส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือตะกอนน้ำฝนมากกว่าส่วนที่ละลายน้ำได้แก่ Al Ti Sc และ Fe ซึ่งธาตุกลุ่มนี้มีค่า EF ต่ำกว่าสิบ ธาตุที่ค่า EF สูงกว่าสิบในน้ำฝนส่วนนี้คือ Sb As Br และ Zn กลุ่มธาตุที่มีค่า EF สูงกว่าสิบในตัวอย่างน้ำฝนจากการศึกษานี้ เป็นกลุ่มธาตุเดียวกับกลุ่มธาตุที่ค่า EF สูงกว่าสิบในตัวอย่างฝุ่นอากาศ เพราะฉะนั้นน้ำฝนได้กวาดชะเอาฝุ่นอากาศมาผสมกับน้ำฝน

เอกสารอ้างอิง

1. ข้อมูลคุณภาพน้ำฝน 2001-2002 กรมควบคุมมลพิษ
 2. กลิ่นประทุม ปัญญาปิง, จรงค์ คำคล้าย, 2542. ภาวะฝนกรดในแอ่งเชียงใหม่และแอ่งแม่เมาะ(Acid rain in Chiang Mai basin and Mae Moh Basin) รายงานการวิจัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ
 3. E. P. Hamilton, A. Chatt., 1982.Determination of trace elements in atmospheric wet precipitation by instrumental neutron activation analysis. J. Radioanalytical Chemistry 71, 29-45.
 4. J.E. Milley, A. Chatt., 1987. Preconcentration and instrumental neutron activation analysis of acid rain for trace elements. J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry 110, 345-363.
 5. International atomic energy agency.,1992. Sampling and analytical methodologies for intrumental neutron activation analysis of airborne particulate matter. 40-45.
 6. A. Sirinuntavid, C. Rodthongkom., 2002. The study of elemental composition of airborne particle in the Bangkok area. 28th congress on science and technology of Thailand. 664
-

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเข้มข้นต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ยและ enrichment factor (EF) ของธาตุต่างๆ
ในน้ำฝนส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ

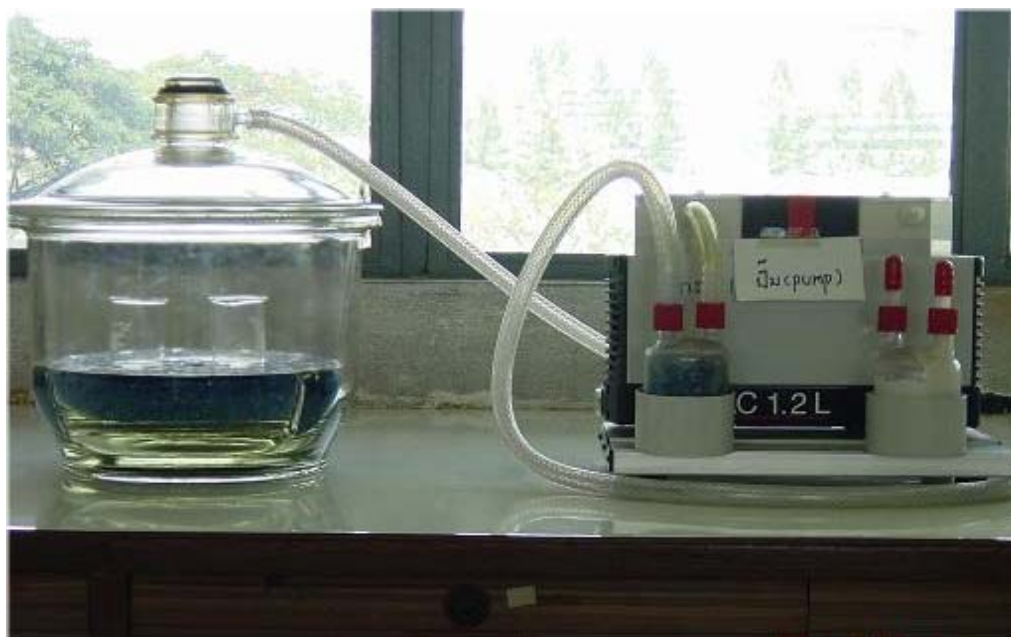
ธาตุ	ส่วนที่ละลายน้ำ			ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ		
	ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าเฉลี่ย (ng/ml)	EF	ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด (ppm)	ค่าเฉลี่ย(ppm)	EF
Ca	131.22-4188.9	917.44	99.28	7006.99-50246.28	16557.79	0.89
Al	1.085-115.54	21.54	1.04	6139.79-81364.10	27871.35	0.67
Mn	0.406-13.71	3.63	14.99	96.22-1391.52	370.35	0.76
Mg	2.52-102.83	23.93	4.49	1672.33-34059.12	6094.18	0.57
V	0.0495-1.65	0.438	12.74	17.59-414.93	72.63	1.05
Ti	1.01-8.34	3.61	3.22	948.65-16980.67	6690.63	2.97
Sb	0.024-0.844	0.22	4317.92	6.22-57.31	15.95	155.63
La	0.0092-0.511	0.082	10.72	6.23-87.64	26.77	1.74
K	27.80-14039.1	1337.68	202.87	3997.67-61060.27	14282.95	1.08
Sm	0.0036-0.0304	0.013	8.56	1.26-6.46	3.29	1.07
Na	86.10-302.6	560.26	77.76	352.95-4828.47	2200.34	0.15
As	0.052-1.072	0.29	631.89	5.35-54.93	19.14	20.76
Br	0.18-3.32	1.31	2051.11	11.35-133.01	43.82	34.21
Zn	10.015-174.81	57.14	3206.36	381.52-2473.48	1030.89	28.74
Sc	0.001-0.019	0.006	1	2.33-94.65	11.27	1
Fe	12.35-192.95	69.16	5.43	6151.77-93306.30	29937.71	1.17
pH	4-6	5.2				
Volume(ml)	47.92-1919.25	633.5				
Weight (mg)				0.17-3.29	1.10	

ตารางที่ 2 แสดงช่วงปริมาณทั้งหมดที่เป็นค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ยและค่า enrichment factor (EF) ของธาตุต่างๆ ในแต่ละตัวอย่างของน้ำฝนส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ

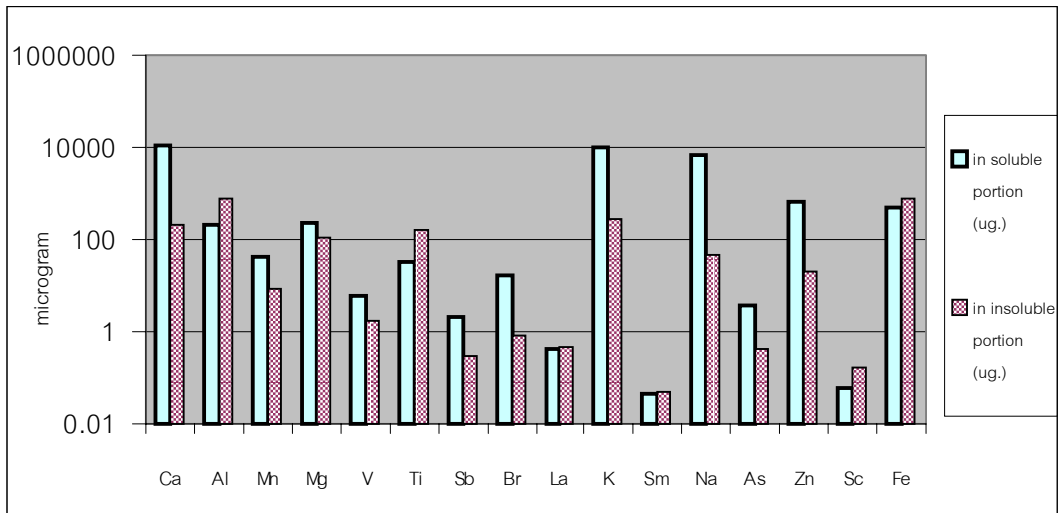
ธาตุ	ส่วนที่ละลายน้ำ			ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ		
	ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด (μg)	ค่าเฉลี่ย (μg)	EF	ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด (μg)	ค่าเฉลี่ย (μg)	EF
Ca	34.82-1380.57	443.70	118.3	0.68-32.91	10.74	0.91
Al	1.53-45.35	9.10	1.08	2.64-106.00	32.10	1.22
Mn	0.23-6.82	1.75	17.84	0.005-1.19	0.33	1.08
Mg	2.07-25.12	10.13	4.69	0.84-14.48	4.96	0.73
V	0.011-0.86	0.22	15.77	0.01-0.22	0.071	1.62
Ti	0.54-4.28	1.79	3.95	0.66-34.48	6.36	4.47
Sb	0.0088-0.18	0.094	4543.5	0.002-0.037	0.015	225.12
La	0.0043-0.056	0.029	9.51	0.00002-0.074	0.025	2.59
K	3.45-1242.05	366.58	136.98	2.64-30.85	12.024	1.44
Sm	0.0015-0.008	0.0041	6.67	0.00083-0.011	0.004	1.93
Na	18.27-802.17	274.86	93.99	0.068-3.82	1.92	0.21
As	0.013-0.42	0.14	737.24	0.002-0.046	0.017	29.54
Br	0.082-1.85	0.60	2340.9	0.011-0.084	0.038	46.92
Zn	5.22-76.55	26.55	3670.2	0.019-2.30	0.92	40.46
Sc	0.00068-0.0084	0.0023	1	0.0005-0.025	0.007	1
Fe	3.93-56.69	23.78	4.60	4.06-87.45	30.45	1.88
pH	4-6	5.2				
Volume(ml)	47.92-1919.25	633.5				
Weight (mg)				0.17-3.29	1.10	



รูปที่ 1 แสดงเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำฝนแบบ Automatic sensing wet/dry precipitation collector



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ที่ประกอบสำหรับระเหยแห้งตัวอย่างน้ำฝน



รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณรวมทั้งหมดของธาตุต่างๆในส่วนที่ละลายน้ำหรือส่วนเป็นน้ำและส่วนที่ไม่ละลายน้ำ หรือส่วนที่เป็นตะกอนของน้ำฝนทั้ง 30 ตัวอย่างรวมกัน