

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการตกสะสมของกรดในเขตจังหวัดสงขลา
ผู้เขียน	นางสาวธนิศา เจริญสุข
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2547

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณการตกสะสมของสารกรดในเขตพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยใช้สถานีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นตัวแทนพื้นที่ในเขตชนบท ทำการเก็บตัวอย่างข้อมูลการตกสะสมของสารกรดจากบรรยากาศลงสู่พื้นโลก ในรูปแบบของสารกรดเปียกซึ่งละลายอยู่ในน้ำฝน และสารกรดแห้งในบรรยากาศ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำฝนด้วยอุปกรณ์ Automatic wet only collector เป็นรายวันทุกวันที่มีฝนตก และเก็บตัวอย่างอากาศด้วยอุปกรณ์ 4-Stages filter pack เป็นรายเดือนต่อเนื่องกันครั้งละ 7 วัน ควบคู่กับการศึกษาข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2546 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2547 พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำฝน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเข้มข้นของไอออน  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  และ การศึกษาการประเมินค่าสถานการณ์การตกสะสมกรดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2 เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจริง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้

ผลการศึกษาการตกสะสมกรดเปียก พบว่า ค่า pH ของตัวอย่างน้ำฝนมีค่าอยู่ในช่วง 3.95 – 6.60 มีค่าเฉลี่ยใน 1 ปี เท่ากับ 5.59 และมีตัวอย่างน้ำฝนที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.6 ซึ่งเป็นค่า pH ของน้ำฝนตามธรรมชาติ มากถึง 45% จากตัวอย่างน้ำฝนทั้งหมด 110 ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่า น้ำฝนในพื้นที่จังหวัดสงขลาเริ่มมีสภาพการเป็นฝนกรดเกิดขึ้น มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.13 – 8.89 mS/m มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 mS/m มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออน เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้คือ  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{NH}_4^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$  มีค่าเท่ากับ 19.0, 19.0, 15.6, 14.1, 11.7, 7.3, 4.6 และ 1.1  $\mu\text{eq/l}$  ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความเข้มข้น  $\text{NO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$  เท่ากับ 0.74 มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความเข้มข้นบัฟเฟอร์กับสารกรด ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )/( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) เท่ากับ 1.87 แสดงให้เห็นว่า สภาพความเป็นกรดของน้ำฝนเกิดขึ้นเนื่องจาก  $\text{H}_2\text{SO}_4$  มากกว่า  $\text{HNO}_3$  โดยมีไอออน  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ช่วยปรับสภาพความเป็นกรดของ

น้ำฝน และมีค่าปริมาณการตกสะสมเปียกเนื่องจากซัลเฟอร์และไนโตรเจน เท่ากับ 442 และ 240  $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$  ตามลำดับ

ผลการศึกษาการตกสะสมกรดแห้ง พบว่า ค่าปริมาณการตกสะสมกรดมีความสัมพันธ์กับค่าความเร็วการตกสะสม และค่าความเข้มข้นของสารกรดในบรรยากาศ จากการคำนวณค่าความเร็วการตกสะสมด้วย Resistance model พบว่า ค่าความเร็วการตกสะสมก๊าซจากบรรยากาศลงสู่พื้นโลก เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เป็นดังนี้คือ  $\text{HNO}_3 > \text{HCl} > \text{SO}_2 > \text{NH}_3$  มีค่าเท่ากับ 0.438, 0.375, 0.252 และ 0.251  $\text{cm}/\text{s}$  ตามลำดับ จากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นสารกรดในบรรยากาศ พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เป็นดังนี้คือ  $\text{NH}_3 > \text{HCl} > \text{SO}_2 > \text{HNO}_3$  มีค่าเท่ากับ 208.3, 22.6, 9.0 และ 3.9  $\text{nmol}/\text{m}^3$  ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคสารกรด  $\text{SO}_4^{2-}$  และ  $\text{NO}_3^-$  มีค่าเท่ากับ 9.0, 5.8  $\text{neq}/\text{m}^3$  ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในบรรยากาศมีการสะสมของ  $\text{SO}_2$  มากกว่า  $\text{HNO}_3$  มีค่าปริมาณการตกสะสมของซัลเฟอร์เนื่องจาก  $\text{SO}_2 + \text{SO}_4^{2-}$  และไนโตรเจนเนื่องจาก  $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$  เท่ากับ 35 และ 22  $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$  ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณการตกสะสมกรดเปียกและกรดแห้ง จะพบว่า การตกสะสมกรดเปียกเกิดขึ้นมากกว่าการตกสะสมกรดแห้งมากถึงประมาณ 10 เท่า

ผลการศึกษาการประเมินค่าปริมาณการตกสะสมกรดลงสู่พื้นที่จังหวัดสงขลา ในปี 2544 ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2 เปรียบเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดจริงในอดีต พบว่า ค่าปริมาณการตกสะสมกรดเปียกและกรดแห้งของซัลเฟอร์ ที่ประเมินได้จากแบบจำลอง ATMOS2 มีค่าเท่ากับ 348.0 และ 59.1  $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$  ในขณะที่ผลการตรวจวัดจริงมีค่าเท่ากับ 349.4 และ 61.5  $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{yr}$  ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การประเมินค่าสถานการณ์การตกสะสมกรดด้วยแบบจำลอง ATMOS2 นี้ มีความถูกต้องและแม่นยำค่อนข้างสูงมาก

คำสำคัญ : การตกสะสมกรด การตกสะสมเปียก การตกสะสมแห้ง

Thesis Title	The Study of Acid Deposition in Songkhla, Thailand
Author	Miss. Thanida Charoensuk
Major Program	Chemical Engineering
Academic Year	2004

### Abstract

This research was to study of the acid deposition in the southern part of Thailand. It was carried out at the 'Prince of Songkla University' (Hatyai District, Songkhla). The monitoring station is carefully selected to represent a rural site. Samples were collected by two approaches: wet deposition and dry deposition. For wet deposition, rain water is collected by the automatic wet only collector on the daily basis. For dry deposition, air sample is collected by the 4-stages filter pack on the monthly basis during a period of 7 consecutive days. The sampling interval is 1 year (1 April 2003 – 31 March 2004). Parameters measured are precipitation amount, pH, electric conductivity (EC) and concentration of ionic species ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ ). Meteorological data at the sampling site were observed. In second part of this research, the measurement data are compared with modeling data obtained by mathematical model 'ATMOS2' in order to validate the model.

The study of wet deposition from 110 rain samples showed that the pH of rain water fell in the range of 3.95 – 6.60 with the average value of 5.59. And 45% of the rain sample has pH value below 5.6 which is the pH of normal rain water. Electric conductivity values are in the range of 0.13 – 8.89 mS/m with an average value of 0.61 mS/m. Average concentrations of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{K}^+$  are 19.0, 19.0, 15.6, 14.1, 11.7, 7.3, 4.6 and 1.1  $\mu\text{eq/l}$  respectively. The average ratio of  $\text{NO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$  is 0.74, while the average ratio of  $(\text{NH}_4^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) / (\text{SO}_4^{2-}, \text{NO}_3^-)$  is 1.87. The results indicated that the acidity of rain water is dominated by sulfuric acid while cationic species such as  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  act as buffer in the solution. The amounts of sulfur and nitrogen by wet deposition are 442 and 240  $\text{mg/m}^2 \cdot \text{yr}$ , respectively.

The study of dry deposition showed that the deposition amount corresponds to deposition velocity and concentration of acidic compounds in the atmosphere. Resistance model for dry deposition is used to determine the deposition velocity of acidic species. The deposition velocity

of  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$  and  $\text{NH}_3$  are 0.438, 0.375, 0.252 and 0.251 cm/s. From analysis, it is found that average concentrations of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$  and  $\text{HNO}_3$  are 208.3, 22.6, 9.0 and 3.9 nmol/m<sup>3</sup> respectively. Average concentrations of  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{NO}_3^-$  are 9.0 and 5.8 neq/m<sup>3</sup>. This indicates that the acidity of the atmosphere is dominated by  $\text{SO}_2$ . The deposition of sulfur from  $\text{SO}_2 + \text{SO}_4^{2-}$  is 35 mg/m<sup>2</sup>.yr and the deposition of nitrogen from  $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$  is 22 mg/m<sup>2</sup>.yr. Compare with wet deposition, the amount of acid from dry deposition is only one tenth of the wet deposition.

The acid deposition situation of Songkhla province in 2001 is estimated by the ATMOS2 model and compared with the observed data. The model results of wet and dry deposition of sulfur are 348.0 and 59.1 mg/m<sup>2</sup>.yr while measurement data are 349.4 and 61.5 mg/m<sup>2</sup>.yr. This indicated that the ATMOS2 model has a high accuracy in determining acid deposition.

Keyword : acid deposition, wet deposition, dry deposition