

การศึกษาปริมาณก๊าซโอโซนระดับพื้นดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลโดยใช้แบบจำลองควบคุม อุตุนิยมวิทยา-เคมี WRF-Chem

Weather Research and Forecasting/Chemistry Model for Ground Level Ozone Study in Bangkok Metropolitan Region, Thailand

สุภาภรณ์ ประสมบุญ¹และ นริศรา ทองบุญชู¹

Supaporn Prasomboon¹ and Narisara Thongboonchoo¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

*ติดต่อ E-mail: 59601099@kmitl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 089-2298980

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของก๊าซโอโซนในระดับพื้นดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้แบบจำลองควบคุมอุตุนิยมวิทยา-เคมี WRF-Chem ทำการศึกษาในวันที่ 2-23 มีนาคม พ.ศ.2556 โดยแบ่งโดเมนที่ทำการศึกษาออกเป็นหนึ่งโดเมนใหญ่และสองโดเมนย่อยที่มีความละเอียดของแต่ละกริด 27x27, 9x9 และ 3x3 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยใช้ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากฐานข้อมูลระดับโลกสำหรับโดเมนใหญ่ และข้อมูลที่จัดเตรียมขึ้นเองที่มีความละเอียด 1x1 ตารางกิโลเมตร สำหรับโดเมนย่อยที่ 1 และ 2 ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์ความเข้มข้นของโอโซนที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาได้ โดยพบว่าช่วงเวลา 12.00–15.00 น. เป็นช่วงที่ก๊าซโอโซนมีความเข้มข้นสูงสุด และพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูงที่สุดคือบริเวณตอนกลาง และตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงเทพมหานคร บางส่วนของจังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่คำนวณได้จากข้อมูลจากสถานีตรวจวัดพบว่าข้อมูลทั้งสองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซโอโซนเทียบกับช่วงเวลาที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยเฉลี่ยจะต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด

คำสำคัญ: ก๊าซโอโซนในระดับพื้นดิน, WRF-Chem, แบบจำลองคุณภาพอากาศ, กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

Abstract

The objective of this research is to study ground level ozone in Bangkok Metropolitan Region (BMR) by using the WRF-Chem model. The period of study is March 2-23, 2013. The simulation domain was configured with one mother domain and two nested domains with spatial

resolution 27x27,9x9 and 3x3 square kilometers, respectively. The air pollutant emission rate was obtained from global inventory for mother domain and locally developed emission inventory with spatial resolution 1x1 square kilometers for two nested domains. The results revealed that the model could predict the temporal variations of ozone concentration. The peak of ozone concentration was observed around noon-3 pm and the high ozone concentration was observed around central and north-eastern area of Bangkok, a part of Nonthaburi and Pathum Thani. When compared modelled results with monitoring data, the time series of ozone concentration of the two datasets has similar pattern. However, the calculated concentration was generally lower than measured data.

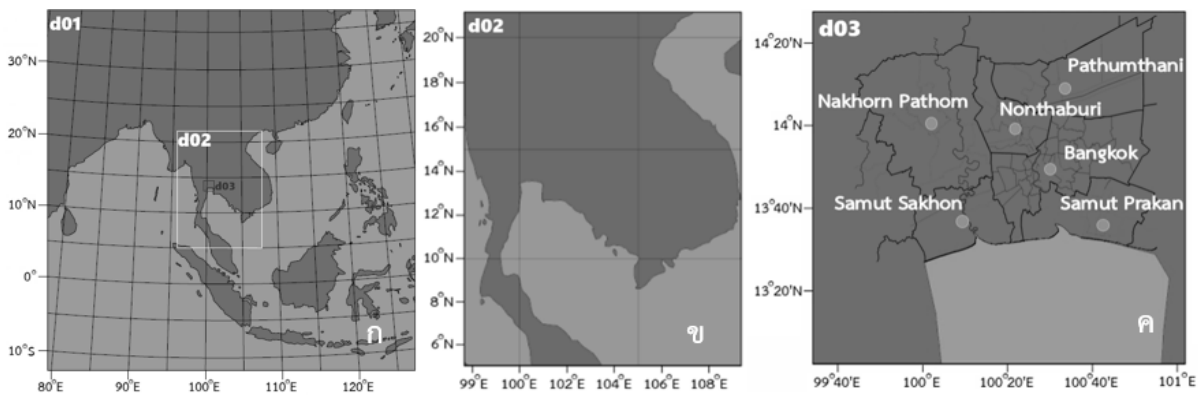
Keywords: Tropospheric ozone, WRF-Chem, Air quality modeling, Bangkok Metropolitan Region

บทนำ

ก๊าซโอโซนในระดับพื้นดิน (Tropospheric ozone) เป็นมลพิษทางอากาศแบบทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants) ซึ่งไม่ได้เกิดจากปลดปล่อยของแหล่งกำเนิดโดยตรง แต่เกิดจากการทำปฏิกิริยาเคมีเชิงแสง (Photochemical reaction) ของสารมลพิษแบบปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants) ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compound, VOCs) ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการคมนาคม ภาคอุตสาหกรรม การเผาในที่โล่ง และกิจกรรมต่าง ๆ ในครัวเรือน ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโดยมีแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ก๊าซโอโซนในระดับพื้นดินมีผลกระทบต่อพืช สัตว์ และมนุษย์ อาทิเช่น ลดอัตราการสังเคราะห์แสง มีผลต่อการเจริญเติบโตในพืช ทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่บริเวณดวงตาและผิวหนัง เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจในมนุษย์และสัตว์ เป็นต้น [1] สำหรับประเทศไทยจากข้อมูลสถานการณ์มลพิษปี พ.ศ.2559 ที่จัดทำโดยกรมควบคุมมลพิษพบว่าในวันที่ 2-23 เดือน มีนาคม ปี พ.ศ.2556 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีการกระจายตัวของก๊าซโอโซนสูงเกินกว่ามาตรฐาน 100 ppb และสูงมากเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา [2] ผู้ศึกษาจึงเลือกใช้พื้นที่และช่วงเวลาดังกล่าวในการศึกษาปริมาณและการกระจายตัวของก๊าซโอโซนระดับพื้นดินโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ โดยแบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษาคือแบบจำลองควบคุมอุตุนิยมวิทยา-เคมี WRF-Chem (Weather Research And Forecasting Model Coupling With Chemistry) ซึ่งเป็นแบบจำลองคุณภาพอากาศเชิงตัวเลขขนาดกลางที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และคาดการณ์สภาพอากาศเฉพาะพื้นที่ไปจนถึงระดับทวีปที่มีความละเอียดตั้งแต่สามกิโลเมตรถึงหลายร้อยกิโลเมตร เหมาะสำหรับการจำลองการแพร่กระจาย การผสมและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารมลพิษจำพวกก๊าซและละอองลอย (Aerosol) อาทิเช่น ก๊าซโอโซน ฝุ่นละออง $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ปรอทและสารพิษอื่น ๆ เป็นต้น

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการจำลองโดยใช้แบบจำลอง WRF-Chem version 3.6 แบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 3 โดเมนได้แก่ โดเมนใหญ่ (Mother Domain) และสองโดเมนย่อย (Nested Domain) แสดงดังรูปที่ 1 โดเมนใหญ่ (d01) มีความละเอียดกริด 27x27 ตร.กม. โดเมนย่อยที่ 1 และ 2 มีความละเอียดกริด 9x9 และ 3x3 ตร.กม. ตามลำดับ โดยมีข้อมูลป้อนเข้า 2 ส่วนด้วยกันคือข้อมูลการพยากรณ์อากาศระดับโลก (Global Forecast System, GFS) ในรูปแบบ FNL ไฟล์ ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (~111x111 ตร.กม.) มีข้อมูลทุก ๆ 6 ชั่วโมง [3] และ ข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ Emission database for Global Atmospheric Research หรือ EDGAR และ Reanalysis of the tropospheric chemical composition หรือ RETRO [4] สำหรับโดเมนใหญ่ ส่วนโดเมนย่อยที่หนึ่งและสองใช้ข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยมลพิษของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 [5] ที่แจกแจงข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ (Anthropogenic emissions) ได้แก่ กิจกรรมในครัวเรือน การคมนาคมและภาคอุตสาหกรรม กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีของแบบจำลองใช้แบบ Regional Atmospheric Chemistry Mechanism (RACM) รูปแบบของละอองลอยในบรรยากาศ (Aerosol Schemes) ที่เลือกใช้คือ Goddard Chemistry Aerosol Radiation and Transport (GOCART) model และ รูปแบบการแยกสลายสารประกอบหรือกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาด้วยด้วยแสง (Photolysis Schemes) ที่เลือกใช้คือ Fast-J Photolysis



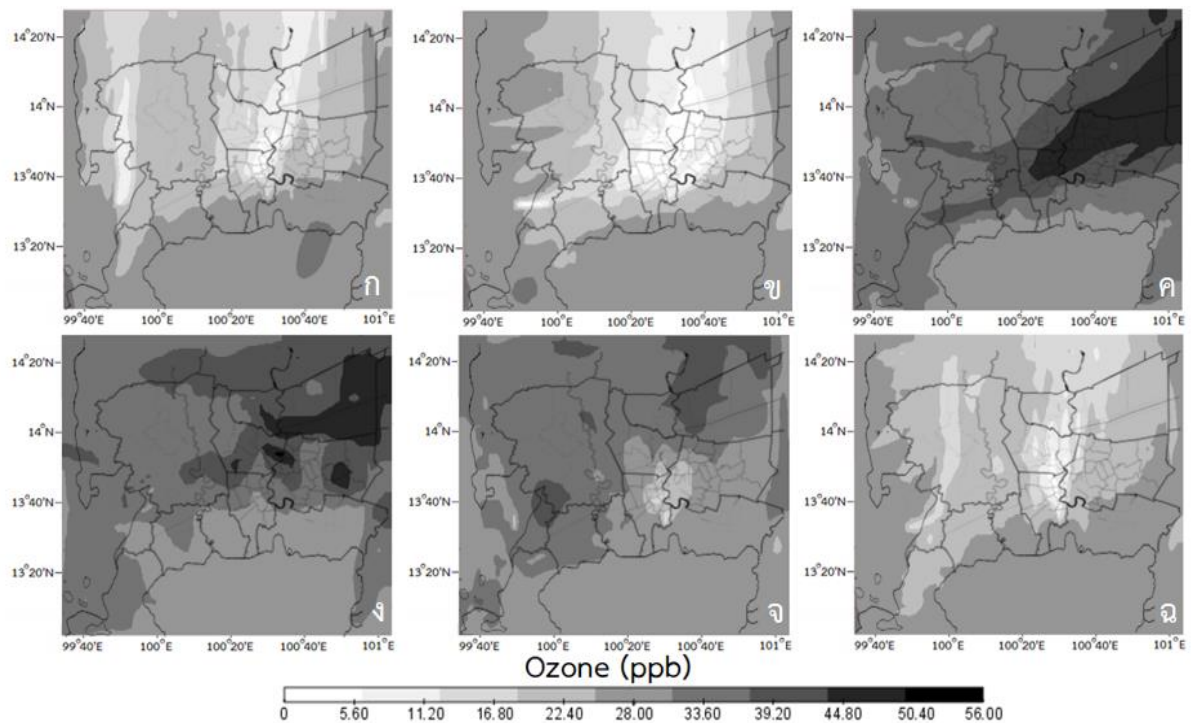
รูปที่ 1 โดเมนใหญ่ (ก) และสองโดเมนย่อย (ข-ค) สำหรับใช้ในแบบจำลอง WRF-Chem

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การทำนายการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของก๊าซโอโซนด้วยแบบจำลอง WRF-Chem และการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

1. การทำนายการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของก๊าซโอโซนด้วยแบบจำลอง WRF-Chem

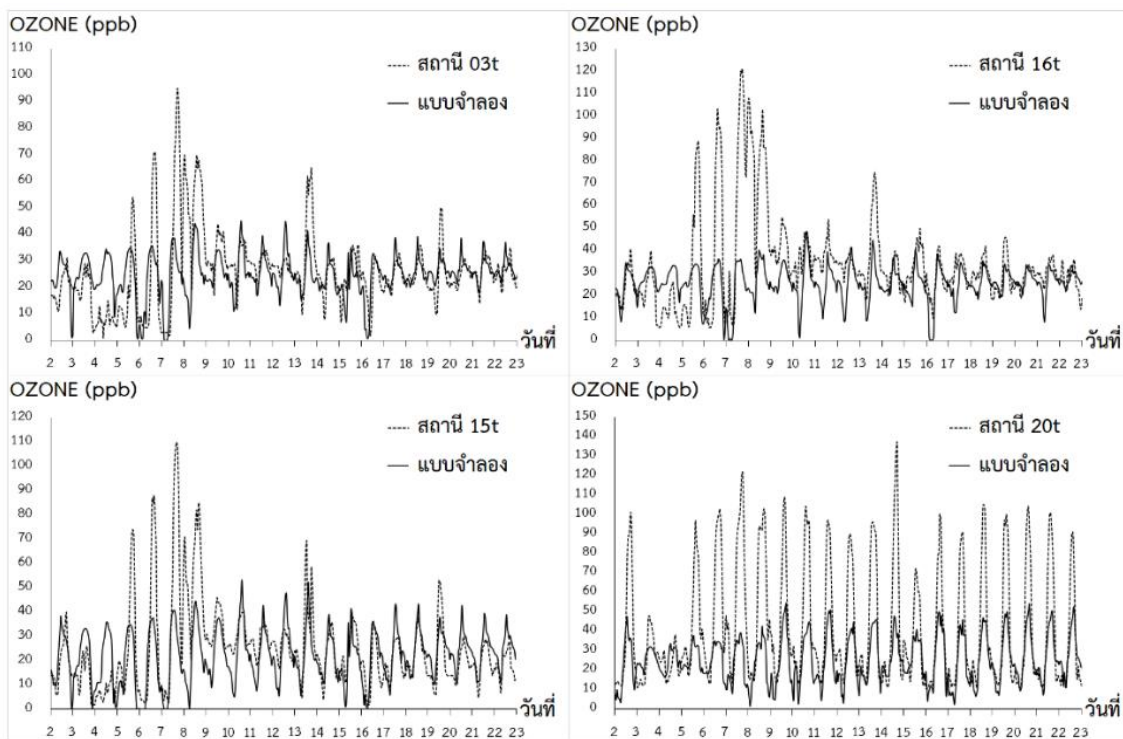
ผลจากแบบจำลองแสดงรูปแบบการกระจายตัวของความเข้มข้นของโอโซนเชิงพื้นที่ที่เวลาต่าง ๆ ยกตัวอย่างในวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ.2556 แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงเวลา 0.00 6.00 และ 24.00 น. (รูปที่ 2 (ก), (ข) และ (ฉ)) ความเข้มข้นของก๊าซโอโซนในพื้นที่ศึกษาค่อนข้างต่ำเนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลากลางคืนและรุ่งเช้า มีปริมาณรังสีจากแสงอาทิตย์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาค่อนข้างน้อยและยังไม่มีสารมลพิษจำพวกออกไซด์ของไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายและสารมลพิษตั้งต้นอื่น ๆ ที่เป็นสารตั้งต้นของการเกิดโอโซนมากเพียงพอที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเชิงแสงขึ้น ในขณะที่เวลา 12.00 15.00 และ 18.00 น. (รูปที่ 2 (ค), (ง) และ (จ)) พบว่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนในพื้นที่ศึกษาสูงขึ้นกว่าช่วงเวลาอื่น โดยพบว่าที่เวลา 12.00 และ 15.00 น. มีความเข้มข้นของโอโซนสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณตอนกลางและตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงเทพมหานคร บางส่วนของจังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการจราจรค่อนข้างหนาแน่นทำให้มีการปลดปล่อยสารมลพิษระดับปฐมภูมิซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดโอโซนค่อนข้างมาก จึงพบปริมาณก๊าซโอโซนในพื้นที่ค่อนข้างหนาแน่นเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น



รูปที่ 2 ลักษณะการกระจายตัวของก๊าซโอโซน (ppb) เมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ.2556 เวลา (ก) 00.00 น. (ข) 06.00 น. (ค) 12.00 น. (ง) 15.00 น. (จ) 18.00 น. และ (ฉ) 24.00 น.

2.การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองกับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซโอโซนรายชั่วโมงที่คำนวณได้จากแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 2-23 มีนาคมปี พ.ศ.2556 กับค่าที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 4 สถานี ได้แก่ ไปรษณีย์ราชบุรณะ (03t) โรงเรียนวัดสิงห์ (สิงหราชพิทยาคม) (15t) โรงไฟฟ้าพระนครใต้ (16t) และมหาวิทยาลัยกรุงเทพวิทยาเขตรังสิต (20t) ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซโอโซนแสดงดังรูปที่ 3 โดยกราฟเส้นทึบแสดงความเข้มข้นจากแบบจำลองและเส้นประแสดงความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซโอโซนของข้อมูลทั้งสองมีความใกล้เคียงกัน โดยช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูงและต่ำจะเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันทุกสถานี แสดงว่าแบบจำลองสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโอโซนเทียบกับเวลาได้ดี แต่แบบจำลองยังไม่สามารถประมาณความเข้มข้นของโอโซนที่สูงๆ ในบางช่วงของสถานี 03t, 16t และ 15t ได้ดีนัก ในส่วนของสถานี 20t จะพบว่าในช่วงที่เกิดพีคของความเข้มข้นของโอโซน ค่าจากแบบจำลองจะต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัดค่อนข้างมาก



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับค่าที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษ 4 สถานี ระหว่างวันที่ 2-23 มีนาคม พ.ศ.2556

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาปริมาณก๊าซโอโซนในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลโดยใช้แบบจำลองควบคุมอุตุนิยมวิทยา-เคมี WRF-Chem ตั้งแต่วันที่ 2-23 มีนาคม พ.ศ. 2556 พบว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพและความแม่นยำในระดับหนึ่งสามารถแสดงลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลาได้ โดยในช่วงเวลา 12.00 – 15.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีการกระจายตัวของก๊าซโอโซนหนาแน่นที่สุด และในช่วงเวลาดังกล่าวมีความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูงสุดที่บริเวณตอนกลาง และตะวันออกเฉียงเหนือของกรุงเทพมหานคร บางส่วนของจังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศรายชั่วโมงพบว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซโอโซนของข้อมูลทั้งสองมีความใกล้เคียงกันแต่ผลลัพธ์จากแบบจำลองยังคำนวณค่าต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัดได้ โดยเฉพาะในช่วงที่มีความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับช่วยเหลือทางด้านเทคนิคจาก Prof. Dr. Xuemei Wang มหาวิทยาลัยจีหนาน (Jinan University) และ Ms. Weihua Chen นักศึกษาปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัยซุนยัตเซ็น (Sun Yat-sen University) ประเทศจีน ที่ให้ความช่วยเหลือในส่วนของ การแปลง Emission เพื่อเป็นข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลองขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษสำหรับข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลและขอขอบคุณ ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยระดับปริญญาโท

เอกสารอ้างอิง

- [1] Saithanu, K. and Mekpanyup, J. (2013). Assessment and prediction of the ground level ozone concentration in the east of Thailand. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 84, 109-121
- [2] กรมควบคุมมลพิษ. (2559). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559. กรุงเทพฯ:กรมควบคุมมลพิษ
- [3] Zhong, M., Saikawa, E., Liu, Y., Naik, V., Horowitz, L. W., Takigawa, M., and Ston, E. A. (2016). Air quality modeling with WRF-Chem v3.5 in East Asia: sensitivity to emissions and evaluation of simulated air quality. *Geoscientific Model Development*, 9, 1201-1218
- [4] Amnuaylojaroen, T., Barth, M. C., Emmons, L. K., Carmichael, G. R. and Chantara, S. (2014). Effect of different emission inventories on modeled ozone and carbon monoxide in Southeast Asia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14, 12983-13012.
- [5] KMITL and PTT. (2013) *Final report: Development of emission inventory for air quality modeling in Bangkok Metropolitan Region*. 105-306.