

การกระจายตัวของละอองลอยบริเวณกรุงเทพมหานคร
ในช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศจีน

นางสาว วิมลสิริ โปทา
เลขประจำตัวนิติต 493 27256 23

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา ธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พุทธศักราช 2552

AEROSOL DISTRIBUTION IN BANGKOK
DURING DUST STORM EVENT IN CHINA

Miss. Wimonsiri Pota

ID: 493 27256 23

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE BACHELOR OF SCIENCE, DEPARTMENT OF GEOLOGY,
CHULALONGKORN UNIVERSITY, AND ACADEMIC YEAR 2009

การกระจายตัวของละอองลอยบริเวณกรุงเทพมหานคร ในช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศจีน

วิมลสิริ โปทา

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10330:

โทรศัพท์: 08-4663-5462, e-mail: tulib_view@hotmail.com

โครงการนี้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการกระจายตัวของละอองลอยบริเวณกรุงเทพมหานคร ในช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศจีน โดยใช้ข้อมูล PM_{2.5} จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ใน ปี พ.ศ. 2545 - 2549 และสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปี พ.ศ.2544-2550 ส่วนข้อมูล PM₁₀ จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ใน ปี พ.ศ.2542 - เดือนมิถุนายน พ.ศ.2552 และสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปี พ.ศ.2551-2552 บริเวณกรุงเทพมหานคร จากกรมควบคุมมลพิษ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการกระจายตัวของ PM_{2.5} ทั้งสองสถานีพบว่ามี การกระจายตัว ปริมาณสูงในช่วงฤดูหนาว และต่ำสุดในช่วงฤดูฝน ส่วนการกระจายตัวของ PM₁₀ จะพิจารณาช่วงเดือน มีนาคม-เดือนพฤษภาคม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าในปี พ.ศ.2551 ค่าความเข้มข้นของ ละอองลอย PM₁₀ สูงสุดในเดือนมีนาคม และค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ส่วนในปี พ.ศ. 2552 สูงสุดใน เดือนพฤษภาคม และค่าต่ำสุดในเดือนเมษายน และจาก สถานีการเคหะชุมชนดินแดง ปี พ.ศ.2542 - 2552 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติประกอบกับศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และ ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling ในช่วงที่มีรายงานการเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีน พบว่าค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ สูง ในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2549 และ 2551 อีกทั้งมวลอากาศมีการ เคลื่อนที่มาจากประเทศจีน และจาก การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยในช่วงเกิด เหตุการณ์พายุฝุ่นมีความแตกต่างจากวันปกติอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของละอองลอยนี้อาจเกิดขึ้นได้ในหลายกรณี ไม่ว่าจะเป็นจากพายุ ฝุ่น ละอองลอยที่เป็นเกลือจากทะเล หรือมีบางครั้งก็จะพบละอองลอยในพื้นที่ใกล้เคียงประเทศไทย ซึ่ง หากต้องการทราบให้แน่ชัดอาจต้องมีการศึกษาทางเคมีของละอองลอยในการศึกษาต่อไป

Keywords: PM 2.5, PM 10, พายุฝุ่น, การกระจายตัว, กรุงเทพมหานคร

AEROSOL DISTRIBUTION IN BANGKOK DURING DUST STORM EVENT IN CHINA

Wimonsiri Pota

Department of geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand

Tel: 08-4663-5462, e-mail: tulib_view@hotmail.com

Abstract : This research project about the distribution of aerosol in Bangkok during dust storm events in China by using data of PM_{2.5} and PM₁₀ from the Pollution Control Department. PM_{2.5} data sets were from Dindaeng – National Housing Authority station during 2002 to 2006 and data from Bansomdejchaopraya Rajabhat University station during 2001 to 2007. PM₁₀ data sets were from Dindaeng – National Housing Authority station during 1999 to June 2009 and data set from Bansomdejchaopraya Rajabhat University station during 2008 to June 2009.

Statistical analysis of the PM_{2.5} distribution from both stations showed that the high concentration distribution is in winter and the lowest concentration distribution is in rainy season.

The distribution of PM₁₀ determined the dust storm event during March - May. Results of statistical analysis of Bansomdejchaopraya Rajabhat University station showed that in the year 2008, the highest concentration of PM₁₀ is in March and lowest concentration of PM₁₀ is in May. In the year 2009 the highest concentration of PM₁₀ is found in May and lowest concentration is in April.

The PM₁₀ data set from Dindaeng – National Housing Authority station were studied in March - May by statistical analysis and combined with satellite image, surface maps, weather maps and HYSPLIT backward trajectory modeling during a dust storm events where reported in China. The study found that the concentration of PM₁₀ is high in March 2006 and 2008 where the direction of the air mass came from China and result of hypothesis test showed that the concentration of PM₁₀ among normal days and dusty days are differences.

In addition, we found that increase concentration of PM₁₀ may occur from many sources such as dust storms, sea salt, local. Furthermore study should be planned the chemical analysis of aerosol to classified the type of aerosol from the different sources.

Keywords: PM 2.5, PM 10, dust storm, distribution, Bangkok

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์อย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
อ.บุศราศิริ ฐานะ ที่ให้คำแนะนำ และกำลังใจในการทำโครงการวิจัยเล่มนี้มาโดยตลอด
และขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษและผู้อำนวยการส่วนแผนที่อุตุนิยมวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลใน
การทำโครงการวิจัยให้ประสบผลสำเร็จ รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาธรณีวิทยา คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้และประสบการณ์ต่างๆ และให้ความช่วยเหลือตลอด
มา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณพ่อแม่ ครอบครัว และเพื่อนๆ ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจเรื่อยมา

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	a
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	b
กิตติกรรมประกาศ	c
สารบัญ	d
สารบัญรูปภาพ	e
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 เอกสารและงานวิจัยวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล	4
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย	4
2.2 การรวบรวมข้อมูล	4
2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	5
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	7
3.1 กระจายตัวของละอองลอย PM2.5	7
3.2 กระจายตัวของละอองลอย PM10	10
3.3 อภิปรายผลการวิจัย	26
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	27
4.1 สรุปผลการวิจัย	27
4.2 ข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง	30
ภาคผนวก ข HYSPLIT backward trajectory modeling	33

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM2.5 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมกราคม – ธันวาคม ปี พ.ศ. 2545 – 2549 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง	7
รูปที่ 2 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM2.5 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมีนาคม – พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2545 – 2547 และ พ.ศ. 2549 สถานีการเคหะชุมชนดินแดง	8
รูปที่ 3 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM2.5 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมีนาคม – พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2544 - 2550 ของสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	9
รูปที่ 4 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมีนาคม - พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2551-2552 ของสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	10
รูปที่ 5 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมีนาคม - พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2542-2552 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง	11
รูปที่ 6 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2547 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง	12
รูปที่ 7 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 10 มีนาคม 2547	13
รูปที่ 8 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 26 มีนาคม 2547	13
รูปที่ 9 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 27 มีนาคม 2547	14
รูปที่ 10 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมการเคลื่อนตัวของพายุฝุ่นที่พัดมาจากประเทศจีน ในวันที่ 9 - 13 เดือนมีนาคม ปี พ.ศ.2549	15
รูปที่ 11 แผนที่อากาศผิวพื้น วันที่ 11 มีนาคม 2549	15
รูปที่ 12 แผนที่ลมชั้นบน วันที่ 11 มีนาคม 2549	16
รูปที่ 13 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 9 มีนาคม 2549	16
รูปที่ 14 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 24 มีนาคม 2550	17
รูปที่ 15 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2550 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง	18
รูปที่ 16 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 12 เมษายน 2550	18
รูปที่ 17 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2551 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง	19
รูปที่ 18 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมการเคลื่อนตัวของพายุฝุ่นที่พัดมาจากประเทศจีน ในวันที่ 1 - 2 เดือนมีนาคม ปี พ.ศ.2551	20
รูปที่ 19 แผนที่อากาศ วันที่ 1 มีนาคม 2551	20

	หน้า
รูปที่ 20 แผนที่ลมชั้นบน วันที่ 1 มีนาคม 2551	21
รูปที่ 21 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 1 มีนาคม 2551	21
รูปที่ 22 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 2 มีนาคม 2551	22
รูปที่ 23 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2542 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง	23
รูปที่ 24 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 2 มีนาคม 2542	23
รูปที่ 25 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 9 มีนาคม 2542	24
รูปที่ 26 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 22 มีนาคม 2542	24
รูปที่ 27 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 31 มีนาคม 2542	25

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

บรรยากาศประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ โดยมีไอน้ำและละอองลอยปะปนอยู่ในสัดส่วนที่ไม่มากนัก ถ้าอยู่ในสภาวะปกติที่ไม่เป็นอันตราย หากมีในปริมาณมากก็จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ละอองลอย คือ อนุภาคของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ เมื่อถูกกระแสลมพัดก็จะฟุ้งกระจายตัวอยู่ในอากาศก่อนจะตกลงสู่พื้น ซึ่งระยะเวลาในการตกจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอนุภาคละอองลอยเหล่านั้น แหล่งที่มาของละอองลอยโดยทั่วไปที่สำคัญ คือ ละอองลอยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งการงานวิจัยในครั้งนี้งสนใจละอองลอยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการพัดผ่านของพายุฝุ่นที่นำพาเอาละอองลอยจากพื้นที่หนึ่งมายังอีกพื้นที่หนึ่ง แหล่งกำเนิดพายุฝุ่นนั้นมักเป็นเขตที่แห้งแล้งเป็นทะเลทราย เช่น ทะเลทราย Sahara ทางตอนเหนือของทวีปแอฟริกา โดยในทวีปเอเชียพื้นที่ที่เป็นทะเลทรายพบได้ในประเทศมองโกเลีย จีน อินเดีย ซาอุดีอาระเบีย เป็นต้น และช่วงที่เกิดพายุฝุ่นมักจะเกิดในช่วงฤดูมรสุมหรือฤดูร้อนซึ่งบรรยากาศมีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ จากเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นสามารถส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางทัศนศาสตร์ เช่น ค่าความขุ่นมัวของบรรยากาศหรือ Aerosol Optical Depth (AOD) ในสภาพบรรยากาศปกติ ค่า AOD มีความอยู่ระหว่าง 0.4-0.5 หากมีละอองลอยในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่า AOD เพิ่มขึ้นเป็น 0.6-0.7 (Prasad et al., 2007) ในขณะเดียวกันค่า Single Scattering Albedo (SSA) ซึ่งมีผลจากการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงก็จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 440 nm. รวมทั้งความเข้มข้นของการกระจายตัวที่เพิ่มสูงขึ้นของ PM₁₀ (Dey et al., 2004) การกระจายตัวของละอองลอยในแต่ละวันนอกจากจะขึ้นอยู่กับมลพิษในแต่ละวันแล้วยังขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสลมหรือพายุฝุ่นที่พัดผ่าน ณ บริเวณนั้น เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของละอองลอยในวันที่ไม่มีพายุฝุ่นกับวันที่มีพายุฝุ่นพัดผ่าน พบว่าวันที่มีพายุฝุ่นพัดผ่านนั้นมีการกระจายของละอองลอยที่สูงกว่าในวันที่ไม่มีพายุฝุ่นพัดผ่าน (Ping et al., 2008) การศึกษาการกระจายตัวของละอองลอย สามารถใช้ข้อมูล Aerosol Optical Network (AERONET) ช่วยในการวิเคราะห์ผลได้ ส่วนการหาทิศทางเคลื่อนตัวของ พายุฝุ่น สามารถใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ประกอบกับวิธีทางคณิตศาสตร์เชิงตัวเลขที่เรียกว่า HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) backward trajectory modeling ในการศึกษามวลอากาศที่เคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณได้

ประเทศจีนตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออก อยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทย มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นทะเลทราย เมื่อเกิดลมพายุพัดผ่านจึงหอบเอาเม็ดทราย ดินมาด้วยเป็นจำนวนมากกลายเป็น พายุฝุ่น และเมื่อพัดผ่านพื้นที่ต่าง ๆ ก็ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ทั้งคน วิสัยในการมองเห็น สุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสภาวะในบรรยากาศอีกด้วย

ซึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้จะศึกษาการกระจายตัวของละอองลอย PM10 และ PM2.5 ในบริเวณ กรุงเทพมหานคร ในช่วงก่อนและหลังของเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศจีนในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 - เดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2552 เป็นระยะเวลา 10 ปี ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

1.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภันตรี ยุทธพันธ์ (2549) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลาของละอองลอย ในอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูล Aerosol Optical Thickness (AOT), Angstrom Exponent และการกระจายของขนาดละอองลอยจากการตรวจวัดของ Aerosol Robotic Network (AERONET) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2546 – กันยายน 2547 ที่สถานีจุฬาลงกรณ์เปรียบเทียบกับสถานี AERONET อื่นๆ รวมทั้งข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลการตรวจวัด ละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) พบว่าการกระจายตัวของละอองลอย แปรผันไปตามฤดูกาล เนื่องจากแต่ละฤดูจะได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศที่พัดผ่านมาจากแหล่งที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีการศึกษาแบบ HYSPLIT backward trajectory modeling ในการหาแหล่งที่มาของละอองลอย พบว่าการผันแปรตามฤดูกาลของละอองลอย โดย AOT มีค่าสูงในฤดูร้อนกับฤดูหนาว และมีค่าต่ำในฤดูฝน สำหรับข้อมูล Angstrom exponent ได้ผลวิเคราะห์หว่าบรรยากาศมีละอองลอยอนุภาคเล็กเป็นปริมาณมากในฤดูร้อนและฤดูหนาว รวมทั้งการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาของข้อมูล PM10 พบว่ามีการผันแปรตามวัฏจักรสอดคล้องกับสภาพการผันแปรภูมิอากาศรายฤดู โดยมีค่า PM10 ต่ำในช่วงฤดูฝน และมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูร้อนและ ฤดูหนาวเช่นกัน

สมชาย นาคะผดุงรัตน์ และคณะ (2547) ทำการตรวจวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ ณ สถานีตรวจวัดการแผ่รังสีในชั้นบรรยากาศ อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย ในช่วง มีนาคม พ.ศ. 2544 – ธันวาคม พ.ศ. 2545 ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาได้ศึกษาผลกระทบของละอองลอยต่อปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ พบว่าละอองลอยอนุภาคหยาบจะมีปริมาณมากกว่าละอองลอยอนุภาคละเอียดอย่างชัดเจนในช่วงฤดูแล้ง และลดต่ำลงในฤดูฝน ในขณะที่ละอองลอยอนุภาคละเอียดมีปริมาณมากในฤดูฝนเมื่อเทียบสัดส่วนกับละอองลอยอนุภาคหยาบในช่วงเวลาเดียวกัน ละอองลอยมีปริมาณน้อยในช่วงฤดูฝน โดยปริมาณละอองลอยเฉลี่ยเท่ากับ 26 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ในละอองลอยอนุภาคหยาบจะมีฝุ่นดินเป็นองค์ประกอบหลักตลอดช่วงที่ทำการศึกษาปริมาณของอินทรีย์สารเพิ่มขึ้นชัดเจนทั้งอนุภาคละเอียดและอนุภาคหยาบในขณะที่ปริมาณของเขม่าลดลง ซึ่งขนาดและการกระจายของละอองลอยส่งผลต่อความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์แตกต่างกัน

Goudie (2009) ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องพายุฝุ่นถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ปริมาณรังสีวัฏจักรธรณีชีวเคมี (biogeochemical cycling) รวมทั้งเส้นทางการพัดพายุฝุ่น ความถี่และช่วงเวลาของการเกิดทั้งในอดีต ปัจจุบันและแนวโน้มของการเกิดในอนาคต โดยกิจกรรมของมนุษย์มีผลต่อการเกิดพายุ

ฝุ่นนี้ด้วย ซึ่งแหล่งของการเกิดพายุฝุ่นในพื้นที่ที่ศึกษานี้คือ ทะเลทราย Sahara ที่พบว่ามีความผันแปร ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของการเกิดตั้งแต่อดีตที่ผ่านมาเป็นระยะเวลา สหัสวรรษ ศตวรรษ ทศวรรษ และฤดูกาล

Vanderstraeten และคณะ (2008) ศึกษาในเรื่องของพายุฝุ่นที่พัดมาจาก Sahara ได้ปกคลุมไปถึงบริเวณทางด้านตะวันตกของทวีปยุโรป โดยตรวจเก็บข้อมูลละอองลอยที่เมือง Brussels ประเทศเบลเยียม โดยใช้วิธีการศึกษาแบบ backward trajectories ในการศึกษาแหล่งที่มาของละอองลอย รวมทั้งวิเคราะห์ผลทางเคมีของธาตุในละอองลอยที่มีความคล้ายคลึงกันกับแหล่งกำเนิดพายุฝุ่น คือ ธาตุ Si, Fe และ Al และความเข้มข้นของ PM10 และ PM2.5 มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

Zhuang และคณะ (2000) ศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบ แหล่งกำเนิด และการกระจายตัวของพายุฝุ่นที่มาจากประเทศจีนช่วงฤดูร้อน ในปี 2000 และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่าโดยเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยในเมืองปักกิ่ง ช่วงฤดูร้อนในปี 2000 ประมาณ 6,000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) สูงพอกับในช่วงวันที่ไม่มีพายุฝุ่น ส่วนประกอบของธาตุที่ก่อให้เกิดมลพิษที่พบในช่วงที่มีพายุฝุ่นมี As, Sb และ Se ซึ่งเป็นผลมาจากการพัดพาโดยพายุฝุ่น ส่วนในช่วงที่ไม่มีพายุฝุ่นจะมีองค์ประกอบของธาตุ Pb, Zn, Cd และ Cu น้อยกว่าในวันที่มีพายุฝุ่น และพบว่า 16.1% ของอนุภาคละอองลอยที่มีขนาดน้อยกว่า $2.1 \mu\text{m}$ และ 76.9% ของอนุภาคละอองลอยที่มีขนาดน้อยกว่า $9.0 \mu\text{m}$ และที่สำคัญพบว่าในละอองลอยที่พายุฝุ่นพัดพามี Fe ทำปฏิกิริยากับ S จะส่งผลต่อสภาวะในบรรยากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในแถบมหาสมุทรแปซิฟิก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการกระจายตัวของละอองลอยในบริเวณกรุงเทพมหานคร ในช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศจีน

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาการกระจายตัวของละอองลอย PM10 จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ในปี พ.ศ.2542 – เดือนมิถุนายน พ.ศ.2552 และสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2551- 2552 และ PM2.5 จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ในปี พ.ศ.2545 – พ.ศ.2549 และมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2544 - 2550 ในบริเวณกรุงเทพมหานคร จากกรมควบคุมมลพิษ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบการกระจายตัวของละอองลอยในบริเวณกรุงเทพมหานครในช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นและในวันปกติว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1.1 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการตรวจวัดการกระจายตัวและความเข้มข้นของละอองลอยในอากาศ

2.1.2 รวบรวมข้อมูลละอองลอยในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาจากกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้ข้อมูลละอองลอย PM10 และ PM2.5 จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง และสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ หาช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศไทยเป็นระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 – พ.ศ.2552

2.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลการกระจายตัวของละอองลอยในช่วงก่อนและหลังเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศไทย ร่วมกับการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และวิธี HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) backward trajectory modeling ในการหาทิศทางเคลื่อนที่ของพายุฝุ่น

2.1.4 สรุปผลเกี่ยวกับการกระจายตัวและความเข้มข้นของละอองลอยในบริเวณกรุงเทพมหานคร ในช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศไทยและในวันปกติว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

2.2 การรวบรวมข้อมูล

2.2.1 ข้อมูลละอองลอย

ในการทำวิจัยในครั้งนี้จะใช้ข้อมูลละอองลอย 2 ชนิด คือ PM10 และ PM2.5 มีระบบในการเก็บข้อมูลแตกต่างกันดังนี้

1) ความเข้มข้นของละอองลอย PM10

ข้อมูลรายชั่วโมง จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ในปี พ.ศ.2542 – เดือนมิถุนายน พ.ศ.2552 และข้อมูลรายวันจากสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2551- 2552 มีการเก็บข้อมูลแบบ Beta ray

2) ค่าความเข้มข้นของละอองลอย PM2.5

ข้อมูลรายวัน จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ใน ปี พ.ศ.2545 – พ.ศ.2549 และมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2544 - 2550 มีการเก็บข้อมูลแบบ High volume

2.2.2 ข้อมูลแผนที่และภาพถ่าย

- 1) ภาพถ่ายดาวเทียมที่แสดงการเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีนในช่วงระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2542 - 2552
- 2) แผนที่ลมชั้นบน ที่ระดับ 500 และ 800 hPa ในปีพ.ศ. 2543, 2548 - 2552
- 3) แผนที่อากาศ ในปีพ.ศ. 2548 - 2552
- 4) HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) backward trajectory modeling แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูล PM10 และ PM2.5 จากทั้งสองสถานีที่ได้จากการตรวจวัด ผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติ คำนวณหาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมง เฉลี่ยรายวัน ในช่วงที่ศึกษาแต่ละสถานี
2. ศึกษาทิศทางลม หรือมวลอากาศที่มีการเคลื่อนตัวในช่วงที่เกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีน จากภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่อากาศ และแผนที่ลม ประกอบกับการทำ HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) backward trajectory modeling
3. วิเคราะห์ข้อมูลการกระจายตัวของละอองลอยในช่วงเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศจีน เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของละอองลอยในวันปกติ ผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติโดยทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอย ดังนี้

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

ด้วยระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ สถิติที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ

$$Z = (\bar{X} - \mu_0) / (sd / \sqrt{n})$$

บริเวณวิกฤตของ \bar{X} คือ $\bar{X} < \mu_0 - z_{0.025} (sd / \sqrt{n})$ หรือ $\bar{X} > \mu_0 + z_{0.025} (sd / \sqrt{n})$

ยอมรับ $H_0 : \mu = \mu_0$ เมื่อ \bar{X} ไม่อยู่บริเวณวิกฤต

กำหนดให้ μ คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่น

μ_0 คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยในวันปกติ

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่น

n คือ จำนวนวันในสภาวะปกติ

sd คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$z_{0.025}$ มีค่าเท่ากับ 1.96

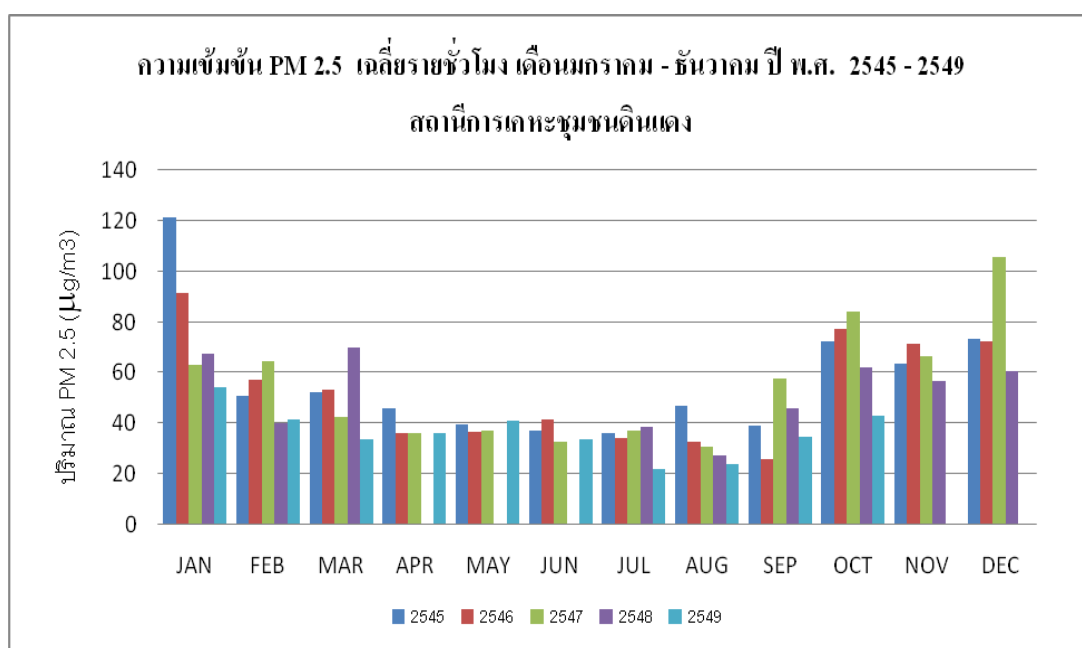
H_0 คือ สมมติฐานที่ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยในช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่น ไม่มีความแตกต่างจากวันปกติ

H_1 คือ สมมติฐานที่ว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของละอองลอยในช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่น มีความแตกต่างกันจากวันปกติ

บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 กระจายตัวของละอองลอย PM2.5

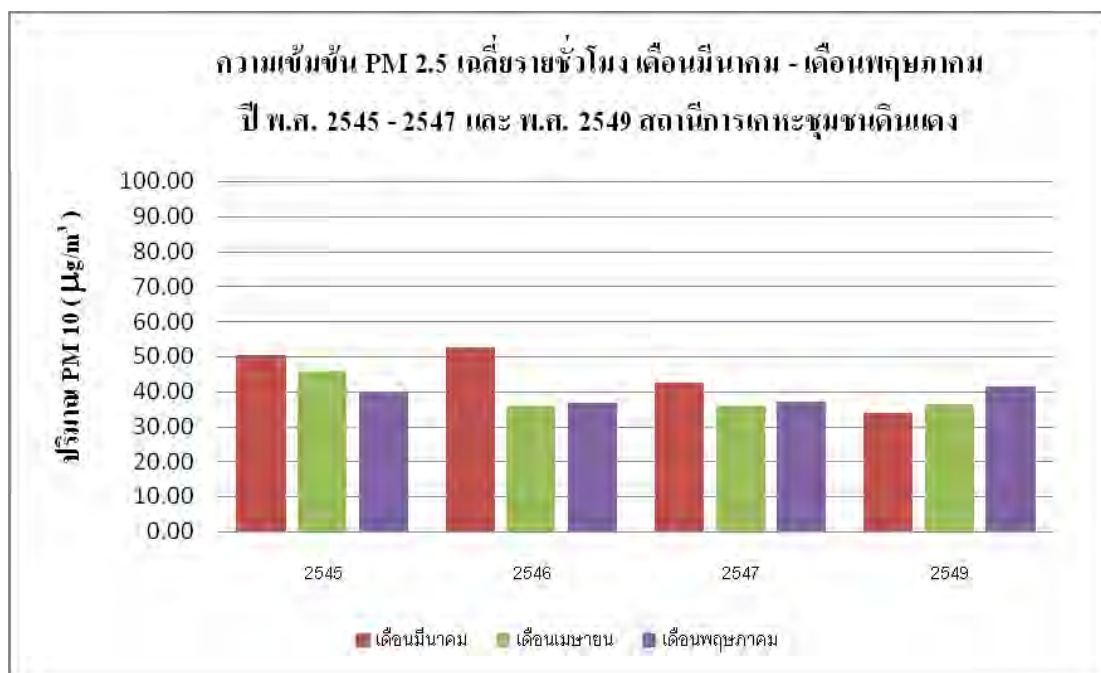
จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การกระจายตัวของละอองลอย PM2.5 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง จากกราฟแสดงปริมาณความเข้มข้นละอองลอย PM2.5 เฉลี่ยรายวันในเดือนมกราคม – ธันวาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 – 2549 (รูปที่ 1) พบว่าละอองลอย PM2.5 มีค่าความเข้มข้นสูงสุดของแต่ละปีพบในปี พ.ศ. 2545 2546 และ 2549 ในเดือนมกราคม ส่วนปี พ.ศ. 2547 และ 2548 นั้นมีค่าความเข้มข้นสูงสุดในเดือนธันวาคม และมีนาคมตามลำดับ โดยสังเกตเห็นว่าในระยะเวลา 5 ปีนี้ เดือนมกราคมมีค่าความเข้มข้นของละอองลอยมากถึง 3 ปีซึ่งบ่งชี้ได้ว่าส่วนใหญ่แล้วในช่วงฤดูหนาวซึ่งบรรยากาศมีความชื้นต่ำทำให้การกระจายตัวของ PM2.5 มีปริมาณสูง ส่วนละอองลอย PM2.5 ที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของแต่ละปีจะพบในช่วงฤดูฝนในปี พ.ศ.2545 และ 2549 ในเดือนกรกฎาคม ในปีพ.ศ. 2547 และ 2548 เป็นเดือนสิงหาคม และปี พ.ศ. 2546 ในเดือนกันยายน



รูปที่ 1 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM2.5 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมกราคม – ธันวาคม ปี พ.ศ. 2545 – 2549 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง

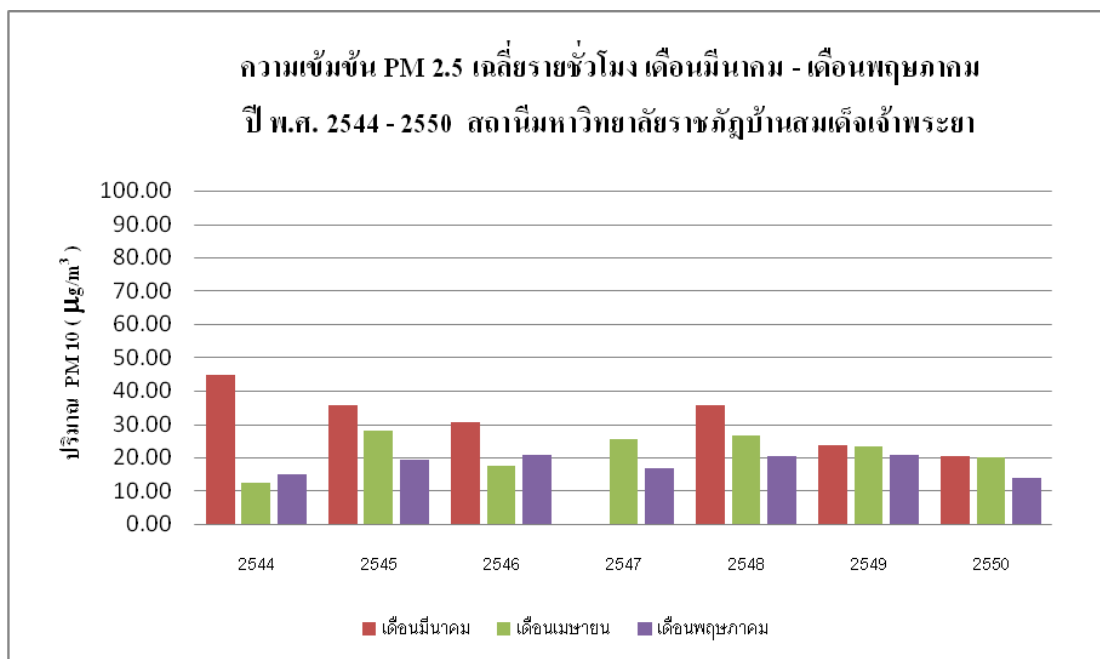
เนื่องจากผู้ทำวิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการกระจายตัวของละอองลอยในบริเวณกรุงเทพมหานครในช่วงเวลาเหตุการณ์เกิดพายุฝุ่นในประเทศจีน ซึ่งมักจะเกิดในช่วงฤดูร้อนหรือในเดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม จึงวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของ PM2.5 ในช่วงฤดูร้อนในปี พ.ศ. 2545 –

2547 และ 2549 (รูปที่ 2) พบว่าในเดือนมีนาคมจะมีค่าความเข้มข้นของ PM_{2.5} สูง แต่ในปี พ.ศ. 2549 พบค่าความเข้มข้นของละอองลอยสูงในเดือนพฤษภาคม



รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าความเข้มข้นของ PM_{2.5} เฉลี่ยรายชั่วโมงเดือนมีนาคม – พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2545 – 2547 และ พ.ศ. 2549 สถานีการเคหะชุมชนดินแดง

ส่วนผลวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{2.5} ของสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (รูปที่ 3) พบว่า PM_{2.5} ที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุดของแต่ละปี ในปี พ.ศ. 2545 2546 และ 2547-2550 พบในเดือนมกราคม ส่วนปี พ.ศ. 2544 และ 2547 นั้นมีค่าความเข้มข้นสูงสุดในเดือนธันวาคม ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากนสถานีการเคหะดินแดงซึ่งส่วนใหญ่แล้วในช่วงฤดูหนาวการกระจายตัวของ PM_{2.5} จะมีปริมาณสูง ส่วนในฤดูฝนจะพบว่า PM_{2.5} ที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของแต่ละปี จะพบในช่วงฤดูฝนในปี พ.ศ.2546 และ 2549 ในเดือนสิงหาคม ในปี พ.ศ. 2544 2548 และ 2550 ในเดือนมิถุนายน และปี พ.ศ. 2545 และ 2547 ในเดือนกันยายนและเดือนพฤษภาคม และจากการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของละอองลอย PM_{2.5} ในช่วงฤดูร้อนตั้งแต่เดือนมีนาคม – เดือนพฤษภาคม ในปี พ.ศ. 2544 – 2550 พบว่าเดือนมีนาคมมีค่าความเข้มข้นสูง



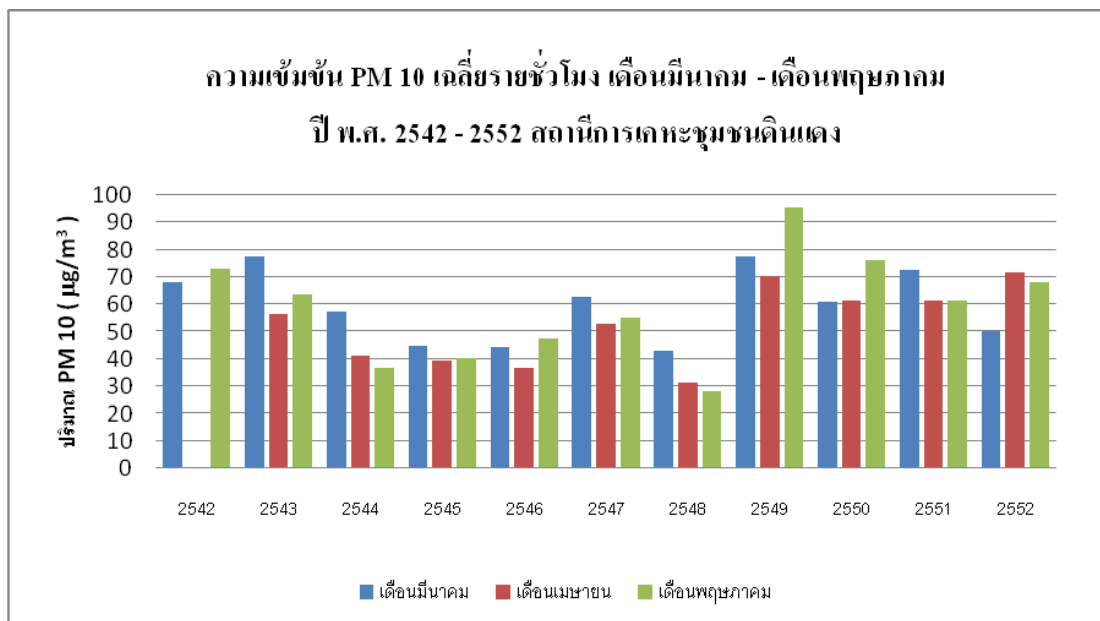
รูปที่ 3 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM2.5 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมีนาคม – พฤษภาคม
ปี พ.ศ. 2544 - 2550 ของสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

3.2 กระจายตัวของละอองลอย PM10

ข้อมูล PM10 ในส่วนที่ศึกษาการกระจายตัวของละอองลอยในบริเวณกรุงเทพมหานครนั้น จะพิจารณาในช่วงเดือนมีนาคม - พฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีน เปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และข้อมูลสถานีการเคหะชุมชน ดินแดง พบว่าปริมาณความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยรายชั่วโมงของสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 - 2552 (รูปที่ 4) ในปี พ.ศ. 2551 PM10 มีค่าความเข้มข้นสูงสุดในเดือนมีนาคม ส่วนในปี พ.ศ. 2552 ค่าความเข้มข้นสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ส่วนข้อมูลสถานีตรวจวัดการเคหะชุมชนดินแดง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 - 2552 (รูปที่ 5) พบว่าละอองลอยที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุดของแต่ละปี ในปี พ.ศ. 2543-2545 2547-2548 และ 2551 พบในเดือนมีนาคม และปี พ.ศ. 2546 2549 และ 2550 นั้น มีค่าความเข้มข้นสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ส่วน PM10 ที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของแต่ละปี ในปี พ.ศ. 2543 - 2551 พบในเดือนเมษายน และในปี พ.ศ. 2552 พบในเดือนมีนาคม



รูปที่ 4 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2551-2552 ของสถานีการตรวจวัดมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา



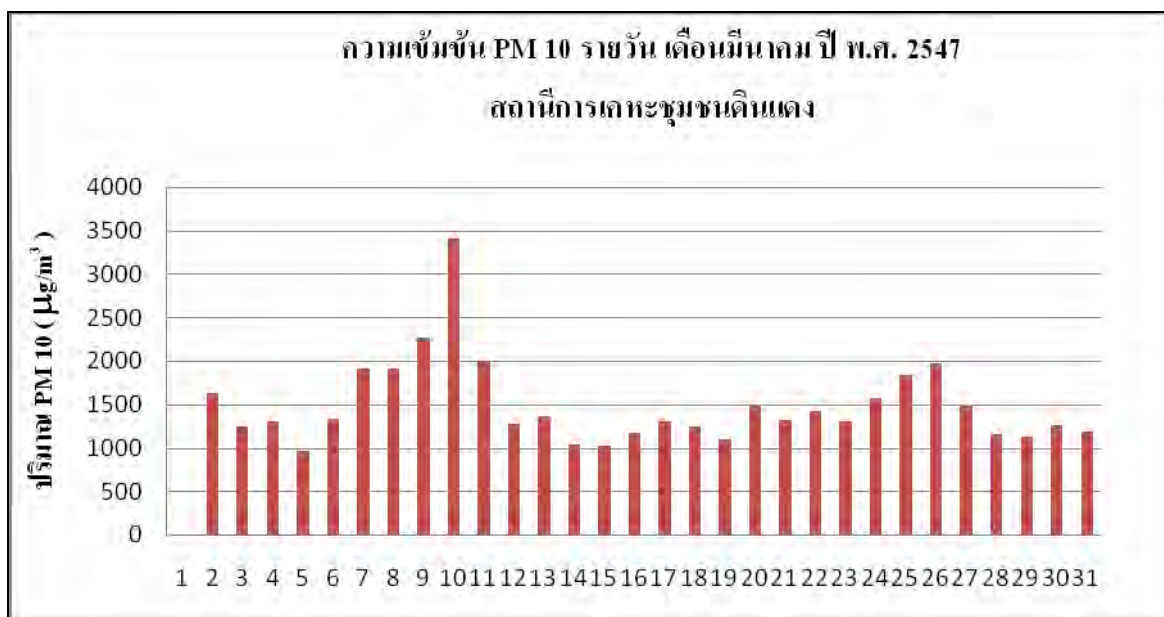
รูปที่ 5 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 เฉลี่ยรายชั่วโมง เดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2542-2552 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง

เนื่องจากข้อมูลของละอองลอย PM10 สถานีการเคหะชุมชนดินแดง ปี พ.ศ. 2542-2552 มีการเก็บข้อมูลเป็นรายชั่วโมงและต่อเนื่อง จึงมีความละเอียดของข้อมูลเพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์ดูการกระจายตัวของละอองลอยในช่วงก่อนและหลังเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศไทย

จากการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของละอองลอย PM10 เฉลี่ยรายวัน ในเดือนมีนาคม - เดือนพฤษภาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 - 2552 สถานีตรวจวัดการเคหะชุมชนดินแดง พบว่าในปี พ.ศ. 2545 เดือนเมษายน มีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศไทยในวันที่ 17 20 21 และ 25 โดยมีการเคลื่อนที่ผ่านไปยังประเทศญี่ปุ่นและทางทิศตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling ย้อนหลัง 7 วัน พบว่า วันที่ 17 เมษายน 2545 มวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย ประเทศอินเดีย และอ่าวไทย วันที่ 20 เมษายน 2545 มวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศฟิลิปปินส์และวันที่ 21 เมษายน 2545 มวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศฟิลิปปินส์ และวันที่ 25 เมษายน 2545 มวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย และประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งจากการทำ backward trajectory modeling แสดงให้เห็นว่าละอองลอยที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาที่มีพายุฝุ่นในประเทศไทย ไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณ PM10 ที่เพิ่มสูงขึ้นในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากทิศทางเคลื่อนที่ของละอองลอยในช่วงเวลาดังกล่าวบริเวณกรุงเทพมหานครมาจากแหล่งอื่น

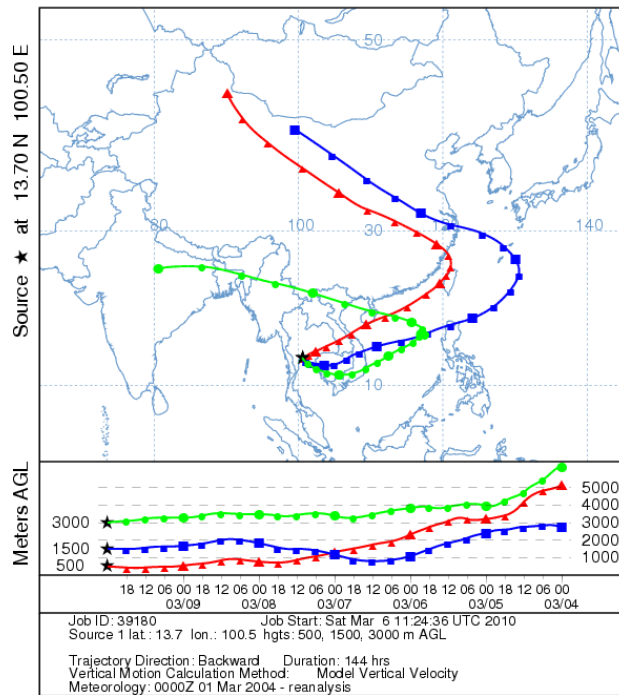
ในปี พ.ศ. 2547 มีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศไทย วันที่ 10 26 และ 27 มีนาคมบริเวณทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย บริเวณทะเลทรายตากะลีมากัน

(Taklimakan) และมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกของประเทศจีน จากกราฟปริมาณความเข้มข้นของ PM10 ในวันที่ 10 สูงกว่าวันอื่น (รูปที่ 6) จึงได้ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling ในวันที่ 10 มีนาคม ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศจีน บริเวณทะเลทรายตากะลิมากัน (Taklimakan) (รูปที่ 7) และวันที่ 26 และ 27 มีนาคม ย้อนหลังไป 7 วัน ตามรูปที่ 8 และ 9 พบว่ามวลอากาศเคลื่อนตัวมาจากมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของ PM10 อาจไม่ได้เป็นผลจากการพัดพาฝุ่นละอองจากจีน ดังนั้น PM10 ที่เพิ่มขึ้นอาจมีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างจากละอองลอยที่มาจากจีนก็ได้เช่นกันเนื่องจากมีแหล่งพัดพาผ่านพื้นที่ที่เป็นทะเล แต่มีข้อสังเกตว่าในวันที่ 10 มีนาคม 2547 ซึ่งมีรายงานพายุฝุ่นในประเทศจีนนั้น ปริมาณความเข้มข้นของ PM10 มีค่าเพิ่มสูงขึ้นชัดเจน



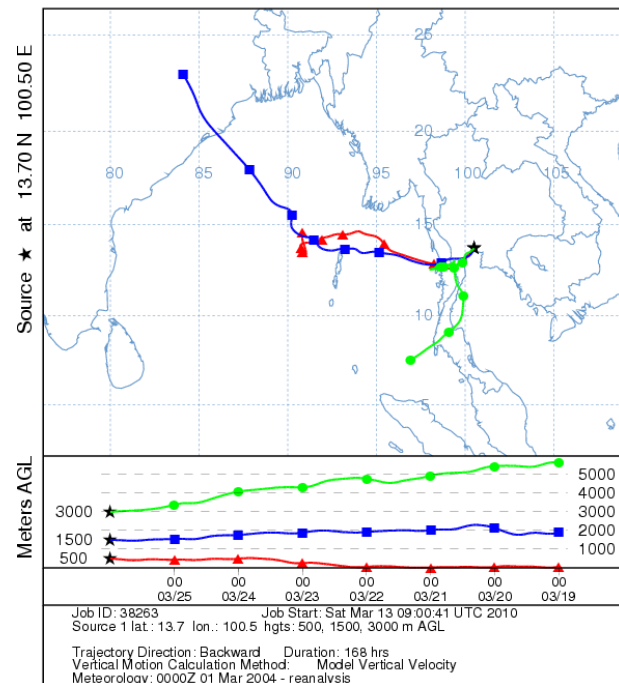
รูปที่ 6 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2547 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง

NOAA HYSPLIT MODEL
 Backward trajectories ending at 0000 UTC 10 Mar 04
 CDC1 Meteorological Data

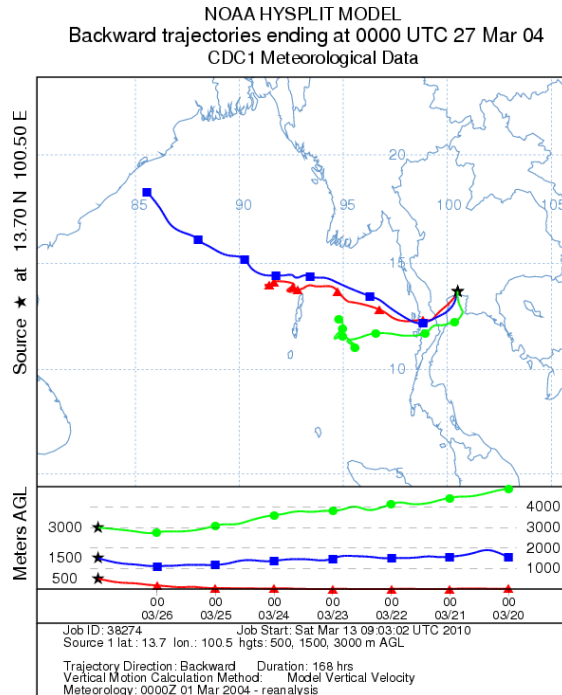


รูปที่ 7 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 10 มีนาคม 2547

NOAA HYSPLIT MODEL
 Backward trajectories ending at 0000 UTC 26 Mar 04
 CDC1 Meteorological Data



รูปที่ 8 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 26 มีนาคม 2547

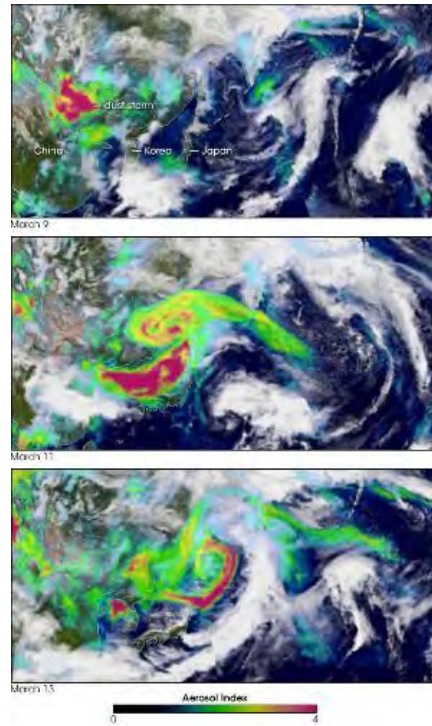


รูปที่ 9 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 27 มีนาคม 2547

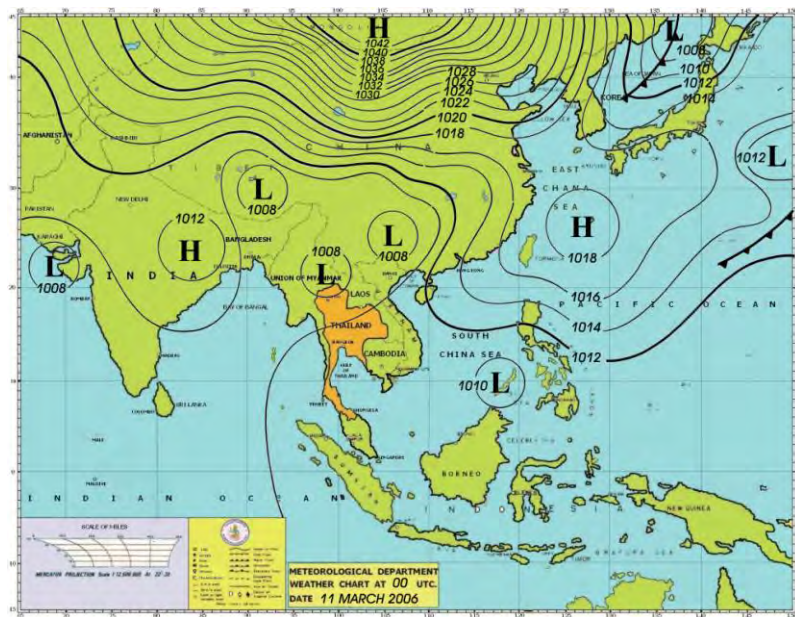
เดือนเมษายนมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 7 บริเวณทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 7 ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย และอ่าวไทย

ในปี พ.ศ. 2548 เดือนเมษายน มีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 14 26 28 และ 30 บริเวณตอนเหนือของประเทศจีน มองโกเลีย มีการเคลื่อนที่ผ่านไปยังประเทศญี่ปุ่น จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 14 ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากอ่าวไทย มหาสมุทรอินเดีย และประเทศฟิลิปปินส์ เช่นเดียวกันกับการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling ในวันที่ 26 28 และ 30 ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศเคลื่อนตัวมาจาก มหาสมุทรอินเดีย

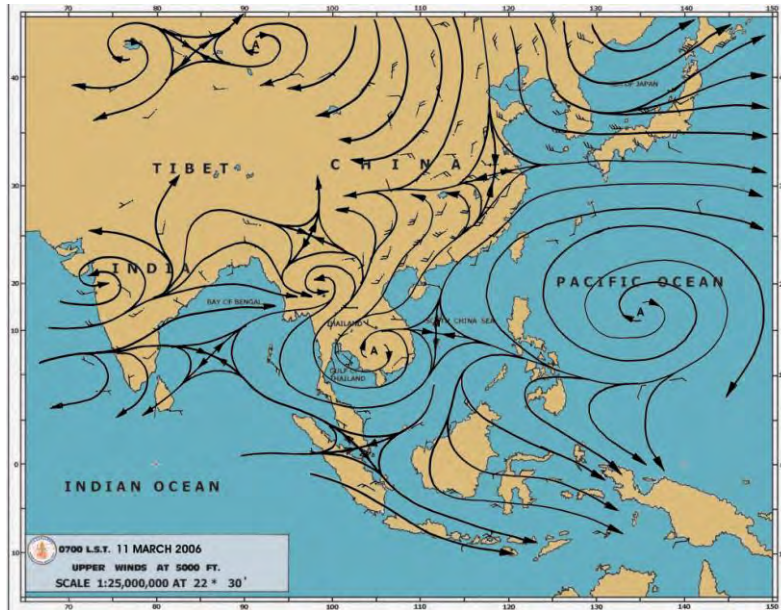
ในปี พ.ศ. 2549 เดือนมีนาคม มีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 9 11 13 27 มีการเคลื่อนตัวแผ่กระจายไปทั่วทวีปเอเชีย และแปซิฟิก และมีความรุนแรงที่สุดในวันที่ 11 มีนาคม ที่เริ่มมีการเคลื่อนที่มายังภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการศึกษารูปถ่ายดาวเทียม (รูปที่10) แผนที่อากาศผิวพื้น แผนที่ลมชั้นบน (รูปที่ 11 และ 12) และได้ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 9 มีนาคม ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากทางตอนใต้ของจีน (รูปที่13) และจากการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยในช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นมีความแตกต่างจากวันปกติอย่างมีนัยสำคัญ



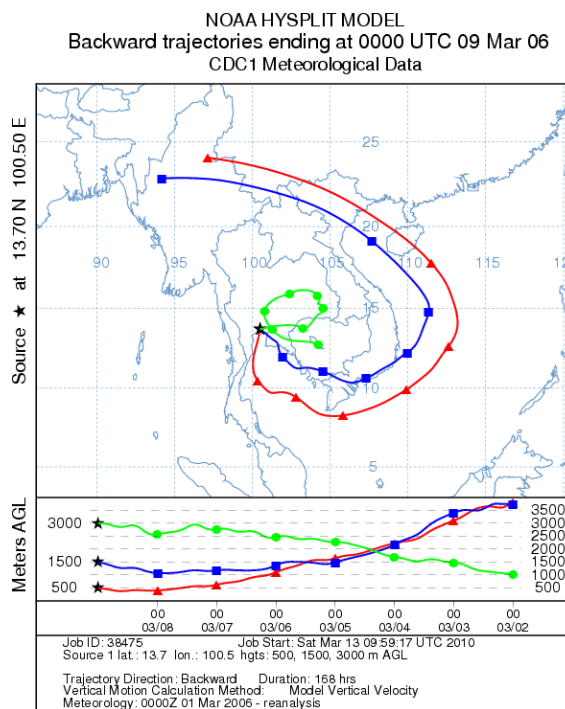
รูปที่ 10 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมการเคลื่อนตัวของพายุฝุ่นที่พัดมาจากประเทศจีน ในวันที่ 9 - 13 เดือนมีนาคม ปี พ.ศ.2549



รูปที่ 11 แผนที่อากาศผิวพื้น วันที่ 11 มีนาคม 2549



รูปที่ 12 แผนที่ลมชั้นบน วันที่ 11 มีนาคม 2549

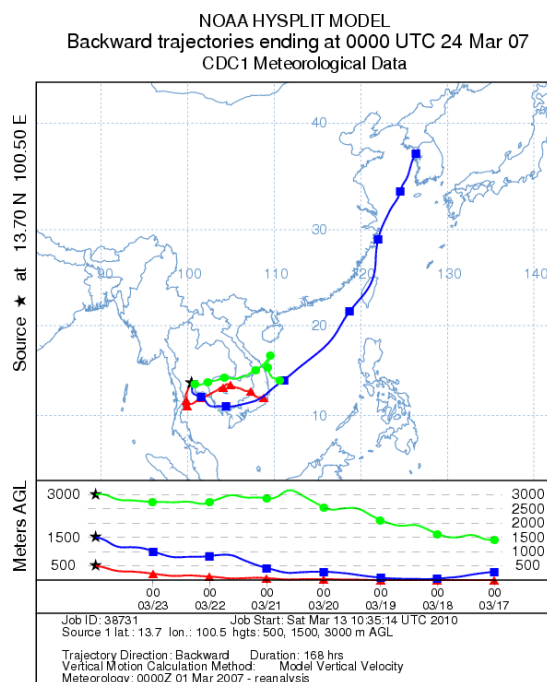


รูปที่ 13 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 2 มีนาคม 2549

เดือนเมษายนมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 7 10 และวันที่ 18 บริเวณภาคกลางตอนเหนือ และตะวันออกของประเทศจีนที่พัดมาจากทะเลทรายโกบี (Gobi) จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และจากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling จากวันที่ 7 มีนาคม พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย ส่วนวันที่ 10 และ 18 ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศฟิลิปปินส์ เดือนพฤษภาคมมีรายงาน

เกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 7 บริเวณตะวันออกของประเทศจีน แล้วพัดไปทางตอนเหนือของประเทศจีน จากการศึกษารายภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และ ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling จากวันที่ 7 เมษายน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย และประเทศฟิลิปปินส์

ในปี พ.ศ. 2550 เดือนมีนาคมมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 24 และวันที่ 30 บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน จากการศึกษารายภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และ ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling จากวันที่ 24 มีนาคมพบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากพื้นที่ใกล้เคียงประเทศไทย และทางตะวันออกของประเทศจีน (รูปที่ 14) ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย ในกรณีนี้ทำให้เห็นได้ว่าปริมาณ PM10 ที่เพิ่มขึ้นอาจจะมาจากแหล่งที่ห่างไกลเช่นประเทศจีนหรือในพื้นที่ใกล้เคียงได้เช่นกัน

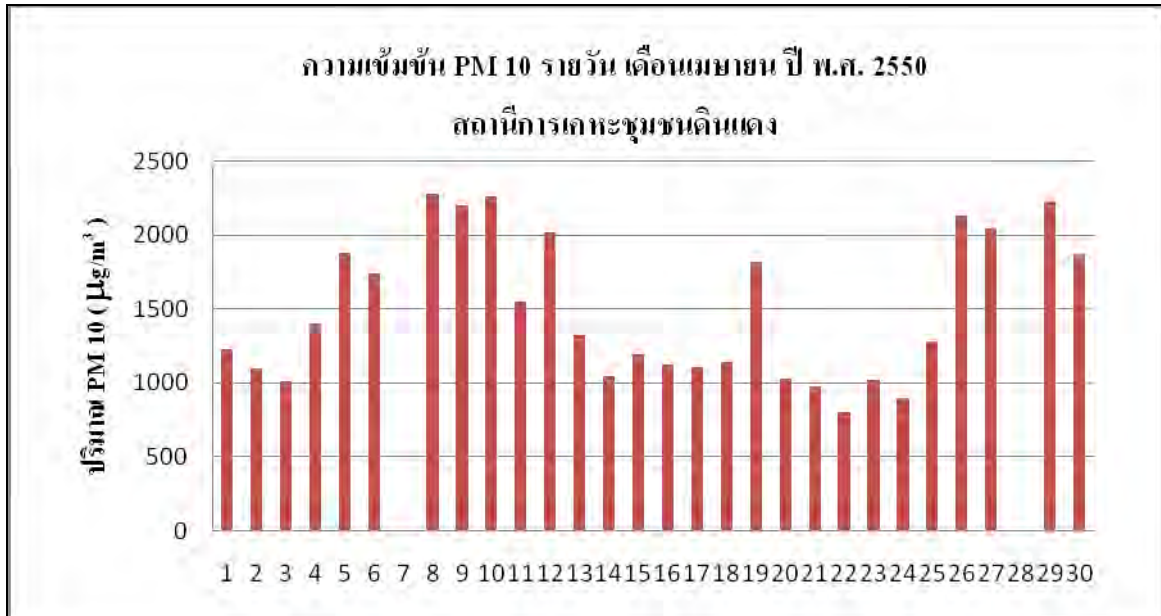


รูปที่ 14 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 24 มีนาคม 2550

เดือนเมษายนมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 24 และวันที่ 30 บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน จากการศึกษารายภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 24 เมษายน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากอ่าวไทย และประเทศฟิลิปปินส์ และวันที่ 30 เมษายน มวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศฟิลิปปินส์

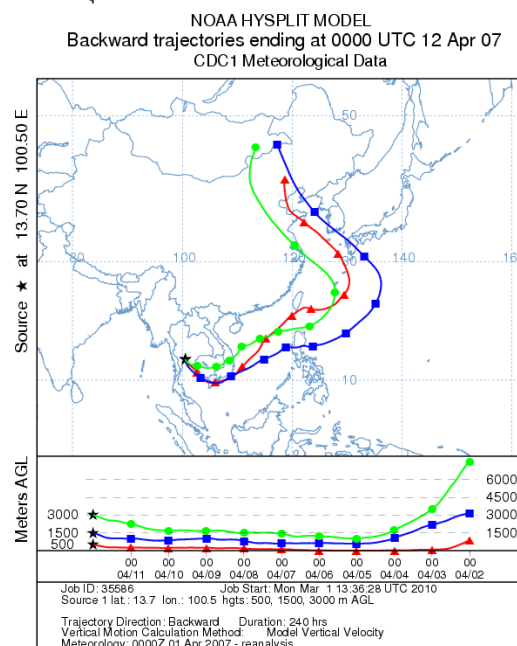
ส่วนในวันที่ไม่มีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่น แต่มีค่า PM10 สูง (รูปที่ 15) เมื่อพิจารณาจาก HYSPLIT backward trajectory modeling พบว่าส่วนใหญ่มวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากทางตะวันออกของ

ประเทศจีน ในวันที่ 8 - 10 และ 12 เมษายน มาจากประเทศจีนเห็นอย่างชัดเจน (รูปที่ 16 และภาคผนวก) ส่วนวันอื่นๆ มาจากประเทศฟิลิปปินส์ และจากการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอย ในช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นมีความแตกต่างจากวันปกติ



รูปที่ 15 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2550

ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง

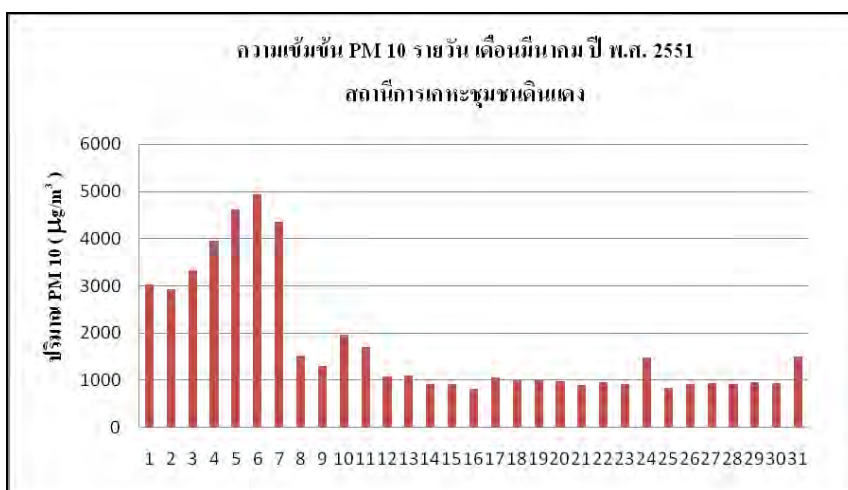


รูปที่ 16 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 12 เมษายน 2550

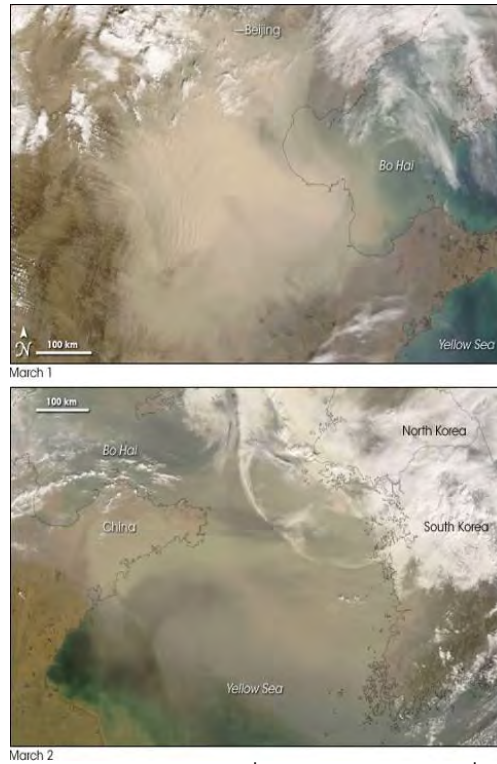
เดือนพฤษภาคมมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 7 10 และ 19 บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน บริเวณทะเลทรายตะกะมากัน (Taklimakan) จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และจากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 7 ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศฟิลิปปินส์ วันที่ 10 ย้อนหลังไป 7

วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย และวันที่ 19 ย้อนหลังไป 7 วัน พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งจะเห็นได้ว่า PM10 เคลื่อนที่มาจากแหล่งอื่นที่ไม่ใช่ประเทศจีน

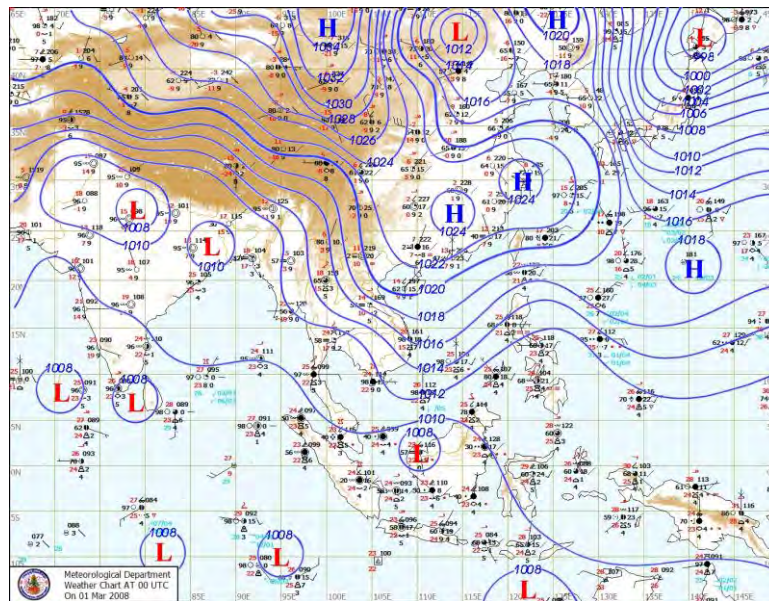
ในปี พ.ศ. 2551 เดือนมีนาคมมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 1 และวันที่ 2 บริเวณตะวันออกของประเทศจีน และเคลื่อนตัวข้ามผ่านทะเลเหลืองไปยังประเทศเกาหลี ซึ่งเดิมที่พัฒมาจากทะเลทรายโกบี จากกราฟปริมาณความเข้มข้นของละอองลอยช่วงที่เกิดเหตุการณ์พายุฝุ่น ในวันที่ 1 - 7 (รูปที่ 17) จะเห็นได้ว่าสูงอย่างชัดเจน จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม (รูปที่ 18) แผนที่อากาศ แผนที่ลมชั้นบน และจากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มวันที่ 1 และ 2 ย้อนหลังไป 7 วัน (รูปที่ 19 20 21 และ 22 ตามลำดับ) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศจีน เช่นเดียวกัน และในวันที่ 3 - 7 ค่า PM10 สูง จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มวันที่ 3,4 และ 5 ย้อนไป 7 วัน (ภาคผนวก) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศจีน และประเทศอินเดีย รวมทั้งแถบภูมิภาคตะวันออกกลาง ซึ่งบริเวณนี้มีแหล่งของทะเลทรายหลายแห่ง นอกจากนี้ในวันที่ 6 และ 7 (ภาคผนวก) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศจีน จากการทดสอบสมมติฐาน ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอยในช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นมีความแตกต่างจากวันปกติ



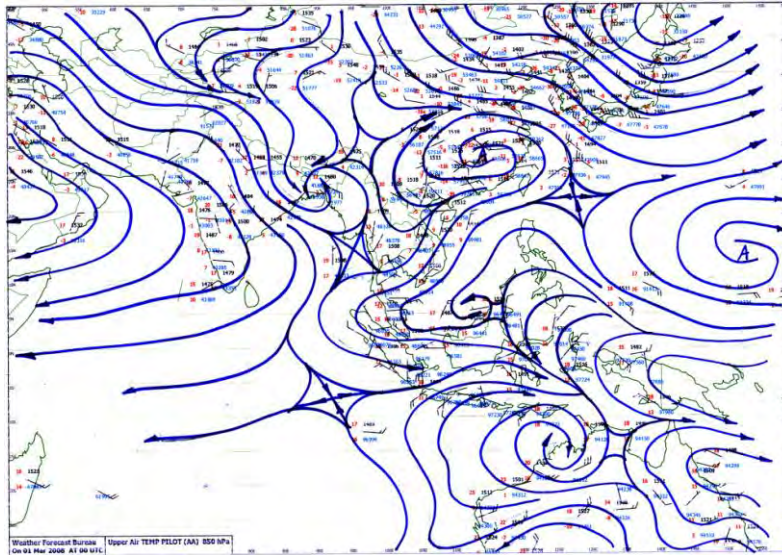
รูปที่ 17 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2551 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง



รูปที่ 18 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมการเคลื่อนตัวของพายุฝุ่นที่พัดมาจากประเทศจีน ในวันที่ 1 - 2 เดือนมีนาคม ปี พ.ศ.2551

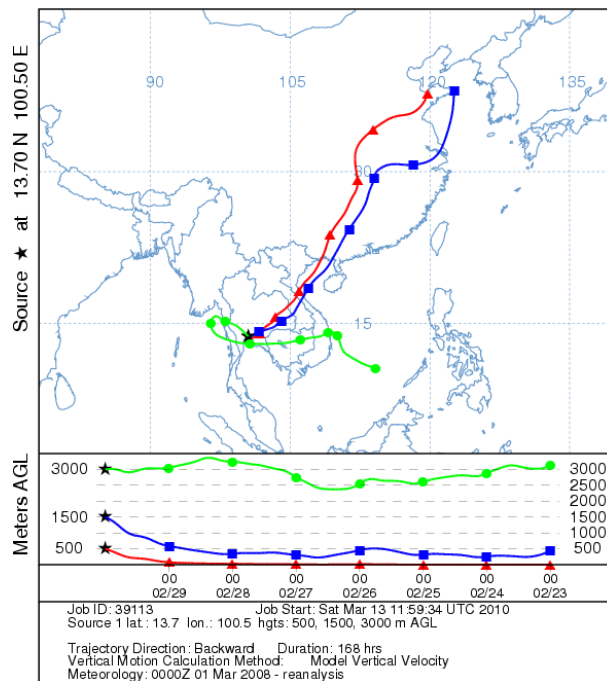


รูปที่ 19 แผนที่อากาศ วันที่ 1 มีนาคม 2551

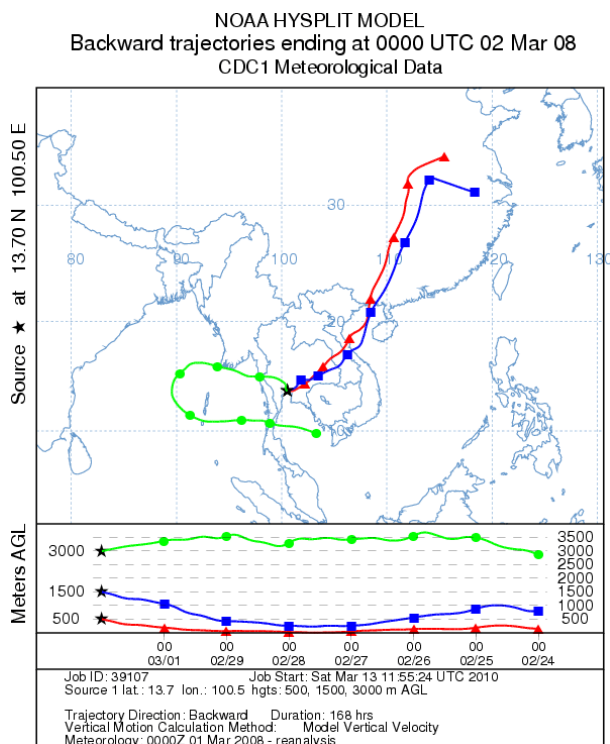


รูปที่ 20 แผนที่ลมชั้นบน วันที่ 1 มีนาคม 2551

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0000 UTC 01 Mar 08
CDC1 Meteorological Data



รูปที่ 21 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 1 มีนาคม 2551



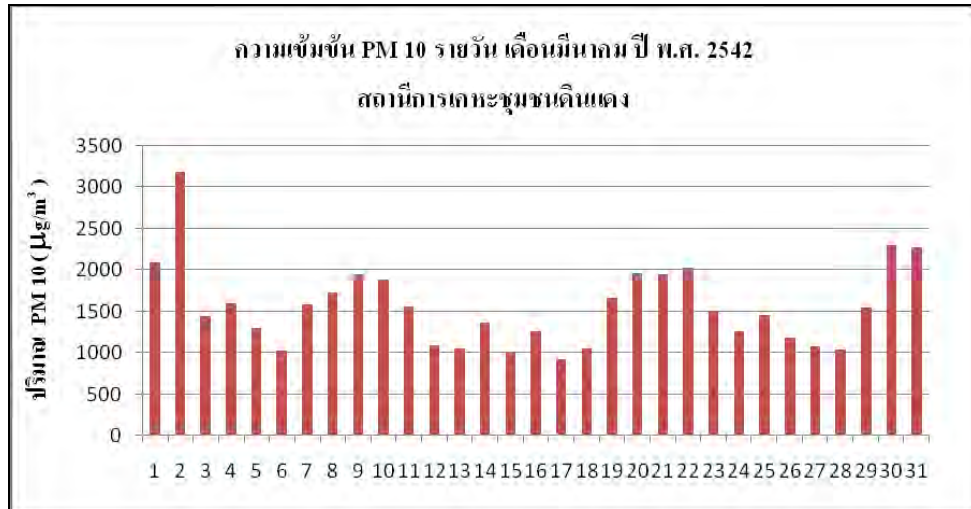
รูปที่ 22 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 2 มีนาคม 2551

เดือนพฤษภาคมมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 27 และวันที่ 28 บริเวณตอนเหนือของประเทศจีน ที่พัดมาจากมองโกเลีย จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และ ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 27 และ 28 พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย (ภาคผนวก)

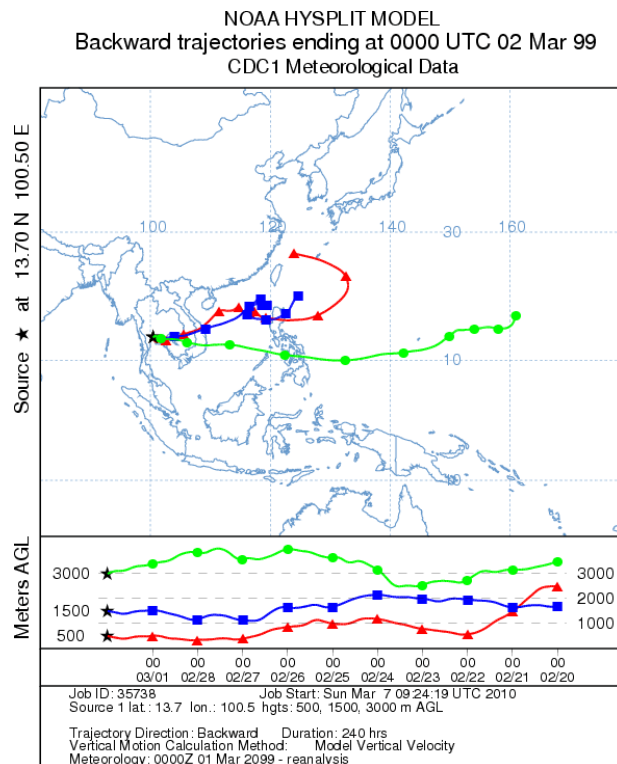
ปี พ.ศ. 2552 เดือนเมษายนมีรายงานเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นที่ประเทศจีนในวันที่ 17 23 - 24 บริเวณตอนเหนือและทิศตะวันออกของประเทศจีน ที่พัดมาจากทะเลทรายตากะลิมากัน (Taklimakan) จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และ ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 17 ย้อนหลังไป 7 วัน (ภาคผนวก) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย และประเทศฟิลิปปินส์ และจากวันที่ 23 และ 24 (ภาคผนวก) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากแถบภูมิภาคตะวันออกกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแหล่งทะเลทรายอยู่หลายแห่ง

ส่วนในปี พ.ศ. 2542 และ ปี พ.ศ. 2543 ที่มีค่าความเข้มข้นของละอองลอย PM10 สูง แต่ไม่พบรายงานการเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่น ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจอยากจะทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้ของแหล่งที่มาของละอองลอย จากกราฟปริมาณความเข้มข้นของละอองลอยเดือนมีนาคม ในปี พ.ศ. 2542 (รูปที่ 23) พบว่า วันที่ 1-2 วันที่ 9 วันที่ 19-22 และ วันที่ 30-31 เพิ่มสูงชัดเจน จึงได้ทำการศึกษาและพบว่าในวันที่ 1 - 2 มีนาคม 2542 จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 2 มีนาคม (รูปที่ 24) มวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากทางตะวันออกของประเทศจีน ส่วนวันที่ 9 มีนาคม (รูปที่ 25) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย และแถบภูมิภาค

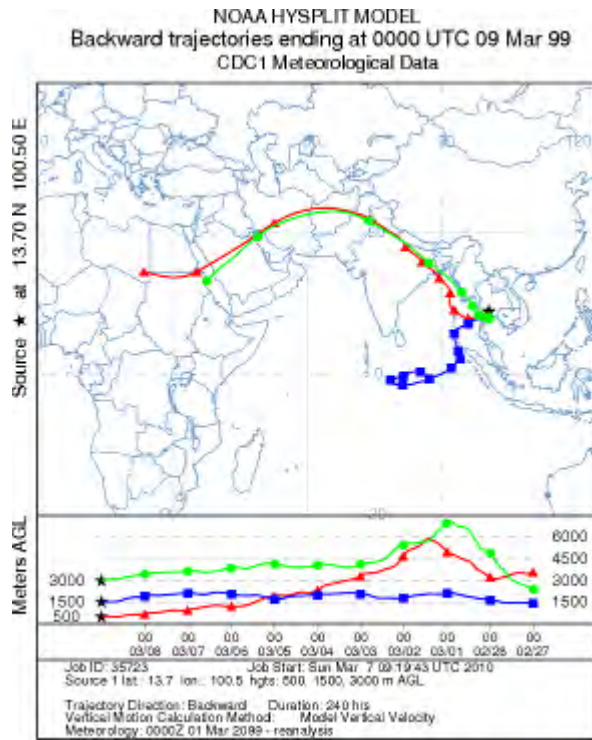
ตะวันออกกลาง ซึ่งบริเวณนี้มีแหล่งของทะเลทรายหลายแห่ง นอกจากนี้ในวันที่ 22 มีนาคม (รูปที่ 26) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศอินเดีย และในวันที่ 31 มีนาคม (รูปที่ 27) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากอ่าวไทย และประเทศฟิลิปปินส์ นั่นคือการเพิ่มขึ้นของ PM10 มาจากหลายแหล่งของละอองลอย



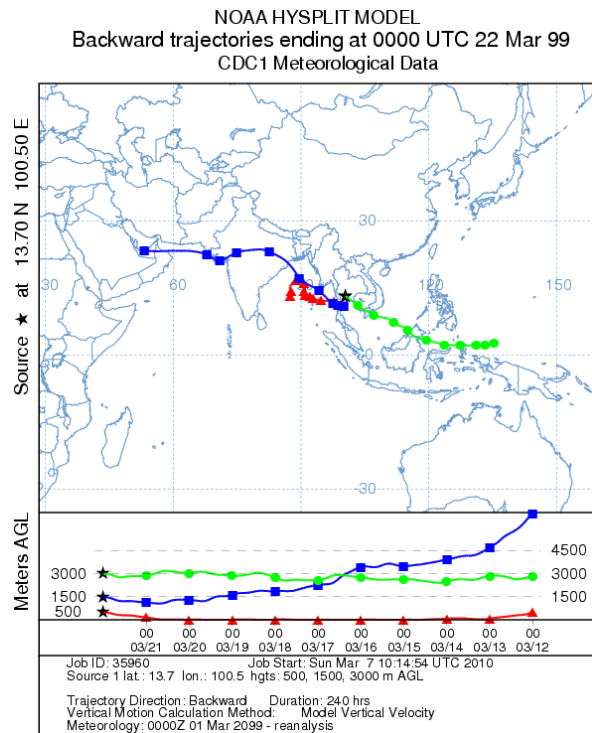
รูปที่ 23 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2542 ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง



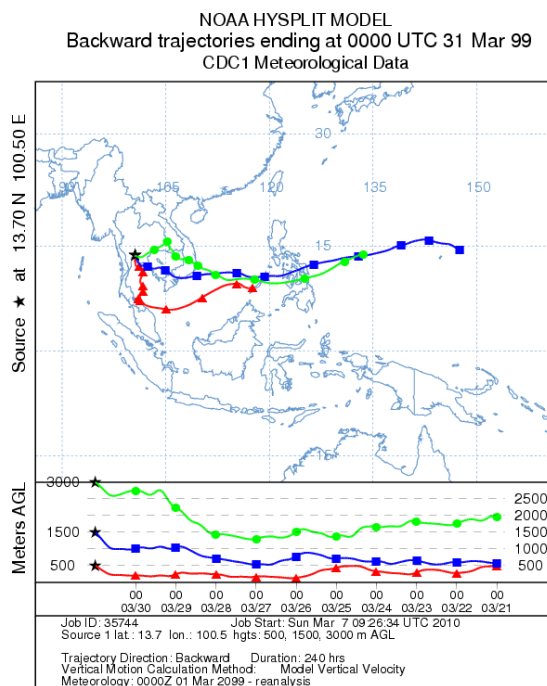
รูปที่ 24 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 2 มีนาคม 2542



รูปที่ 25 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 9 มีนาคม 2542



รูปที่ 26 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 22 มีนาคม 2542



รูปที่ 27 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 31 มีนาคม 2542

จากกราฟปริมาณความเข้มข้นของละอองลอยเดือนพฤษภาคม วันที่ 10-14 และวันที่ 20 เพิ่มสูง จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling (ภาคผนวก) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย

ปี พ.ศ. 2543 จากกราฟปริมาณความเข้มข้นของละอองลอยเดือนมีนาคม (ภาคผนวก) วันที่ 1-3 วันที่ 13-14 และวันที่ 24-28 เพิ่มสูงชัดเจน จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling ย้อนหลังไป 7 วัน เริ่มจากวันที่ได้กล่าวมา พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากประเทศจีน เป็นส่วนใหญ่ของวันที่ 1 2 3 27 และ 28 (ภาคผนวก) ส่วนในวันที่ 13 พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย ในวันที่ 24 พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากพื้นที่ใกล้เคียงประเทศไทยและประเทศฟิลิปปินส์ และในวันที่ 25 - 26 พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากแถบภูมิภาคตะวันออกกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแหล่งทะเลทรายอยู่หลายแห่ง ในกรณีนี้จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของ PM10 อย่างชัดเจนไม่ได้เกิดจากเหตุการณ์พายุฝุ่นจากประเทศจีน แต่ก็อาจมีแหล่งของการพัดพามาจากประเทศจีน มหาสมุทรอินเดีย แถบภูมิภาคตะวันออกกลางหรือแม้แต่พื้นที่ใกล้เคียงประเทศไทย

เดือนเมษายนจากกราฟปริมาณความเข้มข้นของละอองลอยเดือนเมษายน (ภาคผนวก) วันที่ 8 และ 20 เพิ่มสูง จากการทำ HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มวันที่ 8 และ 20 ย้อนไป 7 วัน (ภาคผนวก) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย

เดือนพฤษภาคมจากกราฟปริมาณความเข้มข้นของละอองลอย (ภาคผนวก) วันที่ 2 14 23 และ 27 เพิ่มสูง จากการทำHYSPLIT backward trajectory modeling วันที่ 2 14 23 และ 27 ย้อนไป 7 วัน (ภาคผนวก) พบว่ามวลอากาศมีการเคลื่อนที่มาจากมหาสมุทรอินเดีย

3.3 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูล PM10 ในช่วงเวลาที่มีพายุฝุ่นในประเทศจีนซึ่งมักจะเกิดในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายนของทุกปี พบว่าความเข้มข้นของ PM10 มักจะมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับการเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีน แต่เมื่อได้มีการ วิเคราะห์เพิ่มเติมโดยพิจารณาจาก HYSPLIT backward trajectory modeling โดยทำย้อนหลังไป 7 วันพบว่ามีความแตกต่างของเส้นทางเดินของละอองลอยแตกต่างกัน โดยในเดือนมีนาคมซึ่งลักษณะอากาศส่วนใหญ่ยังคงได้รับอิทธิพลจากบริเวณความกดอากาศสูงจากจีน ทำให้มีการเคลื่อนที่ของฝุ่นจากบริเวณดังกล่าวมายังประเทศไทยเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฝุ่นในกรุงเทพมหานครที่เพิ่มสูงขึ้นมากในช่วงเวลาที่มีพายุฝุ่น แต่ในเดือนเมษายนและพฤษภาคมเป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลงฤดูจากฤดูร้อนไปเป็นฤดูฝนในประเทศไทยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลม ลมส่วนใหญ่จะมาจากมหาสมุทรอินเดียและบางช่วงเวลาจะมาจากทางด้านฟิลิปปินส์ ด้วยเหตุนี้ถึงแม้จะมีปริมาณความเข้มข้นของ PM10 ในช่วงเดียวกันกับการเกิดพายุในประเทศจีน แต่ด้วยเส้นทางเคลื่อนที่ของละอองลอยจากโมเดลแสดงให้เห็นว่าละอองลอยในช่วงดังกล่าวเป็นละอองลอยจากแหล่งกำเนิดอื่น และน่าจะเป็นละอองลอยต่างชนิดกันกับละอองที่พบในช่วงของการเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีน อย่างไรก็ตามเพื่อให้การศึกษาชัดเจนขึ้นจำเป็นต้องอาศัยการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ทางเคมีของละอองลอย

นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตจากปริมาณความเข้มข้นของ PM10 ที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาที่มีพายุฝุ่นในประเทศจีน และเมื่อทำแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์เส้นทางเดินของละออง หากพบว่ามีเส้นทางเดินมาจากบริเวณที่พายุฝุ่นในประเทศ จากการศึกษานี้จะพบว่ามีปริมาณการเพิ่มขึ้นของ PM10 อย่างชัดเจน

บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการกระจายตัวของละอองลอย PM_{2.5} จากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ใน ปี พ.ศ.2545 – 2549 และสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในปี พ.ศ. 2544 - 2550 พบว่ามีการกระจายตัวของละอองลอย PM_{2.5} ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดงมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา แต่ทั้งสองสถานีมีปริมาณสูง ในช่วงฤดูหนาวเหมือนกัน ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าส่วนใหญ่แล้วในช่วงฤดูหนาวซึ่งบรรยากาศมีความชื้นต่ำทำให้การกระจายตัวของ PM_{2.5} มีปริมาณสูง ส่วนละอองลอย PM_{2.5} ที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของแต่ละปีจะพบในช่วงฤดูฝน

ส่วนการกระจายตัวของละอองลอย PM₁₀ ซึ่งเลือกพิจารณาเฉพาะช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดความถี่บ่อยครั้งของเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีน จากสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปี พ.ศ.2551 – 2552 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าในปี พ.ศ.2551 ค่าความเข้มข้นของละอองลอย PM₁₀ สูงสุดในเดือนมีนาคม และค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ส่วนในปี พ.ศ. 2552 สูงสุดในเดือนพฤษภาคม และค่าต่ำสุดในเดือนเมษายน และจากสถานีการเคหะชุมชนดินแดง ปี พ.ศ.2542 – 2552 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติประกอบกับศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ลม แผนที่อากาศ และ ทำ HYSPLIT backward trajectory modeling ในช่วงที่มีรายงานการเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นในประเทศจีน พบว่าค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ สูง ในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2549 และ 2551 มวลอากาศมีการเคลื่อนตัวมาจากประเทศจีน และจากการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของละอองลอย ในช่วงเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นมีความแตกต่างจากวันปกติ

ในช่วงที่ไม่มีรายงานการเกิดเหตุการณ์พายุฝุ่นแต่ค่าความเข้มข้น PM₁₀ สูง พบว่ามีการเคลื่อนที่ของมวลอากาศมาจากประเทศจีน ในวันที่ 10 เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2547 และวันที่ 12 เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2550 วันที่ 1 2 3 27 และ 28 เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2543

ส่วนในวันที่มีค่าความเข้มข้นของละอองลอย PM₁₀ สูง แต่มวลอากาศไม่ได้เคลื่อนตัวมาจากประเทศจีน ส่วนใหญ่มาจากทางด้านตะวันตก มหาสมุทรอินเดีย และแถบภูมิภาคตะวันออกกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแหล่งทะเลทรายหลายแห่ง และในบางครั้งมาจากพื้นที่ใกล้เคียงประเทศไทย อ่าวไทย และฟิลิปปินส์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของละอองลอยนี้อาจเกิดขึ้นได้ในหลายกรณี ไม่ว่าจะเป็นจากพายุฝุ่น ละอองลอยที่เป็นเกลือจากทะเล หรือมีบางครั้งก็จะพบละอองลอยในพื้นที่ใกล้เคียงประเทศไทย ซึ่งหากต้องการทราบให้แน่ชัดอาจต้องมีการศึกษาทางเคมีของละอองลอยในการศึกษาต่อไป

4.2 ข้อเสนอแนะ

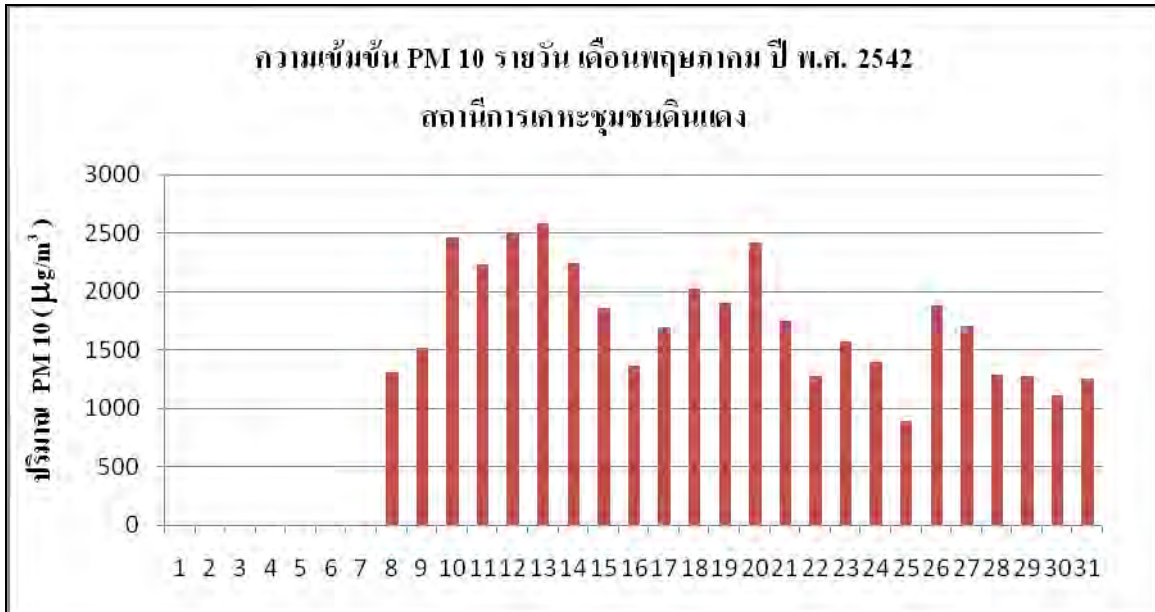
เนื่องจากโครงการวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้มีข้อจำกัดในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูล PM10 ในเบื้องต้นจะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของ PM10 ในกรุงเทพมหานครในเดือนมีนาคม เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการศึกษาควรที่จะมีการวางแผนและใช้ข้อมูลอื่น ๆ ร่วมในการวิเคราะห์ให้ละเอียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวางแผนการเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

รายการอ้างอิง

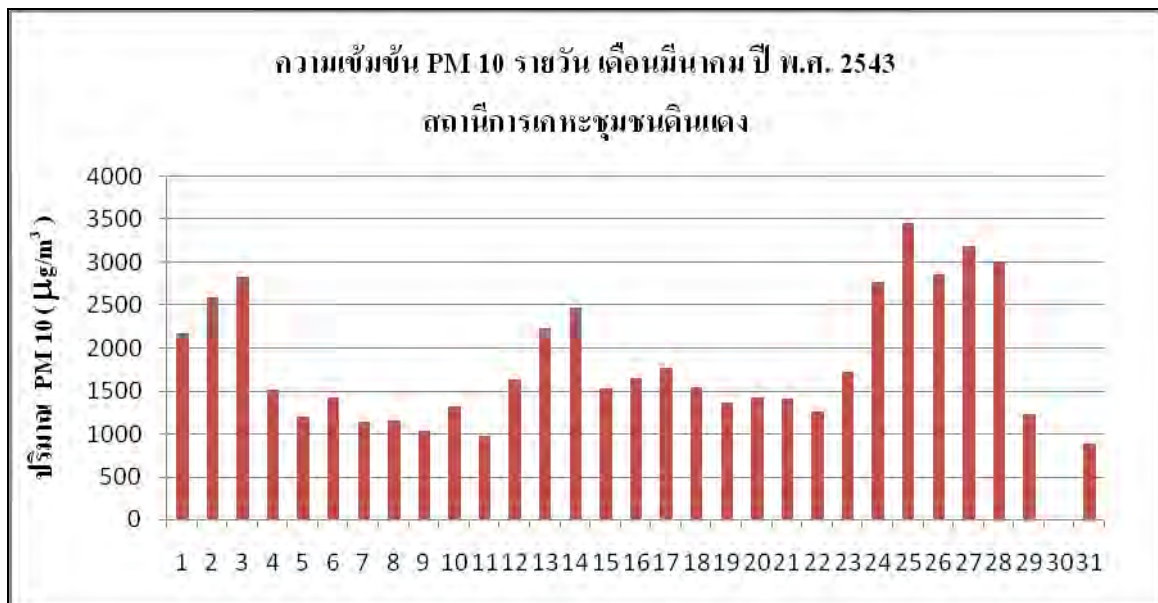
- สมชาย นาคะผดุงรัตน์ และคณะ 2547, Investigation of Surface Radiation Budget Thailand. คณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.
- อภินันตรี ยุทธพันธ์ .2549, การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของฝุ่นละอองในอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร.ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโลกศาสตร์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.
- Dey .S., Sachchida Nand Tripathi, and Ramesh P. Sing,2004. Influence of dust storms on the aerosol optical properties over the Indo-Gangetic basin. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 109, D20211, doi:10.1029/2004JD004924, 2004
- Goudie, A.S., 2009, Dust storms: Recent developments. Journal of Environmental Management Volume 90, Issue 1 : Pages 89-94
- Prasad Anup K. and Ramesh P. Singh,2007. Changes in aerosol parameters during major dust storm events(2001–2005) over the Indo-Gangetic Plains using AERONET and MODIS data. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 112, D09208 doi:10.1029/2006JD007778, 2007
- Vanderstraeten, P., Lenelle ,Y., Meurrens, A., Carati, D., Brenig, L., Delcloo , A., 2008, Dust storm originate from Sahara covering Western Europe:A case study. Atmospheric Environment Volume 42, Issue 21 : Pages 5489-5493
- Yang, Y. Q., Hou, Q., Zhou, C. H., Liu, H. L., Wang, Y. Q., and Niu, T., 2007, Sand/dust storms over Northeast Asia and associated large-scale circulations in spring 2006. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 7, 9259–9281, 2007
- Zhuang, G., Jinghua, G., Yuan, H. and Zhao, C.,2000, The compositions, sources, and size distribution of the dust storm from China in spring of 2000 and its impact on the global environment. Chinese Science Bulletin Volume 46, Number 11: Pages 895-900

ภาคผนวก ก

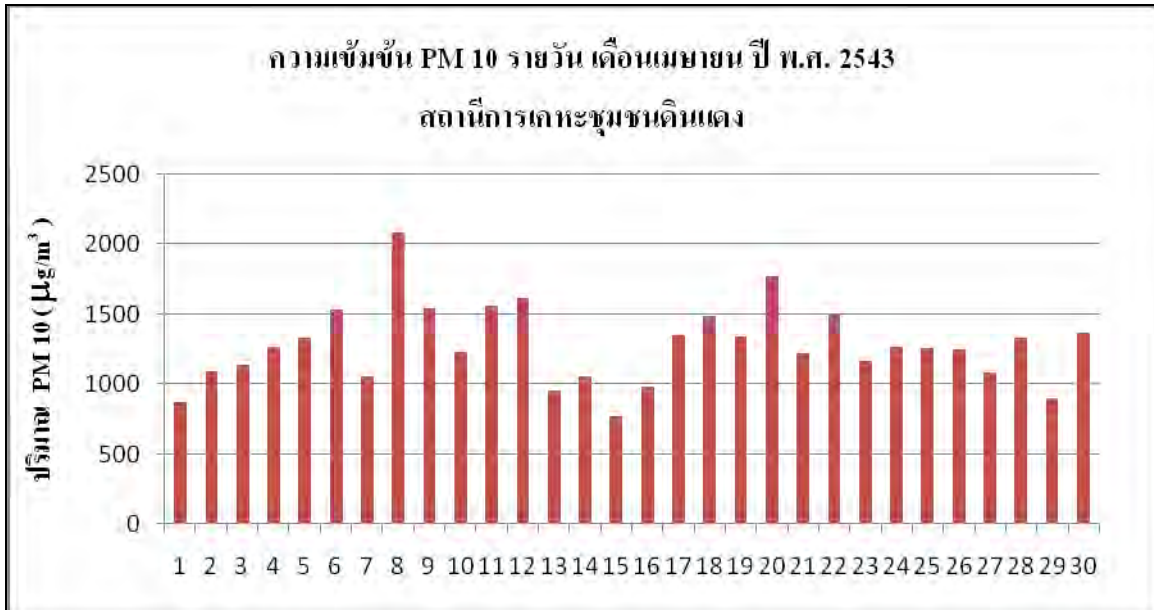
กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM10 รายวัน ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง



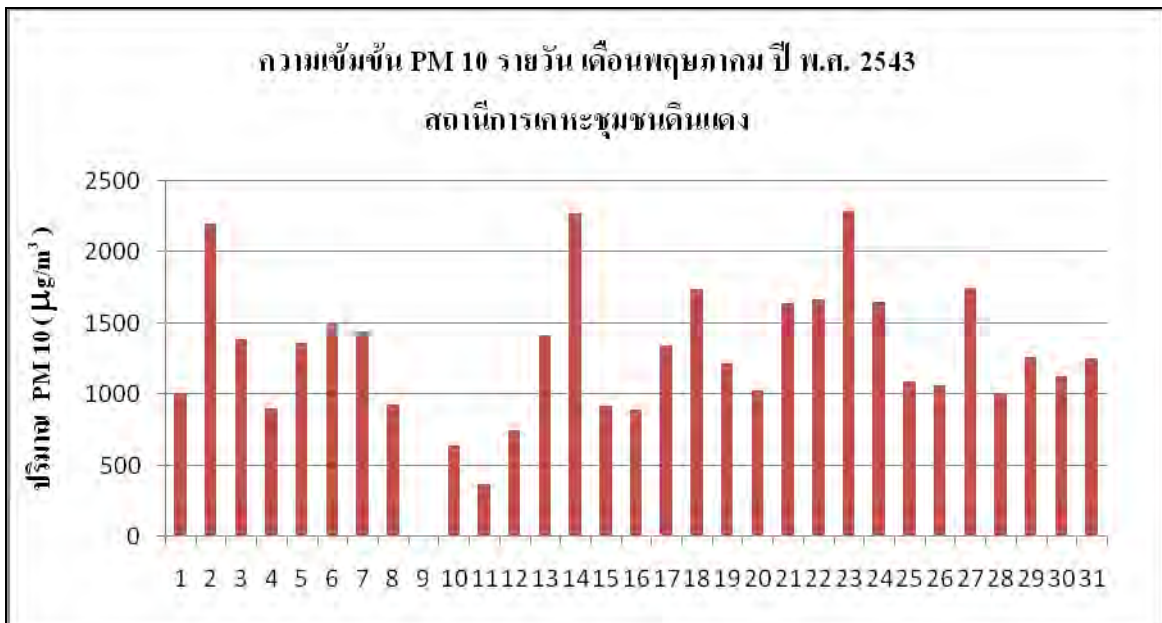
รูปที่ 1 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM 10 รายวัน เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2542
ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง



รูปที่ 2 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM 10 รายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2543
ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง



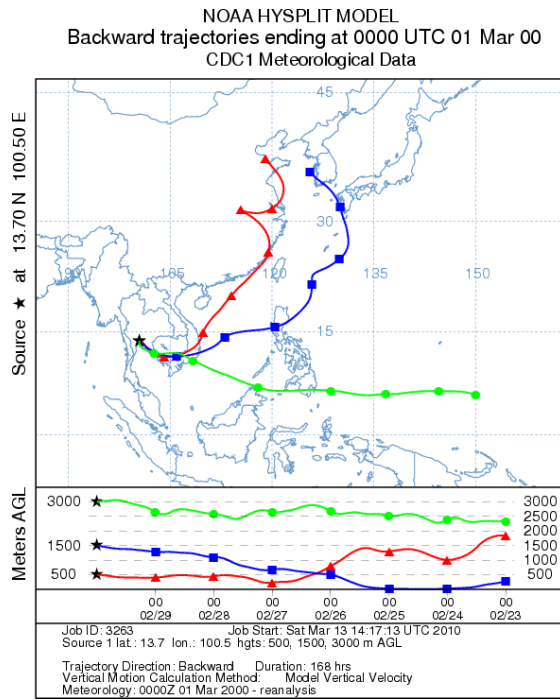
รูปที่ 3 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM 10 รายวัน เดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2543
ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง



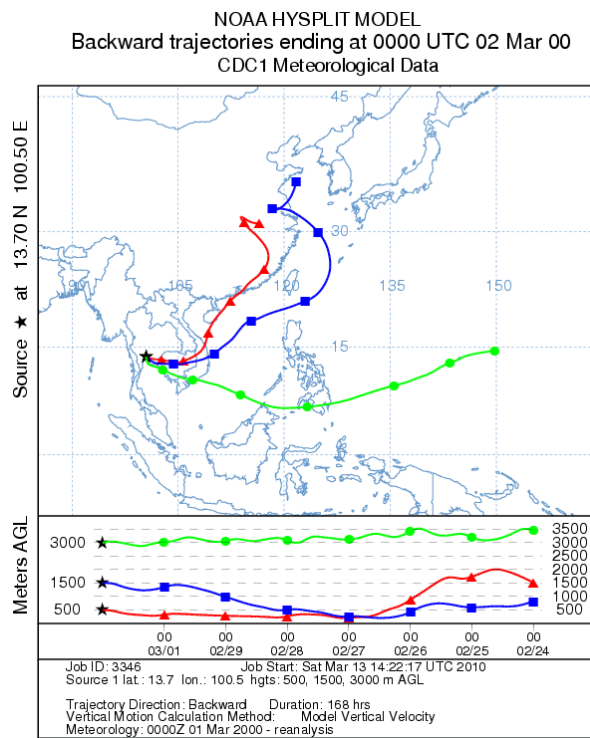
รูปที่ 4 กราฟแสดงความเข้มข้นของ PM 10 รายวัน เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2543
ของสถานีการเคหะชุมชนดินแดง

ภาคผนวก ข

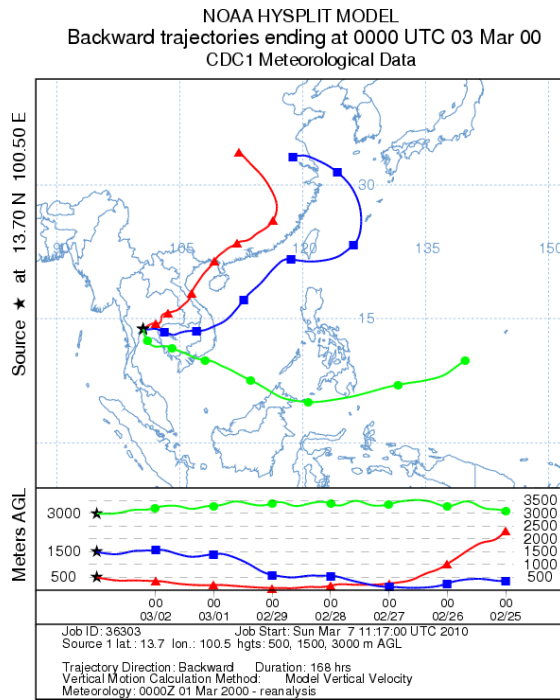
HYSPLIT backward trajectory modeling



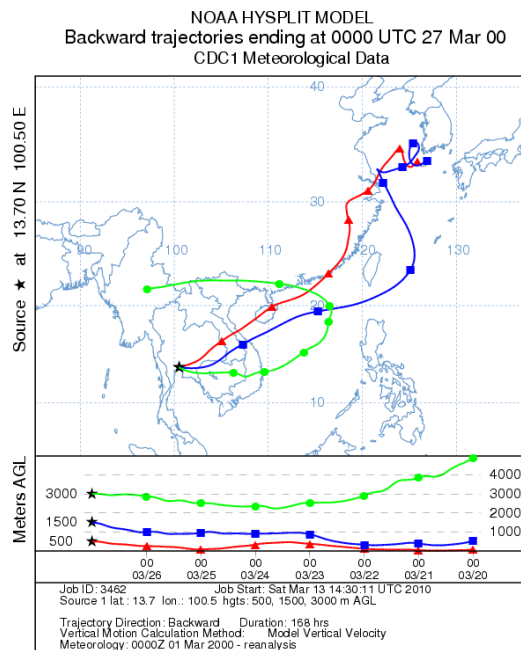
รูปที่ 1 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ มีนาคม 2543



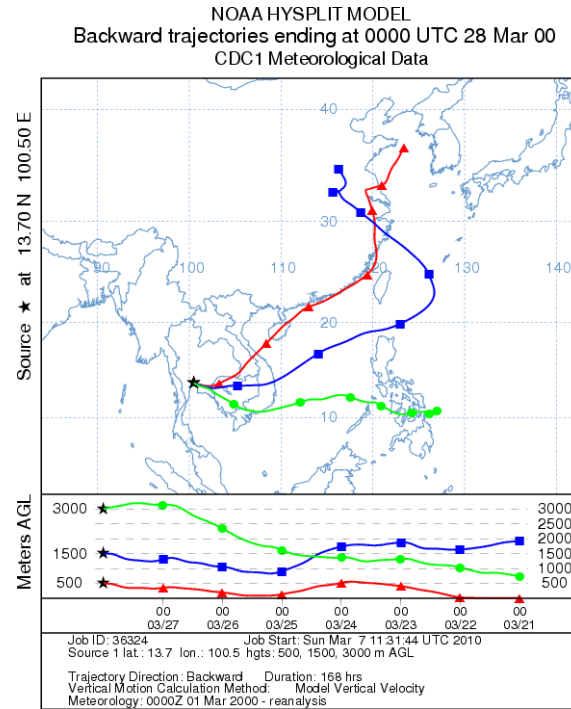
รูปที่ 2 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ มีนาคม 2543



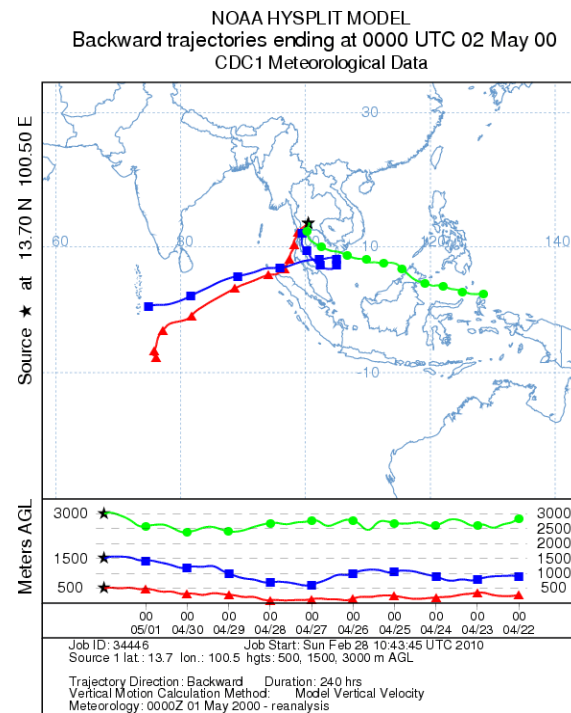
รูปที่ 3 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 3 มีนาคม 2543



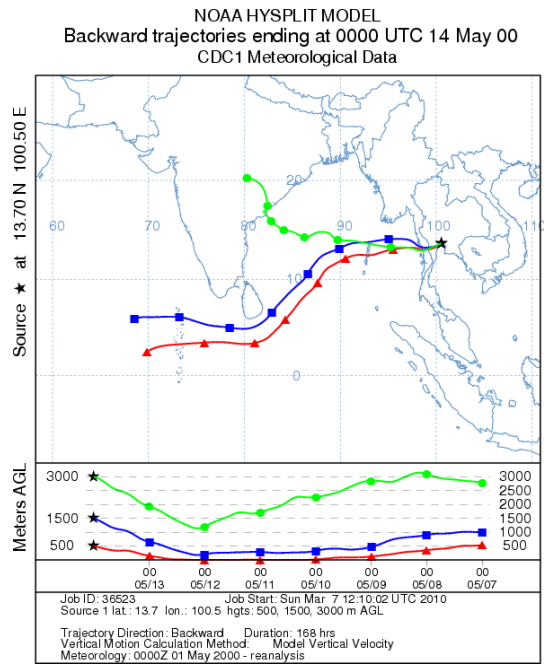
รูปที่ 4 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 27 มีนาคม 2543



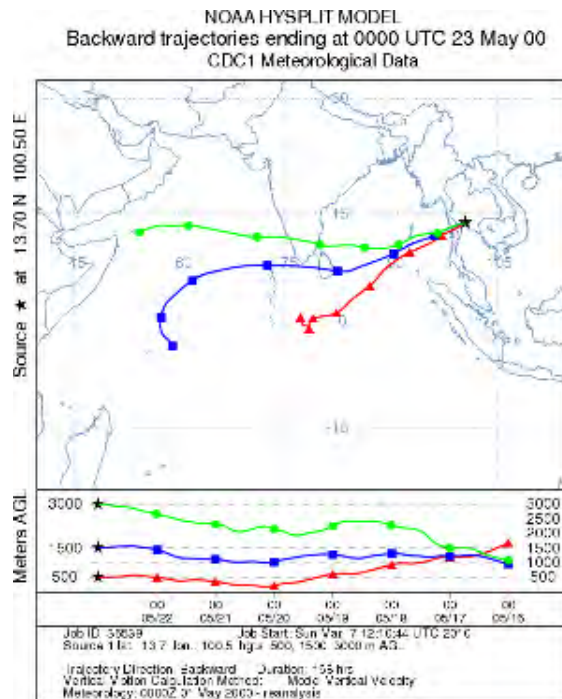
รูปที่ 5 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 28 มีนาคม 2543



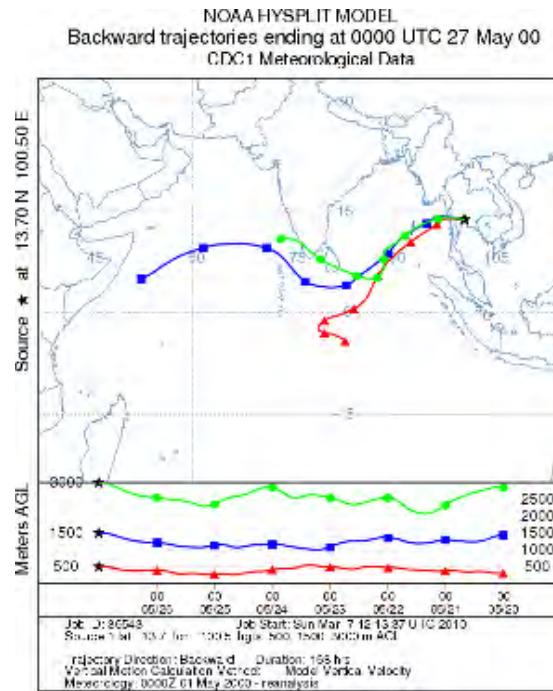
รูปที่ 6 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 2 พฤษภาคม 2543



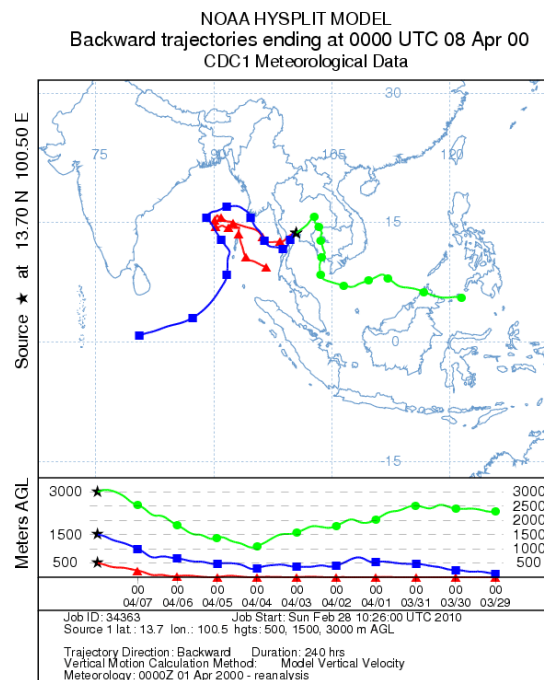
รูปที่ 7 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 14 พฤษภาคม 2543



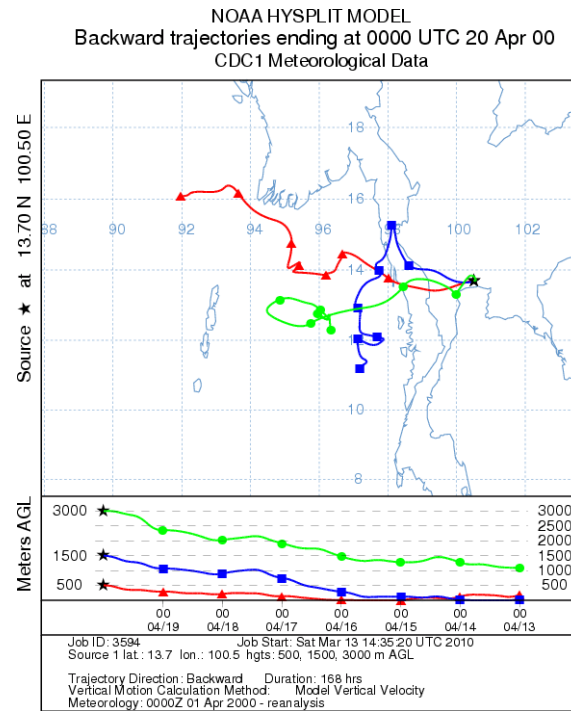
รูปที่ 8 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 23 พฤษภาคม 2543



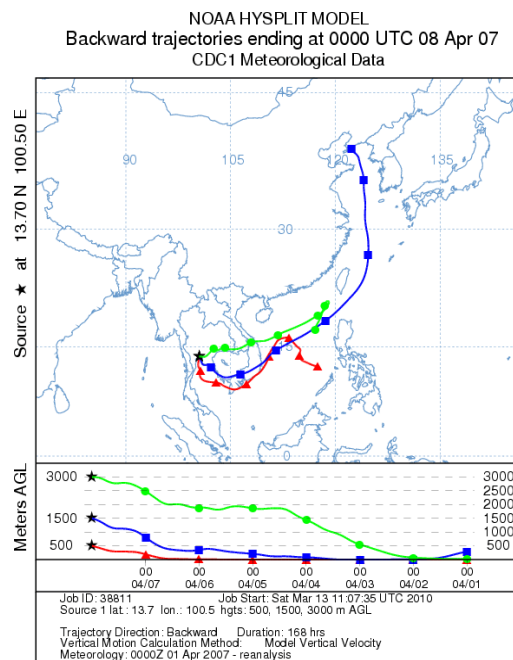
รูปที่ 9 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 27 พฤษภาคม 2543



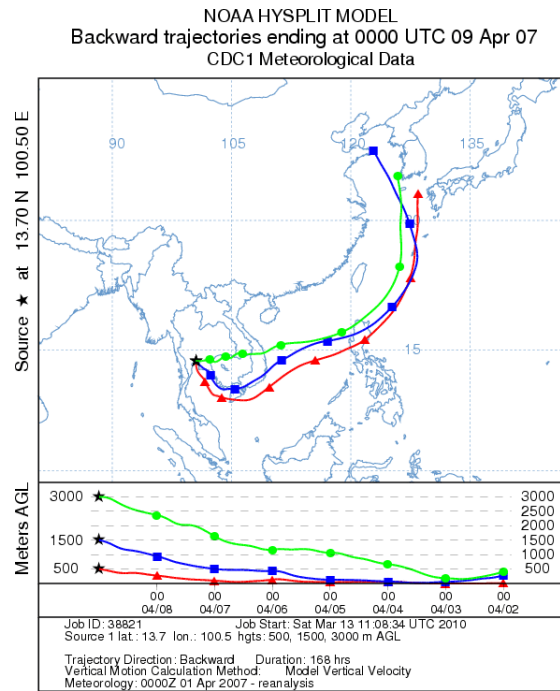
รูปที่ 10 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 8 เมษายน 2543



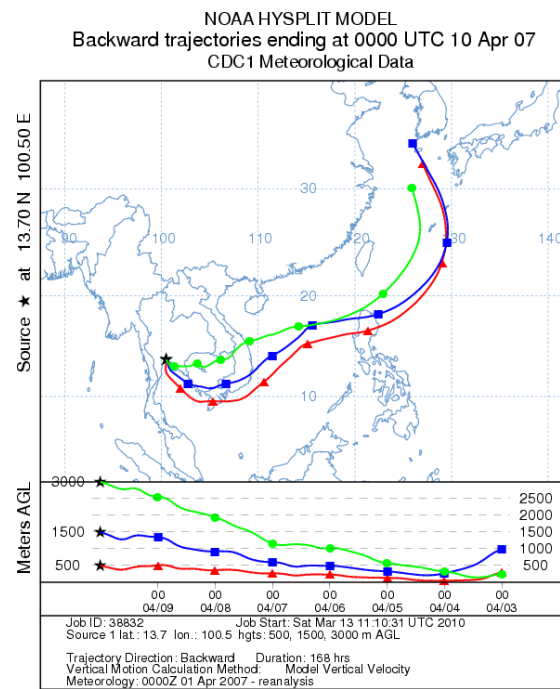
รูปที่ 11 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 20 เมษายน 2543



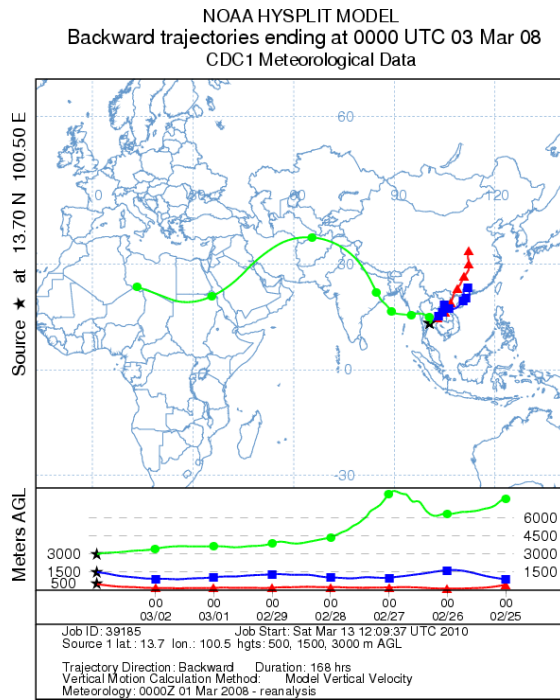
รูปที่ 12 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 8 เมษายน 2550



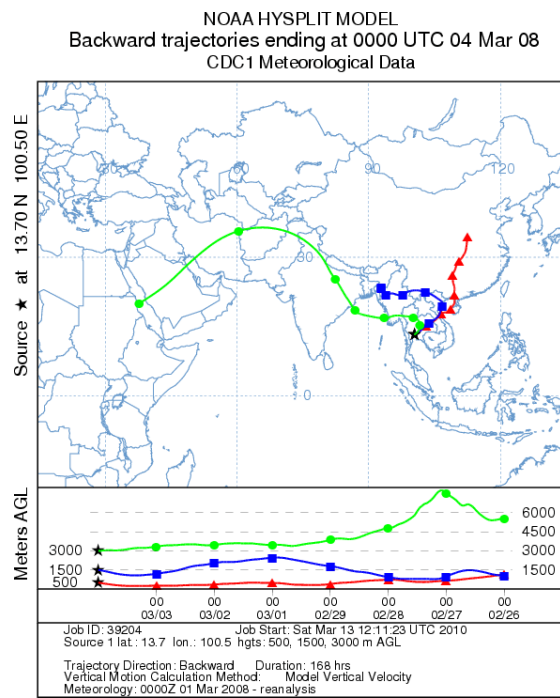
รูปที่ 13 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 9 เมษายน 2550



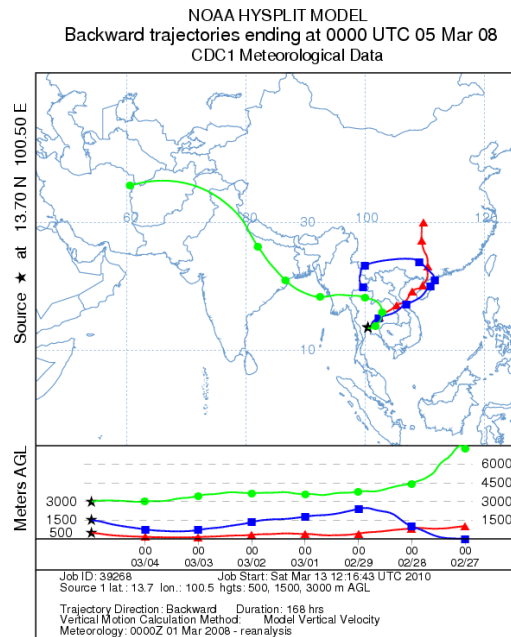
รูปที่ 14 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 9 เมษายน 2550



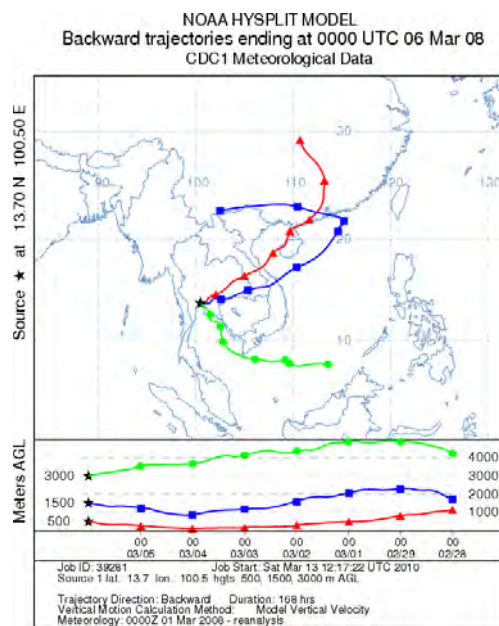
รูปที่ 15 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 3 มีนาคม 2550



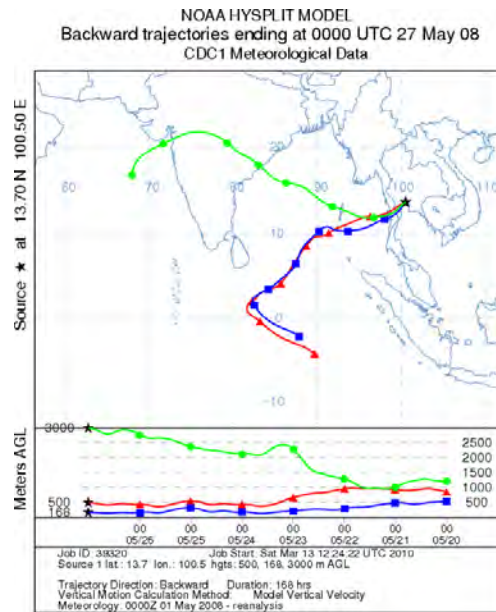
รูปที่ 16 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 4 มีนาคม 2551



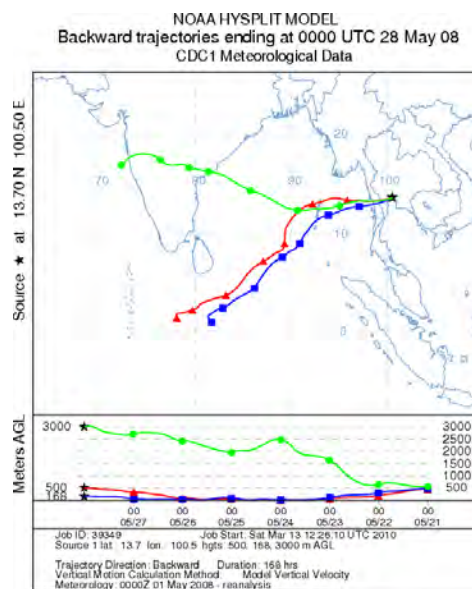
รูปที่ 17 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 5 มีนาคม 2551



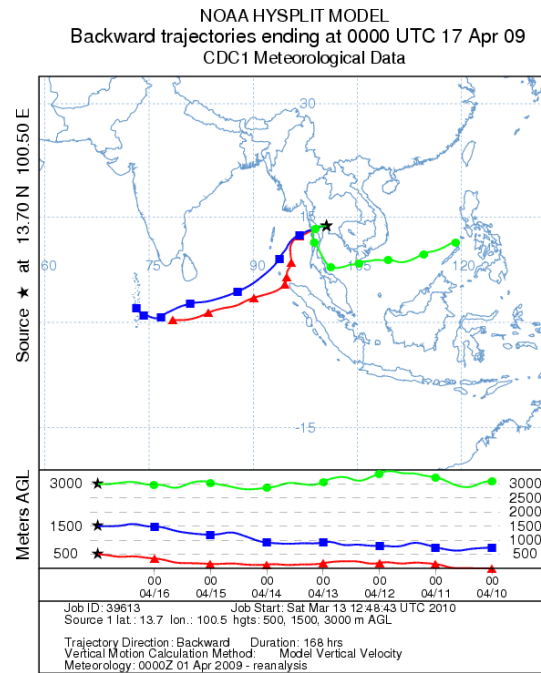
รูปที่ 18 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 6 มีนาคม 2551



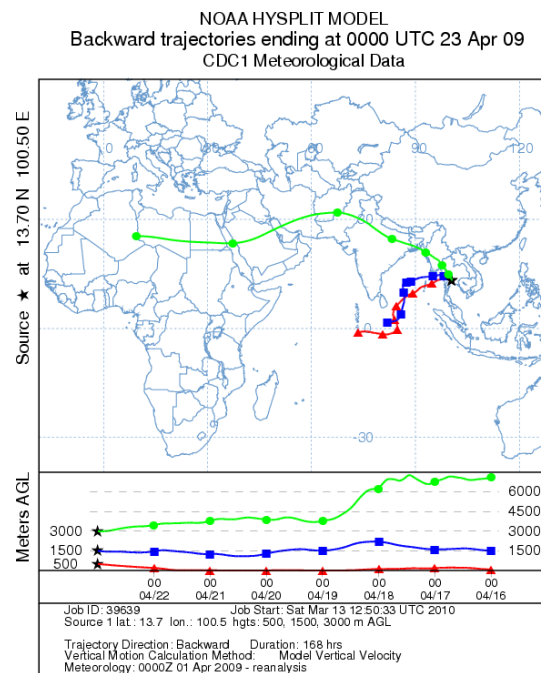
รูปที่ 19 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 27 พฤษภาคม 2551



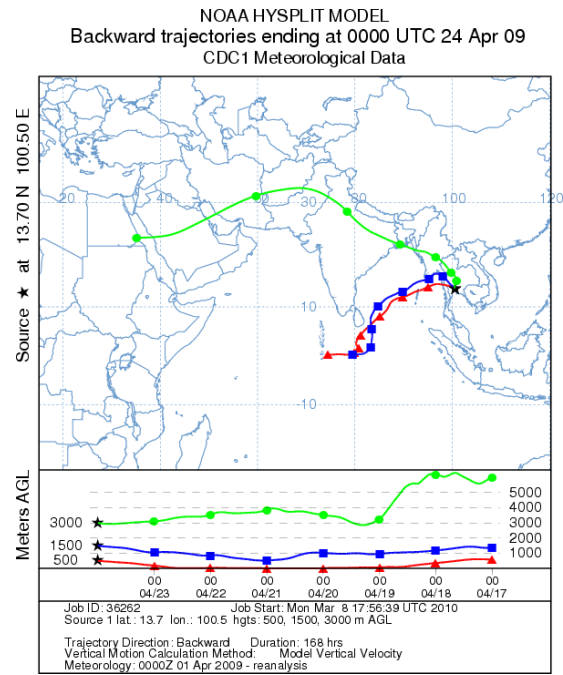
รูปที่ 20 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 28 พฤษภาคม 2551



รูปที่ 21 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 17 เมษายน 2552



รูปที่ 22 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 23 เมษายน 2552



รูปที่ 23 แสดง HYSPLIT backward trajectory modeling เริ่มจากวันที่ 24 เมษายน 2552