การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของฝุ่นละอองในอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร

นางสาวอภันตรี ยุทธพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโลกศาสตร์ ภาควิชาธรณีวิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TIME VARIATION OF AEROSOL IN BANGKOK

Miss Aphantree Yuttaphan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Earth Sciences

Department of Geology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

490763

Thesis Title	TIME VARIATION OF AEROSOL IN BANGKOK
By	Aphantree Yuttaphan
Field of study	Earth Sciences
Thesis Advisor	Sathon Vijarnwannaluk, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Boossarasiri Thana, M. Sc.

Accepted by the Faculty of science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

..... Dean of the Faculty of Science

(Professor Piamsak Menasveta, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Assistant Professor Sombat Yumuang, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Sathon Vijarnwannaluk, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor

(Boossarasiri Thana, M.Sc.)

..... Member

(Assistant Professor Somchai Nakapadungrat, Ph.D.)

..... Member

(Vanisa Surapipith, Ph.D.)

อภันตรี ยุทธพันธ์: การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของฝุ่นละอองในอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร. (TIME VARIATION OF AEROSOL IN BANGKOK) อ. ที่ปรึกษา: ดร. สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม: น.ส. บุศราศิริ ธนะ จำนวนหน้า 101 หน้า.

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของฝุ่นละอองในอากาศบริเวณกรุงเทพมหานครโดยใช้ข้อมูล aerosol optical thickness (AOT), Angstrom exponent และปริมาตรการกระจายของขนาดฝุ่นละอองจากการตรวจวัดของ Aerosol Robotic Network (AERONET) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2546 – กันยายน 2547 ที่สถานีจุฬาลงกรณ์ เปรียบเทียบกับสถานี AERONET อื่นๆ ในประเทศไทย ได้แก่ สถานีอมก๋อย มุกดาหาร พิมาย และหัวหิน นอกจากนี้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในช่วงเวลาเดียวกันและข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ที่โรงเรียนนนทรีวิทยาระหว่าง พ.ศ. 2540-2547 ได้นำมาใช้ในการศึกษาด้วย ผลการวิเคราะห์พบการผันแปรตามฤดูกาลของฝุ่นละออง โดย AOT มีค่าสูงเป็นส่วนมากในช่วงฤดูร้อนกับฤดูหนาว และมีค่าต่ำกว่าในช่วงฤดูฝน จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลระหว่าง AOT และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในตอนกลางวัน พบว่าในช่วงฤดูร้อนเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยนี้สูงกว่า 33 องศาเซลเซียส ค่า AOT ส่วนมากจะสูงกว่า 0.4 ส่วนในฤดูหนาว AOT จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยนี้ลดลงมากกว่า 2 องศาเซลเซียสเนื่องจากอิทธิพลของความกดอากาศสูงจากประเทศจีนปกคลุมประเทศไทยตอนบน สำหรับในช่วงฤดูฝน AOT จะมีค่าต่ำ เนื่องจากฝุ่นละอองได้ถูกขจัดออกจากบรรยากาศโดยฝน โดยเฉพาะเมื่อมีฝนสะสมใน 3 ชั่วโมงหรือฝนตกต่อเนื่องมากกว่า 10 มม. นอกจากนี้ยังพบว่าค่า AOT มีช่วงการเปลี่ยนแปลงทุก 4-7 วัน สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยนี้ โดย AOT จะเพิ่มขึ้นภายใน 1-2 วันหลังจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และในทำนองเดียวกันเมื่ออุณหภูมิลดลง ค่า AOT จะลดลงภายใน 1-2 วัน จากข้อมูล Angstrom exponent พบว่าบรรยากาศมีฝุ่นละอองอนุภาคละเอียดเป็นปริมาณมากในฤดูร้อนและฤดูหนาว สำหรับข้อมูลปริมาตรการกระจายของขนาดพบว่าฝุ่นละออง 2 มีกลุ่ม โดยส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองอนุภาคละเอียด (รัศมีน้อยกว่า 0.6 ไมครอน)

สำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของข้อมูล PM10 พบว่ามีการผันแปรตามวัฏจักรสอดคล้องกับสภาพการผันแปรภูมิอากาศรายฤดู โดยมีค่า PM10 ต่ำในช่วงฤดูฝน และมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....อภันตรี ยุทธพันธ์.....

สาขาวิชา.....โลกศาสตร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2549.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....บุศราศิริ ธนะ.....

4672489823 : MAJOR EARTH SCIENCES

KEY WORD: AEROSOL / AEROSOL OPTICAL THICKNESS

APHANTREE YUTTAPHAN: TIME VARIATION OF AEROSOL IN BANGKOK. THESIS ADVISOR: Mr. SATHON VIJARNWANNALUK, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: MISS BOOSSARASIRI THANA, M.Sc., 101 pp.

The study of time variation of aerosol in Bangkok was conducted by using the aerosol optical thickness (AOT), Angstrom exponent and aerosol volume size distribution data, which were obtained from a measurement through the Aerosol Robotic Network (AERONET) during February 2003 – September 2004 at Chulalongkorn site, comparing with other AERONET sites in Thailand, such as Omkoi, Mukdahan, Pimai and Huahin. In addition, the meteorological data in the same period and the particulate matter smaller than 10 μm (PM10) data at Nonsi Vitthaya school in Bangkok during 1997- 2004 were also used in this study. In summary, it was found that the seasonal variation of aerosol in term of AOT values was mostly high in summer and winter seasons with a relatively low in rainy season. By the comparison between the AOT values and daytime average air temperature in all seasons, found that in summer season while the air temperature was greater than 33 degrees celsius then most of AOT values were greater than 0.4. In winter season, the AOT values increased after the air temperature was decreased greater than 2 degrees celsius due to the influence of high pressure area from the Republic of China covered the upper part of Thailand. For rainy season, AOT values were relatively lower due to a rainfall has removed aerosols from the atmosphere, especially, whenever the 3 hours accumulated rainfall or continuous rainfall amount was greater than 10 mm. In addition, it was found that the variation period of AOT values showed as a cycle mostly within every 4-7 days, which corresponded to the variation of daytime average air temperature. The AOT increased within 1-2 days after air temperature increased. Conversely, When the air temperature decreased and then the AOT would decrease within 1-2 days later. Angstrom exponent values showed that the fine mode particles had been loading dominant in summer and winter seasons. For volume size distribution, it was founded that there were two modals and dominant by fine mode particles (radius less than 0.6 μm).

For the analysis of the PM10 time series, it was found that the cyclical variation of PM10 data had corresponded with climatic seasonal variation that PM10 had low concentration in rainy season and relatively high concentration in summer and winter seasons.

Department.....Geology.....Student'signature.....Aphantree Yuttaphan.....

Field of study.....Earth Science.....Advisor'signature.....Sathon Vijarnwannaluk.....

Academic year.....2006.....Co-advisor'signature.....B. Thana.....

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to acknowledge my thesis advisors, Dr. Sathon Vijarnwannaluk and Miss Boossarasiri Thana, for their valuable suggestion and recommendation.

In addition to, I would like to make sincere thanks to Brent Holben (AERONET) and his staff as well as Dr. Jariya Boonjawat (SEASTART) for establishing and maintaining the AERONET sites in Thailand and other AERONET sites in this study. And also, thank you to related government agencies; Thai Meteorological Department, Bureau of Royal Rainmaking and Agricultural Aviation, Pollution Control Department, Department of Energy Business, Department of Agriculture Extension and Department of National Park, Wildlife and Flora for data supporting in my completing of this study.

Lastly, thanks my parents and families, and also my colleagues for their encouraging and stimulating to the fruitfulness of my research works.

CONTENTS

page

ABSTRACT IN THAI..... iv

ABSTRACT IN ENGLISH..... v

ACKNOWLEDGEMENTS..... vi

CONTENTS..... vii

LIST OF FIGURES..... x

LIST OF TABLES..... xiii

CHAPTER I INTRODUCTION..... 1

1.1 Overview..... 1

1.2 Objective..... 2

1.3 Scope of the Study..... 2

1.4 Data Analysis..... 3

CHAPTER II AEROSOLS..... 4

2.1 Introduction..... 4

2.2 How Aerosols are Produced?..... 4

2.3 Major Physical Properties of Atmospheric Aerosol..... 5

2.3.1 Scatter, Absorb and Emit Electromagnetic Radiation..... 5

2.3.2 Cloud Condensation Nuclei..... 8

2.4 Transformation Processes..... 8

2.4.1 Gas to Particle Conversion (GPC)..... 8

2.4.2 Cloud Processing..... 8

2.4.3 Coagulation..... 9

2.5 Removal of Aerosol from the Atmosphere..... 9

Page

2.6 Categories of Aerosols..... 10
2.6.1 Soil Dust..... 10
2.6.2 Industrial Dust, Primary Anthropogenic Aerosol..... 10
2.6.3 Sea Salt..... 11
2.6.4 Aerosol from Fossil Fuel Burning..... 11
2.6.5 Aerosol from Biomass Burning..... 11
2.6.6 Biogenic Aerosols..... 12
2.6.7 Sulphate..... 12
2.6.8 Nitrate..... 12
2.6.9 Volcanoes..... 13
2.7 Affect of Aerosol..... 13
2.8 Aerosol optical properties..... 14
2.8.1 Aerosol Optical Thickness..... 14
2.8.2 Angstrom Exponent..... 17
2.8.3 Size Distribution..... 17
2.9 Aerosol Measurement..... 19
2.10 Literature Review..... 21
CHAPTER III METHODOLOGY..... 25
3.1 Study Area..... 25
3.2 Data Used..... 26
3.3 Methodology..... 28
CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSIONS..... 32
4.1 Data Selection..... 32
4.2 Analysis of Time Variation of AOT, Angstrom Exponent and
Aerosol Volume Size Distribution Data..... 32
4.3 Variation of AOT and Meteorological Data..... 50
4.4 Relationship between AOT and PM10..... 56
4.5 PM10 Time Series..... 57

page

CHAPTER V CONCLUSIONS..... 61

5.1 Conclusion..... 61

5.2 Recommendation..... 62

REFERENCES..... 65

APPENDIX A Annual tendency of PM10 and total suspended particulates (TSP) in Bangkok from 1994 – 2004..... 70

APPENDIX B Table shows refractive indices of various materials..... 72

APPENDIX C Absorption spectra for various molecules..... 74

APPENDIX D Seasonal average aerosol volume size distributions at the other AERONET sites..... 76

APPENDIX E Table shows the forest fire area at Mukdahan in winter 2003 and summer 2004..... 78

APPENDIX F Back trajectory of Chulalongkorn sites..... 80

APPENDIX G Weather map..... 82

APPENDIX H Analysis of AOT and meteorological data at the other AERONET sites..... 85

APPENDIX I Table shows Time for particles to fall 1 Km. by sedimentation..... 95

APPENDIX J Daily average values of AOT and PM10 at Bangkok in 2003..... 97

APPENDIX K Table shows seasonal index of PM10 time series..... 99

VITAE..... 101

LIST OF FIGURES

page

Figure 2.1 Mass scattering efficiency (550 nm) for a purely scattering aerosol (m=1.53), and the mass absorption and scattering efficiency for an aerosol that has both scattering and absorbing component (m=1.53-0.66i)..... 7

Figure 2.2 Distribution of direct, diffuse and absorbed solar radiation..... 15

Figure 2.3 The AERONET sites in Thailand..... 19

Figure 3.1 (a) long-term trend (b) long-term trend and cyclical variation (c) long-term trend, cyclical and seasonal variation..... 30

Figure 4.1 Daily average value of AOT at 500 nm at Chulalongkorn site (a) level 1.5 (b) level 2 (c) the analyed data..... 33

Figure 4.2 Correlation between the analyzed AOT data and the level2 AOT data at Chulalongkorn site..... 34

Figure 4.3 Daily average values of AOT at Chulalongkorn site..... 35

Figure 4.4 Daily average values of Angstrom exponent at Chulalongkorn site..... 36

Figure 4.5 Monthly average values at Chulalongkorn site (a) AOT 2003 (b) AOT 2004 (c) Angstrom exponent 2003 (d) Angstrom exponent 2004.. 38

Figure 4.6 Monthly average values at 5 sites (a) AOT 2003 (b) AOT 2004 (c) Angstrom exponent 2003 (d) Angstrom exponent 2004..... 39

Figure 4.7 Seasonal frequency histograms of AOT at Chulalongkorn site in 2003..... 42

Figure 4.8 Seasonal frequency histograms of Angstrom exponent at Chulalongkorn site in 2003..... 42

Figure 4.9 Seasonal average aerosol volume size distributions at Chulalongkorn site. 43

Figure 4.10 Seasonal average value of AOT at difference wavelength at 5 sites..... 44

Figure 4.11 the SeaWiFS satellite image on 22 October 2003 shows haze and pollution over China..... 47

Figure 4.12 Weather map on 22 October 2003 at 00 UTC..... 47

page

Figure 4.13 (a) Upper winds at 5000 ft on 22 October 2003 at 00 UTC (b) The location of the AERONET sites in this case study..... 48

Figure 4.14 Daily average values of AOT at AERONET sites, which are located on the upper winds passage from China to Bangkok..... 48

Figure 4.15 Back trajectory of Chulalongkorn site on 20 and 29 October 2003..... 49

Figure 4.16 Correlation between the daily average daytime air temperature and the AOT data in two day later at Bangkok..... 51

Figure 4.17 Correlation between the daily average daytime air temperature data and the AOT data in period of decreasing of temperature in winter season at Bangkok..... 52

Figure 4.18 Daily average values of AOT and wind speed at 850 hPa at Bangkok in 2003..... 53

Figure 4.19 Daily average values of AOT and wind direction at 850 hPa at Bangkok in 2003..... 54

Figure 4.20 Correlation between the rainfall amount greater than 10 mm and the AOT data after the rainfall at Bangkok..... 55

Figure 4.21 Correlations between PM10 and AOT (500nm) at Bangkok in 2003..... 56

Figure 4.22 seasonal index of the PM10 time series..... 58

Figure 4.23 (a) Daily average PM10 data at Nonsi Vitthaya school during 1997-2004 (b) Trend (c) Cyclical variation..... 59

Figure A-1 Annual tendency of PM10 in Bangkok from 1994-2004..... 71

Figure A-2 Annual overall tendency of TSP in Bangkok from 1994-2004..... 71

Figure C-1 Figure C-1 (a) Solar spectral irradiance at the top of the atmosphere and at sea level. Absorption spectra for (b) molecular oxygen and ozone, (c) water vapor and (d) the atmosphere, expressed on a scale of 0 to 1.... 75

Figure D-1 Seasonal average aerosol volume size distributions at the other AERONET sites..... 77

page

Figure F-1 Back trajectory of Chulalongkorn sites on 6 November 2003 and 6 July 2004..... 81
Figure G-1 Basic station model for plotting weather data..... 83
Figure G-2 Representative basic station symbols..... 84
Figure H-1 Daily average values of AOT and daytime air temperature at Bangkok in 2003..... 86
Figure H-2 Daily average values of AOT and 3 hours accumulated rainfall at Bangkok in 2003..... 87
Figure H-3 Daily average values of AOT and daytime air temperature at Mukdahan site.. 88
Figure H-4 Daily average values of AOT and 3 hours accumulated rainfall at Mukdahan site in 2004..... 89
Figure H-5 Daily average values of AOT and daytime air temperature at Pimai site in 2003..... 90
Figure H-6 Daily average values of AOT and wind speed at 850 hPa at Pimai site in 2003..... 90
Figure H-7 Daily average values of AOT and wind direction at 850 hPa at Pimai site in 2003..... 91
Figure H-8 Daily average values of AOT and 3 hours accumulated rainfall at Pimai site in 2003..... 92
Figure H-9 Daily average values of AOT and daytime air temperature at Hua_Hin site.... 93
Figure H-10 Daily average values of AOT and 3 hours accumulated rainfall at Hua_Hin site 94
Figure J-1 Daily average values of AOT and PM10 at Bangkok in 2003..... 98

LIST OF TABLES

page

Table 4.1 Volume of fuel treading in Bangkok..... 60

Table B-1 Refractive indices of various materials..... 73

Table E-1 Forest fire areas at Mukdahan in winter 2003 and summer 2004..... 79

Table I-1 Time for particles to fall 1 Km. by sedimentation..... 96

Table K -1 Seasonal index of PM10 time series..... 100