


โครงสร้างบรรยากาศชั้นขอบโดยใช้ข้อมูลจากไลดาร์ระหว่างปี ค.ศ. 1997-2002 ที่สถานีเฝ้าตรวจ
การแผ่รังสีในบรรยากาศที่อำเภอศรีสำโรงจังหวัดสุโขทัย



นาย อัครนีรุท ชะบางบอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาธรณีวิทยา ภาควิชาธรณีวิทยา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

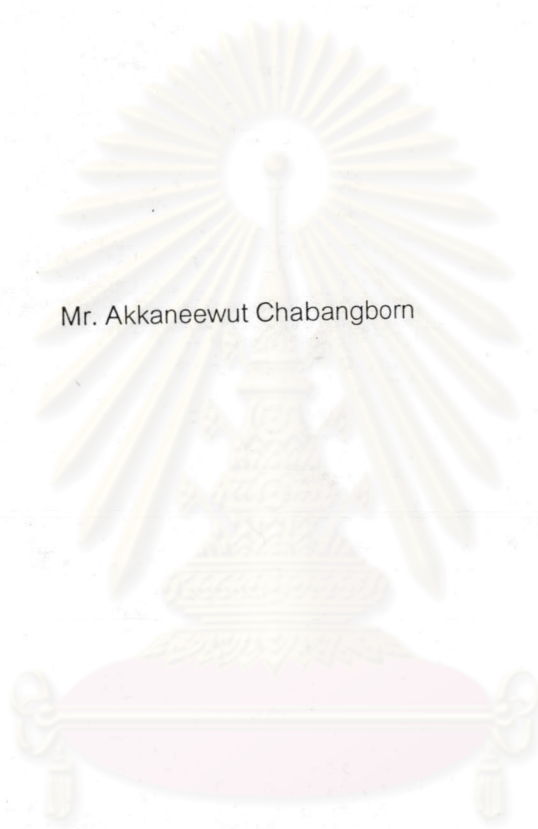
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3360-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T21041696

ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER STRUCTURE OBTAINED BY LIDAR FROM YEARS 1997 TO 2002
AT THE OBSERVATORY FOR ATMOSPHERIC RADIATION RESEARCH
AT SRI SAMRONG, CHANGWAT SUKHOTHAI



Mr. Akkaneewut Chabangborn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Earth Sciences

Department of Geology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-33360-7

อัคนีวุธ ชะบางบอน: โครงสร้างบรรยากาศชั้นขอบโดยใช้ข้อมูลจากไลดาร์ระหว่างปี ค.ศ. 1997-2002 ที่สถานีเฝ้าตรวจการแผ่รังสีในบรรยากาศที่อำเภอศรีสำโรงจังหวัดสุโขทัย (ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER STRUCTURE OBTAINED BY LIDAR FROM YEARS 1997 TO 2002 AT THE OBSERVATORY FOR ATMOSPHERIC RADIATION RESEARCH AT SRI SAMRONG, CHANGWAT SUKHOTHAI) อ. ที่ปรึกษา: ผ.ศ.ดร.สมชาย นาคะผดุงรัตน์, อ. ที่ปรึกษาร่วม: ศ.ดร.โนบุโอะ ทาเคอุจิ และ ศ.ดร.มิชิโอะ ฮาชิซุเมะ

บรรยากาศชั้นขอบเป็นบรรยากาศชั้นที่อยู่ติดกับพื้นโลกและเป็นชั้นบรรยากาศที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้การศึกษาโครงสร้างของบรรยากาศชั้นขอบโดยเฉพาะความสูงของบรรยากาศชั้นขอบจะทำให้ทราบถึงการหมุนวนของเมฆและน้ำฟ้าในบรรยากาศ การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาโครงสร้างของบรรยากาศชั้นขอบโดยเฉพาะความสูง การพัฒนาตัวเองและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาตัวของบรรยากาศชั้นขอบโดยใช้เครื่องมือไลดาร์ไลดาร์ เนื่องจากบรรยากาศชั้นขอบเป็นบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมของบรรยากาศชั้นขอบจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่สามารถทำการเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง ไลดาร์เป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่ยอมรับมาใช้ในการศึกษาบรรยากาศชั้นขอบ โดรนไลดาร์เป็นเครื่องมือประเภทโทรสัมผัสที่ปล่อยแสงเลเซอร์ขึ้นไปในบรรยากาศ อนุภาคในบรรยากาศจะทำให้แสงเลเซอร์เกิดการกระเจิงทำให้พลังงานส่วนหนึ่งกลับมาที่ตัวรับสัญญาณในไลดาร์ สัญญาณจะถูกส่งไปที่คอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ควบคุมการทำงานของไลดาร์ แล้วคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณเพื่อหาความหนาแน่นของอนุภาคในบรรยากาศต่อไป

จากการวิจัยทำให้สามารถแบ่งลักษณะของบรรยากาศชั้นขอบในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้ได้เป็น 3 ช่วงด้วยกัน ได้แก่ ช่วง A, B และ C โดยช่วง A จะอยู่ในช่วงฤดูหนาว B ฤดูร้อน และ C ฤดูฝนตามลำดับ ลักษณะของบรรยากาศชั้นขอบในช่วง A จะมีความเสถียรสูงระดับความสูงค่อนข้างคงที่ที่ระดับ 2 กิโลเมตร ช่วง B จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับช่วง A โครงสร้างของบรรยากาศชั้นขอบที่พบบ่อยในช่วงนี้คือการก่อตัวเป็นรูปปล่องควัน ความสูงของบรรยากาศชั้นขอบในช่วง B จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก 2.5 กิโลเมตรในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึง 4-5 กิโลเมตรในช่วงต้นของเดือนพฤษภาคม ช่วง A และ B จะมีความหนาแน่นของฝุ่นผงในบรรยากาศชั้นขอบสูง สำหรับช่วง C บรรยากาศชั้นขอบจะก่อตัวอยู่ภายใต้ฐานเมฆซึ่งมีระดับความสูงเพิ่มขึ้นเกือบจะคงที่ตั้งแต่เวลาเช้าที่ระดับความสูงไม่กี่ร้อยเมตรจนถึง 5 กิโลเมตรเมื่อเวลาเช้าของวันถัดไป

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....อัคนีวุธ ชะบางบอน.....
 สาขาวิชา.....โลกศาสตร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....S. Jakgsad.....
 ปีการศึกษา.....2545.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....misi.....

4372516823 : MAJOR EARTH SCIENCES

KEYWORD: ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER / LIDAR

AKKANEEWUT CHABANGBORN: ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER STRUCTURE OBTAINED BY LIDAR DATA FROM JULY 1997 TO OCTOBER 2002 AT THE OBSERVATORY FOR ATMOSPHERIC RADIATION RESEARCH AT SRI SAMRONG, SUKHOTHAI, THESIS: ADVISOR: ASST.PROF.SOMCHAI NAKAPADUNGRAT. Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: PROF.MICHIO HASHIZUME, Ph.D. PROF.NOBUO TAKEUCHI, Ph.D. 147 pp. ISBN 974-M-3360-7

Atmospheric Boundary Layer (ABL) is the lowest atmospheric layer of great concern to all of human being activity. Especially, top of ABL is very important to estimate precipitable water vapor content and cloud circulation. Since ABL structure rapidly varies spatially and temporally, continuously observation instrument such as lidar is extremely useful for monitoring ABL structure. Lidar is an active remote sensing instrument that emits laser beam to the atmosphere and receive backscattering signals from atmospheric particles which enable us to evaluated atmospheric particle concentration and the altitude. High backscattering signal layer has been defined as the ABL because of higher aerosol and water vapor concentration than atmospheric layer above.

The objective of this study is to monitor ABL structure with particular interest on ABL top height, ABL diurnal variation and related factors for ABL variation. We used lidar data observed at the Observatory for Atmospheric Radiation Research at SriSamrong, Sukhothai, Thailand together with other reference data also observed in the same area. The data analysis has been done in two ways, one is to overview monthly lidar data to see ABL variation throughout the year and the other to combine lidar data with surface meteorological and radiosonde data.

As a result, ABL could be divided into three periods, namely, Period A, B, and C. Period A is in cold season, ABL depth varies in accordance with subsidence of air mass from ridge of high pressure that moves to cover the study area. ABL top height is almost constant at about 2 km. For Period B, ABL varies due to the influence of high surface temperature and lateral wind. ABL top height varies from 2.5 km in earlier part of this period to 4.5 km in later part of this period. Aerosol concentration in ABL is high in these two periods. For Period C, ABL may be identified at the cloud base which continuously increases from morning to next day morning and a new ABL appears at surface. Aerosol concentration is very low in this period probably due to the influence of south-west monsoon.

Department.....Geology.....Student's signature..... *Akkaneewut Chabangborn*
 Field of study.....Earth Sciences.....Advisor's signature..... *S. Nakkasorn*
 Academic year.....2003.....Co-advisor's signature..... *mit*

Acknowledgement

Special thanks for Prof. Nobuo Takeuchi, Dr. Nobuo Sugimoto, Prof. Michio Hashizume, Dr. Songkarn Augsom, Miss Boossarasiri Thana and Dr. Somchai Nakapadungrat for the suggestion, Dr. Ogino Shin-Ya and Dr. Ishiro Tachibana for radiosonde data and Climatological Division of TMD for surface meteorological data.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	page
ABSTRACT IN THAI.....	iv
ABSTRACT IN ENGLISH	v
ACKNOWLEDGEMENT	vi
LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	xi
CHAPTER 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Objective.....	1
1.2 Scope of Study.....	1
1.3 Data collection and data analysis.....	2
CHAPTER 2 ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER.....	3
2.1 Introduction.....	3
2.2 Structure and Evaluation.....	4
2.2.1 Marine Boundary Layer.....	6
2.2.2 Terrestrial Boundary layer.....	6
2.2.2.1 Mixed Layer (ML).....	7
2.2.2.2 Residual Layer (RL).....	9
2.2.2.3 Stable Boundary Layer (SBL).....	9
2.2.3 Turbulence and Mixing.....	10
2.2.3.1 Advection.....	10
2.2.3.2 Conduction and Diffusion.....	11
2.2.3.3 Convection and Turbulence transport.....	12
2.2.3.3.1 Turbulence Diffusion.....	13
2.2.3.3.2 Mixing Length Theory.....	14
2.2.4 Potential temperature.....	15

CHAPTER 3 BACKGROUND OF LIDAR AND OBSERVATION.....	17
3.1 Introduction.....	17
3.2 Lidar Principal.....	17
3.2.1 Lidar Equation.....	17
3.2.2 Lidar Equation Solution.....	20
3.3 Lidar observation at the Observatory.....	22
3.3.1 Micro Pulse Lidar or MPL.....	22
3.3.2 Mie Scattering Lidar.....	24
3.3.3 Lidar data analysis.....	27
CHAPTER 4 RESULT AND DISCUSSION.....	30
4.1 Introduction.....	30
4.2 Period A (mid November to late January).....	30
4.2.1 Surface Meteorological data	31
4.2.2 Radiosonde data.....	33
4.2.2.1 Period before 09:00 a.m.	33
4.2.2.2 Period from 09:00 a.m. to 03:00 p.m.	36
4.2.2.2 Period after 03:00 p.m.	39
4.2.3 Lidar data.....	41
4.2.3.1 Period before 09:00 a.m.	42
4.2.3.2 Period from 09:00 a.m. to 03:00 p.m.	43
4.2.3.2 Period after 03:00 p.m.	44
4.3 Period B (early February to mid of May).....	46
4.3.1 Surface Meteorological data	47
4.3.2 Radiosonde data	49
4.3.3 Lidar data.....	52
4.3.3.1 Period before 09:00 a.m.	53
4.3.3.2 Period from 09:00 a.m. to 03:00 p.m.	54
4.3.3.2 Period after 03:00 p.m.	54

4.4 Period C (mid of May to early November).....	56
4.4.1 Surface Meteorological data	57
4.4.2 Radiosonde data	58
4.4.2.1 Period before 09:00 a.m.	58
4.4.2.2 Period from 09:00 a.m. to 03:00 p.m.	60
4.4.2.3 Period after 03:00 p.m.	62
4.4.3 Lidar data.....	65
4.5 Discussion	66
REFERENCES	70
APPENDIX I the Observatory for atmospheric radiation research system	72
1. Introduction	73
2. Instrument System	75
2.1. Water vapor observation group.....	76
- Global Positioning System (GPS).....	76
- Microwave Radiometer	79
2.2. Atmospheric radiation and surface meteorological component group.....	79
2.3. Aerosol observation group	82
- Sky radiometer	82
- Light Detection And Ranging (Lidar)	83
2.4. Wind Profiler	83
3. Data transfer system at the Observatory.....	85
APPENDIX II Monthly lidar data	86
APPENDIX III lidar data	107
BIOGRAPHY.....	147

LIST OF TABLES

	page
Table 1.1 Radiosonde data that collected around the Observatory during 1997 – 2002	2
Table 3.1 Details of Micro Pulse Lidar and Mie Scattering Lidar Specification	26



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

	page
Figure 2.1 Troposphere composes of ABL (shaded) and free atmosphere. ABL closed to earth's surface and covered by free atmosphere. (Stull; 1997).....	3
Figure 2.2 Influence of synoptic scale vertical circulation on the ABL. (Stull; 1997).....	5
Figure 2.3 The ABL components at high pressure region over land surface. (Stull; 1997)	6
Figure 2.4 Idealization of thermals in a mixed layer. Smoke plumes loop up and down in the mixed layer eventually becoming uniformly distribution. (Stull; 1997)	7
Figure 2.5 ABL modifications by Wild (1985)	8
Figure 2.6 Pollutants emitted form cone shape plume in residual layer and fanning in stable boundary layer. (Stull; 1997)	9
Figure 3.1 Micro Pulse Lidar, schematic A before modification and schematic B after modification	23
Figure 3.2 Lidar data collection from 1997 to 2002	24
Figure 3.3 MPL data collected at 8 October 1997. Vertical axis is height (km), horizontal axis is time, and colors represent backscattering intensity. White expresses the highest backscattering intensity and black represent the lowest backscattering intensity. The white line is fault signal from Iris hole expansion.....	24
Figure 3.4 Mie Scattering Lidar.....	25

Figure 3.5	An example of Mie Scattering Lidar, Backscattering signal intensity data (Top), Depolarization ratio data (Down).....	26
Figure 3.6	Backscattering intensity (up) and depolarization ratio data (down) observed at 25 th December 2001.....	27
Figure 3.7	Aerosol backscattering coefficient data evaluated from backscattering intensity data that observed at 09:00 a.m., 23 rd January 2002.....	28
Figure 3.8	Backscattering intensity (up) and depolarization ratio data (down) observed at 9 th September 2001, in rainy season.....	29
Figure 4.1	Backscattering intensity data show ABL structure in Period A. The data obtained at December 1997 (A) and January 1998 (B) by MPL, and December 2001 (C) and January 2002 (D) by Mie Scattering Lidar.....	31
Figure 4.2	Surface pressure and temperature data in Period A.....	32
Figure 4.3	Weather map of 23 rd January 2002	32
Figure 4.4	Vertical profile of potential temperature observed during 00:00 a.m. – 06:00 a.m., 23 rd January 2002.....	34
Figure 4.5	Vertical profile of temperature observed during 00:00 a.m. – 06:00 a.m., 23 rd January 2002.....	34
Figure 4.6	Vertical profile of Wind Speed observed during 00:00 a.m. – 06:00 a.m., 23 rd January 2002.....	35
Figure 4.7	Vertical profile of Wind Direction observed during 00:00 a.m. – 06:00 a.m., 23 rd January 2002.....	35
Figure 4.8	Vertical profile of relative humidity observed on 23 rd January 2002.....	36
Figure 4.9	Vertical profile of potential temperature observed during 09:00 a.m. – 03:00 p.m., 23 rd January 2002.	36
Figure 4.10	Vertical profile of temperature observed during 09:00 a.m. – 03:00 p.m., 23 rd January 2002.....	37
Figure 4.11	Vertical profile of Wind Direction observed during	

	09:00 a.m. – 03:00 p.m., 23 rd January 2002.....	38
Figure 4.12	Vertical profile of Wind Direction observed during 09:00 a.m. – 03:00 p.m., 23 rd January 2002.....	38
Figure 4.13	Vertical profile of potential temperature observed during 06:00 p.m. – 09:00 p.m., 23 rd January 2002.....	39
Figure 4.14	Vertical profile of temperature observed during 06:00 p.m. – 09:00 p.m., 23 rd January 2002.....	40
Figure 4.15	Vertical profile of Wind Speed observed during 06:00 p.m. – 09:00 p.m., 23 rd January 2002.....	40
Figure 4.16	Vertical profile of Wind Direction observed during 06:00 p.m. – 09:00 p.m., 23 rd January 2002.....	41
Figure 4.17	Lidar data that observed at 23 rd January.....	42
Figure 4.18	Vertical profile of aerosol extinction coefficient observed during 00:00 a.m. – 06:00 a.m., 23 rd January 2002.....	43
Figure 4.19	Vertical profile of aerosol extinction coefficient observed during 09:00 a.m. – 03:00 p.m., 23 rd January 2002.....	44
Figure 4.20	Vertical profile of aerosol extinction coefficient observed during 06:00 p.m., 23 rd January 2002.....	45
Figure 4.21	ABL top height had identified by backscattering intensity and vertical profile of aerosol extinction coefficient data on 23 rd January 2002.....	45
Figure 4.22	An example of backscattering intensity data had been collect in Period B. The data obtained in March 1999 (A) by MPL, and April 2002 (B) by Mie Scattering Lidar.....	46
Figure 4.23	Surface pressure and temperature during Period B.....	47
Figure 4.24	Weather map of 24 th February 1999.....	48
Figure 4.25	Weather map of 19 th March 2002.....	48
Figure 4.26	Vertical profile of potential temperature observed at 24 th February 1999.....	49

Figure 4.27 Vertical profile of temperature observed on 24 th February 1999.....	50
Figure 4.28 Vertical profile of relative humidity observed on 24 th February 1999.....	50
Figure 4.29 Vertical profile of wind speed observed on 24 th February 1999.....	51
Figure 4.30 Vertical profile of wind direction observed on 24 th February 1999	51
Figure 4.31 Backscattering intensity data collected from 28 th February to 3 rd March 1999.....	52
Figure 4.32 Lidar data that observed during 19 th March 2002	52
Figure 4.33 Vertical profile of aerosol extinction coefficient observed during 03:00 a.m., 19 th March 2002.....	53
Figure 4.34 Vertical profile of aerosol extinction coefficient observed from 06:00 a.m. to 03:00 p.m., 19 th March 2002.....	54
Figure 4.35 Vertical profile of aerosol extinction coefficient observed from 06:00 p.m. to 09:00 p.m., 19 th March 2002.....	54
Figure 4.36 ABL top height had identified by backscattering intensity and vertical profile of aerosol extinction coefficient data on 19 th March 2002.....	55
Figure 4.37 The backscattering intensity data had been collected in Period C. The data obtained at June (A), and August 1997 (B) by MPL, July (C) and August 2002 (D) by Mie Scattering Lidar.....	56
Figure 4.38 Surface pressure and temperature during Period C	57
Figure 4.39 Weather map of 27 th October 1999.....	58
Figure 4.40 Vertical profile of Potential Temperature observed during 00:00 a.m. to 03:00 a.m., 27 th October 2001.....	59
Figure 4.41 Vertical profile of wind direction observed	

	during 00:00 a.m. to 03:00 a.m., 27 th October 2001.....	59
Figure 4.42	Vertical profile of wind speed observed during 00:00 a.m. to 03:00 a.m., 27 th October 2001.....	60
Figure 4.43	Vertical profile of Potential Temperature observed during 06:00 a.m. to 00:00 p.m., 27 th October 2001.....	61
Figure 4.44	Vertical profile of Potential Temperature observed during 06:00 a.m. to 00:00 p.m., 27 th October 2001.....	61
Figure 4.45	Vertical profile of Potential Temperature observed during 06:00 a.m. to 00:00 p.m., 27 th October 2001.....	62
Figure 4.46	Vertical profile of Potential Temperature observed during 03:00 p.m. to 09:00 p.m., 27 th October 2001.....	63
Figure 4.47	Vertical profile of wind direction observed during 03:00 p.m. to 09:00 p.m., 27 th October 2001.....	63
Figure 4.48	Vertical profile of wind speed observed during 03:00 p.m. to 09:00 p.m., 27 th October 2001.	64
Figure 4.49	Vertical profile of relative humidity observed at 27 th October 2001.....	64
Figure 4.50	Backscattering intensity (up) and Depolarization ratio data that observed at 26 th October 2001.....	65
Figure 4.51	Schematic express ABL structure of Period A	66
Figure 4.52	Schematic express ABL structure of Period B	67
Figure 4.53	Schematic express ABL structure of Period C	68
Figure 4.54	Concentration of chemical species in Sri Samrong (Takeuchi; 2000) ...	69