


ผลของชนิดตัวพาหะและวิธีการผสมสารสร้างภาพต่อการก่อประจุของหมึกผงพอลิเมอไรซ์



นางสาวปฐมมา สมบูรณ์ปัญญา

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1730-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF CARRIER TYPES AND MIXING METHODS OF DEVELOPER ON
POLYMERIZED TONER CHARGING



Miss Patama Somboonpanya

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Imaging Technology
Department of Photographic Science and Printing Technology

Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic year 2004

ISBN 974-53-1730-6

ปฐมมา สมบูรณ์ปัญญา : ผลของชนิดตัวพาหะและวิธีการผสมสารสร้างภาพต่อการก่อประจุของ
หมึกผงพอลิเมอร์ไรซ์ (EFFECTS OF CARRIER TYPES AND MIXING METHODS OF
DEVELOPER ON POLYMERIZED TONER CHARGING) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุดา เกียรติ
กำจรวงศ์; อ. ที่ปรึกษาร่วม : Professor Yasushi Hoshino, Ph.D; จำนวนหน้า 116 หน้า ISBN
974-53-1730-6

สมบัติโทรโบอิเล็กทริกของสารสร้างภาพชนิดสององค์ประกอบ เป็นหนึ่งปัจจัยสำคัญในระบบอิเล็ก
โทรโฟโตกราฟี ที่มีผลต่อสมบัติการเกิดประจุของสารสร้างภาพ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความเข้มข้นของหมึกผง
พอลิเมอร์ไรซ์ 4 ชนิด (สีดำ น้ำเงินเขียว ม่วงแดง และเหลือง) ชนิดตัวพาหะ และกลไกการก่อประจุด้วยวิธี
การหมุนผสมสารในแนวตั้งและการหมุนผสมสารในแนวนอนที่มีผลต่อสมบัติการเกิดประจุของสารสร้างภาพ
ประเมินคุณภาพภาพพิมพ์บริเวณพื้นตาย การผลิตน้ำหมึกสี ความคมชัดของตัวอักษรและเส้น ขอบเขตสีและ
ปริมาตรขอบเขตสี โดยพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์แคนนอนซึ่งใช้หมึกผงพอลิเมอร์ไรซ์ และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ฟูจิซึ่ง
ใช้หมึกผงพัลเวอไรซ์ จากการวัดค่าประจุต่อมวลพบว่าเมื่อความเข้มข้นของหมึกผงเพิ่มขึ้น ค่าประจุต่อมวลลดลง
เนื่องจากเกิดการปกคลุมของอนุภาคหมึกผงบนพื้นผิวของอนุภาคตัวพาหะมากกว่าหนึ่งชั้น ทำให้อนุภาคหมึกผง
ที่อยู่ชั้นนอกไม่สามารถเกิดการก่อประจุได้ อนุภาคตัวพาหะที่มีส่วนประกอบหลักเพียงชนิดเดียว (TSV-200
และ Z-250) มีค่าเวริกฟังก์ชันมากกว่าอนุภาคตัวพาหะที่มีส่วนประกอบด้วยเหล็ก ทองแดง และสังกะสี (F-150)
ดังนั้นจึงให้ค่าประจุต่อมวลที่สูงกว่า วิธีการก่อประจุแต่ละชนิดให้ผลที่แตกต่างกัน โดยพบว่าการหมุนผสมสาร
ในแนวตั้งที่ความเร็ว 800 รอบต่อนาที ให้ค่าประจุต่อมวลสูงกว่าการหมุนผสมสารในแนวนอนที่ความเร็ว 120
รอบต่อนาที เนื่องจากแรงที่ใช้ในการผสมสารสร้างภาพ กล่าวคือ การเพิ่มแรงในการผสมสารสร้างภาพ เป็นผล
ให้การสัมผัสระหว่างสารสร้างภาพเพิ่มขึ้น ส่วนคุณภาพภาพพิมพ์นั้น การผลิตน้ำหมึกสีของงานพิมพ์ทั้ง 2 ชนิด
มีค่าใกล้เคียงกัน ความคมชัดของตัวอักษรและเส้นของงานพิมพ์ที่ได้จากหมึกผงพอลิเมอร์ไรซ์ มีความคมชัดกว่า
งานพิมพ์ที่ได้จากหมึกผงพัลเวอไรซ์ ขอบเขตสีและปริมาตรขอบเขตสีของงานพิมพ์ที่ได้จากหมึกผงพอลิเมอร์ไรซ์
สามารถผลิตได้กว้างกว่างานพิมพ์ที่ได้จากหมึกผงพัลเวอไรซ์ เนื่องจากอนุภาคหมึกผงพอลิเมอร์ไรซ์ที่มีลักษณะ
ค่อนข้างกลมมีความสามารถในการก่อประจุมากกว่าหมึกผงพัลเวอไรซ์ที่มีลักษณะไม่แน่นอน แต่อย่างไรก็ตาม
ค่าความดำพื้นตายของภาพพิมพ์ที่ได้จากหมึกผงพอลิเมอร์ไรซ์ มีค่าน้อยกว่าภาพพิมพ์ที่ได้จากหมึกผงพัลเวอไรซ์
เพราะภาพพิมพ์จากหมึกผงพอลิเมอร์ไรซ์ มีความมันวาวน้อยกว่าภาพพิมพ์ที่ได้จากหมึกผงพัลเวอไรซ์

ภาควิชา...วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์....

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางภาพ.....

ปีการศึกษา.....2547.....

ลายมือชื่อนิสิิต.....ปฐมมา สมบูรณ์ปัญญา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....星野坦之.....

4572360323 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORD : POLYMERIZED TONER / TONER CHARGING / CARRIER TYPE / MIXING METHOD / PRINT QUALITY

PATAMA SOMBOONPANYA : EFFECTS OF CARRIER TYPES AND MIXING METHODS OF DEVELOPER ON POLYMERIZED TONER CHARGING.
 THESIS ADVISOR : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D., THESIS
 CO-ADVISOR: PROF. YASUSHI HOSHINO, Ph.D., 116 pp. ISBN 974-53-1730-6.

The triboelectric property of a two-component developer is an important factor in an electrophotographic system. There are many factors that affect the charging properties. This research investigated the toner concentration of the four types of polymerized toner (black, cyan, magenta and yellow toners), carrier type and charging mechanism consisting the vertical mixing and horizontal mixing methods. The print quality was focused on the solid density, tone reproduction, the sharpness of the alphabets and lines, color gamut and gamut volume. All toners were evaluated for their print qualities by a commercial printer (Canon), with the polymerized toner and compared with the prints from a model printer (Fuji), with the pulverized toner. The charge-to-mass ratio (q/m) value decreased when the toner concentration was increased. At the high toner concentration, the coverage of the toner particles on the carrier surface was higher and occupied more than one layer. The outer layer had some free toner particles that could not be charged by rubbing with the carrier particles. The carrier particles containing only Fe (TSV-200 and Z-250) have the higher work function than the carrier particles containing Fe, Cu and Zn (F-150). So, the q/m values of both TSV-200 and Z-250 were higher than F-150. Difference in toner and carrier shapes is responsible for the varied q/m values. Various charging mechanisms gave different q/m values. The q/m values of vertical mixing method with 800 rpm were higher than the q/m values of horizontal mixing method with 120 rpm but became lower at the lower concentration because the effect of the higher mixing force, the greater the toner rubbing and collision. Both print-outs produced equally the same tone reproduction. The polymerized toner has the spherical shape while the pulverized toner has the irregular shape. The spherical shaped toner is more efficiently, uniformly and triboelectrically charged than the irregular shaped toner. So, the sharpness of the alphabets and lines printed from the polymerized toners were sharper and smoother than those printed by the pulverized toners. The color gamut and gamut volume of the polymerized toner print-outs were wider than those printed by the pulverized toners. However, the solid density of the polymerized toner print-outs was lower than those printed by the pulverized toners because the polymerized toners have the lower gloss than the pulverized toners.

Department..Photographic Science and Printing Technology

Field of study.....Imaging Technology.....

Academic year.....2004.....

Student's signature Patama Somboonpanya

Advisor's signature Suda Kiatkamjornwong

Co-Advisor's signature 星野坦之

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to acknowledge my heartfelt gratitude and appreciation to my supervisors, Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D. and Professor Yasushi Hoshino, Ph.D. for the support and invaluable guidance given throughout the course of this study. I am indebted to them for their kind supervision, invaluable guidance, constant encouragement review and correction of the dissertation content.

I would like to take this opportunity to thank Miss Pranchalee Rattanasakornchai, Mr. Sutasn Thipprakmas, Mr. Chanchai Jirakanjana, and everyone in Nippon Institute of Technology, who have in one way or another made my stay in Japan a pleasant experience and one to cherish. Next I wish to thank Mr. Hidetaka Ishihara and Mr. Tsunenori Nakanishi, for their assistance in the laboratory during the course of my research.

I would like to take this opportunity to thank Assist. Prof. Supaporn Noppakundilokrat, Ph.D. and Dr. Siriwan Phattanarudee for their assistance and advice in the laboratory (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) during the course of my research.

I am grateful to the Department of Photographic Science and Printing Technology of the Faculty of Science, Chulalongkorn University, and Nippon Institute of Technology for providing research facilities throughout the research. Partially financial support of the Graduate School of Chulalongkorn University of my M.Sc. is also gratefully acknowledged.

I am also thankful to my committee members: Assoc. Prof. Mayuree Natenapit, Ph.D., Assoc. Prof. Aran Hansuebsai, Ph.D., and Dr. Pichayada Katemake for their help and advice.

Finally, I am grateful to my parents for their endless support and encouragement over the years. My sincere thanks are also extended to my lecturers and friends in Thailand and in Japan for their helpful support during the years of hard work.

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	xi
LIST OF ABBREVIATIONS.....	xiv
CHAPTER 1 : INTRODUCTION.....	1
1.1 Scientific Rationale.....	1
1.2 Objectives of the Research.....	2
1.3 Scope of the Research.....	2
1.4 Contents of the Research.....	3
CHAPTER 2 : THEORY AND LITERATURE REVIEWS.....	4
2.1 Theoretical Background.....	4
2.1.1 History of Electrophotography.....	4
2.1.2 The Electrophotographic Process.....	5
2.1.3 Toner components.....	6
2.1.4 Toner Characterization.....	8
2.1.5 Current carrier powders.....	10
2.1.6 The two-component and single-component developments.....	12
2.1.7 The charge measurement.....	15
2.1.8 The CIE System.....	19
2.2 Literature reviews.....	20
CHAPTER 3 : EXPERIMENTAL.....	26
3.1 Materials.....	26
3.2 Apparatus.....	26
3.3 Procedure.....	27
3.3.1 Developer preparation.....	27

	PAGE
3.3.2 Measurement of toner charging properties.....	28
3.3.3 Measurement of charge properties by the E-SPART analyzer..	31
3.3.4 Toner and carrier characterization.....	31
3.3.5 Printing experiment.....	32
3.3.6 Evaluation of print quality.....	33
CHAPTER 4 : RESULTS AND DISCUSSIONS.....	34
4.1 Morphology of the toner and carrier.....	34
4.2 Measurement of toner charging properties.....	36
4.2.1 Toner charge dependence on toner concentration (wt%).....	36
4.2.2 Toner charge dependence on carrier types.....	46
4.2.3 Toner charge dependence on mixing method.....	49
4.3 Measurement of charge properties by the E-SPART analyzer.....	57
4.3.1 Toner charge dependence on toner concentration (wt%).....	57
4.3.2 Toner charge dependence on carrier types.....	65
4.4 Evaluation of print quality.....	70
4.4.1 Description of types of toners.....	70
4.4.2 Description of printer type.....	73
4.4.3 Solid density and tone reproduction.....	73
4.4.4 The sharpness of the alphabets and lines.....	76
4.4.5 Color gamut and gamut volume.....	81
CHAPTER 5: CONCLUSIONS.....	84
REFERENCES.....	86
APPENDICES.....	90
VITA.....	116

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
3-1 Developers with different compositions and contents.....	28
3-2 Developers for toner charge dependence on toner concentration.....	29
3-3 Developers for toner charge dependence on carrier.....	30
3-4 Developers for toner charge measurement (E-SPART analyzer).....	31
4-1 The elemental components of the carriers.....	48
4-2 The q/d values of various concentrations of the black toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker for 4 minutes (240 seconds).....	59
4-3 The q/d values of various concentrations of the black toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine for 10 minutes (600 seconds).....	59
4-4 Effect of carrier type on toner charging.....	65
4-5 The q/d values of the developers with various carriers mixed vertically at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker for 4 minutes (240 seconds).....	66
4-6 The q/d values of the developers with various carriers mixed horizontally at the rotating speed of 120 rpm for 10 minutes (600 seconds).....	66
4-7 Thermal property of four types of toners.....	70
4-8 The wavenumber of four types of toners.....	71
4-9 The solid densities of Canon print-outs and Fuji print-outs.....	74
A-1 Position and Size of Area of Letter (Text).....	93
B-1 The q/m values of developer, four types of toner and TSV-200, at 800 rpm by MS1 Minishaker.....	96
B-2 The q/m values of developer, black toner and three types of carrier, at 800 rpm by MS1 Minishaker.....	97
B-3 The q/m values of developer, black toner and three types of carrier, at 120 rpm by MS1 Minishaker.....	98
B-4 The q/m values of developer, black toner and TSV-200, at 120 rpm by MS1 Minishaker.....	98

TABLE	PAGE
E-1 The measurement of solid density for four types of toner from Canon printer by densitometer (Macbeth, RD 915).....	105
E-2 The measurement of solid density for four types of toner from Fuji printer by densitometer (Macbeth, RD 915).....	106
E-3 The measurement of density at percentage halftone of 0-100 for four types of toner from Canon printer by densitometer (Macbeth, RD 915).....	107
E-4 The measurement of density at percentage halftone of 0-100 for four types of toner from Fuji printer by densitometer (Macbeth, RD 915).....	107
F-1 The measurement of the L^* , a^* and b^* for four types of toner from Canon and Fuji printer by the spectrophotometer (X-Rite SP 62).....	108



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2-1 The electrophotographic process.....	5
2-2 A cascade development system.....	13
2-3 A magnetic brush development system.....	14
2-4 Single-component development unit.....	15
2-5 Blow-off method.....	16
2-6 E-SPART analyzer.....	18
2-7 Principles for measuring particle size.....	18
2-8 Principles for measuring electric charge of particles.....	19
4-1 Scanning electron micrographs of the four types of toners: (a) black toner, (b) yellow toner, (c) cyan toner, and (d) magenta toner.....	34
4-2 Scanning electron micrographs of the three types of carriers: (a) F-150, (b) F-150, (c) TSV-200, (d) TSV-200, (e) Z-250, (f) Z-250.....	35
4-3 Dependence of q/m on developing time for black toner and TSV-200 at 800 rpm by blow-off method.....	40
4-4 Dependence of q/m on developing time for cyan toner and TSV-200 at 800 rpm by blow-off method.....	40
4-5 Dependence of q/m on developing time for magenta toner and TSV-200 at 800 rpm by blow-off method.....	41
4-6 Dependence of q/m on developing time for yellow toner and TSV-200 at 800 rpm by blow-off method.....	41
4-7 Dependence of q/m values on the toner concentration of the black toner at the different rotating times by blow-off method.....	42
4-8 Dependence of m/q values on the toner concentration of the black toner at the different rotating times by blow-off method.....	42
4-9 Dependence of q/m values on the toner concentration of the cyan toner at the different rotating times by blow-off method.....	43
4-10 Dependence of m/q values on the toner concentration of the cyan toner at the different rotating times by blow-off method.....	43

FIGURE	PAGE
4-11 Dependence of q/m values on the toner concentration of the magenta toner at the different rotating times by blow-off method.....	44
4-12 Dependence of m/q values on the toner concentration of the magenta toner at the different rotating times by blow-off method.....	44
4-13 Dependence of q/m values on the toner concentration of the yellow toner at the different rotating times by blow-off method.....	45
4-14 Dependence of m/q values on the toner concentration of the yellow toner at the different rotating times by blow-off method.....	45
4-15 Dependence of m/q values on the toner concentration of the different types of toner at 360 seconds by blow-off method.....	46
4-16 Dependence of q/m on developing time for black toner and Z-250, TSV-200 and F-150 at 800 rpm by blow-off method.....	47
4-17 Dependence of q/m on developing time for black toner and TSV-200 at 800 rpm by blow-off method.....	50
4-18 Dependence of q/m on developing time for black toner and TSV-200 at 120 rpm by blow-off method.....	50
4-19 Dependence of q/m on developing time for black toner and Z-250, TSV-200 and F-150 at 800 rpm by blow-off method.....	51
4-20 Dependence of q/m on developing time for black toner and Z-250, TSV-200 and F-150 at 120 rpm by blow-off method.....	51
4-21 Dependence of q/m on rotating speed for black toner and TSV-200 at 800 rpm by blow-off method.....	52
4-22 Dependence of q/m on rotating speed for black toner and TSV-200 at 120 rpm by blow-off method.....	52
4-23 Dependence of q/m on rotating speed for black toner and Z-250, TSV-200 and F-150 at 800 rpm by blow-off method.....	53
4-24 Dependence of q/m on rotating speed for black toner and Z-250, TSV-200 and F-150 at 120 rpm by blow-off method.....	53
4-25 The model of horizontal mixing.....	55

FIGURE	PAGE
4-26 Dependence of q/m on developing time for black toner and TSV-200 at 800 rpm by E-SPART analyzer.....	58
4-27 Dependence of q/m on developing time for black toner and TSV-200 at 120 rpm by E-SPART analyzer.....	58
4-28 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 1 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	60
4-29 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 3 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	60
4-30 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	61
4-31 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 7 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	61
4-32 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 10 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	62
4-33 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 1 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	62
4-34 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 3 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	63
4-35 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	63
4-36 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 7 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	64
4-37 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 10 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	64
4-38 The q/d chart of black toner and F-150 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	67
4-39 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	67
4-40 The q/d chart of black toner and Z-250 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 800 rpm in a Minishaker.....	68

FIGURE	PAGE
4-41 The q/d chart of black toner and F-150 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	68
4-42 The q/d chart of black toner and TSV-200 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	69
4-43 The q/d chart of black toner and Z-250 at 5 wt% of toner at the rotating speed of 120 rpm with horizontal mixing machine.....	69
4-44 Dependence of tone reproduction for black toner.....	74
4-45 Dependence of tone reproduction for cyan toner.....	75
4-46 Dependence of tone reproduction for magenta toner.....	75
4-47 Dependence of tone reproduction for yellow toner.....	76
4-48 The image of the lines (0.25 pt) by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	77
4-49 The image of the lines (0.5 pt) by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	78
4-50 The image of the lines (0.75 pt) by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	78
4-51 The image of the lines (1 pt) by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	79
4-52 The image of the lines (2 pt) by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	79
4-53 The image of the lines (3 pt) by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	80
4-54 The image of the “I” character by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	80
4-55 The image of the “n” character by image analyzer: (a) Canon (b) Fuji.....	81
4-56 The relationship between chroma and lightness (C_{ab}^* and L^*) of Canon print-outs and Fuji print-outs.....	83
4-57 Diagram CIE $L^*a^*b^*$ of Canon print-outs and Fuji print-outs.....	83
A-1 Coordinate of Area of Letter (Text).....	93
C-1 Thermal property of four types of toners (black, cyan, magenta and yellow toner) by Differential Scanning Calorimeter, at a heating rate 20°C/min without liquid nitrogen, over a temperature range of 25-125°C.....	99
D-1 The spectrums of black toner by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).....	101
D-2 The spectrums of cyan toner by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).....	102
G-1 The print-out from Canon printer (polymerized toner).....	114

FIGURE

PAGE

G-2 The print-out from Fuji printer (pulverized toner)..... 115



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ABBREVIATIONS

CCA	: charge control agent
DSC	: differential scanning calorimeter
E-SPART	: electrical single particle aerodynamic relaxation time
LDV	: Laser doppler velocimeter
SEM	: scanning electron microscopy
FTIR	: Fourier Transform Infrared Spectroscopy
XRF	: x-ray fluorescence
T_m	: melting temperature
T_g	: glass transition temperature
$^{\circ}\text{C}$: Celsius (centigrade) degree
Std dev.	: standard deviation
q/m	: charge-to-mass ratio
q/d	: charge-to-diameter ratio
ms	: millisecond
μm	: micrometer or micron
$\mu\text{C/g}$: microcoulomb per gram
rpm	: round per minute
wt	: weight

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย