



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士學位論文

친환경 잉크를 이용한 오프셋 인쇄의
색재현에 관한 연구



2011 年 2 月

釜慶大學校大學院

印刷工學科

文盛煥

工學碩士學位論文

친환경 잉크를 이용한 오프셋 인쇄의 색재현에 관한 연구



指導教授 具 哲 會

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2011 年 2 月

釜慶大學校大學院

印刷工學科

文 盛 煥

文盛煥의 工學碩士 學位論文을 認准함

2011년 2월



주 심 공학박사 윤 종 태 (인)

위 원 공학박사 조 가 람 (인)

위 원 공학박사 구 철 회 (인)

목 차

목 차.....	i
List of Figures.....	ii
List of Tables.....	iii
Abstract.....	iv
1. 서론.....	1
2. 이론.....	3
2-1. 국제 표준 규격.....	3
2-1-1. ISO 2846-1.....	3
2-1-2. ISO 12647-2.....	4
2-2. ICC 프로파일 정의.....	7
2-3. 색차.....	10
2-4. 도트 게인(Dot Gain).....	12
3. 실험.....	14
3-1. Test Target 제작.....	14
3-2. 제판.....	15
3-3. 인쇄.....	17
3-4. 평가 방법.....	18
4. 결과 및 고찰.....	19
4-1. 색차에 의한 비교 평가.....	19
4-1-1. ISO Coated.....	19
4-1-2. ISO Uncoated.....	21
4-2. 색역에 의한 비교 평가.....	24
4-3. 도트 게인에 의한 비교 평가.....	27
4-4. 색차 분석에 의한 비교 평가.....	30
5. 결론.....	32
참고문헌.....	33

List of Figures

Figure 1. Tone value increase curves for the printing conditions defined in ISO 12647-2:2004.	6
Figure 2. Perceptual gamut mapping from Adobe RGB to sRGB.	8
Figure 3. Relative colorimetric mapping (Adobe RGB to sRGB)	9
Figure 4. Sample image _ ECI 2002 test target	15
Figure 5. Input and output of CTP RIP setting	16
Figure 6. CIP ₃ data process on offset printing machine	17
Figure 7. Delta E between ISO coated and ecological printing ink	20
Figure 8. Delta E between ISO coated and general printing ink	21
Figure 9. Delta E between ISO uncoated and ecological printing ink	23
Figure 10. Delta E between ISO uncoated and general printing ink	23
Figure 11. 2D diagram for lightness of 20% of ecological ink(coated and uncoated) and general printing ink(coated and uncoated)	25
Figure 12. 2D diagram for lightness of 30% of ecological ink(coated and uncoated) and general printing ink(coated and uncoated)	25
Figure 13. 2D diagram for lightness of 40% of ecological ink(coated and uncoated) and general printing ink(coated and uncoated)	26
Figure 14. 2D diagram for lightness of 50% of ecological ink(coated and uncoated) and general printing ink(coated and uncoated)	26
Figure 15. Dot gain general ink printing in coated paper	28
Figure 16. Dot gain ecological ink printing in coated paper	28
Figure 17. Dot gain general ink printing in uncoated paper	29
Figure 18. Dot gain ecological ink printing in uncoated paper	29
Figure 19. Comparison of CRF curves for ecological ink printing ink(coated and uncoated) and general printing ink(coated and uncoated)	31

List of Tables

Table 1	Colorimetric Values per DIN ISO 2846-1(Standard Illuminant D50, Standard Observer 2°).....	3
Table 2	BEST SOY 2846 Ink for Property of Matter Characteristics.....	4
Table 3.	Color Values of the Commercially Available Stocks(White Substate).....	5
Table 4.	CIELAB- ΔE^* Tolerances for the Primary Color Solids.....	5
Table 5.	Tone Value Increase for the 50% Control Patch of a Control Strip with Circular Half-tone Dots for a Number of Important Printing Conditions.....	6
Table 6	Comparison of Coated ΔE^*_{ab} Between Solid of CIEL*a*b* and 2002V Target.....	19
Table 7	Comparison of Uncoated ΔE^*_{ab} Between Solid of CIEL*a*b* and 2002V Target.....	22

A Study on the Color Reproduction of Offset Printing using Ecological Ink

Sung-hwan Moon

Department of Graphic Arts Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

This advanced printing industry, such as print media industry, despite the many chemicals are produced through the action of the complex is recognized as a hazardous industry.

Increasing concern about the environment and 'Carbon green growth' in order to go after the age of these will be addressed is harmful to the environment.

Now, in all industries producing and convenience than the importance of environment and eco-friendly ways to deal with prepared doing more realistic challenge would emerge, and the print industry, without exception, eco-friendly product development efforts and product performance to improve environmental improvement Highlight the positive response has been doing.

The issue of paper with ink during the printing material is an important part in the various pigments, inks, organic solvents are used in a variety of chemicals are exposed to environmental pollution. Ministry of the 'Management status and the reduction of volatile organic compounds Plan' arising from printing facilities, according to the VOC (Volatile Organic Compound), about 3.6% of the total emission is reached at that. VOC's awareness of the urgent measures have been announced. Such as climate change ink manufacturers to develop environmentally friendly ink make a life and death and there.

Currently, environmental contaminants that can cause Aromatic types of hydrocarbons, less than 1% made of Aromatic Free kind of used products, soybean oil products with linseed oil with the products, rice products using a wide range of environmentally ecological ink since 2000 is released quickly.

All materials used in printed material, if the green is the best way to print the composite materials in industrial applications, because each process on the print quality and productivity, there can be many differences in this experiment because it accounts for a large proportion in the print general ink in the ink section and the International color standards (ISO2846-1: 2006) certified ecological ink were compared.

Therefore, in this paper has the ink released from the same company, each common general ink and ecological ink in the same condition which results were focused on whether the emerging international color standard (ISO 2846-1:2006) recognized for environmentally ecological ink printed color reproduction of the actual offset (color reproduction) how conformity to ISO 12647-2 standard color on the basis of the offset would check Color Reproduction.

Based on the results of the experiments of this study, given the ecological ink coated paper, uncoated paper both color difference and the Gamut of the ISO 12647-2 standard is suitable for ecological ink, the ink's color gamut reproduction, even more than existing international standards, there is no confirmed that the correct color reproduction possible. Using environmentally ecological ink industries is expected to respond to environmental policy.

1. 서 론

인쇄 산업은 인류의 역사를 전승하는 첨단미디어 산업임에도 불구하고 잉크, 습수액 등 많은 화학 물질의 복합적인 작용을 통해 생산되므로 유해산업으로 인식되고 있는 실정이다.

환경에 대한 관심이 높아지고 있는 요즘 ‘저탄소 녹색 성장’이라는 시대의 조류에 편승하기 위해서는 이러한 유해환경을 반드시 해결해야 할 것이다.

이제는 전 산업 분야에서 생산과 편의성보다 환경의 중요성과 친환경에 대한 대응 방안을 마련하는 것이 더 현실적인 과제로 등장하게 되었으며, 인쇄 산업도 예외 없이 친환경 제품 개발에 박차를 가하는 한편 제품의 성능 개선에서 친환경적인 성능 개선을 강조하는 등 적극적인 대응에 나서고 있다.

문제는 인쇄재료 중에 잉크는 종이와 함께 중요한 부분을 차지하는데, 잉크에는 안료, 유기 용제 이외에도 다양한 화학 물질이 사용되고 있어서 환경오염에 많은 부분을 차지한다는 점이다. 환경부의 ‘휘발성 유기 화합물 관리 현황 및 저감 계획’에 의하면 인쇄 시설에서 발생하는 VOC(Volatile Organic Compound)는 전체 배출량의 약 3.6%에 달한다고 한다. VOC에 대한 인식이 높아지고 있어 대책이 시급하다고 발표하고 있다. 이러한 환경 변화로, 잉크 업체들이 친환경 잉크 개발에 사활을 걸고 있는 실정이다.

현재까지 국내 오프셋 잉크의 환경 친화적 제품군의 흐름을 보면 인쇄 유해성 및 환경오염 물질을 유발할 수 있는 방향족(Aromatic) 계열의 탄화수소를 1% 미만화한 Aromatic Free 용제를 사용한 제품군, 대두유(Soybean Oil)를 사용한 제품군, 아마인유를 사용한 제품군, Rice를 사용한 제품군 등 다양한 친환경적 인쇄 잉크가 2000년경부터 앞 다투어 출시되고 있다.¹⁾

인쇄에 사용되는 모든 재료가 친환경 소재로 대체하는 것이 가장 바람직한 방안이겠지만 인쇄는 복합적인 산업 응용 분야로서 각 공정에서의 재료에 따라 인쇄 품질과 생산성에 많은 차이가 날 수 있기 때문에 본 실험에서는 인쇄에서 큰 비중을 차지하고 있는 잉크 부분에서 일반 잉크와 국제 색상 표준(ISO 2846-1:2006) 인증을 획득한 친환경 잉크를 비교 분석하였다.

따라서 본 논문에서는 국내 동일 회사에서 출시된 잉크를 가지고 각각 같은 조건하에서 일반 잉크와 친환경 잉크가 어떤 실험 결과치가 나오는지에 중점을 두었으며, 국제 색상 표준을 인정받은 친환경 잉크가 실제 오프셋 인쇄물의 색재현에 있어서 얼마나 부합하는지를 ISO 12647-2의 오프셋 표준 색상을 기준으로 하여 색재현을 확인코자 하였다.



2. 이 론

2-1. 국제 표준 규격

2-1-1. ISO 2846-1

ISO 2846은 다양한 잉크의 색상 표준을 규정한 색상 규격으로 세계적으로 규모가 큰 잉크업체를 중심으로 확산되어, 최근에는 각국에서 자국의 인쇄 표준으로 제정될 만큼 국제 표준이 되어 다양하게 활용되고 있다. Table 1에서는 ISO 2846-1에서 규정하는 잉크의 색상을 CIEL*a*b*로 나타내었다. 허용치는 Y(Yellow) ± 4 , M(Magenta) ± 5 , C(Cyan) ± 3 이며, K(Black)의 허용치는 Table 1에서 보는 바와 같다.²⁾

Table 1. Colorimetric Values per DIN ISO 2846-1(Standard Illuminant D50, Standard Observer 2°)

Ink	CIELAB Value L*	a*	b*	Color Tolerances ΔE^*_{ab}
Yellow	91.00	-5.08	94.97	4.0
Magenta	49.98	76.02	-3.01	5.0
Cyan	56.99	-39.16	-45.99	3.0
Black	18.01 ¹	0.80	-0.56	-

¹no tolerance band for L*, rather an upper limit

Table 2에서는 ISO 2846-1에서 규정짓는 내용들을 나열하였다. 측정 조건의 경우 택은 Ink-O-Meter(38°C/400rpm/90sec)로 봄, 가을을 기준으로

하였고, 점도 및 유동성은 Spread-O-Meter D값(25℃/60sec)으로 측정하였으며, 건조 시간은 Dry-O-Graph (Hr/temp 25℃ Humidity : 60%) Glass Plate로 하였다. 광택은 Gloss-Meter (Angle 60°)이며, 농도는 Density-O-Meter(4SP Roll/Ink volume 0.075cc)이며, 용지는 120g 코트지로 측정된 값들이다.

또한 미국 대두 협회(American Soybean Association)에서는 대두유 함유량을 잉크의 매엽 오프셋 잉크일 경우 20% 이상을 기준으로 규정하고 있다. 규정에 맞는 인쇄물이 제작되면 미국 대두유 협회에서 친환경 인쇄물이라는 실(Seal)을 붙여 친환경 인쇄물이라 인증을 받는다.

Table 2에서 주목할 만한 것은 농도치가 C, M, Y, K에서 농도 2.00이 넘는 농도치로 인쇄물의 색상 재현에 필요한 농도가 됨을 알 수 있다.

Table 2. Best Soy 2846 Ink for Property of Matter Characteristics

	Tack	Rheology	Glossy	Density				Set Time (Min)	(Hour)
				Y	M	C	K		
Y	5.5	37	63.6	2.01	0.10	0.00	0.05	5.0	40
M	6.0	38	63.3	1.18	2.42	0.07	1.01	5.0	40
C	6.5	37	79.5	0.24	0.72	2.73	0.98	5.0	40
K	6.0	38	81.7	2.52	2.43	2.32	2.38	6.0	40

2-1-2. ISO 12647-2

ISO 12647은 그래픽 기술을 표현하는 것으로 각 파트별로 나누어져 있다. 특히 ISO 12647-2에서는 오프셋 인쇄의 제작에 필요한 각 요소들이 세분화되어 있다. 스크린 망점의 각도인 경우 C, M, K의 경우 $\pm 30^\circ$ 의

차이를 Y의 경우, 15°의 차이를 기준점으로 45°로 한다.

또한 사용하는 용지의 백색도 광택 등을 규정하고, CIELAB $\Delta E^*_{ab} \pm 2 \sim \pm 3$ 등의 허용치를 Table 3에서 나타내었다.

Table 4에서는 원색 잉크의 각각에 대한 색차의 허용치를 나타낸 것이다. 인쇄 부분의 색값에 대한 허용치로 그 값은 CIEL^{*}a^{*}b^{*} $\Delta E^*_{ab} \sim \pm 5$ 로 규정 짓고 있다.

Table 3. Color Values of the Commercially Available Stocks(White Substate)

Paper Grade	L ¹	a ¹	b ¹	Gloss	g/m ²
1. Glossy Coated Wood-Free	95	0	-2	65	115
2. Matt Coated Wood-Free	94	0	-2	38	115
3. Glossy LWC	92	0	5	55	65
4. Uncoated White	95	0	-2	6	115
5. Uncoated Yellowish	90	0	9	6	115
Tolerance	±3	±2	±2	±5	

¹Specified values per ISO/CD 12 647-2.2: D50, 2°, 0/45 or 45/0

Table 4. CIELAB- ΔE^* Tolerances for the Primary Color Solids

	Black	Cyan	Magenta	Yellow
Variation	5	5	5	5
Fluctuation	4	4	4	5

Figure 1과 Table 4에서는 ISO 12647-2에 대한 도트 게인(Dot Gain)과 기준점 및 허용치를 규정짓고 있다.

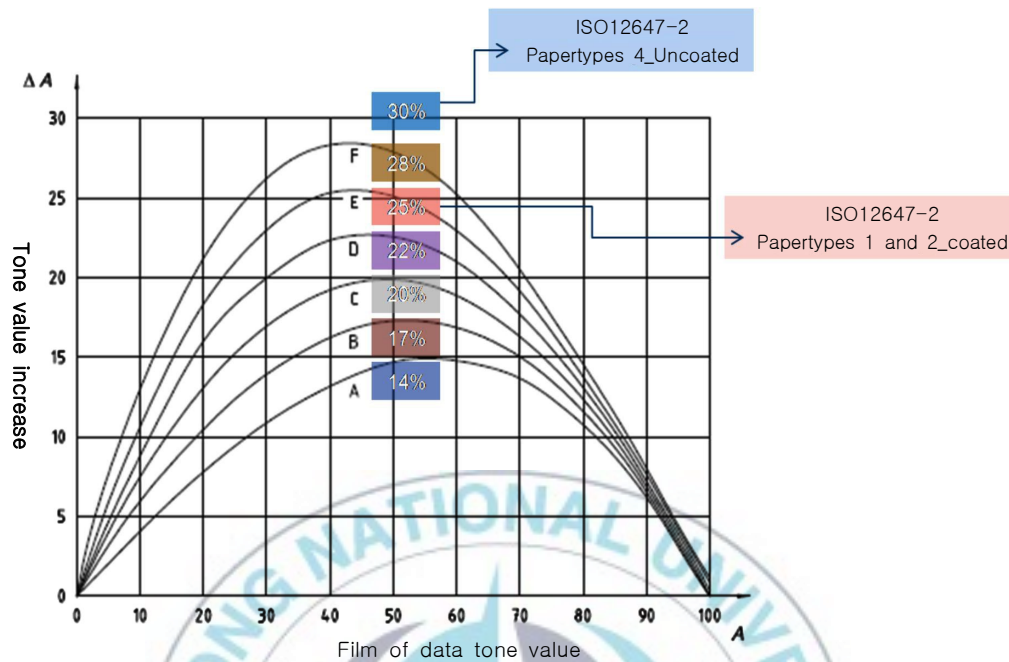


Figure 1. Tone value increase curves for the printing conditions defined in ISO 12647-2:2004.³⁾

Table 5. Tone Value Increase for the 50% Control Patch of a Control Strip with Circular Half-tone Dots for a Number of Important Printing Conditions.

Printing Characteristics	Tone Value Increase % for Screen Rulings :		
	133lpi	150lpi	175lpi
Four Colour Continuous Forms Printing, Chromatic Colours			
Positive-Acting ^c Plates, Paper Type ^a 1 and 2	17	20	22
Positive-Acting ^c Plates, Paper Type ^a 4	22	26	–
Negative-Acting ^c Plates, Paper Type ^a 1 and 2	22	26	29
Negative-Acting ^c Plates, Paper Type ^a 4	28	30	–

2-2. ICC 프로파일 정의

ICC(International Color Consortium)는 컴퓨터 및 주변장치의 제조사에 상관없이 모든 하드웨어상에서 동일한 품질의 컬러영상을 얻도록 하는 컬러운영시스템 구성과, 디바이스 Profile의 표준을 규정하기 위한 목적으로 1993년도에 구성되었다. 초기의 설립회원으로는 Adobe System, Agfa-Gevaert, Apple Computer, Eastman Kodak, Sun Microsystem의 5개 회사의 컨소시엄 형태로 시작하여 2003년 이후는 설립회원을 제외하고 60여 개 이상의 하드웨어 소프트웨어 제조회사, 연구소를 포함한 정회원과 EPFL, FOGRA, London College of Printing, Western Michigan University 등이 명예회원으로 참여하고 있다.

이것은 각각의 컴퓨터에서 입력 및 출력 장치의 개별적인 특성을 제한 받지 않고 컬러의 일치된 색을 가능하도록 표현하는 파일이다.

ICC 프로파일은 바로 장치의 색상 값을 사람들이 보는 실제 색상을 나타내는 장치 독립적 색상 값과 짝을 맺어주며, 장치의 색상 값은 색상을 재현하도록 장치에 보내는 제어 신호(보통 RGB나 CMYK)로 나타낸다. 그 값들이 실제로 만드는 색상을 장치 독립적인 프로파일 매개 공간(PCS : Profile Connection Space)에서 CIEXYZ나 CIEL*a*b*으로 표현한다.⁴⁾

프로파일은 RGB나 CMYK를 사용하는 기기가 가지고 있는 전기적 신호와 그 신호를 통해서 출력해 내는 색상과의 관계를 수치로 기록한 파일을 말하며, 프로파일은 개인이 제작할 수도 있고 경우에 따라 입·출력 기기를 제작하는 회사에 의해 공급되기도 한다. 프로파일을 제작하기 위해서는 특별한 장비가 필요하며 현재 다양한 제품들이 출시되어 있다.

프로파일이라는 것은 기기의 색상 자체를 바꾸지 않고 단지 기기가 만들어내는 색상의 결과를 기록만 하는 것이기 때문에 여러 가지 프로파일을

상황에 따라 적절히 적용시키는 것이 가능하며 정확한 프로파일을 얻기 위해서는 프로파일 제작 작업을 반복하여 실행한 후 평균 값을 사용하면 좋은 결과를 얻을 수 있다. 프로파일을 만들어내기 전에 반드시 선행되어야 하는 작업으로 기기의 색상 자체를 조절해야 하는 경우가 있는데 이것을 캘리브레이션(Calibration)이라 한다. 다른 말로 특성화(Characterization)라 말하기도 한다.⁵⁾

프로파일을 제작 시 색변환 방법으로 4가지 표현의도(Rendering Intent)를 적용한다. 이것을 표현의도라 하여 지각적(Perceptual), 채도(Saturation), 상대 색도계(Relative Colormetric), 절대 색도계(Absolute Colormetric) 등으로 사용자의 목적에 따라 선택되어 사용되고 있다.⁶⁾

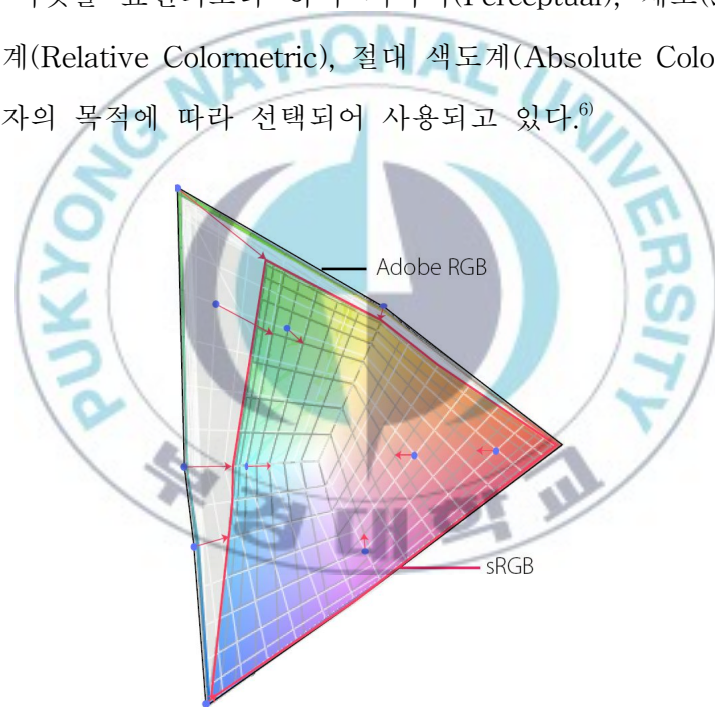


Figure 2. Perceptual gamut mapping from Adobe RGB to sRGB.

지각적은 본래 색상 사이의 가시적 관계를 유지하는 수준의 렌더링을 하게 된다. 광범위한 색영역에서 변환하는데 자주 사용하며, 목적지 색영역 내부의 색상과 정확하게 일치하는 것보다 색영역 내부 및 외부 색의 관계를

유지하는 것이 더 중요하게 사용된다. Fig. 2에서 화살표방향이 색상의 역할을 나타낸다.

채도는 색상의 정확도가 떨어지더라도 채도가 높은 렌더링을 요구하여 보통 색상의 정확도보다 채도를 높이는게 중요한 업무용 그래픽(파이차트 등)에 사용된다.

절대 색도계는 목적지 색상의 절대 Lab 좌표와 소스(source)색상의 절대 Lab 좌표를 일치시킨다. 다른 미디어 흰점에 대해 조정하지 않는다. 대부분 ‘로고’ 색상이나 상표들의 동일한 색상을 재현할 때 사용하지만 일반적으로는 추천되지 않고 있다.

상대 색도계는 목적지 색상의 미디어 상대 Lab 좌표를 소스 색상의 미디어 상대 Lab 좌표와 일치시킨다. 소스의 흰점은 목적지의 흰점으로 매핑된다. 특별히 대부분의 소스 색상이 이미 목적지 색영역에 있을 경우에 색상 변환용으로 권장하고 있다. Fig. 3에서 이미지의 매핑방식을 보여주고 있다.

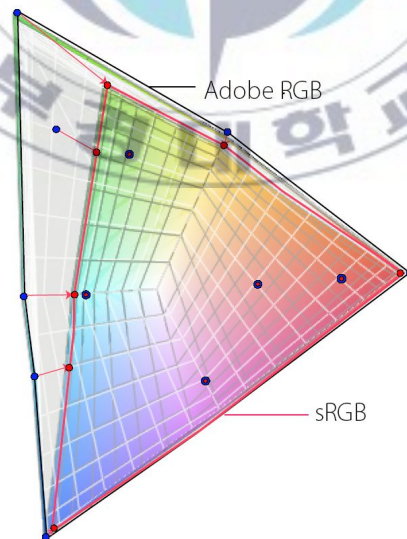


Figure 3. Relative colorimetric mapping (Adobe RGB to sRGB).

해외기준의 ICC 프로파일은 블랙스타트 및 잉크의 총합량을 각각의 형태로 가지고 있다. ICC 프로파일 포맷상태는 비슷해 보여도 내부의 설정 상태에 따른 데이터 정보는 각각 틀리다. ICC 프로파일의 형태를 분석해 보면 RGB의 ICC 프로파일과 CMYK의 ICC 프로파일이 있다. 또한 RGB의 ICC 프로파일은 RGB의 데이터 값이 있으며, CMYK ICC 프로파일은 CMYK의 ICC 프로파일의 정보가 들어가 있는 것이다. CMYK의 경우 ICC 프로파일의 정보에 담겨있는 잉크 총합량과 블랙 시작점이 모두 틀리게 되어 있는데 이것은 ICC 프로파일을 제작할 때 설정할 수 있다.

ICC 프로파일은 유럽, 독일, 일본 등에서 각종 소프트웨어 활용으로 인쇄물의 색재현에 있어서 망점의 크기를 결정짓는 역할을 하고 있다. 따라서 ICC 프로파일의 종류에 따라 동일한 데이터가 입력되어도 인쇄 기계의 설정, 재료 등의 특성에 맞게 ICC 프로파일에 의해 각각 CMYK로 분판하여 판출력으로 데이터가 변환되어 사용하고 있다.

오프셋 인쇄 공정의 최적화된 색재현을 하기 위해서는 국내에 맞는 ICC 프로파일을 사용하여야 하며, 이 값으로 원고 데이터를 완성하고 편집에서 CIP₄(International Cooperation for the Integration of Processes in Prepress, Press and Postpress Organization) 등 장비를 이용하여 인쇄판을 제작하고 인쇄 기계의 잉크기 값을 설정하여 사용한다.⁷⁾

2-3. 색차

컬러 인쇄물의 색재현 상태를 주관적으로 판단하는 것은 개개인의 차이로 인하여 객관적이지 못하다. 또한 주관적인 판단은 문화적인 차이나 개인이 선호하는 색상에 따라 달라지게 된다. 이러한 면에서 색차는 객관적으로

누구든지 쉽게 수치적으로 원본색과 결과색의 차이를 확인할 수 있는 척도가 된다.

또한 국내 인쇄소에서 컬러 인쇄물을 제작할 때 객관적으로 얼마만큼의 색차가 났으며 허용치 안에 들어왔는지를 확인할 수 있는 것이 색차 값이다.

색차값은 CIEL*a*b*값으로 구할 수 있다. 이것은 3차원 색공간에서 하나의 색상을 CIEL*a*b*값을 구하여 색을 갖는 한 점을 3차원 공간에 기준을 두고, 또 하나의 색을 CIEL*a*b* B값을 구하여 3차원 공간에 기준을 두고 두 색간의 유클리드 거리로 구한 것이다.

색차는 ΔE_{ab}^* 로 표시되며, CIEL*a*b* 색공간에서 두 개의 측색치 $L_1^*a_1^*b_1^*$ 와 $L_2^*a_2^*b_2^*$ 간의 색차는 식(1)과 같다.

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

여기서 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 을 구하기 위하여 L^* , a^* , b^* 는 식(2)로 나타난다.

$$L^* = 116(Y/Y_N)^{1/3} - 16 \quad (2)$$

$$a^* = 500[(X/X_N)^{1/3} - (Y/Y_N)^{1/3}]$$

$$b^* = 200[(Y/Y_N)^{1/3} - (Z/Z_N)^{1/3}]$$

단, $X/X_n > 0.008856$, $Y/Y_n > 0.008856$, $Z/Z_n > 0.008856$ 일 때이다.

CIEL*a*b* 색공간은 현재 세계적으로 색물체를 측정하는데 있어서 모든 산업 분야에 가장 보편적으로 널리 사용된다. 이는 보색 이론에 기초해서 색 지각 크기(Perceptual Color Magnitude)를 나타내고자 하는 근사 균등 색공간이다.

CIEL*a*b* 모델은 장치 독립적이므로 RGB 컬러를 CMYK 컬러로 또는

CMYK 컬러를 RGB 컬러로 변경하려면, 먼저 소프트웨어에서 CIEL*a*b* 색공간을 사용하여 모든 색상값을 수치로 표현해야 한다.

CIEL*a*b* 모델에서는 컬러의 명도(L), 색상과 채도(a, b)를 개별적으로 수정할 수 있기 때문에 이미지나 명도를 변경하지 않고도 이미지의 전체 컬러를 변경할 수 있다.

CIEL*a*b* 표색계는 L*a*b*의 입체 좌표로써 색상을 표시한다. L*는 명도(Lightness)를 표시하며 채도 좌표의 x축은 a*로, y축은 b*로 표시한다.

또, 이 색공간은 +a*는 Red 방향, -a*는 Green 방향, +b*는 Yellow 방향, -b*는 Blue 방향이다. 중앙은 무채색에 해당되고 a와 b가 0인 위치이다. L*가 100이면 순수한 White, L*가 0이면 Black을 나타낸다. a*와 b*가 증가할수록 L*축에서 멀어지며 채도가 높아져 순수한 색을 나타낸다.

2-4. 도트 게인(Dot Gain)

인쇄 과정에서 하프톤 망점이 커지는 현상을 말한다. 도트 게인이 일어나는 주요 원인은 잉크가 종이에 부딪히면서 확산되어 퍼지기 때문이다. 필름에 이미지를 만들 때도 도트 게인이 조금 생길 수도 있지만 최근에는 CTP(Computer to Plate)의 발달로 필름에서의 망점 확대 변수가 없어지고 현상에 따른 망점 확대가 있다.

이러한 장치의 톤 재현 특성을 측정하고 모델링하는데 몇 가지 방법이 있다. 가장 간단한 것으로 톤 재현 곡선(TRC : Tone Reproduction Curve)이 있는데, 장치에 주어지는 입력 값과 장치가 만들어 낸 결과 색의 밝기 값 사이의 관계를 정의한다. 대부분의 아날로그 장치에서 밝기 레벨이 증가하면(게인이 증가) 중간 톤이 가장 큰 영향을 받고 하이라이트나 섀도 부분으로 가면 그 영향이 점차 줄어든다. 모니터, 스캐너, 디지털 카메라에서는

이것을 감마 곡선이라고 한다. 프린터는 약간 다르게 도트 계인 곡선이란 걸 사용하는데 감마 곡선과 비슷하다.

인쇄물에서 사용되는 도트 계인의 공식은 다음과 같다.

$$a = \frac{1 - 10^{-D_t/n}}{1 - 10^{-D_s/n}}, \quad D_t = -n \log\{1 - a(1 - 10^{-D_s/n})\} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 a는 망점 면적률(Dot Area), D_t 는 망점 계조의 농도(Density of Tint), D_s 는 민인쇄의 농도(Density of Solid)를 나타낸다. 이 수식은 지수 n을 사용하여 Murray-Davis 식을 수정한 Yule-Nielsen 식이다.

또한 인쇄물의 최적화된 농도를 찾기 위하여 콘트라스트(Contrast)를 측정하였다.



3. 실험

3-1. Test Target 제작

인쇄 장치의 특성화를 위해 국제 표준 규격인 ISO(International Standards Organization)와 ANSI(American National Standards Institute)에서 정한 1,485개의 패치로 구성된 ECI 2002V Target이 표준 데이터 값이다.

이 Test Target은 여러 번의 변화가 있었다. 2004년 이전에는 928개의 패치를 사용하여 프로파일을 제작하였으나 색역(Color Gamut)의 범위나 회색도의 정확한 색재현을 나타내는 프로파일을 생성하지 못하는 단점이 있었다. 그래서 ISO에서는 좀더 정확한 색재현을 표현하기 위해 1,485개의 패치로 구성된 ECI 2002 Target을 사용하게 되었고, 표준 데이터 값에 적용하였다. ECI 2002V Target은 K0과 K20일 때 각각 Target C, M, Y의 망점 면적률이 1, 10, 20, 40, 70, 100 단계의 조합으로 만든 $64(4^3)$ 색으로 합계 746색을 포함한다. 또한 기본 Target 182개를 더하여 총 928색으로 구성된 IT8.7/3 Target에서 부족한 C, M, Y단계 $729(9^3)$ 색을 늘려 제작한 전체 패치의 수가 1,485개인 Target이다. 이 Target이 색역을 나타낼 수 있는 1,485개의 패치로 사용하였다.

Figure 4는 ECI 2002 Test Target을 나타낸 것이며 랜덤과 비주얼이 있지만 본 실험에서는 랜덤을 비주얼로 비교하였다.



Figure 4. Sample image _ ECI 2002 test target.⁸⁾

3-2. 제 판

제작된 데이터로 제판을 하기 위해서는 먼저 CTP RIP을 통해 Ripping을 하는데 CTP RIP은 편집 디자인된 입력 데이터로부터 최종 판출력으로 출력데이터를 보내는 역할을 한다. 또한 RGB 데이터를 CMYK로 분판시키거나 CMYK 데이터를 그대로 출력하는 등 여러 가지 설정을 할 수 있다. 이것은 본 인쇄시 인쇄판에 대한 도트 계인을 미연에 예방하여 망점을 축소시키거나 확대할 수 있는 설정 사항을 포함하고 있다. 이러한 설정 사항은 출력된 인쇄판의 상태를 확인하고 설정하여야 한다. 따라서 프리프레스(Prepress)에서의 편집 디자인된 데이터가 최적화된 상태로 만들어졌다고 해도 CTP 출력시 망점 재현을 정확히 재현하지 못하면 인쇄물의 상태를 예상할 수 없다. 그 만큼 CTP RIP의 설정 사항이 중요하다고 볼

수 있다. 또한 국내의 오프셋 인쇄에서 가장 많이 사용하는 오프셋 인쇄의 선수는 175lpi이다. 따라서 본 실험에서는 2400dpi의 175lpi를 사용하여 Figure 4의 Sample Image _ ECI 2002 Test Target을 출력하였고, RIP의 설정은 기본적으로 선형화시켜 입력 데이터가 출력 데이터로 동일하게 재현될 수 있도록 설정하였다. Figure 5에서는 CTP 공정의 RIP 설정 사항을 나타내었다.⁹⁾

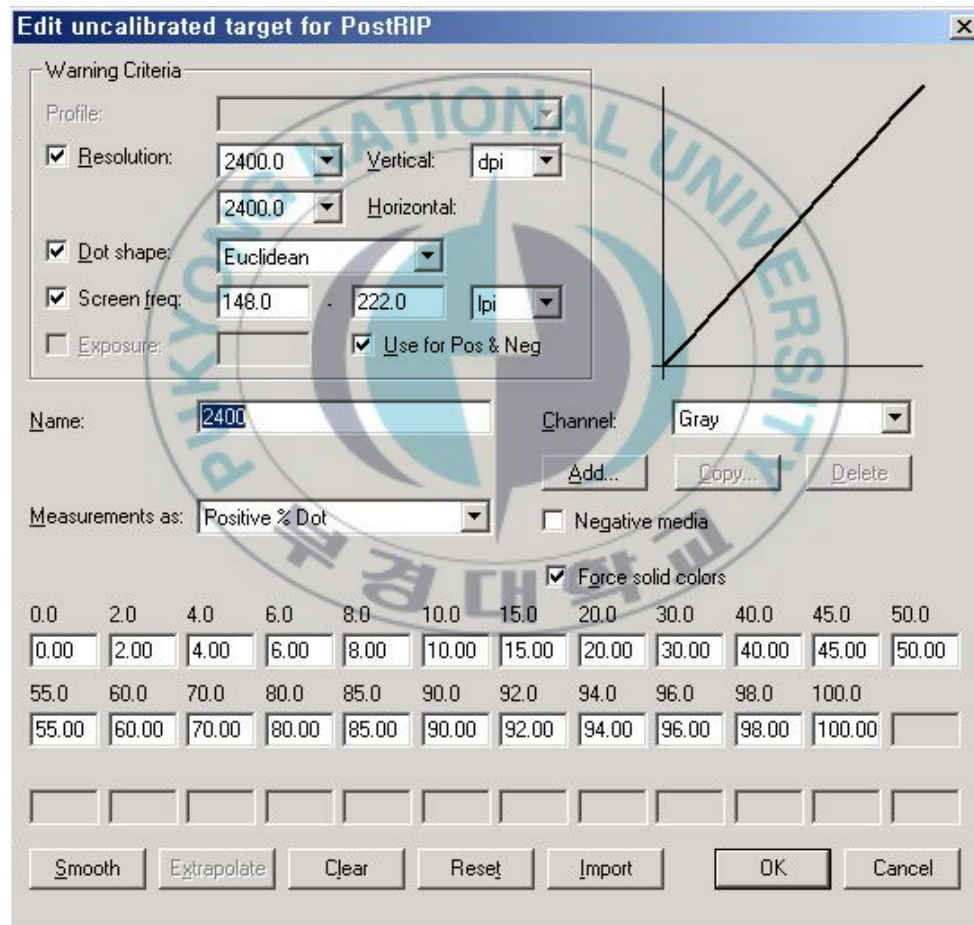


Figure 5. Input and output of CTP RIP setting.

3-3. 인쇄

인쇄 실험에서 잉크 공급량을 균일하게 하기 위해 CIP₃의 데이터를 이용하여 Ripping된 데이터가 인쇄 기계의 잉크 키 값으로 전달되도록 하였다.

잉크 키 값으로 전달되는 것을 Figure 6에 나타내었다. C, M, Y, K별로 잉크 키 값이 자동으로 오픈되며 컬러 바(Color Bar)를 이용하여 ISO 기준에 맞는 민인쇄부분의 농도를 측정하였다.

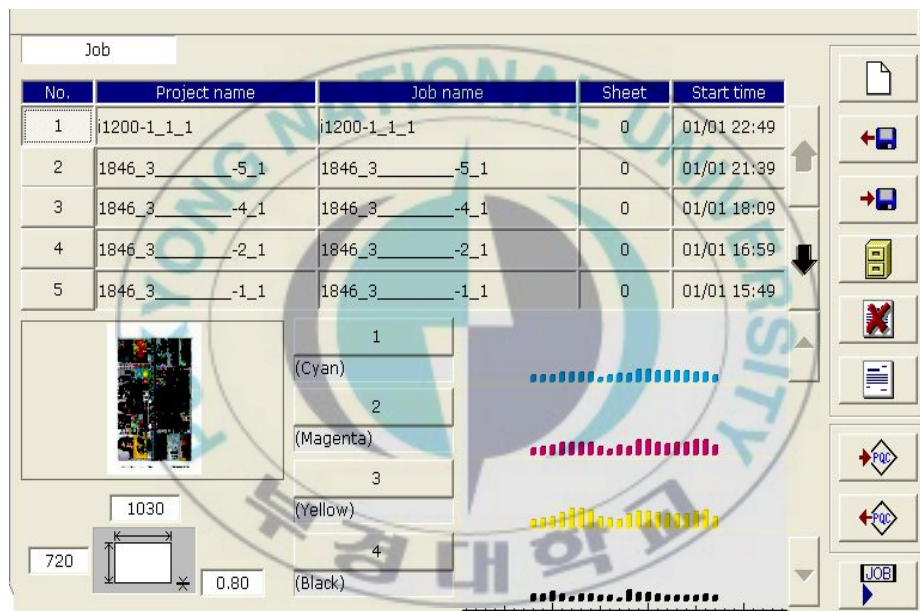


Figure 6. CIP₃ data process on offset printing machine.

인쇄 속도는 평균 10,000rpm, 습수액 pH 5.5, 습도 50%로 유지하여 용지별 국전 크기의 Coated(120g/m²), Uncoated(80g/m²) 및 일반 잉크 대 친환경 잉크 인증을 받은(ISO 2846-1:2006) 두 종류로 각각 인쇄하였다. ECI 2002 Visual Target을 표준 샘플로 기존 사용 잉크 대 국제 색상 규격을 인증한 잉크로 나누어 Coated는 300장씩 5번을 실험하였고, Uncoated도 300장씩 3번의 실험을 마친 뒤, 그 중 민인쇄 농도가 ISO

12647-2에 가장 근접한 샘플을 추출하였다.

디스플레이 장치를 캘리브레이션을 하기 위해 X-Rite社의 Eye-One Display 2의 Eye-One Match 3 소프트웨어를 이용하여 디스플레이 장치(Dell社 G2410t Monitor)를 캘리브레이션하였고, 디스플레이 장치의 캘리브레이션한 데이터를 바탕으로 ICC 프로파일을 제작하여 디스플레이 장치에 구동하여 실험한 후 비교 평가하였다.

측색 장비로는 X-Rite社의 Lino/Scan 사용하여 프로파일을 생성하여 X-Rite社의 Spectro Densitometer 528를 이용하여 CIEL*a*b*값 및 농도를 측정하였다. 수치화된 패치 값을 비교하고자 GMG社의 GMG ColorServe Profile Editor, X-Rite社의 ProfileMaker Pro 5.0.5를 이용하여 색차 및 색역을 나타내는데 활용하였다. 이때 측정 장치 구동 소프트웨어는 ProfileMaker 5.0.5 Measure Tool을 사용하였고, 모니터는 EIZO ColorEdge CG242W를 사용하였다.

3-4. 평가 방법

농도계를 이용한 농도 평가는 각각의 잉크를 사용하여 인쇄한 ECI 2002V Test Target를 X-Rite 528 농도계를 이용하여 각각 C, M, Y, K 잉크의 전이된 농도 값을 측정하여 그래프로 나타내었다. 이때 실험의 정확도를 높이기 위하여 3번 농도를 측정한 뒤 평균 값을 구하였다.

인쇄물의 색재현성을 평가하기 위하여 일반 잉크 및 친환경 잉크의 프로파일 작성 뒤, 색차와 도트 게인 등을 비교해 보았으며, ISO 12647-2의 기준에 따라 Coated는 ISO Coated와 Uncoated는 ISO Uncoated의 국제 표준 기준치와 각각 비교하였다.

4. 결과 및 고찰

4-1. 색차에 의한 비교 평가

4-1-1. ISO Coated

Table 6은 Coated의 국제 표준 규격의 오프셋에 대한 C, M, Y, K 및 허용 오차를 나타내고 이 표준 값을 기준으로 일반 잉크 및 친환경 잉크의 각각의 민인쇄 CIEL*a*b*값 및 평균 색상차를 명시하였다.

민인쇄 부분에서 1,485개의 패치의 평균 색차는 일반 잉크인 경우, ΔE^*_{ab} 2.96, 친환경 잉크인 경우, ΔE^*_{ab} 3.11로 비교적 양호한 결과를 나타내었으며 Best 90%에서는 4.35와 4.77로 약간 높게 표현되었지만 허용 범위 내에 들어온 것을 알 수 있었다.

Table 6. Comparison of Coated ΔE^*_{ab} Between Solid of CIEL*a*b* and 2002V Target

Parameter		ISO-12647-2				General Ink				Ecological Ink			
		L*	a*	b*	Tolerance	L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}	L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}
Solid	C	55	-37	-50	4~5	55.7	-35.8	-52.6	1.5	55.1	-36	-53.5	1.58
	M	48	74	-3	4~5	45.6	78.2	-1	2.76	47.8	76.4	-6.5	1.7
	Y	89	-5	93	5	89.4	-5.6	98.1	1.06	89.9	-5.5	99.2	1.5
	K	16	0	0	4~5	18.3	0.2	0.7	2.4	13.9	0	-0.1	2.06
2002V Target (1485 patch)	Average ΔE^*_{ab}	-				2.96				3.11			
	Best 90%	-				4.35				4.77			
	Max ΔE	-				7.54				10.62			

그러나 민인쇄 부분에서는 적은 색차가 났지만 중첩 부분에서는 10% 정도 허용치가 넘는 결과를 확인할 수 있었다. 이것은 C, M, Y, K 인쇄 순서에 의해서 또는 잉크의 트래핑 효과로 나빠질 수도 있고, 잉크의 투명성이 원인이 될 수도 있다. 그러나 평균 1,485개의 패치에서 평균값 ΔE^*_{ab} 가 허용치에 들어왔기 때문에 인쇄물의 색재현에 있어서는 문제가 없는 것으로 사료된다.

인쇄물의 국제 표준 규격인 ISO 12647-2:2004의 색상을 기준으로 하여 친환경 잉크(ISO 2846-1:2006)와 일반 잉크를 사용하여 1,485개 패치의 색차를 Figure 7, 8에 각각 나타내었다.

Figure 7, 8의 결과와 같이 색차는 평균 2.96에서 3.11의 색차를 나타내었고, 표준 규격에 흡사하게 나타났으며, 약간 더 일반 잉크가 표준 색상에 근접한 것을 알 수 있었다.

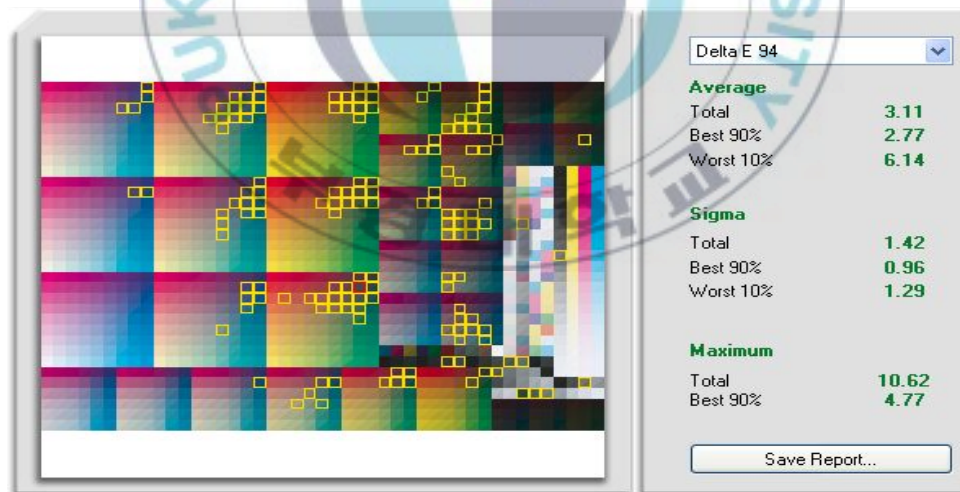


Figure 7. ΔE^*_{ab} between ISO coated and ecological printing ink.

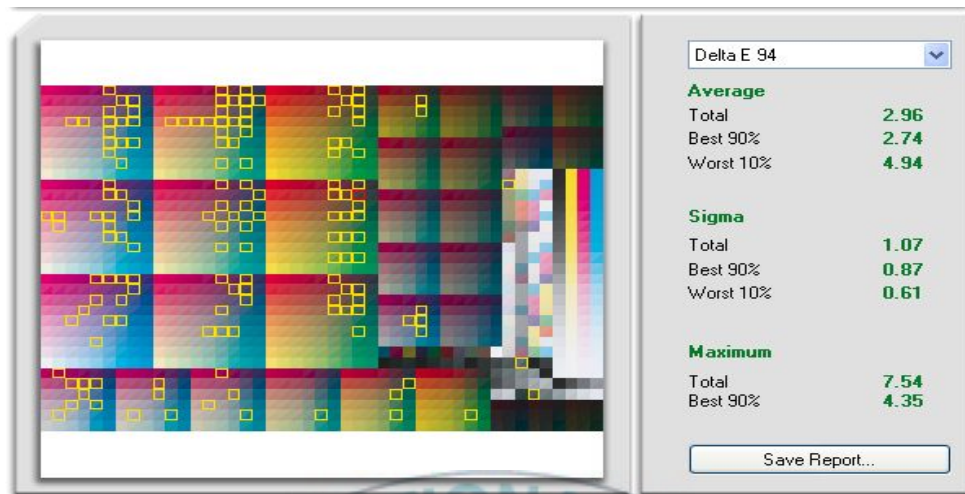


Figure 8. ΔE^*ab between ISO coated and general printing ink.

특히, 표준 규격과 색차가 가장 큰 것은 친환경 잉크 색차가 10.62이었으며, 일반 잉크는 7.54로 적은 색차를 나타내었다. 그러나 전반적인 평균 색차는 일반 잉크와 친환경 잉크의 차이가 거의 없었다. 또한 K의 경우 친환경 잉크가 기준치에 비해 L^* 값에서 기준치보다 양호한 값을 얻었다. 이것은 일반 잉크보다 친환경 잉크가 ISO 기준에 맞게 제작되었기에 색상이 더 진하게 나온 결과라 생각된다. 따라서 ISO 12647-2 Coated를 기준으로 하여 실험한 결과 친환경 잉크를 사용하여 국제 표준 규격에 맞는 인쇄물을 얻을 수 있었다.

4-1-2. ISO Uncoated

Table 7의 결과와 같이 Uncoated의 국제 표준 규격의 오프셋인쇄에 대해 C, M, Y, K 및 허용오차를 구하여 Table 7에 나타내었다. 또한 Table 7에서 이 표준값을 기준으로 일반 잉크와 친환경 잉크의 민인쇄 $CIEL^*a^*b^*$ 및 평균색상차를 나타내었다. Uncoated의 경우 민인쇄 부분은 M과 K에서 일반 잉크보다 친환경 잉크가 더 적은 색차를 보였으나, C와 Y에서는

일반 잉크가 더 적은 색차를 보였다.

하지만 그것은 색상차가 1~2 정도이므로 ISO 허용치 ΔE^*_{ab} 5 미만에 포함되었기 때문에 민인쇄 부분에서는 비교적 양호한 인쇄물 색재현이 표현됨을 확인하였다. 또한 1,485개 패치의 색차를 보았을 때 일반 잉크는 평균 색차가 2이며 친환경 잉크는 평균 색차가 2.11을 나타냄으로써 표준 규격의 허용치 안에 들어감을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 Best 90%에서는 색차 ΔE^*_{ab} 가 3.42, 3.33으로 색재현이 우수하게 나타났다.

Table 7. Comparison of Uncoated ΔE^*_{ab} between Solid of CIEL^{*}a*b^{*} and 2002V Target

Parameter		ISO-12647-2				General Ink				Ecological Ink			
		L [*]	a [*]	b [*]	Tolerance	L [*]	a [*]	b [*]	ΔE^*_{ab}	L [*]	a [*]	b [*]	ΔE^*_{ab}
Solid	C	59	-26.7	-42.8	4~5	58.7	-24.8	-44.3	1.37	58.3	-24.7	-45	
	M	5	59.5	-4	4~5	57.1	58.5	-3.4	2.11	54.4	60.7	-1.3	
	Y	88.8	-1.6	79.2	5	88.6	1.3	76.3	1.5	90.2	-4	81.2	
	K	31.9	2.0	2.1	4~5	34.7	1.2	2.4	2.92	33.8	1.2	1.8	
2002V	Average ΔE^*_{ab}	-				2				2.11			
Target	Best	-				3.42				3.33			
(1485 patch)	Max ΔE^*_{ab}	-				5.78				6.13			

Uncoated지의 경우, Figure 7, 8과 같이 색차가 Coated의 경우보다 훨씬 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 친환경 잉크인 경우, 평균 색차가 2.11로 Coated지보다 훨씬 적게 나타남으로써 ISO 12647-2:2004와 허용치에 근접한 결과물을 얻을 수 있었다.

또한 일반 잉크도 친환경 잉크보다 색차가 더 적게 나타났으며, 색차가 2.0의 평균치를 얻음으로써 국제 표준 규격에 맞는 인쇄물을 얻을 수 있었다.

따라서 ISO 12647-2 Uncoated지를 기준으로 하여 실험한 결과 친환경 잉크를 사용하여 국제 표준 규격에 맞는 인쇄물을 얻을 수 있음을 확인하였다.

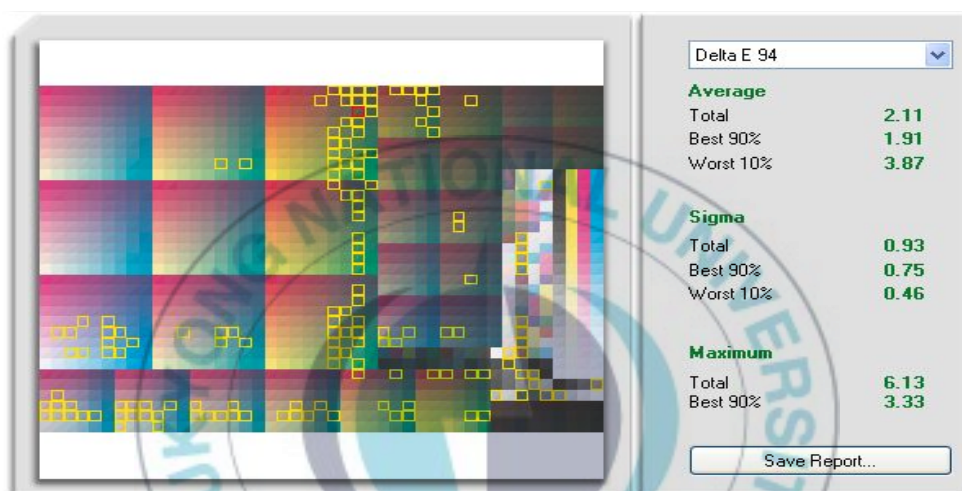


Figure 9. ΔE^*_{ab} between ISO uncoated and ecological printing ink.



Figure 10. ΔE^*_{ab} between ISO uncoated and general printing ink.

4-2. 색역에 의한 비교 평가

색역은 CIEL*a*b* 공간에서 더 넓게 분포되는 것이 색역이 넓다고 할 수 있으나 오프셋인쇄의 경우, 잉크를 가감함에 있어 최적의 농도와 중간 계조의 색상을 같이 표현하여야 하기 때문에 색역의 분포도가 중요하다고 할 수 있다. Figure 12에서와 같이 ISO를 기준으로 하여 색역을 확인한 결과 L*50을 기준으로 색상의 차이가 적게 나타났다.

그러나 Figure 11~14와 같이 Uncoated지와 Coated지를 비교한 결과 색역의 차이가 남을 알 수 있었다. 이것은 종이의 지질에 따라 나타나는 정반사와 난반사의 차이도 작용한 결과라 생각된다.

따라서 프로파일의 사용도 Uncoated지용과 Coated지용에 차이가 있으므로 프로파일의 사용시 용도에 맞게 구분하여 선택하는 것이 바람직하다고 사료된다.

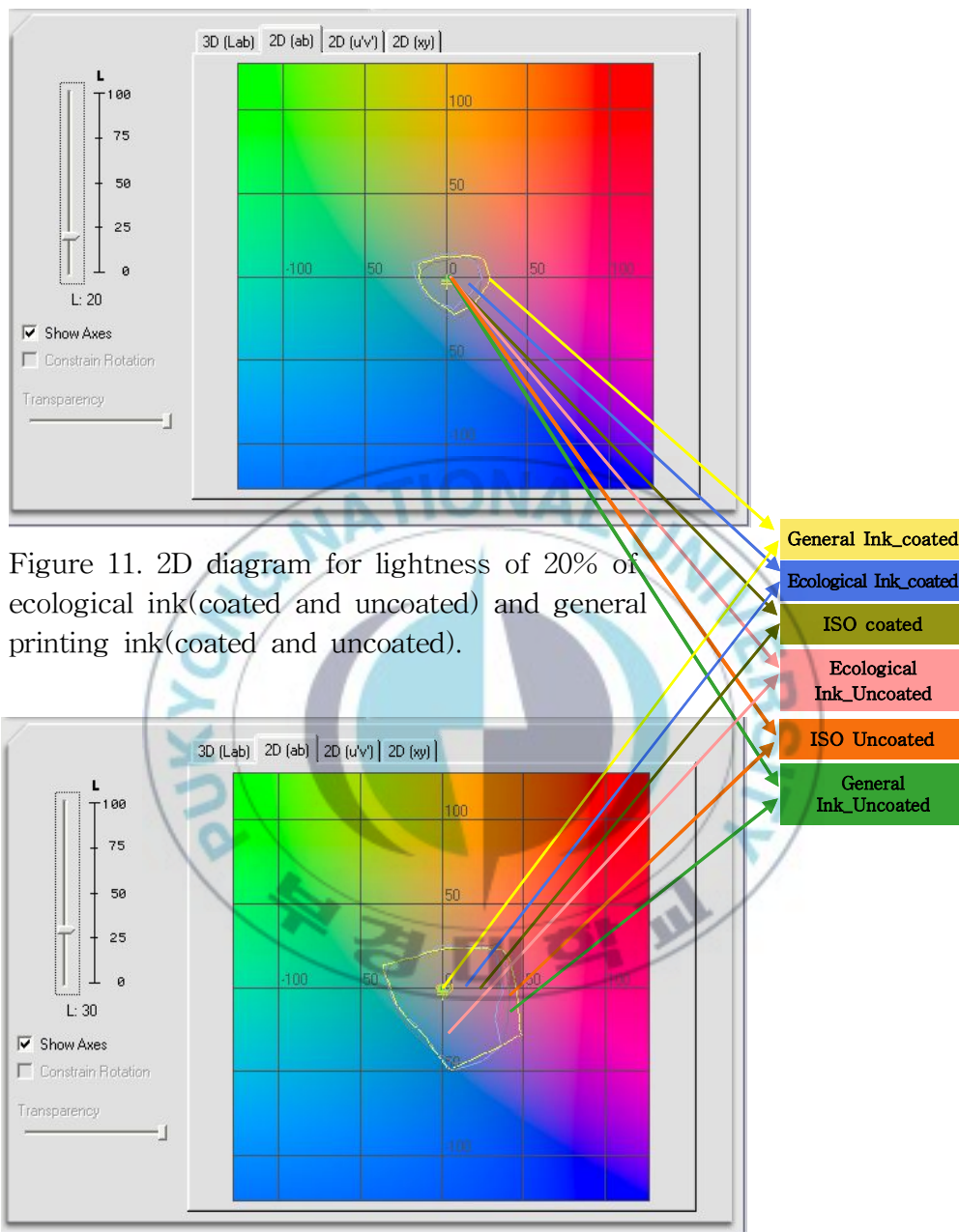
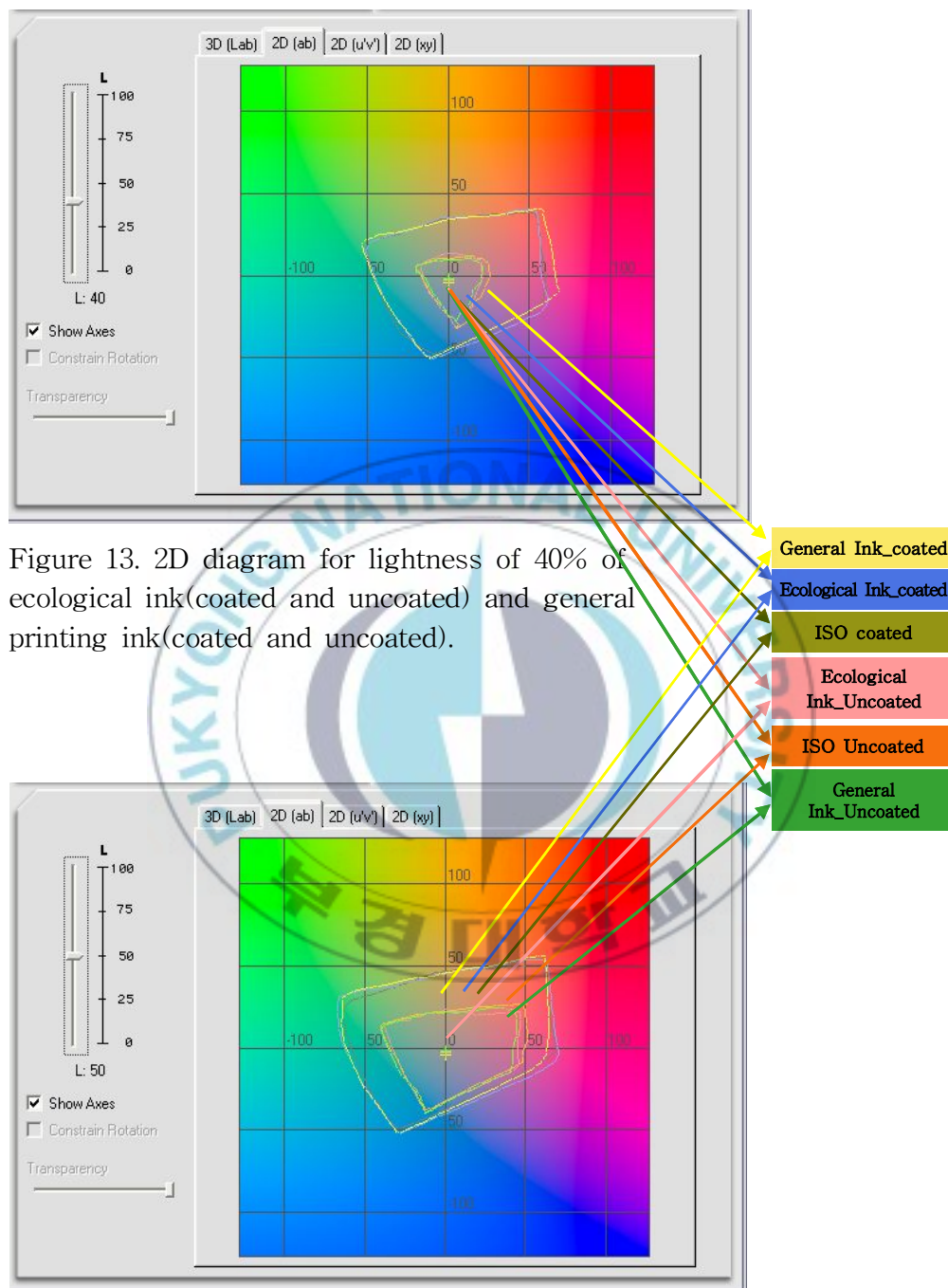


Figure 11. 2D diagram for lightness of 20% of ecological ink(coated and uncoated) and general printing ink(coated and uncoated).

Figure 12. 2D diagram for lightness of 30% of ecological ink (coated and uncoated) and general printing ink(coated and uncoated).



4-3. 도트 계인에 의한 비교 평가

도트 계인은 이미지의 중간농도가 더 짙고 옅은 이미지의 재현을 가져오며 인쇄기계의 패킹상태 정확도를 알 수 있으며, 인쇄물의 품질을 좌우하는 것으로 반드시 관리가 필요하다.

도트 계인은 잉크의 물성에 따라서 망점이 틀려짐을 Figure 15~18의 결과로 알 수 있었다.

특히, ISO 12647-2:2004에서는 Coated지의 경우 도트 계인(Tone Value Increase)를 175lpi(70cm^{-1})에서 Positive-Acting Plate, Paper Type 1 and 2로 Solid 부분의 합을 22%를 규정하고 있으며, 허용 오차는 3~4%이다. 또한 Uncoated지의 경우 175선(70cm^{-1})에서 Positive-Acting Plate, Paper Type 4로 Solid 부분의 합을 26%로 규정되어 있다. 본 실험에서는 175lpi(70cm^{-1})로 인쇄되었으므로 Figure 15~18의 결과와 같다. 친환경 잉크의 경우 허용 오차까지 모두 도트 계인 안에 들어온 것을 확인할 수 있으나, K 잉크 농도의 경우 최고 높은 1.72로 잉크의 양이 증가함에 따라 중간 계조의 도트 계인이 나머지 3종류의 잉크보다 높게 나타났다.

또한 친환경 잉크는 Coated지가 Uncoated지보다 적은 도트 계인을 나타내었으나 일반 잉크에서는 K를 제외한 나머지 C, M, Y 잉크는 25% 미만의 도트 계인이 있었고, K는 30~35%의 많은 도트 계인 현상이 일어났다.

또한 실험의 결과에서처럼 C, M, Y 잉크의 경우 ISO 기준 허용치 안에 들어온 것을 확인할 수 있었다. 하지만 K 잉크에서는 과도한 도트 계인 현상이 일어났는데 이것은 색차에서도 확인했듯이 기준치보다 K 잉크를 ISO 기준 농도에 맞추기 위해 과도하게 잉크를 올림으로써 도트 계인이 증가한 결과라 생각된다.

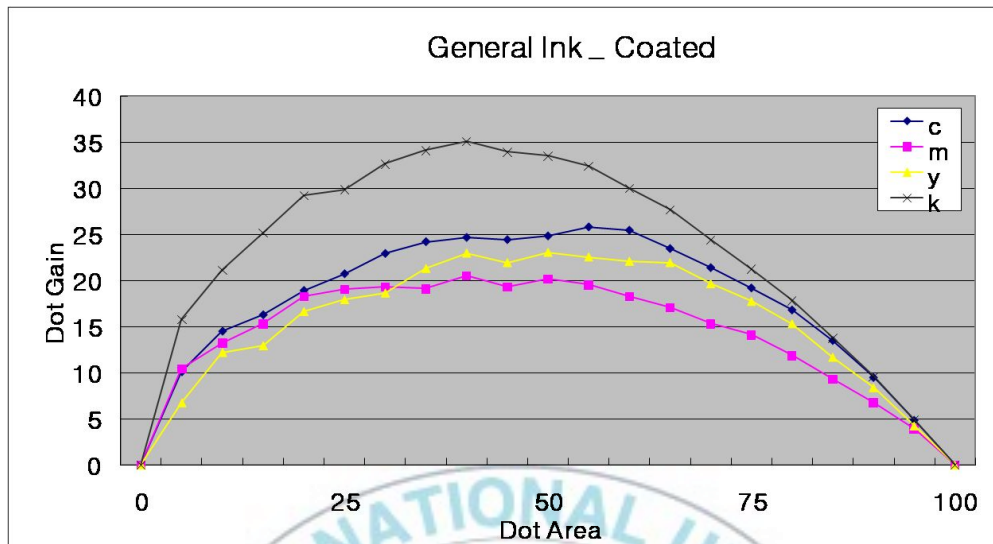


Figure 15. Dot gain general ink printing in coated paper.

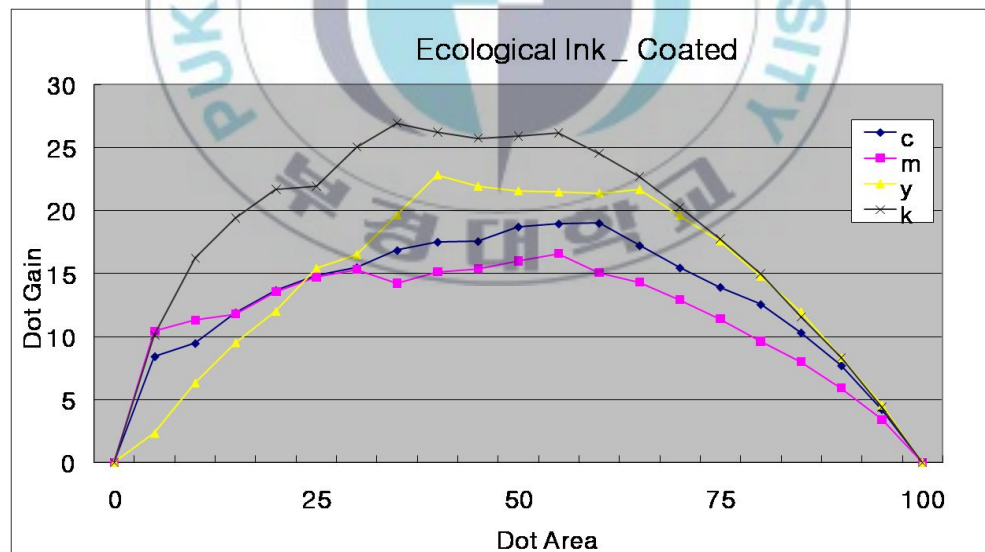


Figure 16. Dot gain ecological ink printing in coated paper.

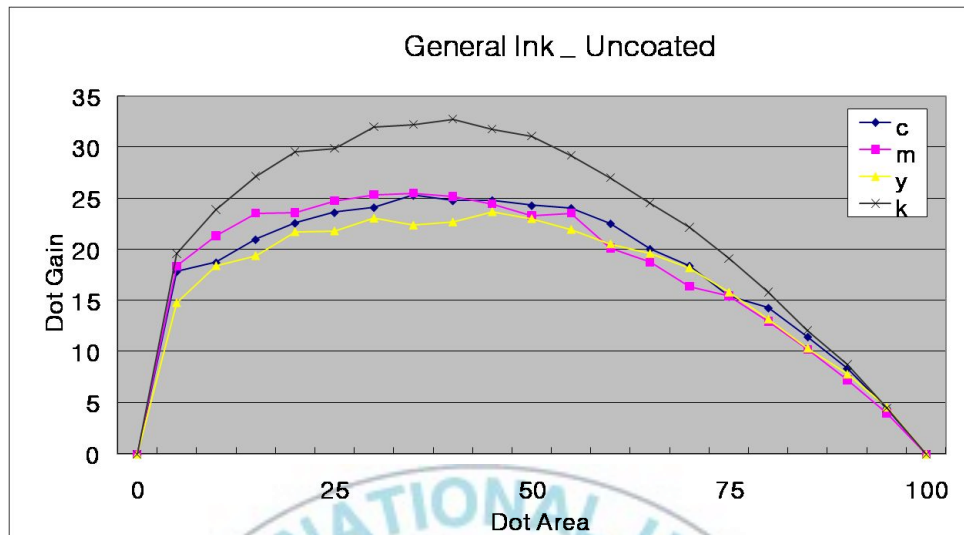


Figure 17. Dot gain general ink printing in uncoated paper.

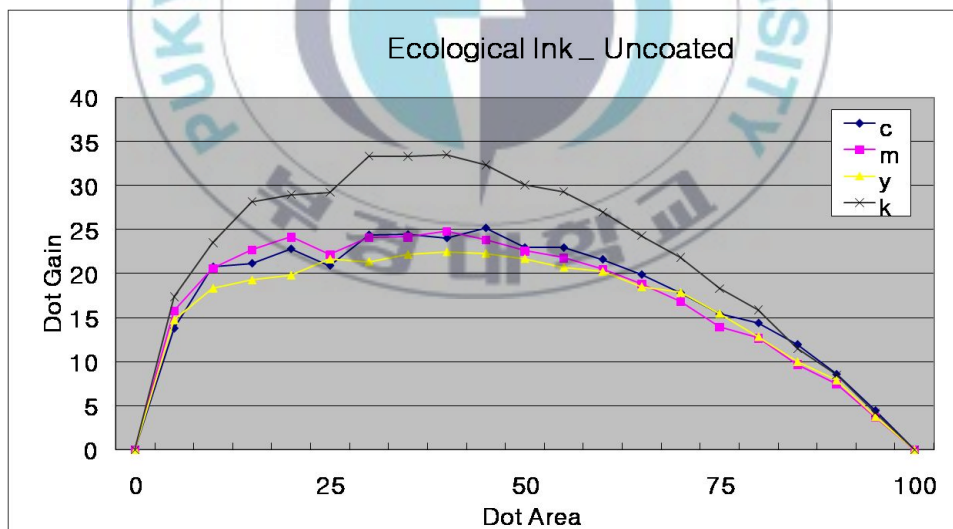


Figure 18. Dot gain ecological ink printing in uncoated paper.

4-4. 색차 분석에 의한 비교 평가

색차 분석을 한 눈에 알아 볼 수 있도록 상대누적도수 CRF(Cumulative Relative Frequency) 곡선을 Figure 17에 나타내었다. Figure 17의 결과는 ISO 12647-2 오프셋 기준의 색상 재현으로 본 실험에서 연구한 일반 잉크와 친환경 잉크로 오프셋 인쇄물의 색상 재현이 얼마나 잘 되었는지를 한 눈에 알아볼 수 있다. Y축은 1,485개의 패치를 100분율로 설정하였고, X축은 ECI ΔE^*ab 를 도시하였다. 따라서 Uncoated지와 Coated지를 국제 인증을 받은 친환경 잉크와 일반 잉크의 인쇄물로 구분하여 색차를 구하였다. Figure 19와 같이 크게 구분이 되는 것은 Uncoated지에서의 색차이다. Uncoated지의 경우, 색차가 3이내에 85%가 들어와 있는 것을 볼 수 있었고, 친환경 잉크와 일반 잉크 모두 ISO 12647-2:2004에 허용되는 색차값에 들어온 것을 확인할 수 있었다. 이것은 국제 표준 규격에 두 종류의 잉크 어느 것을 사용하더라도 적합하다고 사료된다. 또한 Coated지의 경우에도 색차가 4 이내 80%가 모두 들어온 것을 확인할 수 있었다.

따라서 Uncoated지와 Coated지의 경우 어떠한 잉크를 사용하더라도 국제 표준 규격에 적합한 것을 알 수 있으므로 본 연구에서 실험한 친환경 잉크가 일반적으로 사용하더라도 충분히 적합하다고 사료된다.

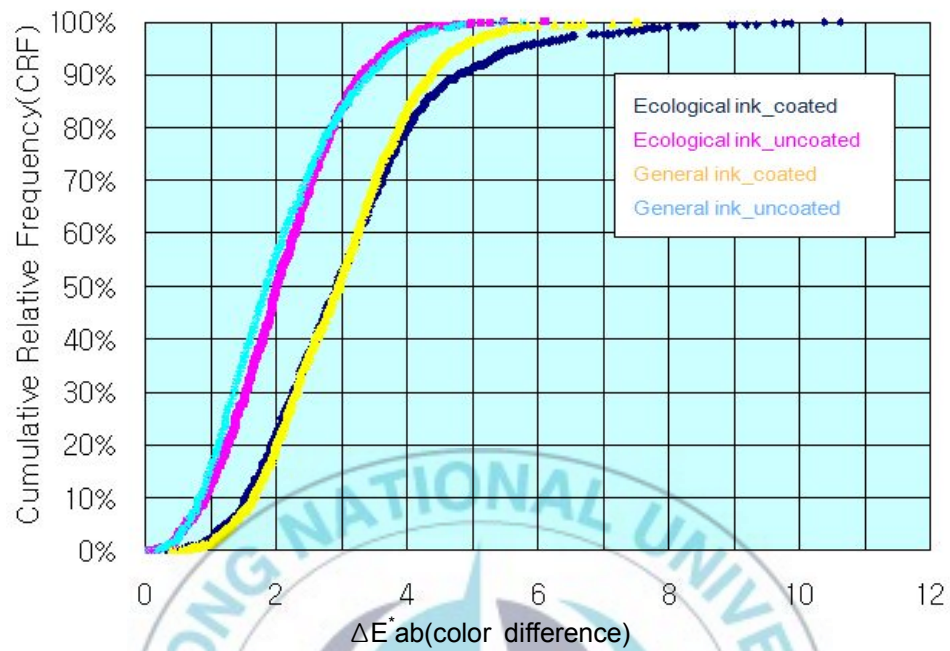


Figure 19. Comparison of CRF curves for ecological ink printing ink (coated and uncoated) and general printing ink (coated and uncoated).

5. 결 론

본 연구에서는 국내 인쇄 환경에서 친환경 잉크를 이용한 오프셋 인쇄의 색재현을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 국제 표준 기구 색상 규격(ISO 2846-1:2006)을 획득한 친환경 잉크로 인쇄한 결과 ISO Coated지 및 ISO Uncoated지 표준 값의 허용 범위 안에 모두 포함되었는데, Coated지의 경우 평균 색차가 3.11이었고, Uncoated지의 경우 평균 색차가 2.11이었다.
2. 색역은 국제 표준 규격을 기준으로 동일하게 측정된 결과 Coated지와 Uncoated지의 경우, 거의 동일한 국제 표준 규격의 색역을 나타내었으므로 친환경 잉크를 사용하더라도 일반 잉크의 색역을 재현하는 것이 가능하였다.
3. 국내 인쇄환경에서 친환경 잉크를 사용하더라도 색차 분석을 통계적으로 확인한 결과 1,485개의 패치 중, 80% 이상이 색차 4 이하를 나타내었으므로 오프셋 인쇄 색재현이 가능한 것을 확인하였다.

본 연구 논문의 실험 결과를 종합해 볼 때, 친환경 잉크인 경우 Coated지, Uncoated지 모두 색차와 색역이 ISO 12647-2의 기준에 적합하므로 친환경 잉크를 사용하더라도 기존 잉크의 색역 재현에 이상이 없고 국제 표준에 맞는 색재현이 가능함을 확인하였다. 친환경 잉크 사용으로 인쇄 산업도 친환경 정책에 부응할 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) S. H. Kang, "Colorimetric Evaluation on Color Reproduction Properties of the Colorants for Offset Printing and Proofing" Journal of The Korean Printing Society Vol. 21, No. 3(2003).
- 2) 국제 표준 색상 규격 대두유 "INK_BEST SOY 2846", 한국특수잉크공업(주) 기술부.
- 3) ISO 12647-2 : 2004, <URL:<http://www.iso.org/>>.
- 4) Bruce Fraser, Charis Murphy and Fred bunting, "Real World Color Management", 2nd edition(2005).
- 5) Roy S. Berns, "Principles of Color Technology", WILEY, pp. 78(2003).
- 6) S. S. Kim, "A Study on The Optimization of Offset Printing Process for High Quality Color Reproduction", pp. 16(2008).
- 7) CIP₄ Organization, <URL:<http://www.cip3.org/>>.
- 8) ECI 2002, <URL:<http://www.eci.org/>>.
- 9) S. S. Kim, "A Study on The Optimization of Offset Printing Process for High Quality Color Reproduction", pp. 43(2008).