



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

국내 연포장 그라비아인쇄에서
그레이 밸런스 방법을 이용한
컬러 관리에 관한 연구



2014년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 쇄 공 학 과

이 아 름

공 학 석 사 학 위 논 문

국내 연포장 그라비아인쇄에서
그레이 밸런스 방법을 이용한
컬러 관리에 관한 연구

지도교수 구 철 회

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2014년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

인쇄 공 학 과

이 아 름

이아름의 공학석사 학위논문을 인준함.

2014년 8월 22일



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	iii
List of Tables	v
Abstract	vi
1. 서 론	1
2. 관계 이론	3
2-1. 헬리오 제판	3
2-1-1. 조각 원리	3
2-1-2. 주요 특징	4
2-1-3. 헬리오 제판의 스크린 형태	5
2-2. 그라비어 판의 셀 구조와 잉크 전이	6
2-2-1. 그라비어 망점의 구조	6
2-2-2. 그라비어 잉크의 전이	7
2-3. 그라비어 잉크 특성	8
2-4. NPDC를 이용한 그레이 밸런스 적용	8
2-5. 농도	10
2-6. CIEL [*] a [*] b [*] 컬러 공간을 이용한 색차	12
2-6-1. CIEL [*] a [*] b [*] 컬러 공간	12
2-6-2. 색차	14

3. 실험	16
3-1. 인쇄 원고	16
3-2. 실험 기자재	16
3-2-1. 인쇄 장비	16
3-2-2. 인쇄 잉크	19
3-2-3. 피인쇄체	20
3-3. 실험 방법	20
4. 결과 및 고찰	24
4-1. 솔리드 잉크의 농도 및 $CIEL^*a^*b^*$ 값 확인	24
4-2. 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용	27
4-3. NPDC 결과	30
4-4. 그레이 밸런스 결과	31
4-5. TVI 커브 특성 결과	35
4-6. $CIEL^*a^*b^*$ 컬러 공간에서 컬러 게멧	38
5. 결 론	39
참고문헌	40

List of Figures

Figure 1. Form of stylus	5
Figure 2. Characteristics of the halftone dots by Helio	6
Figure 3. TVI measurement of CMYK scale and correction of TVI curve that are separated from each other	9
Figure 4. Limit of TVI	9
Figure 5. RIP curve control that use two scales	10
Figure 6. A reflection density of the printing inks	11
Figure 7. CIEL*a*b* color space	13
Figure 8. IDEAlliance test form using in an experiment	16
Figure 9. Gravure press using in an experiment	17
Figure 10. Cell size of C, M, Y, K copperplate by the dot area rate	18
Figure 11. C ink in gravure press	19
Figure 12. Spectral reflectance about C, M, Y, K ink	20
Figure 13. Application process of gray balance method for color management in gravure printing	22
Figure 14. Hue/Chroma result of C, M, Y ink in CIEL*a*b* color space ..	26
Figure 15. RIP curve correction for gray balance application	28
Figure 16. NPDC result of before and after to apply gray balance calibration	30
Figure 17. Curve shape of Delta-L* comparison for CMY&K of before and after in gray balance calibration	31
Figure 18. Gray balance comparison of before and after to apply	

gray balance calibration	33
Figure 19. TVI(C, M, Y, K) character comparison of before and after to apply gray balance calibration	35
Figure 20. Comparison of color gamut(a^*b^*) from CIEL a^*b^* color space of before and after to apply gray balance calibration	36



List of Tables

Table 1. Classification on the Filter Characteristic	11
Table 2. Xn, Yn, Yn Value That is Tristimulus Values of Specular Surface	13
Table 3. Copperplate Making Condition	18
Table 4. Comparison of density values of the Test print C, M, Y, K Solid Ink, GRACoL2006 Coated and standards of ISO 12647-2 Coated	25
Table 5. Comparison of CIE L*a*b* Value of the Test print C, M, Y,K Solid Ink, GRACoL2006 Coated and standards of ISO 12647-2 Coated	25
Table 6. Curve Shape & Gray Balance Comparison of before and after in Gray Balance Calibration	32

**A Study on Color Management using the Gray Balance
Method in the Domestic Flexible Packaging
Gravure Printing**

A Reum Lee

*Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

In recent years, in addition to the corresponding size and a variety of high-mix low-volume production in the flexible packaging gravure printing, requirements are also increased in terms of quality. Because the color is one of the evaluation criteria most commonly in terms of quality in particular, it is necessary to color management in the printing process. It is the use of gray balance method using the standard ISO12647-4 of publication gravure printing that can be not the international standard of a direct analogy flexible packaging gravure printing, but reference. This method may be useful to color management flexible packaging gravure printing by being able to control the gray balance by NPDC(Natural Printing Density Curve). As well as in the values of TVI(Tone Value Increase) curve, is considered a message visual characteristics as a definition of the dot-size of the graded scale of the separated color plates grayscale.

First, prepare a manuscript of test form that is suitable to check the gray balance. By applying the standard conditions of Helio plate making which was confirmed by the test print, and create and print C, M, Y, K copper plate of 175 lines. The printing substrate is a flexible packaging material there is no penetration of the ink. So we were used in producing the two types of ink solvent type for the test print. Further, compared to the scale with reference to the gray scale of the test printed form. And to be the best form of NPDC requiring printing machine to calculate the RIP curve correction value for the halftone dot percentage. The values were calculated and corrected by typing C, M, Y and K plate every RIP curve. By making the plate again and printing was performed in flexible packaging gravure printing color management using the gray balance method.

In addition, measured color values and density of the gray scale to check the execution result color management. Using the value, tone reproduction characteristics and gray balance, TVI, that is, a comparative analysis of dot gain. Not only were compared and evaluated and color gain source volume using the CIEL*a*b* color space.

1. 서 론

최근 연포장 그라비아인쇄인 경우 다품종, 소량화와 다양한 사이즈 대응과 더불어 품질 면에서도 요구 사항이 증가하고 있다. 특히 품질 면에서 가장 일반적이 평가 기준의 하나가 컬러이므로 인쇄 공정에서 컬러 관리가 필요하다. 비록 직접적인 연포장 그라비아인쇄의 국제 표준 규격은 아니지만 참조할 수 있는 출판 그라비아인쇄의 ISO12647-4 규격, 또한 접근이 쉬운 인쇄물의 표준 컬러 관리에 도움을 줄 수 있는 한 가지가 그레이 밸런스 방법을 이용하는 것이다. 이 방법은 그레이 스케일의 중성 농도 값과 인쇄된 그레이 스케일의 하프톤 퍼센트와 원고 하프톤 퍼센트 사이의 관계인 NPDC(Natural Printing Density Curve)로 그레이 밸런스를 컨트롤할 수 있음으로써 연포장 그라비아 인쇄물의 컬러 관리에 도움을 줄 수 있다. 뿐만 아니라 그레이 스케일을 TVI(Tone Value Increase) 곡선 값과 같이 각 분해 색판의 단계별 스케일 망점 크기에 대한 정의로써 시지각적 특성이 고려되어질 수 있다.

먼저 그레이 밸런스 확인에 적합한 테스트 폼 원고를 제작하고, 테스트 인쇄를 통해 확인한 헬리오(Helio) 제판의 표준 조건을 적용하여 175선의 C, M, Y, K 동판을 만든 후, 인쇄하였다. 피인쇄체는 잉크 침투가 전혀 없는 연포장 소재이므로 테스트 인쇄를 위해 용제 타입의 두 가지 잉크를 제조하여 사용하였다.

또한 인쇄된 테스트 폼 중 그레이 스케일을 참조 스케일에 비교하였고, 인쇄기가 원하는 최적의 NPDC 모양에 있도록 망점 퍼센트에 있는 RIP(Raster Image Processer) 곡선 보정 값을 계산하였다. 계산된 값은 RIP 곡선에서 C, M, Y, K 판별 퍼센터 수치로 각각 입력하여 보정한

후, 다시 인쇄판(동판)을 만들어 인쇄함으로써 그레이 밸런스 방법을 이용한 컬러 관리를 연포장 그라비아인쇄에서 수행하였다. 또한 그레이 밸런스 방법을 이용한 컬러 관리 수행 결과를 확인하기 위하여 그레이 스케일의 농도 및 컬러 값을 측정하였고, 그 값을 이용하여 그레이 밸런스 및 계조 재현 특성, TVI 즉, 도트 게인(dot gain)을 비교 분석하였다. 뿐만 아니라 CIEL*a*b* 컬러 공간을 이용하여 컬러 게멧 볼륨 및 색차를 비교 평가하였다.



2. 관계 이론

2-1. 헬리오 제판

독일의 라이노타이프 헬사의 헬리오 클리쇼그래프(Helioklischograph) 시리즈는 출판용, 연포장, 건장재(建裝材)용으로 개발된 전자 그라비아 조각기로서 원통 실린더에 조각하는 방식을 채택하고 있다. ¹⁾

오늘날 디지털 제판 시스템의 보급에 따라서 사진 원고, 문자, 일러스트는 디지털 입력 장치로부터 입력하여 분해 조판하는 것이 상식화되어 있다. 이들 분해판은 전자 조각기로 제판됨으로서 종래의 카본 티슈와 부식 등과 같은 숙련도를 필요로 하는 공정, 생산 관리 면에서 발생하는 문제점들을 전부 해소할 수 있으며, 컴퓨터 컨트롤에 의한 안정된 품질을 유지할 수 있다. 또한 화학적인 처리를 일체 거치지 않고 다이아몬드 침으로 동 실린더를 직접 조각하므로 청결한 작업환경을 유지할 수 있고, 공해문제도 해결한 시스템이다.

2-1-1. 조각 원리

헬리오의 가장 일반적인 사용 방법으로는 필름 원고를 이용하는 것이다. 최종 분해판을 인화지에 반전시켜 원고 실린더에 부착시킨다. 스캐닝 헤드(scanning head)로부터 입력된 화상 데이터는 원고가 가지고 있는 농담의 정보로서 사용되어져 컨트롤 캐비넷으로 보내진다. 이 데이터는 미리 조작 프로그램으로부터 입력되어진 조각 조건 즉, 실린더 길이, 면 길이, 화상 치수, 반복 회전, 그레이션 데이터 등과 합성되어 조각 부

분에 보내진다.

조각부에서는 농담 정보를 다이아몬드 침의 진동으로 변화시켜 실린더면을 조각한다. 잉크 셀(cell)의 크기와 깊이로서 농담이 재현되어, 그 변화는 μm 단위($1/1,000\text{mm}$)로 제어된다. 또한 무아레(moire)를 방지하기 위해서 간격 핏치와 회전수를 변화시켜 셀의 각도를 바꾸기도 한다. 셀의 형상은 역 피라미드이기 때문에 잉크 전이성도 매우 우수하다.

2-1-2. 주요 특징

원고는 반사 원고가 이용되며, 네거티브(negative), 포지티브(positive) 어느 쪽도 사용할 수 있다. 우선 스캐닝 실린더에 레지스터 핀을 이용해서 장착시켜 테이프로 고정시킨 후, 할로젠 램프 광원을 조사한다. 원고로부터의 반사광은 개구($0.1 \sim 0.14\mu\text{m}$)를 통하여 통과된 빛은 포토다이오드(photodiode)에 입력되어 프리앰프(preamp)로 증폭한다. 그러나 이 신호만으로는 화상의 선예도가 낮아지므로 USM(unsharp mask) 신호를 합성하여 선예도를 증가시킨다. 또한 이 합성 신호는 아날로그 신호이므로 전기적인 처리가 어렵고 불안정하므로 디지털 신호로 변환하여(A/D 변환) 이 신호를 화상 신호로서 다음 공정으로 보낸다.

스캐닝된 화상 신호는 아날로그/디지털로 변환되어 컨트롤 부분에서 증폭되어 조각부로 보내진다. 조각부에서는 스틸러스(stylus, 다이아몬드 침), 바리 컷(barry cutter), 슬라이딩 스피들(sliding spindle, 이동 축)이 탑재되어 있다. 다이아몬드 침은 Figure 1과 같이 $110 \sim 150^\circ$ 의 각도가 있으며, 예리한 각도일수록 볼륨이 증가하는 반면에 내구성은 떨어진다. 바리 컷은 스틸러스로 조각되어진 동 조각을 집어내는 역할을 한다.

슬라이딩 스피들은 선단이 다이아몬드 침이 끊임없이 실린더 표면을 접동하여 스틸러스 선단과 실린더 표면의 간격을 일정하게 유지하는 역

할을 한다.

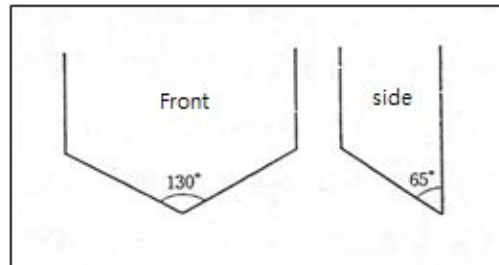


Figure 1. Form of stylus.

다음으로 조각침을 움직이기 위해서 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하는데 이 화상 신호만을 조각침에 전달해도 단지 깊이가 다른 선 모양(線狀)밖에 조각되지 않는다. 여기서 진동(vibration)을 화상 신호에 합성시킨다. 이 진동 주파수는 선수가 70선/cm에서는 5,000Hz, 60선/cm에서는 4,400Hz, 즉 1초간 70선/cm는 5,000개, 60선/cm는 4,400개의 셀이 조각되는 것을 의미한다.

셀과 셀 사이를 채널이라 부르고 잉크 전이에 큰 역할을 한다. 헬리오 제판에 의해 조각된 셀은 기존의 부식에 의한 셀과 비교해서 잉크 전이율이 우수하다.

2-1-3. 헬리오 제판의 스크린 형태

헬리오 제판으로 제작한 동판은 컬러 프로세스에서 농담 재현성이 양호할 뿐만 아니라 민판부나 평망 잉크의 전이도 양호하며, 민판 부분에 생기는 잉크 얼룩인 클라우링(crawling) 현상도 잘 일어나지 않는 것이 특징이다.

헬리오의 경우 Figure 2에 나타난 것과 같이 5종류의 망점 조각이 가

능하다. 그러나 일반적으로 사용되는 것은 노멀(normal)을 제외한 4가지이다. 특히 헬리오의 경우 농담 재현은 망점의 크기에 의해서도 표현되며, 오프셋이나 볼록판의 망판과 같이 각 색이 동일한 각도로는 컬러 얼룩과 무아레가 발생된다. 그러나 기계 조각이므로 스크린 각도를 기울여지게 조각할 수 없으므로 컴프레스트(compressed, $\angle 0$), 이롱게이드(elongated, $\angle 2$), 코어스(course, $\angle 3$), 파인(fine, $\angle 4$) 등의 4가지 망점을 조합하여 사용함으로써 그 결점을 방지한다. 망점의 크기나 스크린 교차 각도가 각각 다르게 구성되어 있다.

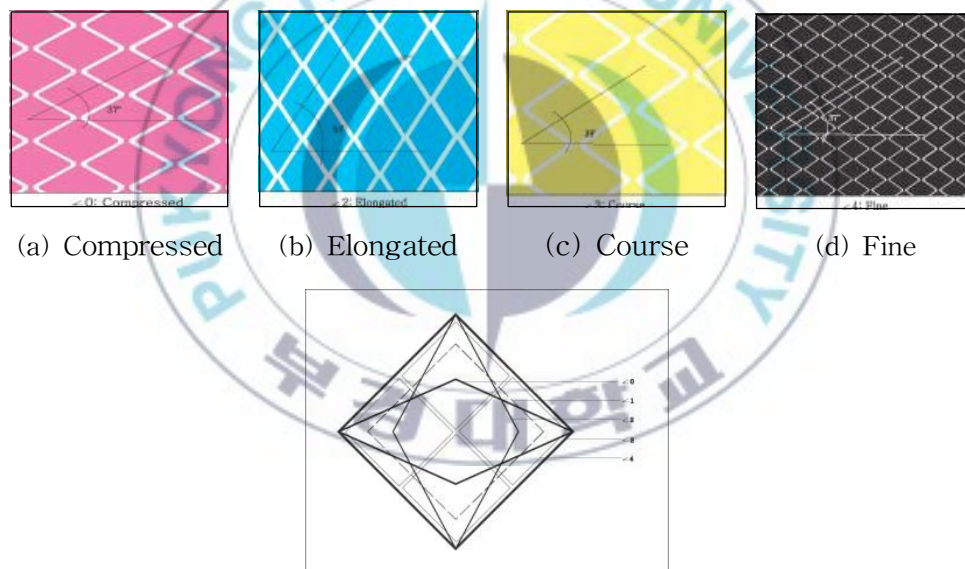


Figure 2. Characteristics of the halftone dots by Helio.

2-2. 그라비어 판의 셀 구조와 잉크 전이

2-2-1. 그라비어 망점의 구조

그라비어 망점은 다른 인쇄 방식의 망점과 비교해서 점도가 낮은 그라

비아 잉크를 보유하기 위한 잉크 포켓이 있다. 잉크를 이 포켓에 채워서 독터로 긁어낸 후에 피인쇄체에 전이되기까지 흘러나가지 않도록 스크린 선(뚝)으로 둘러싸여 있게 한다. 즉 스크린선의 굵기나 형상에 대해서는 망사형 스크린에 대해서만 고려되어 왔다.

그러나 최근에는 인쇄 품질의 수준이 향상되어 그라비아 망점도 단순히 잉크 포켓으로서의 역할뿐만 아니라 여러 가지 기능을 가진 판이 요구되고 있다.

2-2-2. 그라비아 잉크의 전이

그라비아 판이 잉크 중에 침적되어 판면 상에 수많은 망점 내에 잉크가 들어간다. 다음에는 독터 칼(doctor blade)로 여분의 잉크를 긁어내게 되면 망점 내에 있는 잉크만이 남게 된다.

이때 망점 내의 잉크 상태는 표면 장력과 회전에 의한 원심력 때문에 중앙 부분이 오목한 원호 형태로 되어 있다. 이것은 많은 그라비아 인쇄물을 잘 관찰해 보면 망점의 중앙 부분에 잉크가 부착되지 않아서 백색 반점과 같이 나타난 것이나 스크린 선의 형태로 잉크가 부착되어 망점의 중앙 부분에는 전이되지 않는 현상이 나타난다는 것을 보고 알 수 있다.

피인쇄체가 아랫방향으로 운반되어 판실린더와 압통사이에 인쇄 압을 받으면서 통과될 때 잉크 전이가 이루어져 인쇄된다. 이때 인쇄 압에 따라서 피인쇄체가 망점 중앙에 충분히 눌러져 들어가지 않으면 원호형태로 오목하게 되어 있는 잉크 표면과 접촉되지 않으므로 잉크는 전이되지 않는다. 이 현상을 백색 빠짐(white lettering)이라고 하며, 표면이 거친 피인쇄체나 딱딱하여 망점 안에 충분히 들어가지 않는 피인쇄체에서 잘 일어나는 현상이다. 또한 판측에서 보면 작은 망점에서는 피인쇄체가 망점 내부로 충분히 들어가지 않기 때문에 이 현상이 잘 일어난다.

일반 그라비아인쇄의 잉크 전이는 피인쇄체가 부드러운 것, 평활한 것, 흡유성이 풍부한 것이 좋으며, 딱딱한 것, 표면이 거친 것, 잉크를 반발하는 것은 좋지 않다.

2-3. 그라비아 잉크 특성

그라비아 잉크는 고형 바인더와 휘발성 용제를 비이클로 하고 있다. 따라서 용제의 증발이 즉 잉크의 건조와 밀접한 관계가 있으며 잉크의 건조 속도는 용제의 선정으로 조정된다. 롤 방식의 운전인쇄가 가능하며 4도 이상의 인쇄 시에도 고속으로 인쇄 가능하며 코팅, 접합 등 후가공이 필요한 포장 재료의 인쇄에 적합하다. 특히 착색체의 선정 범위가 넓어 광범위한 컬러 계통을 가지고 있으며 판의 깊이로 계조가 표현되며 풍부한 다색의 인쇄물의 결과를 얻을 수 있다.

그라비아 잉크의 기본 조성은 안료(착색료), 용제, 고형 수지, 첨가제로 이루어진다. 안료는 백색 또는 유색으로 물이나 많은 유기 용제에 녹지 않는 착색 재료로서 염료와는 구별되며 무기 안료와 유기 안료로 구별된다. 황연, 카드뮴 옐로 등 유해 색소는 인쇄면과 식품이 직접 닿거나 음식물에 섞여 들어갈 수 있는 인쇄에서는 피해야 한다. 안료는 종류에 따라서 색상, 선명도, 은폐력, 착색력, 빛, 물, 산, 알칼리, 열에 대한 내성을 각각 달리하고 있어 용도에 따라 안료를 선정하지 않으면 안 된다.

2-4. NPDC를 이용한 그레이 밸런스 적용

인쇄 제작에 활용된 이미지의 컬러 관리에 NPDC를 이용한 그레이 밸런스 적용 방법을 정의함으로써 인쇄 공정에서 원고 이미지의 정확한 컬러 재현을 제공할 뿐만 아니라 일관된 품질을 관리할 수 있다.

특히 HR(Highlight Range), SC(Shadow Contrast), HC(Highlight Contrast), 그리고 그레이 밸런스를 사용하는 것에 대한 가장 큰 이점은 중성 톤과 중성에 가까운 컬러들의 시각적인 외관을 전통적인 TVI 기반 방법에 의한 것보다 효과적으로 컨트롤할 수 있다는 것이다. TVI를 이용한 캘리브레이션 방법은 Figure 3과 같이 C, M, Y, K 스케일(scale) 각각의 TVI를 측정하고 TVI 커브(curve)를 보정하는 것이다.

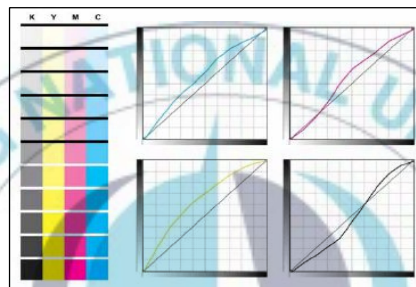


Figure 3. TVI measurement of CMYK scale and correction of TVI curve that are separated from each other

또한 TVI는 색채 변화와는 관계없이 계측되는 농도를 바탕으로 하고 있기 때문에 Figure 4와 같이 동일한 TVI이지만 밝거나 어두운 그레이를 만들 수 있고, 모든 CMY가 동일한 TVI가 나와도 중성 콘트라스트와 그레이 밸런스가 다를 수 있다.



Figure 4. Limit of TVI.

이러한 TVI와 달리 NPDC 이용 방법의 캘리브레이션은 Figure 5와 같이 CMY 잉크를 합쳐 만들어진 그레이 스케일과 K 잉크로 만들어진 스케일을 측정하여 RIP 커브를 조정함으로써 중성 콘트라스트와 그레이 밸런스를 조정할 수 있다.

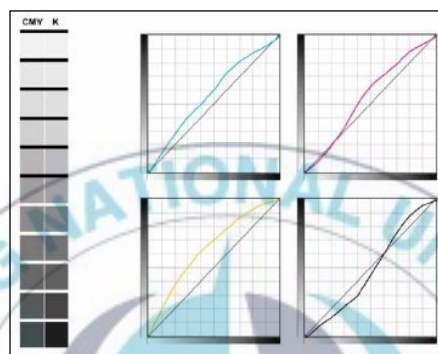


Figure 5. RIP curve control that use two scales.

2-5. 농도

인쇄물의 객관적 평가 방법인 농도법은 주로 농도계를 사용하여 품질을 측정하는 것이며, 농도법은 가장 큰 장점은 사용법이 아주 간단하다는 점이다. 농도는 투명한 필름을 측정하는 방법인 투과 농도법(transmission densitometry)과 불투명한 물질에 인쇄된 인쇄물이나 인쇄된 상등을 측정하는 반사 농도법(reflection densitometry)이 있다.

Figure 6과 같은 농도 측정 및 농도계에 대한 것은 ISO 5-3:1995의 'Photography Density Measurements-Part 3:Spectral Conditions에 규정되어 있다. 농도계의 광원은 측정 시료에 형광 성분이 없을 때 2,856K의 표준 광원 A를 사용하며, 주변의 온습도에 따라 인쇄 컬러 값의 변화

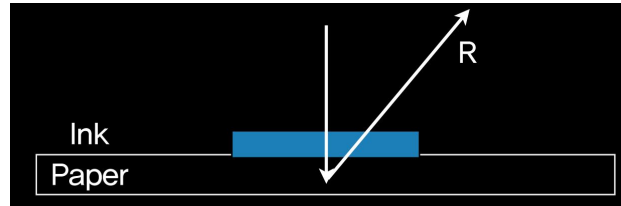


Figure 6. A reflection density of the printing inks.

가 있을 수 있으므로 온도가 $\pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대 습도(relative humidity)는 $50 \pm 5\%$ 의 환경 조건을 권장하고 있는데 이는 농도계에 적용된 R, G, B 필터의 특성이 다르기 때문이다. ISO에서는 필터의 특성에 따라 Table 1와 같이 분류한다.

ISO 5-4:1995의 'Photography Density Measurements - Part 4: Geometric Conditions for Reflection Density'에서는 농도 측정 시 측정 시료를 놓는 바탕의 농도가 백색 바탕보다 흑색 바탕에서 영향이 적기 때문에 중성 농도 1.50 ± 0.2 의 매트(matt)상 재료를 권장하고 있다. 반면에 투과도를 갖는 인쇄물의 경우, 농도가 0.08 이하의 백색 바탕을 사용하도록 권장하고 있다.

Table 1. Classification on the Filter Characteristic

Classification	Characteristic
Status A	Measurement of Transparent Film and Reflection Copy
Status M	Measurement of Negative Color Film
Status T	Measurement of Reflection Copy the likes of Printing
Status E	"DIN Wide-band" Standard
Status I	"DIN Narrow-band" Standard

2-6. CIE L*a*b* 컬러 공간을 이용한 색차

2-6-1. CIE L*a*b* 컬러 공간

CIE L*a*b* 컬러 공간은 Figure 7과 같이 3차원 방향에서 균등하게 컬러를 배치하여 균등한 컬러 공간을 만든 것이다. 인간이 등간격과 지각하는 색차는 측색적으로 얻는 거리에 거의 비례하는 것을 이용한 것이다.

특히 CIE L*a*b* 컬러 공간은 L*a*b*의 입체 좌표로서 색을 표시한다. L*는 명도(인간의 시감과 같은 명도)를 표시하며, 채도 좌표의 x축은 a*로, y축은 b*로 표시한다. 또한 이 표색계에서 +a*는 red 방향, -a*는 green 방향, +b*는 yellow 방향, -b*는 blue 방향이다. 중앙은 무채색에 해당되며, a* = 0, b* = 0의 위치이다. L* = 100이면 순수 white, L* = 0이면 black을 나타낸다. 특히 a*와 b*가 증가할수록 중심에서 멀어지며 채도가 높아져 순색을 나타낸다.

CIE L*a*b* 값은 식 (1)로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} L^* &= 116\{Y/Y_n\}^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500 \left[\{X/X_n\}^{1/3} - \{Y/Y_n\}^{1/3} \right] \\ b^* &= 200 \left[\{Y/Y_n\}^{1/3} - \{Z/Z_n\}^{1/3} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

(단. $X/X_n > 0.008856$, $Y/Y_n > 0.008856$, $Z/Z_n > 0.008856$)

여기에서 X, Y, Z는 CIEXYZ 컬러 공간의 3자극 값이고, X_n, Y_n, Z_n는 Table 2와 같이 완전 확산 반사면(PRD: Perfect Reflecting Diffuser)의 3자극 값이다.

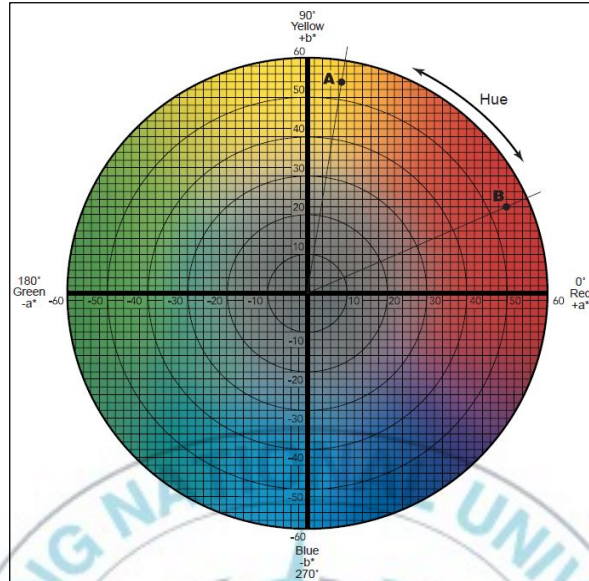


Figure 7. CIE $L^*a^*b^*$ color space.

Table 2. X_n , Y_n , Z_n Value That is Tristimulus Values of Specular Surface

Standard Light Source	Observer	X_n	Y_n	Z_n
D_{65}	2°	95.047	100.000	108.883
	10°	94.811	100.000	107.304
D_{50}	2°	96.422	100.000	82.490
	10°	96.720	100.000	81.410

2-6-2. 색차

1967년에 CIE 위원회에서는 색차 방정식 CIE 1976을 발표하였고, 이 방정식에서 사람의 눈으로 인지할 수 있는 가장 작은 색차 값을 1.0으로

간주하였다. 또한 이 방정식은 색차에서 최초의 표준으로 설정하고 이 값으로 색차를 정의하였다.

CIE 1976 색차 방정식은 식(2)와 같다.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (2)$$

$$\Delta L^* = L_{Batch}^* - L_{Standard}^*$$

$$\Delta a^* = a_{Batch}^* - a_{Standard}^*$$

$$\Delta b^* = b_{Batch}^* - b_{Standard}^*$$

그러나 CIE 1976 방정식은 사람의 눈이 시지각 스펙트럼 안에서 다른 민감도를 가지고 있는 부분이 적용되지 않았다. 예를 들면, 어두운 블루 컬러와 밝은 파스텔 컬러에서 색차가 1.0로서 시각적 차이를 가지는 점이다.

따라서 이러한 점을 고려하여 1994년에 CIE에서는 ΔE_{94}^* 를 발표하였고, ΔE_{94}^* 색차 방정식은 식(3)과 같고, 특히 이 방정식에서 매개 변수 k 가 적용된다.

$$\Delta E_{94}^* = \sqrt{\left(\frac{dL^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{dC^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{dh^*}{k_h S_h}\right)^2} \quad (3)$$

1995년 CIE에서 소개된 식 (4)인 ΔE_{00}^* (CIE DE2000) 방정식은 ΔE_{94}^* 에서 취약했던 블루 바이올렛 부분에서의 채도와 색상의 상호 관계를 고려한 보정 값 R_T 를 적용하였다.

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right) + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right) + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)} \quad (4)$$

물론 위의 여러 방정식과 같이 허용 색차를 산출하는 완전한 시스템은 없지만 ΔE_{94}^* 보다는 ΔE_{00}^* 방정식은 실제로 눈으로 인지하는 색차와 일치시키는 최적의 방법이라 할 수 있다. 2)3)4)



3. 실험

3-1. 인쇄 원고

본 실험에 사용한 인쇄 원고는 Figure 8과 같이 컬러 관리를 위한 최적의 C, M, Y, K 민농도 및 CIEL*a*b* 값, 좌우 인쇄 균형, TVI curve, 잉크의 망점 확대, 잉크의 트레핑 효율, 그레이 밸런스를 확인할 수 있는 컬러바와 P2P 타겟(target), 이미지가 포함되어 있다. 또한 ICC 프로파일 제작에 필요한 1,649개의 컬러 패치로 구성된 IT 8.7/4 타겟을 포함하고 있는 IDEAlliance test form을 사용하였다. 5)

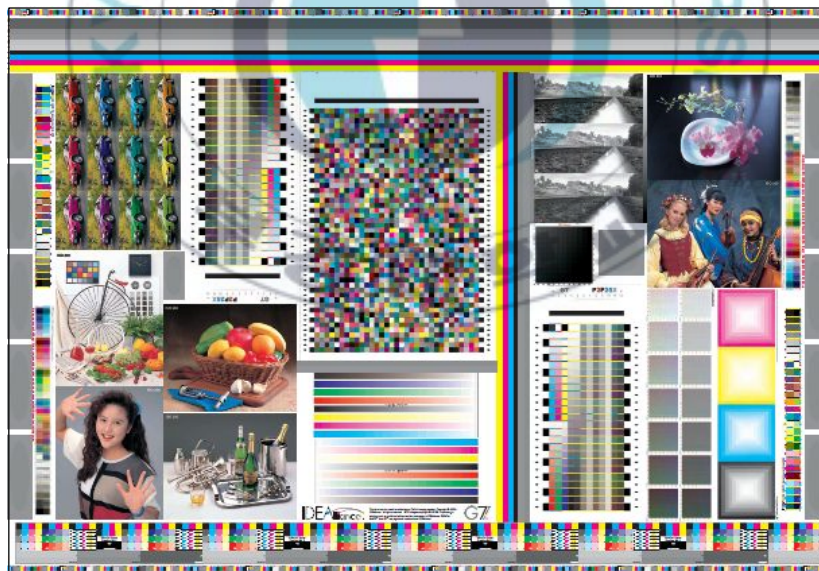


Figure 8. IDEAlliance test form using in an experiment.

3-2. 실험 기자재

3-2-1. 인쇄 장비

본 실험에 사용한 그라비아 인쇄기는 Figure 9와 같이 SAM SPRINT250-D10의 10도 인쇄기를 사용하였고, 인쇄 순서는 K, C, M, Y, W(white) 잉크 순으로 진행하였으며, 인쇄 속도는 200m/min.로 하였다.

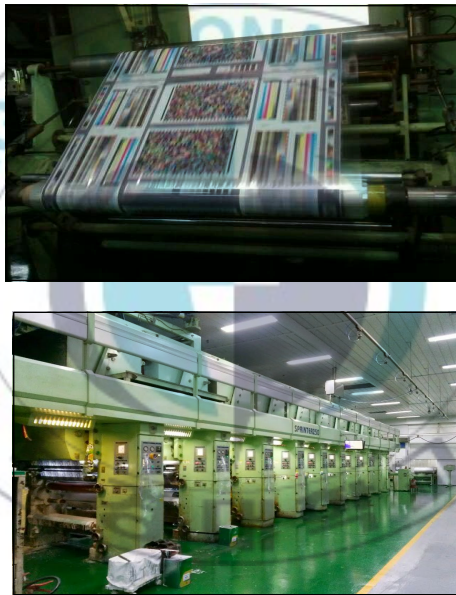


Figure 9. Gravure press using in an experiment.

계측 장비는 인쇄 현장에서 프로세스 컨트롤을 위해 X-Rite사의 자동 계측 장비인 X-Rite 528 Spectrodensitometer, 각종 패치 측색을 위해 i1 Pro와 i1iSis XL Spectrophotometer를 각각 사용하였다.

또한 인쇄물의 결과 분석은 ISO에서 공인한 2012 Hutch Color, LLC. & CHROMi사의 Curve 2와 Alwan사의 Print Standardizer 툴을 활용하였다.

동판 제작은 Helio engraving G3 헬리오 조각기를 이용하였으며 조건은 Table 3과 같다. 이 때 사용한 실린더 규격은 원주가 60mm, 길이가 1,300mm, 직경이 191mm로 하였다.

또한 제작된 동판의 망점 면적율에 따른 C, M, Y, K 동판의 셀 크기 (cell size) 변화는 Figure 10과 같다.

Table 3. Copperplate Making Condition

Color	Stylus Angle	Engraving Angle	Engraving Line(LPI)
K	130	4	175
C	130	2	175
M	130	0	175
Y	130	2	175

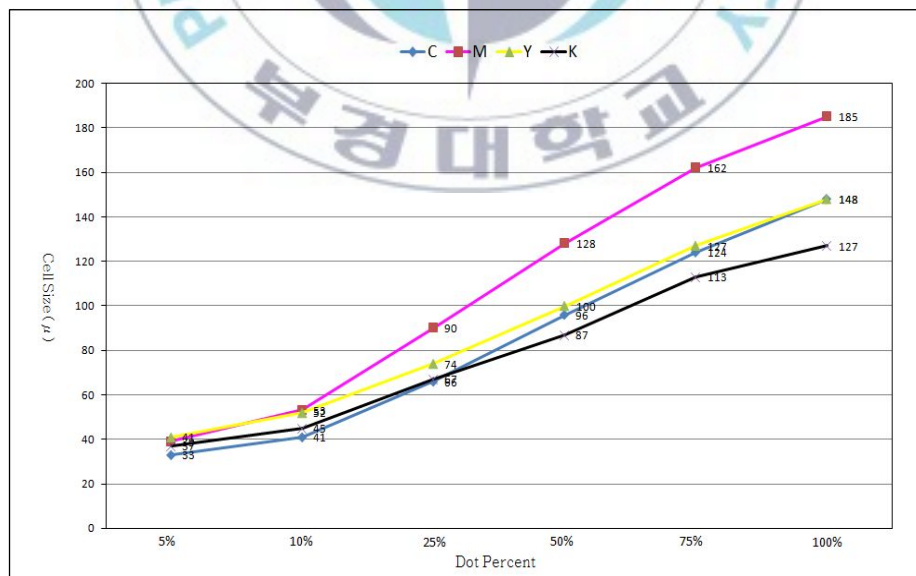


Figure 10. Cell size of C, M, Y, K copperplate by the dot area rate.

3-2-2. 인쇄 잉크

본 연구에는 Figure 11과 같이 ISO 12647-4 규격을 참조하여 제작한 D사 연포장 그라비아 잉크를 선택하여 사용하였다. 6) 이 때 잉크 조성은 안료가 10%이하, 용제(MEK)는 50~60%, 고형 수지(우레탄 수지) 25%, 첨가제(점착제, 가소제, 왁스 등) 5% 이내로 하였다.

또한 잉크 점도는 일반적으로 사용하고 있는 잔컵 3번으로 측정했을 때, K는 15~16초, C, M, Y는 14~15초를 유지할 수 있도록 하였다. 무엇보다 Y 잉크는 침전이 강하며 색상 변화가 심하므로 잉크 사용 시 보관 기간에 주의하였다.

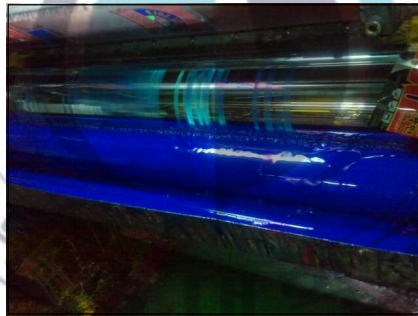


Figure 11. C ink in gravure press.

특히 가시광 영역에서 조성한 잉크의 분광 반사율은 Figure 12와 같다. 이 때 사용한 spectrophotometer는 X-Rite iliSis이었으며, 측정 조건은 2도시야, D50, 0/45°(geometry), 백그라운드는 흰색(status T 기준)이다.

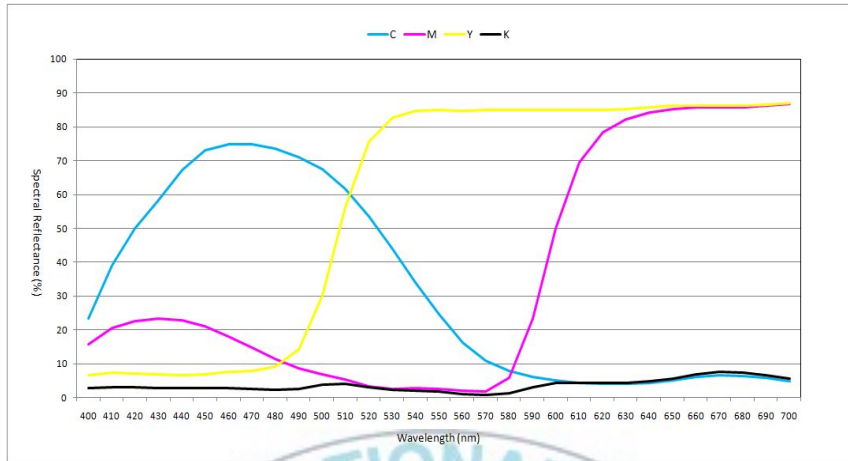


Figure 12. Spectral reflectance about C, M, Y, K ink.

3-2-3. 피인쇄체

본 실험에 사용한 피인쇄체는 Y사의 폴리프로필렌 필름인 OPP(Oriented Polypropylene) 소재를 사용하였다. 이 OPP 필름 피인쇄체는 내약품성, 내열성, 방습성이 뛰어나고 특히, 인쇄의 문제점은 잉크 묻음과 장력 조정인데 이것에 대해 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있다.

3-3. 실험 방법

일반적으로 오프셋 인쇄에서 컬러 표준 관리 방법 중의 한 가지로 적용하고 있는 그레이 밸런스 캘리브레이션을 연포장 그라비아인쇄에도 그대로 적용하였다. 즉, 그레이 스케일의 중성 농도 값과 인쇄된 그레이 스케일의 망점 퍼센트와 원고 망점 퍼센트 사이의 관계인 NPDC로 그레이 밸런스를 컨트롤할 수 있음으로써 연포장 그라비아 인쇄물의 컬러 관리를 수행할 수 있다. 그라비아 원색의 특징은 오프셋 인쇄에 비하여 계조

가 짧고 제판의 특성상 농도가 높다. 오프셋 인쇄의 경우 실제 3%~97%까지 94 단계를 사용한다면 그라비아인쇄의 경우 7%~64%까지 57 단계이며, 중간 톤의 변화가 심하다. 따라서 그라비아 원색 분해 시 제판 특성과 계조를 고려하지 않으면 전혀 다른 인쇄물이 된다. 7)8)

먼저 Figure 13과 같이 잉크 특성과 그라비아 인쇄기의 장치 특성을 확인하기 위하여 IDEAlliance test form을 인쇄하였다. 특히 이 인쇄 결과로써 장치에 대한 캘리브레이션 상태와 그레이 밸런스 정도를 확인할 수 있다. 결과에서 그레이 밸런스가 무너져 컬러 재현에 오차가 많을 경우 인쇄기가 원하는 NPDC 모양을 찾아 적용함으로써 이러한 문제점을 해결할 수 있다.

따라서 동판 제작에서 4색 분판 RIP curve 보정 값을 찾아 그레이 밸런스를 위한 원고의 입력 값에 대한 출력 값을 보정하도록 한다. 먼저 IDEAlliance test form 인쇄물에서 좌우 P2P 타깃을 잘라 X-Rite사의 iLiSis 측색기로 측색하였다. 이 때 측색 조건은 D50, 2도 시야이었다. 측색 시 사용한 소프트웨어는 X-Rite사의 GretagMacbeth ProfileMake Measure Tool을 사용하였다. 또한 인쇄된 IDEAlliance test form의 P2P 타깃 그레이 스케일을 참조 스케일에 비교하고 인쇄기가 원하는 NPDC 모양에 있도록 망점 퍼센트에 있는 RIP curve 보정 값을 계산하였다. 이 때 사용한 소프트웨어 툴은 2012 Hutch Color, LLC. & CHROMix, Inc. 의 Curve 3이다.

또한 Figure 13과 같이 계산된 값을 RIP curve에서 C, M, Y, K 관별 퍼센터 수치로 각각 입력하여 보정하였고, 그 후 다시 동판을 만들어 인쇄함으로써 그레이 밸런스 캘리브레이션을 적용한 컬러 관리를 수행하였다.

뿐만 아니라 실험 결과를 확인하기 위하여 P2P 타겟의 농도 및 컬러 값을 X-Rite iliSis로 측정하였다.



Figure 13. Application process of gray balance method for color management in gravure printing.

측정된 결과 값을 이용하여 Curve 3 Software Tool로 계조 재현 특성 및 gray balance, TVI 커브 특성을 통한 도트 게인(dot gain)을 비교 분석하였다. 또한 Alwan사의 Print Standardizer Tool를 사용하여 CIEL*a*b* 컬러 공간에서 솔리드를 중심으로 게멧(gamut)을 플로팅한

후, 그 결과를 비교 평가하였다. 게뭇은 C, M, Y, K는 물론 R, G, B를 a^*b^* 축을 기준 좌표로 플로팅하여 서로 연결하여 인쇄물의 전체적인 컬러 재현 범위를 알 수 있게 해주는 중요한 요소이다. 뿐만 아니라 측색한 CIEL a^*b^* 컬러 값을 이용하여 색차를 구하고, 그 결과 값을 비교 평가하였다. 9)10)11)



4. 결과 및 고찰

4-1. 솔리드 잉크의 농도 및 CIEL*a*b* 값 확인

본 연구에서는 오프셋 인쇄의 컬러 표준 관리 방법 중의 한 가지인 그레이 밸런스 캘리브레이션을 연포장 그라비아인쇄에도 그대로 적용하는 것이다. 따라서 GRACoL2006 Coated와 ISO 12647-2 Coated 규격과 비교 분석하기 위하여 인쇄한 테스트 폼의 C, M, Y, K 솔리드 패치의 농도 및 CIEL*a*b* 값을 구하였고, 그 결과를 Table 4, 5에 각각 나타내었다.

Table 4의 결과와 같이 GRACoL2006 Coated 규격과 비교하면 농도 차가 C, M, Y, K가 각각 0.05, 0.01, 0.00, 0.11로 모두 허용 오차 범위에 포함되는 결과를 나타내었다. 또한 ISO 12647-2 규격과 비교한 결과 민농도 차가 M와 Y 잉크인 경우 0.01과 0.03으로 매우 유사한 농도 재현을 나타내었다. 그러나 K 잉크는 민농도 차가 0.10으로 허용 오차 범위를 벗어난 ISO 12647-2 규격의 잉크 농도 값보다 더 어둡게 나타났다. 이것은 K 잉크의 전이량에 따른 인쇄 특성의 결과라 생각된다.

Table 5와 같이 GRACoL2006 Coated와의 CIEL*a*b* 값으로 색차를 구한 결과 C 잉크는 3, M 잉크는 3, Y 잉크는 3, K 잉크는 4로 가장 높은 색차를 나타내었다.

또한 ISO 12647-2 규격과의 CIEL*a*b* 값으로 색차를 구한 결과 C 잉크는 2, M 잉크는 4, Y 잉크는 5, K 잉크는 5로 가장 높은 색차를 나타내었다. GRACoL2006 및 ISO 12647-2 규격의 허용 오차가 5이하인데 이 규격을 모두 만족하도록 적용된 잉크임을 알 수 있었다.

특히 GRACoL2006 규격과 비교하여 L^* , a^* , b^* 값을 각각 확인한 결과 C 잉크는 hue angle과 chroma에 의해 색차가 가중되었고, Y와 K 잉크는 lightness에 의해 색차가 가중된 것이며 이러한 잉크 특성을 고려하여 컬러 관리를 하여야 될 것으로 사료된다.

Table 4. Comparison of Density Values of the Test Print C, M, Y, K Solid Ink, GRACoL2006 Coated and Standards of ISO 12647-2 Coated

Color	Comparison Items				
	GRACoL2006 Coated	ISO 12647-2 Coated	Test Printing	dD ₁	dD ₂
	Density	Density	Density		
C	1.45 (+/-0.10)	1.5 (+/-0.05)	1.5	0.05	0.05
M	1.45 (+/-0.10)	1.45 (+/-0.05)	1.44	0.01	0.01
Y	1.0 (+/-0.10)	1.03 (+/-0.05)	1.0	0.00	0.03
K	1.7 (+/-0.10)	1.7 (+/-0.05)	1.80	0.10	0.10

Table 5. Comparison of CIE $L^*a^*b^*$ Value of the Test Print C, M, Y, K Solid Ink, GRACoL2006 Coated and Standards of ISO 12647-2 Coated

Color	Comparison Items										
	GRACoL2006 Coated			ISO 12647-2 Coated			Test Printing			$\Delta E^*_{ab,1}$	$\Delta E^*_{ab,2}$
	CIEL [*] a [*] b [*]			CIEL [*] a [*] b [*]			CIEL [*] a [*] b [*]				
	L [*]	a [*]	b [*]	L [*]	a [*]	b [*]	L [*]	a [*]	b [*]		
C	55	-37	-48	57	-36	-49	55	-36	-51	3	2
M	48	73	-2	50	76	-3	50	72	-4	3	4
Y	89	-6	94	90	-6	89	92	-7	94	3	5
K	15	0	0	16	0	0	11	0	2	4	5

Figure 14와 같이 GRACol 2006_coated 규격과 CIEL*a*b* 색 공간에서 hue와 chroma를 확인한 결과, 1차색 C, M, Y 잉크가 모두 허용 범위 내에 있으나 2차색 B인 경우 허용 범위를 벗어남으로써 B 컬러 재현에 대한 C와 M 잉크의 인쇄 특성을 고려할 필요가 있는 것으로 사료된다.

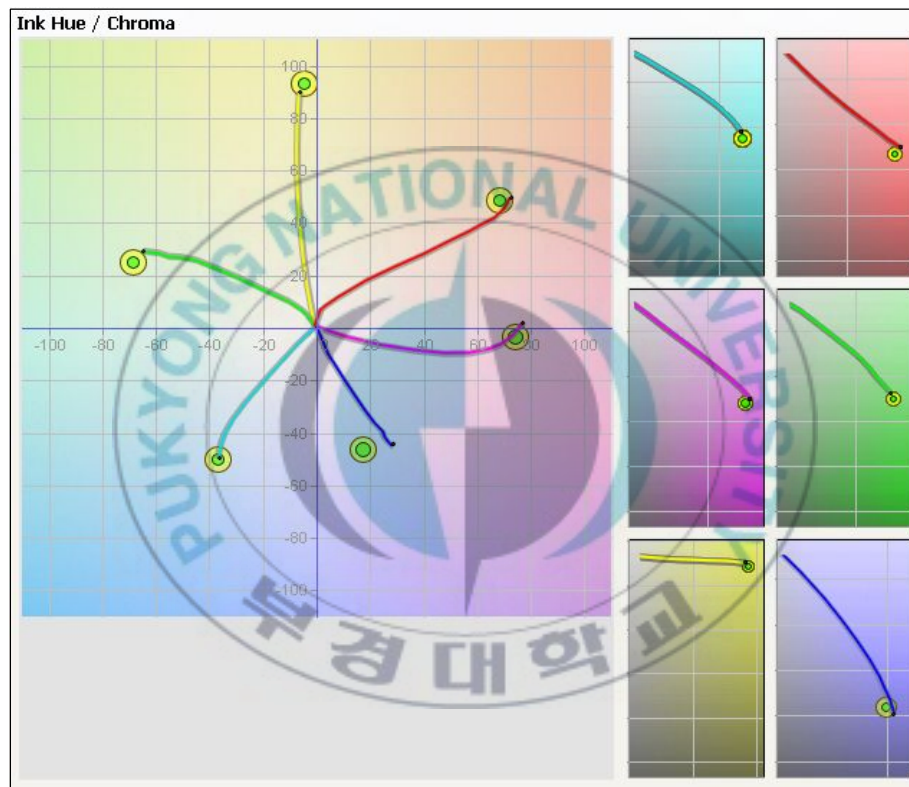
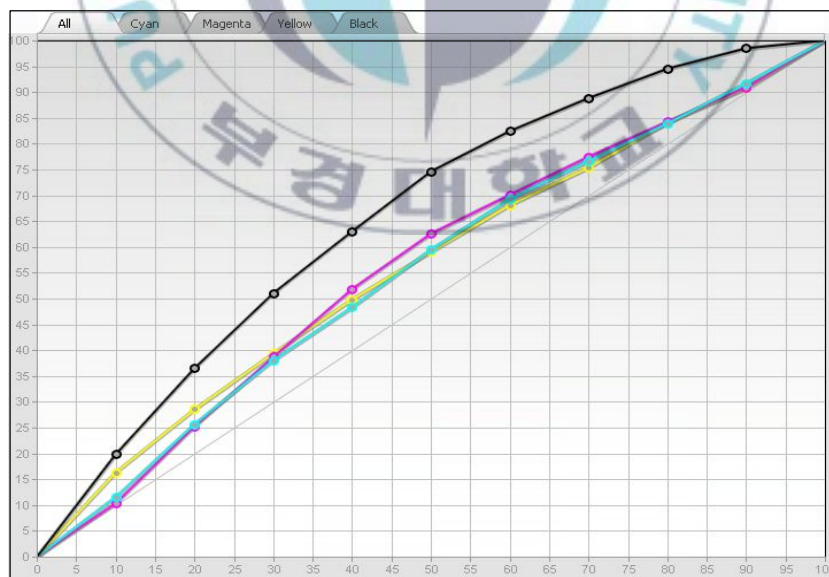


Figure 14. Hue/Chroma result of C, M, Y ink in CIEL*a*b* color space.

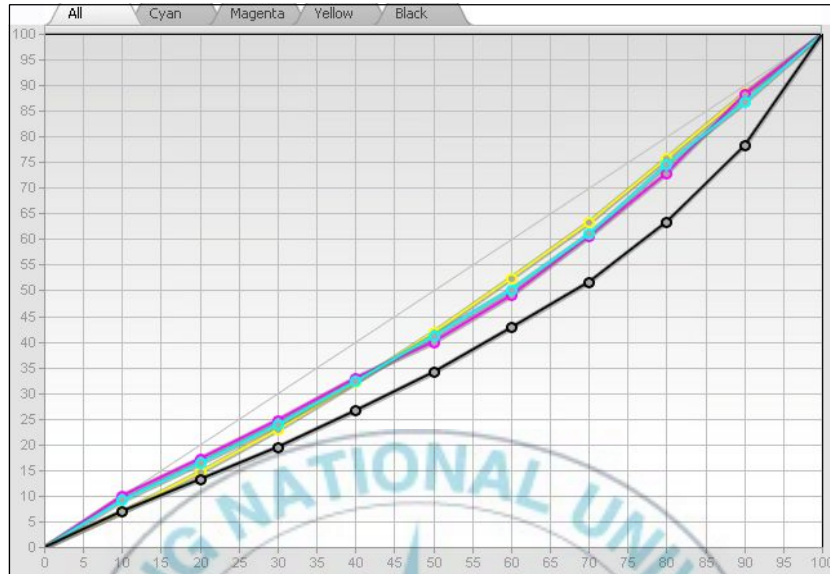
4-2. 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용

그레이 밸런스 캘리브레이션에 적용할 RIP curve 보정 값을 찾기 위해 잉크 전이율이 우수하여 인쇄 재현력이 우수한 헬리오 제판 출력기가

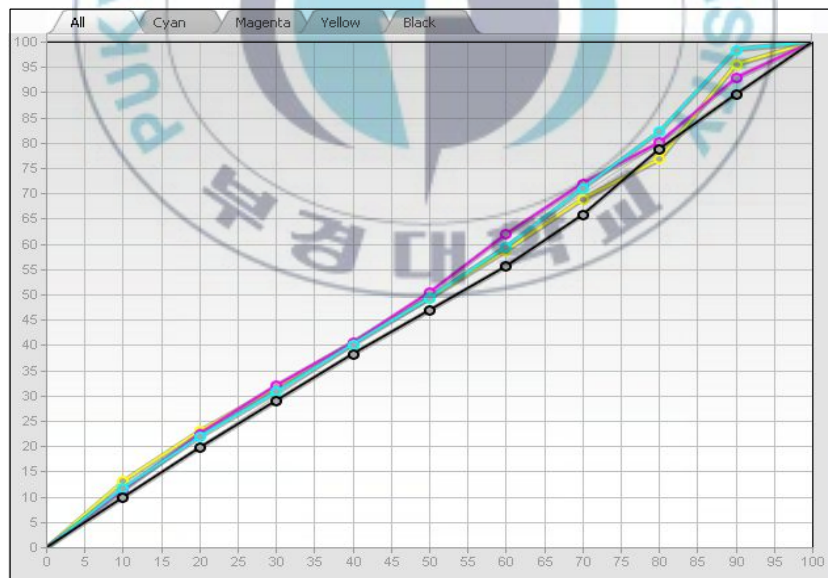
캘리브레이션이 되어 있지 않는 상태에서 C, M, Y, K 분해판을 만들고 테스트 폼 인쇄에서 구한 기준 솔리드 잉크의 농도 및 CIEL*a*b* 값을 적용해서 인쇄한 후, 인쇄된 IDEAlliance test form P2P 타겟의 C, M, Y, K 스케일을 측정한 결과 Figure 15(a)와 같은 결과를 얻었다. Figure 15(a)의 결과와 같이 판에 재현된 망점 퍼센트에 비해 인쇄시 망점 확대로 망점 퍼센트가 증가한 것을 알 수 있으며, 실제와 다른 계조 재현이 이루어짐을 확인하였다. 따라서 Figure 15(b)와 같이 이러한 망점 확대로 발생하는 망점 퍼센트 증가만큼 정확한 보정 값을 계산하여 인쇄판 제작 RIP curve를 수정하고 인쇄하는 그레이 밸런스 캘리브레이션을 적용하였다. 그 결과 Figure 15(c)와 같이 IDEAlliance test form P2P 타겟의 C, M, Y, K 스케일이 그라비어인쇄의 경우 7%~64%까지 중간 톤의 변화가 심한데 처음보다 보정된 선형화된 곡선을 얻을 수 있었다.



CMYK scale/dot percent, %
(a) measured values(C, M, Y, K)



CMYK scale/dot present, %
(b) correction value wanting in RIP curve



CMYK scale/dot present, %
(c) after RIP curve correction

Figure 15. RIP curve correction for gray balance application.

4-3. NPDC 결과

그레이 밸런스 캘리브레이션을 적용하기 전, 인쇄된 IDEAlliance test form P2P 타겟의 망점 퍼센트별 중성 농도 값을 측정한 결과, Figure 16(1)과 같이 NPDC가 red 커브이었다. 실제 요구하는 인쇄기의 중성 농도 값 NPDC는 green curve이므로 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 그레이 스케일을 참조 스케일에 비교하고 인쇄기가 원하는 NPDC 모양으로 fitting시킬 필요가 있으므로 보정 값을 계산하여 그레이 밸런스 캘리브레이션을 적용함으로써 Figure 16(2)와 같이 참조값과 측정값을 서로 유사하게 일치시킬 수 있었다.

특히 이 결과로써 국내 표준화되지 못한 연포장 그라비아인쇄 조건에서 중성 농도 값 재현을 NPDC 참조 값 기준으로 보정 값을 적용함으로써 그레이 밸런스가 이루어져 컬러 에러를 줄이는 것이 가능하였다.

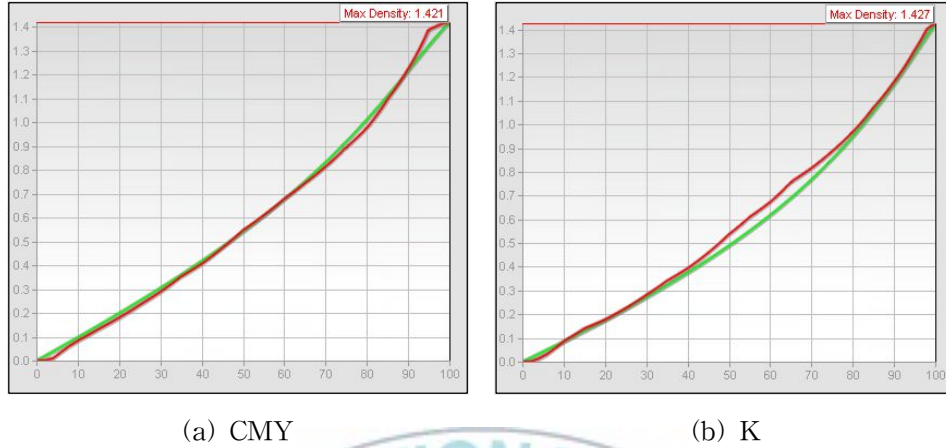


(a) CMY



(b) K

(1) The NPDC of CMY,K before applying



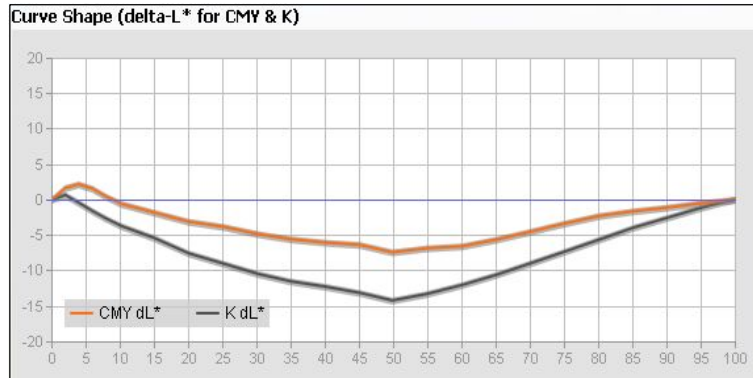
(a) CMY (b) K

(2) The NPDC of CMY,K after applying

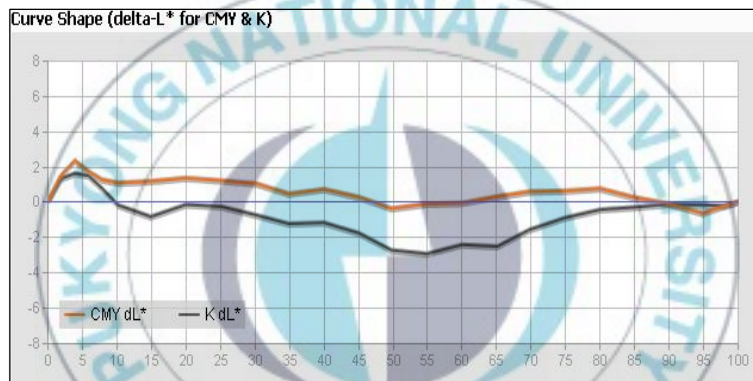
Figure 16. NPDC result of before and after to apply gray balance calibration.

4-4. 그레이 밸런스 결과

Figure 17, Table 6은 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용 전과 후의 표준 참조값 NPDC로부터 그래비어 인쇄한 IDEAlliance test form P2P 타겟의 CMY와 K 스케일 측정값과의 ΔL^* 편차를 나타낸 것이다. Figure 17(a), Table 6의 결과와 같이 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용 전인 경우, 평균 가중 ΔL^* 이 CMY 스케일인 경우 3.41, K 스케일인 경우 6.92로 GRACoL G7의 허용 범위 1.5와 차이가 큼을 알 수 있었다. 또한 최고 가중 ΔL^* 에서 CMY 스케일인 경우 7.43, K 스케일인 경우 14.24으로 GRACoL G7의 허용 범위 3.0과 상당한 차이가 있음을 확인하였다. 그러나 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용 후, Figure 17(b), Table 6의 결과와 같이 표준 참조값 GRACoL G7과의 평균 가중 ΔL^* 이 CMY 및 K 스케일 모두 0.78, 1.14로 GRACoL G7 허용 범위 1.5에



(a) before



(b) after

Figure 17. Curve shape of Delta- L^* comparison for CMY&K of before and after in gray balance calibration.

포함되었다.

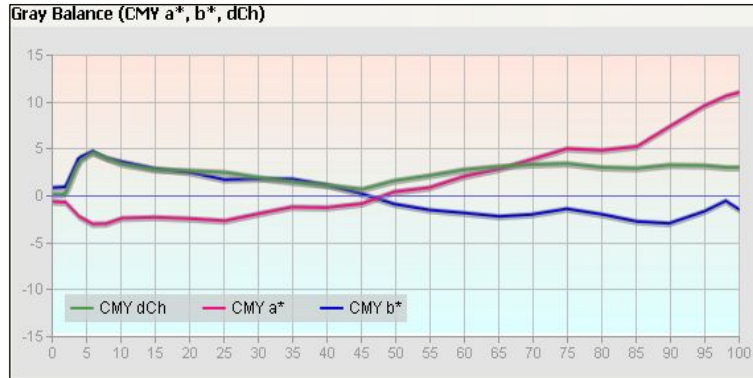
또한 최고 가중 Delta L^* 에서도 CMY 및 K 스케일 모두 2.32, 2.95로 GRACoL G7 허용 범위 3.0 이하를 나타냄으로써 그레이 밸런스 캘리브레이션의 정확한 적용에 따른 lightness 재현이 향상된 결과라 사료된다.

Figure 18은 이상적인 GRACoL G7 그레이 밸런스 타깃 값과 비교한 P2P 타깃의 CMY 스케일의 상대 컬러 에러를 Delta Ch로, 또한 P2P 타깃의 CMY 스케일에 대한 각각의 절대 a^* 와 b^* 값을 나타낸 그래프이다. 특히 중성 그레이에 가까울수록 컬러 에러가 밝기 에러보다 더욱더 눈에 띄기 때문이다. Delta Ch는 이상적인 GRACoL G7 그레이 밸런스와 비교해서 중첩 컬러 에러를 보여줌으로써 중성 그레이 밸런스 확인에 훌륭한 기준이 된다. Figure 18(a), Table 6과 같이 그레이 밸런스 캘리브레이션의 적용 전인 경우, 표준 참조값 GRACoL G7과 비교하여 0이 아닌 a^* 와 b^* 값이 P2P 타깃의 CMY 그레이 스케일에 존재함으로써 평균 가중 Delta Ch가 2.59로 GRACoL G7의 허용 범위 1.5를 벗어났다. 또한 최고 가중 Delta Ch도 4.56으로 GRACoL G7의 허용 범위 3.0을 벗어남으로써 그레이 밸런스가 무너졌음을 알 수 있었다.

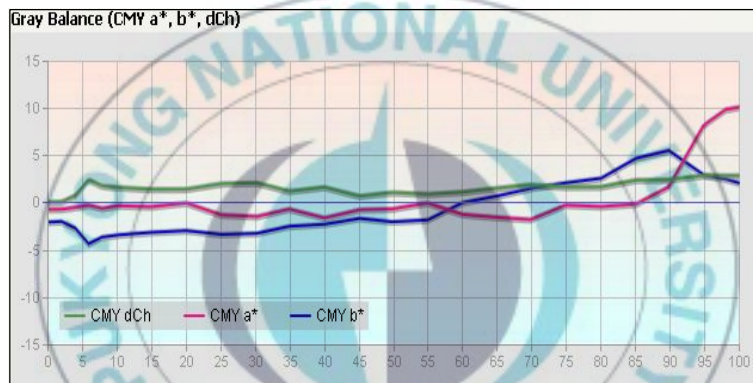
Table 6. Curve Shape & Gray Balance Comparison of before and after in Gray Balance Calibration.

Color	Curve Shape			
	avg. wdL^* (before)	avg. wdL^* (after)	max. wdL^* (before)	max. wdL^* (after)
CMY	3.41	0.78	7.43	2.32
K	6.92	1.14	14.24	2.95
Color	Gray Balance			
	avg. $wdCh$ (before)	avg. $wdCh$ (after)	max. $wdCh$ (before)	max. $wdCh$ (after)
CMY	2.59	1.41	4.56	2.86

그러나 그레이 밸런스 캘리브레이션의 적용 후인 경우 Figure 18(b), Table 6과 같이 평균 가중 Delta Ch가 1.41로 GRACoL G7의 허용 범위



(a) before



(b) after

Figure 18. Gray balance comparison of before and after to apply gray balance calibration.

1.5안에 존재하였고, 또한 최고 가중 Delta Ch도 2.86으로 GRACoL G7의 허용 범위 3.0안에 존재함으로써 그레이 밸런스가 이루어진 것을 확인하였다.

따라서 연포장 그라비아인쇄에서 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용은 ISO 12647-2 규격의 허용 범위를 유지하면서 그레이 밸런스를 기준으로 하는 표준 참조값 G7 규정 안에 존재함으로써 그레이 밸런스를 통해 컬러 관리가 가능하였다고 사료된다.

4-5. TVI 커브 특성 결과

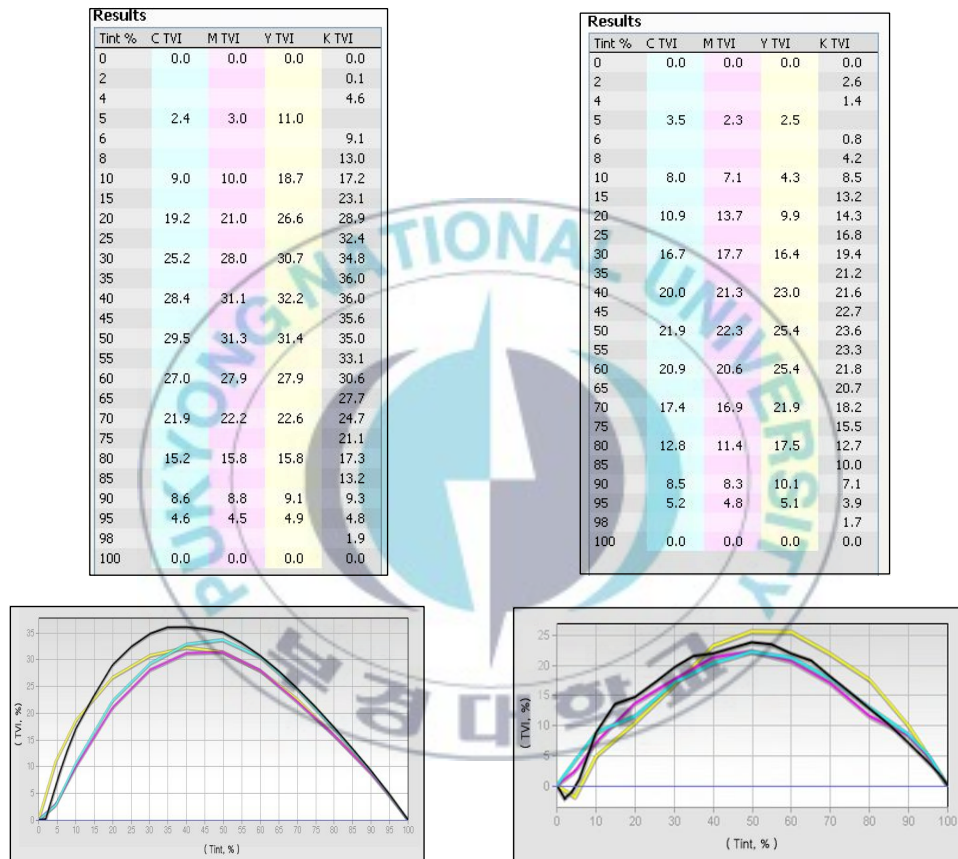
ISO 12647-2 규격에 따르면 용지 타입이 1인 경우 TV 50%에서 C, M, Y의 TVI가 $16\% \pm 3\%$ 이고, K의 TVI는 $19\% \pm 3\%$ 를 나타낸다. 또한 출판 그라비아인쇄의 국제 표준 규격 ISO 12647-4에 따르면 TV 50%에서 TVI가 C, M, Y, K 모두 $18\% \pm 2\%$ (필름 기준)를 기본으로 하고 있다. 그러나 이 규격에서 제시하는 TVI를 벗어날 경우 컬러 에러가 증가하고, 특히 중첩 인쇄가 될수록 더 많은 컬러 에러를 발생시키므로 인쇄 과정에서 TVI를 줄여야 한다.

본 연구에서 연포장 그라비아 테스트 인쇄 결과, 그레이 밸런스 캘리브레이션 보정 값이 적용되기 전인 경우, TVI 커브 특성은 Figure 19와 같았다. Figure 19(a)와 같이 50%에서 C는 29.5%, M은 31.3% 그리고 Y는 31.4%, K는 35.0%의 TVI를 나타내었다. 일반적으로 50% 망점 재현에서 TVI가 가장 높는데 비하여 본 실험에 사용한 연포장 그라비아인쇄 잉크는 점도가 낮아 TV 15%부터 ISO 규격의 TVI보다 크게 나타남으로써 컬러 에러가 증가한 것을 확인하였다. 따라서 이러한 잉크 특성을 고려한 컬러 관리가 필요함으로써 RIP curve 보정 값을 구하고, 그 값을 적용할 필요가 있다고 사료된다.

Figure 19(b)에 그레이 밸런스 캘리브레이션 보정 값이 적용된 후의 결과 값을 나타내었다. Figure 19(b)와 같이 50%에서 C는 21.9%, M은 22.3% 그리고 Y는 25.4%, K는 23.6%의 TVI를 가지므로 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용 전보다 향상된 결과를 나타내었다.

그러나 ISO 12647-2 규격의 C, M, Y의 TVI $16\% \pm 3\%$, K의 TVI $19\% \pm 3\%$ 의 허용 범위보다 C가 2.9%, M가 3.3%, Y가 6.4%, K가 4.6% 더 증가한 TVI 값을 나타내었는데 이것은 점도가 낮은 연포장 그라비아

잉크 특성에 의한 결과라 생각된다. 또한 C, M, Y의 TVI 값이 비슷하게 나타남으로써 CMY 그레이 스케일의 중첩 인쇄에서 그레이 밸런스가 적용된 것을 알 수 있었다.



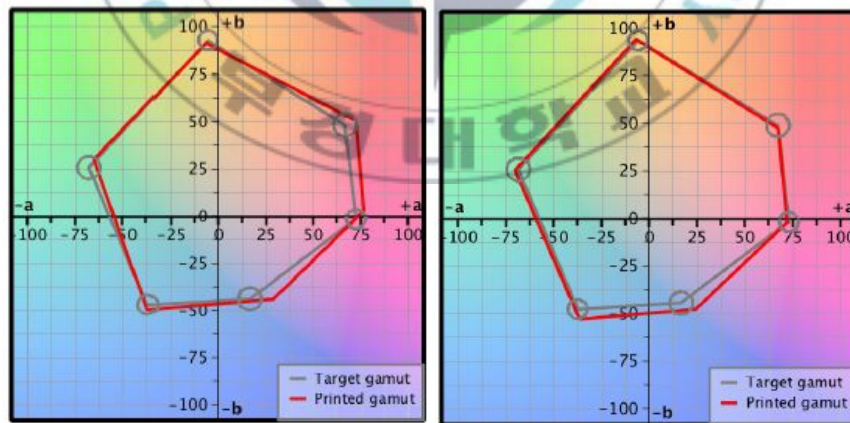
(a) TVI of before to apply gray balance calibration

(b) TVI of after to apply gray balance calibration

Figure 19. TVI(C, M, Y, K) character comparison of before and after to apply gray balance calibration.

4-6. CIEL*a*b* 컬러 공간에서 컬러 게멧

연포장 그라비아인쇄에서 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용 전과 후로 나누어 테스트 인쇄한 IT 8.7/4 타깃을 측색하고 그 결과를 참조 값 IT 8.7/4 타깃과 CIEL*a*b* 컬러 공간에서 컬러 게멧 볼륨으로 비교한 결과는 Figure 20과 같다. Figure 20과 같이 M, R, G, B 계열에서 그라비아 잉크 특성으로 IT 8.7/4 타깃의 컬러 게멧 볼륨보다 넓은 결과를 나타내었다. 이러한 결과로 이 계열의 컬러 에러가 다른 계열보다 높게 나타남으로써 컬러 관리가 필요함을 알 수 있었다. 그러나 Figure 20(b)와 같이 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용 후, 컬러 게멧 볼륨의 수정에 따라 컬러 에러가 감소하였다. 그러나 B 계열은 chroma 차이로 여전히 컬러 에러가 발생하고 있으므로 게멧 맵핑(mapping)을 통한 컬러 관리가 필요한 것을 알 수 있었다.



(a) before

(b) after

Figure 20. Comparison of color gamut(a^*b^*) from CIEL*a*b* color space of before and after to apply gray balance calibration.

5. 결 론

국내 연포장 그라비아인쇄에서 그레이 밸런스 방법을 이용한 컬러 관리에 관해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. NPDC 결과에서 국내 표준화되지 못한 연포장 그라비아인쇄 조건에서 중성 농도 값 재현을 NPDC 참조 값 기준으로 보정 값을 적용함으로써 그레이 밸런스가 이루어져 컬러 에러를 줄이는 것이 가능함을 확인하였다.
2. 그레이 밸런스 결과에서 그레이 밸런스 캘리브레이션의 정확한 적용에 따른 lightness 재현이 향상되는 결과를 나타냈다.
3. 연포장 그라비아인쇄에서 그레이 밸런스 캘리브레이션 적용은 ISO 12647-2 규격의 허용 범위를 유지하면서 그레이 밸런스를 기준으로 하는 표준 참조값 G7 규정 안에 존재함으로써 그레이 밸런스를 통해 컬러 관리가 가능함을 확인하였다.

비록 직접적인 연포장 그라비아인쇄의 국제 표준 규격은 아니지만 참조할 수 있는 출판 그라비아인쇄의 ISO12647-4 규격 또한 접근이 쉬운 인쇄물의 표준 컬러 관리에 도움을 줄 수 있는 그레이 밸런스 방법을 이용하여 연포장 그라비아 인쇄물의 컬러 관리에 도움을 줄 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 荒木正, グラビア技術總覽, 加工技術究會(1964).
2. <http://www.color.org>.
3. H. R. Kang "Color Scanner Calibration", J. Imag. Sci. Tech, pp. 162~170 (1992).
4. M. Habekost, "Color difference equations and the human eye", proc. TAGA (2007).
5. IDEAlliance, Calibrating, Printing and Proofing by the G7TM Method(G7 How To), International Digital Enterprise Alliance, Inc. (2009).
6. ISO 12647-4:2005, Graphic technology - Process control for the production of half-tone color separations, proof and production print - Part 4: Publication gravure printing.
7. www.gracol.org.
8. ISO 12647-2:2004 Graphic technology, Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints-Part 2: Offset lithographic processes (2007).
9. J. K. Kim, "A Study on the Process of Printing Optimization that consider Ink Saving Solutions being based on Standard Printing", pp30~34 (2013)
10. S. J. Oh, "A Study on Comparison Evaluation between Proof Test Prints and Domestic Offset Prints", pp12~15 (2011)
11. K. M. Jo, "A Study On Color Management Application in Web-Printing using of the Profile", pp3~7 (2004)