

사진용 필름, 인화지의 감도측정에 따른 보존특성*

Preservative characteristics of photographic films and papers on the speed method

안 홍찬(Hong-Chan Ahn)**
한 상완(Sang-Wan Han)***
최 훈정(Hoon-Jeong Choi)****
허 훈(Hoon Heo)*****

◁ 목 차 ▷

- | | |
|---|-----------------|
| 1. 서 론 | 4. 실험 Data 및 결과 |
| 2. 흑백 음화 필름(B/W negative film)의 감도 결정 | 4.1 감재의 사진특성 |
| 3. 컬러 음화 필름(color negative film)의 감도 결정 | 4.2 감재의 보존특성 |
| | 5. 결 론 |
| | <참고문헌> |

<국문초록>

역사적 사실이나 경험의 중요한 증거자료로서 보존적 가치를 지니는 사진은 보통의 다른 문서들과 달리 빛, 온도, 습도 등의 여러 가지 환경 요인에 따라 매우 쉽게 변형될 수 있기 때문에 보존에 따르는 과학적이고 세밀한 주의가 요구된다. 본 연구에서는 일반적으로 널리 시판되어 사용되고 있는 사진용 필름과 인화지들을 선택하여 노광을 주어 감도를 측정하고, 노화가속장치(Weather-o-meter)에 넣어 인위적으로 변형을 허용한 뒤 다시 감도를 측정하여 비교함으로써 감재의 보존특성을 비교분석 하였다. 실험결과 흑백감재의 보존특성이 컬러의 경우보다 우수했으며, Film보다 인화지의 경우가 노화에 따른 변형이 없는 것으로 나타났다. 그러나 제조회사에 따른 각 제품별 보존특성 차이는 크게 관찰되지 않았다.

요어 : 감도, 노화가속장치, 특성곡선, 해상력, 현상, 보존특성, 관용도

<ABSTRACT>

As archives, photograph is the evident records of historical facts and experiences. Thus, it is worth preserving. Unlike other documents silver halide photographic films and prints are quite sensitive to

- * 관련 프로젝트명: 필름·사진·인화지의 기준 및 평가방법 표준화 기술개발에 관한 연구(산업자원부/기술표준원 용역사업)
- ** 한국화학연구원 응용화학연구부, 선임연구원. hcahn@kriict.re.kr
- *** 연세대학교 문과대학 문헌정보학과, 교수. swhan@yonsei.ac.kr
- **** 부경대학교 화상정보공학부 사진정보공학과, 석사과정. karin97@hanmail.net
- ***** 부경대학교 화상정보공학부 사진정보공학과, 조교수, hehoon@pknu.ac.kr
- 논문접수일자 : 8월 20일
게재확정일자 : 9월 10일

environmental factors such as light, temperature and humidity, which demands careful treatment in preservation. This study was carried out to select popular photographic films and papers on the market, to examine their photographic speeds (or sensitivities) and to compare and analyze their preservative features after keeping them some time in a weather-o-meter. Consequently, B/W materials were superior to color ones in preservation. And films were better than papers in the same manner. But we were not able to observe remarkable differences among material's manufacturers.

Key words : photosensitivity, weather-o-meter, characteristic curve, resolving power, development, preservation characteristic, latitude, color balance

1. 서 론

사진의 발견은 160년 전으로 거슬러 올라간다. 역사적으로 볼 때는 짧은 기간이지만 보존되어 전해지는 오래된 사진들 하나 하나는 중요한 역사적 사실을 뒷받침해주는 가치 있는 증거자료들이거나 잊을 수 없는 개인적 경험의 보관 기록이다. 이러한 소중한 기록들을 훼손하지 않고 오래도록 간직하기 위하여 최적의 보관 조건을 찾고 적절한 보관 방법의 선택에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.¹⁾

사진 필름과 인화지는 만들어지는 재료와 방법들에 따라 다양한 물리적 특성을 지니고 있을 뿐 아니라 상의 구현을 위한 현상방법이나 사용 약품 등에 따라서도 매우 다른 특성의 변화를 나타낸다. 이러한 특성의 관찰은 빛에 대한 감광 속도와 관계되는 광감도(photosensitivity), 감응하는 빛의 파장영역과 그 정도를 측정하는 분광감도(spectral sensitivity), 감재를 구성하는 입자의 크기 측정과 관계되는 입상도(granularity), 피사체의 명암을 같은 계조로 재현할 수 있는 범위를 나타내는 관용도(latitude), 감재가 피사체의 흑백 또는 농담의 차이를 나타내는 능력인 대조도(contrast), 피사체를 얼마나 세밀하게 나타낼 수 있는가를 뜻하는 해상력(resolving power) 등을 측정하여 이루어져 왔다.²⁾ 이러한 여러 가지 성질들 중 광감도(photosensitivity)는 감재를 제조하거나 사용함에 있어서 매우 중요하게 여겨지며 이것은 감광성 물질이 빛에너지에 의해 광화학반응을 일으키는 정도를 나타내기 때문이다. 감도(speed)라는 용어로 대신하기도 하는 광감도의 연구는 감도학(sensitometry)이라 불리며 이에 대한 최초의 과학적 연구는 Hurter와 Driffield에 의하여 수행되었다.³⁾ 본

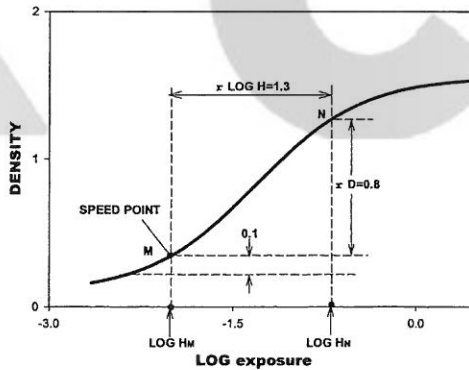
1) Karlheinz Keller, 1993. Science and Technology of Photography. VCH.

2) 오제웅, 1996. 사진공학. 청문각.

연구에서는 현재 가장 대중적으로 사용되고 있는 몇 가지 제품의 감재들을 선택하여 감도를 측정하고 노화가속장치(weather-o-meter)에 넣어 세월의 경과를 인위적으로 적용시킨 뒤 다시 감도를 측정하여 비교함으로써 사진특성과 보존특성을 밝히려고 하였다.

2. 흑백 음화 필름(B/W negative film)의 감도 결정

감광재료의 특성을 측정하기 위해서는 특성곡선(characteristic curve)을 이용한다. 이것은 노광량의 대수치(Log H)와 광학농도 관계를 그래프로 나타낸 것으로 Hurter와 Drifffield에 의해 고안되어졌으며 그들의 이름을 따서 H&D 곡선 또는 Log H-D 곡선이라 불리어 지기도 한다. 감재의 감도는 이 특성곡선을 기본으로 하여 결정되며, 그 방식에 따라 threshold법, inertia법, 최소gradient법, 최소유효농도법 등으로 나누어진다. 현재 주로 이용되는 방법은 최소유효농도법으로 다음과 같이 간략히 설명되며, 본 연구에서는 이 방법을 채택하여 선택된 감재들의 감도를 결정하였다.



<그림 1> Density - log exposure graph for determining speed of continuous-tone monochrome film

시료 필름에 노광을 주어 현상처리한 뒤 노광량과 측정된 사진농도를 이용하여 특성곡선을 그리고 곡선 위에 유효최소농도점 $M(= (\text{base} + \text{fog}) \text{ density} + 0.1)$ 을 정한다. M점으로

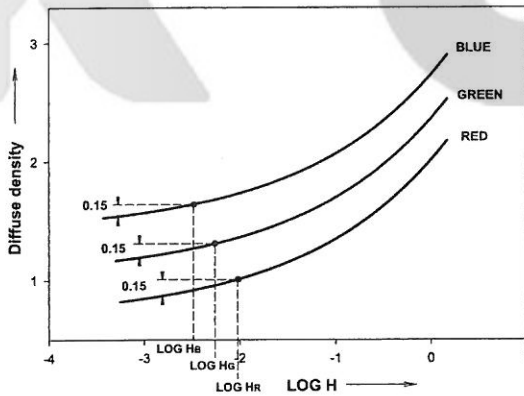
3) F.Hurter, J.Soc.Chem.Ind (London) (1890) p.455.

부터 수선을 내려 Log H축과의 교점, Log H_M을 잡는다. 여기서 ΔLog H=1.30이 되는 곳의 점을 Log H_N으로 정하고 점 M~N간의 농도 차가 ΔD=0.8±0.05가 되도록 현상처리를 조절한다. 이때 필름의 감도 ISO(국제표준규격)는 다음 식에 의하여 구할 수 있다.⁴⁾

$$\text{ISO-speed} = \frac{H_M}{0.8}$$

3. 컬러 음화 필름(color negative film)의 감도 결정

대표적인 감도결정법으로는 ASA(ANSI)-speed, ISO-speed, DIN-speed, JIS-speed등의 결정법이 있으며, 본 실험에서는 그림 2에 설명되어 있는 ANSI PH 2.27-1981결정법을 이용하였다.⁵⁾ 감도점 H_b, H_g, H_r은 각 곡선의 최소농도에 각각 0.15를 더한 농도 값에 해당하는 노광량이며, green 층에 해당하는 값 H_g와 나머지 두 층 중 감도가 가장 낮은 층에 해당하는 값 H_{sc}(그림 2의 예에서는 red 층의 감도가 가장 낮음)의 기하평균을 구하여 감도 S를 계산할 수 있다.



$$H_m = \sqrt{H_G \cdot H_{SC}}$$

$$\therefore S = \frac{\sqrt{2}}{H_m}$$

<그림 2> Method for determining speed of color negative films

4) 오제웅, 위의 책.

5) ANSI-PH 2.27,1981: Determination of ISO(ASA)Speed of Color negative films for Still Photography, a. DIN 4512, Parts 1-6, 1984-1985: Photographische Sensitometrie; b. ISO 6 DIS, 1989; c. ANSI-PH 2.5,1979: Method for Determination Speed of Photographic Negative Materials (monochrome, continuous-tone).

4. 실험 Data 및 결과

4.1 감재의 사진특성

4.1.1 film의 사진특성

측정에 사용된 필름은 시중에서 비교적 쉽게 구할 수 있는 일반 사진 촬영용 필름으로 여러 회사의 제품 중에서 많이 사용되는 감도 100, 200, 400의 필름들이 선택되었으며 실제로 실험에 사용된 필름의 종류는 다음과 같다.

시료필름 : K-1사 color film ISO 100, 200, 400 A사 color film ISO 100, 200
 F사 color film ISO 100, 200, 400 K-2사 color film ISO 100, 200

선택된 필름들은 각각 감도계(MESS-TEK, NML-7115 sensitometer)를 사용하여 노광을 받은 후, 해당 회사에서 각 제품에 대하여 추천하는 방법으로 현상처리 되었다. Fuji사의 N15B filter를 이용하여 얻어진 Y, M, C의 분리된 색상 농도를 측정하여 ANSI PH 2.27-1981방법을 사용하여 특성곡선을 얻었으며 앞에 설명된 방법으로 각 필름의 감도를 결정하였다. N15B filter는 Blue, Green, Red, White 광에 감광하여 감재가 Yellow, Magenta, Cyan, Black 을 띠도록 B, G, R, W 네 층으로 분리된 wedge scale이며, sensitometer에 N15B filter를 장착한 후 백색광(Lamp P-28S)을 조사하여 Y, M, C색상을 분리하였다. <표 1>은 노광량 조사와 농도측정에 사용된 실험장비의 제원이며, 각 필름의 현상처리에 사용된 약품과 처리조건이 <표 2>에 주어진다.

<표 1> Sensitometer and Densitometer

Sensitometer (NML-7115, MESS-TEK LTD)	Light source : Lamp P-28S(100V, 500W, 2856. K)
	Voltage : 75V Current : 4.26A
	Shutter speed : 62ms
	Filter(wedge scale) : Fuji N15B (25steps×0.15)
Densitometer (투과형) (반사형)	DM-550 (DAINIPPON SCREEN MFG.CO.LTD) DM-400 (DAINIPPON SCREEN MFG.CO.LTD)

<표 2> film의 현상약품 및 처리조건

film	항목	온도 (℃)	사용약품	현상 시간	비고
	처리구분				
K-1사 film	development	37.8	Kodak flexicolor developer replenisher (Lorr for process C-41)	10분	자동 현상
	bleach	38	Kodak flexicolor bleachIII replenisher for process C-41		
	fix	38	Kodak flexicolor fixer and replenisher for process C-41		
	wash	38	Super conditioner		
	dry	56			
F사 film	development	38	CN-16L, N1R	8분	자동 현상
	bleach	38	RCF-2R		
	fix	38	RCF-3R		
	stabilizer	38	RCF-4R		
	rinse	38	FSC 100 (super conditioner)		
	dry	53			
A사 film	development	37	Agfacolour process 71/72 (C-41 BNP, RANP) CD-LR colour developer-LR	17분	자동 현상
	bleach	37	Agfacolour process 71 (C-41BNP)		
	fix	37	AP 71/72 (C-41 BNP, RANP CN-film)		
	stabilizer	37	AP72 stabilizer "NF" (C-41 RANP, CN-film)		
	rinse	37	water		
	dry	58			
K-2사 film	development	38	Konica color developer replenisher type52 (K-52N1R-02)	8분 20초	자동 현상
	bleach	38	Konica color negative film bleach replenisher type 52 (K-52N2R-02)		
	fix	38	Konica color negative film fixer and replenisher type 52 (K-52N3R-03)		
	stabilizer	38	Konica color negative film stabilizer and replenisher type 52 (K-52N4R-01)		
	rinse	38	FSC 100 (super conditioner)		
	dry	33			
K-1사 B/W film	development	24	Kodak developer D-76	6분	수동 현상
	stop	24	water	15초	
	fix	24	PPC super fix	10분	
	wash	24	water	20분	
	dry	45		15분	

실험방법상 절대 노광량의 값을 얻을 수 없어, 알려진 필름의 감도가 얻어질 수 있도록 특성곡선의 X축의 값이 재조절(rescaling)되어 사용되었으며 결과적으로 얻어진 모든 시료 color 필름의 감도는 <표 3>에 나타난 바와 같다. 각 시료필름의 Yellow, Magenta, Cyan의 분광 특성곡선들은 거의 비슷한 모양으로 평행을 이룸을 볼 수 있었으며 관용도 및 color balance도 양호하였다.

<표 3> color film의 감도

ISO100	K-1사	96.81
	F사	129.58
	A사	83.16
	K-2사	90.45
ISO200	K-1사	199.54
	F사	219.04
	A사	219.79
	K-2사	161.63
ISO400	K사	412.91
	F사	387.09

4.1.2 인화지의 사진특성

인화지의 경우에도 필름의 경우와 마찬가지로 다음과 같이 시중에서 널리 판매되는 자동 현상용 인화지들을 선택하였고 감도계를 이용하여 Y, M, C, Bk 색상을 분리하여 노광을 준 뒤 각 제품별로 요구되는 방법에 맞게 현상처리한 후 상대적인 감도, 관용도, color balance등을 비교하였다. 다음은 실험에 사용된 시료인화지이며 현상에 사용된 약품과 처리조건은 <표 4>에 정리되어 있다.

시료 인화지: K-1사 color paper

A사 color paper

F사 color paper

K-2사 color paper

측정된 네 회사 제품의 인화지들에 대한 사진특성은 거의 유사하였으나 A사의 color paper의 경우에는 magenta색상의 평균농도가 0.56으로 타사제품의 평균 magenta농도 0.48에 비해 상대적으로 높았는데 이것은 같은 필름으로 동일한 노광량을 사용하여 인화 처리를 할 경우 타제품에 비해 붉은 색상이 약간 강조될 수 있음을 보여준다. K-1사 제품의 경우에는 yellow색상의 평균적인 농도가 0.31로 타사제품의 0.26에 비해 상대적으로 높았고, F사 제품의 경우에는 yellow부분의 농도가 낮은 반면 cyan층의 농도가 0.18로 타제품의 0.15에 비해 상대적으로 높아서 각 제품의 브랜드 이미지인 색상차이를 잘 나타내주었다.

4.2 감재의 보존특성

사진 특성 측정을 위해 사용된 필름과 인화지를 노화가속기에 넣어 인위적으로 노화시킨 뒤 Y, M, C 곡선 각각의 농도변화 및 사진특성의 변화를 다시 측정하여 각 제품의 보존 능력을 관찰하였다. <표 5>에는 노화를 위해 사용된 노화가속장치의 설정된 조건이 정리되어 있으며, 노화시키기 전과 후의 농도변화를 나타내는 결과가 <그림 3> - <그림 6>에 주어진다.

필름을 노화가속장치에 넣고 설정된 조건에서 120 시간 지난 뒤 꺼내어 농도 변화를 측정하였더니 yellow, magenta층의 농도는 평균적으로 노화시키기 전보다 각각 0.39, 0.36 정도 감소하였으며, cyan층의 농도는 약 0.15정도의 감소를 보여 상대적으로 적은 농도 변화를 나타내었다. 이것은 자외선을 많이 받는 고온, 고습의 환경에서 yellow, magenta층의 보존성이 상대적으로 떨어져 색상이 쉽게 퇴색될 수 있음을 예측하는 반면 cyan층의 농도는 내구성이 상대적으로 강하여 이러한 퇴색된 필름을 사용하여 인화를 할 경우 황색 톤이 강조된 사진을 얻을 수 있음을 보여준다.

<표 4> 인화지의 현상약품 및 처리조건

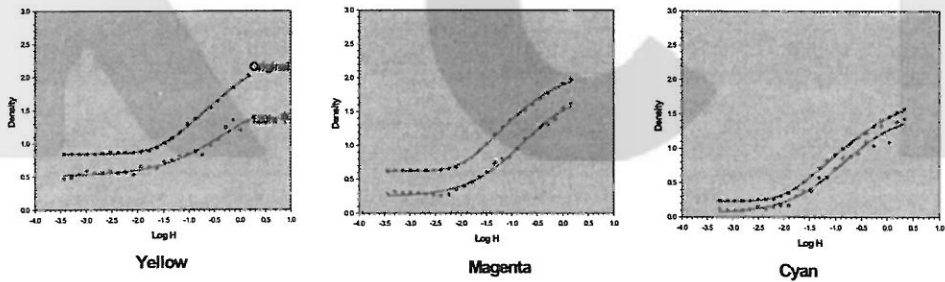
paper	process type	항목		사용약품	인화 시간	비고
		처리구분	온도 (°C)			
K사 paper	RA-4 process	development	37.7	Kodak ektacolor prime sp developer replenisher	4분 20초	자동 인화
		bleach-fix	34.9	Kodak ektacolor prime bleach-fix replenisher		
		stabilizer	34.8	super conditioner		
		dry	60			
F사 paper	CP-47L process	development	38.5	P1	3분 15초	자동 인화
		bleach-fix	38	P2		
		stabilizer	35	PS1, PS2, PS3		
		dry	65			
A사 paper	Agfacolour process94	development	35	Agfacolour process 94 colour developer	3분 30초	자동 인화
		bleach-fix	33	Agfacolour process 94 bleach-fix		
		stabilizer	35	AP 94 stabilizer		
		dry	65			
K사 paper	Type 22 process	development	37	Konica color QA paper developer replenisher type22	4분	자동 인화
		bleach-fix	35	Konica color QA paper bleach-fix and replenisher type22		
		stabilizer	34	Konica color QA paper super stabilizer and replenisher type22		
		dry	58			
E사 paper	-	development	27	Kodak Dektol developer	25초	수동 인화
		stop	27	water	10초	
		fix	27	PPC super fix	8분	
		wash	27	water	10분	
		dry	27		15분	

노화가속기에서 120시간 지난 후 꺼내어 측정된 인화지의 경우에도 필름과 마찬가지로 Y, M, C의 각 층에서 감소된 농도를 관찰 할 수 있었으나(그림 4) 그 변화는 필름의 경우보다 훨씬 적게 나타났으며 이것은 인화지가 필름보다 비교적 안정하다고 받아들여지는 사실을 뒷받침한다. Yellow층의 경우 최고농도변화는 K-1사, K-2사제품의 경우 약 0.2, F사, A사 제품의 경우에는 약 0.1 만큼의 감소를 보였다. Magenta층과 cyan층의 경우에는 각 제품 모두 비교적 안정한 상태를 나타내었다.

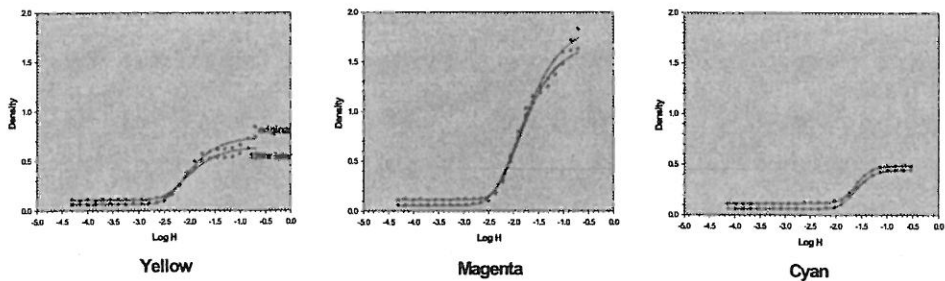
<그림 5>는 K사 B/W film(100)의 노화가속장치 120hr 후의 농도변화 그래프이다. 흑백 필름의 경우 쉽게 예상할 수 있는 것처럼 color 필름보다 자외선, 고온, 고습 상태에서 더 안정한 보존특성을 보였다. 전 범위의 노광량에 대해 비교적 균일한 농도저하를 보였으며 이것은 전체 농도는 감소하더라도 사진의 농도는 유지되는 것을 나타내므로 흑백필름의 경우 노화에 따른 변색을 color 필름의 경우보다 쉽게 느낄 수 없게 만드는 원인이라고 생각될 수 있다. 다음의 <표 5>에 나타난 노화가속장치의 온도, 습도, 시험시간은 세월의 경과를 감재에 인위적으로 적용한 것으로 일정조건하에서 시료 sample의 보존특성을 밝히기 위해 임의대로 설정하였다.

<표 5> Weather-o-meter (노화가속장치) - Atlas Electric 25-WR(1979)

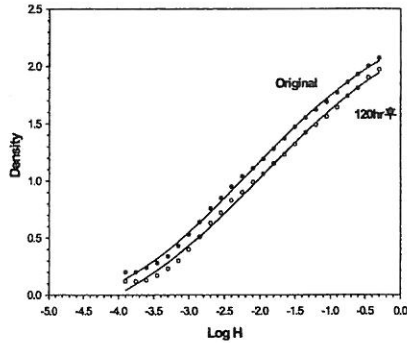
Light source	Xenon lamp 2,500W	xenon lamp : 자연광에 가장 가까운 빛을 내는 광원으로 크세논가스가 채워진 석영관 속의 전극이 방전을 일으켜 발광하는 램프
Temperature	60℃	
Humidity	60%	
Experimental time	120hr	



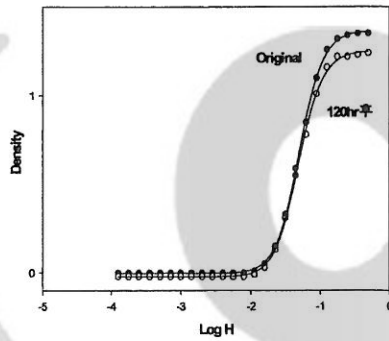
<그림 3> Weather-o-meter 120hr 지난 후의 K사 color negative film의 농도변화



<그림 4> Weather-o-meter 120hr후의 A사 color paper의 농도변화



<그림 5> K사 B/W film의 Weather-o-meter 120hr 후의 농도변화



<그림 6> E사 B/W paper의 Weather-o-meter 120hr후의 농도변화

흑백인화지의 노화 가속 실험 결과도 필름의 경우와 크게 차이가 없었으며 color 인화지에 비해 상대적으로 균일한 농도저하와 안정한 사진특성을 나타냈다.(그림 6)

보관 방법의 우수성 평가를 위하여 흑백 필름을 일반 필름 덮개용 비닐과 사진첩 인화지용 비닐 등 두 종류의 보존비닐로 각각 포장을 하여⁶⁾ 노화가속실험을 한 후 농도변화를 측정하였더니, 전자의 경우 0.13, 후자의 경우 0.04의 농도저하를 보였다. 이것은 필름을 보관하는 데 있어서 사진첩 인화지용 비닐이 매우 효과적임을 말해준다.

6) ISO 10214,1991: Photography-Processed Photographic Materials-Filling Enclosures for Storage.

5. 결 론

본 연구는 사진필름과 인화지의 노화가속장치 실험을 통하여 각 제품별 사진특성, 보존 특성을 알아보고 그에 알맞은 보존방법을 찾기 위한 목적으로 진행되었다. 보존특성 실험 결과 오랜 세월이 경과한 컬러필름의 경우에는 Y,M,C 층 중 cyan층이 가장 안정할 것임을 예측할 수 있었고, ISO 감도 값이 높을수록 노화에 따른 농도 변화가 조금씩 크게 나타나 입자가 큰 감광물질의 경우 작은 입자의 물질에 비해 보존특성이 상대적으로 떨어짐을 확인할 수 있었다. color 감재의 경우 이러한 현상은 감도가 높을수록, 즉 은입자가 클수록 발색제인 coupler가 입자 표면에 조밀하지 못하게 coupling되므로 현상, 발색표백후 AgX가 빠져나간 후 남은 coupler의 양은 고감도 감재일수록 적다. 이것은 최근의 감광재료의 개발이 입자의 크기를 비교적 작게 유지하면서도 감도특성이 높은 제품의 생산으로 향하고 있는 것을 고려할 때, 해상력의 증가와 더불어 보존성까지도 높이는 좋은 방향임을 설명할 수 있다. 인화지의 경우 비교적 필름보다 더 안정했으며 Y,M,C층 모두 일정한 농도저하를 보여 노화에 따른 손상이 적음을 확인할 수 있었다. 전체적으로 볼 때, 은염 입자로 구성된 흑백 감재가 염료(dye)층이 포함되어있는 컬러 감재의 경우보다 노화가속실험에 우수한 보존 특성을 보였다.

<참고문헌>

- 1) Karlheinz Keller,1993. Science and Technology of Photography. VCH.
- 2) 오제웅, 1996. 사진공학. 청문각.
- 3) F.Hurter, J.Soc.Chem.Ind (London) (1890) 455
- 4) ANSI-PH 2.27,1981: Determination of ISO(ASA)Speed of Color negative films for Still Photography.
- 5) a. DIN 4512, Parts 1-6, 1984-1985: Photographische Sensitometrie;
b. ISO 6 DIS, 1989;
c. ANSI-PH 2.5,1979: Method for Determination Speed of Photographic Negative Materials(monochrome, continuous-tone)

- 6) ISO 10214,1991: Photography-Processed Photographic Materials-Filling Enclosures for Storage.
- 7) Yasushi Nozawa, Hideto Ikoma, Masaharu Okano,2002 "Damage to High Speed Color Neagative Films from Natural Background Radiation" Journal of imaging Science and Technology, vol.46, No.3, 270-276.
- 8) A.T.Ram, J.L.McCrea and R.Snell, 1989 "Image Stability of Processed Kodak Dacomatic DL Film" Journal of Imaging Technology, vol.15, No.4, 169-177.
- 9) Rudolf Gschwind, Franziska Frey, 1994 "Electronic Imaging, a Tool for the Reconstruction of Faded Color Photographs" Journal of Imaging Science and Technology, vol.38, No.38 520-525.
- 10) T.H.James, Fourth Edition. 1977. The Theory of the Photographic Process. MacMillan Pub Co.
- 11) Leslie Stroebe, John Compton, Ira Current, Richard Zakia; Second Edition. Basic Photographic Materials and Processes. Focal Press.
- 12) Neblette's 8th Edition; John Sturge, Vivian Walworth, Allan Shepp. Imaging Processes and Materials. Van Nostrand Reinhold.
- 13) John B.Williams 1990. Image Clarity-High Resolution Photography. Focal Press.

КСІ