

## 유지문 현출법에 관한 연구

최미정 · 박원석 · 김만기<sup>1</sup> · 전충현 · 박성우<sup>★</sup>

충남대학교 과학수사학과, <sup>1</sup>해군헌병단  
(2009. 6. 8. 접수, 2009. 12. 22. 승인)

### A study on oil-contaminated fingerprints developing

Mi-Jung Choi, Won-Seok Park, Man-Ki Kim<sup>1</sup>, Chung-Hyun Jeon and Sung-Woo Park<sup>★</sup>

Dept. of Scientific Criminal Investigation, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

<sup>1</sup>Naval Military Police Group, Daejeon, 321-923, Korea

(Received June 8, 2009; Accepted December 22, 2009)

**요 약:** 사건현장 증거물에 존재하는 지문으로는 혈액, 페인트, 잉크와 같이 색을 보유한 물질에 접촉한 후 증거물에 유류되어 육안확인이 가능한 현재지문(visible fingerprint)과 비누, 왁스와 같은 부드러운 증거물에 압착 유류되어지는 압착지문(plastic fingerprint), 땀성분이나 생활속에서 유지류(oil)등에 오염되어 육안확인이 어려운 잠재지문(latent fingerprint)형태로 존재한다. 그 중 유지문(oil-contaminated fingerprint)은 식용유(soybean oil), 자동차 엔진오일(engine oil)을 비롯한 공업용 윤활유인 합성윤활유 및 산업현장 기계류에 사용되는 그리스와 같은 유지류에 의해 오염된 지문이 증거물에 유류되어 육안으로 식별하기 어려운 지문이며 이의 현출법에 대한 표준화 현출법은 미비하다. 이에 본 연구는 사건현장에서의 다빈도 채택증거물인 유리, 플라스틱, 알루미늄 대상물질에 식용유, 총기윤활유(LSA), 엔진오일로 오염된 유지문을 ultraviolet 광원을 이용한 광학적인 방법과 분말법 및 화학적 현출법으로 현출하기전 동결건처리법을 시도하고 분말법, cyanoacrylate (CA) fuming법, 형광발색법을 이용한 연속적 재처리법을 이용하여 최적 현출법을 제시하고자 하였다.

**Abstract:** In general, three types of fingerprints could be found at the crime scene: visible, plastic, and latent fingerprints. Examples of visible fingerprint include those made by blood, paint or ink. Plastic fingerprint are made from an impression of the finger on soft material as soap, wax, etc. Latent fingerprint are those of the invisible one to the human eye. Oil-contaminated fingerprints remained in the evidence, that are contaminated with the soybean oil, engine oil, lubricating oil or grease. Oil-contaminated fingerprints are special types of fingerprint evidence but the research for developing method regarding oil-contaminated fingerprints is a few. In this study, ultraviolet light source was employed for untreated oil-contaminated prints and the freeze-dry method with liquid nitrogen for freeze oil residue on the surfaces with sequence of developing oil-contaminated fingerprints with black and magnetic powders, cyanoacrylate (CA) fuming, Basic Yellow 40. The types of oil chosen for the experiment were soybean oil, LSA oil, engine oil and material surfaces selected for the experiment were glass, plastic aluminum plates. The aims of this study were to determine the appropriate developing methods for oil-contaminated fingerprints.

**Key words:** oil-contaminated fingerprint, latent fingerprint, cyanoacrylate fuming

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)42-821-5240 Fax : +82-(0)42-822-5236

E-mail : swpark05@cnu.ac.kr

## 1. 서 론

범죄현장에서 육안확인이 어려운 잠재지문은 사광법, ultraviolet 광원 및 감식용 광원을 이용하여 검색하는 광학적 방법과 분말법 및 ninhydrin법, cyanoacrylate (CA) fuming법, physical developer (PD)법, 형광발색법 등과 이들의 방법을 중복처리하여 현출효율을 높이는 재처리법을 이용하여 현출한다.<sup>1</sup> 또한 잠재지문 현출시에는 지문이 유류되어 있는 대상물질의 다공성, 비다공성의 특징과 유류된 지문의 요인 즉 특수 오염원으로부터 오염된 지문이거나 벗었거나 하는 등의 다양한 환경적인 요인에 따라서도 현출방법은 고려되어야만 한다.<sup>2,4</sup> 최근에는 ATR-FT-IR spectroscopic imaging system을 응용하여 gelatin 전사지에 전사된 지문성분 투과율을 분석하여, 지문성분별 영상을 획득하고 이를 재조합하는 방법,<sup>5</sup> MXRF(Micro X-Ray Fluorescence)을 이용하여 지문성분 중 원소의 방출에너지를 영상으로 획득하는 방법<sup>6</sup>과 silver staining 법과 multi metal deposition (MMD)와 SECM (Scanning Electrochemical Microscopy)를 적용하여 다양한 대상물질에 유류된 지문영상을 고해상도로 가시화하기 위한 시도가 이루어지고 있다.<sup>7</sup> 또한 사건현장에서 발견되어지는 마약, 폭발물, 생활용품 등의 다양한 오염원을 포함한 잠재지문과 여러지문이 겹쳐진 중복지문의 경우에는 적외선 분광기를 이용하여 성분별 이미지를 획득한 후 이를 재조합하여 지문의 분광이미지를 단독분리하는 영상법이 소개되고 있기도 하는 등<sup>8</sup> 다양한 시도가 이루어지고 있으나 현장에서의 실질적인 적용성은 미비한 단계이다.

현장에서 발견되어지는 오염지문 중 유지문(oil-contaminated fingerprint)은 생활유지류인 식용유(soybean oil), 자동차 엔진오일(engine oil)을 비롯한 공업용 윤활유인 합성윤활유, 산업현장 기계류에 사용되는 그리스와 같은 유지에 의해 오염된 지문이 증거물에 유류되는 경우를 말한다. 유지문이 현장에 남겨지는 형태로는 각종 유지류에 의해 오염된 환경에 노출된 대상물질에 지문이 유류된 경우와 유지류에 오염된 손의 지문이 증거물에 유류되어지는 경우로 유지의 색상 유무에 따라 현재지문 또는 잠재지문형태로 존재하게 되며 이러한 유지문은 분말법 및 화학적 방법에 의한 현출법으로의 최적화된 현출법에 대한 자료가 미비하며 일반적인 잠재지문 현출법의 적용이 어려워 사광을 이용한 사진촬영법에 의존하고 있다.

이에 본 연구는 일상생활과 사건현장 증거물에 유

류되어지는 유지류 중 식용유, 총기윤활유(LSA), 엔진오일로 오염된 유지문을 ultraviolet 광원을 이용한 광학적인 방법과 현출하기 전의 유지문에 다양한 전처리법을 이용하고 이후 현출법으로 분말법, CA fuming법, 형광발색법을 이용한 연속적 재처리법을 이용하여 대상물질별 유지문의 최적현출법을 제시하고자 하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 기구 및 시약

잠재지문 분말 현출제로는 흑색분말 Silk black-powder (Sirchie사 101L, USA), 흑색자석분말 Regular black-powder (Sirchie사 M114L, USA)를 사용하였고, CA fuming법 후 형광발색법에는 Superglue (Henkel사, Ireland), Basic Yellow (BY) 40 (Sirchie LV507, USA)을 이용하였고, 지문시료의 동결 전처리를 위하여 -25 °C freezer와 liquid nitrogen를 사용하였다. 잠재지문을 일정한 압력으로 유류시키기 위해 로드셀(CAS, Korea)을 사용하였고, 현출도구로는 마그네틱 붓 (Sirchie사 125MP, USA), 다람쥐털(BVDA, Netherlands) 붓을 사용하였다. 광원 및 영상기록은 ultraviolet 광원은 KRIMESITE™ IMAGER (Sirchie사, No. KSS60, USA), Nikon D70S (Micro 60 mm, Japan)와 광원 Violet 400 nm - 430 nm (crime-lite, foster+freeman, UK), Yellow filter (HDYA 62 mm Y (K2), Japan)을 사용하여 현출영상을 획득하였다.

### 2.2. 지문시료 및 대상물질

지문은 31세의 남성으로 20 °C, 습도 45%의 실험환경에서 오른손 엄지(제상문)에 5 μL의 식용유(soybean oil, OTTOGI, Korea), 총기윤활유(LSA, 천미광유, Korea), 엔진오일(ZICXQ 5W40, SK energy, Korea)에 오염시킨 후 대상물질인 유리, 플라스틱, 알루미늄 표면에 1.2 kg의 일정한 압력으로 압착한 후 잠재지문 시료로 사용하였다.

### 2.3. 실험 방법

잠재지문시료의 전처리법 및 대상물질별 현출법, 재현출법, 영상촬영 등의 전체적인 과정은 Fig. 1에 나타내었다.

#### 2.3.1. Ultraviolet 광원을 이용한 광학적 방법

지문시료에 분말법, 화학 또는 CA fuming법 처리

전 UV 단파광원(254 nm)을 사용하여 KRIMESITE™ IMAGER와 Nikon D70S를 통해 현출 영상을 획득하였다.

2.3.2. 지문의 동결전처리

잠재지문을 현출하기 전 전처리법으로 -25 °C freezer를 이용, 1시간 냉동하는 법과 -196 °C liquid nitrogen에 5초간 침지시켜 동결하는 전처리법을 이용하였다.

1) -25 °C Freezer 동결 전처리 후 재처리

(1) Freezer 동결 전처리 후 CA fuming법

-25 °C Freezer를 이용하여 동결 전처리한 지문시료를 챔버 내 온도 18-20 °C, 습도 40-50%사이의 실험 환경에서 CA로 15분간 충진시킨 챔버에 15분간 훈증하였다.

(2) Freezer 동결 전처리, CA fuming법 후 흑색 자석분말법으로의 재처리법

-25 °C Freezer를 이용, 동결 전처리 후 CA fuming법으로 현출된 지문시료에 흑색자석분말 Regular

black-powder를 사용, 재현출하여 영상을 기록하였다.

(3) Freezer 동결 전처리, CA fuming법 후 BY 40 형광발색법으로의 재처리법

-25 °C Freezer를 이용, 동결 전처리한 지문시료를 CA fumingdm법으로 처리하여 12시간 자연보관 후 0.2% BY 40 용액에 10초 동안 침지시킨 후 흐르는 물에 10초간 세척, 400 nm - 430 nm의 감식용 광원을 사용하여 영상을 기록하였다.

2) -196 °C Liquid nitrogen 동결 전처리 후 흑색분말법으로의 재처리법

-196 °C Liquid nitrogen에 침지시켜 동결 전처리 후 신속하게 흑색분말을 이용하여 재처리하여 사진촬영 후 현출을 비교하였다.

2.3.3. 잠재지문 현출 효율 평가

현출지문에서 효율평가는 1.2 kgf 압력 조건에서 10 회 반복 유류시킨 후 반복적으로 유류되는 영역과 특징점 종류 및 수가 많은 영역을 대조 표준지문으로

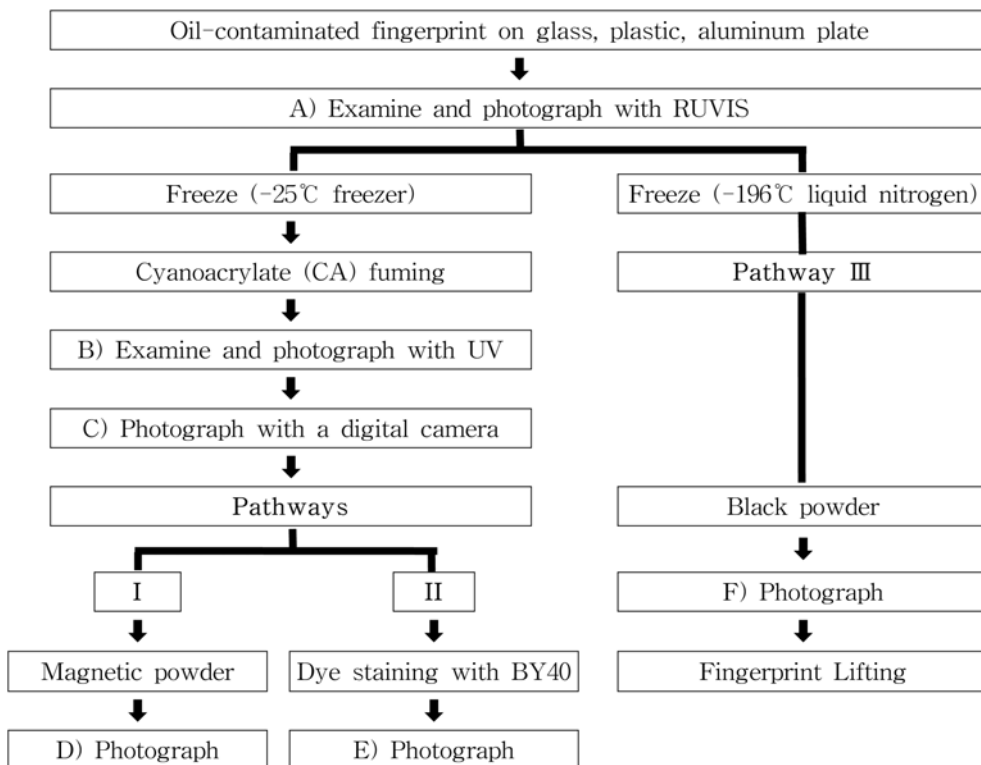


Fig. 1. Sequence of methods used for the detection of oil-contaminated fingerprint on various surfaces (A-F are designated for photography steps).

Table 1. Identification of minutiae in ink fingerprint

Area	Type of minutiae								Total point
	Dot	Bifurcation	Independent ridge	Ridge ending	Junction	Ridge starting	Lake	Delta	
A	-	5	-	10	11	2	-	-	28
B	1	1	-	9	10	3	-	-	24
C	1	1	-	8	8	4	-	-	22

사용하였다.<sup>8</sup> 표준잉크지문에서 반복 유류되는 영역에서 3곳을 선정하여 특징점 수 확인한 결과 Table 1과 같이 확인되었으며 반복 A영역 28개, B영역 24개, C영역 22개로 가장 많은 특징점 수가 확인된 A영역을 선정하여 특징점 수를 비교하였다(Fig. 2).

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. Ultraviolet 광원을 이용한 광학적 방법

식용유, 총기유탄유(LSA), 엔진오일에 의해 오염된 잠재지문의 경우 ultraviolet 광원을 이용하였을 때 지문의 용선확인이 불가능하였으며 흔적의 탐색은 가능하여 현장에서 흔적탐색으로의 사용이 가능함을 알 수 있었다(Fig. 3).

#### 3.2. 대상물질과 유지류에 따른 잠재지문 현출

##### 3.2.1. 분말 및 CA fuming법을 이용한 현출

유리, 플라스틱, 알루미늄 비다공성 대상물질에서의 분말과 CA fuming법으로의 현출의 결과는 Fig. 4와 같이 유지류의 유동성으로 인하여 현출이 불가능함을 알 수 있었다.

##### 3.2.2. 식용유에 오염된 잠재지문 현출

식용유에 오염된 잠재지문의 유리, 플라스틱, 알루미늄과 같은 비다공성 대상물질에서의 현출결과는 Fig. 5와 Table 2에 나타내었다. 유리에 오염된 잠재지문 현출의 경우에는 ultraviolet 광원을 이용하여 지문 형태를 확인할 수 있었고 연속처리법으로 대상물질을 -25 °C freezer에 1시간 보관하여 동결 후 CA fuming법으로의 재처리시 12개의 특징점 확인이 가능하였다. -25 °C Freezer에서 동결후 CA fuming법으로 재처리 후 자석흑색 분말법 및 BY 40 형광발색법을 이용하여 현출한 결과 자석흑색 분말에서는 21개, BY 40를 사용하였을 때는 특징점 21개로 동일한 특징점 수가 확인되었다. Liquid nitrogen을 이용한 동결 전처리는 5초간 침지후 즉시 흑색분말법을 사용하여 현출시켰을 때 특징점 28개의 특징점이 확인되었다.

플라스틱의 경우에는 ultraviolet 광원을 이용한 탐색이 가능하였고 연속처리법으로 대상물질을 -25 °C freezer에 1시간 보관하여 동결후 CA fuming법으로 현출하였을 때 특징점 9개가 확인되었으며 ultraviolet 광원으로 확인한 결과 CA fuming법 단독 처리와 동일하게 지문의 형태만 확인 가능하였다. -25 °C Freezer

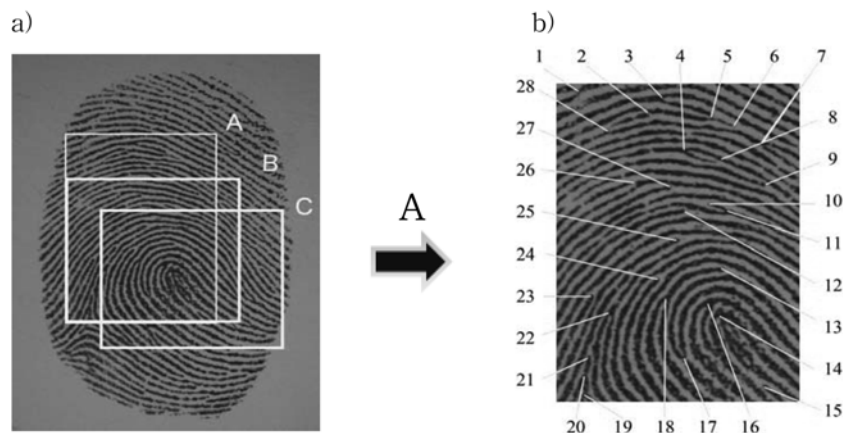


Fig. 2. a) Standard fingerprint b) Minutiae of standard fingerprint.

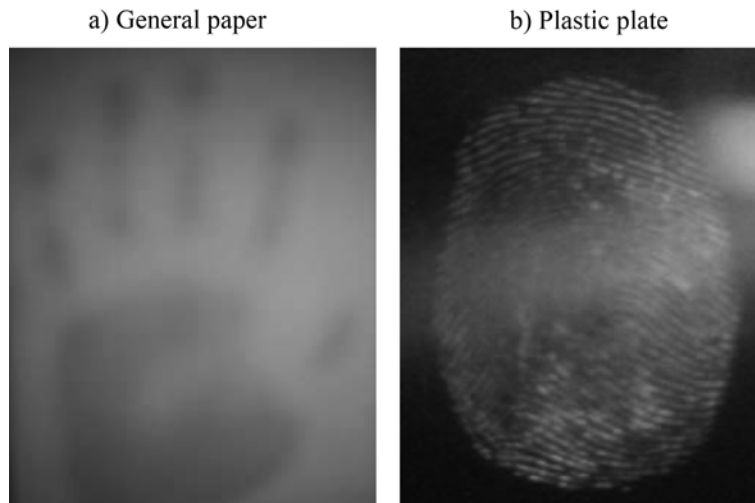


Fig. 3. Photography of oil-contaminated fingerprint developed by UV.

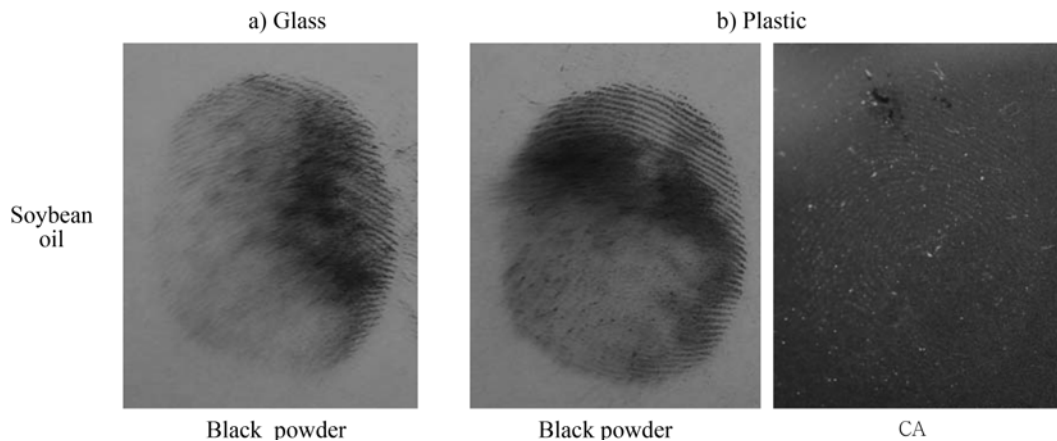


Fig. 4. Photography of oil-contaminated fingerprint developed by black powder and CA fuming.

에 1시간 보관하여 동결후 CA fuming법, 자석흑색 분말법, BY 40 형광발색법을 이용하여 현출한 결과 자석흑색 분말에서는 과도한 흡착으로 특징점 확인이 불가능하였고 BY 40 형광발색법을 사용하였을 때는 특징점 13개로 확인되었다.  $-196^{\circ}\text{C}$  Liquid nitrogen 동결 전처리 후 흑색분말법을 사용한 경우에는 특징점 27개로 확인되었다.

알루미늄의 경우에는 ultraviolet 광원을 이용한 탐색이 가능하였고 연속처리법으로 대상물질을  $-25^{\circ}\text{C}$  freezer에 1시간 보관하여 동결후 CA fuming법에서는 특징점 14개가 확인되었고 ultraviolet 광원으로 확인한 결과 단독 처리와 동일하게 지문의 형태만 확인 가능하였다.  $-25^{\circ}\text{C}$  freezer에 1시간 보관하여 동결후

CA fuming법 후 자석흑색 분말법, BY 40 형광발색법을 이용하여 현출한 결과 자석흑색 분말에서는 11개의 특징점, BY 40를 사용하였을 때는 특징점 10개를 확인하였다. 대상물질을  $-196^{\circ}\text{C}$  Liquid nitrogen 동결 전처리 후 흑색분말법을 사용한 경우에는 흑색분말법을 사용한 경우에는 특징점 23개로 확인되었다.

### 3.2.3. 총기유탄유에 오염된 잠재지문 현출

총기유탄유에 오염된 잠재지문의 대상물질별 현출 결과는 Fig. 5와 Table 3에 나타내었다. 유리에 오염된 잠재지문 현출의 경우에는 ultraviolet 광원을 이용, 탐색하여 지문형태를 확인할 수 있었고  $-25^{\circ}\text{C}$  freezer에 1시간 보관하여 동결후 CA fuming법으로 처리하였을

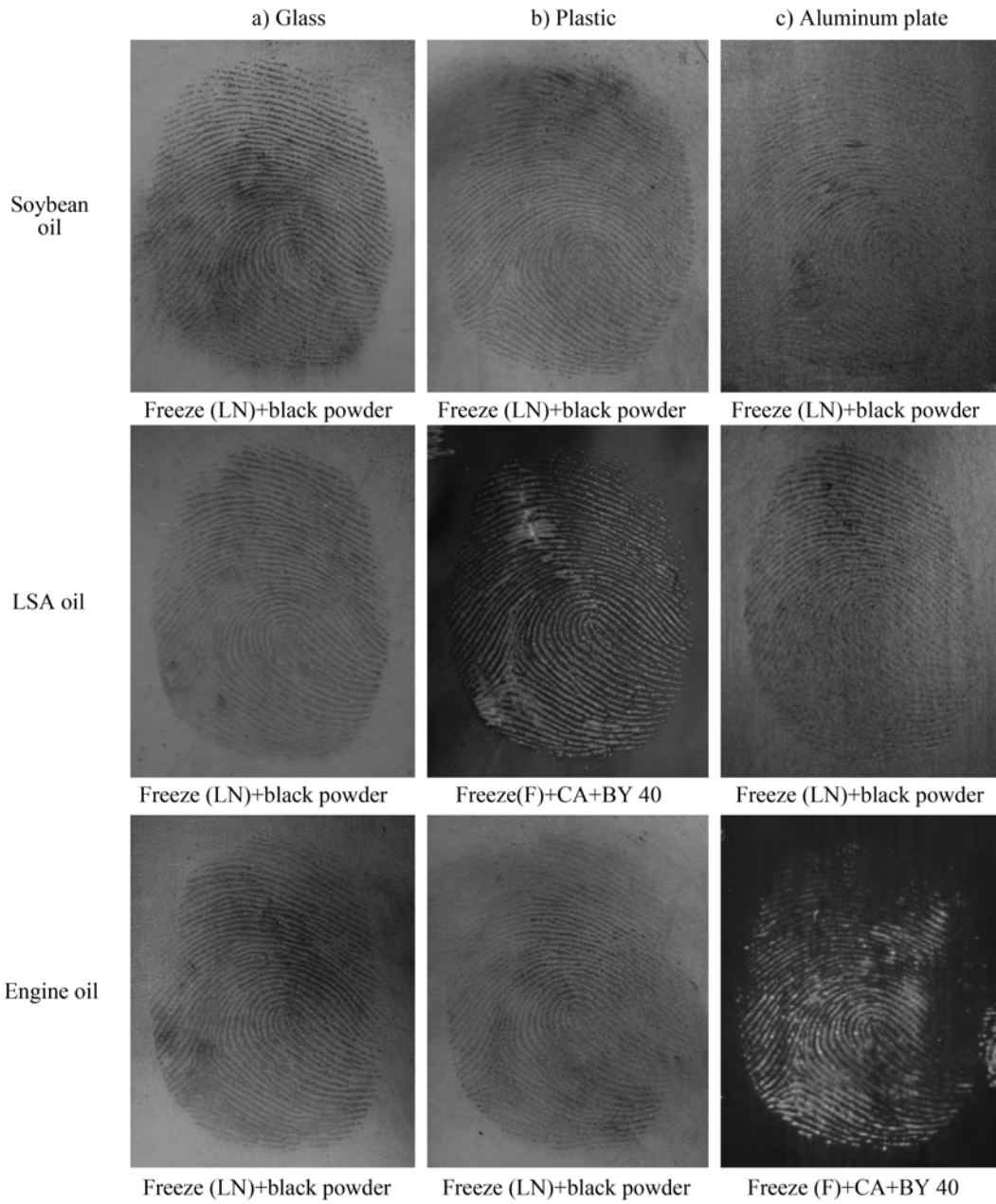


Fig. 5. Photography oil-contaminated fingerprint developed by methods used for the detection of oil-contaminated fingerprint.

Table 2. Identification of minutiae in latent fingerprint developed with methods used for the detection of soybean oil-contaminated fingerprint

Experimental types	UV	CA+UV	Freeze(F)+CA	Freeze(F)+CA+Magnetic powder	Freeze(F)+CA+BY40	Freeze(LN)+black powder	
Soybean oil	Glass	-	-	12	21	21	28
	Plastic	-	-	9	-	13	27
	Aluminum	-	-	14	11	10	23

Table 3. Identification of minutiae in latent fingerprint developing with methods used for the detection of LSA oil-contaminated fingerprint

Experimental types	UV	CA+UV	Freeze(F) +CA	Freeze(F)+CA +Magnetic powder	Freeze(F)+CA +BY40	Freeze(LN) +black powder	
LSA	Glass	-	-	13	-	14	25
	Plastic	-	-	-	-	21	21
	Aluminum	-	-	-	11	16	21

Table 4. Identification of minutiae in latent fingerprint developing with methods used for the detection of engine oil-contaminated fingerprint

Experimental types	UV	CA+UV	Freeze(F) +CA	Freeze(F)+CA +Magnetic powder	Freeze(F)+CA +BY40	Freeze(LN) +black powder	
Engine oil	Glass	-	-	-	17	15	28
	Plastic	-	-	13	-	18	22
	Aluminum	-	-	-	12	19	18

때 특징점 13개로 확인되었으며 CA fuming법 이후 자석흑색 분말로 재현출하였을 때에는 지문용선은 확인 가능하지만 특징점 확인이 어려웠고 -25 °C freezer에 1시간 보관하여 동결후 CA fuming법 이후 BY 40 형광발색법으로 재현출하였을 때 14개의 특징점 수가 확인되었다. -196 °C Liquid nitrogen 동결 전처리 후 흑색분말법을 사용한 연속처리법의 경우에는 특징점 25개 확인되었다.

플라스틱 경우에는 ultraviolet 광원을 이용 탐색하는 방법, 연속처리법으로 대상물질을 -25 °C freezer에 1시간 보관하여 동결후 CA fuming법으로의 현출, CA fuming법 후 자석흑색 분말법으로의 재현출을 사용한 현출지문에서는 지문용선의 확인은 가능하지만 특징점 확인이 어려웠고, 동결 후 CA fuming법 이후 BY 40 형광발색법을 이용하여 현출한 결과 21개의 특징점 수가 확인되었다. Liquid nitrogen 동결 전처리 후 흑색분말법을 사용한 연속처리법의 경우 BY 40 형광발색법을 이용한 방법과 동일하게 특징점 21개가 확인되었다.

알루미늄의 경우에는 ultraviolet 광원을 이용한 탐색이 가능하였고 연속처리법으로 대상물질을 -25 °C freezer에 1시간 보관하여 동결 후 CA fuming법으로 현출하였을 때는 특징점 8개가 확인되었고 ultraviolet 광원으로 확인한 결과 단독처리와 동일하게 지문의 형태만 확인 가능하였다. -25 °C Freezer에 1시간 보관하여 동결 후 CA fuming법으로 현출시키고 이후 자석흑색 분말법, BY 40 형광발색법을 이용하여 재현출한 결과 자석흑색 분말에서는 11개의 특징점, BY 40를 사용하였을 때는 특징점 16개 확인되었다. 또한

liquid nitrogen 동결 전처리 후 흑색분말법을 사용한 경우에는 특징점 21개가 확인되었다.

### 3.2.4. 엔진오일에 오염된 잠재지문 현출

엔진오일에 오염된 잠재지문의 유리, 플라스틱, 알루미늄과 같은 비다공성 대상물질에서 현출결과를 Fig. 5와 Table 4에 나타내었다. 유리의 경우에는 ultraviolet 광원을 이용한 탐색이 가능하였고 연속처리법으로 대상물질을 -25 °C freezer에 1시간 보관하여 동결 후 CA fuming법으로 현출하였을 때에는 지문의 형태만 확인 가능하였으며 CA fuming법 후 자석흑색 분말법, BY 40 형광발색법을 이용하여 현출한 결과 자석흑색 분말에서는 17개의 특징점, BY 40를 사용하였을 때는 특징점 15개 확인되었다. 또한 liquid nitrogen 동결 전처리 후 흑색분말법을 사용한 경우에는 특징점 28개가 확인되었다.

플라스틱의 경우에는 ultraviolet 광원을 이용한 탐색이 가능하였고 연속처리법으로 대상물질을 -25 °C freezer에 1시간 보관하여 동결후 CA fuming법에서는 특징점 13개가 확인되었고 ultraviolet 광원으로 확인한 결과 단독 처리와 동일하게 지문의 형태만 확인 가능하였다. 동결후 CA fuming법 후 자석흑색 분말법, BY 40 형광발색법을 이용하여 현출한 결과 자석흑색 분말에서는 특징점 확인이 어려웠고, BY 40를 사용하였을 때는 특징점 18개 확인되었다. 또한 liquid nitrogen 동결 전처리 후 대상물질을 liquid nitrogen에 5초간 침지 후 흑색분말법을 사용한 경우에는 특징점 22개가 확인되었다.

알루미늄의 경우에는 -25 °C freezer에 1시간 보관하

여 동결후 CA fuming법에서는 CA fuming법 후 자석 흑색 분말법, BY 40 형광발색법을 이용하여 현출한 결과 자석흑색 분말에서는 12개의 특징점, BY 40를 사용하였을 때는 특징점 19개 확인되었다. Liquid nitrogen에 5초간 침지후 흑색분말법을 사용한 경우에는 특징점 18개가 확인되었다.

#### 4. 결 론

잠재지문으로 유류되어 사건현장에서 빈도높게 증거물로 채택되어지는 식용유, 총기유탄유(LSA), 엔진오일로 오염된 유지문의 현출법에 대하여 ultraviolet 광원을 이용하는 법, 잠재지문의 전처리법으로 -25 °C freezer와 -196 °C liquid nitrogen에 침지시켜 동결시키는 법을 이용하여 보고 이후 현출법으로는 분말법과 CA fuming법을 기본으로 하는 재현출법으로의 증강 현출법을 시도한 결과 다음과 같은 결과를 확인하였다.

1. 식용유, 총기유탄유(LSA), 엔진오일에 의해 오염된 잠재지문의 경우 ultraviolet 광원으로 비다공성, 다공성 대상물질 모두에서 흔적탐색은 가능하나 융선확인은 불가능하였다.

2. 지문시료의 동결 전처리(-25 °C freezer) 후 CA fuming법 이후 magnetic powder의 경우 플라스틱에서는 현출이 불가능하였고, CA fuming법 + BY 40 방법의 경우 모든 대상물질에서 표준지문의 특징점에 비해 36~75% 비율의 특징점을 확인할 수 있었다.

3. 동결 전처리(-196 °C liquid nitrogen) 후 흑색분말법 이용한 경우 모든 대상물질에서 표준지문의 특징점에 비해 64~100% 비율의 특징점을 확인할 수 있어 가장 적합한 방법으로 확인되었다.

4. 대상물질에 유류된 유지문을 현출할 때 분말이나 CA fuming법으로 직접 현출하기 전 동결 전처리(-25 °C freezer, -196 °C liquid nitrogen) 과정과 다양한 재현출

법으로의 증강법 및 법과학 감식광원의 적절한 사용이 현출의 효율을 증강시킴을 알 수 있었으며 다양한 오염원과 환경에서의 잠재지문 현출법에 대한 다양한 시도가 필요하며 지속적인 현출법의 표준화에 대한 연구가 이루어져야함을 인지할 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.M106400000108N400000110).

#### 참고문헌

1. S. W. Park, *Korean J. Scientific Criminal Invest.*, **1**, 1-7(2007).
2. M. K. Kim, K. S. Yoo, J. H. Kil, E. S. Chang and S. W. Park, *Korean J. Scientific Criminal Invest.*, **2**, 67-73(2008).
3. C. Lennard, *Australian Forensic Sci. Int.*, **39**, 55-71(2007).
4. M. K. Kim, M. J. Choi, Y. C. Hu and S. W. Park, *Korean J. Sci. Criminal Invest.*, **2**, 139-143(2008).
5. C. Ricci, S. Bleasy and S. A. Kazarian, *Anal. Chem.*, **79**, 5771-5776(2007).
6. C. G. Worley, S. S. Wiltshire, T. C. Miller, G. J. Harrilla and V. Majidi, *J. Forensic Sci.*, **51**, 57-63(2006).
7. M. Zhang and H. H. Girault, *Anal.*, **134** 25-30(2009).
8. T. Chen, Z. D. Schultz and I. W. Levin, *Analyst*, **134** DOI: 10.1039/b908228j(2009).
9. M. K. Kim, S. W. Park and Y. Ohgami, *Anal. Sci. Tech.*, **22**, 166-171(2009).