

Multi-metal Deposition I (MMD I)을 사용한 스티로폼 표면의 오래된 지문 현출

Development of Aged Fingermarks Deposited on Expanded Polystyrene(Styrofoam) Using Multi-metal Deposition I (MMD I)

김채원, 안재영, 유제설
순천향대학교 법과대학원

Chae-Won Kim(chaewon0805@naver.com), Jae-Young An(wkwkwk001@naver.com),
Je-Seol Yu(haplf@naver.com)

요약

스티로폼은 각종 포장용기, 장난감, 부표 등 일상에서 흔히 사용되는 소재 중 하나이며, 범죄현장에서 발견 될 가능성 또한 매우 높다. 하지만 스티로폼은 구조적인 특성으로 인해 지문이 거의 남지 않아 지문 현출 기법의 효과가 크지 않다.

선행연구에 따르면 스티로폼에서의 지문 현출 방법으로 주로 분말법이나 CA 훈증법(Cyanoacrylate fuming method)을 제시하고 있다. 본 연구에서는 분말법과 MMD I의 비교 실험을 통해 MMD I의 잠재 지문 현출 효과를 알아보고자 하였다. 스티로폼에 지문을 유류한 뒤 1일, 3일, 5일, 1주, 2주, 3주 경과한 검체를 분말법과 MMD I을 적용한 결과, MMD I은 지문 aging 기간에 구애받지 않고 전반적으로 매우 우수한 현출 결과를 보인 반면 분말법은 오래된 지문일수록 현출되지 않았으며 신선한 지문에서도 매우 낮은 품질의 지문이 현출되었다.

MMD I은 비용과 시간이 들고, 기법이 다소 어렵다는 단점이 존재한다. 하지만 MMD I이 스티로폼 표면의 신선한 지문과 오래된 지문을 현출하는데 매우 효과적인 것으로 나타났다.

■ 중심어 : | 금속침전법 | MMD | MMD I | 스티로폼 지문 |

Abstract

Styrofoam is one of the most commonly used materials in everyday life, such as various packaging containers, toys, and buoys, and is likely to be found in crime scenes. However, due to the structural characteristics of Styrofoam, fingerprints cannot be deposited well.

According to previous researches, powdering or cyanoacrylate fuming method was applied for developing fingerprints on Styrofoam. The purpose of this study was to investigate the effect of MMD I through comparative experiments of powdering. As a result of applying powder method and MMD I, MMD I was more effective than powder method on styrofoam.

■ keyword : | Metal Deposition Method | MMD | MMD I | Styroform Fingermark |

I. 서 론

폴리스티렌(polystyrene)은 가볍고 냄새가 없는 열
가소성 플라스틱으로서 생활용품, 장난감, 절연재, 포장

* 본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음

접수일자 : 2019년 12월 23일

수정일자 : 2020년 03월 13일

심사완료일 : 2020년 03월 23일

교신저자 : 유제설, e-mail : haplf@naver.com

재 등에 사용된다. 폴리스티렌을 발포해서 만든 것을 발포 폴리스티렌(expanded polystyrene)이라 하고 우리가 일반적으로 알고 있는 스티로폼(Styrofoam)은 이것의 상품명이다. 폴리스티렌은 가공 과정에서 여러 형태로 나뉘게 되는데, 폴리스티렌 페이퍼(polystyrene paper)는 그 중에 하나이다. 이는 발포 폴리스티렌의 얇은 시트를 말하며 미세한 기포에 의해 진주처럼 광택을 띤다. 매우 가볍고 열에 약하다는 성질이 있다. 주로 접시 형태로 성형하여 일시적인 식품 포장 용기로 사용한다[1]. 본 연구에서는 독자들의 이해를 돕기 위해 발포 폴리스티렌과 폴리스티렌 페이퍼를 통칭하여 스티로폼이라는 용어를 선택하여 사용하였다.

스티로폼은 일상생활에서 흔히 찾아볼 수 있는 만큼 범포현장에서 발견될 가능성 또한 매우 높다. 하지만 구조적인 특성으로 인해 지문이 거의 남지 않아 현출 기법의 효과가 크지 않다.

선행연구에 따르면 스티로폼에 유류된 지문을 현출하기 위해 Cyanoacrylate 혼증법(CA 혼증법), Vacuum metal deposition(VMD), Small particle reagent(SPR)을 사용하였다. Jones[2]의 연구에서는 지문을 유류한 지 1일, 7일, 한 달이 경과한 스티로폼 검체에 CA 혼증법을 적용하고 수용성 기반의 Rhodamine 6G를 후처리한 방법과 VMD 기법의 잠재지문 현출 효과성을 비교하였다. CA 혼증법을 적용하고 Rhodamine 6G를 후처리한 결과, 유류한 지 1일이 경과한 지문은 성공적으로 현출되었으나 유류한 지 7일, 한 달이 경과한 지문은 용선의 형태를 관찰할 수 없었다. VMD 기법을 적용한 결과 유류한 지 1일, 7일이 경과한 지문은 성공적으로 현출되었음에 반해, 유류한 지 한 달이 경과한 지문은 현출되지 않았다. Bleay 외[3]는 스티로폼 검체에 유류된 지문을 현출하기 위해 SPR 기법을 사용하였다.

본 연구자들이 경찰 과학수사요원 5명을 대상으로 구두 설문한 바에 따르면 스티로폼에 적용하는 기법은 분말법인 것으로 나타났다. 주로 분말법을 사용하는 이유는 현장에서 곧바로 검체에 적용할 수 있다는 점, 지문이 현출되기까지 걸리는 시간이 짧다는 점 등이 있다. 스티로폼에 남겨진지 오래 되지 않은 신선한 지문일 경우 분말을 적용하더라도 현출될 가능성이 있다. 그러나

[그림 1]처럼 스티로폼 표면의 특성상 시간이 지나면 지문 구성물질이 표면에 흡수되기 때문에 오래된 지문을 현출하기에는 polystyrene layer에 비해 분말의 입자 크기가 커서 지문에 선택적으로 붙지 않는다. 이렇듯 앞서 소개된 기법 모두가 매우 신선한 지문만을 현출할 수 있다는 점을 감안하면 스티로폼에 적용할 수 있는 다른 기법을 모색하는 것이 필요하다고 보았다.

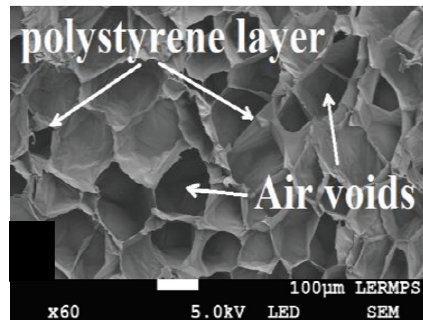


그림 1. Styrofoam 표면을 SEM을 사용하여 관찰한 사진[4]

Multi-metal Deposition(MMD) 방법은 1980년대 후반 Saunders에 의해 처음으로 고안된 기법으로 다공성(porous), 반다공성(semi-porous), 비다공성(non-porous) 표면에 모두 적용할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이 기법이 소개된 이후 검증 실험이 수행되었고, 지문현출에 까다로운 표면으로 알려진 플라스틱 탄약통, 마스크 테이프, 스티로폼, 랩 비닐 등에서 지문이 현출되었다. 하지만 시약을 제조하는 과정에서 많은 시간과 비용이 소모되는 점, 시약의 유효기간이 짧다는 점, 시약 적용 단계가 복잡하다는 점이 단점으로 지적되었고 여러 연구자들이 Saunders의 MMD 제조 방법을 개선한 새로운 제조 방법을 고안해냈다[5]. Saunders의 제조 방법을 MMD I이라 명명하고 효과성이 어느 정도 연구된 시약에는 뒤따르는 로마 숫자를 붙인다. 현재 MMD IV 방법까지 발표되었다[6][7]. 제조 방법에 따라 첨가되는 시약에는 차이가 있지만 기본적인 반응 원리는 같다. MMD는 두 단계로 적용한다. 첫 번째 단계에서는 지문의 아미노산, 지방, 단백질 성분과 금속을 선택적으로 결합시키는 단계이다. 산성 용액에 부유하는 금 입자 용액(colloidal gold solution)에 검체를 담가 금 입자가 지문 구성성분에 결합되도록

한다. 하지만 이 과정만으로는 용선과 배경 간의 뛰어난 대조비를 얻어낼 수 없어 이를 개선시키는 목적의 후처리 단계가 필요하다. 여기에 사용되는 용액은 개선된 피지컬 디벨로퍼 용액(Modified Physical Developer solution)으로 계면활성제에 은 입자가 부유하고 있다. 은 입자들이 용선을 따라 침전된 금 입자에 우선적으로 침전되어 용선이 검정색으로 바뀐다. 하지만 개선된 피지컬 디벨로퍼 용액에 검체를 오랫동안 적용할 경우 배경에도 은 입자가 침전되어 적절한 대조비를 얻을 수 없다.

본 연구에서는 일상에서 쉽게 찾아볼 수 있는 3종의 스티로폼에 지문을 유류한 뒤 1일, 3일, 5일, 7일, 14일, 21일이 경과한 검체를 분말법과 MMD I의 비교 실험을 통해 MMD I의 잠재지문 현출 효과를 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

1.1 검체 선정

실험에 사용한 표면은 일상생활에서 주로 사용되는 발포 폴리스티렌(Expanded polystyrene, EPS)소재의 흰색 보냉 박스와 일회용 포장용기, 그리고 폴리스티렌 페이퍼(Polystyrene paper, PSP)소재의 컵라면 용기를 선정하였다.




검체	사진
흰색 보냉박스(EPS)	
컵라면 용기(EPS)	
일회용 포장용기 (PSP)	

그림 2. 실험에 사용한 검체

1.2 실험에 사용한 분말과 시약

분말은 네이디(N Korea)사의 S분말과 BVDA(Netherlands)사의 Swedish black 분말을 사용하였다. S분말은 가루 형태의 분말을 압착하여 만든 패드 형태로 판매되지만, 본 연구에서는 압착된 분말을 역센 다람쥐털 브러쉬를 사용하여 가루 형태로 분쇄한 다음 유리섬유 브러쉬에 고루 머금게 하여 사용하였다. Swedish black 분말은 S분말보다 끈적이는 성질이 약하고 분말 입자의 크기가 작기 때문에 별도의 분쇄 과정 없이 유리섬유 브러쉬를 사용하였다.

시약은 Alfa Aesar(USA)사의 Ammonium iron(II) sulfate hexahydrate, SIGMA ALDRICH(USA)사의 Iron(III) nitrate nonahydrate, Tween 20, Polyethyleneglycol, EMUSRE(USA)사의 Citric acid monohydrate, JUNSEI(Japan)사의 Trisodium citrate dihydrate, DAEJUNG(Korea)사의 Silver nitrate(I)를 사용하였다.

1.3 지문 유류 및 aging방법

지문은 25세 남성의 것을 사용하였다. 실험에 사용할 스티로폼 표면을 증류수로 닦아서 오염물질이 최대한 제거되도록 하였다. 지문을 유류하기 30분 전에 손을 깨끗이 씻고 페이퍼타월로 물기를 닦아냈다. 30분 간 라텍스 장갑을 착용하여 자연스럽게 땀을 낸 뒤 검체 표면에 4번 연속으로 지문을 유류하였다. 유류된 지문의 시간 경과에 따른 현출력을 보기 위해 지문 유류 후 1일, 3일, 5일, 1주, 2주, 3주 동안 직사광선이 없는 평균 온도 20℃, 상대습도 20%의 실험실 환경에서 보관하였다.

2. 시약 제조

2.1 MMD I 제조 및 적용방법

MMD I 시약은 Saunders의 제조방법을 참고하였다. Colloidal Gold Solution의 유효기간은 3개월이지만 Modified Physical Developer Solution의 유효기간은 20분 남짓으로 매우 짧기 때문에 검체에 적용하기 직전에 제조하였다. 시약을 적용하기에 앞서 MMD 용액에 스티로폼이 뜨는 것을 방지하기 위하여 검체의 왼쪽과 오른쪽 부분에 테이프를 붙여 세라믹 유리 용기에

단단히 고정시켜 주었다.

2.1.1 Colloidal Gold Solution 제조방법

표 1. MMD I 의 Colloidal Gold Solution 조성[8]

Solution A (tetrachloroauric acid trihydrate)	
Tetrachloroauric acid trihydrate	1 g
RO-DI water	10 ml
Solution B (sodium citrate)	
Sodium citrate tribasic dehydrate	1 g
RO-DI water	100 ml
Solution C (0.1 M citric acid)	
Citric acid monohydrate	4.8 g
RO-DI water	50 ml
Solution D (polyethylene glycol)	
Polyethylene glycol	1 ml
RO-DI water	100 ml
최종 시약 (Solution E- Colloidal gold solution)	
Solution A (tetrachloroauric acid trihydrate)	1 ml
Solution B (sodium citrate)	15 ml
Tween 20	5 ml
Solution C (citric acid)	>1 ml
Solution D (polyethylene glycol)	10 ml
RO-DI water	1000 ml

Tetrachloroauric acid trihydrate 용액 (Solution A)을 탈이온수에 완전히 섞어준 후, 용액이 끓을 때까지 가열해주었다. 용액이 끓기 시작하면 sodium citrate 용액 (Solution B)을 15 mL를 첨가해 준 뒤 와인색이 될 때까지 섞어주었다. 용액이 와인색이 되면 가열을 멈추고, Tween 20 5 mL를 첨가하여 완전히 섞어준 후 식혔다. 용액이 충분히 식으면 polyethylene glycol 용액 (Solution D)을 10 mL를 첨가해주고 완전히 섞어주었다. 다음으로 citric acid 용액 (Solution C)을 첨가하여 pH를 2.7로 조정하였다. 마지막으로 탈이온수를 첨가하여 부피를 1 L로 맞추었다.

2.1.2 Modified Physical Developer Solution 제조 방법

표 2. Modified Physical Developer Solution 조성[8]

Solution F (silver nitrate)	
Silver nitrate	20 g
RO-DI water	100 ml
Solution G (modified redox)	
Ferric nitrate nonahydrate	16 g
Ferrous ammonium sulfate hexahydrate	44 g

Citric acid monohydrate	11 g
Tween 20	0.25 ml
RO-DI water	1000 ml
최종 시약 (Solution H- Modified Physical developer solution)	
Solution G (modified PD redox)	990 ml
Solution F (silver nitrate)	10 ml

Silver nitrate를 탈이온수에 혼합하여 Solution F를 제조하였다. 탈이온수에 Ferric nitrate nonahydrate, Ferrous ammonium sulfate hexahydrate, Citric acid monohydrate, Tween 20을 순서대로 첨가하고, Solution G가 맥주 색이 될 때까지 섞어주었다. 마지막으로 Solution G와 Solution F를 완전히 섞어주었다.

2.1.3 MMD I 적용방법

테이프를 스티로폼을 고정시킨 유리용기에 Colloidal Gold Solution을 붓고 지문이 현출될 때까지 용기를 천천히 흔들어 주었다. 지문이 현출되면 Colloidal Gold Solution을 버리고 용기에 잔여 용액이 남아있지 않도록 탈이온수로 2~3회 헹구었다. 그 후에 modified physical developer solution용액을 붓고 지문이 증강될 때까지 천천히 흔들어 주었다. 지문의 용선 부분이 검은 색으로 증강되면 즉시modified PD 용액을 버리고 잔여 용액이 남아있지 않도록 탈이온수로 깨끗이 씻어낸 다음 검체를 충분히 건조하였다.

3. 사진 촬영

흑색분말과 MMD I으로 현출한 지문의 촬영에는 Panasonic (Japan)사의 LUMIX 카메라와 Olympus MACRO 렌즈를 사용하였다. 촬영 조건은 F/11, ISO 400으로 설정하였으며 백색광 아래에서 촬영하였다.

4. 현출된 지문의 평가

4.1 평가 기준

절대 평가 기준인 Home Office Grading System을 사용하였다. 이 평가 방법은 영국 내무성(Home Office)의 CAST(Centre for Applied Science&Technology)에서 제안한 것으로 지문 현출 기법의 효과를 비교하기 위한 목적이 있다[9]. 지문을 0 점부터 4점까지 총 5개 등급으로 나누어 평가하며, 지

문의 평가 점수가 높을수록 지문의 용선이 선명하고 뚜렷하게 현출되었다는 것을 의미한다[10]. [표 3]에 따라 19명의 법과학 전공자가 평가하였으며, 점수를 합산한 후 평균과 표준편차를 그래프로 나타내었다.

표 3. Home Office Grading System[9]

점수	선명도
0	지문의 형태를 알아볼 수 없음
1	지문의 형태는 보이지만 지문의 용선은 보이지 않음
2	잠재지문이 제한적으로 현출되어 전체 지문의 1/3에 해당하는 용선은 관찰되지만 특징점을 파악하기는 어려움
3	잠재지문이 강하게 현출되어 전체 지문의 1/3에서 2/3에 해당하는 용선이 관찰되며 특징점을 파악할 수 있음
4	잠재지문이 매우 강하게 현출되어 전체 지문 용선이 선명하게 보이고 특징점을 충분히 찾아낼 수 있음

III. 결과

1. 흰색 보냉박스(EPS)

[표 4]는 흰색 보냉박스(EPS)에 유류된 지문의 현출 결과를 나타낸 것이다. S분말과 Swedish black 분말을 적용한 경우 유류한 지 시간이 오래된 지문일수록 현출되지 않았으며, 유류한지 시간이 얼마 지나지 않은 신선한 지문이라도 용선 디테일이 뭉개지는 등 매우 낮은 품질의 지문이 현출되었다. 반면 MMD I의 경우 지문 유류 경과 시간과 상관없이 우수한 상태로 현출되었다.

표 4. 흰색 보냉박스(EPS) 표면에서 S분말, Swedish black 분말, MMD I 을 이용하여 지문을 현출한 결과

종류	시간	시간					
		21일	14일	7일	5일	3일	1일
흰색 보냉박스 (EPS)	S분말						
	Swedish black						
	MMD I						

2. 컵라면 용기(PSP)

[표 5]는 컵라면 용기(PSP)의 현출 결과를 나타낸 것이다. S분말과 Swedish black 분말을 적용한 경우 유류한 지 시간이 오래된 지문일수록 현출되지 않았으며, 유류한지 시간이 얼마 지나지 않은 신선한 지문이라도 용선 디테일이 뭉개지는 등 매우 낮은 품질의 지문이 현출되었다. MMD I의 경우 지문 유류 경과 시간과 상관없이 우수한 상태로 현출되었다.

표 5. 컵라면 용기(PSP) 표면에서 S분말, Swedish black 분말, MMD I 을 이용하여 지문을 현출한 결과

종류	시간	시간					
		21일	14일	7일	5일	3일	1일
컵라면 용기 (PSP)	S분말						
	Swedish black						
	MMD I						

3. 일회용 포장용기(EPS)

[표 6]은 일회용 포장용기(EPS)의 현출 결과를 나타낸 것이다. 위의 결과와 마찬가지로 S분말과 Swedish black 분말은 오래된 지문일수록 현출되지 않았으며, 신선한 지문이라도 매우 낮은 품질의 지문이 현출되었다. MMD I의 경우 지문 유류 경과 시간과 상관없이 우수한 상태로 현출되었다.

표 6. 일회용 포장용기(EPS) 표면에서 S분말, Swedish black 분말, MMD I 을 이용하여 지문을 현출한 결과

종류	시간	시간					
		21일	14일	7일	5일	3일	1일
일회용 포장용기 (EPS)	S분말						
	Swedish black						
	MMD I						

4. 현출된 지문의 평가 결과

4.1 흰색 보냉박스 (EPS)

[그림 3]은 평가자들이 Home Office Grading System에 따라 평가한 점수의 평균과 표준편차를 그래프로 나타낸 것이다. 평가자들은 Swedish black 분말을 적용한 검체에 대해서는 유류된 지 3일 이상 경과한 경우부터 지문의 형태를 관찰할 수 없다고 평가하였다. S분말을 적용한 검체에 대해서는 유류된 지 7일 이내인 경우 지문의 형태가 관찰되는 정도로 현출되었지만 그 이상 경과한 경우 지문의 형태를 관찰할 수 없다고 평가하였다. 반면 MMD I을 적용한 검체는 유류된 지 21일이 경과한 지문까지도 특징점을 파악할 수 있다고 평가하였다(3점 이상).

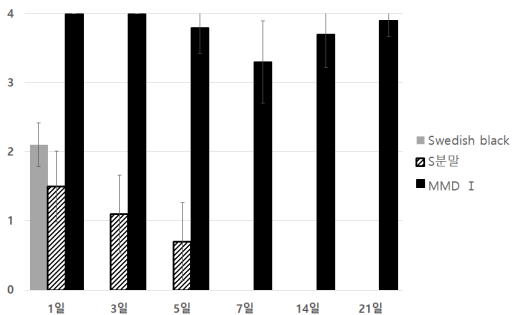


그림 3. 분말과 MMD I을 사용하여 흰색 보냉박스(EPS)에 유류된 지문을 현출한 후 평가한 결과

4.2 컵라면 용기(PSP)

[그림 4]는 평가자들이 Home Office Grading System에 따라 평가한 점수의 평균과 표준편차를 그래프로 나타낸 것이다. 평가자들은 Swedish black 분말을 적용한 검체에 대해서는 3일 이상 경과한 지문부터 지문의 형태를 관찰할 수 없다고 평가하였다. S분말을 적용한 검체에 대해서는 유류된 지 5일이 경과한 경우까지 지문의 형태를 관찰할 수 있으나 7일 이상 경과한 경우 지문의 형태를 관찰할 수 없다고 평가하였다. 그러나 MMD I을 적용한 검체는 유류된 지 21일이 경과한 지문까지도 특징점을 파악할 수 있다고 평가하였다(3점 이상).

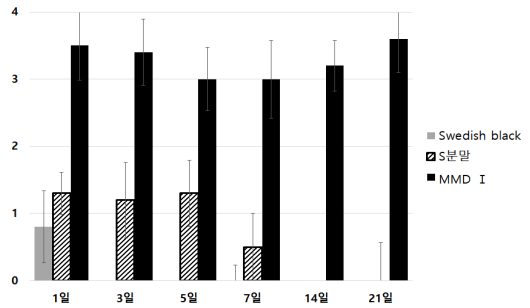


그림 4. 분말과 MMD I을 사용하여 컵라면 용기(PSP)에 유류된 지문을 현출한 후 평가한 결과

4.3 일회용 포장용기(EPS)

[그림 5]는 평가자들이 Home Office Grading System에 따라 평가한 점수의 평균과 표준편차를 그래프로 나타낸 것이다. 평가자들은 Swedish black 분말을 적용한 검체에 대해서는 유류된 지 5일 이상 경과한 경우부터 지문의 형태를 관찰할 수 없다고 평가하였다. S분말을 적용한 검체에 대해서는 유류된 지 7일 이내인 경우 지문의 형태가 관찰될 정도로 현출되었으나 그 이상이 경과한 경우 지문의 형태를 관찰할 수 없다고 평가하였다. 하지만 MMD I을 적용한 검체는 유류된 지 21일이 경과한 지문까지도 대체로 특징점을 파악할 수 있다고 평가하였다.

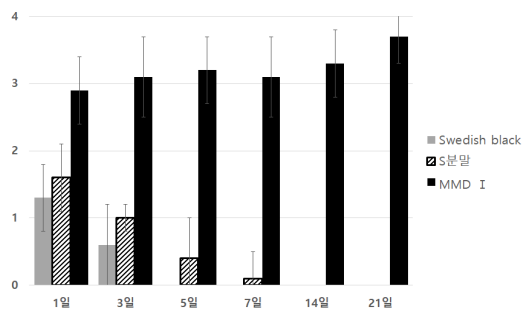


그림 5. 분말과 MMD I을 사용하여 일회용 포장용기(EPS)에 유류된 지문을 현출한 후 평가한 결과

IV. 고찰 및 결론

본 연구에서는 스티로폼에 유류된 지문을 현출하기 위해 분말법과 MMD 1을 적용하고 두 기법의 효과성

을 비교하였다.

스티로폼에 지문을 유류한 뒤 1일, 3일, 5일, 7일, 14일, 21일이 경과한 검체에 분말법과 MMD I을 적용한 결과, MMD I은 지문 유류 경과 시간과 관계없이 전반적으로 매우 우수한 현출 결과를 보인 반면 분말법은 오래된 지문일수록 현출되지 않았으며 신선한 지문에서도 낮은 품질의 지문이 현출되었다.

MMD에서 금 입자의 크기는 중요하게 고려되어야 할 요소 중에 하나이다. 입자가 작을수록 감도가 뛰어나다고 알려져 있는데, 약 5~15nm 크기의 입자가 권고된다. 그러나 몇몇 연구에 따르면 30nm 크기의 입자로도 충분히 우수한 효과를 보인다고 하고 있다.

본 연구에서 제조한 colloidal gold solution의 금 입자 크기는 30nm인 반면 분말 입자 크기는 이보다 훨씬 크다. 신선한 지문인 경우 스티로폼 검체 표면에 지문 구성 물질이 충분히 남아있기 때문에 분말을 사용해도 지문 현출이 가능하다. 하지만 시간이 경과할수록 지문 구성 물질이 스티로폼에 점점 흡수되어 입자 크기가 큰 분말이 지문에 선택적으로 붙지 않는다. 따라서 오래된 지문은 분말보다는 입자 크기가 작은 MMD로 현출할 수 있었던 것으로 보여진다.

본 연구는 3종류의 스티로폼 표면을 검체로 하여 분말법과 MMD I의 현출 효과를 알아보려고 하였다. 지문 유류 후 경과 시간을 길게 설정하였다는 점에서 선행 연구와는 차별성을 갖는다.

지문이 언제 표면에 남겨졌는지 알 수 있는 방법은 아직까지 존재하지 않는다. 현장에서 수집된 증거물이 라면 지문이 언제 유류되었는지 알 수 없기 때문에 신중하게 기법을 선택해야 한다. 비록 MMD I은 시약을 만드는 과정에서 비용과 시간이 들고 적용 과정이 까다롭다는 단점이 존재하지만, 스티로폼 표면에서 다른 기법보다 우수한 현출 결과를 보였으므로 MMD I의 적용에 대한 추가 연구가 활발하게 진행될 필요가 있다고 생각된다. 또한 어두운 회색으로 지문이 현출되는 MMD I 시약의 특성상 어두운 검체에 적용할 경우 대조비가 좋지 않아 지문을 관찰하기 어렵다. 따라서 형광 MMD 시약에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] Cole Lynwood, *POLYSTYRENE: synthesis, characteristics, and applications*, Nova Science Publishers, pp.53-74, 2014.
- [2] N. C. Jones, *Metal deposition techniques for the detection and enhancement of latent fingerprints on semi-porous surfaces*, Ph. D. dissertation, University of Technology Sydney, 2002.
- [3] S. M. Bleay, R. S. Croxton, and M. De Puit, *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*, John Wiley & Sons Ltd, p.326, 2018.
- [4] A. Alumusawi, "Manufacturing and characterisation of thermoplastic composite of hempshives and recycled expanded polystyrene," AIP Conference Proceedings, Vol.1914, No.1, 2017.
- [5] G. S. Sodhi, "Multimetal deposition method for detection of latent fingerprints: a review," Egyptian Journal of Forensic Sciences, Vol.7, No.1, p.17, 2017.
- [6] B. Schetz and P. Margot, "Technical note: latent fingermarks, colloidal gold and multimetal deposition (MMD): Optimisation of the method," Forensic Science International, Vol.118, No.1, pp.21-28, 2001.
- [7] N. Jones, C. Lennard, M. Stoilovic, and C. Roux, "An evaluation of multimetal deposition II," Journal of Forensic Identification, Vol.53, No.4, pp.444-488, 2003.
- [8] H. C. Lee and R. E. Gaensslen, *Advanced in Fingerprint Technology*, 3rd Ed., CRC press, Boca Ration, 2013.
- [9] S. M. Bleay, V. G. Sears, H. L. Bandy, A. P. Gibson, V. J. Bowman, R. Downham, and C. Selway, *Fingerprint Source Book*, Home Office Center for Applied Science Technology(CAST), 2012.
- [10] 최고운, 황윤정, 김채원, 유제철, "리프터의 점착력이 분말 처리된 지문의 품질에 미치는 영향," 한국콘텐츠학회논문지, 제19권, 제5호, pp.624-631, 2019.

저 자 소 개

김 채 원(Chae-Won Kim)

정회원



- 2014년 8월 : 순천향대학교 의료생명공학과(의료생명공학사)
- 2017년 2월 : 순천향대학교 법과대학원 법학과(법과학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과대학원 법과학 박사과정

〈관심분야〉 : 지문, 법과학

안 재 영(Jae-Young An)

정회원



- 2018년 2월 : 순천향대학교 화학과(이학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과대학원 법과학 석사과정

〈관심분야〉 : 지문, 법과학

유 제 설(Je-Seol Yu)

정회원



- 1998년 : 국립경찰대학 법학과(법학사)
- 2015년 : 경기대학교 범죄학과(박사)
- 2009년 ~ 2011년 : 국립경찰대학 경찰학과 교수
- 2012년 1월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과대학원 교수

〈관심분야〉 : 지문, 법과학