

Development of Portable Plastic Material Identification System

핸디형 플라스틱 재질 판별 장치의 개발

K. 오오모리 · H. 카타히라 / (주)아마모토 제작소

1. 도입

지구 환경 보전의 관점에서 플라스틱 이용 · 리사이클에 대하여 국제적으로 거론되고 있다. 정부는 플라스틱 자원 순환 전략에 있어서 2035년까지 사용이 끝난 플라스틱을 100% 재사용 · 리사이클 등에 의해 유효하게 이용하는 것은 물론, 2022년 4월부터 ‘플라스틱 자원 순환 촉진법’을 시행하고 있다.

당사는 1980년대부터 폴리스틸렌을 원료로 하여 사용이 끝난 발포스티롤(이하 EPS)을 용해 고화하는 장치를 개발 · 판매하고 있다. 대표적인 장치를 [사진 1]에 나타내었다.

이 장치는 밀도가 낮아 효율이 나쁜 EPS를 용해하는 것으로 매터리얼 리사이클의 다음 공정에 전달하기 위한 중간처리를 행한다. 2022년 현재 국내 EPS 리사이클율은 92%(JEPSA 조사)로 세계적으로 보아도 높은 수준을 유지하고 있으며 그 하나의 축을 맡고 있다.

[사진 1] 부드러운 분위기를 살린 패키지 예



폴리스틸렌도 마찬가지로 플라스틱의 리사이클 현장, 특히 매터리얼 리사이클에 있어서 배출된 플라스틱 폐기물의 종류(재질)를 파악하여 관리하는 것이 상당히 중요시되고 있다. 목적이 되는 종류와 다른 종류의 플라스틱이 혼재된 상태에서 중간처리나 재생처리를 한 경우에는 제조한 재생 플라스틱 원료의 물성이 불안정하게 되기 쉬워 수요자가 요구하는 사양이나 품질 기준을 만족시키는 것이 곤란하다.

[사진 2] 플라스틱 재질 판별 장치(푸라시루)



또한 썬틸 리사이클에 있어서도 소
 각 대상이 되는 플라스틱 폐기물 내
 에 포함되어있는 폴리염화비닐
 (PVC) 등의 염소 함유 플라스틱의
 존재는 연소로의 금속 부식을 유발
 하거나 배기가스 중의 다이옥신류
 의 발생을 촉진할 위험을 안고 있
 다. 다시 말해 중간처리 전에 목적
 하는 플라스틱과 다른 종류의 플라
 스틱을 식별하여 효율적으로 선별
 (제거)하는 것이 중요한 과제가 되

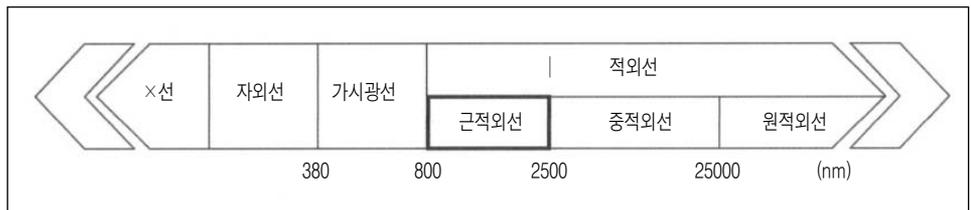
고 있다.

지금까지는 식별하여 선별하는 공정 대부분은 플라스틱을 태울 때 연기의 색이나 연기의
 냄새, 소리나 촉감 차이로 숙련된 작업자가 행하는 것이 통례 되었다. 반면에 과학적 수단
 을 이용한 플라스틱 재질 판별 장치는 수입품에 많이 존재하지만, 그것들은 고액 및 대형
 이라는 중량이 있으며 비용을 들이지 않고 개인의 경험치에 의존하는 개인 의존의 리사이
 클 업계에는 도달되지 않고 있다. 이를 해결하기 위해 대상 플라스틱을 비파괴로 식별이
 가능한 근적외선 분광법을 사용해 센서부와 표시부(태블릿)로 구성된 (휴대성이 우수한)
 플라스틱 재질 판별 장치 ‘푸라시루’를 개발하였다[사진 2].

II. 근적외광에 관하여

근적외광(Near-infrared NIR)은 통상 파장(800~2500nm)의 영역의 빛을 말한다. 이
 영역은 가시역(380~800nm)과 적외(중적외)역 (2,5~25 μ m) 중간 영역에 해당한다[그
 립 1].

[그림 1] 근적외선파장역



근적외광이 최초로 발견된 것은 1800년경 망원경으로도 유명한 영국의 Hersehel이다. 태양광을 플라즈마로 나눈 각색의 온도 차이를 측정할 때 빨간색보다 외측의 영역에 있어서 현저한 온도 상승을 발견해 가시광과는 다른 성질의 영역이 존재하는 것으로 ‘열선’이라고 이름 지어진 것이 원조다.

III. 근적외 분광법이란

분자를 구성하는 원자는 평균 위치의 근접에서 진동하고 있다. 이 분자 진동과 진동수가 동일한 빛이 분자로 조사되면 빛의 일부는 분자로 흡수되어 진동 에너지가 증가한다.

근적외역에 있어 흡수는 모든 적외역에 있어서 기준 진동의 배음(over-tone) 또는 중합음(combination)에 의한 진동에 의해 생기며 특히 수소 원자가 관여하는 O-H, C-H, N-H의 관능기에 의한 흡수가 주가 된다. 조사 광은 발생된 분자 내의 진동 및 회전운동의 에너지로 소비된다.

근적외광을 측정대상물에 조사할 때 근적외선과장역(800~2500nm)에서 관찰되는 O-H, C-H, N-H 등의 분자 진동이나 일부의 전자 전이에 관한 흡수 스펙트럼의 변동을 측정해 케모메트릭(화학계량학) 등의 해석 수단에 의한 성분이나 특성을 조사하는 정량·정성 분석하는 것이 근적외분광법(NIR spectroscopy)이다.

근적외선 영역은 대체로 영역 I (800~1200nm), 영역 II (1200~1800nm), 영역 III (1800~2500nm)로 나뉜다. 영역 I 은 생체에 대해 우수한 투과성을 지니 농작물의 점도 선과나 식육의 등급 판별, 의학에 있어서는 펄스 옥시 메타 등에 응용되고 있다. 영역 II에서는 C-H의 기준 진동의 제 1배음과 제 2배음이 관측되므로 플라스틱의 식별에 적합한 영역이므로 푸라시루의 개발에서는 영역 II를 사용한다.

비중 차에 의한 선별이 일반화되어있는 플라스틱 리사이클 현장에 있어서 비파괴로 순간적으로 확실하게 선별이 가능한 근적외 분광법은 앞으로의 기여가 촉망된다.

IV. ‘푸라시루’의 구성 및 식별 방법

푸라시루는 할로젠램프를 사용한 광원과 검출기가 일체화된 NIR센서를 내장한 센서부 [사진 3]와 검출된 스펙트럼을 연산하여 그 식별 결과를 알기 쉽게 표시하는 태블릿의 표시부 [사진 4]로 구성되어 각각이 온 와이어로 접속된다. (특허 제 7015579호)

NIR 센서의 저가격화를 실현하기 위해서는 측정 대상을 넓히는 것뿐 아니라 리사이클 현장에서 취급하기 위해 12종류(PS · LDPE · HDPE · PP · PET · PVC · PMMA · ABS ·

[사진 3] 푸라시루 센서부



[사진 4] 푸라시루 표시부



PA · PC · POM · PBT)로 분할해 설정하는 것에 의해 측정 과장 범위를 한정하고 있다.

식별 방법의 이미지는 [그림 2]에 나타내었다. 측정 대상 플라스틱에 센서부 광원에서 근적외광을 조사하여 검출기에서 근적외 흡수 스펙트럼을 측정한다. 스펙트럼을 분석하는 것에서 얻어지는 파형 데이터와 태블릿 메모리 내의 데이터베이스에 있는 12종류의 파형 데이터와의 차이를 연산·산출하여 그 값이 표준치를 넘었는가의 결과로 표시한다.

측정 대상의 플라스틱의 종류나 형상에 의해 상당히 차이가 있는 파형을 나타내는 경우도 있으며, 그

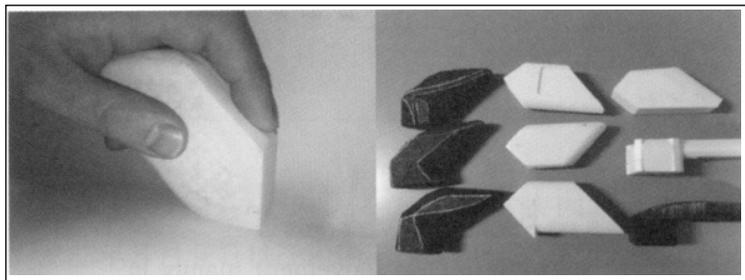
때의 판별 정도를 향상시키기 위해 특징이 나오기 쉬운 범위를 정해 데이터베이스와의 비교를 반복하여 최종 결과를 표시한다.

V. 판별 장치로서의 사양

푸라시루의 콘셉트는 정량적 분석을 행하는 측정 장치가 아닌 정성적인 분석을 행하는 판별 장치이다. 새롭게 입력되어있는 데이터베이스 12종류를 사용하여 결과를 표시하는 '간단 모드'와 종류가 불분명하더라도 한 번 측정하여 등록된 측정 대상과 일치하고 있는 것인지 아닌지 판별하여 일치도 판정기능이나 사용자가 임의로 샘플을 데이터베이스 화할 수 있는 라이브러리 기능을 가진 '프로모드'를 탑재하고 있어 누구든 손쉽게 사용할 수 있도록 했다.

표시부와 센서부는 통신 신뢰성이 높은 온 와이어 방식으로써 센서부의 전원 공급은 태블릿의 배터리를 공유해 충전 관리를 일원화하였다. 이를 위해 센서부는 170g으로 경량화되어있다. 태블릿은 신뢰성을 중시해 시판의 국내 메이커 타입을 표준 채용하는 것으로 표시

[사진 2]센서부시제품



부와 센서부의 매칭을 사전에 고려한 사양으로 되어 있다. 또한 리사이클 현장에서의 사용을 상정하여 측정대상물에

의 확실한 센서부를 접촉할 수 있도록 하는 것을 고려하므로 [사진 5]와 같이 3D프린터에 의한 시작을 반복하면서 평가를 실시해 유니버설 디자인으로 하였다. 그 결과 쇼핑백을 착용한 상태에 있어도 확실한 조작이 행하여져 판매 후 실제 사용자로부터 호평받고 있다.

VI. 마무리

근년 응용사례가 늘어가고 있는 가운데 근적외선 분광법을 사용하여 누구든, 간단하게, 동일 기준으로, 리사이클을 동반하는 플라스틱의 판별 장치를 개발하였다. 현재 국내의 매터리얼 리사이클율은 세계적으로 봐도 높다고 말할 수 없는 실정이다. 또한 플라스틱 자원으로 해외로 수출되는 경우도 품질향상이 요구되어 진다. 지금까지 당사는 플라스틱 리사이클 업계가 지속성 있는 산업으로 발전하고 있으므로 현장에서 얻어진 장치 개발을 염두에 두고 있다. 이번 푸라시루를 통해 차세대를 책임질 아이들에게나 플라스틱에 의식이 없었던 사람들에게도 플라스틱 리사이클의 본질에 접촉할 수 있도록 업계에 기여하고자 한다. 

MEMBERS

KOPA

KOREA PACKAGING ASSOCIATION INC.

(사)한국포장협회

TEL. (02)2026-8655

E-mail : kopac@chollian.net

**(사)한국포장협회
회원가입 안내**