



# 나노컴포지트기술 용기포장 응용

Nanocomposite technology for packaging materials

高橋 俊 / (주)資生堂(시세이도)제품개발센터 패키지 개발실

## 1. 서론

화장품, 의약품, 식품포장용기에는 유리, 플라스틱, 금속, 종이 등 다양한 재료가 이용되고 있지만, 그중에서도 플라스틱 재료는 가벼운 점과, 여러 가지 형태로 가공 가능한 점 등 많은 장점을 가지고 있기 때문에 포장용기 재료로써 널리 사용되고 있다.

포장용기재료가 요구되는 특성에는 배리어성, 내열성, 내충돌성 등 여러 가지 특성을 들 수 있다.

이 요구 특성들을 충족시키기 위해 다층 보틀, 가스배리어 코팅처리, 용기성형수법 등의 개선 연구가 진행되고 있다. 최근에는 이러한 특성을 개선하기 위한 기술로써 폴리머 나노컴포지트라고 불리는 기술이 개발되어 그 연구 성과가 보고되고 있다.

여기에서는 폴리머 나노컴포지트에 의한 플라스틱의 기능향상과 시세이도(資生堂)가 현재 개발하고 있는 폴리유산나노컴포지트 용기의 특성에 대해 서술한다.

## 1. 폴리머 나노컴포지트

폴리머 나노컴포지트(Polymer Nanocomposite)는, 폴리머(플라스틱)와 무기물, 주로 점토광물(클레이)이 나노 오더로 복합화된 복합재료이다. 나노 오더로의 복합화라는 것은, 폴리머 안에 1에서 수십nm의 클레이 입자가 분산되어 있는 상태를 말한다.

1nm는 1m의 10억분의 1로 예를 들어 지구를 1m라고 하면 완두콩의 크기가 1nm가 된다. 이 같이 작은 입자가 분산되어 있는 플라스틱을 폴리머 나노컴포지트라 한다.

나노컴포지트에는 배리어성의 향상과 그 밖에도 끌어당기는 강도, 탄성률, 내열성, 내마모성, 난연성(잘 타지 않는 성질), 척도안정성 등의 효과를 얻을 수 있고, 플라스틱의 질을 개선하는 방법으로써 근래에 많은 연구가 진행되고 있다.

폴리머의 강도를 향상시키기 위해, 유리단섬유와 탄산칼슘 등을 폴리머 속에 분산시키는 기술은 현재까지 많은 분야에서 연구되어왔다.

폴리머 나노컴포지트에 사용되는 클레이도 많



은 수지의 강도향상에 이용되어왔다.

그러나 폴리머 나노컴포지트에서는 두께 약1 mm, 직경 수십~수백nm의 판상 실리케이트층이 기층도 겹쳐진 층상구조의 클레이를, 다층으로 분산시키도록 고안하여 이용되기 때문에 폴리머 속에서 클레이의 크기는 유리단섬유와 비교해서, 두께 수십만분의 1, 체적(부피)비율로 수십 억분의 일 이라고 하는 작은 크기가 된다.

때문에 클레이와 접하는 수지의 비율이 상당히 크고 또한 클레이와 수지와의 결합이 견고하게 된다.

게다가 클레이와 클레이의 거리도 나노 오더이기 때문에, 클레이간의 상호작용은 상당히 커진다. 이처럼 높은 애스펙트(aspect) 비율(수십~수백)을 가지는 클레이가 폴리머와 강한 결합력을 갖고 고밀도로 분산되기 때문에 불과 몇%의 첨가로 유리 단섬유를 수십% 첨가한 것에 대응하는 높은 보강효과를 얻을 수 있다.

첨가하는 클레이의 양이 소량이기 때문에, 본래 폴리머의 비중증가도 거의 없고 또 클레이의 크기가 가시광의 파장보다 작아지기 때문에 외관으로도 투명한 폴리머가 될 수 있는 장점도 있다.

폴리머 나노컴포지트의 합성방법은, ① 클레이의 층간에 모노머를 삽입한 후 중합시키는 층간중합법, ② 클레이를 용융상태로 폴리머와 혼합하여 폴리머가 클레이 층간에 갇혀서 굳어지는 용융혼련법(溶融混練法)의 2가지가 주로 이용되고 있다. 현재는 후자의 용융혼련법이 주류를 이루고 이것에 의해 열가소성수지라면 기본적으로 모든 수지에 응용이 가능한 것, 즉 중합법 같이 대규모 설비가 없어도 합성 할 수 있는

것이 앞으로 합성의 주류가 될 것이라고 예상되고 있다.

용융혼련법은 소수성인 폴리머에 섞어서 첨가하는 클레이로써 화장품인 젤(Gel)로도 사용되고 있는 알킬 암모늄염 등으로 유기수식한 '유기변성 클레이'를 이용하는 것이 일반적이다. 이 유기변성 클레이는 그 종류에 의해 폴리머의 클레이 분산성이 크게 다르고, 고분산 폴리머 나노컴포지트를 합성하는 과정에서의 중요한 요인이 된다.

## 2. 폴리유산 나노컴포지트 개발

### 2-1. 폴리유산

시세도에서는 식물성 플라스틱인 폴리유산의 폴리머 나노컴포지트의 개발을 2002년도부터 (주)유니치카와 공동으로 진행하고 있다.

폴리유산(PLA)은 식물이 만들어내는 녹말을 원료로 하여 유산을 발효법으로 합성하여 이 유산을 중합해서 제조한다.

원료로써 고갈이 걱정되는 석유자원을 사용하지 않는 점은 PLA의 제조·사용·폐기에 관계해서 대기중에 방출되는 이산화탄소량이, 다른 석유계수지에 비해 적은 것, 지구환경에 부하가 적은 수지라고 할 수 있다. 또 용점이 170℃ 전후와 비교적 높고 투명성에도 우수하기 때문에, 현재까지 필름, 시트, 헬멧, 스파운드 등의 제품으로 판매되고 있다.

그렇지만 PLA는 가스·수분 배리어성이 낮고 화장품과 식품 등의 포장용기재료는 부적절하다. 게다가, PLA의 유리전이점(Tg)은 60℃로 낮고 또 수지 본래의 결정화 속도가 느리기 때문

[표 1] PLA 나노컴포지트 각종물성

물성 항목	측정방법	단위	PLA단체	PLA 나노컴포지트
비중	ASTM D792	-	1.27	1.27
용점	-	℃	170	170
당기는 강도	ASTM D638	MPa	67	50
당기는 신도(伸度)	ASTM D638	%	4	10
구부리는 강도	ASTM D790	MPa	108	100
구부리는 탄성률	ASTM D790	GPa	3.4	4.0
충격강도	ASTM D256	J/m	27	31
DTUL(가중 굴곡 온도 0.45MPa)	ASTM D648	℃	58	120

에 내열성은 Tg에 지배되고 내열성에 뒤떨어지는 것 밖에 얻을 수 없다. 또 PLA는 그 본질적 특성으로 강도·탄성률은 높지만 저항력이 약하여 내충격성에 뒤떨어지는 결점이 있다.

기계적물성과 내열성을 향상하는 방법으로는 종래부터, 유리섬유와 탄소(활석)등의 무기 필라로 강화하는 방법이 이용되어 왔다.

그러나 이 첨가물들로는 나노 레벨에서의 분산이 불가능하여 물성향상을 위해서는 다량의 첨가가 필요하고 비중이 크게 되어 투명성이 파손되는 것 등의 문제점이 있었다.

## 2-2. PLA 나노컴포지트 특성

위와 같은 PLA의 과제를 극복하기 위한 한 가지 수단으로써 위에 기술했던 나노컴포지트 기술에 의한 기능향상이 기대된다.

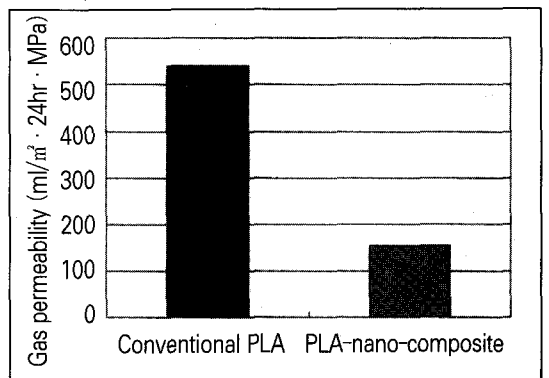
본 연구에서는 용융혼련법에 의해 PLA의 나노 컴포지트화를 했다. 폴리머 안에 분산시키는 유기변성 클레이에 중점을 두고 층상케이산염과 유기화합물의 조합을 최적화하는 것으로, 여러 물성을 끌어내는것에 성공했다. 그 예를 [표 1]에 표시했다.

[표 1]에 표시한 것처럼 휘는 탄성률·내열성에 향상이 보인다.

무기화합물에 의한 강화재료는 필라가 나노 레벨로 분산되어 있는지에 상관없이, 내충격 강도가 저하하는 경향이 있지만, 여기서 나타난 PLA 나노컴포지트에서는 그와 같은 저하는 보이지 않는다.

[그림 1]에 나타난 것처럼, PLA 나노컴포지트로는 가스배리어성 향상을 확인할 수 있다. 이 같은 높은 가스배리어성이 나타나는 것은 폴리머 속에 높은 에스팩트비율을 소유하는 클레이

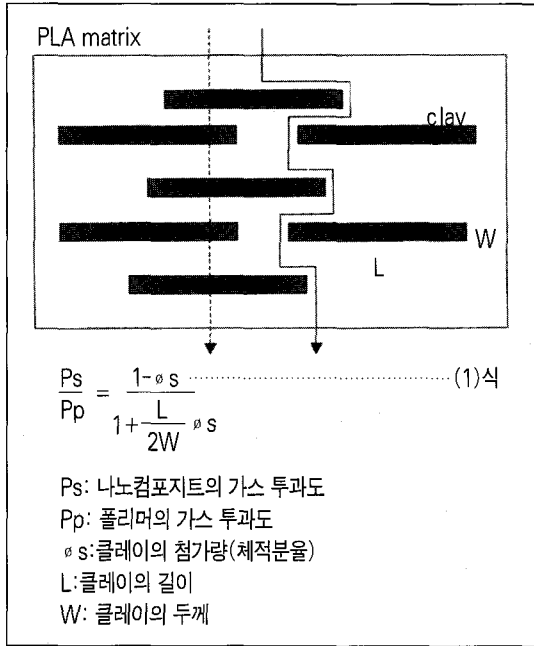
[그림 1] PLA 나노컴포지트의 산소투과도



(O<sub>2</sub>, 20°C, 90%고, 무연신 시트, 두께 350μm)



[그림 2] 나노분산한 클레이



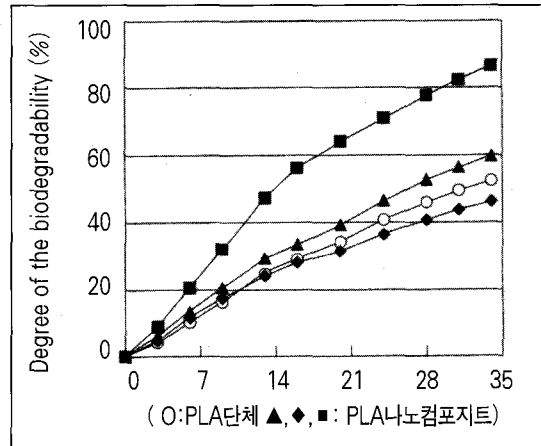
가 나노 레벨로 분산된 것에 기인한다.

나노컴포지트의 가스배리어성이 나타나는 것은 닐슨(Nielsen)이 제창한 이론에 입각해 설명된다.

즉 [그림 2]에 나타난 것과 같이 분산한 클레이에 의해 가스의 투과행로 길이가 연장되기 때문에 그 효과는 (1)식에 나타난 것과 같이 클레이의 첨가량과 분산된 클레이의 애스펙트 비율에 의존한다. 나노컴포지트으로는 본래의 무기(無機) 필라 첨가에 비해, 분산하는 클레이의 애스펙트 비율이 상당히 높기 때문에, 낮은 첨가량으로도 높은 가스배리어 효과가 실현된다.

[그림 3]에는, PLA 나노컴포지트의 생분해 속도를 나타냈다. 생분해 실험은 ISO 14885에 준하여 소통에서 유래한 컴포지트를 60℃의 조건

[그림 3] PLA 나노컴포지트의 생분해 곡선

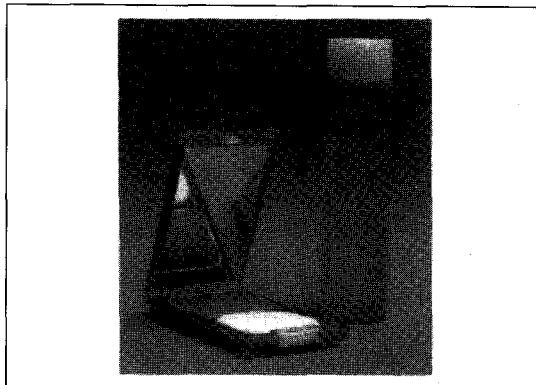


에서 진행하여 발생하는 이산화탄소량을 측정하고 분해량을 산출했다. 그럼처럼 PLA 나노컴포지트화에 의한 생분해성의 저하는 인정되지 않고 양호한 생분해성이 보존되어지고 있다. 게다가 층상 케이 산염 등의 조건을 바꾸는 것에 의해 생분해 속도를 증가 시키는 PLA 나노컴포지트를 합성하는 것도 가능하다는 것이 명확해졌다.

### 2-3. 용도 개발

PLA 나노컴포지트는 내열성·강도·가스배리어성이 개선으로부터 성형품의 응용이 발전하여 식기·전자기기 부품·농업용자재·잡화 등 넓은 분야에서 이용이 기대된다. [사진 1]에 화장품용기에의 응용 예를 나타냈다. 사진의 보틀은 나노컴포지트화에 의해 예전에 문제가 있었던 가스·수분배리어성을 향상시켜 실용화에 근거하는 동시에 PLA 본래의 특성인 투명성이 활용되어 내용물의 잔량을 확인할 수 있는 투명성이 유지되고 있어 화장수 등을 넣는 포장용기에의 개발을 기대하고 있다.

[사진 1] PLA 나노컴포지트 화장품 용기



### 2-4. 향후 전개

PLA는, 나노컴포지트화에 의해 성능을 향상시켜, 사용범위가 큰 폭으로 넓어졌다.

그렇지만 개개의 응용에서는 부족한 성능이 있을 수도 있고, 내구성의 문제도 있을 수 있는

등 해결될 문제가 남아있다.

앞으로는 구체적 응용부품에 각각의 여러 가지 연구를 통해 사용범위를 넓혀갈 필요가 있다.

### 3. 결론

폴리머 나노컴포지트는, 여러 가지 플라스틱의 기능을 향상시키는 가능성을 내포하고 있다.

실용적이란 점에서 현재는 나일론 등으로 일부 시장에서 판매되고 있지만 그 밖의 플라스틱에 관해서는 아직까지 개발단계에 있다.

그러나 현재 많은 기업과 대학에서 연구가 행해지고 있어서 그 성과가 응용됨에 따라 플라스틱의 고기능화에 의한 새로운 용도 개발이 진행되고 기대되는 기술이다. ☐

## 롤막힘 완전 해결!!

롤(roll)막힘, 오염, 기타 세척에 대해 애로를 느끼고 계십니까?  
그러시다면 바로 click 하십시오.



[www.yerim.com](http://www.yerim.com)

#### 세척서비스

- Biojet(완벽한 물리적 세척)
- 장착상태로 세척
  - 탈착하여 세척

#### 셀막힘 테스트

오염정도를 확인가능  
Ravol (셀 용적측정 장비)



#### 세정액

- Biojet(화학적 세척)
- 인체에 무해한 무용제 타잎
  - 수성임크용, 유성임크용, UV임크용

#### 보조부품

- 브러시 (효과적인 세척)
- 스테인레스 솔 : 세라믹틀용
  - 구리 솔 : 크롬틀용
- 휴대용 현미경(100배)

#### 예림상사

전화 : 031-424-4505 팩스 : 031-423-8169

Home page : [www.yerim.com](http://www.yerim.com) e-mail : [kjchoi@yerim.com](mailto:kjchoi@yerim.com)