



생분해성 플라스틱 에멀전 ‘랜디시리즈’

Present and Future of Biodegradable Plastic Emulsion : Landy Series

神尾 克久 / 미요시유지(주) 유화사업본부 화성품기술부 수석연구원

1. 서론

지구환경을 배려한 자원순환형사회에 적응하는 소재로 생분해성 플라스틱의 기대가 높아지고 있다. 합성고분자는 가벼움, 편리성, 저가격을 이점으로 자동차, 일용잡화, 가전제품, 포장재료, 토목건축자재 등 가정용·산업용원료 사용되고 있으나 그 우수한 내구성으로 인해 생태계의 파괴, 폐기물처리문제 등 심각한 환경문제를 불러오고 있다.

이를 위해 각종 생분해성 플라스틱이 일본 국내 외에서 개발 출시되고 있으며 연간 약 10만톤 정도가 생산되고 있는 것으로 추측하고 있다.

일본에서도 이와 같은 사회적 배경에 따라 2000년에는 ‘순환형사회 성형 추진기본법’이, 이어서 ‘그린 구입법’, ‘식품 리사이클법’ 등의 순환 관련 개별법안의 정비가 진행되었으며 생분해성 플라스틱은 법 규제면부터 압도적인 상황이 됐다.

게다가 2002년 12월에는 ‘BT 전략회의 대강’, ‘바이오매스 일본종합전략’이 계속해서 내각에서

결정되는 등 점점 생분해성 플라스틱의 본격적인 보급을 향해 사회환경이 성립되고 있는 것이 보여지고 있다.

당사는 1998년에 수식(修飾)전분계 생분해성 플라스틱 ‘콘뿔’을 원료로 하는 국내 최초 생분해성 플라스틱 에멀전 ‘랜디(Landy) CP 시리즈’를 원료수지 제조회사인 일본콘스타스와 함께 시장에 발표하고 에멀전 분야의 새로운 시장 개척에 주력해 왔다.

여기에서는 ‘랜디CP시리즈’을 중심으로 하는 당사의 생분해성 플라스틱 에멀전의 물성·용도 등에 대해 설명하고 아울러 향후의 기술적 과제에 대해 장래전망을 서술하고자 한다.

1. 바이오베이스 폴리머 에멀전

화석자원을 대체 및 절약하고 지구온난화가스의 증가를 억제할수 있는 자원순환형 소재로 바이오매스가 주목되고 있다.

대표적인 바이오매스유래(由來)의 생분해성플라스틱으로는 수식전분, 폴리유산 외 PHA (히드

로키시 알카노에드) 등의 미생물 생산플라스틱이 거론되고 있다.

일본 농수성에 의하면 바이오매스는 생물자원(량)을 나타내는 개념으로 '재생가능한 생물유래의 유기성자원으로 화석자원을 제외한 것'으로 정의하고 있다. 구체적으로는 농림수산물, 쌀집, 왕겨, 식품폐기물, 가축 배설물, 톱밥 등 에너지나 신소재로 하여 사용 가능한 것 등이다.

이의 소재는 환경이나 콘포지트 속에 생분해하는 것으로 멀티리얼 리사이클이나 열회수와 같은 환경부하의 경감에 기여하는 생분해성수지 측면과 식물유래에 있어 화석연료의 절약, 지구온난화 가스의 증가억제에 기여하는 즉 바이오매스 폴리머 측면을 함께 갖춘 점이 주목받고 있다.

먼저 고시한 'BT 전략화의 대강'에는 바이오매스의 유효활용이나 생분해성 플라스틱 등 BT 관련제품의 보급으로 환경부하의 감소, 화석자원의 의존에서 탈피하는 등의 좋은 평가를 받았으며 또 '바이오매스 일본종합전략'도 바이오매스의 유효활용에 따라 지속적으로 발전 가능한 사회구축을 목표로 지구온난화방지나 순환형 사회형성을 위

한 구체적인 대책이 제시되고 있다.

이와 같은 사회 상황 가운데 당사는 바이오매스 유래의 생분해 플라스틱을 수계(水系)에멸전화하는 것에 주력해 왔다.

참고로 이미 판매되고 있는 각 회사의 생분해성 플라스틱에멀전은 [표 1]과 같다. 되풀이되지만 이들 가운데 현재 수식전분과 폴리유산을 원료로 사용하는 것이 생분해성 바이오매스 폴리머에멀전이다.

2. 랜디CP시리즈 특징

'랜디CP시리즈'는 천연지방산을 이용하여 전분을 변성시킨 일본콘스타스의 수식전분계 생분해성 플라스틱 '콘뿔'을 기초로 하는 에멀전이다.

[표 1]에 기재된 각 회사의 에멀전 제품가운데 일본국내 최초로 생분해성 플라스틱연구회의 '그린플라마크(인증번호 177~179)'를 취득한 제품으로 종이용 표면코트제나 내부첨가제, 천연섬유나 목재, 부직포 등의 접착제로 호평을 얻고 있다.

종이의 표면코트에 적용되는 '랜디CP-100'은

[표 1] 각사의 생분해성 플라스틱에멀전 일람

품명	항목	폴리머	입자지름(um)	고형분(%)	점도(mPa·s)	pH	MFT
랜디CP-100(미요시유지)		수식전분	5	40	1,000~4,000	5~7	90
랜디CP-300(미요시유지)		수식전분	5	40	1,000~4,000	5~7	150
시료PL-1000(미요시유지)		PLA	5	40	500~1,500	4~6	160
시작품(미시이 화학)		PLA	1	40	800	3.3	55
플라세마-100(다이이치공업제약)		PLA	1	50	120	3.5~4.5	40~50
레제무PL-1(츄료유지)		PLA	1	52	150	4.5	120
비오노레에멀전EM-301(쇼와고분자)		PBSA	1~2	50~55	1,000~5,000	4~6	95
비오노레에멀전EM-901(쇼와고분자)		PCL	1~3	50~55	1,000~5,000	4~6	60

*'생분해성접착제의 전망', '일본접착학회지'를 참조하여 작성



[표 2] 콘벨 수지 물성

물성항목	수지	CPR-D2061	CPR-F3C(CP=300)
		(CP-100)	
용점(°C)		불명료	불명료
유리전이온도(°C)		-60	-54
연화온도(°C)		39	57
MFR	140°C	16	0.1 이상
	2.16kg/g/10분190°C	100 이상	4
인장탄성률(kgf/cm ²)		540	4,800
인장강도(kgf/cm ²)		25	230
인장신축도(%)		110	530

도막(塗膜)의 내수성이 양호하고 광택 또한 우수하며 가공시의 물이나 프레스판과의 이형성(離型性)을 개선한 '랜디CP-100S'는 더욱 양호한 내수성을 나타낸다.

한편, 내열성의 양호한 접착전용 그레이드(등급)에 있는 '랜디CP-300'는 조막(造膜)온도가 150°C로 높아 목재 등 천연재료의 접착제인 EVA계 에멀전 등의 범용 열접착제 이상의 접착력을 발휘하고 있다.

현재, 시장에서는 상기의 특성을 응용해 다양한 용도개발이 진행되고 있으며 그 중 일부를 다음장에서 소개하며 베이스 폴리머로 사용하고 있는 '콘벨'의 수지물성을 [표 2]에 표시하므로 참조하기 바란다.

[표 3] 랜디CP시리즈 도공지 물성

평가 항목	Cobb흡수도(g/m ² ·5분)			광택(60°·%)			킷발유도
	120°C	140°C	160°C	120°C	140°C	160°C	
프레스 온도	120°C	140°C	160°C	120°C	140°C	160°C	160°C
랜디 CP-100	1.3	0.8	0.6	80	82	84	12 이상
랜디 CP-100s	0.9	0.5	0.3	73	75	75	12 이상
랜디 CP-300	-	-	0.4	-	-	58	12 이상
미 도공지	34			4			1 이상

3. 랜디CP시리즈 응용 예

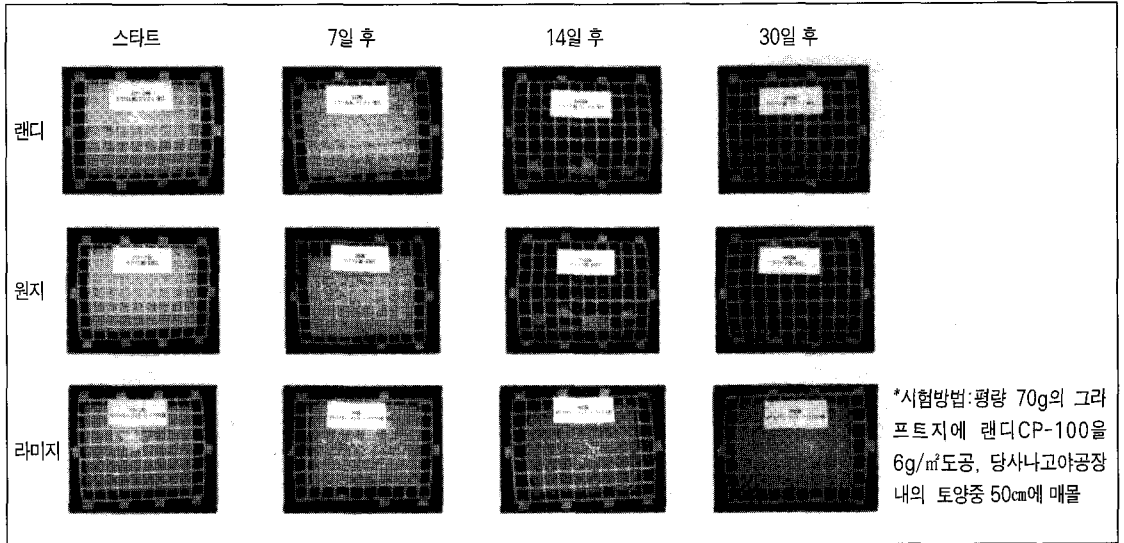
'랜디CP시리즈'의 구체적인 응용예로 종이용 표면코드제(랜디CP-100)와 그린컴포지트(랜디CP-300)의 응용을 중심으로 서술한다.

'랜디CP시리즈'의 도공종이 물성을 [표 3]에 표시했다. '랜디CP-100'은 도공종이의 내수·내유성, 히트실성이 양호(150°C·1초에 재파(材破))하여 종이대롱(지관)이나 서류종이용의 접착제·표면코드제 또는 히트실지로 이미 실용화되고 있다. 또 식품트레이를 염두해 둔 경내수·내유 트레이용 표면코드제로의 검토도 진행되고 있다. '랜디CP-100'의 도공에는 캐스트코트나 엔드리스 롤코드가 적용되고 있다. 또 종이와 관련하여 다른 응용 예로 열가소성 분산입자를 열융착성 필라로 이용한 예가 있다.

'랜디CP-100'이나 '랜디CP-300'은 초지(抄紙)할 때 펄프스라리 안에 첨부하면 건조공정에서 셀룰로스섬유를 융착한 지력증강효과를 발휘한다. 이 성질을 응용한 종이봉투가 키친코너 봉투에 있다.

최근 시판되고 있는 종이봉투 키친코너봉투는 습윤지력강도를 증강하기 위해, 아크릴아메이드나 에틸렌이민계의 합성습윤 지력증강제가 배합되었으며 습윤시 종이의 인장강도나 파열강도를

[사진 1] 랜디CP-100 도공지 토양중 분해성



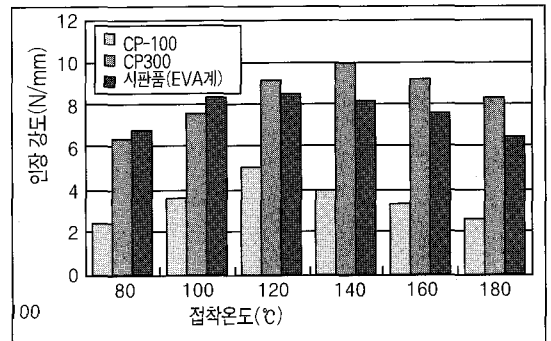
증강하고 가정용 콤포지트 속에서 분해가 불충분하여 음식물쓰레기 투입 다음날에 분해형태가 완벽하지 않아 곤란하다는 것이 원료수지제조회사의 시험에서 밝혀졌다. 따라서 '랜디체-100'이나 '랜디CP-300'을 펄프에 2~3% 배합하고 합성습윤 지력증강제를 감량한 평당 25g/m²의 종이 위에 '랜디CP-300'으로 열접착한 키친코너봉투는 음식물찌꺼기와 함께 마쓰시다전공(주) 가정용 음식물쓰레기 처리기 EH431C-H에 투입하면 다음날에는 완전히 분해되어 형태가 없어진다. 생분해성이 양호한 '콘뿔'의 특성을 살린 용도개발의 하나의 예이다.

참고로 '랜디CP-100' 도공종이의 토양에서의 분해성 시험결과를 [사진1]에 표시했다.

본 시험은 시험실시의 계절이나 날씨에 의해 결과가 크게 좌우되지만 양호한 분해성을 알기 쉽게 설명하고 있다.

그리고 최근 목재, 종이, 대나무, 마 등의 목질계 천연재료를 기초로 이용되는 환경대응제품의 개발이 성황리에 진행되고 있으며 이들 제품의 접착제, 표면코트제로의 평가도 진행되고 있다. (그림 1)은 '랜디CP시리즈'의 노송나무판에 대한 접착강도, 열처리온도를 변화시키고 측정한 결과에 있다.

[그림 1] 노송나무판에 관한 '랜디 CP시리즈' 접착강도





[표 4] 랜디 CP-300 이용 고강도 그린컴포지트물성

개발품	종전제품	
천연 섬유체적률 60%(마닐라삼)	천연 섬유체적률 30%미만	
생분성수지체적률38%(CP-300)	생분성수지체적률70%이상	
철재종	인장강도(MPa)	인장율(MPa)
개발품	307(알루미늄합금사용)	171
마닐라삼		
종전제품		
대나무	86	77
파인애플	80	105
파인애플	56	86
जू트	42	68
면	46	62

학을 시작으로 각 대학, 공립연구기관에서는 '랜디CP-300'을 활용한 고강도 그린 콤포지트의 연구가 진행되고 있다.

도쿠시마대학의 연구 예는 미리 일방형의 수축(收束)된 마닐라 삼다발을 '랜디CP-300' 속에 함침시켜 이후 열압력처리를 실시해 시험편을 만들고 인장강도와 휨강도를 측정했다.

이결과 섬유끼리의 접촉을 방지하며 종전과 비교해서 격단(格段)이 높은 섬유체적률(62%)과 인장강도 : 370MPa, 휨강도 170MPa라고 하는 매우 높은 강도의 그린 콤포지트 제조를 성공했다.

[표 5] 랜디PL시리즈 물성

평가항목	입자지름(um)	고형분(%)	점도(mPa·s)	pH	MFT(°C)
랜디 PL-1000	5	40	500~1,500	4~6	160
랜디 PL-2000	5	40	500~1,500	4~6	90
랜디 PL-3000	5	40	2,000~3,000	4~6	20

[표 6] 랜디PL시리즈 도공종이 물성

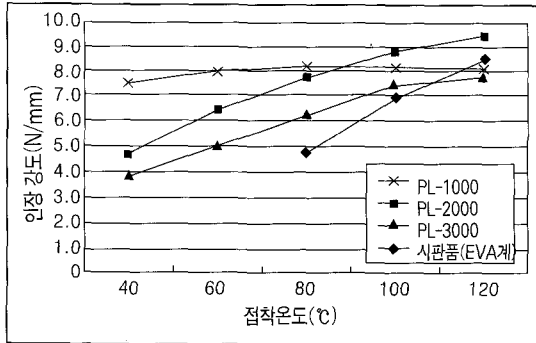
평가항목	Cobb흡수도(g/m ² ·5분)			광택(60°·%)		
	80°C	120°C	160°C	80°C	120°C	160°C
프레스 온도	80°C	120°C	160°C	80°C	120°C	160°C
랜디 PL-1000	-	-	1.0	-	-	81
랜디 PL-2000	-	0.1	0.1	-	56	70
랜디 PL-3000	4.9	3.2	1.0	75	85	86
PL-2000/3000(1:1)	2.2	0.8	0.5	51	69	78
미 도공종이	34			4		

'랜디CP-300'은 120°C 이상의 열압력에서 특히 우수한 접착강도를 나타내며 시중판매되는 EVA계 열접착제보다 우수한 성능을 발휘하는 것이 확인됐다. 이와같은 특성을 이용하여, 각종 목질계 트레이나 우드칩을 이용한 건재보드 등의 개발도 진행되고 있다.

한편, 도쿠시마(德島)대학·야마구치(山口)대

이 실험결과 [표 4]와 같다. 섬세한 것은 제 30회 및 제 31회의 FRP 심포지움 강연논문집을 참조하기 바란다. 이 연구성과는 미(未)이용 바이오매스의 높은 이용을 생분해성 바이오매스 폴리머에멀전에서 가능한 것으로 이와같은 체계를 토대로 농업용 폐기물을 이용한 육묘포트나 트레이를 시작으로, 보다 높은 강도나 내구성이 요구되

[그림 2] 폴리유산에 대한 '랜디PL 시리즈' 접착강도



시험방법 : JIS K 6854 접착제의 박리접착강도 시험방법에 준거 두께20um의 PLA 필름에 No.5 롯데코라에서 도공

는 건축자재나 가구 등의 용도 이용을 목표로 한 개발이 진행되고 있다.

4. 전망

당사는 이제까지 수식 전분계수지에멀전에 있는 '랜디CP시리즈'의 시장확대를 추진하는 한편, 바이오베이스 폴리머인 폴리유산에도 주목하고 조막성, 접착성, 도막의 내수성, 광택 등의 물성을 병립한 실용성이 높은 에멀전제품 개발에 노력해 왔다. 또 2002년 5월에 평균 입자 지름 5um의 폴리유산에멀전을 '시료PL-1000'로 이름짓고 특정 사용자를 대상으로 판매하고 있으며 최근 시장의 개발요구에 부응하기 위해 조막성이 개량된 2종류의 에멀전 제품을 더해 시리즈화 하여 '랜디PL 시리즈'로 판매하고 있다.

새로운 시장확대를 시작한 폴리유산에멀전의 물성과 도공종이 물성을 각각 [표 5], [표 6]에 표시한다. 이 중 '랜디PL-3000'은 상온조막이 가능하며 이들 3종류의 제품은 요구성능이나 가공조

건에 맞춘 최적 배합을 통해 사용하는 것이 가능하며 폴리유산에멀전의 적용범위가 종전과 비교해 비약적으로 확대할 것으로 기대하고 있다.

현재 폴리유산섬유·필름·부직포 등의 접착제로 활용에 대한 검토가 이뤄지고 있다. 그 예로 폴리유산필름에서 박리접착강도의 측정결과를 [그림 2]에 표시했다.

아직 충분하지는 않지만 폴리유산일차제품의 이차가공에 필요불가결한 소재로 하여 향후 지속적인 개량을 이어가고 싶다.

5. 결론

당사가 생분해성 플라스틱에멀전을 세상에 출시한지 5년의 세월이 흘렀다. 그 사이에 사회는 생분해성에 있는 것 보다 다음의 바이오매스유래에 보다 큰 가치 요구가 높아지면서 변화되어 왔다.

이것은 최종제품의 생분해성이 불완전에 있어도 기존제품과 비교해 환경저부하에 있는 것으로 제품 컨셉이 충분히 성립하는 것을 의미하고 있고 이 의미는 환경대응 제품개발의 영역은 크게 확대되어 가고 있다는 것이다.

이후 수식전분을 원료로 하는 '랜디CP시리즈'는 특히 종이를 포함한 천연소재로 접착성을 활용한 용도로 진가를 발휘하고 폴리유산을 기준으로 하는 '랜디PL시리즈'는 폴리 유산 일차제품의 이차가공분야에서 큰 역할을 담당할 것으로 기대하고 있다.

이들의 에멀전 개발·개량이 바이오 베이스필러를 포함한 생분해성수지 시장전체의 활성화와 건전한 발전에 연결되도록 노력하고 싶다. [K0]