

# 제지슬러지를 이용한 생분해성 육묘포트 제조에 관한 기초연구

## Fundamental study on degradable pot manufacture using paper mill sludge

이영록<sup>1)</sup> · 김철환<sup>1)</sup> · 이지영<sup>1)</sup> · 정호경<sup>1)</sup> · 신태기<sup>1)</sup> · 이영민<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>경상대학교 임산공학과 <sup>2)</sup>(주)동우펄프하이텍

### 1. 서 론

제지 슬러지는 국내 제지 공장의 폐수 처리장을 거친 후 대량으로 발생하는 유기성 산업폐기물 중의 하나로 연간 150만톤 이상을 배출하고 있으며, 지속적인 종이 시장의 증가로 인하여 매년 그 발생량이 증가하고 있는 추세이다. 현재 대부분의 제지슬러지는 해양투기, 매립, 소각 등의 방법으로 처리되고 있으며 각 처리방법별로 27.6%, 19.6%, 11.8% 비율로 처리되어지고 있으며 해양투기 처리가 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 또한 정부는 유기성 슬러지의 직매립 금지(2003년 7월 실시) 및 해양환경개선 부담금제(2002년 9월 1일 실시) 실시를 통하여 슬러지의 높은 함수율과 연소의 어려움으로 인하여 해양투기 및 매립비용(20,000 ~ 30,000원/ton)의 2배인 약 55,000원/ton 처리비용을 요구하는 소각 처리방식에 차지하는 비중이 높아지고 있는 실정이다. 또한 이러한 정부의 해양환경개선부담금은 제지업종의 추가 부담(연간 약 11억원)으로 작용하게 되었다.

이러한 제지 슬러지를 이용하여 고부가가치이며 친환경적인 제품인 육묘포트를 생산하는데 기초자료로서 이용하는데 그 목적이 있다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 공시재료

공시재료는 M사의 백상지 슬러지와 교내신문고지(ONP)를 사용하였다.

## 2.2 상용육묘포트(지피포트)와 슬러지의 물리화학적특성

원소분석기(CHNS-932, Leco)를 이용하여 유기물 등에 포함되어 있는 C, H, N, S를 측정하였고 Kjeldahl법을 이용하여 총질소함량(Total Kjeldahl nitrogen content, TKN)을 측정하였다. ICP(spectrometer(Atomscan25, TJA)를 사용하여 중금속 함량을 분석하였다.

## 2.3 물성분석용 수초지 제조

제지슬러지를 이용한 육묘포트는 펄프를 10-40% 수준으로 첨가하여 각각 제조하였다. 제조된 육묘포트와 같이 입체적인 형상에서는 물성분석에 어려움이 있었다. 따라서 제조된 육묘포트의 물성분석을 위하여 평량은 300g/m<sup>2</sup>이며 제조된 육묘포트와 동일한 조건의 수초지를 제조하였으며 제지슬러지로 제조된 수초지의 약품 첨가 조건은 Table 1와 같다.

Table 1. Addition level of pulp and additives in handsheet using paper mill sludge.

	Rates of addition
Plup	ONP plup 10%, 20%, 30%, 40%
AKD	0.5%, 0.7%, 0.9%
WSA (wet strength agent)	1%, 3%

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 상용 육묘포트(지피포트)와 슬러지의 물리화학적 특성

Table 2에서는 지피포트의 물리화학적 특성을 나타내었다. 원소분석을 살펴보면 탄소의 함량이 상당히 높은 데 비해 질소의 함량은 상당히 낮은 값을 나타내었다. 그럼에 따라 탄질률도 비교적 높은 수준을 나타내었다. 상당히 낮은 pH를 나타내었으며 이는 5.5-6.5 pH 수준에서 식물이 가장 자라기 좋은 배지의 조건인 점을 감안하면 상당히 낮다고 할 수 있다.

Table 2. Physico-chemical properties of jiffy pot

Sample	pH (1:5)	B.D (g/cm <sup>3</sup> )	W.A (%)	Element contents (%)				C/N ratio
				C	H	N	S	
지피포트	5.15	0.220	559.35	38.98	5.19	0.86	0.04	45.58

Table 3에서는 제지슬러지의 물리·화학적 특성을 나타내었다. 토양 내에서 산도 (pH)는 pH 5.5-7일 때 토양 미생물의 활성 및 영양성분의 이온흡착이 가장 용이하게 되며, pH가 4-5로 강산성이 되면 일반적으로 식물에 대하여 독성을 나타낼 수 있는 가용성 금속의 농도가 높아진다.<sup>1),2)</sup> 그러므로 과도한 산성 토양에 산도 개선제로서의 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다.

미생물의 유기물 분해와 관련된 중요한 요인 중 하나가 탄소와 질소의 비율인 탄질률(C/N ratio)이다. 탄질률이 큰 유기물은 탄질률이 작은 유기물보다 분해속도가 훨씬 느리며 탄질률이 20-30 보다 높은 유기물이 토양에 가해지면 유기물의 분해 과정동안에 필요한 질소가 부족하여 질소기아현상(nitrogen starvation)을 나타낸다.<sup>3)</sup>

Table 3. Physico-chemical properties of paper sludge

Sample name	pH (1:5)	Ash (%)	TKN (%)	Element content (%)				C/N ratio
				C	H	N	S	
Sludge	7.80	61.79	1.29	22.21	2.58	1.37	0.16	16.18

중금속함량은 상용 육묘포트와 슬러지 모두 미 검출되었다.

### 3.2 수초지의 물성분석

Fig. 1에서는 앞에서 살펴본 육묘포트 물성분석용 수초지의 접촉각을 토대로 60초 경과된 다음 측정된 접촉각을 나타내었다. ONP 펄프의 첨가량이 증가함에 따라 친수성 인자가 증가하여 점차 접촉각이 낮아지는 것을 알 수 있으며 사이즈제의 증가에 의해 접촉각은 급격히 높아지는 것을 알 수 있다.

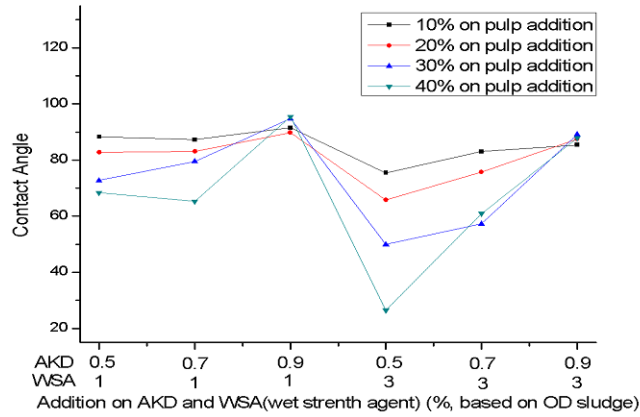


Fig. 1. Effect of AKD and WSA additions on contact angle of sludge handsheets after passing 60 sec.

Fig. 2에서는 제조된 수초지를 2시간동안 물에 침지한 후 습윤 열단장을 측정하였다. 습윤지력증강제가 1 %에서 3 %로 증가함에 따라 습윤 열단장은 0.6-1.1 km 수준에서 1.2-1.7 km 수준으로 상당히 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 2시간동안 침지한 다음에도 습윤지력증강제에 의해 상당한 물리적 성질을 발현할 수 있다는 것을 의미한다.

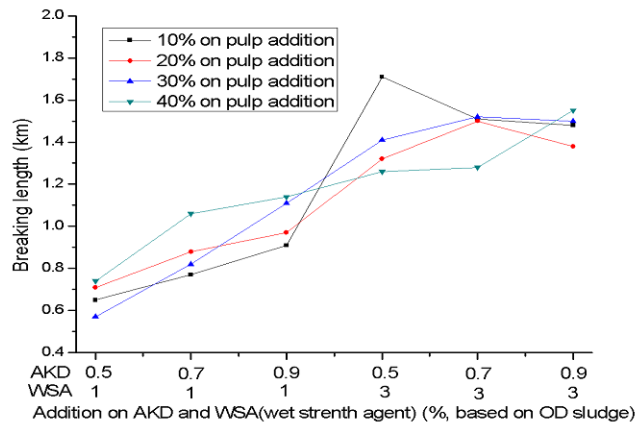


Fig. 2. Effect of AKD and WSA additions on wet-breaking length of sludge handsheets.

Fig. 3에서는 제조된 육묘포트 물성분석용 수초지의 2시간동안 물에 침지한 다음 습윤 인장강도를 나타내었다. 습윤지력증강제가 1 %에서 3 %로 증가함에 따라 습윤 인장강도는 5.5-11 N·m/g 수준에서 12-17 N·m/g 수준으로 상당히 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 2시간동안 침지한 다음에도 습윤지력증강제에 의해 상당한 물리적 성질을 발현할 수 있다는 것을 의미한다.

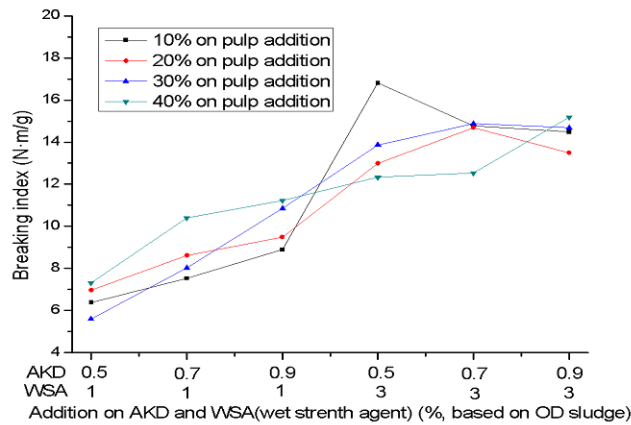


Fig. 3. Effect of AKD and WSA additions on wet-tensile index of sludge handsheets.

Fig. 4에서는 제조된 육묘포트 물성분석용 수초지의 2시간동안 물에 침지한 다음 습윤 파열지수를 나타내었다. ONP 펄프의 첨가량이 증가함에 따라 습윤파열지수가 상승하는 것을 알 수 있다. 이는 파열지수는 섬유간의 결합에 의해 큰 영향을 받는다는 것을 의미하며 ONP 펄프의 첨가가 강도적 역할에 긍정적인 영향을 주었다는 것을 의미한다. 또한 습윤지력증강제가 1 %에서 3 %로 증가함에 따라 습윤 인장강도는 0.2-0.5 kPa m<sup>2</sup>/g 수준에서 0.5-0.9 kPa m<sup>2</sup>/g 수준으로 상당히 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 2시간동안 침지한 다음에도 습윤지력증강제에 의해 상당한 물리적 성질을 가진다는 것을 의미한다. 그러므로 습윤 열단장, 습윤 인장지수, 습윤 파열강도에서 살펴본 바와 같이 육묘포트에서 작물을 생육시킬 동안 육묘포트에 상당한 형상유지를 할 수 있을 것으로 판단된다.

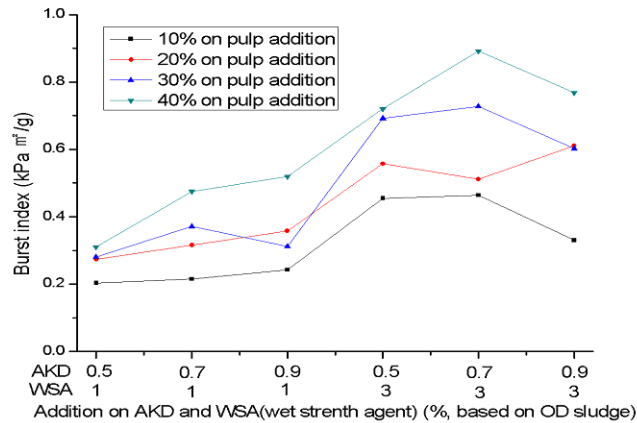


Fig. 4. Effect of AKD and WSA additions on wet-burst index of sludge handsheets.

#### 4. 결론

백상지 슬러지의 경우 적정 수준의 C/N ratio를 유지하였고 K성분이 미흡하나 대부분의 슬러지에 적정 수준의 필수영양소를 함유하고 있었으며 중금속의 함량이 불검출되었다. 그러므로 육묘포트의 제조를 함에 있어 슬러지를 활용할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

슬러지를 이용하여 육묘포트를 제조할 때 사이즈제 및 습윤지력증강제를 첨가함으로써 물리적 성질을 개선할 수 있을 것이라 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. 정중배, 양재의, 김길용 외 11명, 토양학, 향문사, pp. 202-210, 2006.
2. Paul R. Bloom, Soil pH and pH buffering, Malcolm E. Sumner, Handbook of soil science, CRC Press, pp. B-333~B-352, 2000.
3. 이민웅, 토양생물학, 동국대학교출판부, pp.141-145, 2006.
4. 환경부, 토양환경보전법령, 2002.