

건식 해리된 폐지의 성상변화*¹

이호철*² · 임부국*² · 양재경*³ · 이종윤*²

*¹ 본 연구는 1996년도 농림부 현장애로 개발사업비(196074-2)로 수행되었음.

*² 경북대학교 임산공학과 *³ 경상대학교 산림자원학부

I. 서 론

환경보호에 대한 인식이 높아지고 환경오염의 법적 규제가 전세계적으로 확대되면서 폐지 및 고지의 재활용에 대한 관심이 부각되고 있다. 우리나라의 펄프 재활용율은 54.7%이며 펄프의 대부분을 수입에 의존하므로 폐지 재활용에 대한 중요성은 더욱 크다고 하겠다. 따라서 폐지나 고지의 재활용에 있어서 그 활용방안을 모색하기 위해서 선행되어야 할 과제 중의 하나가 폐지의 해섬이다.

일반적인 펄프의 해리에는 물과 함께 각종 약품을 투입하고 고지를 펄퍼에 의해 섬유로 분리하는 습식 해리법이 쓰이고 있으나 높은 에너지 소모와 폐수문제가 생기며 제조비용이 높다는 단점이 있다. 이에 비해 임펠러의 고속회전에 의해 해섬되는 건식해리법은 보다 환경친화적이고 생산비가 낮고 해섬에 용수가 전혀 소비되지 않으므로 폐수에 의한 공해문제와 용수의 회수처리 시설이 필요치 않다는 장점을 가지고 있다. 한편, 건식해리법은 고지의 해섬을 고속 임펠러의 전단력에 의존함으로써 인하여 불균질한 입자의 성상과 섬유의 절단에 기인하는 미세분 함량의 증가 등의 문제점을 가진다.

건식해리된 폐지는 건축단열재, 고분자 복합소재, 펄프몰드, 셀룰로오스 유도체 등 다양한 용도의 소재로 활용될 수 있으며, 건식해리 섬유의 단점을 개선하기 위해 현재 다방면에서 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 다양한 특성을 지닌 미분별된 폐지 및 고지들을 건식법에 의하여 해리함에 있어서 건식해리시 각 섬유들의 형태, 크기, 특성들의 경향을 파악하여 폐지를 여러 응용물의 소재로 활용함에 있어서 최적의 효과를 얻을 수 있는 건식 해리조건을 고찰하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구실에서 배출되는 신문용지(ONP), 전산용지(CPO), 골판지(OCC), 잡지(OMG)를 엄선하여 문서세단기(HI CUT-4000, 신도리코사)에 통과시켜 2×25 mm 크기로 절단된 시료를 공시재료로 하였다.

2. 건식해리 조건

본 연구실에서 설계·제작한 단속식 건식지류 해리기를 사용하여 Table 1의 조건으로 해리하였다.

Table 1. The condition of dry-defibration.

Composition	Condition
Papers	ONP, CPO, OCC, OMG
Input weight (g)	150
Cutter speed (rpm)	2,000
Defibration time (min.)	10, 20, 30

3. 건식해리한 폐지의 스크리닝

건식 해리된 시료는 입자 크기별 중량분포를 파악하기 위하여 portable sieve shaker에서 30분간 분급하였고 그 조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Condition of dry-screening for weighted distribution of dry-defiberated waste papers.

Composition	Condition
Papers	ONP, CPO, OCC, OMG
Input weight (g)	5
Vibration time (min.)	30
Mesh size	20, 40, 60, 80, 100

III. 결과 및 고찰

1. 해리시간과 함수율에 따른 섬유분포 변화

2,000 rpm, 10~30분간 건식해리된 신문지 섬유의 입자크기별 중량분포를 Fig. 1에 나타내었다.

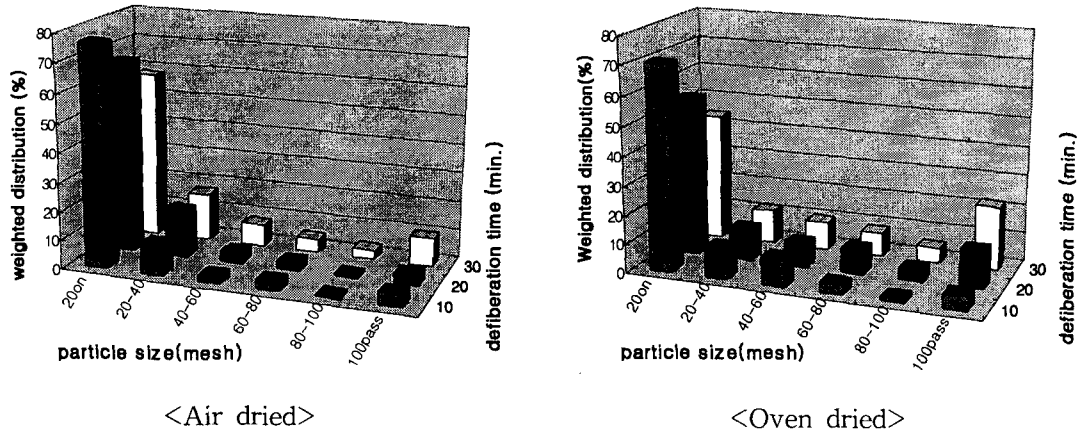


Fig. 1. Weighted percentage distribution of particle size for ONP.

Fig. 1에 나타나는 바와 같이 입자크기별 중량분포는 함수율의 차이와는 관계없이 20mesh on의 비율이 가장 많고, 입자의 크기가 작아질수록 중량비가 감소하다가 100mesh pass의 비율에서는 높아지는 경향을 나타내었다. 한편, 전건상태의 신문지는 기건상태보다 20mesh on의 비율이 10% 이상 낮으며 100mesh pass 비율 또한 10%이상 높다. 이러한 차이는 적정 수분을 가진 기건 입자와는 달리 전건 입자는 섬유의 각질화가 발생하고 섬유의 자체의 강도가 저하되므로 동일한 충격에도 쉽게 절단 및 파쇄되기 때문으로 생각된다.

또한 20mesh on 입자는 섬유가 아니라 종이 파편의 형상이고, 100mesh pass 입자는 섬유라기 보다는 과도하게 절단 및 파쇄된 미세분배에 가깝다. 따라서 섬유의 형상으로 존재하는 입자 분포는 20~80mesh 범위로 판단된다.

Photo. 1은 디지털 카메라로 촬영한 2,000rpm 20분간 건식해리한 각 매쉬별 신문지 섬유 사진이다.

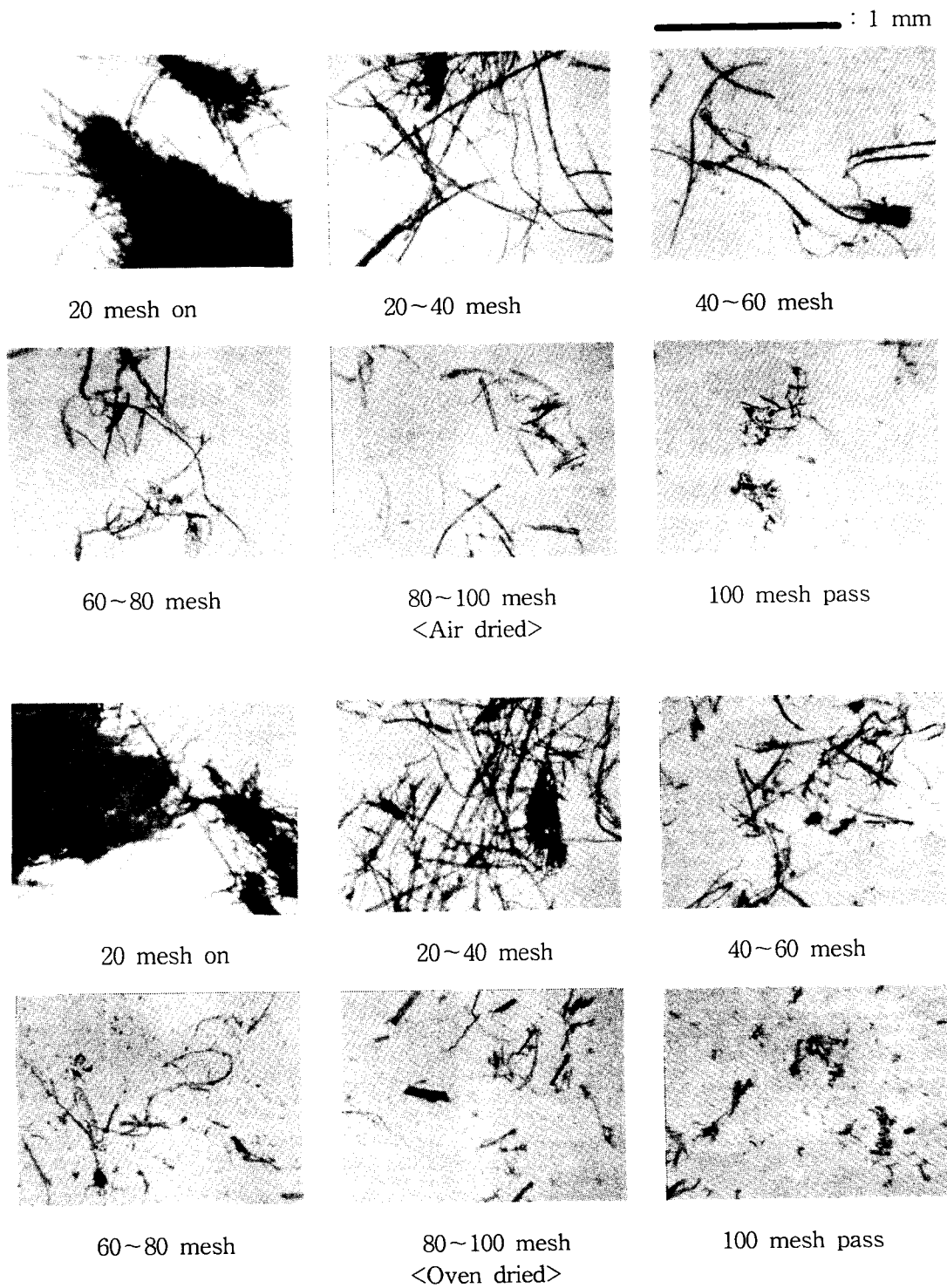


Photo. 1. Distributed ONP fiber with each mesh size.

기건 상태의 시료를 해리한 섬유 사진의 경우 각 단계별로 섬유장이 감소하는 경향을 육안으로 쉽게 확인할 수 있으며 전체적으로 섬유의 형상을 쉽게 확인할 수 있다. 또한 20mesh on 입자는 섬유입자로 해리가 되지 않은 종이 파편임이 관찰된다. 100mesh pass 입자는 섬유의 역할을 하기에는 부적합하게 절단되고 파쇄된 미세분임을 알 수 있었다.

전건 시료를 해리한 섬유의 경우 기건 시료와 비교하였을 때 전체적으로 섬유의 각질화가 많이 발생하였고 섬유자체의 절단 및 파쇄된 형상이 육안적으로 두드러지며, 각 단계별로 분급되지 않은 채 산재하고 있는 미세분이 쉽게 확인되었다.

2. 지종에 따른 입자크기별 섬유분포 변화

각 폐지를 2,000rpm, 20분간 건식해리하여 얻어진 섬유의 입자크기별 중량분포를 Fig. 2에 나타내었다.

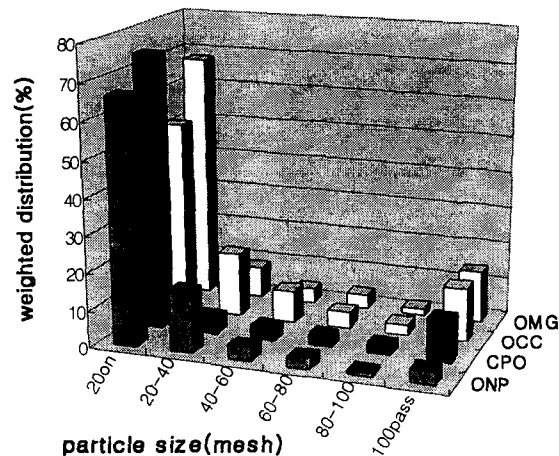


Fig. 2. Weighted percentage distribution of particle size for dry-defibrated papers in air-dried condition.

모든 지종에서 20mesh on 입자의 비율이 가장 많았고 입자의 크기가 작아질수록 비율이 감소하다가 100mesh pass 입자의 비율은 높아지는 경향을 나타내었다. 원활한 해섬이 이루어지지 않고 종이파편 형상으로 존재하는 20mesh on 입자를 비교해 볼 때 전산지와 잡지가 신문지보다는 10%, 골판지보다는 20%이상 높았다. 전산지의 경우 대부분 장섬유를 다량 함유하는 화학펄프로 구성되어 섬유간 결합력이 강하고, 초지 공정에서 첨가되는 약품이 해섬의 저해인자로 작용하여 해리성이 낮게 나타난다고 생각된다. 잡지의 경우 시트 표면에 코팅되는 도공액이 섬유간 바인더로 작용하여 해리성이 낮다고 생각된다. 그리고 골판지가 20mesh on의 비율이 가장 낮은 것은 골판지의 구성자체가 벌크하며 치밀하지 못하고 골심지가 재생펄프로 구성되어 자체의 단섬유 함량이 많음에 기인한다고 생각된다. 신문지를 제외한 모든 지종에서 미세분은 전체량의 10% 이상이며 골판지는 재생섬유로 된 골심지가 해리시 단섬유의 다량 배출로 그 비율이 높아진다고 생각되며 잡지는 다른 지류에 비해서 80~100 mesh pass로부터 단섬유 및 미세섬유의 함량이 높게 나타나는데 이것은 도공액이 섬유간에 접착강화 역할을 하여 섬유 분쇄시 섬유간 분리가 아닌 절단화에 의해 섬유가 해리시 기계적인 힘에 의해 절단됨으로 해서 그 비율이 높아진다고 생각된다.

각 지류별로 20~80mesh 입자의 중량비를 살펴 볼 때 골판지가 가장 높은 결과를 보여준다. 이것은 골판지가 라이너지와 골심지로 구성되므로 기계적인 힘에 의해서 해리된 라이너지의 장섬유와 골심지의 단섬유가 혼합되어 섬유화의 비율이 높아진다고 생각된다.

Photo. 2는 2,000rpm. 20분의 조건에서 각 폐지의 20~40mesh 사이의 섬유분급 사진이다.

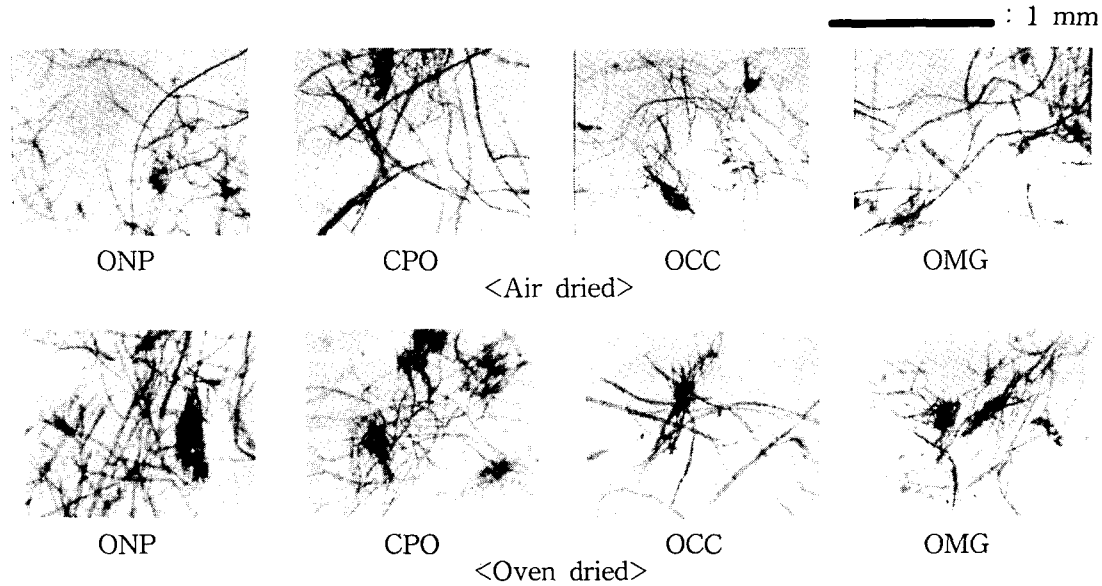


Photo. 2. Waste paper fibers of 20~40 mesh particle size by dry-defiberation.

기건시료의 경우 각 지종 중에서 신문지 섬유는 가장 굵은 두께를 보이며 전산지는 가늘고 리본상의 형태로 엉켜 있으며 골판지는 신문지보다 가늘고 전산지 보다는 굵으며 잡지는 바인더의 결합력에 의해 섬유와 함께 떨어져 나간 입자들이 현저하게 관찰되었다.

전건 시료의 경우 각 섬유에서 동일하게 미세화된 채 파쇄된 파편 형태의 섬유를 육안으로 쉽게 확인할 수 있다.

3. 각 폐지류의 회분 정량

각 지류별로 회분함량을 측정된 결과 신문지 5.9% 전산지 9.8% 골판지 7.2%, 잡지 23.1%였다. 잡지의 경우 타 지류에 비해 회분함량이 높게 나타나는데 이것은 초지공정시 증량을 위해 첨가되는 무기약품과 도공원료의 함량차이에 의한 것으로 생각된다.

한편, 각 폐지를 2,000rpm, 20분간 건식해리하였을 때 입자크기별로 분급된 각 폐지의 회분 함량은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Content of Ash of each dry-defiberated waste papers.

	Ash (%)					
	20on	20-40	40-60	60-80	80-100	100pass
ONP	6.0	4.5	4.3	4.2	3.9	6.8
CPO	9.5	5.1	4.8	5.5	4.4	14.1
OCC	7.0	2.4	2.2	2.0	3.1	15.8
OMG	22.8	11.3	8.5	9.3	11.3	40.6

종이파편 형상으로 존재하는 20 mesh on의 경우 원지류의 회분함량과 거의 같은 경향을 보이는데 반하여 20~100 mesh에서는 그 함량이 감소하다가 100 mesh pass에서는 월등

히 높은 회분함량을 나타내었다. 특히, 잡지의 경우 그 변화가 두드러지게 나타났다.

이러한 결과로 판단해 볼 때 전산지와 잡지의 경우 동일조건에서 건식해리 하였을 때 타지류에 비해 미세분 함량이 높게 나타나는 원인은 섬유자체의 특성 뿐만 아니라 지류에 충전된 무기물 및 충전약품의 함량차이 즉, 건식해리시 파쇄되는 과정에서 섬유사이에 충전된 무기물들이 미세화되어 분산되어 있다가 분급시 100mesh pass에 다량 존재하여 이 결과 미세분 함량이 증가된다고 생각된다.

IV. 결 론

본 연구는 각종의 다양한 특성을 지닌 미분별된 폐지 및 고지들을 해리하여 이용함에 있어 건식해리시의 각 섬유들의 형태, 크기, 특성들의 경향을 파악하여 해리조건 및 시료 상태에 따른 해리특성을 탐색하였다. 본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 폐지를 건식법에 의해서 해리할 때 해리시간이 길어질수록 20mesh on 입자의 비율이 줄어드는데 반해 100mesh pass 입자의 비율이 점차적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

2. 신문지, 전산지, 골판지, 잡지를 동일 조건으로 건식해리하였을 때 해섬상태는 전산지 잡지, 신문지, 골판지 순으로 골판지가 가장 양호하였다.

3. 기건과 전건상태의 시료를 건식해리하였을 때 전건시료의 해리는 기건상태에 비해 해리정도는 높으나 그에 비해 섬유가 과도한 파쇄 혹은 절단으로 인하여 생기는 미세분이 현저하게 증가되었다.

V. 참고문헌

1. 신동소 : 고지의 리사이클링, 서울대학교 출판부(1995) pp. 250
2. 크리스찬·넬스 : ドイツにおける家庭物政策のリサイクルと處理, ALPHA No.2, pp.43-45, 1993.
3. 高取 健郎 : 環境保全からみる商品包装のあり方, ALPHA (1993) No.1, pp.12-17
4. 日本産業技術研究所 : 都市ゴミ處理に關する, ALPHA (1993) No.2, pp.47-49
5. 葛良忠 彦 : 包装容器製造の技術展望, ALPHA (1993) No. 2, pp.4-12
6. ドイツ包装材料廢棄規制領と日本企業への影響, (1992) pp.56-74,
7. 平岡 誠 : 古紙の乾式(高濃度)脱インキ法, ALPHA (1991) No.6, pp.56-63
8. 小野 逸 : 紙の微粉碎方法について, ALPHA (1991) No.6, pp.69-75
9. 平岡 誠 : 古紙の乾式ペルプ化と抄紙テスト , ALPHA (1993) No7, pp.23-27
10. Borchardt, L.G. and piper, C.V. : A gas chromatographic Method for carbohydrates as alditol-acetates, Tappi J. (1970) 53(2), pp. 257-260
11. Vidal, T. and Colom, J.F.P. : Determination of carbohydrates by gas chromatography, Tappi J.(1984) 70(9), pp. 132
12. Tappi standard : Ash in paper and paperboard, Tappi standard(1992), T413 om-85
13. KS M 7012 : 시험용지의 전처리