

다공구조와 종이의 광학적 성질과의 관계

원종명 · 박경옥 · 박봉선

강원대학교 제지공학과

1. 서 론

종이는 펄프 섬유를 주원료로 하여 제조되며, 용도에 따라 요구되는 제반 성질을 부여하기 위하여 충전제, 건조 및 습윤 증강제, 염료, 정착제, 보류제 등의 다양한 부원료가 사용된다. 이와 같은 과정을 통하여 종이는 펄프 섬유에 의하여 망상구조를 이루며, 첨가된 부원료들은 섬유 사이의 공간을 채우거나, 섬유 표면에 흡착되거나 또는 섬유 사이에 위치하여 각기 제 기능을 발휘하게 된다. 특히 종이는 두께보다 길이가 긴 섬유에 의하여 망상구조가 이루어지기 때문에 2차원적인 구조에 의하여 대부분의 종이 물성이 좌우된다.¹⁾ 하지만 종이는 또한 공기로 채워진 상당 부분의 공간을 포함하고 있다.²⁾ 따라서 3차원적인 다공구조도 광학적 성질, 특히 빛의 산란과 밀접한 관계가 있는 불투명도 뿐만 아니라 기계적 성질에도 중대한 영향을 미치며, 종이를 가공하는 과정에서 유체의 침투 또는 유동 특성을 결정해준다.

과거에는 대부분의 과학자들 또는 연구팀들이 작업성 또는 주행성과 밀접한 관계가 있는 종이의 기계적 성질, 인쇄 및 광택과 관계가 있는 표면 특성, 그리고 도공 및 가공과 관련된 다공성에 관심을 가지고 연구를 수행하여 왔다. 그러나 이제는 이러한 수준의 연구만으로는 급변하는 시장의 요구에 부응할 수 없을 뿐만 아니라 무역 장벽이 철폐되고 있는 국제시장에서의 경쟁력을 지니기 어렵다. 최근 들어 세계 각국에서 나노텍을 이용하는 다양한 제품의 개발이 붐을 이루고 있다. 비록 나노텍이라는 명칭을 사용하지는 않았지만 과거에도 이와 유사한 연구가 이루어졌었으나, 보다 부가가치를 높이는 측면에서의 접근을 시도하지 않았을 뿐이다. Fig. 1은 미표백 크라프트 펄프를 여러 수준으로 고해를 실시하여 종이를 제조하였을 때 얻어질 수 있는 기공 직경의 분포를 나타낸 것으로 고해 수준에 따라 기공 입자경의 분포뿐만 아니라 가장 많은 부분을 차지하는 기공 직경의 분포 폭에도 변화가 생김을 보여준다.³⁾ 한편 최근에 발표된

연구 결과에서 Jeremy Ramsden은 나노 입자의 조합을 통하여 표면 반응, 입체적인 부피 반응, 빛 및 유체의 투과성과 반응성 조절의 가능성에 대하여 제시하였으며,⁴⁾ Philip 등은 빛의 파장과 입자의 크기에 의하여 빛의 산란 특성이 변화될 수 있음을 보고하였다.⁵⁾ 이상과 같은 기존 연구 결과에 의하면 종이 제조를 위한 주원료인 펄프의 선택뿐만 아니라 이들에 대한 기계적 처리, 부원료의 조합 등에 의하여 종이의 다공 구조가 매우 다양하게 변화될 수 있는 가능성이 있음을 알 수 있다. 비록 평범한 기술이라 할 수 있지만 이들을 적절히 잘 활용할 경우 기능성을 지니는 신제품의 개발이 가능할 것으로 기대된다. 따라서 본 연구는 펄프의 배합, 고해 및 충전에 의하여 종이의 다공 구조를 변화시켰을 때 각 파장에 대하여 얻어질 수 있는 빛의 산란 및 반사 특성 변화에 따른 광학적 성질의 변화를 조사하고자 수행되었다.

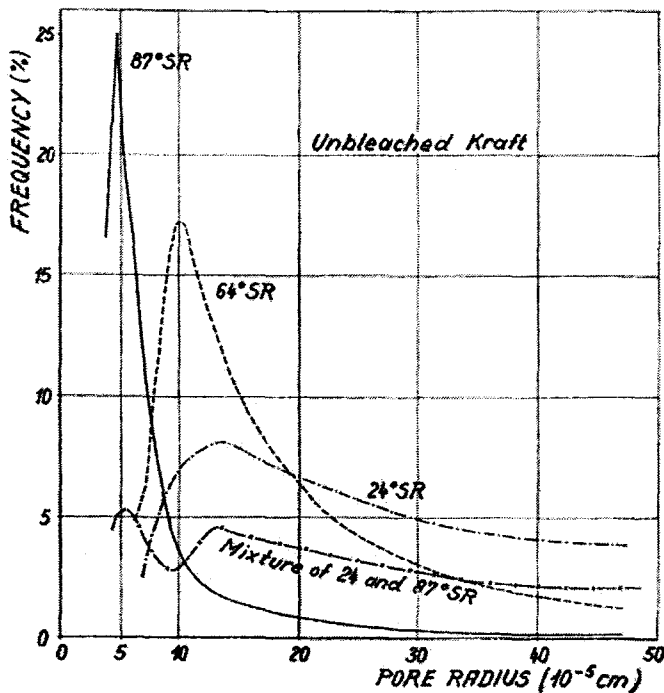


Fig. 1. Pore size distribution of papers from different beaten pulps.³⁾

2. 재료 및 방법

종이 다공구조의 변화를 시도하기 위하여 침·활엽수 표백 크라프트 펄프의 혼합비, 고해 수준(350, 400, 450, 500 ml CSF) 변화 및 입자 크기(0.5, 1.0, 1.4 μm)가 다른 침강형 탄산칼슘(백광소재)의 회분량을 조절하였다. 보류제로는 벤토나이트와 양이온성 PAM을 이용한 마이크로 파티클 시스템을 적용하였다. 종이의 다공구조, 즉 기공 크기 분포는 현재 측정 중이며, 학술 발표 당일 포함될 예정이다. 이상과 같은 조건을 적용하여 평량 $80\text{g}/\text{m}^2$ 의 수초지를 제조하고, Elrepho 3000 spectrophotometer를 이용하여 불투명도, 명도(brightness) 및 각 파장별 반사율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 고해 수준의 영향

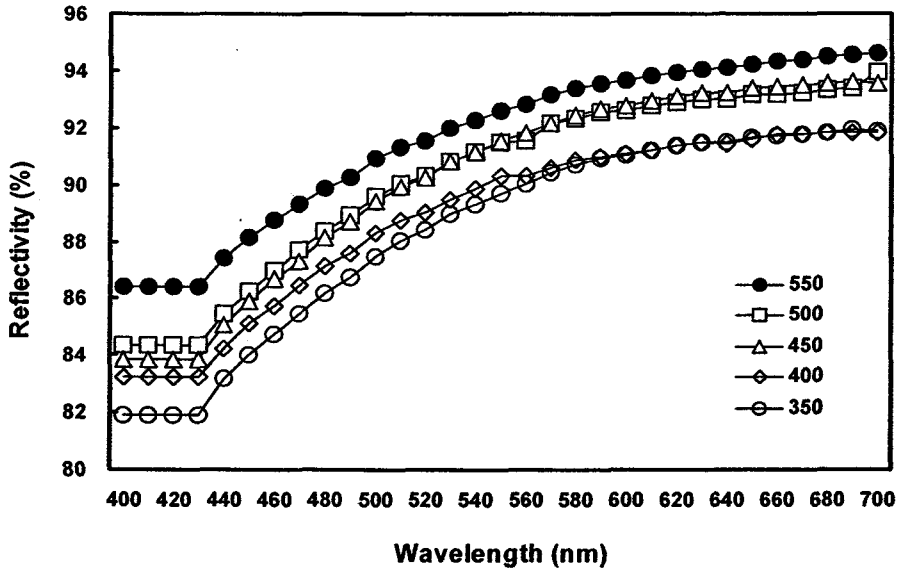


Fig. 2. Effect of freeness on the reflectivity.

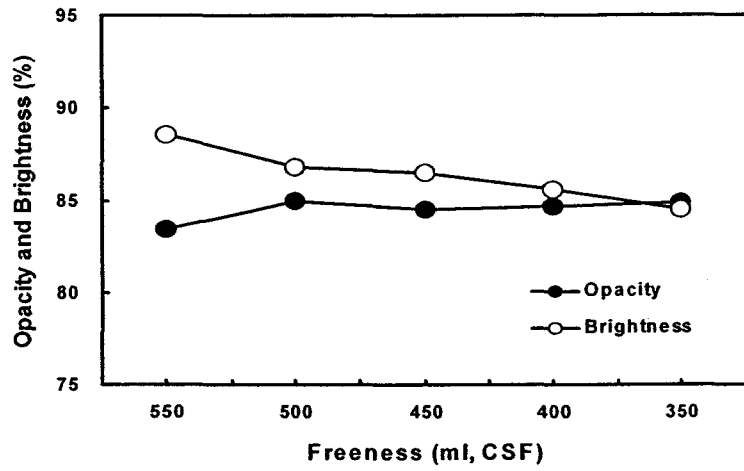


Fig. 3. Effect of freeness on the opacity and brightness.

3.2 침 · 활엽수 펄프 배합비의 영향

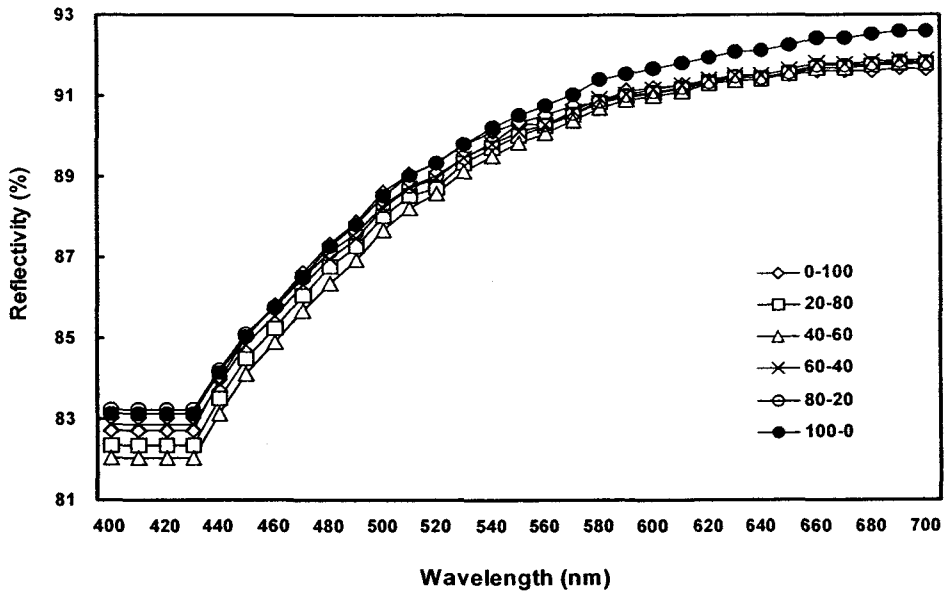


Fig. 4. Effect of HwBKP and SwBKP ratio on the reflectivity.

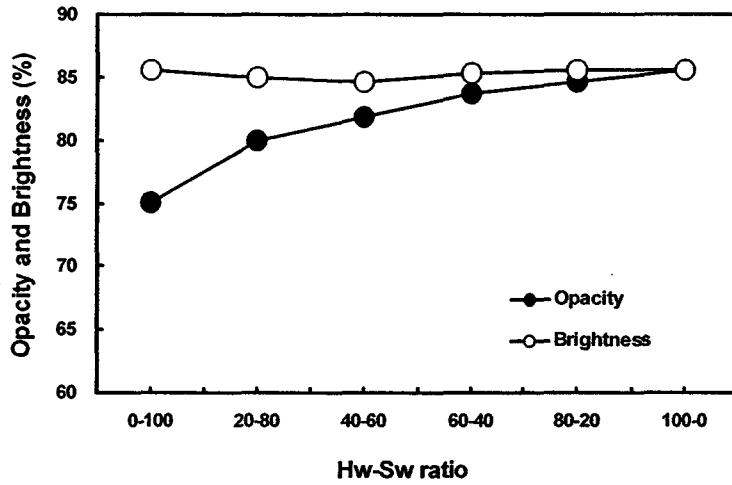


Fig. 5. Effect of HwBKP and SwBKP ratio on the opacity and brightness.

3.3 충전제의 입자 크기와 회분량의 영향

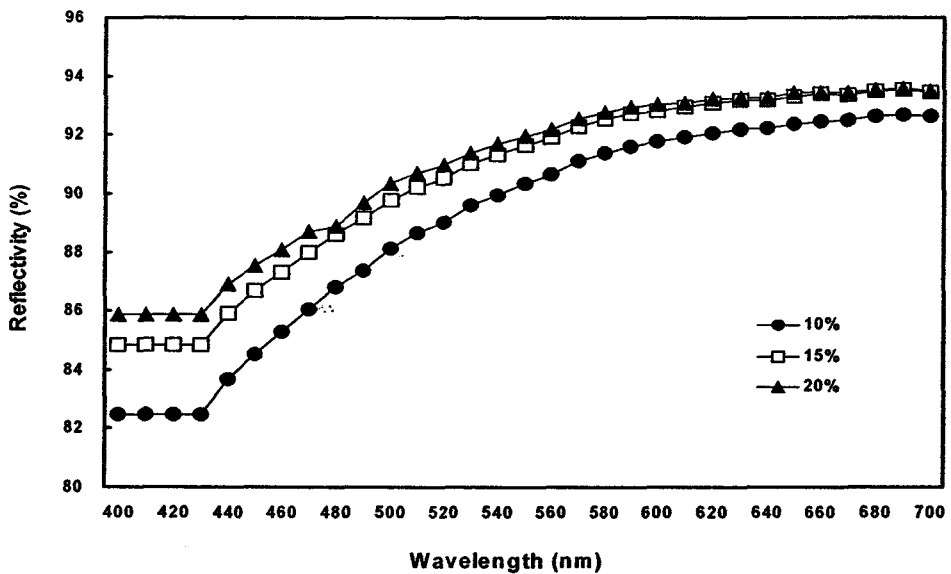


Fig. 6. Effect of ash content of PCC(0.5μm) on the reflectivity.

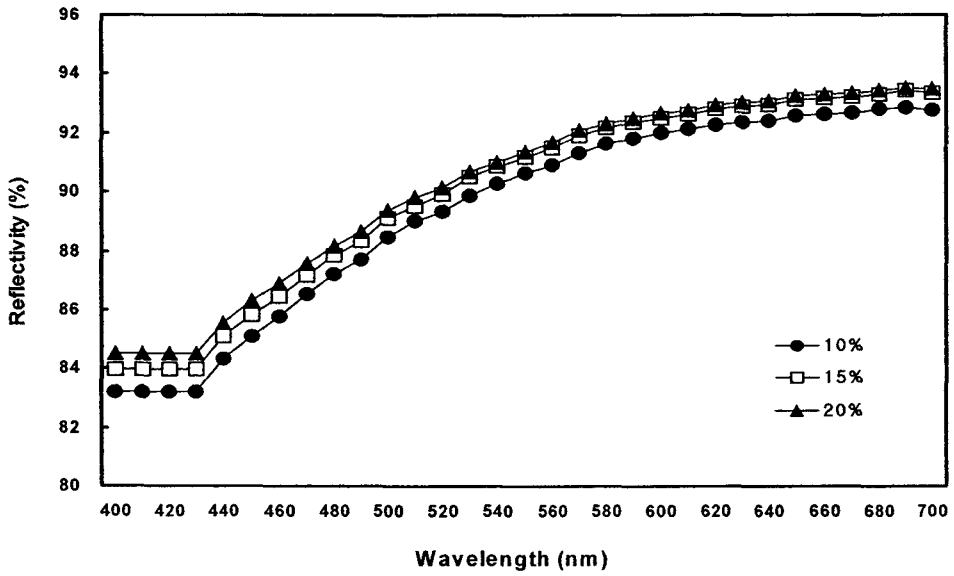


Fig. 7. Effect of ash content of PCC(1.0 μ m) on the reflectivity.

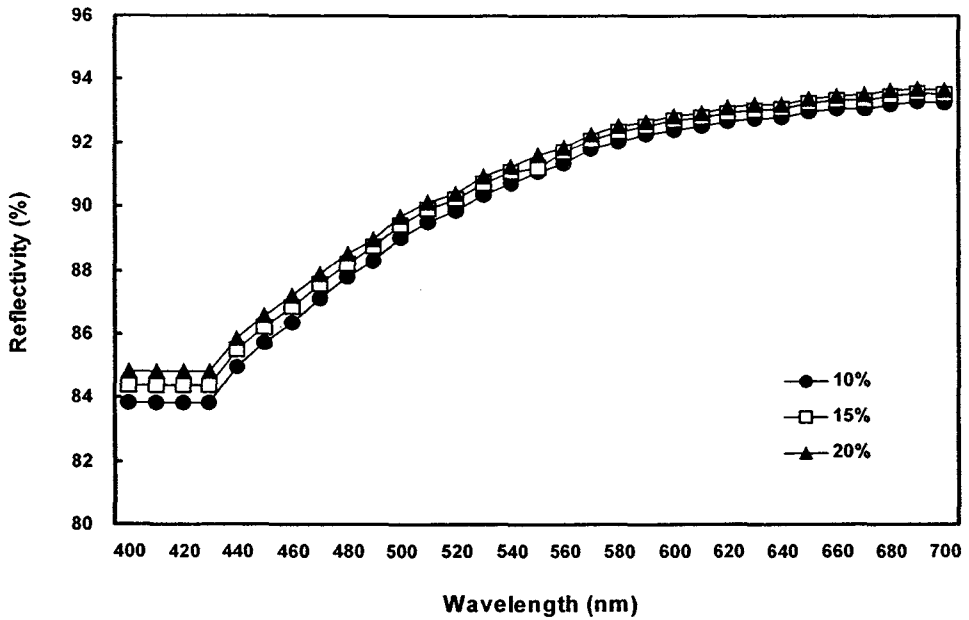


Fig. 8. Effect of ash content of PCC(1.4 μ m) on the reflectivity.

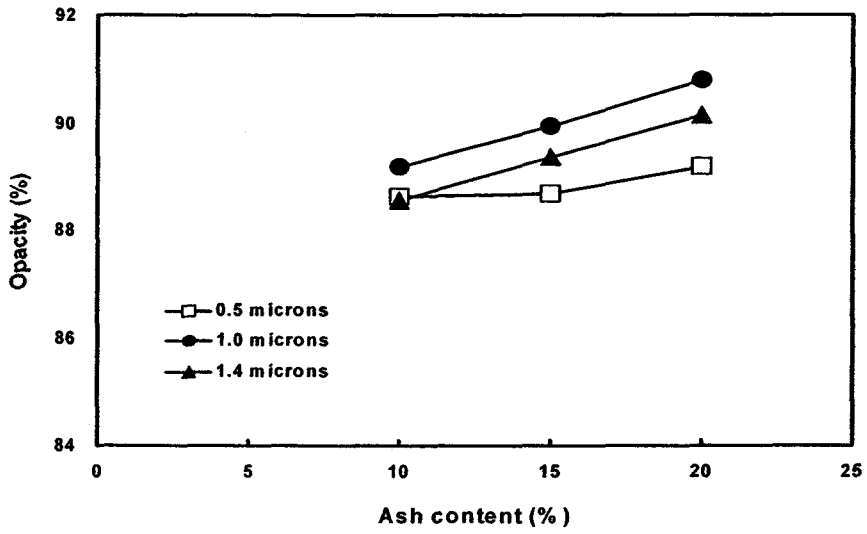


Fig. 9. Effect of ash content of PCC on the opacity.

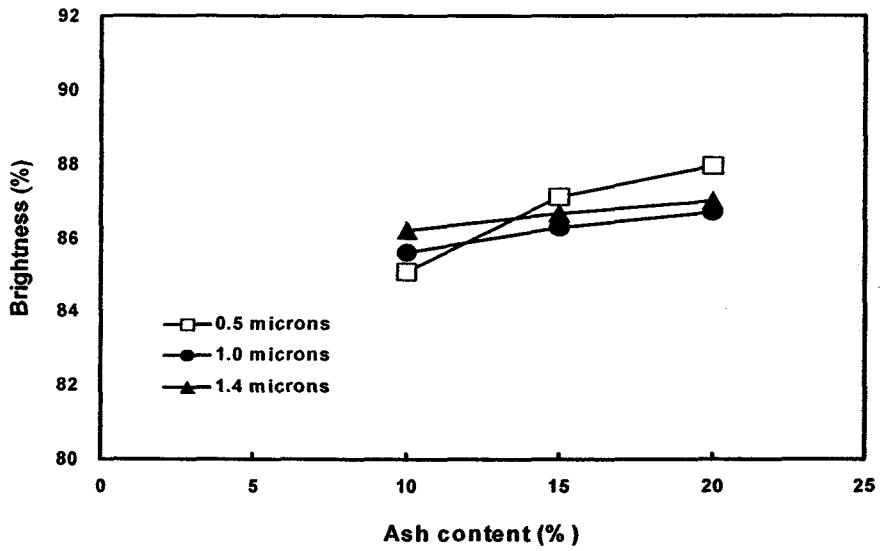


Fig. 10. Effect of ash content of PCC on the brightness.

4. 결 론

원료의 선택 및 지료 조성 과정을 통하여 종이의 다공 구조를 변화시킴으로써 이미 잘 알려진 바와 같이 종이의 다공성 증가 또는 감소를 통하여 불투명도의 변화가 뚜렷하게 나타났지만 명도의 경우에는 침활엽수 펄프의 혼합비를 조정하였을 경우 큰 변화를 나타내지 않았다. 종이의 가시광선 반사율의 경우 400nm에서 430nm까지는 고해, 침·활엽수 펄프 비율, 충전제의 입자 크기 및 회분량에 따른 절대값에서 차이를 나타내었지만 파장에 따른 변화는 나타나지 않았다. 그 이후에서는 전반적으로 파장이 증가될수록 반사율이 증가되었으며, 각 파장에서의 반사율 값의 절대치는 고해가 적게 이루어질수록, 활엽수 펄프의 비율이 증가될수록, 그리고 충전제 함량이 증가될수록 높은 값을 나타내었다. 또한 충전제 함량이 반사율에 미치는 영향은 충전제의 입자 크기가 작을수록 큰 차이를 나타내었다.

참고문헌

- 1) Kaarlo Niskanen, Isko Kajanto and Pekka Pakarinen. Paper Structure. Book 16. Paper Physics. Papermaking Science and Technology. The Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI. p. 14(1998).
- 2) J. Anthony Bristow. The pore structure and the sorption of liquids. Paper Structure and Properties. Marcel Dekker, Inc. pp. 183-201(1986).
- 3) H. Corte. The porous structure of paper. Fundamentals of Papermaking Fibres. Transactions of the 1st Fundamental Research Symposium. pp 301-331(1957).
- 4) Jeremy Ramsden, Using nanotechnology to measure and influence packing interface. The Future of Nanomaterials. Latest innovations in packaging, paper and print. Pira International Conference. Brimingham. UK(2004).
- 5) J. Philip and E. Jones. Nanotechnology, a new way of looking at old materials. The Future of Nanomaterials. Latest innovations in packaging, paper and print. Pira International Conference(2004).