이제는 해초로 종이 만든다

글 | 서영범 _ 충남대학교 임산공학과 교수 ybseo@cnu.ac.kr

종이 없는 인류문명과 문화를 생각할 수 있을까. 종이는 인류의 의사소통과 정보저장, 교육과 학문의 수단으로, 사회적, 산업적, 과학적, 문화적 토양을 담는 그릇으로, 문화의 전파자로 오랜 세월 동안 우리와 함께 하였다. 종이는 정보매체의 역할 뿐만 아니라 인류의 생활을 윤택하게 만들어주는 각종 화장지, 티슈, 기저귀, 여성 위생용품, 냅킨, 종이컵 등으로 사용되고 있고, 산업적으로는 각종 기체 및 액체필터, 절연체, 브레이크, 각종 포장재 등 그 다양한 이용을 헤아릴 수 없다. 오히려 종이를 사용하지 않는 공정이나 제품을 세는 것이 훨씬 빠를 정도다.

한정된 삼림자원과 증가하는 펄프제지 수요

종이는 AD 105년 중국의 채륜이 발명한 것으로 기록돼 있지만 그 종이를 사용하기 시작한 것은 훨씬 전이었을 것으로 추정되고 있다. 종이는 채륜의 발명 이후로 거의 100% 지상의 식물에서 채취된 셀룰로오스가 주요 성분인 섬유로 만들었다. 식물 중에서 특히 나무는 많은 양의 섬유를 가지고 있어 산업적으로 이용하기가 편리하기 때문에 종이를 대량으로 생산하고 소비하는 현대에 이르러서도 종이 원료의 대부분을 차지하고 있는 실정이다.

현재 펄프제지산업은 원료의 부족에 허덕이고 있다. 여러 곳에서 나무의 벌채가 금지되고, 자유롭게 베어 쓸 수 있는 나무의 양은 계속 줄고 있다. 더구나 중국과 인도의 국가경제가 발전하고, 국민소득이 올라가기 시작하면서 전세계 펄프, 종이 공급에 비상이 걸렸다. 이 두 국가를 위해 수많은 펄프공장과 제지공장이 세워져야 하는데 이제는 어디에서 그 원료를 구할지 고민을 해야 하는 실정이다.

한편, 한국제지공업연합회에 따르면 2003년도 1년간 생산된 화학펄프는 전세계적으로 총 1억2천500만톤에 이르며, 그 가격은 톤당 40만 원만 잡아도 60조 원에 이른다. 이들이 종이로 가공되면, 2배 이상의 부가가치를 갖게 되고, 여기에 포함되지 않은 기계펄프와 고지로 만든 종이의 가격을 합치면, 종이로만 연간 200조 원의 전세계적 물동량을 갖게 된다. 펄프제지 관련 산업의 규모도 이에 크게 뒤지지 않는 규모를 가지고 있다고 볼 수 있다.

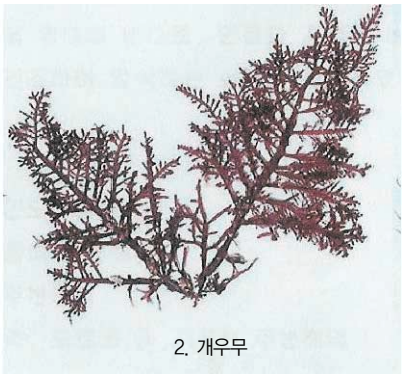
펄프, 제지산업은 역사 이래로 인류에게 많은 혜택을 주어왔지만 이제는 에너지 다소비 업종으로, 공해업종으로, 저부가가치 산업으로 분류되어서 한 국가의 산업성장동력에서 제외된 것이 사실이며, 한국도 결코 예외는 아니다. 더구나 자원이 부족한 한국의 현실에서는 제지산업이 크게 발전하는데 제약이 있는 것도 부정할 수는 없다. 전세계적으로도 기후협약에 의해 이산화탄소의 발생량이 문제가 되고, 사실상 지구온난화문제가 벌써 시작되고 있지만 펄프제지의 수요는 더 커질 수밖에 없는 것이 현실이다.

나무보다 성장 빠른 홍조류로 종이 원료 대체

홍조류 펄프는 이러한 현실을 타개할 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 기대되고 있다. 홍조류에는 종이를 만들 수 있는 섬유가 상당량 들어있다. 홍조류는 성장속도가 나무보다 훨씬 빠르고, 바다를 이용함으로써 육지의 나무와 땅을 놓고 경쟁할 필요가 없다. 홍조류가 자랄 수 있는 환경은 극지를 제외한 거의 대부분의 바다에서 잘 자랄 수 있다. 사실 아열대지방에 한반도 만한 크기의 바다를 사용하면, 전세계 모든 종이의 원료를 대체할 수 있다는 계산도 가능하다. 땅은 험한 산악과 호수 등이 존재하여 나무가 자라는데 제약이 있지만 바다는 모두가 같은 조건이므로 어디서나 잘 자라게 된다. 더구나 홍조류는 같은 면적에서 나무보다 약 1.5배나 이산화탄소를 잘 흡수하는 것으로 알려져 있다. 이러한 홍조류를 전세계적으로 충분한 양을 재배하게 되면 지구 온난화를 상당히 저감시킬 수 있다.

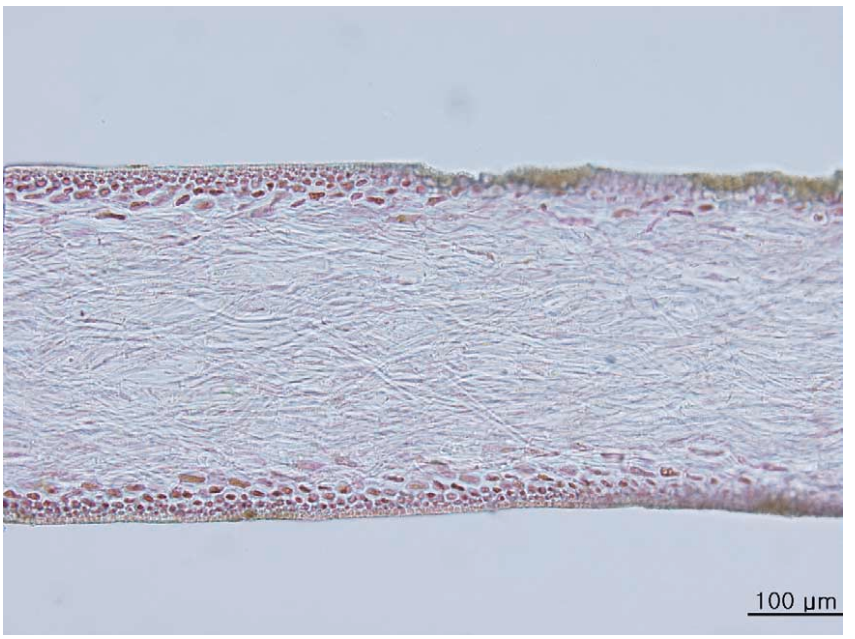
홍조류는 바다에서 자라는 홍조식물로서 홍조식물문, 홍조식물강에 속하며, 홍조류 중에서 우리가 많이 사용하는 우뭇가사리는 홍조식물강에 속한다. 전세계적으로 홍조류는 약 5천~6천 종에 이

1. 우뭇가사리



2. 개우무

홍조류 중에서 대표적인 우뭇가사리의 종류



홍조류 줄기방향의 절단면으로 지렁이 모양들이 홍조섬유들이다.

르는데, 특히 우뭇가사리는 현재 여러 홍조류 중에서도 우리가 사용하는 종류이며, 우뭇가사리목에 전세계적으로 10속 140여 종이 한대, 온대, 열대 해역에 걸쳐 생육하고 있다.

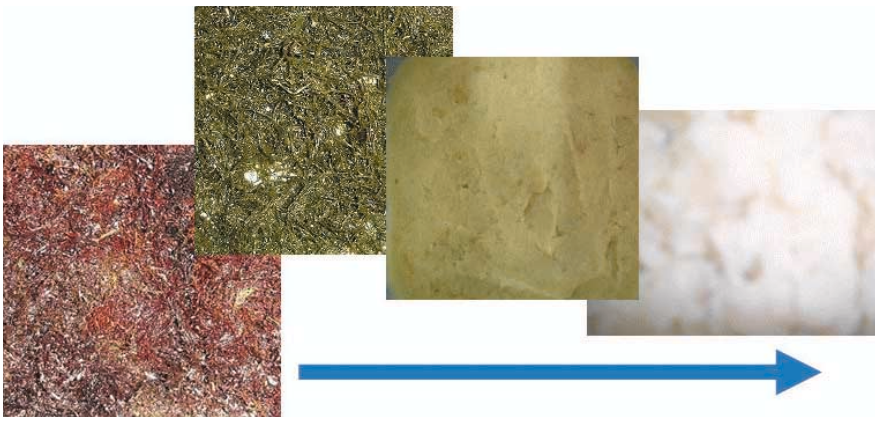
홍조류는 표면에 홍색을 띠는 홍조소가 있고, 이 홍조소가 엽록소들을 감싸고 있으며, 광합성에 필요한 빛이 잘 흡수되도록 하는 역할을 한다. 홍조류의 안쪽에는 종이를 만들 수 있는 섬유(홍조 섬유)와 수용성 다당류들이 많이 들어차 있다. 홍조류는 종류에 따라 홍조섬유가 있는 것도 있고, 없는 것도 있다. 따라서 홍조류의 종을 잘 선별하고, 그 중에서 크고 우수한 섬유들이 많이 들어차있는 종을 선택하는 것도 매우 중요한 연구과제 중의 하나다. 현재 종이제조에 적합한 홍조섬유가 많은 홍조류의 종이 선발돼 있다.

당류 추출 후 탈색공정 거쳐 펄프 제조

나무의 주요 성분으로 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스, 리그닌이 있는데, 펄핑공정과 표백공정을 통해 우리가 사용할 수 있는 펄프가 생산된다. 펄핑과 표백공정은 나무에서 리그닌을 제거하는 공정이다. 여기에는 고온, 고압의 공정이 필요하며, 매우 강한 약품을 쓰지 않을 수 없다. 그래서 펄프공장의 건설비용은 1조 원대를 넘는다. 이렇게 제거된 리그닌은 연료로 사용된다. 반면에 홍조류에는 리그닌이 없고, 홍조섬유와 수용성 당류로 가득 차 있다. 이 당류들은 약품과 고온, 고압이 필요 없으며, 섭씨 80~120도의 온도에서 대부분 추출된다. 추출된 당류는 식용이 가능하며, 실제로 한천이라는 식품으로 만들어 팔리고 있다. 이렇게 자연에서 추출된 당류들은 그 용도가 앞으로 많이 개발될 것으로 기대되며, 그 중에서는 추출된 당류를 이용하여 아가로스를 추출하여 DNA를 다루는 실험원료로 만들기도 하는데 그 가격이 1kg에 100만 원대로 알려져 있다.

당류 추출이 끝나면 홍조류는 탈색공정을 거쳐 일반 목재펄프에 조금도 뒤지지 않는 백색도를 지닌 펄프로 변화하게 된다. 목재에서는 표백공정자체도 리그닌을 추출하는 공정으로서 표백공정시에는 펄핑공정보다 더 강력한 약품을 사용하는 것이 보통이다. 따라서 홍조류에서 홍조섬유를 만드는 일은 목재에서 섬유를 생산하는 것보다 에너지가 적게 들며, 펄프공장 건설비용이 적게 들고, 공기와 수질환경으로도 큰 부담을 덜어주게 된다. 부산물로 추출되는 다당류들은 연료로 태워지는 것이 아니라 식품을 비롯해 다양하게 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

이렇게 제조된 홍조섬유들은 과연 종이로서 제대로 훌륭한 역할을 할 수 있을까? 물론 목재섬유도 섬유마다 제각기 특징이 있어서 용도에 따라 제각기 다른 종류의 섬유를 사용하는 것이 일반적이다. 연구팀이 제조한 홍조섬유들은 중요한 특징들을 가지고 있는



펄핑과 표백공정을 통한 홍조류 변화과정

백상지(왼쪽)과 홍조섬유종이(오른쪽)를 150배로 확대한 사진

데, 첫째로는 섬유가 매우 가늘다는 것이다. 섬유가 가늘면 단위무게당 섬유의 표면적이 늘어나게 되고, 이러한 섬유들은 각종 필터에 적합하게 될 것이다. 또한 종이의 표면이 매우 고와서 평활도 증대에 큰 역할을 하게 될 것이다. 실제로 홍조섬유로 만든 종이의 평활도는 일반 목재섬유로 만든 종이보다 2~5배 높은 평활도를 보이는 것이 보통이다. 이러한 평활도는 인쇄시 가장 중요한 품질요소이며, 평활도가 그 종이의 가격을 결정한다고 말해도 크게 틀린 말은 아니다.

홍조섬유의 또 다른 특징은 목재섬유처럼 종이를 제조할 때 반드시 고해공정을 할 필요가 없다는 것이다. 고해공정은 목재섬유를 물리적인 힘으로 두드리거나 자르는 공정을 의미한다. 이러한 고해공정을 거치는 경우 목재섬유로 강도가 우수한 종이를 만들 수 있게 된다. 하지만 홍조섬유는 고해공정 없이 그대로 사용하여도 목재수준만큼의 강도가 나온다는 사실이다.

현재 홍조류 대량공급 위한 양식실험중

홍조류를 이용한 제지제조의 중요한 문제 중의 하나는 이러한 홍조류 원료를 어떻게 공급할 것인가로 볼 수 있다.

현재 연구팀은 여러 곳에서 양식실험을 하고 있다. 홍조류는 김처럼 쉽게 양식할 수 있으며, 바다의 깊이에 구애받지 않고 양식이 가능하다. 야생 홍조류를 채취하여 사용하는 한천산업의 경우 모두 사람의 손으로 채취되고, 홍조류도 최적의 조건에서 자라지 못하기 때문에 그 가격이 엄청나게 부풀려질 수밖에 없다. 현재까지 나타난 결과로는 홍조류를 대량 생산하는 경우 목재펄프보다 낮은 가격으로 홍조펄프의 공급이 가능하다는 사실이다.

이 사업이 확대되면, 천문학적인 투자가 필요하며, 정부로부터도 자금은 물론 정치적인 입지를 위한 도움이 필요하게 될 것이다.

앞으로 목재자원의 부족과 중국, 인도의 수용물량의 증대가 겹쳐 목재섬유의 가격상승이 쉽게 예상되는 상황에서 홍조섬유의 발견은 분명 의미 있는 일이다. 홍조류를 이용한 제지제조 관련 특허들이 모두 한국 보유특허라는 점, 한국이 세계를 이끌어갈 수 있는 기술의 종주국이 된다는 점 등이 아니더라도 삼림자원 훼손으로 인한 지구온난화를 상당히 줄일 수 있다는 점에서 관련 연구의 지속적인 관심과 투자가 필요하다. ST

글쓴이는 서울대학교 임산공학과 졸업 후 동대학원에서 석사학위를, 뉴욕주립대학교에서 제지공학 박사학위를 받았다. 인터내셔널페이퍼에서 책임연구원을 지냈으며, 한국펄프 · 종이공학회 부회장을 겸임하고 있다. 2006년 3월부터 페가서스리서치 대표를 맡고 있다.