

## 제지생활 50년을 돌아보다

- 우리나라와 세계 제지기술분야에 관하여 -

김 순 철†

나는 1952년 4월에 북선제지 군산공장에서 일하게 되었다. 그래서 2002년 4월이면 꼭 50년이 지났다. 10년이면 강산이 변한다는데 50년이 지났으니 5번이나 변한 꼴이다. 이 기간 동안에 우리나라의 제지업계는 얼마나 변화하였는지, 그리고 이 기간 동안에 세계의 제지기술은 얼마나 변화하였는지 정리해 보는 것이 어떨겠냐는 의견이 많이 있어, 보잘것없는 세월이었지만 과거를 회상해보는 뜻에서 지난 50년 간을 더듬어보기로 한다.

우리나라의 양지산업은 일본이 남겨놓은 시설에 뿌리를 두고 있다. 내가 처음 입사한 북선제지 군산공장도 일본의 왕자제지(王子製紙)가 설립한 북선제지 화학공업주식회사(본공장 길주)의 분공장이었다. 태평양전쟁이 한창일 때 일본으로부터 수송 사용했던 양지들은 미군의 잠수함 때문에 원활히 공급되지 못했다. 그래서 일본에 있던 제지시설(王子製紙계의 富士製紙와 千住製紙공장)을 군산으로 옮긴 것이다.<sup>1)</sup>

군산공장의 시설을 비롯하여 전쟁 전의 우리나라 제지공장은 모두 22개 공장이었으며, 그 생산능력은 연간 82,000톤이었지만, 그 중에 8개 공장은 북한에 있었고 해방에 따른 사회혼란으로 1947년도 생산실적은 겨우 5,760톤에 불과했다.<sup>2)</sup> 2002년도의 생산실적이 9,724,000톤이었으니 54년 간에 자그마치 1,700배가 늘어난 셈이다. 그래서 세계 8위의 생산국이 되었고 연간 일인당 종이소비량도 159kg이나 되었다.<sup>3)</sup>

일본은 패전으로 樺太(Sakhalinsk)에 있던 제지 펄프회사 9개와 중국의 동북지방에 있던 16개 공장, 그리고 우리나라 시설을 모두 내놓게 되어 1946년도의 제지생산실적은 210,000톤으로 급감하여 패전 전의 최고생산실적 1,540,000톤(1940)의 7분의 1로 급감했다.<sup>4)</sup> 그러다가 1953년에 이르러 전쟁 전의 최고생산실적 1,540,000톤을 초과 생산하더니 1985년에는

2,000만 톤, 2001년에는 3,000만 톤을 기록하며, 미국과 중국에 이어 세계 3위의 생산국으로 발전했다.<sup>5)</sup> 이렇게 일본의 제지생산량이 급신장한 것은, 한국동란으로 일본이 호경기를 맞이했기 때문인데, 이런 호황속에서도 특히 三白경기라는 설탕, 종이, 소맥분이 활개를 쳤기 때문이었다.

우리나라의 전후 제지시설은 6.25전란으로 황폐된 산업시설의 회복을 UNKRA가 주도했기 때문에 주로 구미시설이 이용되었다. 그래서 삼풍(三豊)제지의 신문지시설(서독 Escherwyss), 대한(大韓)제지, 무림(茂林)제지(이탈리아 Comerio Elcore), 한국(韓國)제지(서독 Escherwyss), 대원(大元)제지, 조폐(造幣)공사(USA Sandy Hill) 설비 등이 주로 구미에서 수입 설치되었다.<sup>6)</sup>

해방 직후의 양지시설 중 북선제지를 제외하고는 모두 환망초지기였지만 그것도 모두 단일 vat 초지기로 판지는 아예 생산할 수 없었다. 그래서 판지를 만들기 위해서는 vat에서 나오는 습지를 철제 실린더에 몇 바퀴 감아 소정의 두께가 되면 실린더에서 벗겨 일광 건조했다. 이른바 일광 건조(日光乾燥)한 떡보루(board를 일본식 발음으로 보루라 했다)였다.

신풍제지가 다통실린더로 manila board 시설을 도입한 것은 1960년도 ICA 자금이었으니, 그 전까지는 모두 떡보루식 판지밖에 생산하지 못했고 이 시설이 처음으로 일본 富士機械에서 수입되었지만, 그 후의 증설분은 같은 富士市の 三起鐵工所에서 수입했다. 이것을 계기로 일본의 제지시설이 처음으로 우리나라에 발을 붙이게 되었다.

전쟁 전 일본의 제지시설도 모두 구미 제지시설이었지만, 독일의 Voith 시설이 일본제지시설의 표준이었다. 따라서 일본의 기계 메이커란 반듯한 설계도면 하나 없었으며, 제지회사가 수입 복제한 도면에 의존했

† 한국지기공사

다. 따라서 기계 메이커의 설계능력이나 설득력은 제지회사에서 인정되지 못했으며 현장운전자나 보수책임자들의 의견에 끌려 다니고 있었다. 이런 와중에서도 초지기계 제작에 적극적이었던 메이커에는 岡本機械, 井出機械, 佐野鐵工所, 東芝機械, 杉浦鐵工, 小林製作所, 日本製鋼 등이 있었지만, 현대식 Complete 초지기를 완성하는 데는 모두 구미 메이커로부터의 기술 도입에 의존했다.

해방 후 우리나라의 새로운 선진기술의 도입은, 한국 동란의 복구를 위한 미국의 ICA 원조자금에 의한 기술자들의 미국 훈련에서부터 시작했다. 이 ICA 원조자금의 첫 번째 수혜자는 당시 신흥(新興)제지 공장 차장이었던 이종기(李鍾麒, 1956년 1월 6일~1967년 1월 2일 渡美)였으며, 그 다음은 고려제지 공장장 김광호(金光浩, 1956년~1957년 1월 23일 渡美), 같은 해의 한국천보(韓國天保)제지 상무·공무부장 박순동(朴順東, 1956년 2월 渡美)이었고, 지금의 이종대 연합회 회장의 이탈리아 Comerio사 방문은 한 해 늦은 1957년 6월 17일이었다.

이종대 회장은 귀국 후 특히 화장지 제조기술에 탁월한 공로가 인정되어 미국의 펄프제지업계가 제정한 명예의 전당에 선임되는 영광을 차지한 바 있는데, 특히 동양권에서는 오직 한 사람뿐이라는 점에서 자부심을 갖게 된다. 그리고 이종기와 박순동은 귀국 후에 제지업계를 멀리하였는지 특별한 기록이 없지만, 고려제지의 김광호(1917년 전북 익산 출생, 1967년卒)는 열성적으로 미국에서 보고 온 것을 현장에 많이 응용했다.

당시의 고려제지 장망초지기(長網抄紙機)에는 jacket couch roll이 있었다. 지금으로 말하면 suction couch roll 자리 위에 올려놓은 것인데, solid roll의 표면에 순모(純毛) sleeve를 끼우고 이것을 양단(兩端)에서 강력하게 인장(引張)하여 고정시킨 것이다. 마치 shrink fabric의 나일론을 wood fabric으로 바꾼 것과 같다고 보면 된다.<sup>7)</sup>

이 jacket couch를 이용함으로써 wire 상에서 형성된 습지를 프레스로 옹기는데 어려움이 많았다. 지필 중의 수분이 85% 이상이나 되기 때문이다. 그래서 초지속도는 분당 200ft를 넘기 어려웠다. 그래서 suction couch로 대체하였는데 당시에는 우리나라에서 구경할 수도 없는 것이었다. 더욱이 suction을 위해서는 suction pump(Nash형)가 필요하고, 물과 공기를 함께 흡입해야 하기 때문에 Nash pump는 couch roll보다 훨씬 낮은 곳에 설치해야 했다. 그러나 당시 북선제지의 초지기는 지층에 설치해 있어 지하에 진공 pump를 설치할 수 없었다. 결국 생산을 하

면서 지하실을 만들어야 했고 이것을 응용함에 따라 속도는 일약 200ft에서 500ft까지 개선할 수 있었다. 이것을 김광호는 귀국 즉시 일본의 小林製作所에서 수입하여 설치 개선한 것이다.

또 당시 pocket grinder에서 나오는 GP는 스크린을 이용하여 잘 이해되지 않은 리젝트를 폐기해버렸기 때문에 GP 수율이 나빴다. 그래서 이 리젝트만을 다시 디스크 리파이너로 처리하여 GP 수율을 개선했는데, 여기에 쓰는 디스크 리파이너는 장섬유를 얻기 위해서 고속으로 운전해야 했다. 따라서 디스크 리파이너의 디스크는 2개의 모터로 역전(逆轉)하는 double revolving 디스크 리파이너였다. 다시 말하면, 디스크는 2매가 모두 반대로 회전하는 로터뿐이어서 스테이 터는 없는 것이다. 나중에 이런 double revolving 디스크 리파이너는 칩을 리파이닝하여 GP를 만들었는데, 이것이 이른바 Refiner Ground Pulp(RGP)이다.

이런 일은 모두 김광호 주도로 추진했으나 다른 사람들에게는 충분한 설명도 없이 자기 혼자 지시할 뿐이어서 무엇을 하고자 하는지 아는 사람이 없었다. 지나치게 서둘렀던 탓일까 RGP시설은 추진과정에서 뒤로 밀려 도입 시설은 사장되고 말았다.

원목은 전국 각지에서 입수되었는데 생재(生材)는 수지장에 때문에 사용할 수 없어 수개월간 방치 seasoning 해야만 했다. 알코올, 벤젠 혼합액으로 피치를 추출하여 보면 생재나 seasoning材나 로진의 함량은 변화가 없는데도 seasoning 하지 않은 생재를 이용하면 와이 어가 로진으로 막혀 탁수가 어려워지고 프레스 롤이나 드라이어 표면에 달라붙어 지질의 요인이 되었다. 결국 일본의 王子제지(전쟁 전 북선제지에서 근무했던 일본 기술자)에 조회한 즉, seasoning 한다고 해서 로진의 함량이 감소되는 것이 아니고 오직 송지 중의 휘발성분인 terpenine oil이 감소될 뿐이며, 이 terpenine oil의 점착성 때문에 수지장에 생긴다는 회신이였다. 마치 아주 큰 은사를 만난 듯이 생각되어 문제가 생길 때마다 王子제지에 조회 문의를 했다.

이런 것은 오늘날처럼 통신이 없어 편지에 의존할 뿐이었으므로 그 회신을 받아본다는 것은 5~6개월 후의 일이었다. 자주 질문을 받은 당사자는 귀찮았는지 현재 북선제지의 기술진에는 어떤 사람이 있느냐고 물어왔다. 당시에는 북선제지 길주 펄프공장의 지배인이었던 마중국(馬鍾國)이 6.25때 피난으로 군산에 머물다가 북선제지 기술담당 부사장으로 있을 때였다. 일본에서 마중국을 아는 사람이 있을까 하면서도 기술담당은 마중국이라 했더니 깜짝 놀랄 회신이 왔다. 앞으로는 질문을 하지 말라면서 이제까지 답변해준 것은

마중국 선생에게 큰 실례를 했다는 것이다. 당시 마중국은 일본의 제지업계에서는 너무도 잘 알려진 학자이고 기술자라는 것을 알게 되었다.

## Beloit와 MHI<sup>8)</sup>

三原의 MHI는 철도차량 등을 집중적으로 만들어왔지만 제지시설이란 것은 아예 생각해 본 일도 없었다. 그런데 패전 후의 차량 주문은 완전히 두절되어 아무 일이 없었다. 그러던 중 제지기계라는 것이 있어 이를 수주하면 많은 일이 있을 거라는 소문을 듣고 三原에 가까운 三陽Pulp 岩國(이와구니)공장에 부탁하여 Voith에서 들여온 제지시설을 구경하자고 요청하였다. 가서 몇 번 구경을 하여보니 대부분이 롤의 회전으로 되어 있어 마치 차량의 바퀴가 돌아가는 것 같았다. 그래서 이런 제지기계는 차량과 같은 원리이니 우리가 한 번 만들어보겠다고 하니 웃기는 소리 하지 말라는 반응이었다.

궁하면 통한다고나 할까 우연한 기회에 富士製紙 原田공장(후에 大昭和製紙)에서 초지기 의뢰가 왔다. 그러나 도면 한 장 없을 뿐 아니라 초지기의 기본상식도 없는 판에 어디서부터 어떻게 시작해야할 지를 몰랐다. 그러던 중 마침 齊藤(사이토)鐵工所 사장의 기술적인 도움을 받아 MHI에서 No.1호의 초지기를 완성시켰다. 작업을 하여보니 over head crane이나 공작기계의 활용이 많고 또 주물이 많이 들어가 三原공장은 아주 적합한 작업이었다. 그런데 이 초지기 한 대를 마치고 나니 또 새로운 주문이 없이 지내던 차에, 國策(고쿠사쿠) 펄프 勇弘공장 No. 4 M/C을 만들어보지 않겠느냐는 상담이 있어 이를 수주 완성했는데, 이 때가 1956년으로 두 번째의 실적이었다.

1954년부터 日本製鋼所와 富岡(도미오카)機械 등에서 제지기의 해외기술 제휴선을 찾고 있음을 눈치챈 MHI는 여러 해외 메이커를 검토하였다. 물론 전쟁 전의 초지기 표준은 Voith 시설이었지만, 독일은 일본과 같은 패전국일 뿐 아니라 기술 제휴에 별반 흥미를 가지고 있지 않음을 알고, 미국제일주의인 때인지라 USA의 Beloit의 문을 두드려봤다. 당시 미국에는 Rice Barton, Pusey & Jones, Beloit 등이 활발했다.

Beloit는 이때 벌써 air cushion형의 헤드박스과 석선편입를 등을 개발 납품하고 있었다. 마침 이때 中越펄프와 紀州製紙 등에서는 air cushion 헤드박스과 석선편입를 등을 Beloit에서 수입하는 한편 나머지 초지기는 MHI에 발주할 계획이 있어 이를 미끼로

Beloit에게 기술 제휴를 요청하였다. 이때 Beloit는 三原 시설을 검토하고 이런 정도면 Beloit의 품질을 보장할 만하다고 판단, 우선 stock inlet (air cushion형 헤드박스)에 한하여 기술 제휴를 체결했다. 이렇게 하여 東北Pulp 石巻공장 No. 5 M/C에 pressure type slice형인 M/C을 납품하였는데 이때가 1957년(昭和32)이었다. 이 石巻공장에는 나중에 Belbaie No. 1기를 납입한 공장이 되었지만, 이것으로서 MHI는 Beloit의 air cushion 헤드박스를 일본 국내에 처음으로 납품하게 되었다. 이것을 계기로 Beloit와 초지기의 전면적인 기술제휴를 하고자 설계기술자들을 Beloit에 파견하게 되었는데, 이때 三原驛에는 三原공장의 공장장을 비롯하여 전원이 환송하는 환송식을 가졌는데, 그 광경은 마치 전장에 출병하는 군대의 환송식과 같았다. 이때가 1957년(昭和32)이었는데 Beloit의 안내로 미국의 제지업계를 사찰하여 보니 Beloit는 그때 벌써 300여 대의 air cushion 헤드박스를 납품하였을 뿐 아니라, 기폭 7360mm에 900m 속도의 대형 초지기를 납품하고 있어 크게 놀랐다. 그러나 Beloit는 전면 기술제휴에는 난색을 표하면서 보다 더 검토해보자는 미온적인 태도였다.

이때에 하늘이 도와준 것인지 王子製紙 苫小牧공장 9호기용으로 입하된 Burdhaus rewinder에 문제가 발생했다. MHI는 이 정보를 Beloit에 제공하고 rewinder의 기술제휴를 요청하였더니 Beloit는 rewinder의 도면은 말할 것도 없고 초지기 전체의 도면을 아낌없이 내주었다. 이렇게 해서 MHI는 1958년(昭和33)에 Beloit와 초지기의 전면적인 기술제휴를 하게 되었던 것이다. 그로부터 3년 후인 1961년(昭和36)에는 IHI(石川島播磨重工)가 Black Clawson과 기술제휴를 했고 三菱造船은 Voith와 기술제휴를 했다. 그런데 1964년(昭和39)에 MHI와 三菱造船이 합병됨에 따라 三菱造船은 자연스럽게 Voith와의 기술제휴를 파기하고 Beloit만을 선택하게 되었다. 그 후 Voith는 일본국내와의 제휴선을 日本製鋼으로 바꾸었는데 당시의 日本製鋼은 suction pick-up roll을 개발한 미국의 Millsbaugh와의 기술협력사로서 제지업계에 많은 영향력을 가진 회사였기 때문이다.

## MHI와 BelbaieII의 개발

十條製紙 石巻공장에서는 37g/m<sup>2</sup> 지평량의 진화변호용지 개발을 시도했다. 그에 따라 十條製紙는 MHI와 함께 독일의 Voith사, 미국의 Black Clawson사

와 Beloit에 기술검토자를 파견했다. 이때 Black Clawson사는 벌써 Verti Former를 개발, 상용운전을 하고 있었으나 진동과 와이어 막힘 등의 문제가 해결되지 않았고, Voith는 twin former를 착수하지도 않았다. Beloit는 Black Clawson보다는 늦었지만 1965년(昭和40)에 twin former를 개발 실용했지만 Blebaie II는 pilot machine으로 성공리에 운전할 때였다.

이때 十條製紙 기술진은 Blebaie II에 가장 많은 관심을 갖게 되어 Beloit 연구소장인 E. J. Justus와 협의를 하였는데, 지금의 pilot machine은 지폭이 500mm에 불과하며 十條製紙가 희망하는 지폭은 5,650mm나 되는 만큼 앞으로 설계에만 1년이 걸린다는 것이었다. 그래서 Beloit와 협의 하에 MHI가 설계 제작하기로 합의하였다. 이렇게 하여 1971년(昭和46) 10월에 성공리에 시운전을 하게 되었으니 이것이 세계 최초의 Blebaie II machine의 실용화이고, 그 일은 MHI가 실행했으며 운전은 十條製紙 石卷공장이었다. E. J. Justus는 그 동안에 CC roll, Venta nip roll의 발명 등 많은 신제품이 있었지만, Belbaie II 개발에 비할 바가 아니었다. 이런 관계로 MHI와 Beloit는 보다 강건한 관계를 갖게 되었고 十條製紙 石卷공장은 Belbaie II Machine의 세계 전시장이 되었다. 이런 과정을 거쳐 MHI는 한국의 시장에도 진출하였는데, 그 처음이 홍원제지(洪元製紙) 백상지 시설이었다. 이것은 한국시장에는 제1호 MHI 초지시설이었고, MHI 제지기계 생산순위로는 97번째였다.

다음은 해외 제지기계 메이커로서는 우리나라에 제일 많은 실적을 가진 MHI가 한국시장에 제공한 초지기의 개략이다.

## Voith

Black Clawson과 기술제휴를 했던 IHI는 Black Clawson의 Verti Former로 인한 곤경 때문에 자동적으로 갈라섰다. 그래서 IHI가 새로운 기술 파트너를 찾고 있을 때 유명 메이커는 Voith밖에 없었다. Beloit는 MHI와, Valmet은 SHI(住友重機)와 이미 상당한 실적을 가지고 있는 기술제휴사였기 때문이다. 그런데 유럽에서 사용되고 있는 Voith의 Duo Former F는 많은 개량을 거듭하여 wire life, retention, 소비마력, 표리차 등에서 만족했으나 아무래도 지합이 Belbaie II에 따라가지 못했다. 그것은 formation time이 너무 짧은 roll type former이기 때문인 것을 Voith도 잘 알고 있으면서도 유럽 사람들의 불만이 없어 개선에 관심이 없었다. 특히 일본사람들과 같은 지합 위주 품질평가를 Voith는 무시했기 때문이다. Belbaie II는 중간박리가 심한 결함이 있기 때문에 Duo Former F의 외관상 formation의 불량은 하등 문제가 되지 않는다는 것이 Voith의 생각이었다. 이런 와중에 몇 대의 Duo Former가 납품되었지만 역시 formation에 대한 불만은 가라앉지 않았다. 이런 틈을 Valmet의 hybrid형 Sym Former가 뚫고 들어와 일본시장의 백상지계를 석권하게 되었다.

전후 한국에 첫발을 내민 Escher Wyss사는 삼풍제지의 신문지공장시설, 한국제지 안양공장의 백상지 시설을 비롯하여 전주제지(지금의 Pan Asia) 신문지 시설 등을 공급하는 공헌도 했지만, 삼양펄프의 SCP 시설공급은 최악의 작품이었다. 우리나라와는 이런 인연을 가진 Escher Wyss사는 Sulzer 母그룹에서 떨어져 나와 Voith에 흡수되었다. Voith는 이 뿐 아니라

MHI초지기 제작No.	납품처	형식	Wire폭	지종	초속	납품일자
No.97	홍원제지	Fourdrinier	3700	백상지	390	1970/10
No.129	세풍제지 No.1	Belbaie II	5300	신문지	760	1979/5
No.130	쌍용제지 No.2	Fourdrinier	3650	Kraft	500	1979/5
No.140	풍만제지 No.1	Fourdrinier	3850	백상지	650	1981/4
No.143	한솔제지No.4 (전주)	Belbaie III	6950	신문지	1000	1985/4
No.157	한솔제지No.5 (전주)	Belbaie III	8600	신문지	950	1989/4
No.178	한솔제지No.22 (장항)	장망+Belform	5800	백상지	1100	1994/6
No.183	대한제지No.3 (청주)	Belbaie III M	6950	신문지	1500	1995/6
No.186	한솔제지No.23 (장항)	MH-H Former	5800	백상지	1300	1995/7
No.192	화승제지 (시화)	Fourdrinier Belbond	6050	Liner Board	650	1996/9

swimming roll과 soft calender 메이커인 Kuster와 supercalender의 독보적인 Kleinevefer 등의 대소 제지기계 메이커들을 흡수 합병하여 현재는 Metso Group과 함께 세계 양대 제지기계 메이커로 군림하고 있다.

## Metso Group (Valmet)

핀란드는 인구 600만 정도의 약소국으로 2차 대전 때 독일 편에 들었다가 1944년 독일이 패전하자 소련에 전쟁배상금을 지불해야 했다. 그런데 그 배상금이 자그마치 핀란드 1년 예산의 반이 넘을 정도여서 나라의 형편이 말이 아니었다. 이런 위기에서 옛날 바이킹족의 조선기술을 토대로 T. V. W.라는 조선·제지기계 전문업체를 만들었다. T. V. W.는 Tampella, Valmet, Wartsila 三社の 약자인 바, Tampella는 판지전문 메이커로, Valmet는 백상지, 그리고 Wartsila는 rewinder, cutter, water 등과 같은 종이의 후처리공정을 따로따로 분할 개발하여 갔다. 그리고 U.S.A의 Appleton, 캐나다의 Dominion, 스웨덴의 KMW, 핀란드의 Ahlstrom과 기술협의를 맺어 세계적인 제지기계 메이커로 출발했다. 그러나 후처리공정의 rewinder, cutter 등의 주문은 성시를 이루었으나 초지기의 수주는 고전을 면치 못하여, T. V. W. 삼사는 Valmet Group으로 통합하고 말았다. 이것이 지금의 Metso Group의 모체이다.

이런 가운데 Twin Former형 중 Beloit의 Belbaie I, II는 양면차와 지분(紙粉)이 없어 신문지 부분을 석권했지만, filler가 많은 백상지용으로는 적합하지 않았다. 이때 Belbaie Former의 결함을 개선한 roll former(Duo Former)를 Voith가 개발했다. 그런데 이 former도 미세분과 충전물의 보류를 크게 개선하였으면서도 지합 개선은 불가능했다. Belbaie의 단점인 충전물의 보류도 불량은 dewatering shoe 때문에 초기탈수가 과다했기 때문이며, Voith의 roll former가 지합이 나쁜 것은 formation time이 전혀 없었기 때문인 것을 착안한 Valmet사는, 초기탈수는 종래의 Fourdrinier형을 택하고 양면차 개선은 curved shoe와 forming roll로 대체한 이른바 Sym Former를 개발했다. 말하자면, twin former와 Fourdrinier의 특성을 선택한 이른바 잡종식 former(Hybrid Former)로 인쇄용지기 전문메이커로 크게 히트했다. 이 Sym Former R이 세계 처음으로 가동된 것은 1982년(昭和 57) 日本大坂製紙에서였다.

그 후 백상지도 양면차가 적은 Twin Former로 대체되기 시작했고 우리나라에서는 한국제지 온산공장(1989년 11월 4일에 준공)이 처음이었다.

## Black Clawson사와 IHI

1961년(昭和36)에 IHI는 Black Clawson과 기술제휴를 하였다. 그때만 해도 Black Clawson은 Beloit, Voith와 함께 세계 三大 제지기계 메이커였다. IHI의 협조로 처음에 일본에 진출한 것은 1967년(昭和42) 本州製紙 岩淵공장에 rice paper용 장망을 완성한 것으로 시작하였고, 같은 해에 日本 펄프 日南공장 145" machine, 1958년(昭和43)에는 國策펄프 松島공장에 145" 2대 등을 비롯하여 1969년(昭和44)년에는 6 sets의 초지기를 완성하여 IHI 전성시대를 구가했다.

그러던 Black Clawson은 1968년 Canadian International Paper의 Three River공장에 세계 처음으로 Verti Former를 설치 운전했다. 종이 발명된 이후로 물을 아래쪽으로 탈수시키는 편면탈수형(片面脫水型)이었으나, Black Clawson은 과감하게도 수직형 양면탈수(兩面脫水) 기능을 가진 이른바 양면탈수장치를 개발했던 것이다. Black Clawson은 이 Verti Former를 개발하는 데 11년의 세월을 보내면서 \$2,500,000이라는 연구개발비를 투자했다. Canadian International의 성공여부를 확인하기도 전에 1969년에는 大昭和製紙 吉永 1호기, 1970년에는 東洋 펄프 吳公장, 本州製紙 富士공장 등에서 주문이 들어왔다.

그러나 설치 운전하여보니 Stock Inlet가 2매의 Wire Gap의 위쪽에서 흘러 내려오는 구조여서 진동이 많고 wire의 오염이 너무 심했다. 이것을 개량하고자 할 때는 이미 Black Clawson이 체력이 소진되어 재기불능의 늪 속으로 빠져들어 가버렸다. 더구나 이때 한발 늦게 출발한 Beloit의 Former는 같은 직립식(直立式) Twin Wire이면서도 Stock Inlet을 아래쪽에 설치하여 위쪽으로 분사하는 방법으로 Black Clawson의 문제점을 개선했다.

이렇게 하여 만들어진 Belbaie M/C은 양면탈수에서 종이의 양면차가 없고 미세 Fine 등이 양쪽으로 빠져나가 지분발생이 적어 고속 Newsprinting에 아주 적격이었다. 이 Belbaie former를 개발한 주역은 Beloit 연구소장인 E. J. Justus였는데, 여기에서 생산된 신문지가 아니면 신문사에서 기피했다. 그래서 E. J. Justus는 금후 신문지용으로 Blebaie Former를 선택하지 않는 신문지 메이커는 스스로가 망하는

길을 택할 것이라고 했을 정도로 큰 인기였다. 이런 Belbaie Former가 우리나라에 처음 설치된 것은 세 풍제지 군산공장이었다(Belbaie II, 5300 Wire, 760m 초속, 1979년 5월).

당초 Black Clawson은 초지기, 원료조성기, coater의 3개 부분을 독자적으로 개발하여 왔는데 초지기는 Verti Former의 실패로 문을 닫고 원료조성기와 코터 부분에만 적극 개발해왔다. 그 덕분에 코터 부분은 Varidwell jet fountain blade coater의 성공으로 많은 시장을 점유하게 되었고, 원료조성 쪽은 펄퍼와 fine screen 등에서 큰 인기를 얻었는데, 특히 fine screen의 경우 self cleaning 기능을 가진 impeller의 디자인은 유명했다.

### 초지기 파트별 발전사

지난 50년(1952~2002) 간의 제지기술발전은 1808년 Robert가 창안한 장망초지기가 실용된 이후로 가히 혁명적인 발전을 해왔다. 초지속도의 병목지점이었던 wire part의 탈수문제는 twin former의 개발로 완벽하게 해결되어 그 문제점은 press, dryer로 넘어갔는데, 그 과정의 개발품목을 더듬어보면 다음과 같다.

#### (1) Formation Part

Wire part의 탈수 소자를 table roll에서 hydrofoil로 대체하고(1961), Twinver Former가 개발되었는가 하면(1968), 캐나다에서 처음으로 twin wire를 이용한 Verti Former가 시운전되었다(1968). 또 1972년에는 캐나다의 Dominion Iron Works가 Papriformer를 개발했고, 1977년 이후로는 Beloit의 Belbaie II가 신문지시장을 석권하면서 wire part 탈수문제는 초속 상승에 문제가 되지 않았다.

한편, 1975년도까지의 인청동제 wire cloth가, 1966년에는 chrom coated wire와 stainless wire로 바뀌었다. 그런 과정에서 많은 문제점이 있으면서도 1951년부터 꾸준히 개발해왔던 동독의 plastic wire가 multi filament에서 mono filament로 바뀌면서 실용화에 성공했다(1960). 따라서 지금은 특수한 지종을 제외하고는 100% plastic wire가 이용되고 있다. 이렇게 해서 formation part의 bottle neck는 press part로 넘어갔다.

#### (2) Press Part

Press part의 초속 상승은 습지의 지절이 문제였다. 그리고 그 지절은 습지 단독으로 주행하는 이른바 open draw(습지 단독으로 주행하는 구간) 부분에서 발생했다. 그래서 지질의 주행 스트레스를 해소하기 위해서 Beloit는 Twinver Press(1954년)를 고안했지만 open draw는 여전히 문제였다. 이 open draw를 없게 설계한 No-Draw Press Section은 Valmet가 시작해서 지금까지도 사용되고 있다. Open draw가 없으니 지절이 발생할 수 없고, 그래서 속도 상승제한도 없어졌다.

지절 문제 뿐 아니라 착수율을 개선하거나 수분의 프로파일 개선을 위한 suction hot press, fabric press, 스웨덴의 KMW가 개발한 Uni Press, steam box, 1964년 Nordiska Felt Maker가 개발한 shrink fabric press, 독일의 Küster가 만든 swimming roll, nylon press roll, blind drilled press, C.C. roll, divided press roll, Venta Nip Press Roll, Black Clawson사가 개발한 high I press roll, Dri-Press Roll과 A-Roll, Tempella가 개발한 Long Nip Press(LNP), Tem-Sec Press Roll, Beloit가 개발한 ENP(Expanded Nip Press) 등은 모두 지난 50년 동안에 새로 개발된 것들이다.<sup>9)</sup>

No-Draw Press Section은 지절을 없게 했다 해서 제일 큰 공로자라면, 습지의 착수율을 개선한 것으로는 여러 가지 형태의 press roll이 있지만 현재로서는 ENP가 가장 좋은 착수율을 가지고 있다. Beloit가 개발한 ENP(당시의 ENP는 Open Type ENP)에 관한 불만도 한때는 많이 있었다. Shoe의 lubrication을 위한 oil unit의 문제, rubber blanket의 수명과 가격 문제 등이 그 문제였다. 그래서 Valmet과 Voith는 수년간을 ENP를 무시해오다가 최근부터는 open type blanket을 closed type으로 개선하면서 두 가지 문제점을 해소했다.

Press roll의 구조뿐 아니라 여기에 필수적으로 사용되는 felt 또한 많은 발전이 있었다. 초지기가 실용되면서부터 100%의 천연모(natural wool)로 만들었던 press용 felt는 1950년도 Dupon사가 Nylon계 합섬을 발명함에 따라 1955년부터는 합섬과 천연섬유의 혼방 felt를 사용하기 시작했다<sup>10)</sup>

이런 혼방 felt는 1961년부터는 BOB felt(Bottom Base Needle Felt)를 쓰다가 1975년부터는 100% 합성섬유로 바꾸어 BOM felt(Bottom Mesh Needle Felt)를 사용하게 되었다. 합성섬유의 강도는 양모섬

유보다 여러 가지 면에서 강하여 종이 톤당 Felt 소모량은 10분의 1로 감당할 수 있게 되었다. 그래서 천연 섬유 때는 종이 톤당 384g의 felt 소모단위가 지금은 38g으로 개선되었다.

### (3) Dryer

Formation part와 press part의 증속문제는 twin former와 no-draw system으로 해결되고 보니 이제는 dryer nest 내의 지질이 문제였다. 역시 dryer 내의 free run 부분 fluttering이 지질의 발생요인이 되었기 때문이다. 이 free run을 없게 할 수 있는 것이 single canvas이고 이것을 구체화한 것이 Valmet의 Sym Run이다. 다시 말하면 상층부의 dryer는 paper dryer로 하고, 하층부의 cylinder는 canvas와 sheet 유도용으로 Uno-roll을 배치한 이른바 과거의 double deck에서 single deck으로 한 것이다.

Dryer의 처음부터 끝까지 같은 방법으로 배치하면 완성된 종이 curl 요인이 되므로 wet end part는 하층에 dryer-end, 상층에 Uno-Roll을 설치한다. 이 경우 1000m/min 이상의 speed일 때는, Uno-Roll의 표면에서 wet sheet가 분리될 가능성이 있어 suction형 Uno-Roll을 택하거나, UHL box를 이용한다.

한때 kraft sack paper의 신축성을 위해 Sanford Cluett가 고안한 Clupack과 St. Regis Paper Co.가 개발한 Duo Stress 장치도 지난 50년 이후의 고안이며, 가열성 steel band로 가압하여 건조효율과 리그닌의 용해를 기도한 CondeBelt를 고안한 Valmet의 신상품은 시험단계에서 머물고 있다.<sup>11)</sup> 광폭종이의 수분 profile을 개선시키기 위해서 Black Clawson사가 개발한 P.V.Roll이나 밀폐 hood 덕으로 profile의 개선에 한몫을 했다. Canvas dryer의 효율 개선을 위해 고안되었던 Heim Bach Dryer나 Harper Felt Dryer, Voith의 Felt Blow Roll도 한때는 상당량 이

용되었으나 plastic canvas 출현과 함께 자취를 감추었다.

Dryer용 Canvas는 초지단계부터 벌써 100%의 cotton으로 만들었지만, 일본은 1908년에야 144" 직기를 영국에서 수입하여 일본에 보급했다. 그 후 기계 폭이 증가함에 따라 240" 직기를 미국의 Crompton사에서 수입한 것이 1910년이다. 그러나 그 수명이 3~6개월에 불과하고 제습과 건조 등에 문제점이 많아, 1950년도부터는 영국의 ICI사가 polyester계 합섬 canvas를 이용하기 시작했다. 이것도 single canvas용으로는 부적합하여 지금은 1974년에 개발된 polyether ether keton 합섬이나 polyphenylene sulphite계의 내열성 canvas가 주로 쓰이고 있다.<sup>12)</sup>

따라서 런던에 있는 Bowater제지공장에서 실험하여 발표한 A.H. Nisson의 탈수이론은 dryer canvas에는 적합하지 않다는 사실이 입증되기도 했다.<sup>13)</sup> 종이의 인쇄적성과 평활도를 위해서는 dryer 공정 중에서 표면 sizing하는 예가 많다. 요즘 일반적으로 사용되는 2-roll size press(일명 pond type size press)는 벌써 있었지만 3-roll size press, 4-roll size press(일명 gate roll), Bilblade coater 등은 물론 밀도를 높이지 않고 광택을 개선하는 Kuster사의 soft calender도 모두 근년의 개발품이다.

이렇게 발전된 새로운 시설은 우리나라에도 도입되어 신문지(세풍제지를 시작으로 Pan Asia Paper, 대한제지 등이 Belbaie II Machine 도입 설치), 백상지(한솔 전주공장의 Valmet, MHI 시설, 신무림제지 전주공장의 Valmet 시설), jute liner(신대양제지의 MHI Belbond, 아세아제지의 Valmet 시설) 등을 생산하고 있는데, 그 작업속도나 생산단위, 품질면에서 세계 첨단을 걷고 있다.

또한, 참고문헌이란 기계나 소모품 메이커의 카탈로그에만 의존했을 뿐 종이에 관한 단행본 한 권 없던 우리나라에도 다음과 같은 저서, 번역본이 나와 현장에서 일하는 기술자들의 양식이 되고 있다.

번호	책 명	저 역 편 자	출 판 사	출간 연도
1	인쇄용지	인쇄용지분과위원회 편집	제지공업연합회	1987
2	펄프제지공학	G.A.Smooker 저/조병목 역	대한교과서(주)	1987~1996
3	펄프제지공학	윤병호, 전양, 조현정 외	선진문화사	1995
4	제지과학	이학래, 이복진, 원종명 외	광일문화사	1996
5	한지제조이론과 실제	전철	원광대학교 출판부	1996
6	알아야 할 천년의 종이 중성지	신동소, 신준섭, 이복진	한국펄프종이공학회	1998
7	지료화학	조중연, 민춘기, 신준섭 공역	용인송담대 출판부	2000
8	펄프제지폐수처리기술	조준형	강원대학교 출판부	2000
9	종이	권명희 역	시공사	2000
10	종이만들기	이승철	학교재	2001
11	펄프제지기술사전	펄프종이공학회	아카데미서적	2001
12	특수기능지	조중연, 민춘기, 신준섭 공역	용인송담대 출판부	2001
13	중국제지기술사	조병목 역	광일문화사	2002
14	우리한지	이승철	현암사	2002
15	고지 리사이클링	신동소	서울대학교 출판부	1995
16	페이퍼로드	陳舜臣 저/조형균 역	예담출판사	2002
17	제지학	F.H.Norris 저/이범순 역	미문사 제지연합회	1963
18	포장이야기	김청	포장산업	1998
19	인쇄이야기	김청	포장산업	2001
20	종이판지이야기	김청	포장산업	1998
21	골판지지기이야기	김청	포장산업	1998
22	신정보산업용지	조형균 역	제지공업연합회	1987
23	Paper Machine	김순철		1969
24	골판지제조이론과 응용	김순철	해동출판사	1979
25	원료의 고해	김순철	해동출판사	1979
26	종이의 제조이론과 응용	김순철	세환출판사	1985
27	종이이야기	김순철	포장산업	1992
28	골판지기술	김순철	예진출판사	1997
29	종이역사	김순철	예진출판사	2001
30	초지기해설(장망초지기편)	磯田清藏 저/김재철, 김봉태 역	박경문화사	1968
31	초지기해설(환망초지기편)	磯田清藏 저/김재철, 김봉태 역	박경문화사	
32	제지공학	村井操 저/이호연 편저	박경문화사	
33	펄프종이기술편람	한국제지공업연합회		1985
34	백판지	한국제지공업연합회		1987
35	골판지포장규격집	한국골판지포장공업협동조합		1989
36	펄프제지경영편람	한국제지공업연합회		1986
37	지업수첩(紙業手帖)	박경주 편	대호출판사	1980
38	한국의 종이문화	국립민속박물관 조유전	도서출판 신유	1995
39	실용과 장식을 겸한 오색한지공예	상기호	한림출판사	1988
40	표구의 이해(I)	고익수	강남출판사	1955
41	제지공학	박선옥	세경문화사	1984
42	포장개론	김청	포장산업	2003

이상으로 지난 50년 간의 우리나라와 세계 제지기술의 지나는 길을 정리해 보았다. 과연 앞으로의 50년 후에는 어떤 변화가 있을지 기대된다. 그리고 그 때는

누가 새로운 50년 간의 실적을 정리할 것인지도 궁금하다.



## 인용문헌

1. 종이역사 (김순철) p. 263.
2. 종이역사 (김순철) p. 268.
3. PPI July, 2002 p. 7~8.
4. 종이역사 (김순철) p. 294~297.
5. 百万塔 103号 p. 37.
6. 종이역사 (김순철) p. 270~271.
7. 종이의 제조이론과 응용 (김순철) p. 238.
8. 抄紙技術戦後五十年の歩み (藤井博昭).
9. 종이의 제조이론과 응용 (김순철) p. 416~438.
10. 抄紙用Felt 戦後五十年の歩み (高橋和平)
11. 종이의 제조이론과 응용 (김순철) p. 547~549.
12. 抄紙用Dryer Canvas 戦後五十年の歩み (河島博).
13. 종이의 제조이론과 응용 (김순철) p. 412.