

보전조직이 보전성과지표에 미치는 영향에 관한 연구 : 제지산업을 중심으로

구성태 · 김창은[†]

명지대학교 산업경영공학과

A Study on the Effect of Maintenance Organization over Maintenance Performance Index : Based on Paper Industry

Sung Tae Ku · Chang Eun Kim

Dept. of Industrial and Management Engineering, Myoung Ji University

This study is intended to propose optimal maintenance organization to process industry, especially paper industry by analyzing maintenance organization of paper industry and finding out how the maintenance organization and the allocation of maintenance resources influence maintenance performance indices here in this paper. In this study, we analyzed the maintenance organization in detail and studied correlation between maintenance organization and equipment failure rate for the major top six domestic paper-mills in market share. According to the study, the maintenance organization has been changed in accordance with its business environment, but its performance was different by both the allocation way of maintenance resources and the structure of maintenance organization. For paper industry, whose availability is the most important key index that determines the success or failure of a business, it turns out to be the most effective strategy that operates the combination maintenance combined central maintenance with area maintenance and allocates the maintenance resources mainly for preventive maintenance. In particular, it turned out to be that there is the strong positive correlation between the rate of shift workers and the equipment failure rate. The results of this study is not limited to paper industry, but expandable to other industry. So it is expected that the direction of the maintenance organization would be given to the company which is struggling to improve its availability.

Keywords: Maintenance Organization, Maintenance Management, Plant Maintenance

1. 서론

치열한 생존경쟁 속에서 각 기업들은 국제적인 경쟁력 확보를 위해 부단한 노력을 경주하고 있다. 제조업을 기반으로 하는 기업은 주로 제조현장을 대상으로 혁신활동을 추구하고 있으며, 제조현장은 전통적으로 4M(Man, Machine, Material, Method)을 기본으로 혁신활동이 이루어지고 있다.

생산의 입력요소인 4M 중에서 설비(Machine)는 거대자본이 투입되는 생산의 가장 핵심요소라 할 수 있다. 특히 제지산업

과 같은 장치산업은 설비의존도가 타 업종에 비해서 높으며 거액의 설비투자가 필요한 산업이다. 국제규모의 경제성을 갖는 설비투자 소요금액을 환산하면 종이 및 판지분야에서 1,500억 원(500 M/T)~3,000억 원(1,000 M/T)이라는 막대한 비용이 산출되고 있다. 거액의 설비투자가 필요하며 타 산업에 비해 2배 이상의 시설비와 생산규모를 갖추어야 하는 자본집약적 산업으로써 자본의 고정화가 심하기 때문에 가동율이 곧 경영의 성패를 좌우한다(무역위원회, 2006).

이와 같이 설비중심의 장치산업에서는 특히 설비관리가 중

[†] 연락저자 : 김창은 교수, 449-728 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-1 명지대학교 산업경영공학과, Tel : 031-330-6229, Fax : 031-321-6598,
E-mail : changkim@mju.ac.kr

2013년 2월 3일 접수; 2013년 4월 9일 수정본 접수; 2013년 10월 14일 게재 확정.

요하다. 설비관리는 설비의 설계에서부터 제작, 건설, 시운전, 생산, 보전, 폐기까지를 관리하는 것이며, 이 중에서 설비의 탄생이후를 관리하는 것을 협의의 설비관리, 즉 설비보전(Maintenance)으로 구분하고 있다(KMAC, 1996). 보전(Maintenance)이란 용어는 영어 사전적으로 ‘적절한 상태로 유지하는 모든 일’로 정의되고 있지만 국제적으로 여러 기관에서 다양하게 해석하고 있다(Khazraei and Deuse, 2011). 그러나 보전경영(Maintenance Management)분야 연구나 논문에서는 일반적으로 ‘자산 또는 시스템이 요구되는 기능을 수행할 수 있는 상태로 복구 또는 유지하기 위한 모든 기술과 관리적인 활동의 조합’으로 정의한다(Peng, 2012; Parida and Kumar, 2006; IEC, 2013).

설비보전의 목표, 즉 최적의 보전으로는 ‘최소의 자원비용(Resource Cost)으로 규정된 안전표준과 설비조건을 지키면서 목표로 하는 생산량과 품질을 달성하는 것’이다(Salonen and Bengtsson, 2011; Kelly, 2006). 설비보전의 목표에서 보전자원(보전인원, 보전자재 등)은 입력요소로 출력요소인 생산량과 품질을 달성하기 위한 핵심 요소임에도 불구하고 기업경영에서 간과되고 있는 것이 현실이다. 본 논문의 목적도 보전조직과 보전자원의 활용이 생산량과 직결되는 가동율에 어떤 영향을 미치는가를 연구하여 효율적인 보전조직 구성에 도움을 주기 위한 것이다. 보전조직은 기술의 발전과 시대에 따라 변화하고 있으며 업종 및 업체의 특성에 따라 그 구성과 운용방법이 상이하다. 따라서 어떤 보전조직이 최선인지 판단할 수 있는 객관적인 기준과 방법을 정하기 어려운 것이 현실이다. 보전조직은 장치, 가공과 같이 산업별 특성이나 경영자의 설비관리 중요성 인지도에 따라 조직구성, 인원, 근무형태를 달리 하고 있다.

보전조직에 대한 연구는 1962년 미국 Herman F. Bottcher에 의해 4가지 형태의 보전조직이 제시된 이후 Wireman(1990), Kelly(1997), Nyman and Levitt(2010) 등에 의해 다방면으로 연구되어 왔으나 국내에서는 이 분야에 대한 연구가 거의 이루어지지 못하고 있다. 특히 보전요원의 배치형태, 근무형태, 업무형태와 같은 세부적인 부분과 보전성과지표와의 연관성에 대한 연구는 더욱 찾아보기 어려운 실정이다. 본 연구에서는 제지산업을 중심으로 보전조직구조, 보전자원의 배치와 보전성과지표와의 관계를 분석하고 효율적인 보전조직 구성방안에 대해 제시하고자 한다.

보전조직에 대한 세부적인 부분은 산업별, 업종별, 규모별로 큰 차이가 있기 때문에 본 연구에서는 장치산업 중에서도 제지산업을 대상으로 한다. 제지산업 중에서도 생산량(ton) 기준 점유율이 높은 인쇄용지 업체와 백판지 업체를 대상으로 보전조직을 조사하였다. 그 이유는 사업장 규모나 인원측면에서 일정규모의 보전조직을 갖추고 있는 업체라야 연구의 의미가 있으며 또한 연구결과를 적용해서 확산효과를 얻을 수 있기 때문이다. 연구대상 업체는 인쇄용지 업체 3개 사업장과 판지업체 3개 사업장을 선정하였다.

본 연구는 그동안 제지산업을 중심으로 종합적생산보전(TPM), 보전정보 시스템(CMMS), 계획보전(Planned Maintenance), 신뢰성중심보전(RCM) 등 설비보전 분야에 컨설팅을 해오면서 관심을 가지게 되었다. 특히 연구대상 업체 중 한 업체의 설비가동을 문제로 컨설팅을 진행하면서 보전조직이 가동율에 큰 영향을 미친다는 것을 인식하게 되었고 본 연구를 시작하게 되었다. 수년간 제지회사 컨설팅을 통해 각 회사마다 고유한 보전조직을 가지고 있고 운영 형태에 따라 예방보전의 효과와 함께 가동율에도 차이가 난다는 사실도 인지하게 되었다.

본 연구는 학문적인 연구가 아니라 작게는 1년, 많게는 7년 이상 제지회사 보전조직에 대한 진단, 교육, 컨설팅을 수행하면서 수집된 실증자료를 바탕으로 보전조직의 효율성에 대한 연구의 결과이다.

본 연구를 통해서 제지산업을 보전조직 구조, 보전자원의 배치형태가 예방보전 활동의 효율성과 보전성과 지표와 연계된다는 사실을 밝히고 제지업체의 보전조직 혁신을 통해 제지업체 경쟁력 향상에 도움이 되고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 제지산업 이해

(1) 종이의 종류

제지산업은 “목재펄프 또는 기타 섬유질 셀룰로오스 재료 펄프, 웨이스트 및 스크랩 폐지 등을 원료로 하여 신문용지, 인쇄용지와 같은 정보재와 화장지, 필기용지, 포장재 등의 생활재 지류(紙類)나 판지를 제조 및 수출입하는 산업”으로 정의한다(무역위원회, 2005). 한국표준산업분류(KSIC : Korean Standard Industrial Classification)에 의하면 제지산업은 펄프·종이 및 판지제조업(C171)에 해당되며, 펄프 제조업(1711)과 종이 및 판지 제조업(1712)으로 구분된다.

종이(Paper)와 판지(Paper board)는 제품의 두께에 따라 분류되며, 제지업계에서는 0.3mm를 기준으로 이보다 얇으면 종이, 두꺼울 경우 판지로 구분하고 있다. 한국제지공업연합회에서는 <Table 1>과 같이 종지와 판지를 구분하고 있다. 종지는 신문용지, 인쇄용지, 특수지, 위생용지, 포장용지로 구분하고 판지는 백판지, 골판지, 기타판지로 구분하여 통계자료를 발표하고 있다.

한편 국내 제지업체의 2011년 생산량(M/T) 기준 지종별 점유율을 보면 <Table 2> 와 같이 판지와 인쇄용지가 약 80%를 점유하고 있다(한국제지공업연합회, 2012). 이러한 통계자료에 따라 본 연구에서는 국내 제지업체 중 시장점유율이 높은 판지업체와 인쇄용지 업체를 대상으로 하였다.

(2) 제지 공정

제지공정은 보전조직 연구에 있어서 중요한 항목이다. 일부 회사의 보전조직은 공정별로 보전요원을 배치하기 때문이다.

Table 1. Classification of the paper

구분	세부 구분	용도
종이	신문용지	신문 인쇄에 사용되는 종이로, 주요 사용원료는 폐지이며 일부 기계펄프가 포함되기도 함
	인쇄용지	인쇄, 필기 목적 또는 다른 정보교환 형태로 사용되는 종이. 신문용지는 제외 함
	특수지	용도에 따라 각각 적합한 성질을 부여하여 특정용도에 사용하는 종이
	위생용지	화장지, 티슈, 타월 등과 같이 가정이나 공공장소에서 위생용으로 사용되는 종이
	포장용지	물품의 수송, 보관 등에 사용되는 종이. 판지는 제외 함
판지	백판지	여러 층으로 겹뜨기 한 판지의 한 종류로 제약, 제과, 화장품 등의 날개포장에 쓰임. 주로 내부 포장용으로 사용
	골판지원지	주로 물품의 외부포장에 사용되는 골판지의 원지로, 표면과 이면에 쓰이는 라이너와 가운데 주름으로 쓰이는 골심지로 구분
	기타판지	백판지와 골판지원지에 포함되지 않는 판지

Table 2. Share of paper type based on 2011 production

지종	판지	인쇄용지	신문용지	기타	포장용지	합계
생산량(톤)	5,817,538	3,278,415	1,537,479	623,504	223,436	11,480,372
비율(%)	51	29	13	5	2	100
누적점유율(%)	51	80	93	98	100	100

제지공정은 제품용도별로 다소 차이는 있으나 <Figure 1>과 같이 크게 조성공정, 초지공정, 가공공정, 완정공정으로 이루어진다.

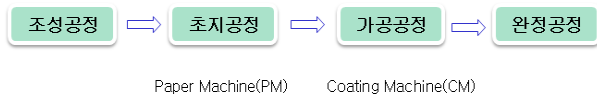


Figure 1. Papermaking process outline

조성공정은 종이의 주원료인 펄프를 해리, 고해하고 충전제를 비롯한 각종 약품을 배합한 후 클리너와 스크린 등에서 정선, 제진 과정을 거친 다음 초지기의 헤드박스로 보내는 공정이다. 설비의 종류는 주로 펌프와 같은 회전기계, 고정기계로 이루어진다.

초지공장은 지료를 탈수, 건조하여 종이를 초지하는 공정이다. 헤드박스에서 분출된 지료는 와이어(Wire) 파트에서 지펄로 형성되고 프레스(Press) 파트에서 압착 탈수와 지펄 표면을 평활하게 하는 과정을 거친 다음 드라이어(Dryer) 파트에서 잔류 수분을 증발시킨다. 카렌다(Calendar)에서는 종이의 표면 평활성과 두께를 조절한다. 초지공정의 주기기를 초지기(PM : Paper Machine)라 부르고 있으며 고장건수, 고장시간 등 보전지표 관리를 하는 핵심설비이다.

가공공정은 초지기에서 생산된 원지표면에 인쇄적성 및 화상 재현성을 좋게 하기 위하여 도료를 도피하는 공정이다. 언와인더(Unwinder)공정에서 코터(Coater)로 보내진 종이는 표면에 도료를 블레이드나 로드 등으로 균일하게 도피하는 과정을 거친 다음, 드라이어에서 열풍으로 건조하고 슈퍼카렌다(Super

calender)에서 표면에 고풍택이 부여된다.

완정공정은 초지 또는 도공공정이 끝난 종이를 수요자의 요구에 따라 권치 또는 평판으로 재단하는 공정이다. 이 공정에서 단위포장을 거친 종이는 제품으로 수요자에게 공급된다(정해만, 2009).

2.2 보전조직

(1) 보전조직에 대한 선행연구

보전조직에 대한 연구는 1962년 미국 Herman F. Bottcher가 ‘Maintenance Beyond Tomorrow’라는 논문에서 4가지 분류로 보전조직 형태를 발표하고 이를 일본능률협회 발행 PM저널에서 1962년 8월호에 번역 개재하였다(KMAC, 1996). 4가지 보전 형태는 보전요원을 조직구조상, 배치상 집중인가 분산인가에 따라 분류한 것으로 집중보전(Central Maintenance), 지역보전(Area Maintenance), 부문보전(Departmental Maintenance), 절충보전(Combination Maintenance)으로 분류하고 있다.

Wireman(1990)은 지역적인 보전조직(Geographical Maintenance Organization)으로 3가지 보전조직으로 분류하였다. 집중보전(Centralized), 지역보전(Area), 절충보전(Combination or Hybrid)으로 분류하였으며 Bottcher가 분류한 방식과 유사하지만 이 중 부문보전이 제외되었다.

Kelly(1997)는 보전조직 목표에 만족할 수 있는 보전조직 설계 방법으로 자원구조(Resource structure)와 관리구조(Administrative structure)를 제시하였다. 이 저서에서는 구체화된 여러 형태의 보전조직 설계방법에 대해 제시 하였지만 Bottcher나 Wireman처럼 보전조직을 조직구조, 배치형태에 따라 구분한

것이 아니라 보전조직을 설계, 제조 등과 연계하여 보전조직의 효율성을 높이는데 주안점을 두었다.

Wireman(2004)은 지역적인 조직구조(Geographical Organizational structure) 분류방식 외에 보고구조(Reporting Structure) 중심으로 보전중심 모델, 제조중심 모델, 기술중심 모델을 추가하여 새로운 보전조직 형태를 제시하였다.

Hahm(1997)은 한국제조업체의 설비관리 조직변화 과정을 연구하였으나 보전조직의 독립성 여부와 보전인원의 비율에 대한 통계적인 조사 자료에 그치고 있다. 보전조직에 대한 통계조사는 집중보전, 지역보전, 절충보전, 부문보전과 같이 보전조직의 기본 형태로 조사하지 않고 ‘독립체제로 운영, 기능적으로 독립, 제조과 또는 생산과에서 겸직, 공식명칭으로 존재하며 완전 독립형태로 조사하였기 때문에 보전조직 연구의 연속성에는 한계가 있다.

한국능률협회컨설팅(KMAC)에서는 1993년, 1996년, 1998년 ‘국내 제조업체 설비관리 실태조사보고서’를 발표하였다. 1998년 설비관리 실태조사보고서에는 국내 제조업체 62개 사업장에 대해 조사결과를 발표하였고, 이중 보전조직에 대한 조사는 Bottcher가 분류한 4개 보전조직으로 실태를 조사하였다. 그러나 이 조사는 보전인원의 배치형태, 근무형태 등 세부적인

조직형태까지는 조사하지 못한 한계가 있다.

(2) 보전조직 분류에 대한 고찰

본 연구를 진행하기 위해서 선행 연구된 보전조직 특성에 대해 고찰해 보고자 한다. 국내의 설비관리 실태조사나 일본 설비관리협회(JIPM) 보전조직 분류에서 사용되고 있는 Bottcher의 분류방식에 따라 보전조직의 특성과 장단점을 비교해 보면 다음과 같다(Nakano, 1999; KMAC, 1996).

1) 집중보전(Central Maintenance)

모든 보전작업 및 보전요원이 한명의 보전관리자(팀장, 부장)에게 집중되며 보전현장도 한 개소에 집중되는 형태이다. 설계, 공사, 관리도 한군데 집중되며 보전관리자는 제조책임자와 독립된 위치에서 보전업무를 총괄하게 된다.

2) 지역보전(Area Maintenance)

조직상으로는 집중보전과 마찬가지로 한명의 보전관리자 아래 조직되지만 보전요원의 배치는 각 지역에 분산된 형태이다. 지역이란 지리적 혹은 공정별, 호기별, 제품별, 제조부문별, 업무기능별로 나누어진다.

Table 3. The advantages and disadvantages of the central maintenance

장점	단점
① 기동성이 있다.	① 현장과의 일체감이 결여.
② 인원 배치상의 유연성이 있다.	② 작업장 이동시간의 소비.
③ 보전설비, 공구의 유효한 이용이 가능하다.	③ 작업요청, 완료까지의 시간적인 지연.
④ 특수기능자의 효과적 활용이 용이하다.	④ 보전요원의 특정설비 기술습득이 곤란하다.
⑤ 보전책임이 명확하다.	⑤ 생산라인 혹은 공정변경에 신속성 결여.
⑥ 보전요원 통제가 확실하다.	⑥ 작업일정 조정에 보전부문 관여.
⑦ 보전원의 기능향상 교육이 용이하다.	⑦ 적절한 관리, 감독 및 통제가 필요하다.

Table 4. The advantages and disadvantages of the area maintenance

장점	단점
① 현장과의 일체감이 있다.	① 인원배치상의 유연성 제약.
② 작업장 이동시간이 절약 된다.	② 보전용 공구의 중복투자가 된다.
③ 작업요청, 완료 등 업무의 신속한 처리가능.	③ 특수기능자의 효과적 활용이 난이 하다.
④ 보전요원의 특정설비 기술습득이 용이.	④ 지역보전 그룹별로 필요이상의 스태프 필요.
⑤ 생산라인 혹은 공정변경이 신속하게 진행.	⑤ 대규모 수리작업 혹은 작업조정에 어려움.
⑥ 작업일정 조정이 용이하다.	⑥ 배치, 전환, 고용 등 인사문제 발생우려.

Table 5. The advantages and disadvantages of departmental maintenance

장점	단점
① 현장과의 일체감이 있다.	① 제조 감독자들이 보전업무 및 기술지원 난이.
② 작업장 이동시간이 절약 된다.	② 생산계획 우선으로 보전작업을 경시.
③ 작업요청, 완료 등 신속한 업무처리 가능.	③ 공장의 보전책임은 분할된다.
④ 보전요원의 특정설비 기술습득이 용이.	④ 보전비등 각종 관리, 통계의 어려움이 있다.
⑤ 생산라인 혹은 공정변경이 신속하게 진행.	⑤ 생산업무 지원으로 보전요원 고유 업무 무시.
⑥ 보전계획과 생산계획의 균형이 용이하다.	⑥ 기타 단점은 지역보전과 동일.

Table 6. The advantages and disadvantages of combination maintenance

장점	단점
① 집중보전 요원은 전 공장의 대단위 공사, 대규모 수리에 대응할 수 있다.	① 집중보전 요원은 지역 간의 왕래에 시간낭비가 많고, 전 공장 작업관리가 어렵다.
② 보전비용 관리가 용이하다.	② 중요작업의 우선순위는 보전에 의해 결정된다.
③ 지역 보전요원은 대수리 작업이나 생산 현장에도 활용 가능하다.	③ 각 지역에 스텝을 필요 이상으로 배치하는 경향이 발생 한다.
④ 지역 보전요원은 생산현장의 중요 설비에 대해 보전이 쉽다.	④ 지역별로 보전용 장비가 중복될 수 있다.

3) 부문보전(Departmental Maintenance)

조직상으로 보전책임자는 제조부문장의 아래에 소속되며 보전요원은 특정지역 또는 업무에 따라 배치된다. 조직의 크기에 따라 보전책임자는 제조부문장 밑에서 보전조직을 관리하기도 하고 보전요원이 제조과장 직속으로 소속되기도 한다.

4) 절충보전(Combination Maintenance)

공장 형태, 제조 형태에 따라 집중보전, 지역보전, 부문보전의 장단점을 결합한 형태의 보전 조직이다. 절충보전에서는 보전고유의 업무와 책임이 고려되어야 한다. 공사관리, 예방보전, 설비진단업무, 윤활관리 등에 대한 업무별 책임한계를 분명하게 정할 필요가 있다.

한편 Wireman(2004)이 지역적인 보전조직으로 분류한 집중조직(Centralized Organization), 지역조직(Organization By Area), 절충조직(Hybrid Organization)은 Bottcher의 분류방식과 부문보전만 제외하고 동일하다. Wireman은 또 다른 분류방식으로 보고체계(Reporting Structure) 중심으로 보전중심 모델(The Maintenance-Centric Model), 제조중심 모델(The Production-Centric Model), 기술중심 모델(The Engineering-Centric Model)을 추가하여 새로운 보전조직 형태를 제시하였다.

1) 보전중심 모델(The Maintenance-Centric Model)

보전부서장이 생산부서장, 기술부서장과 동일한 레벨에서 보고가 공장장에게 올라가는 형태로 보전업무에 대한 책임과 권한이 보전부서장에게 있는 조직이다. 집중보전조직과 같은 개념의 조직이다.

2) 제조중심 모델(The Production-Centric Model)

보전부서장이 생산부서장 하부조직으로 소속되며 보전업무에 대한 모든 보고가 생산부서장을 통하여 공장장에게 보고되는 조직이다. 보전업무가 경시될 수 있는 조직이며 Bottcher의 부문보전과 동일한 개념이다.

3) 기술중심 모델(The Engineering-Centric Model)

보전부서장이 기술부서장 하부조직으로 소속되며 보전업무가 기술부서장을 통하여 공장장에게 보고되는 조직이다. 이 조직은 프로젝트 중심의 업무 때문에 보전자원이 프로젝트에

투입될 경우 기존의 설비관리나 예방보전에 문제가 발생될 수 있다.

3. 제지산업의 보전조직 연구

3.1 보전조직 분석

전형적인 장치산업의 일종인 제지산업은 보전조직을 보수적으로 운영하고 있다. 설비가동율이 경영환경에 큰 영향을 미치고 있지만 보전조직의 변화는 크지 않다. 그 이유는 제품이나 설비의 변화가 크지 않기 때문에 한번 구성된 보전조직의 변화 필요성을 느끼지 못하고 있기 때문으로 판단된다.

조사대상 6개 사업장에 대해 Bottcher가 분류한 방식으로 보전조직을 조사해 보면 <Table 7>과 같이 집중보전이 3개 사업장, 지역보전이 1개 사업장, 절충보전이 2개 사업장으로 조사되었다. 관리조직상 6개 사업장 모두 보전 책임자에게 권한과 책임이 집중되어 있고, 공장장 감독 하에 생산책임자와 대등한 위치에서 독립적으로 운영되고 있다. 생산책임자 하부에 소속되는 부문보전이 없는 것은 설비와 보전조직의 중요성 때문인 것으로 판단된다.

<Table 7>에서 A, C, E 3개 사업장은 보전책임과 배치가 모두 중앙에 집중되어 있는 집중보전 형태를 취하고 있다. D사 1개 사업장은 호기별로 보전요원이 배치된 지역보전 형태를 취하고 있다. 이 사업장은 기계파트, 전기파트 모두가 호기별로 분산 배치되어 있기 때문에 지역보전으로 분류하였다. B, F 2개 사업장은 보전책임상 집중보전 형태를 취하고 있지만 배치상으로 기계파트가 공정별로 배치되어 있고 전기파트와 설계나 공사, 공작 등 공통부분은 중앙 집중조직으로 운영하고 있기 때문에 절충보전으로 분류하였다.

Table 7. Maintenance Organization Analysis on six paper-mills

보전조직 구조	A사	B사	C사	D사	E사	F사	비고
집중보전	○		○		○		3개 사업장
지역보전				○			1개 사업장
부문보전							없음
절충보전		○				○	1개 사업장

(1) 집중보전 사업장의 조직도와 특성

집중보전 형태를 채택하고 있는 A, C, E사는 보전책임과 보전요원 배치가 모두 중앙에 집중되어 있다. 그러나 파트(Part)하부의 현장조직과 업무에 대한 배치형태는 모두 상이하다. <Figure 2>의 사업장 조직도는 파트하부의 반(실)조직을 세부 기능별로 분리하여 기계정비, 배관, 유공압, 전기, 제어, 계장 등으로 분리한 조직이다. 신규설비에 대한 투자, 설계, 공사 업무는 별도의 파트로 운영하고 있다. 보전기능별로 전문화된 조직으로 각 기능조직이 전 호기를 담당하게 된다. 호기별 보전 책임은 없으며 각 기능 조직별 책임자의 업무지시를 받아 전 호기에 보전요원들이 배치된다. 한 가지 기능에 전문화 할 수 있다는 장점이 있는 반면에 다양한 기능을 습득 할 수 있는 기회가 부족하다는 단점을 가지고 있다.

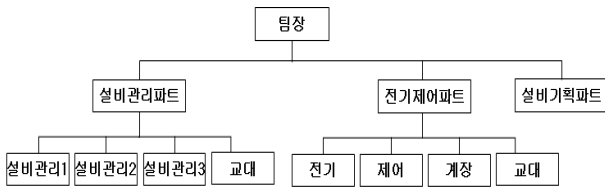


Figure 2. Central maintenance organization chart(1)

<Figure 3>의 조직도는 규모가 비교적 작은 사업장으로 점검 업무와 정비(공작)업무가 분리된 경우이다. 점검업무를 맡은 보전요원은 오로지 점검업무를 수행하고 정비업무를 맡은 보전요원은 정비업무만 수행하고 있다. 설계업무는 별도의 파트로 분리하지 않고 각 파트의 스텝(Staff)부서에서 처리하고 있다. 모든 보전업무는 파트장 또는 반장에 의해 업무가 배당된다. 점검과 정비업무는 밀접하게 연계된 업무임에도 불구하고 업무를 분리하다 보니 업무효율성이 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

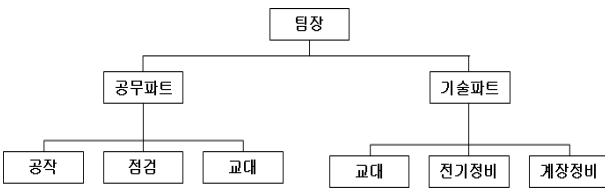


Figure 3. Central maintenance organization chart(2)

(2) 지역보전 사업장의 조직도와 특성

<Figure 4>는 지역보전을 채택하고 있는 D사업장의 전기제어팀 조직도로 초지기(PM) 호기별로 보전요원을 배치하였다.

호기별로 배치된 보전요원은 각 호기에 대해 점검업무와 정비업무를 포함한 모든 보전기능을 수행하도록 조직되어 있다. 전기파트의 경우 한 호기에 소속된 모든 보전요원이 전기, 계장, 제어 전 기능을 수행하게 되어 있다. 각 호기에 대한 보전 책임은 반장이 지고 있다. 보전요원은 한 호기에 대한 모든 기술과 기능을 습득할 수 있다는 장점과 한 분야에 대한 전문화가 취약하다는 단점을 가지고 있다.



Figure 4. Machine-oriented area maintenance organization chart

(3) 절충보전 사업장의 조직도와 특성

절충보전으로 구분한 B, F사업장은 <Figure 5>조직도와 같이 기계파트 보전요원은 공정별로 배치하고 전기파트는 중앙 집중으로 배치하고 있다. 공정별이란 초지공정, 가공공정과 같이 제지공정을 의미한다. 제지회사에서 가장 중요한 초지기(PM)를 보전하는 조직과 가공, 완성 등 기타 설비를 보전하는 조직으로 구분한 형태이다. 초지기는 기계중지와 직접 연관된 설비이기 때문에 가장 중요한 보전대상이다. 각 공정담당 보전요원은 담당하고 있는 호기에 대해 점검과 정비 책임을 진다. 전기파트의 경우 전기보전, 계장보전으로 기능을 구분한 조직 형태를 취하고 있다. 절충보전에서는 신규설비에 대한 설비기획, 설계, 공사, 롤(Roll)정비, 설비진단과 같이 공통부분은 스텝부서를 두어 처리한다.

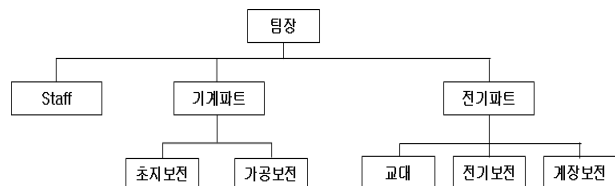


Figure 5. Process-oriented combination maintenance organization chart

3.2 보전자원의 배치(근무형태)

보전조직의 목표를 달성하기 위한 방법으로 보전업무 부하

Table 8. Division by organizational characteristics

조직 구분	주요업무 구분	비고
First line	긴급보전 대응, 경미한 수리작업 일상점검	주로 교대근무 담당
Second line	중요한 수리작업, 경미한 개선작업 예방보전 서비스	
Third line	중요한 수리작업, 중요한 개선작업 예방보전(정기보수)	보전 Shop업무, 협력업체 이용

에 따른 보전자원의 배분은 매우 중요한 요소이다. Kelly(1997)는 보전자원 분배를 위한 조직구분을 First Line, Second Line, Third Line으로 구분하고 각 조직별 주요업무 구분을 <Table 8>과 같이 하였다

제지회사에서는 First Line의 업무를 주로 교대(Shift)근무자가 맡고 있다. Kelly의 자원분배 방법에 따라 제지회사 자원구조를 그려보면 <Figure 6>과 같다.

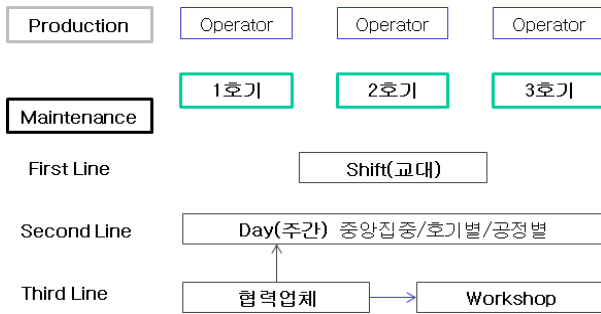


Figure 6. Analysis on the resource structure of paper-mills

조사대상 6개 사업장에 대해 보전자원의 First Line에 해당하는 교대근무인원 비율(이하 교대율로 표시)을 조사해 본 결과 평균 23%로 조사되었다. 그러나 <Table 9>와 같이 각 사업장별로 46%-0%로 큰 차이를 보이고 있다.

Table 9. Comparative study on shift rate between six paper-mills(2011)

구분	A사	B사	C사	D사	E사	F사	비고
총 보전인원(명)	26	40	36	58	68	55	
교대근무인원(명)	12	8	12	0	16	8	
교대율(%)	46	20	33	0	24	15	평균 23%

교대근무는 전 사업장이 생산요원 근무형태와 동일하게 4조3교대 형태를 취하고 있다.

교대근무가 없는 D사업장은 실제 야간 당직제도를 운영하여 야간 긴급보전 업무에 대비하고 있다. 근무특성상 주간 근무자는 점검업무, 정비업무와 같이 주로 예방보전 업무를 처리하고 교대근무자는 야간대기 또는 긴급보전 업무를 주 업무로 한다. 따라서 주간근무자가 많다는 것은 예방보전 업무에 중점을 두는 전략이고 반대로 교대근무자가 많다는 것은 긴급보전에 중점을 둔다는 전략으로 판단 할 수 있다. 일부 사업장에서는 교대근무자에게 부분적인 일상점검 업무를 부여하지만 긴급보전 업무처리 때문에 실질적인 예방점검 실시율은 떨어지게 된다. 예방점검 실시율 조사에 의하면 교대근무 비율이 46%인 A사의 경우 계전파트 일상점검 실시율이 67%로 조사되었다(A사 보전합리화 보고서, 2012). 교대근무자의 예방점검 실시율이 떨어진다는 것은 긴급보전이나 생산 요청작업에 의해 규칙적인 예방점검 업무가 어렵다는 것이다.

교대근무자의 또 하나 특징은 연속교대로 이루어지는 관계로 교육에 투자할 수 있는 시간이 적다는 것과 보전기능 향상에 약점을 가지고 있다는 것이다. 주간 근무자는 설비의 오버홀(Overhaul) 작업과 다양한 형태의 보전활동을 통해 기술 및 기능을 습득할 수 있지만 교대근무자는 응급조치 및 간단한 수리조치 밖에 할 수 없다. 일정기간 교대근무를 한 후 주간근무로 전환한다면 약점이 보완될 수 있지만 집중보전 체계를 유지하는 3개사업장 모두가 특별한 사정이 없는 한 교대근무를 고정시키는 방법을 취하고 있다.

Nyman and Levitt(2010)는 보전작업의 세 가지 타입을 Routine Group, Emergency Group, Planned Backlog Relief Group으로 구분하고 보전자원의 배치비율을 제시하였다. 이 구분에서 선행적인 환경의 보전부서에서는 긴급작업을 수행하는 Emergency Group에 투입되는 적정 보전자원은 10%로, 예방보전과 예지보전을 수행하는 Routine Group은 15%, 계획된 보전작업을 수행하는 Planned Backlog Relief Group은 자원의 75%를 배당하는 것으로 제시하였다. Levitt(2009)는 계획된 작업에 80% 이상의 작업시간을 할애해야 한다고 주장하였다.

이 자료에 따르면 현재의 제지회사 교대근무 비율은 상당히 높다. First Line의 교대근무나 Emergency Group에 보전자원을 과대하게 배분하고 있다는 결론이다. 이런 교대율과 보전지표와의 상관관계를 분석해 보면 보전자원 배치의 효율성이 판단될 것이다.

4. 보전조직과 보전성과지표 상관관계

4.1 제지회사 보전성과지표

보전조직은 보전성과를 달성하기 위해 존재한다. 보전성과지표(MPI : Maintenance Performance Index)를 측정하는 목적은 회사의 목표, 사업전략, 특정목표에 대한 종합적인 통찰자료를 제공하는 것이다. 수많은 MPI중에서 Peng(2012)은 핵심지표로 설비성과지표, 보전 프로세스 성과지표, 비용성과지표를 제시하였다. 그러나 제지산업에서는 설비성과지표로 설비가동율과 관련되는 보전지표가 중점 관리대상이다.

조사대상 6개 사업장이 공통으로 관리하고 있는 보전지표는 고장건수(기계중지건수)와 고장시간(기계중지 시간)이다. 그 중에서도 고장시간이 생산량에 직접적인 영향을 미치고 있기 때문에 중점적으로 관리하고 있다. 그러나 각 사업장별로 설비 대수와 관리하는 기준이 다르기 때문에 단순히 고장건수, 고장시간만으로 타사와 비교하기가 어렵게 되어 있다. 따라서 본 연구에서는 평가지표로 호기 당 고장강도율(Equipment Failure Rate)을 사용하기로 한다. 고장강도율은 다음의 식으로 계산한다(Nakajima, 1989; Shiomi, 1996).

$$\text{고장강도율(\%)} = (\text{고장시간/부하시간}) \times 100(\%) \quad (1)$$

고장시간은 각 사업장에서 관리하고 있는 2011년 전체 고장 시간을 관리하는 호기(초지기+가공기)로 나눈 시간이다. 제지회사의 고장시간에 대한 기준은 가동정지시간을 기준으로 하며 6개 사업장이 동일하다. 6개 사업장 2011년 기준 고장시간은 <Table 10>과 같다(실적보고자료, 2011).

Table 10. Comparative study on downtime between six paper-mills(2011)

구 분	A사	B사	C사	D사	E사	F사	비고
관리호기 (대)	3	2	2	5	5	5	초지기(PM) +가공기(CM)
호기당 고장시간 (시간/호기)	52	18.4	46.4	20.1	44.8	16	2011년 기준

부하시간은 카렌다 시간(365일×24시간)에서 계획정비 시간을 제외한 시간으로 계산한다. 계획정비 시간은 사업장별 차이는 있으나 호기별 월 2회 정비를 실시하며, 정비시간은 1회 당 9~12시간을 기준으로 하고 있다. 부하시간에 대한 사업장별 차이는 계획정비시간 외에 설이나 추석과 같은 명절에 설비의 가동여부에 따라 발생한다. 그러나 이것은 사업장의 정책과 영업상황에 따라 변동이 있으므로 본 연구에서는 순수한 계획정비만 부하시간에 반영하기로 한다. 6개 사업장에 대한 부하시간을 비교하면 <Table 11>과 같다.

여기서 부하시간은 카렌다 시간-계획정비시간으로 계산하고 카렌다 시간은 365일×24시간 = 8760시간을 적용한다.

Table 12. Comparative study on equipment failure rate between six paper-mills(2011)

구 분	A사	B사	C사	D사	E사	F사	비고
호기당 고장시간 (시간/호기)	52	18.4	46.4	20.1	44.8	16	2011년 기준
부하시간 (시간/년)	8472	8520	8472	8472	8616	8544	카렌다 시간-계획정비 시간
고장강도율 (%)	0.61	0.22	0.55	0.24	0.52	0.19	평균 0.39

Table 11. Comparative study on loading time between six paper-mills(2011)

구 분	A사	B사	C사	D사	E사	F사	비고
계획정비회수(회/월)	2회	2회	2회	2회	1회	2회	
1회당 계획정비시간(시간/월)	12시간	10시간	12시간	12시간	12시간	9시간	
카렌다 시간(시간/년)	8760	8760	8760	8760	8760	8760	365일×24시간/일
계획정비 시간(시간/년)	288	240	288	288	144	216	정비회수/월×비정비시간/회×12월
부하 시간(시간/년)	8472	8520	8472	8472	8616	8544	카렌다 시간-계획정비 시간

상기 고장강도율 계산식 (1)에 의해 고장강도율을 계산해보면 다음 <Table 12>와 같다. 6개 사업장 평균 고장강도율은 0.39%이며 0.61%~0.19% 까지 큰 차이를 보이고 있다.

4.2 보전성과지표와 보전조직과의 상관관계 분석

(1) 보전조직과 고장강도율과의 관계

제지회사가 채택한 보전조직이 경영목표에 기여하고 있는가를 분석하는 것은 매우 중요한 사항이다. 1차적으로 각 사업장별 보전조직과 고장강도율과의 연관성을 분석해 보았다. <Table 13>에서 보는바와 같이 제지회사 전체 평균고장강도율은 0.39%이지만 집중보전을 취하고 있는 3개 사업장이 0.56%로 평균보다 월등히 높았다. 반면에 호기별, 공정별 특성에 따라 보전요원을 분산 배치한 지역보전과 업무특성에 따라 집중보전과 지역보전을 적절하게 혼합한 절충보전에서는 고장강도율이 평균고장강도율보다 낮았다. 집중보전보다 지역보전이나 절충보전이 고장강도율이 낮은 것은 후술하는 교대근무 비율과도 연관성이 있지만 보전조직 운영측면에서는 다음의 결과로 판단된다.

- ① 호기별, 공정별 현장책임자가 명확하다.
- ② 현장에 대한 대응력이 높다.
- ③ 각 호기나 공정에 대한 전문기능 습득이 가능하다.

<Table 13>에서 절충보전이 고장강도율 측면에서 우수한 조직으로 판명 되었지만 이러한 상관관계 내면에는 보전조직의 효율성이 함축되었다고 할 수 있다. 보전조직의 효율성에는 여러 가지 변수가 존재하며 이러한 변수에는 보전조직구조, 조직목표, 의사전달 프로세스, 정책과 절차, 작업 절차, 사원 인사 시스템 등도 포함되어 있다(Sharma, 2011). 따라서 이러한 요소들이 효율적으로 조합되어야 보전효과로 나타날 수 있을 것이다.

(2) 보전자원의 배치(교대율)와 고장강도율과의 상관관계

보전자원을 적절하게 배분 했는가 하는 효율성 측면에서 고장강도율과 교대율의 연관성을 분석해 보았다. 그 결과 <Table 14>와 같이 교대근무 비율이 높은 회사가 고장강도율이 높게 나타났다. 고장강도율을 줄이기 위해 긴급보전에 많은 보전자원을 할당한 사업장이 오히려 고장강도율이 높게 나타났다. 고장강도율이 낮은 B, D, F사업장은 긴급보전에 대응하는

Table 13. Relationship between maintenance organization and equipment failure rate

보전조직 형태	해당사업장	사업장별 고장강도율(%)	동일조직별 평균 고장강도율(%)	전 사업장 평균 고장강도율(%)
집중보전	A	0.61	0.56	0.39
	C	0.55		
	E	0.52		
지역보전	D	0.24	0.24	
절충보전	B	0.22	0.21	
	F	0.19		

First Line의 교대근무 인원을 최소화하고 주간(Day)근무자수를 최대화하여 예방보전에 주력하는 사업장이다. 즉 보전정책을 예방보전에 주력하고 있는 사업장이다.

Table 14. Comparison of shift rate and equipment failure rate

구분	A사	B사	C사	D사	E사	F사	비고
교대율(%)	46	20	33	0	24	15	
고장강도율(%)	0.61	0.22	0.55	0.24	0.52	0.19	

고장강도율과 교대율과의 상관관계를 확인하기 위하여 Minitab을 이용하여 상관분석과 회귀분석을 실시하였다(Minitab® 16.1.1, 2010). 분석결과 <Table 15>와 같은 결과가 도출되었고, 회귀분석 결과 적합선 그림(Fitted Line Plot)은 <Figure 7>과 같다.

Table 15. The result of correlation analysis and regression analysis

구분	값	비고
Pearson 상관계수	0.819	
P-값	0.046	유의수준 5%
회귀방정식	고장강도율 = 0.1595 + 0.00995 x 교대율	
결정계수(R ²)	67.10%	

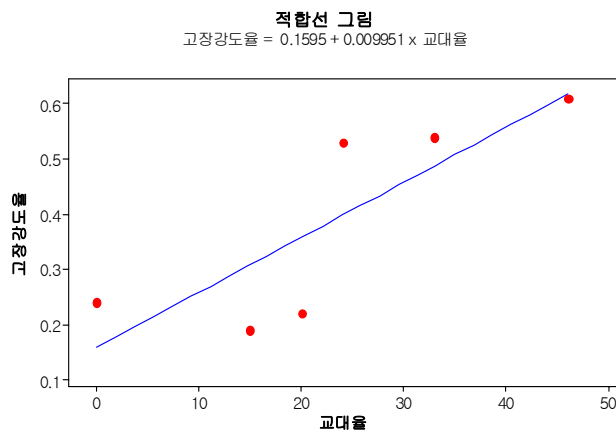


Figure 7. Regression fitted line plot

이러한 결과를 분석해 본 결과 고장강도율과 교대율의 Pearson 상관계수는 0.819로 강한 양의 직선 상관관계가 있으며(위키백과, 2012), 결정계수 R-제곱 값은 학문적으로 정해진 규칙은 없지만 일반적으로 결정 계수의 값이 0.6 이상이면 추정된 회귀모형을 신뢰할 수 있다고 할 수 있으므로 결정계수 R-제곱 값이 67.10%인 상기 회귀방정식은 고장강도율과 교대율간의 영향도가 다소 높다고 볼 수 있다(KMIC, 2012). 사업장 수가 적다는 한계는 있지만 보전 자원 중 교대근무 인원 비율이 고장강도율과는 상당한 관계가 있음을 알 수 있다.

5. 결론

국내 제지업체들은 각 사업장마다 다양한 형태의 보전조직을 구성하고 있지만 조직 운용에 따라 보전효과가 다르게 나타났다. Bottcher가 분류한 보전조직 분류에 따라 보전조직의 효율성을 비교해 본 결과 집중보전 형태보다 지역보전이나 절충보전 형태가 더 효율적인 것으로 나타났다. 보전자원의 효율성 차원에서 보전업무의 배분과 근무형태를 비교해 본 결과 교대근무(Shift)를 최소화하고 주간(Day)근무를 통해 예방보전 활동에 중점을 둔 조직이 보전효과가 더 효율적인 것으로 나타났다.

절충보전이나 지역보전을 채택하고 있는 사업장은 현장 관리자에게 책임감을 부여하고 점검과 정비 등 모든 보전활동을 수행하기 때문에 현장에 대한 책임감과 전문기술 습득이 용이하다는 장점이 있다. 공통작업에 해당하는 신규설비 기획, 설계, 공사 등의 업무와 설비진단, 롤(Roll)정비, 예비품 관리 등의 업무는 스텝이나 공통부서를 두어 관리함으로써 지역보전의 단점을 보완할 수 있다.

집중보전은 보전자원 활용의 유연성 측면에서는 장점이 있지만 호기별, 공정별로 신속한 대응이 어렵고 생산 현장과의 일체감이 떨어지는 단점이 있다. 그리고 전 공장을 관리하기 때문에 호기별 보전 책임감이 결여되고 특정기술 습득이 부족한 것도 단점으로 나타났다.

교대근무 비율은 보전전략상 긴급보전에 중점을 둘 것인가 아니면 예방보전에 중점을 둘 것인가 하는 선택상의 문제이다. 교대근무자 비율이 높다는 것은 생산에 대응력을 높이고

긴급보전에 중점을 두겠다는 방침이고 주간근무자 비율이 높다는 것은 예방보전에 중점을 둔다는 방침이다. 교대근무자는 근무조건 때문에 보전기술 향상을 위한 교육에 약점이 있다. 주간근무 비율을 높이면 보전기술, 기능교육이 강화되어 장기적으로 선순환의 구조를 갖게 된다. 이러한 결과는 고장강도율과 같은 보전효과 지표로 나타났다. 교대율과 고장강도율은 강한 양의 상관관계를 나타내고 있다.

보수적 분위기의 제지회사에서는 조직형태를 바꾸기가 쉽지 않다. 그동안 토착화된 조직분위기와 노동조합의 반대도 하나의 이유가 될 수 있다. 그러나 보전조직의 존재 목적과 중장기적인 기업 경쟁력 향상에 대비한다면 소극적인 방어논리에서 벗어나 과감한 보전조직 혁신이 필요하다. 연구의 결과에서 나타난 것처럼 장치산업의 전형적인 조직인 집중보전 형태에서 벗어나 절충보전 형태로 조직을 융통성 있게 변화시키고, 교대근무 중심의 긴급보전 개념에서 예방보전 전략으로 전환해야 할 것이다. 또한 보전의 성과는 보전요원의 보전기술 수준과도 관계되므로 보전조직 혁신과 함께 보전요원에 대한 교육, 승진과 같은 인사제도도 함께 보완해야 할 것이다.

보전인원의 배치상태, 근무형태와 같은 조직상의 자료와 고장건수, 고장시간, 고장강도율 같은 보전성과 지표는 기업보안상의 문제가 있기 때문에 연구에 제한이 있을 수밖에 없다. 또한 전체 제지업체 보전조직을 조사하여 결론을 도출해야 했으나 접근의 한계 때문에 컨설팅이나 기업진단을 통해 분석 가능한 업체를 선정하는 것은 본 연구의 한계성이다. 그러나 세부적인 보전조직 구조(Structure)와 보전자원(Resource : Men)의 배치 상태를 분석하여 고장강도율과의 상관관계를 밝힘으로써 효율적인 보전조직형태를 제시한 것은 본 연구의 성과로 생각한다.

참고 문헌

- A Company (2012), *Maintenance Rationalizing Reports*, Electronic Document.
- Hahm, H.-J. (1997), A study on the Change of maintenance Organization and TPM System in Korea Manufacturing Industry, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 2(2), 148-149.
- International Electrotechnical Commission, International electrotechnical vocabulary, IEC 191-07-01, available at : <http://std.iec.ch/iev/iev.nsf> (accessed January 19, 2013).
- Jeong, H.-M. (2009), A Case Study of Total Productive Maintenance in paper industry, Dept. of Industrial Engineering Graduate School of Engineering Technology, University of Ulsan, Korea.
- Kelly, A. (1997), *Maintenance organization and systems*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Kelly, A. (1997), *Maintenance Strategy : Business-Centered Maintenance*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Kelly, A. (2006), *Strategic Maintenance Planning*, Elsevier, Oxford.
- Khazraei, K. and Deuse, J. (2011), A strategic standpoint on maintenance taxonomy, *Journal of Facilities Management*, 9(2), 96-111.
- KMAC (1996), *The Encyclopedia of TPM and Plant Engineering*, KMAC, Seoul, Korea.
- KMAC (1998), Plant Engineering Survey Report, Electronic Document.
- Korea Management Innovation Consulting, http://www.6sigmaqa.com/board/view.php?id=6sigma_03&no=18. (accessed November 19, 2012).
- Korea Paper Manufacturing Association, http://www.paper.or.kr/n_indu/indu_02.asp, (accessed October 30, 2012).
- Korea Trade Commission (2005), Paper Industry Competitiveness Survey on Survey Research, 48-49.
- Levitt, J. (2009), *The Handbook of Maintenance Management second edition*, Industrial Press Inc, New York.
- Minitab Package (2010), Minitab® 16.1.1, Language Pack-Korean: 16.1.1.0 Licensing : 16.1.1.0 , Core : 16.1.1.0.
- Nakajima, S. (1989), *TPM development program*, productivity press, Portland, Oregon.
- Nakano, K. (1999), *How to proceed with planned maintenance*, JIPM, Tokyo, Japan.
- Nyman, D. and Levitt, J. (2010), *Maintenance Planning, Coordination and Scheduling*, Industrial Press Inc. New York.
- Parida, A. and Kumar, U. (2006), Maintenance performance measurement (MPM) : issues and challenges, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 239-251.
- Peng, K. (2012), *Equipment Management in the Post-Maintenance Era*, CRC Press, London.
- Performance reporting on six companies (2011, Private report), Electronic Document.
- Salonen, A. and Bengtsson, M. (2011), The potential in strategic maintenance development, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(4) 337-350.
- Sharma, A., Yadava, G. S., and Deshmukh, S. G. (2011), A literature review and future perspectives on maintenance optimization, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), 5-25.
- Shiomi, H. (1996), *Reliability, maintainability, and the mindset of how to proceed*, Technology pyeongronsa, Tokyo, Japan.
- Wikipedia, http://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%83%81%EA%B4%80%EB%B6%84%EC%84%9D#.D.94.BC.EC.96.B4.EC.8A.A8_.EC.83.81.EA.B4.80.EA.B3.84.EC.88.98_.28Pearson_correlation_coefficient.29, (accessed November 19, 2012).
- Wireman, T. (1990), *World Class Maintenance Management*, Industrial Press Inc. New York.
- Wireman, T. (2004), *Benchmarking Best Practices in Maintenance Management*, Industrial Press Inc. New York.