

TPM 가이드북 08

효과적 TPM 성과창출을 위한

최신  
**계획보전실무가이드북**  
(장치형·가공형 전체)

편저 : 공학박사·기술사 권오운

한국TPM연구소 KTI  
(주)ATPM컨설팅 연구센터

[www.atpm.co.kr](http://www.atpm.co.kr)

출판사 : (주)에이티피엠컨설팅 (부설 한국TPM연구소)

도서명 : [최신] 계획보전 실무 가이드북

시리즈 : TPM 가이드북 시리즈 08

ISBN : 978-89-93219-08-1-98500

편 저 : 공학박사·기술사 권오운

연락처 : 010-9717-6607, 02-3476-0872

메 일 : kwonohw@naver.com

발행일 : 2002년 9월 19일 (초판)

2016년 11월 20일 (개정3판)

[ 목 차 ]

<b>제 1 장</b>	<b>계획보전 활동 개요</b>	<b>9</b>
--------------	-------------------	----------

- 1. 계획보전 기본 개념 ..... 9
  - 1.1 산업 형태별 설비의 특징 / 9
    - 1.1.1 가공형 설비의 특징 / 9
    - 1.1.2 장치형 설비의 특징 / 9
  - 1.2 보전활동 분류 및 보전방식 선정 / 10
    - 1.2.1 설비 보전방식의 종류 및 특성 / 10
    - 1.2.2 욕조곡선(Bathtub Curve)에서 본 사용기간별 보전방식 / 12
    - 1.2.3 설비 보전방식의 이해 득실 고찰 / 14
    - 1.2.4 설비 보전방식의 선정 / 22
  - 1.3 보전 분류와 운전·보전부문의 역할분담 / 26
    - 1.3.1 보전의 분류 / 26
    - 1.3.2 운전 부문의 활동 / 27
    - 1.3.3 보전 부문의 활동 / 29
  - 1.4 보전 체제와 운영 방안 / 29
  - 1.5 보전관리 체계상의 과제 / 31
  - 1.6 고장대책 Approach 방법 / 33
    - 1.6.1 Phase 1 : 고장간격의 산포를 감소한다 / 33
    - 1.6.2 Phase 2 : 고유수명을 연장한다 / 33
    - 1.6.3 Phase 3 : 정기적으로 열화를 복원한다 / 34
    - 1.6.4 Phase 4 : 수명·고장을 예지한다 / 35
  - 1.7 고장감소대책 어프로치의 사고방식 / 35
    - 1.7.1 고장 제로를 위한 개선 대책 / 35
    - 1.7.2 장치형 설비의 고장로스 개선 대책 / 48
  - 1.8 고장등급 구분 및 관리방법 / 51
    - 1.8.1 고장의 개념 / 51

- 1.8.2 「고장등급 구분 및 정의」의 방법 / 52
- 1.8.3 돌발고장 재발방지와 유사 고장 방지활동 Flow / 55
- 1.9 TPM에서의 계획보전 활동이란? / 58
  - 1.9.1 계획보전의 필요성 / 58
  - 1.9.2 계획보전의 개념 / 58
  - 1.9.3 계획보전 체계 / 59
  - 1.9.4 보전의 효율화 / 61
- 1.10 계획보전 성공 포인트 62/
- 2. 계획보전 활동요소 구성도 ..... 63
  - 2.1 계획보전 활동요소 구성도 / 63
  - 2.2 보전업무 흐름과 계획보전 요소 활동 관련도 / 63

<b>제 2 장</b>	<b>가공형 계획보전 스텝활동 추진방법</b>	<b>65</b>
--------------	---------------------------	-----------

- 1. 고장 대책법 일환으로서의 계획보전 ..... 65
  - 1.1 고장 대책의 다섯 가지 중점 항목 / 65
  - 1.2 고장 제로 활동의 네 가지 국면 / 67
- 2. 고장 제로를 향한 계획보전 7스텝 활동 ..... 67
  - 2.1 7스텝 전개의 기본 개념 / 67
  - 2.2 7스텝 전개에 의한 활동 개요 / 68
- 3. 계획보전의 7스텝 활동 ..... 68
  - 3.1 계획보전 7스텝 구축법 / 68
  - 3.2 7스텝 활동의 종류와 그 선택 / 69
    - 3.2.1 7스텝 활동의 종류 / 69
    - 3.3.2 활동 모델의 선택 / 70
    - 3.2.3 설비 모델의 7스텝 / 72
    - 3.2.4 중점 부품 모델의 7스텝 / 72
  - 3.3 설비 모델 스텝 활동 / 73
    - 3.3.1 제1스텝 : 기본조건과 현상의 차이 분석 / 73

- 3.3.2 제2스텝 : 기본조건과 현상의 차이 개선 / 74
- 3.3.3 제3스텝 : 기본조건의 기준 정비 / 75
- 3.3.4 제4스텝 : 수명연장·약점대책 / 75
- 3.3.5 제5스텝 : 점검·정비의 효율화 / 76
- 3.3.6 제6스텝 : 설비 종합 진단 / 77
- 3.3.7 제7스텝 : 설비의 극한 사용 / 78
- 3.4 중점 부품 모델의 스텝 활동 / 78
  - 3.4.1 제 1스텝 : 중점 부품의 선정 / 78
  - 3.4.2 제2스텝 : 현상의 보전 방법 개선 / 79
  - 3.4.3 제3스텝 : 보전 기준의 작성 / 79
  - 3.4.4 제4스텝 : 수명 연장·약점 대책 / 80
  - 3.4.5 제5스텝 : 점검·진단의 효율화 / 80

<b>제 3 장</b>	<b>장치형 계획보전 스텝활동 추진방법</b>	<b>81</b>
--------------	---------------------------	-----------

- 1. 고장 제로화의 4국면과 계획보전 방안 ..... 81
  - 1.1 고장 제로화의 상대적 중요성 / 81
  - 1.2 고장 제로로 가는 6개 대책 / 81
  - 1.3 고장 제로 활동의 4국면 / 81
  - 1.4 정지기기 고장 제로화의 4국면 / 82
- 2. 장치형 계획보전 스텝별 전개 체제 ..... 82
  - 2.1 스텝별 전개의 기본 개념 / 82
  - 2.2 스텝별 전개에 따른 활동 개요 / 84
- 3. 장치형 계획보전 스텝 전개 ..... 87
  - 3.1 장치형 계획보전 스텝 전개 방법 / 87
    - 3.1.1 제1스텝 : 설비평가와 현상파악 / 87
    - 3.1.2 제2스텝 : 열화복원과 약점개선 / 88
    - 3.1.3 제3스텝 : 정보관리 체제구축 / 91
    - 3.1.4 제4스텝 : 정기보전 체제구축 / 97

- 3.1.5 제5스텝 : 예지보전 체제구축 / 109
- 3.1.6 제6스텝 : 계획보전 체제 평가 / 112
- 3.2 장치형 계획보전 스텝전개 추진사례 / 113
  - 3.2.1 장치형 계획보전 스텝전개 요약 / 113
  - 3.2.2 장치형 계획보전 스텝전개 실행프로그램 / 114

---

<b>제 4 장</b>	<b>계획보전 공통 요소별 추진 매뉴얼</b>	<b>137</b>
--------------	---------------------------	------------

1.	설비 가동성향상 활동 .....	137
1.1	자주보전 지도·지원활동 / 137	
1.2	개량보전(CM) 활동 / 137	
2.	계획보전 효율화 기본활동 .....	138
2.1	설비등급관리 / 138	
2.1.1	설비등급관리 목적 / 138	
2.1.2	설비등급 평가 방법 / 138	
2.1.3	활동 Flow 및 주요 내용 / 138	
2.1.4	등급별 관리항목 / 139	
2.1.5	등급평가 기준 및 세부 관리항목 / 140	
2.1.6	설비등급관리 추진용 양식 / 141	
2.2	보전활동 표준화 / 142	
2.2.1	보전활동 표준화 개요 / 142	
2.2.2	보전활동 표준화 기본 사고 / 142	
2.2.3	표준화의 목적과 효과 / 144	
2.2.4	표준화의 체계 / 147	
2.2.5	보전표준 작성 및 관리 방법 / 148	
2.2.6	표준화상의 개선 포인트 / 151	
2.2.7	보전 표준의 종류 / 152	
2.2.8	보전 표준의 개정 / 157	
2.2.9	보전표준화 추진용 양식 사례 / 158	

2.3	보전계획 및 공사관리 / 158	
2.3.1	보전계획 및 공사관리 개요 / 158	
2.3.2	최적 보전주기의 설정 방법 / 159	
2.3.3	보전계획의 수립절차 / 167	
2.3.4	보전계획 및 공사관리 추진용 양식 / 176	
2.4	보전기록 체계화 / 177	
2.4.1	보전기록 체계화 개요 / 177	
2.4.2	보전기록의 Flow / 179	
2.4.3	보전기록의 방법 / 182	
2.4.4	보전기록의 종류와 활용 목적 / 184	
2.5	보전 정보 전산화 / 196	
2.5.1	설비관리전산화(CMMS)를 위한 CMPR 방법론 / 196	
2.5.2	설비관리전산화 CMPR 추진 및 요구 활동대상 모듈 기능 / 197	
2.5.3	설비관리전산화(CMMS) 구축 방법론 / 199	
2.5.4	CMMS 사례(PSDI사의 Maximo의 경우) / 200	
3.	계획보전 효율화 관련 활동 .....	203
3.1	보전예산 관리 / 203	
3.1.1	보전예산관리 개요 / 203	
3.1.2	보전예산 편성 및 관리 / 204	
3.1.3	보전비 절감의 추진방법 / 209	
3.1.4	보전비 감소 추진 / 212	
3.2	보전자재(S/P) 관리 / 213	
3.2.1	보전자재관리 개요 / 213	
3.2.2	보전자재관리의 일반적 추진절차 / 214	
3.2.3	보전자재관리의 합리화 중요사항 / 217	
3.3	공구관리 / 220	
3.3.1	공구관리 개요 / 220	
3.3.2	공구관리 구체적 추진법 / 221	
3.3.3	공구관리 추진용 양식 사례 / 228	

- 3.4 정도(精度)관리 / 229
  - 3.4.1 정도관리 개요 / 229
  - 3.4.2 정도관리 추진 기술 230/
- 3.5 윤활관리 / 246
  - 3.5.1 윤활관리 개요 / 246
  - 3.5.2 윤활관리 기술 / 250
  - 3.5.3 주요 활동 내용 / 278
- 3.6 유틸리티 관리 / 298
  - 3.6.1 유틸리티 관리 개요 / 298
  - 3.6.2 에너지 사용 관리 / 298
  - 3.6.3 유틸리티 관리 기준 / 301
  - 3.6.4 유틸리티 설비 보수 / 305
- 4. 가동성 향상 예지보전(CBM) 활동 ..... 323
  - 4.1 예지보전(CBM)방식의 이해 특실 / 323
  - 4.2 예지보전의 추진 방법 / 325
  - 4.3 예지보전에 활용되는 설비진단기술 / 328
  - 4.4 제조현장의 기초 설비진단기술 활용 사례 / 329

---

<b>제 5 장</b>	<b>계획보전 정착과 RCM</b>	<b>333</b>
--------------	---------------------	------------

- 1. RCM의 일반적 개념 ..... 333
  - 1.1 RCM의 기본적 고찰 / 333
  - 1.2 RCM의 접목 필요성 / 334
  - 1.3 RCM의 필요성, 목적, 대상 / 335
    - 1.3.1 RCM이 왜 필요하게 되었는가? / 335
    - 1.3.2 RCM의 목적 / 335
    - 1.3.3 RCM이 특히 필요한 설비 / 335
    - 1.3.4 RCM에서의 부품 단계의 보전 / 335
  - 1.4 RCM의 포괄적 개념 / 336

1.5 RCM의 개념 요소 / 336	
1.6 계획보전에 있어서 RCM 개념 / 340	
1.7 RCM의 기타 관련 사항 / 344	
1.8 RCM의 기본적인 추구 방향 / 347	
2. RCM 해석의 스텝전개 방법 .....	349
2.1 RCM 해석의 스텝전개 방법 요약 / 349	
2.2 RCM 스텝전개의 구체적인 추진법 / 350	
2.2.1 제1스텝 : 기초자료 작성 / 350	
2.2.2 제2스텝 : 기능고장 해석 / 354	
2.2.3 제3스텝 : FMEA/FTA 고장해석 / 356	
2.2.4 제4스텝 : LTA에 의한 보전방식의 설정 / 368	
2.2.5 제5스텝 : RCM 작업시트의 작성 / 370	
2.2.6 제6스텝 : RCM 효과확인 / 372	
2.2.7 제7스텝 : RCM 정착화·확대전개 / 372	
2.3 계획보전에서의 RCM 추진방법 / 372	
2.3.1 계획보전으로서 RCM 접근의 중요성 / 372	
2.3.2 보전활동의 자세 / 375	
3. RCM에서의 신뢰성 분석 실무 .....	381
3.1 고장률 패턴별 설비신뢰성 향상대책 / 381	
3.2 시스템의 신뢰도 / 382	
3.2.1 직렬결합모델 의 신뢰도 / 382	
3.2.2 병렬결합모델 의 신뢰도 / 384	
3.2.3 특수결합모델 의 시스템 신뢰도 / 386	
3.3 스트레스·강도 모델 및 안전계수 / 388	
3.4 RCM에서의 FMEA/FMECA 실무 / 390	
3.4.1 고장해석 / 390	
3.4.2 FMEA(Failure Mode & Effect Analysis) / 391	
3.5 RCM에서의 FTA 분석 실무 / 398	
3.5.1 FTA(고장나무분석)의 발전과 의의 / 398	

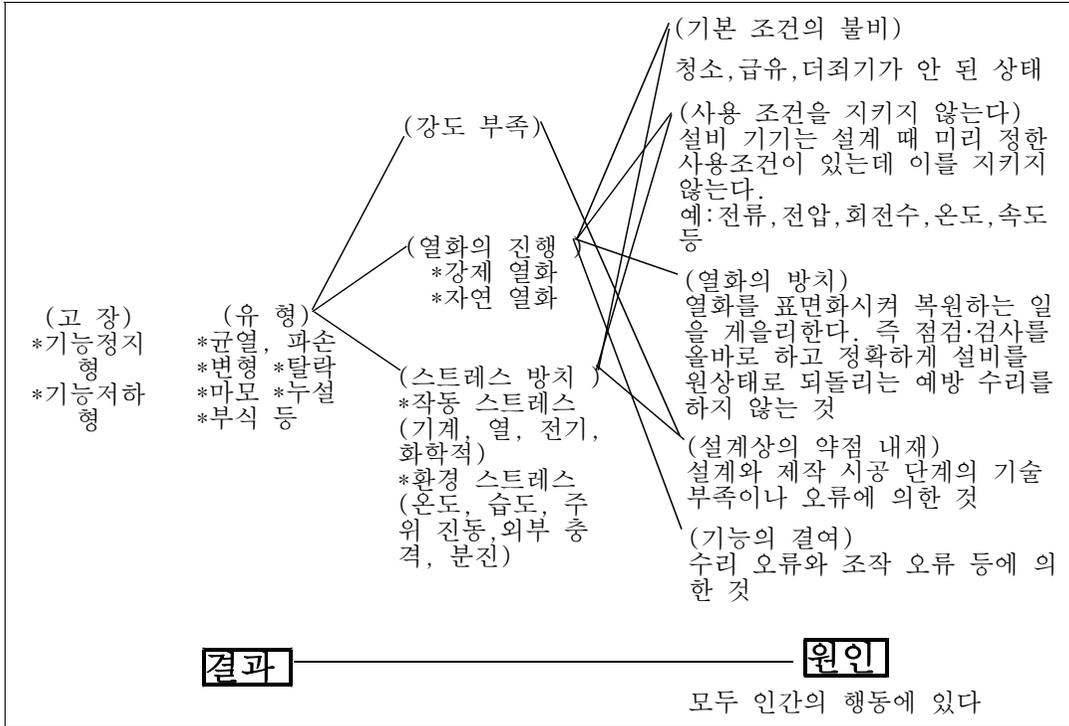
- 3.5.2 FTA 실시절차 / 399
- 3.5.3 고장나무(Fault tree)의 작성 / 399
- 3.5.4 고장나무(결함수)의 논리게이트 / 400
- 3.5.5 고장확률 계산방법 / 402
- 3.5.6 FMEA와 FTA의 차이점 비교에 의한 적절한 선택 / 407

**제 6 장**

**계획보전 효과측정 지표**

408

- 
- 1. 계획보전 효과측정 지표의 운영 ..... 408
  - 2. 신뢰성·보전성 관련 효과측정 지표 ..... 409
  - 3. 보전작업효율·보전비 관련 효과측정 지표 ..... 410



[그림 1-12] 고장의 원인과 결과의 관계

## 2) 고장 해석의 필요성

고장이 일단 발생하면 그 수리와 원인 구명 등은 대부분 그 설비와 라인을 담당하고 있는 보전 담당자가 하지만, 앞에서 살펴 보았듯이 고장의 약 70%는 자주보전으로 막을 수 있는 것이어서 보전 담당자에게만 맡기면 고장은 제로가 되지 않는다.

여기서 중요한 것은 운전 부문의 개개인이 「고장은 우리의 문제, 나의 책임」이라는 마음으로, 또 「같은 고장은 두 번 다시 일으키지 않는다」는 생각을 가지고 고장 사례에서 많은 사실을 배워야 한다.

살아 있는 교재인 한 건 한 건에서 발생 원인, 사전 징후 유무, 점검 방법의 적부, 대책 방법 등을 검토함으로써 재발 방지가 가능하게 된다. 매일 발생하고 있는 고장에서 참된 원인을 확인하고 자신의 약한 곳, 부족한 점을 배우고 지식·기능 향상에 노력하여 자주보전 활동과 아울러 설비에 강한 오퍼레이터가 되기 위해서도 운전 부문에서의 고장 해석이 필요하다.

## 3) 고장 해석을 추진하는 방법

### 가) 현상의 명확화

고장 직후의 현장에서 어떤 상태로 정지하였고 파손 부품은 무엇이며, 지난 번 고장은

<표 1-15> 고장의 정의 사례

고장 분류			사 례	비 고	
기능 정지형 고장	라인 정지 고장	설비고장 (돌발고장)	기계적 요인고장	축절손, 베어링소착, 시일누설 등	* 고장도수율, MTBF, MTTR, 고장도수율(대외자료), 설비종합효율 등에 영향을 주는 고장임 * 유틸리티요인 고장의 공정설비고장에 반영유무 ① 전력(사내발전→제외, 사외발전→계획휴지) ② 용수(사내→제외, 사외→계획휴지) ③ 압축공기(제외) ④ 스팀(제외)
			전기적 요인고장	모타소손, 릴레이고장 등	
		프로세스 고장	프로세스 요인고장	막힘, 뿔어나옴, 고착, 누설, 비산, 넘침, 조작미숙 등	
			유틸리티 요인 고장	전력, 용수, 압축공기, 스팀 등의 문제로 공정중지하는 것	
	라인 비정지 고장	설비고장 (단위설비 고장)	기계적 요인 고장	보일러의 병렬설계된 급수펌프와 같이 반드시 2대로 되어 운전중의 펌프는 정지하나 예비기에 의해 운전되어 공정정지없음	공무에서 내부적으로 개선의식을 높이기 위해 고장도수율산정시 고장건수에 반영하여 관리 가능함 (단, 대내적인 관리자료로만 활용함)
			전기적 요인 고장		
프로세스 고장		프로세스 요인 고장	프로세스나 유틸리티 요인으로 고장이 발생하나 공정중지는 없는 것	고장건수에서 제외함	
	유틸리티 요인 고장				
기능저하형 고장			설비의 성능열화로 설계성능 발휘불가	성능저하로 인한 고장으로서 라인비정지고장임	
비 고	대외적인 신뢰성·보전성 지표들(고장도수율, MTBF, MTTR, 고장도수율)을 산출시에는 설비종합효율을 구할 때의 Loss 구조도에 의해 고장을 정의해야 함.				

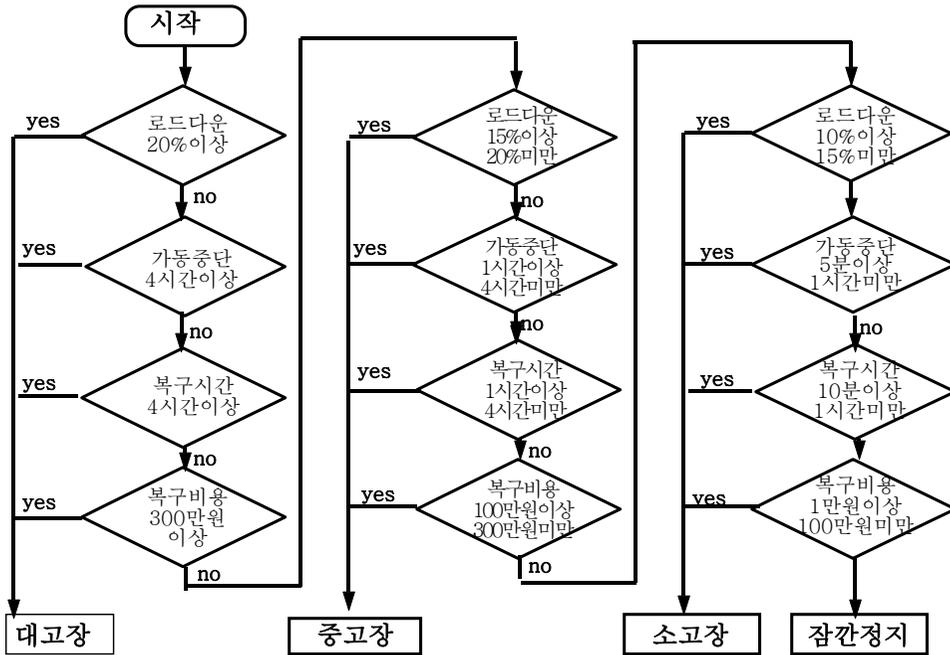
고장이 설비에 주는 영향의 정도에 따라 <표 1-16> 고장등급구분 평가 기준과 같이 고장 그 자체에도 대(큰) 고장, 중(보통) 고장, 소(작은) 고장의 랭크를 매겨 대·중·소고장의 재발 방지와 유사 고장 발생 방지 대책의 기준으로 삼는다.

여기서 TPM 추진회사별 「가공·조립산업」, 「장치산업」 별로 구분하여 TPM 추진기준을 달리 설정하고 있으며, 고장등급 구분 평가 기준 결정시 어느 하나를 선택적으로 적용하도록 하여야 한다.

일반적으로 가공조립산업은 자동차·차량, 자동차부품, 기계가공, 가전, 전자·반도체, 목공 등이 해당하고, 장치산업은 철강, 비철, 화학, 유리, 섬유, 고무, 플라스틱, 제분(製粉), 식품, 의약품, 종이·펄프, 인쇄, 시멘트, 요업, 가스, 석유 등의 업종이 해당된다고 보고 있다.



필자의 TPM 컨설팅 사례에 의거하여 위에서 제시한 <표 1-16> 고장등급 구분 평가 기준을 알기 쉽게 판정 Flow圖로 나타내면 [그림 1-16]의 가공·조립산업형 고장등급판정 Flow圖 사례와 [그림 1-17] 장치산업형 고장등급판정 Flow圖 사례와 같이 나타낼 수 있다.



[그림 1-17] 장치산업형 고장등급판정 Flow圖 사례

### 1.8.3 돌발고장 재발방지와 유사 고장 방지활동 Flow

생산 라인을 세우게 되는 대·중·소고장은 고장 분석으로 대처하는 데 그치지 말고 유사 고장의 가능성도 추궁하여 대처해야 한다. 돌발고장 (대·중·소 고장)의 재발방지, 유사고장 방지대책 활동의 흐름을 [그림 1-18] 에, 그 대책실시보고서의 예를 [그림 1-19] 에 제시하였다.

그런데 [그림 1-18] 에서 돌발고장후 트러블입력카드 작성에 의한 보전EDPS 즉 「보전 정보전산화」를 활용하면 고장등급이 쉽게 구해 지겠지만, 계획보전 제3시스템인 「정보관리 체계구축」 활동이 아직 되지 않은 TPM 추진 회사에서는 설비사용부문에서 <표 1-17>과 <표 1-18>에 보인 「고장일지」의 작성에 의한 고장등급을 파악할 수 있도록 필자의 TPM컨설팅 사례를 제시했으므로 참고 바란다.

보전을 효율적으로 추진하는 활동으로서는 각종 관리 활동, 즉

- \* 보전작업 계획과 관리
- \* 보전정보 관리
- \* 보전용 예비품 관리
- \* 보전코스트 관리

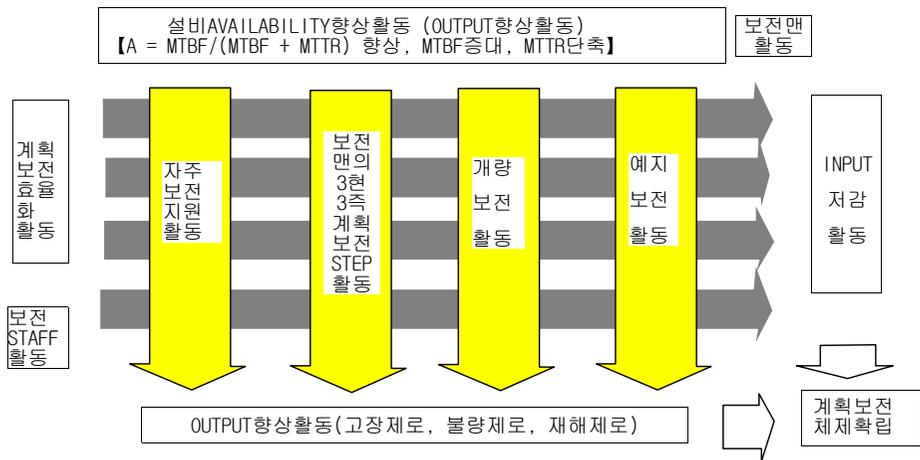
가 그 대표적인 것이다, TPM활동에서는 고장 제로, 불량 제로를 단기간에 효율적으로 성취하기 위해 자주보전 활동과의 연계를 강화하고 수레의 두 바퀴로서 활동을 추진해야 한다.

그 기본적인 방법은 과거의 활동과 더불어 새로운 활동으로서 다음 두 가지를 추가하는 것이 효과적이다.

- \* 자주보전을 위한 지도 지원 활동
- \* 계획보전 7스텝 활동

계획보전 7스텝 활동은 자주보전 7스텝 활동과 타이밍을 맞춘 보전 부문의 소집단 활동이며, 과거의 예방보전 활동을 바탕으로 한 것이다.

계획보전의 시스템 전체를 개념도로 나타내면 [그림 1-20] 과 같다.



[그림 1-20] 계획보전 시스템의 개념도

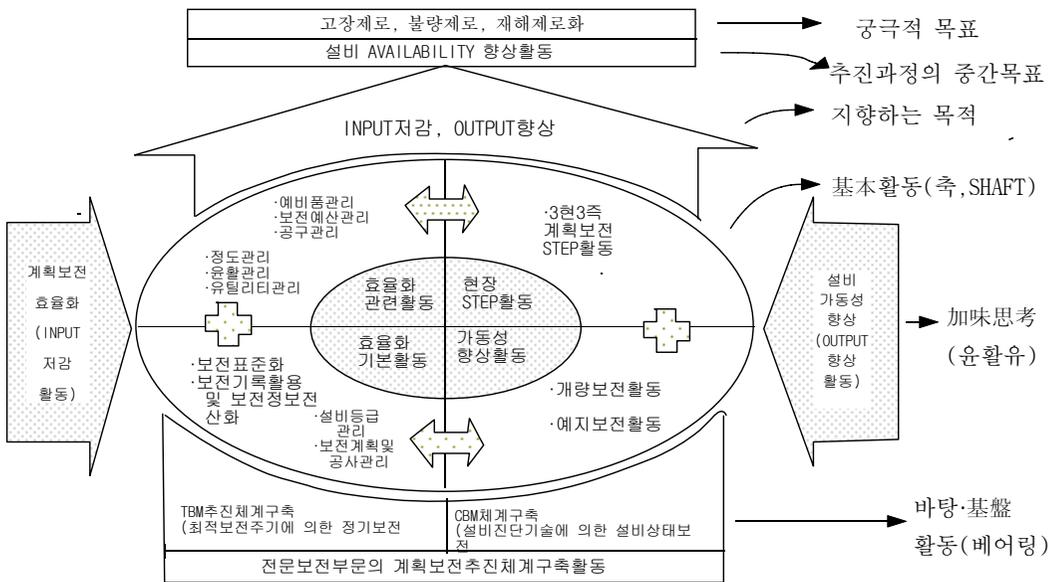
개념도에서 세로축은 목적의 최고를 지향하며, 가로축은 최소의 비용, 즉 보전의 효율화를 지향하는 활동이다. 아웃풋의 향상을 지향하는 활동이 정확히 관리된 상태로 지속되는 것이 계획보전 체제를 확립하는 길이다. 이 책에서는 가로, 세로 아홉 가지 길 가운데서 세로축의 다섯 가지에 대해 설명한다.

## 2. 계획보전 활동요소 구성도

### 2.1 계획보전 활동요소 구성도

계획보전 활동은 기초·바탕활동인 정기보전(TBM) 및 예지보전(CBM)의 확고한 바탕 하에 Input 감소활동인 계획보전 효율화 기본활동으로서 설비등급관리, 보전표준설정, 보전계획 및 공사관리, 보전기록체계 및 보전정보전산화 등과 또한 보전예산관리, 보전자재(S/P)관리, 공구관리, 설치정도관리, 운할관리 등이 필요하다. 또한 가동성 향상활동으로서 3현3측 계획보전 분임조 Step활동, 개량보전활동, 예지보전 활동이 필요하다.

이러한 활동에 힘입어 계획보전 추진목적인 Input 감소와 Output 증대의 목적으로 달성시키고 지향하는 목표로서 중간 과정의 설비 Availability(가동성) 향상을 꾀하고 궁극적으로 고장제로, 불량제로, 재해제로를 달성하는 활동이라고 도식화 하여 나타낼 수 있다(그림 1-22 참조).

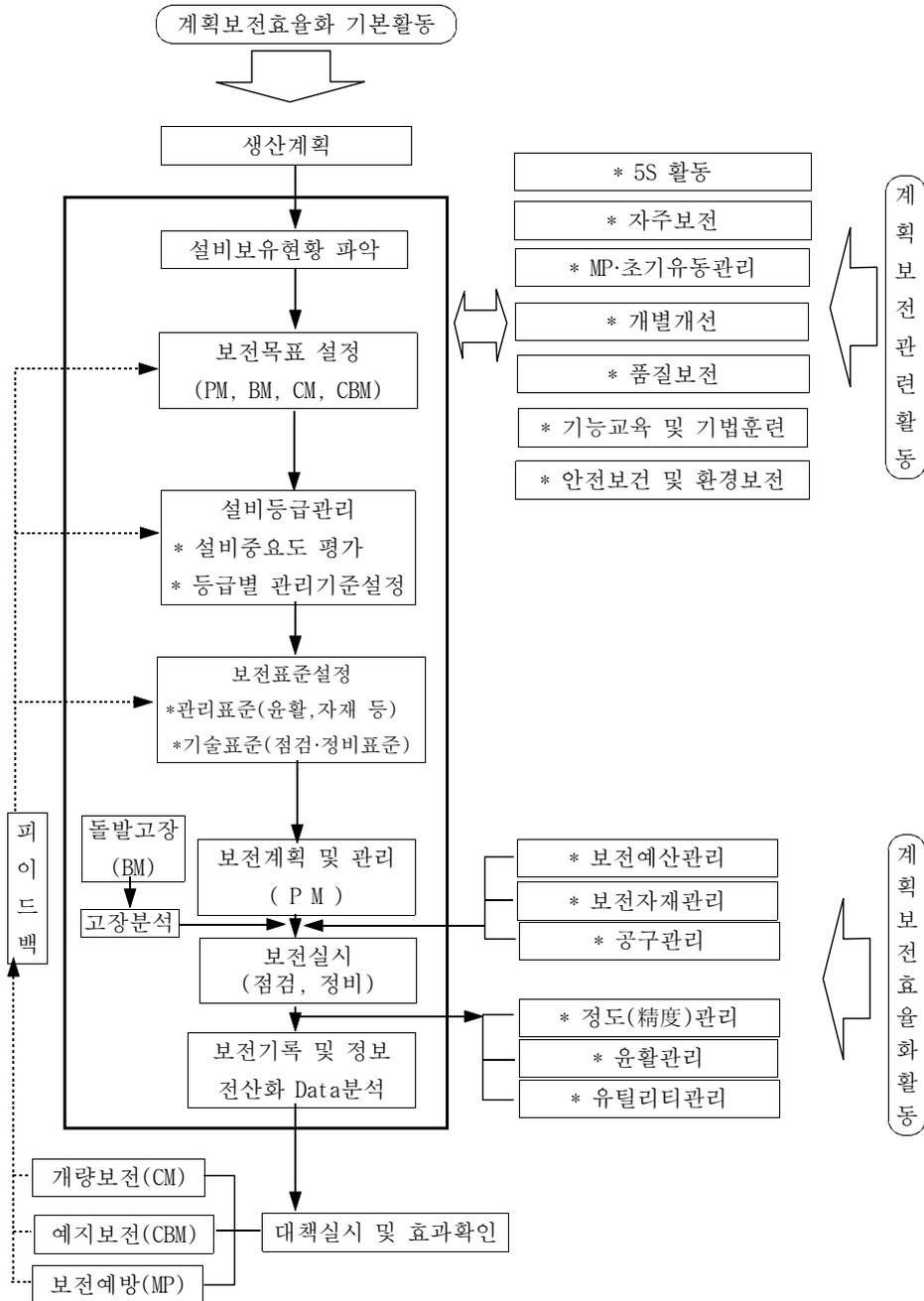


[그림 1-22] 계획보전 활동요소 구성도

### 2.2 보전업무 흐름과 계획보전 요소 활동 관련도

계획보전활동은 보전실시업무를 합리적으로 수행하기 위해 보전실시(점검, 정비)를 업무 순서에 중심을 둔 기본 Flow를 대상으로 볼 때 계획보전효율화 기본활동으로서 설비등급관리, 보전표준설정, 보전계획 및 공사관리, 보전기록체계 및 보전정보전산화 등의 보전기본활동 체계구축이 필요하다.

또한 계획보전효율화를 위해 보전예산관리, 보전자재(S/P)관리, 공구관리, 설치정도관리, 윤활관리 등이 필요하다. 이러한 보전실시 전·후의 업무체계가 구비되었을 때 보전품질이 올라가고 보전비가 적게 드는 결과를 낼 수 있는 것이다(그림 1-23 참조).



[그림 1-23] 보전업무 흐름과 계획보전 요소 활동 관련도

## 제2장 가공형 계획보전 스텝활동 추진방법

계획보전 시스템 전체는 설비의 신뢰성, 보전성을 개선하는 활동과 보전 관리 활동의 조합으로 구성된다. 여기서는 설비의 신뢰성, 보전성을 개선하는 활동에 대해 설명한다.

계획보전 활동을 추진하는 방법 가운데 초점은 '고장 제로'에 두었다. TPM활동의 목적은 '불량 제로' '고장 제로' '재해 제로' 등 모든 손실을 배제하고 기업의 체질을 강화하는데 있지만, 그 중에서도 '고장 제로'의 달성이 가장 중요하다. 왜냐 하면 고장은 제품 불량, 가공률 저하로 직결되며 동시에 재해의 주요인이기도 하기 때문이다. '고장 제로'를 달성하는 활동은 계획보전시스템의 강화 충실화에 크게 이바지하는 것이다.

### 1. 고장 대책법 일환으로서의 계획보전

#### 1.1 고장 대책의 다섯 가지 중점 항목

설비의 기본 기능, 구조, 메커니즘 등 설비의 각종 특성 조사와 과거의 고장 해석에서 설비 고장 대책과 중점 항목은 다음 다섯 개 항목이 된다는 사실은 생산 현장의 데이터에 의해 실증되고 있다.

- ① 기본 조건의 정비
- ② 사용 조건의 준수
- ③ 열화의 복원
- ④ 약점 대책(개선)
- ⑤ 인적 오류 방지

각종 설비 특성의 조사와 과거의 고장 해석, 중점 대책과의 관련을 정리한 것이 [그림 2-1]이다.

일상 실시해야 할 기초적인 활동, 즉 청소, 급유, 더죄기 등 기본 조건이나 운전 조건의 준수가 소홀한 현장에서는 설비와 장치가 강제 열화 상태로 방치되어 있기 때문에 일시 정지와 가벼운 고장이 빈발하며, 그 고장 간격도 산포를 이루어 정기보전이나 예지보전의 적용이 무의미하게 된다.

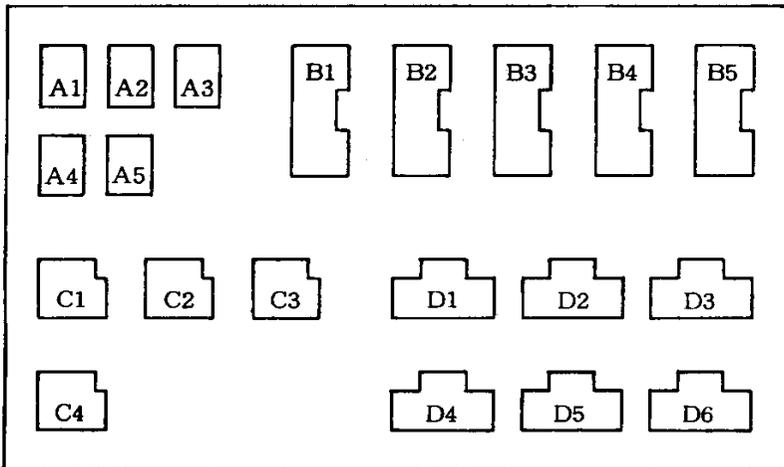
고장 제로의 달성은 보전 부문의 계획보전만으로 할 수 없으며 아울러 운전 부문의 자주보전만으로도 할 수 없다. 양자가 일체가 되어야 큰 성과를 거둘 수 있다.

## 3.2 7스텝 활동의 종류와 그 선택

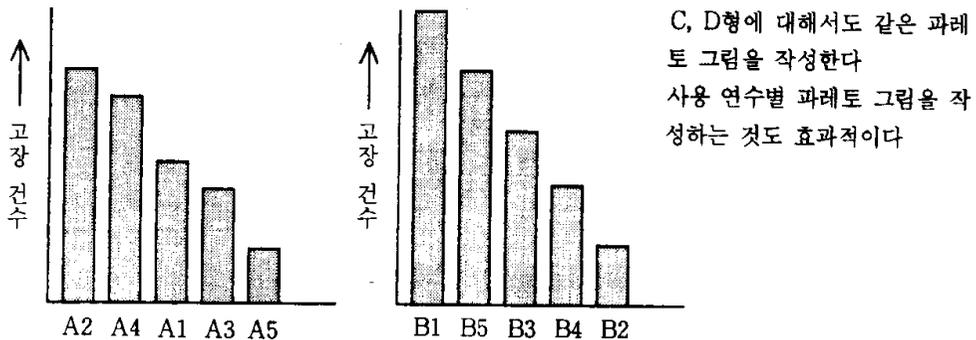
### 3.2.1 7스텝 활동의 종류

설비를 모델로 한 활동과 부품을 모델로 한 분임조 활동이 있다. 설비를 모델로 한 활동은 설비 단위로 고장을 줄여 나가려는 것이며, 부품 모델은 어떤 설비에나 공통적으로 사용되는 부품과 전용 부품 단위로 활동하는 것이다.

예를 들어 한 공장에 20대의 설비가 있고 설비의 유형은 [그림 2-2] 와 같이 네 가지가 있다고 하자. 이 20대 설비의 고장 상황을 설비 유형별, 부품별로 조사한 것이 [그림 2-3] ~ [그림 2-5] 이다. 이들을 조합시키면 [그림 2-6] 과 같은 2차원 파레토그림이 만들어진다. 그리고 중점이 되는 설비, 부품을 선정하고 각각 7스텝 활동을 전개하는 것이다(JIPM, 1996).



[그림 2-2] 공장 배치도





수준, 자주보전의 수준 등을 고려하여 결정해야 하지만, 대략 그 기준으로서는 <표 2-2>와 같이 하면 된다. 즉,

- ① 설비 대수가 많은 경우에 부품 중심으로 추진하면 즉각적인 효과를 기대할 수 있다.
- ② 강제 열화가 심한 경우에는 설비 모델을 선택해야 한다.
- ③ 보전 인원이 많은 경우에는 설비 모델 분임조와 부품 모델분임조 양쪽을 결성하고 동시에 활동하도록 하면 좋다. 인원이 적은 경우에는 부품 모델 분임조만이 되지만, 부품 모델 쪽이 추진 형태의 수준이 높으므로 보전 담당자의 지식, 기능 수준이 문제로 남는다.
- ④ 보전 기능이 낮은 경우에는 보전 담당자의 체질 개선, 기능향상을 목적으로 하는 설비 모델의 활동이 좋다.
- ⑤ 자주보전 성과를 별로 기대할 수 없는 경우에는 설비를, 기대할 수 있는 경우에는 부품 모델을 선택한다.

<표 2-2> 활동 모델의 선택 기준

	설비 대수			강제 열화			보전 인원			보전 기능			자주 보전		
	다	중	소	대	중	소	다	중	소	고	중	저	고	중	저
설비			○	○			○					○			○
부품	○	○			○	○	○		○	○			○		

국면 보전방식	Phase 1 고장간격 산포감소	Phase 2 고유수명 연장	Phase 3 정기적 열화복원	Phase 4 수명 예지	
예방보전 시스템 정비	제1스텝 기본조건과 현상의 차이분석 제2스텝 기본조건과 현상의 차이개선 제3스텝 기본조건 기준정비	<b>계획 보전 7스텝 활동 (설비 모델)</b>			
개량보전 추진					
예지보전 추진			제5스텝 점검·정비 효율화		
품질보전 체제 확립	제6스텝 설비종합진단				
계획보전 시스템 확립	제7스텝 설비 극한사용				

[그림 2-7] 설비 모델 계획보전의 7스텝

### 3.2.3 설비 모델의 7스텝

이 스텝의 활동 특징은 앞의 활동 모델의 선택에서 설명했듯이 설비 대수가 비교적 적고 강제 열화가 방치되고 있는 것, 보전 담당자의 체질 개선이나 자주보전간의 책임 분담을 명확하게 하는데 중점을 두고 있다. [그림 2-7] 은 설비 모델의 7스텝의 개요다.

제1~3스텝까지는 기능 정지형 고장의 감측과 예방보전의 강화에 중점을 둔 활동으로 특히 자주보전과의 연계가 중요하다.

제4스텝은 설비의 MTBF연장을 주목적으로 하며, 제5스텝은 MTTR의 단축에 중점을 두고 있다. 제6스텝은 기능 저하형 고장의 감측을 주목적으로 한 것이며, 제5스텝까지의 반성과 더불어 보전 담당자에 의한 품질 보전 활동을 하고 전체적인 마무리를 하는 것이다.

### 3.2.4 중점 부품 모델의 7스텝

이 방식은 고장 부품이나 시장의 부품을 구입하고 검토할 수 있으므로 제5스텝까지는 설비를 정지시키지 않고 활동을 할 수 있다. 설비를 모델로 한 전개는 설비 단위로 고장을 줄여 나가는 것이며, 중점 부품을 모델로 한 것은 설비에 공통적으로 사용되고 있는 부품 단위, 전용 부품 단위로 고장을 줄이려는 것이다.

국면 보전방식	Phase 1 고장간격 산포감소	Phase 2 고유수명 연장	Phase 3 정기적 열화복원	Phase 4 수명 예지
예방보전 시스템 정비	제1스텝 중점 부품 선정 제2스텝 현상 보전방법 개선 제3스텝 보전기준 작성	<b>계획 보전 7스텝 활동 (부품 모델)</b>		
개량보전 추진		제4스텝 수명연장 약점대책		
예지보전 추진			제5스텝 점검·진단 효율화	
품질보전 체제 확립	제6스텝 설비종합진단			
계획보전 시스템 확립	제7스텝 설비 극한사용			

[그림 2-8] 중점 부품 모델의 계획보전 7스텝

## 제3장 장치형 계획보전 스텝활동 추진방법

### 1. 고장 제로화의 4국면과 계획보전 방안

#### 1.1 고장 제로화의 상대적 중요성

TPM활동의 목표는 '불량 제로' '고장 제로' '재해 제로' 같이 모든 손실을 배제하여 기업의 체질을 강화시키는 것이지만 그 가운데서도 '고장 제로'의 달성이 가장 중요하다. 생산 현장의 큰 재해나 사고는 고장이나 트러블을 조치할 때 많이 일어나고, 프로세스가 아주 순조로울 때에는 감시 작업이나 점검 패트를 때에는 재해 사례가 아주 적다.

또, 공정 불량이나 제품 불량도 고장정지나 수리 공사, 스타팅 때 발생하는 일이 많고, 순조로운 조업을 지속하고 있는 플랜트에서는 불량 발생률이 낮다고 하는 것은 당연한 일이기도 하다.

다시 말하면 고장 제로 달성은 재해 제로, 불량 제로로 가는 가장 빠른 지름길이라고 해도 지나치지 않다.

재해와 불량 발생을 미연에 방지하려면 주요 계열(생산 라인)이나 프로세스 전체가 셋다운 되어 버리고 마는 중고장을 근절하지 않으면 안 되고 전문 보전 활동에 의한 계획 보전 체제 구축이 중요한 포인트가 된다.

#### 1.2 고장 제로로 가는 6개 대책

그러나 일상적으로 하지 않으면 안될 기초적인 활동, 즉 청소·급유·더죄기 같은 기본 조건이나 운전 조건의 준수가 소홀한 현장에서는 설비나 장치가 강제 열화 상태로 방치되기 때문에 잠시정지나 가벼운 고장이 빈발하고 그 고장 간격도 들쭉날쭉해서 정기 보전이나 예지 보전의 적용이 무의미해지는 것을 흔히 볼 수 있다.

고장 제로의 달성은 보전 부문의 계획 보전만으로는 될 수 없고, 또 운전 부문의 자주 보전만으로도 불가능하다. 양자가 일체가 되어 '고장 제로로 가는 6개 대책'을 철저히 해야 큰 성과를 얻을 수 있는 것이다.

#### 1.3 고장 제로 활동의 4국면

앞에서 살펴본 '고장 제로로 가는 6개 대책' 작업은 실로 방대한 것이어서 단번에 해낸다는 것은 매우 어려운 일이다.

또한 이것을 동시 병행한다고 하더라도 오손이나 기름 떨어짐 같은 강제 열화 상태를 방치한 채 정기 보전을 진행한다면 주기가 오기 전에 고장이 나거나, 나지 않게 하려면 극

단적으로 주기를 짧게 해야 하기 때문에 그 어느 것도 정기 보전을 할 수 없다.

예지 보전도 이와 같기 때문에 아무리 우수한 진단 기술을 구사하려 해도 볼트의 이완이나 조작 미스로 고장이 잦은 현장에서는 최적의 정비 시기를 예지할 수 없다.

그래서 이 6개 대책을 4스텝로 구분하여 자주 보전과 계획 보전 하나하나를 차례차례 계획적으로 추진하는 것이 매우 효과적이라는 것이 수많은 생산 현장의 체험을 통해 실증되고 있다.

## 1.4 정지기기 고장 제로화의 4국면

장치 공업 설비 관리의 특징은 그 대상이 탱크류, 배관, 열 교환기, 노(爐) 같은 정지 기기가 많다는 것이고, 고장 모드도 부식, 누설, 막힘 등 정적인 것이 많아 고장 제로 활동을 추진하는데 나름대로의 연구가 필요하다.

<표 3-1>에 정지 기기 고장 제로로 가는 4스텝의 실례가 있으므로 이것을 참고하여 업종이나 공정에 보다 알맞는 전개 프로그램을 만들도록 한다.

## 2. 장치형 계획보전 스텝별 전개 체제

### 2.1 스텝별 전개의 기본 개념

계획 보전 활동은 그 전개 방식의 적용이 과제였는데 TPM을 전개하는 기업에서 실천과 연구를 거듭하는 가운데 스텝별 전개의 개념과 활동의 줄기가 간추려 졌으므로 여기에 제안하기로 한다.

전문 보전 활동에 의한 계획 보전은 당연히 고장 제로를 목표로 한 활동이기 때문에 스텝별 전개 방식을 구축할 때는 앞에서 살펴본 고장 제로로 가는 6개 대책과 4스텝을 기본으로 하지 않으면 안 된다.

그러므로 고장 제로로 가는 4스텝, 나아가 자주 보전 7스텝와의 관련을 명확히 하고 나서 정리한 것이 '전문 보전활동의 6스텝 전개 개념'이고 [그림 3-1] 이 그것이다.

이것이 1~6스텝의 활동을 통한 체계적인 계획 보전 체제의 확립의 목적이라는 것은 말할 것도 없다.

국 면	Phase 1 고장간격 산포감소	Phase 2 고유수명 연장	Phase 3 정기적 열화복원	Phase 4 수명 예지
자 주 보 전	1스텝 : 초기청소 2스텝 : 발생원·곤란개소대책 3스텝 : 설비관리기준작성	4스텝 기기총점검	5스텝 프로세스 총점검	6스텝 자주보전시스템화 7스텝 자주관리철저
전 문 보 전 활 동	1스텝 설비평가·현상과약	개량보전으로 업무에 정착		
	2스텝 열화복원·약점개선 (자주보전지원, 재발유사방지)			
		3스텝 정보관리 체제구축	정기보전으로 업무에 정착	
			4스텝 정기보전 체제구축	
				5스텝 예지보전 체제구축
	6스텝 계획보전 평가 → 스텝별 년도별 평가, 체계적인 계획보전 체제구축			

[그림 3-1] 전문 보전 활동 6스텝 전개의 개념

## 2.2 스텝별 전개에 따른 활동 개요

스텝별 전개가 좋은 것은 ①활동을 하면서 성과가 오른다 ②성과를 확인하면서 활동을 할 수 있다는 점인데 이러한 장점을 살리려면 각 스텝에서 무엇을 할 것인가를 보다 명확히 해놓지 않으면 안 된다. <표 3-2>는 '활동 개요의 실례'이고 [그림 3-2]에는 이러한 활동을 추진하기 위한 마스터 플랜의 예를 제시하였다.

이러한 활동은 공장의 설비 보전 레벨에 따라 선택해야 하며, 보전 체제가 허술하고 고장이 잦은 곳에서는 스텝 전체를 전개하고, 이미 제대로 체제를 갖춘 공장에서는 약점을 보완하고 레벨업을 기하면서 고장 제로달성을 위한 스텝을 골라 활동하면 된다.

&lt;표 3-2&gt; 스텝별 전개 활동 개념

스텝	스텝명	활동 개요
제1스텝	설비평가 현상파악	(1) 설비대장 작성(또는 정비) (2) 설비 평가 실시 : 평가 기준 작성, 등급설정, PM설비 및 PM부위 선정 (3) 고장 등급 정의하기 (4) 현황 파악: 고장시간, 고장건수, 도수율, 강도율, MTBF, 보전비, 사후보전을 등 (5) 보전 목표 설정(지표, 효과측정법)
제2스텝	열화복원 약점개선	(1) 열화복원, 기본조건 정비, 강제열화 환경 배제 (자주보전 활동 지원) (2) 약점개선, 수명연장 개별개선 (3) 중고장 재발·유사 방지 대책 (4) 프로세스고장 감축 개선
제3스텝	정보관리 체제구축	(1) 고장 데이터 관리체제 구축 (2) 설비 보전관리 시스템(기력 관리, 정비계획, 검사 계획 등) 구축 (3) 설비 예산관리 시스템 구축 (4) 예비품 관리, 도면, 자료 관리 등
제4스텝	정기보전 체제확립	(1) 정기보전 준비활동(예비기, 예비품, 측정기, 운할·도면 기술자료 관리) (2) 정기보전 업무 체계·플로 작성 (3) 대상 설비·부위 선정과 보전계획 책정 (4) 기준류 작성, 정비(재료 기준, 시공 기준, 검사 기준, 검수기준 등) (5) 정기 수리·보전의 효율화와 외주공사 관리 강화
제5스텝	예지보전 체제구축	(1) 설비진단기술 도입(기술자 양성, 진단기기 도입 등) (2) 예지보전 업무 체계·플로 작성 (3) 예지보전 대상 설비·부위 선정·확대 (4) 진단기기, 진단기술 개발
제6스텝	계획보전 평가	(1) 계획보전 체제의 평가 (2) 신뢰성 향상의 평가 : 고장, 일시정지건수, MTBF, 도수율 등 (3) 보전성 향상의 평가 : 정기보전을, 예지보전을, MTTR 등 (4) 코스트다운의 평가 : 보전비 감축, 보전비 사용 구분의 개선

### 3. 장치형 계획보전 스텝 전개

#### 3.1 장치형 계획보전 스텝 전개 방법

계획보전 체제를 확립하는 데는 필요한 준비와 활동이 매우 많기 때문에 이것을 관계 부문에서 각자 개시하는 것은 효율적이 아니다. 스텝별 전개 방식은 관계 부문이 협력해서 기초적인 스텝부터 스텝별로 마무리 해가는 방법을 취해야 하는데 다음과 같은 스텝로 추진하는 것이 바람직하다.

- 제1스텝 설비평가와 현상파악
- 제2스텝 열화복원과 약점개선
- 제3스텝 정보관리 체제구축
- 제4스텝 정기보전 체제구축
- 제5스텝 예지보전 체제구축
- 제6스텝 계획보전 체제평가

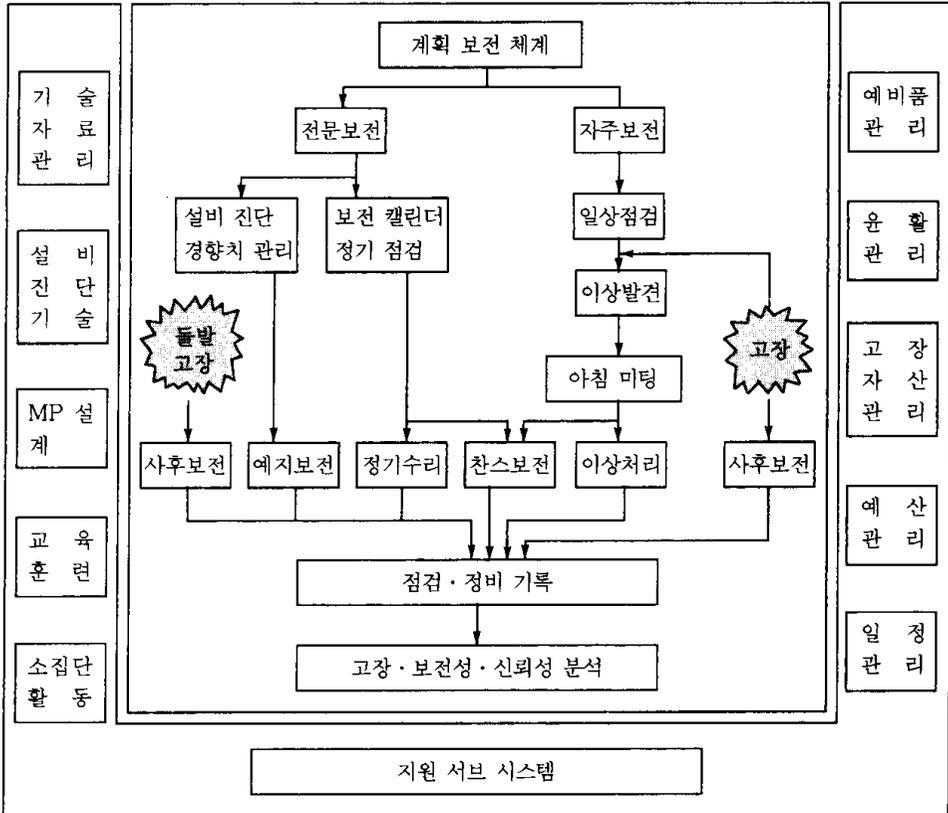
#### 3.1.1 제1스텝 : 설비평가와 현상파악

##### (1) 설비평가의 기초 데이터가 되는 설비대장 작성

장치공업의 생산 설비는 종류가 많아서 동종의 설비라도 프로세스(제조 공정)의 어느 기능을 분담하느냐에 따라 중요도에 차이가 난다. 그러므로 생산 설비는 일정한 기준으로 격을 매겨 계획 보전 대상 설비를 선정하기 위한 설비 대장을 만든다.

<표 3-3> 설비 대장

(1) 자산 번호				
(2) 설비 명칭	기번	도면 번호	시방서 번호	
(3) 소 재	공장명	브랜드명	공정명	
이동 기록				
(4) 제 작 자	제작 날짜	설치 날짜	시운전 날짜	본운전 날짜
(5) 시방 변경 기록				
날짜	설비 시방		운전 조건	
(6) 보전 기록				
날짜	정기 정비	개량 보전	주요 고장	
(7) 주요 부속 설비의 시방				



[그림 3-13] 계획보전 체계의 개요

### 3.2 장치형 계획보전 스텝전개 추진사례

#### 3.2.1 장치형 계획보전 스텝전개 요약

<표 3-10> 36계 신계획보전 스텝별 추진방향

STEP명	구분	계획보전 효율화활동	36계 세부추진 순서 및 활동내용	소요기간
제OST 3S 및 자주보전 지원활동	3현3주 (분임조)	준비 및 3S활동	1) 계획보전활동관 정비(1개월) 2) 현장PM실 및 담당구역의 정리·정돈·청소(5개월)	12개월
		자주보전 지원활동	3) 자주보전적출 의뢰 불합리점 개선실시지원(결함) (12개월)	

STEP명	구 분	계획보전 효율화활동	36계 세부추진 순서 및 활동내용	소요 기간
제1ST 설비평가 · 현상과악	3현3측 (분임조)	불합리 개선 지원활동	4) 현장 제어반 불합리개선(전기반 자체도출후), 누설발생원 개선(기계반 자체도출후)(3개월) 5) 자주보전적출 의뢰 불합리점 개선실시 지원(3개월)	3개월
	시스템 (STAFF)	설비평가, 현상과악	6) 설비보유현황 및 등급관리체계(1개월), 7) 설비이력작성(중요사항정리)(1개월) 8) 보전기록체계완성(1개월) 9) 고장등급체계 완성(1개월), 10) 지표체계 보완 및 목표설정(1개월)	
제2ST 열화복원 · 약점개선	3현3측 (분임조)	기본조건과 현상의 차이 분석 및 개 선	11) 도면총조사 및 정돈(1개월), 12) 도면개정(2개월) 13) 취급설명서 총조사 및 정돈(1개월), 14) 미보수 예비품정비 및 정돈(1개월), 15) 미보수 장비수리 및 정돈 (1개월), 16)사용유종 조사 및 정돈(1개월)	12개월
	시스템 (STAFF)	열화복원. 약점개선	17) 유틸리티설비 TPM활동(불합리 복원완료)(2개월) 18) 개량보전(테마)모델활동(3개월)	
제3ST 정보관리 체계구축	3현3측 (분임조)	기본조건 기준정비	19)설비메뉴얼작성(모델활동)(2개월), 20) 진단장비 조작요령 교안작성(필요기기)(1개월), 21)현장사무실보유 문서정돈 보완(F/S)(2개월)	9개월
	시스템 (STAFF)	MP정보활용	22) 개선정보의 MP정보화(1개월)	
		정보관리 체계구축	23) 보전정보전산화(9개월), 24) 보전예산관리(1개월), 25) 보전자재관리(2개월)	
제4ST 정기보전 체제구축	3현3측 분임조, 시스템	점검·정비 효율화	26) 보전표준화(점검·정비표준)(2개월), 27) 공구관리(1개월), 28) 윤활관리(2개월), 29) 精度관리(1개월)	9개월
		정기보전 체제구축	30) 보전주기조사(점검·정비)(2개월) 31) 보전계획 및 공사관리(년·월간 보전카렌다 운영체계)(1개월)	
제5ST 예지보전 체제구축	시스템 (STAFF)	개선활동 활성화	32) 개량보전 활성화 및 정착(일상개량보전, 개별개량보전 등)(3개월), 33) 보전기능 교육·훈련(3개월)	9개월
	3현3측 (분임조)	예지보전 체제구축	34) 설비진단기술에 의한 예지보전활동(3개월)	
제6ST 계획보전 평가	시스템 (STAFF)	예지보전 실시	35) 설비진단기술의 현장활용에 의한 예지보전 실시(5개월)	6개월
	3현3측 (분임조)	계획보전 평가	36) 계획보전시스템평가 및 지표의 BM(개시시의 지표 수준) 대비 성과과악(1개월)	

### 3.2.2 장치형 계획보전 스텝전개 실행프로그램

#### (1) 제0스텝 : 3S 및 자주보전 지원활동

- ① 활동요약 일람표 : <표 3-11> 참조
- ② 세부추진계획서 모델 사례 : <표 3-12> 참조
- ③ 진단 체크시트 모델 사례 : <표 3-13> 참조

#### (2) 제1스텝 : 설비평가·현상파악

- ① 활동요약 일람표 : <표 3-14> 참조
- ② 세부추진계획서 모델 사례 : <표 3-15> 참조
- ③ 진단 체크시트 모델 사례 : <표 3-16> 참조

#### (3) 제2스텝 : 열화복원·약점개선

- ① 활동요약 일람표 : <표 3-17> 참조
- ② 세부추진계획서 모델 사례 : <표 3-18> 참조
- ③ 진단 체크시트 모델 사례 : <표 3-19> 참조

#### (4) 제3스텝 : 정보관리 체계구축

- ① 활동요약 일람표 : <표 3-20> 참조
- ② 세부추진계획서 모델 사례 : <표 3-21> 참조
- ③ 진단 체크시트 모델 사례 : <표 3-22> 참조

#### (5) 제4스텝 : 정기보전 체제구축

- ① 활동요약 일람표 : <표 3-23> 참조
- ② 세부추진계획서 모델 사례 : <표 3-24> 참조
- ③ 진단 체크시트 모델 사례 : <표 3-25> 참조

#### (6) 제5스텝 : 예지보전 체계구축

- ① 활동요약 일람표 : <표 3-26> 참조
- ② 세부추진계획서 모델 사례 : <표 3-27> 참조
- ③ 진단 체크시트 모델 사례 : <표 3-28> 참조

#### (7) 제6스텝 : 계획보전 평가

- ① 활동요약 일람표 : <표 3-29> 참조
- ② 세부추진계획서 모델 사례 : <표 3-30> 참조
- ③ 진단 체크시트 모델 사례 : <표 3-31> 참조

&lt;표 3-23&gt; 계획보전 제4 STEP( 정기보전체계구축 ) 활동일람표- 제4 STEP 총 추진소요기간 : 9개월

구 분	활동명	세부활동내용	추진요령(양식, 자료)	대상 및 구역	기간
점검·정비 효율화 (현장 및 시 스템)	보전표준화 (제26계)	보전표준화보완 및 체계화 (점검·정비표준)	점검·정비표준, 보전검사기록지 미흡사항 작성 (직제와 합동추진)	보전표준 미흡요소	2개월
		보전관리표준 보완	운할관리, 보전자재관리, 보전업무관리, 공구관리, 설비초기관 리 등	보완필요 대상	
	공구관리 (제27계)	공구분류 및 조사	공구분류 및 조사표	사용공구대상	1개월
		공구재고관리 및 공구보전	보유공구LIST(공용공구함 대상), 공구재고현황	중앙창고 및 현장보유	
		공구관리 합리화 추진	공구형적정돈 및 공구함 제작, 공구정돈방법개선, 공구보전	보유공구	
	운할관리 (제28계)	적유선정 및 설비별 운할관리방법 일람표 정립	운할관리방법 일람표(급유·개유) - 4適관리구축(적유, 적량, 적시, 적법)	급유개소별 사용유	2개월
		운할제오염도관리체계 정립	운할제오염도관리항목일람표, 유분석장치(간이, 정밀)검토	운할유열화 측정대상	
		현장 운할관리 방법 개선	운할관리표부착, 운할유재고현황, OIL STATION설치, 운할유 색별정돈(유종별색상부여), 운할유색별정돈(유드럼, 주유기, 주유구의 3위일체 관리)	유드럼, 주유기, 주유구 등의 현장관리개선	
		운할장치 개별개선 추진	집중구리스급유장치, 구리스캡 및 OIL CUP설치(필요개소), OIL 레벨게이지, 운할오염발생원 및 곤란개소조치	설비운할개소의 불합리	
	정도관리 (제29계)	정도(精度)검사대상 및 부위파악	설치정도검사대상 설비 및 항목LIST, 범용기기 정도기준서 (센터링, 갭, 단차 등) 작성 (모델활동)	정도관리가 필요한 설비의 대상항목	1개월
정기보전 체계구축 (시스템)	보전주기 조사 (제30계)	설비·UNIT 최적보전주기 조사 (대상설비·UNIT별 점검·정비주기)	설비·UNIT 최적보전주기(점검, 정비)조사표	TBM(시간기준보전)이 필요한 중요 설비	2개월
		부품의 최적교체주기조사 (중요 마모부품별 교체주기)	부품의 최적교체주기조사표	주요 마모부품	
보전계획 및 공사관리 (제31계)	보전카렌다운영(년, 월, 주) 및 보전계획대비실적관리	년간 보전카렌다, 월·주간 보전작업계획, 보전계획대비 실적현 황그래프	년월주별, PM실별	1개월	
		공사관리체계구축	정기 S/D 공사관리 NETWORK구축		정기보수, 오버홀공사



<표 3-25> 계획보전 제4 STEP(정기보전체계구축)진단체크시트

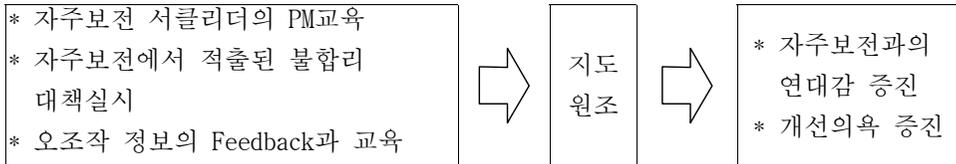
과 명	분임조명	담당업무	진단일자	진단자	진단결과 점수					진단결과		
					$\frac{\text{적용항목 득점합계( )}}{\text{적용항목 만점합계( )}} \times 100 = \text{ 점}$					합격	불합격	
구 분	항 목	세부 진단항목	활동 계층		진단 적용 여부	평가점수					특기사항 기재란	
			직제	분임		가	양	미	우	수	미흡요소	잘된점
제4STEP 준비활동(5)		제4ST 추진매뉴얼 숙지상태	●	○		1	2	3	4	5		
		제4ST 일정계획 수립 및 운영상태		○		1	2	3	4	5		
점검·정비 효율화 (현장 및 시스템)	보전표준화 (제26계)	보전표준화보완 및 체계화(점검·정비표준)상태	○	●		2	4	6	8	10		
		보전관리표준 보완상태	●	○		1	2	3	4	5		
	공구관리 (제27계)	공구분류 및 조사상태	○	●		1	2	3	4	5		
		공구재고관리 및 공구보전상태		○		1	2	3	4	5		
		공구관리 합리화 추진상태		○		1	2	3	4	5		
	윤활관리 (제28계)	적유선정 및 설비별 윤활관리방법 일람표정립상태	○	●		1	2	3	4	5		
		윤활제오염도관리체계 정립상태	○	●		1	2	3	4	5		
		현장 윤활관리 방법 개선상태		○		1	2	3	4	5		
		윤활장치 개별개선 추진상태		○		1	2	3	4	5		
	정도관리 (제29계)	정도(精度)검사대상 및 부위 파악상태	○	●		1	2	3	4	5		
정기보전 체계구축 (시스템)	보전주기 조사 (제30계)	설비·UNIT 최적보전주기 조사상태 (대상설비·UNIT별 점검·정비주기)	○	●		1	2	3	4	5		
		부품의 최적교체주기조사상태 (중요 마모부품별 교체주기)	○	●		2	4	6	8	10		
	보전계획 및 공사관리 (제31계)	보전카렌다운영(년, 월, 주) 및 보전 계획대비실적관리 상태	○	●		1	2	3	4	5		
		공사관리체계구축상태	●	○		1	2	3	4	5		
활동관 (5)		활동관 관리자료의 실적기재 및 대책 관리상태	○	●		1	2	3	4	5		
활동진단(5)		과장의 제4 STEP활동 진단상태 (매월 5일경)	○			1	2	3	4	5		
총평 및 상세 기재란												

## 제4장 계획보전 공통 요소별 추진 매뉴얼

### 1. 설비 가동성향상 활동

#### 1.1 자주보전 지도·지원활동

##### (1) 기본적 고찰방법



##### (2) 자주보전 지도·지원활동 내용

자주보전 분임조 리더의 PM교육	* 설비에 관한 안전교육 * 자주보전 각 Step활동에 필요한 기능·지식 교육
자주보전에서 적출된 불합리대책 실시지원	* 자주보전에서 해결 곤란한 불합리 대책, 원조활동 실시
오조작 정보의 feedback과 교육	* 오조작에 의한 설비고장 방지를 위해 보전부문으로부터 운전부문에 오조작 정보를 Feedback해서 운전부문·보전 부문 합동으로 대책과 표준화를 실시하는 것이 효과적임

#### 1.2 개량보전(CM) 활동

##### (1) 기본적 고찰방법

설비의 기능상, 설계상 약점을 개선하는 활동임.

##### (2) 활동 내용

설비의 기본조건상의 개선점을 찾는 것이 중요 착안점이다

##### ① 신뢰성 → 기능저하, 기능정지 유발 감소 설비

- \* 고장발생빈도 저하, Machine C/T 안정성, 품질불량 발생감소, 정적·동적 精度 측정의 용이도, 조정의 감소

##### ② 보전성 → 열화측정·복원 용이 설비

- \* 고장부위발견 조속화, 열화부위 발견 적시실시, 부품교환 적시실시, 급유·갱유 용이화, 기능복귀 확인시간 단축화

##### ③ 자주보전성, ④ 조작성, ⑤ 안전성, ⑥ 융통성 ⑦ 경제성 ⑧ 작업성

**(3) 개량보전 추진방법**

- ① 일상개량보전 활동
- ② 개별개량보전 활동 → 월간보전 카렌다에 등록후 계획적 추진  
 보다 큰 문제는 분임조 테마해결활동에 등록 추진
- ③ Project개량 보전활동 → 공사관리 종합계획하에 TFT활동추진

**(4) 개량보전 기록**

개량보전 기록지, MP제안서에 기록하여 정보를 축적한 후 초기관리 활동에서의 설계, 제작, 도입, 설비, 시운전의 단계별 디버깅 체크시트에 반영 후 도입초기부터 문제점을 박멸하여 정상가동시 문제점을 최소화시키도록 한다..

**2. 계획보전 효율화 기본활동**

**2.1 설비등급관리**

**2.1.1 설비등급관리 목적**

설비의 중요성을 평가하여 설비등급의 선정으로 등급에 맞는 효과적인 설비관리를 도모하여 보전비용 절감 및 사용 신뢰성을 향상하여 설비의 신뢰성을 향상시키는데 있다.

**2.1.2 설비등급 평가 방법**

설비등급 평가는 생산성, 보전성, 품질성, 안정성 등을 고려하여 설비등급 평가기준서에 준하여 A, B, C, D등급으로 평가하고 평가시기는 매년 1회 실시함을 원칙으로 하며 설비 구입, Layout 변경 등 변경사항 발생시는 그 때 즉시 실시한다(표 4-1 참조).

**2.1.3 활동 Flow 및 주요 내용**

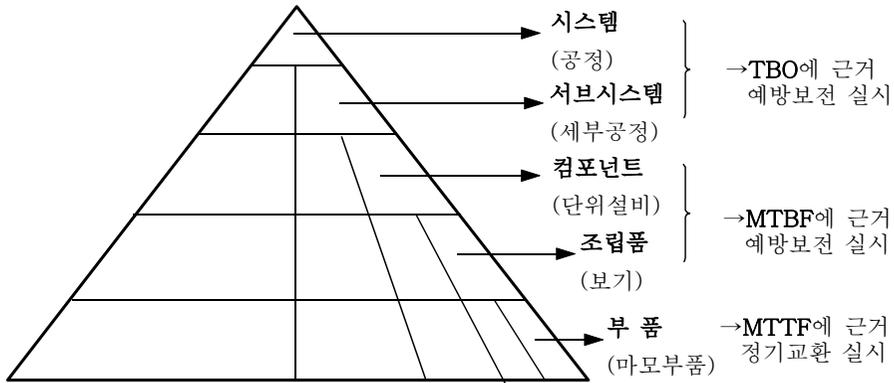
활동 Flow	주요 활동 내용
대상 설비 선정	설비 PM등급 평가표에 의해서 평가된 설비
보전계획 수립	년, 월간 보전 계획서 작성
예방보전 실시	정기점검, 검사 Card 등에 의해 관리
결과분석	보전결과 보고서
사후관리	사후관리 및 점검기준 재정비

&lt;표 4-1&gt; 설비 PM등급 평가표

자산 No.		설치 년 월	19 . .	보전조직			과			
공 장 명		평가 년 월	19. . .	담당	과장	담당	과장			
설 비 명		제작Maker								
구분	항 목	평 가				평가 기준				
생산성	1. 설비 목표 시간 가동률	4	3	2	1	4 : 90%이상 2 : 70%이상	3 : 80%이상 1 : 70%미만			
	2. 고장발생시 대체 설비의 유무	4	3	2	1	4 : 대체설비 무 2 : 대체설비 유 1 : 대체설비 유	3 : 타Line 이용가능 Tact Time지연 경우			
	3. 설비 속도 가동률(설계 Time/실제 Time)		4	3	1	4 : 설계 Tact Time보다 고속 3 : 설계 Tact Time에 의한 생산 1 : 설계 Tact Time보다 저속				
품질	4. 설비 고장시 품질에 미치는 영향		4	3	1	4 : 직접적 영향 1 : 영향 없음	3 : 간접적 영향			
	5. 제품의 최종품질에 미치는 영향	4	3	2	1	4 : 영향 대 2 : 영향 소	3 : 영향 유 1 : 영향 무			
보전성	6. 고장의 수리 난이도	4	3	2	1	4 : 해외 S/V 수리 2 : 자체기술진 수리	3 : 국내 S/V 수리 1 : 자체수리 가능			
	7. 보전 수리 시간 (MTTR)		4	3	1	4 : 3 Hr 이상 1 : 1 Hr 미만	3 : 1 Hr 이상			
	8. 보전 수리 비용 (월단위)	5	3	2	1	5 : 백만원 이상 2 : 이십만원 이상	3 : 오십만원 이상 1 : 이십만원 미만			
안전	10. 정책에 의한 작업환경에 미치는 영향		4	2	1	4 : 인명에 영향 1 : 특별한 영향 없음	2 : 작업정지 필요			
납기	납기 영향	4	4	2	1	4 : 영향 큼 2 : 영향 미미	3 : 영향 있음 1 : 영향 없음			
기타	11. 설치후의 경과 년수	4	3	2	1	4 : 10년 이상 2 : 3년 이상	3 : 3년 이상 1 : 3년 미만			
비고	평점 = $\frac{\text{평가점합}}{\text{만점합계}} \times 100$	합계				등급	90이상	80~90	70~80	70미만
		평점	점				A	B	C	D

### 2.1.4 등급별 관리항목

보전부서는 설비등급별로 아래와 같이 차등 선별관리를 실시한다.



[그림 4-8] 설비의 구성 레벨별 예방보전 적용

### (5) 설비의 최적보전주기 설정용 모델

다음에 제시된 최적보전주기 설정모델은 보전실무에서 최적보전주기를 합리적이고도 쉽게 설정할 수 있도록 하기 위해 고안된 것이다. 통상적으로 최적보전주기를 설정하기 위해서는 데이터에 의한 이론치 및 실적치, 메이커 추천 자료치, 보전 유경험자에 의한 경험치 등에 대해 단독 혹은 병용을 고려하는 경우가 일반적이다.

그러나 이들 4가지는 각각 장단점이 있으므로 이들 4가지를 종합 고려한 보전주기에서 평균화계수를 고려하여 계산한 값을 사용함으로써 보다 안전하고 현실적인 보전주기를 구할 수 있을 것이다.

최적보전주기(Optimized Maintenance Interval)란 이론치, 자료치, 실적치, 경험치의 4가지 보전주기를 고려하여 가중평균된 보전주기를 구한 후, 보전요원 및 운전자의 숙련도, 작업환경, 작업방법, 작업중 설비상태 등의 평균화계수를 고려하여 설비가 고장영역에 들어가지 않는 범위에서 예방보전을 실시할 수 있도록 설정하는 보전주기를 말한다.

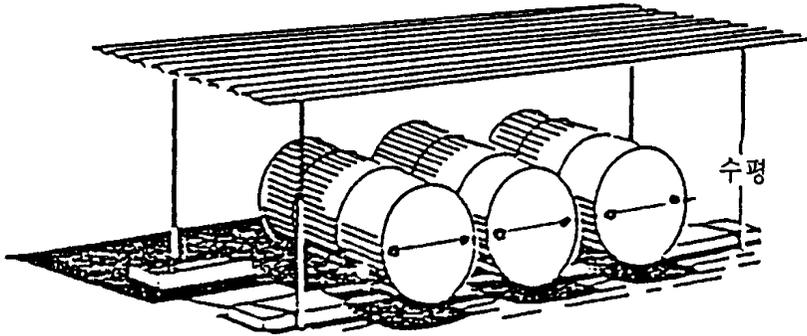
본서의 주목적인 최적보전주기 산출방법에 대한 모델로서 제시하는 절차는 다음과 같다.

▶ Step 1 : 설비별 보전(점검, 정비, 검사, 교환) 필요 단위설비, 보조기계, 부품의 파악  
앞에서 본 [그림 4-8]의 설비의 구성 레벨별 예방보전 적용에서 본 바와 같이 설비 구성레벨별 보전(점검, 정비, 검사, 교환)이 필요한 공정, 세부공정, 단위설비, 보조기계, 부품을 파악한다. 이를 위해서는 설비계통도를 사전에 만든 후 이용하면 편리하다.

▶ Step 2 : 최적보전주기 설정을 위한 각 주기 설정방법별 가능한 방법을 모두 선정  
보전주기 산출방법으로서는 4가지가 있다. 즉, 다구치 방법 등과 같은 공식에 의한 이론치, 메이커 추천 보전주기 등의 이론치, 설비운용 실적에 의거하여 구해지는 것으로 수리공사에 적용될 수 있는 실적치, PM초기시스템에서와 같이 보전데이터가 미흡한 경우나 수리공사에 많이 적용될 수 있는 보전경험자에 의해 정해지는 경험치 등의 4가지가 구해질 수 있도록 하되, 이 중에서 산출이 가능한 방법을 모두 선정한다.

없는 창고 또는 작업상 안전한 건물내에 보관할 필요가 있다.

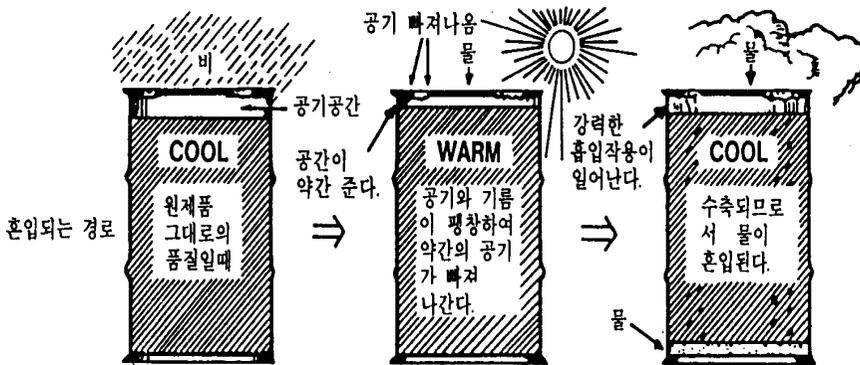
드럼통을 옥외에 보관할 경우는 횡으로 눕혀 드럼의 입구로 수분이 혼입되지 않도록 주의한다(그림 4-36).



\* 반드시 입구와 공기구멍이 수평이 되도록 한다

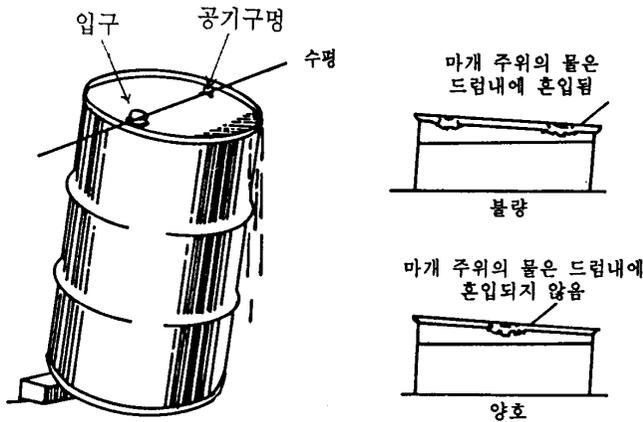
[그림 4-36] 드럼통 옥외 보관 경우

드럼을 세워서 옥외에 보관시 수분이 온도변화에 따라 수분이 혼입되는 경로를 [그림 4-37] 에 표시한다.



[그림 4-37] 드럼을 세워서 옥외에 보관시 주의

따라서 옥외 보관시는 반드시 드럼 밑에 고임목을 고이고, 입구와 마개와 수평이 되도록 고여야 한다(그림 4-38)



[그림 4-38] 드럼을 옥외 보관시 주의 사항

한편, 윤활유의 취급과 보관에 대해서는 환경보전, 인체에 대한 안전성, 화재에 대한 안정성 등을 고려하여 만전을 기하는 것이 중요하며, 또 일상 취급자에 대해서도 석유류 화재의 원리와 소화방법, 긴급시의 조치에 대해서 교육훈련을 하는 것이 필요하다.

(다) 윤활유 취급시 주의사항

주의점	취급방법
1) 먼지, 수분 등 이물질 혼입방지	1) 옥내보관, 뚜껑밀폐, 옥외저장 수칙엄수
2) 유종(他種)착오방지	2) 정리정돈의 이행, 품명 스티커 부착
3) 안전성 배려	3) 환기, 화기 주의
4) 저장공간의 활용	4) 저장 설비의 합리화

(5) 윤활유 일반 성상의 시험방법

(가) 비중(Specific Gravity) : KS M 2002

윤활유의 비중은 정해진 온도에서 같은 부피의 물과의 질량비로 표시하며 다음과 같다.

① 표준온도를 (oil)15<sup>0</sup>C , 순수4<sup>0</sup>C 로 하는 경우(KS)

$$\text{비중}(15/4^0C) = \frac{15^0C\text{에서의 일정부피의 oil의 질량}}{4^0C\text{에서의 오일과 같은 부피의 물의 질량}}$$

② 표준 온도를 오일 60<sup>0</sup>F , 순수 60<sup>0</sup>F 로 하는 경우

$$\text{비중}(60/60^0F) = \frac{60^0F\text{에서의 일정부피의 오일의 질량}}{60^0F\text{에서의 오일과 같은 부피의 물의 질량}}$$

No	진단 기법	진단 내용
6	음향법	회전부 등의 운동 상태를 파악하기 위하여 음의 크기를 진동수와 진폭을 이용하여 Microphone 등으로 측정하여 결합부위와 크기를 측정하는 진단방법
7	부식진단법	배관내의 금속표면의 부식 및 열화상태를 파악하는 진단방법
8	압력법	압력을 측정함으로써 설비진단을 실시하는 방법으로 압력손실, 토출압 등을 변수로 해서 설비의 이상을 판단하는 방법
9	치수측정법	설비 각 부위 치수를 측정함으로써 설비진단을 실시하는 방법으로 치수변화에 따라 설비이상을 판단하는 방법
10	전기저항법	전기기기의 전기저항치를 측정하여 기기 이상을 판단하는 방법
11	절연측정법	전기기기 또는 선로의 절연저항치를 측정하여 기기의 이상을 판단하는 방법
12	전도도 측정법	용수가 공급되는 설비의 Scale생성 방지를 위하여 전기전도도에 의한 수질측정방법
13	pH측정법	용수가 공급되는 설비의 부식발생 방지를 위하여 pH(산성도)에 의한 수질측정방법
14	회전속도 측정법	회전체의 속도를 측정하여 기기의 이상여부를 판단하는 방법

#### 4.4 제조현장의 기초 설비진단기술 활용 사례

진단 기술	대상 설비	대상 부위	진단 내용
1. 온도법	변압기	절연유	절대치 판정 경향관리
	Oil Switch		
	O.C.B(Oil Circuit Breaker)		
	Pump	Bearing	절대치판정
	전설비	열교환기, Heater 입출구 배관	입출구 온도차
	Boiler	F.O 히터 입출구배관	입출구 온도차 경향관리
	Compressor	자켓 냉각수파이프	입출구 온도차 경향관리
	Motor	표면	표면온도 절대치 판정

## 제5장 계획보전 정찰과 신뢰성중심보전(RCM)

### 1. RCM의 일반적 개념

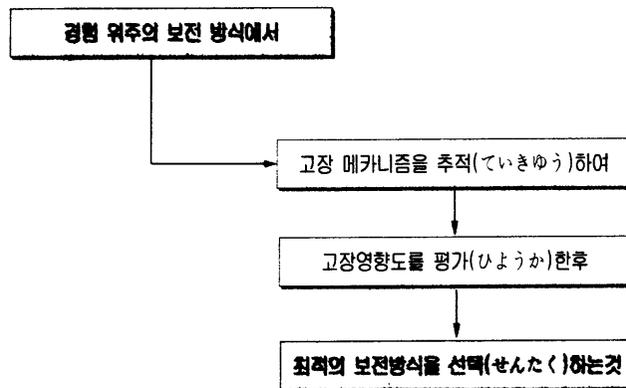
#### 1.1 RCM의 기본적 고찰

시스템의 생산기능과 안전 기능의 상실은 System을 구성하는 부품 단계(Level)의 고장이 원인이 되어 출발한다고 보며 설비의 설계, 제작에 결함이 없고 모든 부품이 정상 상태라면 시스템은 기능을 상실할 수가 없는 것이다.

그러나, 부품의 열화진행은 피할 수 없다는 전제 하에 일어나는 부품 고장 모드와 그 영향이 부품으로 조립된 컴포넌트에 미치는 영향, 나아가 상위 서브시스템에 미치는 영향, 최종적으로 그것이 시스템에 주는 영향 등과 같이 점진적으로 해석(분석)을 진행시켜 중대한 부품고장을 끄집어 내어 최적의 보전방식을 선택하므로써 시스템의 기능손실을 방지하고자 하는 것이 바로 RCM의 기본적인 사고방식이다.

RCM의 의미는 신뢰성 중시 보전 방식(Reliability Centered Maintenance)이라고 하는 보전으로서, TPM의 계획보전 프로그램을 심화시키는 활동으로 볼 수 있다.

이러한 RCM의 역사는 항공기산업(1970년), 원자력 Plant(1985년)에서 처음 도입되었다.



[그림 5-1] RCM이란?

## 2. RCM 해석의 스텝전개 방법

### 2.1 RCM 해석의 스텝전개 방법 요약

스텝	스텝명	과제	활동 내용
제0스텝	도입준비	도입기본교육, 추진 체계구축	개념의 이해 교육 훈련 추진체계 및 매뉴얼 정비
제1스텝	기초자료 작성	데이터 수집, 정리	① Block Flow Sheet ② 기능 블록도 ③ 시스템 구성요소 전개도 ④ 컴포넌트 고장 실적표 (MTBF분석표)(보전작업내용) ⑤ 컴포넌트 구조도
		분석 대상 설비의 선정	① RCM 해석 필요 분석대상 설비 선정 ② 시스템(계통) 경계 설정
제2스텝 (RCM해석-1)	기능고장 해석(FFA)	기능고장 재발 예측 List-up 기능고장해석표 작성	① 기능고장해석(FFA) ② 기기 고장영향 평가/중요도 결정
제3스텝 (RCM해석-2)	FMEA/FTA 고장해석	FMEA/FMECA에 의한 고장유형 및 영향 평가 대책안 도출 대책실시	① 시스템·서브시스템 구성과 임무확인 ② 시스템·서브시스템의 분석레벨 결정 ③ 기능별 블록의 결정 ④ 신뢰성블록도 작성 ⑤ 블록별 고장모드의 열거 및 검토 ⑥ FMEA에 효과적인 고장모드의 선정 ⑦ 선정 고장모드에 대한 추정원인 열거 ⑧ FMEA 시트에 요약기입 ⑨ 고장등급평가 및 결과정리( $C_s$ , 등급) ⑩고장등급이 높은 것의 대책 및 개선
		FTA에 의한 고장해석	FTA 분석 절차의 활용
제4스텝 (RCM해석-3)	LTA 최적보전방식 설정	LTA(Logic Tree Analysis)에 의한 고장모드별 유효보전 분석 및 보전방식 선택	① LTA의 실시 ② 최적보전방식 설정
제5스텝 (RCM 보전)	RCM 작업 Sheet 작성	RCM 보전내용의 설정 (최종 RCM실시 권고안 도출) RCM 보전내용의 실시	① RCM 작업내용 설정 ② 보전작업 패키징 ③ RCM 작업 실시

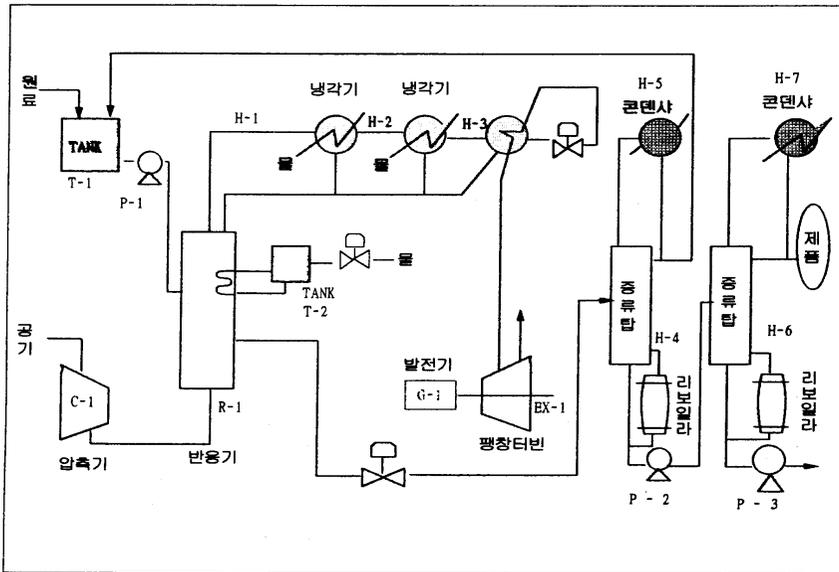
스텝	스텝명	과제	활동내용
제6스텝	RCM 효과 확인	RCM 유효성 분석 및 확인	① 보전비용의 집계 ② 고장트리블 집계 ③ RCM 유효성 분석·확인
제7스텝	RCM정착화 확대전개	RCM 정착화 개선, 확대 전개	① 정착화 개선 ② 확대 전개

## 2.2 RCM 스텝전개의 구체적인 추진법

### 2.2.1 제1스텝 : 기초자료 작성

#### (1) 데이터 수집 및 정리

##### ① Block Flow Sheet의 작성

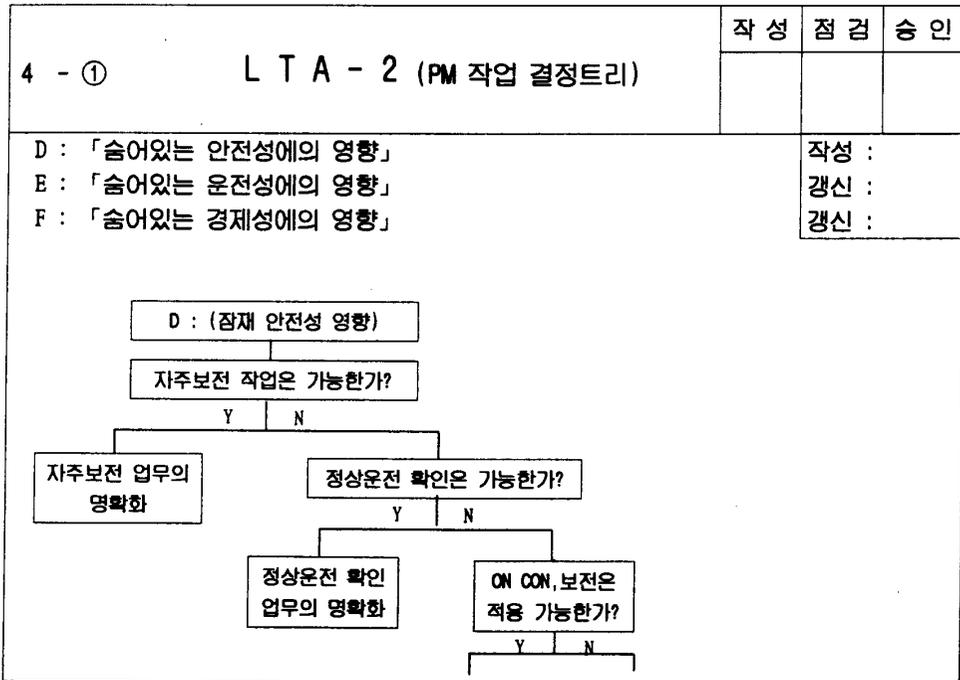
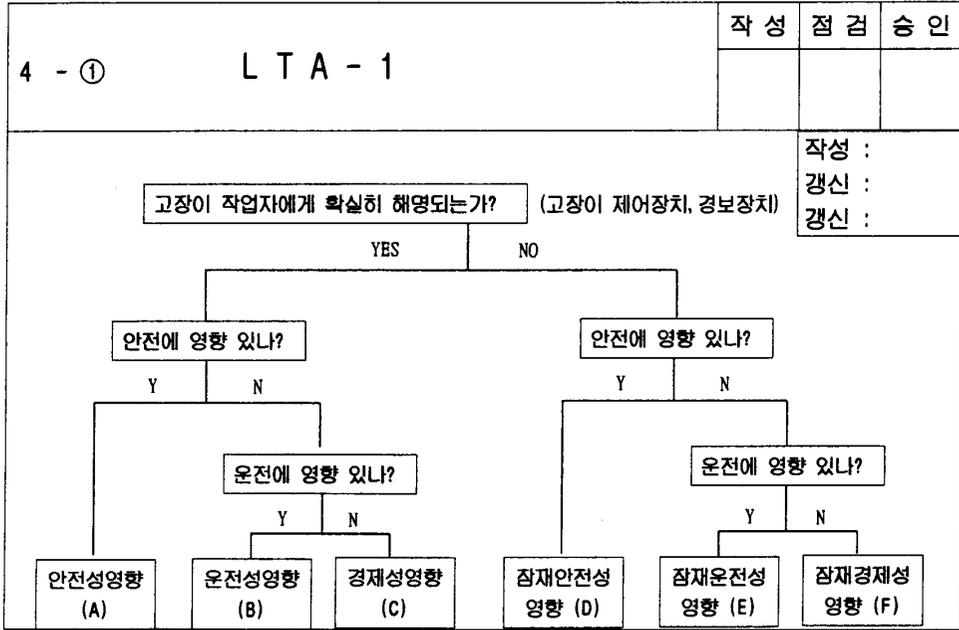


##### ② 기능 블록도 작성

\* 제어요소 - 온도, 압력, 유량, 위치, 농도, 전류 등

\* 구동요소 - 전력, 증기, 물, 공기 등

(2) LTA 사례



4-② 로직트리 해석표					
시스템 명칭	122 탭변환기	작성 : 년 월 일	작성	점검	승인
기기 명칭	A 변환개폐기	Rev.1 :			
		Rev.2 : Rev.3 :			

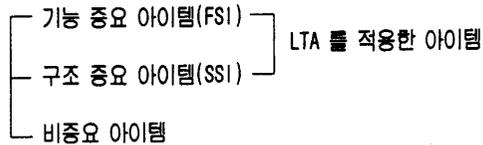
기능 고장	고장 모드	LTA-1	LTA-2
1.1 구동력 전달 불능	1.1.1 차단조작기구 볼트, 핀류의 느슨함, 꺾임, 탈락	잠재안전성영향(D)	복구보전 (5년)
	1.1.2 차단조작기구 스프링 크랭크류의 휘어짐, 꺾임.	잠재안전성영향(D)	복구보전 (5년)
	1.1.3 차단 조작기구 베어링, 치차 등의 이상	잠재안전성영향(D)	복구보전 (5년)
1.2 전류 차단 불능	1.2.1 아크접촉자 마모	잠재안전성영향(D)	복구보전(5년)
	1.2.2 편조선 비틀림, 변형	잠재안전성영향(D)	복구보전(5년)
	1.2.3 한류저항 이상	잠재안전성영향(D)	복구보전(5년)
	1.2.4 절연물 손상	잠재안전성영향(D)	복구보전(5년)
	1.2.5 절연물저항 저하	잠재안전성영향(D)	복구보전(5년)
	1.2.6 볼트, 스프링류 이상	잠재안전성영향(D)	복구보전(5년)

## 2.2.5 제5스텝 : RCM 작업시트의 작성

### (1) RCM 작업시트의 작성

제4스텝까지의 해석을 기초로 아이템별로 보전 내용을 RCM 작업시트에 정리한다.

#### ① 아이템의 구분화



② 고장모드/열화모드, 열화패턴 정리

③ 예방보전 실시유무 결정

④ 고장 및 열화 탐지

징후, 이상, 고장의 정리

⑤ 보전 작업의 내용(계획, 비계획으로 구분하여 정리)

⑥ 설계 변경의 유무 결정

### 3. 보전작업효율·보전비 관련 효과측정 지표

이는 보전작업의 효율성 측면 및 보전비에 관련된 효과측정 지표로서 TPM에 의한 보전 활동의 경제성판단에 관련되는 지표이다. <표 6-2>에 이의 관련 지표를 제시했다.

<표 6-2> 보전작업의 효율성 및 보전비 관련 효과측정 지표

항 목		산 식	RANK	관리 담당	PQCD SM관련	비 고
보 전 작 업 효 율	① 예방보전달성률	(예방보전실시건수/예방보전 계획건수)×100	○	공무	-	
	② 예방보전(PM)율	[ PM건수/(PM건수+BM건수+EM 건수)]×100	○	공무	-	
	③ 개량보전율	(개량보전(CM)건수/총보전 건수)×100	○	공무	-	실제상 약점개선을 CM이라 함
	④ 긴급보전(EM)율	[ EM건수/(PM건수+BM건수+EM 건수)]×100	○	공무	-	돌발고장으로 인한 보전율
	⑤ CM건수	실적치	◎	공무	-	
	⑥ BM건수	실적치	◎	공무	-	
	⑦ SDM단축일수	전회SDM일수-금회SDM일수	◎	공무	P	SHUTDOWN MAINTENANCE
	⑧ SDM스타팅트러블 건수	실적치	◎	공무	P	초기유동관리기간중의 건수
보 전 비	① 총보전비율	(총보전비/총제조원가)×100	◎	공무	C	총보전비=재료비+노무비+경비 +외주공사비
	② 보전비원단위	보전비/생산수량	●	공무	C	원단위는 줄이도록 노력함
	계획초과보전비 원단위	계획초과보전비/생산수량	○	공무	C	원가절감측면상 관리되어야 할 지표임
	BM보전비원단위	BM보전비/생산수량	◎	공무	C	
외주수선비원단 위	외주수선비/생산수량	○	공무	C		