

증장비 시스템의 신뢰도 분석 및 활용 사례

2004. 07. 01

대우종합기계(주) 신뢰성평가센터

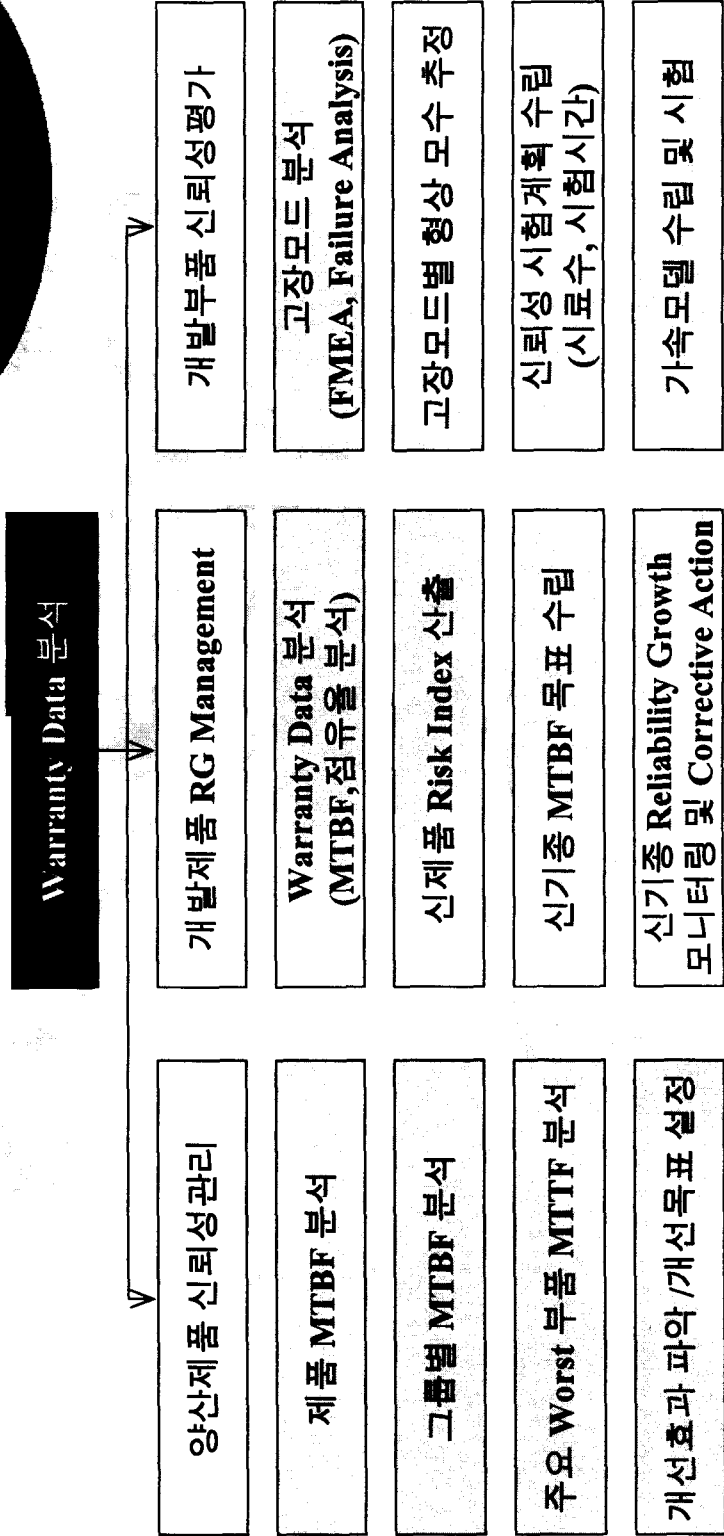


1. 신뢰도 분석 목적
2. 신뢰도 분석 FLOW
3. 신뢰도 분석방법
4. 신뢰도 분석 자료의 활용

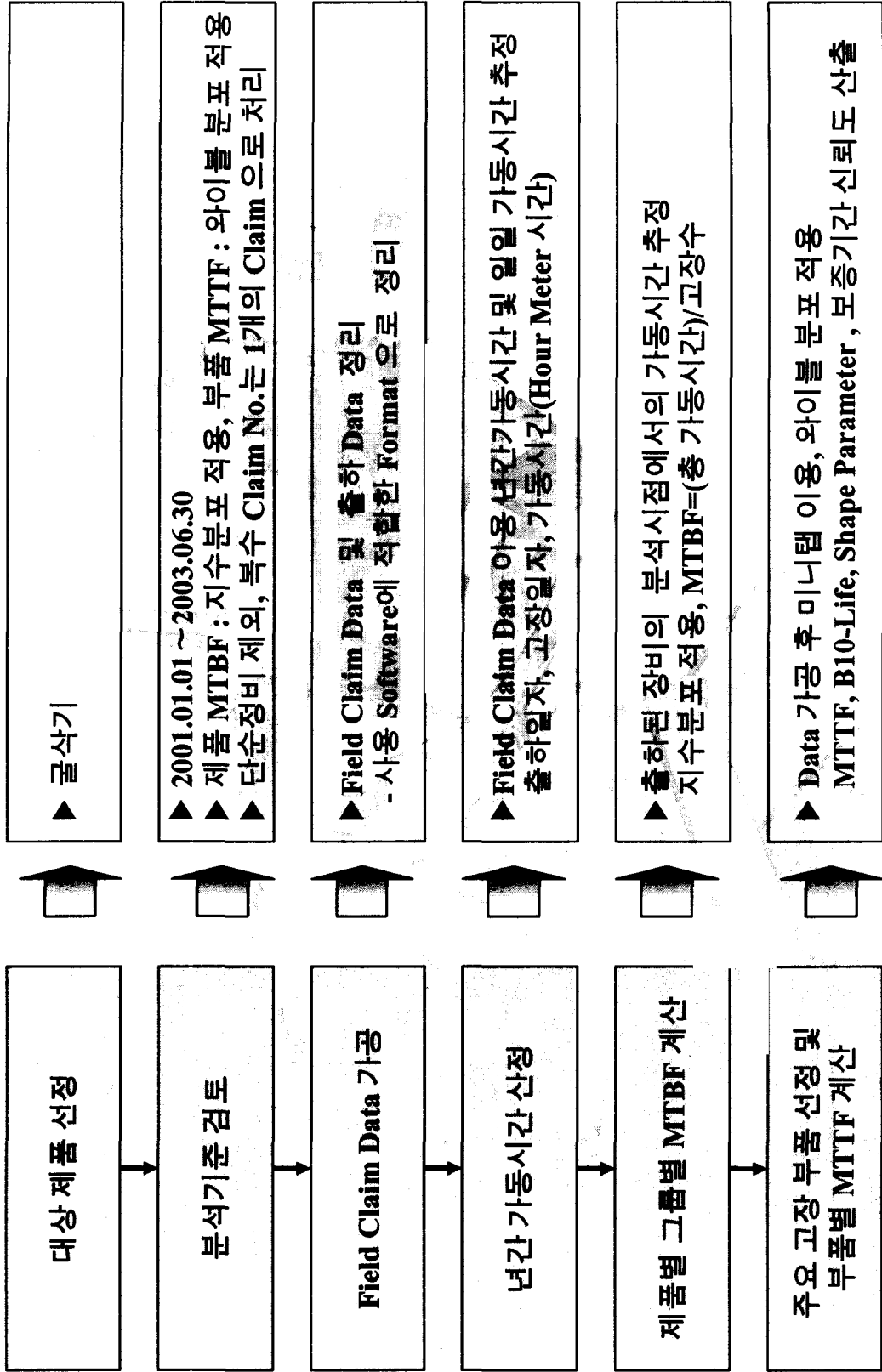
1. 신뢰성 분석 목적



- ▶ 품질개선 활동의 효율성 평가(년도별 제품의 신뢰성 추이 관찰)
- ▶ 부품 개선효과 예측 및 판단
- ▶ 주요 부품에 대한 고장 모드별 형상 모수 파악 → 가속수명 설계 활용
- ▶ 신제품 개발시 신뢰성 목표 수립 및 양산제품의 개선 목표 설정



2. 신뢰도 분석 Flow



3. 신뢰도 분석 방법



Field Data의 가공

1) 출하 Data

제품호기, 모델명,
Dealer 인도일, 판매일,
Data Download 일자

| Serial Number | Model | Delivery Date | Sales Date | Download Date |
|-----------------|-----------|---------------|------------|---------------|
| DH300LC-V-20030 | DH300LC-V | 25-Jul-01 | 25-Jul-01 | 31-Jul-03 |
| DH300LC-V-20045 | DH300LC-V | 27-Jun-01 | 27-Jun-01 | 31-Jul-03 |
| DH300LC-V-20069 | DH300LC-V | 30-Sep-01 | 30-Sep-01 | 31-Jul-03 |
| DH300LC-V-20162 | DH300LC-V | 30-Jun-01 | 30-Jun-01 | 31-Jul-03 |
| DH300LC-V-20200 | DH300LC-V | 14-Mar-01 | 14-Mar-01 | 31-Jul-03 |
| DH300LC-V-20212 | DH300LC-V | 20-Mar-01 | 20-Mar-01 | 31-Jul-03 |

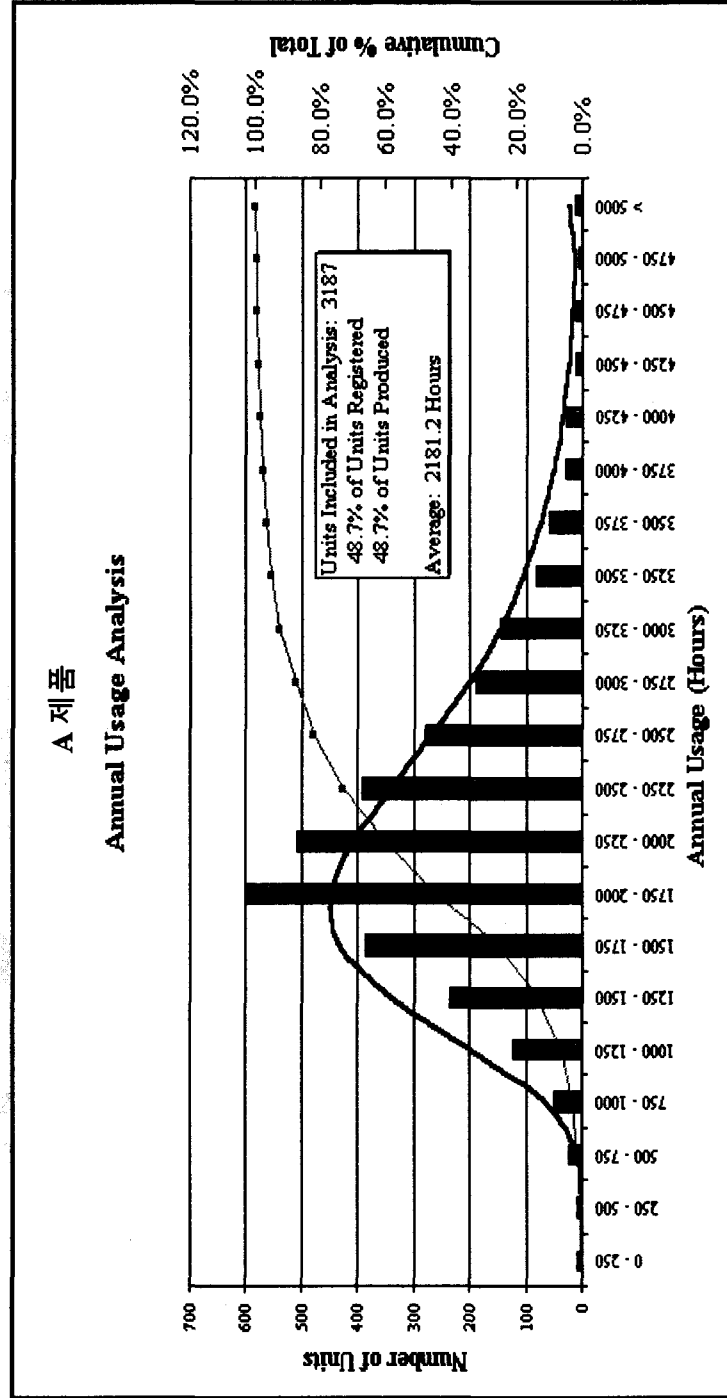
2) Field Data

Claim No. 제품호기, 모델명, 고장일, Dealer 인도일, 판매일, 가동시간, 품번, 품명,
부품단가, 부품그룹, 하자현상, 하자내용,

| Serial Number | Model | Build Date | Delivery Date | Repair Date | Operating Time at Repair | Group Code | Part Number | Total Claim Cost | claimno | partnm | Type of warranty | Itemname | amount | |
|-----------------------|-------|------------|---------------|-------------|--------------------------|------------|-------------|------------------|----------------------------|--------|------------------|----------|---------------------|---------|
| H300LC-V-200DH300LC-V | | 04-Nov-99 | 04-Nov-99 | 03-Apr-01 | 1391 | 5 | 2440-9238KT | 562.07 | DYC01128; SEAL KIT BOOM CY | 1.00 | 1.00 | 滿油 | BOOM C ⁿ | 361.32 |
| H300LC-V-200DH300LC-V | | 04-Nov-99 | 04-Nov-99 | 03-Apr-01 | 1391 | 5 | ORING-32L | 562.07 | DYC01128; O-RINGKIT | 1.00 | 1.00 | 滿油 | CONTROL | 200.75 |
| H300LC-V-20 DH300LC-V | | 05-Nov-99 | 05-Nov-99 | 12-Sep-02 | 2500 | | 2120Y2130 | 137.36 | DYC02595; BOLT; WEIGHT | 1.00 | 1.00 | | | 137.36 |
| H300LC-V-200DH300LC-V | | 04-Nov-99 | 04-Nov-99 | 12-Sep-02 | 2500 | 7 | 2624Y1090E | 7222.65 | DYC02595; COUNT WEIGHT | 1.00 | 1.00 | 磅? | COUNTIE | 7222.65 |

년간가동시간 산정

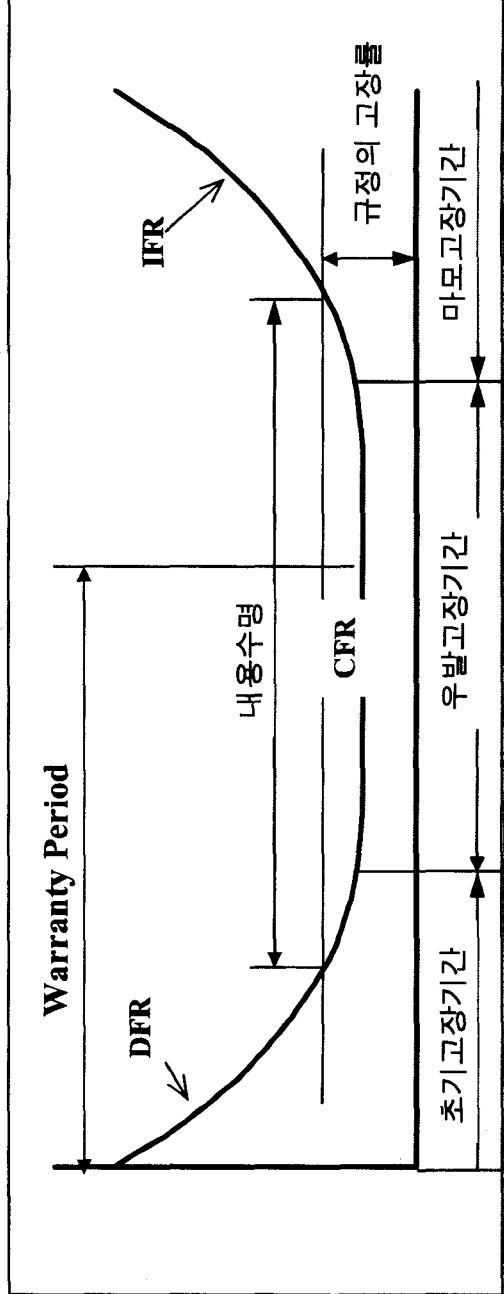
- ▶ 각 Claim 별 가동일 산출 (고장일자 - 출하일자 = 가동일) 하고, Claim 발생시 관측된 가동시간 이용 년간 및 일일 가동시간을 산정



제품 및 부품 그룹별 MTBF 산출

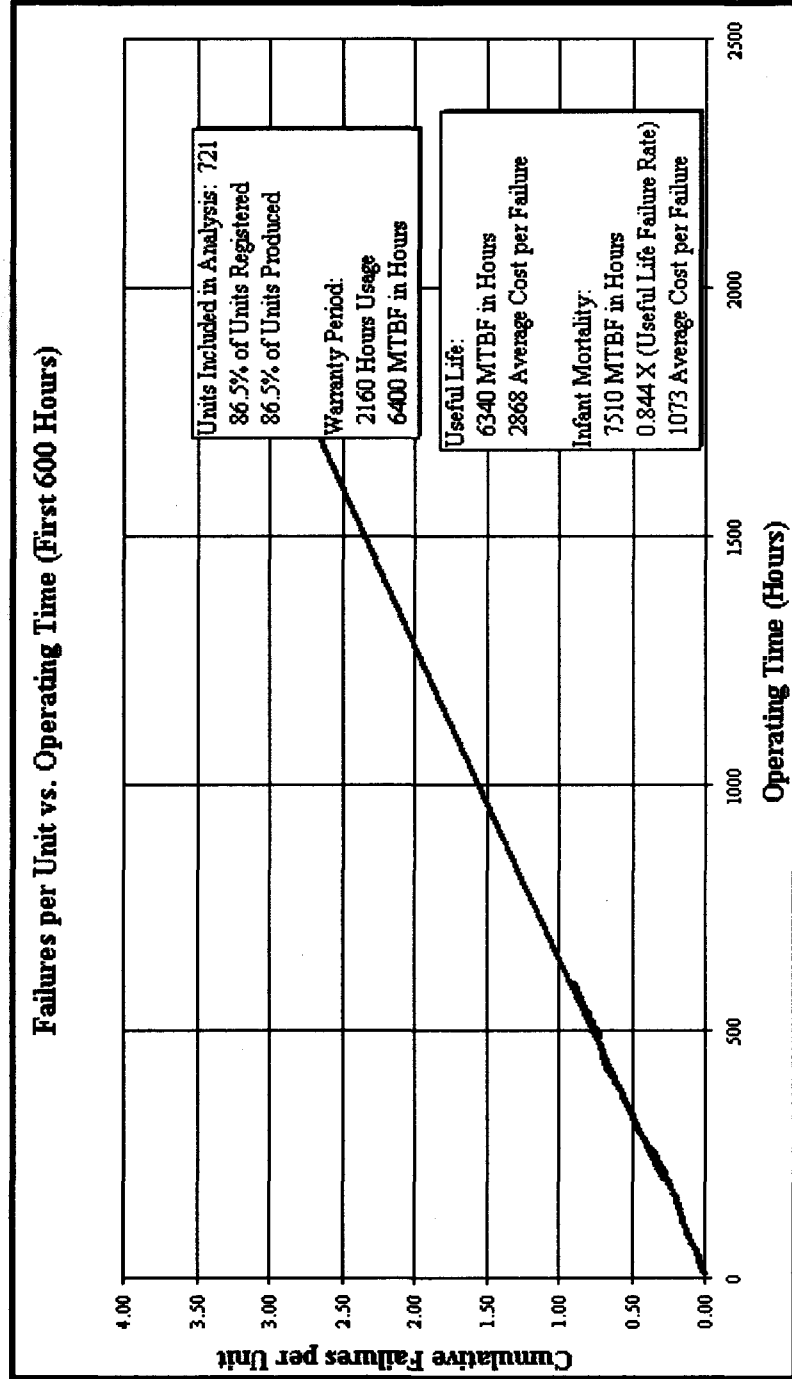
♣ 육조곡선(Bath-tub curve)

- ▶ 일반적으로 시스템(제품)의 수명곡선은 육조모양을 하고 있다고 하여 육조곡선이라고 칭함
 - 초기고장(Infant Mortality) 기간: 좌측의 고장을 감소하는 부분(DFR)
 - * 표준 이하의 재료 사용, 빈약한 제조기술, 불충분한 품질관리, 부적절한 포장 및 수송 등 : 유아기
 - 우발고장(Useful Life) 기간: 중간의 고장율이 비교적 낮고 일정한 부분(CFR)
 - * 낮은 안전계수, 기대치보다 높은 스트레스, 혹사 및 사용자 과오 등 : 청,장년기
 - 마모고장(Wear Out) 기간: 우측의 고장율이 증가하고 있는 부분(IFR)
 - * 부식, 산화, 마모, 피로, 노화, 퇴화 등이 수명이 다해 가고 있는 기간 : 노년기

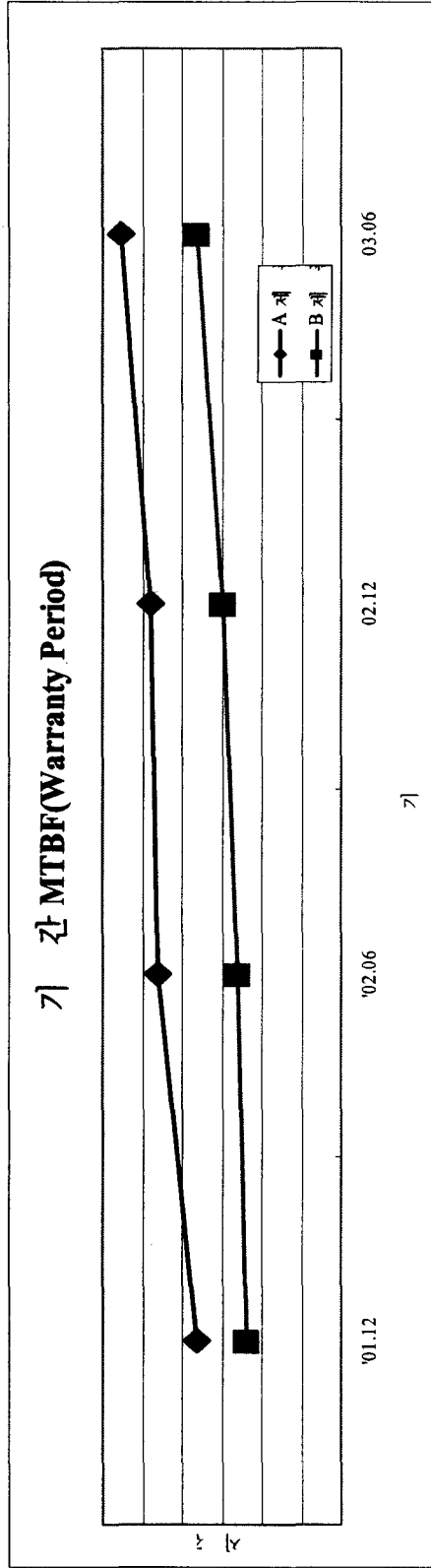


▶ 제품별, 부품그룹별(엔진, 전장, 유압, Hose 그룹 등), 기간별 MTBF 산출

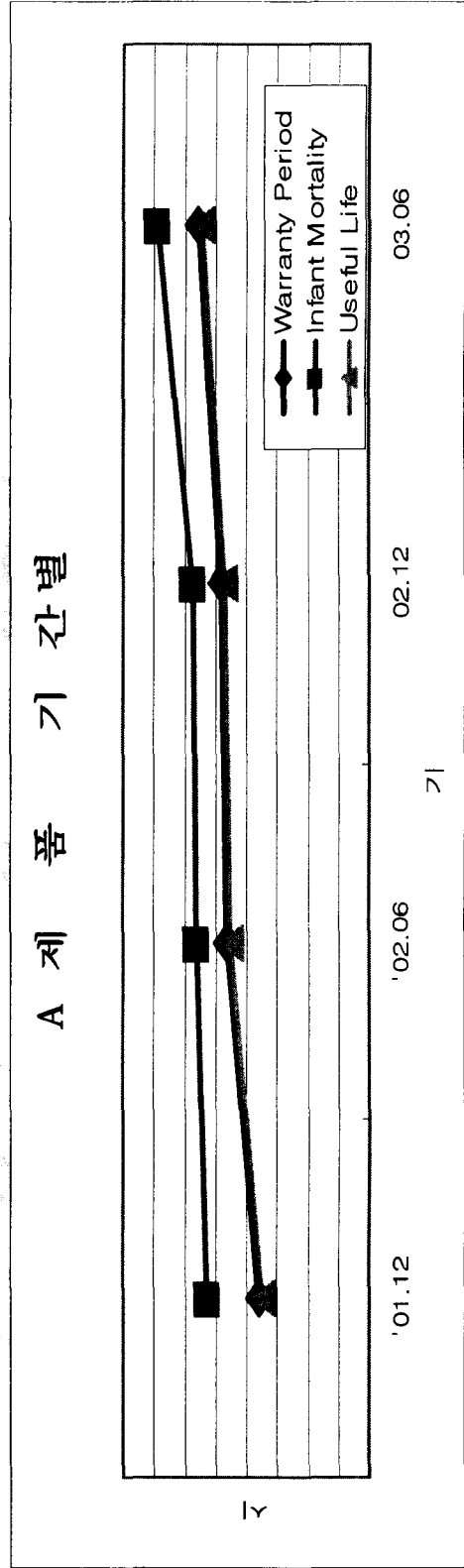
- Warranty Period, Infant Mortality, Useful Life Period 구분



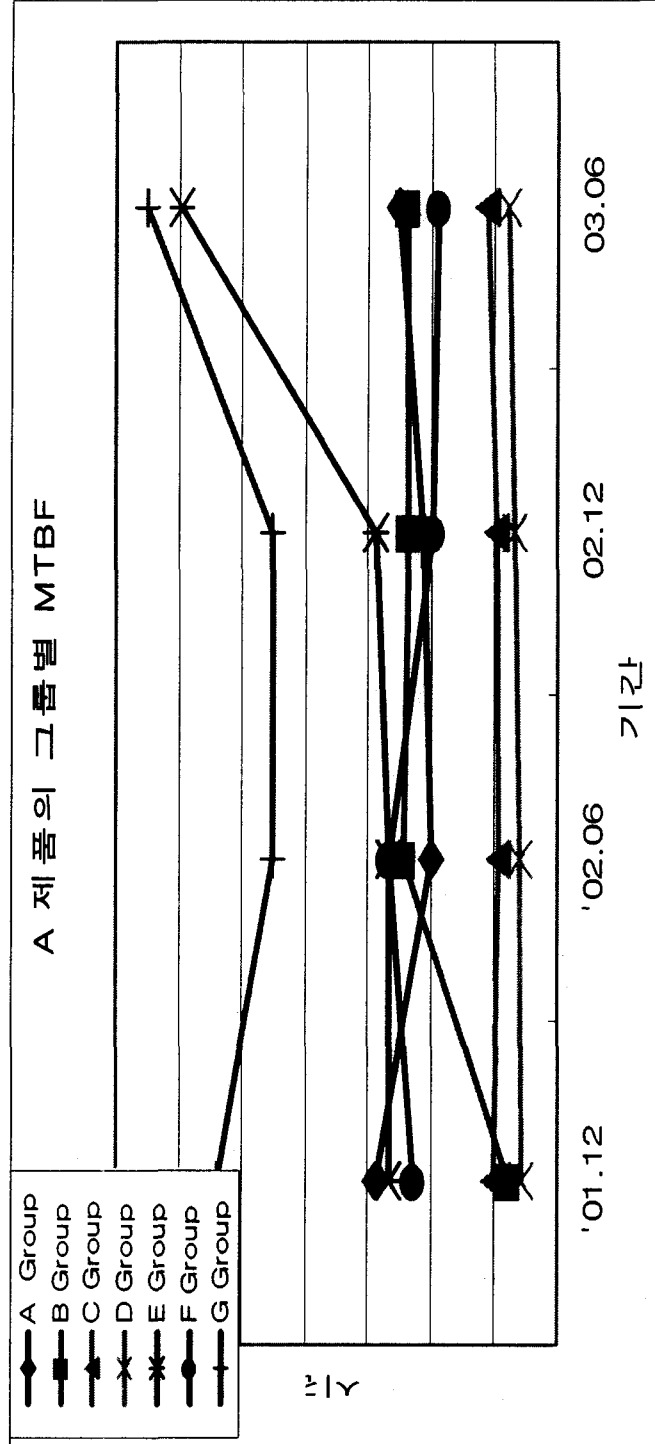
기종별 연도별 MTBF 현황



A 제품의 Period 별 MTBF 현황



A 제품의 부품그룹별 연도별 MTBF 현황

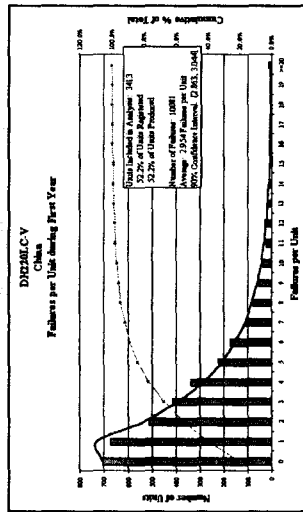


A, G 그룹의 경우 '01년 국산화 적용에 따른 품질문제로 신뢰도 저하 되었으나 지속적인 품질개선이 이루어 지고 있으며, E 그룹의 경우 개선이 효과적으로 이루어 지고 있어 큰 폭의 신뢰성 상승이, 반면 F 그룹의 경우 신뢰도 하락 추세로 원인파악 및 대책수립이 요구되고, C, D 그룹은 소폭의 상승은 되고 있으나 개선전략의 재수립 요구됨

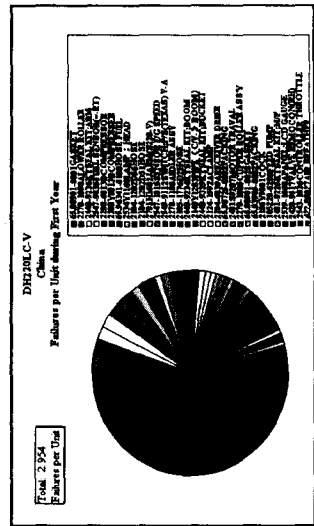
기타 Warranty Data 분석

▶ FPU, 부품그룹별 점유율(건수,금액) Item별 점유율(건수, 금액)을 분석

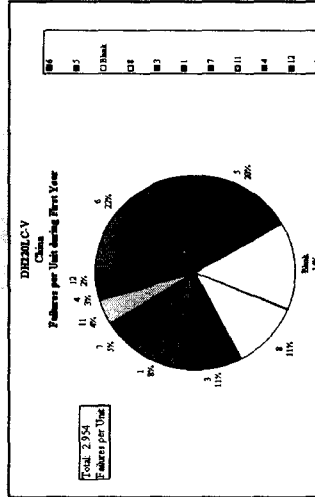
☞ FPU(Failure Per Unit) 분석



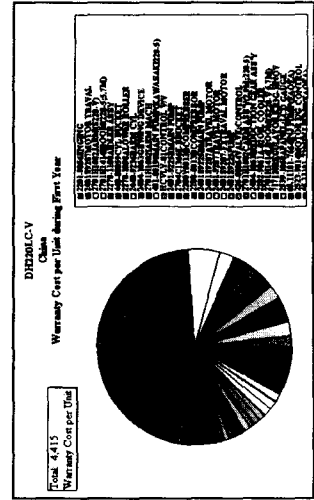
☞ 부품별 Worst 점유율(건수)



☞ 그룹별 점유율 그래프



☞ 부품 Worst 점유율(금액)



주요 부품의 MTTF 분석

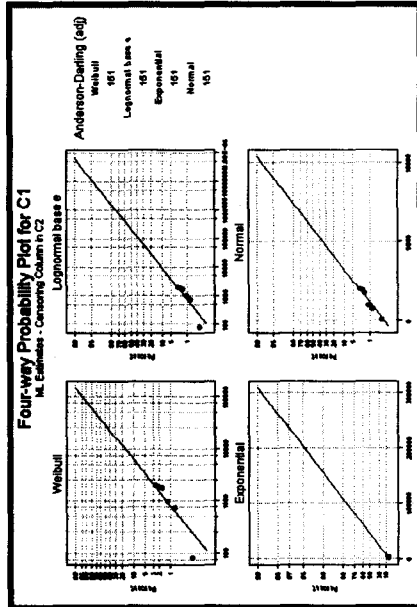
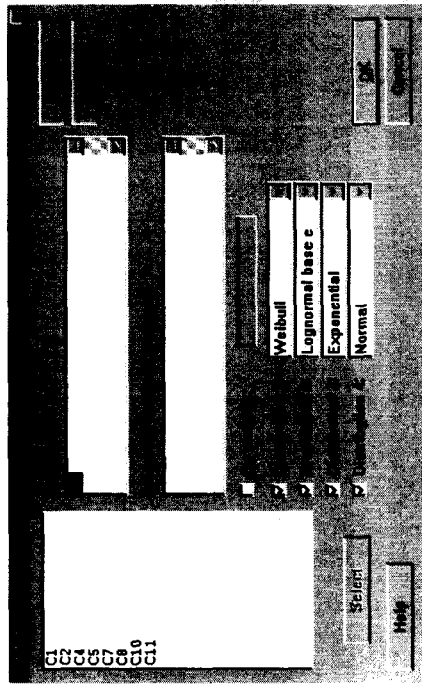
▶ Item별 Worst에 선정된 부품의 년도별 MTTF 분석 및 개선전후의 MTTF 비교

1) Data 가공

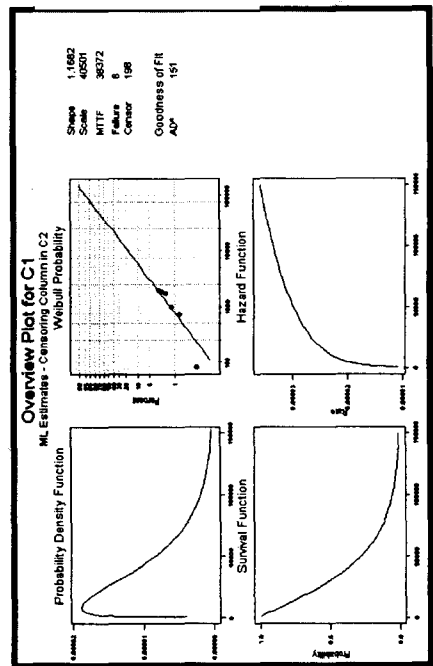
| serial no | saldt | 고장시간 | Censoring |
|-----------|------------|------|-----------|
| 20334 | 2001-09-29 | 80 | 1 |
| 20822 | 2003-05-29 | 431 | 1 |
| 20239 | 2001-08-14 | 716 | 1 |
| 20497 | 2002-05-25 | 783 | 1 |
| 20451 | 2002-03-28 | 827 | 1 |
| 20495 | 2002-05-31 | 850 | 1 |
| 20549 | 2002-06-25 | 977 | 1 |
| 20256 | 2001-05-07 | 990 | 1 |
| 20498 | 2002-05-16 | 1498 | 1 |
| 20398 | 2002-02-21 | 1520 | 1 |
| 20422 | 2002-03-07 | 1622 | 1 |
| 20413 | 2002-04-24 | 1676 | 1 |
| 20399 | 2002-03-28 | 1706 | 1 |
| 20280 | 2001-05-29 | 1730 | 1 |
| 20304 | 2001-07-12 | 1899 | 1 |
| 20324 | 2001-08-06 | 1968 | 1 |
| 20680 | 2003-06-30 | 178 | 0 |
| 20756 | 2003-06-30 | 178 | 0 |
| 20873 | 2003-06-30 | 178 | 0 |
| 20882 | 2003-06-30 | 178 | 0 |
| 20878 | 2003-06-30 | 178 | 0 |

▶ 출하 Data에 고장호기별 고장 시간을 삽입

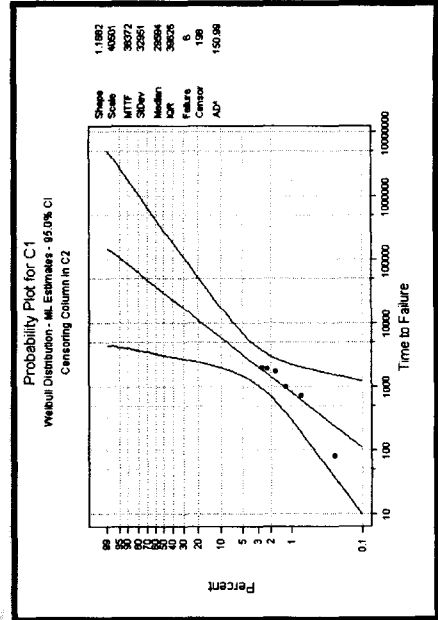
2) 분포의 적합성 검증(미니랩 이용)



3) 분포의 관찰



4) MTTF 추정



4. 신뢰도 분석 자료의 활용



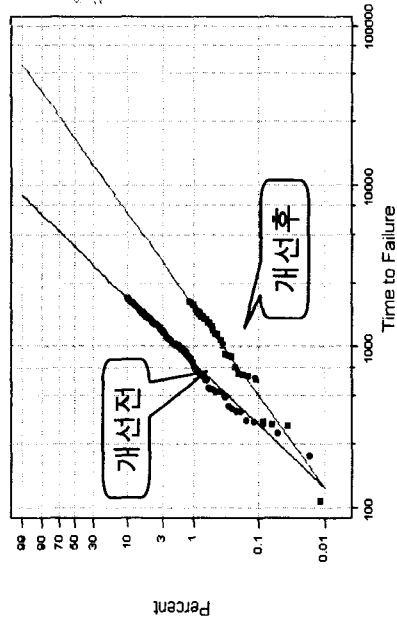
주요 부품의 신뢰도 추이 관리

| Item name | 구분 | '01.12 | '02.06 | 02.12 | 03.06 |
|---------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ARM CYL | MTTF | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx |
| | B-10 Life | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx |
| | Shape parameter | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 1.3 |
| IDLER ASSY | MTTF | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx |
| | B-10 Life | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx |
| | Shape parameter | 2.6 | 2.6 | 2.8 | 2.7 |
| COMPRESSOR | MTTF | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx |
| | B-10 Life | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx |
| | Shape parameter | 1.4 | 1.9 | 2.0 | 1.8 |
| LOWER ROLLER | MTTF | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx |
| | B-10 Life | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx |
| | Shape parameter | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.1 |
| E/G MOUNTING RUBBER | MTTF | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx |
| | B-10 Life | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx |
| | Shape parameter | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.2 |
| FUEL SENSOR | MTTF | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx | x,xxx,xxx |
| | B-10 Life | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx | xx,xxx |
| | Shape parameter | 1.1 | 0.8 | 0.9 | 0.9 |

Field 하자품의 개선전후 효과분석

| 구분 | 품명 | | Gasket | | 하자수량/Censor 수 |
|--------------|------------|----------------|-----------------|-----------|---------------|
| | MTTF(Hour) | B10 Life(Hour) | Shape Parameter | R(t=2000) | |
| 개선전 | 4,249 | 1,985 | 2.6 | 89.8% | 295/2603 |
| 개선후('02.09~) | 21,414 | 6,747 | 1.8 | 98.3% | 32/4888 |

신뢰도 분석 그래프



주요하자 현상

→ Gasket 부로 누기 발생

주요 개선 이력

→ 접촉면 비드폭 증대 적용(0.7mm → 1.7mm) : '00.11.06

→ Type 및 재질 변경 적용(석면계 → SUS계 Steel)

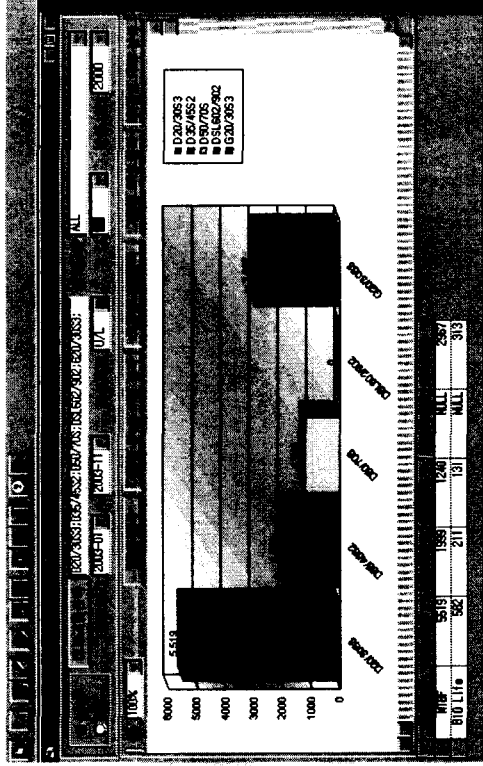
: '02.08.26, 적용호기 : 204903

분석결과

개선이 이루어진 '02년 9월 이후 대폭 신뢰도 향상됨

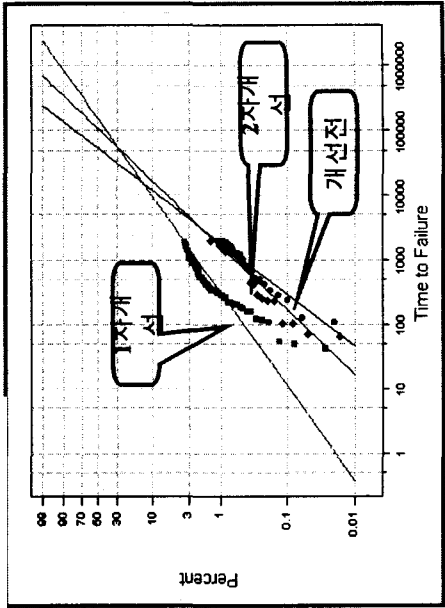
실시간 신뢰도 Data 공유 및 모니터링 시스템

기종별 수명판서

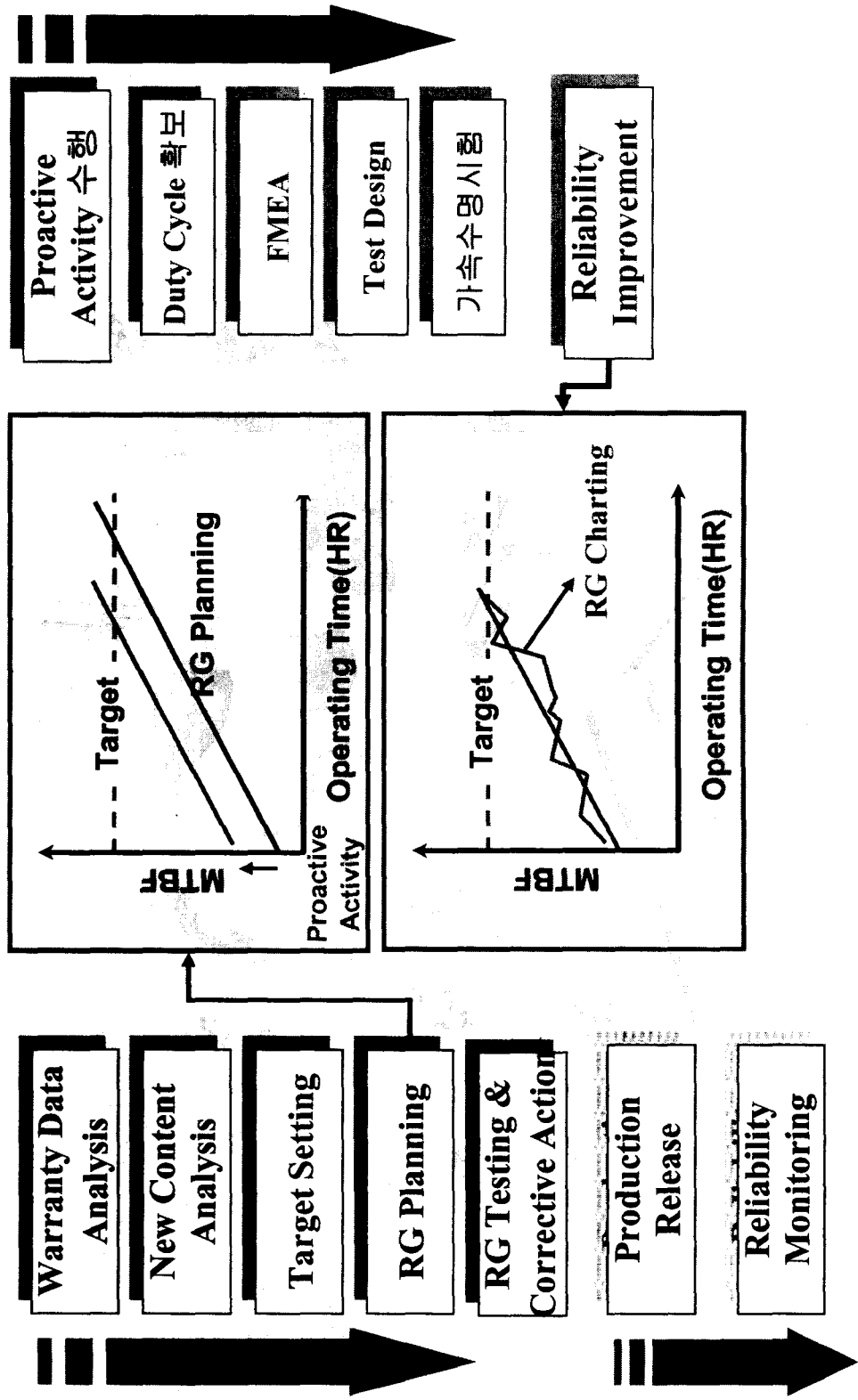


부품 Claim 조회(신뢰성 분석용)

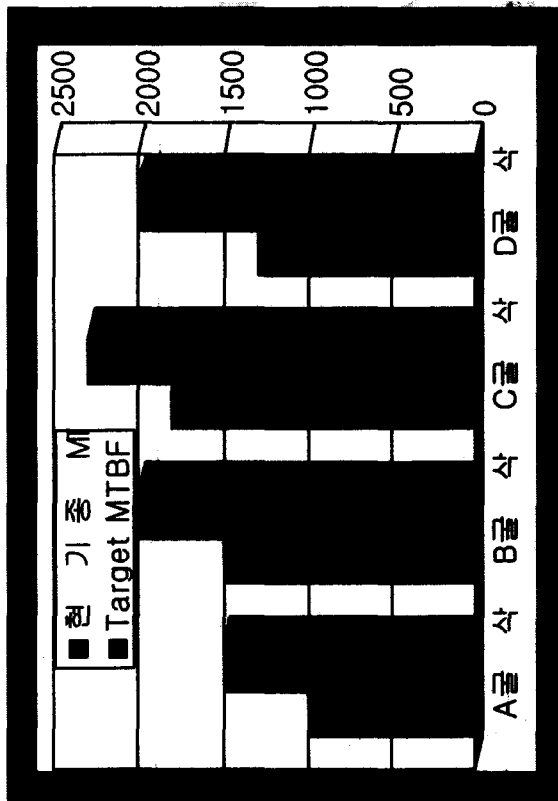
| Device ID | Date | Status |
|-----------|------------|--------|
| 10905 | 2005-01-21 | A12641 |
| 1131 | 2005-01-14 | A12641 |
| 1132 | 2005-01-14 | A12641 |
| 1133 | 2005-01-20 | A12641 |
| 1134 | 2005-01-20 | A12641 |
| 1135 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1136 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1137 | 2005-01-21 | A12641 |
| 1138 | 2005-01-21 | A12641 |
| 1139 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1140 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1141 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1142 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1143 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1144 | 2005-01-26 | A12641 |
| 1145 | 2005-02-06 | A12641 |
| 1146 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1147 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1148 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1149 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1150 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1151 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1152 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1153 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1154 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1155 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1156 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1157 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1158 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1159 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1160 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1161 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1162 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1163 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1164 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1165 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1166 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1167 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1168 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1169 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1170 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1171 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1172 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1173 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1174 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1175 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1176 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1177 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1178 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1179 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1180 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1181 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1182 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1183 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1184 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1185 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1186 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1187 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1188 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1189 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1190 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1191 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1192 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1193 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1194 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1195 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1196 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1197 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1198 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1199 | 2005-02-13 | A12641 |
| 1200 | 2005-02-13 | A12641 |



개발제품의 Reliability Growth 관리

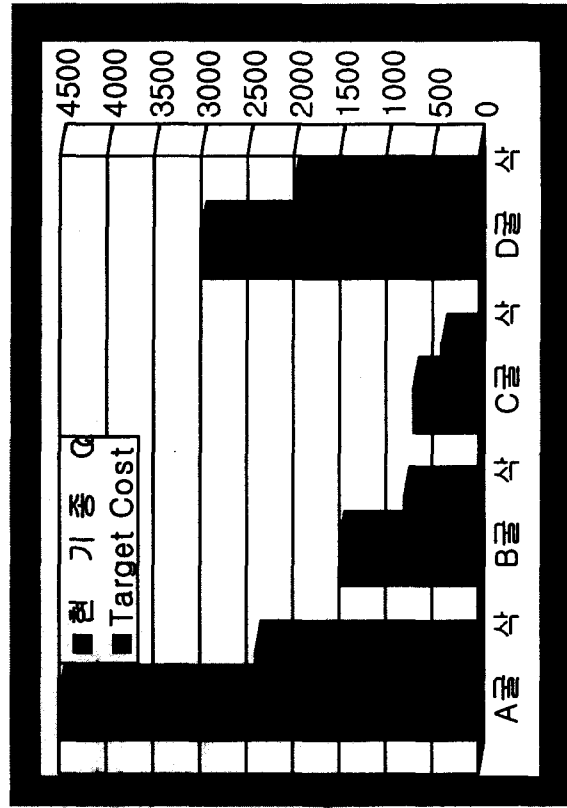


신제품 신뢰도 목표수립



MTBF Target Setting

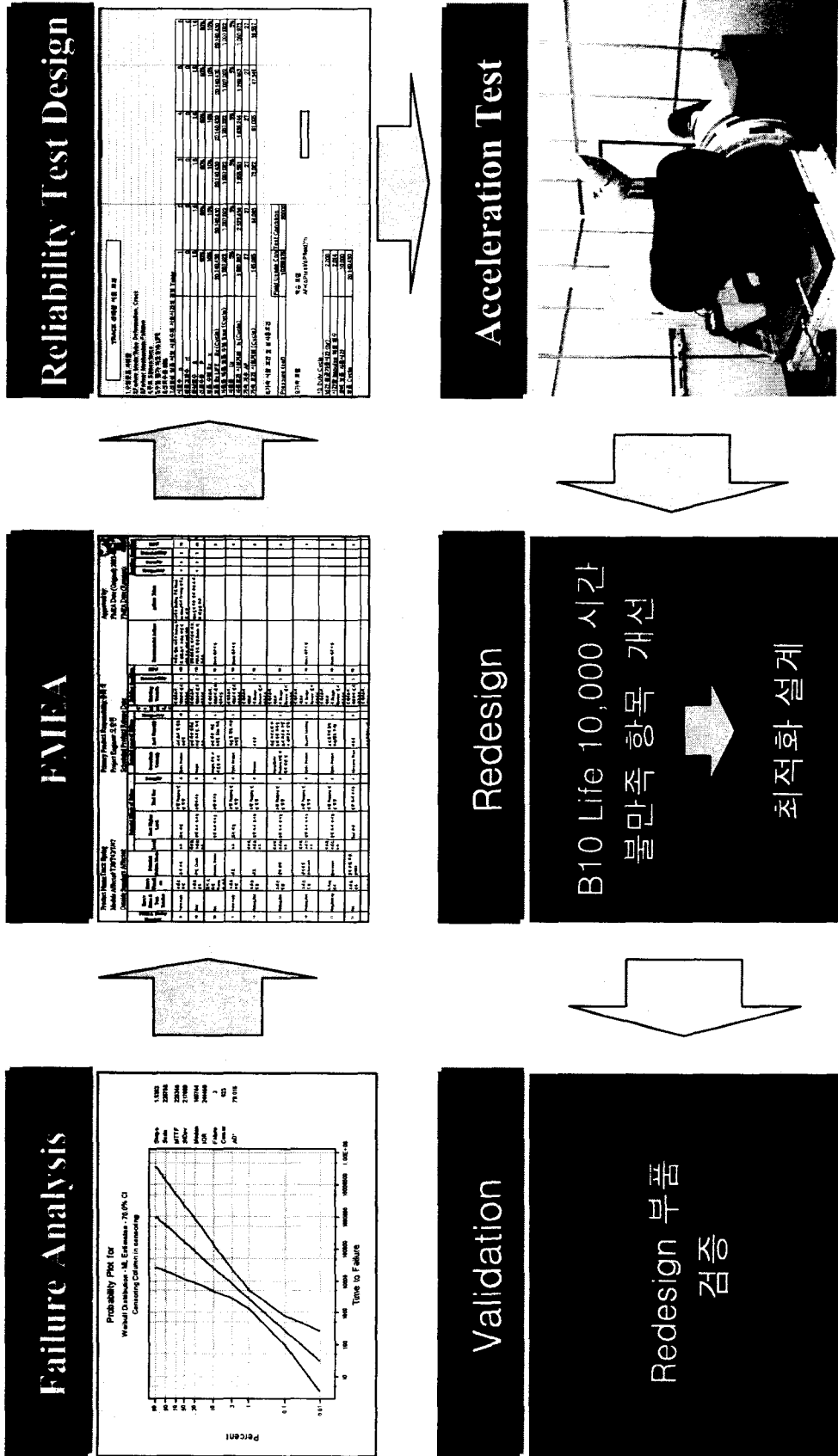
| 기종 | 현기종 MTBF | Target MTBF |
|----|----------|-------------|
| A | 1000 Hr | 1500 Hr |
| B | 1500 Hr | 2000 Hr |
| C | 1800 Hr | 2500 Hr |
| D | 1300 Hr | 2000 Hr |



Warranty Cost Saving per Unit

| 기종 | 현기종 | 개발기종 |
|----|----------|----------|
| A | 4,500 천원 | 2,400 천원 |
| B | 1,500 천원 | 800 천원 |
| C | 700 천원 | 400 천원 |
| D | 3,000 천원 | 2,000 천원 |

개발부품의 신뢰성 검증



신뢰성 Test Design

| | | Compressor 신뢰성 시험 | | | | | | |
|--|--|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.수명 분포 : | | | | | | | | |
| 2.Failure Mode:Sliding Part Wear | | | | | | | | |
| 3.Failure Mechanism:Abrasive Wear, Temperature, Speed, Particulate | | | | | | | | |
| 4.주요 Stress: Temperature, Pressure, Speed | | | | | | | | |
| 5.수명 평가 척도:B10life | | | | | | | | |
| 6.신뢰 수준:60% | | | | | | | | |
| 7.신뢰성 인증 시험 시료 수와 시험시간의 결 | | | | | | | | |
| 시료 수 n | | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | |
| 허용 고장수 rf | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 형상도 β | | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | |
| 신뢰 수준 P | | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | |
| 보증 수명 Bx | | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | |
| 보증 Blife Bx | | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 |
| 사용을 적용 보증수명 Bx | | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 |
| 사용을 U | | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| 사용 조건 시험시간 | | 13,027 | 7,643 | 5,595 | 4,484 | 3,283 | 2,631 | |
| 가속 계수 F | | 5.67 | 5.67 | 5.67 | 5.67 | 5.67 | 5.67 | |
| 가속 조건 시험시간 | | 2,297 | 1,348 | 987 | 791 | 579 | 464 | |

| | | | | |
|---|-----------------------|----------------|----------|--|
| 8.가 속 시험 조건 및 | Field Usage Condition | Test Condition | Test 조 건 | 2.5조 0N, 1.5조 0FF, 550 CPM, 3 |
| Comp. Speed | 2860 | 5500 | | |
| Gas Pressure | 15 | 23 | | FN(field):95% Percentile of field load hystory |
| 9.가 속 모델 | 역 승 모델 | | | |
| $AF = \frac{P_{Test}}{P_{Field}} * \left[\frac{\omega_{Test}}{\omega_{Field}} \right]^2$ | | | | |
| 10. 사용 시간을 | | | | |
| 년간 평균 가동시간(h) | 1870 | | | |
| 여름 개월수 (Month) | 4 | | | |
| Aircon 사용율 | 50% | | | |
| 사용 시간 | 374 | | | |
| 사용율 | 20.0% | | | |