퍼지이론에 의한 최적보전방식의 결정방법 (정리)

TPM컨설턴트/품질기술사　권 오 운

생산현장에 있어서 가장 적절한 보전방식을 결정하려면, 지금까지 말해 온 것처럼, 고려해야만 하는 수 많은 요인이 존재한다. 그러나, 이들의 요인을 모두 정량적으로 평가한다는 것은 곤란하며, 맡은 회사가 관리자의 경험과 감에 의해 보전방식을 선택하고 있는 것이 현실정이다.

따라서, 대부분의 기업은 설비관리자가 생산상황과 고장에 의한 손해의 크기 등을 감안하고, 또 능력과 경험을 구사하여 플랜트의 기계설비에 대한 보전박식(BM, TBM, CBM)을 선택하고 있다. 더군다나, 숙련관리자의 이러한 선택은 전항에서 말한 엄밀한 수식모델에 의한 그것과 비교해도 거의 손색이 없다고 볼 수 있는 것이다.

숙련관리자의 이러한 정성적이고 "애매한" 지식과 능력을 유효하게 활용하기 위해서 퍼지이론의 이용이 가능하다. 아래에 퍼지이론에 의한 보전방식의 결정방법을 개략적으로 설명하겠다.

그러면 보전방식을 선택함에 있어서 고려해야만 하는 항목은 7.2절에서 나타낸 것처럼, 설비의 중요도 S, 고장률의 정도 F, 열화형태의 점증도 D, 적당한 진단기술의 정도 T의 4항목이다. 여기에서는 이 S, F, D, T를 퍼지변수로 생각하여 아래와 같이 [0　1]의 수치로 나타낸다.

① 설비의 중요도 S

해당 설비가 고장났을 때의 생산손실, 품질손실, 안전재해로의 영향도, 수복코스트 등을 고려하여, 설비의 중요도 S를 [0　1]의 퍼지변수로 나타낸다. S가 1에 가까울수록 중요도가 높다는 것을 나타낸다.

② 고장률의 정도 F

설비의 고장발생빈도를 고장률의 정도 F [0　1]로 나타낸다. F가 1에 가까울수록 고장발생빈도가 높다는 것을 나타낸다.

③ 열화형태의 점증도 D

열화형태가 시간에 대해서 점증형이 아니면, TBM이나 CBM은 의미가 없다. D[0　1]의 값이 1에 가까울수록 점증형이라는 것을 나타낸다.

④ 적당한 진단기술의 정도 T

아무리 중요한 설비라도 적당한 진단기술이 없다면 CBM을 채용할 수는 없다. 여기에서는 적당한 진단기술이 있는지 없는지를 T[0　1]로 나타낸다.

이상의 설비의 중요도 S, 고장률의 정도 F, 열화형태의 점증도 D, 적당한 진단기술의 정도 T에 대해서, 선택해야 되는 보전방식(BM, TBM, CBM)의 채용정도를, 그림 7.11에 나타낸 것처럼 귀속도관수로 나타냈다.

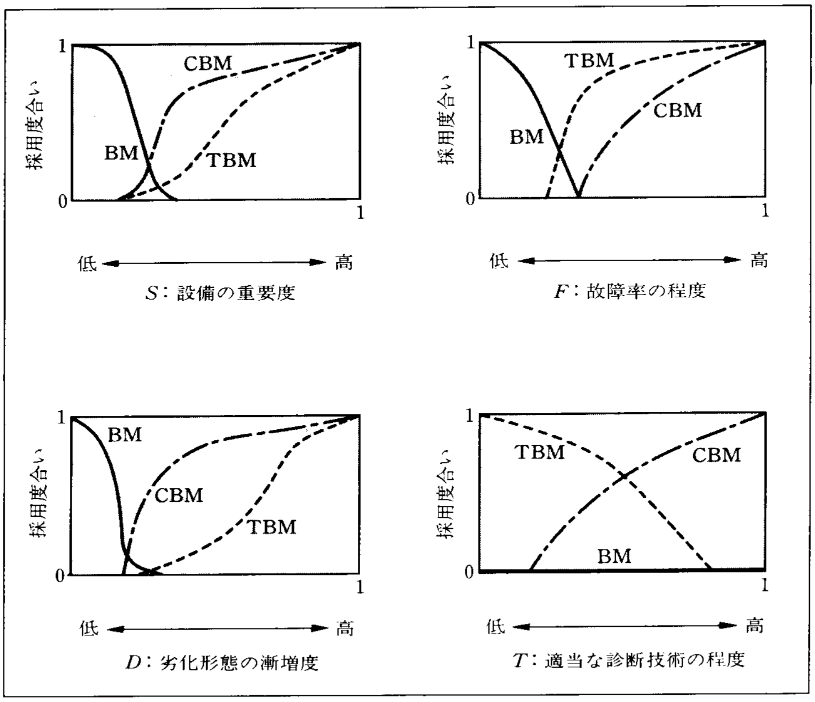


図 7•11　ファジー推論のための設備条件の入力

귀속도관수는 현장의 설비관리자의 경험과 감각에 부합되도록 임의로 나타낼 수 있다. 예를 들어 그림 7.11의 설비 중요도 S가 큰 곳에서는 예방보전 방식인 TBM과 CBM의 채용정도가 크게 되어져 있다. 중요한 설비에 대해서는 사후보전(BM)방식을 채용할 수는 없으므로 S가 1에 가까운 영역에서는 BM의 채용정도는 거의 0이다.

그림 7.11의 오른쪽 아래에 있는 적당한 진단기술의 정도 T에 의해 CBM의 채용정도가 변화한다. 아무리 중요한 설비라도 적당한 진단기술이 없다면 TBM을 채용할 수 밖에 없다.

이처럼 4개의 평가항목 S, F, D, T의 입력에 대해서 예를 들어 CBM의 채용정도로서 S로 평가한 채용정도 $m_c(S)$, F로 평가한 채용정도 $m_c(F)$, D로 평가한 채용정도 $m_c(D)$, T로 평가한 채용정도 $m_c(T)$ 의 4개의 채용정도를 얻을 수 있다.

결국 4개의 평가항목에 의해 각각 다른 CBM의 채용정도를 얻을 수 있는데 CBM의 채용정도 m_{CBM} 로서 이 중의 어느 것을 채용해야만 하는 것일까.

아무리 중요한 설비라도 다시 말해 $m_c(S)$가 높아도, 적당한 진단기술이 없다면($m_c(T)$ 가 낮다면) CBM을 채용할 수는 없다.

따라서 CBM의 채용정도 m_{CBM} 은 4개의 평가항목 S, F, D, T로부터 구한 채용정도 $m_C(S), m_C(F), m_C(D), m_C(T)$ 의 최소치를 골라야만 한다. 결국, CBM의 채용정도 m_{CBM} 은,

$$m_{CBM} = \min[m_C(S), m_C(F), m_C(D), m_C(T)] \quad (7.2)$$

이 된다.

같은 사고방식으로 BM의 채용정도 m_{BM} 은

$$m_{BM} = \max[m_B(S), m_B(F), m_B(D), m_B(T)] \quad (7.3)$$

이 된다.

또, TBM의 채용정도 m_{TBM} 은

$$m_{TBM} = \min[m_T(S), m_T(F), m_T(D), m_T(T)] \qquad (7.4)$$

이 된다.

그림 7.12에 CBM의 채용정도 m_{CBM} 을 4개의 평가항목으로부터 구하는 방법을 나타냈다.

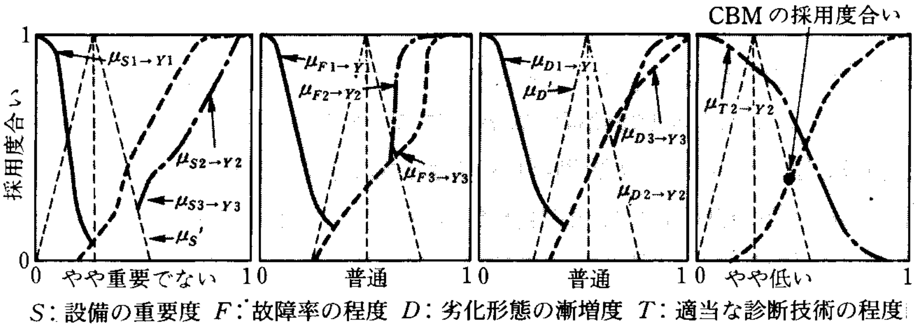


図 7・12　予知保全（ＣＢＭ）の採用度合いの推論

그림에서 알 수 있는 것처럼 4개의 평가항목 S, F, D, T에서 구한 채용정도 중에서 가장 작은 것을 CBM의 채용정도 m_{CBM} 으로 하고 있다.

TBM의 채용정도 m_{TBM} 및 BM의 채용정도 m_{BM} 도 마찬가지로 4개의 평가항목에서 구한 채용정도의 최소치로 구할 수가 있다.

이상으로 3종류의 보전방식(BM, TBM, CBM)의 채용정도 m_{BM}, m_{TBM}, m_{CBM} 가 구해졌다.

채용되어질 수 있는 최적보전방식으로서는 여기서 구한 채용정도가 가장 큰 보전방식을 선택한다. 최적보전방식의 채용정도를 m_{OPT} 로 하면

$$m_{OPT} = \max[m_{BM}, m_{TBM}, m_{CBM}] \qquad (7.5)$$

가 된다. 그림 7.13에, 퍼지이론에 의한 최적보전방식의 결정과정을 개념적으로 나타냈다.

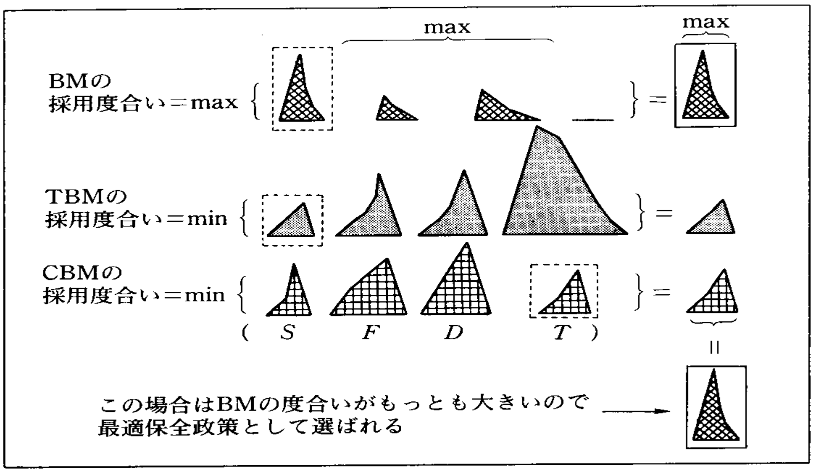

max
max
BMの
採用度合い＝max
TBMの
採用度合い＝min
CBMの
採用度合い＝min
(S F D T)
この場合はBMの度合いがもっとも大きいので
最適保全政策として選ばれる

図 7・13　最適保全方式の推論方法（部分）

퍼지이론에 의한 최적보전방식의 결정방법은 정량적인 신뢰성데이터 등의 축적이 없는 대다수의 보전현장에 있어서 극히 유력한 보전방식의 선택기준을 가르쳐 준다. 본문의 설명만으로 만족할 수 없는 경우는 필자의 논문을 참조하길 바란다. 【豊田, 陳 : 保全政策意志決定支援法의 검토」 일본설비관리학회지, Vol. 3, No. 2, 1991.10】

이상의 추론을 하는 모델을 퍼스컴상에서 제작했다. 실 설비에 관한 데이터를 입력하여 시스템이 적당한 보전방식을 선택하는지 확인해 보았다.

거기다가,

① 설비의 중요도 S= 0.7(상당히 중요)

② 고장률의 정도F= 0.7(상당히 높다)

③ 열화형태의 漸增度 D= 0.5(보통)

④ 적당한 진단기술의 정도T=0.3(조금 곤란)

을 입력했다.

추론결과를 그림 7.14에 나타냈다.

그림에서

▶ 사후보전(BM)의 채용정도 $m_{BM}=0.13$

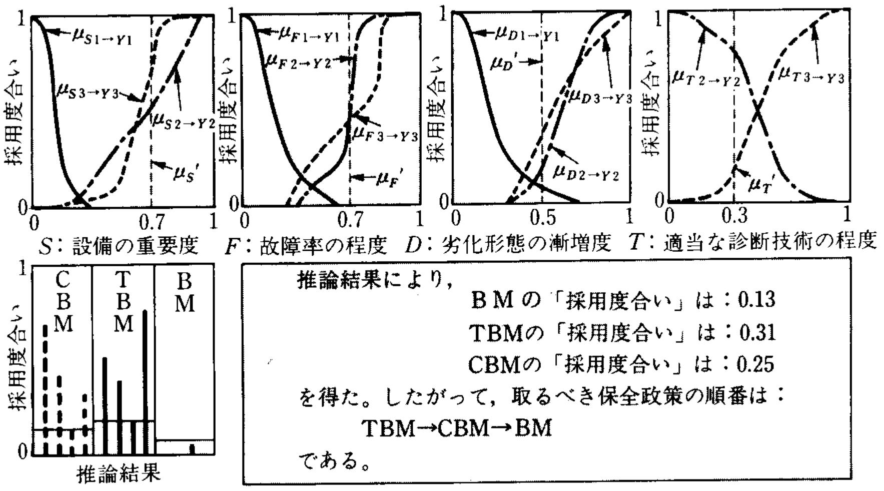
▶ 시간기준보전(TBM)의 채용정도 $m_{TBM}=0.31$

▶ 설비상태보전(CBM)의 채용정도 $m_{CBM}=0.25$

가 된다.

따라서 바람직한 보전방식은 채용정도가 큰 순서로

「TBM→ CBM → BM」 의 순서가 된다. 이 예에서는, "상당히 중요한 설비(S=0.7)"인데, 적절한 진단기술이 "조금 곤란(T=0.3)"하기 때문에, 최적의 보전방식을 시간기준보전(TBM)으로 판정한 것이다.



推論結果により,
BMの「採用度合い」は：0.13
TBMの「採用度合い」は：0.31
CBMの「採用度合い」は：0.25
を得た。したがって，取るべき保全政策の順番は：
TBM→CBM→BM
である。

図 7·14　ファジー理論による最適保全方式の推論の実例

이처럼 보전방식(BM, TBM, CBM)의 적용에 대해 “사후보전(BM)은 구식 방식이고, 설비상태보전(CBM)은 신식 방식” 등과 같이 말해서는 안되고, “자기들의 플랜트 실정에 맞추어 최적의 방식을 선택하는 것” 이라는 것을 이해해 주었으면 한다.