정유산업 현장 내 RBI 최적활용

정 호 근 · 현대오일뱅크 검사팀, 과장 _e-mail : jhk0626@oilbank.co.kr

이 글에서는 현 정유 플랜트 내에서 적용하여 활용하고 있는 RBI의 결과물의 의미/과정상의 의미를 정의해보고 실제 현장에서 RBI를 구축할 때 연계해서 생각해야 하는 커다란 설비관리 시스템에서의 의미를 소개하고자 한다.

플랜트산업 검사업무의 발전은 크게 4단계 나뉜다.

1st Break After Inspection
2nd Preventive Inspection
3rd Predictive Inspection
4th Risk Based Inspection(RBI)

현재까지 나온 검사업무 스탭 중 가장 진화한 방법이 RBI인 셈이다.

나름 RBI에 대해 정의를 내린다면, 한정된 검사자원의 효율적 사용을 위해 위험도 분석을 통한 등급을 선정하고, 이를 통한 검사자원의 분배에 중점을 두는 근거적 행위로 생각한다.

그러나 처음 RBI를 통해 얻은 결과물은 초라했다. 여러 명의 타 팀 직원들과 외부 컨설턴트와 같이 근 3개월여를 작업하여 얻은 결과물이 각 설비의 위험도 등급(risk ranking)의 숫자가 전부였다.

이 숫자를 얻기 위해, 수억의 컨설팅 비용을 들여 이 많은 비싼 인력들이 몇 개월을 고민한 것인가 라는 회의를 시작으로 결과물의 의미가 기존 경험을 통해 알고 있었던 위험성과 별반 크게 다를 게 없었다.

처음 RBI라는 작업을 통해 공정 plant 내의 위험도를 정량화하여 한정적 검사자원의 효율적 분배를 원하는 것이라면 RBI는 그 자체로 업무의 종결이 아닌 지속적인 발전적 아니 살아있는 생명체와도 같이 점점 성장해 나가는 거대한 유기 생명체로 보는 시각의 전환이 필요하다.

결과물적 RBI는 궁극적인 설비의 위험도 등급을 내는 작업이다. 위험도 높은 설비는 1등급, 낮은 설비는 5등급 등등 각 설비의 위험도에 따른 차등적인 등급이 바로 정량적 RBI의 최종 결과물인 것이다.

과정적 RBI는 위험도를 정량적으로 평가하기 위해 필요한 여러 과정들을 통해 설비 관리의 가장 기본인 부식과 비파괴검사 등의 업무에 대한 폭넓고 깊이있는 이

해를 증진함을 말한다.

위험도 분석을 위해 수행하는 damage mechanism별 POO (Posibility Of Occurance – 손상발생 가능성) 과 CDS (Current Damage Status – 현 손상 이력)를 정하기 위해 필수적으로 API 571 DM 을 통해 설비의 design data & process data & inspection data를 정의한다.

정유산업 플랜트 설비 검사파트에서 근무하는 사람이라면, 누구나 부식에 대한 체계적인 분석을 통해 설비별 재질과 운전 조건을 고려한 종합적인 위험도 분석이라는 이와 같은 스탭에 참여하게 된다면, 분명 기술적인 엄청난 업그레이드가 될 수 있음을 알 것이다.

바로 이것이다. RBI를 통해 얻어야 하는 것은 단지 숫자에 불과한 위험도 등급이 아닌, 과정에 녹아있는 기술적인 베이스를 알아가는 것이 가장 중요한 아이템이다.(그림 1)

Design data를 통한 현 설비의 재료적인 베이스를 검토하고, 이를 프로세스상의 부식물질과 운전조건 & 검사이력으로 종합하여 모든 가능한 손상 damage mechanism을 밝혀내고, 각 DM별 위험도 등급을 API 581 베이스로 정리하여, 이를 통한 설비의 지배적인 손상가능성을 결정한다.

API 581은 기술적 technical module sub-factor를 결정하는 과정으로 경험하지 못한 부식자료를 제공한다. 운전경험이 오래된 플랜트의 경우와는 달리 운전이력이 짧은 플랜트의 경우는 RBI를 통해 미처 예견치 못한 미래의 손상 가능성을 미리 알고 대처할 수 있다.

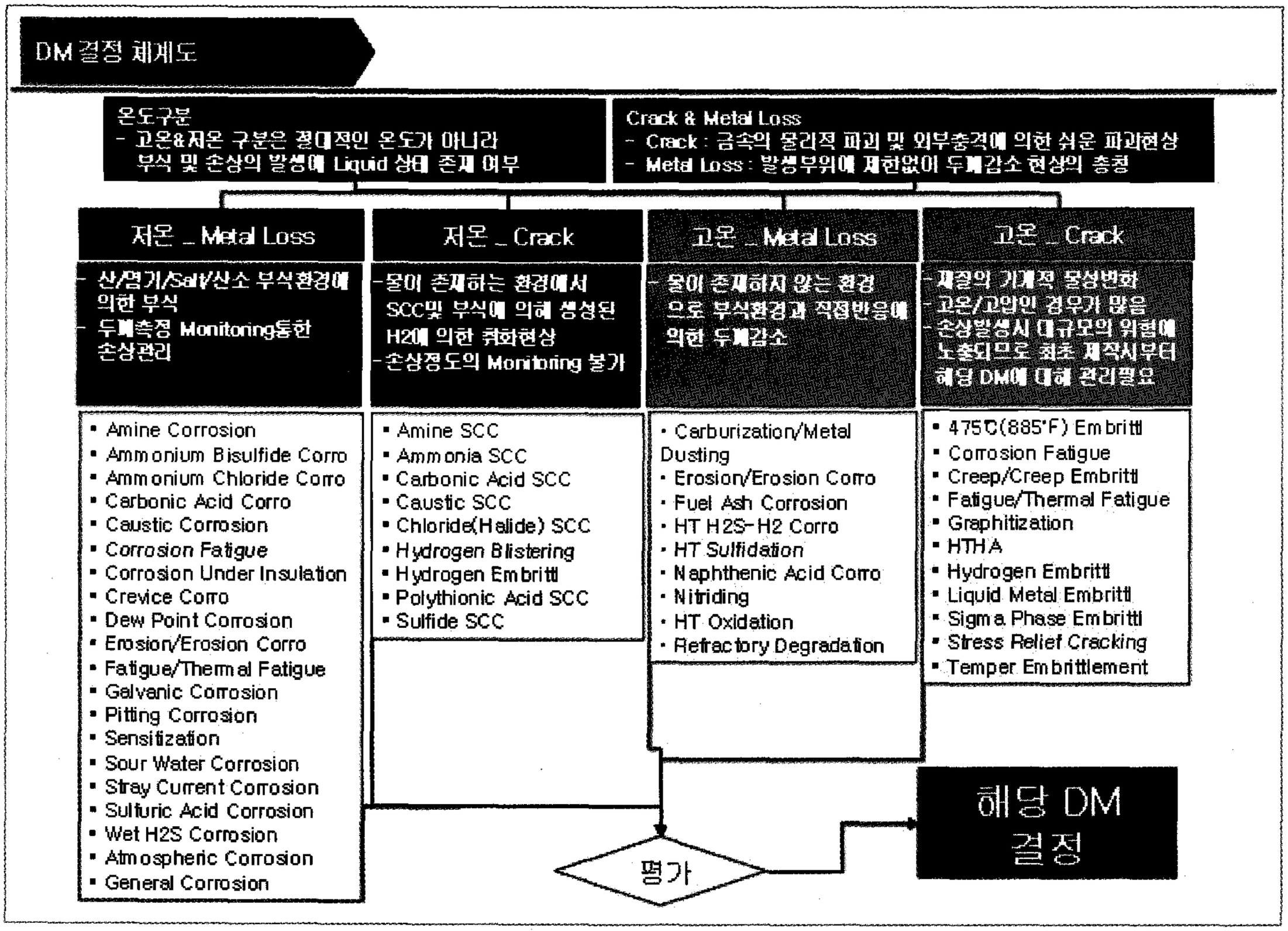


그림 1 현대오일뱅크 Damage Mechanism 결정 체계도

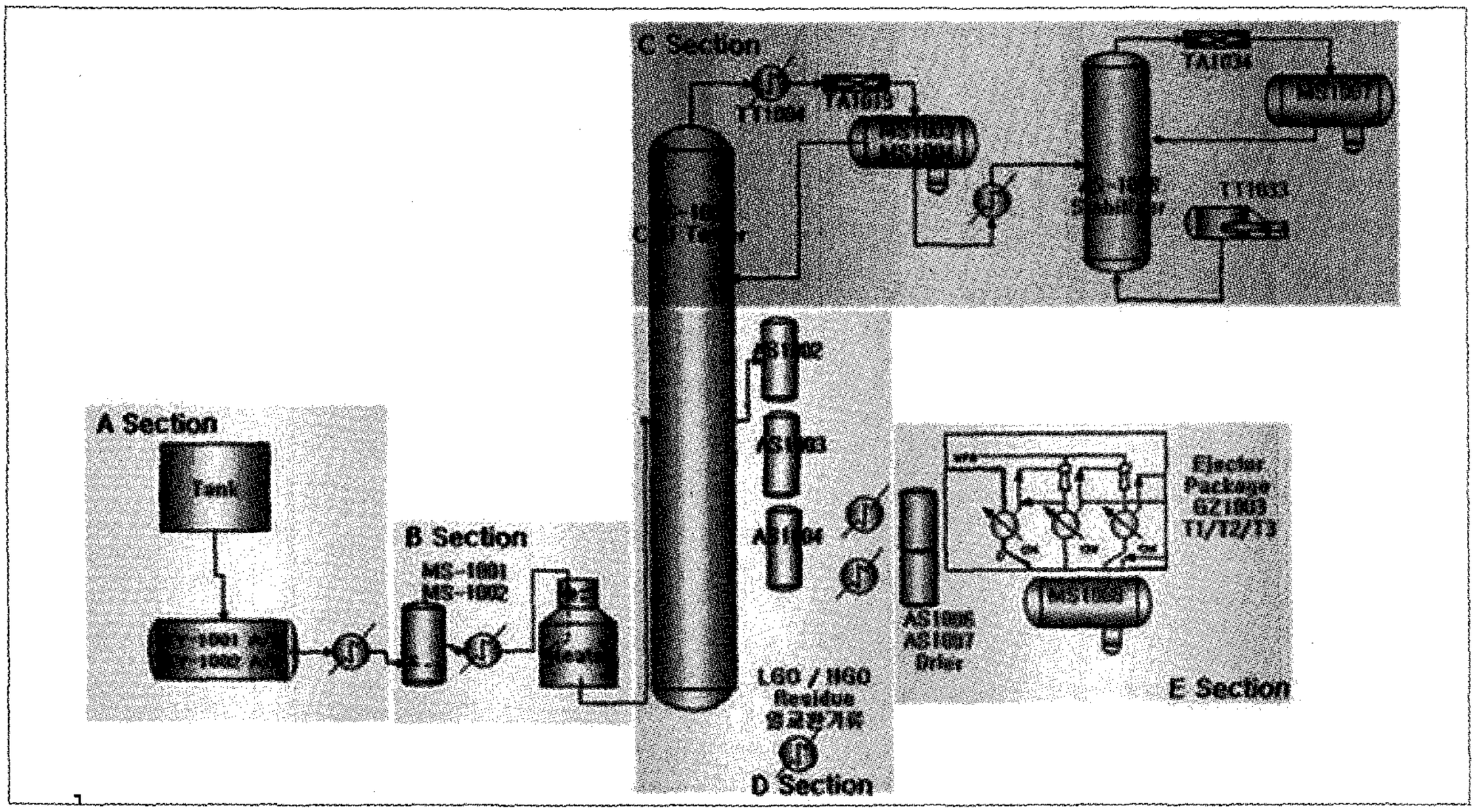
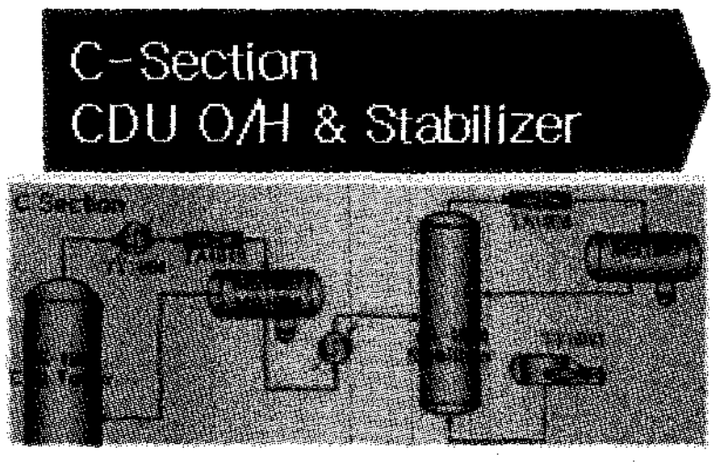


그림 2 현대오일뱅크 #1 CDU 상압정제공정 Corrosion Loop 구분도



주요 DM

- Wet Sour Service 부식
- Chloride 부식 & Pitting 부식
- NH4SH 부식

가장 기본적인 Chloride 와 Sulfur를 가장 중요한 Corrosion Poison으로 정의하고 이 2가지의 초점 정의

- Chloride : Desalter 전단까지는 Crude내부에 들어있는 물에 이온상태로 녹아있거나, MgCl / CaCl / NaCl의 형태로 존재 Desalter 에서 Chloride 이온대부분이 물에 녹아 없어지고, 온도영역상 고온이 되는 지점에서는 MgCl & CaCl 은 분리 HCl 이되어 Desalter 후단에 주입되는 NaOH와 반응하여 NaCl생성. 이는 560도 이상에서 분해되므로 O/H이후 문제없음. O/H 에는 물과 함께 움직이는 Chloride로 이는 초기 Dew 상태에서 심각한 부식을 야기할수 있으나, 현 #1 공장 CDU O/H 온도는 약 130도 정도로 이는 충분히 높은 온도로 Wash Water 가 주입되는 시점 이후 Dew Point
- Sulfur : H2S에 의한 Wet Sour 부식이 주요 손상원인이나, CN 과 암모니아가 충분치 못한 상태에서 H2S 자체의 부식성은 높지않으며, 용접부 및 모재의 균열가능성은 검사를 통해 커버해 나간다.
- 중화제 : NH4OH 주입으로 인해 일어 암모니아의 경우 FeS + 2NH3 + H2 로 되어 FeS Scale 침적 가능성이 높다.
- 온도영역 NH4Cl에 의한 염 침적은 해당온도 영역을 Wash Water 로 지나가므로 염침적에 의한 부식가능성은 없다.

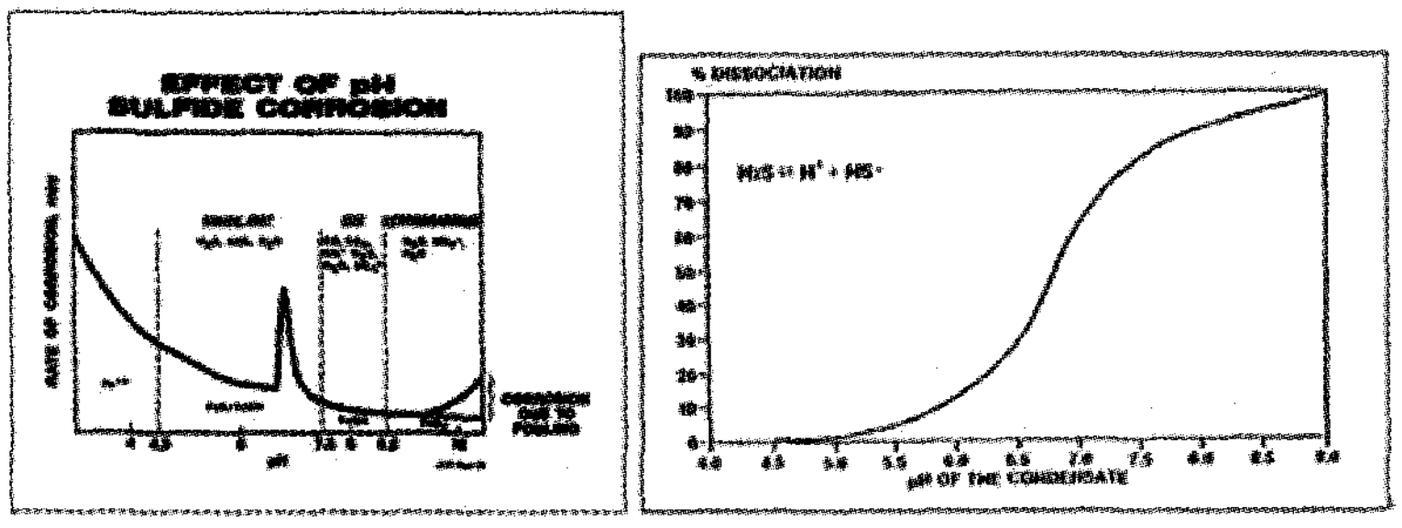


그림 3 상압정제공정 Corrosion Loop 구분 - 상세 Basic Data

숫자로만 주어지는 위험도 등급이 아닌, 부식관점에서 damage mechanism를 결정할 수 있고, 재질 관점에서 수명평가를 할 수 있으며, 검사관점에서 적절한 시기에 적절한 비파괴 또는 파괴검사를 통한 안정성의 확보, 이것이 가장 이상적인 RBI의 성과가 아닐까 한다.

실제로 당사의 경우 RBI를 통해 부식관점의 분석과 trouble shooting 등의 절차를 체계화하였고, 지금은 74개의 damage mechanism을 정리하여, 취약재질 – 적정재질 – 부식/방식 방법 등을 절차화 하였다.

주요 공정에 대한 RBI 스터디 시에 각 공정을 corrosion에 따른 loop로 구분하여 각 loop별 배관/장치에 대한 부식 process 분석을 수행하였다.(그림 2, 3)

RBI를 통해 배우는 과정이 RBI에서 나오는 위험도 등급이라는 숫자보다 중요하다는 논지의 말을 계속해 왔는데, 실제 현장 검사팀에서 일하는 현장 엔지니어로 RBI의 결과는 항상 의문을 가지게 한다. 그래서 뭘 어쩌란 말인가? 그래서 다음에 우린 무엇을 어떻게 해야 합니까?...

몇 억의 돈을 들인 RBI라는 프로젝트를 당공장 가장 고압/고온 공장인 HCR공정에 적용 시에 누구나 그렇겠지만 이제 이 RBI 결과만 있으면 모든 검사업무가 다 될 수 있겠다는 생각을 하게 되었는데, 결과는 위험도라는 숫자뿐이었다. 그래서 뭘 어쩌란 말인지.. 다음 번 정기보수 시에 도대체 뭘 어떻게 하라는 건지.. 당사에서는 이와 같은 일을 미리 예견하고 RBI와 같이 〈개별 설비 검사 계획 – SEIP – Specific Equipment Inspection Plan〉을 제출하도록 컨설팅 사와 미리 계약을 하였다.

즉 등급을 결정하기 위해 나온 손상 damage mechanism을 근거로 각 설비별 – 정기보수 or 운전중 – 검사주기 – 검사위치 – 검사방법을 상세히 정리한 SEIP를 받은 것이다.

현재까지도 가장 강력하게 사용되고 있는 〈개별설비 검사계획〉은 현장 실무 담당자에게 가장 필요한 결과물이다.(그림 4)

앞에서 언급한 내용 중 RBI를

장치 _ SEIP

- 설비 1,2,3 등급 설비에 대한 Specific Equipment Inspection Plan 제작
- 총 88개 장치 SEIP 제작 완료

12-1204 / COLD SEPARATOR

1. 육안검사

항목	점검부위	비고
Fouling	Bottom 부에 Scale 성 Fouling이 지속적으로 관찰됨. [주요 점검부위] -Bottom Head 와 Shell 표면, Nozzle Inside, Boot leg	매 2회 T/A
부식	Fouling이 축적되는 부위와 Boot Leg 에는 부식성 물질 농축에 의해 Pitting Corrosion이 발생할 수 있으므로 반드시 Fouling 제거 후 부식 발생여부 확인 필요. [주요 점검부위] -Inlet/Outlet Nozzle 및 Feed 유입부 Shell : Ero-Corrosion 여부 -Shell/Head/Bootleg: Deposit/Fouling 하부의 Under-deposit Corrosion	매 2회 T/A
변형/손상여부	-Shell 과 Head 의 육안검사 시 Blistering 발생 여부 점검 (H. Blistering 발생 경험) -Distributor 변형 Vortex Breaker 변형/손상여부 확인	매 2회 T/A

(*)검사주기는 매 2회 T/A 기준 [illegible]

※ 특기사항
1. 2000 년 T/A 시 Bottom Head 내부 [illegible] Scale 이 있었음.

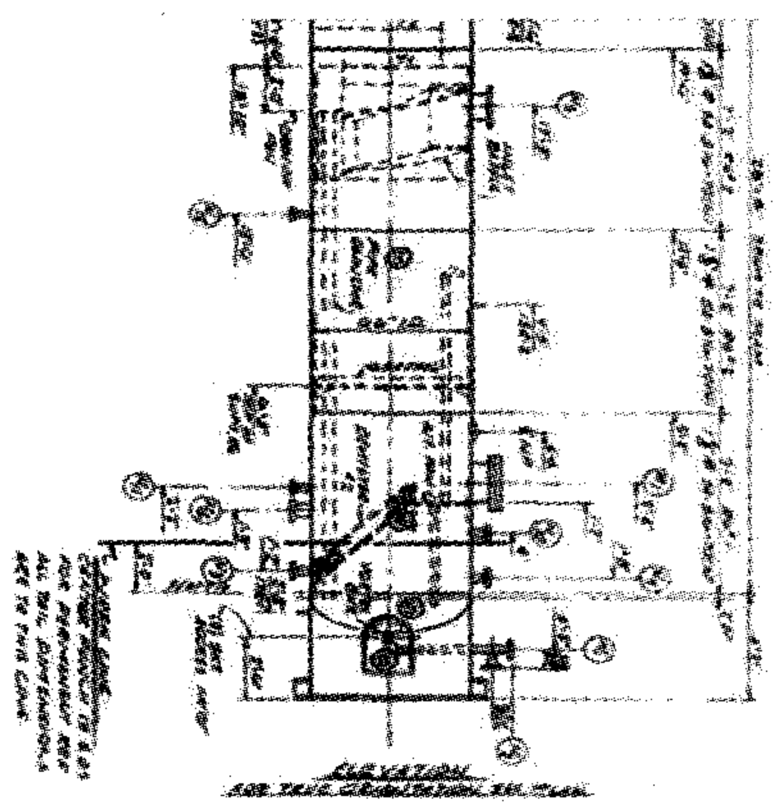
2. 두께검사

검사위치	손상사유/D.M	검사주기	비고
Shell/ Head	Ammonium Bisulfide Corrosion CUI(*)	매 2회 T/A	Shell 3 개소/Head 각 1 개소
Nozzle		매 2회 T/A	
Internal		매 2회 T/A	

*) 12-1204 Sour Water 의 NH4SH 농도는 2wt%, [illegible] 10mpy [illegible].

※ 특기사항

1. Shell 과 Top/Bottom Head [illegible], Pitting [illegible]
2. Shell/Head [illegible] Inlet/Outlet Nozzle [illegible] (RT [illegible])



3. 결함검사

검사부위	검사사유/D.M	검사주기	비고
Shell/Head	H. Blistering(SOHIC)	10년	UT Random 검사
Main W/S	Wet H2S Cracking/SSC	10년	MT/ WFMT
Nozzle W/S	Weld Defect	10년	MT/ WFMT

그림 4 개별설비 검사계획 - SEIP

살아있는 생명체로 비유한 것이 있다.

부식 / 손상 / 공정변경 / 운전 조건 변경 / 설계변경 등등 현재 플랜트는 처음 만들어진 그대로 있는 것이 아니고, 가장 역동적으로 변경되고 있는 시설이다. 이를 관리하는 시스템은 서로 유기적으로 연결되어 지속적으로 현실에 맞게 변화해 가야 한다. 전체적인 관리 시스템을 당사에서는 검사시스템이라고 총칭한다.

검사시스템에는 ① RBI 분석 시스템, ② 검사이력관리 시스템, ③ 수명평가 시스템 등이 들어 있다.

각각은 다시 수십개의 절차서로 구분되어 체계화되어 있고, 이상호 개별적인 데이터들이 서로 물고 물리는 역학관계 속에서 검사결과를 도출하게 되어 있다.

RBI는 지속적인 검사결과 이력을 피드백 받아야 하고, 개별설비는 지속적으로 변경하는 환경 속에서 변화되는 '개별설비 검사계획'을 가지고 있으며, 지속적으로 변경 가능한 '설비 위험도 등급'을 가지고 있다.

당사에서도 RBI같은 단편적인 프로젝트의 경우는 단기간/소수의 사람들로 구성하여 완성된 결과를 가질 수 있으나, 검사이력관리 시스템은 과거 아무리 좋은 프로그램으로 관리하였다 하더라도, 지속적인 기술발전에 의해 결국은 몇 번의 프로그램 변경 등을 경험하게 될 것이다.

당사에서는 기존 엑셀을 이용한 자료관리에서 ERP시스템을 도입하면서 SAP 모듈에 검사이력관리 시스템을 구축하였다. 이를 위해 검사용 도면을 신규로 제작하였고, 검사 inspection point와 기술사양 등의 모든 자료를 구축하였다. 검사이력관리 시스템에서 RBI 결과를 받아 이를 설비의 여러 판단 근거로 사용하고 있다.

결론은 RBI는 이것 하나로 독립된 체계가 아닌 검사시스템이라는 거대한, 진화하고 있는 생명체의 두뇌로 다른 이력관리 시스템과 수명평가 시스템과 연계되어 유기적인 관계 속에서 지속적으로 발전하는 체계다.(그림 5)

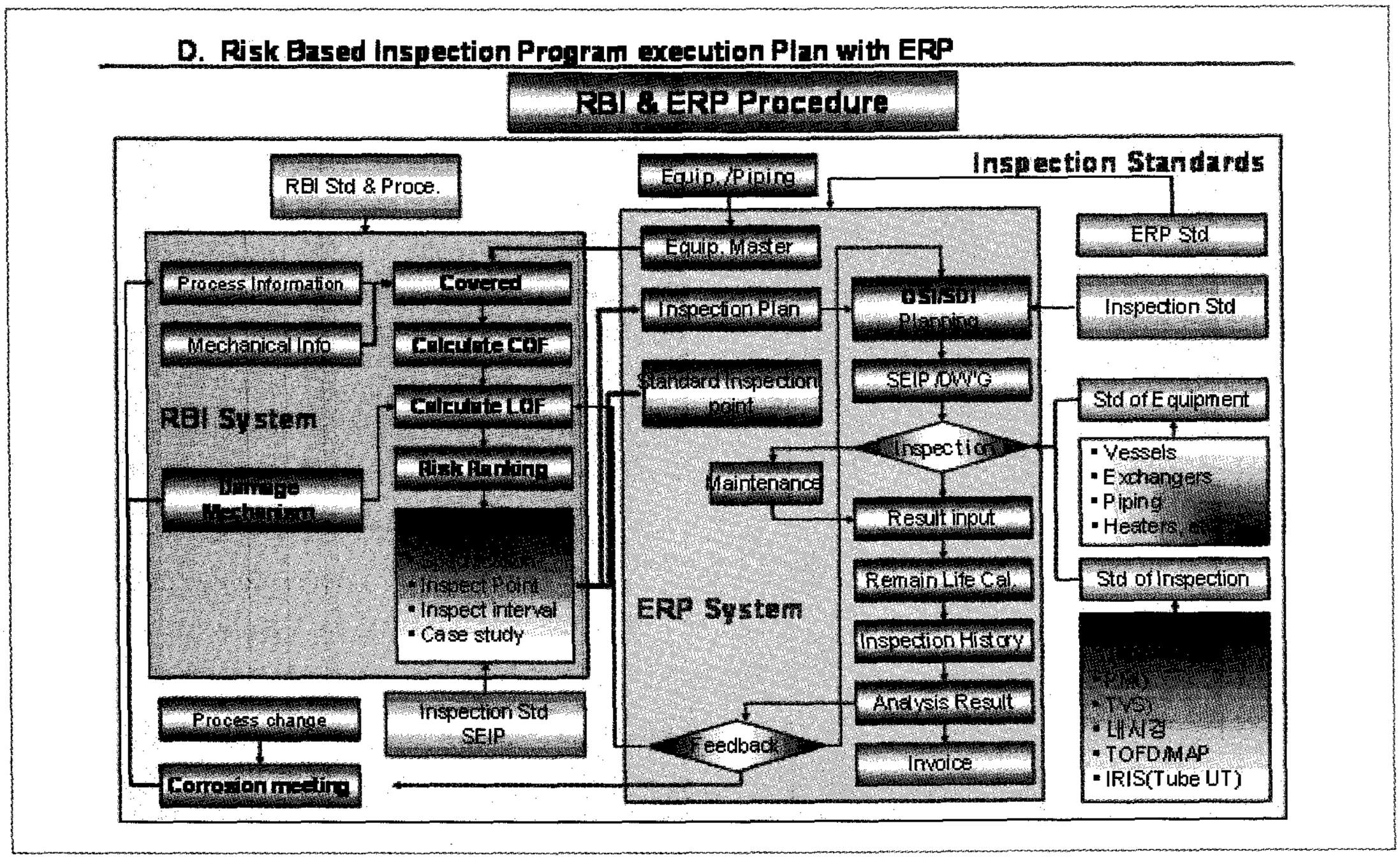


그림 5 검사이력관리 시스템 & RBI 시스템 & 수명평가 시스템 상호 관계도