**鋼製タンクの防蝕設計**

**鉄**は・・**水**と**酸素**と**電気**の連携よって**錆びます**

鉄が水に濡れると・**自然電位**が発生し・・その電位は・・材質の不均一、応力、温度差、物の付着、

環境物質の濃淡・その他**色々なモノゴト**によって・変わるので・**微細な電池構造**が無数に発生・消

滅し・・その電流によって・**陽極の鉄が溶け出る・・というのが・・その錆びるメカニズムです・・**

****

電流は・・**陰極の裏側から陽極の裏側に流れます・・**

**流路は**・どこで切っても・断面の片方は出口・もう一方は入口になります・・電流の**出口**も**裏側から見れば入口**です・・だから・鉄の内部の電流は・・図の向きに流れます。

（乾電池の亜鉛は**陰極**ですが・**裏側**はZn＋＋になって溶け出しているので・**陽極**です・・そういう事です）

**陽極**では**2Fe－4e→2Fe＋＋**という反応で**鉄イオン**が水中に溶出します・・

**陰極ではO2+2H2O＋4e→4(OH)－** という反応で酸素が**OHイオン**になります**・・**

この両イオンが合体して・沈殿したのが・**2Fe(OH)2**（赤錆）です。（**e**は電子の記号です）

**二つの反応は**同時進行し・片方を止めたらもう一方も止まる**不可分の関係**・という理由で・・

一つにまとめたのが・・**2Fe+O2+2H2O→2Fe(OH)2**・・です・・

**隙間腐蝕も・応力腐食も・他の腐蝕も・・**反応式は**全て同じ**です・・

**無数のモノゴトが鋼材の腐蝕に影響を与えますが・・それら**は全て・**→の部分**（反応機構）に対す

る影響です・・だからつまり・・反応のコントロール機構は・この部分に在ります・・

・・**→の部分を止めれば**・・腐蝕は止まります・・

例えば・**塗装**・・表面を塗膜で覆って・**水と接触させない**

例えば・**環境制御**・・**乾燥させる**（**＝液体の水を消す）**・・

例えば・**電気防蝕**・・**水中に**・・**より強い陽極**を**設置**して・・元の陽極を陰極に変える

等々です・・

　**【防蝕設計】**

**塗装**は良く知られた**防蝕法**であり・・市販の**塗料カタログ**には○○には△△を塗れと・指示してあります・・防蝕仕様にも・対象物にも・・**個別の特徴が無ければ**・・何に・何を塗ろうと・大差はない・という意味で・・**細かいはあまり気にしなくても良い・の・かも・しれません**・・

**下水道事業団が作った「防蝕指針」**・・**も**・・塗料カタログと同じスタイルで・・

防蝕仕様と防蝕対象の両方をカテゴリー分類して対応させて・・**専門知識が無くても・重防蝕仕様を簡単に選べるようになっています・・が・・専門知識が無ければ**・トラブルが起きた時・**原因究明も・まともな修理も・出来ません・・こういうやり方は・あくまで・素人向けの間に合わせです・・**

防蝕機能だけ備えていれば・・**他はどうでもよい**・という選び方は・トラブルを招きます・・

**化学プラント**は・・それぞれが・腐蝕環境を含めて・色々な・**個別の事情**を抱えています・・

そして・・無数に有る**防蝕仕様も**・・それぞれが　**固別の属性**を持っています・・

**その個別の事情と個別の属性の組合せを・整合させる必要が有ります**・

例えば・・地下水位が高い場所の地下ピットや地下タンクを・**結露で硬化不良を起こす材料**で・現場施工すれば・**硬化不良**を招くし・・脆弱な対象物に、硬化収縮率が大きく硬い樹脂を**厚く**被覆する防蝕仕様を組んだら・**剥離**・を招くし・・複雑な形状のプラントにFRPライニング仕様を選んだら・過大な施工コストや長い工期や施工不良を招き易くなります・・或いは・夏場のカンカン照りの屋外で・・塗り重ね許容期間 の短い材料を使った防蝕仕様を選んだら・・**層関剥離**の発生は避けられません・・或いは・遠い海外の現場施工で・・保存安定性が悪い材料を選んだら・・**輸送・保管中**の**変質**が発生します・・真夏の施工に適さない材料も・真冬の施工に適さない材料も有ります・・そういった・**具合が悪い組み合わせにならないように**・注意しないといけません・・

　　・・ただ・・それらは・設計の注意点であって・・中心事項ではありません・・

　　　　・・**防蝕設計の中心事項・**は・・

**そのプラント固別の腐蝕事故**を防ぐ**方法を考える・**事です・・

その意味は・・**事例**で説明する方が早いと思います・・　・・**選んだテーマ**は・・

**危険な物質を貯める鋼製タンクを安全に・長期耐用させる防蝕仕様**・です

**・・腐蝕機構と防蝕法の関係・・の話に戻ります・・**

下図は・・**錆瘤腐蝕**の断面図と腐蝕機構です



**・・この腐蝕機構の構成要素のどれか一つでも・除去すれば・・錆瘤腐蝕は止まります**

1. **錆瘤を叩き落して酸素濃度差を無くす**・・
2. **適当な撥水剤を塗布して**水膜の形成を阻止する・・
3. **湿度を低く保って**結露を防ぐ・・
4. 鋼材表面に**塗料や油を塗って**水や酸素と接触出来ないようにする・・
5. **環境**の**水か酸素を除去する**・（例えばボイラーの防蝕は　用水の溶存酸素を除去するのが定番）等々・・

**補足説明**・・化学反応式の右辺と左辺の間には　活性化エネルギーと称される障壁が有るので、**この壁を越えるエネルギーを得ない限り、反応は右辺に行けません。**

つまり・・**それ未満のエネルギー強度では・・いくら有っても・・反応は進みません。**

****

錆瘤腐蝕は酸素濃淡電池、応力腐食は応力電池、異種金属接触腐蝕はガルバニ電地が・・この**障壁を超えるエネルギー**を**供給**しています。

**話は変わりますが・・**この**赤錆が出来る反応**と空気中の鉄が**酸化鉄**になる反応は、**全く別**です。

酸化鉄になる反応は、**酸素分子の衝突だけで**進みます。（水も電気も不要です）

この反応の活性化エネルギー供給源はその**衝突エネルギーだけ**ですから、それが十分に大きくないと・・つまり**かなりの高温にならないと起こらない**ので・・常温に保つだけで防げます。

鋼鈑の表面に付いている**黒皮**は製造時に**高温の鉄**が空気に触れて生じたその**酸化鉄**です。

「腐食防食用語事典」によれば・・

**570℃以上**では　黒皮は下から順にFeO→Fe3O4→Fe2O3　の三層構造（高温ミルスケール）になり　それ以下の温度（下限は不明）ではFe3O4→Fe2O3　の二層構造（低温ミルスケール）になるそうです。

・・**この黒皮はどちらも・・ひび割れだらけ**なのに加え　**海水中の自然電位が銅に近い**ので、海水に浸けるとそのひび割れ部に露出した**鉄が**ガルバニ腐蝕を起こします。

（**殊更に電気を強調しなくても**・**水中の鉄の腐蝕**には**全部**・**電気が絡む**のですが・世間の言い方に従います）

**ひび割れが出来る理由**は・・酸化膜に引張応力が掛かるためであり・・引張応力が掛かる理由は・・酸化時の体積増加が小さいためであり・・体積増加率がある程度以上に大きければ・・ひび割れは生じない・・と言われています・・（SUSやアルミが腐蝕しないのは・そのためです）

黒皮という**大面積の陰極の横に**ひび割れ部という**微小面積の陽極**が並んだら・・その微小部分が**集中的に腐蝕**します・・つまり・・**黒皮は局部腐蝕を誘発助長します**。

・・で・・**船の外板**はそれを防ぐために、**この黒皮**をサンドブラストでSSPC-SP10（＝Sa2.5）以上のグレードで**落してから塗装する**のが常識です。（錆びるのは構わないが・・**船に穴が開くのは悪夢**だからです）・・そうしなければ・・昔は・・**ロイドの保険が契約出来なかった**そうなので・・船の外面のサンドブラストは事実上　法律みたいなものでした・・今はどうか知りません。

ちなみに大昔に・カンカン虫と称された人達がやっていた、船の外面に生じた**錆瘤**をハンマーでカンカンと叩き落とす作業も・・**孔蝕を防ぐため**、**航海の安全を保つため**、です。

石油やガスの**掘削井**に使う**鋼管**も・・**穴が開く**と災害になるので・・新品を長期間**野晒し**にして内外面を**わざと錆びさせて黒皮を完全に無くしてから**使います。

（製造時の残留応力を緩和させて局部腐蝕を起こり難くする・・という目的も有るそうですが・・真偽不明・・ただし一般論として・・モノの物性が経時変化する現象は・・無数に有ります）

採油管を熔接で繋ぐと・・溶接部に局部腐蝕が生じ易いので・・ねじ継ぎにします。

火災が怖いので・現場熔接を避ける・・という理由の方が大きいかもしれません。

**大深度地下**は酸素濃度が低いので・**腐蝕**の**量**は**気にしなくて良い**が**質**には注意が必要・・**管に穴が開くのは避けたいので**・・井戸が枯渇するまでの期間　**局部腐蝕の阻止**に集中する・・という・設計思想です。

**プラント防蝕**の**普遍的目的**は・・そのプラントの**安全操業**と**保全コストの低減**です・・が・・問題はその**コストの考え方**です・・タンク一つとっても・・鉄で作る・SUSで作る・FRPで作る・RCで作る・等々色々な選択肢があって・・長所短所も入り組んで・初期価格も維持管理費も・・トラブルが起きる原因も回避法も全部違います・・それら全部をひっくるめての・・**コスト判断**です・・**初期費用だけで判断する**と・・**後で大きな付けを払わされます**。

その・**コストの最たるモノ**が**災害コスト**・・これを防ぐための金をケチるのは・・危険です・・

石油掘削会社も・・**埋設油送配管の防蝕**には・・膨大なコストを掛けています。

それを念頭に置いて・・この**一見貧乏くさい・防蝕設計**を・・じっくりと・・味わって下さい。

こういう風に・・**狭い分野の少数の事例**を並べただけでも分かるように・・**各プラントには個別の**

**腐蝕環境があり・・**無視しても良い腐蝕と**・・**災害に直結する**危険な腐蝕**が混在しています・・

その**危険な腐蝕**を・**予知**して**狙い撃ち**すべし・・と・・個人的主張を・しているわけです。

**狙い撃ちが出来ていない**設計例と・**出来ている**例を・紹介します。

例えば（下図左）は石油タンク**底板の電気防蝕**です。

石油タンクで最も頻繁に起きる**腐蝕災害**は**底板腐蝕孔からの漏油**であり・・電防は・その**対策**にもなっている・・と・考えられているのです・・が・・



**底板外側に発生する孔蝕はほぼ全て錆瘤腐蝕によるもの**・ですから・・**それ**を防がないと・漏油事故は防げません・・・**現状の電防で錆瘤腐蝕は防げるか？否か？**・・を点検してみます。

タンクに負電極を繋げば・・**タンク全体の対地電位**は**陰極**になりますが・・**その防蝕電流が腐蝕電流を打ち消せなければ・腐蝕は防げません**・・が・・**先述の説明図の通り・・錆瘤腐蝕の酸素濃淡電池**は**個々の錆瘤毎に独立した閉回路**になっており・・この回路に・電防の電流は**入れません**・・

**（上図右）がその電防の電気回路と錆瘤腐蝕の電気回路の関係図です**・・

つまり・・**電防は**地上タンク**底板外面**の**錆瘤腐蝕**には**効きません**・・**（漏油事故は・防げません）**

**底板外面防蝕**の設計例を　もう一つ・・

**現在の消防法**では、タンク基礎を厚いアスコン仕上げにして・地中から沁み上がる水を遮断し・・

底板張出の端部に**雨水侵入防止措置（シーリング）をすれば腐蝕しない**・・という理論です・・**が**・・

**現実には**・・大型タンクの底板とアスファルト基礎の間には・・建設期間中の降雨や結露によって・・

**雨水侵入防止措置をする前に**・・大抵・・**100Kgを超える程の雨水が溜まっています。**

6ｍｍｔの底板鋼板を10ｍｍφでコア抜きしてこれを全部錆に変えるのに必要な**水と酸素の量**

は　それぞれ**1.2ｇ**と1.056ｇ（酸素は体積換算で**0.739Ｌ**・・酸素濃度20％の空気で供給すれば

この約5倍の**3.7Ｌ**）・・

つまり・・**現実の**底板と基礎の間は**・・酸素は殆んど有りませんが・・水は大過剰に有ります**・・

そんな環境の腐蝕量は・・**酸素の供給量に比例しますから**・・**底板張出部からの侵入を阻止しない**

**といけないモノ**は**雨水**ではなく**空気**です・・　　　　・・ではあるのですが・・

雨水侵入防止策は大抵空気侵入も防止しますから・・電防のような**空振り**にはなっていません・・

　　　　　　　　　　　・・ともあれ・・

**腐蝕孔からの貯留物流出事故は・・鋼製タンク共通の災害です。**

**工場移転跡地**の**土壌汚染**を減らすためにも・・貯留物の流出は・確実に・阻止する必要があります。

　　　　　**石油タンク底板の・・漏油を防ぐ防蝕仕様**

**結論を先に書きます**・・タンク底板**内面**に**FRP**を被覆すれば・・**漏油はしません**。（下図）

（**防蝕だけなら**・・大昔のようなエポキシ塗装でも十分であり・・原油国家備蓄タンクのようなフレークコーティングでも**構わない**のですが・・このFRP**防蝕**仕様には**別の目的**が有ります）

**・・どういう事かと言うと・・**

底板外面から**錆瘤腐蝕がセッセと孔を開けても・・既に**FRPで**蓋がしてある！！**・・という仕組

です・・将棋の**待ち駒**みたいに・先回りして**・・漏油の穴を防いでいるのです・・**

**FRPは構造材でもある**ので・こういう芸当が出来ます・・**他の防蝕仕様では出来ません**。

****

（大雑把に言えば・・＃450ガラスマット一層のFRP被覆をしておけば、10ｍｍφの腐蝕孔が開いても20ｍの高さの水圧に耐えますし、錆瘤腐蝕でこれ以上の大きさの穴が開く事は・・ほぼ有りません。）

50年以上前に米国の石油会社Amocoが始めたやり方のようですが・・今は世界に広まりました。

**力学的に、タンク底板に張力は掛かりませんから・・腐蝕孔が幾つ開こうと・強度は問題無い・・**

**つまり・・FRPで塞いでも問題はない・・という・実用主義が根底に有ります。**

鉄屋さんの感覚なら・・鉄板に穴が開いたら　パチ当て熔接で直すのが**常識**で・・実際に昔・・

消防庁はこれを**推奨していました**し・・底板内面に生じた多数の孔蝕の深さを**全数計測**して　規定

以上の深さのものは　熔接ビードで埋め戻す・修理法？？まで・やらせていました・・が・・

**熔接で修理すれば・・熔接部近傍の腐蝕に応力腐蝕が追加され・・藪蛇になります。**

　（さすがに消防庁も**今は**この**危険な修理法**を**推奨はしていません**・・といって・・**代案**提示もしていませんが・・）

石油施設の**運用経験**が長い米国では・この**熔接修理の危険性**が・かなり昔に知られていたようで・・

Amoco の資料には　**鉄板パチ当て熔接**の代案として**FRPパチ当て接着**が記載されており・・

その延長で・・**底板全面にFRPライニングをしておく**アイデアに到達したようです・・

ちなみに・・彼らが選んだFRP用樹脂はイソフタール酸系不飽和ポリエステル・・価格も・性能

も**適切な選択**なので‥今でも使われています・・ただ・・中東のような異常高温地域での施工には・・

（スチレンモノマーの揮発が早すぎて施工し難く・火災も心配・・という理由で）・・適しません。

その後・・シェルやチバガイギー等のエポキシ樹脂メーカーが・・耐油エポキシFRPを提案・・

**ＦＲＰ被覆で発生するトラブルは・ほぼ全て剥がれ**ですから・・エポキシの方が剥がれ難いし・

高温地域での施工も容易で安全・・という主張は・・当否はともかく・・**話の筋は通っています**。

（エポキシにも**欠点は有る**のですが・・長くなるので・・省きます）

現在日本では・・**耐蝕性がさらに良いという理由**でビニルエステル樹脂が多用されています・・が・・

石油タンク内でイソ系ポリエステルが耐蝕劣化する危険性は**無い**ので・・**さらに良くする必要は無く・・**硬化収

縮が大きい故に接着が問題になり易い欠点は　イソ系ポリエステルとビニルエステルは同等・・価格が高い・

長期保存が出来ない・結露し易い施工現場では・硬化不良を起こし易いといった点は・短所です・・

要するに・・ビニルエステルへの変更には・・**合理的利点が見当たりません**。

**石油タンク底板FRP防蝕仕様**には・以上のような歴史的・技術的・背景が有ります・・が・・**日本の消防法には**・・石油タンクは鉄か**鉄と同等以上の素材**で作れ・・という記載が有りますから・・**先回りしてFRPで孔を塞いでおきます**と**消防申請**したら・・**工事許可は下りません。**

**FRPで底板内面防蝕をやります・・と・・申請すれば・・通ります**。

　昔から・・知る人ぞ知る**漏油事故予防法**　と消防申請の**裏技**です。

最近ついに消防庁も公式に？この先回り孔塞ぎの合理性を認めた？のか・・最新消防法では

**地下タンク内面**の**FRP防蝕**を**義務付け**ました・・**他の防蝕被覆**は**認めない←ここ重要＾＾**・・

**やらないとタンク使用禁止・・**と・・零細ガソリンスタンドを廃業させかねない・・強硬な態度。

**裏技が表技になった？？**のです・・が・・**FRPでタンクの孔を塞ぐ**のは相変わらず不許可です。

**本音**が**漏油の阻止**そしてそれに伴う**土壌汚染**の阻止なのは**明白**ですが・・**建前**は内面防蝕・・

**漏油による土壌汚染**は・・かなり昔から知られていた問題です・・（外国で**も**多発）・・さすがに・・もうこれ以上放置できない・・法の抜け道を使ってでも・という事かもしれません・・が・・**電防を代替処置として認めている**のが・意味不明・・何か事情があるの**かも**しれません・・日本の役所は・・技術規制を作っても・変更しても・大抵・その理由や根拠を示さない伝統？が有ります・・火の無い所に煙を立てて騒ぐ連中への消防対策かもしれませんが・・

最後に　参考のため・・**石油タンク底板FRP防蝕**の**細部仕舞**・を付け足しておきます。

コーンルーフタンクのセンターカラムの下は・・カラムにアングルを仮熔接してここにジャッキを当てて少し持ち上げて・・FRP板を差し込んでジャッキダウンします。（接着剤は・板に塗ります）

フローティングルーフタンクのルーフサポートレッグ下も同様で・・こちらはジャッキアップ用**治具**を用意しておいて・・これでレッグを次々と持ち上げて・・ＦＲＰ板を差し込んで・・ジャッキダウン・・です。

余計なお世話ながら・・底板FRP防蝕の**サーフェシングマット仕上げ**は・・**有害無益**です。

樹脂含有量の増加はFRPの耐クラック性を低下させ・・接着安定性も損ねます。

**このFRP被覆の真の目的が**・**漏油を防ぐ構造材**・である事を理解しないといけません。

**防蝕**性能を上げる・という屁理屈は・・そもそも石油タンクのFRP被覆の防蝕性能は大過剰設計なのですから・・屋上屋を重ねる**蛇足**です。

薄いエポキシ**塗装**ですら何10年も耐用しているのに・・何をか言わん・・です

どうしても防蝕性能を付け足したい・・と執着するなら・・**塗膜欠陥が出来やすいサーフェシングマット使うより　厚塗りトップコートの方が合理的**であり・・もっと遮断性能を上げたいなら・・フレークをトップコートにします・が・何にせよ・このケースでは・**実用的意味は全く有りません**

**ついでながら**・・**フローティングルーフのシングルデッキ外面も**・・**局部腐蝕を警戒すべきエリア**です・・腐蝕孔が開くと・・無視出来ない量の油が噴出します・・

錆瘤腐蝕の孔なら・・木栓を打ち込んで仮止めしておいて・・油面接着エポキシFRPで埋め殺し・・という**応急措置**で**止める事は可能**です・・が・・多分・・正直に消防申請したら・・藪蛇です・・

許さん！・・という事になって・・タンク開放・洗浄・検査・修理・検査・・というコースに入ったら・・臨時出費は・・考えたくも無いでしょう・・

目視が容易な場所ですから・・**時々点検して**・・**錆瘤**を見付け次第・・防爆ハンマーで叩き落としてタッチアップ塗装・・＆・・**溶接線近傍**の塗装も傷んだ箇所もこまめにタッチアップ・・という**防蝕仕様**で・・**十分に保全できます**。

**事のついでに**・・**内面FRP被覆後の**・超音波**板厚検査・磁粉探傷・の仕方・**

**板厚検査**は・FRP被覆の上からでも出来ます

（そういう機器は30年以上前から有ります）

（二つの超音波プローブで・鋼板裏面からの反射とFRP裏側からの反射を計測して補正する機構）

**磁粉探傷**は・・被覆を**剝がさないと**出来ません・・

FRPは・**剥離コストが**・**大**・・これがネックになりがち・・サンドブラストで落とすなら・フレークが少し有利・・エポキシ塗装ならさらに楽・・「そもそも・底板のそんな検査を何回もやる必要があるのか？**事実上・何の意味も無い**だろ？孔蝕は・その検査では・ほぼ・見付けられないのが現実なのに・・」・・という問題提起は・・「**何か有ったら**・どうするのだ・・」という連中との永久バトルになるので・・そこには触れません・・

**＊溶接線に沿って・必要な幅だけ・剥がしやすくしておく方法→**　プライマーの上に剥離強度の弱い材質の二次プライマーを塗り足しておけば・・カッターで切れ目を入れるだけで・簡単に剥がれます。（これは・FRPライニングだからこそ出来る方法です・・特許申請していないので真似はご自由に）

　　　　　　　　　　　　　溶剤タンクの防蝕

基本的に・・石油タンクに準じたやり方をします・・つまり・・**流出事故を防ぎたいなら**・・他の部分が何であれ・・底板だけはFRP**防蝕**・・です。

溶剤タンクの内面は・・既に・・亜鉛・アルミ・等の**金属溶射**で防蝕されている事が多々あります・・トルエン・キシレン・ベンゼン等のタンクは・・**塗膜の膨潤**を警戒しないといけないので・・塗装より溶射を選ぶケースが多いからです。

何の溶射であろうと・・適したバインダーコートさえ塗れば・・FRPを被覆出来ます・・

　　　　　　　　　　　　　薬液タンクの内面防蝕

これも・・少なくとも底板だけはFRP仕様にします。

全体をフレークライニングでやりたい場合は・・底板のFRPライニングのトップコートをフレークにします。

**外面は**・・適当・・で構いません・・が・・**日常点検**では・・**錆瘤腐蝕だけは**・・見付け次第・・ハンマーで叩き落としてタッチアップ塗装で保全します・・理由は説明済。

　　　　　　　　　　　　　　保冷タンクの防蝕

**底板内面**だけはFRPにしておく方が良い・・これは同じですが・・

保冷タンクは・・**外面塗装に金を惜しんではなりません・・でないと・後で泣く事になります。**

**必ずサンドブラストをして・・多少過剰設計気味の塗装仕様で防蝕します。**

**【その理由】**

保冷材で被覆したタンクはさらに板金被覆されますが・・空気は邪魔されずに内部に入ってきてタンク表面に結露しますから・・**保冷タンクの外面は・早晩・ビショ濡れになります**。

もし・・**黒皮を残したまま**塗装をしたら・後々どうなるか？・・は・・もう説明しません。

**過剰設計気味の塗装仕様**にする理由は・・**保温したら目視もメンテナンスも出来ない**・・からです。

海洋施設の防蝕と同等・・つまり・・サンドブラスト→防錆プライマー**刷毛塗り**→エポキシ塗料等の多層塗り重ね・・といったレベルの仕様にしておく方が・・**結局は経済的**です。

**もし・・既に・・**その**やっちゃいけないやり方で外面防蝕をやってしまっていたら・・**

**不幸にして・・外面から孔が開いたら・・**消防署に届けを出して・・保温を全撤去して修理を行い・・消防検査を受け・・という流れ・・要するに・・将来の大出費が確定しています・・

有害な化学物質を漏出させたら・・責任者の土下座程度では済みません。

**お勧めはしません**が＾＾・・そうなる前に・・**内面に**さっさとFR・・防・・ムニャムニャ・・

**孔**・・**塞ぐ**・・等とは・・絶対言わないように‥理由は・・石油タンクの項で説明済・・

　（早めに・外壁塗装をやり直すのが・・王道です）

**実は**・・保冷タンクの内面塗装は・・原理的に・・**常温のタンクより長持ちします**・から・・海水程度なら塗装でも十分・・なのですが・・土下座を避けるためなら・・安い出費です。

**後々の腐蝕災害を防ぐためにも・・保冷タンクの外面は・・本格的に防蝕しましょう。**

**そのバックアップをしたいなら・・内面はFRP・・或いはFRP＋フレークの複合仕様です。**

保温タンクの防蝕

**外面**は・・常温タンクや保冷タンクより**腐蝕し難い**・・のですが・・保温材を被せたら・日常点検もメンテナンスも出来ません・・屋外タンクの保温材は・長期的には水を吸いますし・その水は・・断熱被覆の最下端部に集まってきますから・・水抜き部を作る・・**そのエリアの防蝕仕様のグレード**を他の部分より上げる・・等の・細かい工夫も必要です。

4回塗りと決めたらどこもここも全部4回塗り・・などという・・ゼネコンの建築塗装みたいなやり方では・化学プラントを長持ちさせる事は出来ません・・柱の根元・ボルトやナット・部材の接合部・等々・・**場所に合わせ・重要度に合わせて細かく・防蝕仕様を変える**・事・が肝要です。

　　　　　　　保温タンクの**大問題**は・・**内面の防蝕**です。

保冷タンクとは真逆の関係で・・高温タンク内面の防蝕被覆は・**常温のタンクより早く痛みます**・・

**温度が上がれば上がる程・・対策の困難度は急激に上昇し・・お手上げレベルになってきます。**

**【トラブルのメカニズム】**

分子は全て熱運動をしており・・温度が上がればその速度が増し・・速度が増せば衝突圧も増しますから・・高温の液体と低温の液体が接触したら高温側の分子が低温側に雪崩れ込んで行きます。

その原理で・・高温の貯留液分子が・・防蝕被覆の表面から・・温度が低い裏側に向かって雪崩れ込んできて・・鋼材の表面で堰き止められて・・そこに留まります・・**比喩的に言えば**・・鋼材の表面は・・**濡れて乾かない**・・わけです・・**その水が・塗膜を持ち上げる形になって・・**剥がれやブリスターが生じます。

（**保冷タンク**の**内面**塗装は・・**この温度関係が逆なので**・・傷み難い訳です。）

内外温度差が大きくなればなる程・・この拡散圧は大きくなりますから・・保温して・この**内外温度差を軽減する**・・というのが・**対策の一つ**・です・・

　・・で・・**他にどんな対策が有るのか？**・・ここから先はノーコメントです・・

世間に流通している**防蝕指針**等が通用するかどうかも含め・・最善と考える防蝕仕様をお考え下さい・・**それが防蝕設計の本来の姿です。**

　　　　　　　　　・・・・・・・・・・・

**追記①**

【**酸化被膜**を利用した防蝕法の長所と弱点】

黒皮はひび割れだらけなので・・孔蝕の原因になるから除去して塗装するのが安全・・と・・書きましたが・・論理が矛盾するようですが・・**材質的**には**極めて優れた防蝕性能を持っています**。

何が優れているのかと言えば・・**腐蝕性物質の透過を遮る機能**です。

**樹脂の膜は**一見緻密に見えますが・・原子の大きさの視点で見れば・・高分子という糸が絡まり合った**編み物みたいなものです**・・**隙間だらけ**なので・・サイズの小さな腐蝕性物質は透過します・・だからそれを防ぐために・・**厚さが必要**なのです・・図体が大きい腐蝕性物質は**重ねた網目**で・・**実用上十分に・止められます**・・酸や塩類は**＋－両イオンがセット**ですから・・片方が小さくても相棒がデカければ深くは浸透出来ません・・だから・・**硫酸は薄い防蝕膜でも防げます**・・が・・塩酸やフッ素酸のような**両方小さな連中**は・・網目を簡単にすり抜けます・・だから・・そういうモノを**樹脂で防ぐなら・・**膜をもっと厚くする・・樹脂の架橋密度を上げる・・ガラスフレーク等の無機質バリアーと複合させる・・等々の・色々な**対策**が必要になるわけです。

一方　**金属や金属酸化物皮膜**・・**文字通り緻密**です・・蟻の這いこむ隙間も有りません・・300キロの剛速球投手・・キャッチャーさえ居れば　野手なぞ居なくても完全試合達成・・要するに・・無機質膜の**遮蔽機能は**・・樹脂とは次元が違うレベルで優秀です。

（色々な食品包装の樹脂フィルムに**アルミ**が蒸着されている理由は・・ソレです）

だから・・グラスライニングやSUSやアルマイトやハステロイやチタンやタンタル等には・・先述の**熱拡散という問題は起きません**・・高温であろうと温度差があろうと平気です。

　　・・**が**・・勿論・・**完全無欠では有りません**・・**弱点をつかれると脆い**・・

**俗世的弱点**は**価格**です・・鋼材やコンクリートに比べたら・耐蝕金属は圧倒的に高価・・

最高の耐蝕材はキン（金）ですが・・これでタンクを作る人は居ません。

**技術的弱点**は・・**均質性の確保が難しい事**・・

金属は**結晶構造**が変われば物性が変わり・その結晶構造は**熱履歴**と**成分・**及びその**バラツキ**で変わります・・例えば・・溶接した部分とその近傍は・**周囲とは相当違う金属**になります・・強度的に問題が無くても・・材質の不均一は・**水中で・電位差を発生させる**ので・・**腐蝕の原因になります**・・つまり・例えば・・**SUSの熔接部は・・海水中では・・極めて容易に腐蝕します**・・

合金型耐蝕金属は・全般的に・鋼材よりも結晶構造が多様複雑になり易いので・・**全体を均質化するため・そして**・**狙い通りの物性**を得るためには・・**適切な**・**熱処理が不可欠**です・・**下手にやれば・屑鉄同然になります**・・

これは・刀匠の仕事でも分る通り・**職人芸の世界**ですから・・机で勉強したって・・無駄です・・「**耐蝕金属使いこなしのプロ**」になりたければ・・弟子入り・**修行**の一択です・・

素人の・防蝕設計者が**常識**として・頭に入れておくべき事は・次の2点・・

1. **金属の溶接部は別の金属になる**・・
2. 加熱炉に入れて熱処理すれば戻せるが・・炉に入らない**大型構造物**は無理・

大型で複雑な構造は・・冷却方法と速度のコントロールが難しい（職人芸の世界）

（水没する構造体に使うなら・溶接を避けてメカニカル接合にする・といった逃げ方も必要です）

**もう一つの弱点**は・・酸化被膜が**極めて薄い**事です・・ちょっとした**摩滅**や**溶解**で**無くなります**・・

（石灰岩・ガラス・コンクリート・金属酸化物・等は・・極微量ですが・・水に溶けます・・溶解度が極めて微小・・溶解速度が遅い・・というだけの事です・・**時間が経てば**・・**溶失します**・・）

耐蝕合金の酸化被膜は・酸化性環境なら・無くなっても**復活**しますが・・そうでなければ・・防蝕バリアーを失い・・孔蝕か・・**目で見ても分からぬ**・・**粒界腐蝕**が進行します・・

（腐蝕メカニズムは・・鉄の黒皮とひび割れ部の関係と同じ・・つまり・・**局部電蝕**です）

SUS等の酸化膜型耐蝕金属は・大抵・・**海水**や**塩酸**など**塩素イオン**を含む水には使いません・・高価な316Lやチタンも・・**応力の掛かる部分や溶接線近傍等で・・許容できない速度で粒界腐蝕が起きた**事例が多数あります・・　そもそも・・その酸化被膜が欠損したら・・海水中では回復出来ない筈・・**長持ちする筈が無い**・・というのが・個人的見解です・・

（同じ見解の方は・・多分・・多いと思います・・塩酸ガスだらけのメッキ工場で・・SUSを愛用している所なんか・見たことがありません・多分・皆・痛い目に遭ったのでしょう）

サイズが小さな耐食金属なら・・熱処理や化学処理で**酸化膜を厚くする**手法・・（アルマイト処理等）・・改善法は・色々有ります・・が・・その効果があるかどうかは**環境物質**次第です・・

そういう風に・・耐蝕金属の耐蝕性は**・内的・外的条件によって**・**千変万化**します・・酸に弱い鋼材だって・・濃硫酸に対しては・・耐蝕金属に変身する・・といった調子です・・だから・・**耐蝕金属は・その個別のクセを熟知して使う必要が有ります**。（繰り返しますが・・使いこなすには・・弟子入り修行・するか・達人の力に頼るしかありません・・）

・・銅や銅合金も塩素に強いと思われていて・・昔から海水用に使われていますが・・これも**浸かりっ放し**で応力が掛かると**粒界がやられます**・・（ボルトやナットは要注意）

この・**見た目は健全・という腐蝕形態**は・・危険な性質ですから・・使うなら・・**定期交換**とセットにする必要が有ります・・金に糸目を付けぬ軍事用ですら・・**SUSの潜水艦**を誰も作らないのは・・要するに・怖くて乗れない・からです・・**SUSや耐蝕合金とは・・そういうモノです・・**

サリン事件で有名になったハステロイもCu/Ni系の耐蝕合金の一種で・耐ハロゲン性の優秀さで知られた材料です・・**フッ酸製造反応槽**等・塩素フッ素系の**苛烈な腐蝕環境**で使われますが・・これですらも・・**定期交換**で安全を確保しているそうです

**腐蝕災害を防ぐためには**・・あらゆる選択肢を動員すべし・と・思います・日常点検も・**メンテナンスし易い構造にするのも**・・耐蝕合金を使うのも・・**使わないのも**・・適宜交換するのも・・全部含めて・・**防蝕設計です・・塗装仕様や樹脂ライニング仕様の設計は・・その一部分でしかありません**・・守備範囲をどこまで広げるか？・・どういうやり方をするか？・は・・人それぞれの考え方で変わります・・正解も不正解もありません

　　　　・・但し・・危険物・有害物タンクの底板は・・

・・個人的には・・FRP防蝕を・強く・お勧めします・・

最近有った・**横浜や三浦半島**の**異臭騒ぎ**・・検出された物質は・・ヘキサン・ブタン・等々だった・とか・・ブタン・ヘキサン・ヘプタン・オクタン・等はガソリンの成分・

・・以下省略＾＾・・

・・ね＾＾・・　・・だから＾＾・・　・・そういうことです・・＾＾