

Topics

新しい非破壊試験評価要素技術の紹介(第1回)

高阪貞雄 [試験三課 係長]

1 緒言

環境やエネルギー問題、経済の閉塞化の影響は現代に生きる我々のライフスタイルの見直しや生き方にまで波及している。材料を取り巻く状況もここ数年の急激な変わり様が10～20年前のころとは明らかに異なっている。材料のリサイクル化は至る所で喧伝されている。省エネルギー・省資源を意図した材料プロセスや高強度・高機能材料の開発は絶えず試行されている。

こうした中であって材料を正しく大切に使うためのメンテナンス保全技術は隠れた重要技術と認識させられる。その中でもとりわけ非破壊試験は診断・評価の信頼性を厳しく求められている。本稿では、筆者がこれまでチャレンジしてきた高価な装置や技能の要らない非破壊的な評価要素技術を中心に紹介する。読者諸氏の何らかの参考になれば幸いである。

2 非破壊検査

材料評価には一般的な引張強さ、疲労、クリープ、衝撃等の特性を求める破壊試験と放射線透過検査(RT)、超音波探傷検査(UT)、浸透探傷検査(PT)、磁粉探傷(MT)等により欠陥や傷の程度を把握する非破壊試験がある。

後者は被検体を破壊しないで調べることができるので生産工程、加工工程、受入時などで幅広く行われている。近年、製造者責任法により製品の品質保証が厳しく求められるようになった。また、破壊力学の進歩とともに欠陥材の寿命予測が行われるようになってきた。そのため非破壊試験の目的も欠陥検出にとどまらず品質管理および寿命予測などの信頼性評価に及んでいる。

一般的な非破壊検査は叢書、便覧等に詳述されているので主な特徴のみ次に列記する。

・RTは放射線(X線、 γ 線など)を用いて内部欠陥をフィルム上の影絵としてみる。病院でお世話になっているものと同じ原理である。客観性に優れ、記録性のよいベーシックな検査であるが、取扱いには十分な注意が必要である。

・PTは浸透させた着色液を現像処理によって吸い出させるおもしろく鮮やかな手法であり、手軽で適用範囲が広い。但し、割れにスケール等が詰まっていると検出できない。

・MTは磁化させた試料に懸濁磁粉液をかけ、欠陥の周りに吸引された蛍光磁粉に紫外線をあて割れの位置を判定する検査である。記録は写真以外に粘着テープに転写する方法がある。割れにスケールが詰まってもある程度内部の割れも検出できる。但し、被検材が磁性体に限定されるので、磁性体であれば微小な欠陥をクリアに検出できるためぜひ試してみたい検査である。

・UTはパルス反射法により、試験体の厚さや欠陥の位置、大きさを調べる方法である。多くの材料(金属やプラスチック、セラミックス他)に適用でき、応用範囲も広い。近年、操作性、性能とも向上した装置が廉価に購入できるようになった。日常の材料試験の傍らに置いておきたいものの一つである。

以上の一般的な検査以外の非破壊的材料試験、評価について以下に述べる。断片的で系統立っていないところが多々あろうがご容赦願う次第である。

3 非破壊試験評価要素技術の紹介

(1) 内径寸法検査について

寸法検査は肉厚、外径、長さなどを測定することにより変化を定量的に評価できる重要な検査である。例えば高温高圧下で使用するチューブやパイプは高温クリープにより膨出するため定検毎に外径をノギス等で測定管理されている。ところが、外面が腐食により減肉すると膨出量が正確に把握できない。そこで外乱が少なく真円を示す内径に着目して内径から膨出量を求める手法を提案した。

内径はノギスと超音波探傷器を用いて外径とその外径をあてた部分の肉厚を測定することにより0.1～0.2mmの誤差精度で求めることができた。

ここで内径の初期値であるが次の方法が考えられる。

- ① 溶接部近傍の内径をベースとする。溶接部近傍は溶接の余盛拘束による拘束のため膨出しにくいのである。
- ② 膨出が認められないと思われるメタル温度の低い管の内径をベースとする。
- ③ 一般的な高温高圧用熱交換器管の外径は仕様値、肉厚は仕様値の10%増の目標で製造されていることが多い。これから元内径も大まかには計算で求まる。ただし、これまでの調査では7割ぐらいの管の肉厚は確かに仕様値の10%増で製造されていた。ところが3割は7～9%増であった。したがってあくまで目安とすべきではあるが、便宜的なデータとして参考となる。

ところで、内径膨出量より外径膨出量を求めるには表1に示す式から容易に計算できる。

表1 内径変化率からの膨出率計算

いま、膨出前の外径を D_0 外径変化率を r_0
 // の肉厚を t_0 内径変化率を r_i とすると、
 塑性変形の体積不変性より膨出前後の断面積が同じであるから

$$\pi (D_0/2)^2 - \pi \{(D_0 - 2t)/2\}^2 = \pi (r_0 D_0/2)^2 - \pi \{r_i (D_0 - 2t)/2\}^2$$

 が成り立つので

$$\sqrt{\frac{(r_i^2 - 1)(D_0 - 2t)^2}{D_0^2} + 1}$$

さらに未使用時の肉厚を正確に知りたいニーズが少なくない。膨出がない場合、仕様外径値から実測内径を差し引いた数値を半分にすれば未使用肉厚の平均値が求まる。他に、膨出が認められた管の外面腐食減肉量を算定したい場合は膨出に伴う肉厚減少量を予め見積もっておく必要がある。これは膨出時の外径と内径の差から計算できる。また、内径値については内面スケールが生成している場合、そのスケール厚さが鋼材のおよそ半分であるためその分を補正すればよいことを付言する。**(第2回に続く)**



国際標準化機構試験所認定取得!!

当社は99年7月にISO 14001 環境マネジメントシステムの認証を取得し、全社一丸となり環境に優しい行動を積極的に実施してまいりました。

この度、試験所として世界的権威のあるISO/IECガイド25 (ISO/IEC 17025) の認定を愛知県ではじめて取得いたしました。

認定範囲は環境分野[水質、土壌、固形廃棄物]と飲料水分野における揮発性有機化合物(VOC)で、サンプリングから分析、報告書発行までの一貫した内容を含んでおります。この認定はISOの国際的な基準にしたがった要求事項が満たされているかを証拠によって審査するもので、ISO 9001の品質マネジメントシステムと専門家による現場での技術審査、分析所の環境、設備機器などの審査が厳密に行われるものです。従来のISO 9001のシステムだけの認証とは異なり試験分析の範囲を定め認定され、証明する数値を保証するものであります。

私どもは皆様から更なる信頼と期待される企業となるべく、人材の育成、設備の充実、ISO試験所認定範囲の拡大を目指します。そして微力ながら社会への貢献をかけ、今後もまい進して参りたいと存じます。

平成13年6月

環境とVOC

今井 尚洋 (技術部 試験2課)

1.はじめに

環境基準とは、環境基本法第16条に基づき、公害防止行政の目標となるものであり、国民の健康を保護し及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準として、政府が定めるものとなっている。

水質汚濁に係る環境基準には、生活環境の保全に関する環境基準(BOD、COD等、生活環境項目と呼ばれるもの)と、人の健康の保護に関する環境基準(カドミウム、総水銀等、健康項目とよばれるもの)とがあり、前者が水域の利水目的別に異なる値が適用されるのに対し、後者については全国の公共水域に一律に適用される。

水質汚濁に係る環境基準の内、健康項目については、昭和46年にカドミウム、シアン等8項目について環境庁より告示され、その後、昭和50年にPCBが追加された。これら9項目について対策が講じられてきた結果、環境基準はほぼ達成に至っている。

しかしながら、近年における多種多様な化学物質の生産・使用の拡大にともない、これらの物質による公共水域及び地下水の汚染を防止し、国民の健康を保護することが大きな課題となってきた。この様な課題に対応するため、環境庁では、平成元年にトリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンを水質汚濁防止法に規定する有害物質に追加し、平成5年に環境基準項目としてジクロロメタン、四塩化炭素等のVOC、チウラム等の農薬及びセレン合計15項目が選定された。

なお、環境基準は常に適切な科学的判断が加えられ、必要な改定がなされなければならないとされているため、今後も多くの化学物質が新たに追加されることとなると思う。

2. VOCとは？

VOCとは、揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds)の略である。表1にVOCの環境基準及び排水基準と用途を示す。

トリクロロエチレンは不燃性金属洗剤として、テトラクロロエチレンはドライクリーニング溶剤として主に使用された。これらの生産量は1950年代から1960年代にかけて急激に増加したが、1970年代以降少しずつ減少している。それに代わって1975年頃より生産が始まった1,1,1-トリクロロエタンの生産量が1990年頃まで急増した。近年では、金属加工に水溶性切削油を使用し洗浄にトリクロロエチレン等の有機溶剤を使用しないなど、環境影響を

考慮する企業が増え、これらVOCの生産量は減少傾向にある。しかし、1980年頃からVOCによる地下水や土壌の汚染が問題となり、現在、過去の“つけ”が回ってきているところである。

表1

項 目	環境 基準 (mg/L)	排水 基準 (mg/L)	用 途

トリクロロエチレン	0.03	0.3	金属部品の脱脂洗浄剤
テトラクロロエチレン	0.01	0.1	ドライクリーニング溶剤
四塩化炭素	0.002	0.02	フロンの原料
ジクロロメタン	0.02	0.2	溶剤
1, 2-ジクロロエタン	0.004	0.04	塩化ビニルモノマーの原料
1, 1, 1-トリクロロエタン	1	0.1	ドライクリーニング溶剤
1, 1, 2-トリクロロエタン	0.006	0.06	塩化ビニリデンモノマーの原料
1, 1-ジクロロエチレン	0.02	0.2	塩化ビニリデン樹脂の原料
シス-1, 2-ジクロロエチレン	0.04	0.4	トリクロロエチレンの分解物
1, 3-ジクロロプロペン	0.002	0.02	殺虫剤
ベンゼン	0.01	0.1	化学品合成原料、溶剤

3. VOCの分析方法

環境基準の選定には、社会的価値観が最も大きな要素となるが、もう一つに分析技術の進歩が考えられる。かつて有害物質の定量には主に比色分析が用いられてきたが、昭和40年代から原子吸光法やガスクロマトグラフ法に変わってきた。その後、ICP発光分析法やガスクロマトグラフ質量分析法の出現により、より高感度に多成分一斉分析を行うことができるようになった。この様な分析技術の発展により、新しい汚染物質が発見され基準の改訂に結びついてきている。

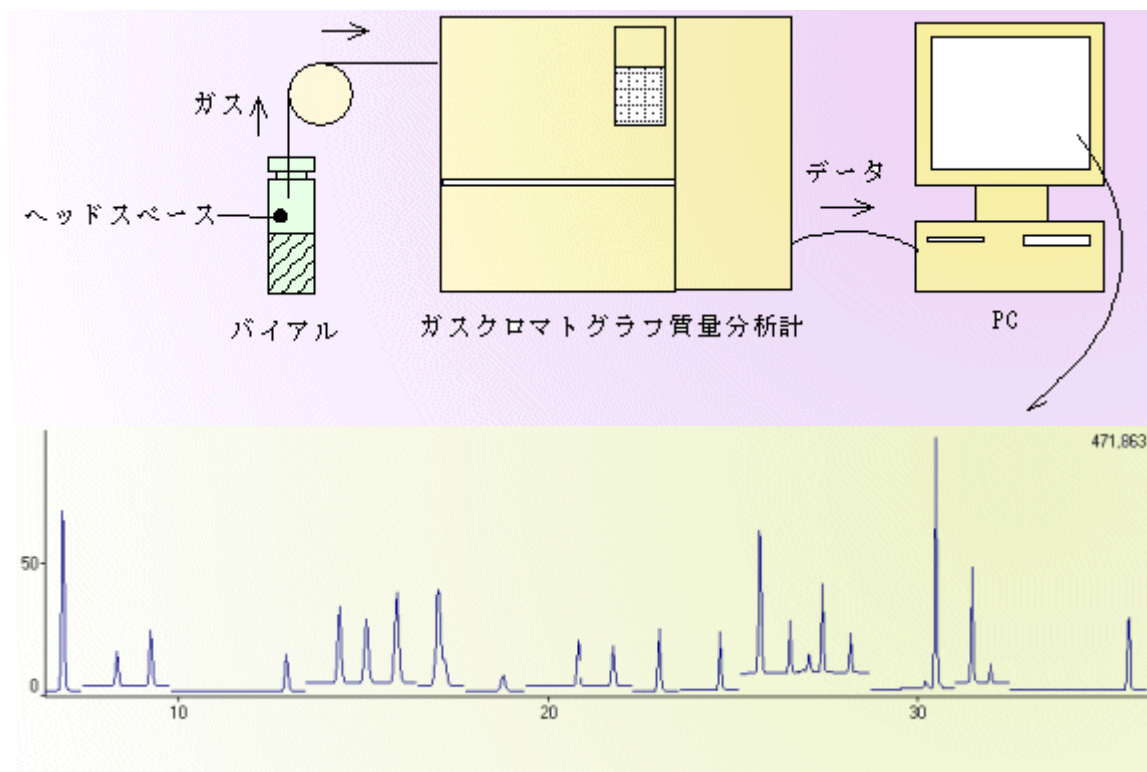
表2

項 目	分 析 方 法					
	GC		GC/MS			
	PT		HS	溶媒	PT	HS
	ECD	FID	ECD	ECD		
トリクロロエチレン	○		○	○	○	○
テトラクロロエチレン	○		○	○	○	○
四塩化炭素	○		○	○	○	○
ジクロロメタン		○			○	○
1, 2-ジクロロエタン	○	○			○	○
1, 1, 1-トリクロロエタン	○		○	○	○	○
1, 1, 2-トリクロロエタン	○	○			○	○
1, 1-ジクロロエチレン		○			○	○

シス-1, 2-ジクロロエチレン		○			○	○
1, 3-ジクロロプロペン	○				○	○
ベンゼン		○			○	○

GC ガスクロマトグラフ
GC/MS ガスクロマトグラフ質量分析計
PT パージ・トラップ
HS ヘッドスペース
ECD 電子捕獲検出器
FID 水素炎イオン化検出器
溶媒 溶媒抽出

VOCの分析には、主としてガスクロマトグラフ質量分析が用いられる。VOCの分析方法一覧を表2に示す。これらの分析方法の中で一般的に用いられる方法は、ヘッドスペースガスクロマトグラフ質量分析法(HS-GC/MS法)である。これは、バイアルと呼ばれるガラス容器の中に試料を50%前後密封し、その空隙部分(ヘッドスペース)のガスを分取し、ガスクロマトグラフ質量分析計に導入する方法である。図1にHS-GC/MS法の一連の流れを示す。この方法で、全てのVOC成分が0.0002mg/Lまでの低濃度まで測定することができる。



4. 環境汚染浄化の方法

消極的な方法ではあるが、VOCを使用せず、自然減衰を待つ方法もある。しかし、汚染の状況によっては、以下に挙げるような積極的な方法を取り急速な対応が望まれる。

＜バイオレメディエーション＞

微生物の持つ化学物質の分解能を利用して環境中に放出された有害物質を分解、

無害化する技術。トリクロロエチレンで汚染した土壤に、空気、メタンガス、窒素、リンを注入し、汚染土壤に生息しているメタン酸化細菌を増殖活性化させ、原位置でトリクロロエチレンを浄化する。

＜エアースパージング＞

揮発性有機塩素化合物に汚染された不飽和土壤や地下水中に空気を圧入し、土壤粒子間の空気の流れを攪乱して汚染物質の気化を促進するエアースパージング技術である。注入した空気は、土壤ガスとして回収し、汚染土壤、地下水を浄化する。

＜酸化法＞

多くの有機塩素系溶剤は過マンガン酸カリやオゾンのような酸化剤で酸化することができる。これは新しい技術であって、あまり商業的にはなっておらず、採算性も証明されていない。実用性に関する制約の一つは酸化剤の必要性和コストである。酸化剤の必要量は帯水層中において汚染物質を処理する前に酸化しておかねばならない他の有機物・無機物によって決まる。多くの場合、この必要量ゆえのコストがこの技術を使用困難にしている。

＜オンサイト型地下水汚染浄化用パーベーパーレーション膜システム＞

太陽電池をエネルギー源として、膜分離の一種であるパーベーパーレーション(PV)法によって汚染を濃縮した後、触媒分解する自立システムである。汚染地域の地下に小型PV膜モジュールを複数埋設し、汚染物質を分解する触媒反応器を組み込んだ地上のユニットが集中制御し地下水等を浄化する。

5. おわりに

便利になるために進歩する技術が、人類の未来に暗雲をもたらす様な化学物質を作り出し、進歩した技術がその物質の有害性を立証する。人類の歴史はこれの繰り返しであるように思える。おそらく、このVOC問題は、近い将来必ず解決されるであろうと思われるが、環境ホルモンやダイオキシン類といった問題、これから新たに起こる問題が山積みとなり未来永劫人々の頭を悩ませ続けるであろう。技術の進歩と退化にうまく折り合いを付けて、少し不便でも安全な未来が築けると良いと思う。

6. 参考文献

- ・「新しい排水基準とその分析方法」：環境庁水質全局水質規制課監修、環境化学研究会、平成6.7.1
- ・「土壌・地下水に係る調査・対策指針用基準」：平成11.12.9 環水企第29号・環土第11号