

事故技術研究会の紹介

事故技術研究会
大久保技術事務所
技術士(機械部門)
大久保 俊彦

1. はじめに

「事故技術研究会」は、2002年1月、事故技術調査等、各種技術分野の豊富な経験と実績を持った技術士が中心となって集まり、製品事故、商品事故、設備事故などを技術面から調査し、その原因を解明することを狙いとして、結成したものです。

技術士とは、「技術士法」によって定められた、技術面は当然のことながら、高い倫理性を併せ持つ、国家資格所有者です。具体的には、クライアントの秘密保持や公益確保等に責任を持ち活動し、社会へ貢献したいと考えるものです。

本稿では、「事故技術研究会」の概要を紹介すると共に、当研究会主要メンバーが事故調査に関する技術トピックスを紹介いたします。本稿が鑑定人の皆様にとって、当研究会及び事故原因解明に関する技術事項のご理解の一助になれば幸いです。

2. 事故技術研究会の概要

2.1 構成メンバー

構成メンバーは大別して、「正会員」と「賛助会員」の二者からなっています。正会員は、金属、生物工学、水道、応用理学、電気・電子及び機械の独立自営の技術士7名からなり、事故原因調査業務の経験が豊富で、メンバー間相互の交流も活発に行い、ネットワーク良く効率的に業務を推進する主要メンバーです。

これに対し「賛助会員」は、専門とする技術分野

の経験こそ豊富ですが、事故原因調査業務の経験は浅いため、正会員のサポートを中心に活動します。殆どの技術部門をカバーし、総勢100名程度おります。

2.2 研究会活動内容

(1) 定例会の開催

月一回、おおよそ2時間の定例会を開催し、メンバー間で情報交換を行っています。論議テーマは、技術調査に関する有益情報の共有化とその活用方法、当研究会に依頼されたクライアントからの事案内容の紹介と担当者調整等です。クライアントのニーズは、スピードであり、品質であり、コストであることは言うまでもありません。これに応えるため、メンバーの技術レベルの向上と迅速かつ最適な担当者による業務遂行を図ると共に、円滑なコミュニケーションの場となる定例会運営に努めています。

(2) 学協会等諸機関との交流

構成メンバーは、日本技術士会はもちろんのこと、各々の専門分野の学協会会員であり、資質向上に努めると共に、専門分野の技術力向上に貢献しています。

さらに、日本機械学会(「法工学部門」があり、欠陥製品問題や事故を法的にはどう処理していくかを研究し始めています)や安全工学協会(具体的事故事案の技術研究など)とは、当研究会活動の学理的研鑽の場として、また自動車や家電製品等のPLセンターとは、マクロ的PL事案の問題・課題を明確にする場として、活用及び交流を深めています。

2.3 事故原因調査業務

当研究会は、損害保険会社や弁護士等、具体的事故事案に直面する皆様(以下「クライアント」と記す)に対して、事故調査及びその原因究明業務を行って参りました。本稿では、その実績をまとめ、当研究会が行う業務の概要を紹介します。

(1)業務メニューの概要

①技術的参考意見の提供業務

クライアントへの、該当する事故に関する、対象製品知識や事故内容等を、面談し口頭で解説するものです。時間は、1～3時間程度。

②現品・資料等の評価・分析業務

事故現品や事故関係資料を受け取り、それを評価・分析し、報告書にまとめるものです。事故現品の試験を行う場合もあります。日程は、現品・資料等入手後2週間～1ヶ月。

③事故現場調査に基づく損害状況の把握業務

事故現場を見分し、事故による損害状況(ダメージ)を技術的に把握し、報告書にまとめるものです。該当製品の継続利用可能性や新品交換の必要性等を判断します。日程は、事故現場を見分後2週間～1ヶ月。

④事故原因の究明業務

該当事故に関する情報入手及び調査を行い、事故原因に関する報告書にまとめるものです。事故現品及び現場の見分、場合によっては再現試験の実施等により、事故原因をその機序(発生メカニズム)を含め明確化するものです。日程は、業務着手決定後、1～3ヶ月。

⑤その他関連業務

上記事故原因究明等の業務の中から、事故現品の処置(再利用法など)及び対象製品や企業に対する、是正指導のコンサルティング(工程改善、クレーム対応、特許化支援等)を行ったり、訴訟時の技術情報提供支援等を行うものです。

(2)業務への取り組みの流れ

クライアントから当会窓口担当(「5 お問い合わせ先」参照方)に業務依頼があると、該当業務に最適のメンバーを選任した上で、クライアントと本業務を行う上での情報交換を始めます。それは、FAXであったり、eメールであったり、事故現品の提示であったりします。事案内容が複数の技術分野にまたがるようなものでは、複数のメンバーで担当することもあります。

該当業務に関する情報の分析並びにクライアントのご意見やご意向を確認し、本件に関する作業計画(納期)、アウトプット及び費用の概要を業務見積書として提案します。クライアントのゴーサインを得た後、業務に着手します。

業務遂行中も、クライアントとその進捗状況などの連絡を取り合い、クライアントのニーズの把握に努めると共に、想定外の事象発生時には軌道修正をも考慮し取り組んでいます。

3. 事故解明に関する技術トピックス

3.1 応力

(1)はじめに

応力(おうりょく)とは、機械力学や材料力学の基本的技術事項で、物体に外力が加わった時の物体の単位面積あたりに受ける力をいいます。こういうイメージが湧かないと思いますが、応力の英訳「stress」(ストレス)なら、おわかりになられると思います。

ストレスは、一般的には、技術用語と言うより、心労や不安による心的・肉体的刺激に対する体の反応として世間一般に知られています。即ち、物体(人間)に、外力(心労や不安要因)が加わった時の、物体の単位面積あたりに受ける力(冷や汗や動悸、血圧上昇など)をいい、まさに上述の応力の定義にピッタリです。

(2) 応力のいろいろ

応力とは、上述の定義からわかるように、単位面積 (A) あたりに加わる力 (F) であり、次式のように表されます。

$$\text{応力}(\sigma \text{ 又は } \tau) = F / A$$

図1の(a)を引っ張り応力、(b)を圧縮応力、(c)を剪断応力といい、 σ (シグマ) と τ (タウ) で表します。

(3) 許容応力と疲労

鉄鋼をはじめとして各種材料には、その材料が破断しない許容応力が明らかになっており、機械製品に限らず、あらゆる製品開発上の強度設計は、使用する材料の応力を解析し許容応力以内とすることに他なりません。

このとき、材料に加わる力が静的なものではなく、変動のある力が繰り返し加わると、静的な荷重の時に破壊を生じる応力よりもはるかに低い応力で破壊に至ることが知られています。この現象を「疲労」

といいます。その時の許容応力の低下率は、表1の通りです。

また、図2において、ロッド先端に一定の荷重Fが加わる場合に対して、荷重が0からFまで変動(片振り)し、さらには、 $-F$ (逆向きの力) からFまで変動(両振り)すると、許容応力は、表1のように著しく低下します。

(4) 応力に基づく事故原因究明

不幸にして事故が起こった時には、その原因究明の一手法として、「 $\sigma = F / A$ 」式に基づく、応力解析的アプローチが有効です。そのポイントは、加わった荷重 (F) が想定値を超えたのか、荷重を受ける製品の形状 (A) が違っていたのかを検証することになります。さらには、使用した材料が異品だと想定された場合の許容応力値に違いが発生したのかを検証すること、等々です。

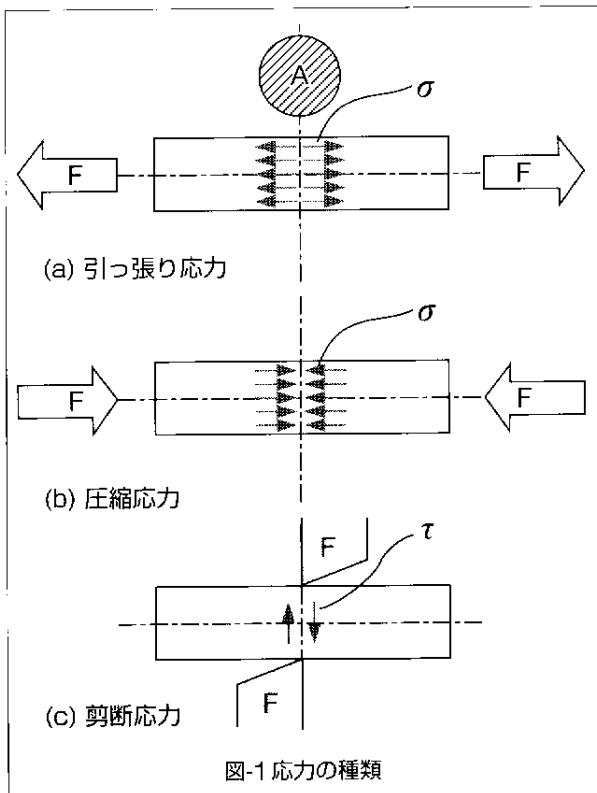
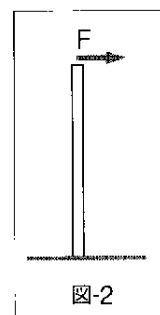


表-1 疲労による許容応力の低下概要

	許容応力 (静的荷重時を1とする)
静的荷重	1
片振り荷重	2/3
両振り荷重	1/3



3.2 シャフトの破断解析

シャフト破断の原因調査のうち、今回、興味惹かれる2例(a, b)を報告します。

(1) シャフトの要求される機能

- 1) 回転(動)力の伝達
- 2) 曲げ応力の加わることもあり(コンベア)
- 3) 軸の中心はベアリング、その他で確保
- 4) 軸部と軸受け部との径の異なる場合が普通
- 5) その他

写真-1 a

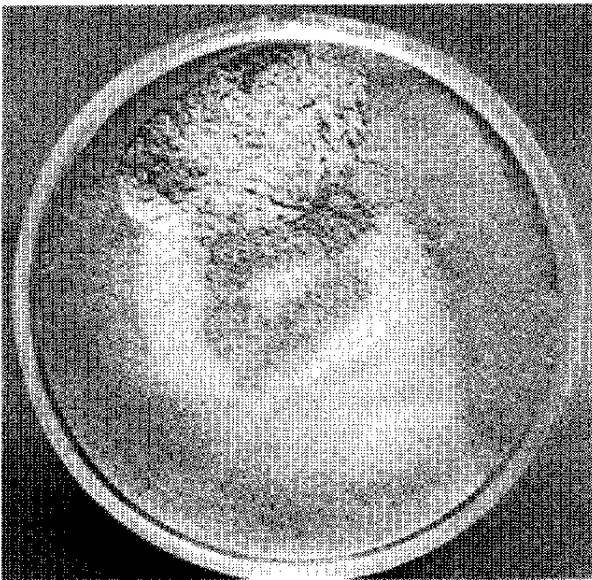
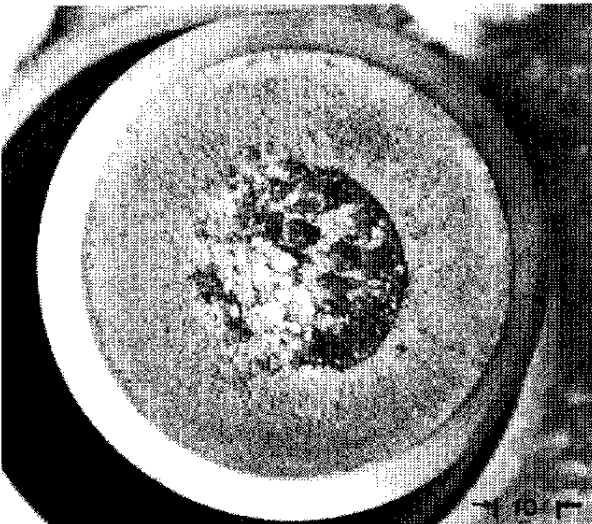


写真-2 b



(2) 事例(a, b)

a; S45C, 破断部径50 φ

脆性破断部(写真1左上部); (約) 27 × 16

b; S45C, 破断部径70 φ

脆性破断部(写真2中央部); (約) 34 × 36

b-1; 疲労破面部(外周側の破面、写真3)

b-2; 脆性破面部(中央側の破面、写真4)

注; b-1とb-2とは境界を挟んで1mmの距離

注; b-1, b-2は走査型電子顕微鏡による

写真-3 b-1

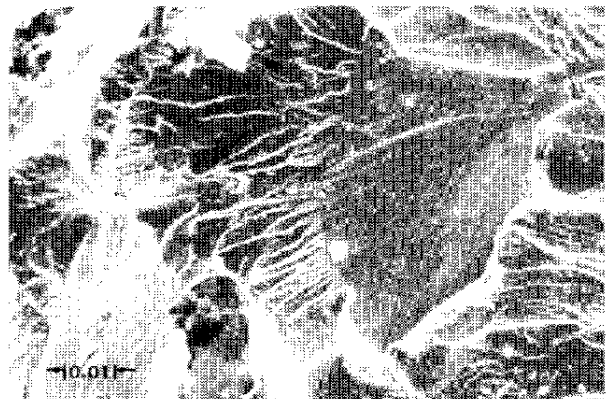
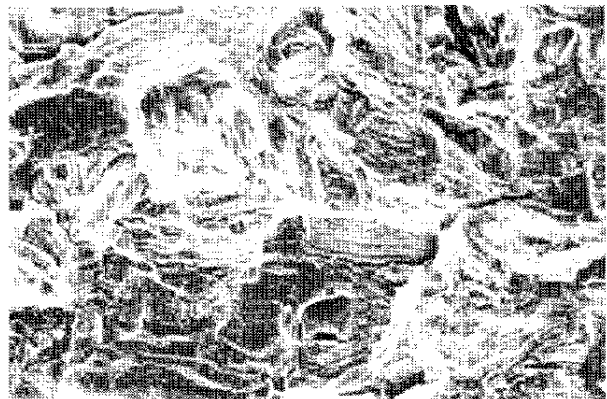


写真-4 b-2



(3)破面説明

a；シャフトの中心軸が左上側（写真1）へずれており、その結果、右下部に大きな引っ張り応力が回転ごとに発生し、疲労破面の起点になったことが推測されます。現場設置時点での配慮も必要でした。

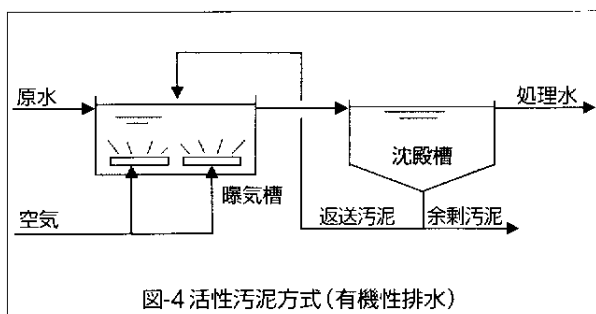
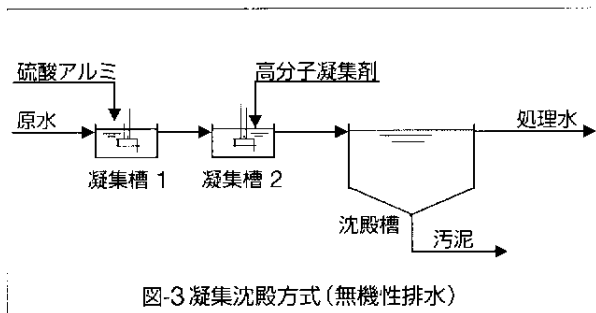
b；軸部と軸受け部との境界を起点に、外周部から中心方向に軸の回転毎に疲労破面が進展したことが推測されます。境界部の応力集中を避けること、或いは強度向上（表面焼き入れ他）を図ること等の配慮が必要です。

（金属部門 二沢 喬一郎）

3.3 水処理方式と事故事例

(1)水処理の方式

一般的に水の汚濁物質として無機性の浮遊固形物を含む排水（上水道、製鉄工場排水等）は薬品により凝集し、沈殿させ、上澄水を処理水として放流します。一方有機性の物を含む排水（下水道、し尿処理、食品工場排水等）は微生物の栄養源として汚



濁物質を食べさせて水を浄化し、汚濁物質を食べ増殖した微生物は活性汚泥と呼び沈殿させ、上澄水を処理水として放流します。そのフローを図3、4に示します。

(2)事故事例

1)製紙工場の抄紙排水（白水）の浮上処理

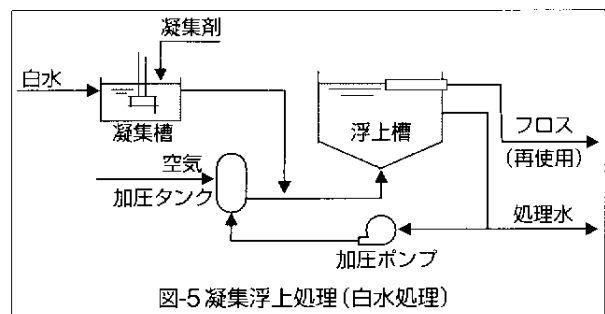
製紙工場ではパルプ繊維を漉いて紙を作ります。インクを滲まなくするために、繊維にクレイ（粘土）を混ぜます。繊維は軽いので、空気を加えて浮上処理します。浮上した固形物はフロスと呼び原料に加えて再使用します。そのフローを図5に示します。

2)問題点

繊維分の多い白水には浮上方式は適していません。しかし工場では色々な紙を漉いており、上質の厚紙ではクレイ分が70～80%にもなり、クレイに空気が付着せず沈んでしまい、処理水も清澄にならず、フロスの回収率も下がり、原料としての再利用率も下がります。

装置メーカーは製作前に製紙工場から白水を取り寄せて浮上試験を行い設備を設計しました。しかしクレイ分が多い白水は納入後に出てきました。これはクレームとなり半年間試運転後、メーカーは装置を撤去しました。

（上下水道部門 金川 護）



3.4 センサーによる事故の解析

(1) センサーのいろいろ

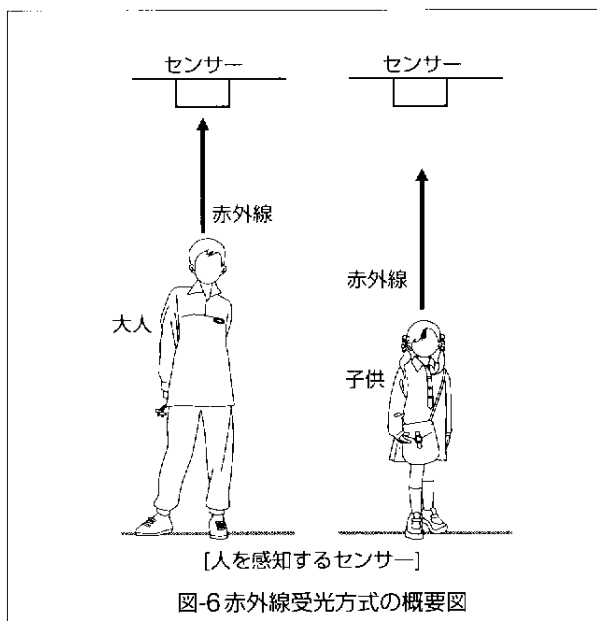
センサーとは光、熱、超音波、歪を利用してその変化量や時間差を計測し、状態や現象を判断しようとするものです。

概にセンサーといっても、簡単なものから、複雑なものまで種々あり、精度も温度計測に使用される熱電対のように±1%以下で再現性の高いものから、一方では人を感知したり、人数をカウントするような、測定対象が広く(大人・子供、男・女)、背景も限定されない(春・夏・秋・冬、全天候)場合は、測定精度(或いは確度)は±10%以上になることもあります。

例を挙げれば、ビルの出入口の回転ドアの事故は記憶に新しく、分かり易い事例であると思います。

出入口付近につけた人を感知するセンサーは、主に頭上に設置して、人体から放射される赤外線を受光し、人の存在を判定します(センサーから投射した光が対象物で反射した光を受光する方式や人の侵入によって光を遮る方式もあります)。

図6に赤外線受光方式の概要図を示します。



いずれの場合も、測定対象が1様ではなく、例えば大人と子供では、時として小さな子供を感知できない場合が起こり得ます。また、季節により人体と背景の温度差の大小により感知抜けが起こることもあります(人体と背景の温度差が大きいほど感度が良好)。それは感知精度を調整するとき、何を基準にするかによって、また、いつ実施したかによっても変わってきます。電気的に感知精度を上げれば、雑誌や新聞紙が飛んできて感知してしまうこともあります。その辺りが難しいところです。

過去にこんな事例もありました。会議室に煙感知器を設置して、警報装置と連動したところ、会議中のタバコの煙を感知し、頻繁に警報装置が作動するので、電源を切ってしまったところ、本当の火事が起って通報処置が遅れたというものです。

(2) 事故の検証時の心得

不幸にして、センサーの誤動作(検知ミス)により事故が起ってしまった場合、

- ① 当時の回りの環境・季節・天候・人や車の混雑の有無等の状況を十分に調べ、把握します。
- ② 保守点検の取決めと実施の有無、データシートの確認、点検時の環境、調整手段、設定値等のチェックを洩れなく行います。

センサーにはいろいろな技術が応用されています。事故の原因も(イ)人為的なもの、(ロ)環境の変化、(ハ)コンピュータの判定異常等もあり、またそれらが重なって、いつでも、誰が見ても同じ答えが出るとは限りません。逆に現場をよく観察することで思いもよらない検証結果に至ることもあります。

事故解明には、センサーに応用されている要素技術の、その分野の専門家が立ち会うことは必要不可欠のことです。

(応用理学部門 吉川 孝)

3.5 屎尿処理場工事現場の火災事故の解析

(1) 経緯

東埼玉の屎尿処理場の工事現場において火災事故が発生しました。屎尿処理場には臭いを除去するため、地下室には可燃性のポリプロピレン製の充填材を充填した中濃度用酸・アルカリ水洗脱臭塔が設けられていました。その脱臭塔で火災が発生し、最終的には作業場所である処理棟地下1階脱臭塔(約19m×24m)がほぼ全焼しました。

(2) 火災発生状況

この脱臭塔は以前は長期間使用されていたため、充填材には硫黄やほこり(酸化鉄)が付着し、脱臭塔底部には酸素不足の嫌気性状態となり、酸化鉄は硫黄と反応し硫化鉄に変化していました。しかも約1年間にわたり使用していなかったため乾燥状態がありました。火災発生はこの脱臭塔の酸側塔内に作業員が入り、ポリプロピレン製充填材の掻き出し作業中に、刺激臭(塩化水素)が発生し、やがて黒煙が立ちこめ火災に至ったものです。

(3) 充填材に予想される付着物

① 屎尿中の硫黄関連成分

硫黄:約216ppm、

硫化水素:0.1~0.3ppm、

メルカプタン:0.01ppm、

硫化メチル:0.02ppm

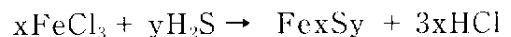
② 硫黄の生成反応



臭気中の硫化水素あるいは硫化メチルなどは脱臭塔において酸素と反応し容易に硫黄が生成されます。

③ 硫化鉄の生成

充填材には銻や鉄化合物を含むほこりが付着し、これが洗浄に使用する塩化水素(塩酸)と反応し塩化鉄となります。さらに、塩化鉄は酸素の少ない系では②の硫黄に硫化物が反応し硫化鉄となります。



(4) 硫黄の性質

引火点: 207.2℃

発火点: 232.2℃

引火性・爆発性:爆発下限界 2.0%

(5) 予想される発火・火災原因

発火・火災はこのような状況下、作業員が空気を送り込み酸素十分の環境下、ポリプロピレン製充填材を脱臭塔から掻き出し作業中に起こりました。原因として硫黄は(4)で述べたように引火性、爆発性がある危険な物質で、この硫黄と硫化鉄が充填材の撤去作業中に接触し衝撃を受け発火し、当初のくすぶりから火災に至ったものと考えられます。

(生物工学部門 酒井重男)

3.6 風力発電の落雷事故例

(1) 風力発電の現状

風力発電は新エネルギーの中でももっとも経済性が良いことから、最近各地に設置され、我が国でも先進国であるヨーロッパや米国の設置台数ほどではありませんが、北海道、東北、北陸、九州などでは、一箇所の地点で1,000kW級の風車を10～30台設置するケースが州出てきています。

これは、京都議定書(COP3)で我が国が1990年比で温室効果ガスの排出を6%削減しなければならず、国としても多額の補助金を出して、風力発電等の新エネルギーの設置をバックアップしているからです。2010年の風力発電の導入目標量300万kWに対し、現状は約70万kWでまだまだ目標量に達していないため、今後も現状以上のスピードで設置が進められていくことと思われます。

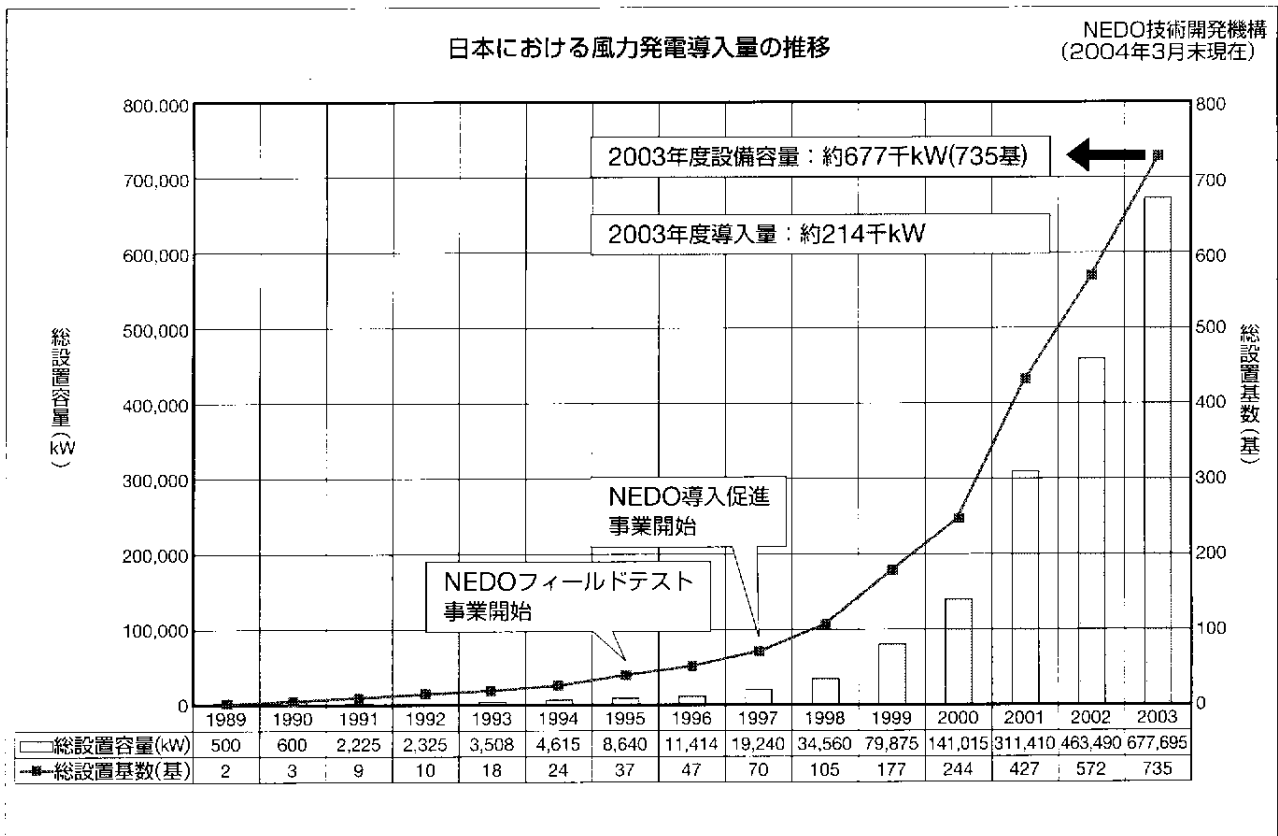
(2) 雷の特性

近年は風車の大型化が進み、単機容量で1,000～2,000kWの風車が設置されるようになってきました。これらの風車は、ブレードの先端部の高さが100mを越えるようになり、そのために落雷事故も多発してきています。

雷には夏季雷と冬季雷があり、かなり特性が異なります。一般的に、夏季雷は雲から稲妻が伸びて地面に達するのに対し、冬季雷は稲妻が地面から雲に向かって伸びていきます。また、夏季雷は比較的時間が短く、持続時間が数百 μ s～数msに対して、冬季雷は数百ms以上の長時間に及ぶものがあります。このため雷のエネルギー量は冬季雷が大きく、冬季雷で風車が破損する事故例が多くなっています。

冬季雷は日本固有の雷のようで、北海道から山陰の日本海沿岸部で多く発生します。これらの地域は風況が良いため(風がよく吹く)、風車の設置台数も多く、そのために落雷被害も多発しています。

図-7 我が国の風力発電の導入量推移



(3) 風車の落雷事故

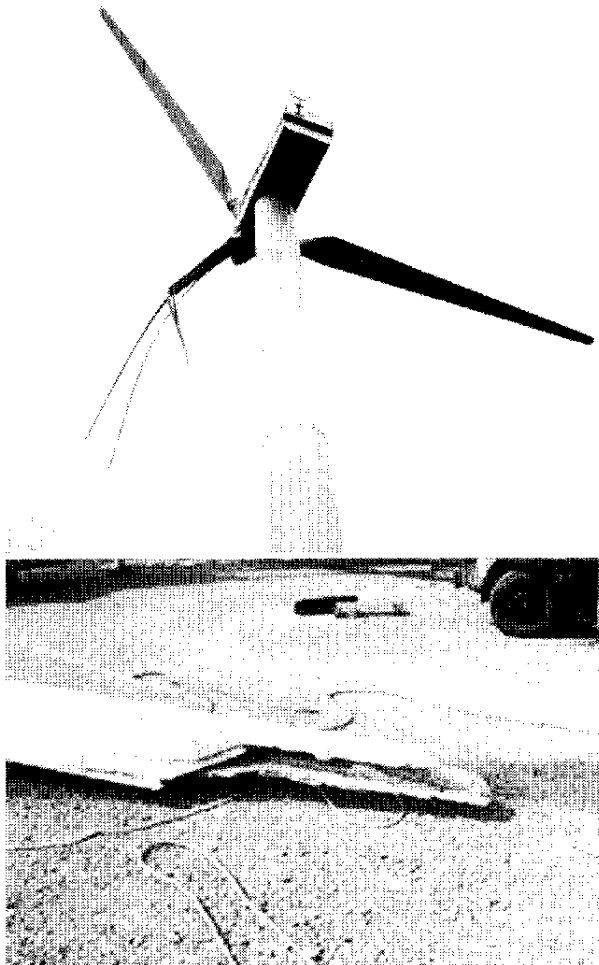
風車が落雷を受けたときの被害としては、大きく分けて2つあります。

- ①ブレードや機械部品が被害を受ける場合。
- ②制御装置や電力変換器などの電気機器が被害を受ける場合。

ブレードの被害例を図8に示します。このような被害は、雷のエネルギーにより、ブレード内部の水分が水蒸気爆発を起こし、ブレードが破損に至ったものです。

電気機器が被害を受ける場合は、電力線、信号線、接地線などを伝わって、雷サージが機器に侵入してサージ電圧でプリント基板や半導体素子などが破損します。

図-8 落雷によるブレードの被害例



(4) 風車の落雷保護対策

風車の落雷保護対策の例を以下に示します。

①避雷針の設置

風車のすぐそばに避雷針を設置することで、かなりの確率で被害を低減できます。しかし、風車の高さが100m程度あるので、避雷針はこれ以上の高さにしないと効果が出ません。また、ウインドファームのように風車が数十台設置されているところでは、避雷針1本では保護できないので、数本を設置する必要があり、高額の費用がかかります。

②ブレードの雷誘導線

ブレードを避雷針代わりにし、ブレードの先端部に避雷用のレセプタを取り付け、レセプタから地面まで導線を張る方法があります。これは積極的に雷をブレードの先端で受け、雷を安全に地面に逃がしてしまう方法です。

③電気機器の避雷対策

電気機器に対しては、電力線、信号線、接地線を通してサージ電圧が機器に入らないように、機器への入力線にアレスタやシールドトランスを設置する方法があります。サージ電圧はアレスタ等で吸収され、機器への異常電圧の侵入を防ぐものです。

風車のブレードが落雷被害を受けると、復旧までに1ヶ月以上もかかるケースも多く、この場合には復旧費用や運転損失で数千万円の損害を被ることになり、落雷保護対策は重要です。

(電気電子部門 河面英則)

3.7 総合技術監理

(1) 総合技術監理が必要とされる背景

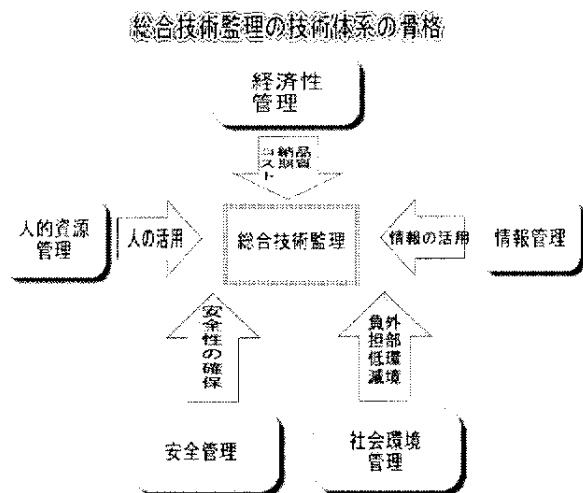
科学技術の発達により人々が享受する恩恵は、日々の生活の中に浸透しています。しかしその一方で、科学技術の巨大化・総合化・複雑化が進展しており、その発達を個別の技術開発や技術改善のみによって推進することは難しい状況になりつつあります。

このような状況の中で、社会の要求に応え、科学技術を管理し、組織活動を継続的に運用していくためには、業務全般を見渡した俯瞰的な把握・分析に基づいて、技術の改善及びより合理的なプロセスによる安全性の確保や外部環境負荷の低減などを実施する必要があります。そのための管理技術が強く求められます。このような管理活動は、それぞれの要求事項を個別に管理していくことのみで実現することは困難であり、複数の要求事項を総合的な判断により全体を監理していくことが必要です。

(2) 総合技術監理の範囲

総合技術監理の範囲としては、主として経済性管理、人的資源管理、情報管理、安全管理、社会環境管理があり(図9参照)、それに加えて社会的規範や国際的ルールを包括した倫理観や国際的視点なども含まれます。

図-9 総合技術監理の技術体系の骨格



先に挙げた5つの管理の関係を企業の生産活動を例として整理をすると、以下の通りとなります。企業などの組織が生産活動を行いながら組織を存続していくためには、品質・納期・コストなどを管理する経済性管理を行うだけではなく、主として自組織の構成員と設備の安全及び社会からの信頼性を守るための安全管理を行うとともに、主として外部環境を守るための社会環境管理を有効に機能させる必要があります。また、このような管理を行うに際して投入できるリソースには当然制限があり、組織内の重要なリソースである人的資源と情報を有効に活用する必要があります。つまり、前述したように総合的な判断に基づく監理を行うためには、経済性管理、人的資源管理、情報管理、安全管理、社会環境管理を総合的に行う必要が生じます。

(3) 総合技術監理と事故原因調査

総合技術監理の範囲を構成する5つの管理技術はそれぞれ密接な関係を持ちながらも、それぞれ固有の望ましい方向性を有します。従って、これらを独立に実施すれば、互いに相矛盾する選択肢がそれぞれの管理から提示されることとなります。そこで、これらの統一的な結論の提示、もしくは矛盾の解決・調整を行うための管理技術が必要となります。この管理技術は、各管理状況を総合的に把握し、不確定な条件での選択をできるだけ合理的に行えることが望ましいわけです。

このような事故に至る背景を多面的に分析する事故原因調査手法も、今後有効となってくると考えられます。

(上下水道 / 総合技術監理部門 高堂彰二)

4 おわりに

以上、当研究会の業務概要、取り組みの流れ及び正会員によるトピックスを説明しました。事故原因調査業務の経験豊富なメンバーによる、クライアントとの十分な情報交換に基づき業務に取り組むことで、クライアントから満足いただけるアウトプットを提供しているものと考えています。

しかし、昨今は特に、社会も製品も複雑化し、事故原因も更なる複雑化を呈するようになってきました。また、クライアントのニーズは、納期短縮をはじめとして、より高いものとなっています。そこで本研究会は、それらに対応するための課題を明確にし研鑽を積み、その解決に取り組んでいく所存です。

5 お問い合わせ先

当研究会へのお問い合わせ及びご相談は、下記までお願いいたします。

(1) 酒井重男(酒井技術士事務所)

Tel/ Fax. 048-462-9623

E-mail. pwd4vek27v@mb.point.ne.jp

(2) 二沢 喬一郎(ニサワ技術事務所)

Tel/Fax. 046-275-9915

携帯Tel. 090-3331-4718

E-mail. nisawa@nifty.com

(3) 大久保俊彦(大久保技術事務所)

Tel/Fax. 048-623-0302

携帯Tel. 090-9003-2944

E-mail. ookubo@cea.or.jp

以 上