

---

No.97

# 会 報

2001（平成13）年12月15日 Shizuoka Consulting Engineers Association 静岡県技術士協会

事務局 〒424-0888 ㈱建設コンサルタントセンター内 (TEL 0543-45-2155代表 FAX 0543-46-7168)

会 長：松本 文雄 専務理事：神立 信

編集担当者：松影 泰三 中田 洋輔 望月 圭祐

振込口座：静岡銀行可美支店普通預金0358349 静岡県技術士協会会計松尾博孝（053-441-6374）

---

## 2001年度 第2回例会(施設見学)報告

見学先： 駿河湾深層水取水施設と水産試験場（焼津市）

日 時：2001年11月7日（水）14：50～16：50



中部地区会員石川正人技術士のお骨折りにより、駿河湾深層水取水施設と静岡県水産試験場（焼津市）を見学しました。県水産振興スタッフ山崎主幹のご案内で焼津漁港埋立地の取水施設を見学した後、水産試験場に移り深層水プロジェクトスタッフ五十嵐主幹から深層水とその利用状況について興味深いお話をお聞きしました。（参加者31名）

深層水は二千年の水とも言われています。海洋学的には、北大西洋で冷やされて海底深く沈んだものが南に向かって流れ、南極の

ウェーデル海辺りで冷やされて沈んだ水と合わさって、地球をぐるっと回って一部はインド洋、一部は太平洋で表面に浮き上がって戻ってくる大洋の大循環をしています。この水が沈み込んで上がって来るまでは二千年位と言われています。水の中の炭素を測って年代を測定することでこんな流れがあるだろうと推測されているのです。

この海洋深層水は水深3,000メートル位の深層水ですが、最近話題になっている深層水はもっと浅い所(通常200メートル以上)の水です。海洋学的にいうと中層水です。これ

を最近では深層水と言って色々な面に使っているのです。焼津の取水施設では水深400メートルと700メートルから取水しています。海洋は平均水深が3,800メートルですから、本当に浅い所の水なのです。今は、それを一般に深層水と言う表現をしています。

### 3 深層水の3大特徴

なぜそんな浅いところの水が深層水として色々なに使われているかということ、第一に、水深が200メートル以上になると殆ど光が通らないことにあるのです。水深1,000メートル位迄は測定すると検出されるのですが、200メートル以上になると光の量が極端に減ってきます。光の量が減ると、光が当たらないから水温が上がらない。温度差がないと上下の水の混合が起こらない。すると水が停滞してしまって、しかも一年中殆ど同じ水温でいます。

第二に、この層が重要なのは生き物が殆どいないことです。上のほうは一般的に生態系で、プランクトンがいてそれを小魚や大魚が食べる、それが死んでバクテリアに分解されるという海洋の生態系が作用しています。この分解されたものが上からドンドン栄養という形で降ってくる。そこには殆ど生き物がいません。上から栄養が降りてきても、消費するものが殆どいないので、ドンドン溜まってしまいます。表層と比較すると、10倍とか100倍のオーダーでリンやチッソのような主に植物の栄養になるものが溜まってしまいます。

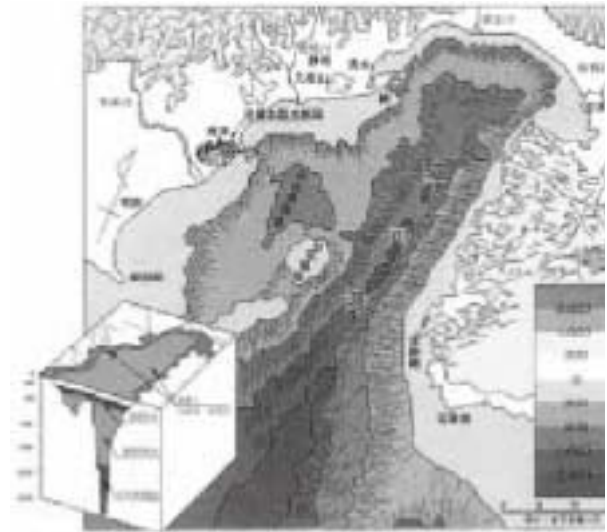
第三に、きれいであることです。陸から水深200メートルくらいまでの間に、表層にあるものも途中で拡散してしまって200メートル層には殆ど到達できない。しかも、有機物が殆どないので、ここではバクテリアも殆ど生息できない。バクテリアや細菌類もないし、有機物もない。非常にきれいです。これが深層水の三大特徴とよく言われるものです。低温で安定している、植物の栄養になるものが(リン、チッソ、ケイサン)が非常に多い、きれいである、この特徴をいろいろな方面に

使っているのです。

### 4 駿河湾の深層水

駿河湾は水深2,500メートルの深い湾です。日本一深い。この中に黒潮系水と亜寒帯系水(親潮系水)、それから太平洋深層水と言われている2,000年以上の水、この三つが入っています。ちなみに年代測定すると、黒潮系水で100年未満、亜寒帯系水が1,500年位です。太平洋深層水は年代測定をしていませんが、だいたい1,400~1,500年の水が取れます。そういうことで駿河湾のこの焼津では黒潮系水(水深400メートル、管長3,000メートル)と亜寒帯系水(水深700メートル、管長7,000メートル)の二本の水と表層水(水深24メートル)を取るよう考えました。

駿河湾の海洋構造



駿河湾のように陸上取水で1,000年以上前の水を取っている所は他にありません。室戸、富山、沖縄でも100年未満の水を使っています。駿河湾の特徴はこういった古い水を汲めることです。取水深度も一番深いのです。室戸、富山は300メートルくらい、沖縄でも600メートル位です。水温は深い方で5度、浅い方で10度です。汲み上げると若干上が

ります。清浄性としては表層水の1/10～1/100位ですが、リンやチッソは数倍～数十倍です。

## 5 深層水の取水方法

海洋深層水を汲む一般的な方法は、焼津の取水施設もそうですが、長いパイプを水深200メートルよりも深く海中に入れて、ポンプで汲み上げます。この方法だと深層水を取る所が遠くなると、水中に入れるパイプが長くなるのでコストがかかってしまいます。なるべく近くで取りたい。せいぜい、陸から5キロメートル位になったら水深が300メートル位になる所で取りたい。そういう場所を探してみると、日本の周りは大陸棚が張り出し

ている関係で、なかなか200メートル以上に深くなりません。意外に少なく、日本の周りでは30ヶ所くらいしかありません。その中で静岡県では駿河湾海岸と福田町。

ちなみに、深層水の取水設備が整備されているのは、高知県の室戸市、次が富山湾沿岸の滑川市、それから沖縄県の久米島、そのあと相模湾（三浦半島の先端）。駿河湾の焼津は5番目の取水施設です。

深層水取水のパイプをどのように入れるかというと、基本的にはパイプを海底の上に沈めていくわけですが、まったく継ぎ目のない一本のパイプです。継ぎ目があるとそこから切れる可能性があります。700メートルの所には大体7キロメートル長の一本パイプを入れています。このパイプを作る技術は古河にしかありませんので、そこで作って台船に積んで来ます。メンテナンスがあってそこに7

キロメートル長のパイプを巻きます。そのままだとパイプの重圧でパイプがつぶれるので、中に水を張ってパイプに圧力をかけ、パイプが潰れないようにして、千葉県から運んでくるのです。

パイプを敷設するときパイプがまっすぐになっていると良いのですが、エヤーなどが

あって少しでもパイプが膨らむと、そこで水が切れてしまいます。すると取水できなくなるので、海底地形図を作り、海底がまっすぐ斜めになっている所を決めてそこに敷設するのです。

2基の台船を固定し、その間に台船を置いてロープを巻きながら台船を動かして、後ろからドンパイプを出すのです。このパイプはポリエチレン製ですが、浮かないようにということで鋼線を巻いているので、1メートルの重さが約60キロあります。取水口は空を向いた状態で沈んでいます。海底から7メートルの高さに口が開いています。

## 6 深層水の利用状況

この深層水をどういう使い方をしているかというと、一番多く使われているのが養殖関係です。例えばひらめ。水温が安定してきれいなので、通常の1.5倍くらいの速さで成長します。実際にハワイで養殖して日本にも出荷しています。それから、これもハワイの例ですが、植物の栄養がある関係で、大型の海藻を育て、それを餌にしてアワビの養殖をしています。それから、クロレラと同じ藻類の一種ですが、深層水を使って大量に培養し、濃縮して、錠剤にして売っています。ハワイではこのメーカーが一番実績をあげているようです。アメリカ本土では、ロブスターを7年位かかるのが2年半位で出荷しています。

次に、高知県では平成7年に民間に深層水を配り始めたので、一気に深層水を使った商品が展開されています。一番注目されているのは深層水の塩分を除いた飲料、ないしは深層水を少し水に入れて希釈したものをを使った飲料です。

酒、しょうゆ、ポン酢など、醗酵関係にも深層水が良いと言われています。醗酵を利用して、パンも醗酵が早くなる、味がまろやかになると言われています。化粧品もかなり話題になり、年商50億円くらいのヒット商品

が出ています。ラーメンのつゆ、なっとう、ハム・ソーセージ、かまぼこ、干物類、ところてん、豆腐など色々に使っています。

この他に、富山県で実際にやっていますが、セラピー施設で深層水の風呂、ミストにした部屋で深層水を吸い込むなど、一連の療法施設ができています。

静岡県では小田原に大規模な施設を考えているものに海水の肥沃化があります。深層水を海面に撒くと表面に栄養のある水ができる。それによって海水面のプランクトンを増殖させ、それを餌にして魚を増やすのです。この他に、静岡県では今どのように使っているかというと、藻類のカジメなども深層水を使うと発芽の速度が非常に速くなります。うなぎは深層水と表層水を比較してやっていますが、使い始めて間がないので、今のところ成果が出ていません。

これは私どものやった成果ではありませんが、ねずみに深層水、表層水、普通の水を飲ませて比較したデータがあります。深層水は水で薄めて飲ませたものです。一日にねずみが摂取する塩分濃度を計算して飲ませた場合、その3倍～10倍の深層水を飲ませた場合、表層水を飲ませた場合を比較しています。この中で明らかに差がついたのがコレステロールです。表層水や普通の水に比べて明らかに値が下がります。中性脂肪には明らかな差はありません。人に飲ませて血圧の効果を見ると、血圧が元々高い人は飲み続けると下がります。血圧が正常な人は下がることはないとの報告があります。

醤油の仕込みを深層水で仕込んだものと普通に仕込んだものについて醗酵速度を比較すると、深層水の方が普通の8割くらいに醗酵が速くなります。しらすを深層水でゆでたものと普通の塩水でゆでたものを3ヶ月間保存すると、普通の塩水では黄色くなるのに、深層水では白いです。色差計で測ってみても黄色の成分と白の成分の

差が出ています。深層水を使ってうどんをこねると、普通の水でこねたものよりも破断強度が高くなります付着率は深層水の方が低くなります。深層水でうどんを作ると歯ごたえがよく、食感はさらっとした感じになります。

## 7 深層水の脱塩

深層水は海水ですから食品に使い難いということで、当所では脱塩して使っています。基本的には海水から真水を作る脱塩装置です。これは逆浸透を使った膜処理による脱塩装置です。その結果、脱塩すると塩素イオンが1/50位、硫酸イオンが1/100位、ナトリウム・カリウムイオンが1/100位、カルシウムが1/200位になります。目安として、脱塩すると中の成分が1/100位になると考えています。脱塩した後の濃縮水は1.5倍位の濃度になります。

今、焼津でもこういったものを使って、色々の深層水商品を作っています。先日集めたものですが、醤油、塩辛、缶詰、うどん、干物、ラーメンなどがあります。お菓子も結構作っています。氷、ハムなどもあります。30社位で試作品が作られています。

## 8 静岡県の深層水事業

県では基礎研究分野にも力を入れていきたいということで、水産試験場が中心になって、静岡工業技術センタ、環境衛生科学研究所など、いわゆる縦割りではなく横の深層水というテーマで研究を進める「深層水プロジェクト」を平成12年から進めています。ハード整備、産業支援、基礎研究がその三本の柱です。

平成13年度に取水供給施設が完成したことによって、民間の商品開発の支援として、9月19日から企業及び一般県民への無料での試験給水が始まっています。開始後の10日間で2,380人の登録があり、延べ利用件数は2,630件になっています。

深層水には色々の可能性が残されており、今後の更なる商品化が期待されています。

## 9 取水施設の見学

見学した取水施設の要点を記します。

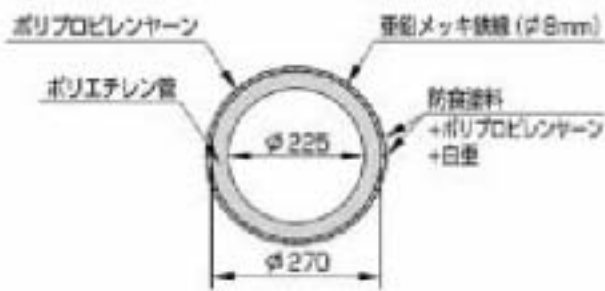
施設の構成。

取水施設は取水管、取水ピット、揚水ポンプ、受水槽、給水設備等でできています。

取水管。

三本の取水管は1キロ沖（表層水）、3キロ沖（水深400メートル、黒潮系深層水）、7キロ沖（水深700メートル、亜寒帯系深層水）の海底に設置して取水しています。取水した水はサイフォン効果でウォーターライン迄自然に上がってきます。

取水管の構造



### ピット

ピットとは揚水ポンプや取水制御装置などが収まった部屋のことで、取水した深層水は先ずこのピットに集まってきます。

ピットは高さが12メートルあり、地上はその1/3の4メートルです。2/3は地下に埋まっていますが、このラインまで既に水がきています。

ポンプ。

ウォーターレベルから貯水タンク迄は揚水ポンプで上げています。小型のポンプなのでランニングコストもそんなに高くない。ポンプは予備を含めて6基あります。

取水ポンプ



取水量

各層とも2,000トン/日です。

給水設備

地上の給水場には水道と同じような蛇口があり、蛇口から給水を受けます。



施設用地

焼津漁港内の埋立地にあり、現在整備中です。舗装、緑化などはこれからです。

## 10 終わりに

昨今話題の深層水について見識を深めることができました。時代に敏感な技術士にとって誠に有意義な見学だったと思います。丁寧なご説明のご案内を頂いた県水産試験場に感謝申し上げます。

(文責：編集子)

**省エネルギーは色々なメリットを生みます。  
エネルギーに関する情報を提供します。**

## 風力エネルギー

会員 松本文雄

### 1. はじめに

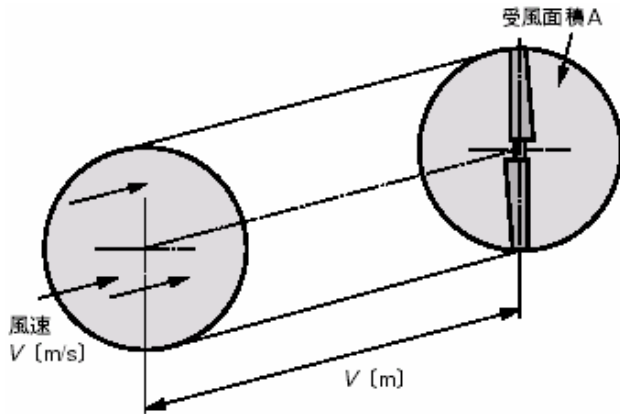
人類が風車を用い始めたのは紀元前3000年といわれ、エジプトのアレキサンドリアに今もその遺跡を見ることが出来る。我々は風車によって最初の機械エネルギーを手に入れ、これを揚水・脱穀・製粉に用いた。

### 2. 風力とは

南北両極地の大気は冷却下降し、赤道付近の大気が加熱上昇した後を補うために赤道方向へ移動する。これがマクロに見た場合の地球を取り巻く風であるが、実際に吹く風は地球の自転・緯度による地表面積差・地形・季節などの影響を受けて複雑な動きとなる。

風の持っている運動エネルギーを風力と呼び、これを風車で回転エネルギーに変換して用いる。植物の風媒や農作業の風選も風力の利用であり、自然エネルギーの一種・波力も風力の一部が変化したものである。いっぽう、嫌われ者の暴風や波浪も風力の仕業である。

風力は風速に大きく依存し、大気密度や湿度にも関係するが、ここでは湿度は無視する。



運動する物体のもつ運動エネルギーは一般に次の式で表される。

$$E = (1/2) mV^2 \dots\dots\dots (1.1)$$

ここで、E: エネルギー、m: 物体の質量、V: 物体の移動速度。ただし、風の場合の質量は図1に示すように単位時間に受風面を通過する空気の質量である。したがって質量mは体積VA (m<sup>3</sup>)と空気密度 ρとの積で表される。

$$m = \rho VA \dots\dots\dots (1.2)$$

結局、式(1.1)および式(1.2)より次式が得られる。

$$E = (1/2) (\rho VA) V^2 = (1/2) \rho AV^3 \dots\dots\dots (1.3)$$

すなわち、風のエネルギーは風速の3乗に比例し、受風面積および空気密度に比例することになる。

大切なことは、風車はこのエネルギーを100%回転エネルギーには変換できないということである。これは感覚的にも理解できることであって、吹いてくる風を風車が全部せき止めてしまったら風車の下流側に風は流れず、風の行き先がないことになる。理論的には「風速の2/3を風車の回転力に変え、1/3を下流に送り出すときに風車は最大の運動エネルギーを取り出す」という《ベッツの限界》があるので、どんな高性能の風車を作っても風の持つ力の16/27 (約59.2%) 以上は取り出せない。

式(1.3)に大気密度1.205kg/m<sup>3</sup> (1気圧、20℃) を代入すると、風車で得られるエネルギーは

$$E_w \cong 0.357 \pi R^2 V^3 \eta_w \dots\dots\dots (1.4)$$

となる。ここで、R: 風車の半径 (m)、V: 風速 (m/s)、η<sub>w</sub>: ベッツの限界値に対する効率 (%)。例として直径10mの風車に10m/sの風が吹き、風車の効率が70%の場合を計算すると、約19.6kwの出力が期待できる。システム全体の発電効率としては上の風車の効率の他に、増速ギアなどの機械的伝達効率 (95%程度)、発電機などの電気的変換効率 (95%程度)、風の状態 (風況) による設備利用率 (良くて30%以上) を合算する。風力エネルギーの特質を整備すると次のようになる。

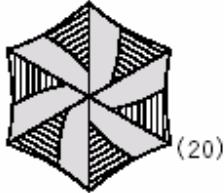
- クリーンである。風力を利用することでの環境への負荷は無視できるし、有害な廃棄物はない。
- 無尽蔵である。地球上に大気があり、太陽熱が地球に届く限りは枯渇せず、風は永久に吹きつづける。
- 非定常でありコントロールが難しい。風向と風速が絶えず変化するので、発電システムが複雑になる。
- エネルギー密度が低い。水に比べて密度が1/800程度であるので、大型の装置が必要となる。

### 3. 風車の種類

風車の種類は多種多様であるが、回転軸の向きに着目して水平軸と垂直軸に大別する。回転力の取り出し方により抗力型と揚力型に分類する場合もある。図の ( ) 内の数字はその風車のおおよその効率 (%) を示す。



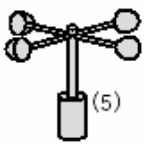
オランダ形風車 多翼形風車 プロペラ形風車



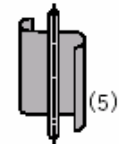
セイルウイング形風車

プロペラ形を多く見かけるのは、高効率のためです。

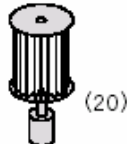
### 水平軸風車



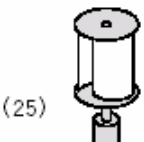
パドル形風車



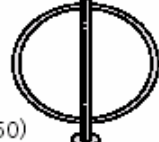
S形ロータ



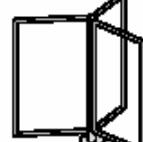
クロスフロー形風車



サボニウス形風車



ダリウス形風車



ジャイロミル形風車

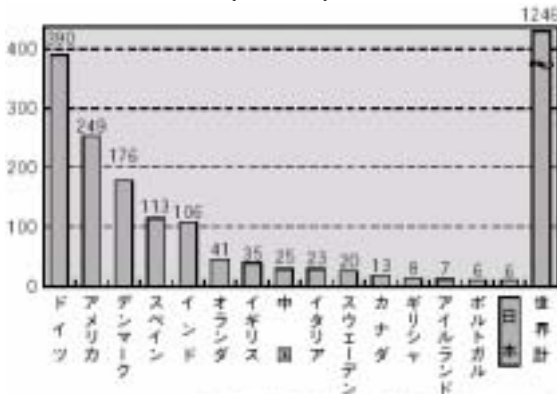
### 垂直軸風車

図2 風車のいろいろ。

「風車の回転エネルギーで発電機を回す」これが風力発電であるが、大型発電用風車は1~3枚のプロペラ型ローターを用いた例が多い。それは高効率・高回転のためである。一部に垂直軸のダリウス型も用いられているが、日本では1・2の事例を見るだけである。

### 4. 風力発電の現状

風力発電が見直されたのはオイルショック（1970年代）以後であるが、これを最初に試みたのはデンマークのP. ラ・クール（1891年）で、わずか100年の歴史



(参考: WINDPOWER MONTHLY, Jan. 2000) 図3

世界の風力発電容量 (万kw)

しかない。近年各国で風力発電が普及し始めたのは、クローズしていない原子力発電のシナリオや、いずれは枯渇する化石燃料依存の状況を懸念して、人々が再生可能エネルギーに注目したためである。しかし風力に取り組む姿勢には国により大きな格差があり、日本はフランスと共に後進国に属する。両国ともに原子力への依存度が高く、環境やエネルギーに対する国民の関心が低い。

その日本でも近年全国で大型商用（系統連携：逆潮）風力発電設備の建設が進み、今年末には容量100~1650kwのものが200基を超え、総容量は10万kwに達する。また局所電源やモニュメントを兼ねた小型機も数千台にまで普及してきた。全国風況マップ（年平均風速が5~6m/s以上で風の乱れが少ない地域を示す地図）をNEDOが発表しているが、これによれば今日の国内電力需要の10%以上を風力によって供給することが可能である。

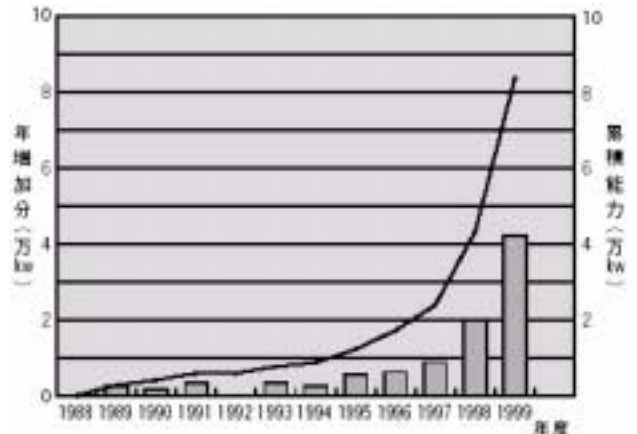


図4 日本の風力発電容量の推移 (万kw)

今後日本で風力開発を一層進めるためには次の事柄が重要である。

現在の高コストを引き下げるために欧州のような長期的売電（買電）制度を確立する。

日本の風は乱流成分が多いので、日本の得意な柔構造技術を活かして、風に適した風車を開発する。大型風車のほとんどがデンマーク製やドイツ製である。風力発電適地の少ない日本こそ北欧に見習ってオフショア（沖合の浅瀬）発電を進めるべきである。しかし、もっとも大切なことは私たちが普段からエネルギー問題に高い関心を払うことであろう。

### 5. 終わりに

ドイツには「この環境は我々のものではなくて、次世代へ手渡す預りものである」という諺がある。わが国においても、人々の心の中に風車が回るように、良質の環境やエネルギーを未来の子供たちへの贈り物として残す方法を皆が考え、それを行動に移したいものである。

## 加藤幸雄会員が法務大臣賞を受賞



去る10月23日、修善寺で開催された第8回県更生保護大会の席上、長年の保護司活動に対して、「多年にわたり罪を犯した人々の改善更正と犯罪の予防に尽力されその功績が顕著である」として、法務大臣賞を授与されました。

加藤会員は技術士活動の傍ら、社会奉仕・職業奉仕活動をして、これで法務、労働、科学技術、環境庁の各大臣及び長官賞を合わせて4回受賞されたこととなります。

### 会員の消息

敬称は省略させていただきます。

#### 新規入会

氏名  
生年月日  
技術部門（登録番号）  
最終学歴  
勤務先



安田 宗則  
(やすだ むねのり)  
[Redacted]  
水道部門（補）  
[Redacted]

退 会 正会員 中川 滉(化学)  
2001年10月退会

訃 報 正会員 鶴田 三男(建設).  
2001年11月逝去.  
謹んでお悔やみ申し上げます

### 編集後記

スーパーの飲料売場でよく深層水を見かけます。筆者には値段の高い水だなーという位の関心しかなかったのですが、深層水の見学会に行って不明を恥じる思いがしました。

大洋が千数百年もかけて作った水。健康にも食品改良にも素晴らしい可能性を秘めていることがわかりました。

松本会長から風力エネルギーの寄稿を頂きました。石油資源は間違いなく枯渇します。風力発電が商業ベースに乗る日が待たれます。

つくづく自然の恩恵は素晴らしいと思います。

(編集子)

### 会費納入のお願い

2001年度の会費納入が未だお済みでない方、納入下さいますよう重ねてお願いいたします。

年会費 8,000円です

振込先：静岡銀行可美支店普通0358349 静岡県技術士協会(会計松尾博孝)