

連載

トライボロジーにとりつかれた男の遊油ぶらぶらトーク⑦

環境問題と油管理 (その1)

(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

最近、毎日のように新聞、ラジオ、テレビで環境問題が話題になり、多くの会社がISO14001の認証を得ようとしている。このように我々に共通した最大関心事の1つが環境問題である。「CHANGING COURSE」⁽¹⁾という本が1992年にMIT (マサチューセッツ工科大学) 出版社によって出版された。1992年6月にブラジルのリオデジャネイロで開かれた環境サミットに出席した世界の経済界の代表者達が調印したDeclaration of the Business Council for Sustainable Development (持続可能な経済発展のための経営者協議会の宣言) とその付属文書をまとめたのがこの本である。この付属文書には宣言文に調印した経営者達の意見の他、環境保護の必要性と手段について論じられている。この本は世界の経済界のリーダーたちの総意を示している。

現在、発展途上国の人口増加が非常に速い。経済発展によって彼らもより良い生活を求めるため、今後、天然資源の消費が急速に伸びる。人口増加と資源の浪費が進むと、大気、水、土壌等の汚染が加速されるのは明らかである。経営者たちはこの本で「環境を破壊しないで、貧しい人達の生活をよくし、人口の増加に耐え、人口レベルを安定させて、調和のとれた持続可能な経済成長を目指す」ことを誓っている。難しいバランスをとりながら持続可能な経済成長を目指すためには、「各界の指導者が一般人に明確なビジョンを提示し、ワンパターン化した行動様式を打破して、人々が惰性で行動することをやめさせなければならないこと」と「生産および消費のすべての段階で環境コストの『汚染者負担原則 (PPP)』 (“Polluters Pays Princi-

ple”) によって、発生する損害のコストの全てを汚染の原因者が負担すること」を認めて、「企業の環境責任は今までのように工場の出口で終わることはなく、揺りかごから墓場までつきまとう (Corporate environmental responsibility no longer ends at the factory gate ; it extends from cradle to grave) ので、資源を有効に利用し、廃棄物の排出を減らして、環境問題の解決に積極的な会社だけが長期的に存続できる」とまで言い切っている⁽¹⁾。

ものを燃やすと、二酸化炭素が出るだけでなく、窒素酸化物やダイオキシンが出る。ダイオキシンは母親の体内に蓄積されて、奇形児が生まれる危険性がある。最近では環境ホルモンが注目を集めだした。70種の化学物質が環境ホルモンとして指定されており、詳しいメカニズムはまだ分かっていないが、農薬、プラスチック、ジュース缶から出る化学物質は環境ホルモンとして働き、人間の生殖機能を減退させて人類や動物を滅亡させるかもしれないのである。昨年からもたもやエルニーニョ現象が問題になっているように、地球温暖化も大変だ。このままの速度で二酸化炭素 (CO₂) が増え続けると、西暦2100年には地球の平均気温が2℃上昇し、海面が約50cmも上昇するという⁽²⁾。

過去わずか数十年間、我々が高度経済成長を謳歌して環境を破壊してきたツケの精算を、罪のない何世代もの子孫に押し付けようとしている。我々がやってきた環境破壊やそれに起因する経済的負担を口実にして孫たちが反乱を起こしても、我々は彼らを説得する言葉をもたない。

1997年12月、京都で開かれた国連気候変動枠組条約

第3回締結国会議(COP3)で、先進国全体が基準年(1990年)よりも温室効果ガスの排出を少なくとも5%削減し、日本は6%、アメリカは7%、EUは8%を2010年までに削減する義務を負うことになった。我々は環境汚染の問題全部を一度に片付けることはできないのだから、身近な問題から1つずつ片付けていかなければならない。

今回はこのように重要視されている環境問題の取り組みと、油管理による省エネルギーに的を絞ってこの問題を述べる。

1. 世界の環境問題への取り組み

ヨーロッパを旅行すると、街角に白、茶、グリーンの箱を見た人が多いと思う。これは色のついたワイン等のガラスビンを選別してリサイクルのために入れる箱である。その側に缶を入れる箱もある。アルミ缶を入れる箱と鉄の缶を入れる箱があり、アルミ缶を入れる箱には磁石が付いている。缶がこの磁石に引きつけられると、鉄の缶の箱に入れる。写真1は、環境に最も厳しいドイツのミュンヘン駅に置かれていたコンパクトできれいなゴミ箱である。外見は1つの直方体の小さい箱だが、中は二等辺直角三角形の小箱が4個入っていて、4面に別々の投入口がある。箱の壁面には入れるべき種類のゴミ(紙、色付きのガラスビン、生ごみ、包装紙など)の絵が描かれている。この箱の上はタバコの灰皿になっている。

スーパーで乾電池を買うとき、使用済みの電池を入れる箱があり、そこに使用済みの電池を入れる。買い物をして、袋に入れてくれない。自分で買い物袋をもって行き、それに入れる。買い物袋をもっていないときには、お金を出して繰り返し使用できる布袋を買って入れる。「旅行者だから袋をもっていない」といって、店の人に頼んで破れそうな薄いプラスチック袋をもらったとき、これからは袋を忘れないで持ってくるように言われた。これはまだ序の口である。ドイツの各家の前には同じサイズの茶色いプラスチックのゴミ箱が置いてある。これは燃えるゴミや生ゴミを入れるもので、このゴミ箱にはゴミ収集車の爪が引っ掛かる窪みがある。その下を注意して見ると、ゴミ箱にバーコードが付いている。ゴミ収集車はゴミ箱を持ち上げたときにゴミ箱の総重量を計量し、ゴミを排出した後でゴミ箱の風袋を計量する。ゴミ車のコンピュータが

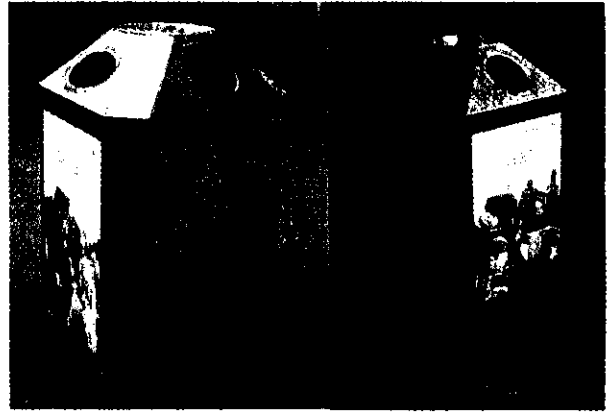
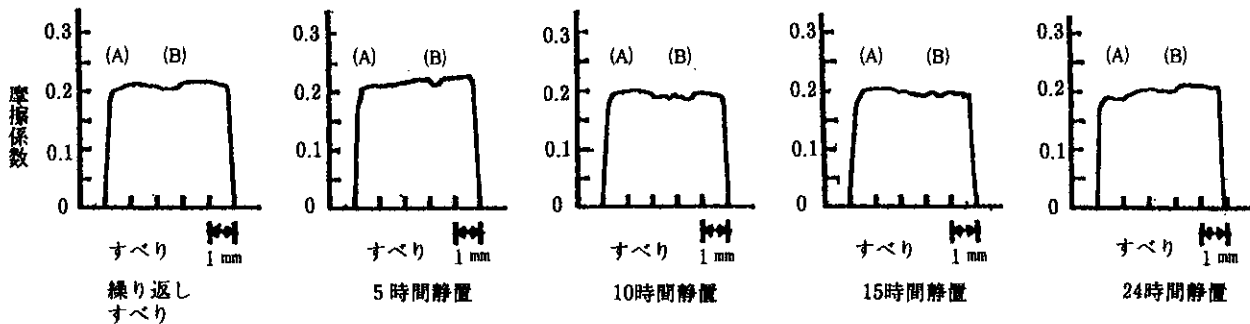


写真1 ドイツミュンヘン駅構内のゴミ箱

ゴミ箱に付いているバーコードを読み取り、ゴミの重量とこのゴミを誰が出したのかを記録して、市の清掃局は毎月、ゴミの重量に応じて各家庭にゴミの処理代を請求する。

企業も環境には厳しい。更油をすると、お金を出して廃油を引き取ってもらわなければならない。もちろん、欧米でも大量に油を購入している大会社は、無料で廃油を引き取ってもらえるが、将来はそのような無理が通じないといっている。上記の環境宣言の付属文書は、「亜硫酸ガスや窒素酸化物は酸性雨となって地域や国境を越えて公害を誘発する(Sulfur dioxide and oxides of nitrogen contribute to local and transborder pollution in the form of acid precipitation)」と警告している⁽¹⁾。硫黄分を含んだ燃料や硫黄系添加剤を使った潤滑油等を燃やすと亜硫酸ガスが発生する。自動車等の排気ガスには NO_x があるし、アミン系の添加剤を使用した潤滑油を燃やすと NO_x が発生する。従って廃油を燃やすことはもってのほかである⁽¹⁾。スイスの銀行はISO14001の認証を取得していない企業にはお金を貸さないという。年に6回発行されている「TOMORROW」⁽²⁾という環境専門誌では、企業とグリーンピースとのやり取りなどが掲載されていて、ファックスやE-Mailで読者の意見を求めている。このようにヨーロッパでは環境を無視したり、隠したりする企業は存在できない。

アメリカでは「1992年エネルギー政策法(EP法)」が1997年10月24日から適用されて、全米電機工業会(NEMA)が決めた全負荷効率をクリアしない電動モーターを使用すると、1日当たり100ドルの罰金が課せ



第1図 新油の摩擦係数

られている。これは日本が米国に輸出するモーターはもちろん、モーターを組み込んだ製品にも適用されている。昨年のCOP3でアメリカは地球温暖化ガスの発生量の規制に抵抗したが、クリントン大統領は1990年比で地球温暖化ガスの7%削減を達成するための対策費として、63億ドルを予算教書の中に盛り込んだ。それにもとずき、エネルギー省は「エネルギーは国家の生命線であり万全の備えをする」ために、4月8日に新エネルギーの普及を目指す総合的なエネルギー戦略を発表した。

日本でも1998年2月12日に官報に告示された「省エネ・リサイクル支援法」で産業部門の工場はエネルギー原単位を年平均1%以上低減させることを目標にするように規定している。それに続いて、3月に「エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）」の改正法案が閣議決定されて、従来の年間のエネルギー使用量が原油換算で3000kLと電機使用量が1200万kW以上の「第1種エネルギー管理指定工場」（約3,500工場）だけでなく、新たに年間のエネルギー消費量が原油換算で1500kL以上と電力使用量が600kW以上の「第2種エネルギー管理指定工場」（約9,000工場）を指定して、省エネルギーの努力義務を課し、省エネルギー管理者を選任してエネルギー使用の記録義務を負わせたり、「第1種エネルギー管理指定工場」には定期報告書の提出義務や将来計画の作成・提出義務を課すことになった。その報告書には、原単位が対前年度比1%以上改善できなかった場合にはその理由を書かなければならない。指定工場は「管理標準」を作成し、それには「(設備の故障は工場にとって大きな損失と同時に、省エネにとっても最大の敵だから) 設備の故障や劣化を防ぐため、重要設備について保守点検の要領や

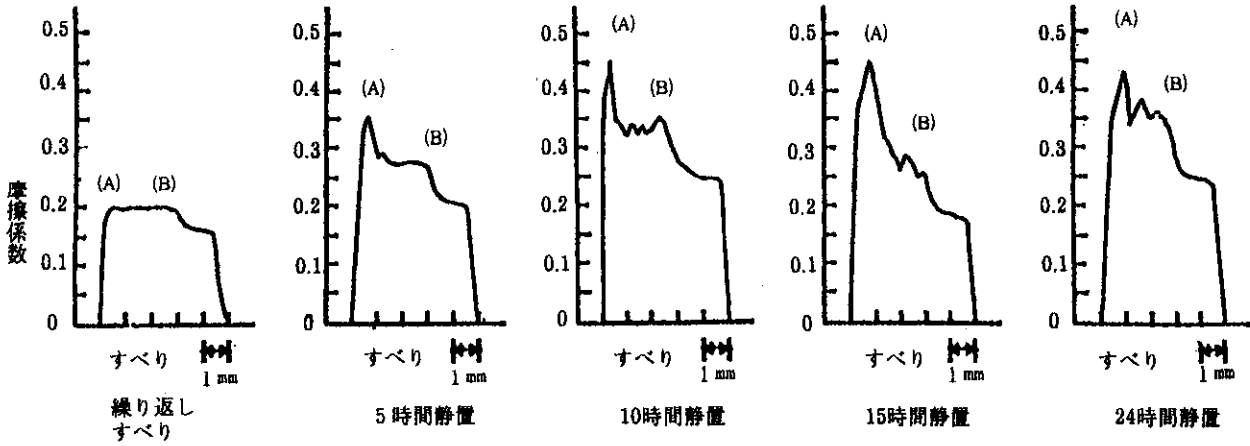
ポイントを明示し、周期を設定して(例えば、1回/週、1回/月、1回/年等) 定期的な保守点検を実施したり、保守点検についても保守・点検簿に実施日、保守・点検・修理の内容や結果を記録する」ようになっている。

地球温暖化だけが環境問題ではない。我々が出すゴミの最終処分地は一般廃棄物で8年余り、産業廃棄物は2年余りでいっぱいになるという⁽²⁾。最終処分場がなければ汚染物を燃やしたらよいというわけにはいかない。我々現代人は電気や自動車なしでは生活できない。電気の多くは石油、天然ガス、石炭といった化石燃料を消費して作られているし、自動車もガソリンを消費して走っている。温暖化ガスの少ない原子力が電力の30%以上を作っているが、日本の原子力発電所も寿命がきて解体に伴う放射性廃棄物が大量に出ることがはっきりしている。これも大問題である。現に1966年に運転を始めた東海村第一号発電所は今年(1998年)春に運転を停止したと新聞で報じられた。原発の耐用年数は30~40年と言われているので、西暦2020年頃には、日本で原発廃炉の解体がラッシュになる。それで予想される廃棄物は1700万トンで、これをドラム缶に詰めると6000万個になるといわれている⁽²⁾。

2. 油管理と省エネルギー

(1) 摩擦係数でみる

油管理でどの程度の省エネルギーができるのかを考えてみることにする。油管理を怠り油が汚染されると、潤滑条件が悪化する。機械の潤滑条件を悪化させるのは固形の汚染物だけではない。筆者は本誌「ぶらぶらトーク⑧」で、固形の汚染物がなく、油の酸化変質物だけの油で潤滑して、無負荷の状態ではバルブ・スプー

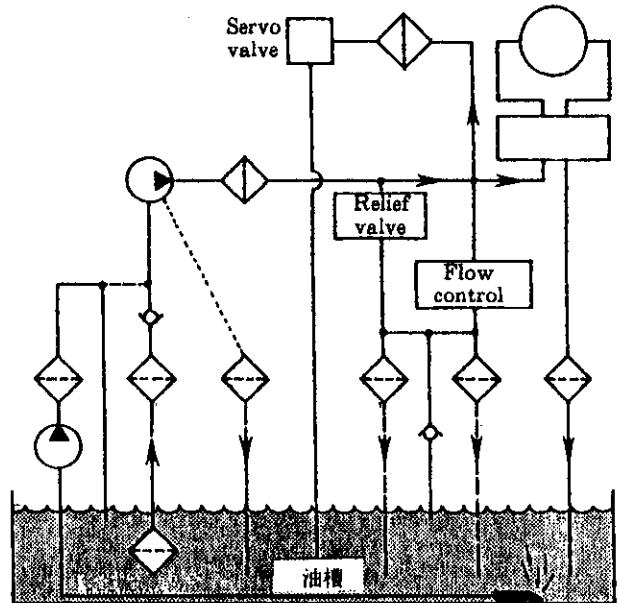


第2図 RBOT試験機で3時間酸化させた油の摩擦係数

ルを90度に交差させたゲージブロックの上で（線接触条件で）スライドさせて摩擦係数を測定したときのペンレーコーダーの記録を示したが、再度この記録をご覧いただきたい。第1図のように新油の場合、スプールの何時間静止状態で放置していても、ゲージブロックとスプールが固着しないので、摩擦係数に変化はなかった。ところが第2図のように、油中に固形の汚染物がなくても高分子化した油の酸化変質物があっただけで、摩擦係数が増大することを説明した。第1図の新油や第2図の繰り返してスプールのすべらせたとき（左端）の摩擦係数では、すべり出し時の静摩擦係数(A)と動摩擦係数(B)にほとんど差はなく、その値は0.2だったが、第2図で5時間以上スプールの静止させた後の静摩擦係数(A)と動摩擦係数(B)が0.3以上に増大していることに注目いただきたい。摩擦係数 μ と自重 W のスプールとそれを動かすために要する力 F との間に、 $\mu = F/W$ の関係がある。この実験で W は一定だから、 μ の値が大きいということは、このスプールの動かすのに大きな力を必要とすることである。静摩擦係数(A)は別として、今まで0.2であった動摩擦係数(B)が0.3になったということは、スプールのすべらすのに今までより50%も大きな力を必要とするようになったことを意味する。これより大きな摩擦係数の現れることは珍しくない。その上に、固形物が混入して、潤滑面がサンドペーパー状になったとしたら、どれだけ潤滑条件を悪化させるか、説明を待つまでもないことである。

(2) 油圧の回路設計でみる

油圧システムは油の汚染物に弱いことが良く知られ



第3図 油圧回路上に使われているフィルタの例

ている。そのため、第2図のように各種のフィルタが油圧回路上に使用されている。フィルタは汚染物をエレメント上に捕集してその先にある重要な機器や油槽に行かせないようにするものである。フィルタが汚染物を捕集すると、油の通過する面積が小さくなり、フィルタの圧損が大きくなる。油がフィルタを通過するときの油の流量は下記の式で表わされる。

$$Q = kA (P_1 - P_2) / \mu L \quad \dots(1)$$

ただし

Q = 油の流量 (cm³/s)

k = 浸透係数 (cm)

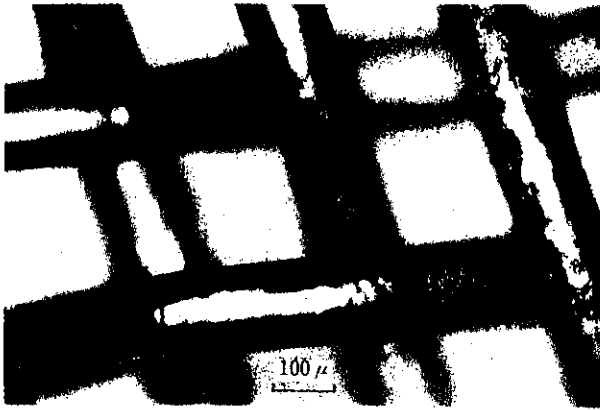
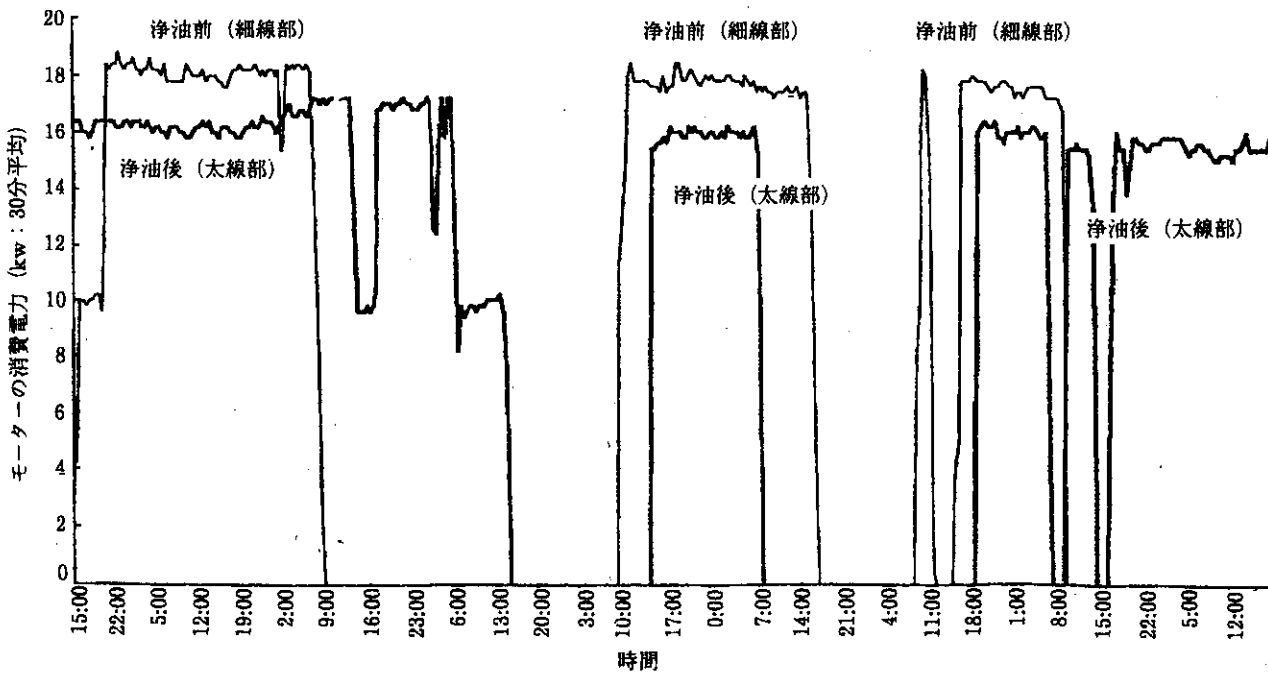


写真2 新しいストレーナ



写真3 目詰まりをしかけているストレーナ



第4図 静電浄油機で浄油する前と後での電力消費量の比較

A = 油の通過面積 (cm²)

P₁ = フィルタの入口の圧力 (kgf/cm²)

P₂ = フィルタの出口の圧力 (kgf/cm²)

μ = 油の粘度 (kgf·s/cm²)

L = フィルタの厚さ (cm)

写真2は目詰まりしていないストレーナであり、写真3は目詰まりしかけているストレーナである。これと(1)式からフィルタの目詰まりによってろ過面積が小さくなれば油の流量が減少し、圧力損失が大きくなれば油の流量も減少することは明らかである。油の流量が減少すれば、油圧システムの仕事量は当然小さくなる。

る。

(1)式を書き換えると、圧力損失 (P₁ - P₂) はつぎのように表される。

$$(P_1 - P_2) = Q \mu L / kA \quad \dots(2)$$

(2)式からフィルタの目詰まりによって、フィルタのろ過面積が減少すれば圧力損失は大きくなる。油圧システムのモーターの仕事量が同じとすると、油の流量が減少した分だけエネルギーは無駄に使われたことであり、圧力損失も同様にエネルギーの無駄使いである。

(1)式(2)式のどちらから見ても、フィルタの厚さが大きければ、油の流量は減少し、圧力損失も大きくなる



写真4 目詰まりしたサクシオン・ストレーナの例

のは明らかである。すなわち、油圧システムにフィルタを使用するのは、省エネルギーの観点から好ましくない。油圧システムは油の汚染に弱いので、油圧システム回路の設計者はエネルギーの無駄使いよりも、汚染物によるトラブルから油圧システムを守る方を優先しているように思える。しかし二者択一ではなく、エネルギーの消費が少なく、しかも油を常時清浄に維持して油圧システムを保護できればベストである。この両方を満足させるのが、環境問題と共存できる油管理の方法である。写真4のようにサクシオン・ストレーナが目詰まりしたら、上記1式や2式から、油圧システムの油の流動抵抗が増大して、電力の消費量が増大

するのは明らかである。サクシオン・ストレーナだけが使用されている型締め圧力850トンのプラスチック成形機の油圧作動油を、静電浄油機で浄化する前と浄化した後での電力消費量の調査例を紹介する。同一時間内での電力消費量をグラフ化したものが第4図である。これからわかるように、目詰まりしているサクシオン・ストレーナが1個使用されているだけで、約9%の電力が浪費されていたわけである。もしラインフィルタが圧力側やリターン側に使用されていて、汚染物を捕集してろ過面積が減少しておれば、もっと多くの電力が浪費されていたはずである。

改正「省エネ法」が施行されると、合理化の取り組みの実情が不十分な場合、第1種エネルギー管理指定工場では名前が公表され、罰金が課される。第2種エネルギー管理指定工場では改善が勧告される。このように環境保護は先進国共通の義務になりつつある。

(次号に続く)

<参考文献>

- (1) Changing Course, MIT Press, 1992.
- (2) 日経新聞、1997年5月11日「2020年からの警鐘」
- (3) 「TOMORROW」, Global Environmental Business, Stockholm, Sweden.

【筆者紹介】

佐々木 徹

(株)クリーンテック工業 海外事業部 常務取締役
工学博士 福井大学客員教授

〒140-0011 東京都品川区東大井2-7-7 品川テクノビル4F

TEL : (03)3740-4141

FAX : (03)3740-4966

ホームページ : <http://www.heishin.co.jp/kleentek>

E-mail : sasaki@kleentek.co.jp

CO₂の増加を考える

佐々木 徹

世界の人口は毎年8000万人ずつ増加していて、2600万トンの追加穀物が必要だ。穀物の調理に燃料がいる。生活が向上すると、紙の使用が増える。このように世界の森林は毎年平均1130万ヘクタール、3年で日本全土とほぼ同じ面積の森林が消えている。CO₂を発生させる化石燃料の年間消費は50年間で4倍になった。CO₂を吸収してくれる森林が減少しているからCO₂は増加の一途だ。このままでは我々の地球は滅亡へと向かう。我々は行動しなければならぬ。