

テレビ用ディスプレイパネル産業の行方 —有機ELは救いの神になるか—

サクセスインターナショナル(株) 加藤俊夫

I. ディスプレー業界動向

日本の家電メーカーが巨額の赤字を出し、主な原因はテレビの不振であると報じられています。一方、1月に行われたCESでは、サムスンとLGが55インチの有機ELテレビを展示し本年発売すると発表し、日本勢もパナソニックとソニーが有機ELテレビを共同開発するという話が伝えられている。これに対して、今更韓国勢の後追いをしても勝てる筈がないとか、有機ELテレビは幾ら画質が良くても液晶テレビで十分な画質であるから、テレビの本命にはならない、と言う議論がなされている。これらの意見は、有機ELの技術に疎い人や、有機ELテレビのメリットを十分考察していないと思われるので、筆者の意見を述べるのが本レポートの目的です。

筆者の専門は半導体であって有機ELは素人ですが、4月にグローバルネット社から出版された「有機EL技術体系」の編集委員長を務める機会があり、27名の専門家による膨大な原稿の査読を行い、かなりの専門知識を得ることができました。未だ専門家では言えませんが、若干の技術面の解説を交えて筆者の考えを述べさせていただきます。

II. 有機物が何故発光するのか？

2-1 有機ELの歴史

1965年、RCA社の Helflich と Schneider はアントラセンに高電圧を掛けると発光する現象を発見しましたが、顕微鏡下でホンの瞬間光ただけであった。実用的な発見は、1987年 KODAK 社の C.W.Tang による発光現象の発見に始まる。ただし、KODAK 社はこの発見に大した注意を払わず、研究を中止するように Tang に言い渡し、Tang は学会発表でお仕舞いになることになった。ところがこの発表を聞いた日本のメーカーが、これは将来のディスプレイとして物になると、何社もが KODAK 詣でを始め、驚いた KODAK が研究を再開したと言う裏話があります。生みの親は Tang 氏だが、育ての親は日本の企業と言えますね。

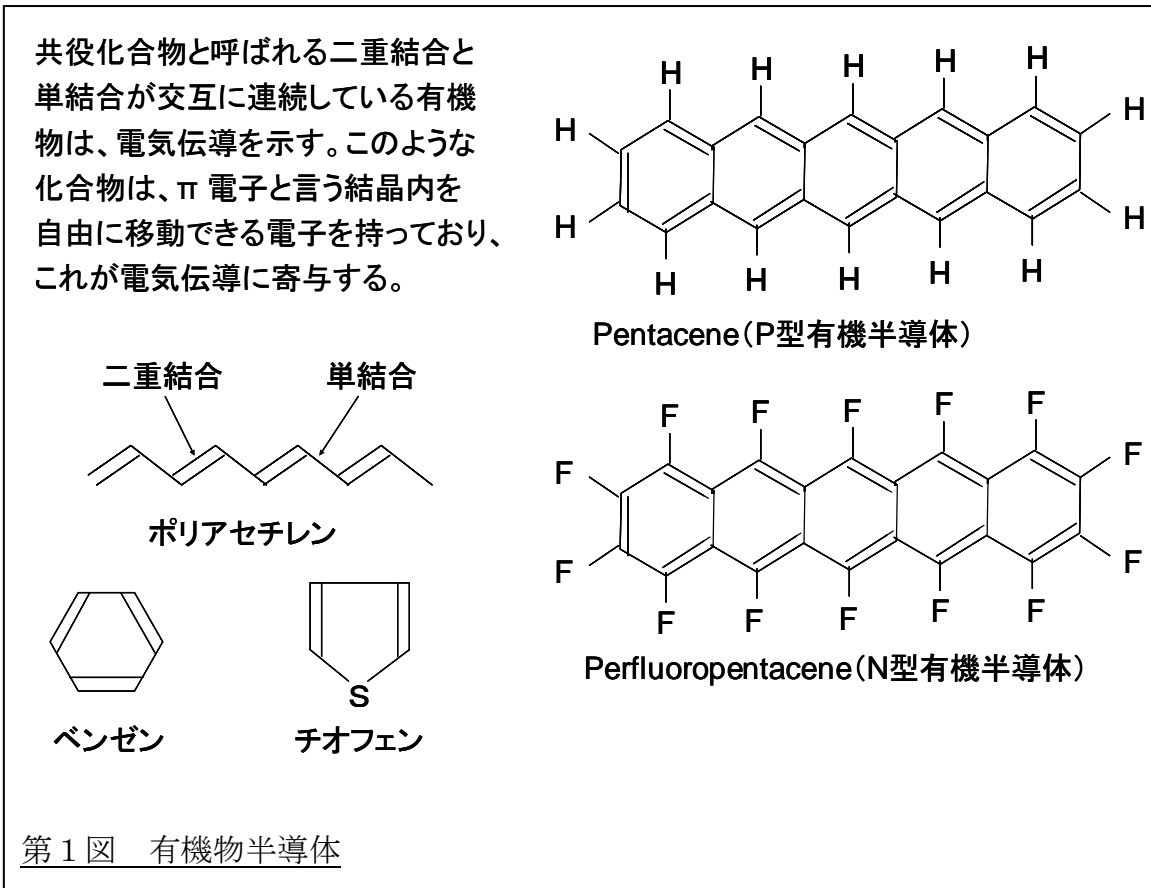
年	有機EL開発
1959	アントラセン単結晶のEL
1987	Kodak社、Tang氏の発表(Alq3のEL)
1992	高輝度青色EL(出光興産)
1997	緑色有機EL商品化(パイオニア)
1997	色変換カラーディスプレイ(出光興産)
1998	RGB平置カラーディスプレイ(パイオニア)
2000	カラーディスプレイ商品化(iFire)
2007	有機ELテレビ商品化(ソニー)

第1表 有機EL開発の歴史

日本では有機ELと呼んでいるが、欧米ではOLED (Organic Light Emitting Diode) と呼ばれている。
EL; Electro-Luminescence

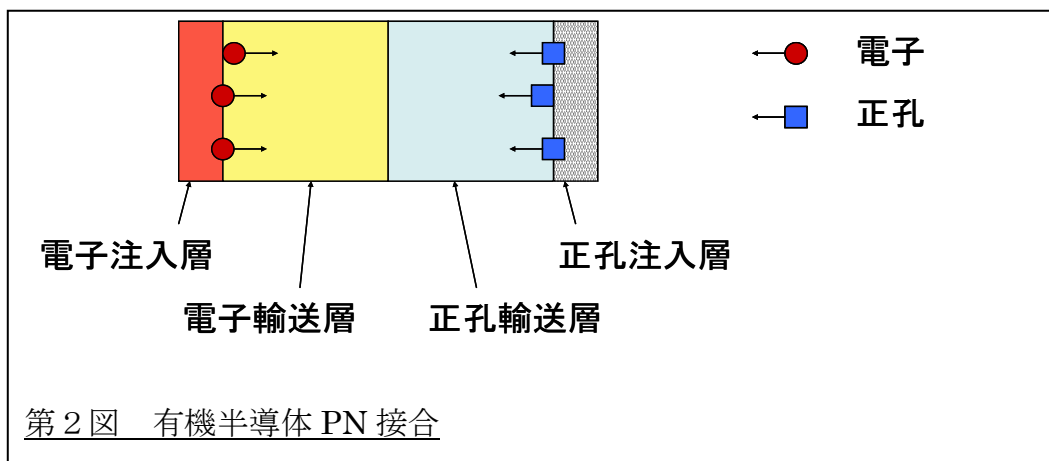
2-2 有機物に電流が流れるの？

有機物は一般に絶縁物です。ところが、カーボンから4つの手が出て4つの相手が居なくて、二重結合になっている分子があります。第1図に示したベンゼンやチオフェンがその例です。この二重結合にあずかる電子は π 電子と呼ばれ、分子の中を自由に動くことが出来ます。即ち、電流担体となる訳です。この有機物に導電性があることを発見された白川英樹博士は2000年にノーベル賞を貰われました。



2-3 有機物半導体のPN接合とは

有機ELの発光原理も、LEDと同様にPN接合に順方向電流を流し、電子と正孔が再結合する時に放出されるエネルギーが光になるものです。ところが、シリコンなどの無機半導体では、電子や正孔が多数キャリアとして発生し導電性を持ちますが、有機物半導体におけるP型、N型と言うのはキャリアを発生する訳ではなく、電子や正孔を伝導させる移動度が優れていると言うものです。優れていると言っても、有機物ですから絶縁物に近く、移動度は $10^{-3} \sim 10^{-7} \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 程度であり、無機半導体の一般的な移動度 $1 \sim 10^3 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ に比べると極めて小さい。従って、有機ELディスプレイでは、その厚さは $0.1 \mu\text{m}$ 程度と極めて薄く、そこへ 10V の電圧を掛けると、電界は $10^5 \text{V}/\text{cm}$ にもなっています。また、PN接合を形成するには、電子や正孔を外部から注入する物質が必要で、電子の注入層として InO_2 、正孔の注入は MoO_3 などが用いられ、第2図に示すような構造となります。

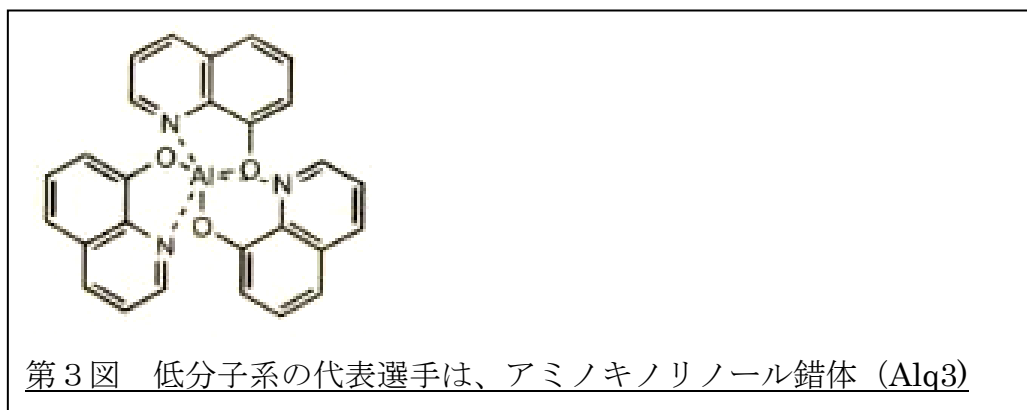


2-3 有機 EL の発光

PN 接合で電子と正孔が再結合し、そのエネルギーで励起された有機 EL 分子が、基底状態に戻る時、特定の波長の光を発します。LED と同じ原理です。

有機 EL の材料には、低分子系と高分子系があり、低分子系は一般に蒸着が用いられ、高分子系には印刷などの安価な製法が採用できますが、現在は発光効率や信頼性など性能的に優れている低分子系が主流となっています。

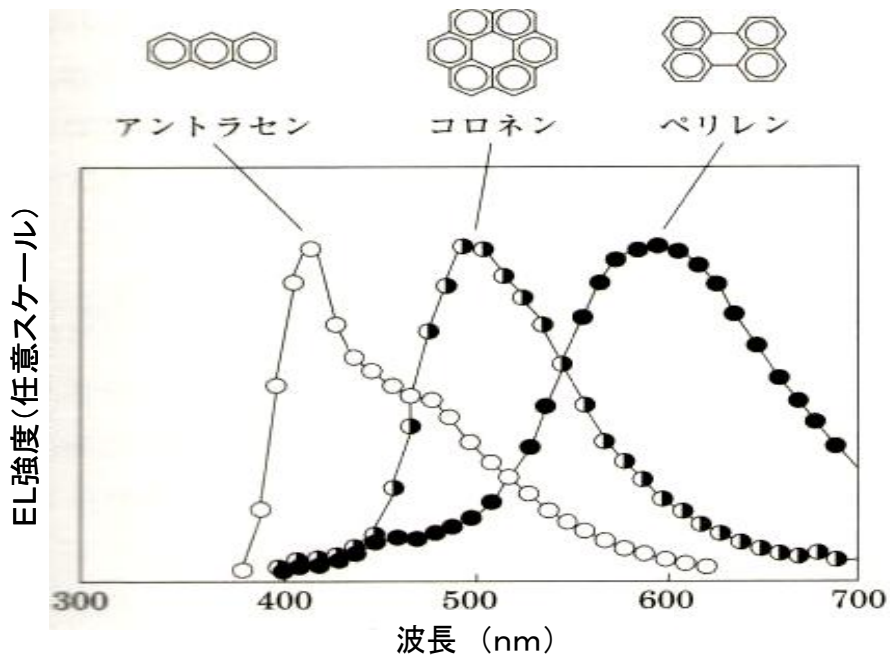
低分子系の代表選手は、Tang 氏が最初に用いたアミノキノリノール錯体 (Alq3) で、(第3図参照)、黄緑色の発光が得られます。高分子系は、共役系でπ 電子共役の広がりが大きいと導電性が高くなりキャリアが流れ過ぎて再結合の機会が減って発光効率が悪くなります。



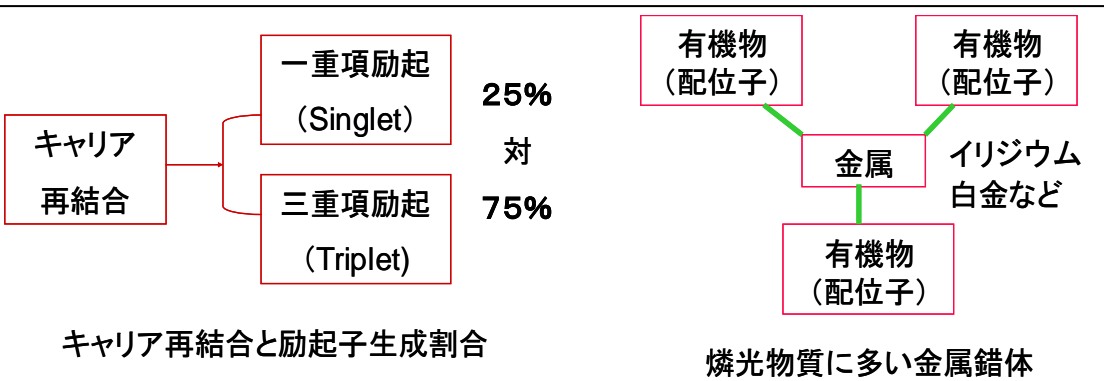
テレビ受像機としてはカラー化が必須であり、カラー用の有機 EL 材料が色々開発されています。代表的な材料の例と分光特性カーブを第4図に示します。

有機 EL 材料には蛍光と燐光があります。一般にエネルギーを与えると蛍光物質は短時間で発光が終わるが、燐光は夜光塗料に使われるように長く光っています。しかし蛍光と燐光の差は単に発光時間の差だけでなく、キャリア再結合での励起状態への移行と基底状態への移行のメカニズムが異なっています。即ち、蛍光物質では、再結合のエネルギーの25%が励起子となって分子を励起し、燐光では75%が励起に寄与します。(第2表を参照) 従って、燐光の方が3倍発光効率が優れていることになり、燐光材料の開発が進められていますが、現状では価格が極めて高いと言われています。(グラムで数万~数十万円とか聞きました)

カラー表示用のRGB有機EL材料としては、ペリレン、コロネン、アントラセンが早くから開発されたが、現在実用化が進む構造も、これを基本にしている場合が多い。



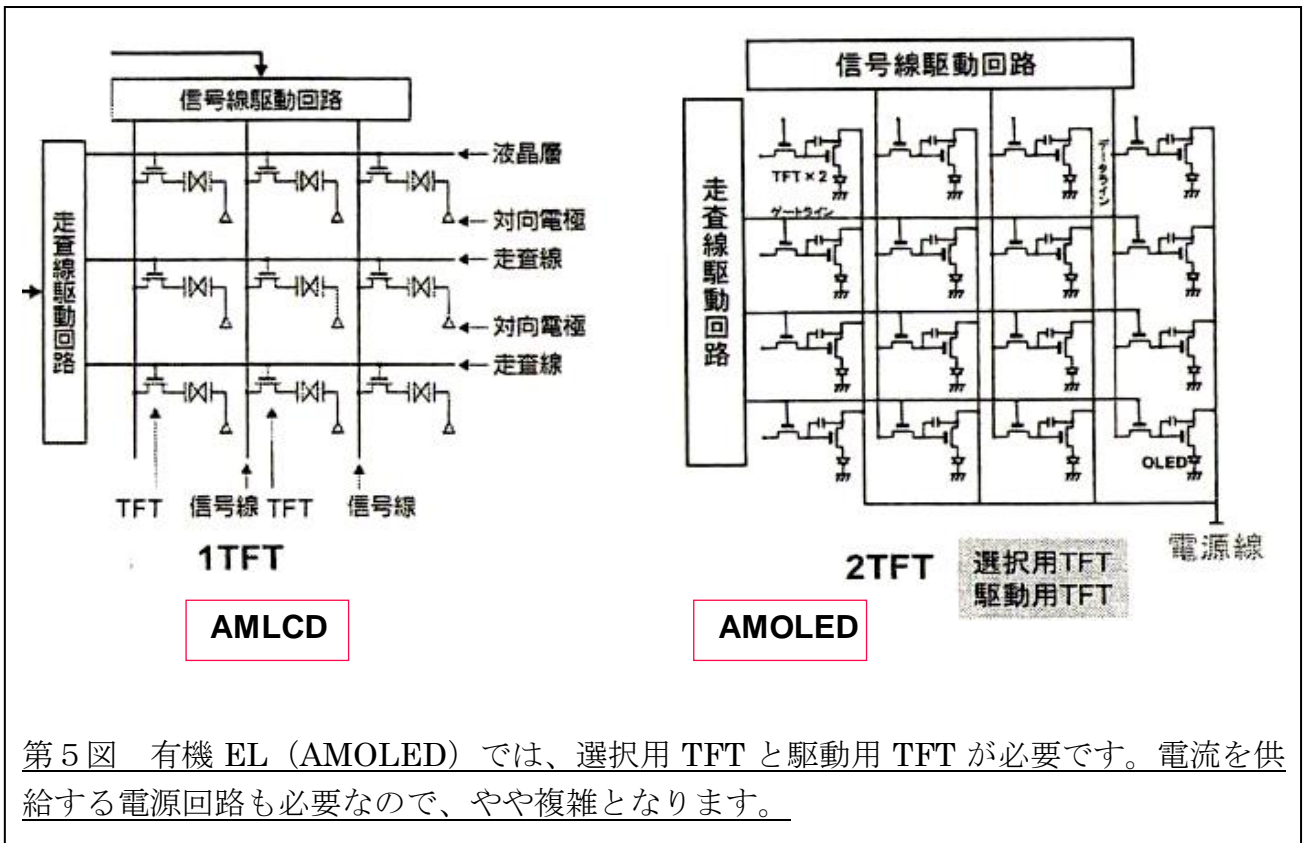
第4図 カラーディスプレイを実現する有機EL材料



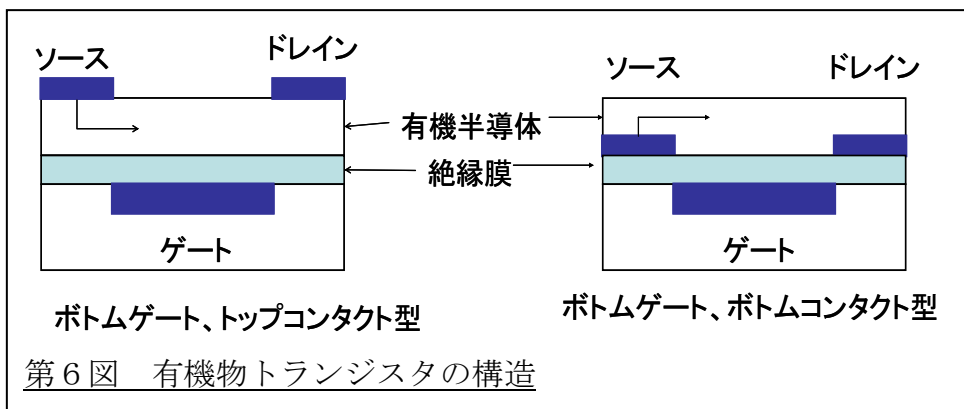
第2表 蛍光と燐光

2-4 有機ELディスプレイの構造

有機ELディスプレイの構造には、AM (Active Matrix)とPM (Passive Matrix)がありますが、ここでは一般に用いられるAMについて述べます。AM有機ELも液晶と同じようにバックプレーンと呼ばれる画素をスイッチングするトランジスタが敷き詰められています。液晶は電圧駆動なのに対して有機ELは電流を流す必要があるため、電流駆動のトランジスタが各画素毎に必要となります。第5図に、液晶と比較して有機ELのバックプレーン回路を示します。



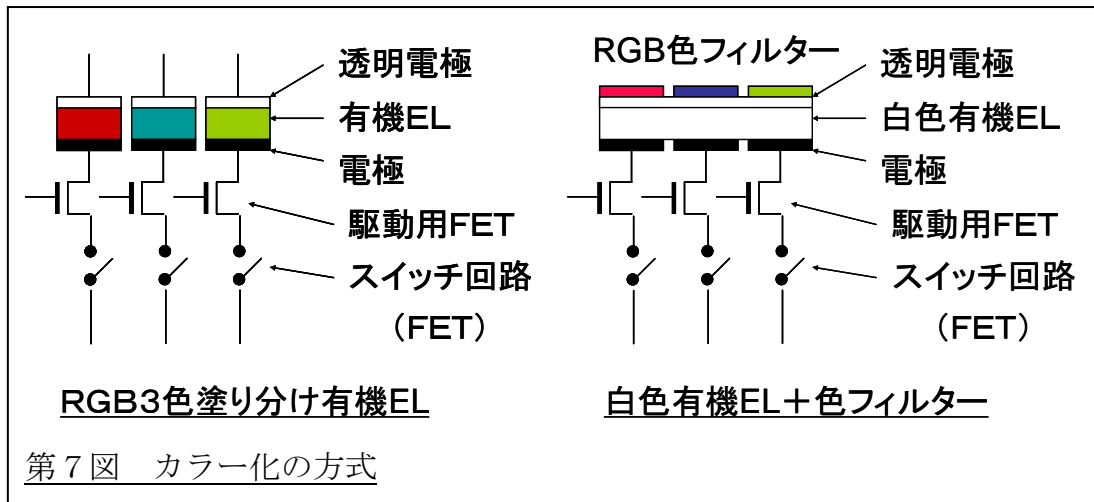
バックプレーンのトランジスタには、電流を流す必要があるため、移動度が高いことは有利な点となります。液晶に用いられているa-Siは移動度が低く、有機ELには向きません。液晶でプロセスが確立している Poly Si が一般に用いられていますが、今後は酸化物半導体 (IGZO ; Indium-Gallium-Zinc-Oxide) や有機物半導体に代る可能性があり、LGの55型テレビには既にIGZOが採用されています。有機半導体トランジスタも移動度は $10\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 程度の高い値が得られバックプレーンとして有望です。一般に第6図のような構造で、ソース/ドレイン電極の位置により、トップコンタクトとボトムコンタクトの2種類があります。電荷はゲート電極に近い界面付近を流れます。



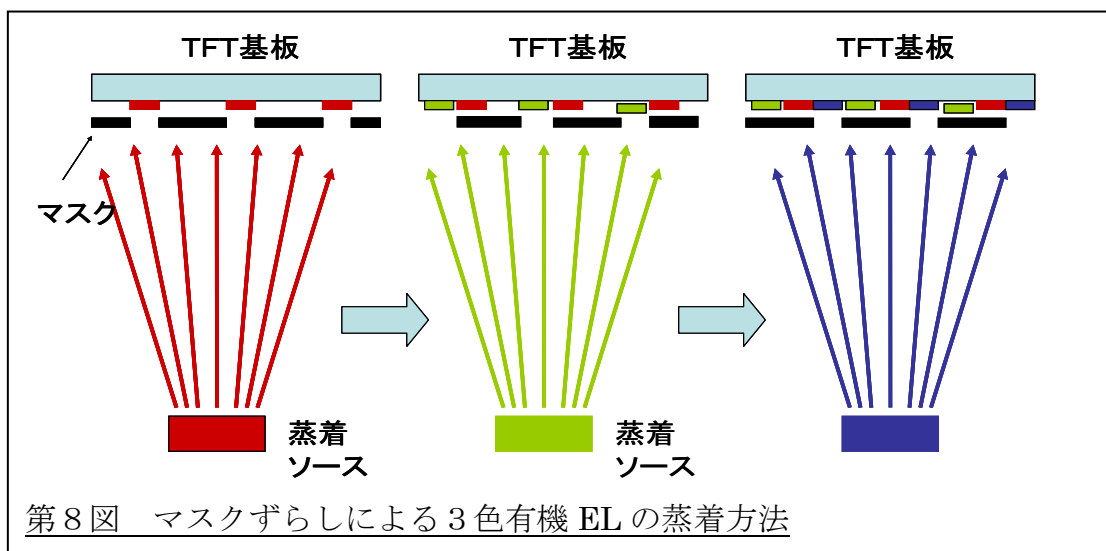
2-5 カラーディスプレイの方式

サムスンとLGが発売すると言われる55型有機ELカラーテレビ受像機は、カラー化の方式が両者で全く異なっていて興味深い。主なカラー化の方式を第7図に示します。

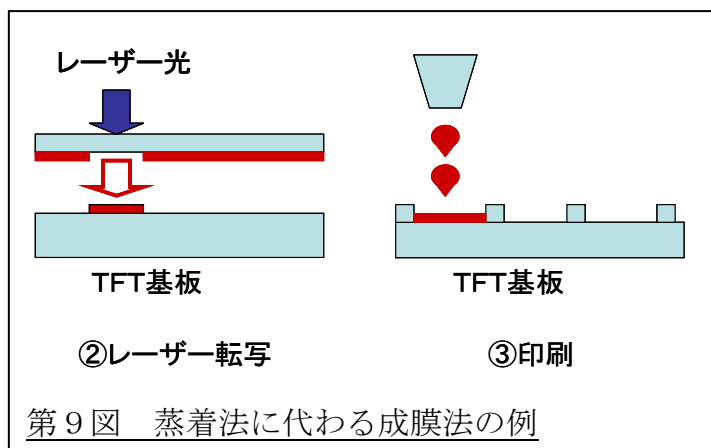
色フィルター方式の場合は、液晶の場合の光源が有機ELに置き換わっただけなので、光の利用率が1/3程度になって、有機ELのメリットが余りなく、間に合わせの方式と見る意見もあります。ただし、コストの点では色フィルター方式が有利で、量産はこの方式になると言う意見もあります。LG は色フィルター方式で商品化し、サムスはRGB3色塗り分け有機EL方式で発表はしたが、色フィルター方式も検討しているらしい。ソニーが2007年に発売したのはRGB3色塗り分け有機EL方式です。



RGB3色塗り分け方式の大きな問題点は、大画面ディスプレイの製作が困難なことです。通常は第8図のように真空蒸着により有機EL層を形成していますが、RGBの3色を隣同士の位置合わせしながら蒸着するので、この間に遮蔽金属マスクの僅かの伸縮膨張や位置合わせのエラーがあると画像欠陥になってしまいます。まして、8Gのような大型ガラス基板で量産する場合は、大型金属マスクが自重で湾曲してしまいます。基板とマスクを下に置いて、上方から蒸着することも考えられるが、蒸着材のクラスター分子や突沸などで大きな粒子が落ちてくるのが避けられない。(有機EL層は、0.1μm程度の超薄ですから、それより大きな粒子は欠陥の原因になります)。また、蒸着法では大型の真空装置が必要となり、更に蒸発した材料の大部分は基板に蒸着されるわけではなく、高価な材料の利用率が極めて悪いのも大きな欠点です。



そこで蒸着に変わる方法の例を第9図に示します。レーザー転写法はレーザーの熱で材料を溶かして飛ばす方法で材料が無駄になりませんが、現状では寿命が短いと言われており、更なる材料の開発が要求されています。印刷法はインクジェット、凸版、凹版など最近話題のラージエレクトロニクスの出番です。これらの簡便な方法が実用になれば、液晶などに比べて極めて安価に製造できる可能性があると思われます。ただし、蒸着法は低分子有機 EL 材が用いられるのに対して、印刷法は高分子系が必要で、材料の開発がまだ十分とは言えませんが、一部の日本の化学メーカーなどから開発できたと言う報告があり、大いに期待されます。

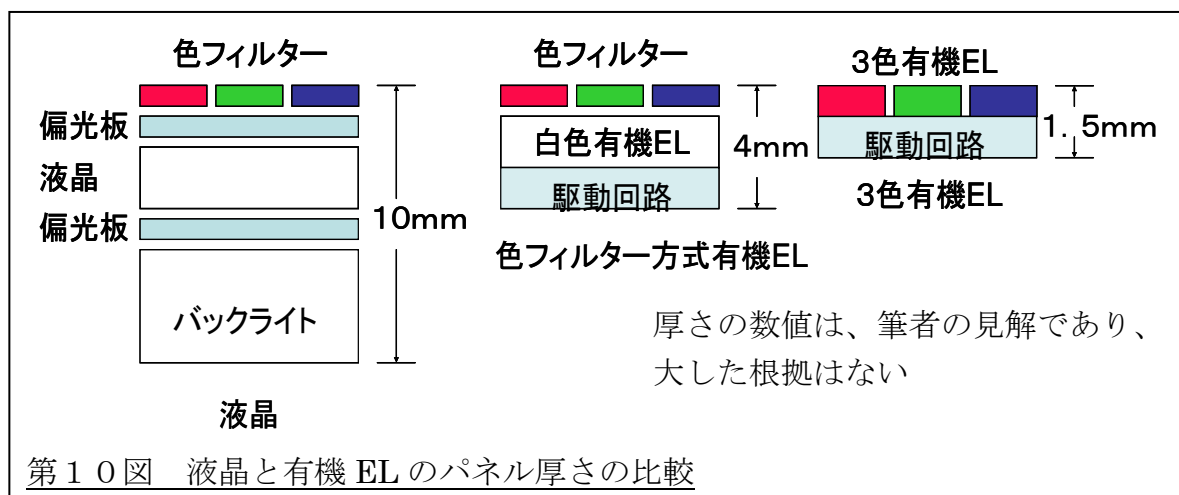


Ⅲ. 有機 EL カラーテレビはモノになるか？

3-1. 有機 EL テレビのメリットは何か

最近是有機 EL の記事が出ない日はないぐらいマスコミの話題になっており、①画質が素晴らしい。特に液晶が苦手とする黒の諧調が優れている。②消費電力が小さい。③視野角がない。④動作速度が液晶より遥かに速く(1m・sec 以下)、2k×4k時代の画像処理に追従できる。などを挙げる人が多い。

筆者の見方は全く異なります。ソニーが2007年に発売したテレビは、最薄部が3mmであり、今回LGが発表した55型の厚さは4mmとされています。このような薄いテレビだと立てて使う人は稀で、普通には壁に掛けるでしょう。絵画などは壁に掛けるものであり、部屋の真ん中に立てる人はいない。「テレビは壁に掛けるもの」というコンセプトが定着すると、液晶テレビとは全く異なった商品となります。

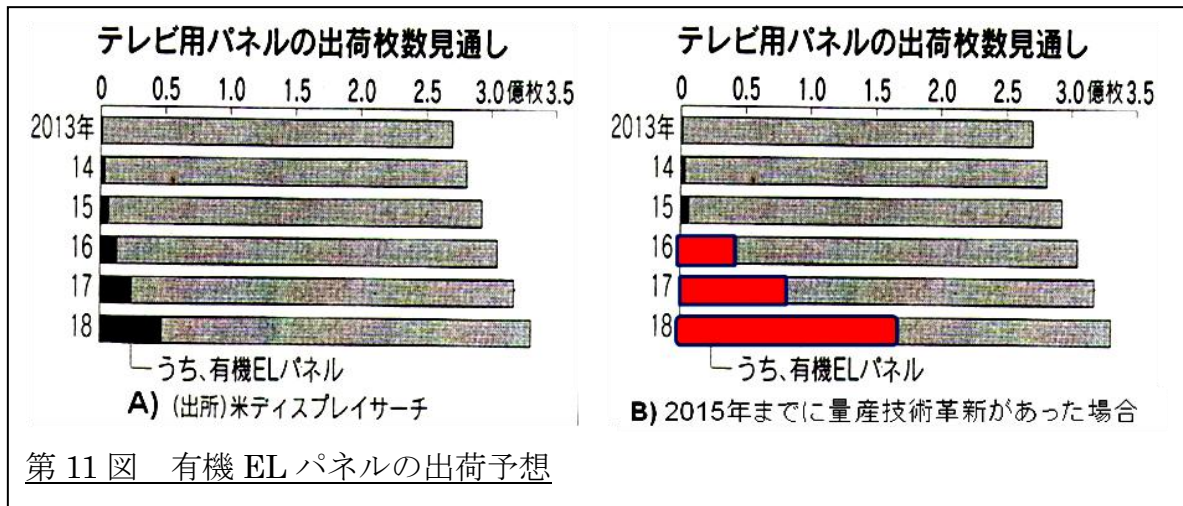


厚さについて、液晶、色フィルター方式有機 EL、3色塗り分け有機 EL の比較を第10図示しますが、3色塗り分け方式が最薄です。サムスンが、色フィルター方式でなく、生産が難しい3色塗り分け方式を採用した理由は、正に薄い点にあるのではないのでしょうか。

壁掛けにする場合の問題点はスピーカーです。3ミリ厚のスピーカーが出来れば最善ですが、無理ならディスプレイとは切り離して別の場所にスピーカーを置くことになります。この際、どなたか超薄スピーカー開発に挑戦しませんか？

3-2 当たるも八卦の数量計画

テレビ用パネルの出荷数について、米ディスプレイサーチのデータを参考にすると、第11図(A)のように徐々に有機 EL パネルが増えて行くことになっています。しかし、仮に2015年に安価な量産技術が完成すると、2016年からの有機 EL の割合は第11図(B)のように画期的に増える可能性があると思います。テレビ用パネルのビジネス規模は10兆円と思われるので、有機 EL のラッシュが始まると、数年以内に数兆円のビジネスを期待され、誰が獲得するかで覇者が決まることになるでしょう。更に液晶が CRT に置き換わったように、将来は有機 EL が液晶を駆逐する可能性もあります。考えてみると、CRT → 液晶 → 有機 EL という変化は、真空 → 液体 → 固体となり、全ては固体化されるという流れに乗っているのかも知れません。




3-2 フレキシブル有機 EL ディスプレー

曲げられるフレキシブル有機 EL が話題になっており、(第12図参照) プラスチック基板上の透明導電膜の技術が開発されています。フィルムへの ITO 膜は、日本企業が高いシェアを持っており、R2R(Roll to Roll)でスパッタしています。

フレキシブルディスプレイは、東芝やソニーが学会などで何度もビデオで折り曲げの紹介を行っていますが、アプリケーションの話が余りない。曲げた状態で画像を見る用途はほとんどないと思われ、丸めてカバンに入れるとか、折り畳んでポケットに入れるとか、ポータブルの点で便利な用途は考えられる。ノート PC やタブレット用のパネルが全て有機フィルムディスプレイに代われば非常に大きなビジネスと言えます。テレビのような大型で信頼性が特に要求される用途には、余り大きなビジネスの期待

は掛けられないでしょう。強いて言えば、大画面化しても画鋏で壁にとめられるディスプレイなどは如何。

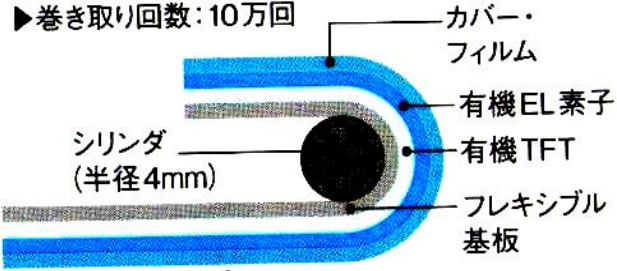
有機フィルムを用いたフレキシブル有機 EL は、耐湿性パッケージが最大の問題点です。PET(ポリエチレンテレフタレート)などのプラスチックだけでなく、曲げられるガラスも開発されており、どちらが本命か筆者には予測できません。0.1mmと言う超薄ガラスの例を第13図に示します。ガラスなら耐湿性は優れているでしょうが、果たして折り曲げられるか？ プラスチックでも耐湿性が改良された研究がかなり進んでいるようなのです。最近のニュースでは、双葉電子工業が2.7インチと言う小型ながら厚さ0.29mmの有機 EL ディスプレーを発表しています。曲げなくてもこれだけ薄いと色々用途がありそうに思えます。



写真は東芝の発表より


試験条件

- ▶半径:4mm
- ▶巻き取り方向:表示部を外側に
- ▶巻き取り回数:10万回



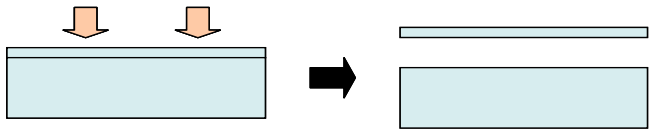
カバー・フィルム
有機EL素子
有機TFT
フレキシブル基板
シリンダ (半径4mm)

第12図 折り曲げ可能なディスプレイ



Corning社の0.1mmガラス
Flexible enough to be rolled
500°Cの処理が可能。

有機EL層形成



0.1mm厚のガラスを、
0.5mm厚のガラスに
貼り付ける

2枚のガラスを
分離する

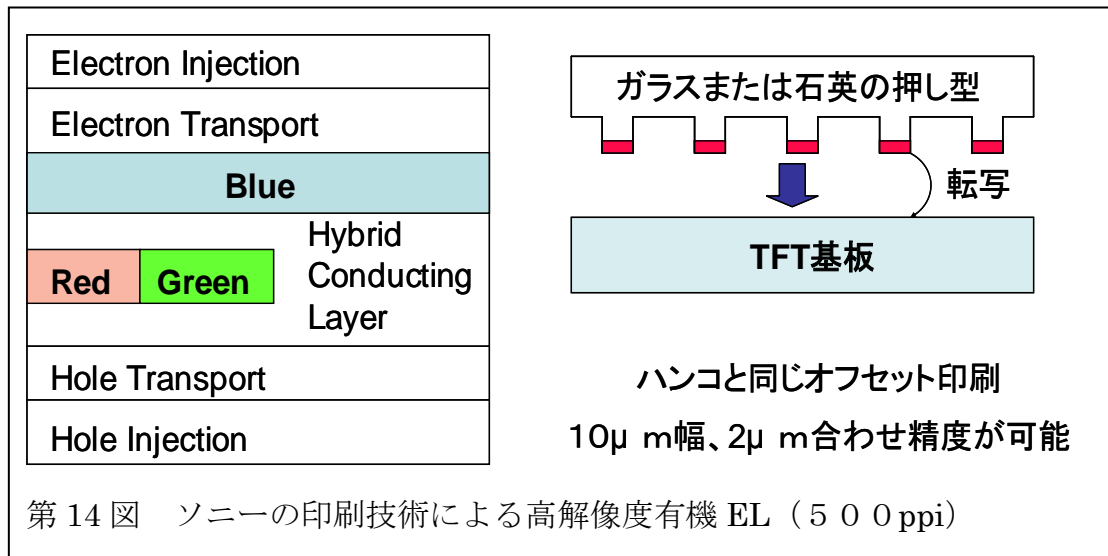
旭硝子のキャリアガラス張り合わせ法

第13図 薄板ガラス(0.1mm)の加工

3-3 中小型有機ELディスプレイ

本レポートはテレビ用を取り上げていますが、中小型有機ELも少し見ておきましょう。この業界はサムスンの独壇場です。自社のスマートフォンやタブレットに採用して効果を上げており、世界シェアは90%と言われています。現今の情勢では、対抗できる企業は無さそうですが、先日開かれたSIDから注目されるのは、ソニーの500ppiの7.4インチ高解像度品です。筆者は絵を見ていませんが、恐らくタブレットなどに使用すれば画質の良さで絶賛を浴びるでしょう。サムスン追撃の第1候補と考えています。

第14図に構造とプロセスの一部を紹介しましたように、Red と Green は高分子有機 EL を採用し印刷です。通常のグラビア印刷などでは合わせ精度が5μ m必要なのが、オフセット印刷により2μ mを実現し、これにより500ppiを実現しています。



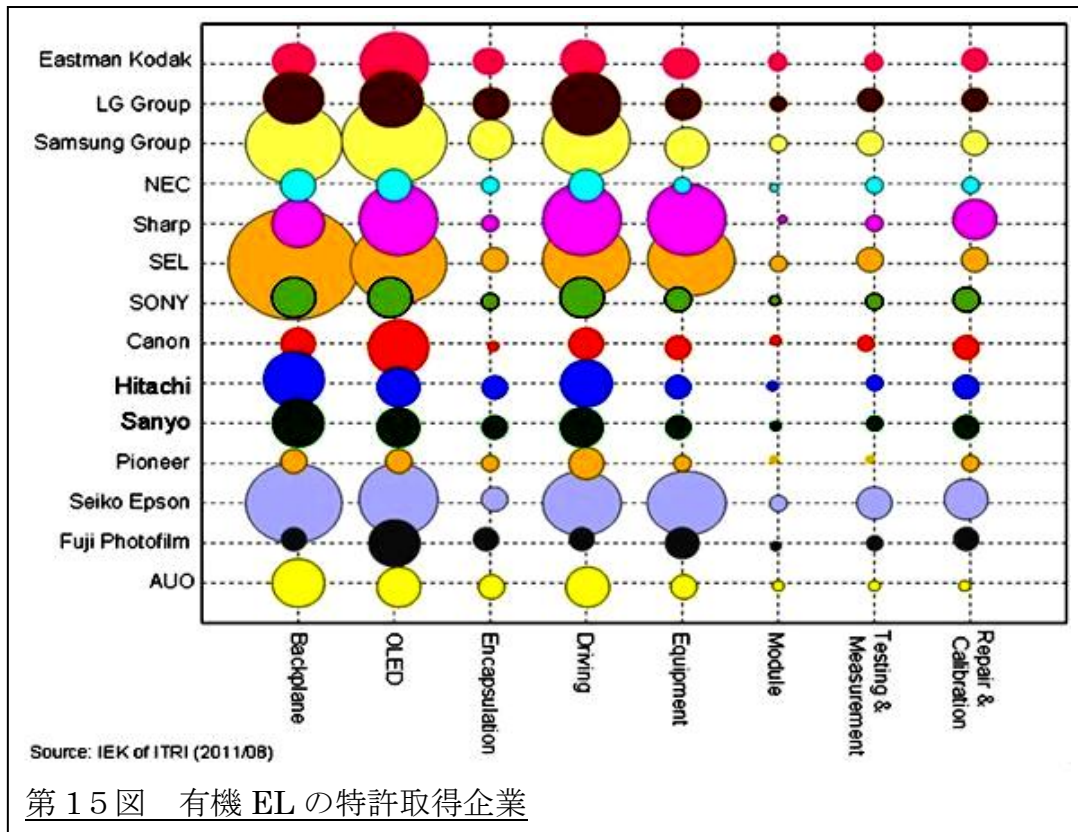
3-4 泣き所は信頼性

有機材料は一般に水分に弱い。有機 EL もその例に漏れず、耐湿性パッケージの中に乾燥剤を入れ封止にはフリットシールが一般的です。それでも保証期間は??? 有機物のシート上に印刷で作ったディスプレイでは、水分の浸透は完全には防げるかどうか。10年間保障はとても無理でしょうが、ノート PC や携帯電話などは、そんなに長い寿命は不要でしょうか。

IV. 結論

有機 EL ディスプレーは、液晶に比べて画質が良いとか色々性能面を上げる人が多いが、最大の特徴は薄くて壁掛用に向いていることだと考えます。(これは筆者だけの意見であって、世間の識者でこんな説を言う人は聞いたことがありません) 即ち、液晶テレビとは、用途は同じであっても使われ方が異なるので、商品としては異なるカテゴリーと考えています。例えば、ガソリン自動車が全盛の時、電気自動車売り出すようなもので、一充電の航続距離が短くても、省エネや静かなことにメリットを感じる人などに使われます。しかし、電気自動車のコストがガソリン自動車より安くなれば全てが電気自動車に置き換わるでしょう。有機 EL も、初期は壁掛用として少々値段が高くても売れ、量産プロセスが確立して液晶よりコストが下がれば、全てが有機 EL に置き換わると言うストーリーが考えられます。

特許については、筆者は調査していませんので、詳しいことは知りません。KODAK の Tang 氏の基本特許は1987年ですから、もう期限が切れています。台湾の ITRI がまとめた出願状況の表を第15図に示します。この表によると、Sharp-SEL(半導体プロセス研究所)連合が多くの特許を持っています。次いでサムスン、セイコーエプソンと続きます。80%以上は日本企業の特許です。長年、世界に先駆けて有機 EL の研究をしてきた訳ですから、これらの財産を有効に活用したいものです。



第 15 図 有機 EL の特許取得企業

日本の業界はどうすべきか

サムスンや LG の後追いでは勝ち目がないという意見もあります。しかし、ソニーは5年も前からテレビを発売していますので、サムスンや LG の方がソニーの後追いです。これら3社とも発表されている有機 EL テレビは、仮のプロセスで作った試作品程度の代物で、本格的な商品化には全く異なった構造で異なったプロセスになると思われます。即ち、マスク蒸着などではなく、印刷法などの画期的な技術をいち早く確立したメーカーが覇者となるでしょう。競争は今から始まると考えるべきで、現時点ではどこが先頭を走っているか不明です。優れた材料メーカーが日本には多いので、日本企業に有利な点です。もっとも、日本の材料メーカーが韓国に研究所を設けたりしていますから、一概に有利とは言えないかも知れませんが。とにかく、日本には多くの技術蓄積があり、サポートしてくれる大学も沢山あり、ビジネス環境は文句が付けられません。果実は一杯成っています。収穫するだけです。やる気を出してスピーディに事業を推進することが肝要です。

世界情勢

- * サムスンは、RGB 蒸着塗り分け方式だが、製造が簡単な色フィルター方式に変更すると言っている噂があり、まだまだコストも高く技術的にも初歩段階だと思われる。今年発売するテレビは8000～10000ドルと言われ、液晶の2～3倍の値段です。ただし、サムスンは8.5Gの量産ラインを整備中と言われており意気込みは凄い。
- * 中国の泛濫国際集団は、1300億円投資して河南省に4月10日に AMOLED 工場の起工式を行ったそうです。IGZO TFT も検討中らしく、正に最先端を狙っています。

す。

中国の BOE 社は、内モンゴルに5.5Gの生産ラインを計画しています。

Tianma 社、Visionox 社は、12インチの有機 EL パネルをショーで展示し、共に生産ラインの建設を発表しています。

- * 台湾の動きについては筆者には情報がありません。台湾や中国は、いずれ日本や韓国に追いついてくるでしょうが、当面の競争相手ではないでしょう。太陽電池では、アツと言う間に中国が世界制覇しましたが、有機 EL はそんなに簡単とは思えません。

以上、本レポートの主題である ——有機 EL は救いの神になるか——については、明らかに YES だと考えています。この巨大な収穫を採るか、それともテレビ業界から消えるか、二者択一です。

最後に有機 EL とは関係ない話ですが、横井小楠の伝記を読んで考えるところがありました。彼は熊本藩の下級武士の生まれで幕末から明治初期に活躍した思想家で、開国に当たって優れた意見を持っていました。勝海舟は、「俺は生涯に二人の恐ろしい人物に会った。西郷南州と横井小楠である。小楠の思想の高きこと、俺など梯子をかけても及ばない」と言わしめ、坂本竜馬も師事して、船中八策も小楠の意見を取り入れたものと言われています。その小楠は、「日本は欧米の機械技術を極力取り入れて事業を起こし富国強兵に勉むべし。ただし、欧米は利益に目が眩んで徳がない。我が国の古来から持っている徳を欧米に広めることが肝要である」と。黒船が来て尊皇攘夷で沸いているころ、欧米を教育することを考えていた訳です。これを読んで、「我々の企業活動では徳が忘れられているのではないか」に思い至りました。業績の悪い企業は徳がない所為ではないでしょうか。パナソニックとソニーが共同で有機 EL を開発するというニュースが報じられている。長年の宿敵同士が手を結ぶのはいよいよ切羽詰まった印象であるが、是非頑張っ欲しい。その時、両者の事業に当たった徳とは何であろうか。パナソニックは創業者の松下幸之助氏の多くの有益な語録があり、ソニーには井深大氏の設立趣意書があり、どちらも優れた徳であり、その徳によって企業が発展してきた訳である。さて、両者が一緒になり、どんな徳を見せてくれるのか楽しみにしています。