繊維と安全

池田 佐喜男

1. 安全という言葉

「繊維と安全」という言葉のなかには2通りの意味がある。そのひとつは消極的な意味における安全で、われわれが日常使用して何の害も受けないというものである。害のなかには一般常識のある消費者の判断で害の防げるものと、害の防げないものがあり、前者の場合は公害ということにはなりえない。第2の安全というのは積極的な意味における安全で、生活や生命の危険を防止する安全器具または装置に使用されるということである。著者はかつて第1の安全に関する業務にたずさわっていたが、今では第2の安全に関する業務にたずさわっている。

2. 繊維が使われてきた安全の分野

繊維と安全などという題目で書かされるなど夢にも思

表1 生存という点からみた分類

分類項目		例
生存に危害を与えない(消極的)		皮膚障害のない衣料
生存をより可能にする(積極的)	日常生活を安全に護る	体温の調整 運動機能の助長 視覚の疲労、誤認を予防
	不慮の事故から人体、生命を護る	防寒具、日除け キネジオロジーの衣服 緑系の配色、黄色い安全帽
	日常生活で受動的な危害を加えられた時の防衛	ホータイ、帽子
	作業中の事故防衛	作業服、作業手袋
	レジャー活動の事故防衛	サポーター、ザイル
	旅行中の事故防衛	救命胴衣、ベルト
	モータリゼーションの事故防衛	三点ベルト、エア・バッグ
天災からの防衛		防燃服、避難バシゴ

表2 生活行動からみた分類

分類項目	例
地上行動 平地 山岳	高所作業用安全ベルト、エア・バック 登山服、ザイル
地下行動	特殊作業服
水上 水辺行動 水中 水底	救命ボート、救命胴衣 ダイバー用品 特殊作業服
空中行動	落下傘、宇宙服

Safety and Fiber.

SAKIO IKEDA

ASAHI Chemical Industry Co., Ltd.

旭化成工業株式会社 AFG開発部長・理事(工博)

表3 事故の時系列的にみた分類

分類項目	例
事前(予防)用品	安全帽、安全旗
事故時用品	カタバルト、エア・バッグ
事故後用品	タンカー、ガーゼ

っていなかったので、整理された知識体系の持合わせがない。そこでいろいろな観点から分類を試みる。

表1は生存という点からみた分類である。表2は生活行動からみた分類である。表3は事故の時系列的にみた分類である。

3. 繊維製品の衛生面からみた安全

繊維製品を着用してチクタクしたり、皮膚障害を生じたりする事故は前からあった。本人の体質か、衣料かという問題は残されていた。科学技術庁資源局は昭和41年度より「衣料処理剤の諸影響に関する研究会」をもち、43年度より組織改正により同庁資源調査所に引継いだ。その後青山の発表¹⁾に引続いて資源調査所の基礎資料が出され²⁾、それと前後してテレビや新聞が賑やいだ。

3.1 産業界の構造と責任体制

NHKはさきにチクロの問題を取上げ、業界の人にも出演を願ったが、出席してくれなかったようだ。こんにちわ奥さんの番組に衣料障害が取上げられた時は繊維業界は化繊協会がこれを受止め、著者が前日に選ばれて送り込まれた。著者は素材メーカーとしての予防体制と責任体制とを十分述べたつもりである。また日本の繊維産業の構造上から、消費者に近い製品を作っている企業のなかには、数人~数十人のところもあって、全国的はおろか県単位の組織も持っていないものもあり、これらは国としても管理がむづかしく、学会にも入らず素材メーカーの系列にも入っていないところがあることを述べた。同席の青山助教も小さな企業が問題ですと発言された。たまたまテレビをみた佐藤首相もこの問題に関心を示し、自から担当大臣に指示した⁷⁾。

3.2 安全確保のための業界の研さん

皮膚障害の原因は繊維そのものの化学構造によるものではなく、衣服のサイズ違いによる締めつけやこすれも案外多く、単繊維の太さによる(3d以上)チクタクも多い。調査書^{1,2)}のなかにも皮膚障害を訴えた調査群のなかに、羊毛による原因が21%もあるのは、日本の羊毛

使用量(約12%)からみて非常に多い(肌着の分野では羊毛は数%であろう)。ガラス繊維も6μ以下になると、それで作ったシートの上に裸で寝転がっても何でもないようだ⁹⁾。

その後鈴木⁴⁾、平松⁵⁾、化繊協会⁶⁾などの調査が行なわれた。また被害者の訴える起炎素材と、いろいろな繊維の貼布試験を同一人に行ってみると、その間に必ずしも相関々係のないことも知られ⁶⁾、これはアンケートからの原因探求のむづかしさを示す。

しかしながら学会、業界はこの問題と真剣に取組み、化繊協会では45年4月に衣料衛生研究会を組織し、また皮膚障害予測に関しては十数社により日本産業皮膚衛生協会を創設し、現在では約50社がその傘下で研究している。河合医師と共に著者も努力した1人であつた⁸⁾。河合の研究は⁹⁾この方面に対して今も大きな寄与をしている。

3.3 話題のホルマリン

衣料がアレルギー源である場合の原因は加工剤であろうことは予想できるが、抗原体を作った原因は加工剤とは限らない。新建材の接着剤や塗料、香料などからくる場合もかなりあり、この問題は複雑である¹⁰⁾。ホルマリンにしてもこれがアレルギー源になることは古くから知られているが、ホルマリン性アレルギー患者にホルマリンのアレルギーを起させようとしたら、0.5%の水溶液で2日間貼布しても起らないで、患者のすべての人にアレルギーを起こそうとしたら、何と5%のものを2日間も密封して貼布しなければならないことが東大川村教授ら16名の共同研究者により発表されている¹¹⁾。このような研究が基礎になって、アレルギー患者からホルマリン性アレルギー患者を探すには、今も5%のホルマリン液を使用することが通例になっている。現在通産省が決められている衣料の遊離ホルムアルデヒド量(上衣0.1%, 中衣0.03%, 肌着なし)とは比較にならないオーダーである。繊維関係の科学者も正当な量への認識を行政に反映さすべきである。医師が5%を決めたように。

3.4 安全は量への挑戦

元来地球上のものはすべて無害であり、量がそれを有害にしている。繊維加工剤においても量に挑戦すべきである。昔から魚や植物にも微量ではあるが重金属が含まれていて、人間にとっても適当なミネラルは健康に必要である。問題は量である。

3%で有害な物質が、1%になると三分の一の有害度になるかという、一般にはそうでなく、ある濃度から急に無害になる%がある¹²⁾。これは100m走っても何でもない人が、300m走って心臓麻痺で死亡することのあるのに似ている。

資源調査所の基礎資料で³⁾防カビ剤のなかに水銀系が入っているもののデータが示されているが、このデータはたった2匹の兎について実験したもので、防カビ剤を与えた数日後に兎毛のなかに水銀の反応がみられ、2週間後にはその反応がなくなるといものである。テレビや新聞では、このデータから防カビ剤の危険性を報導してきた。ところがこのデータでは体外に放出されてなくなっているの、このデータだけでは有害と判定することは出来ない。ある医師からこの点を指摘されて私も返答に困った。何れにしても量に挑戦したい。かくして人類の好む風合の衣料を供給したい。

3.5 衛生性の賦与

繊維製品を着用しても害を与えないものにするという消極的なことの外に、表1に掲げた体温の調整、肌着の吸湿性向上、肌よりの分泌物のマイグレーションの援助、キネジオロジー的にみて快的な衣料などは、これが安価に供給できるとき、明らかに積極的な生命活動への助勢となる。これは身体衛生面で大きな特性の賦与であるが、ここでは多くを述べない。

4. 不慮の事故から護る器具

不慮の事故にはいろいろな原因がある。表4はそれを一次原因として掲げ、この原因から人体に傷害をおよぼす二次原因が発生し、それによって予想される傷害と、その対策について大まかにまとめた。表に示すごとく繊維は防燃具、衝撃緩和材、救命胴衣、しゃ断材、吸音材などに使用されてきた。

表4 不慮の事故に対する対策

一次原因	二次原因	人体傷害	対策
火災 地震 自動車事故 海上事故 空中事故 山岳事故 その他	火が出る 落ちる ぶっかる 煙が出る 溺れる 風圧をうける 音圧をうける	燃ける ケガする 息が止る 凍える 聞えなくなる	防燃 衝撃緩和 救命胴衣 防煙マスク 保温 しゃ断 吸音

4.1 燃焼を防止するまたは予防する安全具

消火器具や消火装置のなかにも、ホースその他の繊維製品が含まれている。一般に用いられている繊維製品のなかには、防燃や難燃が可なり要求されているものがある。これらは繊維加工の問題を含むので、ここでは多くを述べない。

4.2 衝撃を緩和する器具

よく言われる言葉であるが、人が高い山から落ちて死亡したり、ビルの上から落ちて死亡するのは、足を踏み外したから死んだのではない。足を踏み外して下まで落ちても生きている人が時々ある。高所落下の死亡はショ

ック死は別として、落下した人間の一次衝突または数次の衝突の時点で死亡が決るのである。衝突でのケガ（人体破損）は人体の加速度または減速度の大小で決まる（後述）。従ってこの関係の安全具には衝撃緩和器具が使われる。その例を幾つか述べてみよう。

自から衝突した場合またはしそうな場合自己を守るもの

安全ベルト（自動車用、高所作業用など）

エア・バック（自動車用）

落下傘

緊急脱出装置（カタパルト）

マット、ロープ、ネット、ビル火災脱出用袋

自分が衝突した時に他人を守るもの

電車の前についているネット

自動車につけようとしている歩行者防護具（図1）

衝突されにくくするもの

安全帽（黄色）、安全傘

などがあり、これらには繊維がかなり使用されている。

図1 自動車対人間の衝突で人間を助ける装置の例, A¹⁸⁾, B¹⁹⁾

4.3 海難救助器具

救命ゴム引ボート：ナイロンの基布にゴム引きしたボートは一般にも使用されているが、緊急脱出用のボートには仕掛けがしてある。すなわち普通の時は折り畳まれていて、緊急時には備え付けのひもを引くとボート内にガスが充満しボートが形成されるというものである。瞬間的に船が沈んだ時には、船の一部にひもを結んでおくと、船の沈没によりひもが引かれボートが形成されるようになっている。

救命胴衣：船には必ず積込まねばなくなっているが、これの主体はカボックが用いられている。カボックは自分の重量の30～40倍のものを浮かす特性があるとされている。カボックの外袋は防水布である。

5. 衝撃から助かるための理論

人体が損傷をしない衝撃度とはどの程度かということになると、大変むづかしい。個人差もあれば損傷の種類（外傷、骨折、内出血、内臓破裂など）にもよる。米国の運輸省が決めている自動車安全基準（FMVSS-208）では、自動車の二次衝突（自動車が何かに衝突した後人

間が自動車の内部に衝突する場合）において、頭部衝撃値は80G以下、胸部は60G以下、脚部は1700lb以下にしなければならないとしている。ここでGは重力の加速度である。また頭のSI（激裂度 Sivility Index）は1000以下でなければならないとしている。SIとは重心合成加速度を α とすると次式で表わされている。

$$\text{頭の場合 } SI = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \alpha dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1)$$

Notice 23(1972.10)

$$\text{胸の場合 } SI = \int \alpha^{2.5} dt$$

Notice 25(1972.11)

これらの数値も多少変わって来ているし、今後も変わるものと思われる。大腿部にしても1200lb(1970.5)から1400lb(1970.10)になり1700lb(1972.11. Notice 25)に変わっている。

これらの数値の決められた理由については別の機会に述べるとして、要するに減加速度を最小にすることが人間をケガから守るということになる。図2はたて軸に速

図2 物体が衝突してから停止するまでの速度・時間曲線のいろいろ

度を取り、よこ軸に緩和時間をとった場合のグラフであるが、Aのようなカーブの場合は最初に衝突した部分が固い物体の場合で、C、Dの場合はこの逆である。Dの場合は底着きをした場合でその時点の α は最も大きい。Bは最も効率のよい緩和曲線である。

緩和距離 d と速度 v 、加速度 α との関係は

$$d = (v_1^2 - v_2^2) / 2\alpha$$

であり、物体が停止する時には $(v_2 = 0)$

$$d = v_1^2 / 2\alpha$$

となる。従って α を一定値（たとえば80G）以下にするためには、 v_1 が定まると最も効率のよい距離が計算される。それを略算して図示すると図3のごとくなる。図より人体が50 km/hで衝突した場合、人体を60G以下にするためのつぶれしろは、17 cm位必要となる。

図3 各種速度の物体が衝突した場合のG値の大きさと必要最小距離

6. 衝撃緩和材としての繊維

衝突から人体を護るためには2つの方法がある。

- 1) 衝突しないようにする。
- 2) 衝突した時の衝撃を緩和する。

衝突しないようにする道具でも、人体を何等かの方法で受け止めたとすれば、この時の人体の衝撃を緩和しなければならない。

たとえばザイルの切断に関する総説には田川、近藤らが述べているが¹⁰⁾、切れないまでも人間が宙ずりになったとき、ワイヤー・ロープのようなものであれば $dv/dt = a$ が大きくなり、裂傷や内臓の破裂が起る。図4は a と時間の関係図で衝撃エネルギーの関係を示すが、Aのような梯形が最もよく、BはAより劣ることが知られている。従って繊維表皮を用いる場合、Aのような曲線になるよう工夫すれば効率がよい。

自動車の安全ベルトは人体を固定していることに意味がある。自動車が固い壁に衝突すると、自動車の前部が

図4 衝撃緩和と時間関係

図5 安全ベルトの改良¹⁰⁾ Bが引っぱられるとAの部分の切れて衝撃を緩和する

つぶれこれで衝撃緩和するので、人体が自動車本体に固定されておれば (ride on) 助かる。しかし高速 (50～60 km/h) になると自動車前部の衝撃緩和力では足りなくなり、さらに高速 (80 km/h) になると、前部座席の空間がつぶれてなくなる。

航空医学実験隊でトロッコに兎を固定して40 km/hで衝突させたところ、兎の心臓が破裂して血が吹き出したことがある。これは内臓が表皮とは別個の慣性運動をしたためである。ベルトの巾は広いほどよい。

エア・バッグは衝突による衝撃をバッグの圧縮によって緩和するものであり、少くとも図3に示す理論的圧縮距離が必要となる。従って安全ベルトと衝撃緩和機構が異なる。図5のようにベルトBの一部に、切れやすい部分を持った構造物を作り、A部の部分切断により衝撃吸収を計画した会社もある¹⁰⁾。

米国の運輸省では、自動車事故の人命救助の本命は、エア・バッグであると考えているグループがいる。GMは約1年間1000台の車にエア・バッグを積んで実走テストをし、74年型車50,000台に装備して市販を開始した。日本でもエア・バッグを含むESV (実験安全車) の公開実験が80 km/hで行われた。

7. 安全装置の安全限界

エア・バッグをつけていた車で人が助からなかったら、人命に相当する弁償金をよこせという人が出てくると、安全装置の企業負担が大きくなる。エア・バッグをつけるのを自動車会社がむづかしいというのはこの点にある。それで慎重な上にも慎重に計画が進められている。

海難における救命胴衣は、これを着けておけばどんなシケでも大丈夫か、落下傘はどんな時にでも大丈夫かといわれると、そうとは言えない。シートベルトにしてもこれを備えていても、正しく装着しなければ役に立たない。しかしこれらは法規で備えつけが定められている。船や飛行機は事故があれば所詮助からないものであって、時として助かる可能性があるから備えつけているのである。

自動車も高速でぶつかれば所詮助からないのは確実である。自動車対自動車の衝突の50%は先方の不注意による。ベルトにしろバッグにしろこれを正しく使用すれば数十%の人命が助かるのは事実である。しかしどんな乱暴な運転をしていても、また極めて行規の悪い姿勢の乗員にまですべて生命は保証しますとは申しにくい。

エア・バッグに限らず安全道具を発達せしめるには、安全道具の部品の規格、組立品の性能規格などを細かく決めて、この規格を年毎に厳しくして行く行政が望ましい。今こそ行政の出番である。

文 献

- 1) 青山;衣生活, 16(44年9月号)
 - 2) 資源調査所;衣料処理剤に関する基礎調査資料,(45年5月18日)
 - 3) 松田;ガラス繊維講演会,扇町会館(45年3月12日)
 - 4) 鈴木;織消誌, 11, 507(45年)
 - 5) 平松;織消誌, 12, 421(46年)
 - 6) 化繊協会;衣料による皮膚障害実態調査報告書,(46年11月)
 - 7) 佐藤;夕刊フジ第一面(45年4月28日)
 - 8) 河合, 池田;織消学会講演,麴町会館(45年6月5日)同要旨集 70~74
 - 池田;織消誌, 11, 519(45年)
 - 池田, 松永;美容の医学, 10, No. 1, 4(46年)
 - 松永, 池田;染色工業, 20, 737(47年)
 - 9) 河合;皮膚科紀要, 64, No. 4, 257(44年)
 - 河合;皮膚科紀要, 66, No. 3.4, 161(46年)
 - 10) 松永, 栗木;織機誌, 26, P-787(48年)
 - 11) 川村ら16名;日本皮膚科学会誌, 80, No. 5, 301(45年)
 - 12) 河合, 旭化成グループ;未発表
 - 13) 日産;実公, 昭47-2684
 - 14) 日産;実公, 昭47-26828
 - 15) 田川, 近藤;織学誌, 29, P-433(48年)
 - 16) 第4回ESV国際会議で展示・フランス(48年3月京都)
-