原発の火災安全

3.22 から 4.28 までを日付順に纏めました。

2021.3.22　まずはこれまでの作業

・辻本の HP　http://tsujimoto.sub.jp/index.html　の最下段　日本火災学会「原子力発電所の火災防護専門委員会」期間：2013 年 11 月 1 日～2015 年 3 月 31 日
12 回にわたる委員会の資料には以下のような項目がある。
Browns Ferry 原発火災
原子力発電所の防火区画の理解メモ
「Safe shutdown」の定義について

・前項の資料を「米国原子力発電所の火災防護に関する法規制の変遷と整備状況報告書、日本火災学会学術委員会原子力発電所の火災防護専門委員会、2015 年 5 月」に纏めた。
（資料は、HP 最下段でアクセス可能）

2021.3.30　何を表現するか

今後、どのようなテーマでこの稿を展開するかについて、骨組みを以下に示す。予定通りに行くとは思えないが、決意表明でもある。

A. 火災安全技術者として原発をどう見るか
B. 原発の火災に対する技術基準の問題点
C. 原発火災事故の分析

ということで、先ずは上記の A から話を始めますが、導入で愚痴を。

（火災安全が厭われる理由）

　まず、火災は色んなところで色んな原因で起こります。そして多くの場合、関係者が注意していれば避けることが出来た、と思われてしまうために、関連する（火災安全を担当させられる）エンジニアは余り本気で取り組んでくれません。電気が原因の火災であれば、過電流に対するブレーカーの設置、材料のせいで燃え広がった火災であれば材料の難燃化が選択され、対策を施したことでエンジニアは満足してしまって、それ以上は考えなくなることが多いです。

　原発とは違いますが、最近起こったルネサスエレクトロニクス那珂工場での火災 2021 年 3 月 19 日）も火災屋からは上述のタイプのように思われます。
火災を起こした会社の HP にある記事　https://www.renesas.com/jp/ja/node/1498021 も、日本の経済を左右する工場なのに、「生産工程の一部で過電流が発生して」ブレーカーは落ちたけれども「装置は熱への強度が相対的に低く」（燃えやすかったので）火災になりました、と説明されています。想像するに、ブレーカーを入れてあるので、あ

とは装置なり材料なりに燃えにくくする工夫（例えば難燃材料）があれば大丈夫（なはず）というわけです。火災屋としては、過電流が流れれば予想外の発熱（燃焼）が起こり、燃焼熱が大きければ、たとえ過電流が停まっても燃焼は続きます。ここで、火災という燃焼現象に対する誤解というか、「難燃という言葉のあいまいさ」についても注意が必要。これについては文末の（添付１）に詳しく説明していますが、少し燃えにくくなるよう工夫されたものは皆、難燃と呼ぶ分野もあり、「難燃」を選んだから大丈夫、という話はよく聞きます。この話を単純なエラーと扱い、それぐらいは防げるはず、との判断が一番、危険です。

　さて、次は阿部清治さんの師匠　佐藤一男さんの著作「原子力安全の論理」を深堀する予定ですが、メモを取りつつ再読を始めて 17 頁、「主要な事故の概要は、巻末に附録としてまとめておいた」を受けて、巻末の原子炉事故の項をみると、ウインズケール(1957)、SL-1(1961)、TMI(1979)の順で、1975 年のブランズフェリー火災事故は入っていない。著作の出版された 1984 年時点では意識されていなかった？というのがショック！

2021.4.3　「原子力安全の論理」を深堀する

　この本は、1980 年代に出版された本としては、論理展開で頑張っている、もしくは明快です。ここではその論理への反論も試みます。

　まず、前報で指摘した、ブランズフェリー原発の火災事故が、この本に載っていない点について考察。

適切な方法かどうかは分からないが、「ブランズフェリー原発　火災事故」で Yahoo 検索をかけると、１番上に日本原子力研究開発機構の記事がヒットし、海外の原子力発電所における主な事故の中で、以下のように説明されている。

「３．米国ブラウンズフェリー発電所１号機の火災

　1975 年 3 月 22 日、格納容器貫通部の漏洩検査を行っていた際、検査に用いていたローソクの火が貫通部のシール材（ポリウレタン）に引火した。結果的にケーブル分配室と原子炉建屋の２カ所での火災となった。ケーブル分配室の火災は約４時間で鎮火されたが、原子炉建屋の火災の消火には７時間以上を要した。数多くのケーブルが焼損し安全設備や機能が影響を受けた。特に電気／制御機器が利用できなくなったため、一時は炉心冷却が不十分な状態となるなど極めて深刻な事態となったが、運転員の適切な対応措置により大事には至らなかった。多重の炉心冷却系の機器が同時に利用不能となったことで、機器の物理的分離及び隔離に関する設計基準を再検討する必要性等が認識された。なお、わが国ではこの火災事故を契機に、火災に対する設計上の問題点を見直し、1980 年 11 月 6 日「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」を定めた。」

　検索の２番手は、なんと辻本の HP 中の「Browns Ferry Fire に関する提言」：NUREG-

0050 の全訳資料　http://tsujimoto.sub.jp/genshiryoku_pdf/shiryo_11_2.pdf　で日本語圏でいかに関心が低いかが分かる。
一方、Yahoo.com で「Browns Ferry, Fire Accident」を検索すると、トップは UCS（憂慮する科学者同盟）による記事で、「ブランズフェリー原子力発電所の火災は、原子力安全に対する深層防御のアプローチの欠陥を暴露した。よくある原因で複数のバリアを駄目にすることが起こる。」から始まる説明があり、10 番目の記事まで Wiki の解説を含んで、全ての記事がこの火災事故を説明している。
この事故は、単純なミス（隔壁の気密性を炎の揺れで確認）から始まっているが、バックアップの電線（深層防護）を本線と並べて設置していて、電線が燃えれば一蓮托生なことは、事故が起こって見れば自明であり、結果として各系列の配線が「火災による損傷を受けないこと」という厳しい（工学的に処理の難しい）基準（10CFR Part50 附則 R、1979 年）が設定される。この間の米国におけるゴタゴタは日本火災学会学術委員会の報告書（HP の下の方で検索可能）の 15 頁辺りを参照されたい。
これに対して、上述の日本原子力研究開発機構の説明で「火災防護に関する審査指針」が定められた 1980 年頃、国内で原発の火災問題が、少なくとも火災安全の研究者の間で話題になったという記憶が無い。東日本大震災後に入手した資料：電力共同研究「原子力プラントの油火災等の実証試験」報告書、油火災実証試験検討会、1984 年 9 月には師匠である斎藤平蔵東大教授はコミットしているので、その詳細は次号で紹介するが、審査指針が定められた後で、実証試験を実施しているのは腑に落ちない。

2021.4.7　『電力共同研究「原子力プラントの油火災等の実証試験」報告書、油火災実証試験検討会、昭和 59 年 9 月』の説明

上記の報告書は、10 電力、3 プラントメーカーによるものであるが、顧問として 3 教授が参加しており、師匠の斎藤平蔵教授（当時、東京大学工学部建築学科）もその一人である。
この報告書では、火災の影響の軽減のために、想定する火災の規模、延焼する範囲、隣接機器への影響等を把握する必要があるとしている。以下、報告書の文章をそのまま引用すると、「我国内では、耐火壁による延焼防止、消火設備の性能等については比較的多くの研究、実験報告等があるが、指針が認める隔壁、間隔及び消火装置の組合せによる火災の影響軽減については、研究、実験報告がほとんどないのが実状である。
以上のような状況から、我国の電力会社及び電機メーカが BWR と PWR の両形式の原子力発電所の火災防護計画にあたり、火災影響軽減対策の妥当性を示すために「原子力プラントの油火災等の実証試験」の電力共通研究を実施した。」とある。
この報告書は非公開であるが、報告書の最後に 3 教授の「顧問御講評」があり、師匠は以下の意見を表している。

1. 火災が発生したとき、実際にどうして消すのか、扉を閉めて窒息させるのか、人は近づけるのか。御立案下さい.

小生がみた発電所では、ポンプ室の上部が吹抜けのため果して近づけるか心配のものがありました。火を消すのには、火災室に横（水平）方向からか、下からしか入れません。一方窒息するためには、扉の閉鎖が必要ですが、出来るかどうか。煙のとじこめも全く同様です。

2. 委員会の席上でもいいましたが、油火災が始まる原因については、もう一度御検討下さい。例えば油の溜りがあって出火する温度に「内部から原因があって起きた」とすると容器全体が非常に高温になっていることを示します。

同様に、別のところに火災があって、油が引火したときを考えても容器全体が高温になっている筈です。このような時の油火災は、今回のものより数等激しいと思うので、その点も考慮して下さい。

2021.4.14　「原子力安全の論理」を読み解く（１）

ようやく 3.30 に指摘した、「原子力安全の論理」を 2021 年時点から読み解く、に辿り着いた。始める前に訂正とこの本の偉大な点を。

訂正は、3.30 に、この本でブランズフェリー火災事故が取り上げられていない旨の記述をした点。実際、巻末の原子炉事故の項にはブランズフェリー火災事故は入っていないが、60 頁に設計段階での対策に問題があった例として、13 行で紹介されている。火災安全工学が専門の辻本としては、記述に、シール材およびケーブルの燃焼についての認識の甘さを感じ取れる。

この本の偉大な点は、出版された 1984 年に、原子力発電の危険性と安全確保の方法論をできるだけ中立な立場で記述している点である。当然ながら、著者は原発を推進する立場だが、原発を良しとする判断の理屈をできるだけ分かり易く、反論も排除しない形で記述している。拙稿「天災がもたらした教訓と課題」(HP,この項の隣で DL 出来ます）で問題にしている「アメリカが安全だと言ってるから安全なんだ」の論理がまだ主流の時代に、である。この本で、リスクの概念、アクセプタブルリスクの考え方に初めて触れ、研究を始めた研究者も多いと思う。

以下、頁を明記しつつ、辻本の感想、批判をすることとしたい。(『』は原文ままま）

３頁：『安全とは主観的判断である』

このところは「安全・安心」がはやりだが、これは「安心」はどうも科学にはなりにくいので、学者の言う「安全」を信頼せよの論調で、どうもしっくり来ない。

この本では４頁に、議論に必要な『共通の尺度や基準は、何でもいいから作りさえすれば、それで問題が解決するというものではない。作られたものが、尺度や基準として役に立つためには、少なくとも二つの条件がある。一つは、この尺度や基準について、少

なくとも当事者が、これが適当なものだとして合意できるものでなければならない…
もう一つの条件は、作られた尺度や基準に照らして、いま考えている施設が安全といえるかどうかを、現在の技術と知見で論証できるものでなければならない』とあり、20 世紀の末に建築基準法防火規定の性能規定化を担当し、判断基準と評価方法に苦労した身としては、浸みる表現である。

６頁：上記の当事者は「一般大衆」とし、公衆の合意を形成する場が「単に議会で議決した」だけではなく『一人一人が問題の最も本質的な部分は何かについて理解し、判断する能力を身につけること』と訴えている。この問題は原子力分野に限定されるものではなく、社会全体の問題でもあろう。一方でいまだに、絶対安全だから、という表現が続いている。

20 頁：リスクの全体像をとらえる話の中で『原子炉事故が発生して、周辺公衆にわずかな（有意とはいえない程度の）放射線被曝が予想される場合、公衆を急いで避難させれば若干被曝量は下がる代りに、交通事故などの二次災害によって死傷者が出ることを覚悟しなければならないとしたら、いったい避難命令は出すべきかどうか』と問題提起している。上げ足を取って申し訳ないが、東日本が起こってしまうとこんな議論に意味があるのか、と思ってしまう。

30 頁：個人的リスクと社会的リスク
例：東京都心の原子力発電所
『原子力発電所による個人的リスクは、東京都心であれ、過疎地帯であれ、ほぼ同じである。もしわれわれが個人的リスクだけで安全を判断するとすれば、東京に原子力発電所を設置して悪い理由はない。だが、社会的リスクに注目すると、答えは違ってくる。発電所周辺の、ごく狭い所におそらく数百万人もの人がひしめく東京などの大都会では、もし個人的リスクが同じであれば、社会的リスクは極めて大きいものになる。』
この主張に対して「個人的リスクは十分に低い」が前提であれば、周辺に 100 万人いるか一人だけか、は問題にならないのでは、と考えてしまう。同様の展開は 54 頁辺りにも出てくるが、積分すると問題になるリスクなら十分に低いとは言えないのではないか。実は、設計する時から、事故の発生は織り込み済みで、集団全体を守るには事故は過疎の部分で、と勘繰ってしまう。話が飛躍するが、個人的リスクが十分に低いことを信じるなら、まずは「電力会社の社長の子弟は、原発の敷地境界に住み、毎日、ヘリコプターで通勤なり、通学する」というのが、小生の提案する安全対策であり、有効なものになる、と考えている。
（あと、1，2 回、論評します）

2021.4.21　「原子力安全の論理」を読み解く（2）
34 頁：WASH-1400 の紹介
WASH-1400(1975)については改めて説明するまでもないだろう。原発の安全性には欠かせない報告書で、MIT ラスムッセン教授が、何種類もの事故で死者が年間 x 人を上回る確率を比較し、軽水炉 100 基の事故がもたらすリスクが、飛行機事故や火災に比べてはるかに低いことを示したものである。
問題は、なぜ WASH1400 が作られたかである。この本では、WASH-1400 の詳しい説明を 152 頁から始まる第 3 章でしていて、そこに僅かに『この研究は、もともとは、原子力損害賠償に関する法律の改正のために、原子力発電所のリスクを評価しようとして始められた』の説明はあるが、原子力損害賠償の問題を提起した WASH-740（1957）のことは一切触れていない。この辺の歴史的経緯は、拙文「天災がもたらした教訓と課題」に説明しているが、米国で原発反対運動の口火となった WASH-740 ならびに日本でも行っていた同様の評価「大型原子炉の事故の理論的可能性及び公衆損害額に関する試算」(1960)について一切触れていないのは、残念ながら意図的と思わざるを得ない。

加えるに、辻本は上記の試算が 1999 年に公表されたことと、1989 年 3 月の参議院科学特別委員会で、科学技術庁原子力局長が原発事故の被害予測をしたこと自体を否定する答弁をしていたことは知らなかった。恥ずかしい限りです。
https://kokkai.ndl.go.jp/#/detail?minId=111413928X00219890329&current=7
の 056 に、「○政府委員（平野拓也君）　結論から申しますと、事故の想定というのはいたしておりません。」の記録があります。是非、お読みください。

57 頁　TMI 事故時の周辺住民の退避
万一の事故に備えての周辺住民の退避について、TMI 事故の際、3 月 28 日夕刻には収束の段階に入ったのに、30 日正午に『州知事が発電所周辺 5 マイル以内の学齢以前の幼児と妊婦に退避を勧告した』『事後の調査によれば、このような勧告が必要となる情況は存在せず、この退避勧告は全くの「空振り」に終わった』の「空振り」の記述は明らかにまずい。『防災対策にとって重要なのは、…与えられた条件下で「何ができるか」ということである。』と述べている以上、TMI 事故での避難勧告を、全くの「空振り」と説明することはできない。

73 頁　事故の原因としての自然現象のうち、例二　津波
『予想される最高の津波に対しても、原子炉施設が水をかぶらぬように、十分に高い所に施設を配置する。特に注意を払うのは冷却用の海水の取水設備などで、というのはこれらの設備は、比較的海面に近い高さに設置されることが多いからである。』間違いなく、全く正しい指摘である。ポンプが水を押し上げるのは得意だが、引き上げるのは

10m 高低差が物理的限界（これは中学校で習います）であることを知っている建築設備屋が「冷却水ポンプの位置を考えたら、大きな津波の来るとこじゃ、原発は無理じゃない」と何故、言わなかったのだろう。さらに、数行手前に、『地域によって津波の影響は大きく変る。たとえば、三陸海岸は昔から津波の被害が大きいことで知られているが、私の住んでいる茨城県の沿岸では、大きな津波の被害の記録はほとんどない。』の表現まである。

2021.4.28　「原子力安全の論理」を読み解く（3）

107 頁　ECCS と配管破断

『ECCS は、一次冷却水の配管が破断することを前提にして設計される。破断の規模としては、最大口径配管（直径 60-70cm）が、瞬時に完全にこわれるところまで考えている。

　こうすると、このような大破断がいかにも頻繁に、あるいは必然的に起こるものだという誤った印象を与えているようなのである。この種の配管や容器、すなわち耐圧構造物については、われわれは原子力以外の分野でも、極めて豊富な経験を持っているのであって、そんなに簡単にこわれるなどということはない』

この解説に対して、実際に以下のように配管破断が起こったじゃないか、というのを、まず言いたい。1981 年に工学部安全工学講座の助教授になって、防災安全工学という授業で「配管破断は起こらないけど、それでもそれを想定して、ECCS で対応するんだ。」と教えてきた身としては、ざっとネット検索してみても、以下の事故が出てくるわけで、「極めて豊富な経験を持っているのであって、そんなに簡単にこわれるなどということはない」の記述が恨めしい。

2001 年 11 月 7 日　浜岡原子力発電所 1 号機余熱除去系配管破断事故
水の放射線分解によって生じた水素と酸素が当該配管頂部に蓄積し着火して急速に燃焼し、その結果急激な圧力上昇が起きて配管破断に至った

2004 年 8 月 9 日　美浜原子力発電所 3 号機タービン建屋 2 次系復水管破断事故
直径 56 センチの配管の 10mm の肉厚が 1.2mm まで減少しての配管そのものの事故。

※若干、補足すれば、浜岡は爆発が原因、美浜は二次冷却水での破断で、ともに正確には想定事故ではない

114 頁　設計ベースを超える事故シーケンスについての説明で、『もともと、現在の軽水炉では、原子炉停止後の崩壊熱の総量は、炉心を完全に溶融するのに十分なもの』（下線、筆者）の表現は、少しは熱の移動（熱伝達）を勉強したものにとって、非常に分かり易い表現で、結局のところ、緊急停止しても、冷却水の循環が停まるようなことがあ

れば（熱の除去がうまく行かなければ)、福島原発と同じことが起こる、と説明している。この種の解説は、やはりプロでなければできないわけで、これを、一緒に原発を作る周辺領域の技術者（たとえば格納容器の耐震構造の設計者）が聞いて、じゃやっぱり作るのは止めようという話にならなかった点が問題だし、反対にこの種の説明が周辺領域にされていたかどうかが気になる。同様の説明は 125 頁にもある。

138 頁　リスクベースの総合的安全評価に入るところで『各段階、各レベルの目標設定が合理的かどうかを判断するのに、長い歴史と経験に基づく工学的判断が大きな役割を果たすことは疑問の余地が無い。健全な工学的「常識」ないし「直観」は、われわれが受け継いだ最大の遺産の一つである。』としつつ、これと並走して総合的安全評価で『これらとは異なる角度で全体を眺め、評価することによって、われわれの直観を補完することが必要である』としている。話はこのまま続いていて、各段階の「直観」と総合的評価の結果が矛盾した場合、どうするかについては述べられてはいない。現実には、多くの場合、「総合評価がアクセプタブルか」(米国流)、「危険は無視できるほど小さい」（日本流）を判断基準に、話が進んでしまっている。

156 頁　WASH-1400 が明らかにしたこと
WASH-1400 が新たに摘出した問題の中で、『第一は、WASH-1400 が（原文は「が」だが、多分「で」）定義されている炉心融解、すなわち設計ベースを超える事故が発生する確率は、それまで漠然と考えられていたよりは、かなり高い』としている。これも技術屋の本音が見える部分で、ギリギリの中立を保っているように見える。

167 頁　フォールト・ツリーに用いるデータ・ベースに関して『特に、日本では、国内のデータ・ベースの整備が立ち遅れているといわざるを得ない』の記述がある。この本の出版された 1980 年辺りから、建築分野の防災設備の信頼性を、法による定期点検結果から追い続けている筆者としては、二点、言いたい。建築で使われる防災設備の故障率は、これまでずっと明らかでなかったが、法的点検制度が出来て、40 年。やっと平均的な値を出せるようになりつつある。原発でも当然、建屋は建築物であり、防火扉も火災感知器も多数設置されているが、これらの故障率についてのデータは残念ながら見たことが無い（国内すべての原発は、建築物の定期調査・定期点検結果の特定行政庁への報告義務を持たない)。2 点目は、ようやく平均値が得られる建築系防災設備の故障率は、パーセントのオーダー（10^{-2}）で、決して 10^{-3} のオーダーまで下がることはない。10^{-2} のオーダーで原発の信頼性設計はされていないと思うが、原発にだけ特別な仕様の設備が使われたり、維持管理方法が特殊だったりするのだろうか。

さて、必ずしも専門ではない分野に、横やりを突き刺している筆者の立場としては、批

判はこの程度にしたい。一方で、何十年ぶりかにゆっくり読み直してみると、実はこの本は原発安全屋の「悲鳴」ではなかったのか、と思える。「これだけ不確かな情報で、前に進んでいいんですか。我々の考え方の限界はこの辺ですよ」という悲鳴である。原発を推進せざるを得ない立場で述べてはいるものの、判断の基準が少し違えば退くことも可能となる（誰が進退を判断するのか、という問題はある）表現を、上述した批判の中から幾つか拾ってみよう。

●予想される最高の津波に対しても、原子炉施設が水をかぶらぬように、十分に高い所に施設を配置する。特に注意を払うのは冷却用の海水の取水設備などで、というのはこれらの設備は、比較的海面に近い高さに設置されることが多いからである。(73頁)

●もともと、現在の軽水炉では、原子炉停止後の崩壊熱の総量は、炉心を完全に溶融するのに十分なもの（114 頁）

●炉心融解、すなわち設計ベースを超える事故が発生する確率は、それまで漠然と考えられていたよりは、かなり高い(156 頁)

研究室レベルの話であれば、この 3 つを示されたうえで、開発を続けようとは誰も言わないのではないか、と思ってしまう。

技術屋は「こんな事は実現可能か？」と問われると、得てして「できますよ」と答えてしまう。これが、まず最初の間違いである。

2000 年頃の臨時大深度地下利用調査会で、技術・安全・環境部会に属していて、もう一つの法制部会（構成員がほぼ法学部教授）から何度も何度も「40m 以下の地下空間が本当に安全に利用できるのか」と問われ、「安全は工夫をすれば確保できる」と回答しながら、余りにしつこいので、技術屋としては一度、法制部会と合同部会を開いて、「求められる安全のレベルを確認したい」と強く訴えたけれど、実現しなかった。

結局、意志決定する側とそのための評価方法を考える側の間に十分な意思疎通がなされていないことが次の間違いを呼ぶことになる。

（その 2 ）からは、21 世紀に入ってからの関りについて紹介したい。

日本リスク研究学会誌 **23**(2)：55 － 56（2013）

【巻頭言】

「難燃性」という言葉のあいまいさ *

Ambiguity of the Word “Fire-Retardant”

辻本　誠 **

Makoto TSUJIMOTO

筆者は建築物の火災安全を専門として40年であるが，建築分野に限っても，利用する材料の「難燃性」は，科学することが困難な領域である。単純には「可燃」と「不燃」の間に「難燃」があるわけで，言葉の定義から話に入ると，まず，「不燃性」とは燃焼しない（酸素と反応して，発熱しない）性質ということになる。ところが，金属の粉末を酸素中で高温にすれば，酸化して発熱するわけで，これでは「不燃性」材料はほとんど存在しなくなるため，一般には，コンクリートやガラスのように「標準大気中で加熱されても（ほとんど）発熱しない」ものが不燃性材料とされ，これ以外は可燃性材料となる。「難燃性」材料は，この可燃性材料の中で，燃えにくい性質を持つものということになる。

この整理から簡単に推測されるように，「難燃性」は，何か目的を持った燃えにくさを表現するもので，例えば，煙草の火では出火に至らないとか，子供が誤ってライターであぶっても火が付かないとか，という性質を条件に，可燃性から切り分けられたもので，「可燃」と「難燃」の閾値は固定的なものではなく，対象によって変化する。

さらに意地悪い想像を働かせれば，色々な分野で，可燃性材料が原因で大事故が起きた結果，その材料にその時点で可能であった対策を施したもの（新しく技術基準を作り，これに適合したもの）を「難燃性」材料と称して，供給することが繰り返されているのではなかろうか。現実には，事故が起こると，「安全」を作り出すことが強く求められるため，ドタバタで技術基準が作られ，何を目的とする「難燃性」かも明確に説明されないまま新製品が世に出ることになる。当然，色々な「難燃性」製品の間に整合性が成立するわけもなく，消費者の側は，「難燃性だから大丈夫」と，言葉の与えてくれる安心を信じざるを得ない。

このことは，表１のように具体的に自動車，鉄道車両，建築物の居室を対象とする内装材の難燃性試験方法を並べてみるとはっきりする。その所轄官庁の違い（実際には同じ省庁の局レベルだが）により異なる試験方法が，その意味を明確に説明することなく決められており，かつ，この種の規定では一般的である，試験結果の合否で性能を表示するために，相対的な性能比較も困難である。問題は，要求性能が明確でないこと，もしくは明確にされないまま材料開発が行われていること，並びに特定の性能に対して，定量的な性能表示の手法が確立されていないことの二点である。

一方，表１は，難燃ケーブルなど単純に製品に難燃性を要求するものではなく，利用される空間の内装材に対して制限が加えられているケースを列挙している。並べてみると，内装材に求められる性能は，共通して，それぞれの空間からの出火で消費者の避難安全性が確保されることであると判断できる（衝突の結果，燃え出さないとか，隣の車両まで延焼しない，とかいう副次的な要求性能も当然ある）。このような整理が認められれば，火災安全工学の立場からは材料の着火性（火の点き易さ）と着火後の発

* 2013年７月１日受付，2013年７月１日受理

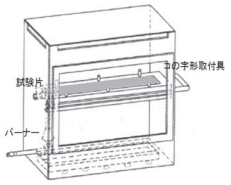
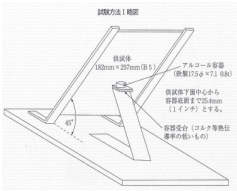
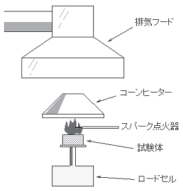
** 東京理科大学国際火災科学研究科（Graduate School of Global Fire Science and Technology Tokyo University of Science）

熱量（燃え広がり易さ）を軸に難燃性の指標化が可能である。

本稿で試行したように，よく似た使い方の空間を並べて，利用する材料にどんな性能が求められるかを，消費者の側から明らかにする作業が成立すれば，このニーズに合わせて性能に差のある材料を開発することは可能であり，ぜひ，その道を拓きたいと考えている。

蛇足だが，この原稿の執筆中に，ふと気になって米国の研究をネット検索すると，米国では客車の火災安全に関する研究が1999-2004年にかけてPeacock et al.(1999) により行われている 1)。個々の材料の特性試験から実大客車の燃焼実験に至る大掛かりな研究で，内装材料の燃焼性の試験法として，表１の居室の内装材に使われるコーンカロリーメータ試験を選択している。ただし，この研究の結果が新しい技術基準にはなってはいないということで，上述の進むべき道の第一歩として参考にしたい。

1) Peacock, R.D., et al. Fire Safety of Passenger Trains, Phase Ⅰ－Ⅲ, NIST, 1999, 2002, 2004

表１ 各種内装材料の難燃性基準

	自動車	鉄道車両	建築物の居室
根拠法令	道路運送車両の保安基準の細目を定める告示【2005.11.09】 別添 27(内装材料の難燃性の技術基準)	鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準 第五節　車両の火災対策等	建築基準法施行令　第 108 条の 2 不燃性能及びその技術基準、 第 129 条　特殊建築物等の内装
対象	自動車の運転者室及び客室の内装材料	一般旅客車、地下鉄等旅客車及び新幹線旅客車の内装材料	(指定された居室の)壁、天井の内装材
主な試験方法	手順に従って 5 個の試験片について試験を行う。 試験片を室内側が下面になるよう、水平に固定。試験片短辺自由端中央下 19mm にガスバーナの出火管の中心を置く。 試験片を少なくとも 15 秒間炎にさらす。決められた領域での燃焼の進行により、試験片の燃焼速度を計算する。	B5 板の供試材を 45°傾斜に保持し、燃料容器の底の中心が、供試材の下面中心の垂直下方 25.4mm のところにくるように、コルクのような熱伝導率の低い材質の台にのせ、純エチルアルコール 0.5cc を入れて着火し、燃料が燃え尽きるまで放置する。	主たる試験は発熱性試験 (ISO5660-1 に準拠)。発熱性試験　建築材料の表面の燃焼性状を評価する試験法。試験体 (100mm × 100mm) を水平に置き、その上方からコーン型の電気ヒーターにより 50kW/㎡の放射加熱を与え、電気スパークの口火により着火させ、燃焼性を発熱量により判定する。
判断基準	5 個の試験片は、それぞれ、次のいずれかの基準に適合すること。 (1)燃焼しないこと。 (2) 試験片の燃焼速度の最大値が 100mm/分を超えないこと。 (3)試験片の燃焼が、A 標線に達してから 60 秒経過する前に停止し、かつ、A 標線に達した後の試験片の長さが 50mm 未満であること。 「鋼板、アルミ板、厚さ 3mm 以上の木製の板(合板を含む)、及び天然の皮革は難燃性材料とみなす。」	区分 / 不燃性 / 極難燃性 / 難燃性 アルコール燃焼中：着火 なし / なし / あり / あり 着炎 なし / なし / あり / あり 煙 僅少 / 少ない / 少ない / 普通 火勢 – / – / 弱い / 炎が試験片の上端を超えない アルコール燃焼後：残炎 – / – / なし / なし 残じん – / – / なし / なし 炭化 100mm以下の変色 / 試験片の上端に達しない / 30mm以下 / 試験片の上端に達する 変形 100mm以下の表面的変形 / 150mm以下の変形 / 縁に達する変形、局部的貫通孔	5 分間の放射加熱に対して防火上有害な変形・溶融・亀裂その他の損傷を生じないこと。 総発熱量が 8MJ/㎡以下であること。 200kW/㎡を超える発熱速度が 10 秒以上継続しないこと。
試験体寸法	長さ 350mm、、幅 100mm、、厚さ 12mm	182mm ×257mm	100mm×100mm
試験装置