

No.121

March 10, 2005

Information

講 演

2004年10月20日（火）・第141回談話サロン（東京・弘済会館）

講師・演題

柴田 碧：安全専門部会のあゆみ

高田 毅士：Safety Burst（安全の破綻）WG 報告

社団法人

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

日本工学アカデミーの使命

社団法人日本工学アカデミーは、広く学界、産業界及び国の機関等において、工学及び科学技術並びにこれらと密接に関連する分野に関し、顕著な貢献をなし、広範な識見を有する指導的人材によって構成されており、工学及び科学技術全般の進歩及びこれらと社会との関係の維持向上を図るため、下記の諸活動を通じて、我が国ひいては世界の発展に資することを目的とする。

記

- 1) 国内外の工学・科学技術政策、教育等に関する調査研究、提言活動を積極的に行う。
- 2) 国内外における学際・業際的及び新技術領域の活動を推進することに資する調査研究等の諸活動を積極的に行う。
- 3) 国内外の工学、科学技術の健全な進歩発展に寄与するための教育活動、及び一般に対する普及、啓発活動を推進する。
- 4) 上記の諸活動を効果的に実施するため、国内外の諸団体、特に海外の工学アカデミーとの連携を強化し、共同事業等を推進する。
- 5) 上記の一環として国際工学アカデミー連合の主要メンバーの一員として、特に近隣諸国における工学アカデミーの設立に対して、良きアドバイザーとしての責務を果たす。

2000年7月19日理事会

安全専門部会報告

司 会（向殿政男電子情報化システム WG 主査） 皆さんこんにちは。台風23号が来ていますが、ことしは異常に台風の多い年ですね。きょうは、まず台風から自分の身の安全を守らなければいけないという状況ですので、時間は5時まで予定しておりますが、なるべく早目に終わらせたいと思います。台風が荒れ狂う前に、早めに帰ったほうが安全かと思えます。



では、安全専門部会の報告ということで、談話サロンを開催させていただきます。

司会を仰せつかりました明治大学の向殿です。この安全専門部会の中にワーキンググループが3つありまして、その中の1つである電子情報化システム WG の主査をさせていただきます。まず、安全専門部会の部会長であります柴田碧先生から安全専門部会の全体の流れと、その成果についてお話を願っております。また、本委員会の中で、Safety Burst という新造語を考え出しましたが、これは安全に関する新しい概念であるということで、最後に Safety Burst という WG をつくりました。そこでいろいろ議論した結果について、その主査である高田先生に、続いてお話を願うというのがきょうの予定であります。

ご存じのように、今、安全問題はいろいろなところで検討され、ある意味では非常に問題視されております。それは、技術的な面からだけでなく、人間的な面、組織の面、また、倫理の面から、等々いろいろな面から安全問題が議論されております。安全専門部会のスタートは、これから柴田先生からお話があると思いますけれども、近未来の安全問題を少し先取して考えようというのが最初の目的でありました。初めは日本工学アカデミーの情報専門部会の中からスタートし、平成13年度より安全専門部会として独立して、ワーキンググループを3つつくって議論をいたしました。責任問題から始まって幅広く議論をいたしました。なかなか活発で面白い議論が多かったので、その報告をきょうしていただく訳です。特に3つ目の Safety Burst という新しい概念については主査の高田先生からお話をいただくという形で進めさせていただきたいと思えます。

それでは、まず柴田先生からお願いいたします。柴田先生はもう皆様ご存知で、ご紹介する必要はないと思えます。私は、柴田先生が東大の生研におられた時に最初にお会いしました。その時にファジィ理論、あいまい理論をやっておりましたが、柴田先生は、もちろん機械の震動の専門家でありますけれども、あいまいなもの、不確定なものに対しても大変ご理解があって、日本のファジィブームを仕掛けた張本人の1人です。その辺から、柴田先生とおつき合いが始まりまして、安全に関して私も興味があったものですから、柴田先生のもとで、安全専門部会の仕事をさせていただいているということでもあります。

これ以上、柴田先生については詳しくご紹介する必要はないかと思えますけれども、ご存じのように学術会議の安全工学専門委員会の委員長をお務めになりましたし、安全工学シンポジウム、その他多くの会議を主体的にここのまでリードされてきた先生であります。今回の日本工学アカデミーでも、安全専門部会をずっと引っ張って下さっております。

それでは、柴田先生、よろしく願いをいたします。

安全専門部会のあゆみ



柴田 碧 (しばた へき)
(安全専門部会長)

1931年生まれ
(独)防災科学技術研
究 所 客 員 研 究 員
(2005年3月迄)
東京大学名誉教授

柴田です。お久しぶりでお目にかかる先輩の方々、いろいろなところでお世話になった先生方の顔を、こういう雨の日に拝見することができて大変うれしく思っております。

このタイトル画面(省略)ですが、個人のプレゼンテーション用で対処するのはこの発表にはおかしいと思ひまして、工学アカデミーと安全と両方に共通するにふさわしいものはないかと思ひましたら、偶然今、向殿先生の言葉の中にもちょっとありましたけど、uncertaintyとか、不確実さというのが安全の1つの問題のあるところですが、それについてのチェコと日本のワークショップを高野山で、高野山には高野山大学がありまして、そこの方がお世話してくださって、数年前に行いました。会場は大学で非常によろしかったんですけども、宿坊に泊まることになり、私も晩御飯を座って食べていてひっくり返ったり、チェコから10人ぐらいの先生方が見えていたんですけども、皆さん長い足を抱えて四苦八苦していました。そういうような思い出があって、高野山は安全に縁があると考えてこの写真(省略)、これは専門家の絵はがきで、著作権侵害かもしれませんが、使わせていただきました。

これは個人のタイトル画面の例ですが、私がお手伝いをしている防災科学技術研究所としてのタイトル・バックに使っているのですが、地震のナマズと洪水のカップ、カップは牛久沼という沼が筑波の近くにありますが、あそこのカップです。この絵は、日本画の専門の方で、小川芋銭のお弟子さんのものです。茨城は牛久沼のカップの

絵で有名で、最近の「日曜美術館」、NHK でやっていたけれども、その人の弟子が行きつけの和食レストランのために書いた色紙絵を、許可を得て使わせてもらいます。それでウナギが載っているのです。後ろが筑波山です。その筑波山は我々のシンボルでもあるわけですが、いろいろ山での災害ということも研究所の研究対象です。これは広重の絵の小さいのからとったものです。

そんなことに気をとられて、実は大変大きなミスプリントがあるのに今日気がつきました。こちら(当日の画面)は安全専門部会と書いてあります。そしてこれ(配布資料)は安全工学専門部会。この「工学」を入れるかどうかというのは非常に議論がありましたけど、基本的には安全工学ということをやりますけど、専門部会のタイトルとしてはこの「工学」という字があるのは間違いでありまして、安全専門部会です。いままでそれに気がつきませんでした(表1参照)。

表1 設置についての概要

平成10年に情報専門部会(青木利晴部会長)のWGの一つ安全工学関連WGとして発足し、情報網が関連する安全の問題を主体に取り上げた。

専門部会の制度の改変で、最後の部会ということになり、平成13年4月により本部会として独立した。

目的: 近未来の安全問題について探索、調査する。

設置期間: 平成13(2001)年4月～平成16(2004)年3月

開催回数: 12回

ただし、第12回は平成16(2004)年5月18日に開催。

WGの設置

WG.B、WG.D、WG.Hの3WGを設置し、個別に詳しく問題点を検討した。当初テーマ案として4テーマ、後に4テーマを追加、列挙し、そのうちの3テーマについて、下記のように取り上げた。

WG.B: 電子情報化システム: 主査 向殿 政男 (明治大学)
幹事 平尾 裕司 (鉄道技研)

WG.D: 社会の逐年的変化: 主査 大久保 堯夫 (日本大学)
幹事 小松原 明哲 (早稲田大学)
幹事補佐 吉村 健志

(海上技術安全研究所)

の2WGで出発し、平成14(2002)年4月より

WG.H: Safety Burst: 主査 高田 毅士 (東京大学)
幹事 大島 靖樹 (電力中央研究所)

を追加し、本年5月18日の第12回本部会で終了した。

発足は、平成10年に情報専門部会の青木部会長のご好意で、とにかく安全の問題、皆さんのぐらい受け入れてくださるかわからないが、やってみたらということで、当初は専門部会ということの前に、ワーキンググループで情報系の安全問題をやってみようということになり、情報網に関する安全の問題を議題として取り上げました。これは向殿先生があとでワーキンググループBで、それを継いでくださったわけです。こういう問題について、皆さんが熱心に議論してくださることがわかりましたので、平成13年2月から部会として、取り組むに至りました。それは、安全の問題というものがどういうことかということよりは、そういう議論は抜きにして、近未来の安全問題について、それを調査するということで考えました。ところが、その頃、工学アカデミーとしては専門部会の制度を廃止し、作業部会という制度へ転換するということになりました。ほんとうは設置するのは無理だったんだと思いますけれど、理事会の皆さん、企画委員の皆さんなど関係の方のご好意で、とにかく最後の部会として設置できまして、平成13年から16年までと。部会開催回数12回で、12回目は平成15年度から、飛び出してしまったというようなことです。

ワーキンググループは、随時設置というわけですが、これも最初は4テーマぐらいを挙げて、そのうちの2つ、ワーキンググループBとDというのでやりました。また、もう1つを追加することを最初から考えていましたので、このテーマをHまで考えて、テーマとしては合計8つの可能性を検討しました。

ワーキンググループBは「電子情報化システム」で、先ほどの情報専門部会のワーキンググループの延長としました。Bはエレクトロニクスと情報系統で向殿先生が主査、JR 鉄道総研の平尾さんが幹事で発足しました。それから、その次はグループDで「人間工学」、日本大学の久保先生、日本人間工学会の会長に、主査になっていただいています。ご出身はお医者さんではありませんけれど、人間工学という意味で医学博士の方です。それから、幹事の松原先生。当時は金沢工業大学で、現在早稲田の教授でいらっしゃいます。幹事

補佐として、当時日大で大学院の学生だった吉村さん。現在は海上技術安全技術研究所の研究員です。

私どもの方針としては、工学アカデミー自体は私より年配の方々が多くおいでになるけれど、このようなワークショップは若手になるべく多く加わっていただくということで、30才から80才までということで編成しました。そのあと、グループHの“Safety Burst”というWGを組織したことです。東京大学・建築の高田教授と電中研の大鳥氏にお願いしました。

本部会の検討内容につきましては、配布した資料に書いてあります(表2参照)。第1回とか第6回のように、抜けているときは具体的な課題での議論はしませんでしたけれど、その他のときはこういうテーマを取り上げて、それぞれ近未来の安全問題として、独立した形の研究の内容になり得るかということを検討しました。スライドにはタイトルしか書いてございませぬけど、皆さんのお手元の資料にはほんとうに簡単ではありますが議論のポイントを書いてあります。第2回の“E-mailにおけるフレーミング”の話の鴻巣先生も

表2 検討課題と概要

- 第2回: E-mailにおけるフレーミング; 鴻巣委員
- 第3回: 航空交通管制—管制通信の現状と将来; 長岡委員
- 第4回: ヒューマンエラーをなくすために今後何をすべきか; 大橋委員
- 第5回: Calculation of Network Reliability Problems by ATRC Method; G. Petkov氏(ソフィア工科大学)
- 第7回: 異常・故障・安全問題の体系化に向けて; 北森委員
- 第8回: 色彩からのアプローチ、就労環境における色彩の使い方; 大内委員
- 第9回: シナリオ、その性格と役割; 柴田委員
- 第11回: ミスマッチ検出器としての脳; 入野氏(広島大学)
- 部会としての結論; 個別のテーマのレベルでも興味深い課題もあるが、
“安全の体系化”
“安全教育”
が各論的なものより重要である。

以上を今期の日本学術会議の安全工学専門委員会の方付けとして考える。

“安全知の連合”を、日本工学アカデミー内の将来の方向として考え、作業部会(新制度)を発足することとした。

若い方です。第3回は“航空交通管制—管制通信の現状”と将来ということで、長岡先生にお話をいただきました。これについては、国際的なワークショップで取り上げようとしたのですが、やはり現在行われていることだと、いろいろ議論しにくい面もありました。特に、現在は英語の会話ベースでの航空交通管制通信を、そのほかの言語でもいいのだろうか。ほんとうにこういうことを実務として専門にやっておられる方には、やや政府間の公式としての議論は出せないというようなところがありまして、近未来の新しいテーマの1つになり得るよいテーマとは思いますが、出来難いという感じがありました。

あとの、個々の課題については時間もないので省略しますが、第11回で“ミスマッチ検出器としての脳”、広島大学の入戸野先生にお話を伺いました。この方は委員ではないのですが、ほかで話をされた際に私はそのお話を伺って、非常に興味深く思ったわけです。脳波だけでなくMNRとか、脳の具体的な働きと実際の人間の行動の反応など人間工学的な具体的なことを比べ、いわゆる両面からのデータを採っていますので、ミスマッチなんかを検出する際に、脳のどの領域が働いているかというようなことを、かなり具体的に画像を見たり、見た画像を合成して立体として検討することをやっておられます。この辺の話は、安全ということで、工学だけでなく医学の分野に関することとしても面白いものがあると思います。

そういう意味で、第8回の“色彩からの就労環境”、人間工学でそれは感性の問題ですが、もう一歩踏み込むとなくなかありそうです。

このように、1つ1つの課題は面白いし、将来の研究の課題になり得るものも多くあるということでしたけれども、このあといろいろ全員で討論して、結果としては次のようなことになりました。部会の結論として、興味深い課題も多くあるけれども、その前に、“安全の体系化”と“安全教育”という基本的なものを採り上げることが、より重要であるという結論になりました。“安全の体系化”、それは安全マンダラということに向殿先生が言われました。マンダラという言葉は日本語な

のかどうかというところで調べました。この言葉は英語でもちゃんとありますし、フランス語でもマンダラで、パリのギメの東洋美術館にはマンダラのいろんなことがシステムティックに展示されていますので、こういう体系化を単に行うということだけではなくて、全体のそういうものの思想の体系化ということに、マンダラという言葉に関連づけるということは意味が深いということがわかりました。そういう意味で、本部会での議論を楽しんだわけであります。

こういう2つの結論、“安全の体系化”と“安全教育”、これを19期の日本学術会議の安全工学専門委員会に取り上げ、小委員会等を設置して、現在進めています。日本工学アカデミーの方向としては、“安全知の連合”ということが書いてありますが、これについても非常に力を入れています。それは今年度から“安全知の連合”を作業部会としてやって行うということです。“安全知の連合”ということを考えましたのは、平成14年、15年の安全工学シンポジウムのキーワードとしてでした。平成14年の幹事学会、日本人間工学会で“安全知”という言葉に小生が言及したら、実行委員会がそれはよいのではないかとということで、キーワードとして採用されました。平成14年と15年、“安全知の連合に向けて”、などという形でキーワードとするということになりました。

そのようなことを経て平成16年、今年度、「安全知の連合」作業部会というのを向殿先生に作業部会長になっていただいて、発足させました。第1目標として、この組織を発展させていくこととするということで、この11月11日の午前中に第1回の会合を開く予定になっております。

どういう学協会で連合するのかというと、安全工学シンポジウムの共催・協賛学協会約40団体*で、安全関連の会合に出席をお願いする。この日の午後は早稲田大学の小松原教授の担当で安全工学ワークショップを学術会議の共催で開催します。これは、子供たちの安全についての話が主題です。

Safety Burst というものは、実は向殿先生と私

*注：実際には日本工学会関連で約100学協会に連絡をした。

と会議で話をされていて、最近耳がぼけていて、ほかのことを言われたそうですけれども、私はそれを Safety Burst と受取って、それは“いい言葉だ”と向殿先生が言われたということで、定義としては“安全（安定）維持してきているシステムが、何らかの擾乱で安定を失う状況”を意味するということに直感的に結びつきました。これはニューヨークのワールドトレードセンターのテロに関して、その直後のアメリカの航空機輸送の状況などのような状況をいいます。安全が破裂する、Safety Burst と、それは変じゃないかとおっしゃる方もいるんですけれども、安全な状況が破壊を来すという意味で使っています。

ただ、システムが同時多発テロのようなものがあっても回避可能だということは、ニューヨークのワールドトレードセンタービル内にはキーになる金融関係の諸会社が入っていたそうですけど、それにもかかわらず、世界の金融網はアメリカ国内の航空輸送網ほどの混乱にはならなかったということです。これはアメリカ議会の報告書にあるということです。これはワーキンググループHのほうで土屋委員が報告されました。Safety Burst というのは、同時多発テロと同義の言葉を意味しているのではなくて、ここで強調したいのは、同時多発テロのようなものでもバーストしないようなシステムもあるという意味です。

この字（省略）はもうちょっとしゃれて書いたんです。ほんとうのイメージはスライドの画面のもので。これは先日、今井兼一郎先生（会員）に、安心ということがこのごろよく言われるけれど、安全と安心というのはどういう差があるかというような意味のことを聞かれて、実は学術会議でも安全と安心とか安全学とかいろいろ言われているので、それについてちょっと考えてみました。このバックは、高野山で小さな佛様たちが雪をかぶっていたところの写真を拝借しています。

安全、安心とは、最近“癒し”、セラピーという言葉がはやっていますが、これだと思えます。10月初めに第6回国際シンポジウム（日本工学会アカデミー主催）が“ロボットとの共生”ということでありましたとき、産総研の柴田という方がパロという赤ちゃんアザラシロボットを実際に

持ってこられて、セラピー、癒しという効果があるという研究を発表されました。これは最近新聞なんかでよく「ヤ」をおくりがなに入れていることが多いんですけど、調べてみると「ヤ」がないほうが正しいようです。

産総研の柴田さんは、私のところにおいて、今、名古屋大学の福田敏男教授、きょうのこの中に福田氏を学部学生時代にご指導なさった方もいらっしゃるかと思うんですけど、その人の最初の大学院生だったようです。そういう意味で、私の孫弟子ともいえるのですが、そういう人がつくりました。これがパロというアザラシロボットです。実際、実物をわざわざ北極圏か何かまで見に行くと、鳴き声を録音してつくったとの事です。そして、これを最近の産業と心の問題の合体ということで、具体的に商品として売り出そうとしています。値段は20万円かそこらぐらいのようですけど。今、“いやし”ということの特にテーマにして、年配の方たちのいらっしゃるころへ半年とか、何台というのか何匹というのかわかりませんが置いておき、それで具体的に心理的にもどういう効果があるとか、どういうふうになったとかということで研究しておられるようで、産総研の研究としても非常にユニークな研究だと思うんです。

こういう問題で、私自身、ファジーの問題で東京工業大学寺野名誉教授（現）*のご指導と一緒に研究会を組織し、今の安全工学専門部会の皆さんなどと一緒に小冊子を書いたときに、私はちゃんとした Fuzzy について学術論文めいたことを書けなかったものですから、ご隠居とタマ（猫）の落語をやったらどうかと考えました。落語では、ご隠居がひざの上に猫を乗せて、何か話しかけると、猫はニャーとか反応をするわけです。Yes でも No でもよいのですが、そういうことについての考察を書きました。そのときには、“いやし”という言葉はありませんでしたが、結局、そのことがパロの役割とほぼ同等なのではないかと思うんです。声をかけるとこっちのほうを向いたり、なでると寝たりとか、いろいろな声、それからさわる、ひげなんかをさわると拒否反応を起こして嫌がってそっぽ向いちゃうとか、そういうことが、

*注：平成17年2月15日に急逝されました。

あいまい工学、ファジー理論と正確に連がるかどうか分かりませんが、それから“いやし”というのが、安全にどういうふうにつながっているかということは、今回の部会では、機会がなくて取り上げるものではなかったわけですが、今後、“心の平安”ということを書きましたが、この心の平安ということが、私たちの安全についての研究方針に非常に役立つのではないかと考えているわけです。このパロはほんとうに生きているのかなと思う感じで反応します。

平安ということについて、いろんなことを言うとしてすぐ確率的なことが出ますけれども、主観的な判断による同意の獲得ということが、パロにしても、落語のタマにしても、要するに主人に同意をします。そうすると、同意を得た人が安全と安心を得られる。安全というのは（平常が）危害であるのを、努力して日常での安全を獲得すると、そういうふうな意味でありますけれども、最近は安全と確率ということが大事であると。そういうことから、“心の平安”というのは絶対安全でなきゃいけないと、すぐそういうふうなことになるわけですが、そういうことではなくて、心の平安というのは、見ているとそういう（タマとかパロのような）ものではないかと。心の目指すものとは人間相互の関係というようなことが今後の1つの課題かなと思います。

最後に、この情報専門部会として、本テーマのスタートをお世話いただいた青木利晴先生と苗村憲司先生に、それから、メンバーには積極的には入っていただきませんでした。ご意見とかいろいろ雑談の折やなんかにお話をいただいた今井先生、それからメンバーとしてご活躍もいただき、多くの議論でよくご指導いただいた早稲田の堀内和夫先生（会員）、その方々をはじめ、諸会員のご協力、ご指導に感謝申し上げます。それと、今後、作業部会を続けて行くことができるよう、ご理解をいただきますようお願いいたします。また今日は風雨の強い中わざわざおいでいただきありがとうございます。

以上であります。

司 会 どうもありがとうございました。安全と

安心の話から、近未来のこれから多分起こるであろう安全問題にまで言及して、柴田先生は、いろいろ新しい方向を示唆されました。何かご質問、ご意見がございましたら、お手を上げていただきたいと思います。

柴 田 私のほうは以上で、本日は高田先生のバーストの話のほう为主题でございます。

司 会 分かりました。この専門部会、先ほどのお話のように実は3つのWGを持ってしまして、電子情報化システムWGに関連して、以前に安全工学の体系化ということで談話サロンを開催させていただきました。（2000.9.28/Inf.No.114）

2番目のWGである人間工学のほうも、実は談話サロンを既に開かせていただいております（2002.11.13/Inf.No.114）、きょうは第3回目ということです。柴田部会長に全体のまとめを、引き続き3つ目のWGであるSafety Burstの話を引きょうはご紹介して皆さんのご意見をいただくという流れであります。

Safety Burstというのは、先ほど柴田先生が言われましたように、私がセーフティーバスの話をしていたのがきっかけです。要するにバス、すなわち一本のケーブルの中に安全信号と普通の機能信号を全部一緒にしてやると配線が非常に楽になるし、コンピュータがうまくつながるので、セーフティーバスというのは重要だという話をしていたら、柴田先生がそばで聞いておられて、おお、Safety Burstか、すごいなという話になったのです。これは、明らかに誤解です。誤解で、新しいことを発見するときはみんなこのようなことがきっかけかもしれませんが、これがSafety Burstという部会が出てきた理由であります。

それで、高田先生にSafety Burstの主査をやっていただきました。高田先生は、もともと東大で建築がご専門の方なのに、こんな仕事をお願いして誠に申し訳ないと思っていましたが、非常にユニークなまとめ方をしていただきました。それでは、この3つ目の部会の報告をお願いしたいと思います。

高田先生、よろしくお願いいたします。

Safety Burst (安全の破綻) WG 報告



高田 毅士 (たかだ つよし)
(Safety Burst WG 主査)

1955年生まれ
1977年 名古屋大学
工学部建築学科卒業
1979年 同大学大学院
工学研究科建築学
専攻修士課程修了

1979年 清水建設(株)入社、会社在职中に2年間、
米国コロンビア大学、プリンストン大学に留学
1998年 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻
助教授
2004年 同 教授
工学博士、主な研究分野：構造信頼性理論とその
応用

皆様、初めまして。東京大学の高田です。建築
が専門でして、分野としては耐震、それから設計
法をやったり、確率論を中心として構造物の安全
性評価など、いろいろやっております。リスク評
価などもちょっとかじっております。

柴田先生とそれから向殿先生から、このワーキ

ンググループの発足の経緯は既にご紹介いたさ
しました。Safety Burst という非常に難しい、我々
にとって非常に新しい言葉を柴田先生からいただ
き、このキーワードで何か活動をしてくださいと
いうことで、どのようにやっていいのか非常に戸
惑っていました。

ワーキンググループの設立趣旨として、当初考
えていましたのは、これは柴田先生の文章ですけ
れども、今、南海地震とか、東海地震とかが同時
に起きたらどうなるかとか、そういったことが結
構話題になっております。

これは、JRの計算センターについてですが、
計算センターのホストコンピュータを東京と大阪
で持ち、2カ所で新幹線の運転を把握していて、
同時に損傷する可能性が当然出てくるわけです。
そういった状態で何が起ころうということをも
考えてみてはどうかと。これは一例なんですけれ
ども。

この概要ですが、近未来の研究課題が Safety
Burst という切り口で何か見出せないだろうか
という非常に大きな課題をいただきました。とにか
く、いろんな人からいろいろなお話を聞いて、
Safety Burst とは何だろう、どう考えればいいの

図表 1

WG.Hの委員名簿

主査: 高田(東京大学)

委員:

江藤(千葉経済大学)	大久保(日本大学)	片田(群馬大学)
佐藤(中央大学)	重川(富士常葉大学)	須田(大阪大学)
柴田(防災科研)	住田(大阪科技センター)	高橋(建築研究所)
土屋(東洋エンジ)	長岡(電子航法研)	西村(JR総研エンジ)
能島(岐阜大)	野田(香川大)	花安(産安研)
谷口(名工大)	古屋(三菱総研)	堀内(早稲田大)
松岡(海技研)	三友(海技研)	宮本(明星大)
向殿(明治大)	吉村(産総研)	

幹事: 大鳥(電中研)

資料提供者: 永田(電中研)

かを何回かのワーキングをやって、まとめる努力をして考えていったわけですが、そもそもその定義すらなかなか難しいという状況でとりあえず始めました。

図表1（前頁）は委員の名簿ですが、一応私が主査というまとめ役をやっておりますが、土木、建築だけではなくて、機械、情報、科学システム、航空等、非常に幅広い分野の先生方に委員になっていただき、幹事は電中研の大鳥さんをお願いいたしました。

基本的にどういうことをやったかといいますと、実際には平成15年の3月から始めて、平成16年の4月、ことしの4月まで1年ちょっと、計6回のワーキングを開いております。

このワーキングで何をやったのかですが（図表2）、まず第1回は、Safety Burstのワーキンググループの発足ということで、柴田先生に音頭をとっていただきました。Safety Burstから、皆さんは何を連想されるかということです。いろんな考え方があると思うんです。最初、我々が思いましたのは、セーフティー、セーフと思っていたシステム、あるいは人間がつくったものがセーフティーじゃなかった、バーストしてしまった、そう

いう事例といいますか、そういうものを幾つか紹介してもらおう。それを通じて Safety Burst というのはきつとこういうふうな位置づけで、こういうふう考えたらいいだろう、こういう定義をしたらいいだろうというのをまとめていって、最後に今後どうすればいいか、みたいなまとめができるといいなと、いうことでスタートしました。

第2回目のワーキングは、これは地震の話ですが、地震災害は非常に広域で同時性が高いということもあり、これは Safety Burst とすごくかわりがあるんじゃないかと考え、岐阜大の能島暢呂先生に来ていただきました。それから群馬大の土木の片田敏孝先生、「低頻度大規模災害」と書いてありますけれども、東海地方の集中豪雨の話で、それを住民側の視点から研究されていて、そのあたりの話題提供をいただきました。

第3回目は、情報のご専門の早稲田大学の堀内先生で、情報というのは、何か1つ問題が生じますと非常に波及的に被害が広がる特徴があります。いつでしたか、コンピューターの調子が悪くて、銀行からお金がおなくなったということがありましたが、いろいろな事件があります。堀内先生のご専門はもっと理論的なところですが、情

図表2

WG.Hの活動概要(H15.3－H16.4)

- ◆第1回WG 平成15年3月11日(火) 10:00～12:00
『Safety BurstのW.G.発足に当たって』柴田委員(防災科研)
- ◆第2回WG 平成15年5月26日(月) 13:30～17:00
『災害ポテンシャルとしての震度曝露人口とその評価』能島委員(岐阜大学)
『低頻度大規模災害の住民理解とそれを踏まえた防災行政の課題』片田委員(群馬大学)
- ◆第3回WG 平成15年8月27日(水) 15:00～17:30
『大規模複雑システムの安全運用に関する提案』堀内委員(早稲田大学)
- ◆第4回WG 平成15年11月21日(金) 13:30～17:30
『8.14米国北東部大停電について』永田主任研究員(電力中央研究所)
『地震災害による経済被害の深化』谷口委員(名古屋工業大学)
- ◆第5回WG 平成16年2月13日(金) 14:00～17:00
『JRの鉄道ネットワークの地震対策』長縄グループリーダー(JR東海旅客鉄道株式会社)
『Safety Burstの取りまとめ』に関する中間報告
- ◆第6回WG 平成16年4月13日(火) 14:00～17:30
『原子力における安全性確保の考え方』住田委員(大阪科技センター)

報ネットワークの非常に巨大なシステムに対してどのように考えていけばいいのかといったお話をいただきました。

それから、第4回目は、委員の方ではないのですが、大鳥さん経由で電中研の永田主任研究員に話題を提供いただきました。これは一年前の8月、米国で大停電がありましたが、一体なぜ、ああいうことになったのか、一体どういうふうなメカニズムだったのか。我々は全然専門ではないので、ちょっとこのあたりを聞かせていただきたいということでお願いし、快くお引き受けいただきました。きょうはその話も少しします。

それから、名工大の谷口正士先生から、地震被害というのは都市にとっては非常に膨大な損失になるわけですが、そのあたりの経済損失みたいなものをどういうふうに考えていけばいいかというお話をいただきました。

5回目は、JRの長縄さん、最初に柴田先生のワーキングの発足趣旨というのがありましたけれども、JRの新幹線の地震対策はどういうふうに行っているのか、どうなっているのかということで、長縄さんに地震対策の話をしていただきました。

こうしていろいろな事例を我々が見て、Safety Burst とは何だろうということを取りまとめなければいけないと考えました。

第6回、この時は、まとめもやりながらですが、原子力の住田健二先生から、原子力ではどういったセーフティーを担保しているのか、いわゆるそのやり方ですね、その基本的考え方というのか、その辺のお話もいただきました。

ということで、これだけ見ても非常に広範囲な分野で、セーフティーそのものも非常に幅広い概念なものですから、分野も当然多岐にわたっているということです。

Safety Burst は、最初も述べましたけれども、ほんとうにどういうふうな状態が Safety Burst、セーフティーがバーストした状態なんだろうということを我々なりに考えてみますと、ワールドトレードセンターの崩壊、今回もちょっと紹介しますが、韓国の地下鉄事故、あれもたくさんの方が亡くなられたわけです。東海豪雨、ATMの問題、コロンビア号の事故、日本のロケットの打ち上げ失敗だとか、世田谷のケーブル火災、これもまた非常に大きな被害が出たわけです。それから、JCOの事故、こういう事例を挙げてみて、Safety Burst という視点から共通なものは何だろうという整理ができないかと考えたわけです（図表3）。

結論から申しますと、Safety Burst というものを何か定義しなければいけないということで、いろいろ悩んだ挙げ句定義したのがこれ（図表4次頁）です。「強い影響を与える可能性のある大き

図表3

Safety Burst に関連する事例

- ◆ WTC崩壊 (2001.9.11)
- ◆ 韓国の地下鉄事故 (2003)
- ◆ 北米大停電 (2003.8.14)
- ◆ 東海豪雨 (2000.9.11)
- ◆ 航空管制
- ◆ ATM (MIZUHO銀行)
- ◆ NASAのコロンビア号事故
- ◆ H2Aロケット
- ◆ 世田谷ケーブル火災
- ◆ 東海村のウラン処理の事故 (JCO)
- ◆ その他

図表 4

Safety Burst とは？

定 義

強い影響を与える可能性のある大きなシステムが一カ所又は同時多発的に複数個所の損傷を受けることによって、連鎖的に被害が拡大し、想定した状態を維持・確保できなくなった状態を表わす新しいよび方である。

問題点

予想以上の被害が生じ、想定していなかったことが
起こるため、社会に大きな不安感を与える。

なシステムが、1カ所又は同時多発的に複数箇所の損傷を受けることによって、連鎖的に被害が拡大し、想定した状態を維持・確保できなくなった状態を表わす新しいよび方である」と、ちょっと長いですが定義をしました。

ここで重要なキーワードは、連鎖的に被害が拡大していくということ、それから、1カ所壊れるならまだいいのですが、同時にいろいろなところが壊れる、それによって思いも寄らない被害が出る。そういうものを Safety Burst という言葉に当てはめてみましょうということです。

このセーフティーが Safety Burst をしますと、「予想以上の被害が生じ、想定していなかったことが起こるため、社会に大きな不安感を与える」という特徴を持つものであると考えました。この定義も、いいのか悪いのかよくわからないのですが、今までのセーフティーの概念とは少し違うようなニュアンスを感じていただけるのではないかなと思っております。

これからいくつか、具体事例のお話を少ししたいと思います。これは電中研の永田さんの資料(図表5)を借りて説明させていただきます。

北米のある地域が停電になってすごい影響を与えたということですが、事故の概要をいいますと、2003年8月14日、午後4時ごろ、エリー湖、オンタリオ湖周辺に大規模な停電が発生し、最終的にはニューヨークまで大停電になるということです。ただ、停電はそんなに長く続いたわけではなくて、2日間で復旧している。これは非常に特徴

的ですね。地震被害なんかですと長いこと影響があるわけですが、2日間で直っているというのは非常に特殊な例ではないかと思います。

この要因ですが、考えてみますと、非常に簡単な単純な原因で、それが重なって大被害になった。この原因については電中研あるいは当然アメリカでも調査がなされて、現在以下の結論になっています。技術的原因として、送電システムの中の3カ所で樹木が高圧送電線に接触して、そこでトリップした。これが1番目の原因です。その部分だけで閉じていればいいのですが、送電ネットワークというのは全部つながっておりますので、そこがトリップしたことによってほかのところの電気供給が過剰になってくる。連鎖的に、それも瞬時に送電がとまっていったということが一番の原因です。

これは、先ほど言いましたが、こういう特徴を持つ地区でありました。

エリー湖がありますが、ここに発電所があって、こちらがニューヨーク、このあたりもたくさん電力を受けなければいけない都市が近郊にあるわけです。一番の原因はこれですけれども、これは全部送電網ですが、樹木が送電線に接触してショート状態になったということです。これが3時5分ごろで送電線の一部が切れている状態になっている。

それから、こちらでも同じように樹木の接触が相次いで起こっているということになります。それが3時5分ごろ。電気というのは瞬時に電圧の

北米停電

(電中研永田主任研究員の提供資料)



<http://edition.cnn.com/>

低いところにどんどん流れていく特徴があります。これは樹木と接触の例ですが、ここに高圧線の送電線があります。こんな形で木が生い茂っていて、大きくなってくると送電線に触れる。こういう問題がありまして、アメリカでは樹木をきっちり管理しないといけないという規制があつて、これはアメリカの資料ですが、5年サイクルで樹木管理を行う。必ずしも全州では行われていないようですが。

停電の経過ですけれども、最初にこの発電所が停止したとあります。これが特に直接の原因にはなっていませんが、樹木の接触によって、ある日、ここで送電がストップした。そうすると、これは連鎖的に他のところにも影響を与えまして、最終的にNGに最初の原因があるのですが、4時ごろいろいろと電気の需要を受けなければならない事項がある。そこは恒常的に電気を必要としている部分ですが、そこに電気を回さなければいけない。例えば、これはちょっとはつきりわかりませんが、電気を必要としている地域がある、こういうところの送電線が切れることによって、他から電気を回すと。そういうようなことが自動的に

事故の概要

2003年8月14日の16:10頃、エリー湖、オンタリオ湖周辺地域を中心に大規模な停電が発生した。完全復旧にほぼ2日間を要し、約60～70億ドル(6600～7700億円)の被害が発生した。

技術的原因

- ①3ヶ所で樹木が345kVの送電線に接触し、送電線がトリップする。
- ②345kV送電線のトリップにより138kV送電線の過負荷が連鎖的に発生、送電線が脱落する。
- ③系統の安定性が実質的に喪失する。

行われるようになっていきます。

そうしますと、また過電流が流れるということで、ほんとうに瞬時に電気が入ったり来たりして、どんどん被害が大きくなっていったということです。過電流が流れますと、ある閾値を超えると、そこでシャットダウンする、そういう自動的なシステムがあつて、それが自動的にとまっている。それをそのままにしていると、そのシステムそのものがやられちゃいますので、自分たちを守るためにシャットダウンするという仕組みになっております。そうすると、自分を守るためにあるところで遮断しますと、どんどん違うところに迂回しながら電気が流れていく。それがどんどん広がっていく、ということです。

最終的には、これは先ほどのエリー湖ですが、この部分が停電になったという。分離系統の分断がこの地区にありまして、それで、そこまで広がってしまうと。自分自身を守っていますので復旧はすごく早かったということがあります。

ここにFEと書いてありますが、ファースト・エネルギー社を指します。アメリカは、小さな民間会社がいっぱい集まって電力を供給していると

いう、そういう送電の考え方になっておりまして、そのうちの一社がファースト・エネルギー社です。そこが樹木管理の責任があるわけですが、それ以外に当然、多くの人間も中で入り込んでいろいろ監視をしているわけですが、状況の把握も十分にされていなかった。さらにもうちょっと複数の民間会社をコントロールするような復旧コーディネーターという人もいるわけですが、その人たちも適切な状況判断がなされなかった。このように、めったに起こらないことですから、何か起きた場合にきちんと対応できるかというとなかなかできない問題があるということで、悪いことが多く重なっていった被害が波及していったと、そういう事故の例です。

これが米国北部の送電の系統の考え方を示していますが、強固なメッシュ系統構成ということは、相互に強くつながっている、そういう意味です。何かあったときには系統潜在力としてそれぞれ考えてもらう。それから、事故の波及を防止することよりも、波及する事態というものを起こさないという考え方で管理、設計はされていたということです。波及してしまったら、多分、やむを得ないと、こういうような状況になっているんでしょう。

それから、復旧の状態ですけれども、この8月14日の4時ごろに停電が始まり、2日後にはほぼ完全復旧というような形になっています。

次は、あと幾つか事例を紹介しますが、JCOの臨界事故です（図表6）。事故の概要をもう一度復習しますと、1999年9月30日に東海村で操業する核燃料加工施設において、我が国初の臨界事故が起きました。約12時間にわたって緩やかな核分裂の状態を継続して3名の従業員の方が亡くなった。さらに、周りの住民も被ばくした、こういう事故でございます。これについては、資料はきっといろいろなところで出ていますが、事故原因について幾つか資料から見てみますと、これは「常陽」の濃縮度の高いウランを扱っていた。裏マニュアルというのがいろいろところで書かれていますけれども、裏マニュアルに基づいて加工をやっていたということです。それから、臨界に達する量ですが、通常原発内でも極めて少量であったということで、少量で臨界に達する、こういうものが要因に挙がっています。

これで、裏マニュアルとかいろいろあるわけですが、組織的要因というのが当然出てきまして、経済最優先。裏マニュアルも、もちろんつくってそれでやっていたわけですが、この裏マニュアルにもないようなことをやっていたという問題があります。それから、臨界事故が起きて、それが起こったという以外に、それが持続しているという認識を誰も持ち合わせていなかった。

次はスペースシャトルのコロンビア号の事故、これは皆さん、ご記憶にあらうかと思いますが、

図表 6

JCO事故の事故原因

技術的原因

- ①事故当日、高速増殖炉「常陽」用の濃縮度の高いウランを扱っていた。
- ②通常原発用のウランと同じように扱い、裏マニュアルにもとづいて入れてはいけなかった量のウラン溶液を沈殿槽に入れた。
- ③臨界に達する量が、通常原発用のウランに比べて少量であったことが引き金になりました。

組織的原因

- ①経済性を優先、安全余裕の切り捨て
- ②会社ぐるみで裏マニュアルを作成（但し、今回は裏マニュアルにもない裏技）
- ③所長は臨界が持続しているという認識がなかった。
- ④施設では、臨界事故は全く想定していなかった。（核分裂を連鎖的に起こさない未臨界の状態が確保されることを前提にしています。そのため、臨界になった場合の配慮はされていませんでした。事故対応マニュアルもなかった。）

2003年2月にコロンビア号が大気圏再突入時にオービタというのが破損してだめになった、というものです。これも調べてみますといろいろな技術的な要因がありまして、打ち上げのときに、ある部分が損傷している。それで、仕事を終わって大気圏に再突入するとき、ここの損傷が悪さをして壊れたということです。

最近のアメリカのニュースということになりまして、スペースシャトルの話は全然出てこなくて大統領選と中東地域の戦争の話ばかりですけれども、スペースシャトル計画そのものの歴史的な経緯というのか、そういう問題点が指摘されていますね。シャトル計画を進めるためにいろんな影響があったとか、次号機以降の資源を制約しなきゃいけないとか、そういう話もありました。それから、安全確保を損なう文化的特質と組織的慣習というようなことで、過去、今まで相当うまくいっていたので、今までやってきたことはもうやらなくてもいい、省略していいだろうということとか、幾つかここにありますような組織的な要因がある。これはやはり組織的な原因というものが相当クローズアップされた例ではないかなと思っています（図表7）。

それから次、2003年の韓国の地下鉄事故です。発生場所は大邱市の地下鉄一号線の駅構内、列車

の1両目から10両目にかけてです。192名の方が亡くなりましたが、その特徴は、実は原因は放火なんです。放火による火災ですが、駅に2台の列車がとまっていて、放火された列車内での死者はゼロで、その横にとまっていた列車にいた乗客142名が亡くなっている。これは一体どういうことかということで、後で説明しますが、そういう事故の状況です。

図表8（次頁）は韓国の地下鉄事故の時間的経緯を説明していますが、1079号、これは列車の名前でありますが、1079号が放火に遭った。その1分後、火災の発見はできていないということです。具体的には運転司令室や駅のモニターで煙を上げている状況は映っているが、この放火された列車の運転手が運転司令室に火災の報告をしていないということです。ある意味では火災を発見できなかったという状況になります。だから、被害が、火災が起きているという認識がなかった。何か問題があったかもしれないけれども、そんな火災ということではなかったということです。

それで、この報告をしなかったものですから、指示は3分後に司令室が一応出しているんですが、「注意運転」をしなさいという指示です。「注意運転」というのはどういうことかということ、「駅で電車は停止しなさい」ということなのです。火

図表 7

事故の組織的問題 (Organizational Cause)

◆スペースシャトル計画の歴史と文化に根ざした問題

- ①シャトル計画の承認を得るために求められた妥協
- ②次に続く何年もの資源の制約
- ③揺れ動く優先順位
- ④スケジュール確保の圧力
- ⑤シャトルは開発から運用に移行したと早くから定義した誤り
- ⑥有人宇宙飛行に関する国家合意の欠如などが挙げられる。

◆安全確保を損なう文化的特質と組織的慣習

- ①過去の成功に頼り「要求通りにシステムが稼動しない原因を解明する試験」のような適切な技術的作業を省略
- ②重要な安全情報に関する有効な意思疎通を妨げたり専門的意見の相違を抑圧したりするような組織的な障壁の存在
- ③計画を横断して統合して管理していないこと
- ④命令の非公式な流れや組織の規則に則らない意思決定プロセスが発生していることが挙げられる。

図表 8

韓国地下鉄事故の経過

- ①中央駅で1079号が放火される。
- ②火災を発見できなかった。（1分後）
 - －運転司令室や駅のモニターに煙を上げている状況が映る。
 - －1079号の運転手が運転司令室に火災を報告せず。
- ③過少指示（3分後）
 - －運転司令室が中央駅へ進入する列車に注意運転を指示する。
（火災の場合には、通常、駅を通過するが、注意運転では停止する）
- ④列車が中央駅で停止（駅を通過せず）
1080号の運転士は駅の200メートル手前で黒煙に気づくが、そのまま駅に進入し、1079号の列車の1.3m横に停車する。
- ⑤1080号の鍵とドア
 - －運転手は列車に煙が入ることを危惧してドアを閉める。
 - －出発を試みるが、停電で動かず。
 - －運転手が車両操作に必要なキーを抜いて逃げる。

災の場合には、通常、駅を通過していくべきなのですが、「注意運転」の指示ですので、それで、この指示どおりに列車は中央駅で停止した、駅を通過せずにとまった。そのときに別の対向車線の列車1080号が来ました。1080号の運転手は駅の200メートル手前で煙に気づくが、そのまま駅に進入し、その放火された列車の1.3メートル横に停車した。

それから、後で来てとまった1080号の列車ですが、運転手は列車の煙が入ることを気にしてドアを閉めた。出発しようと思いましたが、停電で動かなかった。それでさらに、これが悪いことですが、運転手は車両操作をするキーを抜いて、そのまま、これはどうしようもないというので逃げてしまい、車中にいた乗客が逃げられない状況になって、大きな被害につながった。いろいろなところでヒューマンエラーというのか、意思決定がうまくできていない、状況判断ができていないというのがあって、それがどんどん重なっていった災害になったという事故状況です。

次は、東海豪雨の概要をご紹介します。2000年9月に愛知及び東海地方で集中豪雨があった。記憶にあるかもしれませんが、台風が来ていて、多量の雨が集中的に降った。被害の概要ですが、名古屋市西区に新川という川があるのですが、名古屋でもあのあたりは非常に土地が低いところ

がたくさんあって、この西区もそういう地域です。そこで新川から水があふれ出して水浸しになり、7万8,000棟が被害を受けたということです。（図表9）

東海豪雨によってどのような被害が出たか。これは地域の特徴を考えないといけません。この図は小さくて申しわけありませんが、ここが名古屋の中心部です。このあたりに名古屋城があって、上の北側は矢田川、庄内川という川がこちらに流れ伊勢湾に流れ込むという形になっております。ここに新川洗堰というのがあるのですが、これと新川という細い川がバイパスするような形であります。新川という名前のおり新しい川ということです。実は調べてみますと、1784年ですから、江戸時代にこのあたりは非常に洪水が多かった。ここに名古屋城がありますが、バイパスをつくることによって、名古屋という場所を洪水から守ろうと新しくつくったのが、この新川ということです。江戸時代に既にこのバイパスはつくられていたわけです。庄内川があふれるのを防止するために、こちら側にバイパスの川をつくることによって、こちら側の被害は多少は出ても仕方ないと。出てもこの名古屋の中心部は守れるという考え方で水位の設計がされていたということです。これは、洗堰の部分の写真ですけども、今もこの形、状態であるわけです。平常時はこのように

図表 9

東海豪雨における新川洗堰

(<http://www.cbr.mlit.go.jp/>)

新川洗堰(しんかわあらいぜき)の築造と新川の開削は、時の尾張藩主徳川宗睦の命により、天明4年(1784年)に着工。庄内川の北堤を長さ40間(約73メートル)にわたって半分の高さに切り下げて、大水の時には庄内川の水をこの堰から分流し、新たに開削した新川を通じて伊勢湾に流れるようにしました。天明7年に完成したこれら一連の治水工事は「天明の改修」とよばれています。

当時の庄内川の堤防は、もともと左岸側に比べて右岸側の堤防が低く作られており、これらはすべて名古屋城下を水害から守るために考えられたやり方でした。

新川洗堰は明治16年の修理を経て、現在でも立派に機能しています。近年では平成元年、3年の洪水時に洗堰から越流しています。



平常時



洪水時



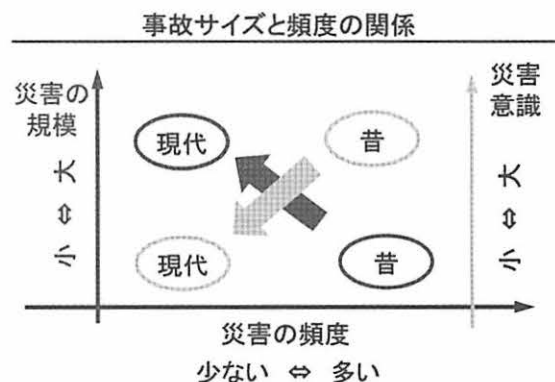
なっております。洪水になりますと、こういうふう流れ込むような状態になります。新川洗堰の部分ですが、こちらが庄内川、メインの川ですけれども、それとこちらの新川洗堰というものがつくられておりまして、ここがあふれたらこちらに水が流れるという形になっています。

この集中豪雨でこちらからこういうふう流れているのですが、新川洗堰を通して新川に水が流れて、新川があふれて新川のある地域で大きな被害が出た。そういう意味では予想された被害、設計された被害ということなのかもしれません。江戸時代からこういうことが既に考えられていて、集中豪雨で被害は出ましたが、このあたりはそういう意味では被害の多いところであるということです。片田先生には、被害が出て、その後の住民がどういうふうに対応していったかというのを克明に発表いただきまして、被害は避けられなかったけれども、最小限に抑えることができたという住民の今までの経験といいますか、非常に情報伝達がうまくいった例だというふうにご紹介いただきました。

幾つか事例を持ってきましたが、何か共通項が

ないだろうかと、Safety Burst の話に戻りますが、いろいろ皆さんでディスカッションしました。なかなかまとめるのが難しいというのが正直なところ。被害をこういうふうな視点で見てみたらどうかということ。模式的に書いたのですが、図表10は、横軸に災害の頻度を取りまして、右側に行けば行くほど災害の数が多い。堤防でいいますと堤防がよく切れるという頻度を横軸に書きま。縦軸には災害の規模をとって、上に行けば行くほど災害は非常に空間的にも大きなものになる。そう考えまして、現在と昔は一体どういふ

図表10



うな災害だったんだろうというのを、ここの2つの軸のどこかのところを見るということにとらえてみました。災害の頻度は非常に多いけれども、一つ一つの災害の規模はそんなには大きくはないだろうというのが昔だと思うんです。現在は、科学技術の進歩により、地震ですと耐震対策が整えられてきて、都市としては自然災害に対して昔に比べて非常に強くなっていることは事実だと思います。ということで、災害の頻度はすごく少なくなった。少なくなったわけですが、もし起きると災害の規模というのは恐ろしく大きいものになってしまう。おそらく科学技術の進歩でこんな感じになっているのではと思います。

さらに悪いことに、人々の災害に対する意識を考えてみますと、昔は災害が頻繁に起こりましたから、また起こるだろう、備えなければいけないということで、自分が生きている間にこういう経験があったから、こういうことがあったときには、例えば、高台に逃げましようとか、そういうことを体験しているわけです。そういう意味で、災害意識は災害発生頻度が多いものですから非常に高いものであった。

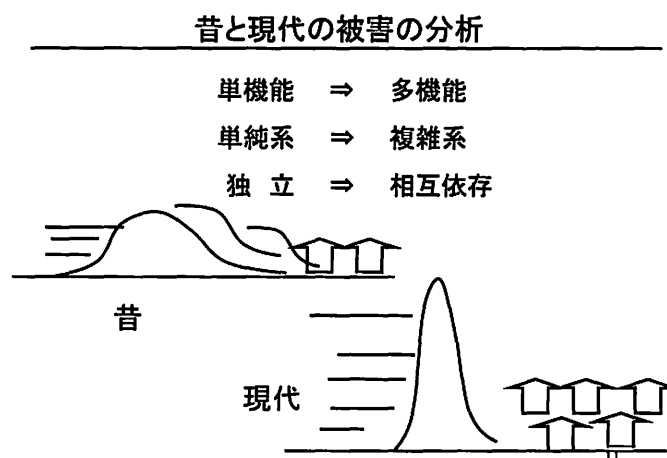
ところが、現代になりますとそういう経験、体験がありませんので、災害に対する意識は非常に下がっているのではないかと。これは科学技術が進歩することによって、かえって災害に対する意識がなくなってくる、非常に安全な都市に住んでいるという意識になってしまうというパラドックスのようなことが起こっているのではないかと思います。

うのです。

次の図表11も、昔と現代で被害がどうなのかということのをちょっと説明します。これは堤防の例で書いております。昔は堤防の高さが低かったので、災害はすごく起きやすかった。そこで、そういうところにあまり人は住まないように心がけてきたわけです。ところが、現代は堤防を高く造ることができるようになり、ここは安全だと思い込んでどんどん家が建つ。それで、高い堤防を超えること、堤防を超えるという事象はゼロとは言いませんが、あるわけです。そうしますと、一旦起こるとものすごく大きな被害になる、こういう特徴があるのではないかと思います。これは山の高さを、科学技術のレベルの高さと考えますと、昔は非常にローテクノロジーというんですか、危ないところには住まないように、何かあったときにはすぐ逃げるようなことを皆さん体験してきたわけです。ところが、科学技術がすごく進歩しました。そうすると、もう世の中は安全である、eメールはいつでも使えるものだ、電話はいつでも使えるものだ判断してしまい、それをもとにいろいろな行動をしたり、いろいろな約束事をしたりとか、そういうふうに行っているわけです。そうすると、それが一旦破綻をすると大変なことになる。科学技術が進歩すると被害が起きる頻度は少ないけれども、起きたら大被害になるというパラドックスになると思います。

昔と現代、もうちょっと言葉を変えるときっとこういうことなのかなと。今まではあるシステム、

図表11



それは防犯システムでも都市システムでもいいのですけれども、非常に単機能であったものが、多機能になってきた。それから、単純なものを複雑にするようになってきた。今までは独立でいろいろなものを考えていたのが、電話があるから人を助け出せるということになりますと、電話が壊れたら人を助けられないわけですが、相互依存ということがどんどん進んでいくようになった。いつも頼りにしていたものがいつでもあるかというと、必ずしもそうではない。こういうキーワードが Safety Burst を考える上で、すごく重要になってくるのではないかなと思っております。

それで、この Safety Burst を何とかもう少し理解できるようなキーワードがないか考えたのが、連鎖的被害。連鎖的というキーワード。時間軸ということになると思いますけれども、時間とともに被害が拡大していく。そういう時間軸の概念があるだろうというのが一つです。

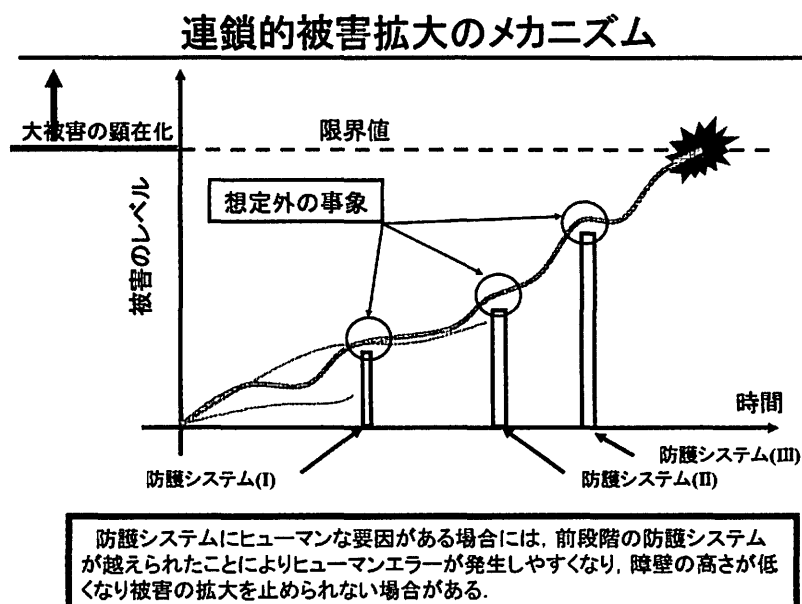
それから、同時多発という言葉を行いましたけれども、これは空間的に、A 点と B 点で同時に被害が生じるというようなもので、原子力用語ですけれども、コモン・コース・フェイリアというのがありますが、一つの要因でフェイリアがいろいろな箇所できてくる。地震などは特に広域に一樣に被害を与えるわけです。こういうふうな空間軸で評価を考えるという 2 つの軸があるのでは

ないかと考えました。

連鎖的被害拡大のメカニズムという部分ですが（図表12）、こちらが時間軸をとって、被害のレベルをとって、ある大きさの被害が起きないよというということで、いろいろな防御システムをこういう形で用意していると。このあたりを超えなければそんなに大きな被害にならないですが、ある大きさの被害を超えますと被害が顕在化して大被害になる。どこかで限界値みたいなものがあるだろうと思います。こういう設定をして連鎖的被害拡大のメカニズムということで、ここの壁を超えることができない事象では被害は出ない。ところが、あるものは被害がここを超えて被害が拡大するということです。ここを超えると、これはめったにないと思うけれど、想定外の事象だというふうに判断するわけです。最後には、この幾つかのバリアを経て最終的に限界値に達するようなメカニズムになっているのではないかと模式的に考えてみました。

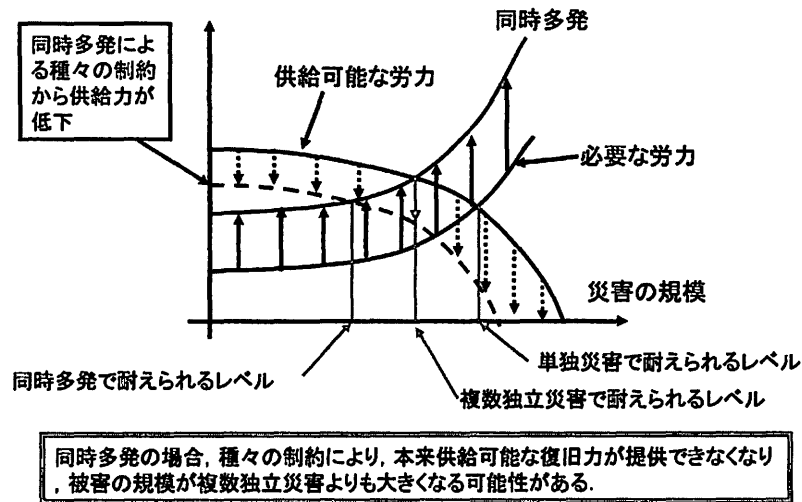
防御システムですが、いつもこれは高さが同じというわけではなくて、いろいろな被害が出てきますと、ヒューマンエラーといいますか、例えば、人間が関与するような壁であったりしますと、いろいろな事象が起き、それによって防御システムがずっと低くなる可能性があるということで、必ずしもいつも壁の高さが一定であるわけではな

図表12



図表13

同時多発災害への対応力



い。条件によっては下がってしまう場合があるということです。これは柴田先生もよく言われますけれども、例えば、地震時に人間が正しい判断ができるのか、正しい行動がとれるのかということとも非常に関係していて、そういうときは大体誤った判断をする場合が多いわけですが、そうすると、これがこんなに高いと思っていたけれども、実はそんなに高くて、すぐに超えてしまって大被害につながるといったことも考えられると思います。

それから、同時多発ということで、これもまた模式的ですが（図表13）、右側に災害の規模をとりまして、上側に行くと災害が大きくなる。ある災害が起きたときに、それを抑える、復旧をしようということで、復旧をするために必要な労力と縦軸に書きましたが、これはどういうふうにかえるかということですが、まず、災害の規模が大きくなると、当然、いろいろな人がいろいろな影響を受けて、あるいはいろいろなシステムがそれなりの影響を受けることによって、供給可能な労力がどんどん低下していくわけです。これはシステムが被害を受けることによって損傷していくのと似ていると思いますが、こんな状態になります。

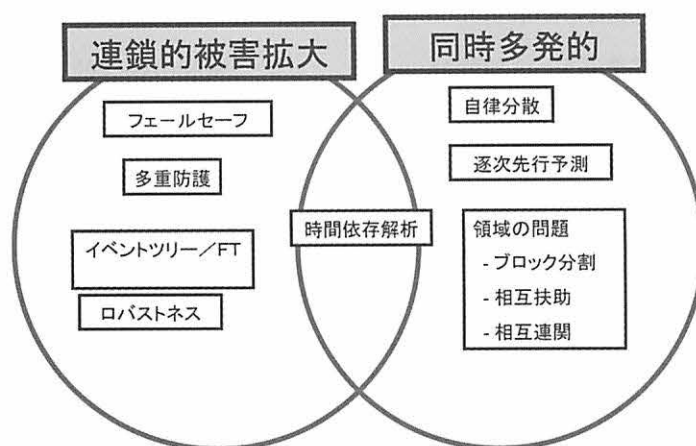
ところが、被害を受けるとそれを復旧しなければいけないということになります。これは復旧

に必要なシステムや資材であったりマンパワーであったりするわけです。ここにちょうど交点がありますが、この点を超えると必要な労力のほうが供給可能な労力よりも上に来ますので、これは被害が直ちに広がっていく、対応できないという状況になります。

それは、もし同時多発、地震をイメージしているのですが、同時多発ということを考えると、至るところでいろいろな損傷を受けるわけです。あるいは至るところの人たちが影響を受けるということになりますと、復旧するのに必要な労力は当然、増えていくわけです。それでここでまた交点のモデルがありますけれども、これは複数の独立災害で耐えられるレベルというようなポイントになります。おそらく供給可能な労力というのも、同時多発的な事象が生じると、本来、これぐらい復旧に使えるのだと思っていたものが、実は使えないという状況になりまして、これがどんどん下がってくる。そうしますと、2本の線の交点がまた出てきます。この辺は同時多発で耐えられる、これよりも災害規模が大きくなると、被害がどんどん広がっていくということで、同時多発というのは、単独で我々が、例えばここに消防署があるから大丈夫、ここに警察署があるから大丈夫だと考えるよりも、さらにもっと最悪の状況になっていく可能性があるということです。

図表14

Safety Burstに関する研究課題



す。それでまた最初に示しました定義に戻りますけれども、いろいろディスカッションをワーキングでしまして、先ほど言いましたような同時多発、あるいは連鎖的というようなキーワードを入れ込んだ形で Safety Burst というのを定義したということです。

最後に、いろいろ事例を我々なりに勉強して、近未来にどんな研究課題があるだろう、ということを考えてみました。図表14は近未来の Safety Burst に関係する将来の研究課題というようなことで、言い古されているキーワードも幾つか入っていますけれども、連鎖的、同時多発的という2つのキーワードに分けて、その中にどういう研究課題があるかを考えました。昔からありますが、フェールセーフという考え方、多重防護、原子力的みたいですが、あと、連鎖的ということだと事象の進展という話になりますので、イベントツリーというようなものも当然、これからもっとやっていかなければならないのではないかと。それから、いろいろなところで出てくるロバストネスというキーワード、これはなかなか定義も難しいし、これは強靱性という日本語になりますけれども、強靱性ってどうやってはかるんだ、それから、強靱性ってどうやって達成できるのかということになりますと、いろいろな考え方、アプローチがあるのではないかなと思います。

同時多発のほうでは、後でご紹介しますけれど

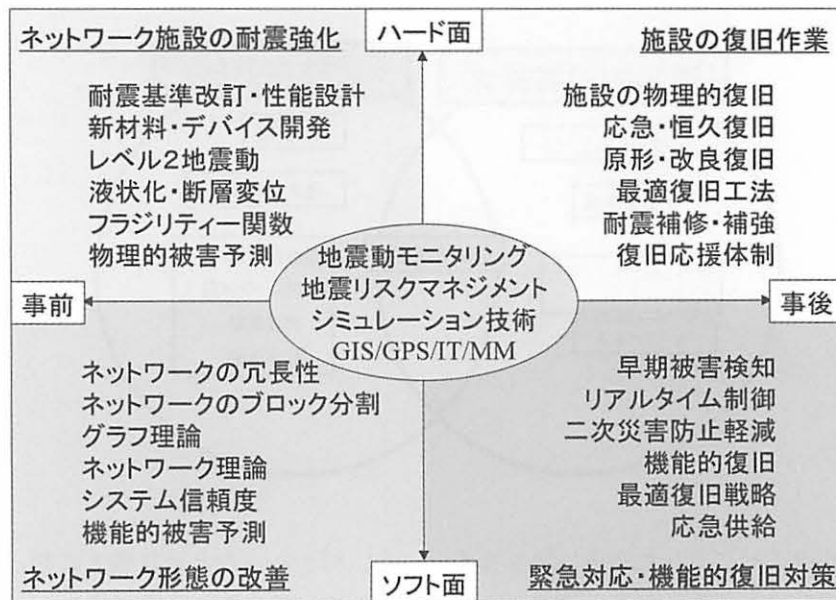
も、何かあったときに他人に頼ってはいけない。自分で行動するというようなシステムの考え方、自律分散ということになります、こういうことをもっと考えなければいけないのではないだろうか。また、同時多発ですから先がどうなるのかというのを逐次分析するようなことを考えなければいけない。ブロッキングと言いまして、被害が全体に広がるのを防止するためにあるところを全部ブロックしてしまっ、そこの被害はもうやむを得ない。そこから外側には被害は及ぼさないようにブロック化しようという領域を分割する方法だとか、そうするとほかからの関係はどうするんだということを今度は言われそうですけれども、相互扶助だとか相互連関だとか、そういうことも考えていかないと、この同時多発的という事象に対してはなかなかうまくいかないのではないかと思います。

一応、このようなキーワードをちょっと挙げてみました。もっとあるかもしれませんが、幾つか研究がやり始められた部分がありますので、少し紹介したいと思います。

これは岐阜大の土木の能島先生のご発表をお願いしたときにいただいていた資料（図表15次頁）です。これは都市のライフラインの中でもガスパイプに関するものです。ガスパイプのネットワークのことをずっとやってらっしゃいますけれども、これは94年、ノースリッジの地震のときの写

図表15

ライフライン地震防災対策の基本構造



真です。どういうふうを考えていくかということで、ライフラインに関してはハード面とソフト面と。今までハード面ばかりを結構やってきたところがあるのですが、ソフト面も当然必要になってくる。それから、事前と事後というふたつの軸に分けていろいろな研究のテーマをこれからやらないといけないものがキーワードとしてありますが、こういうものもあるだろう。その中で一つにブロッキングという考え方をもっと研究しなければいけないのではないかとということで、このライフラインに関していろいろこの考え方を提供されています。

これも能島先生の考え方ですけれども、ローカル・フェイリア・イン・トータルセーフティ、ローカル・セーフティ・イン・トータル・フェイリア、両方の考え方があるだろうということです。ローカル・フェイリア・イン・トータルセーフティは、ある部分では被害は許しましょうと、トータルである程度のレベルが確保されていたらいだろうというブロッキングの発想です。それに対してローカル・セーフティ・イン・トータル・フェイリアは、トータルは、全体に被害がすごく多いんですが、ある部分だけはしっかり守りましょうという、シェルター化みたいな考え方、この両方の

考え方があるということを話題提供でいただきました。

堀内先生は情報のご専門ですけれども、ネットワークの自律分散と協調という考え方があります。堀内先生は、基礎的、理論的な研究をされています。これは私がうまく説明できるかどうか分からないですが、いろいろなシステムがあります。これはブロックと呼んでおりますが、複数のブロックがあまり強いリンクを持ってつながっていないようにしていく。それで自分自身で何か問題が生じたら自分自身で解決するように。このXとYというのは入力と出力みたいなもの、一種の写像ですが、自分自身で解決するように機能させる、そういうシステム図にしたかどうかということです。あまりこちらと強いリンクでつながないようにしている、これが自律分散ということです。ちょっとこの絵を見ただけでは私もよく分からないところがあるのですが、そういう概念です。

あと、いろいろな被害分析、被害防止ということで、大鳥さんにいろいろ調べてもらったのですが、スイスチーズモデルというのがあって、スイスチーズというのはこうやって穴が空いているようですが、穴が通ってしまうと被害が起きますよ

というものです。いろいろなものがあって、穴を小さくするというのもすごく大事なことでしょうし、いろいろな場面で、穴を小さくする方法、ふさぐ方法と通して穴が空かないようにするにはどうしたらいいかという、こんなモデルです。

SHEL モデルというのも既に提案されていて、ソフトウエア、ハードウエア、エンバイロメント、アメリカ NASA ではヒューマンではなくてバイオウエアというような考え方で分けて、境界領域にいろいろな分析をしなければならない部分があるというモデルがあります。

また、4M-4E モデルというのがありまして、マン、マシン、メディア、メカニズムと。それから、E というのは事故対策の分類区分ということで、エデュケーション、エンジニアリング、エンフォースメント、エグザンプル、こういうふうな4つのもの、事故原因の部分と事故後の対策ということで分けますと、こういうふうなマトリックスに置いて、それぞれが一つ一つの研究分野になっているというようなモデルも提案されています。

ということで、十分なまとめに全然なっておりません。いつも冗談で、まとめるのがバーストしちゃったと言っているんですけども、定義をしたというのはすごくいいことだと思っています。いろいろな切り口があらうかと思えますけれども、将来の研究のキーワードぐらいは少し出せたのではないかなと思っています。

以上でございます。(拍手)

司 会 どうもありがとうございました。Safety Burst という言葉のイメージを明確化していこうというお話がありました。何かご質問、ご意見等はございますか。

森 英夫 私は専門ではないので、的外れの話をするかもしれませんが、安全と安心というのは、原子力で言われてきた歴史がありますが、安心できていても安全でないという場合もあるのではないかと思います。そういう場合を、例を挙げて調べて頂きたいと思います。それに関連して言いますと、最近判決の出た水俣の場合は、専門の委員会で、安心させてしまっ、心配していたのは熊本大学の先生とチッソの病院の先生だけだった

ということです。

序に申し上げますと、先程の停電事故の例は、日本ではあのようなことはおこらないのです。アメリカの場合は、システムの検証がなされていないような気がします。日本ではシステムがもっとしっかりしています。更に言うと、投資が出来ていない、自由化になって投資がしにくくなっています。更に、停電してからの回復が非常に遅い。二日間も停電していることは考えられない。一年間の停電の回数とその継続時間の発生確率が日本ではずっと少ない、しかし、それだけ料金は高い。高 田 電中研さんのほうで日本のほうを調べられて、ああいうことは絶対起きないということは言われております。

森 イタリアでも起こりましたね。

高 田 日本も今後、電力自由化という話もありますので、どうなっていくのか私は心配ですけど。

森 システムの信頼度のレベルが違うと思います。

司 会 要するにシステムが大事だということですね。ちゃんとやれば、あんなことは起きない。

森 設備投資の段階で十分考慮しておくことですね。

司 会 ありがとうございます。ほかに。

柴 田 安心と安全ということで今、別のご主張でありましたけれども、今回の“安心と安全”というのは先日、今井先生がおっしゃったことなどを糧にして考えたものです。いままで安全の問題として“安心”を取り上げたことがなかったので、安心というのも一つの役に立つなんていうことを、ご紹介、そういう“いやし”という意味で“心の平安”ということで考えました、先に心の平安を得てしまっ、それがごまかしになっているということは今回は、対象としてないです。それから、電力の問題は今、おっしゃるように日本とアメリカの比較はそうですけれども、グローバルで考えると、日本はどうか、アメリカがどうかということではなくて、Safety Burst というのは普通にやっていたら、起き得るんだということがポイントです。日本では沖縄から本州まで同一基準です。我々がどうだという意味ではない。システムをつくるのに基準差があれば、経済的弱者と

すれば、こういうことが起きているのは当たり前だと。だけど、そういうことがどういう条件で起こるか起きないかということを検証することを考えているわけです。

森 それがわかっているから、電気料金が多少割高になっても停電の少ないシステムをつくっているわけです。

柴 田 ですから、ここでは日本でどうこうとかそういうことを言っているのではなくて、世界的な一つの手法を我々は考えるということで。

森 実際の問題、特に原子力の場合の安全と安心ということが、クリティカルな問題であったわけです。

柴 田 今でもそういった一般の人々を確率で説得し切れない問題が常にあるわけです。ですから、アメリカと日本の比較がどうだとか、アメリカが節約したからどうかなどでなくて、それはまさにその理論のポイントは何であるかを解明するのが目標です。今後、南アフリカやなんかで大きなネットができたり、今もロシア圏とヨーロッパ圏の境界はウィーンの辺にありまして、そこからロシア圏につながるネットの問題なんかもわからないことがたくさんあるわけで、そういうことを全体としてフィロソフィカルに考える、アプローチを求めることがこの話で、日本が安全だから研究しないでいいとか、そういう問題ではないと思います。

司 会 わかりました。ほかに。

佐藤 豪 「安全」と「安心」で思い出したことがあるんですけど、私はシートベルトとシート枕（頭部後傾抑止装置）の制定をやった人間です。そのとき以前には、「安全ベルト」とよばれていました。この「安全ベルト」をしたら安全だと思って暴走族に走られちゃかなわない。それで名前を「シートベルト」にして、「シートベルト」という名前が定着するまでは、委員長がそれを普及することをあんまり一生懸命しなかったんです。今議論された中で「安全」と「安心」というのと違う話のような気もしますけれども、我々、まさに委員会規格制定でその議論をしていたわけです。

司 会 ありがとうございます。確かに今、国

際安全規格でも安全靴だとか安全帽だとかは、使うなということになっております。防護何とかだったらいいけれども、安全何とかというのは簡単に使ってはいけないことになっていますね。

佐 藤 交通システムの問題でも安全という話が、新聞の記事や何かでもところどころに安易に使われているんです。あれは非常にまずいと思います。

司 会 ありがとうございます。ほかに何かご意見、ご提案ございましたら、どうぞ。

久米 均 中央大学の久米でございます。あんまり安心でない方がかえって安全なのではないかと思えます。宗教改革の頃のヨーロッパでは人々の関心は死んだら天国に行けるかどうかにあったのですが、免罪符が売られて、これを買った人は天国に行けることになった。それがキリスト教に対する信仰の墮落を生み出し、宗教改革が起こりました。

マックス・ウェーバーの『プロテスタティズムの倫理と資本主義の精神』によりますと、新しいキリスト教では救われるか救われないかは人間には分からない。そこで自分は救われると信じている人々は、救われる人間としてそれにふさわしい努力を払って一生懸命働いた。その倫理的精神が資本主義を生み出したということです。あんまり安心、安心ということを言うと、かえってだめになっちゃうんじゃないでしょうか。だから、政府が安全を保証するなどという、かえって安全に対する配慮をしなくなって不安全になってしまうのではないかと思います。さっき水俣病の話がいろいろありましたけれども、いいかげんなことを言って安心させるのはよくないので、やっぱり危ないものは危ないと、きちんと明らかにすることで、安心は得られなくても、安全になるんじゃないかと思います。ちょっと意見です。

司 会 安心には確かに癒しの話から始まって、心地よいといった面まであります。さっき国際安全規格で安全という言葉はなるべく使うなというのは、安全というと絶対安全と思う人が出てきて、かえって危ないことをする可能性があったり、裁判で不利になったりするのです。だから、防護服だとか保護帽という言葉は使ってもいいが、安全

帽とか安全靴は使うなというふうにだんだん来てきているというのと似ているところがあると思います。しかし、やはり安全、安心に向かって一生懸命やっても、実はリスクは常に残るということです、その辺をちゃんと自覚してもらうことが重要です。そんな話になっていくと思います。

桜井 宏 何かこのグループに Safety Burst という新語をお考えになったそうですけれども、バーストという言葉がほんとうにいろいろな技術の世界のどこかで用語として定義されているか、されていないかどうか。真の語源的な意味がどこにあるかということをお考えになって、おつくりになったのかどうかということ。その一つが、別のスライドに出てきましたが、ライフラインという言葉がありました。ライフラインというのを英語の大辞典で引くと腰綱とかザイルとか命綱とか、たった一本の電話線とか、もうその人の命がそれにかかっているもの、あるいは潜水夫の気管とか、それがライフラインで、ユーティリティ・ネットワークをライフラインと言うのは、どの英語にもないので、それを日本でライフラインという言葉を作語しちゃって使うのは大変よろしくないと思うのです。新しい技術の新しい分野をやるときには用語に相当ご注意くださいほうがいいような気がするんですが、いかがでしょうか。

柴田 それは日本語英語というのがあって、Safety Burst もそのたぐいかもしれませんが、ライフラインは UCLA の人たちがつくった言葉で、日本人がつくったのではないんです。

桜井 だけど、英語の辞書にはそう……。

柴田 新しく出た言葉で、英語の辞書に載っていない言葉は随分あります。それは本質的に間違いである場合もあります。例えば一時、耐震のことを「Aseismic Design」として、特に60年代のいろいろな文献は、IAEA のものでも Aseismic Design って書いてありますけれども、これは Caltech の Housner という地震工学で有名な先生がつくって、それを初めて名称に使った国際会議に出ていました。その折ほんとは「Anti-seismic Design」じゃないんじゃないかというようなことが、アメリカ政府側から発言があったりしました。しかし、Housner というとても非常に高名な方

ですから、それを受け入れたわけです。aseismic というのは、辞書を引くと“地震がない”という意味しかなく、おかしいという意見はありました。しかし、十何年使われてきましたけれども、最近では使う人があまりなくなっているということです。ライフラインが辞書にないから、英語でないということはその通りかもしれませんが、つくったのは TCLEE という ASCE (アメリカ土木学会) の中の委員会名に最初に出てきて、その TCLEE の Technical Committee on Lifeline Engineering から持ったものです。1回目と2回目、さらに拡大したものにも出席しました。

桜井 ただ一般用語として、例えば、オックスフォード英語辞典の1987年の最新版にもそういう意味は出ていないんです。一般に使われている言葉ではないということです。しだかつて学術用語として学術文献に使うのであれば、どこかの学会が指定していればよろしいでしょうけれども、一般語として、単語で使う言葉では釈然としないということです。

柴田 そういうこともあるんだと思います。

司会 バーストというのは確かに、このまま使っていていいかどうかかわからないですね。エクスプロージャだとかいろんな言葉があると思いますが、だんだん定着して広まれば、新しい技術用語になり得る可能性はあるということではないかと思います。

宅間正夫 原子力産業会議の宅間と申します。安全のお話、非常に多方面から勉強させていただきまして、大変ありがとうございます。私、いつも気になっていて、今後とも研究していただきたいと思いますのは、「安心の拠り所」ということです。私どもは原子力安全と言っているのですけれども、原子力安全というのはよく考えてみますと、今まではどうも、原子力を取り巻く自然的な環境、つまり「生物としての人間を含む自然的環境」だけを考えていた。そしてそのような自然的環境に対して影響を与えないように、原子力の専門家は、「安全」をしっかりします、と言ってきましたが、これはあくまでサプライヤー側、供給者側の論理です。

ところが一方、よくよく考えてみますと、最近

の原子力への社会の感情を見ていると、どうも「心を持った人間で構成される社会的環境」というもう一つの環境が原子力の周りを取り巻いている。そこでは人間は「安心」を求めている。そうすると「安心」というのは供給者側の「安全」の発信ではなく受け手側の発信です。ですから原子力を実際にやっている専門家たちが、原子力は安全です、ここまでやっているから安全です、というけれども、受け手側の人間がそれとはまったく違った次元で「安全」を「安心」と受け止めるかどうか、ということが問題になるわけです。安全と安心とを結ぶのは、つまり安全が安心と受け止められるには、原子力をやっている人たちが安全に関してもっとしっかりやって、しっかりした人間性を備えて、それで信頼を得ることによって初めて、あの人たちがやっているなら安心だな、と思われるようにしよう、というのが一つのやり方です。ところが、もう一つ考えられるのは、今さっき久米先生のお話からあと思ったのですけれども、例えば免罪符のような話で、宗教的な領域にまで入った「安心」の拠り所というものをもって人々もいるわけです。あるいは、発電所の周辺社会の防災計画がしっかりしていることによって安心が生まれる。発電所の周りの人々は、実際に大きな事故が起こるとは思っていません、万一に備えた防災計画がしっかりつくってある、ということが安心につながる。そのように考えると、人々が感じる原子力への安心、原子力など大きな産業施設周辺の人々の安心の拠り所は何なのだろうか。おそらく、人々が住み、生まれ育った社会の文化だとか、そういう中からそれぞれの人がそれぞれの安心の拠り所を持ち、それは

人によってそれぞれ違うのかな、と思います。そのようなことから「安心の拠り所」とは何か、ということについて、何かご示唆をいただければ、と思っております。またこういう点についてさらに研究していただければありがたいと思います。

司 会 おっしゃる通りで安心の話は非常に難しい話ですね。結局、例えば安全の定義は何かというと、最後はお互いの合意しかないのではないかと思います。供給側とユーザーとが議論して、お互いに合意し、納得した点を探すことになると思うのです。時代により、文化により、場所により違うという話になると思うのですけれども、安心の方は相当議論していかないといけないお話だと思います。高田先生どうぞ。

高 田 信頼と言われましたけれども、それは非常に大事なことでどうやってはかつていいのかよくわかりませんが、そのあたりがキーかなと思います。

司 会 ありがとうございます。まだまだあるかと思いますが、この話は多分終わらないのではないかと思います。きょうは台風23号が来ていますので、身の安全のほうがまずは大事だということで、15分ほど早いのですけれども、早目に切り上げた方が無難と思い、まことに申しわけないのですけれども、司会者の特権でこの辺で切り上げさせていただきますと考えます。

きょうは、どうもありがとうございました。

最後に、盛大な拍手をもう一度お願いします。
(拍手)

どうもご清聴ありがとうございました。

— 了 —

2005年 3 月10日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒108-0014 東京都港区芝 5 - 26 - 20

建築会館 4 F

Tel : 03-5442-0481

Fax : 03-5442-0485

E-mail : academy@ej.or.jp

URL : <http://www.ej.or.jp/>