

# ライフライン・産業施設の耐震設計の基準化についての一考察

Some Comments on Organizing of Aseismic Design Code of Lifeline Systems and Industrial Facilities

柴田 碧\*・堤 泰治郎\*

Heki SHIBATA and Taijiro TSUTSUMI

## 1. まえがき

都市機能を地震発生時およびその後の期間に亘って確保するにはいわゆるライフライン(Lifeline)の耐震化が必要である。このライフラインという言葉は比較的新しいものであるが、主として次のようなものを指している。エネルギー、たとえば電力、ガス、石油などを供給するパイプラインなど、水道、下水道など給排水関係、通信関係、交通機関、ごみなど廃棄物処理関係が挙げられる。地震発生時における火災などの防護と避難を確実に行うためには、これらライフライン系が最小限機能していることが必須である。

51年11月には、ライフラインを中心としたシステムの耐震設計に関する日米セミナーが東京で開かれ、当所の久保教授・片山助教授が中心となって運営し、著者その他の者も参加、上述の諸機関についての耐震問題につき、約30編の論文が発表され幅広い討議が行われた。

本稿は著者らのグループが現在重点を置いているライフラインシステム(交通機関を除く)と、生活に必要な物質を供給する産業施設、とくに化学プラントと石油精製施設の耐震設計をシステム工学的な観点から簡単に紹介する。またこのように社会の安全を維持するために要求される諸事項は、施設者の自発的規制だけによることが困難なので、それを法的に規制しなければならない。しかしながら工学的内容を、それとは異なる学問体系下にある法・基準の名のもとにまとめることはなかなか難しいことである。これについて電子計算機を使用して、論理的に詰めることを行っているので、これについてもその大要を紹介する。

## 2. 地震発生前後における都市災害とその対策についての時間的経過

関東南部や東海道沿岸地帯のようにいわゆる海洋プレートの影響を強く受ける地帯では、破壊的地震の発生はかなり周期性が強く、その周期はおよそ100年程度であるといわれている。仮にそのような周期性のある都市を仮定して、地震発生時点を中心に、秒のオーダーから1週期100年までの時間的経過を地震、都市、住民、産業施

設に分けて追ってみると図1のようになる。これを以下かんたんに説明する。

ただし、たとえば発生前10年～1年というのは、正しくは発生が今後10年ないし1年以内に期待される時期ということで、この時期内には発生せず、その時間が過ぎて1年すると必ず起るという意味ではない。つねに、明日にでも起る可能性はあるが、その時点で云えることは“10年以内に地震があるだろう”というようなことを意味している。一方発生後については、主要動発生後の時間の経過を示している。

i) 発生前100～10年 現時点を中心に考えるなら、太平洋岸で過去に大地震があった地区で、この年限内になければ、近い将来破壊的地震が発生する可能性について考えなければならない。10年程度ないしは、それ以前に建設されたプラントは耐震性に対する配慮が乏しいものが多い。ある種の化学プラントでは償却年限が過ぎようとしている。この程度の年限の予告では、ほとんどないと云等しく、その地区的地震危険度とほぼ同等の意味しか、防災上持たないと云える。

ii) 発生前10年～1年 マグニチュード6～8の大地震では、おおむねこの期間に予兆が現われると最近では云われている。この年限での予告がある程度なされれば、プラントの補強改善措置をとることが可能である。その確度が高ければ、危険度の高いプラントは地域外に移転することも考えられる。

iii) 発生前1年～1月 予兆が重複するとか前震現象に変化が現われるなどすれば、この確度は上がる。プラントの緊急補強、荷重の軽減措置などを行うことができる。一般的な川崎地区での防災対策はこの段階に相当するものであった。

iv) 発生前1月～10日 現状では、この時期にあることを明確に云える可能性は少い。もし、この程度の期限での予告があればプラントの操業度を落したり、または停止し、危険物、毒物を他地区へ移送することも可能となる。一般に公表されればかなりの社会的変動をもたらすことになろう。

v) 発生前10日～1日 この時期についてもまた云えることは少いと思われる。この期限であれば、プラントを完全に停止することは経済的な困難は残るにしても行える。

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

## 都市関係

## 住民関係

## 産業施設関係

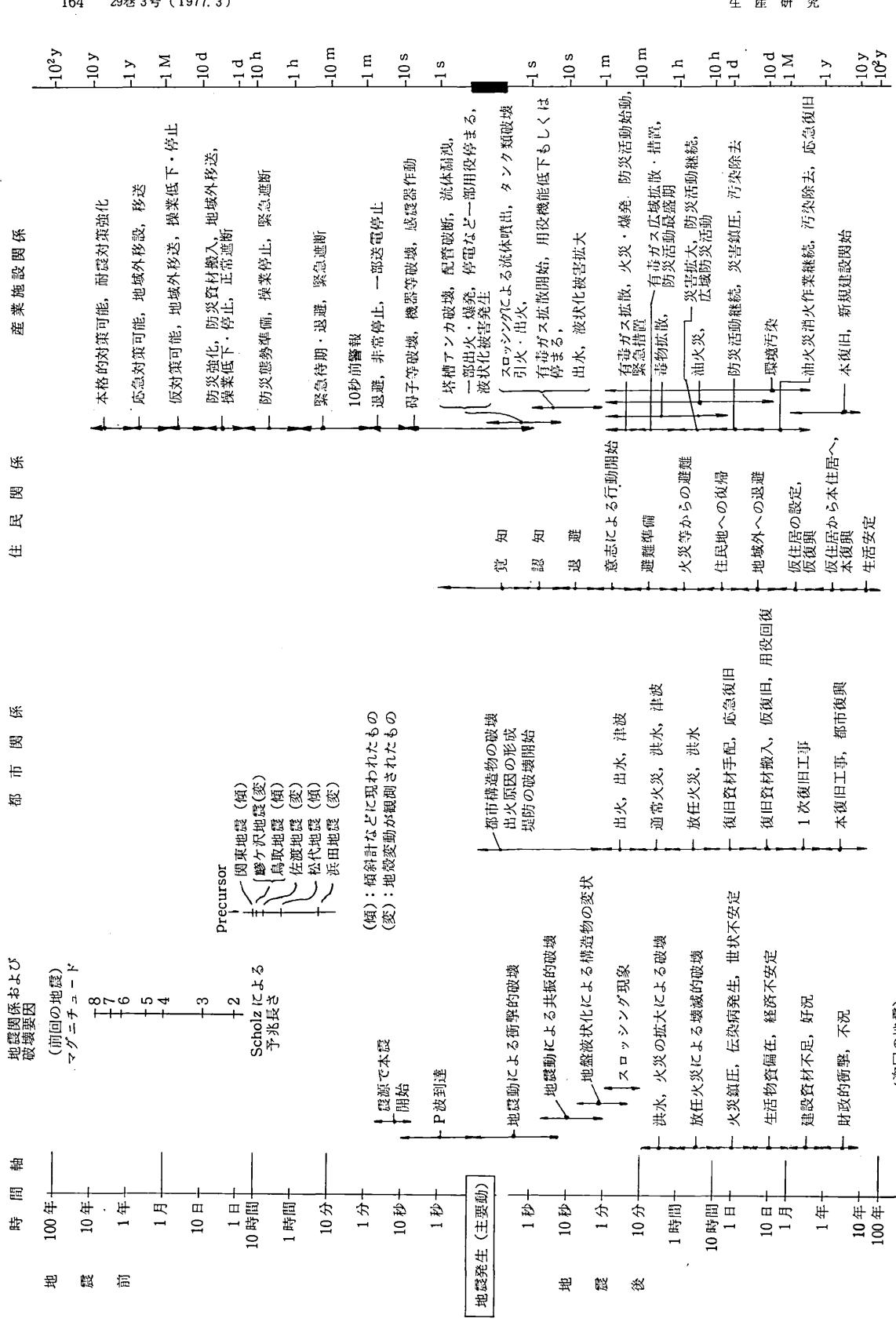


図1 地震災害の発生経過

(次回の地震)

しかし、危険物などの移送は困難となるが、防災機材の整備、補充は行える。人員については、プラントに集中すべきか、退避・分散すべきかの判断が難しい。

vi) 発生前1日～2時間 いくつかの地震では明らかな地盤変動(precursor)が見られ、その他の予兆(主として微小な前震に関連するもの)も報告されている。とくに最近、昭和19年冬の東南海地震に際し、掛川付近でその当日水準測量に従事していた人から、その時の様子が地震予知関係者にもたらされ、それによると、発生前20～30分の地盤の傾動は非常に顕著であったという。プラント側からみると、この期限であれば、プラントの操業をなるべく速やかに停止、冷却して防災活動に必要な人員を配置することができる。プラント防災面からみると、この期限にあることは無警報に比べると非常に有益であり、望ましいことである。この時期を過ぎると一般に緊急停止措置となり、停止に伴う損失も増大する。

vii) 発生前2時間～10秒 precursor的なものが発生しだしてから、本震が震源においてはじまるまでの間は、地震については本質的に変わったことはない。一方プラントでは、その種別にもよるが前述のように緊急停止措置が行われるとともに、冷却水など非常用用役の確保、人員の非常呼集、防災機材の配置、搬出(たとえば消防自動車を車庫外に出す)などが可能な限り行われることになる。

viii) 発生前10秒～1秒 震央距離が100Km程度であれば、すでに震源での本震は開始している。もし本震始動後の警報システムを作ることができたら、プラントの緊急停止措置の発動は可能となる。化学プラントの多くでは、意味を持たないとの考え方もあるが、過去の例などから考えて火源の消火、保安電源を除いた停電措置などは出火防止に有効であると考えられる。原子力発電所では、地震前に制御棒を挿入することができれば、その危険度は著しく軽減される。

以上、大まかに著者の考えるところを述べた。理想論からすると、2時間前に地震の発生が予知できることが望まれる。

次に、主要動の到達を時刻の原点と考えて、その後のことを想定してみる。

i) 発生後1～10秒 主要動の継続、構造物の衝撃的破壊が発生し、装置類の横ずれなどはじまる。人は地震動の激しさを感じるが多くは大地震であるとの認識に至らない。感震器は動作し、プラントは緊急停止のシーケンスに入る。停電はじまる。

ii) 発生後10秒～1分 多くの場合主要動を過ぎるが、第1、第2のはば本震に匹敵する余震が発生することもある。構造物は主要動の終り頃から共振的に破壊する。配管破断などが発生し、危険物、毒物の流出がはじまる。塔槽類のアンカが切断する。地盤の液状化、噴砂現象が

起こる。人は大地震だと認めるが、多くの人は行動に結び付かない。訓練された人は各種措置を行える。電力その他用役の変調激しい。

iii) 発生後1分～10分 液槽のスロッシングが最大となり、噴出その他の破壊が発生する。可燃性物質の流出したものから発火するものが出て、毒性物質の拡散がはじまる。地盤の液状化現象による構造物の変形が進み、堤防等の沈下が激しくなる。都市からの出火も多発する。人は自分の意志で行動を開始する。断水が起こる。外部からのエネルギー源は止まる。

iv) 発生後10分～1時間 本震の一次的影響は止むが、余震による破壊が進むことがある。プラント内の事故は最悪の場合、災害へ進展する。防災活動の活発かつ有効な時期である。プラント内外とも初期消火できなかった火災が拡大し、毒性物の拡散による被害が出はじめる。堤防の破壊による洪水の発生、早ければ津波の第1波が到達する。人々は避難の準備をはじめめる。

v) 発生後1時間～10時間 二次災害の最盛期で、プラント内外とも最悪の状況となる可能性がある。防災活動により抑圧できなかった火災などは放任状態となるものも多い。危険物、毒性物の火災・爆発による二次的な流出が生ずるところが出てくる。人々は大規模な避難空地へと避難する。

vi) 発生後10時間～1日 都市火災は自然鎮火するところが多くなるが、集積した危険物は燃焼継続中である。消火活動はなお継続する。毒性物の拡散は多くは無害のレベルまで進み、除毒作業なども進む。防災活動の要員の交代が必要となる。人々は住居への復帰を考えはじめ、世状は不安定となる。

vii) 発生後1日～10日 石油貯槽などを除いて火災は鎮火する。一方水中へ流出した毒物などによる環境汚染が問題となりはじめる。プラントの応急的復旧が行われる。各地からの応援が到着する。人々は一旦住居地に戻るが、多くは都市外へ退避しようとする。世状の不安定が続き、伝染病など発生じはじめる。

viii) 発生後10日～1月 石油貯槽火災もほぼ鎮圧できると考えられる。汚染除去作業が最大のポイントとなる。プラントの復旧活動も本格化する。用役の供給も再開する。溢水地域の排水が進む。生活物資の偏在が起り、経済的に不安定となり、要員の確保が困難となる。

### 3. ライフラインと産業施設の耐震設計

これらの耐震設計、とくに前者については、その機能を維持することが重要である。それと同時に、これら施設の破損により、その施設周辺の公衆、公共財産、環境等に著しい被害を与えないようすることも重要である。原子力発電所の耐震設計は後者に重点が置かれ、昭和35年以来、約17年にわたって、その基準の確立について種

々の論議がかわされてきた。<sup>1)</sup> このような議論の過程でいくつかの概念が生まれ、生長し現在ではそれが原子力発電所固有のものではなく、この種の施設の耐震設計の基礎となりうるものであることがわかつてき、主なものを挙げると、安全面からみた耐震設計上の重要度分類、機能面からみた重要度分類、設計基準地震動、許容応力、地震時防災システム計画、一般設計指針などである。この中には用語がないと思われるものもあるが、いわゆる単純な強度設計と、それとは別の領域である。システム工学的手法の結合が重要であるということにつきている。以下、これらの一端について概説する。

### 3.1 安全上の重要度分類

これの目的は、前述のように施設外の公衆、公共財産、環境に二次的に被害をもたらさないように耐震設計を行うため、設計対象を分類することにある。したがって、災害評価が基本にある。図2のようにある施設が、地震

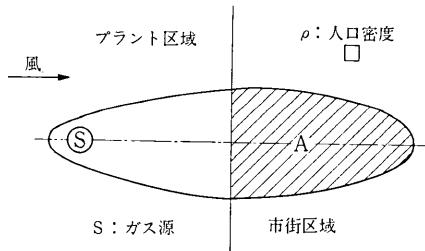


図2 ガス拡散の模式図

に対し全く無防備であると仮想し、それが破損した場合ガスが拡散し、プラント外の地区的面積 $A$ についてある時間、その時間に対応する怒限度（毒性ガスの場合の致死濃度～時間の関数）が持続するならば、その地区の人口密度から仮想致死人口を算出することができる。可燃性ガスであれば、その爆発下限界濃度範囲を求めて同様の数字を求めることができると、さらに爆発時の爆風圧やファイヤ・ボールの径から輻射熱を計算して、間接的影響にもとづいて計算することもできる。もちろん、これらの計算を行うためには数多くの問題点があり、これについては現在通産省高圧ガス火薬類保安審議会地震対策分科会のWGとして、横浜国大上原助教授を中心になってまとめつつある。このような仮想災害指数（IHEDと著者は仮に名付けた）が算出されると、それによって、耐震設計のレベル（入力加速度、応答計算法の組合せ）を2～6段階に分けることができる。プラント周辺の公衆、公共財産、環境などに潰滅的な被害、すなわち数百名の死傷者とか、同程度の戸数の家屋の破壊が発生するような災害を起す能力を潜在的に有するものを、第1級とし、他方、通常の建築基準法など最小限の耐震性を有すればよいもの、つまりプラント外へ二次的の被害を与える可能性の全くないものを、最下級とする。理論的には

上述の仮想災害指数によるが、実務上はかなり厄介な計算を行うことになるので、単純にはガスの特性別の最大洩出可能量の表による神奈川県方式、量を基準とし、その特性値や民家への距離などを入れた指数を求める東京都方式などがある。一方原子力発電所については、機器などその施設と放射能の面からみた安全性について明確になっているので、施設の種別によって重要度を定める方向に向かいつつある。これらの詳細は既に機械学会誌等<sup>2)</sup>で述べたが、次に述べることは、ごく最近の日米セミナにおいて、はじめて発表したものである。

### 3.2 機能上の重要度分類

対象として、発送電網や電話網を考えると理解しやすい。たとえば図3が主要都市間の通信網であるとしよう。

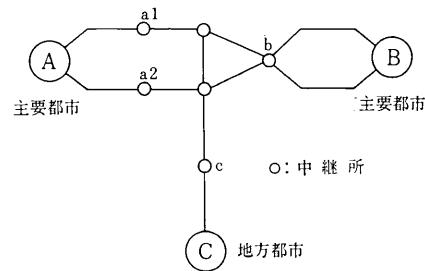


図3 通信回線模式図

A, Bは東京、札幌のような主要都市であり、その回線は特別な中継局bを除いてはマルート化されている。この幹線から分岐して、地方の中心となる都市Cたとえば宮古へ行く回線があり、これはマルート化されていないとする。地震源として太平洋沖のものを考えると、A, B間の2ルートは同時に被害を受けることのないよう、十分離されているとする。このような場合、中継局bがもっとも重要なことは疑うことのないことであるが、次に来るものは、AB間のa1, a2であるか、冗長性のない都市Cへの中継局cであるかということになる。この問題は回路の信頼度理論に、各都市間の通信機能維持の社会的重要性を加味して評価できる。Cを宮古として考えるなら、津波を受ける可能性があり、現在のように津波警報が電話回線を経ているとするなら、中継局cの重要性は高い。

安全上の重要度分類に際し仮想災害指数IHEDを示した。機能上の重要度分類についても、同様な指標を考えることができる。電力網を例にとってみると直観的に考え易い。電力網は、発電所と需要端というターミナルと、送配電網という、ラインもしくはネット、それらを結合する点（ノード）にあたる変電所、開閉所からなるとしてよい。需要家は一般には配電線に沿った地域、面と考えられるが、破壊的地震に際しても電力の供給を必要とする需要家は比較的限定されているので、ターミナルと考えて差支えない。この需要家で必要とする電力と、局地

の震度分布を考えて、発電所ターミナル、中間の送配電網（ライン）、ノードの破損、機能損失の期待値を、それらの施設が全く地震に対し無防備であるとして設計されると仮想して求め、それにもとづく需要家への供給可能電力を算出する。これを対象地区について各施設ごとに積算し、両者の比率を求めるなら、仮想機能障害指標 IHEF を定めることができる。需要を分母とするならこの指標は 1 より小となることは避けねばならず、通常は破損が期待値で表わされていることを考え、その標準偏差のオーダによって、適当に大きな値をとらねばならない。通信網のことなどを考えると、上記の IHEF の対数をとった方が一般に取扱いやすい。

### 3.3 設計基準地震動

設計基準地震動をどのようにとるかは、前述の重要度分類やここでは触れないが許容応力と深い関係がある。現行の建築基準法のように震度係数を 0.2 と実際の地震（破壊的地震の最大級のもの）より低くとて、その代りに許容応力を弹性限と比較的低くとり、実際の大地震時に際しては、崩壊しないもしくは修復可能な程度の損傷に留めるというような、いわゆるみなし設計も一つの方法である。しかしながら、一般的な産業施設のように、構造体に通常時に内圧その他に因る通常時応力が加わっており、地震時にはそれにプラスされるかたちで地震応力が加わる場合には、みなし計算は多くの困難が伴う。この困難を排除するためには、実際に予想される限界一杯の地震荷重を想定し、一方、破損、機能損失を生じない限界に基づいた許容応力を設定することが必要となってくる。

このような許容応力を前提として、重要度分類 I に対応する設計基準地震動を考えると、常識的な線として過去にあった地震を下廻らない強さの地震が挙げられる。日本各地は 1,000 年乃至はそれ以上の地震の歴史があるので、将来来るであろう最大級の地震は統計的に云って、一度は経験している可能性が強い。発生可能な最大級の地震 Probable Maximum Earthquake を設計基準にとることは社会の理解を得やすい。過去の地震についての統計がある程度の個数あれば、過去最大の地震によって、この PME を代用することができると考えられる。ただ問題点として、再来年数を大きくとると PME が無制限に大きくなるという統計モデルが一般に提案されているが、一方プレートテクトニクスなど最近の地震発生機構に基づいて考えると、地震には周期性があり従って上限値が存在するという考え方より現実的であることがある。

## 4. 工学的基準の体系化と計算機処理

このような系の安全性・機能の維持を社会に対する保

障と関連付けて考えると、その実施のため法的な根拠が必要となる。このことは公害関係についても云える。ところが最近の工学は非常に複雑な体系を有し、層の厚い理工学の基礎知識に立脚している。このようなものを基準化し、いわゆる設計手法と異なる立場で、つまり法として体系化しようとすると多くの問題点に突当る。その一つが既に論じた“開かれた基準”と“閉じた基準”<sup>3)</sup>という考え方である。これについてはここでは触れない。

次の問題点は行政の多重性である。産業施設の個々の設備は、その機能、用途、材質、構造等が非常に多種多様であることもあって、わが国では関連する各行政機関がそれぞれ独自に安全のための基準を定めている。すなわち、同一の設備に対して、通産省は産業、商業的立場から、労働省は従業員の安全、衛生の立場から、また、消防庁は施設等の防火、防爆の立場から、それぞれ、ほとんど独立に基準を作成し施行しているといった具合である。さらに、地方自治体によるものや関連企業団体内での自主基準の規制をも同時に受けることがあり、それぞれの基準の根底にある安全理念が異なることもあるって均衡のとれた効果的な安全対策がなされているとは思えないのが現状である。

そこで、これらの現行の各種関連基準間の相互比較を行い、内容の重複や矛盾等の不合理を洗い出し、各基準間に合理性と整合性をもたらせるにはどこをどのように修正すれば良いかを見い出すことが必要になってくる。また、産業の発展、技術の進歩さらに、防災に対する社会的理念の変化に伴って、新しい基準を作成する時や現行の基準を一部分修正する時にも他の関連基準との整合性が非常に重要な問題となる。一方、各基準における規制事項の脱落の摘出や規制としての厳しさ、さらには、その表現における具体性の程度に関する考察も関連基準を相互評価する上で不可欠であると思われる。この場合、基準における条文を総合的に処理していくには、現在の法体系が工学面の複雑・大規模化に引張られてあまりにも複雑化、大規模化てしまっているために、人の力のみでは限りがあると考えられ、このような処理を電子計算機を使って効果的に、かつ十分なる信頼性のもとに行なうことが必要と考えられるようになってきた。ここでは、その処理のための手法について基本的な事柄を考察してみる。

### 4.1 基準における条文の記号化

基準の条文を電算機内で効果的に処理するためには、もともと自然言語で記述されている条文を電算機で処理しやすい形式に変換する必要がある。この場合、あいまい性を含む自然言語の表現にできる限り忠実に記号化することが望ましいが、ここでは十分な論理学的基盤を有し、かつ電算機による処理が容易であるという理由から一階述語論理式を基本とした形式で条文を記号化するこ

と/orする。

基準内の各条文をそれが適用される領域についてのある主張であると考え、その領域における対象の集合として個々の具体的な物、人、場所、状況等を考える。また、ここで使用する述語としては、まず、個々の対象が属する集合の名前を示す名詞から作成されるものを考える。この名詞を $N$ として、 $N(x)$ で表わす。例えば、 $N$ を「配管」とすると $N(x)$ は「 $x$ は配管である。」という述語を表している。基準内で用いられる名詞の中には互いに包含関係にあるものがあり、これらを分類、整理すれば、名詞としての知識を構造化することができる。例えば、 $P(x)$ を「 $x$ は配管である。」とし、 $Q(x)$ を「 $x$ は工作物である。」とすると、 $(\forall x)\{P(x) \rightarrow Q(x)\}$ が成立し、この関係を各種の処理に用いることができる。次に、領域内の対象の相互関係を述べたものとして、動詞から作られる述語を考える。この動詞を $V$ として、 $V(x, y, z \dots)$ で表わす。例えば $V$ を「設置する」とすると、 $V(x, y, z)$ は「 $x$ は $y$ を $z$ に設置する。」という述語を表している。さらに、ある対象 $x$ に関する属性とその値を表すものとして、形容詞、形容動詞から作られる述語を考える。これを $A(x, v)$ と表し、例えば、 $A(x)$ の色、白は「 $x$ の色は白である。」を表し、 $A(x)$ の重量、 $100\text{ kg}$ は「 $x$ の重量は $100\text{ kg}$ である。」を表わしている。

上に述べた表現によれば、例えば、「ボイラーには給水装置を設けなければならない。」という条文は、 $B(y)$ を「 $y$ はボイラーである。」、 $H(x)$ を「 $x$ は人間である。」、 $V(x, y, z)$ を「 $x$ は $y$ に $z$ を設ける。」、さらに、 $S(z)$ を「 $z$ は給水装置である。」として、 $(\forall y)\{B(y) \rightarrow (\exists x \exists z)\{H(x) \wedge V(x, y, z) \wedge S(z)\}\}$ と記号化することができる。

#### 4.2 記号化された条文の処理

一つの法規体系を論理学における公理体系とみなすと、公理体系で必要とされる独立性、無矛盾性が法規体系ではそれぞれ、重複がないこと、矛盾がないことに相当すると考えられる。ただし、法規体系の場合は、法規として条文化され記述されている体系のみでは、それらの論理的な処理はできない。すなわち、法規を作成する人々やその適用を受ける人々等の間で暗黙のうちに認められている各種の知識体系を必要とする。これらの知識としては、条文に用いられている一般的及び専門的用語やその領域における色々な因果関係がある。電算機で基準の条文を処理する場合には当然これらの知識も記号化して電算機内に蓄えておく必要がある。以下に、主な処理についてその概要を述べる。

#### (1) 矛盾の検出

基準に含まれる矛盾を摘出するためにここでは基本的に一階述語計算における推論規則である導出原理 (resolution Principle)<sup>4), 5)</sup>を利用することにする。ここでは導出原理の詳細は省略する。手順としては、まず上に述べたように条文及びその背景となる知識を一階述語論理式で表現し、それらを節 (clause) の集合に置き換える。そしてこの節集合について空節を導出することを試みて、もし、それが導出されれば、結局その基準に矛盾があることになる。

#### (2) 重複の検出

一組の基準の条文 $A, B$ について、重複を調べる場合、例えば、 $A$ が $B$ を包含しているかどうかを見る場合、～を否定記号として、集合 $A \cup \sim B$ に対して、背景となる知識を加え、導出原理に従って、空節の導出を試みる。このとき、空節が得られれば、結局、 $A$ という条文は $B$ という条文をも表現していることになる。すなわち $A$ と $B$ は重複しているといえる。また、任意の一組の条文に対して、それらの間に重複があるとき、それぞれの条文の表現まで一致している場合や、表現は異なっていても内容が重複している場合等についてその重複の程度を適当な方法によって定量的に表わすことも可能である。

#### (3) 脱落の検出

産業施設等の防災に関する基準においては、その目的は「ある好ましくない事象を生ぜしめないこと」であるといえる。そして実際には、産業施設に関する材料、設計、施工、検査、保守、運転、さらに周辺の環境等、多くの事柄に関連する各種の事象及びこれらの間の因果関係等はこの「ある好ましくない事象」の生起に關係している。基準における規制項目の脱落を調べたり、それに関連した処理を行うには、その対象となる世界についての「完璧な基準」が判っていなければならぬが、その基準の目的さえ明確であれば、その目的を達成するために、少なくとも現時点において必要な「完璧な規制項目」は列挙しうると考えられる。目的の否定、すなわち「ある好ましくない事象が生ずる。」ということを頂上事象とするいわゆるフォールトツリーを作成し、このツリーの双対形をとるとこの「完璧な規制項目」についてのツリーができる。この場合、このツリーの最小切断集合のいずれについても基準によって満足されていなければ、この基準には脱落があることになる。そして、このツリーを利用すればその脱落についての適切な対策を考えることも容易であるし、また、規制項目の表現における具体性や規制の冗長性についても評価、考察ができると考えられる。なお、ここでの処理においても導出原理を利用す

ることができる。

#### (4) 基準としての厳しさの評価

処理の対象についての領域、すなわち論理学的には、個々の対象及び述語等を定めれば、それにより論理的に可能となる個々の対象についての命題の集合が決まる。

この個々の命題はその領域における可能な状態とみなせる。そしてこれらの状態のうち用語の知識、及びこの領域における因果関係等を満足するものだけが、実際に可能となる状態であるといえる。いま、ある基準について、それを満足する状態の数と基準を考えないときに実際に可能となる状態の数との比をとると、この値が小さいほどその基準は厳しいといえる。すなわち、基準の適用を受けるものが本来取りうる態度、すなわち状態の数に比べて、基準を満足する状態の数が小さいほど、実施者が選択すべき状態の自由度は小さくなると考えられるからである。

### 4.3 本問題の今後

以上基準の条文を電子計算機によって処理するための基本的な手法について述べた。現行の各種関連基準について、その特徴を調べ相互評価するには上で述べたことのほかに、法規としての規制の具体性や厳しさのバランス等も考察する必要があると考えられる。また、これら論理的なものばかりではなく、各基準に現れる用語、またはその用法等の性質、傾向等も調査、比較する作業も重要であると思われる。さらに、基準自身が自然言語で記述され、それを人が解釈するということから生ずるあいまいさについても適当な方法によって電算機で処理できるようにする必要がある。例えば、一つの条文が解釈の方法により数種類の異なった意味に取られる場合、もしこれらをあらかじめ予測できれば、これらすべてを論理式化して処理し、それぞれの解釈によって、どのような不合理を生ぜしめるかということを調べることが可能となる。一方、現実の問題として、ある基準の背景とな

る知識、すなわち用語的知識や特に種々の事象の因果関係等においてはその命題の真理値を真または偽に明確に区分できない場合が多く、これらをうまく表現することができるような手法が必要となる。ここでは、このような処理のために、fuzzy論理等の適用について考察を進めている。

本研究においては、現行の各種関連基準について、その相互比較を行ない、それに含まれる問題点を洗い出す手法ばかりでなく、新しい基準を作成するときの方法論に関する考察を行っていくつもりである。また、基準の条文を電算機によって自動的に論理式へ変換するという実際面での問題についても検討するつもりでいる。なお、上述の目的を達成するためにここでは、プログラミング言語として、自然言語処理等のリスト処理に便利なLISPを使用している。

### 5. まとめ

工学と社会とは長い間の連がりがある。しかしそれを結ぶ法・基準について組織的な考察が加えられたことは過去になかったと思われる。著者らはこの研究をきっかけとして、この両者の関係が改善されるよう望んでいる。

4章については、理学部後藤研究室の諸氏にHLISPの使用その他で大変お世話になった。厚くお礼申し上げる。

(1977年2月1日受理)

### 参考文献

- 柴田碧：原子力発電所の耐震設計—10年のあゆみ、生産研究、20卷8号(昭43年8月) 388
- 柴田碧：産業施設の耐震設計基準の現状とあり方、機械学会誌、79卷689号(昭51年4月) 342
- 柴田碧：技術基準の性格についての一考察、生産研究、28卷5号(昭51年5月) 235
- J. A. Robinson : A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle. *J. ACM* 12 (Jan. 1965) 23
- N. J. Nilsson著、合田周平、増田一比古共訳：人工知能(昭48)コロナ社 175

正誤表 (2月号)

頁	段	行	種別	正	誤
表3	左	↓13	筆者紹介	工博、金沢工業大学教授	金沢大学教授