

これまでをふりかえり、今後を展望する

何かに駆られて走ってきた

和田 章

はじめに

明治初めの日本の人口はおおよそ 3,500 万人、戦後の昭和 20 年にはほぼ二倍の 7,200 万人、明治の開国から 100 年目の昭和 43 年頃に 1 億人を超えた。しかし、平成 20 年頃から人口の増加はほとんどなくなり、平成 22 年の 1 億 2,800 万人をピークに、徐々に減少を始めている。この素晴らしい日本に暮らす人口が減少を始めたのは残念である。ここで考えるべきは、基本的に日本人の生活は豊かであるが、住宅事情、無秩序なまち作り、大都市集中、日々の通勤地獄、地方の衰退などは世界に自慢できないように思う。日本に暮らす生命体としての日本人が、狭い国土にこれ以上増えるのは良くないことに気づいて、人口減少が始まったのかもしれない。

日本だけが人口減少しても、世界の国の人々の衣食住が足りて、健康で衛生的な暮らしを行うことができ医療も進めば、これらの国の人口の増加はさらに進むに違いない。問題は、文明的な生活には水や食物だけでなくエネルギーが必要なことだ。

日本から排出される CO₂ は年間 10 億トン、一人当たり年間 10 トンであるが、米国は国が広く贅沢な生活をしているから、一人当たり年間 20 トンの CO₂ を排出している。世界の人々が日本や米国と同じことをしようとすると、地球が何個も必要だと言われている。これを補うのが、CO₂ を出さない原子力エネルギー、そして自然エネルギーである。

原子力発電所の安全性

原子力エネルギーは科学の進歩が生んだ素晴らしい技術である。しかし、スリーマイルアイランド、チェルノブイリ、福島事故の経験で明らかのように、原子力事故の影響は甚大であり、事故や爆発の起きないための安全性の確保は非常に重要である。この事故や爆発の Accident 数列 (A₁, A₂, A₃, ...) があるとき、他の多くの accident が、a₁, a₂, a₃, ..., a_i のように起こり続けているように、原子力 Accident の数列だけが A₃ で終了する保証はない。世界で原子力に関わる次の事故や爆発 A₄ が起きないために、関係者全員の真剣な努力が必要である。

原子力事故への責任

ここで、「この関係者は誰なのか」について考えねばならない。原子力発電に限らず、どのようなプロジェクト

でも商売でも、うまく進んでいるときには、私も関係していると言って関係者は次々に増えていく。一方、大きな事故が起きたり、商売がうまくいかないときには、これに関係していると言う人は次々に減っていく。明らかに関与していたはずの人までそっぽを向くようになる。

耐震工学を学び、建築に関わり、東京で電気を使ってきた一人として、2011 年 3 月の福島事故に、私は無関係ですとは言えない。大学で 30 年間、耐震設計について講義をしてきて、津波の怖さを語ったことは一度もない。湯水の如く使っていた電気がどこで作られ、どのように運ばれてきたかなどについて無頓着だった。「自らの至らなさ」にがっかりする。

福島の事故の前の原子力発電所の耐震審査基準は 8 章で構成されていたが、「津波」の単語は最後の章の最後の節に一度出てくるだけである。現在は、「耐震基準」と「津波基準」はほぼ同じ量で丁寧に書かれている。

以前の基準はホームページなどで公開されていたから、2011 年より前に読み、検討することもできた。「津波」への対策が不足していることを指摘することもできたはずである。事故や爆発が起きてから、津波対策が不十分だったと指摘するのは遅い。

及ばない想像力

関係した人々という意味では、国の基準を作り、個々の原子力発電所の安全審査をしてきた学識研究者をはじめとして、これらの基準に従って設計を進めてきた原子力発電に関わる技術者、設計図に従い原子力発電所を作り、施工してきた技術者などの全員は、外部にいる人々に比べ関与の度合いが大きいことは間違いない。国の基準が厳しく書かれていればいるほど、設計者や企業はこの基準を満足させることに真剣になり、基準に書かれていない別の事象や事故について独自に発想し、これについても安全性を高めようとする意欲がなくなってくる。このように、関係の度合いに強弱はあるが、すべての人々に想像力が不足していた。人類の歴史上、起きたことのないことに、人間の想像力は及びにくい。簡単に解決できない大問題である。

コンクリートの要塞のような原子力発電所は、津波の水圧で壊れることはないように見え、津波を軽視していたのだと思う。起きてみてわかったことだが、厚いコンクリート壁で囲まれた原子力発電施設には海水の侵入経路はいくらでもある。東日本大震災のとき、福島原子

力発電所だけでなく、東北電力の女川原子力発電所でも津波の海水は中に入っている。

この発電所には津波対策がされていたと言われていた。このときに、津波対策の重要性を他の原子力発電所の関係者に伝えることはできなかったのかと思う。組織を超えた自由な議論が行われていなかったことが残念である。

ラジオや携帯電話を風呂桶に落とせば使えなくなることは子供でも知っている。電気設備は水に弱い。東京や大阪のビルでは電気設備を地下に設置することがよくあり、豪雨の水が地下室に侵入してビルの機能が止まったことは以前にも起きている。一般のビルで電気室を二階以上の階に設ける設計はすでに行われていた。この経験を、原子力施設に反映することはできたように思う。土木学会が指摘した14メートルの高さの津波そのものを防ぐために防潮堤を作るのは大金が必要だったかもしれない。ただ、非常用発電設備と配電盤を丘の上にすることは十分可能だったはずである。要するに想像力が足りなかったというしかない。

時代の潮流と技術者

今年(2019年)は明治開国から150年である。文明開化、富国強兵の旗頭のもと、欧米の技術を導入し日本の近代化が進められてきた。今では日本の人口は明治初めの3.5倍になり、見かけ上、豊かな国になったと思う。

明治から100年の1968年に、日本で初めて高さが100mを超える超高層ビルが竣工した。地震の発生原因がプレートテクトニクスで説明できることが認められたのもこの頃である。地震国でも原子力発電所の建設が可能だとされ、次々に建設が始まった。

原子力発電所の建設に限らず、超高層建築の建設に関わる技術者は地震を忘れていたわけではない。ただ、イギリスやアメリカの地震や津波のないところの技術、シカゴやニューヨークの摩天楼に憧れ、我々の先輩も我々も、何かに駆られるように走ってきた。

分野の垣根を超えた自由な議論

明治から150年の間に技術が進歩し研究が細分化され、深く難しい議論が同じ分野の中で行われるようになってきた。どの分野でも、研究者が閉鎖的になり、専門外の研究者が素人のような質問を投げかけると、そんなことも知らないのかという目で見る。他の分野との自由な議論が行われなくなってきたことに、大きな問題がある。限られた分野の中でのみ議論していると、都合の悪いことを話題にする人がいなくなってしまう。

構造物の崩壊荷重の理論から学ぶこと

1930年代にイギリスのケンブリッジ大学のJohn Baker教授は構造物の終局強さについて三つの重要な定

理を発表した。これは、「下界の定理」、「上界の定理」と「唯一解の定理」であるが、「上界の定理」によれば、「ある外荷重を受ける構造物があり、この構造物が最終的に壊れる姿を想定して、この外荷重の何倍(λ)を与えると構造物が破壊に至るかを計算したとき、想定する壊れ方を間違えると、この倍率(λ)は正解より大きくなってしまおう」となる。対象が構造物の場合でなく、ある外乱に対する社会の強さ、原子力発電所の強さ、東京などの大都市の大地震に対する強さ、おかしな社員・経営者の行動が会社を壊してしまうなどに、この原理は適用できると考える。壊れ方の想定を間違えると、抵抗力を過大評価してしまう。

設計している構造物の持つ本当の抵抗力が知りたければ、構造物が壊れる姿を正しく想定するしかない。

神はすべてを知っている

人間が作った構造物の最終的に壊れる姿と抵抗力の限界について、神は答えを知っている。社会に構造物や原子力発電所などの大きなシステムを作ることは、本当は神にしかできないことである。我々、研究者や技術者は神に祈りつつ、神のかわりに設計の仕事をしていただいていると思わなければならない。神のみが知る正しい壊れ方を想定するためには、異なる分野の研究者や技術者との自由かつ真剣な議論が必要である。

自然に敬意を、謙虚な取り組み

9世紀に藤原敏行が詠んだ「秋きぬと 目にはさやかに見えねども 風の音にぞ おどろかれぬる」がある。「8月の終わり残暑が厳しく、まだ秋が来たように見えないとき、木の葉や簾を通る風の音をふと聞いて、そうだな夏も終わりなのだ」と気付くシーンを描いていると思う。明治から150年、戦後73年、我々理学・工学に属する研究者、技術者は自然の大きさと自然への畏怖の念を忘れ、真夏を走ってきた。阪神地震、東日本大震災の被害を、秋を報せる「風の音」ととらえて、いつまでも夏は続かないと考えるべきと思う。

薬師寺の三重塔を再建した宮大工の西岡常一は「自然を征服すると言いますが、それは西洋の考え方です。日本ではそうやない。日本は自然の中にわれわれが生かされている、と、思わなくちゃいけませんねえ。」と語っている。

著者紹介

和田 章(わだ・あきら)

東京工業大学大学院修士課程修了。日建設計入社、工学博士を取得し、東京工業大学教授を経て、2011年に日本建築学会会長、日本学術会議会員。現在は、東京工業大学名誉教授、防災学術連携体運営幹事。専門は建築構造学、地震工学。

