

福島第一原子力発電所事故の技術的問題例と環境放射線量率変化監視 —環境保全を目的とした高校の工業技術教育充実のために—

埼玉大学理工学研究科 名誉教授, 客員教授 渡邊 邦夫

1. はじめに

大学教育の中においてさえ、原発事故に対する講義は難しい点がある。後述するように、私は工事中の福島第一原発を訪問した事もあり、発電所基礎などの技術的な問題を講義し、また、最近行っている南相馬市の放射線量率監視結果などを技術的観点から講義している。しかし講義後、一部の学生から、「原子力発電に賛成か反対か、立場をはっきりさせてから講義して下さい」と言われる事がある。同様の意見を持つ学生数は、課題として与えたレポートを見る限り多い。この事から、学生の少なからざる部分で、福島原発問題、また大気汚染、地下水汚染などを含めた環境に関わる問題とは、主に政治的決断の問題であり、技術的問題はその次と考えているように思われる。工学教育において、「ものづくり」や「起業」がもてはやされる半面、環境保全を技術面から考える教育が軽視されているように思われる。このような風潮の中で、工業高校教育で環境を技術的に論じることが、難しい側面もある。しかし若い世代が環境と技術の在り方に関して深い理解を持つ事は重要である。将来を考えると、工業教育の中での環境教育の発展のため、多くの工学者が互いの技術的経験を交換してあたる事が大事と考える。政

治的判断とは違った技術面からの冷静な教育が環境教育では必要と考える。

この技術的経験を交換する事に関連するが、最近の国際会議では、福島第一原発事故の影響の現状を説明する事が日本人研究者に求められている。例えば、昨年9月に、私はタイ工学会主催の水資源に関する国際会議（2nd EIT Int. Conf. on Water Resources Engineering）に招かれ、福島県南相馬市の放射線量率モニタリングに関する特別講演を行った。その講演には200名以上の聴衆があり関心が極めて高かった。原発事故が環境に与えている影響については、原子力関係の国際会議では多くの発表がなされている。しかし、環境関係の学会ではあまり報告されていない。一方で、福島第一原発内の汚染水の漏洩や汚染地下水の流れを凍土壁で遮断する対策などの情報は英字新聞などでセンセーショナルに報道されている。そのため、例えば「南相馬市に人が住んでいるのか」などの質問が研究者からあつたりする。福島第一原発事故の環境影響を総合的に論じることが確かに難しい。しかしながら、事故発生や環境汚染の実態と、対策など技術的問題を、国内外にわかりやすく説明し、経験を共有することは工学者の責務と考える。この事は高校の工業教育の中でも同様な重要性を持っている。



図1 建設中の福島第一原発4号機(1978年)



図2 4号機横の高台掘削
(20 mほど掘削。津波被害増大)

2. 福島第一原発4号機の技術的教訓

図1は、1978年における福島第一原発4号機の建設状況であり、原子炉が据え付けられた直後である。私はこの時、原子炉の中に入り、発電に関する付帯設備を見て、その高度な技術に感激した覚えがある。高度な技術ほど、津波という原始的な力に弱いというのが今回の事故の教訓である。津波の危険性と対策の必要性は、原発建設前から多くの技術者も指摘していた。しかし、十分な対策に至らなかった。では、どこに問題があったのか。図2は、この4号機の周辺部の写真である。この写真から、4号機は、もともとの高台を20 m程度掘削して基礎地盤

標高を下げて建設された事がわかる。もともとは高台であり、海岸に沿って30 m程度の崖が続いていた。そこを掘削して発電所を建設したため、津波に弱い状況が作られ、今回、実際に大きな被害を蒙り、最終的に水素爆発を起こし、広範囲の放射能汚染を引き起こした。良く比較されることであるが、東北電力の女川原子力発電所は発電所の基礎地盤標高が14.8 mと高かったため、津波被害はほとんどなかった。2つの原発を比較して、基礎地盤高さを決定するにあたって、技術者はどのように津波の危険性を訴えたか、何故、地盤高さが異なったか、などについて、技術的に冷静に検証する事が強く求められる。そのことが、将来的に大きな環境問題を引き起こしかねない危険性を内在する構造物の建設に対して、技術者としてどんな倫理観と他分野の方を説得する論理を持って臨むかを考える事につながる。

もう1つの大きな技術的問題は、送電鉄塔倒壊である。原子力発電所及びその運転システムの検討会に参加されていた信頼できる大学の研究者によれば、上述の高台を掘削した土の一部が近隣の谷を埋めるのに使われたとされている。この、埋め立てられた谷に作られた送電鉄塔が倒壊し全電源喪失の一因と考えられている。埋

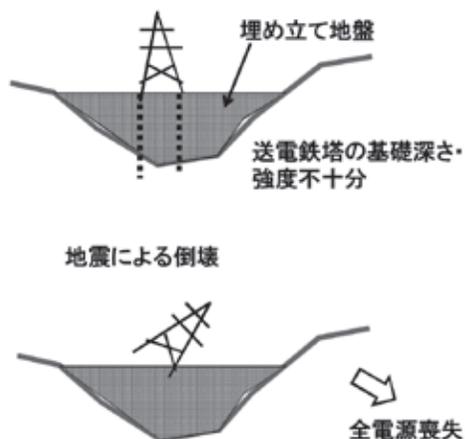


図3 掘削土による谷の埋め立てと送電鉄塔倒壊概念図

め立てられた谷の中に送電鉄塔を作る時、強い基礎杭を打設する必要があるが、それが十分でなく、図3の様に倒壊したという問題が指摘されている。何故倒壊したか、そこに技術的問題があったかを検証し、工業教育を通して、若い世代に教訓として伝える必要がある。

前述したように、環境問題は政治的・思想的な問題とも考えられがちであるが、実際にはこのように技術的にわかり易く、大きな問題がある。技術的にどんな問題があるかを、技術者は見抜かねばならない。その上で、予算も考えて設計し、予算決定者を説得しなければならない。それが工学センスと考える。工学センスを若い世代に伝える事が極めて大事である。

3. 現地 NPO と協力した放射線量率計測

環境に関わる工学技術者にとって大事な事は、

- ① 疑問は現地でも測しながら解決する事
- ② 得られた知識をきちんと社会還元する事である。今回の福島第一原発事故に関して研究対象とした南相馬市では、除染の進行などによって放射線量率値は低下している。しかし、除染が困難な山地からの核種移動の影響で将来的に線量率が高くなる事などが危惧されている。したがって、放射線量率値を監視し、もし異常な変動があればすぐ警告を発する様な環境監視システムの構築が必要であると考えた。また、従来から地下水変動監視システムを長年研究してきた私共の研究室が、そのシステム構築に貢献できると考えた。環境監視システムには、放射線量率の現地データが必要である。放射線量率は、例えば、モニタリングポストなどによって計測されているが、問題も多い。例えば、
 - ① モニタリングポストは河川敷や道路などには設置できない。
 - ② センサーがポスト内の閉じられた空間内に設置される。夏季では、空間内の温度が40℃以上になり、センサー精度が悪くなる。



図4 南相馬市位置図

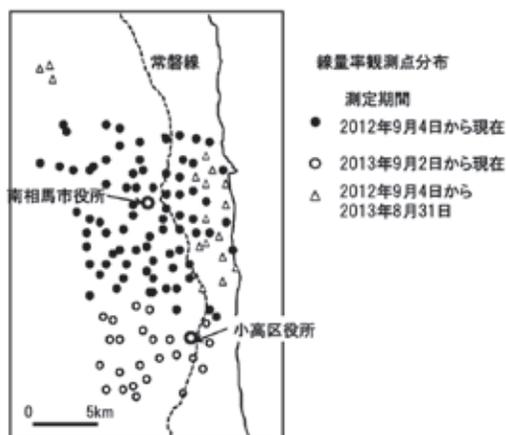


図5 測定点位置図と測定期間

- ③ モニタリングポスト設置にあたって、その周囲が整地されることが多い。そのため、自然条件下でのデータとは言い難い。などである。そのため、南相馬市のNPOである、相双NPOセンター(理事長、関場英夫氏)と協力して、2012年9月より、日データを測定した。図4に、南相馬市と福島第一原発の位置を示す。南相馬市は、北から鹿島区、原町区、小高区に分かれる。小高区は現在も避難指示区域であり、居住が許されていない。図5に南相馬市の放射線量率値計測地点を示す。計測期間は、図中に示すように3種類ある。最初は黒丸およ

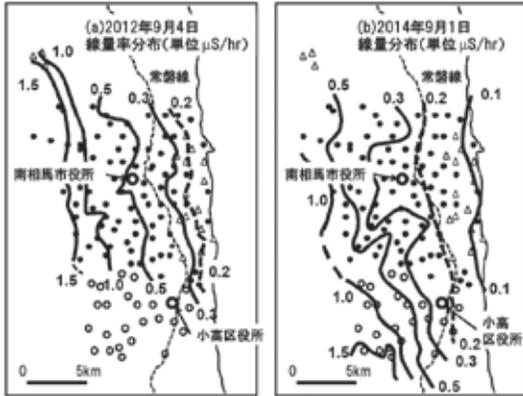


図6 2012年9月4日と2014年9月1日の線量率分布

び三角で示す鹿島区や原町区で計測していたが、2013年9月より、小高区でも計測を開始した。それに伴って、三角で示す地点の計測を取りやめた。

線量率の測定は、堀場製作所 PA-1000 Radiで1日1回、地面上1cmと1mの高さで行っている。測定では精度の保証が大事となる。このため、環境放射能の専門家である元気象研究所地球化学部長、広瀬勝巳氏らの指導を仰いだ。図6に、計測を開始した2012年9月4日と、ほぼ2年後の2014年9月1日の地面上1m位置の線量率分布を示す。2年間でかなり線量率値が下がっていることがわかる。これは、核種の半減期の効果や除染の効果である。それ以外に、放射性核種を吸着した土壌の移動による効果もあると考えている。1m位置の線量率値を取り上げた理由は、1cmの位置の計測値が場所的に大きく変化する事による。実際、小高地区で、図7に示すように周囲を鉛板で覆った中で計測したが、同図中に例示するように、場所的に大きく変化した。これは、原発事故直後の降雨の流れによって形成された分布である。したがって、より線量率が平均化され、場所的代表性が高いと考えられる1m位置のデータを用いた。

このような計測を高校の教育レベルで行うの

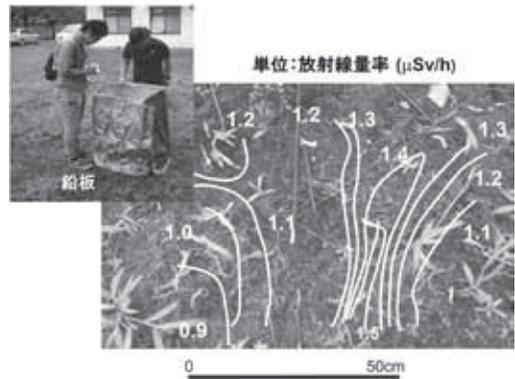


図7 地表直上の線量率測定と分布

は難しい点がある。そのため、若い世代の技術教育については、高校・大学が経験や情報を交換し、場合によっては計測に参加し、一体感を持って取り組むことが必要と考える。

4. 放射線量率監視システム構築

前章で述べた現地計測は重要である。しかし、より重要なのは、そのデータを地域の環境保全などのために使っていく事である。このシステムでは、その目的や用いる手法などがわかり易い必要がある。できれば高校レベルの知識でもシステムの考え方や理論が理解できた方がよい。それが高校の技術教育の発展につながると考える。

この事から、基礎的に以下を設定した。

- ① システムの目的として、特定場所の放射線量率変動が、他の地点の平均的な変化と異なっていないかを確認する事とした。異なる原因として、除染が困難な山地・丘陵からの核種流入などが考えられる。
- ② 自然の中の放射線量変化は、いわば複雑系の現象である。他地点の平均量との比較は、回帰モデルなど簡単でわかり易いブラックボックス・モデルを用いて行う。
- ③ 回帰モデルに内在されるパラメーターの同定は数学的解析によらず、若い世代が感性的にわかり易い遺伝的アルゴリズムやニューラ

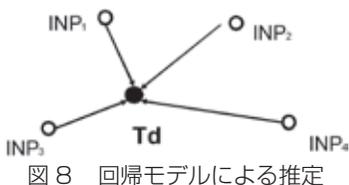


図8 回帰モデルによる推定

ルネットワークによる。

- ④ システムの改良や実用性向上を、現地の住民の方々と意見交換しつつ進める。

である。

図8に監視システムの概略的な考え方を示す。今、1つの地点の放射線量分布 $Td(t)$ を、周囲の入力点データ $INP_i(t)$ の線形、非線形回帰式で表す。例えば線形回帰式であれば、

$$Td(t) = \alpha_1 * INP_1(t) + \alpha_2 * INP_2(t) + \dots + \alpha_n * INP_n(t) \dots (1)$$

と書ける。ここに、 n は入力点の数であり、 α_i は各入力点データに乗ずる重みである。解析では、設定された学習期間で $Td(t)$ を最も良く再現できる重み α_i を求める。求められた重みを学習期間以外の期間に適用して $Td(t)$ を求める。その値は、いわば、周囲の入力点の変動から推定できる平均的な変動である。その値と、実際に測定された値 $Td(t)$ とを比較すれば、その点の変動が平均的な値なのか、その点特有の異常な値なのかを評価できる。

具体的にこの考えを除染地点に適用して、除染効果を定量的に評価してみる。図9に2013年に除染された2地点(B-1, B-2)の状況と、それらの実測された線量率値変化を示す。除染によって、大きく線量率が低下したことがわかる。これらの地点の問題は、この低下が長期的に続くか、周囲からの核種移動などによって上昇する事があるかを監視する事である。このため、観測が開始された2012年9月4日から、除染以前の2013年2月14日までの期間を学習させ、その後を推定し、実測値と比較した。例として、図10に、B-2地点の変動を解析した結果を示す。除染効果が継続していることがわか

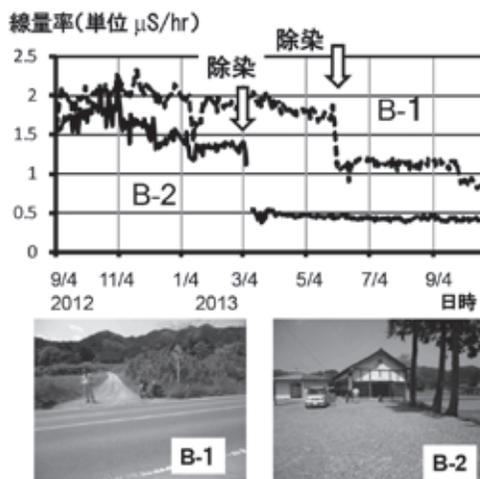


図9 B-1, B-2 地点の除染効果

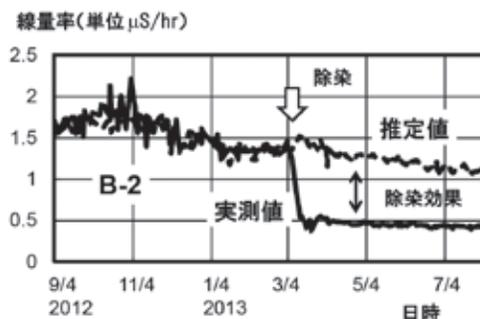


図10 B-2 地点の線量率解析結果

る。この他、河川敷での放射線量率の増加や山地での除染効果などを明らかにした。こうしてシステムの実用性について住民の方々の賛意を得た。

5. おわりに

本論では、福島第一原発の事故に関する技術的問題の例や、南相馬市における線量率監視システムの一部を示した。本環境問題の認識や解決に向けては、技術的に検討しなければならない事が多い。それらに冷静着実に対応し、考え方や結果を公表する事が高校の工学教育でも大事と考える。