



# 福井の科学者

地域に根ざす科学者運動 **139**

2023・1

## 目次

- ロシアによるウクライナ侵略から8ヶ月/  
戦争のリアル  
小野 一 (1)
- 飼料高騰のもと、酪農の危機を打開するには  
加藤 武市 (10)
- 日本で最初に再稼働した、  
老朽原発の関西電力美浜3号機の現状  
山本 雅彦 (16)
- =小特集 再エネ・省エネ
- 南川サイフォン式水力発電と地域活性化事業  
吉川 守秋 (24)
- 省エネ・再エネのバリア  
-ケーススタディから-  
宮本 重信 (28)
- 閾値判定からリスクシナリオの技術基準へ  
-地下水の熱利用で-  
宮本 重信 (36)
- =編集後記= (46)

日本科学者会議福井支部

# 会員の原発関連著書

原発再稼働適合審査を批判する－炉工学的安全性を中心として

著者名: 舘野淳 山本雅彦 中西正之 出版社: 本の泉社

発売日: 2019/1/23 ¥ 1,019

脱原発社会を求める君たちへ

著者名: 小野 一 出版社: 幻冬舎ルネッサンス新書

発売日: 2018/3/8 ¥ 880

地方自治と脱原発 -若狭湾の地域経済をめぐって

著者名: 小野 一 出版社: 社会評論社

発売日: 2016/2/15 ¥ 2,420

緑の党 運動・思想・政党の歴史

著者名: 小野 一 出版社: 講談社選書メチエ

発売日: 2014/9/11 ¥ 1,870

原発被曝労働者の労働・生活実態分析

－原発林立地域・若狭における聴き取り調査から－

著者名: 高木 和美 出版社: 明石書店

発売日: 2017/10/30 ¥ 6,050

原発を阻止した地域の闘い 第一集

編集: 日本科学者会議 出版社: 本の泉社

発売日: 2015/11/27 ¥ 1,540

## ロシアによるウクライナ侵略から 8 ヶ月 / 戦争のリアル

小野 一

2022 年 10 月 22 日, 日本科学者会議福井支部主催公開講演会 (研究例会) が福井県教育センターで開催された。以下は, その時の講演記録を加筆修正したものである。講演者は工学院大学教授で, 現代ドイツ政治学専攻。

### 1. 侵略戦争の勃発 ～

#### ～ 日本科学者会議はどう対処したか

2022 年 2 月 24 日, ロシア軍がウクライナ侵略を開始しました。他国領土への武力攻撃が, 21 世紀の今, 公然と行われるとは信じがたいほどです。ロシアの国際法違反は明白で, 各種団体から非難の意思表示が相次いだのは当然でしょう。日本科学者会議も例外ではありません。2 月 27 日付けで幹事会声明「ロシアによるウクライナ侵略に反対します」を発売した他<sup>(1)</sup>, 数多くの支部等が声明を出しました。

あれから 8 ヶ月。混迷はなおも続いています。長引く戦闘で犠牲者は増え, 当初は見えにくかった「戦争のリアル」も明らかになってきました。ロシアの蛮行を非難しウクライナ民衆と連帯する。開戦直後の緊急声明としてはそれでよかったです。その後の変化をふまえたリアルな状況分析が求められているのです。

2 月 27 日付け幹事会声明を振り返ってみましょう。「国連憲章第 1 条には, 国際連合の目的の筆頭に「国際の平和及び安全を維持すること」を掲げ, 加盟国の「主権平等の原則」を確認しつつ, 加盟国は相互に「加盟国の地位から生ずる権利及び利益を加盟国のすべてに保障するために, この憲章に従って負っている義務を誠実に履行しなければならない」(第 2 条)と定めています」。国連憲章が依拠する原則は, 集団安

全保障です。集団安全保障とは, 簡単に言えば次のようなことです。国際社会は平和を愛好する国家の集まりで, 国際紛争が生じた場合でも, 武力によらず平和的方法で問題を解決する。万一この約束を破り, 戦争に訴える国が出てきたら, 戦争を仕掛けられた当事国だけでなく国際社会全体への挑戦とみなされる。国際社会は, そのような行為に及んだ国を, 何らかの方法で一刻も早く平和的交渉の場に引き戻す。日本科学者会議の幹事会声明は, これに続けて, 日本国憲法前文にも言及します。日本国憲法は国際条約ではありませんが, 「平和を愛する諸国民の公正と信義に信頼して, われらの安全と生存を保持しよう」と決意した」というのは, 集団安全保障の思想そのものなのです。

国連憲章に謳われ, 日本国憲法前文にも色濃く反映された集団安全保障。これは人類が 2 度の世界大戦, 幾多の戦争の犠牲を経てようやく到達した, 平和への誓いなのです。しかし私たちが今直面しているのは, こうした理想とはあまりにもかけ離れた厳しい現実です。集団安全保障原則を公然と踏みつける国が現れてきた時, 国際社会はなすすべがない。好むと好まざるとに関わらず, そこから出発しない限り問題解決は望めないのです。

私は大学で, 政治学及び国際関係論系科目を担当していますが, 授業のはじめに必ず言

うことがあります。国際政治学の学説史では、今日に至るまで、理想主義と現実主義が繰り返し現れています<sup>(2)</sup>。日本科学者会議、そしてここにお集まりの方々の間では、現実主義より理想主義のほうが好まれる傾向にあります。後で述べますが、現実主義は、一部で誤解されているように戦争容認論なのではありません。国際関係を分析し、戦争回避の方策を探るツールとして、私たちもまた、現実主義的思考に習熟する必要があります。

ロシアはなぜ強硬な態度をとるのか。ソ連邦からの独立以来のウクライナの国内事情は、西欧世界とロシア圏の狭間に位置することの意味は、他の国際紛争と比較の上で、今回の戦争の位置づけは、現実主義というツールを用いて、混迷の事態にどこまで迫れるかをともに考える。今日の講演をそのような場にしたいと思います。

## 2 理想主義と現実主義

国際政治学の重要課題のひとつは、戦争を未然に防止することにあります。かつて、戦争は政治の延長であり、国際紛争を解決する正当な手段と考えられた時代もありました。しかし、近代兵器と総力戦の時代にはそのようなことは言っていられません。甚大な被害を伴う戦争を回避すること自体が、目的となったのです。

そのためにどうしたらよいのか。最初に登場したのが理想主義です。時は 1920 年代。第一次大戦で戦場となったヨーロッパでは、平和への希求がとりわけ強かったのです。いくつかの不戦条約が結ばれるとともに、集団安全保障に依拠する最初の国際機構として国際連盟が設立されます。この時代の理想主義者たちは、国家権力よりも道義の準則を重視し、国際法と国際組織を通じた平和の構築を追求します。根底には、人間の理性と進歩への信

頼があるといえるでしょう。

これは理想主義の長所であるとともに、弱点でもあります。1930 年代以降、再び戦争の足音が高まる中で理想主義は凋落し、現実主義に道を譲ります。あるべき世界像ではなくリアルな現状認識から出発する現実主義は、国益（ナショナルインタレスト）に注目することで、国際政治の動態を分析しようとしません。最高権威（世界政府）の存在しない国際社会は、主権国家の利己的要求がぶつかり合う世界ですから、「万人の万人に対する戦い」に陥ることなく秩序を保つには、権力要因への注目は欠かせないのです。

典型的な現実主義の発想に、勢力均衡論というのがあります。A 国と B 国があり、両国の力がほぼ同じだとしましょう。これは戦争が起こりにくい状態です。なぜなら、いずれか一方の国が戦争を仕掛ければ、与えた打撃にほぼ等しい報復攻撃を覚悟せねばならないからです。しかし勢力均衡が崩れ、例えば A 国のほうが国力が強くなれば、小国 B を力で制圧しようとしめます。このような状態で、戦争を回避する方法はないのでしょうか。B 国が C 国と同盟を結び、ふたつあわせて A 国と同じくらいの力を持つことができれば、勢力均衡が回復し、戦争が起こりにくい状態になるのです。

このような思考を好まぬ人もいるかも知れませんが、国益に基づく利己的行動ではなく、「平和を愛する諸国民の公正と信義に信頼して」戦争防止の道を探るべきだと。しかし、国際社会がそれとは異なる論理で動いているなら、その現実を目を向けることはやはり必要ではないのでしょうか。理想主義と現実主義のどちらがよいのか、という問いの立て方はおかしいのです。両方の観点が必要なのです。理想主義も現実主義も、戦争回避を目的とするのは共通で、それを実現する方法が違うのです。

いやそれでも、という方はいらっしゃると思います。現実主義とは戦争容認論の別名ではないかと。それも無理からぬことでしょう。テレビの解説などでは、軍事評論家まがいの怪しげなコメンテーターが現実主義を自称して登場してくることもあるからです。国際政治学の訓練を受けていない、単なる武器マニアでしかないような人も。こういうのを見て、これが現実主義だとイメージされてしまうのは、とても残念なことなのです。

最近よく耳にするようになった「地政学」という言葉にもふれておくべきでしょう。9月13日付け『朝日新聞』の「耕論「地政学」いま考える」は、三者三様の見解を紹介していて、なかなか読みごたえがあります。定義としては「地理的要素を加味した政治学」ぐらいの意味なのでしょうが、実際には色のついた使われ方をしているようです。地政学という言葉が何かうさん臭く感じられるのは、「仮想敵」を念頭に置いた軍事戦略論になり下がっているからだと思います。こうした考え方は古くからあり、国防・軍事研究に携わる人なら必ず身につけています。この論理が市民社会に浸透してくることは、たしかに問題です。現実主義的思考が重要ですと言っても、「敵」と戦う戦略論に習熟しましょうとか、その立場の学者や政治家を支持しましょうとかいう意味では全くないのです。

くどいようですが、日本科学者会議幹事会声明をもう一度見てみましょう。国際機構を設立して集団安全保障を行うのは、徹頭徹尾理想主義の発想です。幹事会声明には、核兵器禁止条約への言及もあります。武器があるから戦争が起こる、ならば国際条約で武器を禁止ないしは規制しよう。これも理想主義的思考の産物です。もうおわかりですね。私たちの運動の根底にあるのは理想主義なのです。それが悪いと言

うつもりはありません。そのような視点を保持しつつ、現実主義的思考も身につけましょうというのが私からの提案です。集団安全保障原則が理想どおりに機能していない現実。平和な世界の再建という困難な課題に、少しでも寄与するためのひとつの方法論なのです。

### 3 ウクライナ政治への視点

国家が国益を追求する時、理想主義者の想定と異なる行動をとることがあります。ロシアはなぜ、国際世論に逆らってまで拡張主義的にふるまうのでしょうか。北海道大学スラブ・ユーラシア研究センター長だった岩下明裕さんは、偉大なロシア民族は周りの国々を導く使命（ミッション）があるとの思い込みを指摘し、次のように言います。「日本では大国主義はけしからんと言う。でもロシア人にそんなことを言っても、まず理解されない。当たり前じゃないか、みたいな感じ。それくらい染みついています」<sup>(3)</sup>。身も蓋もない話ですね。もちろんそれ以外の要因もありますし、戦争を望まないロシア人もいます。しかし、長年この地域を研究してきた人ならではのリアリズムと言うべきでしょう。

どのように釈明しようともロシアの国際法違反は許されません。しかし、こんなことでもなければなじみ薄いウクライナ。ロシアと同様、ウクライナの内情についてももっと詳しく知るべきではないでしょうか。どっちもどっちとか、喧嘩両成敗とか言うことではありません。当事国のことを知らなければ、冷静な判断などできないからです。地道にウクライナ研究を続けてきた人が異口同音に言うのは、親ヨーロッパ対親ロシアは「ひとつの」対立軸ではあるが唯一の対立軸ではないということです。複雑な対立や政治的混乱が東西対立軸に絡むかたちで現れるのですが、ある時期から東西対立

軸が急進化したのです。

ソ連邦からの独立 (1991 年) から今日まで、ウクライナ政治の流れを簡略化して示しておきました (図 1)。憲法制定は、旧ソ連邦国家の中でもかなり遅い 1996 年のことでした。その後も何度か、しかも政治的思惑で、憲法が改正されるのです。政党政治も未成熟でした。明確な主義主張と政策を掲げた政党が競合し、選挙による多数派形成を通じて安定した政治的基盤を築く、というのとはほど遠い状態が続いたのです。ところでウクライナの政治体制は、世界的に見ると、大統領制と議院内閣制の中間形態のような仕組みの国は意外に多いのです。その場合には首相と大統領の両方います。ウクライナもそうなのですが、権力中枢が分散していると、それが政治的混乱を助長することもあります。

1990 年代に大統領職にあったのは、クチマという人物です。地域党は、ウクライナ南東部に基盤を置く親ロシア政党と説明されることもあります。クチマを支援するために設立された地域閥政党というほうが実情に近いと思います。クチマ大統領は 1999 年選挙で何とか再選されますが、求心力低下の中、元国立銀行総裁ユシチェンコを首相に推薦します。両者の間には確執もあり、ユシチェンコは 2001 年 4 月に解任されます。2002 年議会選挙後に、クチマ大統領は、東部ドネツク州知事ヤヌコヴィッチを首相に任命します。その頃、「クチマ抜き」のウクライナ」運動が盛り上がる中、市民たちが独立広場 (マイダン) で抗議集会を行うスタイルが、ウクライナの政治風景として確立していきます。

こうして迎えた 2004 年大統領選挙。クチマの後ろ盾を得たヤヌコヴィッチに、ユシチェンコが挑む構図になります。いったんは前者の勝利が発表されるのですが、異議申し立てを受け

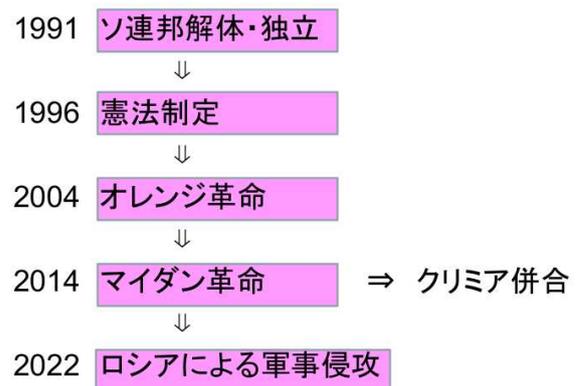


図1 現代ウクライナ略年表(筆者作成)

て再選挙となり、ユシチェンコが当選します。これがオレンジ革命と呼ばれるものです。ロシアや西側世界からの選挙介入も取り沙汰されています。そのようなこともおそらくあったと思いますが、この時点までは、東西対立はさほど先鋭化していなかったことに注意する必要があります。

ユシチェンコ時代は、内政的には混乱続きでした。後で述べますが、ユシチェンコ大統領は言語問題や教会問題のような「禁じ手」に手を伸ばすのです。しかし運命のカードは、ウクライナの外で切られていたと言うべきかも知れません。松里公孝さんによれば、(旧ソ連邦国家の)体制転換後約 30 年の政治史は、おおよそ 2008 年を境にして前半と後半に分けられるというのです。「(2008 年)4 月に開催された NATO のブカレスト・サミットは、ウクライナとグルジアが将来的には NATO に加盟すると宣言し、慰撫のために招かれていたウラジミール・プーチン・ロシア大統領を激怒させた。8 月にはグルジアが再統合を目的として南オセチアに総攻撃をかけこれに軍事介入したロシアはやがて南オセチアとアブハジアを国家承認した」<sup>(4)</sup>。こうして、2014 年のユーロマイダン革命を口実とするロシアによるクリミア併合、ドンバス戦争へと布石が打たれていくのです。

2009/10 年選挙で大統領職はヤヌコヴィッチに移りますが、新政権の腐敗ぶりも甚だしいものでした。2013 年 11 月に彼が欧州連合 (EU) 加盟に向けた連合協定交渉の凍結を発表すると、野党や市民・学生らは抗議運動を開始します。ユーロマイダン革命の幕開けです。年が明けて 2014 年に入ると、治安部隊とデモ隊の衝突は激しさを増し、多数の犠牲者を出す銃撃戦へと発展します。マイダン運動の要求のひとつは 2004 年憲法への復帰でしたが、最高会議の多数派は 2 月 21 日、2010 年の憲法裁判所の決定を無効とし、2004 年憲法を復活させます<sup>(5)</sup>。地歩を失ったヤヌコヴィッチ大統領はロシアへ逃亡します。

ウクライナ政治の「ひとつの」対立軸でしかなかった東西対立軸は、ここへ来て一線を踏み越えるものになってしまいました。服部倫卓さんは、マイダン運動が従来のパターンを逸脱して暴力革命に転じ、内戦にまで発展した原因のひとつとして、次のように指摘します。「ウクライナ国内の権力闘争に、ロシア・EU・米国という大国が関与・介入することで、いわばレバレッジがかかった格好となり、これにより危機が増幅され国際化してしまった(ことである)。ロシアによるユーラシア関税同盟/経済連合、EU による東方パートナーシップという二つのプロジェクトが、ウクライナという戦線におい

てぶつかり合ったという地政学的な側面は、やはり否定できない」<sup>(6)</sup>。

あれから数年。2019 年選挙を経て、第 6 代ウクライナ大統領に就任したのはゼレンスキーです。改めて説明するまでもない有名人ですね。少しだけ余計な話をすれば、彼の前職は人気コメディアンです。芸能人が政治家になるのが悪いわけではありません。しかし近年では、抜群の知名度を活かして政界デビューする例が少なくありません。ゼレンスキーの支持母体である「人民の僕」党は、同年 7 月の議会選挙で 56% の議席を獲得しました。単独政党による過半数という、独立ウクライナでは誰もなし得なかった偉業が、はじめて実現するのです。もっともこの時点では、比類なき苛酷な運命を背負う大統領になろうとは、想像もしなかったでしょうが。

#### 4 他の国際紛争との比較

理想主義にせよ現実主義にせよ、国際政治学の関心事は未然に戦争を防止することにあります。しかし、実際に戦争が始まってしまったらどうするのか。理論研究の限界を思い知らされるような事態なのですが、ここで立ち止まるわけにはいきません。過去の国際紛争との比較から、何か示唆を得られないでしょうか。思い浮かぶものを順に挙げれば、パレスチナ問題、

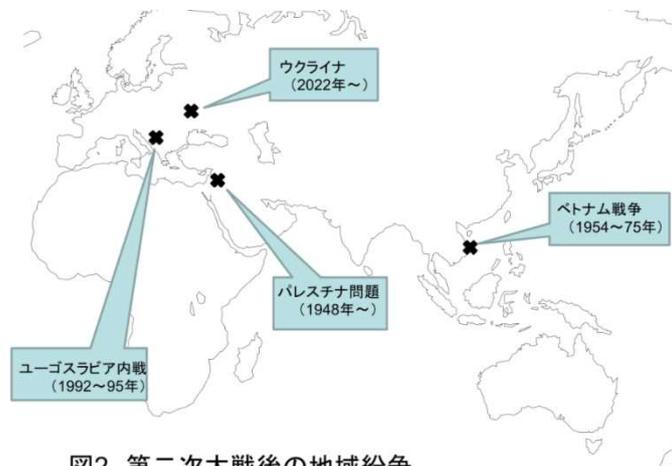


図2 第二次大戦後の地域紛争

ベトナム戦争, ユーゴスラビア内戦などがあります (図 2) .

パレスチナ問題とは, シオニズム思想<sup>(7)</sup>に基づきパレスチナに入植したユダヤ人と, 土地を追われた先住アラブ人との紛争を指します. 事態收拾のため, 第二次大戦後には, 国連分割決議 181 号という妥協案が示されます. 要はユダヤ人とパレスチナ (アラブ) 人の棲み分けですが, なぜ勝手に侵入してきたユダヤ人に土地を与えねばならないのかと, パレスチナ人は不満です. それで第一次中東戦争が起こるのですが, 軍事力で勝るユダヤ人側が勝ち, 1948 年にはイスラエルの建国が宣言されます. パレスチナ人は国連分割決議よりも不利な条件を甘受する羽目になり, 大量の難民が発生します. 繰り返されるイスラエルの横暴を国際社会が見て見ぬふりする中, パレスチナ人にはインティファダ (民衆蜂起) と呼ばれる絶望的な抵抗しかなすすべがなくなっていました. 相互承認や平和の試みはありましたが, なおも解決の展望が見えない, 国際政治の難問なのです.

プーチンの念頭にあったのはこれではないでしょうか. イスラエルのように, 短期間の軍事的成功でウクライナ併合を既成事実化してしまえば, 国際社会も黙認せざるを得ないと. ウクライナの強靱な抵抗は, プーチンの誤算でした. とはいえ, 「なぜウクライナは世界の関心を集めシリアは黙殺されるのか」との問い<sup>(8)</sup>は, 重いと思います. 代理戦争の舞台とされ, 大国の利害とダブルスタンダードに翻弄されたシリアの現実を見てきた青山弘之さんには, 両国がオーバーラップして映ります. ウクライナの地に「もうひとつのパレスチナ問題」を生み出したのが今回の戦争だとすれば<sup>(9)</sup>, 悲しむべきことなのです.

代理戦争という言葉が出てきました. 冷戦時代を通じ, 米ソの直接の軍事衝突はありません

でしたが, それが姿を変えて戦われた地域紛争ならいくつかあります. 朝鮮戦争やベトナム戦争がその例です. 大国の都合で干渉戦争に訴えるのは許されませんが, ことはそれほど単純ではありません. 冷戦は終わっても西欧 (軍事同盟としては NATO) とロシアの対立は残り, 両陣営の狭間に位置するウクライナは困難な立場に立たされやすいのです. 対立がエスカレートして第三次大戦や核戦争になることは絶対に避ける必要があります. そのための「緩衝地帯」にされるウクライナ民衆は, たまったものではありません.

ユーゴスラビア内戦にもふれておきましょう. 第二次大戦後, ユーゴスラビア社会主義連邦共和国は, ソ連型とは異なる自主管理社会主義を掲げつつ, 民族事情の複雑なこの地をうまく統治してきました. その要諦は, 多数派セルビア民族が禁欲的にふるまい, 諸民族の対等原則の下で平和共存をはかることでした. しかし, 建国の父チトー大統領が死に, 1980 年代以降に経済格差が顕著になると, 人々の不満が高まります. それに乗じてセルビア民族主義を煽ることで権力の頂点に上り詰めたのが, ミロシェヴィッチ大統領でした. それを嫌って周辺の国々が分離・独立を表明すると, 旧ユーゴスラビアは内戦状態に陥ります. とりわけボスニア内戦 (1992~95 年) では, 激しい戦闘により多くの人が犠牲になりました. 米国が仲介する Dayton 和平により戦争はいちおう収束するのですが, 民族浄化と称する大量虐殺など, 悲惨な結果を残しました.

ユーゴスラビアのような多民族国家で絶対にやってはいけないこと. それは多数派民族主義の政治的利用です. ミロシェヴィッチ大統領がやったのはまさにそれでした. 彼は民族主義者というより, 権力欲のためなら何でもする人間で, 手っ取り早く民衆の支持を得る手段とし

てセルビア民族主義に目をつけたのです。ウクライナもまた、民族事情の複雑な地域です。ロシアにいじめ抜かれたウクライナというのは一側面にすぎず、ロシア系住民の権利や地位は尊重されねばならないのです（さもないとロシアが介入する格好の口実を与える）。オレンジ革命後のマイダン運動の急進化過程で、テレビドラマ等のロシア語作品・番組のウクライナ語への吹き替え、クリミアの裁判所でロシア語を用いてもよい地域特権の剥奪、ウクライナ独立正教会創出の試みなどがなされました。ユシチェンコ大統領が失政を覆い隠すため、アイデンティティ問題に論点をすり替えたといえるようがありません。これは多民族国家の政治指導者にはあるまじき行為なのです。

## 5 おわりに

### ～～ 私たちに何ができるのか

事態がここまで膠着してしまうと、なし得ることには限りがあります。ゼレンスキー大統領が世界へ向けてウクライナとの連帯を呼びかける姿は、感動を呼びます。しかし彼のいう支援とはロシアと戦うための武器と兵士のことであり、戦争が長引けば民衆の犠牲はますます増えます。日本のように憲法上交戦権を否定した国ならずとも、にわかには受け入れ難いでしょう。ウクライナ支援は、人道支援などの非軍事的措置に限るべき。正論ではありますが、戦場に近いヨーロッパではそんなこと言っていないのが実情です。

ドイツのショルツ首相は、2月27日の議会演説で「プーチンの戦争」を批判し<sup>(10)</sup>、ウクライナへの武器供与、経済制裁、防衛費増額、ロシアへのエネルギー依存脱却などを打ち出しました。これはドイツの安全保障政策、経済政策の大転換です。しかも、武器供与の急先鋒が連立パートナー緑の党の政治家だというのは、

1980年代緑の党のイメージから脱却できないままにいる日本の進歩的知識人には、認めたくない事実かも知れません。平和運動や市民の間で理想主義やタテマエ論が非常に強いのが、日本特有の言説状況であることは知っておいてよいと思います。もちろん、日本の保守主義政治家が、これ見よがしに改憲論や防衛力増強論を強めてくることには警戒が必要ですが。

ウクライナの事態は深刻です。同時に、紛争や独裁政治に苦しむ人が世界各地にいることも、忘れられてはなりません<sup>(11)</sup>。前述の青木さんの本は、「ウクライナ侵攻における悪魔化と神聖化の間で、これまで以上に曲解され、そしてその後再び忘れられかねないシリアにおける事実焦点を当てること」を最大の目的としています。この姿勢から学ぶところは少なくありません。なじみの薄いウクライナ。勧善懲悪とステレオタイプを超えたリアルな状況認識が、私たちには求められているのです。本日の講演が少しでもお役に立てば幸いです。ご清聴ありがとうございました。

### 補論 ～～ ウクライナの原子力事情

1986年4月にウクライナ(旧ソ連)のチェルノブイリ原発(ウクライナ語表記はチョルノービリ)で発生した事故は、(福島原発事故までは)史上最悪の原発事故である。時代遅れのソ連式原子炉を押しつけられたウクライナこそ災難だとの印象があるかもしれないが、実際は、ウクライナがソ連邦の原子力産業(軍事、民生を問わず)をリードする先進地域だったのである。ソ連邦解体後、ウクライナは、ロシアへの核兵器引き渡しと交換に無償で核燃料供与を受けたり(放射性廃棄物も当初はロシアが引き取っていた)、その一方では事故原発の停止と引き換えに原発新造資金を西側諸国から引き出したりした。これだけの好条件が揃え

ば、むしろ原発をやらない理由が見つからないほどである。

ウクライナには、今日、4 ヶ所の原子力発電所に計 15 基の原子炉があり (図 3)、発電量は世界 7 位である (日本は 9 位)。総発電量に占める原発の割合 (原子力依存度) は 55% (フランスに次ぐ 2 位) と、文字どおりの原発大国である。ヨーロッパでも最大規模のザポリージャ原発は旧ソ連型 VVER 原子炉 (1 号機は 1985 年、最新の 6 号機は 1996 年に運転開始) を装備し、燃料も、西側メーカー (ウェスチングハウス社) に切り替える動きがあったものの、ロシア依存を断ち切るには至っていない。

潜在的には欧州への電力輸出国となり得るウクライナだが、ヨーロッパの送電系統との同期連系は一部地域に限られていた。ロシアによる軍事侵攻の直前、ウクライナ国営電力公社は、それまで接続していたベラルーシの系統からの離脱を宣言するとともに、2022 年 3 月 16 日には欧州送電系統運用者ネットワーク (ENTSO-E) との接続・同期化を実現した (当

初予定の 1 年前倒し)。軍事侵攻の初期にロシア軍はチェルノブイリ原発 (運転終了済) を制圧し、外部電源が喪失したが、3 月 11 日にロシア・エネルギー省は、ベラルーシからの電力供給回復を発表した。原子力施設を「人質」にとるロシア軍の腹づもりが見え隠れするとともに、ベラルーシからの電力供給再開は、欧州送電系統への接続をめざすウクライナの意図を (一時的に) 挫折させた象徴的出来事とも解し得る<sup>(12)</sup>。

3 月 4 日には、ロシア軍はザポリージャ原発を掌握する。戦車が進入し、原発敷地では火災が発生するなどした。その後も攻撃は続き、8 月 25 日には原子炉冷却に必要な外部電源が一時的に失われる事態に発展した。ロシア軍の行動には、ふたつの戦略的意図があるといわれる。ひとつは、原発を盾として利用することで軍事作戦を優位に進めること。もうひとつは、国内電力需要の 2 割を賄えるザポリージャ原発からの電力をロシアが併合した南部クリミアに供給すること<sup>(13)</sup>。9 月 1 日には国際原子力機



関 (IAEA) の専門家チームが現地入りするが、一過性の査察では不十分で、安全性確保のためには第三者機関による長期の監視活動が不可欠との指摘もある。

ロシアによるウクライナ侵略は、原発が攻撃されれば、核兵器を使用せずとも放射能被害をもたらす脅威を世界に知らしめた。しかもそれは、直接的な武力攻撃のみならず、送電線の破壊などの間接的要因や、はたまた、原子力に知識のない兵士の軽はずみな行動などによっても起こり得る。そもそも戦争を起こさないこと、原発そのものをなくすことが求められる。だが、そうした根本的解決がただちに期待できず、戦争の長期化も予想される現下の状況においては、戦闘状態にあっても破局を回避するべく原子力施設のマネジメントが求められる。

文献

- (1) <https://jsa.gr.jp/d/statement/20220227ukraine>
- (2) 理想主義と現実主義については、日本科学者会議福井支部の支部ニュース 2022 年度第 1 号に筆者が寄稿した。藤原帰一『「正しい戦争」はほんとうにあるのか』（講談社、2022 年）の書評も参照されたい。
- (3) 2022 年 4 月 14 日『朝日新聞』13 面。
- (4) 松里公孝『ポスト社会主義の政治』（筑摩書房、2021 年）27～28 頁。
- (5) 既述のようにウクライナでは、憲法改正が政争の具に使われてきた。松里公孝は、「2004 年憲法への復帰要求とユーロマイダン運動はかなり唐突に結びつけられたのであり、やる前から多くの犠牲者を出すことがわかりきっていた暴力路線の口実として憲法問題が利用されたと解釈するしかない」と述べる（松里前掲書 292 頁）。
- (6) 服部倫卓「移ろうマイダンの風景とウクライナ危機」（『地域研究』16 巻 1 号、2015 年）42 頁。
- (7) 世界各地に散らばっていたユダヤ民族が、約束の地カナン（パレスチナ）に自分たちの国家を建設しようという考え方。19 世紀末頃から政治運動として意味を持ち始め、戦争政策の都合から主要国が与えた（相矛盾する）約束を根拠に、第一次大戦後に入植が始まった。
- (8) 青山弘之『ロシアとシリア／ウクライナ侵略の論理』（岩波書店、2022 年）。日本科学者会議福井支部ニュース 2022 年度第 6 号に掲載された書評も参照。
- (9) 『現代の理論』2023 年冬号掲載の拙稿も参照。
- (10) 演説中ではロシアではなくプーチン大統領個人の戦争とされる。板橋拓己「ロシア・ウクライナ戦争とドイツの安全保障政策の転換」（日本国際問題研究所、2022 年 3 月 28 日）。<https://www.jiia.or.jp/research-report/europe-fy2021-07.html>。
- (11) 2022 年 4 月に日本科学者会議国際部が発行した Bulletin の 168 号では、ウクライナ民衆に連帯する誌面構成をとりつつも、それ以外の地域の人権侵害も忘れないよう注意を喚起した。[https://jsa.gr.jp/intl/bulletin/bull\\_168.pdf](https://jsa.gr.jp/intl/bulletin/bull_168.pdf)
- (12) 友次晋介（広島大学平和センター）の情報提供による。
- (13) 2022 年 9 月 2 日 NHK 国際ニュースナビ「ザポリージャ原発で何が？」（[https://www3.nhk.or.jp/news/special/international\\_news\\_navi/articles/qa/2022/09/02/25012.html](https://www3.nhk.or.jp/news/special/international_news_navi/articles/qa/2022/09/02/25012.html)）。

## 飼料高騰のもと、酪農の危機を打開するには

加藤 武市 (加藤技術士事務所)

畜産農家は、配合飼料や生産資材、燃油などの高騰に加え、農業機械や部品の価格も跳ね上がり、円安が物価高を押し上げ、その上コロナ禍での消費停滞などで廃業せざるをえない実態である。特に多額の資本を投下している畜産農家が厳しい。そこで酪農の実態から問題点、緊急課題を述べたい。

子牛価格の暴落が追い打ち、2022年11月から飲用向け乳価が10円上がったが、北海道産の生乳の多くが加工用で、飲用乳向けは2割程度なので、2円程度の引き上げにしかなっていない。コロナ禍で、学校給食用牛乳の需要が減る冬休みや夏休みなどの間は、保存のきくバターや脱脂粉乳などの乳製品に仕向けて製造しているものの、乳業メーカーの処理能力はもはや在庫量は限界に近づいている。子牛価格や廃用牛の暴落は、後継牛導入の資金繰りが難しい。日本の食料自給率は38%であるが、畜産は、飼料をほとんど外国に依存した農政をこれまで政府は推進してきており、飼料自給率を考慮した自給率は6~26%と低い。また、主な農産物の貿易率は、とうもろこし13%、小麦23%と低い。ロシアがウクライナ侵攻により、両国とも、圧倒的な小麦輸出国であるから、小麦などの輸出不足で高騰になっている。その中で、私が現在係わっているコンサルタント業務の中で、全国の若手畜産農家の相談事例について紹介したい。

### 1. 飼料・資材高騰に、子牛価格の暴落が追い打ち

この2022年9月に北海道の酪農家を震撼（しんかん）させる事態がおきた。家畜市場でヌレ子（ホルスタイン種の生後2カ月までの雄子牛）の平均価格が、今年の6月までは1頭11万円以上だった子牛価格の大暴落に、酪農家は途方にくれている。道内各地の家畜市場で子牛価格が1.6万円（10月）と暴落が相次ぎ、価格回復の目途はない。

その原因は、配合飼料の高騰で肉牛農家も利益が出ないため、素（もと）牛となる子牛を買い控えたこと、とくに道内の初生雄子牛の2割を買い入れていた大手畜産業者が、経営難で民事再生法の適用を9月申請し、子牛の買い入れを中止したことが影響している。

農民連釧根地区協議会の会合でも、「売れるかどうかと思いながらヌレ子を出荷した。売れはしたものの3千円。これではミルク代にもならない」、「ジャージー種の子牛を2回セリに出したが、2回とも売れず、獣医さんに殺処分してもらった」などのやり場のない不満の声が出された（新聞「農民」（2022年10月3日号））。

配合飼料や生産資材、燃油などの高騰に加え、農業機械や部品の価格も跳ね上がり、「部品を注文したが、全然届かない。その間にも値上がりが続いている」という状況である。乳を搾れば搾るほど赤字という酪農経営の下で、追い打ちをかけるような牛の販売価格の大幅下落で、「来年の計画どころか、年を越せない」との声があがっている。

例年、学校給食用牛乳の需要が減る冬休みや夏休みなどの間は、代わりに保存のきくバターや脱脂粉乳などの乳製品に仕向けで製造しているが、コロナ禍による業務用乳製品の需要低迷が長期化したことで、乳業メーカーの処理能力や在庫量はもはや限界に近づいている。

今冬、この危機を前に、農林水産省の「NEW(乳)プラスワンプロジェクト」をはじめ、小売業界や乳業メーカー各社などは官民あげでの牛乳消費拡大キャンペーンを展開。消費者や食品加工業界などの需要が急増した結果、生乳は廃棄を免れた。

## 2. 乳価引き上げも「焼け石に水」

2022年11月、飲用向け乳価が10円上がったが、北海道産の生乳の多くが加工用で、飲用乳向けは2割程度。それでもプール乳価(酪農家に支払われる、用途別に違う乳価を平均した乳価のこと)は2円程度の引き上げにしかならず“焼け石に水”である。

全国の乳牛の飼養戸数及び飼養頭数はそれぞれ1万3,800戸、135万6,000頭(2022年3月畜産統計)である。全国に占める北海道の割合はそれぞれ飼養戸数41%、飼養頭数61%。1戸当たりの飼養頭数は、北海道140.6頭と他の都府県62.4頭、実に2.3倍である。生乳生産量は、北海道で56%を占める。しかも、生乳の76%は乳製品に加工される。

畜種によって差はあるものの畜産物生産費に占める飼料代の割合は、乳牛が45%である。なかでも、配合飼料(濃厚)を給与される肥育豚では60%以上を占めている。そのため、畜産経営においては、配合飼料費の低減を図ることが肝要である。牛は、豚や鶏と異なり草食動物であることから、現在未利用となっ

表1 畜産物には2通りの自給率がある  
農林水産省「食料需給表(2020年)」

畜産物 項目	牛肉	豚肉	鶏肉	鶏卵
				
自給率	36%	50%	66%	97%
飼料自給率を考慮した自給率	9%	6%	8%	12%

ている未利用転換畑に、トウモロコシを中心とした飼料作物を導入する。水田に超多収飼料イネを栽培する。また、中山間地の遊休地・林間地に小規模移動放牧をするなど自給飼料中心の酪農・肉牛経営を推進するなど対策を図る。

農民連釧根地区の酪農家は、「生産も消費も輸入依存から脱却し、アグロエコロジーなどの研究を含めて、肥料や配合飼料をできるだけ使わないで、自給飼料を中心にした酪農畜産に切り替えるための対応策こそが求められる」と議論している。

2022年11月30日、えさ代の高騰などで経営が圧迫されている畜産農家らが、農水省に対し、コストを販売価格に反映できるよう対応を求めた。農民連長谷川敏郎会長「日本の畜産は、いま最大の危機である。この状況が続けば、産業として崩壊が始まる。まさに、いま正念場である」として、牛や豚、鶏などを育て、販売する畜産農家など40人以上が農水省を訪れ、窮状を訴えた(新聞「農民」2022.11.7号)。酪農をめぐるのは、ウクライナ情勢などの影響で飼料価格が高止まりしていて、経営に影響が及んでいる。農水省によると、穀物などを材料とする飼料の平均価格が去年とくらべて20%以上値上がりしている。しかし、酪農家らは「コストの増加分を、

食品メーカーや外食産業との取引価格に上乗せできていない」と訴え、価格転嫁が円滑に進むよう、政府に働きかけを求めた。価格転嫁については、「食料・農業・農村基本法」の改正に向けた審議会で議論しているが、いまだ具体的な策は打ち出されていない。牛乳・乳製品は、自給率61%であるが、飼料自給率を考慮した自給率は26%である、他の畜産物の自給率は表1のとおりである。

### 3. コロナ禍が畜産物の需要に与えた影響<sup>1)</sup>

2020年2月以降は、コロナ禍における外出自粛の影響による「巣ごもり需要」が旺盛となり、食肉の家計消費は増加に転じている。19年の全国一人当たりの牛肉・豚肉消費量は、18年対比で、牛肉は97.9%、豚肉は98.7%と減少していたが、コロナ禍に入った20年と21年には、牛肉・豚肉ともに増加基調に転じており、特に豚肉の消費は、内食需要の急拡大が一巡した21年においても106.4%と高い状態が維持されている。また、鶏肉の消費量は一貫して増加基調を示し、21年においても110.2%と極めて高い消費の伸びを維持している。こうしたことから、食肉における内食需要は依然高い水準にあるといえよう。

業態別では、落ち込みが激しいのが緊急事態宣言時に酒類の提供ができなかった「パブレストラン/居酒屋」であり、20年4月には8.6と壊滅的な状況に陥っている。その後、一定の回復は見られたものの、売上高は依然コロナ禍前の50%前後にとどまり、未だ苦境が続いている。一方、「ファストフード」は、20年4月には86.7%と落ち込んだものの、テイクアウトなどの需要増加もあり、同年下期からはコロナ禍前と同等以上の売上高で推移しており、他の業態と比較して影響は軽微であったと推定される。

これらは需給のバランスではなく、生産コストの上昇が値上げの要因となっていると言えよう。「需給バランスが崩れる可能性が高く、業界関係者としては混乱を生じないよう最大限の警戒をしている。酪農団体の中には、牛を食肉用として処分することで生乳の生産量を減らすよう呼びかけているところや、メーカーでは、バターや脱脂粉乳といった保存性の高い乳製品を工場でたくさんつくれるよう、生産能力を最大化するための準備を進めている」、牛は生まれてから乳が絞れるようになるまで、約3年かかる。

生き物なので1年ごとに生産量を大きく変えることは難しく業界団体などは引き続き、牛乳や乳製品の消費拡大を呼びかけたいと。

2022年11月1日から牛乳やヨーグルトなどの乳製品が一斉に値上げされた。その一方で今後、年末にかけて「牛乳が大量に余ってしまい捨てられてしまうのではないかと」。

一方、外国為替は、6月には135円前後で推移していたが、米国では高いインフレを抑制するため利上げを実施している一方、日本は金融緩和政策を継続していることから、日米金利差の拡大により円安がすすみ、現在は143円前後となり、生産資材の価格が高騰することが予想される。特にトウモロコシを主原料とする配合飼料の値上がりだ。ウクライナ危機や円安などの影響を受けている。

農林水産省の飼料月報によると、乳牛用配合飼料の価格（工場渡し価格）は、昨年6月には1トンあたり7万4038円だったが、今年6月には1万円以上（約14%）値上がりし、8万4393円になった。さらに7月からは1トンあたり1万円超の上げ幅となった。

酪農家への支援として、国の「配合飼料価格安定制度」がある。輸入される飼料品目の上昇に応じて値上がり分を補填（ほてん）す

るのである。4～6月は飼料1トンあたり9,800円が補填された。だが、農家にとって十分とは言えず、岩手県は、国の制度でまかないきれない分について、配合飼料1トンあたり1千円以内で助成する方向で準備し、市町村でも支援の動きが広がる。

さらに、乳業メーカーが酪農家から買い取る際の飲用乳価が、11月から1キロあたり10円引き上げられる。値上げは19年4月以来、3年半ぶりである。

配合飼料などの高騰に対応したもので、酪農家から生乳販売を受託している指定団体・東北生乳販連は、「危機的な状態で、このままでは離農が進むため値上げを要望する」と「北海道新聞2022年12月5日号」。

ただ、乳価の値上げは、難しい問題もはらむ。

コロナの影響で消費が落ち込んだ牛乳は、供給過剰が続く。保存用に加工された脱脂粉乳の在庫も、全国で10万トンを超えて過去最高水準となっている(2022年5月末時点)。こうした中で小売価格も上がれば、消費低迷を加速させる懸念がある。

仕入れ価格が上がる乳業メーカーにとっては、スーパー側との交渉で小売価格に転嫁できなければ、経営状況の厳しさが増す。

現在、下げた金利を再び上げる動きに国ごとの差があり、日本の金利は比較的低い状態である。金利が低い円より金利が高いドルなどの通貨を持った方が運用上で有利と考える投資家が増え、円が売られ、円の価値が安くなる円安が進行している。エサ代が高騰している原因は、トウモロコシなど穀物需給のひっ迫である。その大半はアメリカなどから輸入されているが、ウクライナ情勢による原油の高騰、円安、中国における需要の高まりな

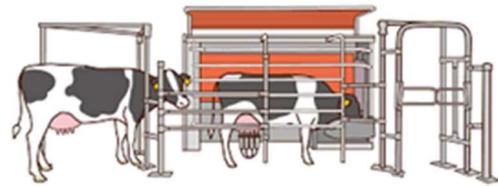


図2 搾乳ロボットのイメージ

どで値上がりが続いている。

#### 4. 酪農におけるスマート農業<sup>2)</sup>

搾乳ロボットは、日本において1997年に初めて導入され、2019年10月現在では、500戸を超える農場に1,000台を超える搾乳ロボットが導入され、日本全体で見れば3%の酪農家で、北海道内に限れば、6%の酪農家が搾乳ロボットを利用している。基本的な搾乳ロボットの仕組みは(図1)、フリーストール牛舎(舎内で牛を放牧する構造の牛舎)内に設置し、1頭分の搾乳用ボックスに、全自動での搾乳を可能とするロボットアームなどが付属したものである。レーザーで乳頭位置を検知して、乳頭に1本ずつミルクを装着して搾乳を行う。無人での24時間稼働が可能である。また、ロボット内で給与される濃厚飼料を呼び餌とし、牛が自発的に進入するため、人手による搾乳にかかる誘導の手間が軽減される。飼養頭数が大きく増加し、1人当たり頭数は増えている。その結果、1日1人当たり労働時間は2時間ほど削減され、時間にゆとりを持てるようになったり、家族全員がローテーションで週1回の休暇取得を目指せるようになったりしたそうである。

#### 5. 米国の貧困者向け食料支援 農務省予算の7割

ニュースソクラ 農業ジャーナリスト山田優氏(2021年3月26日)によると、第2

次大戦前の大恐慌時代に困窮して食べものに困った人たちと、価格低迷に悩む農家の双方を援助する目的で制度が生まれた。現在では紙からクレジットカードのような電子クーポンへと変わったが、全米で4,000万人を超える人が使っている。農務省の栄養補充支援制度(SNAP)には、日本円で10兆円近い予算が毎年注ぎ込まれる。同省予算全体の7割を占め、農業関係の予算額をはるかに上回っている。米国では3億3,000万人の人口の12%がSNAPを受給している計算。制度が異なり比較は難しいが、人口当たりの生活保護率が2%に満たない日本に比べ、米国では格段に幅広い層に食料が届けられていることになる。

内閣府の調査でも、子どもの貧困率は15%近くある。1人親世帯などからは「十分な食生活を送っていない」という声が多く上がっている。

農水省は、100万トン規模の備蓄米から今年度19トン子ども食堂や子ども宅食(ご飯の配達)に無償譲渡した。

## 6. 現実直視しない食料安保

農水省は食料安全保障を掲げて不測の事態に備え、穀物備蓄や輸入先の情報調査を続けている。だが、足元の国内で広範な国民に飢餓が広がっている現実から目を背けているように見える。政府は食料支援の仕組みづくりに知恵を絞るべきであろう。余剰の牛乳や保存用に加工された脱脂粉乳、米などを含めて買い上げ、アメリカの農務省が行っているSNAP制度の導入を考えるべきではないだろうか。

飼料・肥料などの高騰と米価の大暴落を放置したまま転作補助金(水田活用交付金)をカットし、食料自給率をさらに引き下げる農政をやめさせ、日本の農と食を立て直す。

飼料・肥料・燃料の異常な高騰に対しては、高騰分を農家に直接補填する緊急対策を実施すること。

価格保証・所得補償を農政の柱にし、施策と予算を抜本的に拡充して農政を転換する必要がある。

一次産業のあらゆる課題を解決する「YUIME Japan」で、私は獣医学的な問題を除いた畜産関係の相談業務を行っている。酪農に関する主な相談を紹介すると下記のとおりである。

下記の相談に見られるように、「休耕地、林地を活用して放牧したい」、「搾乳ロボットによる作業の効率化を図りたい」と積極的な相談も寄せられた。技術的には「夏季における乳量低下防止」と異常気象に絡んでの悩み。

「後継者難で事業の縮小」、「搾乳作業と親の介護」など切実な相談が寄せられている。

- ① 牛の放牧地を整備しようと考えています。放牧を失敗しないための注意点を(広島県)
- ② つなぎ飼い牛舎から放牧へ移行したい。どんな手順で何に注意すればいい?(岩手県)
- ③ 搾乳ロボットで業務を効率化したいです。何かいい資金調達の方法は?(山口県)
- ④ 牧場長の指導不足で突然死する子牛が多い。従業員をどう教育すべき?(宮崎県)
- ⑤ 停電に備えて発電システムの導入を検討中。牛乳の廃棄や乳牛の乳房炎を防ぎたい(青森県)
- ⑥ 乳牛の乳量が減少しました。暑さの影響だと思うので暑熱対策について(静岡県)
- ⑦ 酪農農家ですが後継ぎがいないので、事業の一部を売却したい。どこに相談すればいい?(北海道)
- ⑧ 子育てと介護で作業から離れなければいけない。酪農ヘルパー制度は介護にも適

用されますか？ (群馬県)

#### 参考文献

- 1) 全国農業協同組合連合会 畜産総合対策部  
『新型コロナウイルス感染症が畜産業界に  
与えた影響』畜産の情報(2022年 10月号).
- 2) 加藤武市『牛の不思議』加藤技術士事務所  
(2020)
- 3) 真嶋良孝『食と農の危機打開へ』経済(2022  
年 11月号)

## 日本で最初に再稼働した，老朽原発の関西電力美浜3号機の現状

山本 雅彦

「老朽原発」とは，運転開始から40年を超えて長期間が経過した原発のことで，原発が老朽化すると原子炉容器や配管，電線の劣化などのリスクが高まる．岸田政権は原発回帰の基本方針案を決定したが，老朽原発の危険は機器の老朽化にとどまらず，保守点検を行う人的な現場力（定期検査の技術力）も劣化する．筆者は日本で最初に再稼働した，老朽原発の関西電力美浜3号機の現状から検証する．

### 1. はじめに

岸田政権は2022年8月24日，電力需給逼迫と脱炭素化を口実に，次世代型原発の建設などを検討する方針を公表．現在，すでに再稼働したことがある6原発10基（美浜3号，大飯3，4号，高浜3，4号，伊方3号，玄海3，4号，川内1，2号）に加え，すでに新規規制基準の審査に合格している5原発7基（高浜1，2号，島根2号，柏崎刈羽6，7号，女川2号，東海第2号）を再稼働させ，さらに，最長60年としてきた原発の運転期間の延長も検討するという．

岸田政権は，先の参議院選挙で，自公政権が3分の2の議席を獲得したことと，これから3年間は国政選挙がないことから，同日に開かれた脱炭素政策を議論する「（第2回）

グリーン・トランスフォーメーション（GX）実行会議」で原発回帰の基本方針案を決定した．さらに，閣議決定後，関連法案を通常国会に提出する構えで，2021年10月に閣議決定した「エネルギー基本計画」を見直すことに踏み込んだものである．

しかし，政府目標の来年夏から冬以降に再稼働させる目標を設定した5原発7基については，目標の8ヶ月余りの間に再稼働できる可能性はほぼないと見られている．また，関西電力（以下，関電）の美浜原発3号機が立地する美浜町（福井県三方郡）の住民みなさんを対象にしたアンケート<sup>(1)</sup>でも，新增設や40年超えの老朽原発の再稼働には6割以上の方が反対だと回答し，7割以上の方が不安を持っていると回答されている．

そこで，老朽原発を日本で最初に動かした美浜3号機の現状について述べる．

### 原発政策の転換内容 GX実行推進担当大臣(2022・8・24)より作成

	従来の政策 2021年10月 (エネルギー基本計画)	GX実行会議の方針 (8月24日)
原発への依存度	再エネを拡大する中で，可能な限り依存度を低減する	可能な限り原発依存度を低減は変わらない(経済産業省大臣)
新增設	(明確な記載はない)革新的技術の研究開発を進める	次世代革新炉の開発・建設の検討を進める
再稼働	規制委が新規規制基準に適合すると認めた判断を尊重し再稼働を進める	来年夏から冬以降に新新規性基準に適合済みの7基の再稼働をめざす
運転延長	長期運転を進めていく上での諸課題について，官民それぞれの役割に応じ検討する	運転期間の延長など既設原発を最大限活用する

### 2. 40年超え運転ストップで原発ゼロの展望が

いま全国には40年超えの老朽原発が19基あるが，その内，関電の高浜1，2号機と美浜3号機，東海第2の4基以外の15基はすでに廃炉が決まっている．また，40年超えに達していない4基を加えると，19基の廃炉が決定している．

原子力発電所名	運転期間(年)	稼働状況と再稼働の想定時期
関電・美浜3号(老朽)	45	2022年8月30日に原子炉を起動し、9月26日に営業運転を予定
関電・大飯3、4号	30、29	すでに再稼働したことがある
同・高浜1号、2号(老朽)	47、46	テロ対策施設未完成で、2023年6~7月頃を想定
関電・高浜3、4号	37、37	すでに再稼働したことがある
中電・島根2号	33	適合性審査につまずき、再稼働時期は未定
四国・伊方3号	27	すでに再稼働したことがある
東北・女川2号	27	対策工事を5回延長、2024年2月頃を想定
原電・東海第2号(老朽)	43	避難計画の実効性なし(水戸地裁)で、再稼働は見送せず
九電・玄海3、4号	28、25	すでに再稼働したことがある
九電・川内1、2号	38、36	すでに再稼働したことがある
東電・柏崎刈羽原発6、7号	25、25	テロ対策の不備で事実上の運転禁止命令。再稼働は見送せず

このような中、新增設が実質的に困難な現状のもと、老朽原発を動かすことができるかどうか、政府の原発政策を延命させることができるかの分水嶺となる。そのため、40年超えて新規規制基準の適合性審査に合格している4基の原発の再稼働を許すのかが最大の問題である。それらの運転をストップできれば、原発ゼロは現実的に展望が見えてくる。

### 3. 重大事故を引き起こしかねない5つの大問題と実効性無い避難計画で、大阪地裁に仮処分提訴

40年超えの4基の原発中、最初に再稼働させたのが美浜3号機で、2021年6月23日に運転を開始したが、特重施設(テロ対策施設)が未完成のため同年10月23日に運転を停止した。その後、特重施設が完成し、今年8月30日に起動した。しかし、美浜3号機は活断層の巣の中にあり、重大事故を引き起こしかねない5つの大問題がある。

#### (1) 震源が近い場合の「特別な考慮」を無視！大地震で、基準地震動を超える危険がある

1つ目は、炉心の敷地近傍に地震を引き起こす活断層があるにもかかわらず、新規規制基準にある「特別な考慮」をせず基準地震動を引き上げていない。そのため、大地震で基準地震動を超える危険性がある。

原子炉設置許可基準(以下、許可基準)では、敷地近傍に活断層がある場合は特別な考慮をしなければならない(同基準規則解釈別記2第4条)としている。ところが、美浜原発は活断層の巣の中にあり、東側1km弱に白木・丹生断層、西側3kmにC断層(海底断層)がある。しかも、C断層は東側に傾いているので、美浜3号の直下4kmに活断層があるが、関電は、特別な考慮をしていない。

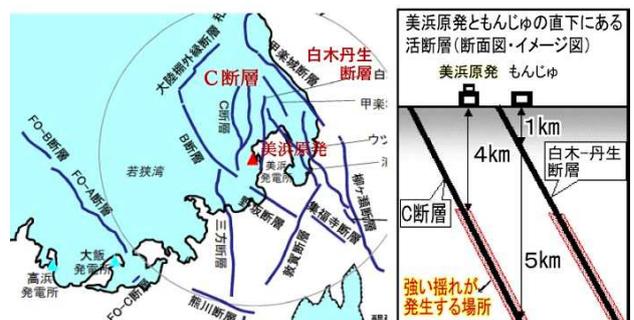
原子力規制庁は2022年5月、「炉心から1km以上なら問題ない」としたが、白木・丹生断層は1kmもない。求められている特別な考慮をすれば、基準地震動は、現在の993ガル(加速度の単位・cm/s<sup>2</sup>)を大幅に超えることは明らかである。関電は「保守的な設定」や「調査手法の適用条件および精度等に配慮」して「基準地震動を策定している」というが、「特別な考慮」はしていない。

#### (2) 原発敷地内に断層(破碎帯)が多数あり、それが動けば、原子炉建屋が損傷する

2つ目は、原発敷地内に断層(破碎帯)が多数あり、それが動けば、原子炉建屋が損傷する危険がある。

許可基準は、耐震重要施設は変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない(同規則第3条第3項)としている。ところが、美浜原発敷地内の直下には破碎帯が多数あり、それが動けば原子炉建屋が損傷する危険がある。

原子力規制委員会(以下、規制委)の「美





浜発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合<sup>③</sup>は、断層が「過去12～13万年の間は活動していないため今

後動く可能性はない」とした。しかし石渡明原子力規制委員は、美浜の敷地には12～13万年の間の地層がないため、断層が「動いた証拠はないが動いていないという証拠もない。わからないというのが正直なところ」と述べている。

その後、熊本地震(2016)が発生し、震源断層の周辺で多くの断層や破碎帯が連動して動いた。島崎邦彦元規制委員長代理は、「原発の規制基準や審査ガイドの策定前には知られていなかった。新知見にもとづく議論を始めるべき」と警鐘をならしている。しかし、規制委も関電も破碎帯が動くことは、まったく考慮していない。破碎帯が動き、原子炉建屋が損傷すれば、福島事故と同程度の大事故になりかねない。

**(3) 繰返しおきる地震を考慮しておらず、原子炉の安全機能が損なわれる危険がある**

3つ目は、地震は繰返し起きること、これらが熊本地震で明らかになった新知見である。許可基準規則では、耐震重要施設について、基準地震動による地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない(同規則第4条第3項)としている。

熊本地震では震度7の地震が繰返し起きた。1度目の揺れで損傷し、脆弱になった施設や設備は2度目の揺れで、破断、破損す

る恐れがある。ところが、現在の規制基準は、地震による基準地震動は1回しかこないことを前提としているため、繰返し地震がおきたときには、大事故はさげられない。

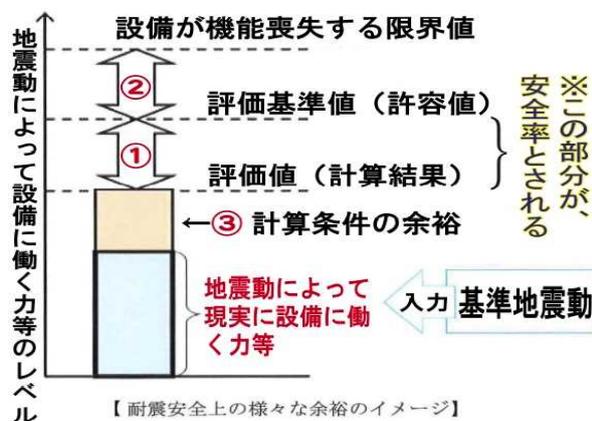
**(4) 安全余裕がどこまであるのか不明で、問題があっても全ての部品を取替えることはできない**

4つ目は、関電はコンピュータ計算で993ガルの基準地震動に耐えると説明しているが、当初あった「安全余裕」がほとんどないことが想定される。

美浜3号機の基準地震動は、新設時は405ガルであったが、今では993ガルである。それでは、美浜3号機の耐震性能は基準地震動の増加に応じて向上していると言えるのか。

耐震安全性を示す数値が「安全率」である。安全率とは、例えば、10人乗りのエレベーターのワイヤーは、1人平均70kgだとすると700kgで、その10倍の7,000kgに耐えることができるよう設計する。この「10」が安全率である。ところが関電は、「安全率」は設定していないというのである。関電は、3つの安全余裕(下図の①～③)があるから大丈夫だと説明する。

下図は関電が示したもので、「評価値」とは部材にかかると予想される最大の力であり、



【耐震安全上の様々な余裕のイメージ】

(関西電力の資料の加筆)

「評価基準値」とは、計算上部材が絶えることのできる最大の力である。評価値と評価基準値の割合が本来の意味の「安全率」となる。

関電は、コンピュータ計算で993ガルの基準地震動に耐えるというが、設計当初大きく見積もっていた安全余裕も基準地震動の積み増しと老朽化で目減りしている。関電が「安全率」を数値で説明できない以上、既に安全余裕は無いのか、乏しいというのが現実ではないかと思われる。

さらに、肝心の炉心・原子炉容器、重要な配管や電線などは取り替えることはできない。老朽化で脆くなり破損する危険がある。

**(5) 地震規模の「ばらつき」の考慮を削除し、窮地におちいった関電に助け船**

5つ目は、規制委が認めた美浜3号機の基準地震動は993ガルであるが、「ばらつき」を考慮すれば1,330から1,780ガルになると指摘されている。

2020年12月大阪地方裁判所は、「審査で地震規模の『ばらつき』が考慮されていない誤りがある」と、関電大飯原発3、4号機に対する規制委員会の設置変更許可を取り消す判決をだした。これは、すべての原発に当てはまる。

ところが、規制委はこの判決を受け、2022年6月8日、基準地震ガイドについて「ばらつき」を考慮する必要性をなくす改訂をした。原発の基準地震動を作成するために使われている松田式や入倉・三宅式を用いる場合は、特段の考慮をする必要がないとしたものであるが、この松田式や入倉・三宅式については、過小評価となることを島崎邦彦元規制委員長代理も指摘している。

ばらつき条項で窮地におちいった関電に、ばらつき条項を無くすことで規制委が助け船を出したことは、到底許されるものでは

ないが、危険性は何も変わっていない。

**(6) 水戸地裁が運転差止の判決、避難計画の不備で具体的危険**

水戸地方裁判所は2021年3月18日、「原発の安全性は、第1層から第5層を確保することにより図るものとされている。いずれかが欠落していれば、その原発は安全とは言えず、周辺住民の人格権が侵害される具体的危険がある」として、避難計画に実効性がないもとでは東海第二原発の運転は認められないとの判決を出した。

国際原子力機関 (IAEA)が求める深層防護の考え方は、レベル1～3 (事故の抑制) レベル4 (重大事故の抑制) からレベル5 (住民避難など緊急時計画) までである。

レベル5は最後の砦で、この対策がしっかりできていなければ運転は認められない。それが国際標準で、アメリカのショーラム原発は、避難計画の不備により廃炉になった。

筆者を含む9名の申立人 (本裁判でいう原告) は、こうした5つの問題と避難計画などを争点にした民事の仮処分を大阪地裁に申し立てており、2022年7月4日に審理は終了し、大阪地裁は同年12月20日、申立を退ける決定を出した。(この決定に対する見解は、後の6.で述べる)

**国際原子力機関 (IAEA)が求める深層防護体系**

深層防護レベル	目的	必須の手段
第1層	そもそも異常を生じさせない対策	自然現象を考慮した立地・設計、保守・運転の品質向上
第2層	プラント運転中に起こりうる異常がおきても事故に発展させない対策	監視・制御系統・設備を設置
第3層	設計上想定すべき事故が起きても炉心損傷等に至らせない対策	事故に応じた設備、対応手順書の整備
第4層	設計上の想定を超える事故(シビアアクシデント)が起きて炉心損傷や格納容器破損を防止する対策	シビアアクシデント対策及び対応
第5層	放射性物質の放出による外部への影響を緩和するための対策	住民避難等による放射線防護対策、その事前準備としての避難計画の策定、充実・強化

原子力規制委員会  
内閣府

※第5層については、原子力規制委員会として原子力災害対策指針の策定等の役割を担っている

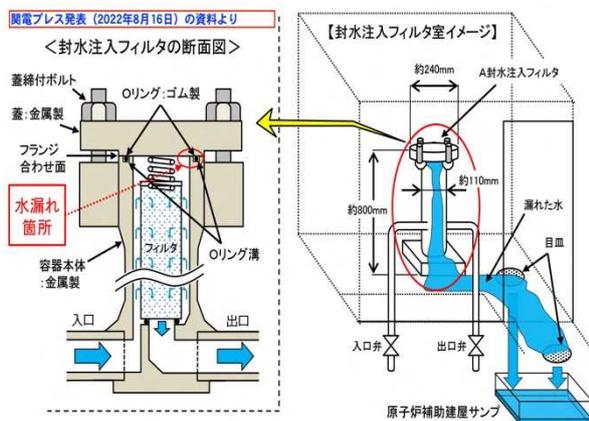
#### 4. 美浜3は再起動の直前に事故が頻発している

##### (1) オール福井反原発連絡会が県に申し入れ

筆者らが参加する、オール福井反原発連絡会は2022年8月4日、超老朽化した関電美浜3号機を動かして、もしものことがあったら取り返しがつかなくなることを指摘し、稼働を承認することがないように杉本達治・福井県知事に申し入れ<sup>②</sup>を行った。

知事はそのとき、すでに、8月1日に同3号機のA封水注入フィルター付近での放射性物質を含んだ7トンもの水の漏れ事故を知っていたが、それを我々ははじめ県民に報告しなかった。これは、知事が関電の立場を擁護しているとしか理解されず、県民への重大な背信行為である。

また関電は、同年8月21日、Aアキュムレータ(蓄圧タンク)圧力低警報が発信したため「保安規定第51条の運転上の制限を逸脱」と発表。このタンクは、重大事故が発生したとき、原子炉にホウ酸水を注入し、炉を停止させる重要な機器にもかかわらず、原因は定期検査時の作業ミスで、安全弁に衝撃が加わり、動作設定値がズレたためという。これが事実なら、なんともお粗末極まりない事故で、定期検査技術が、相当、低下しているとしか思えない。定期検査体制と技術の見



直しが必要である。

再稼働に向けてこれまで準備してきたにもかかわらず、再稼働の直前に事故・故障を繰り返し起こしていることは重大である。また、同様に高浜原発、大飯原発などでも再稼働の直前や直後に冷却系統の配管で事故・故障が頻発している事実は、重大事故の前兆と言わざるを得ない。

今回の水漏れの原因は、下請け会社の作業員が封水注入フィルターのふたをボルトで締め付けた力(トルク)が規定値の5分の1程度だった。このため、ふたの隙間をふさぐ円形のゴムに圧力がかかり破断したものと考えられる。締め付けトルクの数値のミスは単純なミスであり、施工管理者か現場の技術者の能力が低下していることは明らかであり、今後も事故は際限なく繰り返されることになる。事故が起きてから「間違っていた」では済まされない。

そこで、筆者らは知事に、下請けの施工管理者や技術者、現場主任者や作業員が、どれだけの技術を持って作業に当たっているのかを把握するためにも、一旦すべての原発を停止させて、再稼働計画も中止し、定期検査のすべての「工事計画」と「作業要領」および、すべての定検データと、それを実施した作業技術者の資格取得状況と経歴を公開させることを求めた。

福井県の原子力安全対策課の山本晃弘参事は、「力量不足の問題は、非常に重要だと考えている。ベテランの経験豊かな方は、すでにリタイアされていく中で、若手にどう技術継承していくのかは、ものすごく大きな問題だと思っている」と述べた。しかし、対策は基本的に関電がやることだとし、筆者らの要請には応じなかった。

さらに、関電は、作業前に「作業要領」を確

認せず、作業終了時、これら重要機器のボルトの締め付けトルクを確認しなかった。関電の責任は重大であるが、県は関電の責任について認めようとしなかった。

## (2) 福井県原子力安全専門委員会で明らかになった美浜原発3号機の問題点

2022年10月18日、福井県原子力安全専門委員会<sup>(4)</sup>（以下、専門委）が開かれた。参加した専門委員の方からは、多くの疑問や懸念が表明された。以下に、その問題点について述べる。

### 事故原因は「現在確認中」で、「中身がわからない」のに、再稼働ありきで大事な審議が後回しに

まず、前出のA封水注入フィルターからの冷却水漏えい問題について西村正美・規制委総括調整官は、「A封水注入フィルターの件については、現在確認中である」と答弁した。関電を厳しくチェックすべき規制委が、事故原因が究明されていないのに再稼働を許すことなどあってはならないことである。こうした事故があったときには、まず原因究明を徹底して行い、それが明らかとなった上で再発防止策を含め、住民説明会を行い住民の理解を得た上で再稼働について判断すべきであり、再稼働先にありきと言わざるを得ない。

山本章夫・名古屋大学院教授（専門：原子力工学）は、「今日ご説明いただいた資料はあまりにもダイジェストすぎて中身がわからないので、もう少し詳細な情報についてご説明いただきたい。」と発言した。これは、関電が、事故の詳細な説明は省略し、結論だけ報告するというきわめて杜撰な説明に終始したことによるもので、委員の指摘の後も詳しい説明は行われていない。原因究明と議論が尽くされておらず、到底再稼働が認められる状況ではないことは明らかである。

### 際限なく繰り返される事故・・・品質管理は下請けまかせで、関電は安全確認しない

藤野秀則・福井県立大学准教授（専門：安全管理）は、「ルールを守っていない適さないやつがいる。だからそういったことがないように皆さん意識を入れ直している、という精神論的な話だ」と指摘。「ルール遵守」で、安全性が維持されるのか疑問である。

鞍谷文保・福井県原子力安全専門委員会委員長（専門：機械力学、振動工学）は、「インタビューなどをして、そのシステム（現場力向上の仕組み）づくりをしているのか、もう少し現場力が上がるような体制を整えているのか、社内で何かそういう検討会みたいなことを作られて何か議論されているのか」と指摘。これに対して関電は、「現場力（定期検査の技術力）の向上は、始めたばかりだ」と答弁した。これは、現場力（定期検査技術）が低下していることを示しており、本当に十分な定期検査が行われたのかどうかは不明であり、定期検査以上の安全総点検を行うべきである。

山本雅代・仁愛大学准教授（専門：社会心理学）は、「現場の人の配置はどうなっているのか。適材適所で配置しているのか。その人は、作業能力をはかった上で、配置されているのか」と質問。また、黒崎健・京都大学複合原子力科学研究所教授（専門：核燃料工学）は、「ソフト面、特に人材とか、知識の受け渡しとか、そういったところで、まだまだ改善の余地があるのではないか。それから60年超運転の話があって、技術者がどんどんいなくなっていく。その中でとても重要なことだと思う」と指摘した。こうした指摘に対して関電は明確な回答をしていない。関電は下請け会社の技術者が少なくなっている中で、品質管理は下請けまかせで、関電社員はすべて

の安全は確認しておらず、事故が起こったら下請けの責任にし、福井県も安全・品質管理の責任は関電にあるとし、県には責任はないかのような態度に終始している。これでは、事故は際限なく繰り返されることになることを強く警告するものである。

### 5. 重大事故を引き起こす、美浜3号機の再稼働は中止すべき

老朽原発は、長年の運転により、約320°Cで160気圧という高温・高圧の蒸気が流れる主蒸気管が侵食・腐食され、また、冷却配管や機器でも熱疲労や金属疲労、応力腐食割れなどの損傷や亀裂が起きる危険性が高まっている。

こうした事故・故障は、完全に防ぎきれものではない。それは、原発システムの構造そのものが高度かつ複雑であるということ、また、保守点検の完全実行の難しさに加え、電力会社の安全意識の緩みと欠如、さらに、放射線被ばくをとまなう危険な作業は下請けに押し付けるという体質によるものと考えられる。

よって、老朽原発の再稼働は絶対に認められない。重大事故につながる美浜3号機の再稼働は中止すべきである。そのうえで、関電は当面のこととして、事故原因を徹底的に調査し、机上の確認に止めず、その結果を関電の全ての原発に水平展開し、定期検査以上の安全総点検を行い住民に明らかにすべきである。そうすれば、美浜3号機は超危険で、動かすことはできないと分かるはずである。

### 6. 老朽美浜3号機運転禁止仮処分の決定には、重大な論理矛盾があり、不当で許されない

2022年12月20日、運転開始から40年以上を超えて稼働している関電美浜原発3号機

について、老朽化のリスクに加え、特に敷地近傍に活断層があるなど、地震に対する安全性に問題があるほか、避難計画にも不備があるとして、福井、滋賀、京都3府県の住民ら9名が申し立てていた「令和3年(ヨ)第449号 美浜3号機運転禁止仮処分命令申立事件」<sup>(5)</sup>について、大阪地裁(井上直哉裁判長)は住民らの申し立てを却下した。

決定は、はじめに却下を決めておいて、理由を後付けしたものであり、規制委の審査を追認するだけでなく、ことごとく関電の言い分をそのまま認めるものである。裁判所は、自ら何らの判断を示さず、司法の役割と責任を放棄した決定で、裁判官にとっては、福島原発事故の悲劇は忘却の彼方であり、岸田政権に忖度することのみが関心事であったと言わざるを得ない。

#### (1) 原発老朽化について

(申立人) 老朽化に伴って設備や機器が想定外に劣化し重大事故を起こす可能性が高い。炉内で発生する中性子の照射によって、原子炉圧力容器が脆くなる中性子照射脆化など設備の劣化が進み、事故の恐れが飛躍的に高まる。

(関電) 点検・管理で劣化状況を調べ、部品を取り換え、60年運転になっても安全性は十分に確保している。中性子照射脆化など高経年化に問題はない。

(決定) 関電は新規制基準が求める対策を実施し、同基準が定める高経年化対策以上に、本件発電所の安全性を厳格、慎重に判断しなければならぬとする事情は認められない。

#### (2) 地震対策について

(申立人) 原発の耐震設計で想定する基準地震動は、原発周辺の活断層の影響が正確に反映されていない。原発から約1kmに活断層があり、真下には破碎帯が通り、地盤にずれが

生じる可能性がある。

(関電) 震源想定 of 断層の長さや面積は、大きく見積もって基準地震動を策定している。活断層は影響を考慮する距離ではなく、破碎帯は 12 万年～13 万年前以降活動しておらず、将来動く可能性はない。

(決定) 活断層は考慮する距離ではないとした規制委の判断や、関電の破碎帯についての評価に不合理な点はない。

### (3) 避難計画について

(申立人) 避難場所や経路に他の原発周辺エリアが含まれ、巨大地震での同時多発的原発事故を想定したルートが策定されておらず、深層防護の第 5 層である避難計画の設定に実効性がない。

(関電) 国の原子力防災会議で「具体的かつ合理的」と了承され、国や自治体との防災訓練で実効性は向上している。

(決定) 具体的な危険性について十分な証明がない。避難計画の不備も認められない。1 層から 4 層までの危険性が立証されなければ、第 5 層だけで論じることはできない。

### (4) 裁判所の決定は、司法の役割を放棄したものである

この判断の間違ひは、裁判所が、伊方最高裁判決で示された趣旨の判断枠組みを最初に述べ、関電側が不合理な点がないことを主張・疎明する必要があると言いながら、震源敷地近傍の活断層を「特別な考慮」をしなかったことについて、関電の評価を不合理とはいえないと判示していることである。仮に新規規制基準を定めた時点で明確な議論をしていなかったとしても（それ自体が不合理であるが）、その後、ほかならぬ原子力規制委員会自身によって近傍とは 1km という見解が示された以上、その見解に反することは、明らかに不合理であり、完全に論理が矛盾している。

裁判所は、規制基準の合理性、適合判断の合理性を審査しなければならない。それは形式的に審査するのではなく、実質的に国民の生命、財産と暮らしに関する問題であるから、司法は実質的に立ち入って審査しなければいけない。しかし、今回の決定は、総論ではそれを踏襲しているが、実際の内容は、ことごとく規制委員会の主張を認めた上で、関電の判断に不合理な点はないと判示している。結果、裁判所は、司法の役割を放棄していると言わざるを得ない。

### 【参考文献等】

- (1) 「アンケート集計報告書」(原発災害時の避難計画について) 2022 年 9 月中旬, オール福井反原発連絡会が美浜町の約 3,000 戸にアンケート用紙を配布. 142 人から回答を得た結果.
- (2) 2022 年 8 月 24 日, 反原発オール福井が杉本達治・福井県知事に申入れした文書  
<http://jcpref.com/wordpress/wp-content/uploads/2023/01/7226e414f54b4445f38ef879e90dece9.pdf>
- (3) 「美浜発電所敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合」  
[https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10953979/www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushi\\_kisya/mihama\\_hasaitai/index.html](https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10953979/www.nsr.go.jp/disclosure/committee/yuushi_kisya/mihama_hasaitai/index.html)
- (4) 福井県原子力安全専門委員会  
<http://www.atom.pref.fukui.jp/senmon/index.html>
- (5) 令和 3 年 (ヨ) 第 449 号 美浜 3 号機運転禁止仮処分命令申立事件  
<https://adieunpp.com/takahama/mihama3documents/221220kettei.pdf>  
・ 2022 年 12 月 23 日, 日本科学者会議原子力問題研究委員会 抗議声明「大阪地方裁判所による老朽美浜原発 3 号機の運転差止を求める申し立ての却下は, 不当でありゆるされない」  
<https://jsa.gr.jp/d/statement/20221223mihama3>

## 南川サイフォン式水力発電と地域活性化事業

吉川 守秋 (合同会社おおい町地域電力)

私たち合同会社おおい町地域電力は、おおい町名田庄の南川に、既存の砂防ダムを活用した小水力発電事業を、市民共同発電所方式で開始した(発電開始 2021年12月)。この発電事業の特長は3つあり、一つは、砂防ダムを利用した小水力発電としては珍しいサイフォン式取水であること、二つは、資金調達を市民ファンド中心に集め、事業主体は地元中心の合同会社であること、三つは、川の浄化や川に親しむイベント開催等の地域活性化事業を同時にすすめることである。小水力発電は、再生可能エネルギーの一つであるが、地域資源の活用、エネルギーの地域自給、ゼロカーボン等の点から重要な事業であることを踏まえ、以下に、その内容を報告する。

### 1. 再生可能エネルギーと市民共同発電所

私の所属するNPO法人エコプランふくいには、2000年に、再生可能エネルギーの普及をめざし、太陽光発電による市民共同発電所の設置を始めた。

当時は、1997年の京都議定書の締結から地球温暖化対策としての再生可能エネルギーの関心は高まっており、その中でも太陽光発電の普及をすすめることを重視していた。しかし、福井県においては、冬の天候から太陽光発電への関心はそれほど高くなかったが、年間日射量はそれほど少なくはなく(福井市は東京の96%)、年間発電量から見れば十分な発電量が得られることがわかっていた。日本海側での太陽光発電の普及と市民自らが発電事業に関わることを目的に市民共同発電所の設置をすすめた。再生可能エネルギー事業は、地域の資源の地産地消をすすめ、地域の経済循環の一助となる。

その後2015年、市民共同発電所7号機「若狭つながりソーラー」では、市民出資が発電所設置資金になり、出資者に地元の特産品を送ることで若狭の農林水産業を応援すること

をめざした。7号機は、持続可能な地域社会を活動目標とするおおい町の市民団体との連携で生まれた。それを契機に、おおい町でさらに再生可能エネルギー事業をすすめられないかと小水力発電の検討をはじめることとなった。

### 2. 地元協議と小水力発電事業計画

小水力発電の検討は、おおい町の協力も得ながら、「一市町一エネ起こし」地域協議会を結成し、先進地見学、サイフォン式取水発電の実験、地元意見交換会開催などを経て専門家の事業性評価により事業化をすすめることの確認を取ることができた。2017年からは、流量調査等による概略設計から事業化のさらなる具体化を協議会で確認し、事業主体の合同会社設立をめざした。

2016年2月 おおい町長へ南川砂防ダム  
小水力発電事業の提案

2016年 準備会で調査研究や地域シンポジウム開催

2017年1月～12月 流量調査

2017年9月 「一市町一エネ起こし」地

域協議会の発足

2018年3月 事業性評価, 南川砂防ダム  
小水力発電事業計画の作  
成

2019年1月 概要設計の作成

### 3. 合同会社おおい町地域電力の設立

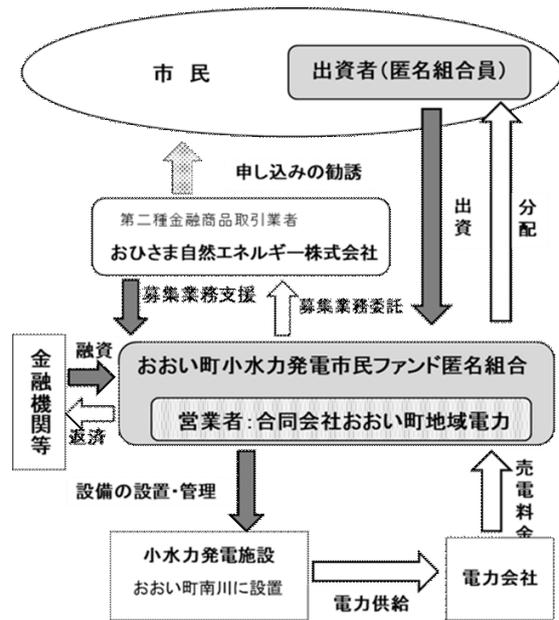
2019年4月, 合同会社おおい町地域電力を設立。出資者は, おおい町と小浜市の地元が過半数となることとし, 総会の開催や1人1票制などの協同組合的運営を定款に謳った。事業目的は, ①おおい町の地域活性化に関わる事業, ②再生可能エネルギー等を利用した発電・電力販売事業, ③その他再生可能エネルギー活用事業, ④エネルギー関連に関わるコンサルタント事業, とし, 単なる発電事業ではなく, 発電事業が元となった地域活性化事業を推進する企業として設立した。

出資者は 25 人 (個人, 企業・団体) で資本金は 500 万円。

### 4. 資金調達と経営計画

発電所建設には 2 億 4 千万円の資金が必要で, 資金調達の中心を市民ファンド募集とし, 6 千万円を集めた。市民ファンドは, 北は岩手県から, 南は沖縄県の市民 94 人が出資をした。また, 市民出資の一つとして, 1 口 5 万円出資で, 地元の特産品を 8 年間送って返済する「協力金」制度を作り, 145 人から 870 万円を集めた。協力金制度は, 地元の農林水産業を応援するという地域活性化の一つの取組になっている。この2つは, 全国の市民から再生可能エネルギーの発電事業を応援してもらうことを意味しており, 全国の再生可能エネルギーを普及させる力になるはずである。

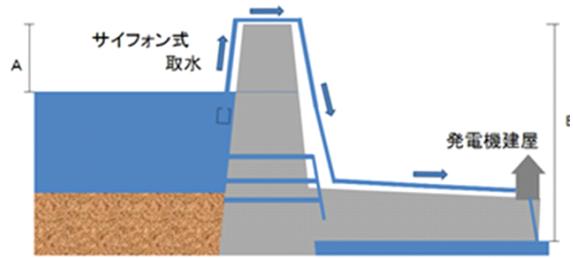
この市民出資を土台として, 日本政策金融



金庫と小浜信用金庫から 1 億 3 千万円の融資を受け, おおい町と福井県から再エネ活用地域振興プロジェクト事業補助金 4 千万円をもらった。この補助金は, 売電収入の一部を 20 年間で 4 千万円地域に還元することが条件となっており, 当合同会社の地域活性化事業と重なった形ですめることとなっている。

事業計画では, F I T (固定価格買取制度)

項目		諸元
水系	取水河川名	二級河川 南川(普通河川区間)
	放水河川名	二級河川 南川(普通河川区間)
	流域面積	17.0km <sup>2</sup>
設備概要 発電所	型式	流れ込み式(サイフォン式)
	総落差	18.44m
	有効落差	16.45m
	定格出力	127kW
	最大使用水量	0.99m <sup>3</sup> /s
	年間可能発電電力量	861,000kWh
	水車・発電機の種類	クロスフロー水車、誘導発電機
	着工時期	2021年3月
	運転開始	2021年12月
	設備利用率	78.1%
総事業費(税抜)		225百万円



により 20 年間 1kWh 当たり税抜 34 円で売電ができ、売電売上は年間 2 千 9 百万円、経常利益 490 万円で、安定的な運営ができることを見込んでいる。

### 5. 南川サイフォン式水力発電の概要

発電所の諸元は表の通りで、おおい町名田庄納田終に位置し、南川上流部の砂防ダムを活用し、サイフォン式取水でダム下流 160m に水圧管を通して、発電所内の水車・発電機に水を最大 0.99m<sup>3</sup>/s 送り、最大 127kW の発電を行う。

水力発電の発電量は以下の計算式で求められ、落差と流量が大きいほど発電量が大きく

なる。そのため、本発電所では 160m 下流に発電所を設置して落差を増やし、ある規制上限を超えない最大の水量を取水する設計とした。

$$P \text{ (発電出力 kW)} = 9.8 \times Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times H_e \text{ (m)} \times \eta$$

P : 発電設備の出力

Q : 流量

H<sub>e</sub> : 有効落差 (総落差－損失落差)

η : 効率 (水車効率×発電機効率×増速機効率など)

サイフォン式取水は、砂防ダムに構造上の影響を与えることなく、ダムに取水管の穴をあける工事もないことから、コスト面と許可の得やすさ等から採用した。

水車は、流量変化の対応や多少のゴミ混入も問題がないなどの点からクロスフロー水車を選定し、発電機と共にベルギーの J L A ハイドロ社製を採用した。



<発電開始までの経緯>

2019年4月 合同会社おおい町地域電力の設立

2020年1月 基本設計の作成

2021年1月 砂防指定地の行為許可等の取得

2021年3月 実施設計の作成

2021年3月 工事着工

2021年3月 FIT認定

2021年12月 工事完了，発電開始

## 6. 地域活性化事業

南川の砂防ダム下流では、川底の石に泥が付着してアユなどの魚が住めないということが地域で問題となっていた。そして、中山間地である名田庄地区であっても、川に親しみ、川のことを知る住民が減っている。未来に向けて、川を守ること、山を守ること、川と共に暮らすことが豊かな暮らし・生き方となることを地域で考えていくための地域活性化事業をすすめることとした。

一つ目は、活性化事業として、地域住民に情報誌「ii川」（発行部数 3000部）を発行

して、川に親しみ、川の現状を理解してもらう情報を提供していくこと、それと連携したイベント（蛍観察会、川体験教室など）や講演会開催を実施していく。

二つ目は、保全事業で、ダム下流の浄化をめざした泥対策の実験・研究をもとに浄化・保全事業を展開すること、流域の森林調査や植林に向けた準備活動、「川と森を守る」100年先を考えた活動を作っていく計画である。

情報誌「ii川」は2年間で8号まで発行したが、地元の関心が高まると共に、県外からの問い合わせ等もあり、おおい町や南川を知ってもらう手段としての役割を担いつつあると感じている。

最後に、

小水力発電を始めとした再生可能エネルギーは、地域の資源であり、それを活用して事業を起こすことは、地域の資源を地域で使うこと（地産地消）につながり、経済の地域循環の一翼を担うことができ、地域の持続可能性を高めていくものと考えます。また、災害時のエネルギーとして活用できることも重要なことである。福井県内でも小水力発電事業を地元が中心となってすすめるところが増えてきており、さらに地域中心の再エネ発電事業が広がることを期待する。

参考：

「若狭つながりソーラー」ホームページ

<http://ecoplanf.com/solar-fund/wakasa/>

おおい町地域電力ホームページ

<http://ecoplanf.com/goudou/>

## 省エネ・再エネのバリア — ケーススタディから —

宮本 重信 博士 (工学) 技術士 (建設部門)

投資回収年が0~6年で経済的合理性があっても普及しない省エネ・再エネが少なくない。そこにはバリアがある。太陽光パネル、更新時の空調、融雪制御の積雪センサなどの事例から、そのバリアを考えた。メーカーや公的機関などからの情報が少ない。その情報が導入権限者に伝わらない。省エネが、省エネ診断者や関係者などの導入権限者の利益に反する。省エネの導入権限者や関係者が多忙で取り組めない。こうしたバリアの除去が課題となっている。

### はじめに

再エネや省エネは、補助金や FIT (発電の長期買い取り保証) 制度などで経済性を高めれば普及すると考えられている。私も長年そう思っていた。しかし、私の周辺の省エネで、投資回収年が 0 ~ 3 年でも普及しない事例が多いことから、バリアの存在に気づいた。

産業部門では省エネの投資回収年は 3 ~ 4 年以内とされている<sup>1)</sup>。経済的合理性があっても省エネが進まないことに、杉山らは様々な省エネバリアの存在を挙げている<sup>2)</sup>。

本稿では、まず東京都の省エネへの上手な義務づけを概観した。次に、私の関わってきたケースでバリアを考えた。

私が開発に関わった積雪センサも、電熱やボイラーでの融雪の制御に使えば 1 ~ 6 年で設置費は償還できる。それでも徐々にしか普及しない。私らが開発した融雪システムで東北と北陸で広がったものがある。一方、基礎杭兼用での地中熱空調は普及が進まない。その違いはエンドユーザーの経済的合理性とは別の導入権限者の利益が関わっている。

業務用空調設備の更新時に省エネ診断で、容量をダウンすれば省エネ投資はマイナスで、更に環境省の補助金まで得られる。こんなおいしいことが福井の医療クリニックで行

われた。それが民医連新聞やしんぶん赤旗にも掲載された。それでも全国への普及が見えてこない。なにがバリアか。

### 1. 東京都、負担の少ない上手な強制

#### 1.1 キャップ・アンド・トレードによる省エネ

東京都は、2002 ~ 04 年、大規模事業所約 1,400 (オフィスビルや国の機関など) に CO<sub>2</sub> 排出量の報告義務と自主目標設定を条例で課した。2005 ~ 2009 年にはその報告書を評価・公表した。2010 年度からは「温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度 (キャップ&トレード制度)」を開始。この結果、スタート時から約 27 % の削減を実現した。

これらを都の環境局長として進めた大野輝之は次のように書いている<sup>3)</sup>。都職員は 2002 年から事業所に伺い、省エネ調査を手探りし、教えて貰い、蓄積ができた。それで排出総量削減義務化を 2010 年に石原知事に提案し、実現した。その義務化では、東京電力、経団連の反対と逐一の公開論争を行い、市民の賛同で実現した。商工会議所のアンケートでも義務化は強く支持された。

都の環境行政には、美濃部知事時代の公害防止協定、石原時代のディーゼル車規制があ

って、その DNA は引き継がれているという。福井県では文系だと 3 年の人事異動だが、東京都は大野氏のような文系の方でも専門性の蓄積になる人事異動で、時代の要請に応えている。

## 1.2 太陽光パネルでの上手な義務付け、雪国福井では

東京都のホームページには、太陽光パネルの住宅設置なら 4kW で 92 万円だから FIT 制度（固定価格買取制度）での電力買い取りで、都の補助金を入れると 6 年、補助金なしでも 9 年で設置費は回収されるとある<sup>4)</sup>。それでも、2030 年政府目標の新規設置率 6 割に対して、現状は 2 割で増えていないという。導入決定権限者である住宅のお施主さんに、パネル設置費は 6 年で回収できるとの情報が伝わらないことも考えられる。日当たりは大丈夫か、お施主さんは不安になる。こうしたバリアを東京都は次の条例での義務づけで取り除こうとしている。

東京都は、大手 50 社ほどのハウスメーカーに、彼らの建てる住宅総量に、一定量の太陽光パネルの設置を 2024 年度から条例で義務づける。ビルの日陰で発電が少ない建物には設置しなくても、他の建物での搭載の合計で義務量を満たせば義務達成になる。屋根に搭載した太陽光パネルを第三者が所有しても義務達成にする。上手い。すでに、アメリカや EU で太陽光パネル設置義務例があると言う。条例は 2022 年 12 月議会で可決された。

福井では太陽光パネルは、最近新築住宅で見られない。友人の工務店社長に質問した。福井ではパネルから隣地への落雪で、数年でパネルを撤去した例もある。筆者も自宅へのパネル設置では、軒先の雪すべり止めから貯雪スペースを確保し、その上部にパネルを設置した。それで大雪でもトラブルは無かった。

福井で工務店などへの一定量の義務化を行

えば、落雪が支障にならない住宅優先で普及される。福井の現状は、落雪が問題にならない大きな屋根のマンションや住宅の新築でもパネル設置はほぼ見られない。福井は東京並みの年間発電量で、屋根は広く規模メリットもある。東京都のような義務づけが待たれる。

## 2. 空調設備更新での事例

### 2.1 空調設備の容量は過大

空調の能力容量は、室内器機の発熱、換気人の出入り等が新築時には不確実なので、余裕を見込んで設計される。その後の更新時まで照明の LED 化などで負荷量が変わる。

図 1 はダイキン工業(株)の自社ビルでの事例である<sup>5)</sup>。更新前(上図)は空調の容量が 2 倍ほど過大で、負荷率 10 % 前後の運転が多い。負荷率が低すぎることで、成績係数 COP (出力/消費電力量) が低く省エネを損ねている。設備容量を 4 割ダウンし最新の設備に更新した下図では低負荷運転の激減で平均 COP が 54 % 向上している。

この業務用でシェアの多いビルマルチの個別分散空調での容量過大は、他にも数多くの事例報告がある<sup>6)7)</sup>。そこでの容量も総じて 2 倍ほど過大である。容量過大は、空気調和・衛生工学会小委員会でも扱われている。実務での教科書でも容量過大は指摘され<sup>8)</sup>、関係者の常識である。筆者も地中熱空調の実証事例で約 4 倍過大を経験している。また、容量 8kW の空調を 4kW の 2 台での運転すると低負荷運転が減り、省エネになるシミュレーションも経験している。

設備の更新時に、この過大な容量をダウンできれば設置費は安価に、省エネにもなる。

古い空調を最新の設備にすれば性能が上がっているから省エネになる。この設備更新費を省エネ投資額として、年間節電費で除して投資回収年とすることが(社)省エネルギーセ

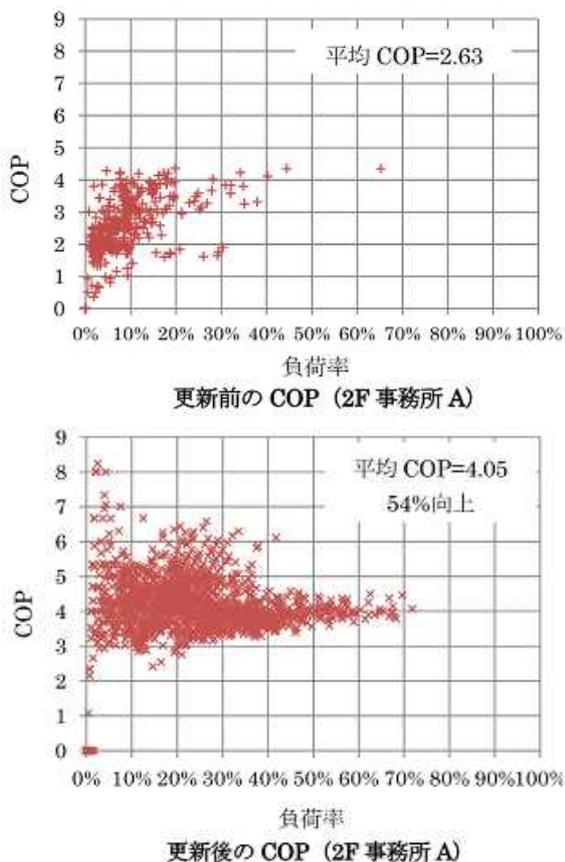


図1 運転負荷率-成績係数 (COP)<sup>4)</sup>

更新前 (上図) と容量 4 割減更新後 (下図)

ンターの事例集<sup>9)</sup>でも行われている。これだと投資回収年は8年～20年になるだろう。設備の寿命による更新は、省エネとは関係なく必要なので、省エネ投資から差し引くと省エネ回収年は0年になる。環境省の例示では「高効率空調機への更新・設備容量のコンパクト化」で、設備の寿命での更新に追加する高効率だけを省エネの投資と効果としている<sup>10)</sup>。これに、設備容量のコンパクト化(ダウン化)の効果を合算している。容量のダウンの投資回収年や費用対効果(CO<sub>2</sub>削減単価)は、他と合算すると著しく低下し、優先順位を間違ふ。同時に、省エネ診断自体の効果のアピールを損ねる。これらもバリアになる。

## 2.2 容量適正計測のバリア

更新時の空調設備の容量ダウンは、冷暖房が効かないリスクが伴う。省エネ診断でピー

ク時の出力を実測しないと不安が残る。その実測のために、室内機で冷温風量を計測することは作業が大変である。これがバリアの一つである。

前述のダイキン工業(株)の事例では、設置の室外機での制御用データを IOT で 1 年間記録している。これで適正な容量を求めている。制御用データを覗ける空調メーカーの強みである。こうした計測が、誰でもどのメーカーの設備でもできる共通仕様にすればバリアの一つはなくなる。空調設備の消費電力や ON・OFF の繰り返し、外気温のデータだけで容量の過大を概算できると更に良い。

ダイキン工業(株)が省エネ診断で容量ダウンにすると自社の売上げが減り、会社の損失になる。これが数十年間、他社も含めて更新時の容量適正化が進まなかった理由の一つではないだろうか。省エネ診断の容量ダウンが信頼され他社製からダイキン工業(株)製になれば利益にはなるが、同社は目先の利益でなくて本当に良いものを目指していると言う。応援し、広げたい。その取り組みを紹介し薦めるには、安心と材料が欲しい。自社ビル以外での実施例があれば示して欲しいと私は依頼している。メーカーなので、その利益相反は誰でも気づくから、トータルな省エネ診断を別会社が行い、容量適正の計測だけを下請けで行うなら安心だが。

中立公平にハードの選択を行う省エネ診断は省エネ対策としての投資効果が高い。でも、設備のハードにはお金を払うが、どの設備をいくらの容量とするかのソフトはサービス、無料という風潮がある。そこで、国の補助による無料に近い省エネ診断は意義があるという<sup>2)</sup>。その省エネ診断でも、他の診断に比べ容量適正化の計測は手間が合わない。別枠で補助するか、簡易に計測できないとハードルは高い。

達成した省エネ削減での利益をサービス提供側と顧客側で山分けし、契約期間終了後の省エネ削減分は全て顧客の利益にする ESCO 事業であれば、この利益相反はなくなる。大規模施設では実施されている。電気料金を含めたサービス提供に料金を払うサブスクリプションが普及すれば解決する。

### 2.3 省エネ投資回収年などの明示を

他の分野を含めて、省エネ投資回収年をメーカーの広報で検索してもヒットが少ない。唯一見つけたのは、三菱電気(株)の業務用省エネ換気扇ロスナイである。この換気扇の有無での設置費+運転費の違いが、経年グラフで示されている。それも病院などの施設ごとに明示されている。

友人の電気技術者は、業務用照明の LED 化では、既存の蛍光灯の種類などをメーカーに伝え、蛍光灯との耐久年の差や節電費を知らせてくれるという。それで、お客に、お得さを説明できるという。更に、LED 化の投資回収年の条件毎の事例をネット上に示すとバリアは減るだろう。

同じように、省エネ診断事業の投資回収年や省エネ診断者名をネットで公開すると役立つ。省エネ診断への信頼も高まり、相談先が不明というバリアも減る。

歌川学は、情報的手法で、公的な機関が大まかな費用対効果事例を示すと重点対策を外さずに効果的な対策となり、担当者が投資権限のある役員への説得にもなると指摘している<sup>11)</sup>。前掲したように、環境省では回収年などが示されるツールや(社)省エネルギーセンターの省エネ事例集が公開されている。その充実が待たれる。

### 2.4 福井の医療生協での美味しい省エネ

私は、福井の光陽生協クリニックの空調設備が寿命であること、容量ダウンで省エネになることを知っていた。クリニックの田嶋事

務長に、エネルギーマネジメントの(株)サンワコンの駒野エネルギー管理士を紹介した。両者の共同で省エネと空調更新費の削減を同時に実現した<sup>12) 13) 14)</sup>。

光陽生協クリニックでの既存のままの空調更新の見積りは1億円だった。ガスヒートポンプから電気ヒートポンプへの一部の変更や容量のダウンサイズなどで4800万円になったという。容量のダウンは1割で1000万円の削減だとある。容量ダウンは、建物の熱損失を再計算し、1ランクダウンなら大丈夫だと判断したという。現場で、真夏や真冬のピーク負荷での実測は行っていない。また室内機と室外機を繋ぐ冷媒管を再利用すると、メーカーの保証から容量は1ランクダウンが限度だとも言う。

更新費を省エネ投資額から除くと、省エネ投資費は約マイナス5200万円になる。空調容量のダウン以外にも、コスト効果の高い省エネがされたようだ。それでCO<sub>2</sub>は44%、電気燃料費250万円の削減が実現された。その上、環境省から省エネ補助金として事業費の1/3弱を得ている。その後、クリニックの成功から病院へと省エネは展開された。病院は、24時間運転で省エネ効果が大きく、冷暖房の立ち上がりが少なく容量ダウンも行いやすい。

そこで市内の他の病院勤務の私の山仲間へ伝えた。彼は理事長に話をした。それじゃ君がやると言われたが、多忙で動けない。どこでも職員の多忙がバリアになっている。

### 2.5 省エネ補助が省エネのバリアに?!

環境省は、省エネ事業で老朽化更新での設備費の1/3の補助を出している。このクリニック同様、今年度も福井県内の病院やホテルも空調で省エネ補助金を得ている。この補助は、設備の更新に過ぎない分を除かないと、その適正に疑問が残る。しかし、この補助が、

省エネ診断を受ける動機にはなっている。杉山らはフィンランドの事例も挙げて、省エネ診断へのインセンティブの与え方の検討を提案している<sup>2)</sup>。

この補助金申請では、エネルギーマネジメント会社が補助金額に応じた成功報酬を得ることがある。これだと、空調容量のダウンは補助金申請額が減ってエネマネ会社には損失になる。これは容量適正化へのバリアになりかねない。

### 3. 融雪で 5 割省エネ, 1~4 年で回収の積雪センサーのバリア

ほとんどの融雪装置は今でも降雪の有無を感知する降雪センサで制御されている。1988 年頃私は福井土木事務所で道路融雪への困りごとを聞いていた。担当の藤野間技師は、日中の降雪では路面に雪が積もらないことが多いのに降雪センサで運転になる。もったいないし、歩行者は散水の水はねで困る。その時は融雪を手動で止めるが、これが大変だと言う。融雪面が溶けているかに関係なく、降雪の有無で制御することは、冷暖房を室温でなく外気温で制御するようなものである。散水融雪では路面の積雪判定が難しいからだが、論理的でない。融雪設備は 3 時間降雪量の 85% まで溶かす設計なので、ほとんどの降雪でエネルギーはムダになる。積雪センサで制御すれば、間欠運転になって省エネになる。大雪で融雪が追いつかなくても雪が降り止むと運転は止まっていたが、積雪センサで溶けるまで運転になる。

融雪面の積雪を感知するセンサは市場にはなかった。そこで私の職場の研究業務への見直しと合わせて、私はこのセンサをつくろうと地元企業に呼びかけた。(有)西村電機商会と山田技研(株)、それぞれが積雪センサを開発し、県道などに導入した。



写真 1 トンネル出入口の電熱融雪を制御する積雪センサ

車道では轍で溶け斑が多くて、回転スキャンする必要から積雪センサ設置費は 400 万円以上にもなった。降雪センサの 30 万円の 10 倍以上にもなった。

積雪センサの制御にすると、県道での実測で年間運転時間は約 6 割も減った<sup>15)</sup>。

6 割もの節水で建設省担当課長からも称賛され、県道路保全課は、このセンサの使用を各土木事務所に通知した。でも、十分には徹底されなかった。

山田技研(株)の営業は、徐々に普及に繋がった。東北の自動車道路のトンネル出入口の電熱融雪では無償でセンサを設置し、電気代節約でセンサ更新費は 5 年ほどで回収できることを示した。そのことで 1 年で 80 箇所を降雪センサから切り替える受注も得た。今では写真 1 の積雪センサが随分と見られる。今は小樽市市道での無散水融雪(年間 2 億円の都市ガス代)を対象に、無償でのセンサ設置で営業している。社内では、その路面の温度や降雪と積雪状況を画像で監視している。

その営業には頭が下がる。でも、多くの積雪センサでの省エネ実施例が山田技研(株)のホームページに掲載されていない。この原稿を書く中で、それに気づいて社長に伝えた。

越前市では 1 箇所の積雪センサからの信号で、大部分の市道の融雪を制御している。融雪能力や降雪量がほぼ同じなら 1 箇所での設置でも問題はないようだ。これが丹南地域の道路の全てで実現すれば、地下水不足を懸念した丹南での県企業庁での水道水源の地下水からのダム水源化は必要でなかった。当時、私は県企業庁水道課長あてに、このことを記載した”次世紀にもおいしくて安価な水道を”<sup>16)</sup>を送付した。しかし、最大の決定権限者の市を説得すべきだった。地下水からのダム水源化は、費用も CO<sub>2</sub> 排出量も増やした。その後悔から、水道水源の地下水からダム化が進もうとした数年前、積雪センサでダム化しなくて済むと私は小浜市市長あてに手紙を出した。

福井市では、地下水融雪の増加で地盤沈下になって、足羽川の南側は新規の井戸を 1970 年頃から禁止した。その結果、南郵便局やマンション、花堂跨線橋は年間 600 万円の電熱融雪を強いられた。昨年建ったマンションの駐車場は都市ガスでの融雪である。その 2021 年度のガス代は 40 世帯 (車 40 台) で約 350 万円。いずれも積雪センサでの省エネ制御ではない。

また、井戸規制区域のベル横の県道への新たな融雪で、私は、既存の融雪用井戸から 30 分交互に新たな区域にも送水することを提案した。積雪センサで積雪が溶けるまで運転すれば支障は少なく、新たな井戸なしで 2 倍の面積をどうにか溶かして、地下水使用量も増えない。電熱融雪は避けられる。交互散水の多い北陸での積雪センサ導入の糸口になる。井戸の揚水量は技術指針で制限されているが、筆者の別稿で揚水量増が可能になり、新たな井戸無しで揚水量を増やせる。

長岡市は、1986 年地下水利用の融雪に条例で自動降雪検知器の設置を義務づけた。こ

の降雪センサを積雪センサの義務づけに変更すれば更に 50 % 以上の節水になる。

私は 1990 年頃、県の環境保全課の幹部 3 人に、地下水再利用の融雪の開発で、地盤沈下を招くと叱られた。彼らに、積雪センサを義務づける県条例をつくるように提案した。これは、地下水利用融雪を持続できるから、道路管理者側にもメリットになる。

福井市中心部の合流式下水道では、雨水も下水道処理場に圧送され処理される。同じように、融雪の地下水も処理される。これが福井市の負担になる。積雪センサの節水で、これも減る。

金沢市も 2008 年融雪目的での新規井戸を条例で実質的に禁止した。既存の地下水融雪に節水を義務づけずに、融雪目的の新規井戸の禁止は合法なのか、先に掘ったものとの公平は問題がないのか。『日本の地下水政策』を読みながら思った<sup>17)</sup>。

以上、融雪での積雪センサの利用は、地下水の節水で、上水道水源の地下水利用の継続、化石燃料での融雪の抑制などに繋がる。投資対効果が高いので、条例などで義務づけや情報の発信が待たれる。

#### 4. 導入決定権者の利益とバリア

エネルギー管理者の権限が社内で小さいと省エネのバリアになると杉山らは指摘している<sup>2)</sup>。その導入決定権者が社内から社外になると利益相反でバリアになり得る。そのことは空調設備での更新で既に言及したが、筆者が長年関わってきた事例でも考えた。

私が開発した融雪や空調を実証実施できたのは、その経済的合理性だけではなくて、私が県の職員で、庁内の誰に営業すれば採用されるかを知り、採択権限者に近かったことが大きい。

地下水で歩道は無散水し、利用後に車道は

散水で融雪するシステムは、筆者らの開発後ニーズも強く、知事の後押しもあって、福井の中心部で普及した。放熱管での水漏れがあっても地下水利用なので補填されトラブルにならない点も普及に繋がった。

このシステムが県外に普及したのもニーズと経済的合理性が大きい。同時に、システム採択の決定権者の利益と合致したことも寄与した。役所からの融雪の設計を受注した設計コンサルは、施工会社や関連メーカーに協力を依頼する。県内では、設備業界や融雪パネルなら(株)ホクコンが設計協力で、工事の受注に繋げる。

東北と北陸では日本地下水開発(株)と興和(株)が融雪分野で施工と資材の業績が多い。彼らが融雪設計の下請けで協力する。これが彼らの利益に繋がる工法の選択に繋がる。日本地下水開発(株)は、井戸業で、融雪用鋼管放熱管のメーカーでもある。私らが開発の地下水での歩道無散水と車道散水の地下水再利用は、井戸掘削と放熱管メーカーの両方で利益に繋がる。寒冷地での放熱管内の残留水の停電時などの凍結リスクに、同社は維持管理で対応した。これが東北にも広がった理由の一つであろう。

私は県庁職員時代に、福井市職員からある融雪の相談を受けた。地下水がなくて、設計コンサルは空気熱源ヒートポンプでの融雪を提案していた。私は、夏の熱の群杭効果での蓄熱融雪を提案した。これだと設置費は3割安く、電気代も1/3になる。でも市職員からは返事はなかった。市議員も絡んでいたようで、興和(株)経由でしか(株)前川製作所製のそのヒートポンプは納入できなかったと聞いた。下請けの企業が実質導入権限者となって、その企業の経済的合理性が優先される。

私らの工法を展示会で建設省や自治体の方に営業すると、それは温かい福井でしか使え

ないと設計コンサルから説明されたと言う。そんなことを言わせないために、気象データを読み込んでの数値シミュレーションを開発したが出番はない。設計コンサルの不都合か不勉強である。これが経済的合理性を阻むバリアである。勿論、私らもパイプインパイル空調融雪協会などで設計のサービスはする。

役所が技術評価で設計を発注できれば良い。しかし、公平な評価は行うことが難しい。コンサルは下請けで利益にもなる。悪貨は良貨を駆逐するで広がる。かつては、橋梁の設計がほぼ橋梁メーカー丸投げであった。が、橋梁メーカーの談合が一扫されると、この設計の下請けも消えた。融雪では、未だにそうではない。発注者が技術力を高め工夫もして、優れた設計コンサルを育てないと、経済的合理性があってもバリアで普及できない。

私は地中熱利用の融雪や空調を実証施設で行った。ビルの基礎杭を地中熱集熱に兼用利用すれば経済的になる。そうなれば欧米での安価なボーリング工法と同じになり、現状の2桁以上に普及すると考えた。私らの実証施設が順調に稼働した2010年頃になると新日本製鐵(株)やJFEスチール(株)の鋼管杭メーカーも参入した。ビルでの鋼管基礎杭がコンクリート基礎杭を凌駕できると実施例を造り営業を始めた。その後鋼材の高騰もあってか撤退した。

彼らの頓挫で地中熱の知名度アップなどは期待できなくなった。それでもビル杭メーカーの三谷セキサン(株)や(株)ホクコンの営業で普及できると思っていた。しかし、この地中熱空調の採択権限は、建築コンサルやゼネコン、デベロッパーに有って、彼らにはない。その上、知名度や実績が少ない。更に、杭からの出入りするポリエチレン配管の施工や手配まで責任となる。こうしたことが普及のバリアになった。三内丸山遺跡の融雪で、プロポー

ーザルに使用したいとの黒川紀章事務所の依頼をヒントに、彼らの利益に繋がる営業も必要だった。この工法の投資回収年などを示していなかったこともバリアであった。

以上、省エネを進めようとする会社に導入権限がない、省エネ導入の決定権者の利益に反するとバリアになることが分かる。

## おわりに

再エネに比べ、省エネはムダを省くから、設備も小さくなり投資回収年 0 年も存在する。また、CO<sub>2</sub>排出量の削減以外にも、設備の減で最終処分量が減る、再エネのような銅などの資源枯渇がないなど負荷が減る。しかし、ムダな設備がなくなると、省エネ診断者や設備メーカー、設計コンサルなどの導入権限者の利益が損なわれるケースもある。この市場の限界がバリアになる。ほぼ無料の省エネ診断が公的に支援されてはいるが、十分ではなく、工夫が必要とされている。省エネ事業者、メーカーを含め、省エネの投資回収年などの事例一覧の情報発信が十分でなく、その情報が省エネ導入決定権限者に届いていない。情報発信者も決定権限者も多忙で省エネへと動けない。この背景には、国、自治体、民間で省エネで権限を有する正規職員が少ないことがあることを実感する。

本稿を書く中で、省エネ技術に関連して私自身や社会システムの課題を考えることになった。参考になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) WWF ジャパン：脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案，  
<https://www.wwf.or.jp/activities/lib/1920.html>, 2013
- 2) 杉山大志・木村幸・與田冬彦：省エネルギー政策論 工場・事業所での省エネ法の実効性エネルギー

- ギーフォーラム，2010.11
- 3) 大野輝之：自治体のエネルギー戦略，岩波新書 2013
- 4) 東京都環境局：太陽光発電設置「解体新書」・Q & A ホームページ
- 5) 鈴木智博，塩地純夫，長澤浩司，住吉大輔：中小事務所ビルにおける空調更新時の運転データを用いた容量選定手法の検証 その 2 更新後の運転データ検証，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，2018.3
- 6) 山田恭輔，清水拓，野部達夫：プローブ挿入法によるマルチパッケージ型空調機の運用実態調査，空気調和・衛生工学会論文集 No.193, 2013.4
- 6) 岡本泰英，赤司泰義，迫田一昭，柳原隆司，野城智也：総合大学における実効あるエネルギー管理システムに関する研究—運用実態調査に基づいた個別分散空調機的设计・運用管理の合理化検討，空気調和・衛生工学会論文集 No.224，2015.11
- 7) (社)建築設備技術者協会編：設計技術者のためのヒートポンプ空調・給湯システムの実務知識，2010.5
- 8) 歌川学：スマート省エネ— 低炭素エネルギー社会への転換 (科学と人間シリーズ) 2015.5
- 9) (社)省エネルギーセンター：経営改善につながる省エネ事例集，2021
- 10) 環境省ホームページ：再エネ・省エネ措置かんたん検討ツール
- 11) 歌川学：スマート省エネ— 低炭素エネルギー社会への転換 (科学と人間シリーズ) 2015.5
- 12) 田嶋清孝，駒野祐一：クリニック・デイケアでの温暖化防止，脱原発への取組，福井の科学者，No.132，2019.6
- 13) しんぶん赤旗：福井県医療生協 省エネに着手 CO<sub>2</sub> を 44 %削減 ガス電気料金半減 2022.5.17
- 14) 民医連新聞：医療・介護の現場から気象危機に立ち向かおう福井民医連，2021.1
- 15) 宮本重信：地下水を利用した節水型融雪システムの開発，土木学会論文集 No.492/V-23, pp.77~86, 1994.6
- 16) 宮本重信：次世紀にもおいしくて安価な水道を，福井の科学者，No.63, 1992.5
- 17) 千葉知世：日本の地下水政策 地下水ガバナンスの実現に向けて，京都大学学術出版会, 2019.3

## 閾値判定からリスクシナリオの技術基準へ —地下水の熱利用で—

宮本 重信 博士 (工学) 技術士 (建設部門)

<sup>ガイドライン</sup>技術基準の水質閾値では利用困難の地下水を揚水し、熱利用後、元の地下に注水した。利用時に起こり得る酸素浸透などのリスクを採水に与えた観測からトラブルとその対処法を見つけた。その簡単な対処でメンテナンスなしで 3 カ所の運転を継続できた。そのことで、技術基準の水質毎の閾値判定より、採水にリスクを与えた観察が優れることが示された。技術基準は、揚水量を増やすと継続的排砂が生じるとして揚水量を大幅に制限している。井戸の仕上げ時に、揚水量を増やした長時間運転で揚砂をなくし、確認すれば、その揚水量までの利用は支障にならない。

### はじめに

地下水は気温より冬温かく、夏冷たいから、ヒートポンプで冷暖房に使えば省エネになる。熱利用後の地下水を帯水層に戻せば地盤沈下にならない。福井平野には深さ 6 ~ 25m に多層の帯水層がある。1960 年頃までは家庭で使われたが上水道の整備で未利用になった。鉄分が多くて浅い滞水層は道路の散水融雪にも利用が減った。里山や里海と同じで身近な環境は上手く利用することで保全もされる。そこで、浅い地下水の熱利用を筆者らは行った。

福井平野の浅い地下水は、環境省水・大気環境局 (2018) や地中熱利用促進協会・全国さく井協会 (2017) の地中熱利用技術基準 (以下技術基準) の水質の基準では熱利用困難となる。ヒートポンプでの冷暖房利用を行い、そこでの失敗原因を究明し、工夫を施すと、メンテナンスなしで数箇所運転できた。その取り組みから、利用で起こり得る大気接触などを採水に与え、もたらされる支障を目視することが有益だと分かった。技術基準の水質の閾値設定法では、トラブルは回避

できるのに利用できなくなる。逆に、良質な水に潜むリスクを見落とす。

また、技術基準は、井戸の揚砂仕上げで揚砂され尽くして無くなっている砂が継続的に排砂されるという奇妙な論理で、利用水量を制限している。

この水質と水量での指摘は、原因・契機ともたらされる損失・被害を筋書きで考えるという点で共通する。

### 1. 酸素遮断で、スライムは遮断されるのに

名古屋市内で総鉄分が水質基準 1mg/L の 18 倍の地下水を用いて地下水循環ヒートポンプ空調システムが先駆的になされた (ゼネラルヒートポンプ工業 (株) ほか, 2010)。ここでは配管を詰める茶褐色のスライム (微生物と無機化合物の粘調な汚泥) 析出が報告されている。揚水直後は澄んでみえる地下水も空気に触れると茶褐色に変色するとある。この現場では、運転停止の都度、配管内の地下水が落水したと言う。空気抜き弁などで大気密閉が崩れて管内の地下水に酸素が浸透したと推測される。

pH 中性付近の還元的な水中環境（低酸素もしくは無酸素条件）では鉄は溶存イオン  $\text{Fe}^{2+}$  として安定しているが、酸素浸透があれば酸素分圧と pH に応じて数時間から数日間で鉄イオンが酸化し析出する（加藤，2015）。その化学酸化に、それ以上の量にもなる鉄酸化菌による生物酸化が加わる。「わずかな配管を通過した後に非常に汚い外観を示すスライムを含み、大騒ぎになることがある。鉄の濃度はごく低くても鉄酸化菌は大繁殖できる。」（半谷ほか 1999）。

一方、鉄分を含む地下水のスライムの発生を大気（酸素）の遮断で抑制した事例がトンネル排水（坂井，2009）と地すべり対策排水（奥山・黒田，2009）で報告されている。また、滝沢（2011）は、大気との遮断の大切さを微生物汚染の抑制と合わせて指摘している。

こうした報告から酸素浸透がスライム発生の制限要因だとして、地下水への酸素浸透を遮断を考えた。

福井市内で未利用の浅い 5 カ所の井戸内の酸素濃度は、いずれも水面近くで 2 ~ 3mg/L で、水深 2m 以深で計測限度の 0.1mg/L 以下であった。これは、水面から井戸水に浸透した溶存酸素が鉄イオンと結合して深くなると無くなることを示す。また、3 年経過の井戸内揚水管には、水面近くは濃くて、深さ 2m で消える茶褐色のグラデーショが見られた。

次に、直径 7.5cm 井戸で、水面に温水と冷水を浮かべ温度変化を比較した。その結果、冷水では対流が生じることを確認した。このことから、冷房排熱の温水を井戸に注水すると井戸内に対流が生じ、水面からの酸素浸透が促進されると考えられる。

そこで、井戸内の水位が上下する範囲の揚水管の周囲を保温材で覆い、揚水管と井戸ケ

ーシングの隙間を 1.5mm ほどにして、井戸水面と水面下の対流を減らした。

福井市城東町の総鉄分 2.7mg/L の地下水利用でのヒートポンプ冷暖房でも、井戸内の揚水管への断熱材覆いを施した。地上管路は塩化ビニル管延長約 20m で、1 年運転経過での熱交換器内面はわずかな茶褐色の着色に止まった。

福井市河増町総鉄分 52mg/L の地下水を循環利用した無散水融雪システムでも、井戸内に断熱材覆いを施した。地下水は、コンクリート舗装内のポリエチレン製放熱管には流さずに、ステンレス鋼製熱交換器で熱交換し循環地下水への酸素の浸透をなくした。揚水井戸から注水井戸まで地下水は延長 10m ほどの塩化ビニル製送水管を流れたが、管路内の監視用ガラス内の着色は 1 シーズン運転後もなかった。

坂井市中学校でも、井戸に断熱材覆いを施し、地中熱ヒートポンプ冷暖房を運転した。深井戸（総鉄分 1mg/L）の水質の良い地下水を先に揚水して、浅い帯水層（総鉄分 6.7mg/L）に注水した。半年後の暖房では、揚水と注水の井戸を入れ替えた。井戸までの延長 60m の配管には、ポリエチレン管では酸素透過が多いので（白土ほか，2008）、アルミ複合三層ポリエチレン管を用いた。これに、プレート式熱交換器直膨式ヒートポンプを設置した（写真 1）。3 年運転後の Y 型除砂フィルターの内部は着色も砂もなかった。

このように鉄分が技術基準を超える福井のいずれの事例でも、酸素遮断により、名古屋市内のようなスライム発生はなくて運転できた。

なお、福井県内で、地下水を酸素透過の多いポリエチレン製輻射プレートに流した冷房



写真1 直膨式HPと逆止弁付炭酸ガス抜き弁では、プレート内部のスライム発生で、運転できなかった。

福井市石盛町の保育園でも井戸内に断熱材覆いで井戸水面からの酸素浸透を減じた。総鉄分  $0.5\text{mg/L}$  の地下水を揚水しヒートポンプでの床暖房は順調に運転された。ところが運転 4 ヶ月後に井戸の地下ピットの上面の駐車場が積雪になってから数日後、監視用ガラスや熱交換器の内面が茶褐色付着になった。これは、積雪シャベットから酸素を含む融雪水が地下ピットを経て井戸内に流れたことに因る。総鉄分  $0.5\text{mg/L}$  の地下水でも酸素を含むと数日後に、流れた箇所にはスライムが発生した。そのことで、注水井戸の比注水量（井戸水位上昇当たり注水量）は、約  $127\text{L/min/m}$  から約  $17\text{L/min/m}$  に低下した。20 日後には注水井戸の比注水量は約  $40\text{L/min/m}$  に回復したが、その後の回復はほぼない。一方、揚水井戸は酸素水が流入しても比揚水量約  $425\text{L/min/m}$  は変わらなかった。揚水井戸が目詰まりにならなかったのは、揚水井戸内の酸素水とスライムは、日中の運転で注水井戸に送られ、揚水井戸内には蓄積しなかったからであろう。

なお、注水滞水層内のスライムは、井戸から揚水量を増やして排水すれば、ほぼなくなる（梅宮、田上、2002、ゼネラルヒートポン

プ工業(株)ほか、2010 石崎、北川 1979)。

## 2. 濃度判定から採水でのリスク予測へ

冷凍空調器機用水質ガイドライン 1994 年には、「鉄の多くは溶解鉄の形で存在しており、これが  $1.0\text{mg/Fe/L}$  を超えて存在することは異常とみられ、何らかの障害が系内に発生していると考えられるところから、循環式の冷却水の鉄の基準値は  $1.0\text{mg/Fe/L}$  以下としている」とある。この技術基準を地下水利用に準用している。技術基準には、酸素流入をトリガーとしたスライム発生には言及がない。

実際には、前述の全鉄分  $0.5\text{mg/L}$  での発生だけでなく、 $0.1\text{mg/L}$ 、 $0.2\text{mg/L}$  でも鉄コロイドの目詰まりが生じている（梅宮、田上、2002 平野ほか、1998）。丸山ほか(2003)は、 $\text{Fe}^{2+}$ 量が  $1\text{mg/L}$  以下でも Eh が  $300\text{mV}$  以下、あるいは  $\text{Fe}^{2+}$ 量が  $0.1\text{mg/L}$  でも溶存酸素が  $8\text{mg/L}$  以上ではスライム発生を示している。

他に、上水道の水処理で、鉄分の極めて少ない水中でも、流動によって絶えず鉄および栄養分が補給されると莫大な繁茂量になる（小島、1961）。また、鉄酸化菌の発育は鉄量に関係せず有機物の量に比例するとしている。更に、鉄分が 2 価か 3 価で存在するかは、Eh、水温、pH、鉄分濃度に依存し、Eh は溶存酸素に依存する（黒田ほか、2008）。

このように、全鉄分が閾値  $1.0\text{mg/Fe/L}$  以下でも、酸素の浸透を契機に、栄養分有機物の量、鉄酸化菌の種類や量、揚水利用で水温が変わればスライム発生となる。

逆に、前述例のように基準値の数十倍の全鉄分でも酸素遮断でスライム発生なしで運転できる。そもそも、この鉄分の多い地下水は、利用に伴うトリガーがなければ安定したまま滞水層内を流れている。

そこで、熱利用で起こりえる大気接触や負圧化、水温変化などのトリガーを採水に与え、トラブル発生の違いを観察する。その目視から、大気遮断の重要性和循環流量からの目詰まりをイメージする。トラブルの制限要因も推測され、対応にも繋がる。現状の水質項目全てに、更にバクテリアの種別や濃度を計測しても、トリガーを与えた変化の予知は難しい。それが採水に想定トリガーを与えて観測すれば容易に可能で、その支障もイメージできる。これを技術基準にした方が合理的である。

ペットボトル（酸素透過減の Diamond-Like Carbon コーティングが望ましい）に地下水を採水し、キャップの有無で、ほぼ大気遮断の有無として比較した。2 週間後、総鉄分量 0.5mg/L の水でも、キャップなしではスライムが生じた。実験から大気遮断効果などが分かる。

なお、この試験にはアルミ缶での遮光や完全な酸素遮断、減圧での気泡発生の有無など改善点が残る。微生物関与の大気開放条件のコラム実験では、水温が 10℃から 30℃になると微生物の増殖で透水係数が激減する（北川明, 2016）。従って採水後の保存水温を熱利用に合わせることも必要である。

なお、鉄だけでなく、硝酸の脱窒、アンモニアや硫化水素の生成も、Eh の値によって変化し、その Eh の大きな変動要因は水中の溶存酸素であると（加藤, 2015）。

揚水した地下水を別の異なる帯水層に注水するケースでは、2 つの採水をペットボトル内で混合し変化のないことを確認した。福井平野の深さ 60 ~ 120m の帯水層 3 層からの井戸で、各層の全鉄が 0.1 ~ 0.8mg/L でも、溶存酸素、pH、Eh、鉄細菌の種類などが異なる水の混合と井戸鋼管で、鉄細菌や鉄還元菌、スライムの異常繁殖が生じている（高橋



写真2 左：鉄イオンの酸化で着色  
右：ゲル化パラフィンを浮かべての酸素遮断で鉄酸化抑制（1ヶ月经過）

ほか, 2001)。

最後の予測は難しいとしても、提案した採水試験法は、総合化された実際の採水を用いて起こり得るシナリオをほぼ目視で予測できる。明らかに現行の技術基準より優れる。

写真 2 は、キャップを外したペットボトルで採水と、それにゲル化パラフィンを浮かべたものの 1 ヶ月经過である。写真左では茶褐色スライムが生じている。写真右では飲み口からの酸素の浸透がゲル化パラフィンで減り、わずかに浸透した酸素が、下のサンプル水からパラフィンへと浸透した鉄分と反応し、パラフィン部分だけが茶褐色になっている。ゲル化パラフィンを浮かべて井戸表面からの酸素浸透を減らす試みである。液状のパラフィンでは効果がなかった。

熱交換器に付着した酸化鉄は緻密で家庭用洗剤とブラシでは容易に除去できなかった。中性酸化金属膜除去液を塗布すると数分で酸化鉄が溶けて拭き取れた。また、採水でのサンプルにクエン酸を添加すると茶褐色のゲル状物質は透明になった。

(株)小松製作所の工場では、大規模な地下水循環の冷暖房が導入されている。ところが注水井戸が目詰まりとなっている。注水口で

の採水 (総鉄分 2mg/L) を大気開放で 1 ヶ月放置するとバクテリアが繁茂した。運転時と長期停止後に、揚水口と注水口、その中間点などで採水し、それらを酸素遮断で保存して比較する。そのことで酸素浸透のルートとタイミングを特定できないだろうか。

技術基準では、井戸とりわけ注水井戸の目詰まりは良質な地下水でも避けられないとして、年 1 回の井戸洗浄や注水井戸では本数を増やすとしている。原因究明には言及がない。

### 3. 遊離炭酸の多い水

浅い帯水層では、有機質の腐食で酸素が二酸化炭素になり、それが地下水に溶けて遊離炭酸が多い状態が保持されている。

技術基準では、遊離炭酸について「経験的に腐食に影響しないと考えられている 4.0mg/CO<sub>2</sub>/L 以下としている。」この技術基準は腐食以外には言及がない。

ところが自吸式ポンプで地下水を揚水すると遊離炭酸の一部は圧力低下で炭酸ガスの気泡になる。これが流速の遅いタンクなどを通過すると浮上して、多くは再度水に溶けるが一部は貯まって水が流れなくなる。これが 1 年間の運転で 2 カ所で生じた。空気(酸素)が入らない逆止弁付きにした気体自動抜き弁で貯まった炭酸ガスを抜いて解決した (写真 1)。水の流れる上端にまで気体抜き弁の排気口を下げれば、最小限の炭酸ガス抜きになり水質の変化も抑制される。

### 4. 水位計測から揚砂量計測の限界揚水量へ

水道施設設計指針 (厚生労働省, 2012) では「揚水量を増やすと急激に水位が低下し、井戸に障害を起こす量」を限界揚水量としている。地中熱利用の技術基準も、これに準じている。井戸の研究で著名な山本 (1962)

も「過剰揚水とは一定量の揚水量に対して水位降下が急に大きくなるような揚水をいうのではなく、むしろ継続的に排砂のみられるような揚水」としている。技術基準が最終的に井戸障害、揚砂を問題にするなら、水位計測で急激な水位降下点を限界揚水量にするのではなく、継続的な排砂の有無を排砂量計測で直接求めるべきである。奇妙な基準である。

井戸工事では最後に、井戸周辺の滞水層から細砂を揚砂で取り除き、骨格の礫だけにする。この仕上げで、帯水層内を流れ易くし、その後は揚砂がないようにする。この仕上げでは、砂を含む水を揚水するとポンプを痛めるので井戸水面下に圧縮空気を送り、その空気浮上で地下水と一緒に揚砂する。さく井工事施工指針 (全国さく井協会) では、「仕上げ中に揚砂があれば、その後の洗浄揚水中の揚砂量を測定し、揚水量との関係を把握する」としている。

放射状に井戸中心へと流れる滞水層内では、井戸中心までの半径に反比例して水の流れが速いから細砂は井戸に移動し排出される。井戸から遠くなると流速は遅くなり、細砂も動かない。だから、揚水を継続すれば砂はなくなり、継続的排砂はない。

一方、注水井戸では、井戸から移動してきた細砂は井戸の遠方へと送られ、そこで流速が低下し移動できなくなり、蓄積し目詰まりになる。これは揚水井戸と注水井戸の違いとして広く説明されている。梅宮、青柳 (1991) は揚水と注水の井戸での鉄コロイドの移動で実測とモデルで、これを検証している。

以上から、井戸の仕上げ時に、帯水層より井戸水位が下がって空気が滞水層に入らない範囲で揚水量を増や続けて長時間揚水する。排砂され尽して、揚砂がなくなったことを揚砂量の計測で確認すれば、その際の最大

揚水量の範囲であれば継続的排砂はない。

注水井戸でも、井戸仕上げによる揚砂で、その井戸から一定半径内には移動する砂は無くなっている。新たな砂は除砂器等で漉されて注水されなければ目詰まりは生じない。

これで、通常は支障は生じない。そうならない、井戸への障害になるリスクシナリオを考えた。1 つ目は、井戸スクリーン開口幅が広すぎて骨格砂が井戸に流れ込んで継続的排砂になるシナリオである。2 つ目は、井戸スクリーン上部の礫層内の細砂が排砂され、それのできた空隙に、その上部の細砂のみの層からの砂層が自重と水流で流れ込み、継続的排砂、井戸が崩れる。3 つめは、放射状に流れない水みちの井戸であれば、流速は井戸から離れても低下しないから細砂はなくなる。4 つ目は、扇状地で細砂が継続的に流れてくる。5 つ目は井戸スクリーンの目が細かすぎると仕上げで細砂を揚砂できない。これらには、井戸仕上げ時の揚砂量と揚砂の粒度分布、井戸水位などで異常があれば、柱状図や掘削時の土壌試料などを含めてチェックする。これを技術基準にすべきであろう。また、これらは揚水量を” 限界揚水量” で減らして防げることはない。

福井の現場で、井戸の仕上げ時に、揚水量を増やせば揚砂が無くなっていくかを検証した。揚水を布で汙して揚水量・砂量を 30 分毎に求めた。30 分間の揚砂計測を 3 回行い、揚水を継続すれば同じ揚水量で砂量が次第に減ることを確認した (図 1)。なお揚砂されずに揚水井戸底に落下した大きな砂は揚砂粒径分布から無いとした。揚水量 100L/分までの利用では、継続的排砂や揚砂はないことをチェックした。

こうして、揚水量や注水量の限界は、長時間の揚水後の揚砂のない最大値で、井戸水位

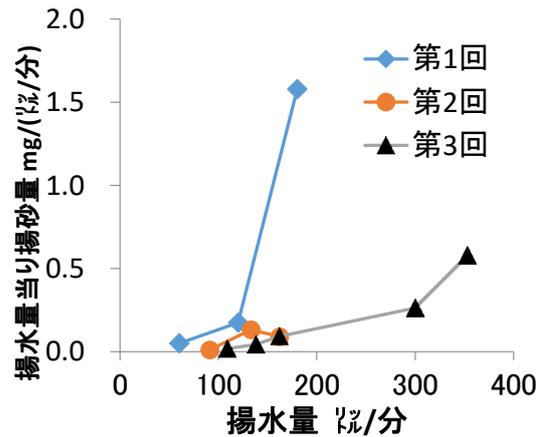


図 1 揚水回数に伴う揚水量-揚砂量の変化

が滞水層上端より下がらない量になる。注水量の限界は、最大揚水量以下で、注水で地上あふれとならない範囲になる。

技術基準では、急激な水位降下点は揚水量・水位を両対数プロットした折れ線の交点とし、それを限界揚水量とすることが多い。しかし、この急激な水位降下点を超えると継続的な揚砂が増えるという実測データはない。

技術基準では、限界揚水量を上回るとわずかな揚水量変化で水位変化が大きくなるが、これは層流から乱流になったことに因るとの説明がある。この乱流で、砂粒子の移動が増え井戸の障害になるという。前述したように、限界揚水量を超える井戸の仕上げで既に砂粒子はなくなっている。砂粒子はないのだから、この論理は成り立たない。

奇妙なのは、技術基準では、限界揚水量を求めるため、これを超えた揚水を揚砂量も計測せずに行っている。一時的な揚水で井戸障害は起こらないという説明はない。

更に、技術基準の間違いの、もう一つ別の視点からの指摘がある。放射状に広がる井戸の滞水層内では、井戸中心近くは流速が速く、遠方では遅い。だから、揚水量を増やしても全ての地点で一斉に流れの抵抗が増え、水位が急激に変化することを私はイメージできない。そこで調べると森ほか (2014) が、「井

戸の性能を評価する際の段階揚水試験によって得られる  $s$  (水位) -  $Q$  (揚水量) 曲線は、多くの場合  $s = BQ + CQ^2$  という Jacob の経験式で近似可能であり、不連続的な勾配変化点は存在しない。両対数表示にした Jacob の経験式に基づく  $s$ - $Q$  曲線には  $0.5126B/C$  で求められる数学的な最大曲率点が存在し、この点を境に  $s$ - $Q$  曲線の曲率が変化する。ただし、最大曲率点は、揚水量の限界を表すものとは言えない。」とある。これを 172 箇所の事例で検証してもいる。また、このような限界揚水量の技術基準は日本だけだと指摘している。技術基準は幾重にも間違っている。

これらの指摘は専門家の中では異論なので私の間違いではないかと学会の市民コミュニケーション委員会の Q&A コーナーに、私の論理を述べて質問した。二人の回答者から、個人的な見解だが、筆者の主張の通りで、技術基準の限界揚水量には学術的根拠はないとあった。一人からは、私の指摘はその通りだが、長期トラブルを減らすため限界揚水量は経験的に妥当な方便とあった。これには次の疑問を私は抱く。井戸のトラブルは、酸素や鉄酸化菌、鉄濃度、スクリーンの鉄素材が絡むことがほとんどだと聞いている。それで酸素を含む地下水量が井戸スクリーンで増えても酸素濃度が増えないからトラブルは増えないだろう。妥当な方便には思えない。

この私の質問とその回答は学会ホームページには公開されずに、その後も筆者以外からの質問が続いた。ホームページで別の回答者は経験的な方策で学術的な根拠がないとは言えないと回答している。前述した筆者の疑問には言及はない。そして、別の回答者は、揚水量増で水位が急低下するとポンプの消費電力が急増し経済的でないから、その変化点を限界揚水量とする考えもあると回答。これは、井戸の持続性確保からの制約とは

別の問題で、「限界揚水量」ではなく「経済的最適揚水量」とすべき事項である。それを揚水量増で水位が急低下する揚水量とすることは、揚水ポンプの消費電力量だけを取り出した部分的な最適化だから不適切である。冷暖房の熱利用ではヒートポンプの消費電力量が揚水ポンプのそれより大きい。両方の運転費と井戸設置費を含めたシステム全体のライフサイクルコストを最小にする揚水量を「経済的最適揚水量」とすべきである。これを技術基準は「必要水量」と表して、厳密にライフサイクルコストから求めずに、熱利用の温度差で  $5 \sim 10 \text{ }^\circ\text{C}$  としている。

## 5. 除砂と炭酸ガス気泡の目詰まり回避で

除砂器が砂で 10 分間で充満する洗浄仕上げの不十分な井戸に遭遇した。そこで、井戸の揚水管の上部で、円筒金網を覆った長い布袋の上端を固定して、揚水管を覆うように井戸底近くまで吊した (写真 3)。この布袋の面積は U 型除砂器の濾過面積の 100 倍以上で、目詰まりは分散し抑制される。この長布袋設置後メンテナンスなしで夏冬の運転ができた。その後引き上げた長布袋に砂の付着は見られなかった。長布袋で漉された砂は井戸底に落ちたのであろう。この長布袋は、安価で更新も容易である。

この長布袋を吊した井戸を今度は、注水井戸にした際の効果を調べた。井戸ケーシングを透明管にして地上に設置し、注水状況を可視化した (写真 4)。自吸式ポンプの直後の監視用ガラス内では、炭酸ガス気泡が発生し浮上しながら流れていた。その微小気泡が時間遅れで大きくなって、その気泡を含む地下水は注水井戸内部の注水管内を下に流れ、その後注水管の外に出る。注水管を出た地下水は長布袋内側を上昇しながら、徐々に長布袋



写真3 揚水管への金網円筒保持布袋

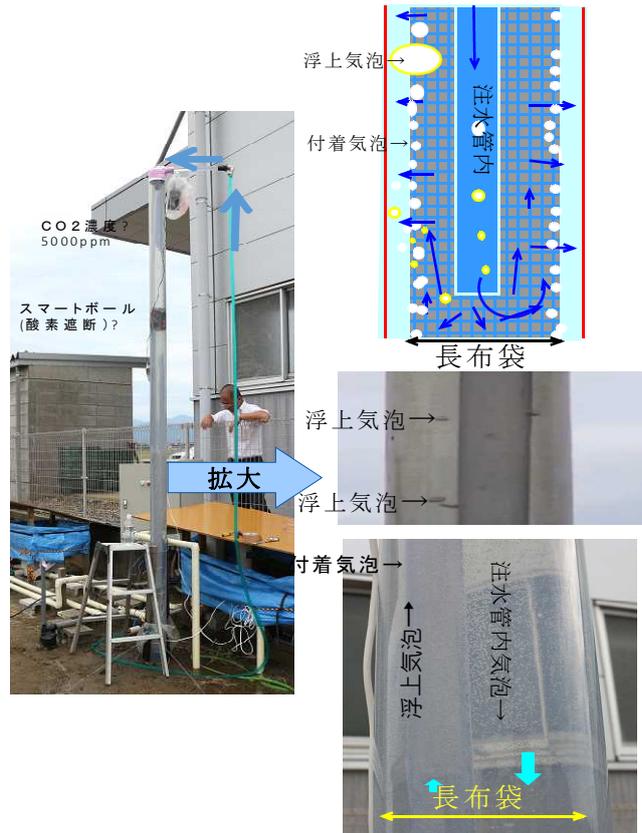


写真4 注水井戸の地上可視化  
CO2気泡の長布袋付着と集合浮上

の外へと通過する。その通過時に、気泡の多くは長布袋に付着し、後からの気泡と合体し、大きくなると浮上していた。この付着浮上は、気泡による井戸スクリーンの目詰まりを抑制する。これで揚砂と気泡などでの目詰まりリスクは安価に更に少なくなる。

しかし、浮上した炭酸ガスは大気に出したくない。そこで注水井戸頭部をキャップで大気と遮断する。浮上した炭酸ガスは井戸頭部に設置した逆止弁付き自動排気弁で排出する。この排気弁の排気侵入口を帯水層上面の直ぐ上にまで下げ、炭酸ガスがそこまで貯まってからのガス抜きにする。こうして、炭酸ガスの大気への排出は抑制される。

この気泡で注水井戸のスクリーンが目詰まりして井戸水位が上昇することは酸素での事例では知られている(長瀬, 2010)。炭酸ガ

スでの目詰まりは事例発表が見つからない。また、技術基準もノーマークなので以下紹介する。

福井市河増町の地下水(遊離炭酸 144mg/L)を揚水し、同じ帯水層に注水したところ、注水井戸水面に気泡が浮かび上がった。運転を継続すると注水井戸の水位は上昇し続け、1ヶ月後に井戸から溢れた。そこで10分間ほど注水井戸から逆に揚水すると揚水を元の注水に戻すと水位は1ヶ月前に戻った。逆流でスクリーンの気泡は剥がれたと推測される。

また、この現場の近くで、夏の日中に地下水を揚水し、融雪面内の放熱管に流して約30℃の温水にし、これを注水井戸に戻した。運転を継続すると注水井戸の注水時水位は、スタートの8月10日に12cm、8月30日には約1mに上昇した。9月20日に約40cmに

減った。注水温度が高いと炭酸ガスの溶解度が小さくて気泡が増え目詰まりが増えると解される。

前掲の 10 分の逆流で目詰まりがなくなる事例から、毎日 10 分ほど運転開始前に、回路を自動で切り替えて注水井戸から揚水で炭酸ガスの気泡は解決できそうである。但し、事例は循環流量が 20 ㍓/分なので流量を増やすなら揚水管への吊す長袋での気泡除去も併用すると良い。毎日 10 分間の注水井戸の逆流れを揚水井戸注入の直前で外に排水すれば、運転停止時間に入り込んだ酸素も排除される。他の注水井戸の目詰まりにも有効であろう。

なお、自吸式ポンプで気泡が発生するかは、井戸の仕上げの際に、地下水を貯水すると細かな気泡が浮かぶので分かる。気泡をコップに集め、火のついたマッチ棒を挿入すれば、炭酸ガス、空気、メタンガスの区分ができる (半谷ほか, 1999)。

## 6. 浅い帯水層を活かした安価な井戸

日華化学(株)は深さ 100 m 前後の 2 層の滞水層利用の地中熱冷暖房を福井市文京の新社屋で行い省エネとした。水質の良い地下水なので、一部は熱以外に再利用している。これでは井戸設置費は高い。そこで、ビル建設時の砂礫層 (支持層) までの標準貫入試験を活用し、上下 2 層の井戸を 1 カ所で作り、安価にした。福井駅周辺のビルの地下工事では、地下水排水に数箇所の仮設用井戸を用いている。この井戸を残せば利用できる。水質の悪い地下水であるが熱利用は可能である。

### おわりに

構造物の設計では、地震などのリスクシナリオを想定して壊れないように工夫する。私は地下水

利用でもリスクシナリオを想定して工夫した。一方、技術基準の水質基準は、水質項目毎の濃度閾値で利用できるかの判定である。この方法の違いは、なぜ生じたのか。水道の水質基準は飲用安全のための閾値である。同じように、技術基準が準拠した冷凍空調機器用水質ガイドラインも機器の耐久性確保で、閾値設定になったのだろう。これを環境省や地中熱利用促進協会が地下水の熱利用の技術基準に準用した。それで、あたかも地震国では構造物を造らせないような、清浄な水しか対象にしない基準になったのではないか。筆者の提案は、現場で多くの方が採水して観ている延長で、当然で自然な方法である。

技術基準での限界揚水量も、継続的な揚砂という井戸障害にならないという目的に、継続的揚砂が生じるシナリオを詰めずに、更に揚砂量を計測することなく、揚水量を規制している。なにか揚水量制約を前提に、揚水量と井戸内水位の変化点という閾値を設定しているように思える。

私は、この同じ『福井の科学者』12 月号で省エネが普及できないバリアについて考えた。そのバリアの一つが技術基準で、その影響は大きい。筆者も 1985 年頃、この”限界揚水量”を超えたので 6 百万円ほどの井戸を追加発注した。是正のために地中熱利用促進協会のガイドライン作成時の 2017 年に意見書を送付した。”常識”へのハードルは高く、上位の環境省技術基準と整合しないためか意見は顧みられなかった。私の説得力不足もあったと反省し本稿とした。限界揚水量に関しては何人かに聴いた。技術基準は間違いだと考える方が少なくないことが分かった。筆者に間違いがあれば公開で指摘して頂けると議論や認識が深まり役立つと思う。

本稿の気づきは、環境省 2010 年～ 2012 年度と NEDO の 2014 ～ 2018 年の研究事業での実施で得られた。記して関係者への謝辞とする。

参考文献

石崎勝義・北川明 (1979) : 注入井による地下水涵養—特に目づまりとその対策—, 水理講演会論文集

梅宮弘道・田上勲 (2002) : 地下帯水層蓄熱に関する研究-鉄コロイドダムの破壊メカニズム.日本機械学会論文集.B編 68(676),3445～3451

奥山武彦・黒田清一郎 (2009) : 地すべり対策集水ボーリング末端における閉塞の要因と対策. 農工研技報 209, 1 - 6

加藤真悟 (2015) : 中性 pH 付近で生育する鉄酸化菌の生理生態とその生物地球化学的重要性. 地球化学 49, 1-17

北川明 (2016) : コラム浸透における目づまりに伴う透水性の減少に関する研究. 土木学会論文集 B1, 72, 1, 1-10

小島貞夫 (1961) : 鉄酸化菌による除鉄. 用水と廃水 3 (10), 847-854

坂井宏行 (2009) : バイオフィルム形成によるトンネル排水路阻害の改善. 鉄道総合技術研究所

白土博康・富田和彦 (2008) : 温水暖房用プラスチック管の酸素透過に関する評価. 空気調和・衛生工学会論文集, No.139

ゼネラルヒートポンプ工業(株)・東邦地水(株)・東京大学生産技術研究所 (2010) : エネルギー使用合理化技術実用化開発"地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプ研究開発" 共同研究開発報告書

滝沢智 (2011) : 地下熱利用の技術-8 地下熱利用のための水質対策. 地下水学会誌, 第 53 巻第 4 号, 401-409

長瀬和雄 (2010) : 秦野盆地の地下水管理. 日本水門科学会誌, 第 40 号, 第 3 号, 109-120

地中熱利用促進協会・全国さく井協会 (2017) : 地中熱ヒートポンプシステムオープンループ導入ガイドライン. 水質は冷凍空調機器用水質ガイドライン (JRA-GL02:1994) を準用. 水量は地環境省水・大気環境局 : 地中熱利用にあたってのガイドライン (2018) を準用. これは水道施設設計指針 (厚生労働省, 2012) を準用.

半谷高久・坂井雄・小倉紀雄 (1999) : 水質調査ガイドブック, 118

平野文昭・神野健二・船岡基・百田博宣 (1998) : 浸透層内における目詰まり原因物質の抑留量の推定方法の検討. 土木学会論文集, 610 号, 125-134

福尾義昭, 石川昌司 (1980) : 地下水の人工涵養に関する研究 (I). 奈良教育大学紀要, 第 29 巻, 2 号

森一司・阿部栄一・飯塚康太 (2014) : 段階揚水試験における s-Q 曲線に関する検討事例. 応用地質, 第 55 巻, 第 4 号, 177-184

山本莊毅 (1962) : 揚水試験と井戸管理, 昭晃堂



## 編集後記

小野さんの「ロシアによるウクライナ侵略から8ヶ月／戦争のリアル」は、ウクライナ側、侵略を招いた側の

問題点を考えるものである。ウクライナは日本の今の立場に近いようにも思われ、興味深い。ウクライナの原発の背景事情も興味深い。

酪農危機が連日のニュースなので、加藤さんに原稿を依頼した。食料支援と価格低迷の農家の双方を同時に援助する栄養補充支援制度がアメリカにあって日本円で毎年10兆円近い予算で、全米で4,000万人を超える人が使っているという。お米や酪農と食料支援の両方の効果で、なるほどと思った。

12月20日大阪地裁は40年超の美浜原発3号機の運転停止を認めなかった。これに当事者でもある山本さんが寄稿してくださった。

「日本で最初に再稼働した、老朽原発の関西電力美浜3号機の現状」は福井県原子力安全専門委員会などでの意見にも言及し、現状が総括的に書かれている。

特集の再エネ省エネでは、吉川さんの「南川サイフォン式水力発電と地域活性化事業」サイフォン式取水砂防ダム利用、資金は市民ファンド、事業主体は地元中心の合同会社など、それが原発の町での取り組みでもあって希望に思われた。

特集に繋がればと再エネ省エネをテーマに、支部幹事でZOOMやメールでやりとりを行った。議論の中で、補助金などで経済的合理性で後押しすれば普及すると考えている人が多いことを知った。私自身が関わってきたケースを振り返ると、省エネ投資回収年がマイナス(0年)でも普及しない、そこにはバリアがあった。私の反省となり気が滅入った。経済的合理性があっても進まないのであれば義務づけも良い方法だと東京都の取り組みを書いて思った。

県内の稜線での陸上風力発電の林立も気がかりで、所属の山の会で、この稜線のブナ林を歩いた。その発電所設置の環境影響評価書に、豪雨災害が懸念されるとのパブリックコメントを出した。その後、地元は豪雨に襲われた。ブナ伐採の風力発電や原発より経済的合理性の高い省エネ、そのバリアを無くしたいと改めて思った。

バリアの一つが技術基準の不適切である。そこで、再生可能熱エネルギー、地下水の熱利用の技術基準を取り上げた。基準は水質も水量も不適切で改訂すべきだという私の主張である。大勢の方が審議してきたことだから、私の間違いだとの指摘を長年求めてきた。その回答を含めて、長年お世話になってきた基準関係者への送付を前提に整理した。論点は、問題へのアプローチの違いなので、分野を超えて参考になればとここに寄稿した。

宮本重信

福井の科学者 第139号

2023年1月15日発行

編集・発行 日本科学者会議福井支部 頒価 500円 郵送の場合 680円

連絡先 〒910-0101 福井市つくし野3-906

山本富士夫 TEL・FAX 0776-55-1358

Email yamamo96@yahoo.co.jp

＝会員の著書紹介＝

書名 **家畜の不思議シリーズ** 7巻のうち3巻

- ① にわたりの不思議 発行 2018年12月  
⑤ 日本鶏の不思議 発行 2019年8月  
⑥ 畜産物の不思議 発行 2019年10月

著者 加藤武市 発行 加藤技術士事務所  
定価 いずれも1,000円(税込)

書名 **教育の歴史的展開と現代教育の課題を考える**

—追究—コミュニケーションの軸から

著者 森透 発行 2020/5/30

出版社：三恵社 定価 2,970円

## 福井県医療生活協同組合

〒910-0026 福井市光陽2丁目18-15 TEL (0776) 27-2318  
FAX (0776) 24-8290

**光陽生協病院**

TEL (0776) 24-5009

**つるが生協診療所**

TEL (0770) 21-0176

**ショートステイきらら**

TEL (0776) 21-8525

**光陽生協歯科診療所**

TEL (0776) 24-8784

**光陽生協クリニック**

TEL (0776) 24-3310

**たけふ生協歯科診療所**

TEL (0778) 22-5666

**デイケアさんさん**

TEL (0776) 24-5524

**さかい生協歯科診療所**

TEL (0776) 67-6333

**光陽訪問看護ステーション**

TEL (0776) 24-9996

**つるが生協在宅総合センター「和」**<sup>なごみ</sup>

TEL (0770) 25-4311

**光陽ホームヘルパーステーション**

TEL (0776) 24-9997

**小規模多機能介護施設しんじょういこい**

TEL (0776) 60-2110

**光陽訪問看護ステーション居宅介護支援事業所**

TEL (0776) 24-9990