

特別寄稿：シリーズ 先端科学技術爽やか対談 (9)

地域に於ける再生可能エネルギーの普及と中山間地域の復活に向けて

中部大学客員教授，元住友電気工業株式会社常務取締役 福田 良輔
(旧姓 畑 良輔)

島根県産業技術センター所長，大阪大学名誉教授 吉野 勝美

(平成27年3月5日)

(吉野) 福田さんお久しぶりです。今日は遠路松江までお越し頂き有難うございます。お忙しいとは存じていたんですが、ぜひ最近のエネルギー関係のこと、地域振興のことをお聞きしたくてご講演をお願いしたわけです。ご快諾して頂いて非常に喜んでおまして、今日のお話を楽しみにしております。福田さん、以前大阪におられる頃は畑さんとお呼びしていましたが、今はどうお呼びしたらいいでしょうか。

(福田) 今は福田と呼んで頂いて結構です。住友電工を退社してから故郷に帰りまして、その後は福田と云っていますので、もう6年になりましたからすっかりなじみました。

今住んでいますのは岡山県の津山市の隣と云ったら分かってもらえますでしょうか、美咲町と云う所です。

(吉野) 美咲町と云う名前はモダンな名前のような感じを受けるのですが、もともと幾つかの町村が合併して比較的最近できた名前ですか。

(福田) はい、久米郡柵原町、中央町、旭町が合併してできた町です。面積は230平方キロくらい、人口は1万5千人くらいです。

(吉野) 福田さんはその地で、元々ご専門のエネルギー関係の技術、知見、経験を生かしながら地域再生に一所懸命寄与されているとお聞きしていますが、我々島根の多くの地は高齢者が多く、子供が少ない限界集落に近いので、今日のお話は我々にとって非常に参考になると思っております。

(福田) はい、私は美咲町に帰った時、その地域の少子高齢化とその衰退ぶりに想像以上のものを感じました。当地は旧柵原町で、古くから東洋一と言われた「硫化鉄鉱」鉱山の町で、一時は岡山県下で最も栄えた地域の一つであり、その結果人口も多い町でした。それが、鉱山の閉鎖と若者の地域離れで、いわゆる「少子高齢化」の進んだ衰退一方の典型的な中山間地域に変貌しておりました。40年くらい前の柵原町、中央町、旭町合わせた人口が2万5千人くらいでしたが、現在さっき話しましたように1万5千人くらいにまで減っています。

(吉野) 恐らくこのままでは故郷は消滅してしまうのではないかと思う。

(福田) 正にその通りです。まだ現役の頃にも折々に帰郷しており、その時にも「少子高齢化」、「地域の人口減少」、「山林の荒廃」、「田畑の放棄」等々地域の衰退現象は感じておりました。しかしながら、21世紀に入ってからのこの衰退現象の昂進には驚くべきものがあります。それを、リタイア後帰郷して地域住民になってからは、生活自身を通して日々刻々感じる様になって参りました。地域の沢山の皆さんを先生にして、田んぼを復活して米作も行いました。チェーンソーを持って森に入り、木を切って里まで引き出し、薪を作ったり椎茸原木にしたりも行ってみました。そして何より、家周りや棚田や町道の両側等々の広大な面積の草刈りも行いました。これらの重労働且つ専門知識が必要な作業が、田舎では60歳又は70歳台の地域住民が担ってききましたが、これが急速に不可能になりつつあります。そして何より寂しいのが、子供の声がしないことです。

(吉野) 福田さんのことですから、このようになってきた根本原因について色々お考えになったのではないかと思います。少しお話し頂けますか。

(福田) はい、一寸考察してみました。私は、自分の職業柄「エネルギーと社会現象」の研究を行って参りましたが、その中で、「化石燃料資源の使用量の増加」、「世界の人口の増加」、「炭酸ガス放出量の増加」「人口100万超の



写真：福田良輔教授（左）と吉野勝美所長（右）
－島根県産業技術センター所長室にて－

巨大都市数の増加」の経時変化関数を並べてみたことがあります。このどれもが、戦後指数関数的に急増しているのです。これは、単に増加のカーブが急増しているだけではなく、その増加率が $[dy/dt = a y]$ に従っていると云うことを表しております。人口増加率がその時の人口 y のみに関係し、動物も植物も関係しない、すなわち自然からの制約因子が増加率関数の右辺に入っていないのです。石油の使用がまた石油の使用量を押し上げるのです。つまり「ラッパ状 Spiral (螺旋) 増殖」すなわち「自己増殖」状態に入ってしまうのです。この増加率関数より、人口そのものは $y = A \exp(a t)$ で表されるために、ある点(離底点)を超せば急峻に上がり続け、今述べました通り、最早これは理性で止めることができません。従って、理性を超えた想定外の原因が生じない限り急激な増加は止まることがないという意味で、 $y = A \exp(a t)$ をカタストロフィ「Catastrophe (破局)」関数と呼びました。そして、この関数の離底点を「a Point of No Return (不帰の点)」と命名致しました。「不帰の点」がどこにあるかよりも、我々の文明が凡そ1970年以降、科学と工学と医学の進歩によって、様々の場面にカタストロフィ関数が現れる様になったこと、及びこのカタストロフィ関数には、この点を超えると最早尋常の理性では制御できなくなる「不帰の点」が存在することの認識こそが重要であると考えております。

地域の衰退は、正にマイナス方向へのカタストロフィ関数に乗っており、私の心からの心配は、その「不帰の点」が間近か、正にその背面を見る所まで到達してしまっているのではないかと云うことです。たとえて申しますと、学校やガソリンスタンドや病院やスーパー等が無くなると、その地域は滅亡に向かうと云われたりしています。

(吉野) 昨年の夏から「地方創生」が大きく叫ばれる様になりましたので、たくさんの方が地方の問題に関心を持ち始めています。今のお話は理系、特に我々電気系のように数学を使い慣れている者にとっては理解しやすいお話ですが、専門が少し離れた方々には少し難しいかもしれません。今お話になったこと、なぜ地方(地域)が衰退してきたかと云うことを、一般の方にも分かりやすいようにもう一度お話し頂けませんか。

(福田) そうですね、少し難しい云い方だったかもしれませんね。具体的な云い方をしましょう。昨年(2014年)は、木材輸入に対する関税の自由化50周年でした。この戦後の混乱期(材木不足時期)の小さな決定が、50年を経て林業を滅亡させました。それまでは、父親は子供に林業を教えることで、永続的な価値ある産業に子供を就かせる自信がありました。また、高価な建材となる針葉樹の成長には50~100年はかかるので、その間放置可能な深山や急斜面等に針葉樹が植林されました。それが、今日では安くて何時でも大量に入手可能な外材に圧されたために、最早父親が子供に林業を教えることも継がせることも無くなってき

ました。今日では、相続されてないか名義変更がなされていない、いわば幽霊森林が大量に発生しております。

一方、村里近くの林野には、伐採しても残根から新芽が出てきて自然に再生する雑木広葉樹が自然体で残され、村人は10~20年周期で一定の広葉樹林を伐採しつつ、それらを薪炭として都会に販売して収入を得てきました。実は日本の昭和30~40年までは、殆どの市町村の家庭では、煮炊きや暖房や風呂焚きに「薪炭」を使っていました。つまり、今から50~60年前以前の日本人、そして世界の大半の人々は、森林からの資源である薪炭をエネルギー源として暮らしてきたのです。これが、経済発展の緒に就いた昭和30~40年には、村々町々の津々浦々までプロパンと灯油が浸透し、里山の広葉樹林はアッと云う間にその価値を失ってしまいました。これを、私は産業革命に継ぐ「エネルギー革命」と称しております。こうして林業が滅亡しました。

(吉野) 成程まさにそう思いますね。米作、お米についても同じ様に云えるのでしょうか。

(福田) そう思います。地域のもう一つの基幹産業である「米作」についても、経済のグローバル化が進み、世界から多様な食料が安価に日本に入る様になってから、一気に需要が減り減反に追い込まれました。従って、父親は最早農業を継続して安定した産業であると見做す自信がなくなり、子供に農業を教えてそれを継がせることをあきらめてしまいました。農業が競争力を失った理由の一つに、山林に隣接する農地の狭隘さが挙げられます。1町歩(=1ha=100m×100m)以上の農地を持つ農家は限られていますが、1町歩で米作を行いますと粗収入が年100万円です。これでは生活が成り立つ筈がありません。これが、農業が衰退した理由でもあります。

この様にして、地域固有の資産である「太陽」と「空気」と「水」と「土地(森林と田畑)」を活用する林業と農業が消滅と衰退した結果、地域が「本質的に」衰退してゆくことになったのです。その上、今年はTPP(Trans-Pacific Strategic Economic Partnership Agreement: 環太平洋戦略的経済連携協定)締結の年と言われておりますが、これによって農業製品の輸入の自由化に向かいますと、かつての林業での経験を今度は農業で繰り返すことになります。「円安」と関税の撤廃は、臨海工業・商業地帯には有利に働くことがあっても、山村の地域(中山間地域)には有利になる要素が確認できません。従って、このまま自然体で進めば、「不帰の点」を超してしまうことは確実と云わざるを得ません。

これらの考察があったからこそ、逆に「不帰の点」を遠方に押しやり、中山間地域の衰退を止めるには、地域固有の資産を活用して長期確実な新産業を起こすこと、それは林業の経験から言って、自然体ではなくて社会システムの中で育成してゆくことが必要であると確信致しました。

(吉野) そのようなお考えの上で田畑、林野を利用した太陽光発電と小規模バイオマス発電を積極的に進めると言うお考えになったのですね。数年前から始まった太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーで発電された電気を一定期間、固定価格で電力会社が買い取ることを法律で定めた制度、いわゆる FiT (Feed-in Tariff) 固定価格買取制度を有効に活用することで新しい可能性が生まれると言うことですね。

(福田) まさにその通りです。今云いました様に1町歩で米作を行いますと粗収入が年100万円に過ぎませんが、太陽光発電を行えば、設備費の償却後は、年2千9百万円の純収入になります。

広大な面積の未利用林野と放棄田畑を使つての「太陽光発電(主)」と、未利用森林材、中でもわずかに50～60年前以前ではエネルギーの主要な源であった里山雑木広葉樹の循環活用と針葉樹林の残材による「小規模・分散・多数配置型木質バイオマス発電(従)」を「空圧電池」で統合した「再生可能総合発電システム」の展開によって、中山間地域に子供(長男/長女)が残れる環境を、文字通り人智による「社会システムの創生」によって、整備してゆくことが必要になるのです。尚、一言付け加えますと、例えばTPPを締結しても電力は輸出入できません。従って、国産の電力については、日本自身の方策で如何様にも展開可能であり、国産資源になる電力供給で十分な体制が構築できれば、環境上は無論のこと経済上も地域の関係でも真にSustainableな(持続可能な)エネルギーが得られるばかりか、資源コストが只の太陽光発電が主であつてみれば、限りなく安い電力エネルギーが「Ubiquitousに(何時でも何処でも誰でも欲しいだけ!)」得られる社会をビジョンとして描けることになります。

(吉野) 大変よく分かりました。今日のご講演ではそう言う現状と背景、その解決の道について具体的なお話を頂けるわけですね。

(福田) そうなんです。繰り返しになりますが、これは何とかしないといけないと思い、元々私は電気エネルギー関連の仕事に携わってきましたから、自分もその視点から少しは寄与できるのではと思って、一所懸命考えました。地域がエネルギー的に自立し、と云いますか地域で再生可能エネルギーを産出し、自ら十分に賄えるようにすれば道があるのではと思ったわけです。それをベースに様々なことを仕掛ければ、地域を昔のように明るい前向きな所に変えることができるのではと考えた結果として現在行っていることを、今日お話しさせて頂きたいと思います。「地域に於ける再生可能エネルギーの普及と中山間地域の復活に向けて」と言う題にしていますが、少しでもご参考になればとても嬉しく思います。

(吉野) 今日のお話は演題からしても私が最もお聞きしたい内容になっています。そもそもこの先端科学技術講演会

と云うのは基本的には産業界、大学などにご案内してお知らせするのが普通ですが、今回は一部の中山間地、離島を含めて市、町、村関係の方にもご連絡いたしました。

私、ここにいますといろんなご相談を受けるんです。産業技術センターと云う所の所長であると言うことと、元々が電気電子工学分野の教授をしていたと云うことからと思いますが、電気電子技術、エネルギー関連、発電などに関わることの質問、相談も多いです。今福田さんのお話になったような筋道だった正統論としての、また社会システム全体を考えての構想、説明は私には能力を超えていますのでとても無理ですから、一応の私の考え方を素人風にお答えすることにしています。特にメガソーラーが話題になった頃からエネルギー問題、再生可能エネルギーとしての太陽電池、バイオマス発電、風力発電なんかに関する質問や、相談を受けるんです。そんな場合、大体次のように答えていたんですが、ご専門の方から見ると私の云っていることは的を得ているのでしょうか、それとも外れているのでしょうか。

買い取り制度でメガソーラーについては42円でスタートしたんですが、これがいつまでも維持できるとは考え難いので、“買い取り値はすぐに下がるでしょう。だからもしメガソーラーをやつて儲けようと思われるならこの一、二年ですぐに立ち上げる必要があるでしょう。ただ、一般消費者に結果的にそれが電気料金として上乗せされるでしょうから、土地のある人、自分の家の大きな屋根のある人はいいですが、普通の市民には負担が逆に大きくなって批判が出ると思います。”と云いました。それからそのうちソーラービジネスをする人が地元の人、日本人じゃなくて外国人あるいは外国人からの資金を受けてまあ代理のような形での開発が多くなって、政府が期待して、思っているようなことにはならないような気がします。これを秃鷹ビジネスと云う人もいる様です。それに地域の雇用増には余り貢献しません。

それからバイオマス発電については木材資源がどれだけ地域で得られるか、それが安価に運搬できるか、あるいは生産、運搬などに従事する人が得られるかどうかになります。あまり大きなバイオマス発電では山の再生速度を超えて地域の山が丸裸になる可能性もあります。それから一般論として木材資源を一体どんな分野に活用するのか、構造材、板材として利用するのか、チップとして紙などの資源用として利用するのか、燃料としてエネルギー用に用いるのか、下手をすると取り合いになるかもしれません。風力発電については適地もありますが、そのうち海洋上発電と云うことになりますでしょう。しかし海洋とすると日本周辺は一寸環境的に、気候的に厳しい様な気がします。

こんな風に話しますと、私が自然エネルギー利用に懐疑的で、私の云っていることはなんだか否定的に聞こえるかもしれないですが、そうではないんです。実際、自然エネ

ルギー、再生可能エネルギーからの発電は不可欠で拡大しないといけないですが、どうするかは難しい課題が色々あります。単純な話だけではないんですよ、と云うことを云っています。こんな直接役に立たないような一般論をお話することが多いですが、これで妥当でしょうか、それとも大きな間違いをしているのでしょうか。これについてもご意見をいただければと思います。

(福田) 仰っていることはほぼ妥当だと思います。しかしながら、私は、次に述べる諸観点から「地域に於ける再生可能エネルギー(電気)の普及と中山間地域の復興」を考へて、システムティックに最適な方法を適用して進めれば中山間地域にとっては解決の切り札になると考えるようになりました。

(吉野) 具体的にはシステムから変えると云うのは簡単に云うとどのようなお考えでしょう。

(福田) 何度も繰り返しになりますので、くどく感じられるかもしれませんが、一つは、何故中山間地域が衰退してきたのか? それなのに、逆に何故今でも人口が減少しつつ住民が存在するのかと云うことを考へてみました。その結果分かったことは、多くの方が若者と同居しない高齢家族で「年金」生活をなさっていることでした。更に、山林と田畑の価値が極端に低下していることです。山林からの収入はここ何十年間か殆ど零ですし、田んぼの「米作」で上がってくる収入は、さっきも云いましたように現在粗収入で1町歩当たり年100万円程度です。と云うことは、社会構造が大きく変わってきていることを意味します。

(吉野) 林業もそうなんですね。

(福田) 林業は、昭和39年に木材の輸入が自由化されて以来一気に衰退・絶滅しました。一方、昭和30年から40年(今から50~60年前)に、村々に至るまで「灯油とプロパンガス」が入ってきて、それまでの人類が何千年と頼ってきたエネルギー源の「薪炭」が、その価値を零にしてから、いわゆる里山雑木広葉樹林とそれにつながる林業も絶滅しました。そこに、米の需要低下による減反等「米作」の不振が明らかになってきたのです。つまり、地域が地域の資源(「太陽」と「空気」と「水」と「土地(林野と田畑)」)を基にした「長期的に成立する産業」、すなわち「米作中心の農業」と「林業」を失ってしまったから、中山間地域では、長男を残せなくなってきたのです。

つまり、次世代を中山間地域に残す、すなわち、住民の維持と少子高齢化からの脱却を図るには、これらの事実を認めて、それに変わる新時代に即した社会システムと地域に於ける新たな産業を創生してゆかねばなりません。長期的にその産業が維持され、且つそこから十分の利益が得られることが必要なのです。

(吉野) それには、具体的にどう進めることが考えられますか。

(福田) そのためには、まず若者にも、地域の老人が受け

ている年金に相当する収入を保証するシステムを確立すること。次に地域に於ける新産業が、地域の資源を基にして成立し、長期的にその価値を減じることのないことが必要です。

これらを、どのようにして確立するかが問題となります。そしてそれが「地域資源に根ざした地域に於ける再生可能エネルギー、特に電気の生産」の普及にあったのです。その社会システムとしては、「FiT」が成立し、農地・林地を再生可能エネルギー電気の生産(これを我々は、「電作」と称しておりますが)これに限って転用許可するいわゆる「再生エネルギー農林新法」の成立が挙げられます。

(吉野) それを実現するにはどのくらいのコストが掛かり、どの程度の収入に繋がると考えられますか。

(福田) 1町歩の土地があれば、凡そ1MWの太陽光発電が可能になりますから、初期設備投資の回収後は、今年度であれば税抜き「3,200万円/年」の「純収入」になり、米作の粗収入100万円/年と比較するとその価値の大きさが分かると思います。実はこれが農業が衰退した理由でもあります。1町歩の太陽光発電を長男に相当する若手一人に引き当てるには、その初期設備投資が約3~4億円かかりますから大き過ぎます。その1/10、すなわち1反歩(32m×32m)で320万円(×経費等減)相当でも長男は残ってくれて、その大半の活力を地域興しに使いながら新たな農林業も継ぐことが可能になることでしょし、その活力に基づく追加収入が見込めれば結婚も容易になると考えられます。

(吉野) 元々発電設備が設置されていない中山間地の送電線網は細く容量も小さいと云う問題があるように思いますが、それと単純に考えますと電気エネルギーの貯蔵は容易ではありませんので、何らかの大規模な貯蔵装置が必要に思いますが、またそれらはどの程度の規模であるべきとか、コストの問題なども重要になってくると思いますが。

(福田) この「太陽光発電(主)」を既存送電線が脆弱な地域で成立させるには、その変動補償と電力の需要時間帯へのシフトが必要になります。更に「地産他消」で地域の発電電力を都会に売電するには、この脆弱な地域の送電線の稼働率を可及的100%に近づける必要があります。そのためにこそ、「小容量・分散・多数配置型木質バイオマス発電(従)」と「空圧電池(鋼管活用圧縮空気貯蔵)」技術が必要になり、これを「太陽光発電(主)+木質バイオマス発電(従)+空圧電池」総合システムとして提案しております。

電力インフラの4技術要素(発電、送電、変換・制御、貯蔵)の中で、貯蔵が遅れてしまったのは、一般国民にとって2011年3月11日以前は、電力がいわばユビキタス「Ubiquitous」状に得られていたからです。すなわち、電気は何時でも何処でも、特段意識することなく利用できていたわけです。しかしながら、発電資源に事欠かず好きな

だけ発電して世界第3位の電力消費（2011年以前は1兆kWh/年；現在は0.9兆kWh/年、すなわち電気料金を平均で20円/kWhとすると約20兆円/年の消費）を誇る日本が、世界人口が今世紀中庸には90～100億人になる世界で、このまま継続させることができる筈がない簡明な事実を明らかにしたのが2011年3月11日以降でした。

また、もう一つ重要なのは、発電機の稼働率と必要設備の量の問題です。社会の電力需要は変動し、ピーク率は2～3倍になります。従って、発電機の稼働率によって電力の需給を「同時発電同時消費」で補償しようとし、発電機が平均電力の2～3倍必要で、これらの設備は需要が落ちれば発電を縮小し止める必要があります。事実日本の平均必要電力は凡そ1億kWですが、日本の電力会社は約2億kWの設備を有し、また民間も0.5億kW位の発電機を保有しております。このような稼働効率の悪い発電機を多量に抱えることができたのは、電力事業の独占と総括原価主義と云うコストの回収社会システムの存在にありました。もし、これからの日本では、資源的にも環境的にもあるいは経済的にも、このような類いの既存臨海大発電所からの電力を送電線で都会の大消費地や地域の隅々まで送電する「動脈型電力インフラ」が維持困難であって、再生可能エネルギー電力の小規模・分散・多数配置型、且つ中山間地域からの発電を、既存の送電線を通して都会に逆流させる「静脈型電力インフラ」への移行を余儀なくされるような場合には、その様な「静脈型電力インフラ」の実現を可能にし、同じくユビキタス状態を達成するには、発電元での電力貯蔵が不可避になります。それは、先行して大発展したICT（Information Communication Technology：情報通信技術）分野で、20世紀後半までは「同時発信同時受信」が基本であったのが、コンピュータの普遍的な活用で、情報を保管し、且つ必要な情報を必要時に取り出せるようになったからであることを俯瞰致しますと容易に理解できることです。

当面は、逆潮流が出来ない系統もありますので、中山間地域での発電においては、既存の脆弱な送電線をフルに活用するためにも、発電元に電力貯蔵設備を設置することが順当になります。

（吉野）そのような考えで田舎に設置し運用する電力貯蔵装置としては、原理的には様々なものがあると思います。現在利用されている揚水発電、リチウムイオン二次電池、鉛電池、NaイオンのNAS電池、レドックスフローRF（Redoxflow）電池などをはじめとする各種二次電池、キャパシタ、機械エネルギーとして貯えるフライホイール、福田先生が今お話になっている空圧電池などなど様々なものがありますが、当然それぞれ自ずと優劣が生じてくると考えられますが。

（福田）まずなんと云ってもこれからは、クリーン「Clean（運転中に環境性が高いこと）」でグリーン「Green（廃棄物も

環境性が高いこと）」でなくてはなりません。この点からは、Liイオン又はNaイオン2次電池には、疑問符が付き、更に田舎で相当の量を集積して使う場合には、「安全性」に優れていることが必要ですが、この点からも爆発性のLiイオンやNaイオン電池は疑問となります。又、単体（Unit）での電力貯蔵容量が大きくなってはなりませんし、その容量は容易に増減出来なくてはなりません。更に、分散多数配置型になれば、その運転が原理的に容易でなくてはなりません。その上で、電力として取り扱う場合には、ある程度高い出力電圧が期待されます。そして、何より重要なことはその「寿命」にあります。多少の保守・更新が加わったとしても、その電力貯蔵インフラシステムとしての寿命は、少なくとも50年、願わくば21世紀の技術として、100年が期待されます。この寿命には、実は初期設備コスト吸収の効果が大きく現れます。20年の減価償却且つそれが寿命に近い貯蔵設備に対して、その2倍以上の寿命があれば、得られる利益に対して貯蔵設備コストの増加が殆ど吸収されることとなります。

（吉野）そのような各観点から見て、各種電力貯蔵設備を考えた場合何が一番適し優れているとお考えですか。

（福田）私の考えでは、最も優れているのが水の位置エネルギーとして電力を蓄える「揚水発電所」ですが、これに適した候補地が最早見つかりません。2次電池では、Li電池は、容量性、寿命の点でも問題が生じてきます。NaイオンのNAS電池は、高温使用等も入ってきますので、一般の使用には適しません。RF（Redoxflow）電池も、その運転性やバナジウム酸性溶液使用の点では、一般性がなく特殊な専門的な所での使用に限定されると考えられます。大型大容量化がNAS、RF電池では可能となっていますが、その寿命については疑問です。大災害時の安全性やクリーンでグリーンであるかどうかについては疑問が残ります。以上の2次電池はすべて単体の出力電圧が数V以下であり、高圧化するには多段の直列接続が必要ですが、この場合には電池が均等に動作しないと云う、いわゆるパワーマネジメント「Power Management」問題が残ります。それに忘れてはならないのが、貯蔵中に自己放電するタイプが多いと云うことです。

これに比較しますと、コンプレッサーで空気を圧縮して高圧で鋼管に保管し、必要時空気タービン発電機で発電する電池、空圧電池は、クリーンでグリーンで安全で汎用的な何処でも手に入る空気を使い、空気タービン発電機で発電しますし、出力電圧も数百Vから数万Vまで可能になり、動作原理と運転は極めてシンプルです。大災害時のもらい事故等でも空気のリークのみで終わります。海外ではCAES：Compressed Air Energy Storage Systemと称される圧縮空気をガスタービン発電機と組み合わせたシステムが既に稼働しております。

（吉野）実際に空圧電池はかなり広く使われていると考え

ていいのでしょうか。意外に電気関連の学問、技術に関わっている方でも、詳しい知見を持っている人は少ないと思いますが。

(福田) 既存の海外の CAES, たとえばドイツのフントルフ Huntorf 発電所では, 地下の廃坑に圧縮空気(最大 70bar = 約 70 気圧~最小 50bar = 約 50 気圧)を貯蔵しておき, 大型ガスタービン発電機で 290MW 発電し, 電力貯蔵量も 4 時間/日と云う本格的な巨大電力空気貯蔵・ガスタービン再発電機もあります。しかしながら, 我々の目指しているのは, 地域地域で実施可能な容量である, 例えば 100kW ~ 300kW 台(500kW 未満)の小容量・分散・多数配置型圧縮空気貯蔵・空気タービン再発電機であり, 原則として 4 時間/日の圧縮空気貯蔵を鋼管を用いて行おうとするものです。この貯蔵用鋼管については, 最初は 0.9MPa(約 10 気圧)で 300m³, すなわち 2m 直径で長さ 10 m の鋼管 10 本から始めることを考えておりますが, やがてはやはり圧縮空気密度を上げるために 4.5MPa(約 50 気圧)位まで貯蔵空気圧力を上げたいと考えております。又, 鋼管長については, 太陽光発電及び木質バイオマス発電能力と, その地域の系統送電能力等を勘案して, 必要時必要量だけ(逐次)増やしてゆきたいと考えております。更に, その先では, 鋼管を多重にしておき, 鋼管の強度を上げずに内管に高压空気貯蔵を可能にする「多重鋼管貯蔵方法」の適用も考えております。このコストについては目下試算中ですが, その寿命が鋼管と空気の組み合わせでは自明の 50 年以上であれば, 特に大きな支障になる値にはならない模様です。尚, 現在経産省より, 再生可能エネルギー電力の貯蔵装置については, 「1/2 ~ 1/3」の補助金が出されることになっております。我々は, これを地方創生の施策に合わせて, 当面十分に普及するまでは, 100%補助にする様運動中です。

(吉野) なかなか優れたものであると思える空圧電池がこれまで一般的に利用されることが比較的少なかったのには何か原因があると考えられますか。

(福田) この圧縮空気貯蔵「空圧電池」が, 普及しなかった最大の課題が, 再発電機に小容量で高効率の小型蒸気/空気タービン発電機がなかったことが上げられますが, これは, 日本で「双軸スクリュー型タービン 360kW 型」が開発商用化されましたので, この応用で解決出来る道が開けました。無論この小型スクリュー型タービンについては, 小型小容量木質バイオマス発電にも適用致します。その次の課題が電力貯蔵・再発電効率です。

例えば, 太陽光発電で 100kW 発電して空圧電池に貯蔵し, 空気タービン発電機で再発電した時に何 kW 取り出せるかですが, 現在の所コンプレッサーの排熱を活用せずに運用しますと約 60%位であり, この排熱を貯蔵しておき再発電機への導入空気の予熱に活用するアディアバティック Adiabatic(断熱:熱貯蔵)型では 70%超になると試算し

て目下実証試験の準備中です。私自身は, コンプレッサーの排熱も使わず, 又再発電機への導入空気の予熱もしないで得られる想定 50%内外の効率であっても実用性は損なわれないものと考えております。と申しますのも, 火力発電や原子力発電の発電効率は投入資源のエネルギー量に対する得られた電力量の割合で, 例えば原発の 25%~火力バイナリー発電機の 50%迄云々されますが, 資源コストゼロの太陽光発電では, 効率は分母に太陽光エネルギーすなわち 1kW/m²をとり, 分子に得られた電力 AkW/m²をとって $A/1 \times 100\%$ で表されますので, 効率の意味が全く異なってきます。我々は, 80%低下寿命で 50 年以上の設計の太陽光発電を「主」とし, 小容量木質バイオマス発電を「従」として空圧電池と組み合わせていますので, 初期設備コストをやや長期回収に設計し, 電力貯蔵効率の低下については, 必要電力量が得られるまで, 太陽光発電設備を拡張することで応じたいと考えております。

(吉野) 最近電力会社が太陽光発電の電力の買い取りに制限をし始めていますね。

(福田) そうですね。太陽光発電の変動性とピーク発電超過を理由に, 既に 5 電力が太陽光発電の規制に入っていますし, その他の電力会社でも受容可能電力を著しく制限してきておりますが, これの実効的な唯一の解決策が, 発生電力の均し貯蔵・均し送電にあります。又この「空圧電池付きの静脈型電力インフラ」こそ, 未来の電力エネルギーフリーのサステナビリティ確立に大きく貢献する戦略性を有しており, 且つ TPP 下で衰退著しい地域の創生に対する汎用的な切り札ともなり得ますので, この様な静脈型インフラを容易に立ち上げ可能な社会システムを構築してゆく必要があるものと考えます。もちろん大局的には, 空圧電池付き再生可能エネルギー電力の伸展に応じて, 現在のピーク対応発電設備群を縮小してゆき, この方面の投資を更に空圧電池付き再生可能エネルギー電力設備への投資に振り向けてゆく視点も重要であると考えます。

(吉野) 資源, コストなど様々なことを考えると今お話の空圧電池を生かした場合でもどのようなタービンを使うかも大事な課題の筈ですね。

(福田) 太陽光発電には, 間歇性(Intermittence)と変動性(Fluctuation)があり, 又昼間のピーク発電時には, 送電容量を超える発電を生じてしまう等の欠点があり, このために大規模な採用は難しいとの意見が根強くあります。しかしこれに対しましては, 資源コストゼロである電源故に貯蔵効率等に縛られることなく, 長期寿命を前提として, 発電と貯蔵を組み合わせ採用してゆけば, やがてエネルギーコストフリーのクリーンでグリーンで安全な電力をユビキタスの状態で達成できることを申し上げました。

木質バイオマス発電につきましては, 活用出来ない中山間地域の木材資源を地域の雇用を活用して利用し, 地域の活性化を図る観点からは重要なことであると考えてい

ます。しかしながら、在来の短軸軸流蒸気タービン発電機であれば、その「容量効果（発電容量が大きくなる程発電効率が増加する）」より、損益分岐点が5MWであるとされてきましたが、それだと必要な木材資源が生木で凡そ1年に15万トンとなり、とても1県では供給出来ないくらいの必要量となります。又、エネルギー密度の小さい木材資源を調達のために長距離運送することは、トラック運輸に必要な化石燃料の量が増加したり運搬コストそのものの増加のために好ましいことではありません。従って、木質バイオマス発電は、地元の木材資源調達で成立する程度に小規模（500kW未満）でなくてはなりません。それには、小規模蒸気タービンで効率の高い発電が可能になる技術が必要になります。これが双軸スクリュウ型蒸気タービンであり、日本はこの技術を既に商用化しております。300kWクラスの小容量発電であっても20トン/日近くの（生木）木材資源が必要になりますと、現在の国の方針である針葉樹の間伐残材のみでは、地元ではとてもまかない切れないのが実情です。しかも針葉樹は50～100年周期で人工的に植樹してゆきますから、間伐残材の回転利用周期も長くなってきます。これからは、今まで全く顧みられなかった里山広葉樹の伐採材も燃料資源として活用する様に、方針転換する必要があるものと考えます。こう申しますと、今の荒れ果てた雑木広葉樹林の中に林道を作り、分岐枝葉が傘開いて伐採しにくい樹木を資源にすることの困難性が指摘されると思いますが、広葉樹は伐採残根から自然に新芽が出て自然に復活しますので、凡そ10～20年周期で循環伐採が可能ですから、今後このサイクルを数回繰り返す内に、好ましい樹種を好ましい間隔と並びで整理してゆき、「木質バイオマス資源林を形成してゆく」考え方が必要になるものと考えております。小容量スクリュウ型蒸気タービンは、発電量の制御が容易であり応答時間も短いので、太陽光発電と組み合わせると、短周期変動補償のいわゆる「しわとり」が可能になります。更に大きな変動に対しても、木質バイオマス発電機は補償機能が高いので、安定した地産地消・地域自立電源（一方では防災電源）を構成することが容易になってきます。

しかしながら、有料で有限の燃料資源を消費する木質バイオマス発電は、資源コストゼロで無限の太陽光発電に対しては、それを補佐する位置「従」であるべきところをしっかりと理解しておくことが重要となります。木質バイオマス発電で先進国のドイツでは、100kWクラスの小容量発電であって且つ排熱を活用するコジェネレーションが普通になっており、この流れは日本でも主流になってくものと考えられます。むしろコンパクトな小容量発電機システムを、排熱の需要の高い所へ建設する考え方も重要になってくると考えます。

（吉野）また細かなことまで云いますと、コストなどを考えた場合、ボイラーについても課題がありそうですね。

（福田）この小容量木質バイオマス発電には、小容量ボイラーが必要になってきますが、日本ではボイラーが熱利用であれば労基法に従えばよいのに対して、同じボイラーで作った蒸気を発電に用いると電事法規制になり、100kW発電機と100kW発電機が同じ規制にかかることになるために、日本のこのクラスの熱利用ボイラーを製造する中小企業には、発電用に製造することを敬遠する傾向が強くなり、目下の所国産ボイラーが使えない状況にあります。地域活性化及び中小企業と国産製品の優遇のために、この面での規制緩和が強く望まれます。

（吉野）本当に規制緩和が重要で今後の展開の切り札となってきますね。ところで、少し前にもふれましたが、再生可能エネルギー、特に太陽光発電についてしばしば議論になりますのは、地域に何の雇用も、お金ももたらさない一部外部資金によるハゲタカ（秃鷹）商法が問題となると思われますが、それに関してのご意見は？

（福田）ハゲタカ商法に対しましては、「FiT施工初期の有利地点活用（発電所が大電力消費地近傍に建設出来る場合）」が可能な内は、避けられない所も出てくると考えられましたし、事実そうになりました。しかしながら、そのステージも終わり、今後は日本の70%以上を占める中山間地域（の未利用地）への展開を考えなくてはなりません。しかしながら、中山間地域に「小規模・分散・多数配置型」として、太陽光（主）、木質バイオマス（従）、風力発電（従）等が、逐次各地で無数に新・増設されてゆくモデルでは、そもそもハゲタカ商法には甘くペイしてくるケースにはなっていないと考えられます。ここに、農林新法の要求する「地方自治体を主とした協議会」が、「地域創生の趣旨」から目を光らせておけば、社会システム上からもハゲタカの排除が可能になってくると考えられます。

（吉野）中山間地域の課題解決の一つの道としてとして非常に大事な話を承ったと思いますが、日本国全体としての意味付け、長期的展望についてどうお考えでしょうか。

（福田）そのことで云えば、いわゆる「見做し利益」の考え方の導入が必要になります。日本が発電と燃料用に購入している化石燃料が大震災前で凡そ9兆円/年あり、それが原発の停止で3～4兆円/年増加したと言われております。これが、例えどんなに高い電力となろうとも、国内資源で賄える様になったとしたら、10兆円内外の国費が外に出て行くことを防ぐことが出来ますが、これは恰も日本の産業が努力して輸出で外貨を儲けることと同様に、国富を増加させる働きをします。つまり戦略的には、一時期電力代高騰が生じたとしても、それを乗り切るだけの戦略的価値は十分にあることが示されます。これは、逆に申しますと、この戦略的価値創出のためには、それに応じた戦略的投資を行っても元がとれることを意味します。

次世代に向けて多量の国債と原発廃棄物処理と温暖化ガスの排出増加による気候変動要因を負の遺産として残す現

世代が、大きくは人類と自然のサステナビリティ、すなわちこの世の中を持続可能にしていく取組をも勘案して、正の遺産として残し得る数少ない一つが、原発と化石燃料から脱したエネルギーの確保にあると考えます。そのために現在負担が増加することについては、説得力のあるビジョンの下に、国民が納得して負担に応ずる必要があります。ここに、燃料資源コストが零でクリーンでグリーンである再生可能エネルギーを主として活用する大きな理由が存在します。既に太陽光発電素子は、50年を超す寿命を有しております。紫外線劣化材料である雨水防止膜と半導体間の接着剤や、腐食する電極やその取り出し口あるいは電線や雨水防止パテナいしはフレーム等を強化するか、メンテナンスと更新を易くして、総合的に寿命を延ばす努力を継続してゆきます。この下では、既に保証期間が20年を超す太陽光発電パネルが存在することも考えますと、初期投資回収後は、原則として只の電力を生み出すことが可能になります。今の所は社会システムとしてFiT期間を20年としていますから、21年目には原則只の電力が生まれることを意味します。以降は、パネル等を更新しつつ可能な限り長期的にこのパネルを活用してゆけば、国民の電気コスト負担を減らすことが可能になってきます。空圧電池や脆弱送電線の補強等のインフラ投資も増えますが、原則40～50年以上の寿命を勘案して発電単価を計算しますと、設備の減価償却費が小さくなり、そのコストの大半が燃料資源調達費となってきます。その時に資源コストゼロの安価でクリーンでグリーンでサステナブルで且つ安全な電力を使える様に、今から準備しておきたいのです。つまり、今から凡そ20年は、再生可能エネルギー電気用インフラ整備で国民的な負担は、電力代だけで例えば10万円/年・戸増加するが、20年以降はこれが徐々に下がり、約40年以降は例えば税金とメンテナンス費用+aくらいの最安値の電力を、国民は国産電力として安定して得ることが可能になるビジョンを描くことが可能になります。

木質バイオマス発電と空圧電池は、この様に太陽光発電を主とするために、その補完的なものとして必要になります。つまり、木質バイオマス発電はあくまで従であって、小容量・分散・多数配置型でなくてはなりません。この小容量は、先進国ドイツの例からみましても、300kW以下、多数は150kW以下ですが、大きくても500kW以下であるべきであり、この燃料資源はその発電所の周囲数km以内で循環調達出来るものでなくてはなりません。又、燃焼熱エネルギーの70～80%が排熱になる木質バイオマス発電では、コジェネレーション、熱電共用が非常に有利になりますが、そのためにも「熱需要が存在する所」の近傍に発電所を建設することが重要になり、この点からも身軽な木質バイオマス発電が必要になってきます。

(吉野)なるほどそうですね、ドイツの場合はよく理解できるような気がします。私、若い時にドイツにしばらくい

たことがあるから分かるのですが、ドイツは素晴らしく森が豊かです、しかも整然と植林が行われていますから、伐採も運搬も比較的容易で大型機器も導入しやすいと思います。それに比べると日本は山が深く、凸凹が多く、また山林も整然と植林されているところは比較的少ないですから、伐採するにも、特に運搬して取り出すにもかなりの困難が感じられます。その辺のところはどうでしょうか。元々、ドイツの森が整然と整理されているのは、嘗て産業革命時にドイツでは山や林の木々が完全に丸裸になるほど伐採されてしまって壊滅してしまうほどの大変な状況になり、その深い反省から整然とした計画で整理再興されたものなんです。

(福田)そうですね、ドイツは買い取り制度を先行した国ですが、いろいろ反省もし、今も述べましたように、例えばバイオマス発電では比較的小規模のもの、地域で閉じることができるよう小さな容量の発電を推奨しうまっています。日本のように山が深く木材を伐採し運び出しをするのにかかなり困難な所では、広範囲の山野の木材を対象とする大規模なバイオマス発電には難しいところが沢山あります。ですから我々が進めようとしている地域ごとに自己終結できる程度の小規模、地域密着のバイオマス発電が最適で、これが成功した暁にはこれをモデルに広範囲に適用できる形で拡大していくと云うことになります。

(吉野)それからポンと話は飛びますが、丁度いい機会ですので原子力について少し福田さんのご意見を伺いたと思います。この島根県産業技術センターから5、6キロ北の日本海沿岸に島根原発があります。福島原発の重大事故以来全ての原発が止まっているのは事実ですし、ここもその例に漏れません。特に三号機は完成しており、最新鋭のものですが、これが稼働するかどうかで分り様子は変わるように思います。福田さんは原発、原子力についてどう思われますか。

まず、私の思う所をお話ししましょう。原子力発電は私が大学の電気工学科の学生だった頃が日本の黎明期です。そのため嘗て同級生、友人の中でこの分野に進んだ人は結構多かったです。それらの人は優秀でそれが日本の技術を支えてきたと思います。

今原子力は悪、日本から全てが消えていくことを単純に望む方も結構多いと思います。どう考えてもウラン資源そのものも十分あるわけではありませんし、廃棄物の処理の問題もありますから、そう遠くない時点で最終的には現在の形の原子力発電が終焉を迎える時があるのは間違いないと思いますが、これをいつ迄にするのか、全原発停止に至るまでにどのような道を取るべきかと云うことで色々の考え方があつちいます。ところが現実の状況を見ると、様々な問題を感じます。余り語られることは無いですが、私は日本に原子力技術者、さらには原子核について知識を持ち、工学的にも取り扱える人がいなくなってしまうのを

非常に恐れています。それを指摘しておきたいと思っています。現実には日本の大学で原子力関連を専攻しようと云う人は余りいなくなってしまうつつあり、激減するように思います。

日本の原子力発電は現在止まっています。もちろん原子力発電所を作るには原子力技術者が必要ですし、これを動かすのにも原子力技術者が必要ですが、さらにこれを廃炉に持って行くのにも原子力技術者が必要です。恐らく現状からすると、安全であると判断された原子力発電所は運転再開されるでしょう。しかしウラン燃料が資源的にそう多くないことはよく知られており、やがて様々なことを考えると全て廃炉にする時が来ることになるのも間違いないと思われまふ。その時廃炉にすることのできる技術者が日本にいなくなっていたら大変です。

一方、中国をはじめ近隣諸国で原子力発電所建設の流れが加速しようとしています。大分以前は、中国は東シナ海沿岸地に50基以上の原子力発電所を建設しようと計画している、それもフランスの技術で、と話してきましたが最近では500基くらいと云う話も伝わってきます。これらの中でトラブル、重大事故が発生する可能性があっても不思議はありません。偏西風が吹くこの地で中国以上に被害をこうむるのは日本であります。この時日本の被害を抑えるのに原子力技術者が不可欠であります。更に時には中国などに事故を抑え込み、放射性物質放出阻止の支援に行く必要があるとも思われまふ。

ところが、原子力発電は即廃止とし、原子力発電所が全て止められたら原子力技術を専攻しようとする人が激減してしまうことは自明です。崇高な思いから廃炉だけを目的に原子力を専攻する人は余りいないと思えます。廃炉にもかなりの人数の技術者が必要の筈であります。全く原子力を利用しないと云う条件の中でその廃炉のためと云うことだけで研究を維持し人を育てることは、現在の世の中では無理であると思えます。その意味では安全と認定された原子力施設を運転しながら次第に稼働原子炉を削減していき、その間処理技術、施設を建設することが考えられ、現実的であるように思えます。これが技術者を育て維持する上で良いのではと云うのが現在の私の思いです。恐らく既に近隣諸国から現在の日本の原子力技術者には沢山のお呼びがかかり、引き抜かれていってしまった人、引き抜かれそうになっている人も結構いると思えます。原子力関係の研究や仕事に関わっている人が日本で白い目で見られるような社会情勢になれば、日本にいるのは居心地悪いと思えますので、育つどころか、そう云う原子力技術者の空洞化が急激に加速されるように思えます。

(福田) 私の考え方ですが、例として今少しお触れになった中国の原発建設計画にも触れておかねばなりません。中国はこの世紀の中葉(～2050年)までに、標準原発(100万kW)換算で400基原発を建設する計画(4億kW相当で、

現在の日本の電力会社の発電能力の約2倍)を発表しています。これは、今世界中で稼働している原発に近い数ですが、これだけ発電しても中国人一人当たりの電力は、日本の1970～80年に相当する位であり、これ自身を止める理由は見当たりません。ところが、福島原発事故以降中国で建設が許されているのが臨海部のみであるので、もしこの方針が踏襲されると、北京から香港の臨海部分が原発ベルトになります。すると、原発が健全な場合には、海に排出される熱エネルギーが12億kWになり、これは現在世界第一位の発電国アメリカの総発電量の1.3倍になります。これによる黄海の海水温の上昇や偏西風の風下国への環境上の影響は計り知れません。無論、400基の原発の事故の危険性も除去出来ません。この様な状態を現実のものにさせないで、日本を安全で環境保全のゆきとどいた国にし続ける唯一の方策は、日本が先頭に立って非原発で非資源消費型でクリーンでグリーンである「太陽光発電を中心とした再生可能エネルギー電気」でやっていける先例を見せることしかないと考えますがどうでしょうか。

原子力発電については私の考えとして次の二点を述べさせていただきます。

(1) 再生可能エネルギーのFiT価格負担の上昇や、原発停止による電力料金が高騰することで景気が悪くなるとの強い懸念が示されてきましたが、各企業の2014年度決算発表をみますと最高益達成を含めて平均11%以上の増益で、これは2015年度も継続するとの予想であり、奇しくも、景気はこれらとは無関係であることを示しました。

我々の世代は大きな二つの負債を次世代に残しました。すなわち原発の廃棄物処理と2014年度末1,053兆円を超す多額の国債を含む借金(国民1人当たり約830万円)です。これらの両方を解消する施策(Vision)として、資源コストゼロ且つ国産の資源による太陽光発電(主) + 空圧電池(& 小規模木質バイオマス発電(従))の「静脈型電力インフラ」の構築に全力を注ぐ国民的同意を得たいものと切望致します。国民は今コスト負担増(凡そGDPの2%相当の10兆円/年を15～20年間程度:1%ならば30～40年間)を我慢することで、次世代に対して「電力エネルギーフリー」の社会を残したいと思えます。太陽光発電の空圧電池による均し貯蔵・均し送電によって、現在必要とされているピーク対応電力用火力発電機(平均電力の約2～3倍)を徐々に機能変更してベース電力発電用に活用して、その分40年寿命のベース電力発電用原発を廃棄してゆく様にすれば、原発は特別の苦難なく自然にゼロにもってゆくことが可能になります。その後、太陽光発電の普及が更に進めば、それに応じて前記の火力発電機を減少させてゆく事は言を待ちません。

尚、地球誕生の46億年前は、放射性物質の U^{235} と CO_2 ガスで一杯でした。 U^{235} の半減期は7億年ですから46億年では、46億年/7億年=6.6故、1/2の6.5乗で1%になり、

46億年かけて地球を放射能フリーで無害の U^{238} に置き換えてきました。これが、今日の U^{235} の埋蔵量の天然存在比「0.72%」に該当します。エントロピー増大の原則（低位エネルギーの均質化へ向かうことで、 U^{235} から U^{238} への変換も含まれます）に反して、 U^{235} を含む鉱物を抽出し更に分離高濃度化して又放射性物質を作り、集積し且つ集積廃棄物とすることこそ自然の摂理にそぐわないことが、これからも理解出来ると考えられます。

また、約20億年前に海水中に生物が現れ、以降植物の光合成で太陽の核融合エネルギーを光の形で受けながら、 CO_2 を O_2 と炭化物に変化させて、炭化物は地中に固定し、大気を O_2 リッチにしてきました。水の無い金星と火星の大気は、今でもほぼ全部が CO_2 です。その結果、人類を含む動物が O_2 を呼吸しながら生存できるようになりました。この炭化資源を一気に酸化させて大エネルギーを短期間に得て、 O_2 を消費しつつ CO_2 と排熱に変えてゆくことも又自然との調和の摂理に反すると考えます。

従って、太陽光発電（主）を空気で蓄えるエネルギーインフラの構築こそが、人類と自然の調和とそのサステナビリティ（Sustainability）に貢献する道であると確信致しております。

(2) 今、先生も話され危惧されたように偏西風の風上隣国の中国が、大幅に原発建設を進めようとしています。中国は今後原発を増加させてゆき、2020年には約1億kW（標準100万kW原発100基分）、2050年には4億kW（400基）にするとの計画を発表しました。文明国への登竜門が「1kW/人」としますと、日本は1970年代初期に到達し、現在では「2kW/人」の電力エネルギー消費贅沢国になっています。その30%を原発が担う計画でした。

これを中国に当てはめると、その人口を13億人として、文明国に仲間入りするには13億kW必要であり、これを原発30%で担うとすれば、約4億kW、すなわち原発が400基建設されるという計画です。現在の世界の原発が400数十基であることを考えますと、その数自身にも驚きますが、この原発が北京から香港に至る海岸沿いに建設されて、その臨海原発ベルトからの排熱が海に出されるとしますと、その量が12億kWとなり、現在世界の米国（ひょっとして中国に僅差で抜かれているかも知れませんが）の発電能力9億kWを越すこととなります。正常時でも恐らく黄海の温度が上がり、日本の環境条件が変化してくるでしょう。異常時には偏西風の風下国日本がどうなるのか、あるいは原発廃棄物をどう処分するのかを考えた時、日本の安全と環境の維持は、このような事態の出現の有無にかかってくるのが考えられます。

2050年までには35年しかありません。日本こそが、可及的速やかに脱原発の社会の実現とその価値を实地に示してゆかなければ、恐らく日本のひいては人類と自然のサステナビリティ（持続可能性）は、我々の子供の時代に「不

帰の点」を超えてカストロフィ（破局）に向かってゆくことになるのではないのでしょうか。

その過程において原子力技術者が払底し全くいなくなってしまうことは大変な問題であることは間違いありません。いかに維持し育てるかということが確かに非常に重要ですね。

(吉野) 福田さんの原子力発電に対するお考えが分かりました。今日のお話で、福田さんたちが津山、その隣の美咲町などの岡山県北部の山間地で、どのような提言をされて、活動し進めておられることが大変よく分かりました。そのようなことを実現して成功に導くためには様々な障壁もあると思います。たとえばさつきも少し出しましたが、規制緩和を進める必要がありますでしょうね。そのあたりについてももう少し話し頂ければと思います。適切な政府からの支援もあってしかるべきだと思います、それがあってこそ地方再生と云っていますから。

(福田) そうです。本当にこのような構想を実現していくためには大変な障壁がたくさんあり、そのような規制を緩和すべく国にも積極的に働きかけも行っております。その仕事が一番大変なところと云ってもいいように思います。すでに一部は我々の意見が取り上げられ施策に反映されようとしているところもあります。中山間地での小規模電力の買い取り価格を高く設定し、このような画期的な試みが成功するように支援をしようとする動きがあり、近々表に出ると思います。

(吉野) さすが福田さんですね。素晴らしい情熱と、実行力、丁寧で粘り強い交渉力など凄いですね。若い時代の福田さんを知るものとして、そのような凄い働きをされるのがよく理解できます。

(福田) どう云うことでしょう。

(吉野) 福田さんが住友電工で現役の時代にやられたお仕事をよく知っておりますが、様々な研究開発に成功されていますね。その一つにセラミック超電導体とそれを用いたケーブル開発があり、ついにはそれを実用化されました。確かにニューヨークをはじめ各所に敷設されていますね。

そもそも超電導材料、特に転移温度が高いセラミック超電導材料が世に出た時、多くの有力企業が強い関心を示し、随分取り組みました。しかしその実用超電導材料と機器の開発、実用化は極めてハードルが高く、長期的な取り組みが必要で、絶対に熱い情熱を持った人が中心となって周囲、特に企業幹部を説得し、かなりの期間は赤字も覚悟で研究開発、事業化に取り組む必要があります。殆どの企業ではそれは難しく、実現していません。住友電工さんだけはこれが成功裡に推進できたのは福田さんの熱い思い、強い意志と粘り強さがあったからこそと思っています。

その福田さんが故郷の土地、農地、山林の荒廃を見て、それを何としても解決し昔の美しい故郷に戻そうと強く決意されたことがよく分かります。恐らくこのままでは故郷

は消滅してしまうと思われたのでしょうか。

(福田) お褒め頂いて大変光栄ですが、今はともかく地方を救うため残された人生をつぎ込んで、日夜全力を傾けているところです。ぜひ成功したいと思っています。

(吉野) 今、ご説明のあった、岡山県北部中山間地で実現を進めておられるお仕事、仕事の進め方は、島根県中山間地の再生、振興のために非常に参考になり、有効ではないかと思うのですが。

(福田) そうです。そう思います。

(吉野) 考えてみますと、再生可能エネルギーの活用を日本で進める必要があると認識されたのは環境問題、地球温暖化問題解決のため、また東日本大震災に伴う津波に直撃された東電の福島原発の巨大事故とそれによる環境に対する深刻なダメージ、エネルギー不足などを解決しようとする目的が中心でしたが、ここに至って、すなわち地方の疲弊が進み、日常生活が困難になる限界集落を超えて、農山魚村の消滅に向かいつつある中で、それを救うために再生可能エネルギーの積極的な開発活用が利用できる可能性が出てきたようで、再生可能エネルギー拡大のもう一つの駆動力になるべきと思います。

(福田) そうです。地方がここに立ち上がってそれが全国的に繋がっていくことによって実現できるとしています。

(吉野) 私、福田さんと同じように田舎育ちです。有名な玉造温泉駅のすぐ近くですが、子供の頃は駅名が湯町駅で実際には周りは田んぼや畑でしたので、そんな風景や農作業を見慣れていました。今住んでいますのは大阪ですけど、なんと岸和田、それもつい何年か前までは田んぼや畑が多かった地域ですので、何となく周りの様子に違和感を感じません。そんな中で、家内が親戚の土地を借りて花や野菜を作りたいと云うことで、私は日曜日など休みで帰っている時だけですが、畑打ちや種まきを手伝うんです。それも島根から持って行った凄く頑丈で鋭い鋤を使いますから周りの人は吃驚しているようです。最初は重い重いと云っていた家内がその鋤を使えるようになったと驚いていました。

(福田) どのくらいの広さですか。

(吉野) 180坪くらいと思いますが、耕運機は使わず農薬は全く使わず、もちろん除草剤も使いません。化学肥料もほとんど使わず自然のもの、家畜からのものが殆どです。最初は耕地整理で区切り直され、山土が入れられた土地だったので石や砂利はあるし粘土質でもあったので大変でしたが、最近は土も良くなって、ミミズや色々な虫がいっぱいいます。モグラや野鼠は困りますが、それが出ることもありましたね。それから鳥が飛んできて耕した畑に出ているミミズなどの虫をついばみます。自然に帰った畑と云うのは生き物が一杯ですね。できる大根や白菜、キャベツ、ジャガイモ、サツマイモ、カボチャ、トウガラシ、玉ねぎなど

の野菜は見た目はそう良くないものが多いですが、家では食べきれないほどですから時々このセンターに送ってきて、欲しい人には持って帰ってもらっています。野生の本来の野菜の香がしていいですよ。ナメクジや青虫がいることもありますけど。

(福田) よく似ていますね。私も家の周りの田んぼをまた耕し始めました。私は耕運機を使いますが、やっぱり農薬を使いませんので、虫がいっぱいいます、それをついばみに鳥も来ます。それとミミズなんかの虫が増えるとカエルや色々な昆虫が増え、またそれを食べる蛇が出てきます。それまで余りいなかったのが色々と現れてきます。どこに姿を隠していたんでしょうね。不思議ですが、自然は素晴らしいですね。それを狙ってトンビや鷲なども現れました。農薬を使っていないので稲の病気が発生したり、イナゴなどの害虫が大量に現れたら近所のお百姓さんに叱られますが、今のところそれはありません。

(吉野) 耕運機を使われるのはさすがですね。どのくらいの広さですか。

(福田) 田圃二枚ですから、一反歩未満です。

(吉野) もしかしたらご先祖はその地域の庄屋さんか大庄屋さんじゃなかったですか。津山の隣の美咲町ですから、もしかしたらかなりの名家じゃないですか。

(福田) そんなことはありませんが、大庄屋だったという人もいます。山だけは沢山ありますが、手入れ不足で荒れています。津山城は例の織田信長に仕えていた森蘭丸の弟が築城したのですが、その森忠政と一緒に津山に来たようですね。

(吉野) そう聞くと福田さんの風貌や言動、考え方に大物の雰囲気漂っていますね。お若い時からそうでしたよ。

(福田) お褒め頂いて有難いですが、そんなでもありませんので、恥ずかしい限りです。

(吉野) 福田さん、どうも津山は山陽の町と云うより、中山間地、むしろ山陰に近い地域ですね。どうでしょう何か連携して一緒にやりたいですね。知恵を出し合ったらいろんなことができるように思いますが。

(福田) そうですね。是非そうしたいですね。

(吉野) 今日来られるにあたって、私、津山から新見に出てそこから伯備線で米子に出て松江にやくもに乗ってこられたらいいでしょう、と云いましたが、実際にはそのルートは意外に不便なようですね。

(福田) そうです。直接新見乗り換えでこちらに来れる便が本当に少ないので岡山回りで来ました。中山間地の過疎化が進むとさらに酷いことになるかもしれません。

(吉野) 限界集落、それ以下の生活が成り立たない地域社会とならないためには若者に残ってもらう、来てもらう、さらには子供さんが生まれると云うことが非常に大事ですが、これについて、もちろん雇用先があることは必要と思いますが、普通言われていること以外に何か大事なことが

あるでしょうか。有名な話で筑波に学園都市、政府出先機関がどんどんできた時、若者に様々なトラブルが発生しましたが、その一つに楽しむための場所が無いということがあったように思います。背景は違いますが、地域過疎化が急激に進むところには似たような課題があるように思います。

(福田) そうです。まさにその通りです。絶対に必要なものは雇用ですが、同時に遊ぶところ、飲み屋が不可欠で、若い人が気楽に集まれる所が必要なんです。それから保育所、子供が生まれてもお母さん、子供と一緒に集まれる話ができる所が不可欠なんです。もちろん商店、病院なども必要ですが。

(吉野) ところで話は変わりますが、企業も大きく変わりましたが、大学も大きく変わりました。国立大学は法人化されて、良くなったと云う人もあるかもしれませんが、現実には学生にとっても教員職員にとっても必ずしも良くなったと思っていない人も多いと思います。私は法人化後まもなく定年でしたから余り大きな影響は受けなかったのですが、法人化後、教育や研究にあまり直接関わらないような、もちろん間接的には関わりますが、大変な量の雑用が発生し、真面目で積極的な先生ほどそれを被り抱えることになっているのが実態です。従って、研究、教育に専念して集中しにくくなっていると思います。もちろん大学はいつの時代も大きな課題を抱えています。

(福田) 先生は何年ご入学ですか。

(吉野) 昭和35年、1960年でいわゆる60年安保で大学が大荒れの時でした。入学当時大学での教育なんてほとんどなされなかったと思います。

(福田) そうですか、私は昭和39年入学ですが、3年の時、全国的な大きな大学紛争がありまして、東大ではいわゆる安田講堂事件があって大変でした。私も解決に少しですが働かせて頂きました。

しかし、結果として余り勉強せぬうちに追い出されるような形で卒業して社会に出ました。社会に出てから勉強しましたね。

(吉野) 私たちは高等学校くらいまで地方で育って、その田舎の風土、風景、人々を知っていますので、その田舎が非常に重要であることを強く認識しています。そこで育った人たちが大都市圏にも出て大活躍し日本を支えている訳です。更に別の云い方をしますと日本の国土をそこに住む人、特に人口は少ないが非常に広い地方地域に住む人たちが支え、守っているとさえ云えます。そこが消滅してしまうことはまさに日本の危機と思っています。さっきも少し話しましたが、本当に地域が活性化するには高齢者が生き生きするのは勿論ですが、人口増が必要で、少なくとも人口減少を止めなければいけません。そのための最低限のインフラは必要として、特に若い方が、地元の人が残るにせよ、Uターンにせよ、Iターンにせよ、また最近言われる

ようになったJターンにせよ、たとえ来られたとしてもその方がそこに定着して長く居て頂くのには何が必要で、何が大事でしょう。若い人の働き場があるのは勿論ですが。

(福田) そうですね、意外に思われるかもしれないですが、さっきも話したように気軽に入れるような飲み屋さん、それに保育所なども必要です。若い人たちが集まり、話ができる場所ですね、それから子供さんができたとして同じ子供を持つ人と顔を合わせて話ができる場ですね。

(吉野) 私、極論を時々議論のために云うことがあります。憲法、人権上当然のことではありますが、国政選挙での一票の重みに地域によって大きな差があり、怪しからんとほとんどの人、マスコミでは云われています。地方の人は余りに一票で大きな力を貰っていると云うのは怪しからんと云われますが、その考え方が本当に絶対に正しいのか、むしろ問題の可能性がないかと思うこともあります。ある意味、地方に大きな重みをかけることも考えようによっては大事なことに思っています。国の動きが大都市圏の方々の考え方に主導されてしまっていて、それによって小さな地方に住んでいる人が左右されてしまうと云うのは本当かと思うことだってあります。国連だって何十億の人口を抱える国も、何十万人の小さな国も同じ一票です。人口の偏在が地方の消滅をもたらしつつあると云えるように思います。福田さんこの極論どう思います。

(福田) 成程そう云う考え方もあり得ますね。

(吉野) 福田さん、さっきも云いましたがどう考えても津山は山陽の町と云うより、中山間地、むしろ山陰に近い地域ですね、本当に何か連携して一緒にやりたいですね。知恵を出し合ったらいろんなことができるように思います。

(福田) そうですね。是非そうしたいですね。

(吉野) 今日は久しぶりにお会いしていろいろお話ができてとてもうれしかったです。本当に有難うございます。これからのご講演を聞くのが益々楽しみに思えてきました。

(福田) こちらこそ久しぶりにお会いできて大変うれいですし、いい機会をいただいてとてもうれしく思っています。有難うございました。

対談者略歴

【福田良輔】

昭和20年12月6日岡山県津山市に畑 良輔として生まれる。東京大学電子工学科を卒業して昭和45年住友電気工業(株)に入社。地中並びに海底送電線の研究・開発、設計、製造を担当。特に新しい絶縁材料である「PPLP: Polypropylene Laminated Paper」の開発・実用化に注力。PPLP 絶縁800kV OF ケーブル(電気学会進歩賞受賞)、光ファイバ複合北海道本州連系海底ケーブル、PPLP 絶縁500kV 3,000mm² 光複合紀伊水道 DC 連系海底ケーブル(送電容量: 280万kW)、PPLP 絶縁500kV 本州四国架橋添架

ACケーブル、高温超伝導ケーブル等電力ケーブルの開発実用化を担当。海外では、PPLP 絶縁 AC OF ケーブルで、香港、シンガポール、バンコック、マレーシア等の都市部地中電力インフラの構築を担当。電力ケーブルをはじめとして、エネルギー・資源・環境技術の研究・開発に従事。1992年電力事業部技術部長、1998年電力システム研究所長、2001年支配人自動車研究所長、2003年執行役員兼研究開発副本部長、2005年常務執行役員を経て2009年住友電工（株）を退社。福田 良輔と改姓し、岡山県久米郡美咲町柵原に在住。工学博士、中部大学客員教授。「再生可能エネルギー発電の普及とそれに基づく中山間地域の復興」活動を展開中。

【吉野勝美】

昭和16年12月10日鳥根県八束郡玉湯町生まれ。松江高等学校、大阪大学工学部電気工学科、同大学院を経て、昭和44年大阪大学に勤務。昭和63年大阪大学工学部電子工学科教授、その後大阪大学大学院工学研究科教授に配置

換え、東北大学大学院工学研究科電子工学専攻教授併任、平成17年大阪大学名誉教授。その間、ベルリン、ハーンマイトナー原子核研究所客員研究員、工学博士、電気学会副会長、日本液晶学会会長などを歴任、多数の国際会議の議長、役員などを努める。

現在、鳥根県産業技術センター所長を務めるかたわら、鳥根大学客員教授、大阪大学招聘教授、関西電気保安協会理事、電気材料技術懇談会会長、経産省中国地域太陽電池フォーラム座長なども務める。論文1300編、著書50冊、特許150件を超え、大阪科学賞、応用物理学会賞、電気学会功績賞、高分子学会高分子科学功績賞、日本液晶学会功績賞、IEEE（米国電気電子学会）フェロー、電子情報通信学会フェロー、電気学会フェロー、応用物理学会フェローをはじめ多数受賞するものの、生涯研究者をモットーに電気電子に関わらず広い分野の課題、自然に関わる課題に関心を持っている。趣味は里歩き、故郷宍道湖でのたまの釣り。