

2012年度研究大会 「再生可能エネルギーと水資源」 報告

自由論題報告1（座長：矢嶋 巖）

「水資源の保全と利用に関する基礎理論－水資源の「公」と「私」をめぐる－」

宮崎 淳（創価大学）

水資源の保全と利用の調和を図るため、健全な水循環系の構築と確保が重要な理念として認識されているものの、水循環に関する施策については、現在のところ一般化された方策は存在しないとする。そこで、健全な水循環の確保の理念から地下水の利用制限に関する法理論について検討することにより、水資源の公共性と、私人が水を排他的に利用できるとする水利用権限の私権性を接合する法理論について考察し、健全な水循環を確保しうる水資源の保全と利用に関する法制度を支える基礎理論の提示を試みた。

具体的には、地下水を公水と位置づけるためには、地下水の流動システムが解明され、ある程度管理可能な状態となっていることが必要であるとした。そして、地下水の共同利用の持続性のために、健全な水循環を損なうような地下水利用をしてはならないとの準則を導いた。さらに、土地所有者が地下水の共同利用の内容を決めることの困難性から、各流域における地下水の保全と利用に関する施策について定めうる権限を、法の制定によって地方公共団体にゆだねる必要性を説いた。

主要な質疑としては、まず、地方公共団体の条例による管理を実現させるための現実的な取り組みについての質問があった。それに対して、熊本と宮古島の事例から、10年単位での調査の積み重ねで、不完全であってもある程度の流動システムの解明は可能であるとの考えが示された。また、法によって地下水が公水と位置づけられなかった場合、地方公共団体がそれを公水とすることは難しいのではないかの質問があった。これには、地下水は偏在性が高いため、国が一律に公水と定めることは現実的ではないとして、かかる権限を法で地方公共団体に委譲しておけば問題はないと応答した。さらに、ここで論じられる地下水利用権限とは、土地所有権とは切離された用益物権的な権限を想定するのかという質問に対して、用益物権的な権限とともに、土地所有権に内包されたそれも含むとした。

自由論題報告2（座長：矢嶋 巖）

「古代より水田はなぜ小区画であったのか－湿田稲作技術の復元による検証－」

國松孝男（立命館大学）・長 朔男（郷土史家）

弥生時代に水田稲作が日本に伝播して以来、1筆（区画）が幅数m、長さ数～10数m程度のいわゆる小区画水田が主で、その基調は昭和中期まで続いた。その理由は、近代以前の土木技術では大区画の水田に灌漑水を満遍なく供給し、表土を均平化することができなかったとされてきた。しかし、水田稲作が長江中下流域で始まり日本に伝わるまでの約4000年、それから昭和中期までの約2200年の歴史を考慮すると、これらの理由は根拠が薄い。そこで、水田の区画拡大には、近代化農業を待たなければ乗り越えられなかった制限因子があったとの仮説を立てた。

まず、記紀の記載から、当時相当高い農業土木技術があったにもかかわらず小区画水田と湿田が維持されていたことから、それらが存在する要因があったとした。次に、農業の近代化以前に湿田地域であった滋賀県甲賀市における中山間地域の稲作従事者に対する聞き取り調査から、抑草効果、冷水害の回避、鉄製農具の消耗抑制、牛馬飼育の必然性回避、漏水対策、鳥獣害回避、動物性たんぱく質の供給といった、乾田に対する湿田の有利性を示した。また、湿田における作業の安全性や作業のための資材の自給から、湿田が小区画

である必然性があり、さらに小区画水田が病虫害の被害を最小化するための技術であったとした。

質疑としては、日本書紀に記されるスサノウの下田の立地条件についての質問があった。これに対して、3点が推測され、まず1点目として、冷水を灌漑するためにすぐに病気が発生する田で、川に近い水の便利がむしろ良い田である。2点目は川の近くの後背湿地で洪水を受けやすい田で、湿田か乾田かは分からない。3点目は、切り株が残っているとされたところで、洪水被害を小さくするため河川堤防上を切り開いてつくった田であり、水はけがよく、乾田の可能性が高いとした。

自由論題報告3 (座長：矢嶋 巖)

「環境用水導水の成立要因 — 先進事例地区の調査を基に」

松 優男 (滋賀県立大学大学院・内外エンジニアリング(株))・秋山道雄 (滋賀県立大学)

農業水路・都市水路などの地域の水路網に流水を引き入れて環境用水を創出し、身近な水環境を再生しようとする取り組みが、近年全国的に進んでいる。2005年に仙台市が農業水路に環境用水の水利権を得たことを契機に、2006年に国交省が「環境用水に係る水利使用許可の取り扱い基準の策定」を発表した。その後、環境用水の水利権取得は2007年の新潟市における事例を皮切りに5事例を数えるが、伸び悩んでいる。一方、河川維持用水や農業用水が環境用水と同等の機能を果たしている例もある。本研究は、今後の環境用水導水による水環境改善に役立てるべく、先進的な取り組み事例の導水事業の概要、導水の経緯と効果、維持管理方法等についてヒアリングを実施し、環境用水成立の要因を明らかにした。

仙台市、新潟市、大仙市、会津若松市、川崎市、金沢市の6事例から、環境用水成立の要因を、①直接的な要因、②住民・市民の声、③歴史・実績、④水と人とのかかわり、⑤水路整備、⑥条例制定、⑦環境計画等への位置づけ、⑧政策目的、⑨事業による支援、⑩試験通水の実施、⑪関係機関の連携、⑫維持管理体制の構築とし、各事例との関連を表に示した。そして、③と④がとくに環境用水導水に影響を与えると結論づけた。

主な質疑としては、本研究が示す農業用水サイドのみならず、国交省サイドからの環境用水の事例が多数あるものの、いずれも小手先で場当たりの取り組みに感じられ、環境用水を与える条件も示されないことから、取り組みが進まないのではないかとする質問があった。これに対して、国交省河川局が一水利目的として環境用水を位置づけて他の水利と横並びにしており、小手先ではない新たな水の使い方として整理できるとした。また、環境用水には制度化されたものと実質的に機能しているものがあり、これらを総合的に研究していく必要があるとした。また、研究事例では水源地費用が負担されていないとした。

自由論題報告4 (座長代行：若井 郁次郎)

「汚水処理施設の経済効果について」

楊海鯤 (滋賀県立大学大学院)
仁連孝昭 (滋賀県立大学)

この研究は、集中型処理施設(公共下水道整備)と分散型処理施設(農業集落排水施設)の異なる2種類の汚水処理施設の配置形態に着目し、滋賀県内の地方自治体の整備事例より、各汚水処理施設の建設事業費と維持管理費を具体的に算出し、経済的有利さを比較するための情報を地方自治体に提供することを目的としている。研究事例対象は、滋賀県内の3市町であり、公共下水道整備として湖南市が、農業集落排水施設として湖北町および西浅井町がそれぞれ取り上げられた。試算結果の考察より、上述した2種類の汚水処理施設の効率性の高低ではなく、地域特性に適した汚水処理施設を選択するべきであるとの結論を導いている。

この結論に対して、いくつかの質問が出された。最も大きな論点は、現行の法制度では、

公共下水道整備と農業集落排水施設は、所管官庁が異なり、汚水処理施設の方式の選定には、地区あるいは地域の地域特性が考慮されているものではない。しかし、建設事業費や維持管理費の分担金は、地元自治体や利用者が負担している現実を考えれば、滋賀県という一つの閉じた地域の全体的な視点から見て、地域特性よりも両者の費用の合計が最小となることを見極め、汚水処理施設を選定していくべきである。また、今後、未整備地区の汚水処理施設の建設と維持管理の主体は、地方分権化により地方自治体になることが予想される。この点からも、地方自治体が社会・産業基盤整備としての汚水処理施設を独立採算できる建設・維持管理のシナリオ設定が必要であり、今後の研究成果が期待される。

もう一つの論点は、2種類の汚水処理施設の経済効果の指標が、建設事業費および維持管理費ともに人口当たりの費用として算出されていることである。これは、単年度会計の考え方に基づいているものであり、地域の人口動態が安定していることが前提条件になることから、経済効果の指標の改善が必要である、とのコメントがあった。

自由論題報告 5 (座長代行：若井 郁次郎)

「滋賀県におけるインダストリアル・エコロジーの可能性—2005 年滋賀県環境分析用産業連関表の作成と MFCA 導入の効果分析—」

湯川創太郎 (滋賀県立大学)

気候変動枠組み条約など国際条約を背景として、資源循環型社会形成が重要課題になっていることから、滋賀県でも「持続可能な滋賀社会ビジョン」(2008 年策定)の基づき、滋賀県版の製造業のインダストリアル・エコロジー推進が必要になっている。そこで、この研究は、2005 年滋賀県環境分析用産業連関表を作成し、滋賀県内製造業へのマテリアル・フロー・コスト計 (MFCA) の導入による経済効果を試算することを目的として行われた。2000 年度と 2005 年度の滋賀県環境分析用産業連関表を利用した生産量と生産額の変化の試算結果によれば、生産額に比べ、生産量の変化が大きく、資源消費量が減少傾向にあることが明らかにされた。また、MFCA 導入による効果は、資源節約により県内総生産額の増加と温暖化ガスの削減を見込むことができるとの試算結果が報告された。

この研究報告に対して、MFCA の適用に対して、MFCA の本来の考え方は、ひとつの企業に適用できる手法として開発されたものであり、滋賀県といった全産業を含む総体に対する適用には、無理がある、との根本的な質問が行われた。この点において、今後、MFCA の適用条件を再検討することが必要であるとの示唆が与えられた。また、例えば、ある業種をひとつの企業とみなして適用することは可能であると考えられるが、本来の MFCA の考え方から外れていると思われるが、この点も考慮し、今回の研究の適用手法である MFCA について再考する必要があるといえる。

研究報告に残された大きな課題としては、産業連関表の精度向上があった。これに関連して資源循環型社会への移行を可能とするシナリオの現実的なシナリオの検討も課題として残された。

シンポジウム 報告

座長：松 優男

シンポジウムは、15:00~18:00 にかけて開催された。

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災以降、再生可能エネルギーの重要性が指摘されている。再生可能エネルギーの中で、水を活かした小水力発電には多くの関心が集まっており、河川・水路などの流水を活用した小水力発電施設の検討が盛んに行われている。

震災前までは、小水力発電は新エネルギーのひとつとして地球温暖化対策として推進されてきたが、コスト面、制度面から導入に踏み切るケースは非常に少ない状況であった。これには、様々な課題があると考えられる。今年 7 月から再生可能エネルギーの固定価格

買い取り制度がスタートし、コスト面については新たな段階に入った。

シンポジウムでは、2人の論者に講演いただき、最後に総合討論を行った。

1人目は、低落差に対応できる水力発電施設を開発された石川県立大学生物資源環境学部の瀧本裕士氏、2人目は、京都市渡月橋の発電施設、山梨県都留市家中川市民発電所などの設計施工の経験を持つ日本小水力発電株式会社の金田剛一氏である。総合討論では、小水力発電の現状と課題を踏まえ、小水力発電に係る水資源利用のあり方について議論を深めた。

発表及び総合討論の概要は以下のとおりである。

発表1：「農業用水を利用したマイクロ水力発電」

石川県立大学 瀧本裕士

1. 低落差に適用できるマイクロ水力発電機の開発

身近な農業用水路を利用して、規模の小さい水力の条件下でも効率よく稼働し、かつ維持管理が容易で耐久性の優れた水車を設計し開発したので報告する。開発に当たり、発電効率は、数kWレベルの発電規模で60%を目標とした。また、実証試験を通じてマイクロ水力発電を流域内で広く普及させることを目的とし、未開発包蔵水力の利用、用途開発、維持管理についても具体的な方策を提案する。

水力発電装置を開発する際に核となるのは水車である。水車が水のエネルギーを効率よくキャッチし、羽根で得られた動力を安定的に発電機へ接続することが重要である。これまで行われてきた大規模水力発電では、発電効率が80%近く得られ、水車効率は90%以上発揮されているものと思われる。小水力発電事例集(全国小水力利用推進協議会, 2007)を基に発電規模と発電効率の関係を調べると、発電規模が小さくなるにつれ、発電効率が低下していることがわかる。特に数kWレベルでの発電効率は平均で40%である。この要因として、マイクロ水力発電では流水の変動を受けやすいこと及び発電機とのマッチングが難しいこと等が挙げられる。

研究ではまず、富山県の産業遺産であるらせん水車に着目した。らせん水車は、大正時代に砺波市の鍛冶職人によって作られた水車であり、当時は農業用動力源として用いられていた。低流量・低落差の条件下においても安定的に動力が得られるとされている。そこで、らせん水車の1/2モデルを作製し、動力特性の実験を行った。その結果、出力(=トルク×回転数)と回転数の関係を見ると、最大出力は概ね回転数が50rpm付近で発生している。出力ピーク時の曲線勾配はほぼフラットであることから、水車回転に負荷をかけてもすぐに停止することなく粘り強く回転し続けようとする特性が読み取れる。すなわち粘り強い安定した動力が得られていると言える。

また、維持管理上、水路を流下するゴミ対策も考えておかなければならない。本実験装置においてペットボトル、空き缶、ひも、布、ビニール、枝、葉を流してみたところ、ほとんど問題なくゴミを流下させることができた。ただし、長いひもや大きなビニールは羽根に絡む傾向が見られた。

らせん水車は、歴史的に傾斜勾配で適用されてきた。近年、農業用水路が整備され、落差工(農業用開水路で流下速度を軽減するために設けられた段差)が多く見られる。落差工でらせん水車を適用する場合には鉛直に設置しなければならない。そこで、鉛直型らせん水車の開発を試みた。水車の構造改良、流水制御の新しい方法等を考案し、整流制御のガイドベーンを設置し、羽根枚数は2枚にするなどの改良を加えた改良鉛直設置型らせん水車を開発した(特許第4558055号)。実際の農業用水で0.3m³/s、落差1.5mの条件下で実証試験を行ったところ、出力3.1kW、発電効率70%と目標とする実用レベルに達した。また、開発したらせん水車は、富樫用水林口川農業用水路(石川県野々市市)にて、発電実証試験場に設置されている。

2. 手取川右岸扇状地の包蔵水力

手取川扇状地七ヶ用水の農業用水路を対象に、理論的包蔵水力(以下包蔵水力)を調べた。包蔵水力とは水力エネルギーのポテンシャルを意味し、重力加速度×落差×流量で求めら

れる。

手取川扇状地の右岸側に存在する落差工は 620 ヶ所あり、扇状地内に広く分布している。農業用水はかんがい期と非かんがい期で水量が異なり、包蔵水力の算定値もそれに応じて変化する。かんがい期では約 15,000kW、非かんがい期でも約 6,600kW の包蔵水力を有する。年間を通じて安定的に確保できる包蔵水力は非かんがい期の場合であると仮定すると一般家庭の使用電力量に換算して約 2,000 世帯分の電力が七ヶ用水の農業用水路に潜在していることになる。

マイクロ水力発電の設置にあっては、農業用水の持つ本来の通水機能を阻害しないことが大前提である。そのため、より小型で効率の高い水車発電機の開発が望まれる。また、需給バランスを考慮した発電システムの低コスト化も重要である。

発表 2 : 「小水力発電の現状と課題について」

日本小水力発電(株) 金田剛一

1. 小水力開発の歴史と現状

水力発電は、明治時代に登場して以来、日本の電力エネルギーの基盤として大容量化、大規模開発の歴史を歩んできた。戦後、小水力開発に目が向けられるようになったのは、1970 年代のオイルショックを契機としたもので、当時の通商産業省の主導のもと、石油代替エネルギーとして、小水力 (10MW 以下) の普及促進策が展開された。しかし期待されたほどの成果は得られなかった。そして、再び小水力発電が注目を浴びるようになったのは 10 年ほど前である。2005 年には、小水力開発の必要性を訴える一般市民、NPO、企業などが中心となり全国小水力利用推進協議会が設立され、2008 年、1,000kW 以下の小水力発電が、新エネ法の施行令改正により、「新エネルギー」に認定された。更に 2012 年 7 月からの再生可能エネルギーの固定価格買取制度の施行など、新たな小水力開発の歴史を刻もうとしている。

2. 小水力発電開発のポイント

小水力発電の成否は、如何に経済性のある地点を発掘するか、また如何に経済性の良い設備にするかに掛っている。

水力発電の経済性は、スケールメリットが大きく現れるという特徴がある。このため、地点の発掘は、できるだけ大きな発電規模の地点を探し出すのがひとつのポイントである。開発の方向性としては、如何に施設を小規模にして経済性を出すかである。また、落差も重要である。できるだけ短い区間で、できるだけ多くの落差が取れる地点が有利である。発電機器費は、低落差であるほど大型化するためコストが高くなる。開発の方向性としては、如何に低落差でも経済性を出すかである。

小水力発電施設の設計は、大きく土木設計と機器設計に分けられる。土木設計は、決められた水量を如何に安定的に確保し、水車まで導くかである。機器設計においては、水車選定が最も重要なポイントである。水車は種類毎に様々な特性／特徴を有するため、水力諸元 (落差、流量、流況等) や設置条件等に合わせ、最も適した水車を選定する必要がある。

3. 小水力開発の課題

小水力開発の課題として、3 点挙げられる。1 つ目は水力技術者の減少・技術力の低下、2 つ目は技術の硬直化、設備の高コスト化、3 つ目は法的規制緩和である。

第 1 に、現在、最も憂慮すべきことは水力技術者の減少である。水力開発のピークは、今から 30~40 年前ぐらいと推定されるが、これ以降水力開発は衰退の一途を辿っている。これに伴い、水力技術者の減少、高齢化が進んでおり、全体的な経験者不足等による技術力の低下もみられる。

第 2 に、技術の硬直化が課題となっている。電力業界主体の大中水力開発は、建設コストを電気料金に反映する総括原価方式という制度が適用されてきたため、コスト削減の努

力よりも、実績や基準／指針が最重要視される傾向にあり、これがやがて、技術の硬直化、設備の高コスト化を招く結果となっている。小水力開発は、この大中水力開発の延長線を辿ると、経済的に成立しないため、コスト削減努力が必須である。

第3に、小水力開発の障害のひとつに法的規制がある。小水力発電は、計画地点毎に、河川法、電気事業法、砂防法、森林法、農地法、自然公園法などの法律が適用される。この中で小水力開発に最も係わりが深く、そして最も不合理とされているのが、河川法（国土交通省の所管）である。河川法は、管理者以外のものが、河川や農業用水などの流水を使用する場合に適用されるが、この「流水」は、小水力発電のエネルギー源そのものである。今後、小水力エネルギーの利用促進を図るためには、河川法のより踏み込んだ規制緩和が必要である。2009年の河川法の改正では、それまでの河川法の目的に新たに「環境」を加えた。今後は、河川法の目的に「エネルギー」を加えることが望まれる。

「総合討論」

2名の講演を受けて、総合討論に入った。その概略を示す。

仁連：河川法や電気事業法などの改善の方向性はどのように考えるか。

金田：電気事業法は、わかりやく問題はない。河川法の申請には、資料の作成に多くの時間と労力がかかり、大変苦労した。

瀧本：富樫用水マイクロ水力発電実証試験場の例では農業用水に完全従属していること、関係者の合意形成が得られたことなどから3ヶ月で許可が降りた。河川管理者から、これは特例で通常はもっと期間がかかると聞いている。

宮崎：河川法について、小水力発電の水利権を取得するために新たなルールを設けるべきと考えるのか。

金田：新たなルールが必要とは考えていない。ただ、今のルールは厳しすぎる。

足立：水管理・国土保全局は、洪水災害の裁判で幾度となく負けてきたという歴史を持っている。治水は河川法の大きな目的であり、治水の観点から厳しく審査するのは、河川管理者にとって正当なやり方であると考えます。

田島：水資源の面から捉えると、農業用水では農地の面積が大幅に減っているにもかかわらず、農業用水の水利権はほとんど減っていないところもある。発電用水の水利権の取得が厳しい一方で、農業用水のように余った水を河川に返していない例もあり、河川行政に一貫性のない部分が見られるのではないかと。

矢嶋：京都の渡月橋の発電施設についてマスメディアなどの世論的な合意形成についてどのように考えるか。また、富樫用水マイクロ水力発電実証試験場を設ける際に、発電施設の教育的な利活用について取り組みや効果はあったか。

金田：マスメディアは、小さい、新しいものに飛びついてくる。渡月橋の発電施設は、経済性はなく、お薦めはできない。

瀧本：高校や小学校が近くにあるが、学びの場として活用できていない。理由は系統連携しているからである。系統連携すると小学生が、エネルギーをどのように利用できるかイメージできない。

若井：外国製の水車を使われているが、違いは何か。

金田：チェコ製、ドイツ製などは、安く、性能もよく、完成度も高い。

【おわりに】

今回のシンポジウムでは、当学会では、あまり議論することがなかった電気をテーマとし、新しい勉強で有意義なシンポジウムとなった。東日本大震災以降、小水力発電に多くの関心が集まり、様々な施策が関係省庁から打ち出されているが、技術的にも制度的にも多くの課題が存在することをあらためて認識する結果となった。

今後、エネルギー資源としての水の管理のあり方など小水力発電をめぐる課題について、新たな考察や研究が進められ、今後の研究大会等で報告されることを期待するとともに、こうした研究成果によって、小水力発電の開発がより一層前進することを願いたい。