科学の「専門性」を打開する ～理論を解明・構築する根源的な面白さ～

【優秀賞】

早稲田大学創造理工学部
総合機械工学科4年
滝澤（たきざわ） 和弥（かずや）

1．はじめに

子供の頃、時計を分解して遊んだ事がある。巻かれたゼンマイが、歯車を通して針を動かしていると理解した瞬間、大変な幸福感を覚えた。それと同時に、私は子供心にある予感を得た。身の回りの機械は全て、この時計と同様に、筋道の通った理論の上で動いているのではないか。そんな予感に囚（とら）われた私は、周囲の物を全て分解し、理論を解明したい衝動にかられた。

本論文では、私が感じたこの予感こそが科学を学ぶ面白さそのものであるという論を展開し、高等科学技術の実生活への浸透によりその面白さを享受しにくくなっている現状と、それによる問題点について述べる。そしてその現状を解決するため、専門家と専門外の人間がお互いに歩み寄る事を提案する。

2．理論を解明・構築する根源的な面白さ

前節で述べた「理論を解明したい」という衝動は、今でも私の大きな行動原理である。この「理論を解明する面白さ」は、私の専攻する機械工学だけではなく、物理学・化学といった他の科学分野にも関係している。この面白さが「機械の構造の解明」に繋（つな）がれば、機械工学の発展につながり、またその面白さが「分子構造の解明」に繋がれば、化学分野の発展へと繋がる。また別の見方をすれば、「背景を調査し、目的を設定し、仮説を立て、実証する」という研究の流れそのものは「理論を構築する面白さ」に基づいている。このように、理論を解明・構築する面白さは、あらゆる科学分野を邁進（まいしん）させる重要な燃料のひとつであると言える。

ところで、科学という学問が全ての人間に好かれている訳ではない。一部の人々がむしろ科学を嫌悪していることを、我々は実生活から肌で感じることが出来る。では、科学を好まない彼らは、理論の解明・構築に対して面白さを感じないのだろうか。私はそうではないと考える。その根拠として、「理論を解明・構築する面白さ」は、科学以外、ひいては学問以外の事象に関しても見受けられるからだ。例えば、一般に広く親しまれているミステリー小説の面白さは、物語中の謎が明らかになる快感であるが、これはすなわち「理論を解明する面白さ」である。他にも、将棋やチェス、麻雀（マージャン）といった遊戯も、ゲーム展開の理論を構築する面白さと言えるし、野球やサッカーといったスポーツも、勝利のための理論構築が重要になる。以上より、「理論を解明・構築する面白さ」は決して科学の専門家のみが持っている感覚ではなく、人間が根源的に持っている感覚であると考えられる。

3．科学は何故「専門分野」なのか

では、「理論を解明・構築する面白さ」が人類共通であると仮定すると、なぜ一部の人々が科学に対して無関心なのか。言い換えると、科学は何故「専門分野」なのか。その理由は、科学技術が高度に発達しすぎている点にあると考える。

前述の通り、子供時代に時計を分解した私は、「周囲の物をすべて分解し、理論を理解したい」という衝動にかられた。しかしその野望は、かなり早い段階で頓挫した。というのは、当時一般家庭に浸透しはじめたパソコン、携帯電話、DVDプレイヤーといった代物は、子供の私には複雑すぎたからだ。そこで私は次第に理解する事を先送りにし、原理の分からない機械に囲まれて過ごした。工学部に進学した今でも、専門外では理解を先送りにしている現象が数多く存在する。近年の子供達には、教育の一環としてタブレット端末やインターネットなど更に高等な科学技術を用いる試みもなされており「1」、理解の先送りが更に強まっていくことが想像できる。

このように、大人ですら理解の難しい高等科学技術に幼い頃から囲まれている状況は、人々の理解の先送りを助長し、ついには自分以外の専門家へ丸投げしてしまう状況に繋がる。この事が、科学は「専門家が扱う専門分野」となっていった一因であると考えられる。

4．科学が「専門分野」ではいられない現状

ところで、この「科学の専門分野化」は、本当に解決すべき課題なのだろうか。当然だが、全ての人間が科学を専攻しなければならないという訳ではない。何に興味を持ち、何に時間を使うかは、個人の自由である。では科学は、科学に興味のある者のみが扱えば良いのだろうか。専門家だけが理解している専門分野であれば良いのだろうか。

結論から言うと、現代社会においては、私はそうは思わない。高度な科学技術を実生活に応用し、広く人々の利益に繋げようという方針があり、それが実現しつつある現代社会では、私は科学が専門分野であってはならないと主張する。

現代では、科学技術の発展に伴い、高度科学技術の実現化が進んでいる。daVinciに代表される医療用ロボットや、福島第一原発事故で注目された瓦礫（がれき）撤去ロボットのように、高等科学技術は確実に実生活と密接な関わりを始めている。高等科学技術が研究室内で完結せず、一般市民にとっての実利益をもたらし始めている。

このような状況は、一般市民にとって科学は無視できない、避けられない話題となったとも言える。すなわち、国民の一人ひとりが「医療用ロボットは保険対象内にすべきか否か」「原子力発電所（以下、原発）を廃止すべきか否か」といった問題と向きあわなければならない時代なのだ。その際、問題の上辺（うわべ）だけを見て聞こえの良い意見を盲信（もうしん）するのではなく、医療用ロボット・原発といった具体的な科学の知識を自分なりにある程度身につけ考えることで、自身固有の意見を持つことが必要となる。以上より、私は科学が専門家のみが扱う分野であってはならないと考える。

とは言え、これらの問題はそもそも、非常に高度な科学分野の話題であり、工学では、娯楽のためのロボットよりも、人命救助用ロボットの方が一般に技術の要求が高い。このように、実生活に即した科学技術は非常に高度であり、医療用ロボットや原発についての正確な理解は非常に難しい。

5．双方の歩み寄りによる、更なる科学の浸透

前節までで述べた、「日常生活において高度な科学の知識が必要となった」という問題の解決策として、私は専門家と専門外の人間がお互いに歩み寄ることを提案する。私はこの問題に双方に責任があると感じており、科学分野の専門家は、実用性を求める以上は専門外の人間に対する説明責任があるし、専門外の人間にも、その科学技術を理解し受け入れるか否かの判断を自ら行う責任がある。双方がその責任を果たせば、全体の知識向上により科学は更に一般に浸透していくし、技術は取捨選択され更に利益の更なる向上が期待できる。私がこのように希望的な観測を行う根拠は、前述の「理論構築・解明の面白さは、人間が根源的に持っている」という論である。現実問題として、原発の専門家が原発の一から説明することは難しいだろうが、私は全てを説明する必要はなく、原発の基本原理のみを説明すればいいと考えている。そうすれば、「理論を解明・構築する面白さ」に則り、各々（おのおの）が原発について調べるようになるのではないかと思う。それこそが、双方が責任を果たす形である。

6．おわりに

技術の向上に伴い、上辺の知識だけで対処できる事案が増えたことは事実である。例えばボルツマン定数を知らなくてもインターネットで検索すれば値はすぐに得られるし、標準偏差が理解できなくてもExcelで関数を用いれば瞬時に算出できる。しかし高等科学技術が日常生活に浸透していくうちに、上辺の知識だけでは対処できない問題も生じた。一部の人にとっては、それは面倒だと感じるかもしれない。しかし私が思うに、理論の解明・構築は人類共通の快感である。原発に代表される様々（さまざま）な問題提起を、ポジティブな意味での契機だと捉えて欲しい。自ら科学を学び、そこで用いられている論理の筋道を発見した者は、年齢に関（かか）わらずいつでも新鮮な幸福感に出会えるだろう。それは、時計を初めて分解した子供が得る幸福感と、全く同一の物である。

【参考文献】
［1］菊池佑太、加藤直樹、山崎謙介〝野外学習のためのWeb－based フィールドノートシステムの開発〟情報処理学会研究報告 コンピュータと教育研究会報告、2006、pp.75－82、2006－12－09

アイデアデータベースを活用した学習モデルで人のつながりを知る

〈情報化社会が抱える社会問題と日本の現状〉

【特別賞】

東京大学大学院工学系研究科
化学システム工学専攻修士1年
下田（しもだ） 裕平（ゆうへい）

IT、情報化社会などの用語を耳にすることが多くなり、パソコンやスマートフォンなど、新世代の情報媒体の製品開発が急速に進んでいる。情報通信白書によれば、平成22年度の日本のインターネット利用者数は9462万人とあり、その数は年々増加傾向にある1）。情報のインフラストラクチャー構築によって、情報が多様化され、その価値観も刻々と変化している。その環境下で、情報媒体の利用者は、誤った情報や怪しげな情報に流されないよう、情報リテラシーや倫理観を持って、情報から自身を守るために必要とされている。それが未熟だと、発信される情報の膨大さに翻弄（ほんろう）され、正しい情報も見出せないために、自分に都合のよい情報のみ過信することや、あるいはインターネットを利用したコンピュータウイルスや詐欺行為の被害者となり兼ねない。

その一方で、インターネットの世界に浸りすぎ、現実社会に戻れなくなってしまう「インターネット依存症」といった現代病も、情報化社会が抱える大きな問題となっている2）。

この社会問題は、日本の科学技術の発展にとっても大きな障壁となる。理工系を含む自然科学を学ぶ人は、その専門分野や興味の対象がインターネットなど情報に関する技術者や研究者と課題解決に向けた目標を共有することで、将来の科学技術者への夢を強く意識する機会を与える（Ⅰ）。このようにアイデアデータベースは、情報を集め、知識や発想として利用者に与えるだけでなく、データベースを通じて利用者同士が直接的に交流することで、人のつながりを築く土台となる。利用者は人のつながりを実感することで、インターネットの情報通信を越しでない、現実社会で人々と出会い、助け、助けられることで人の優しさを知り、その行いに感謝することで、誰かの為（ため）に社会貢献しようという動機付けとなる。特に人生経験が少なく、他者との交流が限定的な学生は、多くの人と交流し、多くの価値観を知ることで、自分の価値観を考える動機付けとなり、倫理観や情報リテラシーを学ぶ機会となる。その過程で、倫理観や情報リテラシーを学んでいくことで、インターネットに広がる、多様な情報に振り回されることは少なくなるはずだ。

〈おわりに〉

情報化社会の発展に伴い、人々は情報を容易に得るようになった。同時に、止め処（とめど）なく現れる大量の情報は、人々にその処理に多くの時間を費やすことを必要とした。その時間の制約とともに、SNSの普及によって、容易に他者とのコミュニケーションが可能となったことで、人が直接出会って、交流する機会は少なくなった。そうした環境がインターネット依存症という現代病を生んだというのは言うまでもないが、インターネットが普及することで、私たちの現実の社会に生きる人間としての感覚が麻痺（まひ）されてしまうことも留意しなければならない。仮想世界の事象を模したような出来事や事件の記事を目にすることがある。その度（たび）に、これらの首謀者は自分や他者を仮想世界のキャラクターと捉え、現実と仮想の区別がつかなくなっているのでは、と思う。画面越しでは実感できない、生きた人間を実感することは、人が協力しあって社会が成り立っていることを知る上で、大切なことだ。アイデアデータベースは、知識を構築し、アイデアを発想する学習ツールであり、そして人のつながりを実感する認知の支援ツールである。アイデアデータベースの利用者には、多くの人と協力し合い、画期的な新製品や新技術を創造し、その過程を通じ、データに残せない良好な人間関係を築いていてもらいたい。

〈アイデアデータベースを活用した学習モデルの提案〉

そこで現代の情報化社会の仕組みを通じて、情報を効率よく効果的に利用できる、新たな学習モデルとして「アイデアデータベース」の活用を提案する。元の語源では、ITの用語でデータベースとは、データベースの集合体を意味し、アイデアデータベースは新製品の発明や新たな科学技術の手法をまとめたアイデアの集合体である。アイデアデータベースは、独立行政法人 工業所有権情報・研修館3）によって作成され、実際の運用がされているが、ユーザーであるアイデアデータの送受信者が、企業のR&D技術者や大学等の研究機関に所属する専門家であるため、規模が限定的で、データベースの知名度の低さとあわせて一般的な認知度が低いのが現状である。

アイデアデータベースを活用した学習モデルの概念図を図1に示す。アイデアデータベースを教育分野で利用することで一般家庭や教育機関への周知ができ、データベースを普及させる上での課題であった知名度の低さが改善される。これにより、学生や一般家庭の人々がユーザーとなってデータベースを利用することで、科学への興味、関心が向上して、子供の理科離れが改善されるだけでなく、家庭内でのコミュニケーションが増える。また、話題を提供する。また、企業や研究機関、教育機関が提供する問題や課題が、学生の発想力を鍛える教材となり、やがてそれが新たなアイデアとして、次のアイデアを生む題材となる（①）。また、学生の柔軟な発想力、思考力から生まれたアイデアは、技術者や研究者に向けたフィードバックとなる知識や発想となる（②）。科学技術に詳しい企業や研究機関と、教育に詳しい家庭や教育機関が連携して、学生に提供する問題や課題を検討することで、理科離れなど社会問題の改善に向けた意識の共有や、文理の系統によらない新研究領域への開拓も可能となる（Ⅲ）。更に、企業や研究機関が提供する最新科学に関連した課題は、学校で学ぶ机上の学問とは実感できない、現代社会で使われている高度な科学技術を、学生に間近で体験させる機会となる。その体験を通じて、学生はものづくりへの関心を高めるだけでなく、社会で活躍する技術者や研究者と課題解決に向けた目標を共有することで、将来の科学技術者への夢を強く意識する機会を与える（Ⅱ）。このようにアイデアデータベースは、情報を集め、知識や発想として利用者に与えるだけでなく、データベースを通じて利用者同士が直接的に交流することで、人のつながりを築く土台となる。利用者は人のつながりを実感することで、理科離れなど社会問題の改善に向けた意識の共有や、文理の系統によらない新研究領域への開拓も可能となる（Ⅲ）。更に、企業や研究機関が提供する最新科学に関連した課題は、学校で学ぶ机上の学問とは実感できない、現代社会で使われている高度な科学技術を、学生に間近で体験させる機会となる。その体験を通じて、学生はものづくりへの関心を高めるだけでなく、社会で活躍する技術者や研究者と課題解決に向けた目標を共有することで、将来の科学技術者への夢を強く意識する機会を与える（Ⅰ）。このようにアイデアデータベースは、情報や発想として利用者に与えるだけでなく、データベースを通じて利用者同士が直接的に交流することで、人のつながりを築く土台となる。利用者は人のつながりを実感することで、インターネットの情報通信を越しでない、現実社会で人々と出会い、助け、助けられることで人の優しさを知り、その行いに感謝することで、誰かの為（ため）に社会貢献しようという動機付けとなる。特に人生経験が少なく、他者との交流が限定的な学生は、多くの人と交流し、多くの価値観を知ることで、自分の価値観を考える動機付けとなり、倫理観や情報リテラシーを学ぶ機会となる。その過程で、倫理観や情報リテラシーを学んでいくことで、インターネットに広がる、多様な情報に振り回されることは少なくなるはずだ。

〈おわりに〉

情報化社会の発展に伴い、人々は情報を容易に得るようになった。同時に、止め処（とめど）なく現れる大量の情報は、人々にその処理に多くの時間を費やすことを必要とした。その時間の制約とともに、SNSの普及によって、容易に他者とのコミュニケーションが可能となったことで、人が直接出会って、交流する機会は少なくなった。そうした環境がインターネット依存症という現代病を生んだというのは言うまでもないが、インターネットが普及することで、私たちの現実の社会に生きる人間としての感覚が麻痺（まひ）されてしまうことも留意しなければならない。仮想世界の事象を模したような出来事や事件の記事を目にすることがある。その度（たび）に、これらの首謀者は自分や他者を仮想世界のキャラクターと捉え、現実と仮想の区別がつかなくなっているのでは、と思う。画面越しでは実感できない、生きた人間を実感することは、人が協力しあって社会が成り立っていることを知る上で、大切なことだ。アイデアデータベースは、知識を構築し、アイデアを発想する学習ツールであり、そして人のつながりを実感する認知の支援ツールである。アイデアデータベースの利用者には、多くの人と協力し合い、画期的な新製品や新技術を創造し、その過程を通じ、データに残せない良好な人間関係を築いていてもらいたい。

【参考文献】
1．「情報通信白書」http://www.soumu.go.jp/johotsusinto/kei/whitepaper/ja/23/html/nc341110.html
2．「インターネット依存に関するわが国の現状」http://www.kurihama-med.jp/tiar/pdf/20120403_no1_workshop_report1.pdf
3．「アイデアの塊」http://plidb.inpit.go.jp/idea_root/html/index.html

学校推薦論文設置の提案 ～科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上を目指して～

【特別賞】

京都大学大学院
情報学研究科修士2年
武田（たけだ） 勝輝（しょうき）

1．はじめに

近年、日本の科学教育は科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上が課題となっている。一部の理工系学生だけでなく、国民の多くが科学に興味を持ち継続して学習する環境をつくるために重要なことは、学校教育が終了してからも継続することができる学習方法を学習習慣形成に大きな影響を与える学校教育において確立することではないだろうか。

本稿では、低いコストで多種多様な論文にアクセスできる学術論文データベースに注目し、科学技術論文を読むきっかけをつくるための中高生を対象とした学校推薦論文の設置を提案する。

2．現代社会において求められる科学的リテラシー

2－1．日本政府が求める科学的リテラシー

日本の科学教育は科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上という2つの課題を対処するために、子供たちに創造的活動の基盤を身に付けさせ専門性や個性を発展できる学習機会を拡大している1）。文部科学省や教育委員会も国際競争が激化する現代社会において、新たな学問分野や急速な技術革新に対応できる深い専門知識と幅広い応用力を持つ人材を育成しようとテスト評価や方策の実施を試みている2）。興味深い取り組みとして、「中学生・高校生の科学・技術研究論文、野口英世賞」をはじめ科学技術に関する論文を書く機会が設けられているが、参加者が限定されていることや指導者なしでの論文の執筆が難しいことが問題点であり、国民全体の科学リテラシーを上昇させることは難しいと考えられる。

科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上のためには生涯学習を重視し、誰もが気軽にアクセスでき、興味を持ちながら持続的に学習することが必要である。

2－2．国際機関が求める科学的リテラシー

国際的な取り組みを見てみると、経済協力開発機構（Organisation for Economic Co-operation and Development、OECD）が実施するOECD生徒の学習到達度調査（Programme for International Student Assessment、PISA）においては、知識や技能を実生活の様々（さまざま）な場面で直面する課題にどうかを重要視しており、知識だけでなく実生活でどれだけ応用できるかをテストによって評価している。生徒たちが日常生活の様々な問題状況で、「科学的な疑問を認識する」や「現象を科学的に説明する」、及（および）び「科学的証拠を用いる」などの能力の獲得が期待されている3）。

3．学校推薦論文設置の提案―実践的なアプローチと新しい発見で感じる科学の楽しさ

3－1．学校推薦論文の必要性

みなさんは「巨人の肩の上に立つ」という言葉をご存じだろうか。Google Scholarという学術論文を閲覧するサービスのトップページで私はこの言葉をよく目にする。私以外にも研究活動などに従事し文献を検索した経験を持つ方はご存知（ぞんじ）なのではないであろうか。

ニュートンは1676年にフックとの裁判中に彼に宛てた手紙においてこの論文データベースではArXiv、CiNii、Articles、Google Scholar、Library Commitee to the OECD、BIAC）のインターンとしてOECDの議論に参加してきた。会議で話し合われていたこれからの科学技術の方向性や未来の科学技術者の育成方法は日本にとっても非常に重要なことであり、私も非常に興味を持つようになった。その経験がきっかけとなり、私は情報科学の研究で培われたプログラミング能力をもとに初等、中等教育における科学技術分野の学習を支援するため、モチベーションを持続して論文や電子書籍を読むことができる電子書籍リーダーアプリの開発を行ってきた。

デジタルコンテンツや興機構、国立教育政策研究所など科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上を担う公的機関が導入するべきと考える。そして中高生が理解できるレベルの最新の科学技術に関連する論文を選出し推薦する。可能な限りGoogle Scholarのような誰でもアクセスできるフリーの学術論文データベースに掲載されているものを推薦することが望まれる。

また、中高生が統計や専門用語の知識なしに学術論文を読むことは容易ではないため学習支援を学校が中心となって行う必要がある。論文の執筆は誰もができることでは無いが、無料で高品質の知的コンテンツに誰もがアクセスできるように近年なってきたので学校が学習支援することで誰もが自主的に論文を読めるようになる。

3－3．学校推薦論文のメリットと実効可能性

この学校推薦論文は主に無料でアクセスできる独立行政法人科学技術振興機構、国立教育政策研究所など科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上を担う公的機関が導入するべきと考える。そして中高生が理解できるレベルの最新の科学技術に関連する論文を選出し推薦することで、中高生が統計や専門用語の知識なしに学術論文を読むことは容易ではないため学習支援を学校が中心となって行う必要がある。論文の執筆は誰もができることでは無いが、無料で高品質の知的コンテンツに誰もがアクセスできるように近年なってきたので学校が学習支援することで誰もが自主的に論文を読めるようになる。

3－3．学校推薦論文のメリットと実効可能性

この学校推薦論文は主に無料でアクセスできる論文を対象とするべきと考えているので、メリットとしてはコストが低いことがあげられる。Google Scholar、ArXiv、CiNii、Articles、Google Scholar、Library Commitee to the OECD、BIAC）のインターンとしてOECDの議論に参加してきた。会議で話し合われていたこれからの科学技術の方向性や未来の科学技術者の育成方法は日本にとっても非常に重要なことであり、私も非常に興味を持つようになった。その経験がきっかけとなり、私は情報科学の研究で培われたプログラミング能力をもとに初等、中等教育における科学技術分野の学習を支援するため、モチベーションを持続して論文や電子書籍を読むことができる電子書籍リーダーアプリの開発を行ってきた。

デジタルコンテンツや興機構、国立教育政策研究所など科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上を担う公的機関が導入するべきと考える。そして中高生が理解できるレベルの最新の科学技術に関連する論文を選出し推薦することで、中高生が統計や専門用語の知識なしに学術論文を読むことは容易ではないため学習支援を学校が中心となって行う必要がある。論文の執筆は誰もができることでは無いが、無料で高品質の知的コンテンツに誰もがアクセスできるように近年なってきたので学校が学習支援することで誰もが自主的に論文を読めるようになる。

4．おわりに

私は修士1年生の3ヶ月間、パリにある国際機関経済産業諮問委員会（The Business and Industry Advisory Commitee to the OECD）のインターンとしてOECDの議論に参加してきた。会議で話し合われていたこれからの科学技術の方向性や未来の科学技術者の育成方法は日本にとっても非常に重要なことであり、私も非常に興味を持つようになった。その経験がきっかけとなり、私は情報科学の研究で培われたプログラミング能力をもとに初等、中等教育における科学技術分野の学習を支援するため、モチベーションを持続して論文や電子書籍を読むことができる電子書籍リーダーアプリの開発を行ってきた。

デジタルコンテンツや興機構、国立教育政策研究所（おほか：理科好きの裾野を拡（ひろ）げ、トップを伸ばす科学カリキュラムとは、2007、P42.文部科学省：平成24年版科学技術白書、P228 3.OECD：PISA 2009Results：Executive Summary、P3で見かけるデジタルネイティブと言われる幼い子供たちもすでにスマートフォンに触れており、不自由なく操作している。加えて、近年デジタルデバイスを用いて高品質の知的コンテンツに誰もがアクセスできるようになってきたので、未来を担う子供たちがスマートフォンを使って効率的に学習できる基盤は整っている。魅力的な学習の仕組みを作っていくことで、日本をはじめ、世界の国々の科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上に貢献していきたい。

【参考文献】
1．小倉康（国立教育研究所）ほか：理科好きの裾野を拡（ひろ）げ、トップを伸ばす科学カリキュラムとは、2007、P42.文部科学省：平成24年版科学技術白書、P228 3.OECD：PISA 2009Results：Executive Summary、P3

地中熱利用によるエネルギー問題解決への貢献

【特別賞】

信州大学
工学部土木工学科4年
濱野（はまの） 太宏（たかひろ）

1．はじめに

近年のエネルギー問題の解決方法として、現在のところ世間ではエネルギーの生産（発電）の分野が注目され、そのうち原発の代替案として最も注目されているのは太陽光エネルギーや風力を活（い）かした発電であるが、これらは天候や地形などに左右されやすいため、安定した電力供給が課題となっており、現在のところ原発に替わるものとしては不十分である。しかし、場所さえあれば取付けが容易であり、一度に大量の装置を地上に設置するため、大量発注による産業の活性化が期待されるだけでなく、装置が並んだ様子は世間への環境問題を認識させるには十分な程のアピールができている存在であることも事実である。このことから、代替案が限られた現在では問題の解決にはまだまだ時間がかかりそうである。

そこで私はエネルギー問題の視点を変えて、エネルギーの生産量を増やすのではなく、従来の設備よりもエネルギーの消費を抑えるような技術のアプローチを地下水工学の立場から述べたい。

2．エネルギー消費の傾向と解決方法の一提案

エネルギーの消費を抑えることが問題解決に貢献できるかを知るために、昨今の日本のエネルギーの消費形態について述べる。

近年、国内の家庭・業務などの民生部門における最終エネルギー消費は、全体の3割強を占め、産業、運輸部門に比べて増加が著しい。さらに民生部門におけるエネルギー消費の内訳は、冷暖房・給湯用の熱エネルギーが家庭部門で6割、業務部門で5割を占めており、このことから消費エネルギーの大半を占める空調設備のエネルギー消費を抑えることが、エネルギー問題の解決に大きく貢献できるものと考える。

空調設備のエネルギー消費を抑える方法として2通りの方法が挙げられる。ひとつは現在のシステムの改良の努力を行うという一般的な方法である。これは現在、どの企業も行っていることであり、今後も改良を重ねて行ってほしいと思う。そのような中で、地下水工学に携わる者としてできることは何かを考えた。私はもうひとつの方法として、空調設備の利用時に必要な熱源を従来とは異なるルートから得ることで、エネルギー消費を抑えることを提案したい。その具体策として、自分たちの足元にある地下のある特性を利用した地下熱利用ヒートポンプ（Ground Source Heat Pump、以下GSHP）システムがある。

3．地中と地下水の特徴

地下15m以下の浅い地層の特徴的な性質として以下が挙げられる。

①地上の天候や太陽の影響による温度変化の影響を受けにくい。

②地下の構造は主に土と水と空気で構成されており、土と水の熱伝導率は高いが、空気の熱伝導率はそれらに比べると大変低いため、高い断熱性がある。

③水は熱を蓄える能力に優れた物質であるため、一度蓄えられた熱は逃げにくい。

これらの性質によって地層内は高い断熱性を有し、蓄熱性が備えられた自然の魔法瓶のような役割をする。これは古来より利用されており、その例が氷室や竪穴式住居などである。

このような性質を持つ地中内に存在する地下水の温度は年間を通して約13～15℃と一定の温度を保っている。そのため、地下水にあたる井戸水や湧水は同じ地下水温でも季節間の利用形態がことなるため、真夏に利用した時は冷たく感じ、逆に真冬の場合は温かく感じられる。

4．GSHPシステムの特徴

地中や地下水の恒温特性と季節間のエネルギー利用形態に着目することによって、GSHPシステムは空調運転時に安定した熱源を確保できることが特徴である。これはエアコンと呼ばれる空気を熱源に利用した従来の空調設備に比べて季節や天候の変化に起因する熱源度の変動が小さい。

従来システムは外部から取り入れた空気熱源を設定温度にするためにフロンガスを媒体に使用するが、GSHPシステムの場合、地中から取り入れた熱源をフロンガスなどに仲介することなく熱交換し、エネルギーとして直接温度を調整に当てることができるため、エネルギーの変換効率が高い。

この特徴からGSHPシステムは従来型に比較すると消費電力の削減すあるオフィスビルに従来の空調設備とGSHPシステムと導入した空調設備の両方を設置し、それぞれの年間消費電力を比較すると、GSHPシステムの方は従来型よりも49％の削減に貢献することが確認されている。

このシステムは地下の熱を利用するため年間を通じて安定した熱源を確保することができるため、外気温が-15℃以下となるような寒冷地も含め、設置環境を問わず、冬は暖房、夏には冷房に利用することができる。

また、消費電力が抑えられる他に設備運転に伴う排熱を大気中に放出せずに地中との熱交換を行うヒートアイランド現象の対策へも有効であるという特徴がある。そのため、このシステムは従来ならば大量にエネルギー消費をしていた24時間常時稼働するような大規模施設だけでなく、都心部のオフィスビルにも普及していくことでその特徴を発揮し、環境問題にも大きく寄与することが期待される。

このシステムは地下水が豊富にある日本では、その運転効率が向上しており、次世代型空調設備として今後、全国に普及促進活動を行う必要性は十分にある。

5．課題

現在このシステムは北海道などの寒冷地で積極的に導入されているが、これらは地下水温度の変化に起因する熱源度の変動が小さい。

従来システムは外部から取り入れた空気熱源を設定温度にするためにフロンガスを媒体に使用するが、GSHPシステムの場合、地中から取り入れた熱源をフロンガスなどに仲介することなく熱交換し、エネルギーとして直接温度を調整に当てることができるため、エネルギーの変換効率が高い。

この特徴からGSHPシステムは従来型に比較すると消費電力の削減すあるオフィスビルに従来の空調設備とGSHPシステムと導入した空調設備の両方を設置し、それぞれの年間消費電力を比較すると、GSHPシステムの方は従来型よりも49％の削減に貢献することが確認されている。

このシステムは地下の熱を利用するため年間を通じて安定した熱源を確保することができるため、外気温が-15℃以下となるような寒冷地も含め、設置環境を問わず、冬は暖房、夏には冷房に利用することができる。

また、消費電力が抑えられる他に設備運転に伴う排熱を大気中に放出せずに地中との熱交換を行うヒートアイランド現象の対策へも有効であるという特徴がある。そのため、このシステムは従来ならば大量にエネルギー消費をしていた24時間常時稼働するような大規模施設だけでなく、都心部のオフィスビルにも普及していくことでその特徴を発揮し、環境問題にも大きく寄与することが期待される。

このシステムは地下水が豊富にある日本では、その運転効率が向上しており、次世代型空調設備として今後、全国に普及促進活動を行う必要性は十分にある。

5．課題

現在このシステムは北海道などの寒冷地で積極的に導入されているが、これらは地下水温度の変化に起因する熱源度の変動が小さい。

従来システムは外部から取り入れた空気熱源を設定温度にするためにフロンガスを媒体に使用するが、GSHPシステムの場合、地中から取り入れた熱源をフロンガスなどに仲介することなく熱交換し、エネルギーとして直接温度を調整に当てることができるため、エネルギーの変換効率が高い。

この特徴からGSHPシステムは従来型に比較すると消費電力の削減すあるオフィスビルに従来の空調設備とGSHPシステムと導入した空調設備の両方を設置し、それぞれの年間消費電力を比較すると、GSHPシステムの方は従来型よりも49％の削減に貢献することが確認されている。

このシステムは地下の熱を利用するため年間を通じて安定した熱源を確保することができるため、外気温が-15℃以下となるような寒冷地も含め、設置環境を問わず、冬は暖房、夏には冷房に利用することができる。

また、消費電力が抑えられる他に設備運転に伴う排熱を大気中に放出せずに地中との熱交換を行うヒートアイランド現象の対策へも有効であるという特徴がある。そのため、このシステムは従来ならば大量にエネルギー消費をしていた24時間常時稼働するような大規模施設だけでなく、都心部のオフィスビルにも普及していくことでその特徴を発揮し、環境問題にも大きく寄与することが期待される。

このシステムは地下水が豊富にある日本では、その運転効率が向上しており、次世代型空調設備として今後、全国に普及促進活動を行う必要性は十分にある。

5．課題

現在このシステムは北海道などの寒冷地で積極的に導入されているが、これらは地下水温度の変化に起因する熱源度の変動が小さい。

従来システムは外部から取り入れた空気熱源を設定温度にするためにフロンガスを媒体に使用するが、GSHPシステムの場合、地中から取り入れた熱源をフロンガスなどに仲介することなく熱交換し、エネルギーとして直接温度を調整に当てることができるため、エネルギーの変換効率が高い。

この特徴からGSHPシステムは従来型に比較すると消費電力の削減すあるオフィスビルに従来の空調設備とGSHPシステムと導入した空調設備の両方を設置し、それぞれの年間消費電力を比較すると、GSHPシステムの方は従来型よりも49％の削減に貢献することが確認されている。

このシステムは地下の熱を利用するため年間を通じて安定した熱源を確保することができるため、外気温が-15℃以下となるような寒冷地も含め、設置環境を問わず、冬は暖房、夏には冷房に利用することができる。

また、消費電力が抑えられる他に設備運転に伴う排熱を大気中に放出せずに地中との熱交換を行うヒートアイランド現象の対策へも有効であるという特徴がある。そのため、このシステムは従来ならば大量にエネルギー消費をしていた24時間常時稼働するような大規模施設だけでなく、都心部のオフィスビルにも普及していくことでその特徴を発揮し、環境問題にも大きく寄与することが期待される。

このシステムは地下水が豊富にある日本では、その運転効率が向上しており、次世代型空調設備として今後、全国に普及促進活動を行う必要性は十分にある。

6．おわりに

昨今のエネルギー問題に対して地下水工学分野ができることはまだまだ多くあると考えている。ここではひとつのアイデアとして従来と見方を変えてそれぞれの事業が本来得意とする分野に注目することによって可能であることを事例としてあげた。土木は社会基盤を整備することが主な事業であるため、その影響力は大きい。今後このシステムの普及によって大きな問題解決の方法の一つとして貢献し、その結果日本が明るく前向きに考えられるようになることができれば良いと思う。そのために私は大学で学んだこの経験を活かし、システムの普及のための努力を今後も継続していきたい。

【参考文献】
・（財）日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」http://eneken.ieej.or.jp/
・資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」http://www.enecho.meti.go.jp/
・地中熱利用促進協会 http://www.geohpaj.org