

## Industry of Wireless Power Transmission and SPS

○Naoki Shinohara †

† Research Institute for Sustainable Humanosphere

We have a long history of a Space Solar Power Satellite/Station (SPS) and a Microwave Power Transmission (MPT) from 1960's. However, we have not carried out even first satellite experiment toward the SPS. I think it depends on immaturity of the MPT technologies which is one of important technologies for the SPS. There is no industry of the MPT. It is because of the cost, size, and efficiency of the MPT. We could not answer a requirement of users with the MPT technologies. Therefore, we have to advance the industry of the MPT toward the SPS before the satellite experiment.

Fortunately, Some kinds of battery-less and wireless technology are proposed. One is resonance coupling wireless power transmission. This is proposed by MIT in 2006. It uses the resonance coupling between two resonators. The energy is transmitted by evanescent mode wave. The evanescent mode wave is caught only by resonator. Therefore, it seems safety for human and it seems to clear a radio regulation. There are many researches of the resonance coupling in the world. The other is an energy harvesting technologies. We harvest a weak and distributed power around us. We can not harvest high power through the energy harvesting. It is only below mW. However, it is enough for the digital devices. There is some groups for standardization and regulation for both technologies.

I think the resonance coupling, the energy harvesting, and the MPT are in the same group of 'battery-less and wireless'. Therefore, we would like to start the industry of the battery-less and wireless with any technologies at first. In the next step, we would like to apply the MPT for a long-term application. At last, the industry of the battery-less and wireless is expanded in the world. The technologies developed in the industry will be used in the SPS. This is my scenario to the SPS.

# 無線電力伝送産業と宇宙太陽発電所

○篠原 真毅 †

† 京都大学生存圏研究所

## 1. はじめに

宇宙太陽発電所 SPS が提唱され 40 年以上が立とうとしているが、SPS は元よりその宇宙実証実験もなかなか着手されない。SPS は「既存の技術の延長線上で実現可能である」といい続けてきたが、なぜ実証実験にも着手できないのであろうか。それは「既存の技術」であるはずのマイクロ波無線電力伝送技術が未成熟であり、地上で十分な実証がなされておらず、結果宇宙実験は時期尚早であるからではないだろうか。特にマイクロ波無線電力伝送技術はこれまで「マイクロ波技術は携帯電話等で発展していくため、そのスピンインで研究が進むはず」という論理しかなく、かといって携帯電話等のマイクロ波技術をマイクロ波無線電力伝送技術にスピンインできるかといえはそのままでは不足であり、やはりマイクロ波無線電力伝送技術の研究が必要、となり研究が進まない。やはりマイクロ波無線電力伝送技術も他の SPS 技術同様、そのものの研究者の広がりや研究の発展が必要であり、そのためには宇宙でも地上でもいいがマイクロ波無線電力伝送そのもののシステムが存在し、発展していかなければならない。本稿ではマイクロ波無線電力伝送を含むバッテリーレス・コードレスをキーワードとした「無線電力伝送産業」の技術の現状について説明する。

## 2. 共鳴(共振)送電と電磁誘導

共鳴(共振)送電は 2006 年に米国 MIT が世界で始めて発表した[1]。2 つの共振器を近距離に置くと相互に結合が起これ、エネルギーが無線で伝搬する現象は古くからよく知られており、複数の誘電体共振器を組み合わせた帯域通過フィルター等に実用化されている。しかし、フィルターは情報伝送のみを考えていたため、MIT が行った 10MHz の共振器(直径 60cm)を用いて 2m の距離で 60W の電力伝送に発想がたどり着けなかったのである。彼らはこの技術を「WiTricity」と名づけ、技術移転を行ってベンチャー企業を起こし、盛んに研究を行っている。現在その実用化、特に携帯電話の非接触充電と電気自動車の非接触充電の実用化に向け、米国 Qualcomm、Intel、日本の長野日本無線、Sony、Panasonic、東芝、トヨタ等がしのぎを削っている。日本では MIT の発表以後、大学での研究も盛んで、例えば東京大学で磁場共鳴を用いた電気自動車無線充電システムの研究を行っている。同研究グループが中心となり電気自動車の非接触充電に関する書籍も出版される。東北大学や名古屋工業大学では共振器をアンテナ理論から捉えた理論解析を進めている。龍谷大学では同じ現象を誘電体フィルターの理論から捉え、容易な設計法を提唱している。

この国内の無線電力伝送の動きを更に加速化すべく、活動を行っているのがブロードバ

ンドワイヤレスフォーラムである[2][3]。プロジェクト推進分科会において電波利用により将来の事業化が期待されるテーマについての検討が行われるフォーラムであり、この下に組織化される4つのワーキンググループ(WG)の一つにワイヤレス電力伝送WGが設定されている。ワイヤレス電力伝送WG利用シーンを4つ(デジタル家電向け非接触電力伝送、デジタル家電向け無線電力伝送、家電向け中電力無線電力伝送、社会インフラ・産業用向け大電力)にカテゴリー化し、各利用シーンごとに具体的な仕様や機能を設定し、ロードマップを作成している。もともとブロードバンドワイヤレスフォーラムは総務省電波利用懇談会の中の家庭内ワイヤレスプロジェクトに一部として検討されたワイヤレス電源供給を発展させたものである[4]。ブロードバンドワイヤレスフォーラムは共鳴(共振)送電に特化して検討をしているわけではなく、利用シーンの中にはマイクロ波無線電力伝送を想定したものを含まれており、今後の活動が期待される。

共鳴(共振)送電と電磁誘導は共にコイルを利用した技術の延長線としてとらえることもできる技術である。電磁誘導はすでに多数の商品が存在するが、それらの充電器の標準化を図るべく、2008年12月にWireless Power Consortium (WPC)が発足し、現在標準化を行っている。WPCはオランダRoyal Philips Electronics社と米Fulton Innovation社が中心となり、欧米中日の10社がレギュラーメンバーとなって発足させたもので、アソシエイトメンバーは随時募集しており、2010年9月段階で49社となっている。標準規格を段階を経て決めており、まず受電側コイル直径40mm以下、送電-受電コイル間距離4mm~5mm程度、周波数100kHz~200kHz、電力伝送効率70%以上目標(DC-DC総合)、5W以下のシステムを想定して規格化を進めている。

### 3. エネルギーハーベスティング

私たちの周辺に微弱に分散して存在する様々なエネルギーをあたかも果実を収穫するがごとく利用しようというのがエネルギーハーベスティング(Energy Harvesting)もしくはEnergy Scavenging技術である。私たちの周辺には光・熱・振動・電磁波等、様々なエネルギーが存在するが、そのエネルギー密度が非常に微弱で分散していたため、これまでは利用しようという考え方がなかった。しかし、デジタルデバイスの急速な発展によりmW・ $\mu$ Wでも利用できる社会となり、Energy Harvesting技術が注目されるようになってきた。

エネルギーハーベスティング技術の一種ではあるが、完全に自然エネルギーではないところに特徴があるのが電磁波である。携帯電話やTV・ラジオの電波は変調もかかっており、まだ微弱分散エネルギーとして取り出すには研究が必要であるが、専用に発振源を持ち、エネルギーを無線で伝送するシステムとして設計すればエネルギー密度も自由に制御することが出来、新たな微弱分散エネルギーとして利用できる。この電磁波エネルギーハーベスティング技術はレクテナがキーテクノロジーであり、マイクロ波無線電力伝送技術へと繋がる技術である。人為的に電磁波を発生させ、エネルギーの伝送に用いれば「無線電力伝送」となる。米国Intelはアメリカ本土で用いられているデジタルTV放送の電磁波から

のエネルギーハーベスティングに成功した[5]。欧州の Nokia や日本の電業工作も電波エネルギーハーベスティングの研究を開始している。

これらエネルギーハーベスティングに関する研究は 2005 年以降急速に論文が増えている[6]。ヨーロッパではすでに商売として成立し始めている。ドイツの SIEMENS 社より興った EnOcean 社では、電気のスイッチと電気そのものとの間をつなぐ情報線を無線化し、無線に必要な電力エネルギーハーベスティングで得るという「発電スイッチ」システムを製品化しており、「コードレス・ビルディング」としてヨーロッパを中心に多数の受注をしている。EnOcean 社ではこの様々なエネルギーハーベスティング技術とその電力を使って得た情報を無線で送るシステムを欧米ですでに特許化しており、日本でも特許が提出された。

これに対し日本はまだ単体の発電デバイスの開発フェーズであり、すでに完成度の高い海外製品が流入しつつある。日本は欧米に比べ 10 年は遅れていっているといっても過言ではない。このままでは日本のエネルギーハーベスティング研究は自立できなくなる。そこで国内では、先述の日本機械学会マイクロナノ工学専門会議マイクロエネルギー研究会の活動に加え、NTT データ経営研究所が事務局となり、エネルギーハーベスティングコンソーシアム[7]が立ち上がり、日本独自の研究展開に向け、研究を加速化しようとしている。コンソーシアムは企業が中心で活動しており、情報収集、標準化推進、制度のあり方検討、情報発信等を行っている。

#### 4. おわりに

このように共鳴(共振)送電とエネルギーハーベスティングを中心としたここ数年の無線電力伝送の産業化の動きは激しい。技術のスタートはアメリカ MIT であり、ヨーロッパであるが、失われた 20 年にいる日本はイノベーションの好機として経済界・学会から無線電力伝送に注目が集まっている。各技術についての現状をまとめると図 1 のようになる。マイクロ波無線電力伝送が 50 年かかって実現できなかった無線電力伝送の産業化がここ 5 年で急速に発展している。幸いなことにマイクロ波無線電力伝送は大電力から微弱電力まで、長距離から分散電源的利用まで、最も汎用性の高い技術であるため、すべての利用シーンにおいて競合とともに協力ができるため、この無線電力伝送の産業化の流れの只中にあることができる。京都大学でもユビキタス電源や無線センサーへの無線給電、電気自動車の無線充電、コードレス建物等、様々なマイクロ波無線電力伝送の応用を提唱し、研究・実験を積み重ねてきた。今後はまずどの技術でも良いので産業化を進めて「ワイヤレス・バッテリーレスで電気が使える」という概念を浸透させたい。そうすれば更に利便性を求めるような段階へと移り、送電距離が長くできて汎用性の高いマイクロ波無線電力伝送技術も利用されるようになるであろう。そうすれば地上でのマイクロ波無線電力伝送研究の裾野が拡大し、それ自体の研究者が増え、いずれ宇宙でも利用できる成熟した技術としてマイクロ波無線電力伝送が発展できるであろう。その先には SPS がある。

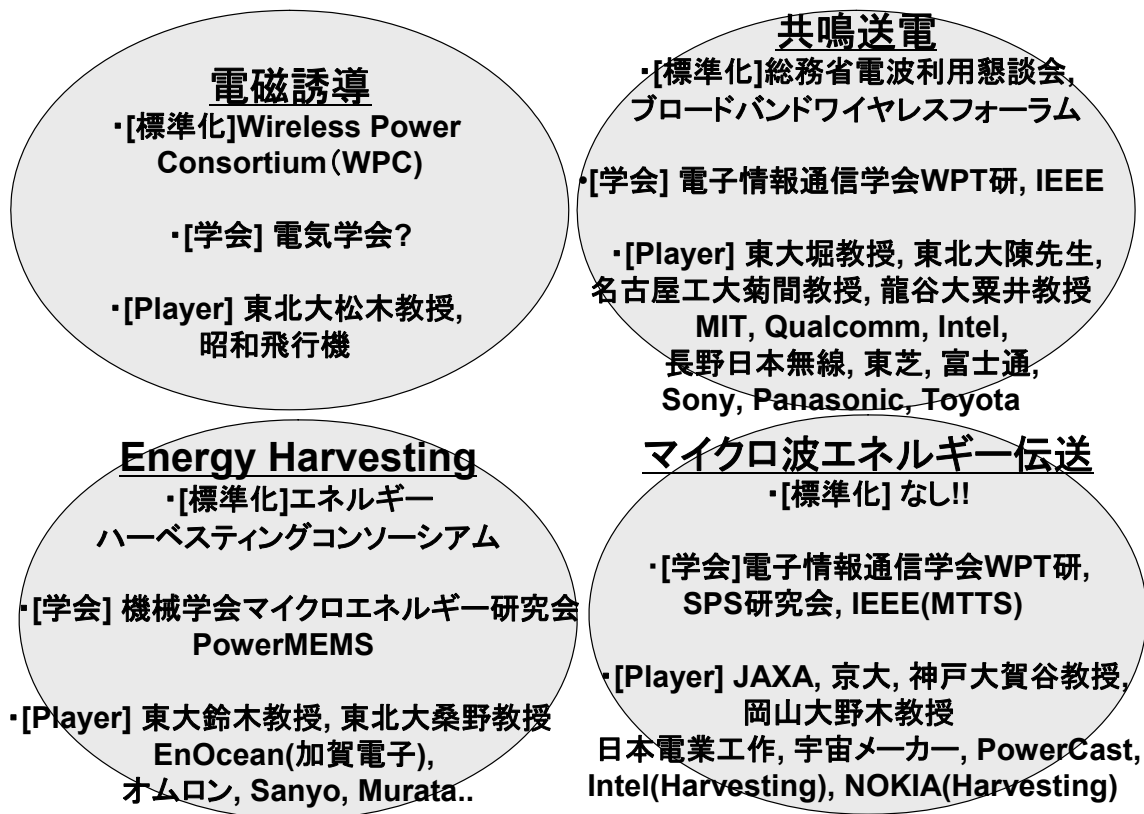


図1 各技術の現状

参考文献

[1] Karalis, A., J.D. Joannopoulos, and Marin Soljačić, “Efficient wireless non-radiative mid-range energy transfer”, Annals of Physics, vol. 323, no. 1, pp.34-48, 2008

[2] <http://www.yrp.co.jp/yrprdc/forum-bwf/index.html>

[3] 庄木裕樹, “ワイヤレス電力伝送の技術動向・可代と実用化に向けた取り組み”, 信学技報 WPT2010-07, pp.19-24, 2010

[4] [http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02kiban09\\_090713\\_1.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban09_090713_1.html)

[5] Sample, A. P. and J.R. Smith, “Experimental Results with two Wireless Power Transfer Systems”, Proc. of RWS2009, MO2A-5, pp.16-18, 2009

[6] (財)機械振興協会経済研究所, “ユビキタスネット向エネルギー変換デバイスにおけるわが国技術の有望性”, 機械工業経済研究報告書H19-2-1A, 2007

[7] <http://www.keieiken.co.jp/aboutus/newsrelease/100521/index.html>