

特論 I 報告書

日本冷凍空調学会 第7回 若手技術者研修会

「持続可能な未来のために、そしてグローバル化に対応するために」に参加して

笹尾翔士

杜可人

主催：公益社団法人日本冷凍空調学会

開催日：平成26年10月24日（金）

場所：第1部：東京電機大学 東京千住キャンパス（北千住）

第2, 3部：(株)前川製作所 本社（門前仲町）

第1部：見学会

10:00 施設見学会（150分） 「東京千住キャンパスでの省エネルギーの取り組み」

施設概要紹介

東京電機大学 未来科学部 建築学科 教授 射場本 忠彦 氏， 准教授 百田 真史 氏

施設見学会

①氷蓄熱システム（氷スラリー連結縦型蓄熱槽，内融式氷蓄熱槽），②ターボ冷凍機（熱回収型，ブライン型），③空冷ヒートポンプチラー，④大温度差空調システム（変動微風空調），⑤高効率エアフローウインドウシステム

第2部：講演会および研修会

14:00 講演（60分）「植物工場の現状と課題」

講師：千葉大学大学院 園芸学研究科 生物資源科学コース 教授 丸尾 達 氏

15:00 チームディスカッション（180分）

世界的な視点で持続可能な社会を目指すことで、われわれの生活の場を末永くより豊かなものにするため、この先の未来はどのようにあるべきかを、4チームに分かれて自由な発想の元に検討する。その成果をプレゼンし、相互評価によって最優秀賞を決定。

第3部：意見交換会（90分）

目次		
第 1 部	見学会	2p
第 2 部	講演会および研修会	4p
	2-1	植物工場について
	2-2	植物工場の歴史
	2-3	植物工場の技術
	2-4	植物工場のメリット・デメリット
	2-5	植物工場の課題
	2-6	持続可能な未来との関連性
	2-7	研修会（チームディスカッション）
第 3 部	意見交換会	10p
第 4 部	事後学習（持続可能な未来について文献調査）	11p
	4-1	インドの現状を改善するために
	4-2	Radical Ecological Democracy: フレームワークと原則
	4-3	RED への移行は可能なのか
	4-4	文献を読んでみて...
第 5 部	結論・考察	15p

第 1 部 見学会

東京電機大学の見学では、キャンパスの最新設備が環境に配慮していることを学んだ。窓のガラスに二重ガラスを採用し、二重ガラス内に室内の空気を通過させ、排気することで窓面からの熱負荷を低減する技術（エアーフローウィンドウ）であったり、大学の空調設備の課題であるエネルギーの使用量の管理であったり、移動の多い大学生のために個別空調のシステムを採用するための熱源と分散ポンプの設備などを見学することができた。このようなシステムを活用することで下図のような省エネルギーを実現することができる。

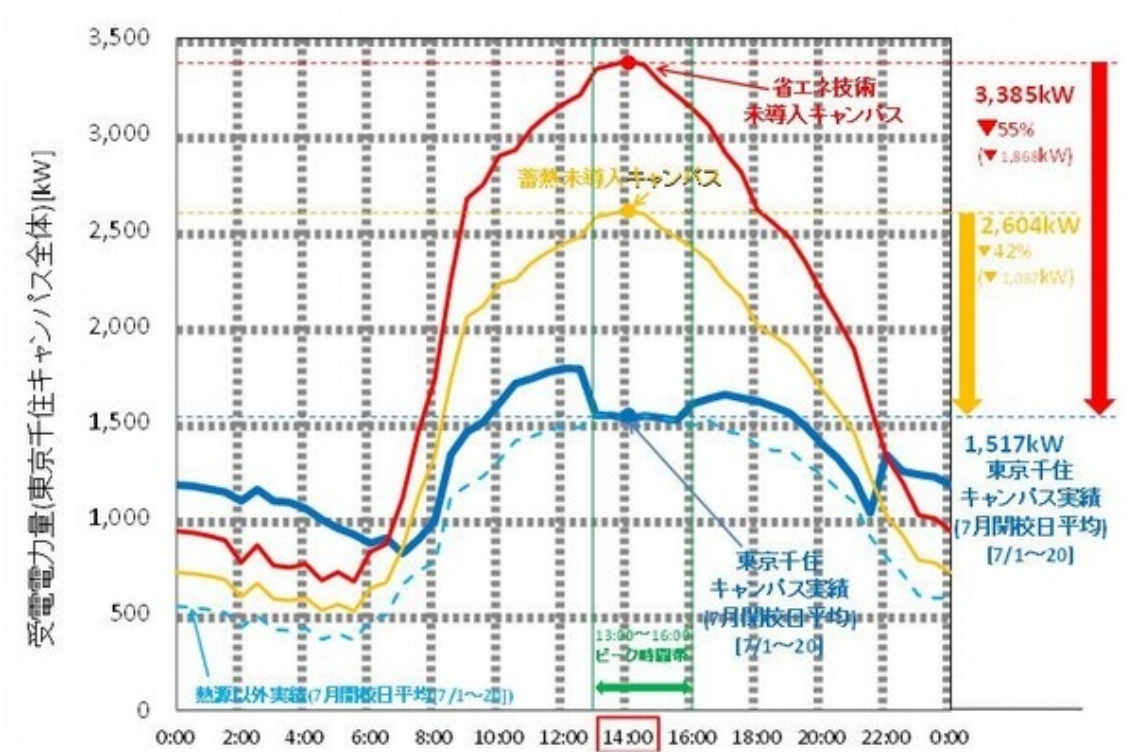


図.1 東京電機大学 千住キャンパスの受電電力量

効率的な電気の使用により必要電力量の削減を可能にしている。

人の多いピーク時に過剰に消費してしまう電力を情報システムと連携することで極力少なくしている。

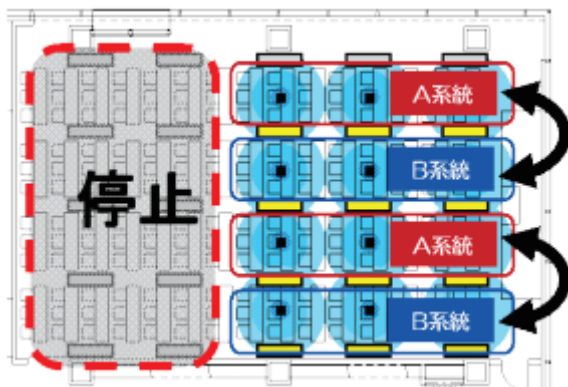


図.2 教室内の効率的空調管理

情報システムとの連携によって出席人数によって、照明・空調を抑制する管理を行っている。また、変動微風空調と組み合わせることで少ない電力でも体感温度を快適な温度にしている。

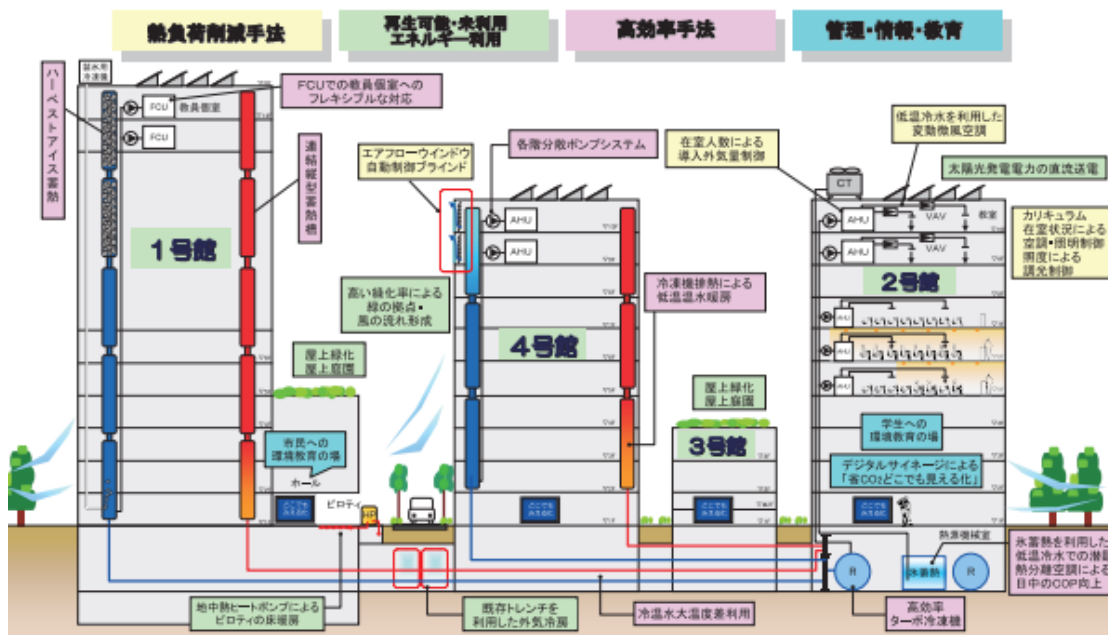


図.3 千住キャンパス内の省エネ・省CO₂技術まとめ

熱負荷削減手法・再生可能・未利用エネルギー利用・高効率手法・情報管理の技術をキャンパス内の至る所で採用している。

第2部 講演会および研修会

講演会「植物工場の現状と課題」

千葉大学の丸尾教授の元、植物工場の可能性や課題について講義を受けた。

2-1 植物工場について

特に日本では食料自給率が著しく低下しているため、世界的な食糧危機に陥った時に食料の確保が難しくなると考えられます。また、日本の農業人口は10年後には1/3~1/4まで減少するといわれている。高齢化が進み担い手が少なることで人口の減少だけでなく、経験から得ることができる技術が失われ、商品の質の低下も起こる可能性がある。そのため、2020年の農業生産力は2005年と比べて25%減ると考えられている。農業生産力を高めるためには、農業が儲かるという事業モデルを構築する必要がある。農業が儲からない理由は商品の低価格かつ不安定な生産だと考えられます。

こういった問題の解決策の一つとして植物工場を利用することです。植物工場のメリットは災害などによる不安定な生産にならないことや、多層型の栽培により、栽培面積が露地栽培と比べて少なく50倍の効率が良くなるとされています。

植物工場とは施設内で植物の生育環境を制御して栽培を行う施設園芸のうち、環境及び生育のモニタリングを基礎として高度な環境制御と生育予測を行うことにより、野菜などの植物の周年・計画生産が可能な施設のことを指します。植物工場には主に3種類あり、人工光型植物工場（完全制御）・太陽光・人工光併用型植物工場（補光）・太陽光利用型植物工場（低コスト植物工場）完全人工光型は太陽光を利用しないことで換気を極小にすることが可能になった。このおかげで水とCO₂の利用効率が上昇する。太陽光利用型植物工場と完全人工光型植物工場の違いは前述した換気率・CO₂利用効率だけでなく異物混入リスクに大きな差がある。また環境の制御が容易で安定した収量や品質の商品が得られる。

施設園芸は日本ではあまり採算が取れないというイメージが多いが、オランダでは施設園芸が成功している。オランダの施設園芸は太陽光利用型植物工場がメインですが、200万ヘクタールの農地のうち約1万ヘクタールが0.5%程度しか占めていない。にもかかわらず生産額は農業生産額全体額の40%を占めていてオランダの要の産業となっている。施設園芸は栽培品種に限られるが、主にはトマト・パプリカ・きゅうりなどの果菜類やバラ・キク・ユリなどの花卉類である。このうち、トマトに関して1980年からの30年で単位面積当たりの生産量が30kg程度であったものが60kgまで増加し、キュウリにおいても40kgから80kg弱まで増加した。このように施設園芸の発達により、生産効率が約2倍まで上昇した。しかし、日本はトマトの単位面積当たりの生産量が30年前の20kgとさほど変わらず、生産効率では大きな成長は見られていない。この背景としては適切な品種選択と生産手法の改善だと言われている。ロックウールによる水耕栽培の普及とガラスの透過性の改善や葉面積のコントロールによる光利用効率の向上、CO₂濃度や湿度・温度管理の徹底を行うことで生産効率を上げることが可能となった。またロボット・コンピューターを用いることで省人省力的な施設管理を行うことができ、生産者の経営面積が1990年から2007年で0.68から1.4ヘクタールと効率が上がった。この生産効率の上昇によりオランダでは大きな成長産業となっている。



図.4 多層型栽培システム

人工光を用いることで多層化が可能になり、栽培面積の節約を実現している。

2-2 植物工場の歴史

日本の植物工場は1980年代頃に第一ブームが起き、つくば科学万博では回転式レタス工場が展示され注目を集め始めた。第二次ブームは1990年代に起き、キューピーなどが事業に参入し、自社で生産工場を建設しTSファームというシステムを確立した。このシステムは、三角パネルと噴霧耕を利用した立体水耕栽培で、日照時間や天候に左右されず、定時、定量、定品位のサラダ菜やリーフレタス、ホウレンソウ、そしてハーブなどを工業的に生産することができる。また、従来までの水耕栽培装置とは大きく異なり、これにより新しい野菜づくりが可能となった。現在の日本は植物工場の第3次ブームが起きておりLEDをはじめとする光源の技術の進歩やエネルギー効率の改善によって植物工場が再度注目されている。

2-3 植物工場の技術

植物工場の発展に欠かせない技術は光源技術や空調技術、環境制御の技術です。光源は植物が光合成を行うために最も重要な要素です。植物の成長に関わるだけでなく、コストという面でも大きな意味を持っている。植物は440nm付近の青色光と660nm付近の赤色光を利用して光合成を行う。そのため植物工場では青色と赤色を効率よく発光できる人工光が重要となる。

植物工場では昔は高圧ナトリウムランプを使用していたが、赤外線で熱を持つため、植物の生育に適さず、かつ青色光・赤色光が少なく光合成効率が悪いということがありました。現在は、蛍光灯が広く用いられ、発光効率の高いものも開発されています。またLEDを用いることで薄型化が可能となり更なる多層化が期待される。熱の発生率も低いため、

植物に光源を近づけることができ、効率も良くなる。

空調技術は植物の生育に適した気温に保つ必要があります。例えばレタスは、 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ と比較的低い温度で育てることが最適な条件だとされているが、露地栽培でその温度に保つことは容易ではない。また、植物は気孔から水分を蒸発させて根から水分を吸収するので、周りの湿度も重要になってくる。そのため、湿度が高すぎると水分を吸い上げることができずに十分な生育をすることができない。光合成には CO_2 も必要で、 CO_2 濃度が高いと光合成が活発になる。そのため、空調設備によって、空気を循環させ CO_2 濃度を一定に保ち、温度や湿度を最適な条件にすることが大事になってくる。特に完全人工光型の植物工場では外界と遮断するための密封性を確保したうえでの空気の攪拌技術というものが大事です。

室内にゴミやほこりが混入しないように HEPA フィルターなどを設置したり、差圧ダンパーを利用して気流を確保し、流体力学を基礎とした気流シミュレーションを行って効率的に気流を起こすようにファンを設置したりする。温度や湿度、 CO_2 濃度はセンサーによって常に一定に保つようにモニタリングされている。太陽光利用型植物工場の場合は、太陽光による熱量の流入があるため、制御が難しくなり、空調以外にも天窗などを開放して室内温度の上昇を防いだりする必要があります。

環境制御は空調や光源はもちろんのこと水耕液の濃度も重要になります。水耕液の EC や pH をモニタリングし調整することはコンピュータで管理制御することが可能である。水耕液を循環させるポンプや照明にはコントローラーを取り付け、時間単位で切り替えができるタイマーを付けます。水耕液の EC や pH に関しては肥料溶液や pH 調整剤を入れたタンクと連動させて、基準値の設定とずれが生じたときに溶液を追加し一定にするという制御を行います。時間単位での管理は光源や空調にも必要で、常に一定温度で栽培を行うと呼吸と光合成のバランスが崩れ、徒長が起こってしまう。それを防ぐために、8~10 時間ほど照明を落とし暗期を設けることで、呼吸させます。ただ呼吸をさせるだけでなく、室温を 18°C 以下に下げ、水耕液の循環を抑えることで呼吸にかかるエネルギーを抑える方式をとる。このような作業をコンピュータで管理することで、光量や EC、pH、温度、湿度などのデータを蓄積していくことで、栽培ノウハウの蓄積や異常が発生した時のチェック、フィードバックに活用できる。近年では、葉面積や光合成量などを測定することができるようになり、さらに環境制御システムに応用ができるように期待されている。

2-4 植物工場のメリット・デメリット

植物工場のメリットには、収量面のメリット・リスク管理上のメリット・品質面のメリット・労務的メリット・資源的メリット・社会的メリット・将来的メリットがある。収量面から見ると、立体化・多層化が可能になることによって土地あたりの生産量が大幅に増加できる。また、温度・湿度のコントロールにより季節に関係なく農作物の栽培が可能になる。例えば、北海道のような冬季に気温が下がり農作物の栽培がしにくい土地でも、温

度管理によって栽培が可能になる。また、温度・湿度の制御によりその土地にない作物の栽培が可能になる。また、露地栽培と違い、肥料管理が容易なため連作障害の危険性が少ない。安定かつ計算して農作物の栽培ができるため、市場の需給バランスに応じた生産が可能である。無駄な生産をせず、ニーズに対応する作物を集中生産することができる。

リスク管理の視点から、植物工場は異常気象や災害の影響を受けることが少ない。そのため、安定な供給が可能かつスーパーや外相業者などが求める供給計画を立てやすく、事業として安定的である。また、植物品種を耐災害性の品種から多収性や良味性の品種に変えて栽培することができる。

品質に関しては、植物工場は閉鎖系なので病虫害の発生リスクが極めて少ないため、農薬を使わずに栽培することができる。また閉鎖系は隣接農地の影響を受けにくく、遺伝子組み換えも可能になる。水耕液の調整によって農作物の高機能化が考えられる。温度などの環境制御をし、データとして蓄積することで、鮮度アップや日持ち性向上、また大きさなどの品質も一定に近づくので規格外品が少なくなり食品ロスが少なくなる。環境制御をコンピュータで管理することでデータを得ることができ、そのデータを活用することで生産計画を改善することができるようになる。

農作業の面からみると、作業の機械化によりマニュアル化ができ誰でも一定の品質で生産することができる。また、農薬などの健康問題も気にする必要がなくなる。

資源的なメリットは、水の消費量を抑えられ、適切な肥料の管理により環境負荷が少なくなる。CO₂を膨大に消費するため、CO₂の受け入れ先になることができる。

立地場所が選べるため、農地などが少ない都会近郊などにも設置できる。そのため、輸送コストを減らすことができる。消費地と生産地の距離が縮まることでトレーサビリティの徹底が可能になり、より安全で信頼性の高いものとなる。

今後、植物工場はより発展していくと思われる。植物工場に適した品種というものはまだまだ少なく、開発されれば更なる生産力の向上が考えられる。生育の管理を行っているため、データの蓄積のよって生育段階ごとの適した栽培条件や、栽培条件が与える品質の向上という可能性を秘めている。

植物工場のデメリットは初期コストが高く、設備や建設が新しく必要になってしまう。また、電気代、空調代の費用が掛かってしまう。コスト面はモデルができてしまえば徐々に安くなると考えられる。また歴史が浅いため、作物のバリエーションが少なく、さらに果樹などの栽培はできない。エネルギーも膨大に必要になるため、エネルギー産業と協力する必要がある。

2-5 植物工場の課題

今後の植物工場の課題としてまず生産面の課題が挙げられる。生産コストの縮減、栽培可能品種の多様化、品質の向上・安定化が求められている。経営面として、まだあまり定着していない植物工場産の農作物というものを消費者のニーズに合わせて生産し、販売を

行うことが大事である。そのためには世間での認知を広め、イメージの向上を図る必要がある。また、機能性作物の生産に向け分析や品種改良などを今以上に進めていく必要がある。

2-6 植物工場と持続可能な未来の関連性

今回の植物工場の講演を聞いて、持続可能な未来に植物工場が必要かというところともいえると思います。植物工場は肥料などの環境汚染の面やとても有効で何十年後の地球のことを考えると重要であると思います。また、世界人口は増加すると予想されているため、多くの食料が必要であるが、安定的な生産や栽培層の多層化による面積の節約などによって、より多くの収量を得ることができ、食糧危機という問題の解決策の一つの手段となると思います。しかし、温度・湿度を管理するため空調でのエネルギーの消費や人工光の照射をすることにより通常の露地栽培よりも多くのエネルギーを必要とします。エネルギーの消費量が多いということは、今後、エネルギー不足が起きた時に対応ができなくなってしまいます。持続可能という点では、エネルギーの確保は最も大事で完全人工光型植物工場のように人工光だけに頼ってしまうことはとてもリスクが高いと思います。農業に適している土地では露地栽培を行い、あまり向かない土地（山地や泥炭地）などで生産したい場合に植物工場が必要であると思います。日本などの先進国に関しては、環境負荷を抑え、ある程度安定した生産が必要だと思うので、植物工場は向いていると思います。今後発展し続けるアジア諸国などは、植物工場を建設するという初期コストや莫大なランニングコストが重荷となり植物工場は向かないだろう。しかし、爆発的に増加していく人口に対応した生産を行うためには、日照や温度などが安定しない環境による不安定な生産は厄介だと思います。そのため私は、植物工場が発展途上国でも必要だと思います。先進国が今までに蓄積している植物工場のデータやノウハウなどを発展途上国に提供し、初期コストやランニングコストの削減に協力し、少しずつ植物工場での農作物の生産量も増やしていくことが持続可能につながると思います。なので、植物工場は持続可能な未来には必要であるが完全に頼ることはできないと考えています。

2-7 研修会（チームディスカッション）

「持続可能な未来」にはいくつもの定義があり、提唱する人によって少し異なっている。共通していえることは、将来の世代が利益や要求を満たすことができ、かつ現代の世代の欲求を満足させている社会の事である。この概念には環境と開発が互いに反するものではなく共存し得るものとして捉え、環境保全を考慮した節度ある開発が重要である。

チームディスカッションでは、グループに分かれ持続的な未来についてグループワークを行った。私たちは60年後の社会はどのようになりどんな技術ができているのか可能な限り案を出し、検討しました。ライト兄弟が初めて飛行機で空を飛び、その約60年後には人

類が初めて月に到達しました。このことを考えてみても 60 年という期間での技術の進歩というものはとても大きなモノであることが分かる。

笹尾翔士のグループメンバーは、新日本空調株式会社の社員一名と三菱電機株式会社の社員一名、東京海洋大学、早稲田大学、玉川大学、日本大学の学生 4 名の計 7 名で討論した。空調に関する知識を持ち、電気エネルギーなどが専門の方々が多かった。そこで私たちが考えた技術は個人それぞれが小型の空調機というものを所持し、自分の快適だと考える温度や湿度を身に纏うことができるようになるのという技術です。この技術を考えて背景としては、これから更にグローバル化が進み多くの人が自分の生まれた土地以外でも生活することが多くなると考えたためです。同じ 25℃でも、アフリカ人とロシア人では寒いと暑いと感じるだろう。そのため、小型で服などに取り付けることができる空調機を開発し個人の快適生活を追求しようと考えた。しかし、個人それぞれが空調機を使用すると膨大なエネルギーが必要になると考えられる。エネルギー源はほぼ無限にあると考えられる太陽エネルギーを活用すると考えている。地上で太陽エネルギーを獲得することは気象の影響などにより効率が悪いいため、月に施設を建設しエネルギーを獲得しようと考えた。問題点は月で得たエネルギーをどのような方法で地球に輸送するかということである。

もう一つのグループのメンバーは東京海洋大学、東京農工大学、早稲田大学、玉川大学の学生と三菱電機株式会社の社員一人、杜可人を含めて 6 人である。グローバルの視点から持続可能な社会の実現という未来構想をまとめるということで、「オール船家」と名付けた発想をプレゼンした。

背景としては、何十年後の時代で、地球温暖化により海水がのぼることにより、陸地の面積がどんどん小さくなっていくと想定された。一方、世界人口増加により、人類の居住地は足りなくなる可能性が大きい。そのため、私たちは海の上に住むという発想について考えました。簡単に言うと、「船家」という名前の大きな船の上に家を作ることである。特徴としては主に二つ：一つは自然エネルギーを使用すること。もう一つはオール電化である。まず、船の上で太陽光や風力、そして波力を利用して発電する設備が備えてあることが想定しました。そのエネルギーを使って、船の上にある建物に電気供給することができる。電力に基づき、家の中にある冷蔵庫やヒートポンプはもとより、船の上にある植物工場の働きによって、必要な食物が安定的に手に入れられる。その上、オール電化によって、省エネだけでなく、ガスを使わないことで二酸化炭素の発生を抑え、環境にやさしいという利点がある。さらに、船は移動することが可能なため、悪い天候から避けることもでき、人類がより良い環境で住むことが期待される。

第 3 部 意見交換会

チームディスカッションの後、それぞれのチームの評価をすべて参加者から集計し、学会の主催者が一つのグループを最優秀賞に選び、授賞式を行いました。プレゼンの内容だ

けではなく、チームワークや他のチームからの質問対応などから見ても、一位のチームの発表は確かにすばらしかったと思います。

意見交換会では多くの分野の方々と交流することができました。電気や空調、冷凍といった様々な背景を持つ工学系の研究者たちと話すことができ、ある程度現実に基づいた環境やエネルギー問題についての理解が深まり、今後の環境問題と向き合いながら、生活を豊かにしていくためには、エネルギーの獲得源と使用方法が重要だと感じました。いかに効率よくエネルギーを使い、環境に負荷をかけないように努力するかを今後考えていく必要があると思います。今回の研修会を通して、持続可能とは何かを改めて考えさせられ、自分たちが今やっている食品関係の研究は、どうすれば持続可能な未来社会につながることを実現するのかについても真剣に考え始めました。

第4部 研修会を終えて（事後学習）

研修会では時間の制約もあり、また関連する文献・資料を事前に調べたわけではなかったため、60年後の未来についてその場で参加者が思いつく限りのアイデアを出してプレゼンテーションを行ったが、アイデアを吟味するまでには至らなかった。

そもそも、2080年から2100年というはるか先の未来について考えること自体が日常生活ではほとんどない。それで、実際にそんなことを考えている人はいるのだろうかと思い文献・資料等を検索してみたところ、日本に関しては科学技術政策研究所 科学技術動向研究センターが「2025年に目指すべき社会の姿 - 「科学技術の俯瞰的予測調査」に基づく検討 -」という報告書（2007年3月）を刊行していたが、残念ながら2080年から2100年というはるか先の未来の日本についての構想を述べた文献は見当たらなかった。

それで、海外の文献についてもあわせて検索してみたところ、以下のような文献が見つかった。

Kothari A. 2014. India 2100: towards radical ecological democracy. *Futures*, 56, 62-72.

研修会に参加した技術者たちはほとんど工学や技術の視点のみからテーマに集中して討論したが、この文献はインドの現状に基づき、グローバルな視点からあらゆる方面持続可能な未来について語っている。より完全かつ説得力のある未来とそれに至るまで必要な努力について分析したので、この文献を使って、私たちのグループ調査で考え不足なところを補うと決めました。

4-1. インドの現状を改善するために

インドは世界第三位のエコロジカル・フットプリントを持っているが、資源利用はすでにバイオキャパシティの二倍に達している。このバイオキャパシティ自体は、過去数十年で半分に減少したこともあって、生態的持続不可能の険路に歩んでいる。また、インドは貧困、栄養失調、不平等やその他の社会経済的剥奪を根絶するなど、基本的な社会的目標を達成するのにもがいている。これらの問題は、少なくとも部分的に根本的に欠陥のある発展モデルに帰することができる。

同時に、様々な分野で、持続可能かつ公平なウェルビーイングへ人々の取り組みは進み、いくつかの政策転換もこの方向に行われている。この上で、**Radical Ecological Democracy (RED)** と呼ばれるウェルビーイングの代替体制を想定することができる。生態学的、そして文化的に定義された風景の中に埋め込まれた分権的な意思決定の新しい政治統治；生態的の限界を尊重し、生産と消費を民主化する新しい経済；多様性、集团的相乗効果および公共の革新を大切にする新しい文化や知識基盤社会を指す。代替体制に基づく取り組みと、破壊的な開発に対する人々の抵抗、そして社会の他のセクションからの支援の組み合わせは、2100年までインドをしっかりとこのようなフレームワークへの道を導くことができるだろう。

4-2. Radical Ecological Democracy: フレームワークと原則

Radical Ecological Democracy (RED) というのは、生態的持続可能性と人間平等の二つの支点に基づいて、すべての人々とコミュニティの意思決定による参加する権利と完全な機会を持っている社会文化、政治的、経済的な考え方である。

RED は、一連の原則に基づいており、そのほとんどは今日の支配的システムに表示される原則に非常に異なっている。

原則 1：生態系の健全性と限界

生態的限界の実現に伴う生態学的プロセス、生態系、生物多様性を尊重し、機能的な整合性と回復力に基づき、地球上のすべての生命は、人間平等経済や社会が自分自身を制限する必要がある。

原則 2：公平と正義

社会・文化的、経済的、政治的、生態的、および特定の食品、水、避難所、衣類、エネルギーなど、人間のウェルビーイングのために必要な条件に、現在および将来の世代のすべての人間の平等なアクセス、そして社会的、文化的関係、他の人のアクセスを危険にさらすことなく、人間と自然の他の要素との間の公正も求められる。

原則 3：意義のある参加への権利

ラジカル、参加型民主主義の一環として、私たちの生活に影響を与える重要な決定をするには、一人一人と地域社会が権利を持って有意義に参加するための機能を重要である。

原則 4：責任

各市民と地域社会の有意義な意思決定を保証している責任は、生態系の健全性と社会経済的公平の二つの原則に基づいている。

原則 5：多様性

持続可能性と公平の原則に協和している限り、環境、生態、種、遺伝子、文化、生き方、知識システム、値、経済や生計、そして政治組織の多様性を尊重する。

原則 6：集団共通性と連帯

対人およびインターコミュニティ連帯を支点として、社会・文化的、経済的、および生態的共通性に基づき、集団内の共通管理権と個人両方の自由と革新を尊重し、集団的および協力的な思考とワーキングが求められる。

原則 7：自然の権利

野生や家畜などのすべての生命のコミュニティは尊重されるべきであり、生き残り繁殖する権利を持っている。

原則 8：回復力と適応力

全体としてコミュニティや人類は生態系の維持や外部や内部からの力に対応するのに必要な回復力や適応し維持する能力を持っている。それは多様性という状況が自然の回復を可能にする。

原則 9：従属性と環境地方主義

全てのメンバーが意思決定する際に参加できるほど小さい地方と都市部のコミュニティはそれぞれが生命地域主義や環境地域主義などの地域の基本的な施設に対して報告する義務がある。

原則 10 仲介

開発するということは人間の文明の様々な点と切り離すことができない。発達や改良が目標ならば環境や経済、社会、文化、政策は密接に関係していてしっかりと考えなければいけない。

4-3. RED 政策への移行は可能なのか

RED は人類と自然の持続的で相互を尊重した対話である。それは一つの解決策や計画というだけでなく多様性を持っている。

RED は政府の大きな変更が必要である。そしてそのことは現在の政策や権力のある会社によって抵抗されるだろう。しかし、インドでは今後の 10 年間で移行することが可能だというたくさんの兆候がある。

4-3-1. 支配的な経済成長モデルの要素に抵抗する市民社会の動員の成長

破壊的な開発プロジェクトに対する大衆運動の成長があった。特に都市部の市民社会グループによって支持されていたコミュニティは環境の悪化や変異によって最も影響を受けた。破壊に対する抵抗はポジティブなものであり、建設的な行為である。比較的持続可能なライフスタイルや文化を維持するために抵抗する場合は特に建設的な行為といえる。

4-3-2. 市民社会の基本的なニーズの促進

国の繰り返している失敗は基本的な施設や地方に権限付与などを提供する役割を得るために市民社会組織を刺激している。

4-3-3. 政策の移行と改革

市民社会擁護と構想をする国の中からの進歩主義者による取り組みは経済のグローバル化という一般的な傾向に反対しているいくつかの政策の移行と改革を導く。

4-3-4. 技術の移行

発展途上国はかつてないいくつかの無駄な産業やエネルギー、輸送技術を超効率的なものに飛び越す機会を持っている。発展途上国はほかの先進国によってそのような機会を与えられ支持されている。

4-3-5. 財政上の措置

マクロ経済と財務政策の改革の範囲がより持続可能な方向に向かっていると思われる。重度な農薬を使用した農業のような生態学的な破壊の実行を行っている所から補助金をソフトし、本当に持続可能な有機農業と市民社会グループの数がインドで要求されている。

4-3-6. 意識、教育、能力

生態系と社会意識などに関連する問題に対処する能力は、ここ 2~30 年で急激に上昇している。しかし、意思決定をする者やエリートのビジネスマンの間では生態系を意識していないままである。その原因として、彼らは生態系や社会の崩壊の最も悪い影響の刺激から逃れ、または環境保護運動自体は彼らをターゲットとしていないからだと考えられる。

RED への移行は多様な危機についての意識が広がるような巨大な運動が必要とされるだろう。私たちはそれらの根本的な原因に直面し、重要な解決法を広げる能力を確立する。地方から国まで、一般人から意思決定者まで様々なレベルの人々に、異なる部門に異なるアプローチを要求する。大人の意見を重視しつつ、将来意思決定をする立場になる若い世代

の意見も無視してはいけない。

言うまでもなく、インドだけではそのような運動を行うことは難しい。他の国や人々から教えてもらい、すなわち学ぶ必要があり、他の国とともに RED を実践して、発達していく必要がある。国よりも、積極性を持った民族や集団がそのような新しい社会にリードしていくだろう。

4-4 文献を読んでみて...

この文献を読んでみて、インドの現状として、貧困、飢餓、栄養失調、失業、不平等などの問題点があるとわかりました。これらの問題点が 2100 年で改善されるために、RED という取り組みを行い、理想ではあるが生態系の健全性や平等、市民の有意義な社会への参加、多様性、回復力と適応力、補完性、相互関連性という原理によって、持続的で公平に豊かな生活に移行していくことができるとしています。

私たちのような技術的な話というよりも政策や様々な面を解決することで持続可能な未来を実現できるということが述べてあり、政策や経済、文化を改善することが持続可能な未来につながるとわかりました。私たちのグループディスカッションでは技術的な話と日本の未来ということで考えていたが、社会の構造を少し変えるだけで持続可能な未来を実現することができるわかりました。このことから政策や経済を改善するために技術を上手く組み合わせ、社会の構造を変えることが重要だと考えました。

5. 結論・考察

発展途上国が発展していくことで環境に対する負荷や社会構造が大きく変わると思います。先進国のような経済状況になれば、農業以外の産業が発達し開発が多く行われ環境と開発のバランスが崩れてしまうだろう。そうなれば持続可能ではなくなってしまう可能性がある。ブータン王国などあまり発展していなくても幸福度指数が高いということがあります。先進国と発展途上国の発達レベルに大きな差ができることは良いことだとは思いません。そのため、私はある程度の発展は必要だと思います。先進国が発展途上国の開発をサポートして、環境資源の循環利用などの技術を提供し環境と開発のバランスが崩れないようにすることが大事だと思います。

個人的な意見として、発展途上国では人口の爆発などにより貧困であったり生活レベルに差が出てきてしまうところが問題で、低い水準で生きている人たちは環境に配慮したりする余裕はないので、まずは貧困ということを解決する必要があると思います。食品の研究をしている身として、栄養の富んだ食品や保存性の高い食品などはとても大事だと思っていたが、今回の持続可能な未来ということを考えてみて、もっと根本的な農作物や家畜、それらを消費者にしっかりと行き渡らせるような技術や社会構造が大事だと感じた。このようにして生活の水準を上げることで環境へ配慮することが可能になり、市民の社会への

参加や環境保護運動などにつながると思います。そのため、食材の確保と環境への配慮の2つを抑えている植物工場は重要な技術だと考えられる。発展途上国にも導入しやすいように先進国が今後データを蓄積し、効率の良い栽培方法や施設管理の仕方などを提供することが大事だと思います。

持続可能な未来とは、生態系や文化の多様性と人間の社会への参加の仕方を改善することが大事で、人間と環境や技術とのバランスが整っていれば実現が可能だと考えられます。

Thinking Sustainable Future

Ideas on sustainable future corresponding to globalization

Shoji SASAO
(笹尾翔士)

Keren DO
(杜可人)

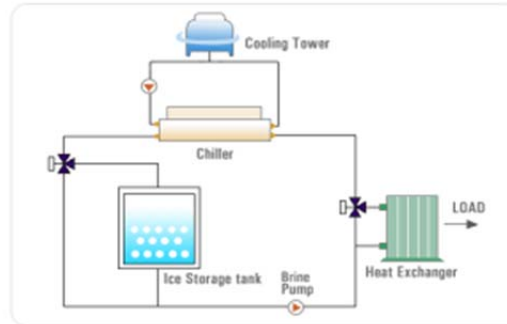
CONTENTS

- Workshop for young engineers (held by Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers on October 24, 2014)
 - Part 1: Visit to Tokyo Denki University
 - Part 2: Lecture on plant factory
 - Part 3: Group discussion about sustainable future
- Supplementary literature review:
 - India 2100: Towards Radical Ecological Democracy

Part 1: Visit to Tokyo Denki University ①

- **Ice thermal storage system:**

For making hot water and ice by night electric power; the stored heat will be used for daytime air conditioning and so on.



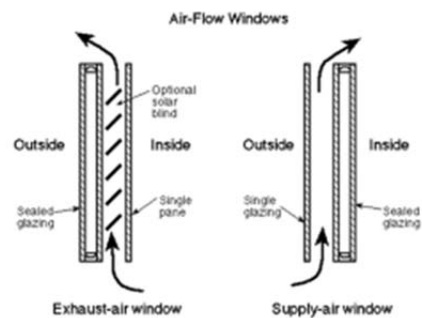
Part 1: Visit to Tokyo Denki University ②

- **Air conditioning:**

By changing the intensity of the blowing wind from the air conditioner, body temperature of a human being is expected to decrease.

- **Airflow window system:**

The exhaust air of room passes through double-glazed windows which prevents heat from outside.



Part 2: Lecture on plant factory

(Given by Prof. Maruo from Chiba University in Mayekawa MFG. Co.,Ltd.)

Plant factory:

Especially in the field of horticulture, based on the monitoring of the environment and growth of plants, these facilities are able to plan the life cycle of products such as vegetables, by performing an advanced environmental control and growth forecast.

There are mainly 3 types of plant factory:

- 1) Solar energy type
- 2) Combination type (solar and artificial lighting)
- 3) Artificial lighting → Increase of water and CO₂ utilization efficiency

2.1 Merits of plant factory

Merits on yields:

Three-dimensional, multi-layered → Greatly increased production per land
Enable environmental control → Stable harvest can be achieved without being affected by the temperature or soil

Merits on resources:

Appropriate fertilizer management → Reduce environmental impact
Enormous consumption of CO₂ → Possibility of being the acceptance destination of CO₂

Merits on society:

no restriction on the location → Participation in agriculture can be achieved without farmland;
→ Become a supply means of food and vegetables in places with difficulties in agriculture: Antarctica and in the deep-sea vessels



.....Other merits.



写真1 千葉大学拠点のレタス生産システム
(株みらいの10段栽培システム)

2.2 Necessity of plant factory

Background

- Reduction of agricultural population  Be reduced to the current 1/3-1/4 in 10 years.
- Techniques that can be obtained from experience is vanishing, which brings a possibility of low quality of products.
- Low food self-sufficiency  Difficulty to ensure foods when fallen into a global food crisis

Agricultural productivity in 2020 will be reduced by 25% compared with 2005



Plant factory is desirable where large labor force needed nowadays not being required.

2.3 Tasks of plant factory

Two main tasks of plant factory:

1) Diversification of possible cultivated varieties

- Currently, varieties of fruits and vegetables are limited to such as tomato and paprika.
- Necessary to develop varieties that are suitable for plant factory.

2) Necessity of enormous amount of energy

- To secure a large amount of energy for the environmental control of the air-conditioning and light source which is carried out by machine.
- Need of cooperation with the energy industry.

2.4 Connection of plant factory and sustainable future

Sustainable future :

A society that meet the interests and demands of future generations, as well as satisfying the desire of the modern generation, where the environment and development can coexist, by moderate development in consideration of environmental conservation.

Since plant factory has the characteristics as below:

- 1) Stably producing crops without being affected by changes in the environment
- 2) The energy efficiency is high despite the large amount of energy use
- 3) According to the appropriate usage of fertilizer and management of CO₂ usage, the environmental load is reduced.

It meets the demands of creating a sustainable future well.

Part 3: Group discussion①

— ideas about sustainable future

Background

Globalization → living in various environment
investigating personal comfortable life

Contents

Comfortable area → developing a personal air conditioner

Problem

Needing energy
The source of supply of the energy from the sun



Space Solar Power System

Group discussion ②

—Residence on boats:

- Background:

1. The increasing proportion of the sea due to global warming;
2. The growing population

- Contents:

1. Use of natural energy;
2. Maximized use of electricity by the gained energy

- Prospects:

Better environment for creatures to live

Supplementary literature review: India 2100: Towards Radical Ecological Democracy

Status of India:

- On a steep path of ecological unsustainability;
- Peoples' initiatives at sustainable and equitable well-being in various sectors are growing, and some policy shifts have taken place in this direction.

Building on this, an alternative framework of well-being—

Radical Ecological Democracy

can be envisaged.

India 2100 Radical Ecological Democracy (RED)

- Framework and principles of RED:

1. Framework:

(Human well-being; ecological sustainability; human equity)

2. Principles:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1) Ecological integrity and limits | 6) Collective commons and solidarity |
| 2) Equity and justice | 7) Rights of nature |
| 3) Right to meaningful participation | 8) Resilience and adaptability |
| 4) Responsibility | 9) Subsidiarity and ecoregionalism |
| 5) Diversity | 10) Interconnectedness |

Is such a transformation possible?

- Although the author admits it perhaps seems utopian, the author claims there are many signs that a transformation is possible over the next few decades, including:

1. Growing civil society mobilization to resist elements of the dominant economic growth model
2. Civil society facilitating basic needs
3. Policy shifts and reforms
4. Technological shifts
5. Financial measures
6. Awareness, education, capacity

Concluding Remarks

- The visit to Tokyo Denki University:

Recognize that effort made on the design of management system which contributes to the energy conservation and environmental protection.

- Lecture on plant factory:

Suggest the possibility of a sustainable future, with consideration of the environmental issues.

- Communications with researchers from different universities and companies:

Exchange of ideas and creativity challenge.

- Literature Searching :

For a deeper exploration of sustainable future.

Conclusion Remarks ②

- Through this experience

the balance between environment and development is important.

When the developing countries develop, the important thing is to care for the environment.

Developing countries should cooperate with developed countries and develop by environment-friendly technologies.