

グリーン ILC を契機とした地域熱エネルギー循環モデルの提案

PROPOSAL OF REGIONAL THERMAL ENERGY CIRCULATION MODEL TRIGGERED BY GREEN ILC

水戸谷剛^{#, A)}, 吉岡正和^{B)}

Goh Mitoya^{#, A)}, Masakazu Yoshioka^{B)}

^{A)} Higashi Nihon Kidenkaiatsu Co.,Ltd.

^{B)} Tohoku and Iwate University

Abstract

The International Linear Collider (ILC) is a large-scale accelerator facility which requires a large amount of electric power, with a peak annual power consumption at 164 MW and one billion kWh, respectively. In addition, it should be mentioned that in the Tohoku-district which is where the candidate site (Kitakami-highland) is located, has the distinguishing features of high agricultural, forestry and fishery production. In this paper, we propose to develop a new innovative industry, as part of the so called “sixth sector industry”. This process will fuse together in harmony the primary, secondary and tertiary industries of Tohoku. This idea can be in accordance with the necessity of the “Green ILC” concept. The following key issues are indispensable for the Green ILC: (1) waste heat recovery technology from the ILC and/or other various facilities using large amounts of thermal energy or electricity, (2) development of production technology for the primary industries, and (3) establishment of a realistic and sustainable business plan by considering market and financing strategies.

1. ILC 計画とグリーン ILC

国際リニアコライダー (ILC) は、全長 31 km~50 km の地下トンネルに建設される大規模研究施設であり、世界最高、最先端の電子・陽電子衝突型加速器である。世界中の研究者が協力し、世界に一か所だけ建設する計画として進んでいる。2013 年 8 月 23 日に研究者で構成された ILC 立地評価会議は、技術的観点および社会環境の観点から「ILC の国内候補地として、北上サイトを最適と評価する」との結論を公表し、現在、東北地方の北上山地 (岩手県、宮城県) での建設が有力視されている。「知」のフロンティアとして、世界中の科学者が集積することにより、科学の発展、イノベーション創出による産業・技術への波及だけでなく、建設候補地である東北地方では、日本からの文化発信などを含めた地域の未来づくり、地方創生が大きく期待されている。

ILC 運転時の総消費電力は、500GeV 衝突エネルギー時に 164MW、年間消費電力は 10 億 kWh となる大電力負荷施設である。これだけの電力を使用して行う科学実験は、その電力供給圏内の人々の日常生活に支障をきたすことがあってはならず、その住環境に排熱、騒音、景観などで影響を与えることは最小限にとどめなければならない。よって、建設の実現と施設の運転にあたっては、構成施設全体の効率を最大限に高め、電力エネルギーを効率よくビームエネルギーに変換するとともに、運転に伴う排出エネルギーを回収し、再利用する方策をとることが課題となっている[1]。この課題解決には、「グリーン ILC」という考え方で、①加速器構成設備の徹底的な省エネと高効率化②再生可能エネルギーの利用③排熱エネルギーの回収と地域産業への活用の3つの方向により、先端加速器科学技術推進協議会 (AAA) を中心に検討を進めている。

[#] goh.mitoya@kidenkaiatsu.co.jp

2. 熱エネルギーの回収と地域産業への活用

本稿では、「グリーン ILC」コンセプトのうち「排熱エネルギーの回収と地域産業への活用」について考察し、提案を行う。

Figure 1 に、我が国のエネルギーバランスを示す。

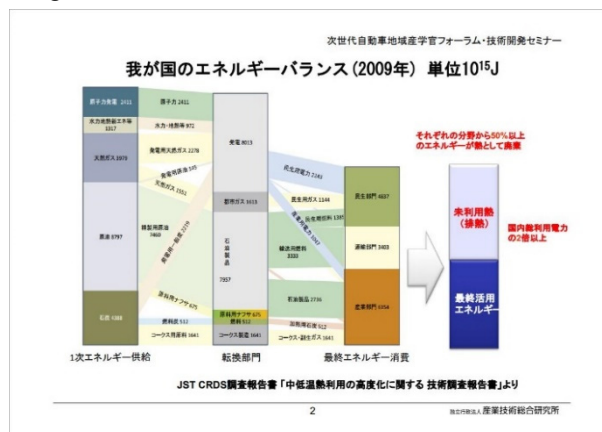


Figure 1: Japanese Energy Balance [2].

最終エネルギーとして消費される 2 次エネルギー量は、1 次エネルギー供給量の約 2/3 であり、転換時に約 1/3 のエネルギーが失われている。さらに需要家の効用を充足するための最終活用エネルギー量はさらに減少し、1 次エネルギー供給量の約 1/3 程度であると推定されている[3]。また、最終エネルギー消費量のうち約 4 割は熱利用であり、熱エネルギーの効率的利用や、再生可能エネルギー熱への転換を図ることは、化石燃料使用量の削減を通じたエネルギー安全保障の強化、温暖化排出ガ

スの削減等の観点から重要である[4]。よって、エネルギー需給における熱エネルギーの位置づけが重要であり、国策として国土交通省や文部科学省が連携し取り組むなど、熱エネルギーの貯蔵・輸送、未利用熱エネルギー活用、革新的構造材料などをキーワードに研究が進められている。

また、地方創生が大きく叫ばれる中で、地域活性化の観点においてもエネルギーへの取組みは重要である。Figure 2 に日本の貿易に占めるエネルギー取引割合を示す。

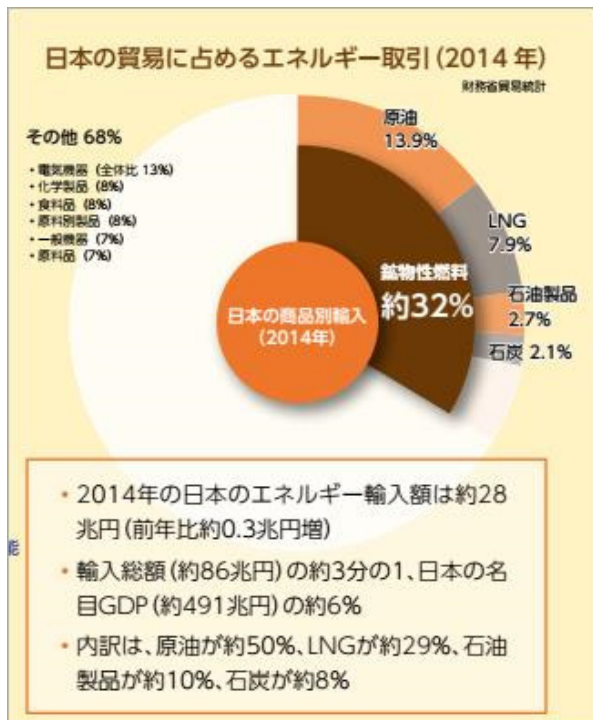


Figure 2: Energy dealings occupied in Japanese trade [5].

日本のエネルギー輸入額は、約 28 兆円で輸入総額の約 1/3、名目 GDP の約 6% を占める。これはまさに国富が海外に流出していることを示している。候補地である岩手県ではどうか。Figure 3 に地域経済分析システム (RESAS) による地域経済循環図を示す。年間 6,273 億円の資金が地域外に流出していることがわかる。このうちエネルギーへの支出に関するデータは入手できないが、「エネルギーシフト」を提唱する村上敦氏の著書[6]を引用すると、世帯当たりの年間エネルギー支出額を 30 万円として民生用消費額を試算、産業用はその倍とし、その総額のうち 7 割が地域外に流出していると仮定すると年間 3,295 億円となり、これは岩手県の名目 GDP 比約 8% となる。

地方では日本全体の課題を先取りする形で、人口減少、地域経済の疲弊、中心市街地の空洞化、地域コミュニティの弱体化、公共交通の衰退といった問題が顕在化し、自治体消滅の危機が取りざたされている。そのような中で地域を維持・発展させるためには、資金やモノが地域内で繰り返し投資され、雇用も生み出すような地域循環型の経済をつくる必要がある。人間が暮らすために欠かせないエネルギーにおいて、地域資源を活用し、地

域内の産業に結び付けることで投資を促し、雇用も生み出すような地域循環型の経済をつくっていくことが重要と考える。

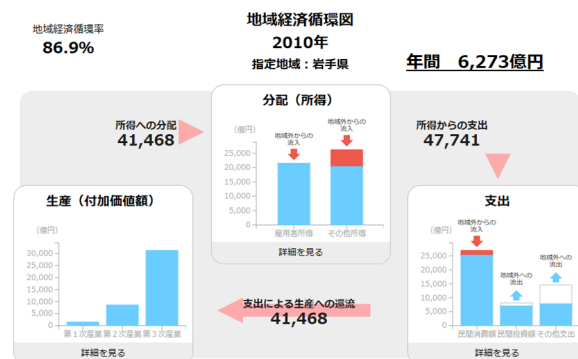


Figure 3: Regional economic circulation figure of Iwate.

ILC では、年間 10 億 kWh の電力は研究利用後にほとんどが 100°C 以下の低密度熱エネルギーとして地上に搬送される。従来、このような低密度熱エネルギーを電力として回収することは極めて効率が低いため、未利用のまま空中に放散し、廃棄していた。この低密度熱エネルギーを「熱エネルギー」のまま回収し、これを契機として地域産業に活用する。

尚、ILC 研究施設やコジェネ施設からの廃熱回収技術については、昨年の本学会において石田聖氏による「ILC におけるエネルギー・マネージメントに関する考察と提案」[7]により詳しく検討されており、本稿では割愛する。

3. 岩手県の特徴

建設候補地の多くを占め、筆者が居住する岩手県は、東北地方の北部(北東北)に所在し、北は青森県、西は秋田県、南は宮城県と境界を接している。面積は 15,275.0km²で、日本の都道府県としては北海道に次いで 2 番目に広く、ほぼ四国 4 県の面積に近い。県の人口およそ 130 万人のうち、100 万人以上(7 割強)が奥羽山脈と北上山地に挟まれた内陸部の北上盆地に集中している。内陸部には東北新幹線や東北循環自動車道などの高速交通インフラが整備されているが、その他の地域では交通インフラが未発達であり、特に内陸部と沿岸部を行き来するためには一般国道などにより急峻な峠を上り下りする道となっている。盆地と海岸部以外は山地や丘陵地が多い自然豊かな県である。

農業産出額は 2,544 億円(2006 年、農林水産統計)、食料自給率は 106%。広大な面積と、山岳に囲まれた地形のため、地域によって気候が異なり、特性に応じてさまざまな形態の農業が営まれている。伝統的に穀物、畜産業が盛んである。林業は、生産高 188 億円(2005 年)と全国 5 位となっている。

前述の通り、総面積は全国 2 位であるが、可住地面積割合は 24.3%と低く、県土の大半を山林が占めている。この状況から主要産業である農業の耕地面積においてもその 8 割は中山間地域に所在している。このことは豊かな自然環境と地形や気候条件などを活かした様々な作物栽培や経営形態を可能にする一方で、大規模に経営耕地を集積することは難しいことを意味する。

4. 革新的蓄熱技術

熱エネルギーの効率的活用の一つとして、地域冷暖房による熱の面的利用がある。ILC 運転に伴う大規模な排熱を回収し、熱導管を通じて一定エリアの需要施設に供給することは有効な回収熱エネルギーの活用方法である。しかし、熱の面的利用の条件[8]となる大規模排熱供給施設の周辺に大規模な熱需要施設を集積することは前述の通り難しい。

3. 建物間熱融通の条件

■建物間熱融通に必要な条件

- 複数建物を配管で接続するため、熱融通を行う建物同士が近い距離にあること
(隣接していること、主要道路を挟まないことが望ましい)
- お互いの熱源を接続するため、融通を行う建物の熱源設備が集中方式であること
(ビル用マルチエアコンの場合は困難)
- 経済性の面からある程度の規模が必要である。建物用途などにより異なるが、5,000㎡以上、できれば10,000㎡以上の規模が望ましい。

Figure 4: The condition of the between the building heat accommodation.

しかし、この課題を解決するカギとなる革新的な蓄熱技術が開発されている。

それは、産業技術総合研究所が開発した低温排熱の蓄熱が可能な高性能無機系吸放湿材「ハスクレイ」をベースに、さらなる高蓄熱密度化と低コスト化が実現可能な改良型ハスクレイである。ハスクレイへの水の吸着／脱着反応により放熱／蓄熱を行うもので、蓄熱時の熱ロスがなく、80℃～120℃の低温排熱を蓄熱可能、588kJ/ℓ の高い蓄熱密度を実現した。すでにオフラインで熱輸送する実用化検証試験が開始されたことをNEDO が今年 3 月にリリースした[9]。

5. 岩手県における地域熱エネルギー循環モデルの提案

革新的蓄熱技術を課題解決のブレークスルーとして、大規模な熱エネルギー供給施設となる ILC と中小規模で分散した地域の産業、熱供給設備をネットワーク化する熱エネルギー循環事業を以下に提案する。



Figure 5: The form that a ILC green city aims[10].

Figure 5 に示すように ILC 施設に計画されているメイン/サテライトキャンパスや ILC 建設に伴い立地される

熱需要施設は熱導管による地域熱供給で面的に熱エネルギーの融通を行う。同時に、回収熱を蓄熱材に充填する施設も構築する。中小規模で分散した熱需要施設には、熱充填した蓄熱コンテナを活用し輸送システムを構築して供給する。

熱充填施設は ILC に限らず、低温排熱で蓄熱可能な特徴を活かし、低密度エネルギーを回収する。ごみ焼却施設や地熱発電施設、温泉やクリーニング工場などこれまで利用できずに廃棄していた熱も価値あるものとして供給できる仕組みとする。

オフライン輸送システムは、県内を概ね広域 4 ブロック (半径 40 km 圏、Figure 6) に区分し、それぞれに広域配送拠点を置く。さらにそのブロック内は小規模な配送センターでネットワークを構築する。

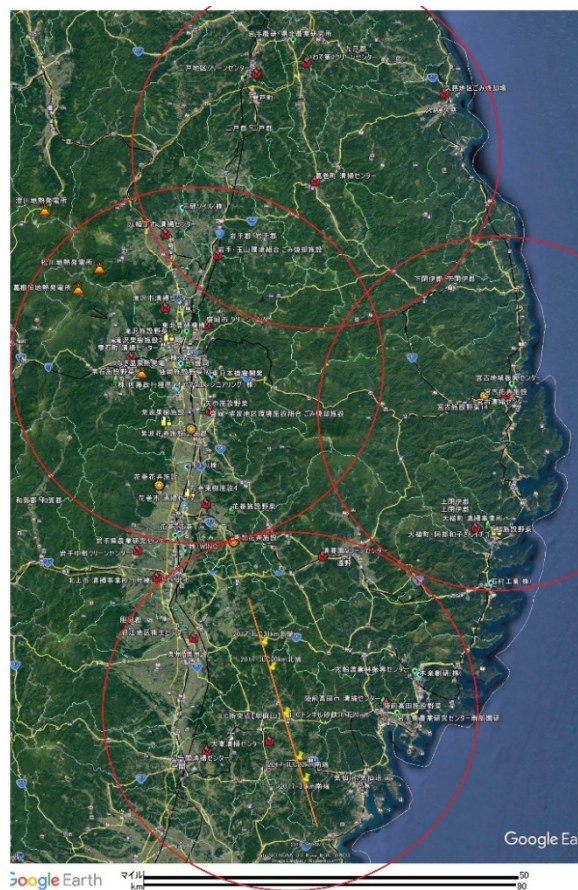


Figure 6: Wide area block and heat supply facilities Map data ©Google [11].

蓄熱コンテナは、高圧ガス等の規制がなく、安全に輸送できるものであり、広域ブロック間の輸送には利用者減少により維持が難しい公共交通機関と連携することで、地域内の公共交通インフラ維持と価値循環を両立することも可能となる。

需要施設は、ビルや工場だけでなく、農業や漁業、林業など幅広い産業に対応する。そのため、蓄熱コンテナはキューブ形態で規格化し、需要施設に合わせて結合や小分けできるものとする。中山間地域における施設園芸栽培では、60 坪から 100 坪程度の農業用ハウスが多いため、農家が小規模配送センターに軽トラックで立ち

寄り、充填された蓄熱コンテナの受取り、使用済みコンテナの返却ができる。

これら熱エネルギーの需給や配送管理はエネルギーマネジメントシステム(EMS)によって管理する。蓄熱時のロスがないことから、季節間の需給調整や災害時のBCPとして活用することも期待できる。

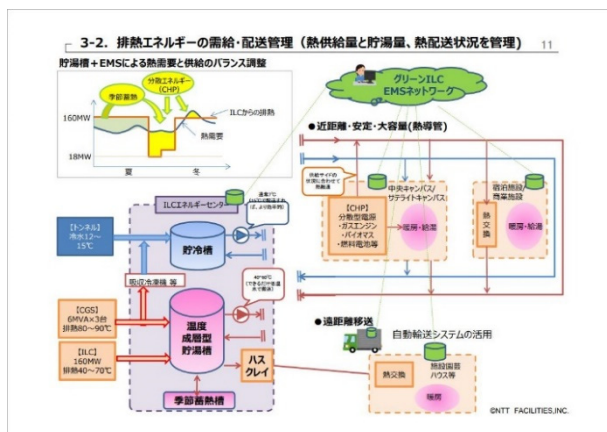


Figure 7: Supply / Demand and Delivery of heat Energy Management System[10].

提案する事業実現には、現時点において技術的(蓄熱コンテナ、蓄放熱設備など)、制度的(熱量の計量、広域取引管理など)、経済的(LP ガスレベルの経済性)な課題が多くある。しかし、地域の未来を創るビジョンを共有し、地域の産学官金が連携し取り組むことで新たな価値創造のチャンスとすることが出来るだろう。

ILC 計画を契機に、グリーン ILC コンセプトのもと、地域の特徴をいかし、その資源と産業を結び付けることで地域の活性化、地方創生を実現する。地域の未来づくりを成功させるためには、その地域の人々が主体者として取り組むことが絶対条件である。地域の事業者の一人として、多くの人々と関わりこの熱エネルギー循環事業の実現を目指していく。

謝辞

本稿は、ILC に関する各種セミナーや TDR などで公表されたデータをベースに考察を行った。特に、AAA の CIVIL 部会まちづくりWGの皆様には貴重な技術情報の提供や助言をいただいた。ここに記して謝意を表すものである。

参考文献

- [1] 先端加速器科学技術推進協議会 Green-ILC AAA-2015 報告書.
- [2] 産業技術総合研究所 未利用熱の活用技術開発の動向.
- [3] 科学技術振興機構 中低温熱利用の高度化に関する技術調査報告書.
- [4] 資源エネルギー庁 熱の有効利用について.
- [5] 外務省 日本のエネルギー外交.
- [6] 村上 敦 キロワットアワーイズマネー kWh=¥.
- [7] 石田 聖、吉岡 正和 ILC におけるエネルギー・マネジメントに関する考察と提案.
- [8] 国土交通省 都市・地域整備局 建物間熱融通普及促進

マニュアル.

- [9] NEDO 100℃以下の廃熱を利用可能なコンパクト型高性能蓄熱システムを開発.
- [10] NTT ファシリティーズ 平井 貞義、上田 里絵 AAA CIVIL 部会 4WG 資料.
- [11] 地図データ Google Earth.