

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

国際戦略編

地球温暖化緩和技術のバリューチェーン評価と統合的貢献
アプローチ(Integrated Contribution Approach)(Vol.2)

ーケーススタディ：太陽光発電システム,CO₂ 排出量および
エネルギー消費量の評価ー

平成30年2月

“Value Chain Assessment of Technology for Climate Change Mitigation and
Integrated Contribution Approach(vol.2):

PV Power Systems, CO₂ Emissions and Energy Consumption”

Strategy for International affairs

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2017-PP-22

概要

2017年3月に発行したLCS提案書「地球温暖化緩和技術のバリューチェーン評価と統合的貢献アプローチ(Integrated Contribution Approach)」では、太陽光発電システムの製造と利用のバリューチェーン評価の結果を報告した。特に、LCSの定量的技術システム構築研究の研究成果をもとに、主要な原材料に遡り、コストが発生する地域別(日本、他先進国、途上国)に、経済的な効果を試算した。前LCS提案書で不足していた点は、製造から設置までのCO₂排出量とエネルギー消費量の評価である。本提案書は、続編として、CO₂排出量およびエネルギー消費量について検討を追加した。経済的影響は日本への影響が62%だったのに対し、CO₂排出量とエネルギー消費量では、それぞれ40%、40%と低い。日本では、基本材料よりも、製造設備やインバータなど、付加価値の高い設備技術が製造されるからである。今後の他技術への展開、他指標への応用など、政策議論に応じて検討を加えていくことが重要である。

Summary

In the LCS proposal “Value Chain Assessment of Technology for Climate Change Mitigation and Integrated Contribution Approach: PV Power Systems” which was issued in March 2017, we reported the results of value chain evaluation of manufacturing and utilization of solar power systems. In particular, based on the research results of LCS's Quantitative Technology Scenario Research, the economic effects by regions where costs occur (in Japan, other developed countries and developing countries) were estimated, tracing back to main raw materials. The point lacking in the previous proposal was the evaluation of CO₂ emissions and energy consumption from production through to installation. This proposal added indicators for CO₂ emissions and energy consumption. While the economic impact on Japan was 62%, CO₂ emissions and energy consumption were as low as 40% each. In Japan, it is more the manufacturing equipment, inverters and other high value-added equipment technologies that are manufactured, than the basic raw materials. Further consideration will be important in response to policy discussions, such as future development to other technologies and application to other indicators.

目次

概要

1. はじめに.....	1
2. 方法論.....	1
3. 結果.....	3
4. まとめ.....	6
5. 政策への含意.....	6
参考文献.....	7

1. はじめに

LCS では低炭素社会の構築を目指しており、低炭素化に資する技術（低炭素技術）の利用を世界的に推進することは重要である。2014 年に、地球規模の温室効果ガス削減のための国際的枠組みの考え方として、エネルギー・環境技術の普及促進と移転による Integrated Contribution Approach（統合的貢献アプローチ、ICA）を発表した（LCS 提案書¹⁾[1]）。2015 年に太陽光発電を例にとり、ポテンシャル種別毎の地域別（日本、他先進国、途上国）削減量を試算し評価し、ICA の 4 つの柱である「技術開発」「技術移転」「削減量定量化」および「プロジェクト推進のためのファイナンススキーム」への示唆をまとめた²⁾。2017 年 3 月には、技術が世界で製造され利用されることによる経済効果を広く評価するため、LCS 定量的技術システム構築研究の研究成果をもとに、バリューチェーン分析を行った（Vol.1[3]）。具体的には、日本国内で利用される、あるいは日本企業が国内外で製造する太陽光発電システムを例にとり、セル、モジュール、インバータなど周辺設備について、主要な原材料に遡り、経済的コストが発生する地域別に分類し、経済的な効果を試算した。本提案書は、続編として、CO₂ 排出量およびエネルギー消費量について検討を追加した。

2. 方法論

LCS では定量的技術シナリオを用いたコスト構造分析の手法を構築しており、太陽光発電の研究⁴⁾では、セル製造、モジュール製造、設置段階に用いられている各原材料や製造機器の仕様等と重量等、およびその製造コスト、CO₂ 排出量を評価した。ここでは、地域別影響の視点を加えて評価した平成 28 年度の LCS 提案書³⁾[3]で行った方法をもとに、経済影響だけではなく、CO₂ 排出量とエネルギー指標で評価できるようにモデルを改良した（詳細は文献⁵⁾[5]を参照）。具体的には、セル製造、モジュール製造、流通、設置の各 4 段階について、材料・部品の製造、設備の製造、用役利用の際の誘発 CO₂ 排出量と誘発エネルギー利用量を試算した（図 1 参照）。CO₂ 排出量とエネルギー消費量原単位には、IDEA データベース⁶⁾[6]を用いた。尚、経済影響を試算した際（Vol.1[3]）に評価した人件費、企業運営管理費については、今回の評価は該当しない。太陽光発電システムのセル・モジュール出荷量は Vol.1 と同じ 2014 年の値を使った。流通段階の輸送部分については、移動距離平均とトンキロあたり CO₂ 排出量とエネルギー消費量原単位から計算した²⁾。また、各材料や機器の調達地域については、Vol.1 で検討したものと共通である。遡及する材料は、図 2 に示したとおりである。Vol.1 で検討に入れた材料と種類が異なる。これは、本評価で製造に伴う CO₂ 排出およびエネルギー消費の占める割合が高く影響があるものを新たに評価に加えたためである³⁾。試算に用いたセル・モジュールの基本設定事項は表 1 に示した。

¹⁾ 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、科学技術振興機構低炭素社会戦略センター（以下、LCS 提案書）。

²⁾ 実際には、製造時に使用するエネルギー源、電力原単位は各地域で構成が異なる。IDEA データベースの原単位数値の、輸入分については主要輸出元のエネルギーや電力原単位を用いて求められているため、日本製造分については妥当な数値であると考えられる。ここでは、他国で製造される太陽光発電分（全体の 3 割程度）については便宜的に日本の数値をそのまま用いた。

³⁾ この追加の結果に合わせ、本研究では経済影響も数値を見直した。

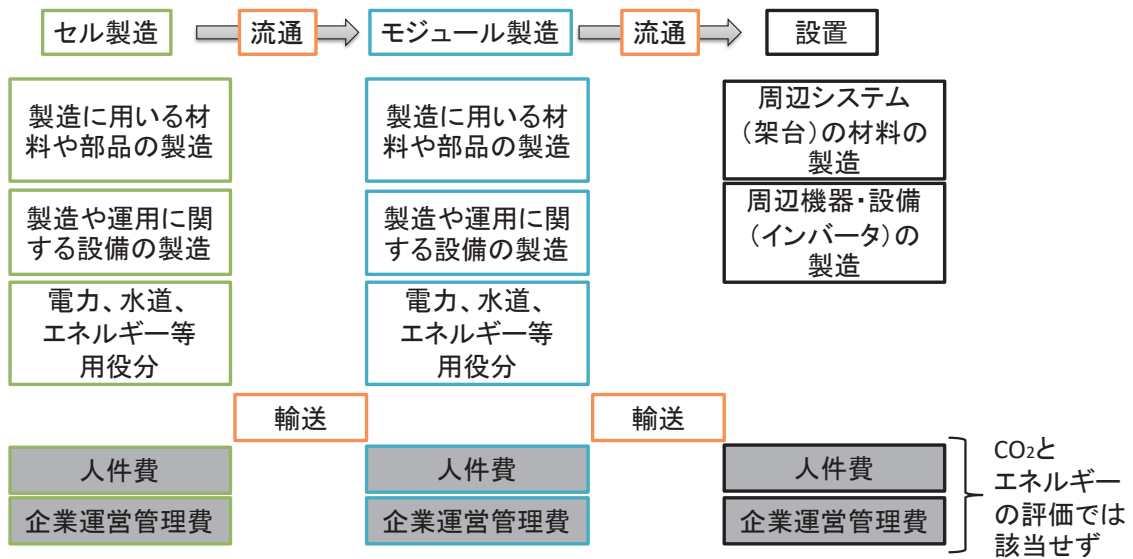


図1 バリューチェーン評価において考慮した項目

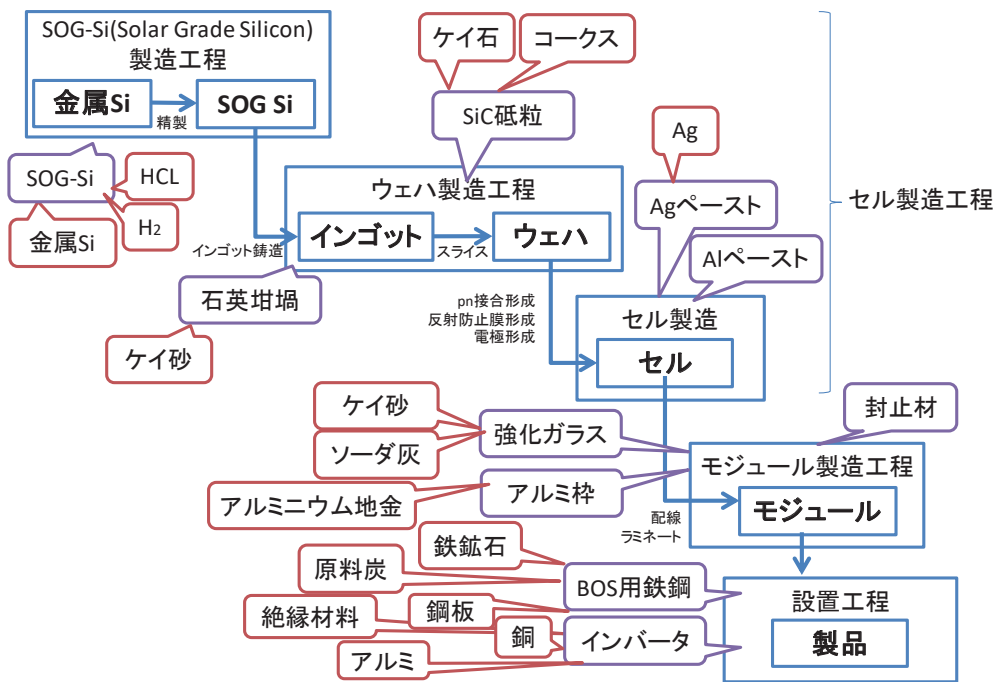


図2 太陽光発電システムバリューチェーン評価において検討した材料

表1 試算に用いた太陽電池セル・モジュール基本設定

単結晶太陽電池モジュール効率	17%
多結晶太陽電池モジュール効率	14%
セルサイズ	156 mm
モジュール面積	1.3 m ²
生産プラント規模	1 GW

3. 結果

図 3 に、日本に関連した太陽光発電利用および製造に関する、誘発される CO₂ 排出量およびエネルギー消費量の計算結果を地域別に示した。また、Vol.1 で示した誘発経済影響の再計算結果についても示した。尚、結果は 2014 年の生産量、出荷量データを元に計算したものである。結晶太陽電池モジュールの国内出荷は、単結晶、多結晶を合計して、8.4GW（うち日本企業 5.5GW、海外企業 2.9GW）、海外出荷（日本企業）は 0.24GW である。

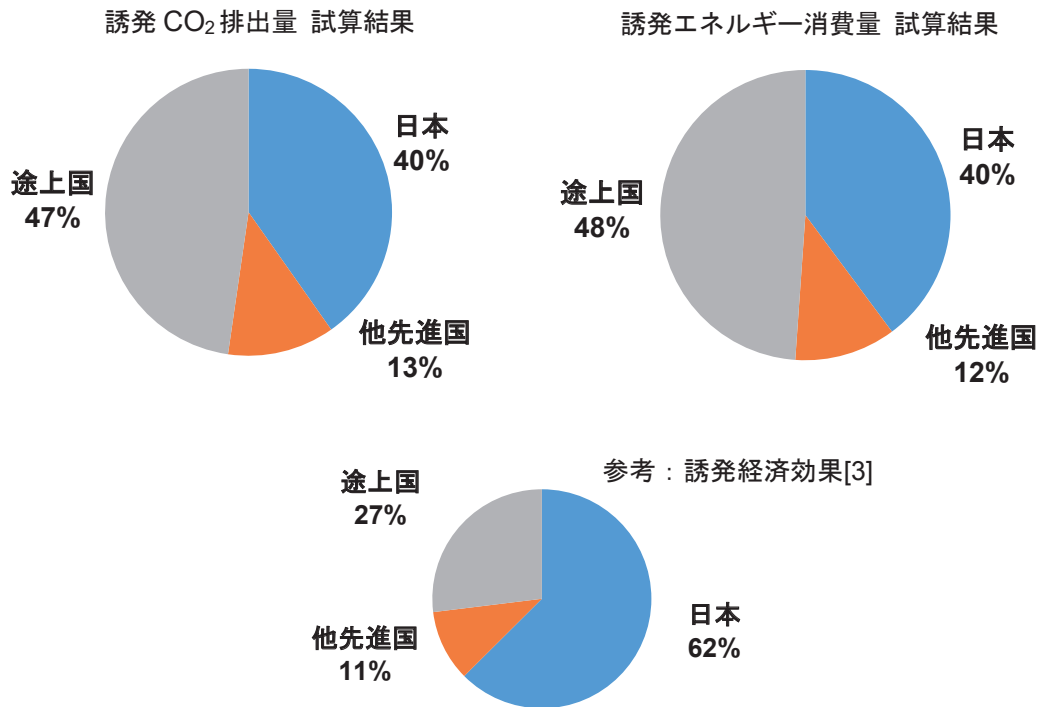


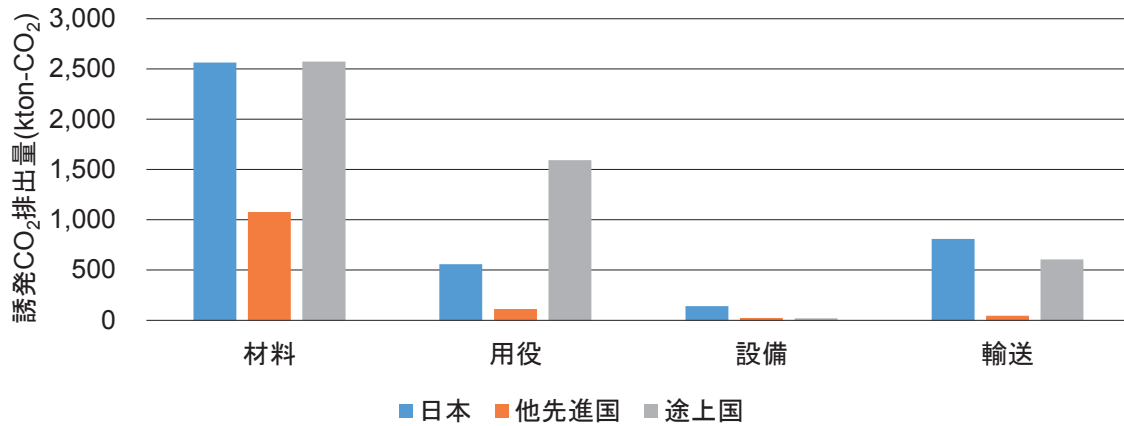
図 3 地域別：日本に関連した太陽光発電システム利用および製造に関する

(左) 誘発 CO₂ 排出量、(右) 誘発エネルギー消費量の試算結果；(下) 参考：誘発経済効果[3](2014 年)

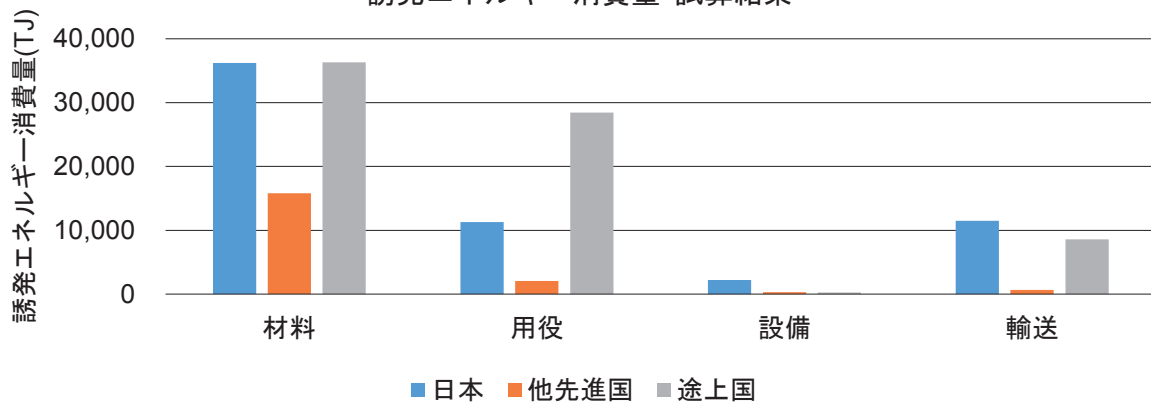
CO₂ の 40% は日本で、47% は途上国、13% が他先進国で排出されることがわかった。また、エネルギー消費量は、同、40%、48%、12% であった。経済影響は 62%、27%、11% であり[3]⁴⁾、それと比較すると、CO₂、エネルギーともに、海外への影響が大きい。図 4 には用途別、図 5 には工程別の結果を示した。材料製造にかかる CO₂ 排出、エネルギー消費が多い。一方、設備による CO₂ とエネルギーへの影響は、経済影響に比べて少なくなった。設備は、高付加価値製品であり、価格あたりの CO₂ 排出量あるいはエネルギー消費量が少ないためである。段階別の結果でも同様の結果を読み取ることが出来る（図 5、図 6 参照）。セル・モジュール製造段階の CO₂ とエネルギーが大きく、他国への影響度も高い。特にセル製造段階が高いことがわかる。一方、設置段階での影響は、コスト面では大きかったが、CO₂ およびエネルギーでは、最も低くなった。設置段階は設備調達分があることと、設置段階のコストで大きかった人件費がなくなったことが理由である。ただし、日本への影響でみると、設置段階が一番大きい。

⁴⁾ 今回の検討で共通で用いるデータ等の更新により、結果の値の変更があった。本提案書では誘発経済効果の最新の数値を掲載した。

誘発CO₂排出量 試算結果



誘発エネルギー消費量 試算結果



参考：誘発経済効果[3]

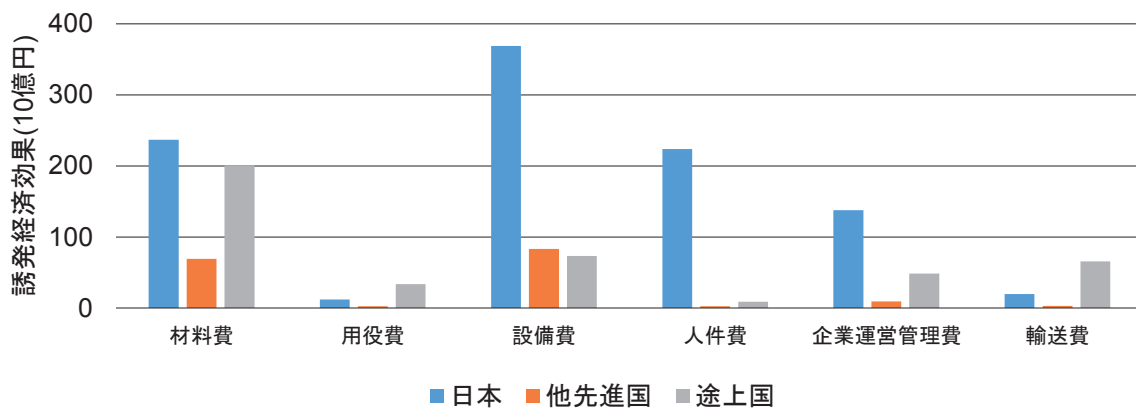
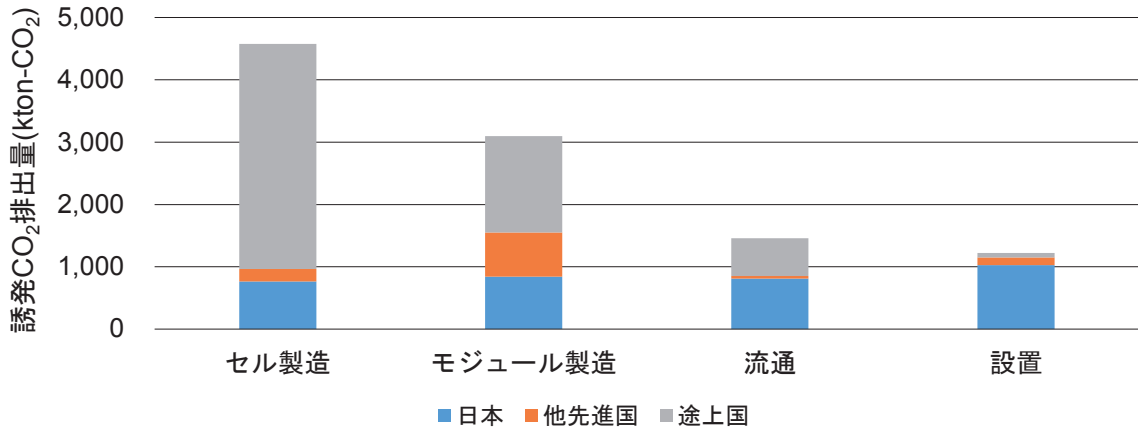
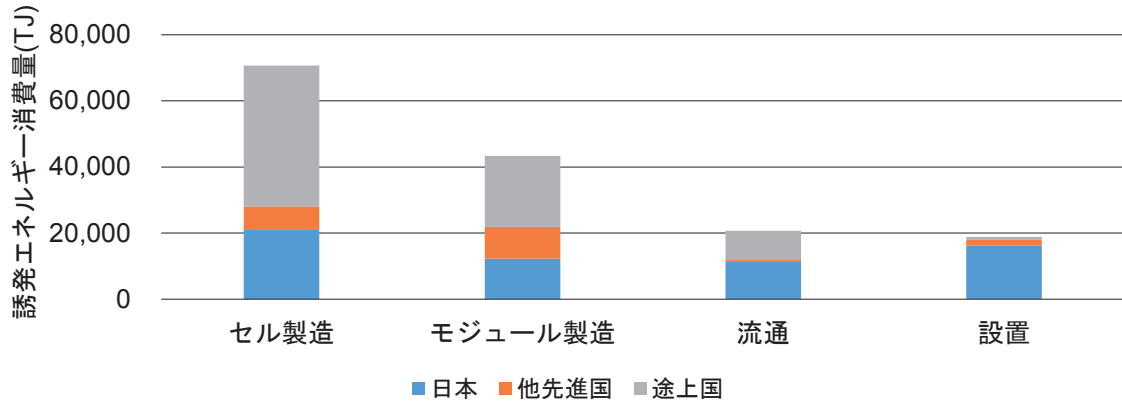


図4 用途別：日本に関連した太陽光発電システム利用および製造に関する
(上) 誘発CO₂排出量、(中) 誘発エネルギー消費量の試算結果；(下) 参考：誘発経済効果[3](2014年)

誘発CO₂排出量 試算結果



誘発エネルギー消費量 試算結果



参考：誘発経済効果[3]

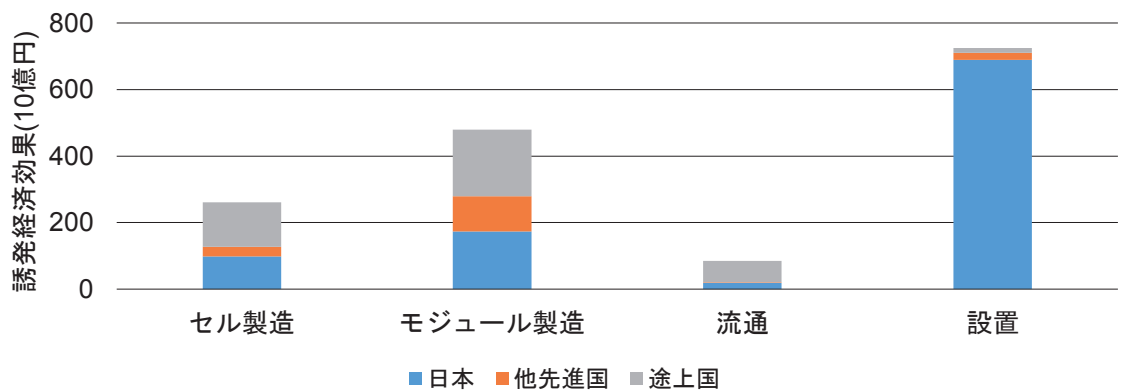


図5 段階別(棒グラフ): 日本に関連した太陽光発電システム利用及び製造に関する
(上) 誘発CO₂排出量、(中) 誘発エネルギー消費量の試算結果; (下) 参考: 誘発経済効果[3](2014年)

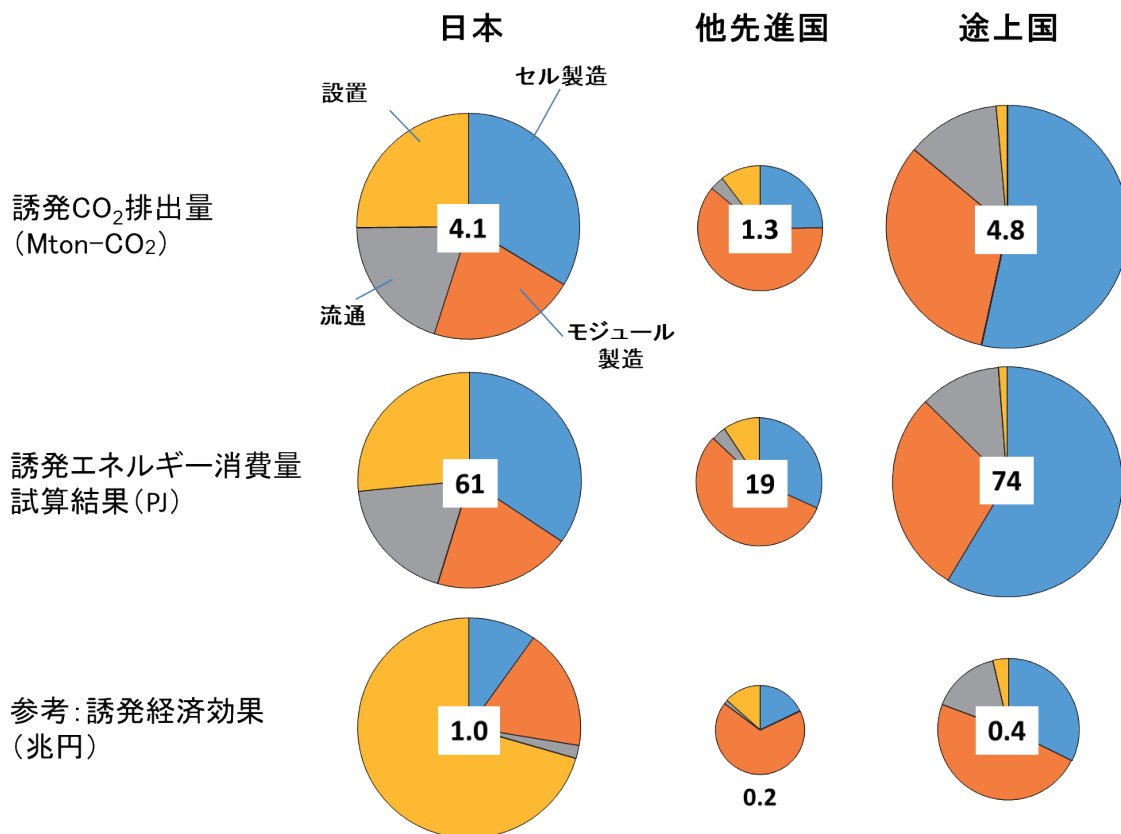


図6 段階別 (円グラフ): 日本に関連した太陽光発電システム利用および製造に関する
(上) 誘発 CO₂ 排出量、(中) 誘発エネルギー消費量の試算結果; (下) 参考: 誘発経済効果[3](2014年)

4. まとめ

2014年の日本での太陽光発電の利用、および日本企業の製造によるバリューチェーンの中でのCO₂排出量とエネルギー消費量を地域別(日本、他先進国、途上国)に試算した。結果、経済的影響のときは日本への影響が62%だったのに対し、CO₂排出量とエネルギー消費量では、それぞれ40%と低かった(図3参照)。この背景には、日本が、基本材料よりも製造設備やインバータなど、付加価値の高い設備技術を提供していることがある。例えば2014年に国内出荷された太陽光発電システムのインバータは、日本企業製品が96%を占めた[3]。経済的価値1.6兆円のうち、1兆円近く日本に還元されている(図6参照)。

5. 政策への含意

本研究のように、技術について他国への影響をふまえたバリューチェーン評価を行い、経済的影響や環境負荷の評価を行うことで、日本にとって当該技術の利用の影響を多面的にみることができる。低炭素技術開発について、得意とする技術・システムを伸ばし、経済的にもメリットがあるという状態が最良である。より高付加価値の技術への注力・転換は引き続き行っていくことが重要である。一方、基本材料製造についての高効率および低炭素型のプロセスの開発・普及や

エネルギー管理は、国内の拡大はもとより国際技術協力の見地から市場拡大の機会ととらえて、促進する制度が有効である。

太陽光発電システムの発電量あたりの CO₂ 排出量は、化石燃料由来の発電システムのその10%程度と低い。しかし、2014年の国内利用における日本企業製造による CO₂ 排出量は、他国で 6Mt-CO₂ が排出されることがわかった (図6参照)。最新の ETS (Emissions Trading Scheme) の取引価格相場[7]から、仮に 10 ドル/ton-CO₂ とすると、60 億円である。一方で、経済的価値 1.6 兆円のうち、1 兆円近く日本に還元されている。炭素価格分が将来的にコスト負担になることがあっても、日本への経済効果の 1%以下に過ぎない。技術協力を行ううえでの定量的な検討材料となるであろう。このような評価を多様な技術で行うことが肝要である。

また、ここで用いたバリューチェーン評価のモデルは、扱う LCA データベース[5]の指標の多様さによって、多くの指標で評価が可能となる。例えば、本提案書では扱わなかったが、オゾン層影響、水環境、人間の健康への影響などでの評価が可能である。これらは、SDGs で扱われる指標にも多く関係する。しかしながら、水環境への影響などは、実際にはどのように対策を取っているかによって、個別にかなりの差が生じるため、CO₂ 排出やエネルギー消費などと比べると、一般論として算出することは難しい。ただし、予備的な情報を提供することはできるであろう。

今後の他技術への展開、他指標への応用など、政策議論に応じて検討を加えていくことが重要である。

参考文献

- [1] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 国際戦略編, “温暖化対策における技術に着目した Integrated Contribution Approach (統合的貢献アプローチ) と他国への技術協力の在り方への提言”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2014年4月.
- [2] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 国際戦略編, “温暖化対策のための Integrated Contribution Approach (統合的貢献アプローチ) の中で検討した途上国における太陽光発電システム利用の発電および CO₂ 排出削減ポテンシャル評価”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2015年3月.
- [3] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 国際戦略編, “地球温暖化緩和技術のバリューチェーン評価と統合的貢献アプローチ(Integrated Contribution Approach)―ケーススタディ: 太陽光発電システム―”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2017年3月.
- [4] 井上智弘, 三森輝夫, 山田興一, “単結晶シリコン太陽光発電システムの経済性・環境性評価”, 日本エネルギー学会誌, Vol.96, No.3, pp.58-67, 2017.
- [5] Tanaka, K., T. Inoue, R. Matsuhashi, K. Yamada, “Global value chain assessment based on retrospectively induced economic costs associated with technology application : A case study of photovoltaic power system in Japan”, Journal of Cleaner Production, Vol.181, pp460-472, 2018.
- [6] LCI データベース IDEA version 2.1.3
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 社会と LCA 研究グループ
一般社団法人 産業環境管理協会.
- [7] World Bank; Ecofys. 2017. Carbon Pricing Watch 2017. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26565> License: CC BY 3.0 IGO.

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

国際戦略編

地球温暖化緩和技術のバリューチェーン評価と統合的貢献
アプローチ (Integrated Contribution Approach)(Vol.2)
—ケーススタディ：太陽光発電システム,CO₂ 排出量およびエネルギー消費量の評価—

平成 30 年 2 月

“Value Chain Assessment of Technology for Climate Change Mitigation and
Integrated Contribution Approach(Vol.2):
PV Power Systems, CO₂ Emissions and Energy Consumption”

Strategy for International affairs,
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2018.2

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 主任研究員 田中 加奈子 (Kanakano TANAKA)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273 E-mail : lcs@jst.go.jp
<http://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2018 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
