

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510043

研究課題名(和文)家庭部門における太陽光発電普及政策の環境効果と経済効果に関する研究
 研究課題名(英文)The Research on Photovoltaic Electricity Policies for Household Sector, its Environmental Effects and Economic Effects

研究代表者

竹濱 朝美 (TAKEHAMA ASAMI)

立命館大学・産業社会学部・教授

研究者番号：60202157

研究成果の概要(和文)：

本研究は、日本とドイツの太陽光発電の普及政策について、費用と効果を比較分析した。(1)ドイツの太陽光発電に対するフィード・イン・タリフ(FIT)の買取価格は、システム価格の10%程度の売電収入を実現している。ドイツのFIT制度の普及促進効果は、日本政府補助金よりも6倍も高い。1kWh当たりのFIT分担金は小額である。ドイツの電力集中型企業に対するFIT分担金減免は、非特恵電力消費者のFIT分担金を0.17セント/kWh押し上げている(2009年)。分担金減免を受ける企業は、鉄鋼、金属、化学産業および中小企業である。(2)日本の住宅用太陽光発電の累積設備容量を2020年までに18.5GW、2030年までに31.6GWにするシナリオを検討した。ドイツのFIT制度の検討から、システム価格に対する年間売電収入比率で10%を実現する買取価格が必要である。原油価格が80ドル/バレルの水準から年3%で上昇する場合、原油輸入費用節約により、FIT買取費用の30～40%を回収できる。購入電力費用が大規模になる電力集中型企業に対して、FIT分担金の減免が必要である。

研究成果の概要(英文)：

(1) The research examines the feed-in tariff scheme (hereinafter, it is written as FIT scheme) for photovoltaic electricity (hereinafter, it is written as PV electricity) in Germany. a) The German FIT scheme provides very high tariffs which enable the annual income from PV electricity sales to be around 10% in the average PV system price. The German FIT scheme has a 6 times greater effect in increasing PV installation than Japan's government subsidy scheme. b) The cost of FIT remuneration per kWh is a very small percentage of the electricity price for households. c) The Germany's privilege scheme increased the EEG surcharge for non-privileged electricity consumers to 0.17 cents per kWh in 2009. In many cases, the privileged electricity-intensive businesses are manufacturers in the fields of steel, metal, chemical and small-scale businesses. (2) The research analyzes the costs and benefits of feed-in tariff schemes with 20 years remuneration for residential PV electricity in Japan. This research proposes a scenario in which 18.5 GW in cumulative capacity of residential PV is installed by 2020. The experiences from the German FIT scheme show that PV tariffs must be sufficiently high to enable PV power producers to have an annual profitability around 10%. When the price of crude oil continues to increase at 3%/year from the level of \$80/barrel, around 30 to 40% of the FIT cost for remuneration could be paid off through the reduced expense for oil imports. The privilege of FIT surcharge for electricity-intensive businesses must be given to a business which purchases a large amount of electricity from the grid.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：環境政策学

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：太陽光発電、フィード・イン・タリフ、固定価格買取制、再生可能エネルギー、電力集中型企業特恵、発電・送電分離、原油輸入費用節約額

1. 研究開始当初の背景

ドイツ、スペインをはじめとする欧州各国では、太陽光発電や風力発電、バイオマス発電に対するフィード・イン・タリフ (Feed-in Tariff: 固定価格買取制。以下、FIT と略する) が導入され、再生可能エネルギー発電の普及が急速に進んできた。これは、国補助金や RPS 法 (再生可能エネルギー義務量) に比べて、極めて急速な普及を達成し、ドイツの再生可能エネルギー産業の成長に多大な効果を与えてきた。

2. 研究の目的

本研究は、家庭部門からの二酸化炭素排出量を削減する方法として、日本の太陽光発電について、ドイツ並みの大量普及を実現するために、ドイツと日本の普及政策を比較し、制度設計、買取費用、環境効果と経済効果を分析した。具体的には、導入促進効果の比較、買取価格と逓減率の水準と設定方法、FIT 分担金 (サーチャージ)、電力集中型企業に対する減免条件、二酸化炭素排出回避効果、原油輸入費用節約効果、排出権購入費用節約額を考察した。また、ドイツの再生可能エネルギー導入事例について、地域経済および雇用に対する地域効果を分析した。

3. 研究の方法

①ドイツの太陽光発電に対する FIT の制度設計について、EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz; 再生可能エネルギー法。以下、EEG と記す) の制度構造、買取価格、逓減率、投資回収年数、収益性、EEG 分担金 (サーチャージ)、電力集中型企業に対する EEG 分担金の減免条件、再生可能エネルギー電力の調達費用、EEG 会計の収支、ドイツの送電業における送電・発電分離状況を分析した。

②日本の太陽光発電に対して、ドイツと類似の条件で全量買取による FIT を導入する場合について、買取費用、将来導入量、原油輸入節約効果、排出権購入費用節約額、FIT 分担金を試算し、電力集中型企業に対する FIT 分担金の減免条件と産業別にみた減免条件を考察した。

住宅用および非住宅用システムに対して、各種の買取価格と逓減率により、買取費用と FIT 分担金を試算した。将来導入量は、ドイツの単年度導入量、買取価格、システム価を回帰分析して推計した。

③FIT 導入による雇用効果、地域経済効果を確認するため、ドイツの再生可能エネルギー電力の地域導入事例として、ユンド村 (Jühnde) およびモーバッハ町 (Morbach) を分析した。

4. 研究成果

(1) ドイツの太陽光発電における FIT の制度設計と普及効果

①ドイツにおいては、電力事業者は、EEG 法により再生可能エネルギー発電を固定買取価格で 20 年間の買い取ることが義務付けられている。買取価格 (Tariff) は、発電原価を回収できる収益性を考慮されている。送電・配電業者は、再生可能エネルギー電力を化石燃料発電および原子力発電に比べて優先的に、接続することが義務付けられている。

②2010 年 1 月以降、ドイツ太陽光発電の買取価格は、年 9%~11% で逓減された。臨時逓減率として、2010 年 7 月に 13%、10 月に 3% の追加逓減が導入され、買取価格は 2010 年の 1 年間で、25~27% 引き下げられた。自家消費および転換地 (旧軍用地、工場跡地などからの転換) を優遇する買取価格が導入された。

③ドイツの新規設置容量は約 7,500 MW、累積設備容量 17,000 MW に達した (図 1)。EEG の逓減率を上回るシステム価格の下落により、太陽光発電事業における年間売電収益比率 (年間売電収入/システム価格) は、2010 年第 2 四半期には 11.5% にまで上昇した (図 2)。

④EEG 法の考察から、日本の太陽光発電システムについてドイツ並みの普及量を実現するには、収益率 (システム価格に対する売電収入の比率) が 10% 程度になるような買取価格が必要である。反対に、収益率が 10% をこえるような買取価格は、太陽光発電設置容量の過熱状態を招く危険がある。

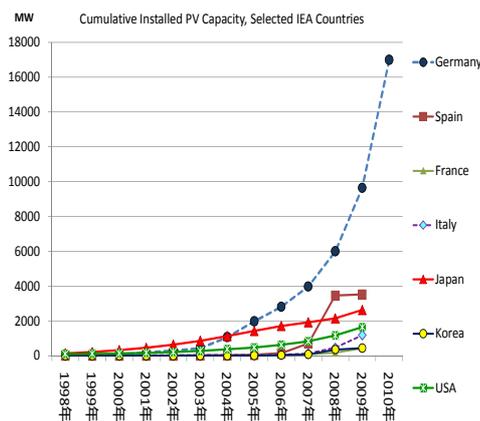


図1 主要各国の太陽光発電の累積設備容量
Source: IEA-PVPS (2009), BSW (2010)

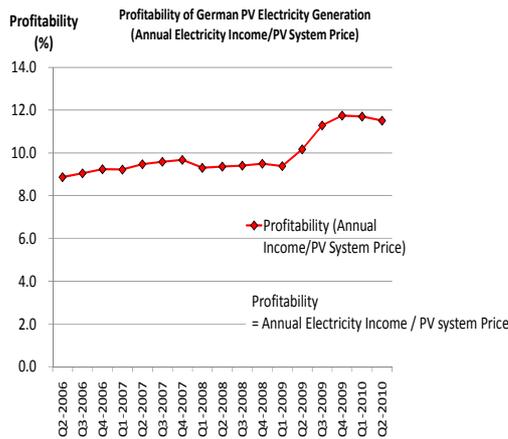


図2 ドイツ太陽光発電におけるFITの収益性
(収益性 = 年間売電収入 / システム価格) Source: BSW-Solar (2010)を参照して計算。

(2) ドイツ型 FIT の買取費用、EEG 分担金、再生可能エネルギーの調達コスト

太陽光発電の 1kWh あたりの平均買取費用は、他の再生可能エネルギー電力に比べて高水準にある (図 3)。特惠電力消費者 (電力集中型製造業および鉄道企業) の EEG 分担金は、1kWh あたり 0.05 ct/kWh と制限されているため、非特惠電力消費者の EEG 分担金は 2011 年は 3.35~4.4ct/kWh で、急速な上昇傾向にある。これは、近年の太陽光発電の急増による。再生可能エネルギー電力の調達コスト (非再生可能エネルギー電力に比した再生可能エネルギー電力の発電コストの差額) は、EEX Liptig 取引市場電力卸価格平均に基づき、7.1ct/kWh と推定される (2009 年)。

EEG Renewable Electricity Generation, Tariffs, Remuneration Cost in Germany, Forecast for 2010.

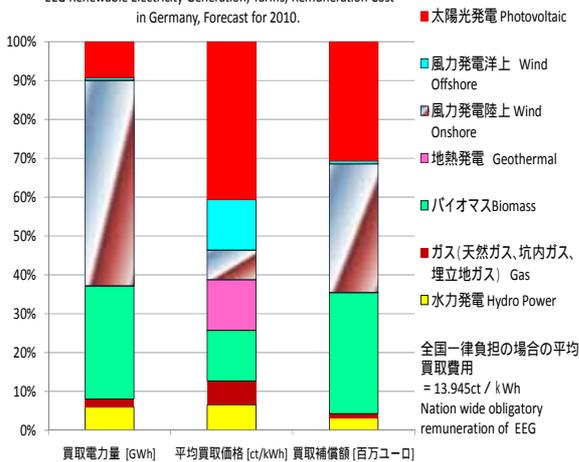


図3 ドイツEEGの買取電力量、平均買取価格、買取補償金額、2010年分予報
Source: EEG/KWK-G (2009) より計算。

(3) ドイツ型 FIT の系統電力需給バランス調整費用、系統強化費用

FIT 制度による系統電力の需給バランス調整費用、系統強化費用は、送電手数料を含め

ても 2010 年の EEG 総費用の 3% である (図 4)。系統強化費用は、EEG の需給バランス調整費用に計上され、需給バランス調整費用は、全て最終電力消費者の EEG 分担金に転嫁される。送電各社は、洋上風力発電の増設に対応して、超高圧送電システムの強化のため大規模投資をすすめている。15 分間隔での風力発電出力予測システムを EU の主要 11 送電業者が共有し、ドイツは 15 分間隔での電力取引システムを稼働させた。風力発電の変動する供給量に対応した需給バランス調整技術を構築しつつある。2010 年から、送電各社は太陽光発電の出力予測技術の整備を進めている。

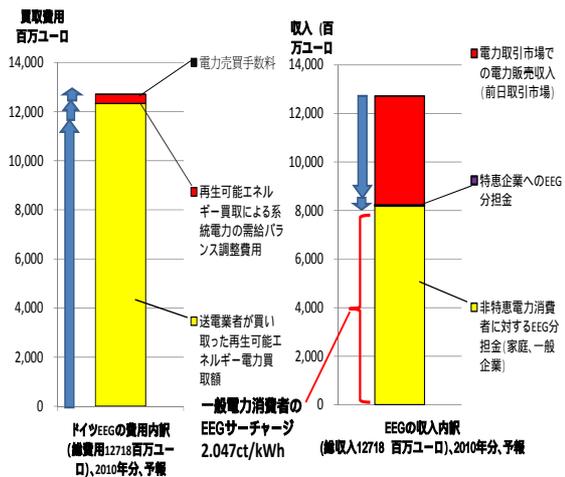


図4 ドイツFITにおける系統電力の需給バランス調整費用、再生可能エネルギー電力の買取費用の構成、2010年分予報
Source: EEG/KWK-G (2009) およびAmprion社へのヒアリング資料により作成

(4) ドイツにおける送電と発電の分離政策

① ドイツの送電系統が再生可能エネルギーを大量に給電することができるのは、第一に、再生可能エネルギー法 (EEG) により送電業者に再生可能エネルギー電力の優先接続が義務づけられていること、第二に、送電と発電が分離し、送電業者が送電網システムを所有しているためである。

② かつて発電業者は、発電、送電、配電、販売という川上から川下を垂直的に統合する独占を形成し、送電網を独占してきた。2003 年の EU 電気命令 (EU, Directive 2003/54/EC)、およびドイツ・エネルギー産業法 (BMJ, 2005: Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz : EnWG) は、送電事業および配電事業を発電事業から分離すべきことを要求した。また、送電業者、配電業者に対して、発電、送電、電力供給を行う統合的電力業者に参加することを禁じた。

2009年のEU電気命令(EU, 2009/72/EG2009)は、送電業者が所有と経営においても、発電業者から分離独立することを要求した。これらの規制は、全ての種類の電力源が、220 kVと380 kVの超高压送電網に対して、差別なく接続されることを送電業者に要求する。

③日本はEU命令を参考にして、送電システムを発電業者から分離し、発電業者が送電網を独占する現状を改める必要がある。

(5) 日本の太陽光発電の普及効果②に関する予測、ドイツ型FITと類似の制度を日本に導入する場合

①ドイツ太陽光発電の新規設置容量、買取価格、システム価格、収益性の回帰分析をおこなった(システム価格モデル)。

Log (Annual Capacity) = 14.389 - 2.259 Log (Price)。 <システム価格モデル>が実績値との当てはまりが良い。新規設置容量は基本的には、システム価格の低下によって決定されるであろう。年間売電収益比率10%となる買取価格を実現するならば、新規設置容量は、基本的にはシステム価格の低下に応じて普及する。

②Log (Annual Capacity) = 14.389 - 2.259 Log (Price) を用いて、日本にドイツ型FITと類似した制度を導入する場合について、日本の太陽光発電の導入量を推計した。ドイツと類似の条件でFITを実施し、年間売電収益比率が10%となる買取価格水準で20年間、発電量全量を買取することが条件である。年12%でシステム価格が低下するならば、ドイツPV Roadmapの目標70GWと同等の累積導入量を達成する可能性がある(図5、図6)。

③日本における太陽光発電導入量の推計は、システム価格低下率が-12%/年である場合、2021年の累積設置容量は74.3GWとなり、Grid Parityは2018年に実現する。システム価格低下率が-9%/年の場合、2021年の累積設置容量は44.1GWとなり、Grid Parityは2021年になる。

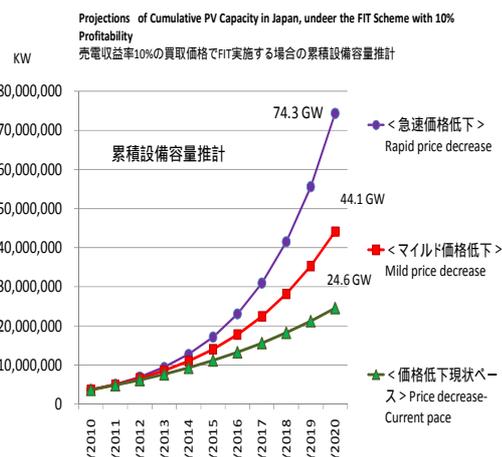


図5 売電収益率10%を実現する買取価格で、ドイツ型FITと類似の条件で、日本にFITを実施する場合の太陽光発電の累積設置容量の推計

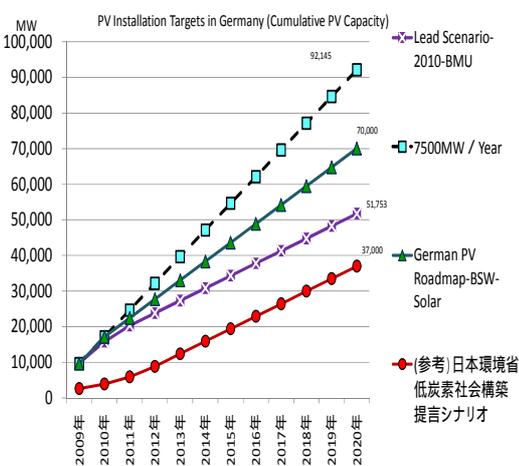


図6 日本とドイツの太陽光発電導入目標(累積設置容量)比較
Source: DLR, Fraunhofer IWES, IFNE (2010), BSW-Solar (2010), 低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討会(2009), 7500 MW / Yearは、年7500 MWの新規設置容量が縮小場合。

(6) 日本の太陽光発電における買取費用の推計、全量買取制を導入した場合

①日本の太陽光発電の累積容量について、2020年までに、住宅用システムを18.5GWに、非住宅用システムを18.5GWに増加させ、累積設置容量を37GWにするシナリオについて、その買取費用、FITサーチャージ、電力集中型企業のFIT分担金の減免の効果を考察した(図7)。(買取価格は、年間売電収入がシステム価格の10%となる水準の買取価格を設定した(2010年から買取開始、2010年買取価格は¥60/kWh、システム価格60万円/kWで計算)。買取期間は20年間、全量買取を実施する場合の買取費用を試算した。既設住宅については、10年買取と20年買取の二つのケースを検討した。以下、要約する。

②住宅用太陽光発電について、既設システムから20年の買い取りを実施すると、FIT買取費用の負担が大きく、FIT分担金を¥0.1/kWh程度押し上げる。既設システムから

10年の買取をする場合と20年の買取をする場合を比べると、FIT 分担金は、最大で、 $\yen 0.12/\text{kWh}$ 高くなる。しかし、この増加分はわずかである (図8)。

③住宅用太陽光発電の大量導入による CO2 排出回避に伴う排出権購入費用節約額、原油輸入費用節約額を推定した。住宅用太陽光発電から20年、全量買取を実施し、かつ、原油価格が1バレル80ドル水準から、年3%ずつ値上がりする場合を検討した。FIT 実施に伴う買取費用 (FIT 買取補償額) の30~40%は、原油輸入費用の節約および排出権購入費用の節約分によって、回収することができる。原油価格が将来上昇する場合には、節約効果が大きくなる (図9)。

④買取価格と逓減率を制度設計について考察した。第一は、太陽光発電の買取価格を高く設定し、かつ、買取価格の逓減率を急速に低下させる<高価格買取・急速逓減率>FIT、第二は、買取価格を比較的安く設定し、逓減率の低加速度も緩やかに低下させる<低価格・緩やか逓減率>FIT について、買取費用、FIT 分担金を比較した。<高買取価格・急速逓減率>型FITでは、たとえ逓減率を急速に低下させても、FIT 買取補償額の負担が大きくなる。<高価格買取・急速逓減率>FIT と<低価格・緩やか逓減率>FIT の中間の買取価格、逓減率を採用するのが望ましい。

⑤電力集中型企業に対する特典の設定にあたっては、年間購入電力量の大きい企業に対して減免を設定する必要がある。「企業利益に対する購入電力量の比率」で減免を設定すると、減免の恩恵を受けるのは主に中小企業になり、利益額が大きく自家発電比率が低い企業は、FIT 分担金の負担が大きくなる。ドイツでは、企業利益に対する購入電力額の比率によって、電力集中型企業に対する減免を設定しているため、FIT 分担金の減免を受ける企業は、多くの場合、中小企業である。

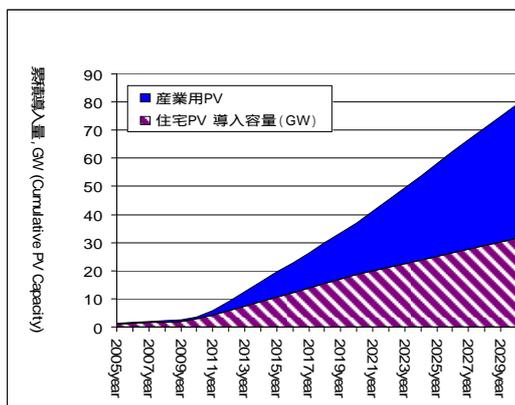


図7 住宅用太陽光発電の導入シナリオ、2020年18.5GW、2030年31.6GW導入目標

出典：太陽光発電協会、日本における太陽電池出荷量の推移、IEA-PVPS, 2009, Trends in Photovoltaic Applications, Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2008, IEA

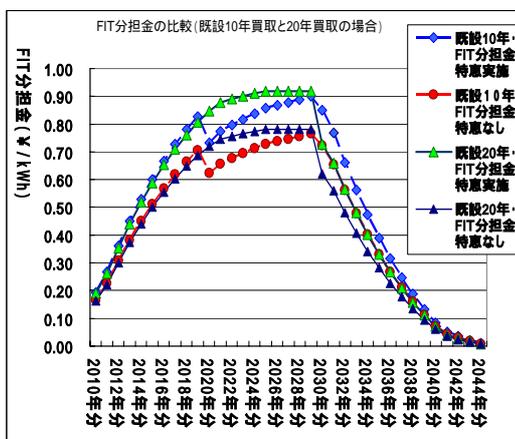


図8 住宅用太陽光発電に対するFITを実施した場合のFIT分担金 (既設システムから20年買取の場合と10年買取の比較)

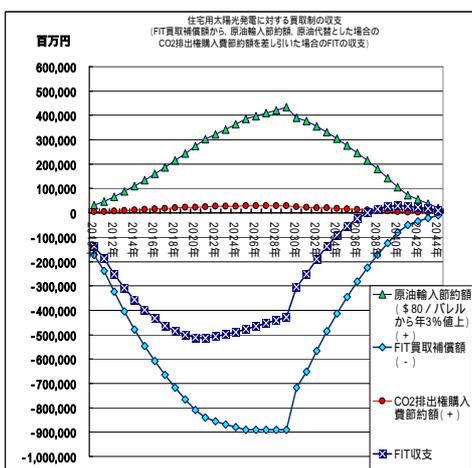


図9 住宅用太陽光発電に対するFIT収支 (既設システムについて、20年、全量買取の場合、原油輸入費用節約額、および、石油火力発電代替とした場合のCO2排出権購入費用節約額をFIT買取補償額から差し引いたFIT収支)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ①竹濱朝美. ドイツにおける太陽光発電に対するフィード・イン・タリフの制度設計, 費用と効果. 立命館産業社会論集. 46 巻 3 号. 2010. pp. 1-26.
<http://www.ritsumei.ac.jp/acd/cg/ss/san-sharonshu/463pdf/02-01.pdf>
- ②竹濱朝美. 太陽光発電に対するフィード・イン・タリフの買取費用: ドイツ型と日本型の比較. 立命館産業社会論集. 46 巻 2 号. 2010. pp. 1-24.
<http://www.ritsumei.ac.jp/acd/cg/ss/san-sharonshu/462pdf/02-01.pdf>
- ③竹濱朝美. 低炭素社会実現に向けた住宅用太陽光発電に対する Feed-in Tariff 導入シナリオ. 政策科学, 17 巻. 「特別号・サステナビリティ学への誘い」. 立命館大学政策科学部, 2010, pp. 93-123.
- ④竹濱朝美. サステナビリティと自然エネルギー 4: 再生可能エネルギー導入による地域社会のエネルギー自立, 経済自立. サステナ. サステナビリティ学連携研究機構. 14 号. 2010. pp. 68-71.
- ⑤竹濱朝美. 再生可能エネルギーによる地方の自立, エネルギー自立: ドイツのユニークな取り組みから. 人権と部落問題. 2010. 4 月. p. 41-48.
- ⑥竹濱朝美. ドイツの再生可能エネルギー法による太陽光発電促進策とその経済効果. 日本の科学者. Vol. 44, No. 4, 2009. pp. 30-35. 査読あり
- ⑦竹濱朝美. サステナビリティと自然エネルギー・1: ドイツにおける太陽光発電普及策: 再生可能エネルギー法の効果. サステナ. 2009. 10 号, pp. 52-55.
- ⑧竹濱朝美. サステナビリティと自然エネルギー・2: ドイツ再生可能エネルギー電力の普及政策とその経済効果, 風力発電産業および太陽光発電産業の成長. サステナ. サステナビリティ学連携研究機構. 2009. 11 号, pp. 64-67.
- ⑨竹濱朝美. サステナビリティと自然エネルギー・3: 住宅用太陽光発電に対する電力買取費用の試算. サステナ (サステナビリティ学連携研究機構). 2009. 12 号. pp. 66-69.
- ⑩竹濱朝美. ドイツ再生可能エネルギー法にみる太陽光発電促進策: 普及効果と経済効果を検証する. 環境技術 (環境技術学会発行). Vol. 37, No. 10, 2008. pp. 734-741.
- ⑪竹濱朝美. 温室効果ガス排出削減をめぐる近未来のスケッチ. 月刊・保団連 (全国保険医団体連合会発行). 2008. No. 975 号, pp. 4-7.

[学会発表] (計 8 件)

- ①竹濱朝美. 王旭東. 低炭素社会構築に資する再生可能エネルギー政策に関する国際比較と提案. シンポジウム・低炭素社会の構築と日中間国際連携. 2010 年 1 月 28 日. 立命館朱雀キャンパス.
- ②竹濱朝美. 太陽光発電の普及政策に関する日本とドイツの比較: Feed-in-Tariff の制度設計に関するドイツの経験から. 環境技術学会. 第 9 回研究発表大会, 2009 年 9 月 11 日, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス.
- ③竹濱朝美. 低炭素社会実現のための住宅用太陽光発電導入シナリオ: feed-in-tariff の設計と買取費用. 日本消費経済学会, 第 34 回全国大会. 2009 年 10 月 11 日. 日本大学商学部キャンパス.
- ④竹濱朝美. 太陽光発電普及政策をめぐるドイツ Feed-in-Tariff の経験: 制度設計, 収益性, 波及効果. 日本環境学会, 第 35 回研究発表会, 2009 年 6 月 14 日, 立命館大学衣笠キャンパス.
- ⑤竹濱朝美. ドイツ太陽電池産業にみる再生可能エネルギー政策の効果と非政策的要素. 政策情報学会, 第 4 回研究大会, 慶応大学三田キャンパス, 2008 年 11 月 15 日.
- ⑥竹濱朝美. 日本における太陽光発電普及の課題と流通業界への普及の可能性. 日本流通学会, 第 22 回全国大会, 立命館大学 BKC キャンパス, 2008 年 10 月 26 日.
- ⑦竹濱朝美. 太陽光発電普及にみる経済効果と環境効果, 日本とドイツの比較. 日本環境学会, 第 34 回研究発表会, 富山県立大学, 2008 年 8 月 10 日.
- ⑧竹濱朝美. 太陽光発電の普及政策が太陽電池産業に与える経済効果: 日本とドイツの比較. 日本消費経済学会, 第 33 回全国大会, 大阪商業大学, 2008 年 6 月 15 日.

[図書] (計 1 件)

- ①共著, 石橋春男編. 『入門消費経済学 3』のうち, 第二章担当. 竹濱朝美. 地球温暖化問題, 環境と消費者. 慶應義塾大学出版会. pp. 13-40. 2010. (査読あり).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹濱朝美 (TAKEHAMA ASAMI)
 立命館大学・産業社会学部・教授
 研究者番号: 60202157