

2012年5月

カドミウム・テルル(CdTe)太陽光発電システムのライフサイクルにおける 環境と健康安全に関する科学的レビュー

東京大学 准教授 松野泰也
横浜国立大学 教授 本藤祐樹

目的と調査範囲

このレビューの目的は、カドミウム・テルル(CdTe)太陽光発電システムの環境と健康安全に関して、モジュールの生産、使用そして廃棄のライフサイクル全体を通して評価するものである。レビューは、ファーストソーラー社の依頼により、東京大学の松野准教授を主査とし、横浜国立大学の本藤祐樹を副査として実施された。

レビューは、以下のプロセスからなる。

1) レビューアは、カドミウム・テルル太陽光発電システムのライフサイクルにおける、環境、健康、安全に関わる潜在的リスクおよび便益に関する既存の研究論文および研究発表資料を入手し、レビューした。

2) 主査(松野)が、2012年5月2日に、米国オハイオ州ペリスバーグに所在するファーストソーラー社の工場を訪問し、以下を実施した。

- ・生産工程およびリサイクル工程の視察
- ・カドミウム・テルル太陽電池モジュールの環境と健康安全側面に関するプレゼンの聴講
- ・ファーストソーラー社の生産工程およびリサイクル工程での環境と健康安全保護の実践状況に関するプレゼンの聴講

プレゼンの聴講後には、主査、発表者およびその他関係者による討論会があり、下記の2つの項目に焦点を当て議論するとともに、主査が視察により得た知見およびその他に関して質疑を行った。ファーストソーラー社は、主査の質問に対して応えると共に、必要に応じて追加文献を提出した。

討論会において主として議論したのは以下の2つである。

1) カドミウム・テルル太陽光発電システムは、通常の運転、予測可能な事故(火事など)そして廃棄段階(リサイクルを含む)において、環境、健康そして安全に関してリスクを有しているのか?

2) 大規模カドミウム・テルル太陽光発電システムの開発による、ライフサイクル全体での環境、公衆衛生、市民の安全への影響は、他の発電システムと比較してどの程度のものであるのか?

結論

レビューの主な結果は以下のとおりである。

1) ファーストソーラー社のカドミウム・テルル太陽光発電システムの環境と健康安全側面に関して

・太陽電池モジュールの生産に関しては、ファーストソーラー社は、従業員の健康と安全、そして環境を保護するために、独自の優れた方針、訓練、処置、管理システムを導入し実施してきている。全ての工場において、カドミウムの大気、水への排出は、地域の排水規制値よりも十分下回っている。ファーストソーラー社は、リスクをさらに低減し、全ての従業員が積極的に参加することを促進するために、安全プログラムの開発と改善に関して事前対策を講じている。ファーストソーラー社は、自社工場において、ISO 9001（品質）、ISO 14001（環境）、そして OHSAS 18001（職業安全衛生）規格を取得している。

・通常の利用状態においては、カドミウム・テルル太陽電池モジュールからは何の物質も排出されないの、土地使用による環境への影響を除けば、環境影響は認められない。しかしながら、他の再生可能エネルギー利用の発電システムの中で、太陽光発電システムは、土地利用による環境への影響は最も小さい[16]。

・予測可能な事故（例えば火事、カドミウム・テルル太陽電池モジュールの破損）において、カドミウムとカドミウム化合物の環境への排出は極めて小さい。火事においては、カドミウム・テルル太陽電池モジュールに含有されているほとんど全て(99.96%)のカドミウムは、溶融したガラスマトリックスのなかに閉じ込められる[2]。モジュールの損壊割合は、25年間で1%以下(0.04%/年)であり、そのうちの1/3以上は出荷および設置段階において起きている。さらに、日常の点検や発電量の監視により、損壊したモジュールの早期発見と引き取り、リサイクルに努めている[10]。

・ラットに対する経口および吸入による急性の毒性評価の研究では、CdTeはカドミウムより毒性は小さいことが、近年の研究にて示されている[9]。また、CdTeは他のカドミウム化合物と比べて、水への溶解度およびバイオアベイラビリティ（生物学的利用能）が極めて小さいことが示されている[5, 28]。CdTeの生態毒性に関しては、現在までに1つの研究が実施されている。ゼブラフィッシュ (*Brachydanio rerio*) に対するCdTeの急性毒性について調べられ、飽和溶解度状態での（致死、半致死）毒性影響は見られないことが確認されている[5, 29]。

・ファーストソーラー社は、世界全域を対象にカドミウム・テルル太陽電池モジュールの回収とリサイクルを実施するプログラムを導入し、モジュール所有者が要望すれば、いつでもどこでも無償で確実に回収、リサイクルできるようになっている。これにより、廃棄段階でのリスクはさらに低減されるであろう[24-26]。

・他国と比べて日本においては、巨大災害（大地震、大火災、津波など）が起こる頻度は、相対的に高いと言える。しかしながら、そのような巨大災害が起きた際のカドミウム・テルル太陽電池モジュールのリスクについて検討した研究は未だ公表されていない。（関連する問題は、環境影響評価報告書[27]において一部検討されているようではあるが。）

2) ファーストソーラー社のカドミウム・テルル太陽光発電システムのライフサイクル環境影響評価

・ファーストソーラー社のカドミウム・テルル太陽光発電システムのライフサイクルでの温室効果ガス排出量は $19\text{-}30\text{ g-CO}_2/\text{kWh}$ 、エネルギーペイバックタイムは $0.7\text{-}1.1$ 年である。(通常状態での発電による単位発電電力量に基づき、設置場所に依存する[18]。) これらの値は、全ての太陽光発電技術の中で最も小さいものとなっている[15]。化石燃料火力発電(石炭および石油火力発電)と比較すると、ファーストソーラー社のカドミウム・テルル太陽光発電システムの単位発電電力量当たりの温室効果ガス排出量は極めて小さい[12]。

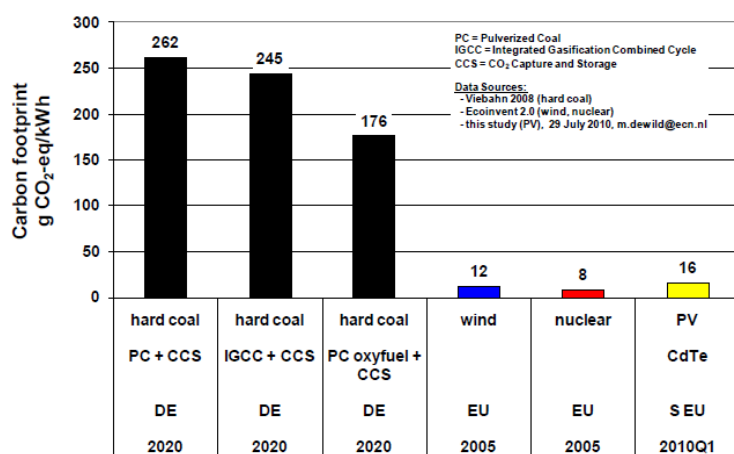


図 1 de Wild-Scholten の研究： 各種発電システムの温室効果ガス排出原単位 [12]

・シリコン系太陽光発電システムを含む全ての太陽電池モジュールの製造においてカドミウムは排出される。例えば、モジュールの製造において電力を消費すれば、化石燃料火力発電所からカドミウムが誘発されるからである。シリコン系太陽光発電と同様、ファーストソーラー社のカドミウム・テルル太陽光発電システムは、そのライフサイクルにおいて、石炭および石油火力発電と比較してカドミウムの排出は小さい。[15]

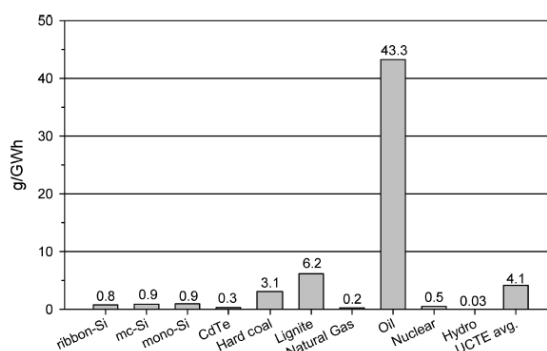
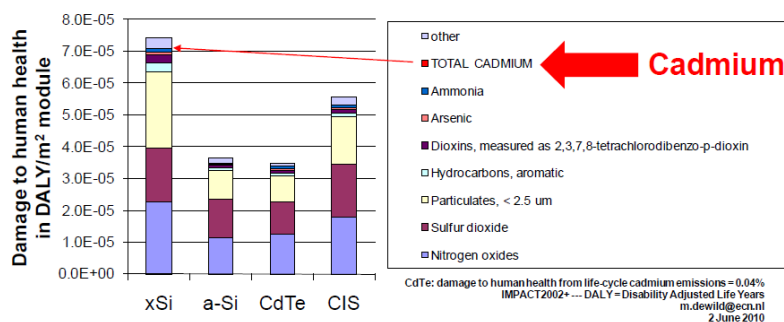


FIGURE 3. Life-cycle atmospheric Cd emissions for PV systems from electricity and fuel consumption, normalized for a Southern Europe average insolation of $1700\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{yr}$, performance ratio of 0.8, and lifetime of 30 yrs. Ground-mounted BOS (18) is assumed for all PV systems; comparisons with other electricity generation options.

図 2 Fthenakis らの研究： 各種発電システムのカドミウム排出原単位 [15].

・カドミウム・テルル太陽電池モジュール製造段階におけるカドミウムの大気圏への排出による影響は、IMPACT2002+手法に基づくライフサイクル環境影響による人間への健康への影響全体の0.04%を占めているにすぎない[12]。

Damage to human health



Cadmium emissions to air by CdTe PV module production contribute 0.04% to damage to human health (IMPACT2002+)

図3 de Wild-Scholten の研究： カドミウム・テルル太陽電池モジュール製造段階での人間への健康影響評価 [12]

- ・カドミウムは、亜鉛製錬において副産物として産出される。それゆえ、カドミウムの生産と排出は、必然的に亜鉛の需要に影響される。亜鉛の需要とカドミウムの動的物質フロー分析を検討した研究結果から、近い将来、カドミウムが余剰する可能性があることが示されている。それゆえ、環境影響を考慮した上でのカドミウムの用途を見つけるなど、余剰するカドミウムの取り扱いについて検討する必要がある[22]。カドミウム・テルル太陽光発電システムは、その意味でも一つの解決策と位置付けられる[19]。

結論のまとめ

・石炭および石油火力発電と比較すると、ファーストソーラー社のカドミウム・テルル太陽光発電システムの単位発電電力量当たりの温室効果ガスおよびカドミウムの排出量は極めて小さい。(通常の利用状況において)

・カドミウムの動的物質フロー分析を検討した研究結果から、近い将来、カドミウムが余剰する可能性があることが示されている。カドミウムを原料として使用するカドミウム・テルル太陽光発電システムは、環境に配慮したカドミウムの使用の一つの解決策と位置付けられる。

・予測可能な事故(例えば火事、モジュールの破損)において、カドミウムとカドミウム化合物の環境への排出は極めて小さい。さらに、ファーストソーラー社は、世界全域を対象にモジュールの回収とリサイクルを実施するプログラムを導入しているため、廃棄段階でのリ

スクはさらに低減される。

・ しかしながら、カドミウム・テルル太陽光発電システムは、大規模発電システムにのみ用いられるべきであり、玩具、家庭用、電子機器など回収されず散逸が起き得る用途には用いるべきではない。他国と比べて日本においては、巨大災害（大地震、大火災、津波など）が起こる頻度は、相対的に高い。それゆえ、カドミウム・テルル太陽光発電システムは、巨大災害におけるリスクを低減するためにも、海拔 0 メートル地帯や危険施設の側には設置すべきではない。なお、一般に、火力発電や原子力発電など全ての発電施設は、大災害時にはある程度のリスクを抱えていることに留意する必要がある。

推奨される今後の取り組み

- ・ CdTe および CdS の、単細胞緑藻類やミジンコ等の供試生物に対する生態毒性の詳細な検討
- ・ 巨大災害時におけるカドミウム・テルル太陽光発電システムのリスクの検討
- ・ ファーストソーラー社のリサイクル工程での現状（フィルターケーキのリサイクルなど）を踏まえたカドミウム・テルル太陽光発電システムのライフサイクル影響評価のアップデート^[11]

科学論文

環境・健康・安全リスクに関するもの

- 1) Beckmann, J., and Mennenga, A., 2011. Calculation of emissions when there is a fire in a photovoltaic system made of cadmium telluride modules. Bavarian Environmental Agency, Augsburg, Germany.
- 2) Fthenakis, V.M., Fuhrmann, M., Heiser, J., Lanzirotti, A., Fitts, J., and Wang, W. 2005. "Emissions and Encapsulation of Cadmium in CdTe PV Modules During Fires," Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 13 (8): 713-723.
- 3) Golder Associates, Review and Comments on Reports by NGI: Environmental Risks Regarding the Use and Final Disposal of CdTe PV Modules and Leaching from CdTe PV Module Material – Results from Batch, Column and Availability Tests, May 2010.
- 4) Harris, et al., The General and Reproductive Toxicity of the Photovoltaic Material Cadmium Telluride (CdTe), Toxicologist, 14 (1): 267, March 1994 (abstract).
- 5) Kaczmar, S., Evaluating the Read-Across Approach on CdTe Toxicity for CdTe Photovoltaics, SETAC North America 32nd Annual Meeting, Boston, November 2011.
- 6) Sinha, P., Balas, R., and Krueger, L., Fate and Transport Evaluation of Potential Leaching and Fire Risks from CdTe PV, 2011, 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Seattle, WA

- 7) Smigielski, K. 2011. Fundamentals & EHS Challenges of PV Manufacturing. SESH/SIA Joint Symposium, Scottsdale, AZ, May 16-20.
- 8) Wehrens., S. 2011. Certificate of End-of-Life Waste Characterization. GFBU Consult, Hoppegarten, Germany.
- 9) Zayed, J., and Philippe, S., “Acute Oral and Inhalation Toxicities in Rats with Cadmium Telluride,” *International Journal of Toxicology*, 28 (4): 259-265, 2009.
- 10) Sinha, P., Balas, R., Krueger, L., and A. Wade. 2012. Fate and Transport Evaluation of Potential Leaching Risks from Cadmium Telluride Photovoltaics. *Environmental Toxicology and Chemistry*, in press.
- 11) Sinha, P., M. Cossette, and J.-F. Ménard. 2012. End-of-Life CdTe PV Recycling with Semiconductor Refining. To be presented at 27th EU PVSEC, Frankfurt, Germany, September 24-28.

ライフサイクル影響評価に関するもの

- 12) de Wild-Scholten, M., Energy payback and carbon footprint of PV technologies, presented at 20th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells & Modules: Materials and Processes, Breckenridge, USA, August 2010.
- 13) de Wild-Scholten, M., and Schottler, M., Solar as an Environmental Product: Thin-film Modules – Production Processes and their Environmental Assessment, Energy Research Center at the Netherlands and M+W Zander, April 2009.
- 14) Fthenakis V.M., “Life Cycle Impact Analysis of Cadmium in CdTe Photovoltaic Production,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 303-334, 2004.
- 15) Fthenakis, V.M., Kim H.C., and Alsema, E., “Emissions from Photovoltaic Life Cycles,” *Environmental Science and Technology*, 42, 6 (2008).
- 16) Fthenakis, V. and H. C. Kim. 2009. Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 1465–1474.
- 17) Held, M., Life Cycle Assessment of CdTe Module Recycling, 24th EU PVSEC Conference, Hamburg, Germany, 2009.
- 18) Held, M., and Ilg, R., Update of Environmental Indicators and Energy Payback Time of CdTe Photovoltaic Systems in Europe, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 2011, Vol. 19, 614-626.
- 19) Raugei, M., and V. Fthenakis., Cadmium flows and emissions from CdTePV: future expectations, *Energy Policy*, 38 (9), 5223-5228 (2010).
- 20) Turney, D., and V. Fthenakis. 2011. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy*

Reviews, 15: 3261–3270.

21) de Wild-Scholten, M. Environmental Profile of PV Mass Production Globalization, presented at the 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Hamburg Germany, September 2011.

その他の研究

22) Matsuno, Y., Hur, T., and V. Fthenakis, Dynamic modeling of cadmium substance flow with zinc and steel demand in Japan, *Resources, Conservation and Recycling*, 61 (2012) 83– 90.

ファーストソーラー社資料

23) First Solar, First Solar FS Series 3 PV Module, 2010.

24) First Solar, Collection and Recycling Video, (available at <http://www.firstsolar.com/Sustainability/Environmental/Module-Collection-and-Recycling-Program>)

25) First Solar, Module Collection and Recycling Program, Frequently Asked Questions. 2010

26) First Solar, Summary: Module Collection and Recycling Program. 2009.

その他の資料（非公開資料含む）

27) County of San Luis Obispo, Final Environmental Impact Report for the Topaz Solar Farm Project, Department of Planning and Building.

28) Brouwers, T. 2010a. Bio-elution test on cadmium telluride. ECTX Consult, Liège, Belgium.

29) Agh, 2011. Acute toxicity test with cadmium telluride on zebrafish. Lab Research Ltd, Veszprém, Hungary

補遺 1 レビューアの質問とファーストソーラ社からの回答

環境・健康・安全リスク

1) CdS の毒性

Zayed & Philippe (2009) および *Kaczmar* ら (2011) の研究において *CdTe* の毒性が評価されている。しかしながらその一方で、カドミウム・テルル太陽電池モジュールに使用されている *CdS* の毒性に関しては情報が無い。*CdS* の毒性に関する情報は持っているのか？

回答：

- ・ *CdS* は、カドミウム・テルル太陽電池モジュール中に用いられているカドミウム総量の 3% 以下の割合である。
- ・ *CdS* は、*CdTe* よりも溶解度が小さい (1%以下)
 - ・ 硫化カドミウム 1 mg/L での長期変化溶解試験では、28 日後に 5.75 µg-Cd/L の溶解であることが示されている。
- ・ 急性での経口毒性および経皮毒性は小さい
 - ・ *CdS* は、急性暴露に関しては毒性の無い物質に分類されている。
- ・ 人が吸入可能な粒子は 10 µm 以下であり、その粒子の割合が小さいゆえに吸入毒性は低減される。
 - ・ *CdS* の平均粒径は 200 µm である。

2) CdTe と CdS の生態毒性

Agh (2011) は、ゼブラフィッシュを用いて *CdTe* の急性毒性試験を実施しているが、*CdTe* と *CdS* の生態毒性に関する情報およびデータがほとんどない。*Agh (2011)* の他に、これらの化合物に関する情報およびデータは持っていないのか？*Agh (2011)* の文献は、大学では入手できないので提供いただきたい。西欧の国と比べ日本人の魚の摂取量は多いので、日本人の魚への生態毒性への関心は高い。ゼブラフィッシュは、急性毒性試験を行うにあたり適正な種なのか？

回答：

- ・ *CdTe* および *CdS* とも、生態毒性（および一般にバイオアベイラビリティ）は、溶解度（*Cd*²⁺イオン）と関連する
- ・ *CdTe* および *CdS* とも、溶解度は極度に小さいので、生態毒性は小さくなると考えられる。
 - ・ 水中での飽和溶解状態においてゼブラフィッシュを 96 時間検査した結果、

CdTe による影響（致死および半致死状態）は見られなかった

- ・ Agh (2011)の生態毒性検査は、OECD および米国環境保護局(USEPA)の検査ガイドラインにおいて推奨種となっているゼブラフィッシュを用いて実施している。

3) 太陽電池生産工場での事故

ファーストソーラー社資料(2011)から、ファーストソーラー社は、環境・健康・安全に関して優れた管理システムを導入しているのは理解する。しかしながら、ごく小さい可能性ではあるが、家事や爆発などの事故が工場の作業時に起こることもあり得る。そのような事故が起きた時の、カドミウムおよびカドミウム化合物が工場作業員および／そして工場周辺の住民へのリスクおよび／もしくは暴露量について検討したことはあるのか？

回答：

- ・ かつて、フランスの Blanquefort にてファーストソーラー社のモジュール生産工場の建設を提案した時に、Bureau Veritas が環境・健康・安全管理の一部として工場火災時の排出物質の拡散のモデル化に取り組んだ。その結果、リスクは無視できるほど小さいことが示された。（なお、この話は提案で終わり、実際にはフランスでの工場建設は無かった。）

- ・ ファーストソーラー社のモジュール生産工場は以下の規格を取得している： ISO 9001:2008 (品質)、ISO 14001:2004 (環境)、OHSAS 18001:2007 (労働健康安全) 規格

4) 巨大災害

Fthenakis ら(2005)、Sinha (2011)そして Steinberger (1998)の研究では、火災やモジュールの破損時においてもカドミウムの排出は無視できるほど小さいことを示している。一方で、巨大地震、火事、津波などの大規模災害が起きる頻度に関しては、日本は他国よりも相対的に大きいといえる。従って、これらの大規模災害は、環境・健康・安全側面に考慮されるべきものと思う。ファーストソーラー社は、カドミウム・テルル太陽光発電システムの環境・健康・安全側面に、大規模災害についても検討したことがあるか？カドミウム・テルル太陽光発電システムは、(回収の見込みのない) 拡散用途の製品に使用すべきでないと考え、海拔0地帯や石油・石油化学プラントなどの危険物貯蔵施設の傍には設置すべきではないと考えるが如何に？

回答：

- ・ 地震や山火事などの巨大災害に関しては、米国西海岸地域における大規模太陽光発電建設プロジェクトを実行する前に検討を行った。
- ・ 山火事での最大到達温度は(約 800-1000°C)は、CdTe の融点 (1041°C)よりも小さいのでカドミウムの排出は抑制される。
- ・ 地震で損壊したモジュールは、「太陽電池モジュール性能検出および取扱プラン」にて対

処されることになるので、長時間野ざらしに放置されることは無いであろう。さらに、モジュールは、破損する際に粉々になることは無く、どちらかと言えば、大半は見た目には損傷がないかのように見える細かい損傷でとどまる。

- ・ 日常の検査や出力監視により、破損したモジュールは、取り外され、回収、リサイクルへと回される。

- ・ 津波によるリスクとは、津波被害を受けた地域へモジュールが散乱することによる。CdTeの溶解度が小さいこと、そしてモジュールの構造（ガラスの上にラミネート加工をしたガラスを載せた構造）により、環境への直接の影響は極力小さなものとなる。さらに、既存の発電施設と比較して、太陽光発電施設の津波への影響は小さいと考えられる。福島での原子力発電事故の環境への影響は甚大なものであるし、その他、石油火力やガス火力発電所での石油の流出や火事が起きた場合は環境への影響は大きなものとなる。

ライフサイクル影響評価

5) 太陽光発電システムのライフサイクルインベントリデータの詳細

Fthenakis ら(2008)、*Held & Ilg* (2011)、*de Wild-Scholten* (2010)など、太陽光発電システムの LCA 比較評価に関しては沢山の事例研究がある。中でも、*Held & Ilg* (2011)の研究は、現時点における最新のデータに基づいて解析を行ったもので、近年の太陽光発電システムの生産およびリサイクル工程における大きな変化を指摘している。

彼らの研究をレビューするためにも、ファーストソーラー社の太陽光発電システム（モジュール、フレーム、その他の付属システム）の生産段階での詳細なライフサイクルインベントリデータ(LCI)、つまり太陽光発電システムを1単位生産するのに必要な電力、燃料、材料の消費量、そして Cd、CdTe、CdS などの物質の排出量に関するデータを提供いただきたい。近年の LCI の変化を確認する必要がある。

Fthenakis ら(2008)の研究では、結晶シリコン系太陽電池モジュールの LCA を実施するのに「クリスタルクリアー(CrystalClear)プロジェクト」にて得られたデータを用いている。これらのデータを提供いただきたい。

Wild-Scholten (2011)は、太陽光発電システムのライフサイクルでの環境影響の評価結果は電力の原単位（単位電力量当たりの物質排出重量）に大きな影響を受ける。ファーストソーラー社は、米国とマレーシアにて太陽電池モジュールを生産しているので、太陽光発電システムの LCA を実施するにあたり、これら生産サイトでの電力原単位の違いを考慮すべきと判断する。

回答：

- ・ モジュール、その他の付属品に関する LCI データは提供する。（なお、CdTe 太陽光発電ではフレームは不要である。）

- ・ クリスタルクリアー(CrystalClear)プロジェクトでのデータは以下のサイトから入手できる：

http://www.ecn.nl/docs/library/report/2007/e07026-LCIdata-cSiPV-pubv2_0.xls

- ・ de Wild-Scholten (2011)の研究では、電力の排出原単位の違いを考慮している。
- ・ CdTe は、シリコン系太陽光発電システムよりも、生産段階での電力消費量が小さいため電力の排出原単位の影響は小さい。

6) 太陽電池モジュールのリサイクル

6-1 ファーストソーラー社の「モジュール回収およびリサイクルプログラム」は素晴らしいと思う。シリコン系太陽光発電システムを生産している会社で、同様のプログラムを実施している会社はないのか？御教示いただきたい。

6-2 Held & Ilg (2011)および de Wild-Scholten (2010)の研究では、濾過ケーキ（防塵フィルターで収集される固体）の処理、つまり CdTe の回収に関してはデータが欠落していたため考慮できていない。従って、（ファーストソーラー社の生産工場のある）Perrysburg（米国）と Kulim（マレーシア）におけるカドミウムとテルルの物質フローの詳細について明らかにすべきである。

6-3 「ファーストソーラー社のモジュール回収およびリサイクルプログラム – よくある質問と回答」では、素材のリサイクル率は 90%と述べている。どのようにしてこのリサイクル率は定義されているのか、未回収の 10%はどんな素材で構成されているのか明確にすべき。ガラスのリサイクルにおいて、金属などの不純物の混入は極力避けなければならない。どのようにしてガラス（カレット）のリサイクルが実施されているのか、つまりガラスカレットは何にリサイクルしているのか明確にして欲しい。Held & Ilg (2011)の研究では、プラスチックリサイクルに関しては、熱回収のみを考慮している。太陽光発電システムの LCA を実施するに当たり、最新の現況を反映させるべきである。

回答：

- ・ 現在、SolarWorld（シリコン系太陽光発電）および Abound Solar（CdTe 太陽光発電）が同様なプログラムを実施している。しかしながら、ファーストソーラー社がこのプログラムを初めて実施した会社であり、実際にリサイクル工程を稼働している唯一の会社である。
- ・ 濾過ケーキ処理に関するデータは、Sinha ら(2012)にて公開している。
 - 97%の効率で、濾過ケーキを半導体用純度の CdTe に精製している。
 - USM 社での精製工程を含めた、使用済み太陽電池モジュールの回収およびリサイクル工程は、カドミウム・テルル太陽光発電システムのライフサイクルにおける温暖化ガス排出およびエネルギー消費量の 10%程度を占める。
- ・ リサイクル率は、重量基準での値である。（ガラスで 90%、半導体素材（CdTe）で 95%である。）
- ・ 未回収の 10%は、主としてサイクロンダスト（ガラス及び金属の微粒子）であり、リサイクルすることができない。・ 現在、回収されたガラスは、ガラス繊維製造のために用い

られている。

- ・ なお、ガラスのリサイクルに関しては、閉ループリサイクルを実現するため、つまり（太陽電池モジュールに用いる）板ガラスの品質にまで不純物の混入を低減すべく改善努力を実施している。
- ・ 半導体素材（CdTe）は既に、閉ループリサイクルを実現している（半導体に利用できる純度へ精製されている）。