

進化を続ける営農型太陽光発電

田島 誠 理事・特任研究員

特定非営利活動法人 環境エネルギー政策研究所（ISEP）

Institute for
Sustainable
energy
policies

isep

特定非営利活動法人

環境エネルギー政策研究所

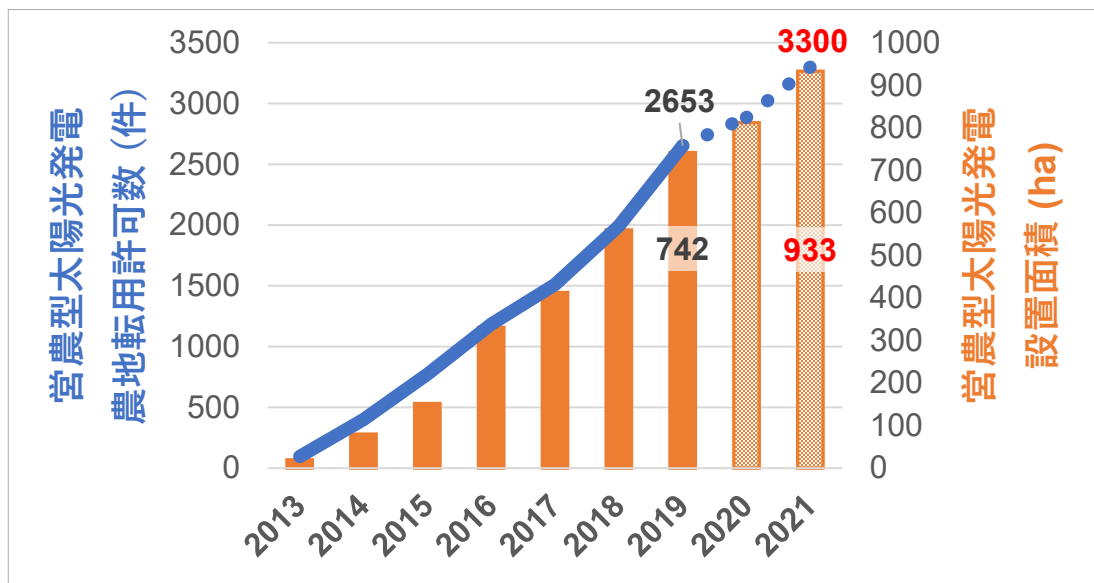
営農型太陽光発電（agrivoltaics）とは

「同一の土地で太陽光発電と農業を同時に行う土地利用形態」

- 1981年 Fraunhofer ISEを設立した
アドルフ・ゴッツバーガー(Adolf
Goetzberger) 提唱
- 2003年 長島彬がsolar sharingと命名
- 研究が盛んな欧米、韓国
- 大規模商用施設の独、仏、中国
- 普及先進国の日本(3000カ所, 120品目)



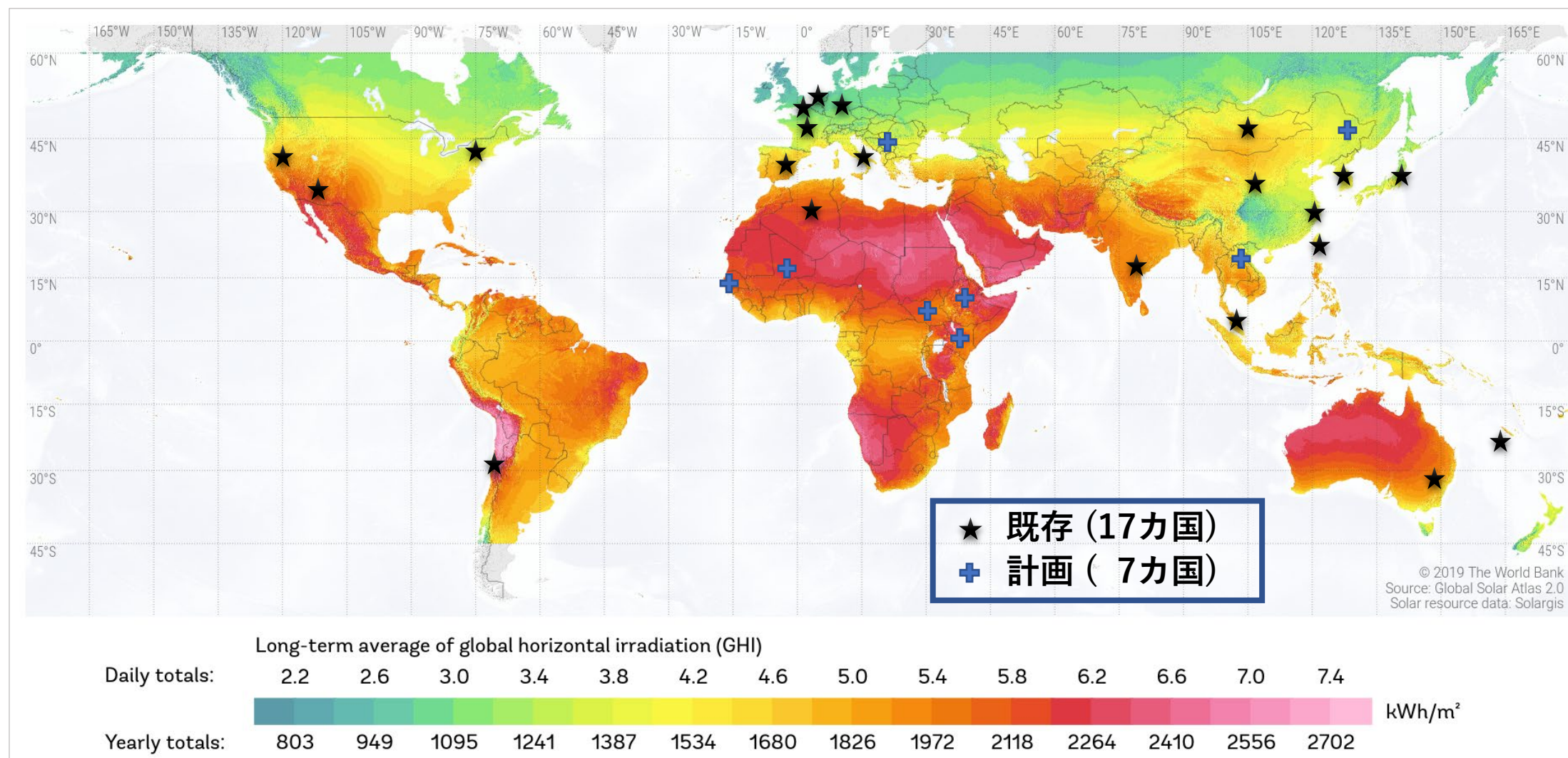
日本は設置実績で世界のトップ



- 富山県を除く全国に設置
- 7年間で**2,653農場 (741.6ha)**
 - うち、2,591農場 (98%) が存続
 - 11.8%が「荒廃農地」

出典：農林水産省農村振興局, 営農型太陽光発電設備設置状況等について（令和元年度末現在）, 農林水産省, 2021.を元に筆者改変

世界に広がる営農型太陽光発電



出典: Map obtained from the "Global Solar Atlas 2.0, a free, web-based application is developed and operated by the company Solargis s.r.o. on behalf of the World Bank Group, utilizing Solargis data, with funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://globalsolaratlas.info>

なぜ、営農型太陽光発電が注目されているのか？

太陽光発電や農業にまつわる問題 → 営農型太陽光発電が提供するサービス

土地利用コンフリクト

生物多様性・生息域の消失

地球温暖化の悪影響

農業の低収益性
農業離れ

問題を解決してくれるから

農業と太陽光発電に適した土地がなくなってきている

平地面積に占める太陽光発電設備容量

太陽光発電と農業の適地は同じ

特に日本は、、、

	日	独	英	仏	中	印	米
国土面積 (万km ²)	38	36	24	54	960	329	963
平地面積 (万km ²)	13	25	21	37	740	357	653
平地面積の割合 (%)	34	69	88	69	77	78	68
平地面積あたりの 太陽光設備容量 (kW/km ²)	426	184	63	26	24	11	10

• 平地面積が最も狭い

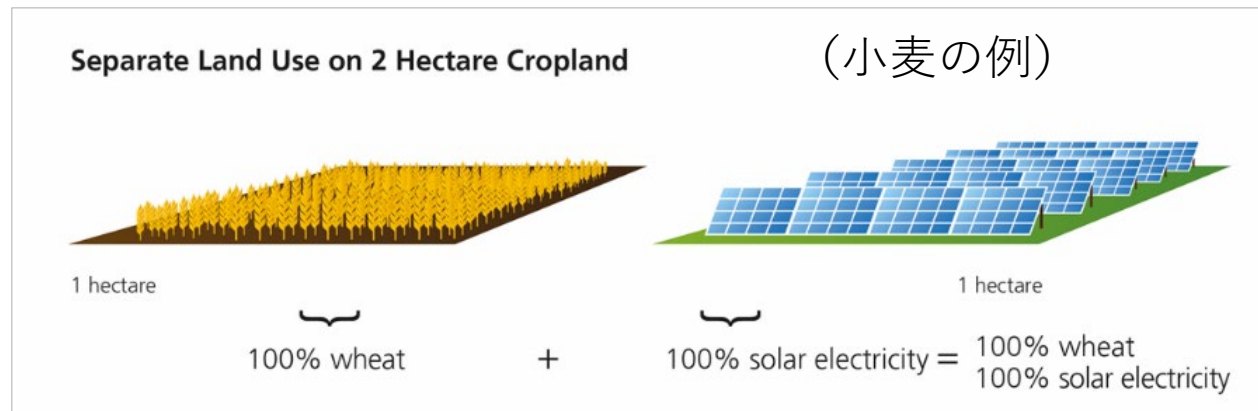
• 平地に占める太陽光発電容量が最も高い



適地の喪失
土地利用コンフリクト

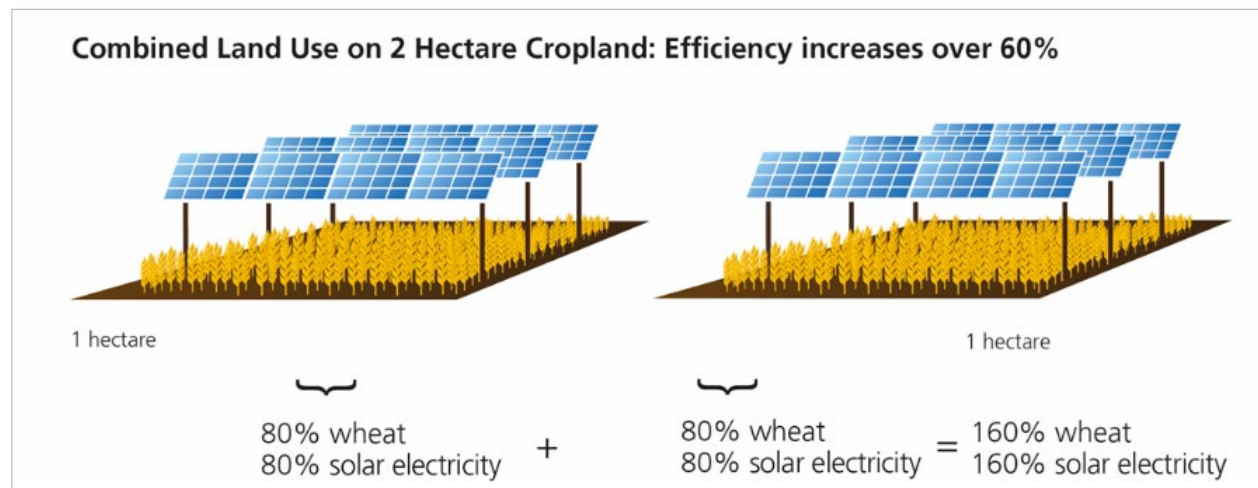
出典：経済産業省資源エネルギー庁, 2030年における再生可能エネルギーについて, 経済産業省, 2020より筆者作成

営農型太陽光発電は、土地利用効率を向上する



同じ面積の土地から

➡ 100%小麦 + 100%電力



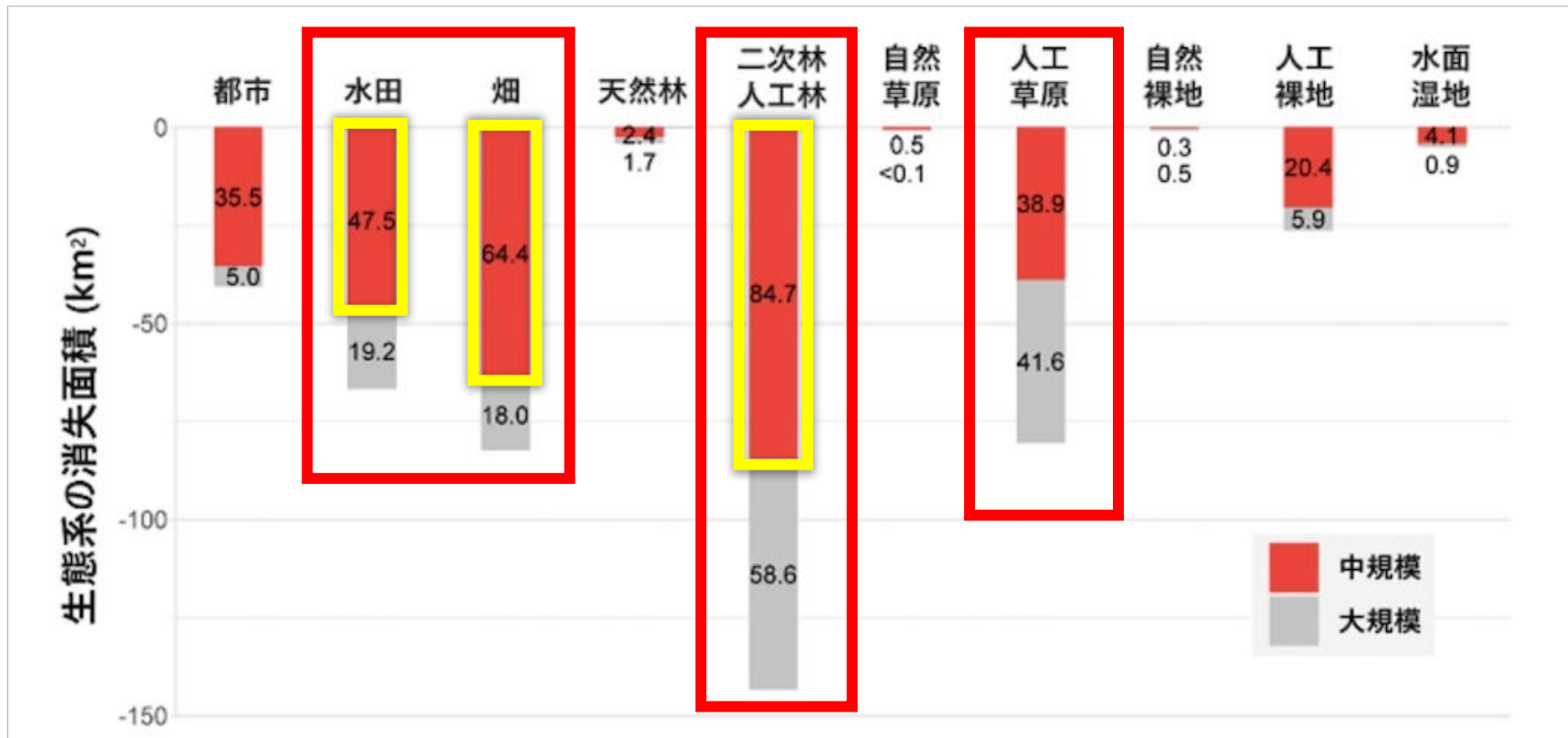
➡ 160%小麦 + 160%電力

© Happy Pictures/shutterstock

出典：Fraunhofer ISE, Harvesting the Sun for Power and Produce –Agrophotovoltaics Increases the Land Use Efficiency by over 60 Percent, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2017.

太陽光発電によって、生物多様性や生息域が失われている

- 二次林・人工林 > 人工草原 > 畑 > 水田 → 里山と農地が失われている
- 大規模(>10 MW)より中規模(0.5~10 MW)の方がダメージが大きい



出典：J.Y. Kim, D. Koide, F. Ishihama, T. Kadoya, J. Nishihiro, Current site planning of medium to large solar power systems accelerates the loss of the remaining semi-natural and agricultural habitats, Science of The Total Environment, (2021) 146475 を元に筆者改変

営農型太陽光発電は、生物多様性を保全する



出典：J.F. Weaver, Minnesota gets its first large-scale energy storage system (and you get free solar honey!), pv magazine, pv magazine, 2018. <https://www.pv-magazine.com/2020/11/18/agrivoltaic-beekeeping-project-in-spain/>

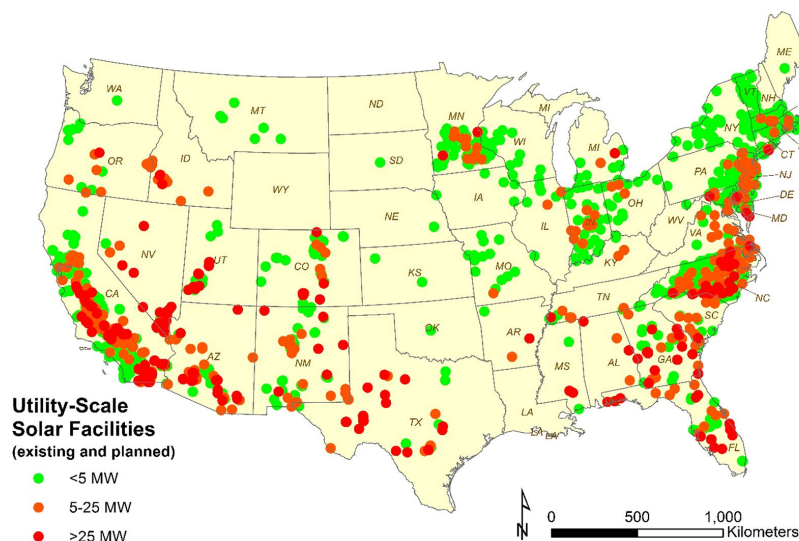


出典：P.S. Molina, Agrivoltaic beekeeping project in Spain, pv magazine, pv magazine, 2020. <https://www.pv-magazine.com/2020/11/18/agrivoltaic-beekeeping-project-in-spain/>

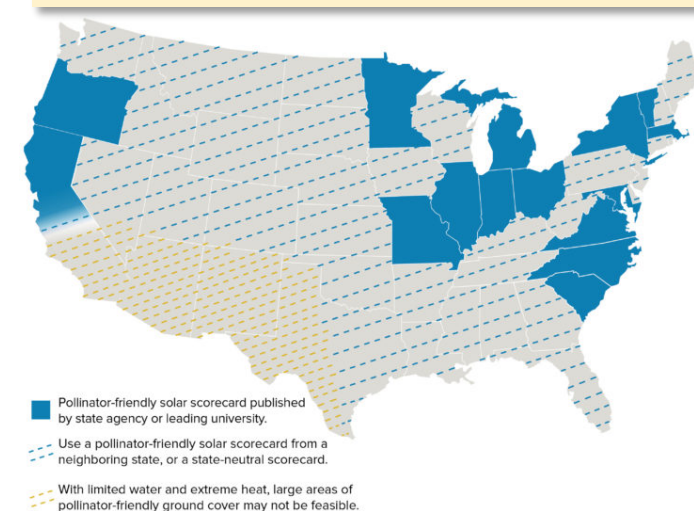
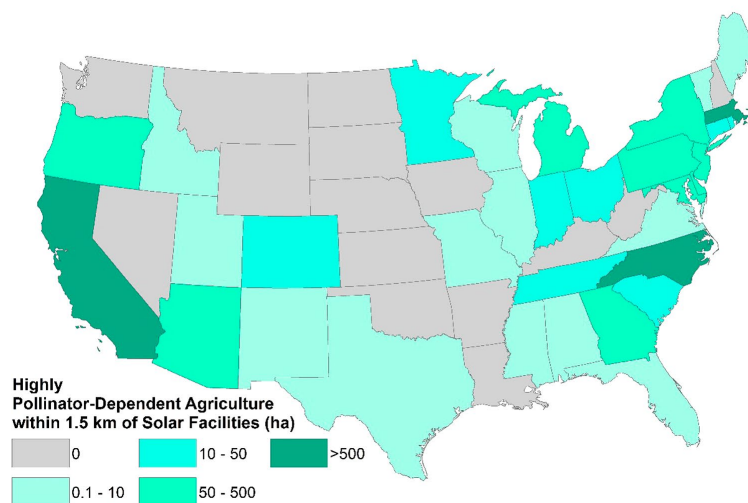
太陽光発電

受粉者が絶対必要な農業

受粉者に優しい太陽光発電 (Pollinator-Friendly Solar)



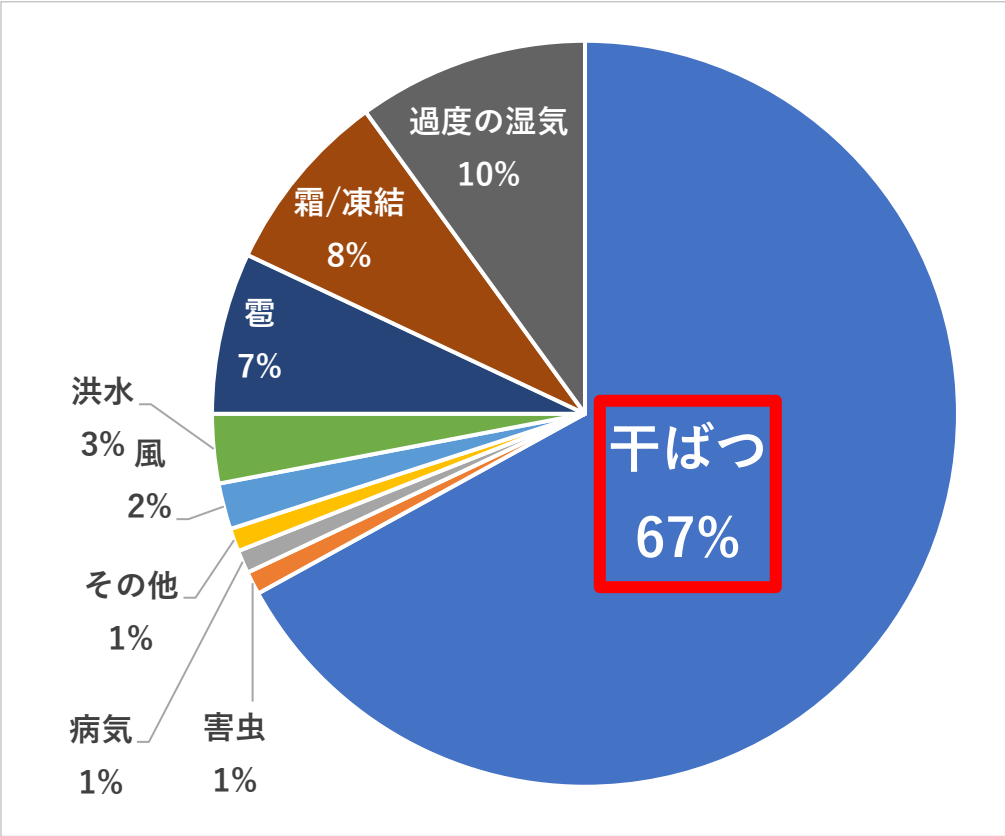
出典：L.J. Walston, S.K. Mishra, H.M. Hartmann, I. Hlohowskyj, J. McCall, J. Macknick, Examining the Potential for Agricultural Benefits from Pollinator Habitat at Solar Facilities in the United States, Environmental science & technology, 52 (2018) 7566-7576.



出典：Pollinator-Friendly Solar Scorecards, Fresh Energy. <https://fresh-energy.org/beeslovesolar/pollinator-friendly-solar-scorecards>

地球温暖化によって、農作物の収量が落ちる

トウモロコシ減収の原因
(アジア太平洋地域)



出典：Australian Centre for International Agricultural Researchを元に筆者改変

干ばつや熱ストレスによる作物の減収割合

作物	ストレス	収量減 (%)
トウモロコシ	干ばつ 熱	63~87 42
小麦	干ばつ 熱	57 31
米	干ばつ 熱	53~92 50
ひよこ豆	干ばつ	45~69
大豆	干ばつ	46~71
ヒマワリ	干ばつ	60

出典：S. Fahad, A.A. Bajwa, U. Nazir, S.A. Anjum, A. Farooq, A. Zohaib, S. Sadia, W. Nasim, S. Adkins, S. Saud, M.Z. Ihsan, H. Alharby, C. Wu, D. Wang, J. Huang, Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options, Frontiers in Plant Science, 8 (2017)を元に筆者改変

気候変動は、作物の品質も低下させる

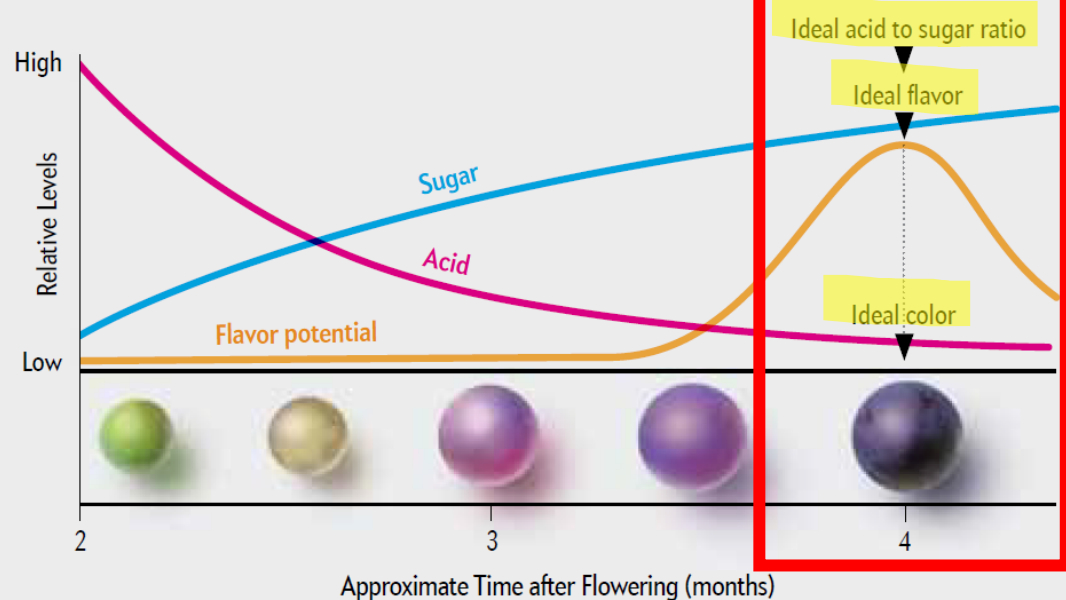
異常気象

干ばつ・熱ストレス



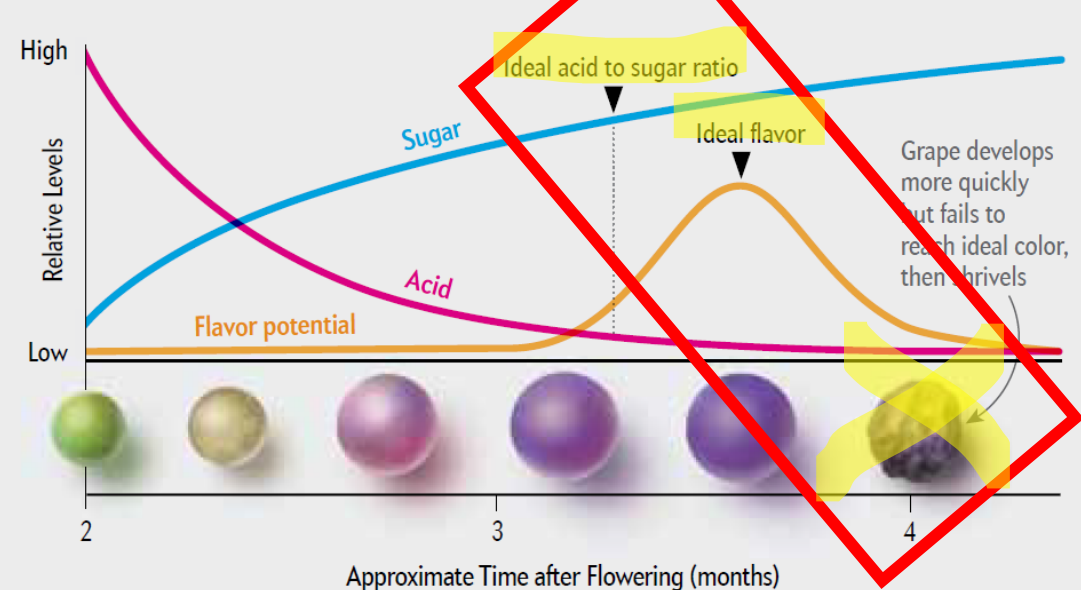
出典：<https://www.agric.wa.gov.au/fire/management-grapes-and-wine-after-smoke-events?page=0%2C1>

Optimal Ripening of a Grape



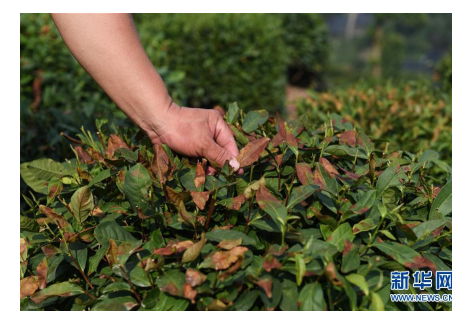
温暖化

Same Grape under Warmer Conditions



出典：K. Nicholas, Will We Still Enjoy Pinot Noir?, Scientific American, 312 (2015) 60-67.

営農型太陽光発電は、作物と農家を守る



	遮光（1ヶ月は必要）		霜害	熱ストレス
従来の農法	不十分	コスト高	コスト高/低効果	効果的な対策無し
	直掛け（最も安価）を長く続けると新芽を傷つけたりいもち病を招く	芽を痛めないように遮光用の棚を作ると150万円～200万円/反の費用がかかる	茶畑の周辺に霜害防止の防霜ファンを設置して、駆動電力が要る	35℃になる猛暑の夏の熱ストレスからお茶の木を守る有効な対策がない
営農型PV	十分かつ効果的	追加コスト無し	追加コスト無し	保護・冷却効果
	架台を遮光棚として活用できる - 寒冷紗の下に十分なスペースがあるので、新芽を傷つけることなく十分な期間遮光が可能		パネルが夜間の上昇気流を遮るため放射冷却が起きず霜が降りない	猛暑でも外部に比べてパネルの下は5℃気温が低い
★	お茶の木を植えてから 4～5年は収穫（＝収入）なし → 売電収入 がそれを補填			

営農型太陽光発電は、農産品の付加価値を高める

元々
高付加価値産品

- 抹茶は碾茶を
碾いて粉末に
したもの



COPYRIGHT © 2019 MATCHAFUL

更なる
ブランディング

- 有機栽培
- 再生可能エネルギー
- 健康志向

マーケティング
(意識の高い
購買層)

- 環境・健康・社会的意識
の高いバイヤー
- RE100 企業
- SDGs/COP21
- ESG 投資

営農型太陽光発電は、様々な課題を解決する

問題・課題

営農型太陽光発電が提供するサービス

土地利用コンフリクト



土地利用効率の向上

生物多様性・生息域の消失



生物多様性の保全

地球温暖化の悪影響



地球温暖化の適応策

農業人口の減少

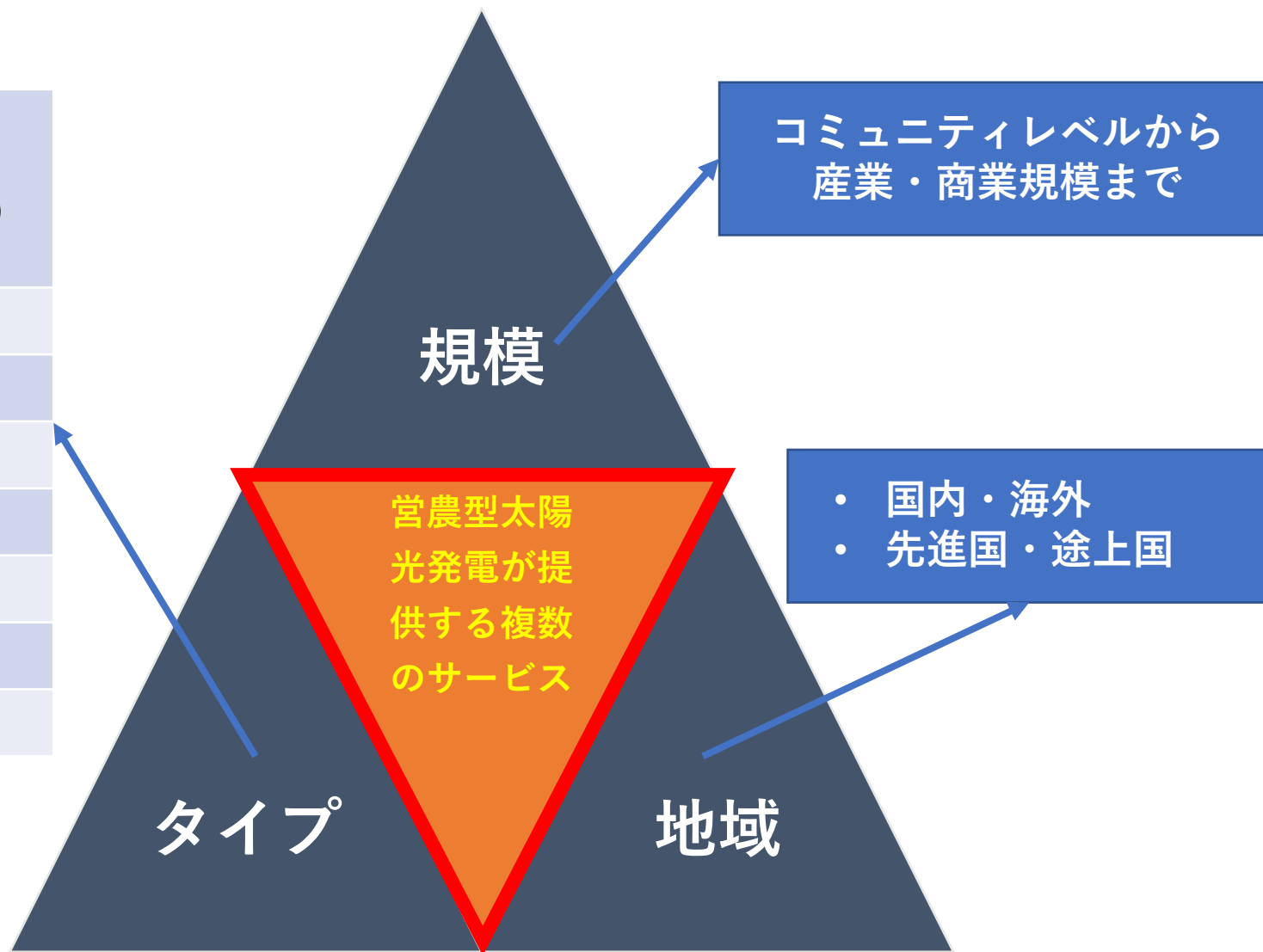


農家経営の安定化と増収

営農型太陽光発電には、多様な市場機会がある

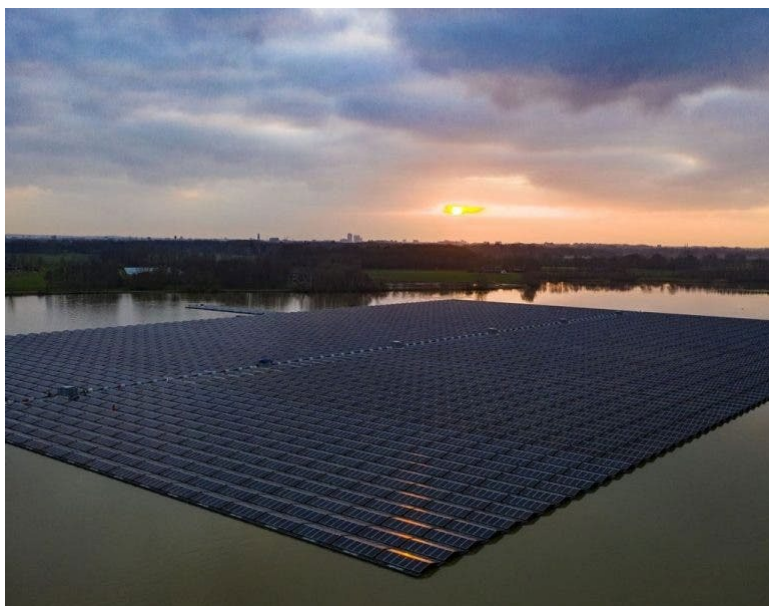
農業システム

農場	作物
	• 一年生
	• 多年生（果樹等）
	• 得用作物
	家畜
水上	水産物
温室	野菜
	得用作物
建物	家畜
	水産物
	加工



養殖営農型太陽光発電

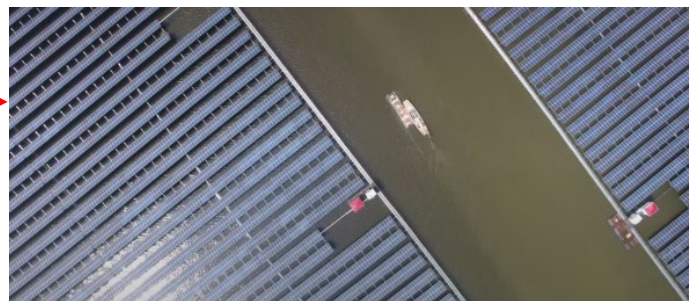
オランダの水上ソーラー (27.4 MW)



©Energiefonds Overijssel

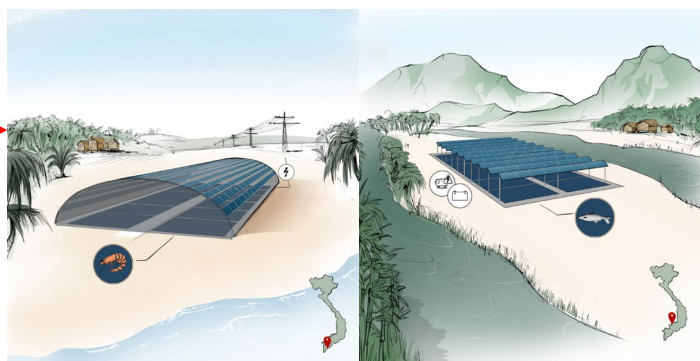
出典：Largest Floating Solar Park In Europe Connected To Grid In Netherlands <https://cleantechnica.com/2020/08/01/largest-floating-solar-park-in-europe-connected-to-grid-in-netherlands/>

中国の養殖ソーラー (320 MW)



出典：E. Bellini, Another 120 MW of solar aquaculture in China, pv magazine, pv magazine, 2020.

ベトナムの養殖ソーラー (計画)

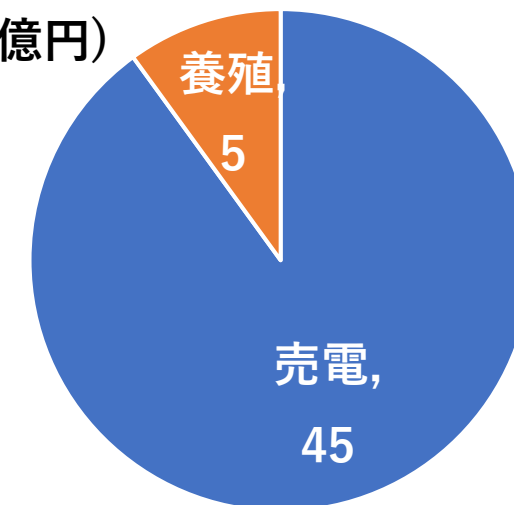


© Fraunhofer ISE

出典：<https://www.ise.fraunhofer.de/en/business-areas/photovoltaics/photovoltaic-modules-and-power-plants/integrated-photovoltaics/agrivoltaics/aqua-pv.html>



収入 (億円)



出典：A.M. Pringle, R. Handler, J.M. Pearce, Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80 (2017) 572-584 より筆者作成

商用

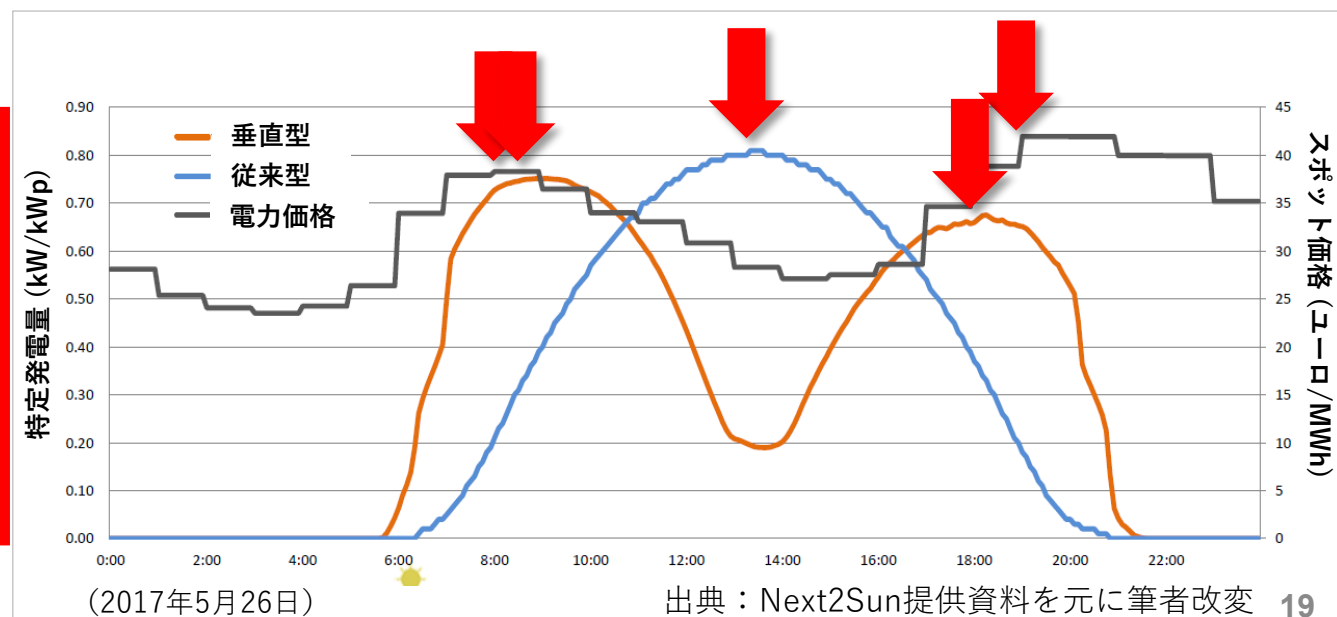
コミュニティ

養殖営農型太陽光発電の利点

利点	説明
土地利用効率の向上	発電収入＋養殖収入により収入も向上
発電量の増加	水と風による冷却効果による。両面モジュールを用いれば水面からの反射光で発電量は更に増える
設備寿命の延長	駆動温度が低くなるため
蒸散の防止	設備のデザイン如何だが水資源の保全に貢献
水質の向上	藻の繁殖や水温上昇を抑制することによる
パネルの汚れの防止	土の飛散などは無縁。水鳥の糞等は増える可能性も
初期投資額の低減	既存のダム湖や溜め池を活用する場合や、陸上とは違い整地、基礎工事、架台等が不要
魚介類の増収	上記の水質の向上等に加えてLEDライト等を自家駆動することによる

出典：[1] F. Haugwitz, Floating solar PV gains global momentum, pv magazine, 2020.; [2] A.M. Pringle, R. Handler, J.M. Pearce, Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80 (2017) 572-584.より筆者作成

牧畜営農型太陽光発電



あなたの地域でも、営農型太陽光発電を導入しよう！

✓まずは、入門書やガイドブックを

★おすすめ！

- ・『日本を変える、世界を変える！「ソーラーシェアリングのすすめ」』リックテレコム
- ・『コミュニティパワー エネルギーで地域を豊かにする』学芸出版社

✓脱FITモデルを

✓できれば地域で → コミュニティ・エネルギー

✓社会的受容性を高める取り組みも

ご清聴ありがとうございました。

ご質問は田島まで
tajima_makoto@isep.or.jp
<https://www.isep.or.jp/>