

再生可能エネルギー 発電コスト2020

エクゼクティブサマリー

再生可能エネルギー発電コスト2020

2020年は新型コロナウイルスの蔓延により、世界的なパンデミックと、その影響による数多くの犠牲者や経済の低迷が耳目を集める1年となりました。しかし、明るい光も射し込んでいます。それは、再生可能エネルギー発電サプライチェーンの回復力と新しい展開における記録的な成長です。

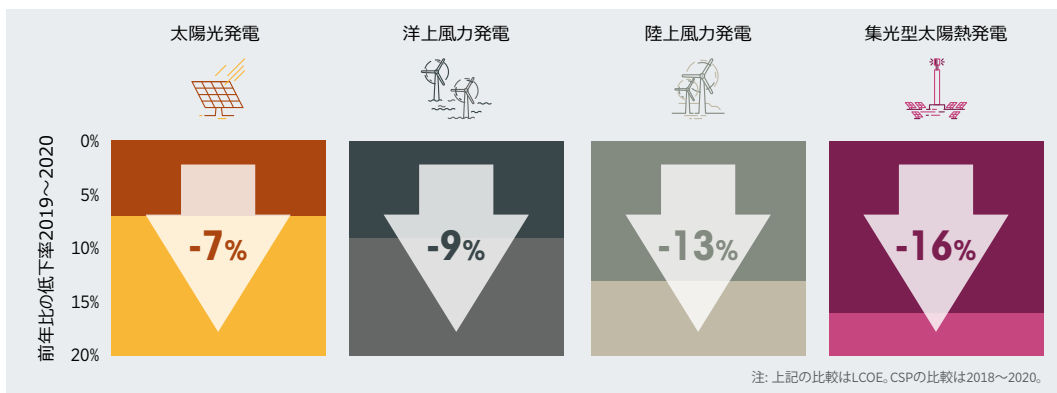
コストの低下傾向は、太陽光発電でも風力発電でも途切れることなく続いています。2020年、陸上風力発電の導入容量における均等化発電原価（LCOE）の世界加重平均は前年比で13%低下、洋上風力発電のLCOEは9%低下、また大規模太陽光発電（PV）も7%低下しました（図S.1）。

陸上風力発電の世界加重平均LCOEは前年の0.045米ドル/kWhから0.039米ドル/kWhと13%低下しており¹、2019年の低下率をわずかに上回りました。これには設備導入総コストの世界加重平均が9%低下したことが大きく関わっています。中国では設備導入コストが平均を下回るものの、2020年には推定69GWが導入されており、同年の導入量全体の3分の2を占めています。

大規模PVのLCOEは2020年、0.061米ドル/kWhから0.057米ドル/kWhと前年比7%低下し、2019年の予想値13%を下回っています。しかし、2020年の設備導入総コストの世界加重平均もまた、883米ドル/kWhと12%低下しています。

大規模PVのLCOEの低下幅が従来より小さいのは、同年の新規プロジェクトにおける設備利用率の世界加重平均が低下していることから、設備導入の予想総コストの減少分が一部相殺されたためです²。これは2020年の展開において、最終的に前年に比べ、太陽光資源が少ないエリアに重心が置かれたことによります³。導入量で中国が最大市場となった陸上風力発電の状況も似通っており、推計では2020年の大規模発電導入量の45%を占めています。

図 S.1 新規に委託された大規模太陽光発電技術および風力発電技術の世界加重平均 LCOE、2019~2020



典: IRENA Renewable Cost Database

- 1 当レポートで引用している財務情報はすべて実質的な数値であり、2020年の数値では同年を基準年とするインフレの影響を調整しています。LCOEの計算ではAnnex Iに詳細が示されている方法論をベースにし、現在提供されている資金援助による影響はすべて排除しています。
- 2 当レポートで引用しているPVの設備利用率はすべて交流 (AC) / 直流 (DC) の設備利用率です。PVの設備導入コスト情報はすべて、直流1ワットあたりで示しています。他のすべての技術ではAC値を用いているため、これは例外に当たります。
- 3 両面発電モジュールと単軸ソーラートラッカーの重要性が増していることを示すこの結果は、慎重に扱うべきものです。データ可用性が設備導入総コストをすべて反映できておらず、設備利用率に大きな影響を与えています。2020年には設備利用率が修正される可能性があります。

2020年の洋上風力発電の世界加重平均LCOEは前年比で9%低下しており、新規プロジェクトにおける電力コストの世界加重平均は0.093米ドル/kWhから0.084米ドル/kWhに低下しました。これは2019年の予測を上回る低下率であり、設備導入コストが平均以下である中国が、導入量のシェアを2019年の約3分の1から2020年には約半分に伸ばしたことが影響しています。

2020年の集光型太陽熱発電 (CSP) における新規委託プロジェクトの世界加重平均LCOEは前年比で49%低下しました。しかし、この状況は通常と多少異なります。2019年の世界加重平均LCOEが過度の遅延のあったイスラエルの2つのプロジェクトに引き上げられた一方で、2020年のプラント委託は中国で2件発生しただけに過ぎないからです。2018年から20年までのデータでは、年間16%という年間低下率が示されており、こちらの数値の方が最近のコスト削減率をより正確に表しています。

再生可能エネルギー発電コストの傾向、2010～2020：コスト低下の10年

2010年から20年までの10年間は、太陽光発電技術と風力発電技術の低コスト化が顕著でした。的を絞った政策支援と業界の進撃というコンビネーションにより、太陽光と風力による再生可能エネルギー発電は、高価なニッチから、新たに導入された化石燃料と接戦するまでに成長しました。コストは現在の延長線上 (BAU) にある未来より低下するため、再生可能エネルギーは今後このプロセスにおいて電力システムのバックボーンとなり、脱炭素発電を促進できる存在となることが明らかになりました。

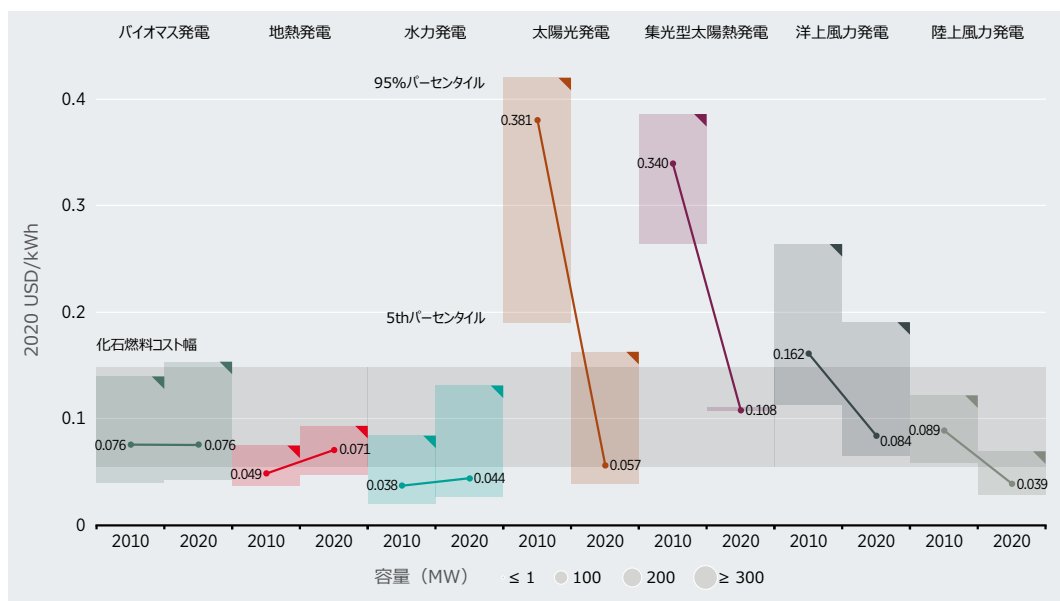
新規に委託された大規模PVプロジェクトの世界加重平均LCOEは、2010年から20年の間に0.381米ドル/kWhから0.057米ドル/kWhへ85%低下 (図S.2) し、設備導入総コストは4731米ドル/kWから883米ドル/kWに減少しました。その要因は、世界中のPV (大規模および屋上) の累計設備導入容量が2010年の42GWから2020年に714GWへと増加したことにあります。そのため、ハイコストレベルの化石燃料を使った火力発電の2倍以上かかっていたコストは、新規導入の同火力発電のコスト幅の最低レベルまで急落しました。⁴

住宅向けPVシステムのLCOEも同期間にわずかに低下しています。オーストラリア、ドイツ、イタリア、日本、米国では、2010年のLCOEは0.304米ドル/kWhから0.460米ドル/kWhの間を上下していましたが、2020年には0.055米ドル/kWhから0.236米ドル/kWhまで下がっています。これは49%～82%の低下率です。

⁴ 化石燃料を利用した火力発電のG20のコスト幅は、国と燃料タイプにより推計0.055米ドル/kWhから0.148米ドル/kWh。下限は中国の新規石炭火力発電所のコストで、2020年のIEAのデータに基づいて

陸上風力発電プロジェクトにおける2010年から20年までの電力コストの世界加重平均は0.089米ドル/kWhから0.039米ドル/kWhに56%低下、平均容量係数は27%から36%に上昇、設備導入総コストは1,971米ドル/kWhから1,355米ドル/kWhに低下、そして累計設備導入容量は178GWから699GWに成長しました。PVでは電力コストの低下の原因が主に設備導入総コストの減少にある一方で、陸上風力発電コストの低下にはタービン価格の下落、プラントのコストバランス、最新式タービンの容量係数の高さが等しく影響しています。

図 S.2 新規に委託された大規模再生可能エネルギー発電技術の世界 LCOE、2010～2020



出典: IRENA Renewable Cost Database

注: 当データは委託年のものです。太線は、各年に委託された各プラントの世界加重平均LCOE値です。プロジェクトレベルのLCOEは、2010年のOECD加盟国および中国の実質加重平均資本コスト (WACC) 7.5%を用いて算出しています。これは2020年には5%に低下、残りの各国においては2010年の10%から2020年には7.5%に低下しています。1本の帯が表しているのは化石燃料発電のコスト幅で、それぞれの技術と年を示した複数の帯は再生可能エネルギープロジェクトの5パーセンタイルと95パーセンタイルを表しています。

洋上風力発電における新規委託プロジェクトの世界加重平均LCOEは、2010年の0.162米ドル/kWhから2020年の0.084米ドル/kWhと、10年間で48%低下しました。これは洋上風力発電の展望を変化させる低下幅です。2020年末現在の累計設備導入容量は、陸上風力発電の約20分の1に相当する34GWとなっています。

CSPの電力コストの世界加重平均は、2010年から20年までの期間に0.340米ドル/kWhから0.108米ドル/kWhに低下しました。2020年に委託があったプロジェクトは2件にとどまっており、両方とも中国で発生しています。同国の国情が反映された状況とはいえ、CSPの電力コストが68%低下し、化石燃料を使用した導入容量のコスト幅の中間に相当するようになったことは注目すべき成果です。2020年末の世界におけるCSP累計設備導入容量は6.5GWで、PV設備導入容量の100分の1弱に相当します。

2010年から20年までの間に発電向けに導入されたバイオエネルギーの容量は60GWでした。電力プロジェクト向けバイオエネルギーの世界加重平均LCOEは同期間中多少の変動があったものの、最終的には10年前とほぼ同レベルの0.076米ドル/kWhで終わっています。これは化石燃料を使用した火力発電の新規プロジェクトにおける電力コストの下限と同レベルです。同時期の水力発電の導入量は715GWで、世界加重平均LCOEは18%上昇し、0.038米ドル/kWhから0.44米ドル/kWhとなりました。2020年には前年比で16%コストが上昇しているにもかかわらず、化石燃料を使用した発電の最も安価な導入オプションを下回る結果となっています。

地熱発電の世界加重平均LCOEは、2016年以来0.071米ドル/kWhから0.075米ドル/kWhの間を上下しています。2020年に新しく委託されたプラントの世界加重平均LCOEはこの値幅の下限にあり、前年より4%減少して0.071米ドル/kWhとなっています。

陸上風力発電における電力コストの世界加重平均LCOEは、2010年から20年の間に0.089米ドル/kWhから0.039米ドル/kWhへと56%低下しています

再生可能エネルギーが導入容量に関する経済的な選択を行う際のデフォルト設定に

2010年から20年までの10年間で、太陽光発電技術と風力発電技術における競争力は劇的に向上しました。資金援助で得た利益を除外すると、この間、CSP、洋上風力発電、大規模PVのすべてが陸上風力発電と同じく、化石燃料を使用した火力発電導入量のコスト内に収まっています。再生可能エネルギーは化石燃料と競合しているのみでなく、新規導入では事実上、化石燃料より低コストになっています。

2020年に導入された再生可能エネルギー発電容量のうち162GWの電力コストが、化石燃料を使用した火力発電導入容量の中でも最も安価な電力コストを下回っています。再生可能エネルギーは、同年に導入された正味容量全体の約62%を占めました。新興国では電力需要が伸びて導入容量の増加が必要とされていますが、再生可能エネルギー発電プロジェクトは電気セクターにおいて少なくとも年間60億米ドルのコスト削減につながると予測されています。一方、化石燃料を使用した火力発電では、ほぼ同額のコスト増加が予測されます。

2010年以来、世界では累計総容量644GWの再生可能エネルギーが導入され、その推計コストは最も安価な化石燃料を使用した火力発電の同期間のコストを下回っています。⁵この傾向は、2016年以前は主に水力発電に見られていたものですが、その後は陸上風力発電やPVでも目立ち始めました。この10年間を通じて、新興国では合計534GWが導入され、2021年には電力システムコストを最高320億米ドル削減しています(9,200億米ドル、値引きなし、経済的耐用年の期間中)。



Photo: Shutterstock

再生可能エネルギーの購買では、オークションや電力購入契約（PPA）を通じて競争が発生しており、これにより再生可能エネルギーの競争力が証明されています。IRENA再生可能エネルギーオークションおよびPPAデータベースのデータによると、最近の競争のある購買プロセスで落札し、2022年に委託が計画されている大規模PVプロジェクトでは、平均価格が0.04米ドル/kWh（図S.3）になるものと予測されます。これは2020年のPVの世界加重平均LCOEと比較すると30%の低下となり、化石燃料の中でも最も安価な石炭火力発電の数値を約27%下回ります（0.015米ドル/kWh）。

オークションとPPAデータはまた、欧州では洋上風力発電コストが2023年までに0.05米ドル/kWh～0.10米ドル/kWhに低下することを示唆しています。対して、新市場や遅延プロジェクトではコスト高になりそうです。陸上風力発電コストの下限を見ると、いずれのプロジェクトも欧州の各市場における電力卸売価格に対抗可能になると推測されます。現在のCSP市場は薄いものの、入手可能なデータによると、今年2021年はドバイ電力水道公団の大規模なCSPプロジェクトが始まることもあり、コスト低下が続くと予想されます。

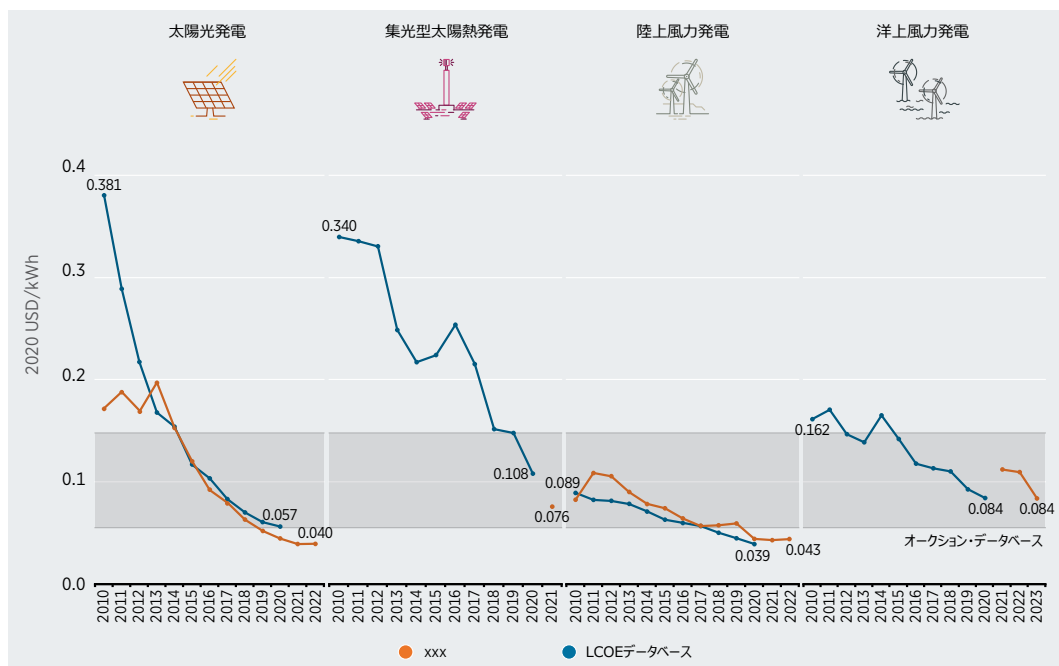
そのためIRENA再生可能エネルギーコストデータベース、オークション、PPAデータベースのデータは、大規模PVおよび陸上風力発電プロジェクトが平均的に、化石燃料を使用した火力発電の中でも最も安価な新規プロジェクトを下回るコストでの電力生産が可能であることを強調するものとなっています。洋上風力発電とCSPでは、化石燃料を使用した火力発電の新規プラントに見られる値幅の下位まで低下すると思われます。

2010年以降の世界における再生可能エネルギー電力の累積導入総容量は644GWであり、推定コストは最も安価な化石燃料を使用した火力発電を下回っています

これらのデータはまた、0.03米ドル/kWh以下と、電力コストが非常に低いプロジェクトの増加も示しています。実際に過去18か月間を振り返ると、カタールの0.0157米ドル/kWhに始まり、アラブ首長国連邦の0.0135米ドル/kWh、サウジアラビアの0.0104米ドル/kWhと、PVでは記録的な低価格の入札が3件発生しています。ほんの数年前まで考えられなかった0.02米ドル/kWhを下回る価格も不可能でなくなっているのは驚くべき出来事です。しかしそのためには、LCOEに影響を及ぼす、ほぼすべての要素を「ベスト」値にしておくことが必要です。

このような非常に低いPV価格水準は、低コストの再生可能水素がすでに実現可能であることを示しています。サウジアラビアで最近開かれたオークションのPVや陸上風力発電の入札価格が低価格だったことを鑑みると、水素の均等化コストは水素1キログラム (kgH) あたり1.62米ドルまで低下すると思われます。天然ガスの水蒸気メタン改質の仮コスト、今日における二酸化炭素の回収・有効利用・貯留 (CCUS) のコストは1.45米ドル/kg H₂から 2.4米ドル/kg H₂の間を動いており、ほぼ同レベルとなっています。

図 S.3 PV、陸上風力発電、洋上風力発電、CSPの世界加重平均LCOEおよびPPA/オークション価格、2010~2023



出典：IRENA Renewable Cost Database

注：太線は年間の世界加重平均LCOEもしくはオークション価格。LCOEデータについては図S.2の注を参照。チャート全体を横切って伸びる帯は化石燃料を使用した火力発電のコスト幅を表す。

低コストで既存の石炭火力発電プラントを追い詰める再生可能エネルギー電力

PVと陸上風力発電のコストが低下していることから、新規導入の再生可能エネルギー電力は化石燃料を使用した新しい火力発電より安価になる一方ですが、それだけでなく運営コストも既存の石炭火力発電所をより一層下回るようになっていきます。

実際に欧州では2021年、石炭火力発電所の運営コストが新規のPVや陸上風力発電のコスト（炭素価格付けのコストを含む）を上回っています。ドイツとブルガリアの状況分析では今日、調査対象となった全石炭火力発電所で、新規のPVや陸上風力発電より運営コストが高くなっています。米国とインドでは石炭火力発電所の運営コストはドイツやブルガリアより低いものの、意義深い炭素価格付けは、まったくとは言わないまでもほぼ行われていません。しかしながら、この両国ではPVと陸上風力発電という二つの再生可能エネルギー発電技術のコスト競争力が非常に高いため、両国の既存石炭火力発電所のほとんどはこれらよりハイコストとなっています。

推計では、米国では2021年、既存石炭火力発電容量の77%から91%が、またインドでは87%から91%が、新規の太陽光発電および風力発電の運営コストを上回ります。均等化原価にすると、2021年のインドにおけるPVのオークション並びにPPAの加重平均価格は0.033米ドル/kWh、陸上風力発電は0.032米ドル/kWhとなります。米国では0.031米ドル/kWh並びに0.037米ドル/kWhです。

石炭火力発電にコストに勝る価値があるのかという点はこの分析では測りかねますが、電力会社の価値命題や柔軟な発電が崩れているにもかかわらず、2015年から18年までの間に米国の大規模蓄電コストは2,152米ドル/kWhから635米ドル/kWhと71%低下しています。新規の太陽光発電や風力発電にかかるコストと、石炭火力発電所の現時点における運営コストの間の格差は広がる一方であり、これを通じて、現在もまだ数が増加しており、勢力の衰えを見せない石炭の早期退役に対する経済的機会の規模が予測されます。

表 S.1 不経済な既存石炭火力発電所の容量と石炭火力発電の年間節約費、
電力コストとCO₂排出量、2021年

	運営コストが新規の太陽光発電および風力発電を上回る石炭火力発電容量		石炭を新規に太陽光発電および風力発電に転換したときの年間節約費	年間CO ₂ 排出削減量
	(GW)	+USD 5/MWh 再生可能エネルギー統合コスト (GW)	(USD 10億/年)	(Mt CO ₂ /年)
ブルガリア	3.7	3.7	0.7	18
ドイツ	28	28	3.3	99
インド	193	141	6.4	643
米国	188	149	5.6	332
その他の国々	724	488	16.3	1 881
世界	1 137	810	32	2 973

出典：カーボントラッカーをベースとしたIRENAの分析、2018年；Szabó他、2020；IEA、2021；Öko-Institut、2017；Booz&Co、2014；Energy-charts.de；DIWベルリン、Wuppertal Institut and EcoLogic、2019；Gimon他、2019；US EIA、2021；IRENA Renewable Cost Database



太陽光発電技術および風力発電技術の注目すべき学習率

2010年から20年までに見られたコスト低下は、注目すべき降下率を示しています。このことは中期的な再生可能エネルギー発電技術の競争力だけでなく、エネルギー転換で必要とされる類似の技術にとっても法外な意味を持ちます。

2010年から20年までの間の再生可能エネルギー発電の累計設備導入容量は全体の94%を占め、大規模PVは34%と設備導入総コストの世界加重平均で最も高い学習率を示しています。同技術はまた、LCOEも39%と最高値を示しています。学習率が今後下がるとすると、この値は実質上、展開初期のデータを基にした、これまでに行われてきたPVの学習率に関するすべての分析結果に勝ることになります。

陸上風力発電では、2010年から19年までの期間のLCOE学習率は32%で、設備導入総コストの2倍弱となっています。大規模PVの電力コストを下げるには設備導入総コストの削減が重要であり、このことは設備導入総コストとLCOEの学習率が非常に近似している表S.2の数値に明白に表れています。その他の技術では、設備利用率を改善してパフォーマンスを向上させたことが電力コストの低下に大きく寄与しています。結論として、CSP、陸上風力発電および洋上風力発電のLCOE学習率は、設備導入総コストに比べて格段に高くなっています。

表 S.2 PV、CSP、陸上および洋上風力発電の学習率、2010~2021/3

	学習率	
	設備導入総コスト 2010~2020	LCOE 2010~2021/23
	(%)	(%)
大規模PV	34	39
CSP	22	36
陸上風力発電	17	32
洋上風力発電	9	15

6 学習率は累積設備導入容量が倍増するごとに減少する料金/費用のパーセンテージ



© IRENA 2021

本エグゼクティブサマリーは「**Renewable Power Generation Costs in 2020**」 ISBN: 978-92-9260-348-9" (2021) の翻訳です。 翻訳と英語の原本の間に矛盾が見られる場合は、英語のテキストが優先されます。

免責条項

本書およびこれに含まれる内容は「現状のまま」提供される。本書に含まれる内容の信頼性を確認するため、IRENAはあらゆる合理的注意を払っている。IRENAも、またそのいかなる職員、代理人、データ提供者、その他の第三者資料提供者も、明示的、暗示的ないかなる保証も行わず、本書またはその内容の使用に関連したいかなる責任も負わない。

本書に含まれる情報は必ずしもIRENAの全加盟国の見解を代表するものとは限らない。特定の企業やプロジェクト、製品に対する言及は、類似の特徴を持つが言及されていない他のものと比較してIRENAがこれを認証または推奨することを意味するものではない。本書で使用している名称や内容の提示方法は、いかなる地方、国、領土、都市、地域、その当局の法的地位、または境界線や国境の画定に関連したIRENA側の見解を表明するものではない。