

# プラネタリー・ バウンダリー

産業界の  
エコロジカル・  
フットプリントの測定

2020

in partnership with

Stockholm Resilience Centre  
Sustainability Science for Biosphere Stewardship



Stockholm  
University



# 序文

産業界は、世界の環境リスクを抑制するという大きな役割を担っています。また、企業に大きな影響を及ぼすことから、投資家にも同様の影響を及ぼします。

「責任投資」あるいは「グリーン投資」の概念は、近年、確固とした地位を築きつつあるものの、定量的な定義に欠けることが障害となっています。

ピクテは、（スウェーデン出身の環境学者）ヨハン・ロックストローム氏を中心とする研究者グループが2009年に考案した「地球の限界（プラネタリー・バウンダリー）」を定量的な定義設定の出発点とすることを提案します<sup>1</sup>。

プラネタリー・バウンダリーは、地球の健康状態を示す9つの側面、即ち、温室効果ガスの濃度や生物多様性の喪失等の測定可能な基準を特定し、それぞれの側面が、環境に、急激かつ不可逆的な悪影響を及ぼすリスクのない範囲でどれだけ変動することが出来るかを規定しようと試みています。

————— 産業界は、世界の環境リスクの抑制に大きな役割を果たします。また、企業に大きな影響を及ぼすことから、投資家にも同様の影響を及ぼします。

一方、ピクテは、企業が創出する年間売上高100万ドル当たりの環境への影響を定量化し、プラネタリー・バウンダリーを投資判断に適用する手法を開発しました。

企業活動が、製品のバリューチェーン全体を通じ、9つの側面のそれぞれについて、「安全な活動領域」内に留まるならば、そうした企業（ならびに、恐らく、当該企業の株式および債券）は環境的に持続可能な企業と見なすことが可能です。一方、そうではない企業は、世界の環境悪化のスピードを速める公算が大きいと考えます。

1 出典: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

---

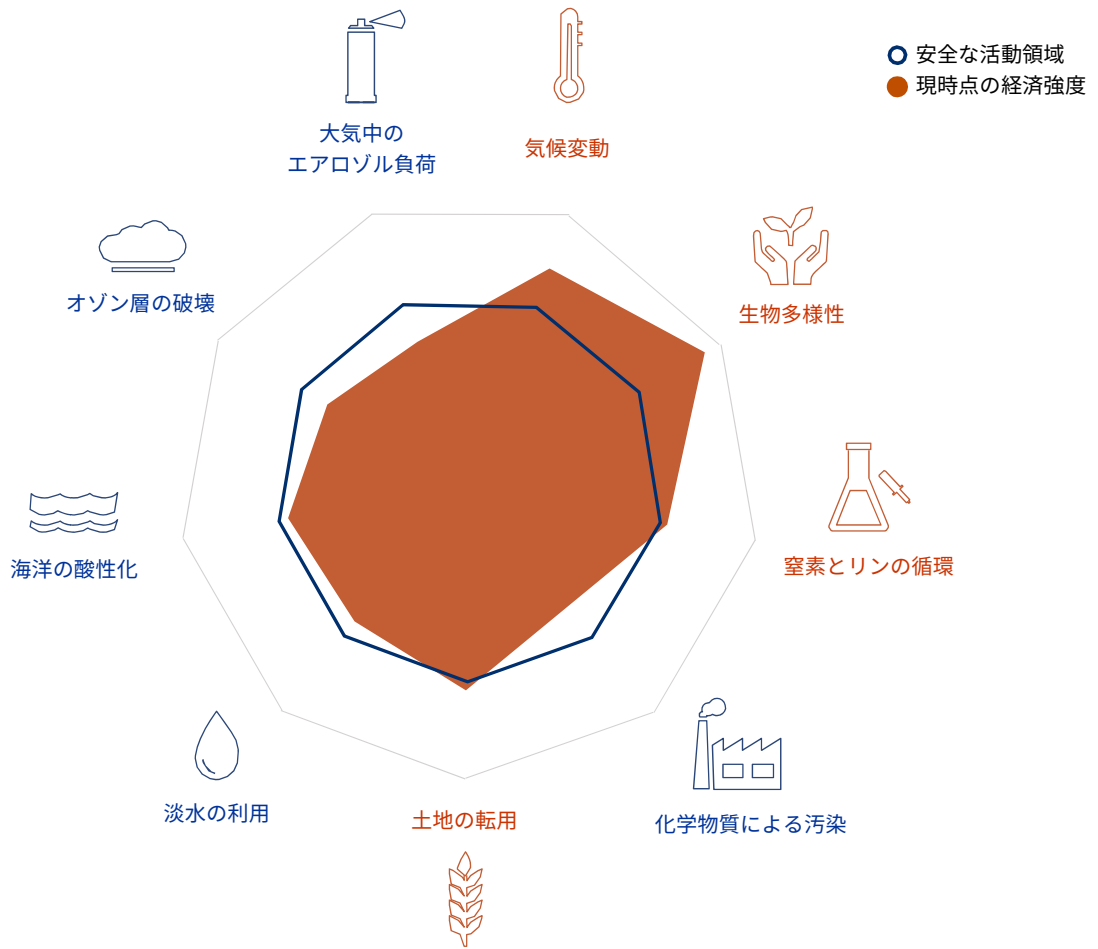
ここでは、C.Butz、J.Liechti、J.Bodin 等による共同論文につき専門用語を使わずに要約しています。プラネタリー・バウンダリー内での環境投資ユニバースの定義については、Sustain Sci 13, 1031-1044 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0574-1>をご参照下さい。

プラネタリー・バウンダリーの9つの側面は、気候変動、生物多様性の喪失、生化学物質（窒素とリン）の循環、化学物質による汚染、土地の転用、淡水の利用、海洋の酸性化、オゾン層の破壊、大気中の煙霧質（エアロゾル）負荷です。

本稿では、9つの側面を個別に分析し、プラネタリー・バウンダリーの測定基準を投資プロセスにより適切なものとするための変更を加えることを提案します。

投資は、多くの場合、短期的な測定基準に着目しますが、「地球の健康」は長期の時間軸を必要とします。ピクテでは、地球のシステム全体に長期的な影響を及ぼすと考えられる短期的かつ局地的な基準を選択しています。しかしながらこの選択には、「地球の健康」を維持するには漸進的な変更で足りるとの前提が示唆されていることを認識しています。

# プラネタリー・バウンダリー



## 気候変動

増加の一途を辿る温室効果ガスの排出が地球温暖化を加速させ、それが、世界的な降水パターンの変化や海面の上昇、とても数多くの荒天をもたらしています。

## 生物多様性

正常な絶滅速度を何桁か上回る種の数減少は、自然の「生命維持システム」を深刻な脅威に晒しています。

## 窒素とリンの循環

人間の活動がもたらす大気窒素固定は過去に例のない規模に達し、(健康への影響、海、川、湖等の富栄養化、地球温暖化、オゾン層の破壊等へ) 甚大な被害をもたらしています。

## 化学物質による汚染

プラネタリー・バウンダリーは未だ定量化されていませんが、汚染が進み過ぎたこと、また、健康に被害をもたらし、生態系を破壊する水準に達していることについては科学者の意見が一致しています。

## 土地の転用

森林ならびにその他の生物の生息地を、集約農業あるいは工業生産のために転用することは、温室効果ガスの発生と生態系の悪化をもたらします。

## 淡水の利用

水の過度の利用と世界の多くの地域で見られる重度の汚染は、生態系、人類の健康、経済的生産等に悲惨な結果をもたらしています。

## 海洋の酸性化

酸性化合物の海洋への流入は二酸化炭素の緩衝容量を消耗させ、殻形成生物(サンゴ等)ひいては海洋食物網全体に深刻な被害をもたらします。

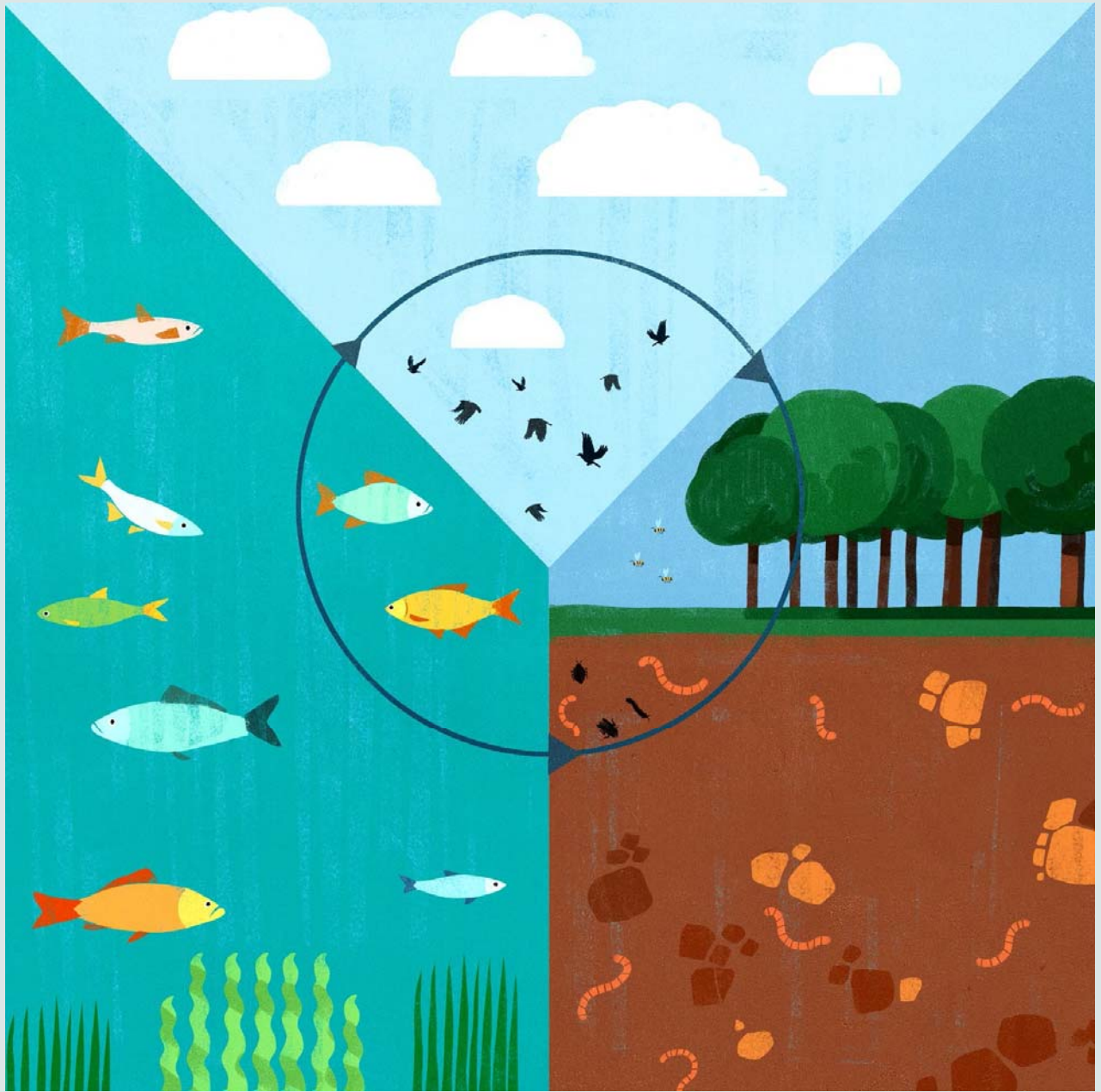
## オゾン層の破壊

オゾン層破壊物質は、多くの場合、複雑な光化学プロセスを経て成層圏オゾン層を破壊し、人類の健康ならびに動植物に深刻な影響を及ぼします。

## 大気中のエアロゾル負荷

エアロゾルの定量化は未だ困難ですが、浮遊粒子状物質を伴う重負荷は、既に、人類の健康、気候、生態系等に影響を及ぼしています。

出典：ピクテアセットマネジメント、ストックホルム・レジリエンス・センター



# プラネタリー・バウンダリー の詳細な分析

## 気候変動

20世紀半ば以降観察されてきた地球温暖化の主な原因が、人間の活動の結果生じた二酸化炭素、メタン、窒素酸化物等の温室効果ガスであることについては、科学者の見解が一致しています。

プラネタリー・バウンダリーは、大気中の温室効果ガス濃度ならびにその捕獲効果等につき、人間の活動が気候変動に及ぼす影響を測定します。

こうした測定そのものが投資家の役に立たないのは、それが最終的な状態に注目し、人間の活動1単位当たりの温室効果ガス排出量に焦点を当てていないからです。

ピクテは、より実際的で平易な手法を提案します。

「国連の気候変動枠組条約」は、温暖化による平均気温の上昇幅を産業革命前の水準から2°C以内に抑えるために許容される二酸化炭素の世界の年間総排出量を142.5億トンと定めています。これは、現在の排出量の3分の1程度に過ぎません。一方、この数値を世界の年間GDP（国内総生産）75.6兆ドルで割ると、地球限界の閾値、即ち、GDP 1万米ドル当たりの二酸化炭素の排出量188.5トンが得られます。足元の数値は639トンに達していることから、70%の削減が必要です。また、世界経済の拡大に伴って閾値が下がることには留意が必要です。

## 生物多様性の喪失

人間の活動、とりわけ資源の採取・採掘ならびに農業および畜産用地の拡大が、動植物の種の喪失を加速させています。実際の絶滅率および正常な絶滅率の測定は、何種類の種が存在するかを明確に認識していたとしても、極めて困難です。地球限界モデルは、絶滅の予想範囲に基づいて、年間の安全な絶滅率が100万種当たり10を下回ると推定しています。一方、ピクテの試算は、企業の年間売上高1兆ドルに対する絶滅率が、100万種当たり0.13を下回らなければならないことを示唆しています。足元の絶滅率は、閾値の水準を10倍以上上回っていることが推定されます。

## 窒素とリンの循環

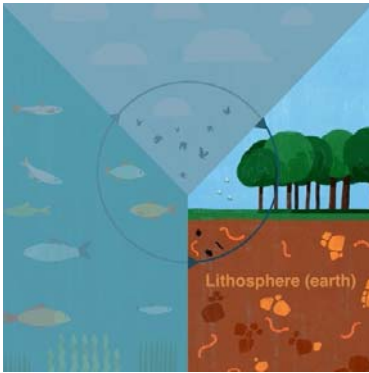
窒素とリンは、肥料に広く使われる多量要素です。集約農業、産業活動、人口の増加等は川や海の水中の窒素とリンの量を危険な水準に増やし、藻類を増殖させます。藻類は川や海の酸欠状態を引き起こし、水生植物や魚類を殺します。

ピクテでは、リンを窒素等量に置き換え、年間窒素等量ベースの地球限界値を1億4,230万トンと試算しています。足元の数値は年間2億570万トンと、限界値の1.44倍に達しています。多量要素の循環を生態系の均衡が取れた水準に戻すには、企業の年間売上高100万ドル当たり161キログラムを超える排出は許容されないことになります。

## 化学物質による汚染ならびに 新種の物体の環境への排出

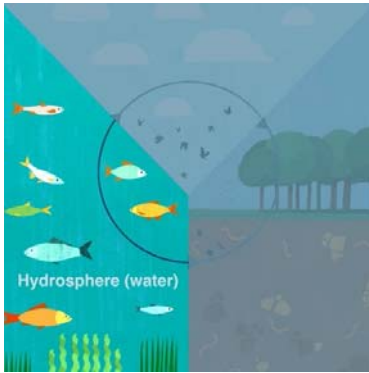
各種の文献から示唆されるのは、化学物質による汚染が、エアロゾル同様、地球の健康の重要な指標であるにもかかわらず、定量的な限界値が設定されていないことです。化学物質による汚染は様々な形態で発生しますが、農薬、重金属、ホルモン、抗生物質等は、過度に使用されると、環境を汚染する物質です。ピクテでは、エアロゾル負荷の算出と同様の手法により、大気、地表水、地下水、土壌中のキログラム当たりの毒性排出量を用いて、生態毒性や人類の健康への影響を測定しています。ここでも、現在の水準の1,000分の1を1単位とする仮定の基準n-kg cpを創り、年間売上高100万ドル当たりの地球限界値を現在の排出水準の3倍に相当する3,000 n-kg cpと設定しています。エアロゾルについては、限界値がゆる過ぎると思われるかもしれませんが、科学的な定量化の手段が無く、より厳格な制約を設定することができないため、こうした基準を使って分析を始めました





## 土地の転用

土地は究極の希少資源で、とりわけ、森林は、気候系および生物多様性に必要不可欠です。ピクテの試算が示唆しているのは、健全で持続的な環境を維持するには、利用可能な世界の森林130億ヘクタールのうち83億ヘクタール以上の面積を転用してはならないということです。農業用地の大部分がかつて森林だったという事実を踏まえて調整すると、年間売上高100万ドルあたりの利用可能な土地は33ヘクタールになりますが、現時点での利用は39ヘクタールに達しており、限界値を既に超えています。



## 淡水の利用

人類の淡水循環との関りは、それが農業用水や工業用水の利用を通じたものであれ、廃水管理の不備を通じたものであれ、水利用の可能性、生態系、健康、食の安全等にマイナスの影響を及ぼします。

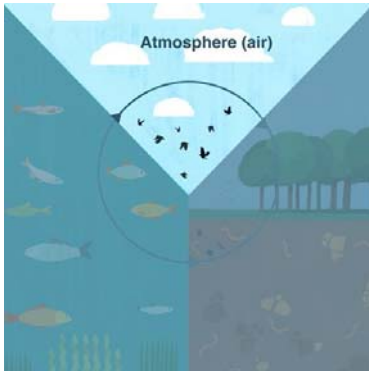
冒頭に紹介したロックストローム氏等の論文では、地球限界を侵害することなく採取可能な淡水の上限が年間4,000立方キロメートルであることが示されています。もっとも、淡水の一部は土壌や地表に流れ込んだ毒性物質によって汚染されているため、採取した水の全てが利用できるわけではありません。採取された水の消費全体に対する比率は1.53となっており、これを採水水準に当てはめると、水の地球限界値は年間6,154立方キロメートルとなります。一方、企業にとっての採水限界値は、年間売上高100万ドルあたり81,408立方メートルとなりますが、現在のところは同29,106立方メートルに留まっており、安全な領域内に収まっていることが示唆されます。

## 海洋の酸性化

二酸化炭素やその他の汚染物質の濃度が増すにつれて、海洋の酸性化が進みます。酸性度の上昇は炭酸カルシウム骨格の生成を阻止し、多様な海洋生物の適切な殻の形成を妨げます。このことは、生物圏ならびに経済的に重要な漁場の健康に悪影響を及ぼします。

プラネタリー・バウンダリーは、アラゴナイトと呼ばれる炭酸カルシウムの海洋飽和に着目していますが、酸性化の背景にある工程が示唆されないことから、投資判断に特に役立つとはいえません。

一方、ピクテでは、酸性化を引き起こす二酸化炭素、二酸化窒素、二酸化硫黄ならびにアンモニアの排出量と、4つの物質が海中で酸性化ヒドロニウムイオンを形成する速度を分析します。単純化した前提に基づいて測定すると、海洋酸性化の経済強度は、年間売上高100万ドルあたりヒドロニウムイオン0.037キロモルとなります。ピクテの試算値は、現在、0.0282キロモルに留まっており、限界を超えていないことが示されます。



## オゾン層の破壊

成層圏オゾンは、生命を脅かす太陽からの紫外線放射を遮って、人類を守ります。1980年代の早い時期に明らかになったのは、フロン類（CFC）等のオゾン層破壊物質の排出が限界値を超えて連鎖反応を引き起こし、南極上空のオゾン層に大きな穴を開けていたことですが、オゾン層を破壊する恐れのある有害物質の使用を禁じたモントリオール議定書が採択された1987年以降は、排出量が減少しています。オゾン層の穴は今後数十年開いたままの状態が続くものと予想されますが、限界値が侵害された状況は是正されています。

## 大気中のエアロゾル負荷

煤、化学物質、金属あるいは生物学的に生成された塵などの大気中の浮遊粒子状物質の濃度は、重要な環境要素として検討されるべきですが、科学文献には定量的な限界値が示されていません。こうした粒子状物質は、気候系、水の循環、大気化学のプロセス等に影響を及ぼすと同時に、動植物の健康に被害をもたらします。ピクテのモデルは、7つの指標を特定し、これをウェイト付けして、仮想基準 n-kg AE を創り、現時点の総量を1,000 n-kg AEと設定した上で、この3倍に相当する3,000 n-kg AEを年間売上高100万ドル当たりの限界値としています。こうした手法は恣意的過ぎると思われるかもしれませんが、限界が無い状況と比べればどんな限界にも制約があり、有用だと考えます。ピクテのモデルは、新しい科学的知見が得られた時には、容易かつ迅速な調整を行うことが可能です。

# 投資のための プラネタリー・バウンダリー

財務情報を公開している世界の70,000万社以上の企業から集めた大量のデータは、利益や損失に係る基本的なデータを遥かに超える広範囲のデータを含み、企業セクターが環境に及ぼす影響に真の意味での知見を活かす可能性を提供しています。

どの会社にも一貫した手法を適用することはほぼ不可能です。従って、ピクテでは、産業界を16のサブセクターに分類するモデルを開発し、サブセクターのそれぞれを、プラネタリー・バウンダリーの9つの側面に及ぼすインパクトの観点で評価します。

ピクテは、資源の採取・採掘から生産工程、流通および運輸、製品の使用、廃棄およびリサイクルに至るバリューチェーン全体を通じて業界の環境容量（エコロジカル・フットプリント）を精査します<sup>2</sup>。自動車業界の場合、二酸化炭素は生産工程でも排出されますが、工場から出荷された自動車が道路を走行する時には排出量が増え、大気汚染が進みます。

弊社は、各業界に固有のファクターを用いて、分析の微調整を行います。環境サービス事業を展開する企業の場合は、廃棄物の焼却時に環境汚染物質を大量に排出しますが、一方、他業界の企業が排出した既存の汚染物質を除去しています。

ピクテは、弊社の枠組みが、特に、地球が直面する重要な環境課題に及ぼす影響に関連して、企業の持続性を追跡調査する新しい手法を投資家に提供するものと確信しています。弊社のモデルは、環境問題の解決に積極的に貢献する企業を認識し、そうでない企業には、人間活動が環境に与える負荷（エコロジカル・フットプリント）の削減を促します。こうした企業は、弊社が「責任投資のユニバース」と呼ぶ企業群を構成しています。

2 バリューチェーン全体の観点から分析を行うため、カーネギーメロン大学開発の「経済産業連関ライフサイクル評価（EIO-LCA）」と、これを補完する世界銀行の「環境および経済関連情報」を用いています。

# ストックホルム・レジリエンス・センター（SRC）

ストックホルム・レジリエンス・センター（SRC）は、（社会や組織の）強靱性と持続性科学を専門とする国際的な研究所で、2007年の設立以降、人類が直面する複雑な課題に対応するため、世界一流の研究を行っています。

SRCは、ストックホルム大学とスウェーデン王立科学アカデミー、バイアー・エコロジカル経済学研究所による共同イニシアチブです。



#### 当資料をご利用にあたっての注意事項等

●当資料はピクテ投信投資顧問株式会社が作成した資料であり、特定の商品の勧誘や売買の推奨等を目的としたものではなく、また特定の銘柄および市場の推奨やその価格動向を示唆するものでもありません。●運用による損益は、すべて投資者の皆さまに帰属します。●当資料に記載された過去の実績は、将来の成果等を示唆あるいは保証するものではありません。●当資料は信頼できると考えられる情報に基づき作成されていますが、その正確性、完全性、使用目的への適合性を保証するものではありません。●当資料中に示された情報等は、作成日現在のものであり、事前の連絡なしに変更されることがあります。●投資信託は預金等ではなく元本および利回りの保証はありません。●投資信託は、預金や保険契約と異なり、預金保険機構・保険契約者保護機構の対象ではありません。●登録金融機関でご購入いただいた投資信託は、投資者保護基金の対象とはなりません。●当資料に掲載されているいかなる情報も、法務、会計、税務、経営、投資その他に係る助言を構成するものではありません。

※将来の市場環境の変動等により、当資料記載の内容が変更される場合があります。

[www.pictet.co.jp](http://www.pictet.co.jp)