



インドでもカーボンファーマーミング —世界最大の農地国がクレジット市場の主戦場に—

2023/2

三井物産戦略研究所
産業情報部 産業調査室
野崎由紀子

Summary

- カーボンファーマーミングを導入する農家がクレジットを売却し金銭的なインセンティブを得られるようになる。欧米で始まったその取り組みは今、インドにも広がりつつある。民間プロジェクトの存在はその証左であり、政府によるクレジット取引市場創設や肥料補助金の削減を目指す政策は、広がりへの追い風だ。
- 企業にとっては、カーボンファーマーミングに資するデータ測定技術や農業資材の開発はチャンスであるうえ、稲作や酪農などでのGHG排出回避は、スコープ3の観点からも注目。
- 世界最大の農地面積を持ちつつも、環境改善の余地が大きいインドは、カーボンファーマーミングを対象とするクレジット市場の主戦場になりそうだ。

2021年4月の筆者レポート¹では、欧米で進む農地の炭素貯留とカーボンクレジットの仕組みが、従来の補助金に代わる民間資金による新たな農家支援のスキームになり得ることを報告した。以来、その欧米の仕組みは貧しい小農の多い新興国にも当てはまるのではないかと、適用可能性に注目してきた。そうしたなかで、このたび新興国インドで適用の動きを捉えることができたため、本稿で取り上げる。

1. 認証整備に向かうカーボンファーマーミングのクレジット

適切な農地管理により炭素を大気中から除去し土壌中に貯留する、いわゆる「カーボンファーマーミング²」が気候変動対策として注目されている。それに取り組む農家がクレジットを売却でき金銭的なインセンティブを得られる仕組みが、欧米を中心に考案されており、EUでは、EU ETS³での取引を念頭にカーボンファーマーミングの認証システムが法制化される見通しだ⁴。

民間でも、カーボンファーマーミングを対象とするクレジット認証の仕組みは整いつつある。カーボンクレ

¹ 野崎由紀子「潜在的なCO₂吸収源として注目される農地—欧米で進む農地の炭素貯留とカーボンクレジットの動向—」三井物産戦略研究所、2021年4月

² 「カーボンファーマーミング」は、狭義では農地での炭素除去・貯留のみを指すが、本稿では、後述の「リジェネラティブ農業」と同様、炭素排出回避を含む適切な農地管理手法と広く捉えることにする。

³ 欧州連合域内排出量取引制度（European Union Emissions Trading System）。

⁴ 2022年11月30日に欧州委員会は炭素除去認証の枠組みに関する提案書を発表した。

ジットの認証としては、米第三者認証機関Verraが運営管理しているVCS (Verified Carbon Standard) ⁵が世界的によく知られているが、米Indigo Agriculture⁶が開発したカーボンファーマーミングを含む農業に関する包括的な方法論（農地管理の改善のための方法論）が、VCSの方法論「VM0042」として2020年10月に承認された⁷。

その方法論がカバーする農法は、化学肥料の削減、水管理・灌漑の改善、減耕起、アグロフォレストリー、輪作、被覆作物の利用など幅広く、最近では「リジェネラティブ（環境再生型）農業」とも称されるようになり、包括的に土壌の健全化に取り組む農法として、欧米中心に広がりつつある。現時点では、方法論が開発されてから日が浅いため、世界全体でもプロジェクト申請数は少ないうえ、申請中のプロジェクトもいまだクレジット発行には至っていないが、カーボンファーマーミングの広がりに伴い、今後はプロジェクト数やクレジットの発行は増えそうだ。

2. インドでも立ち上がるか、カーボンファーマーミングのクレジット市場

2-1. 動き出す企業のクレジット申請

カーボンファーマーミングを対象とするクレジット市場は、インドでも広がる兆しがある。その様子は、VCS認証の申請状況からうかがえる。インドは、VM0042に申請中のプロジェクトが存在する国の中で、排出削減推定量が最も多く、件数でも中国（16件）に次いで10件と世界で2番目に多い（図表1）。

プロジェクト申請者を見ると、新興企業が多く（図表2）、中には設立間もない会社もある（図表3の⑤）。しかし、インドの農業大手の子会社や、インドの種子大手と方法論の開発者Indigo Agricultureとの合弁企業などもあり、大企業も参入している状況が見て取れる（図表3の②と④）。また、日本を含め国外から注目され始めている様子もうかがえる（図表3の①と③）。稲作や野焼きからの温室効果ガス（GHG）排出回避の取り組みがあるのは、インドの特殊性といえよう（図表3の④）。

図表1 VCS認証の方法論VM0042の世界における申請状況

	年間排出削減 推定量 (CO ₂ 換算トン)	プロジェクト 件数 (件)
インド	10,465,177	10
中国	4,362,789	16
スイス	4,021,000	1
アルゼンチン	1,100,000	1
米国	1,012,173	2
パラグアイ	1,000,000	1
メキシコ	950,000	1
南アフリカ	856,045	5
デンマーク	750,000	1
豪州	232,924	1
ケニア	200,000	1
英国	107,209	1
ブラジル	78,085	1
イタリア	40,682	3
リトアニア	15,188	1
ドイツ	2,500	1
イスラエル	294	1
世界計	25,194,066	48

出所：Verraのデータ（2023年2月7日最終アクセス）から三井物産戦略研究所作成

⁵ 米国の環境NGOであるForest Trendsの自主的炭素市場に関するレポート（2021年9月）によれば、2021年（1-8月）の民間認証クレジットの取引量におけるVCSのシェアは86%と圧倒的。他の主要なクレジットとしては、CDM（クリーン開発メカニズム）、Gold Standard、Climate Action Reserve（CAR）があるが、それぞれ6%、4%、3%のシェアにとどまる。

⁶ 2021年に住友商事と農地炭素貯留の事業推進に向けた協業を公表。

⁷ 農地管理の改善のための方法論「VM0042」。

図表2 VM0042のインドにおける申請状況

プロジェクト申請者名	年間排出削減 推定量 (CO ₂ 換算トン)	対象面積 (ヘクタール)
Varaha ClimateAg Private Limited	4,796,219	2,000,000
Grow Indigo Private Ltd	4,267,622	1,534,000
Boomitra Inc (2件申請)	750,000	200,000
Suminter India Organics	275,748	52,031
Greneity Infocom Service Pvt Ltd	173,250	40,000
Mahanadi Compressed Biogas (CBG) Private Limited	64,457	-
Landmark Agri Exports Private Limited	58,722	8,085
Multiple Proponents	52,520	115,654
Biowin Agro Research	26,639	11,560
計	10,465,177	3,961,330

注：ハイライトは図表3に掲載している企業

出所：Verraのデータ（2023年2月7日最終アクセス）から三井物産戦略研究所作成

図表3 インドでカーボンファームingに取り組む主な企業

	会社名	設立	本社所在	概要
①	Boomitra Inc	2016年	米国	インド以外にも中南米や東アフリカでのプロジェクトも手掛ける。インドでは、2018年からカーボンファームingを推進し農家の顧客基盤を既に持つKirishitan Kirishitan（旧Carbon Farming India）と協業している。
②	Grow Indigo Private Ltd	2018年	ムンバイ	方法論の開発者である米Indigo Agricultureと、インドの種子大手Mahyco Growの合併会社。Mahyco Growは、種子・農薬で世界首位のバイエル（旧モンサント）との合併会社Mahyco Monsanto Biotechで、綿花の遺伝子組み換え種子を販売。
③	Sagri Bengaluru Private Limited	2019年	日本	日本企業であるサグリの子会社。インドの農業分野でデータビジネスの実績を持ち、その延長でカーボンファームing事業に参入。不可視光線により土壌中の炭素や窒素等を高い精度で捉えることができるなど、独自の衛星データ技術が強み。申請に必要なデータが出そろい次第VCSに申請する予定。同社のカーボンファームingの取り組みは、2022年5月に、経済産業省のインド太平洋地域サプライチェーン強靱化事業として採択された。
④	Nurture Agtech Private Limited (nurture.farm)	2020年	ムンバイ	インド農業最大手のUPLの子会社。インドで初めて、稲作からのメタン排出を回避するプロジェクトを申請し、CDM認証の方法論「AMS-III.AU」としてまもなく承認される段階にある。また、同社は、稲作後に畑に残る稲の株元を、野焼きで一掃する代わりに、バイオ製剤で分解し土壌にすき込むという手法で、野焼き由来のメタンやN ₂ Oの排出回避や、農地炭素貯留にも取り組んでいることから、VM0042での申請も検討している。
⑤	Varaha ClimateAg Private Limited	2022年	デリー	インドで最大の排出削減推定量を持つプロジェクトを申請中。2022年12月にインドのアグリテック投資で著名なベンチャーキャピタルの1つのOmnivoreなどからシードステージで400万ドルを調達した。

出所：三井物産戦略研究所作成

2-2. 政府の後押し

インドでのカーボンファームingを対象とするクレジットの創出に向けたプロジェクト数は、政府の後押しにより、今後さらに増えそうだ。

グジャラート州⁸が2022年5月にインド初のカーボンクレジット取引市場の創設を表明したのに続き、同年7月には、中央政府が全国規模の自主的なカーボンクレジット取引スキームの構築に向けて、2001年省エネ

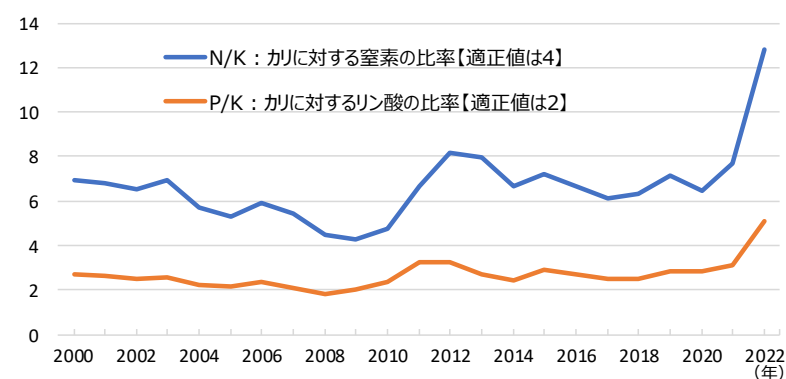
⁸ ジェトロ（2022年5月31日）によれば、グジャラート州は、2019年に粒子状物質の排出権取引市場も立ち上げており、大気汚染削減に貢献している。

法の修正法案を採択。2023年中の市場創設を目指しており、それに向けてカーボンクレジットのプロジェクト創出を促す考えだ⁹。その中でも、カーボンファーミングのプロジェクトには特に期待を寄せる。モディ首相が、2022年8月の独立記念日の演説の中で「ケミカルフリー農業、有機農業、自然農業がインドの自立を促す」と述べたことは象徴的だ。

このように政府がカーボンファーミングを推進するのは、肥料補助金の削減につながるためだ。従来インド政府は、手厚い補助金で化学肥料の小売価格を安く抑えてきた¹⁰。しかし、補助金額は、化学肥料の国際価格の上昇に伴い年々膨張を続けており、2022年度はウクライナ戦争によるさらなる高騰を受けて当初の予算を超過し、財政を一層圧迫した。そうしたなかで、政府は、財政負担軽減に向けて、2023年度の肥料補助金を削減する見通しだ¹¹。

これまで、補助金政策の存在は、農家の過剰施肥行動を許し（図表4）¹²、カーボンファーミング導入の機会を奪ってきた。しかし今、政策は逆の方向に向かおうとしており、今後、化学肥料漬けの農家の費用負担が増すことも想定される。そうなれば、肥料代を抑えたい農家の間で、カーボンファーミングの導入が急速に進もう¹³。

図表4 インドにおける化学肥料の成分別使用比率の推移



出所：FAOの化学肥料の面積当たり使用量のデータ（2023年1月19日最終アクセス）から三井物産戦略研究所作成
※2021年と2022年は、The Indian Express（2022年12月12日の「First urea, now DAP: High use of subsidised fertilisers raises crop yield fears」）に掲載の値を採用

⁹ 2023年のG20の議長国として、脱炭素をリードする姿勢を世界に示す狙いもあるようだ。

¹⁰ インドの化学肥料は、政府の補助金で賄われているため、諸外国よりも安く手に入る。The Print（2022年4月4日）によれば、インドの尿素は1袋50kg当たり267ルピーであるのに対し、パキスタンでは791ルピー、インドネシアでは593ルピー、バングラデシュでは719ルピー。りん安肥料（DAP）については、インドで同1,350ルピーであるのに対し、インドネシアでは約8倍の9,700ルピー、パキスタンやブラジルでは3倍超、中国ではほぼ2倍。

¹¹ The Economic Times（2022年12月23日）参照。

¹² 肥料は作物や土壌の状態等により必要量が異なるため一概に国際比較は難しいが、FAOによれば、インドにおける化学肥料の単位面積当たり投入量は、窒素（N）、リン酸（P）、カリ（K）の合計で2020年に1ヘクタール当たり193kgであり、同様に稲作の盛んなアジア諸国（台湾469kg、中国337kg、韓国313kg、日本224kg）と比べて少ない。そのため、肥料全体ではインドが過剰とは言い難いが、一部の肥料成分の過剰投入は否めない。特に尿素については、コストの9割超を政府が補助し、最大小売価格（Maximum Retail Price、MRP）が安価に固定されていることから、農家が過剰に投入する傾向にある。そのため、N、P、Kの使用比率はインドで適正とされる4：2：1から逸脱。The Indian Express（2022年12月12日）によれば、ウクライナ危機を受けて2022年にはDAPも再び規制下となったことも相まって、NPK使用比率が極端に13：5：1と悪化しているという。一段と不適切な土壌成分バランスが、農業生産の減少や食料安全保障問題につながりかねない状況だ。

¹³ カーボンファーミングに移行すると、一般に、最初の数年間は収量が低下する傾向があるため、その間政府が農家の損失を補填するなどの支援は必要だ。しかし、それにより財政負担が増したとしても、数年後に肥料補助金が不要になるとなれば、政府は積極的にその一時的な財政負担を受け入れるだろう。

3. インドでのカーボンファーマーミングのクレジットを巡るビジネスチャンスと課題

3-1. 機会はインドに特有のものも

カーボンファーマーミングの導入が期待できるインドでは、さまざまなビジネスチャンスが生まれる可能性がある。クレジット認証に必要な土壌中の炭素量を含む圃場データの測定・収集・計算等に資する技術開発はその一つだ。

また、カーボンファーマーミングで求められる農業資材、例えば、バイオ農薬や、炭素が貯まりやすい作物¹⁴などの開発もビジネスチャンスだ。そうした観点で見ると、インドで農薬や種子を手掛ける企業が同分野に参入しているのもうなずける。

他方、カーボンファーマーミングに転換しても、収量が減って本来の食料生産の役割が果たせなくなるのは本末転倒だ¹⁵。そのため、VM0042でも化学肥料の削減が原因で収量が減った場合は認証されないという定めがある。そうしたなかで、肥料を減らしても収量は減らない、すなわち、少ない肥料で同程度の収量を得られる技術¹⁶の開発などにもチャンスが広がっている。

クレジット以外の金銭的インセンティブを農家に与えることも新たなビジネスになり得る。カーボンファーマーミングに取り組む農家と、その取り組みを高く評価しプレミアムを支払う消費者¹⁷とをつなぐ、バリューチェーン全体での展開が一例だ。また、取り組み農家の金利を優遇するサステナブルファイナンスのスキームなども考えられよう。

インド特有の社会課題も事業機会になり得る。インドは世界最大の農業由来GHG排出量¹⁸を持つが（図表5）、その主要な排出源は酪農だ。水牛も含めると同国の牛の頭数は世界一であることから、牛のゲップなどの消化管内発酵により発生するメタン排出量も世界最大で（図表6）、改善余地は極めて大きい。今のところ表立った対策の動きは見られていない。他方、英国では、メタン排出削減効果のある飼料を開発するMootralがVCSの方法論を開発、認証を取得しカーボンクレジットを発行している。同様のスキームがインドの酪農にも適用できるかどうか、検証に値するのではないかな。

¹⁴ GEN（2023年1月12日）によれば、ノーベル化学賞の受賞対象となったゲノム編集技術のCRISPR-Cas9を用いて農地炭素貯留に貢献する作物の品種開発が行われているようだ。

¹⁵ スリランカでは、2021年に有機農業への転換を政策的に強行したが、収量が急減し、同国の食料安全保障が脅かされ、政策は失敗に終わった。

¹⁶ インドでは、成分溶出が長期間持続する効果のあるニーム油の肥料へのコーティングが義務化されているほか、ナノ粒子化することで肥料成分を植物が効率的に取り込める、ナノテクを用いた肥料などが開発されている。

¹⁷ 世界不平等研究所（World Inequality Lab）の「世界不平等レポート2022年版」によれば、2021年にインドの所得上位10%の人々が得た所得は全体の57%と、日本や中国など他国に比べ大きな割合を占める。そのため、インドでは高所得層が消費市場の主なターゲットと考えられる。

¹⁸ 森林伐採による農地転換を除く。

図表5 世界の農業由来GHG排出量（2020年）

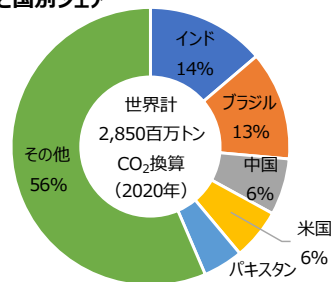
順位	国名	GHG排出量※ (百万トンCO ₂ 換算)	世界シェア (%)
1	インド	776	13%
2	中国	662	11%
3	ブラジル	540	9%
4	米国	386	6%
5	パキスタン	212	4%
6	インドネシア	158	3%
7	アルゼンチン	140	2%
8	エチオピア	134	2%
9	豪州	106	2%
10	ロシア	104	2%
11	メキシコ	102	2%
参考	日本	23	0%
-	その他	2,689	45%
	世界	6,032	100%

注：※IPCC Agricultureのデータを採用

出所：FAOのデータ（2023年1月9日最終アクセス）から三井物産戦略研究所作成

図表6 世界の消化管内発酵由来のメタン排出量

と国別シェア



出所：FAOのデータ（2023年1月9日最終アクセス）から三井物産戦略研究所作成

また、稲作についても、そのメタン排出は中国と並び世界最大級であり、削減に取り組む余地がある（図表7）。稲作からのメタン排出回避に資するAWD（Alternate Wetting and Drying）は、水田で落水と湛水を数回繰り返すため、節水にも有効だが、インドでは、灌漑補助金の存在により農家に節水の動機が少なく、導入が遅れている。灌漑用水の無節操な使用が同国の水不足¹⁹の主因と認識されるなか、AWD等の手法の導入は今後必須と考えられ、企業にとっては、スコープ3²⁰や自然資本経営²¹の観点からも注目だ。

図表7 インドと中国のAMS-III.AU申請状況および稲作由来メタン排出量の比較

	AMS-III.AUに申請されたプロジェクトの年間排出削減推定量			稲作由来メタン排出量		プロジェクトの削減推定量が排出量全体に占める割合（=a/b）
	総計（a） (トンCO ₂ 換算)	登録済	登録前の承認段階	排出量（b） (トンCO ₂ 換算)	排出量の世界シェア（%）	
中国	15,299,705	2,153,616	4,021,424	149,256,663	21.8%	10.3%
インド	790,436	0	52,158	133,005,600	19.4%	0.6%

注：AMS-III.AUは、グリーン開発メカニズム（CDM）認証の方法論。直播やAlternate Wetting and Drying（AWD）という水管理手法の導入により稲作からのメタン排出を回避するもの

出所：Verra（2023年2月7日最終アクセス）およびFAO（2023年2月7日最終アクセス）のデータから三井物産戦略研究所作成

¹⁹ DownToEarth（2019年7月9日記事）によれば、インドの地下水は2007年から2017年にかけて61%減少したが、その主因は、同国の地下水使用量の89%を占める灌漑用水にあったという。

²⁰ シンガポールの穀物商社Olamは、スコープ3の観点から、調達先であるハリヤナ州のバスマティ米の農家を対象に、AWDと点滴灌漑を導入している。インドのアグリテック企業TraceXのブロックチェーン技術を活用したトレーサビリティシステムを活用して、サプライチェーンでのGHG排出量の把握に取り組んでいる。

²¹ 2023年9月に最終的な提言の公表が予定されている、自然関連財務情報開示タスクフォース（TNFD：Taskforce on Nature-related Financial Disclosure）では、企業は、サプライチェーンを遡及し、水資源を含む自然環境に対する事業活動の影響や依存度を評価、開示することが求められている。

インドでは、大気汚染対策として野焼き²²の抑制に取り組むビジネスが生まれている²³。一方、野焼きはメタンやN₂O（亜酸化窒素）の排出源でもあり、その抑制はカーボンクレジットの対象だ。既存の野焼き抑制ビジネスに新たな価値が加わり、事業価値が高まる可能性がある。

3-2. 課題は小農へのアプローチか

ビジネスチャンスがこれだけ広がっていると分かっていても、企業としてはやはり、1ヘクタール以下という小農が7割を占める1億4,600戸もの農家にどうアクセスするかは、気になるところではないか。しかし、その点では、農村部の地元人材や、近年急増するFP0²⁴、農家との接点のあるアグリテック企業の活用が、農家アクセスの一手となりそうだ。

また、インドでカーボンファームingに取り組むSagri Bengaluru Private Limited（図表3の③）の最高戦略責任者である永田賢氏は、「ウクライナ戦争の影響で家計負担が増えるなか、肥料代が浮き、臨時収入が得られるとなれば、嫌がる農家はいない」と言い切る。貧しい小農の多い同国では、現状でも、金銭的インセンティブを伴うカーボンファームingは農家に受け入れられやすいとみられるが、先述のとおり政策が転換すれば、その受け入れのスピードは一気に加速しよう。

4. 世界最大の農地国インドのポテンシャル

カーボンファームingを対象とするクレジットは世界的に見ても初期の段階にあるが、今後の市場拡大が見込まれている。

中でも、約1.7億ヘクタールと世界最大の農地規模を持ち炭素除去・貯留の大きなポテンシャルを秘めるインドは、市場として注目だ（図表8）。カーボンファームingを対象とするクレジットは、1トン（CO₂換算）当たり10ドル程度とされるが²⁵、インドにおける排出削減推定量は1ヘクタール当たり約3トン（CO₂換算）であり²⁶、これが全土に広がれば、50億ドル超の市場規模になる。

また、社会課題解決の点でも注目だ。現代のインド農業は、GHG排出による地球環境破壊のみならず、大気汚染、水不足といった国

図表8 世界の農地面積（2020年）

	農地面積 (千ヘクタール)	世界シェア
インド	168,669	11%
米国	160,437	10%
中国	134,881	9%
ロシア	123,442	8%
ブラジル	63,518	4%
インドネシア	51,300	3%
ナイジェリア	41,500	3%
カナダ	38,401	2%
ウクライナ	33,777	2%
アルゼンチン	33,701	2%
パキスタン	31,723	2%
豪州	30,996	2%
その他	649,323	42%
世界	1,561,668	100%

注：農地面積（Cropland）は耕作可能面積と永年作物地の合計

出所：FAOのデータ（2023年1月19日最終アクセス）から三井物産戦略研究所作成

²² 野焼きは、コメと小麦の二毛作を行う北部で、稲作後に畑に残る稲の株元を小麦の播種前に焼却で一掃する目的で行われており、世界最悪といわれる首都デリーの冬場の大气汚染の一因となっている。

²³ 三井物産は2021年8月、インドの農業残渣サプライチェーンマネジメント企業PRESPLに出資参画した。

²⁴ 農業生産者団体（Farmer Producer Organization）のこと。小規模・零細農家が規模の経済の恩恵を受けられることを目的とする組織。インド政府は、従来もFP0の設立を推進してきたが、2022年3月の全国農業農村開発銀行（NABARD）による公表によれば、現在改めて、2027年度までに10,000のFP0を設立することを目指しており、支援スキームや税制優遇等を講じている。米コーネル大学の調査によれば、2019年から20年にかけて年間登録数は倍増しており、近年の急増ぶりが目立つ。

²⁵ Forest Trendsの2022年8月のレポートによれば、農業分野のクレジット価格は、2020年は10.38ドル、2021年は8.81ドルであった。

²⁶ VM0042でクレジット申請中のインドの各プロジェクトの対象面積および排出削減推定量から算出。

内の住環境破壊を招いており、さらには、バランスを欠いた過剰な施肥は、農業生産の減少、ひいては同国の食料安全保障をも脅かしかねない²⁷。だが、これらの問題はどれもカーボンファーマーミングで解決し得るものばかりである。

従来からある植林などの森林系クレジットでは、南米や東南アジアが主な市場だが、カーボンファーマーミングのクレジットにおいては、広大な農地を持ちつつも環境改善余地が大きいインドが、主戦場になりそうだ。

²⁷ インドは、主食のコメや小麦などは食料自給を維持してきているが、仮に同国内で食料供給が不足し輸入が必要となれば、人口が大きいだけに、その規模も大きくなりやすく、同国だけでなく世界の食料安全保障にとっても脅威。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。