

第1章 4つのメガトレンド

本章では、未来の世界のあり方を形作る「メガトレンド」を取り上げる。メガトレンドとは、長期にわたって社会、政治、経済、技術、環境などに影響を与える構造的な変化の潮流を指す。ここでは以下の4つに焦点を当てる。

第一は「世界の多極化」である。冷戦後に米国を頂点とする単極構造に収斂した国際秩序は、急速に多極化へと向かっている。中国と米国との覇権争いが激しくなる一方、インドなどの新興国「グローバルサウス」は着々と存在感を高めている。国家間のパワーバランスが流動化していく中、新たな協調と対立の構図は未来の国際秩序にどう影響するだろうか。

第二は「老いる先進国と人口移動」の問題だ。先進国では少子高齢化が加速し、労働力不足や社会保障制度の持続可能性が課題となっている。他方、アフリカや南アジアでは若年層の人口増加が顕著で、これらの地域から先進国への移民が増えていく。世界的な人口動態の変化は経済や文化をどう変えていくだろうか。

第三に「気候変動と資源不足」を取り上げる。気候変動は人類の生活基盤に深刻な影響を与え始めており、海面上昇による低地の水没、生物多様性の喪失、食料や水資源の不足といった問題が顕在化していく。再生可能エネルギーのインフラに使う鉱物など新たな資源獲得競争の気配も見える。気候変動や資源不足が進行すると、人々の暮らしや地政学はどう変容するだろうか。

第四は「デジタル社会の進化」である。デジタル技術の発展と地球規模の通信網拡大によって社会のあらゆる領域でデジタル化が進んでいる。さらにAIや量子コンピューターといった革新的技術が社会実装されれば、人間活動の多くはデジタル空間に移行していく。デジタル社会の進化は経済や生活に何をもたらすだろうか。

1. 世界の多極化

(1) 世界の勢力図の全体像

近年、米国一強の時代は終わりつつあるように見える。中国の存在感が高まると共に、インドを中心とするグローバルサウスも発言力を増している。このような動きの背景には、各国の経済力の差が縮まってきたことがある。

一般に国の経済力を表すとされる名目国内総生産（GDP）は、人口と一人当たり GDP の掛け合わせで決まる。例えば、2023年時点の中国は、一人当たり GDP では12,514米ドルと米国の15%程度に留まるが、人口では14億人と米国の4倍を超えており、両者を掛け合わせた名目 GDP では米国に次ぐ世界第2位となっている。2050年にかけての変化という意味では、人口、一人当たり GDP のいずれにおいても、概して新興国が先進国を上回る伸びとなる可能性が高く、先進国の発言力は相対的に低下していくだろう。

この前提に立って、2050年時点における各種 GDP 予測を見比べると、購

図表 1-1 2050年における名目 GDP 予測

予測公表元※	GS(2022)	EIU(2015)	pwc(2017)	参考 OECD(2021)
予測対象年	2050	2050	2050	2060
比較単位	実勢為替レート	実勢為替レート	購買力平価	購買力平価
順位	1 中国	中国	中国	中国
	2 米国	米国	米国	インド
	3 インド	インド	インド	米国
	4 インドネシア	インドネシア	日本	インドネシア
	5 ドイツ	日本	ドイツ	日本
	6 日本	ドイツ	ロシア	ブラジル
	7 英国	ブラジル	ブラジル	パキスタン
	8 ブラジル	メキシコ	インドネシア	トルコ
	9 フランス	英国	英国	ドイツ
	10 ロシア	フランス	フランス	メキシコ

(出典) 各種資料より当社作成

買力平価ベースの予測と実勢為替レートベースの予測が入り混じっている点には注意する必要があるが¹、いずれにおいても中国、米国、インドがこの順で上位3か国を占めている<図表 1-1>。なお、日本はインドネシアやドイツとの間で4~6位を争う見込みとなっている。

過去の GDP 長期予測が当たっていたか否かを検証すべく、1997年にOECDが公表した2020年時点のGDPシェア予測と、2020年時点のGDPシェア実績を見比べると、概ね予測と近い結果となっている（なお、これらはいずれも購買力平価ベースの数字であるため、既に中国が米国を上回る結果となっている）<図表 1-2>。すなわち、20年余り先のおおまかな勢力関係を捉える意味では、GDP長期予測の数字も有用といえるだろう。

図表 1-2 2020年名目 GDP シェア予測・実績（購買力平価ベース）

	予測(1997年時点)		実績 (2020年時点)
	高成長 シナリオ(注)	低成長 シナリオ(注)	
中国	19%	16%	18%
米国	11%	15%	16%
日本	5%	6%	4%

(注) 高成長シナリオは、貿易・投資の自由化や規制改革が持続的に進展するケース。低成長シナリオは、これら取組が進展しないケース。

(出典) 経済協力開発機構（OECD）、国際通貨基金（IMF）データより当社作成

(2) 米中の覇権争いの行方 ~ともに影響力は低下~

◆迫る中国、防ぐ米国

第二次世界大戦以降、米国は長らく覇権国と捉えられてきた。東西冷戦終

¹ 購買力平価ベースの予測では低所得国の数字が高く表れがちな傾向がある。これは、低所得国で安価になりがちな非貿易財・サービスの価格を調整しているためである。

結を経てグローバル化が進む中、米国は開放的な経済でヒト・モノ・カネを引き寄せ続けてきた。一方で、米国はその地位を脅かされそうになると、個別に政策対応を行ってきたのも事実だ。かつて、日本の輸出拡大によって米国の対日貿易赤字が膨らんだ際は、プラザ合意によって大幅なドル安を進め、貿易不均衡の解消を図った。足もとでは、経済面で米国を追い上げつつある中国に対し、米国は輸出規制を通じて技術流出を防ごうとしている。一方の中国も黙ってはおらず、資源の輸出を制限することで対抗している。とはいえ、いずれの国も決め手を欠く中、2050年になっても米中覇権争いは続いているとみる。

◆人材を引き寄せ続ける米国

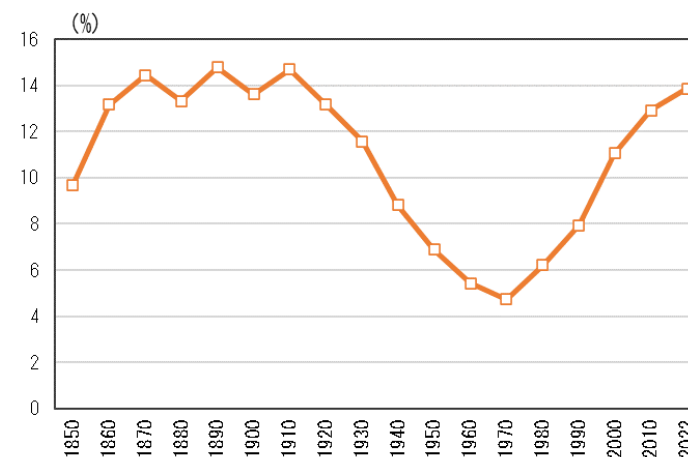
米国は、緩やかに経済成長が減速し、2030年代には、GDPにおいて中国に追い抜かれるとみられる。しかし、GDPを人口で割った一人当たりGDPにおいては、2050年時点でも依然として中国を大きく上回っている見込みだ。一人当たりGDPは、おおざっぱに言えばその国の平均的な所得水準を表す。このため、米国には、高収入を求める有能な人材が集まり続けるだろう。過去を振り返ると、米国は、1900年代前半は被服産業を中心に製造業の中心となったボストン、1900年代半ばは金融の中心となったニューヨーク、1900年代後半はITの中心となったカリフォルニアと、隆盛を誇る産業が移り変わっても、そのたびに新たな中心地を形成してきた。このように有能な人材を活かして産業の移り変わりに柔軟に対応していける強さこそが、米国が長らく覇権国たりえた理由ともいえるだろう。今後もそのような人材が集まり続ける限り、2050年までに大きく勢力を失うことは考えにくい。

国際連合が公表している「International Migrant Stock 2020」によれば、2020年時点における米国の移民受け入れ数は、全国際移民の18%にあたる5,100万人に達しており、米国は、基本的には積極的に移民の受け入れを進めてきた国である。一方で、近年、低所得者層を中心に広がっている移民反

対運動はリスクといえる。このまま移民受け入れを拒むようになる場合、2050年にかけての競争力低下は免れない。

過去の歴史を振り返ると、米国は移民を厳しく取り締まる時期と寛容に受け入れる時期とが存在した。米国商務省によれば、外国生まれの人口が米国人口全体に占める割合は、1890年時点で14.8%に達した後、1970年時点では4.7%まで低下した。その後、足もとでは13.9%まで戻ってきている<図表1-3>。足もとの水準が過去のピーク時に近いことを踏まえると、若干の低下は想定されるものの、基本的には国民感情に配慮しつつ移民との共存を模索していくことになるだろう。経済減速と移民受け入れ是非という国内問題の二大テーマを抱え、対外的な覇権争いへの意識は薄れていくとみる。

図表 1-3 米国における移民が全人口に占める割合



(出典) 米国商務省データより当社作成

◆高齢化と政府主導経済の限界に苦しむ中国

中国は、依然として先進国を上回る経済成長を続けている。また、国防費もGDP成長を上回るペースで拡大するなど軍事拡大も進めており、着々と

国力を高めている。ただし、かつての一人っ子政策の影響で急速に進む少子高齢化に加え、2023年からは人口減少も進むようになっている。既に経済成長は年々減速しているが、今後、労働力供給の減少による経済の下押し圧力がますます強まることになる。

加えて、共産党政権による政府主導での経済運営はかじ取りの難しさが窺われる。これまで、中国政府は、重視する産業を決めて手厚く支援してきた。この対応は当該産業の飛躍的な発展をもたらす一方、メーカーの乱立にもつながり、しばしば過剰生産という負の面ももたらしてきた。最近でいえば、電気自動車（EV）産業がその一例といえるだろう。また、社会主義と経済発展の相反で苦しむ面も見られる。2020年以降、中国政府は、貧富の格差是正に向けて掲げた「共同富裕」²のスローガンの下、一部業界に対する規制強化を実施した。このうち、特に不動産業への規制強化はやや行き過ぎた面もあり、今なお経済全体の低迷につながっている。これらはいずれも中央集権的な政治体制や社会主義という国の方針からもたらされる構造的な問題であり、大幅な政治方針の転換がない限り、今後も程度の差はあれ継続するだろう。とりわけ、貧富の格差の問題は、経済発展が進むにつれて深刻化するとみられ、政府はいつそう国内の不満解消に目を向けざるを得なくなり、こちらも2050年にかけて対外的な覇権争いへの意識が薄れていく可能性が高い。

◆軍事・文化の米国 VS 経済の中国

これまで述べて来たように、米中ともに2050年までに決定的な覇権を握ることは難しいだろう。しかし、個別分野ごとに勢力関係が入れ替わる可能性はある。現状の勢力関係を示唆するのが、両国が積極的な進出を図ってきたアジアにおける相対的な影響力の大きさを表すアジア・パワー・インデックス³だ。大きく差が開いている項目として、軍事関連・文化的影響力では米

国が、経済的結びつきでは中国が強みを有していることが窺われる（図表1-4）。

図表 1-4 アジアにおける米中の勢力比較（2023年）

	米国	中国
COMPREHENSIVE POWER	80.7	72.5
ECONOMIC CAPABILITY	88	87
MILITARY CAPABILITY	90.7	68.1
RESILIENCE	83.3	70.4
FUTURE RESOURCES	75.9	72.9
ECONOMIC RELATIONSHIPS	53.7	98.3
DEFENCE NETWORKS	84.6	23.7
DIPLOMATIC INFLUENCE	89.3	91.5
CULTURAL INFLUENCE	80.9	47.4

（注）黄色箇所は10ポイント以上の差がある項目。

（出典）ローウィー研究所データより当社作成

風向きに変化が生じるとすれば、軍事関連だろう。足もと、中国は、2024年の国防費が前年比7.2%となるなど、軍事関連費の拡大が著しい。一方の米国は、維持コストの問題から「世界の警察官」の立場を降りようとしている。もともと、ストックホルム国際平和研究所（SIPRI）が公表する Military Expenditure Database によれば、2023年における米国の軍事費は依然として中国の約2倍以上と大きく開きがある。中国の減速も考慮に入れると、2050年までに勢力関係が入れ替わることは現状では考えづらい。基本的には現状の勢力関係を維持しつつ、他国の台頭もあいまって、両国ともに緩やかに影響力が低下していくとみる。

² 貧富の格差を縮小して共に豊かになることを意味する。

³ オーストラリアの民間シンクタンクであるローウィー研究所が公表。軍事力や経済力といった8分野の観点から、アジアにおける各国の相対的な勢力の大きさを示す指標。

《BOX》トゥキディデスの罠

トゥキディデスの罠とは、新たに国家が台頭し、既存の覇権国家の地位を脅かすようになると、望まぬ軍事的対立に陥るケースが多い、とする米歴史学者グレーム・アリソンが唱えた説である。新興国は他国からの承認を求めようとし、既存の覇権国家は新興国に対し恐怖を抱くことから、このような対立に陥りやすいとされる。トゥキディデスは、古代アテナイの歴史家の名前であり、彼が、約30年続いたペロポネソス戦争勃発の原因について、新興国アテネが旧覇権国家スパルタの地位を脅かしたことにあると主張したことにちなんでいる。

アリソンの分析によれば、過去500年で新興国が旧覇権国家を脅かしたケースは16件あり、そのうち12件で戦争に至っているとされる（日本と米国の間で発生した太平洋戦争もこのうちの1つに含まれる）。そのきっかけとしては、新興国ないし旧覇権国家のどちらかが積極的に戦争を仕掛けるといよりも、両大国の同盟国が不測の事態を引き起こすことで、やむなく戦争に至るケースが多いとされる。戦争を回避できた例としては、米国・ソビエト連邦間の冷戦などが挙げられるが、回避に向けた両大国の並々ならぬ努力が必要になるとされる。

足もとの米中間の対立において、トゥキディデスの罠を回避できるかはしばしば論点となっている。中国の習近平国家主席はこの罠について、2023年には、米国の使節団に対して「決して必然ではない」としたうえで、「広い地球は中国、米国それぞれの発展、共同繁栄を完全に収容できる」旨を発言している。とはいえ、中国、台湾や東南アジアの国々との間で続く南シナ海の領有権争いや北朝鮮を巡る問題など、互いの友好国の間で不測の事態が生じる地合いは整っているといえ、望まぬ戦争に進む可能性は意識しておく必要がある。

(3) インドの台頭とアフリカの目覚め

◆存在感高まるインドと期待先行のアフリカ

かねてより BRICS の一角として成長期待が高かったインドは、先進国で生産年齢人口の減少が懸念される中、高い人口ポテンシャルから改めて注目を集めている。また、中露や西側諸国の双方から距離を置く第三極となるべくグローバルサウスの盟主としてふるまい、外交面でも存在感を高めている。

今後、爆発的な人口増が見込まれているアフリカは、成長ドライバーとして注目が集まる。アフリカは、エジプトを中心に中東寄りの文化を有する北アフリカと、世界で最も貧しい地域とも称されるサハラ砂漠以南のサブサハラ・アフリカに大別でき、近年、成長期待が高まっているのは後者だ。とはいえ、サブサハラ・アフリカに限っても国ごとに状況は大きく異なり、十把一絡げでの議論は難しい。本稿では、近年、成長期待が高まっているナイジェリアの例を取り上げることとする。

◆高度人材育成が課題になるインド

人口増加の後押しを受けて GDP の拡大が見込まれるインドであるが、かつて BRICS と並び称された中国と比較すると、成長で後れを取っている感はない。中国とインドの GDP 構造を比較すると、インドは第一次産業の割合が高い代わりに第二次産業の割合が低く、製造業が弱い状況を示唆している。増加する生産年齢人口の雇用の受け皿確保という意味でも、長年続いてきた貿易赤字の解消という意味でも、製造業の発展が重要になってくる。

現政権のモディ首相は製造業が成長のボトルネックであることを認識しており、2014年の就任早々から「メイク・イン・インディア」のスローガンを掲げ、外資企業誘致策や税制・手続の簡素化といった投資環境の整備などの製造業振興策を推し進めてきた。徐々に取り組みの成果は表れており、国際協力銀行（JBIC）による2023年度の日系製造業企業アンケートでは、中期的な有望事業展開先国としてインドが1位となっている〈図表 1-5〉。今

後、海外企業による投資が進めば、労働集約型の製造業を中心に雇用が増え、製造業のGDPシェアも徐々に拡大していくだろう。

図表 1-5 中期的な有望事業展開先国・地域（今後3年程度）

順位			国・地域名 (計)	回答社数(社)		得票率(%)	
2023	← 2022	2023		2022	2023	2022	
		395		367			
1	← 1	インド	192	148	48.6	40.3	
2	↑ 4	ベトナム	119	106	30.1	28.9	
3	↓ 2	中国	112	136	28.4	37.1	
4	↓ 3	米国	107	118	27.1	32.2	
5	↑ 6	インドネシア	97	77	24.6	21.0	
6	↓ 5	タイ	85	85	21.5	23.2	
7	↑ 9	メキシコ	42	27	10.6	7.4	
8	← 8	フィリピン	35	28	8.9	7.6	
9	↓ 7	マレーシア	26	31	6.6	8.4	
10	↑ 11	ドイツ	21	21	5.3	5.7	

(出典) 国際協力銀行 (JBIC) 「わが国製造業企業の海外事業展開に関する調査報告 - 2023年度 海外直接投資アンケート結果 (第35回) -」 (2023年12月)

一方で、もう一段上の経済発展に向けては、教育水準の向上が鍵になってくる。現状、インドの大学進学率は25%程度に留まっており、中国の大学進学率が6割近いことと比較すると、大きく見劣りする。専門人材が育たない限り、国内製造業の高付加価値化は難しい。打開策として、インド政府は「国家教育政策2020」を打ち出し、GDPの6%を教育に投資し、2035年までに大学進学率50%以上を目指すとしている。しかし、質の高い教員確保の問題や、カースト制度⁴や女性の識字率の低さといった根深い文化的な問題がハードルとなる。いずれにせよ人的投資には時間を要することから、2050年までの間に想定を大きく上回るような経済成長を遂げることは考えにくいだろう。

◆リープフロッグ的な成長⁵と課題解決の両立を図るナイジェリア

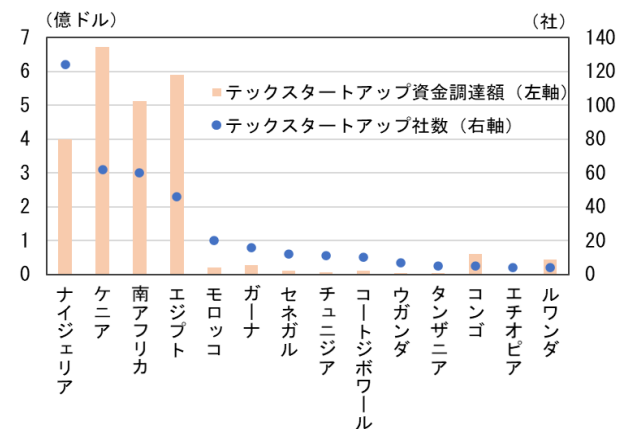
近年、南アフリカに代わってサブサハラ・アフリカの雄と目されているの

が、ナイジェリアである。ナイジェリアは、GDP規模が大きだけでなく、2億人というアフリカの人口を抱えており、成長余力も高い。

とはいえ、現時点では問題も多い。第一に、主要産業である原油生産については、製油所の設備老朽化および原油の盗難によって、産油量が大きく落ち込んでいる。原油頼みからの脱却に向けた産業の多角化、およびインフラ整備は長年の課題だ。第二に、政治家の汚職も多い。2023年の腐敗認識指数 (Corruption Perceptions Index) において、ナイジェリアは180か国中145位に留まっている。なお、経済規模の大きい他のアフリカの国々も軒並み低い順位に留まっており (南アフリカ83位、エチオピア98位、エジプト108位)、同様の問題を抱えている。第三に、インドと同様に、急増する人口に対する教育の普及や雇用の確保も必要になってくる。

いくつもの課題を抱えるナイジェリアだが、明るい材料としては起業が盛んである点が挙げられる (図表 1-6)。

図表 1-6 アフリカのテックスタートアップ概況 (2023年)



(出典) Disrupt Africa データより当社作成

⁴ 近年、低カースト層を優先的に大学に進学させるアフーマティブ・アクションも取られており、一概に低カースト層が不利とは限らない点には留意しておく必要がある。

⁵ 蛙が一足飛びに跳ねるように、新興国が最新の技術を導入して一気に発展すること。

銀行口座なしで送金や各種支払いを行えるサービスを提供する Opay、エンジニアの育成・企業マッチングを行う Andela など、ユニコーン企業⁶も数社誕生している。スタートアップ企業が事業として目先の課題に取り組むことで、リープフロッグ的な成長と課題解決を両立できる可能性がある。2050年までにすべての課題が解消するとは考えにくいだが、今よりは大きく改善している可能性が高い。特にアフリカでは携帯電話の普及が進んでおり、これに紐づく形のサービスは展開しやすい。EdTech を通じた教育の普及などは比較的早期に導入されるとみる。

◆存在意義を問われる新興国集団

近年、新興国集団の立ち上げ・拡大が目立つ。先に述べたグローバルサウスや、BRICS の拡大（以下、BRICS+6）がそれにあたる。しかし、これらはいずれも狙いが明確ではない。グローバルサウスは、中露や西側諸国の双方から距離を置く第三極と解釈されることが多いが、その定義は定まっていない。BRICS+6 も、数ある参加希望国の中から今回追加された 6 か国（サウジアラビア、UAE、イラン、エジプト、エチオピア、アルゼンチン）がどのように選ばれたのかは不透明だ。

いずれにも共通する目的とみられるのが、新興国の発言力向上だ。しかし、発言力向上という目的を達成した後は、発言の内容が問われるようになる。文化的背景ならびに経済の発展段階において、先進国集団よりもばらつきの大きい国々が合意形成を行うのは難しい。結局は、総花的な提言に落ち着くか、影響力の大きい国の意向が反映される形になるだろう。

このように考えると、グローバルサウスや BRICS+6 も、一定の発言力を得た後は、緩やかな連帯としての存在に留まるだろう。米中の覇権争いも決め手を欠く中、世界の多極化の様相は深まっていくことが見込まれる。

（4）日本の地位低下

◆産業構造変化への対応の遅れや労働力人口の減少に苦しむ日本

日本の経済的地位の低下が指摘されるようになって久しい。2023 年の名目 GDP ではドイツに抜かれ、世界第 4 位に後退したとの報道も話題になった。1990 年代初頭以降の日本経済の停滞を表す言葉として「失われた 30 年」がある。「失われた 30 年」に陥った背景としては、グローバルな産業構造の変化や労働力人口の減少などが指摘されている。

グローバルな産業構造の変化を巡っては、1990 年代以降、先進国を中心に製造業の比重が低下し、IT や金融などサービス業の比重が高まっていったことで、もともと製造業に強みを有していた日本の存在感が低下していった。さらに、グローバル化の進展に伴って、製造業の製造プロセスが変化していったことも大きい。各企業が生産プロセスの各段階を一貫して内部で行う垂直統合型から、他の企業や地域と協力して製品を完成させる水平分業型へのシフトが進んだ結果、垂直統合型の経営で高い成長を実現してきた日本は、その強みを失った格好だ。

また、日本は先進国の中でも特に少子高齢化が進んでいる国であり、労働力人口の減少ペースが早いことも、経済停滞につながっている。

モノがある程度行き渡ればサービスの需要が高まることを踏まえると、今後もサービス業の比重が高まる構造は続くと思われる。また、少子高齢化についても、2050 年時点では引き続き日本が先行しているとみられる。基本的には日本の地位低下は今後も続くことになるだろう。

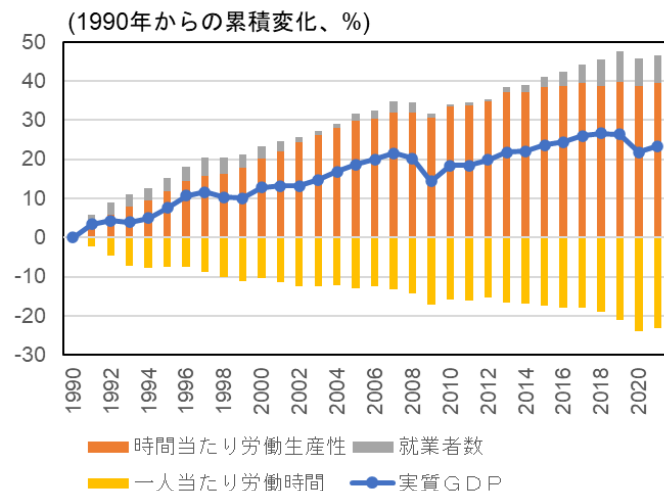
◆労働時間の拡大は難しい

日本の 1990 年代以降の実質 GDP の伸びを要因分解すると、時間当たり労働生産性が全体を押し上げる一方、一人当たり労働時間が下押ししている

⁶ 企業評価額が 10 億ドル以上、設立からの年数が 10 年以内、未上場の企業を指す。

<図表 1-7>。すなわち、各人の労働時間が短くなった分を、生産性の向上で補ってきた構造だ。

図表 1-7 日本 実質 GDP の伸びの要因分解



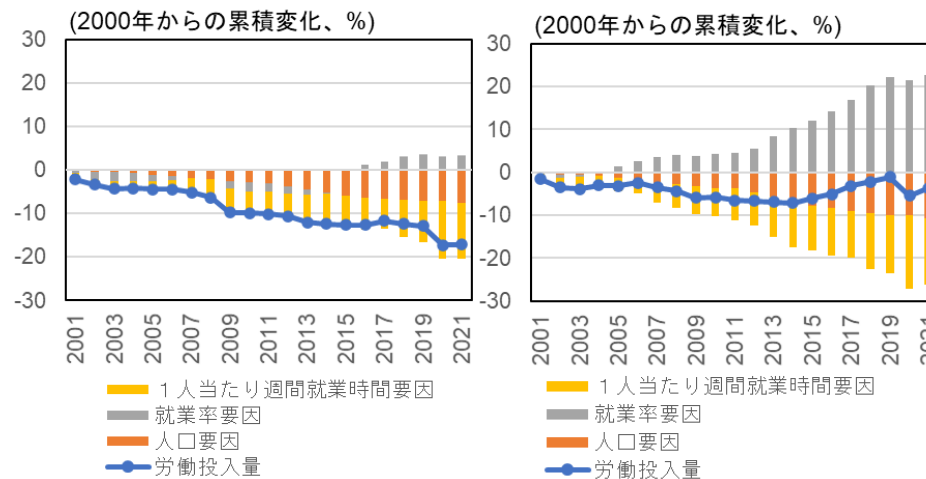
(出典) 内閣府データより当社作成

今後、日本の地位低下を防ぐためには、実質 GDP をさらに伸ばしたいところだが、労働時間の拡大は現実的には難しい。2000年以降の労働投入量の伸びの要因分解を男女別に見ると、女性の就業率が大きく高まっている。一方、1人当たり週間就業時間は男女ともに短縮化しており、マイナスに寄与している<図表 1-8>。これらを考え合わせると、共働き家庭が増えて家事育児も分業となる中、長時間勤務が現実的に難しくなっていることが窺われる。厚生労働省も働き方改革として長時間勤務の抑制や有給取得を促す中、実質 GDP 押し上げのために労働時間の拡大を目指すのは時代に逆行する動きといえるだろう。また、女性の就業率の高まりは、先ほどの実質 GDP のグラフにおいて、就業者数がプラス寄与となった主因といえるだろう。しかし、大前提として、労働力人口が減少していることから、就業者数の拡大には限度があり、早晚伸び悩むとみられる。

図表 1-8 日本 労働投入量の伸びの要因分解

<男性>

<女性>



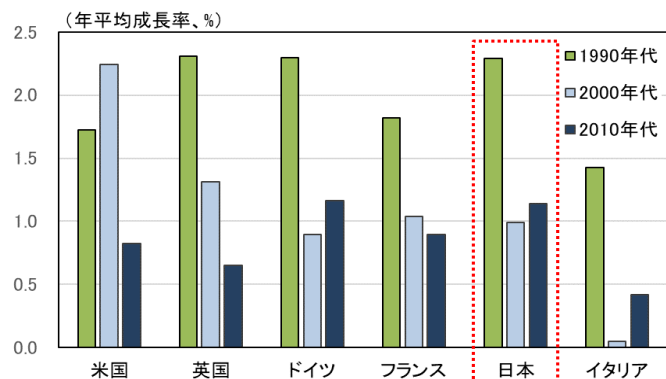
(出典) 図表 1-7 に同じ

◆労働生産性の改善にも限界

労働時間や就業者数の拡大が難しいとすると、労働生産性をさらに伸ばす必要がある。前提として、日本の1990年代以降の労働生産性は、実質ベースかつ時間当たりの数字と比較すると、必ずしも他国と比べて低かったわけではない。2000年代はやや伸び悩んだものの、2010年代はドイツに次ぐ高い伸び率となっている<図表 1-9>。

改善の余地があるのは、デジタルへの対応だろう。スイスのビジネススクールの国際経営開発研究所 (IMD) が公表する世界デジタル競争力ランキング2023によれば、調査対象国64か国中、日本は32位に留まっている。また、より深刻な点として、この32位というのは、2017年のランキング公表開始以来、最低の順位である。すなわち、日本のデジタル競争力が現在進行形で低下していることが示唆される。

図表 1-9 主要国 時間あたり実質労働生産性



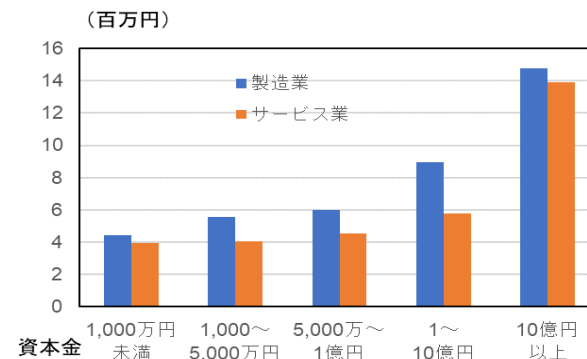
(注) 購買力平価ベースの為替レートを用いて実質化。
 (出典) Conference Board データより当社作成

詳細を見ると、技術的枠組み、科学的集積では比較的上位となる一方、ビジネスの俊敏性、規制の枠組み、人材が足を引っ張っている。特にビジネスの俊敏性は民間企業側の問題、規制の枠組みは政府側の問題といえ、まさに官民一体で改善を図る必要がある。

また、企業規模別にみると、中小企業について生産性改善の余地が大きい。法人企業統計調査(2022年度)によると、付加価値を従業員数で割った1人当たり労働生産性は、製造業・サービス業ともに資本金の規模が小さい企業ほど低くなる傾向にある<図表 1-10>。中小企業白書(2024年度)によれば、中小企業でも人材不足への対応の必要に迫られているが、省力化投資まで手が回っている企業の割合は高くない。

ただ、デジタル、中小企業をキーワードにどれだけ生産性の改善を図ったとしても、労働力供給の減少が趨勢的に成長の重石となることを考え合わせると、実質 GDP の伸びが大幅に高まることは考えにくい。どれだけ日本の地位低下のペースを鈍らせられるかが、2050年にかけての焦点となるだろう。

図表 1-10 業種・資本金規模別 1人当たり労働生産性



(出典) 財務省「年次別 法人企業統計調査(令和4年度)」(2023年)より当社作成

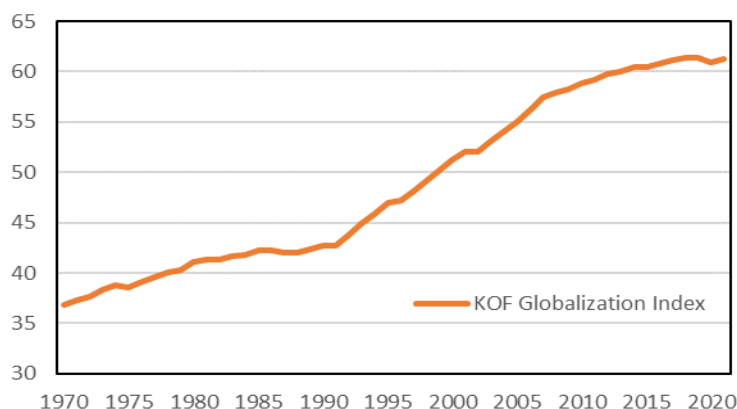
(5) グローバル化の見直し

◆グローバル化は2010年代半ば以降、ペースダウン

2020年代に入り、グローバル化の見直しが急速に進んでいる。新型コロナウイルス蔓延に伴う工場稼働停止や、米中のデカップリングに伴う輸出規制、ウクライナ紛争などを受け、サプライチェーン見直しの機運が急速に高まっている。

ただし、グローバル化の見直しの兆候は、2010年代半ばには見られていた。KOF スイス経済研究所が公表する KOF Globalization Index によると、世界のグローバル化の度合いは、2016年以降横ばいが続いている<図表 1-11>。インターネットの使用量などに基づいて計算される「情報のグローバル化」の進展が一服したことが主因であるが、その他「貿易のグローバル化」や「金融のグローバル化」といった項目についてもほぼ横ばいとなっている。2016年に英国が欧州連合(EU)からの離脱を国民投票で決定した Brexit の動きもその一端といえるだろう。

図表 1-1 1 KOF Globalization Index



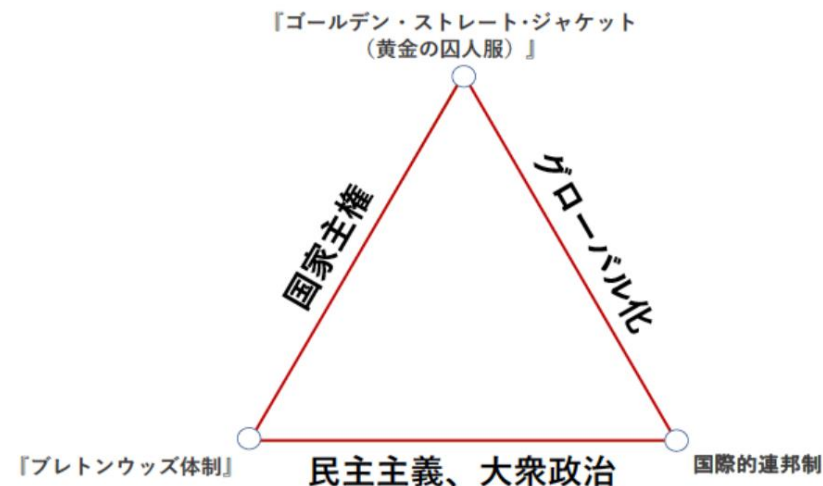
(出典) KOF スイス経済研究所 ”KOF Globalization Index”より当社作成

◆基本路線としてのグローバル化の見直しは必然

特に民主主義国家が多数を占める欧米先進国主導のグローバル化に限界があることは、「国際政治経済のトリレンマ」としてかねてより指摘されていた。

「国際政治経済のトリレンマ」とは、国家主権、グローバル化、民主主義のうち2つは実行できるが、3つすべてを同時に実行することはできないとする理論である<図表 1-1 2>。この理論に則れば、民主主義を採用する政治主体は、自国のルールについて、国民が主体的に決めるか国際ルールをそのまま適用するかを民主的に決定することになり、国家主権あるいはグローバル化のどちらか片方しか採用できないことになる。例えば EU の場合、グローバル化と民主主義の両立を目指した結果、金融政策など一部の国家主権が失われている状態といえる。国連など国際機関の決定を見ても、国際協調の動きが失われつつある中、2050 年にかけて、民主主義国家においてはグローバル化よりも国家主権を重視する国が増えていくだろう。

図表 1-1 2 国際政治経済のトリレンマ



(出典) Aizenman Joshua and Hiroyuki Ito, “The Political-Economy Trilemma”, Mar.2020.

◆国の利益か個別企業の利益か

政治主体である国家の意向としては脱グローバル化を目指すとしても、必ずしも各企業の思惑と一致するとは限らない。企業にとっては、自社の利益を最大化することが至上命題であり、取引相手が自国の企業であるか他国の企業であるかは二の次と考えられる。実際、そのような判断が見られたのが、米国が対中輸出を制限する中での NVIDIA の動きだ。2022 年に米国政府は先端半導体関連の輸出制限を決定したが、中国の半導体市場の規模が世界全体の約 3 割を占める中、NVIDIA は政府の規制を逸脱しない範囲で仕様を変更し、中国向け製品を販売していたとされる。

近年、特に先進国では低い経済成長が続く中、政府への信頼が低下している。今後、世界の多極化が進み、国家間の力関係の差が薄まると、自国に依存する必要性も低下する。中長期的な利益を考えると、表立って国の意向に反することは考えにくいものの、政府の方針から逸脱しない範囲で、企業レ

ベルではグローバル化の動きが継続するケースは、2050年にかけて増えてくると考えられる。

◆サービス業ではグローバル化が進展

また、産業として拡大が続くサービス産業については、2050年にかけてグローバル化がむしろ進んでいく見込みだ。サービス産業の拡大は、「ペティ＝クラークの法則」に則る動きといえる。

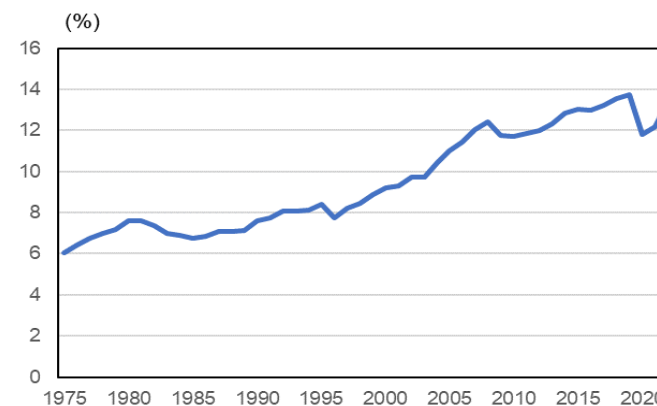
ペティ＝クラークの法則によれば、経済発展に伴い、経済活動の中心は農林水産業（第一次産業）から製造業（第二次産業）、非製造業（第三次産業）へと移る傾向がある。一般に、第一次産業、第二次産業、第三次産業の順で収益が高くなることから、より高収益の産業へ労働力が移動すること、また、ある程度モノが行き渡ることによって食品や工業品などの第一次・第二次産業の需要は限界を迎え、代わりに第三次産業が提供する各種サービスの需要が拡大することによって、第三次産業の割合が高くなっていく。

このようなサービス産業の拡大を受け、近年では、Netflixなどのデジタルコンテンツ産業や知的財産権等使用料など、輸出入に関してもサービスの割合が高まりつつある（図表 1-13）。もともと、サービスは、外食産業をはじめとして人がその場で提供する種類のもが多く、財に比べて交易という概念になじみにくかった。しかし、上に挙げたようなデジタルコンテンツ産業などは、数の制限を受けることなく世界各地で同時に提供することができ、むしろ財よりも交易を広げやすい面を有している。今後、メタバースなどのデジタル空間も活用しながら、サービス業のグローバル化は進んでいくことだろう。

サービス業のグローバル化は、輸送などのプロセスを経る必要がないという意味で、製造業と比較して容易といえるだろう。このことは、国家の支援

を受ける必要性が相対的に低いということを表す。政府への信頼低下もあいまって、2050年にかけては、国家に縛られない形のグローバル化が進んでいくとみる。

図表 1-13 サービス貿易の GDP に占める割合



（出典）世界銀行データより当社作成

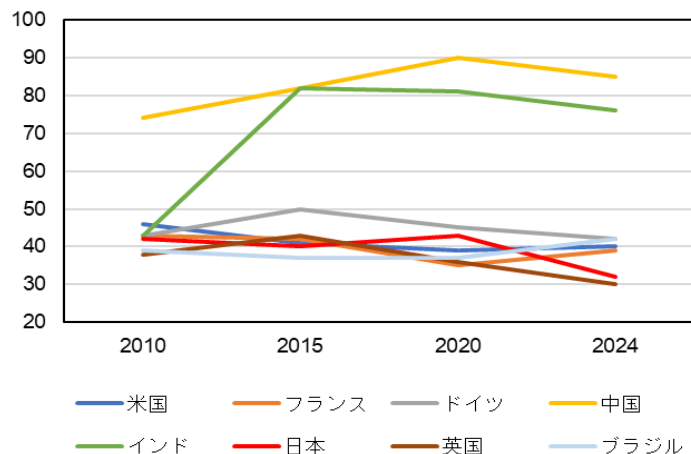
（6）不安定化する政治

◆先進国を中心に高まりつつある政治不信

先進国を中心に低い経済成長が続く中、政府への不信が高まっている。Edelman Trust Barometer⁷の政府に対する信用度を示す指数の推移をみると、先進国は軒並み緩やかな低下傾向が続いている。また、いずれも50を下回る水準であり、総じて先進国の政府が信頼されていないことを示唆している（図表 1-14）。なお、中国や2015年以降のインドについては高水準での推移が続いているが、いずれも強権的な体制であり、必ずしも民意が素直に反映されていない可能性がある点には留意が必要である。

⁷ 各国国民の自国の政府、企業、メディア、NGO に対する信頼度を示す指標。値が50を下回ると「信頼されていない」と判定される。

図表 1-14 政府に対する信用度



(出典) Edelman Trust Institute, “Edelman Trust Barometer”より当社作成

◆国内所得格差の拡大

先進国を中心に政治不信が高まっている背景には、所得格差の拡大も影響している。世界レベルで見ると、新興国の急速な発展によって、国家間の所得格差は縮小傾向にある。一方、個別国レベルで見ると、先進国においては所得格差が拡大してきた。この流れを生み出していたのが、過去数十年にわたり続いてきたグローバル化である。

前提として、先進国には高技能な労働者が多く、新興国においては低技能な労働者が多いと考えられる。このような状況でグローバル化が進むと、先進国は、コスト削減の観点から組み立てなどの低技能・労働集約的な生産工程を新興国に移転させ、自国では高技能が求められる工程のみを受け持つようになる。この結果、先進国内においては、低技能な労働者の需要が減り、所得格差が拡大する。一方、新興国内においては低技能な労働者の需要が高まり、所得格差が縮小することになる。なお、先進国にとっては低技能でも、新興国においては高技能であるケースも考えられ、その場合は、新興国でも

高技能な労働者の需要が高まることから、新興国においても所得格差が拡大する可能性がある。

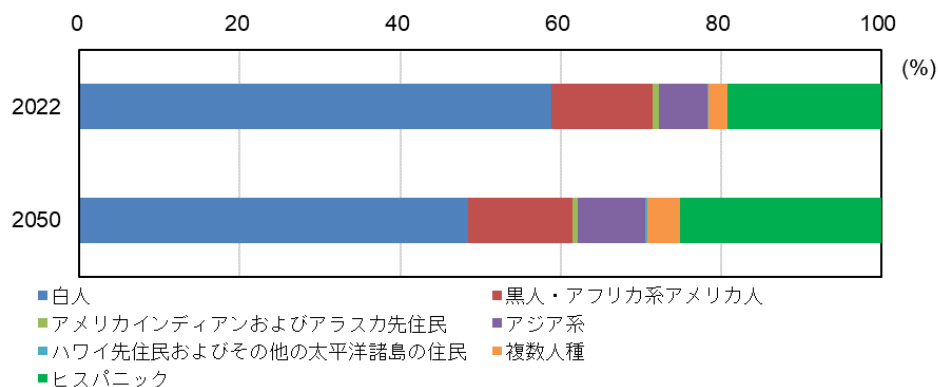
所得格差の度合いを表すジニ係数は、一般的に0.4を超えると危険水域といわれる。先進国のジニ係数は軒並み0.4を下回る水準で、概ね横ばい推移をしているが、これは所得再分配を行っているためである。しかし、結果の平等よりも機会の平等を重視する資本主義国家において、どの程度所得再分配を行うかは悩ましい問題となっている。再分配の度合いが低いと、満足に職に就けない低所得者層の不満が、再分配の度合いが高いと、自らの得た所得が政府に回収される高所得者層の不満が、それぞれ高まることになる。今後も一部でグローバル化が進み、再分配前の所得格差が拡大すれば、再分配問題が大きくなり、いずれかの層の政府に対する不満が高まっていくだろう。

◆先進国で進む人種の多様化

先進国においては、労働力不足の解消に向けて、選別的な移民の受け入れが進む可能性が高い。この結果、人種の多様性が高まることになる。米国の場合、2022年時点では59%を占めていた白人の割合が、2050年時点では48%まで低下する見込みだ<図表 1-15>。この時、政府としては選挙で票を獲得するためにも、従来よりも白人以外の層に対する政治的配慮を行おうとする。すなわち、白人にとっては、従来よりも自分たちの扱いが軽視される可能性があり、政府への不満が高まることになる。

これまでは、拡張主義的な外交政策の成果によって、国内での評価を上げようとする動きも見られていた。しかし、自国経済の減速が進み、また、世界の多極化が進む中で、自国のみでそのような成果を挙げることが難しくなっている上、自国の中でも人種の多様性が高まる中で、全ての層に対してアピールできる外交的成果というのは限られてくるだろう。このように、国内向けに対外成果をアピールする機会が減ることも、政府への不満を間接的に高めることになる。

図表 1-15 米国 人種分布見通し



(出典) United States Census Bureau, “2023 National Population Projections Tables”
より当社作成

◆資本主義・民主主義の限界を探る動きが続く

国内の所得格差が拡大し、人種の多様化が進む中、この流れの中で不利益を被る層の不満が高まっている。彼らの声を代弁する形で、既成の権力構造やエリート層を批判し、自国第一主義を唱える右派ポピュリズムが台頭しつつある。米国では、2024年の大統領選挙において再選をかけるトランプ氏が有力候補となっており、欧州でも、2022年、イタリアで右派ポピュリスト政党「イタリアの同胞」を率いるメローニ氏が首相に就任するなど、その勢いは増している。このようなポピュリズム台頭は、単なる自国への政治批判に留まらず、資本主義への不満の表れともいえるだろう。

また、民主主義にも揺らぎが見られる。民主主義は一国家において適用することが前提となっており、グローバル化にはなじみにくい。分かりやすい例が、日本でも問題になっている外国人参政権の扱いだ。賛成派は住民税などを収める外国人に対しても参政権を認めるべきとする一方、反対派は国民全体の利益や社会的一体性が損なわれることを懸念している。今後、移民の

受け入れが進むとなれば、この問題は避けて通れない。

この先、2050年までに資本主義や民主主義が根本から失われることは考えにくい。社会主義国とされる中国においてさえも経済格差は存在しており、民主主義的な多数決は生活の一部としてなじんでいる。米国で一度トランプ政権が発足した後、バイデン政権に交代したことからわかる通り、ポピュリストの勢いが一直線に拡大を続けているわけでもない。

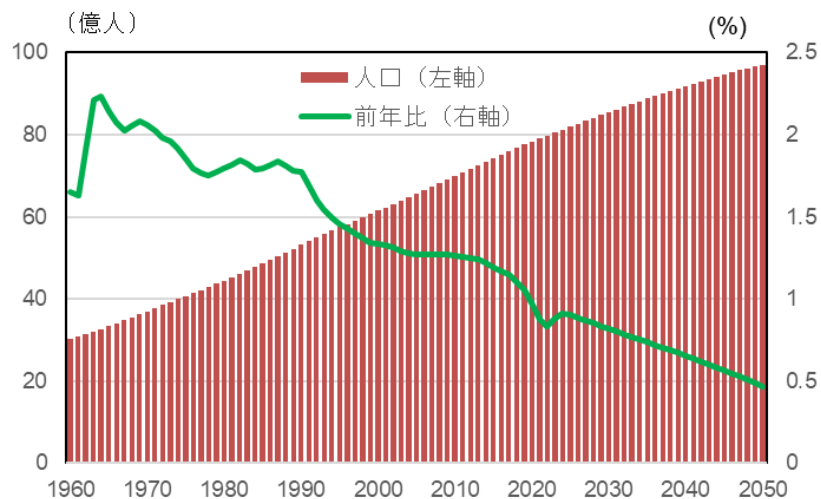
しかし、政府への信頼の低下もあいまって、政治の不安定な状態は続くと思われる。資本主義・民主主義の限界はどこにあるのか、妥当な着地点はどこにあるのか、模索していくことになるだろう。

2. 老いる先進国と人口移動

(1) 世界の人口動態

世界の人口は、2050年にかけて増加が続く。国連の人口推計（2022年）の将来推計（6月1日の年央人口・出生率中位。以下、本稿は同じ）によると、世界の人口は、2021年時点の79億人から2050年には97億人まで増加する見込みとなっている〈図表 1-16〉。

図表 1-16 世界人口の推移主要国 老年化指数



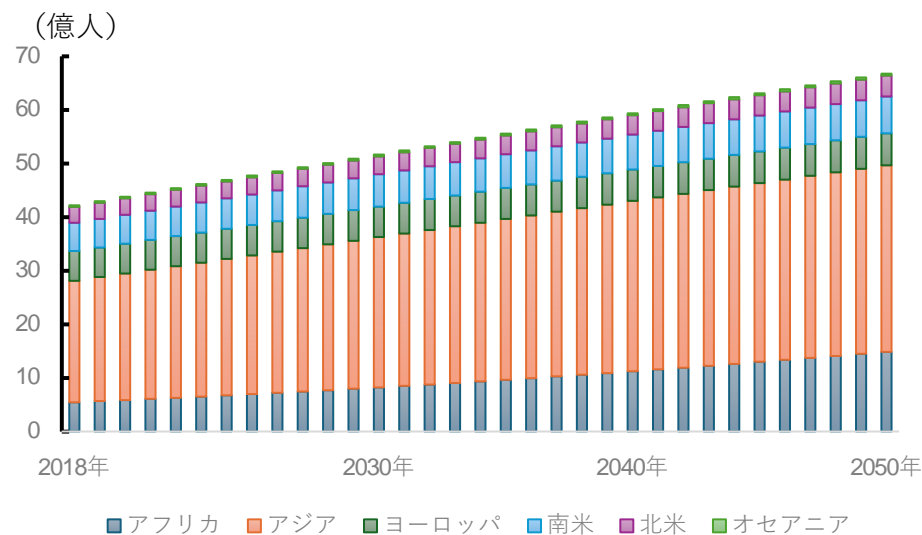
(注) 2022年以降は中位推計の値
 (出典) United Nations (UN), “World Population Prospects: The 2022 Revision” より
 当社作成

一方で、人口の増加ペースは既に減速しつつある。1960年代においては年2%を超えていた世界人口の増加率は、2021年時点ではその半分以上の0.82%に留まり、2050年には0.45%まで鈍化する見込みだ。1960年代において高い人口増加率となっていたのは、アジア・アフリカの開発途上国の多くが、乳幼児の死亡率の大幅改善によって「高出生率・高死亡率」から「高

出生率・低死亡率」に転換しつつあったためである。その後、リプロダクティブ・ヘルス/ライツ（性や子どもを産むことへの当事者の考えが尊重されるという考え）が広がり、女性の社会進出の進展もあいまって、先進国では出生率が大きく低下した。また、開発途上国でも経済発展にともなって出生率が低下傾向にある。出生率の低下は、タイムラグをとまって人口の減少をもたらすことになる。

世界全体の人口は減速しつつも増加が続くが、地域別にみると異なる動きとなっている。北米は移民効果で緩やかな人口増加が続く一方、欧州は2020年頃から人口減少局面に入っている。アジアでは多くの国で人口増加が続くものの、特に人口が多い中国が既に減少局面に入っており、またインドも増加率が大きく低下することから、アジア全体で見れば緩やかな増加に留まる。一方、アフリカは、2050年にかけて2倍近くまで人口が増える見込みとなっている〈図表 1-17〉。

図表 1-17 世界の地域別人口



(出典) 図表 1-16 に同じ

以上の流れを踏まえると、2050年に向けた人口予測の鍵を握るのは、「先進国の少子高齢化」と「アフリカの人口増加」の2つであるといえるだろう。

さらに、人口問題を語るうえでは、人の移動、人口分布のトレンドも無視できない。具体的には、「移民」と「都市への集中」だ。いずれも、世界人口には影響しないが、「移民」は国をまたぐ移動、「都市への集中」は国の中での移動を通じて、それぞれの国の形を大きく変える可能性がある。以下では、これらを一つひとつ見ていくこととする。

(2) 先進国の少子高齢化

◆少子高齢化で先行する日本を他アジアが追い上げ

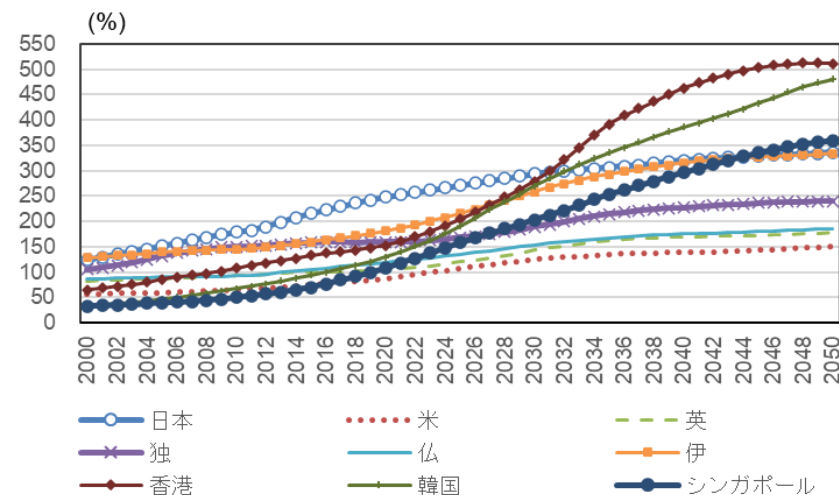
日本は、一定以上の人口を有する先進国の中で、最も少子高齢化が進んでいる。国連の人口推計に基づいて老年化指数⁸を算出すると、日本は2021年時点で253%に達しており、他国を大きく上回っている<図表 1-18>。

一方、2050年にかけては、アジアの先進国が急激に日本を追い上げる。国連の将来推計に基づくと、2030年代前半には韓国、香港が日本を老年化指数で上回り、その後も大きく伸びていく。シンガポールについても同様に高い伸びが目立つ。欧州でも少子高齢化は問題視されているが、イタリアを除くと、老年化指数は2050年時点でも2021年時点の日本に届かかどうかという水準であり、あくまでも緩やかな少子高齢化に留まる見込みである。

◆働き手不足は様々な問題をもたらす

少子高齢化とは、年少人口の割合が減り、老年人口の割合が増えることを意味する。ただし、実際に少子高齢化が進む過程としては、まず年少人口が減少し、次いで生産年齢人口（15～64歳）が減少し、最後に老年人口が減少する。すなわち、少子高齢化の中で生産年齢人口の割合低下は免れず、働き

図表 1-18 主要国 老年化指数



(出典) 図表 1-16 に同じ

手不足の問題が生じることになる。

少子高齢化は、主に働き手不足を通じて、経済成長の鈍化をもたらす。経済成長は、労働の量、資本の量、生産の質（全要素生産性）の掛け合わせで決まると考えるのが一般的であるが、少子高齢化はこれら全てに対して押し下げる方向に作用する。まず、労働の量は、生産年齢人口の減少によって直接的に減少する。ひとりが労働できる時間には限界があり、働き手が減ると基本的には労働の量も減るためだ。次に、資本の量も、生産年齢人口の減少によって減少することが多い。働き手が減ると働き手に費やす装備（業務用PCやユニフォームの配備など）などが減ることに加え、将来に向けて貯蓄を増やす世代が減ることで、社会全体の貯蓄率が低下し、投資に回る分が減少するためだ。最後に、生産の質については、技術進歩など少子高齢化以外

⁸ 年少人口（15歳未満人口）に対する老年人口（65歳以上人口）の割合。

の影響も多分に受けるため、一概には予測しづらいが、それらの影響を抜きにして考えると、世代間の多様性が低下、とりわけ進取の気性に富む若者が減少することなどにより、イノベーションが生じにくくなる可能性がある。

また、少子高齢化は、社会保障・財政の持続性の問題ももたらす。働き手が減る中で高齢者が増加する構造は、社会保障負担の増加を通じて、働き手の負担を拡大させる。高成長が続いている間はその成長分で負担増を補うこともできるが、経済成長が鈍化する環境の下ではそれも難しくなる。急激な働き手の負担拡大を避けるべく政府の財政による負担を増やすと、政府債務拡大を通じて将来の働き手世代に負担を先送りすることになり、自国の国債や通貨への信認が失われるリスクをも高めることとなる。

さらに、地方都市の人口減少問題もある。職の多い都市部に若者が流れることで、地方都市では少子高齢化に拍車がかかる。この結果、地方の社会インフラの担い手がいなくなり、地方都市の存続が危ぶまれる事態となる。

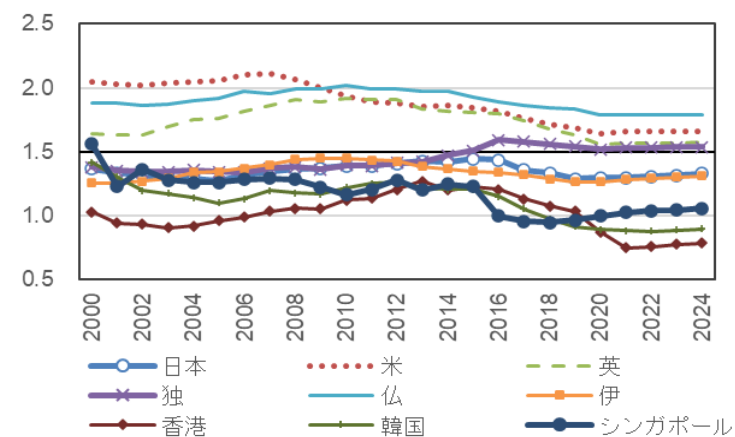
◆少子高齢化からの脱却は困難

とくにアジアの先進国にとって、少子高齢化問題は喫緊の課題だ。しかし、少子高齢化の状態がいったん定着すると、そこから脱することは難しくなる。少子高齢化の過程が年少人口の減少から始まることを踏まえると、王道の解決策は出生率の引き上げであるが、そこには低出生率の罠が立ちはだかる。

低出生率の罠とは、ある社会で出生率が1.5を下回る状況が1世代以上続くと、その低い水準が定着し、意識を変えるのが難しくなる現象を指す。出生率が低い状態が続くと、社会がその状態を前提に制度等が整えられていくようになる。結果、保育施設や学校の減少といった形で子を持つ人々の負担が増えることになる。この時、親になる世代の目線では子を産むインセンティブが小さくなり、低出生率が定着するというものである。実際、合計特殊

出生率⁹の国際比較を見ると、1.5を下回った国については、概ね横ばいないし低下傾向が続いている<図表 1-19>。

図表 1-19 主要国 合計特殊出生率



(出典) 図表1-16に同じ

図表の中で唯一、合計特殊出生率が1.5を下回ったにもかかわらず、その後回復しているのがドイツだ。これは2015年の欧州難民危機の際にドイツがシリア難民を受け入れたことが大きく影響している。このような移民の受け入れは、少子高齢化に歯止めをかける方策としては有効といえる。ただし、後で述べるように、移民は自国民への配慮の観点の踏まえると、単純に受け入れを拡大すればよいという話でもなく、どの国でもスムーズに進むとは言い難い。

また、少子高齢化は避けられない前提の下で、その影響を軽減する方策としてAIの活用が注目されている。しかし、こちらも現段階ではその導入コストがハードルとなり、本領を發揮できているとは言いがたい。

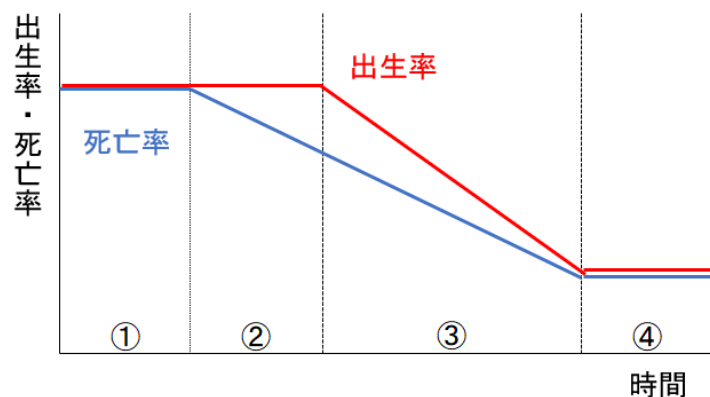
⁹ 15～49歳までの女性の年齢別出生率を合計したもの。

＜BOX＞人口転換理論

人口転換理論とは、経済発展に伴って社会が多産多死から少産少死に至る過程をまとめた理論である（図表 1-20）。第1段階として、近代化前の社会は多産多死であった。これは、労働力を確保するために多産が、飢饉、疫病、戦争などのために多死が生じていたことによる。第2段階として、医療技術が進展し衛生状態も改善すると、死亡率が徐々に低下するようになる。一方、直接的に外的要因の影響を受けない出生率は高止まりのままとなる。第3段階として、工業化が進む過程で、労働力の多さと経済的豊かさが直接的に結びつかなくなることで、また養育コストが高まっていくことを受けて、出生率も徐々に低下するようになり、やがて少産少死の状態に安定するようになる。

なお、この理論は18世紀以降の欧米諸国をモデルにまとめられたものであり、経済発展ペースが異なる他の国々においては当てはまらない可能性がある点には注意しておく必要がある。

図表 1-20 人口転換理論モデル



（出典）国土交通省「平成14年度国土交通白書」（2003年）より当社作成

マサチューセッツ工科大学（MIT）の研究者たちが2024年1月に発表したワーキングペーパーによれば、米国における目に見えるタスクの中で、経済合理性も踏まえて、現実的にAIで置き換え可能なものは約23%に留まるとしている。導入コストがハードルとなっている例としては、パン屋での目視による品質確認作業はAIによって置き換え可能だが、パン屋店員の賃金とAI導入コストを天秤にかけると前者の方が安価であるため、AI導入に至らないことが挙げられている。さらなるAIの普及のためには技術進展による導入コストの低下が必要になるだろう。

（3）アフリカの人口増

◆局所的な人口爆発が続くアフリカ

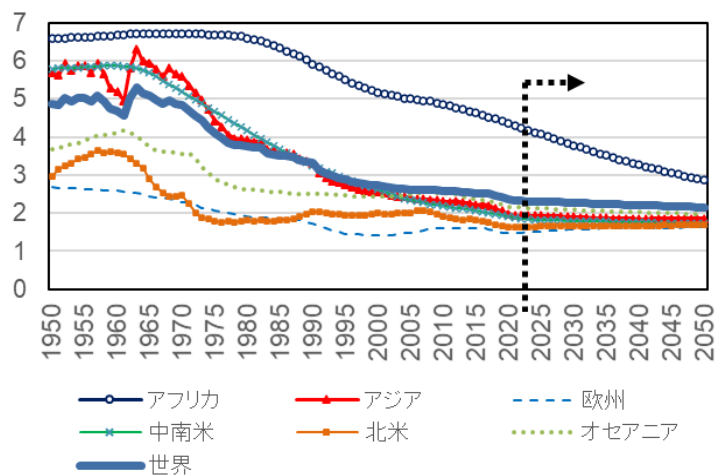
アジアやアフリカでは人口の増加が続く見込みだ。アジアは増加ペースが減速する一方で、アフリカは2020年の14億人から2050年には25億人と、30年間で2倍近くに膨れ上がる見込みである。

出生率についても、アフリカの水準の高さが際立つ。世界的に人口爆発が生じていたとされる20世紀後半においては、1950～1970年頃の合計特殊出生率がアフリカ、アジア、中南米で5を上回るなど、広範な地域で人口の急増が生じていた。一方、足もとでは、ほとんどの地域で2前後の水準に落ち着きつつある中、アフリカだけが依然4を超える高水準にある（図表 1-21）。すなわち、2050年にかけては、アフリカでのみ局所的な人口爆発が続く可能性が高い。

◆いまだに続く飢餓問題や環境破壊

人口爆発は、豊富な労働力の供給を通じて経済成長を支えてきた一方で、食糧不足や環境破壊を引き起こしてきた。

図表 1-2 1 地域別 合計特殊出生率

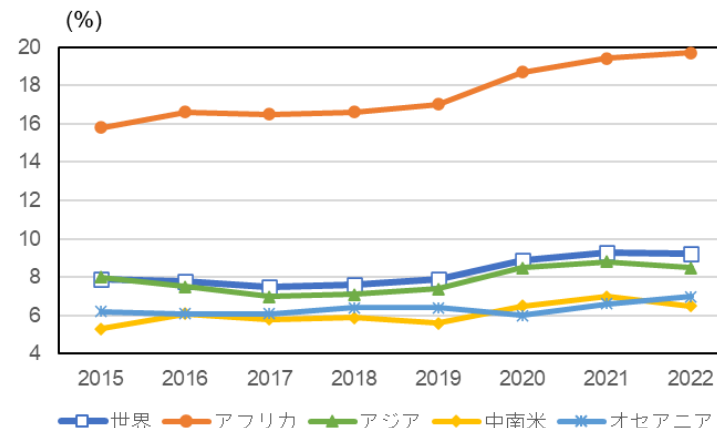


(出典) 図表 1-1 6 に同じ

食糧不足については、国連世界食糧計画(国連 WFP)の報告書¹⁰によると、慢性的に飢餓に直面している人口の割合が、世界全体で 2019 年の 7.9%から 2022 年に 9.2%に上昇している<図表 1-2 2 >。地域別にみると、アフリカが圧倒的に高水準となっており、世界平均を押し上げている。また、推移をみると、2019 年から 2020 年にかけてはほとんどの地域で上昇がみられ、新型コロナウイルスの影響も窺われる。ただし、2022 年にかけては、新型コロナウイルスの影響がやや落ち着き、アジアや中南米では低下に転じている一方で、アフリカでは上昇が続いており、人口増加などの他の要因が影響している可能性が考えられる。

資源枯渇の問題もある。食糧確保のための農地開発や住宅建設のための森林伐採を通じて、土壌の劣化や生態系の破壊などが進行する。例えばザンビ

図表 1-2 2 地域別 飢餓人口の割合



(注) 北米および欧州は期間通じて 2.5%未満。詳細値が出ていないためグラフ上は割愛。

(出典) UN World Food Programme(WFP), “The State of Food Security and Nutrition in the World 2023”, Jul. 2023 より当社作成

アでは毎年 20~30 万ヘクタール程度の森林が失われているとされる。また、アフリカの国々は、製造業の競争力が低く、原油などの天然資源頼みの経済構造となっているケースが多い。この場合、採掘作業やパイプライン建設などを通じて大気汚染も進むことになる。

◆増え続けるアフリカの人口の活用は進みにくい

人口増加には、経済成長の観点からは明るい面もある。労働力が増えることで、生産活動の拡大を通じて自国の経済成長を底上げする。また、労働力を活用したい先進国から現地生産拡大に向けた直接投資を受けることによっても、経済成長が押し上げられる。経済成長が進むと合わせて所得水準も上昇する。一定以上の所得水準と大規模な人口を兼ね備える市場は、消費地と

¹⁰ United Nations World Food Programme(WFP), “The State of Food Security and Nutrition in the World 2023”, Jul. 2023.

しても有望視され、さらに先進国からの直接投資が拡大するという、ポジティブな循環に入ることが見込まれる。過去と異なり、人口の増勢拡大を見込めるのがアフリカのみという状況に鑑みると、上記の期待に基づく先進国からの投資がアフリカに集中する可能性もある。

ただし、現状では投資環境としてのアフリカは、未熟な状態だ。日本貿易振興機構（JETRO）が実施した日系企業によるアンケートによると、現時点ではアフリカに拠点を構える理由は「市場の将来性」が他を大きく引き離しており、あくまでも先行きへの期待に基づく手探り状態の進出といえる。「製造拠点としての優位性」は低い数字に留まっており、本格的な現地生産拡大への動きは遠そうだと図表 1-2 3 >。また、所在国の投資環境面で改善した点への回答（複数回答）は、「課題はあるが、何も改善していない」が 63.7%

図表 1-2 3 アフリカに拠点を構えている理由（複数回答）

	市場の将来性	市場規模	収益性	取引先の要請	天然資源	日本政府の支援	製造拠点としての優位性	技術探索	現地政府の要請	その他
(%)										
アフリカ全体(N=230)	80.0	45.7	16.5	13.0	10.0	9.1	7.0	3.9	3.5	9.1
南アフリカ共和国(N=50)	76.0	54.0	14.0	18.0	12.0	0.0	6.0	0.0	0.0	4.0
ケニア(N=42)	97.6	50.0	16.7	9.5	9.5	14.3	2.4	4.8	0.0	4.8
エジプト(N=28)	71.4	60.7	21.4	0.0	0.0	7.1	3.6	3.6	3.6	17.9
ナイジェリア(N=22)	95.5	63.6	18.2	4.5	13.6	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0
モロッコ(N=18)	88.9	27.8	22.2	33.3	5.6	5.6	22.2	5.6	5.6	5.6
ガーナ(N=12)	91.7	25.0	33.3	33.3	0.0	8.3	0.0	16.7	8.3	8.3
コートジボワール(N=10)	60.0	30.0	10.0	0.0	0.0	50.0	10.0	0.0	20.0	10.0
モザンビーク(N=9)	66.7	22.2	0.0	22.2	33.3	22.2	11.1	11.1	0.0	22.2
エチオピア(N=4)	75.0	50.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	25.0	50.0

（出典）日本貿易振興機構（JETRO）「2023 年度 海外進出日系企業実態調査（アフリカ編）」（2023 年）より当社作成

と他を大きく引き離しており、現状ではあまり改善の動きが見られていない。

本格的にアフリカへの投資を試みた例として、中国の「一帯一路」政策がある。中国は、巨大な経済圏構築を目指す中でアフリカ向けにインフラ整備を目的とした融資を行っていた。しかし、採算が合わないプロジェクトも多く債務が嵩んだため、近年は融資額を減らしている。この状況を横目で見ている他の先進国は、投資回収のめどが立つまで本格的な投資には踏み込まない可能性がある。

アフリカの課題として上位に挙がるのは、規制の未整備、不安定な政治、インフラの未整備といった項目だ。特に規制や政治の問題は、他国が関与するものではなく自国の中で解決すべき問題だ。ここ 10 年でモディ政権率いるインドが急速に規制やインフラの整備を進めてきたことと同様、アフリカも投資環境の改善を進められるかが、増加するアフリカの人口を活かせるかどうかの焦点となる。

（4）移民人口の増加

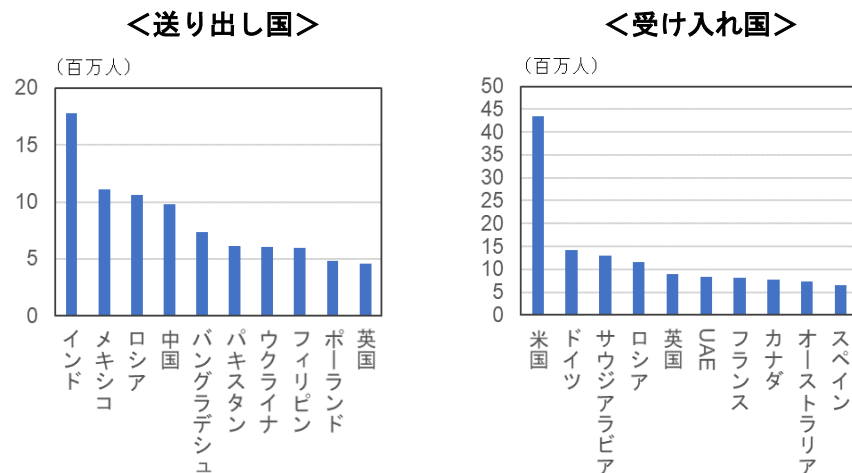
◆人口を上回るペースで増える移民

先進国で労働力不足が懸念される中、解決策の一つとして注目されているのが移民の受け入れだ。移民の定義には国際法上で定められたものはないが、本稿では、国境を越える国際移民に焦点を当てることとする。

国際移住機関（IOM）のデータ¹¹によれば、国際移民が全人口に占める割合は、2000 年時点の 2.8%から 2022 年時点の 3.6%に上昇しており、移民は人口を上回るペースで増えている。移民の送り出し国としてはインドが、受け入れ国としては米国が最も多い。インドからの移民の受け入れ国としては、UAE、米国、サウジアラビアが、米国への移民の送り出し国としては、メキシコ、インド、中国が多くなっている<図表 1-2 4>。

¹¹ International Organization for Migration (IOM), “World Migration Report 2024”, May. 2024.

図表 1-24 移民送り出し国・受け入れ国の上位10ヶ国



(出典) International Organization for Migration (IOM), “World Migration Report 2024”, May. 2024 より当社作成

◆変遷する先進国の移民政策

一般に、移民の割合が高い国は、移民受け入れにポジティブとみられる。仏調査会社 Ipsos の分析¹²によれば、海外生まれの人口比率が高い国ほど、移民受け入れにポジティブな感情を持つ人の比率が高くなる傾向が確認できる。とはいえ、無制限に移民を受け入れていては、自国生まれの人々の社会保障や雇用への不安を招く可能性があり、移民政策のかじ取りは難しい。一例として、移民に寛容な国として挙げられることの多いスウェーデンの移民政策の変遷を紹介する。

かつてのスウェーデンは労働力不足を補うべく、移民受け入れを推進してきた。2008年には外国人法を改正し、企業が欧州連合（EU）加盟国およびスイスで必要な人材を集められない場合は、自由にその他の国々に求人できる

ようにした。また、2010年には「特定の新着移民のための定着導入に関する法律」を施行し、難民の就労を促すようにした。結果、2015年に発生した欧州難民危機の際は、中東・アフリカからの難民が急増することとなった。

しかし、近年ではやや風向きが変わり、反移民を掲げる極右政党である民主党が難民による治安悪化などを訴えて支持を増やし、2022年の総選挙では第2党となるに至った。最近では、熟練した技能を有する移民については積極的に受け入れる一方、熟練した技能を持たない移民についてはビザ発給要件を厳しくするというように、移民の属性ごとに異なる対応を見せている。

このように選択的な対応を行う動きはスウェーデンに限ったものではない。例えばドイツは、EU加盟国の国籍を持たない者が就労目的の滞在許可証を得るための条件として、原則として高資格保有者または専門技能者または企業内転勤であることなどを設けている。フランスは、人手不足が深刻な業界で働く不法移民に限り、一定の条件を満たした場合に滞在許可証を交付する措置を試験的に導入している。

選択的な対応の中で、具体的に受け入れられやすいのはどういった移民なのだろうか。2024年2月に英国で行われたアンケートによれば、移民が増えてほしいという声が多いのは、看護師や医者、ケアホームワーカーの経験者である<図表 1-25>。国によって状況は異なると考えられるが、英国では、少子高齢化を通じた介護分野の人手不足を懸念していることが窺われる。

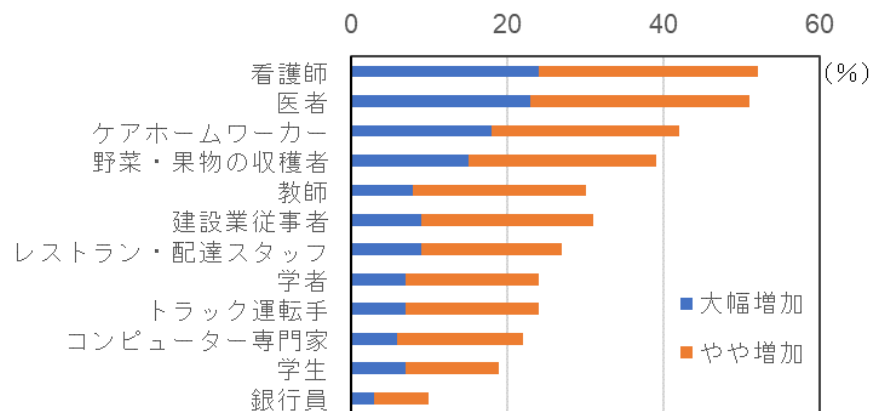
◆アフリカからの移民は想定ほど伸びない可能性

IMFの分析¹³によれば、2020年から2050年にかけて移民の受け入れが大きく増える地域は、欧州・中央アジアと北米である。そして、これらに対する移民送り出しが増える地域は、いずれもサブサハラ・アフリカとなっている<図表 1-26>。アフリカの人口が、2050年にかけて2倍近くまで増え

¹² Ipsos, “Global Views on Immigration and the Refugee Crisis”, Jun. 2024.

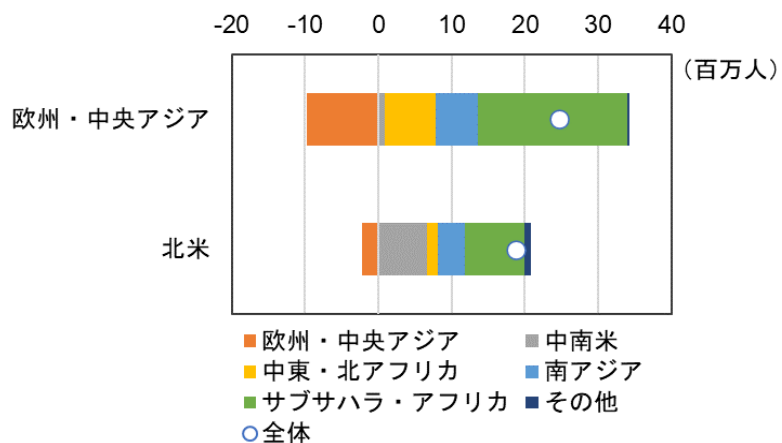
¹³ International Monetary Fund (IMF), “World Economic Outlook”, Apr. 2020.

図表 1-25 増えてほしい移民の出身職種アンケート（英国）



(出典) Ipsos, “Attitudes towards immigration”, Feb.2024 より当社作成

図表 1-26 移民人口増減見通し（2020-2050年）



(出典) IMF, “World Economic Outlook”, Apr .2020 より当社作成

ることを考慮すると当然の予測にも思えるが、以下の点には注意が必要だ。

まず、移民の移動は、低所得国からよりも中所得国から生じることが多い。国をまたいだ移動には、渡航費用や渡航後の当面の生活費など一定のコストが発生することになり、低所得国の所得水準ではこれらを賄えないためである。すなわち、アフリカの中でも比較的所得水準が高い国が送り出し国の候補となってくる。

一方で、受け入れ国側においては、移民による治安悪化を懸念する声もある。オーストラリアを拠点とするシンクタンク、経済平和研究所 (IEP) によると、各国の平和の度合いを示す Global Peace Index において、現時点でアフリカの中でも所得水準が高いエジプト、南アフリカ、ナイジェリアは軒並み 100 位以下と低順位に留まっている。すなわち、所得水準の高さと治安の良さが両立するケースがあまり見られないことになる。アフリカの国々は治安も含めた投資環境の改善が進んでいないとの指摘も踏まえると、このままではアフリカからの移民が伸び悩む可能性は相応に高いといえよう。

(5) 都市への人口集中

経済発展に伴い、都市の開発が進み、郊外から都市への人口移動をもたらす。そのため、先進国だけでなく発展途上国でも都市への人口移動は拡大し、都市人口は大幅に増加していく。そして、都市圏人口が 1,000 万人を超えるメガシティは、国内だけでなく海外からの移民も集めるようになり、さらに人口を膨らませていく。

◆発展途上国における「都市人口の爆発」

国連の “World Urbanization Population Prospects 2018” によると（以下同じ）、2018 年から 2050 年にかけて、世界の郊外人口は減少傾向にあるが、世界の都市人口は 42 億人から 67 億人へ 58%増加し、世界人口に占める都市の割合は 55%から 68%へ上昇する。また、同期間において、先進国

の都市人口は10億人から11億人へ、都市人口割合は79%から87%に増加する。次に、同期間の発展途上国の都市人口は32億人から56億人へと72%の大幅な増加となり、都市人口割合も51%から66%へと先進国を上回る増加ペースとなる。

この結果、同期間の世界の都市人口増加分の95%を発展途上国が占めることとなる。発展途上国における経済発展は、20世紀の先進国に見られたように、都市開発を通じて都市経済のサービス化を進め、都市の雇用増加をもたらすことで、郊外から都市への労働移動を拡大させる。そうして増えた都市人口が都市経済のサービス化を加速し、さらなる雇用増加と人口流入をもたらすという、都市人口増加のスパイラルが完成しつつある。今後の世界人口の分布の大きな特徴は、発展途上国における「都市人口の爆発」といえよう。

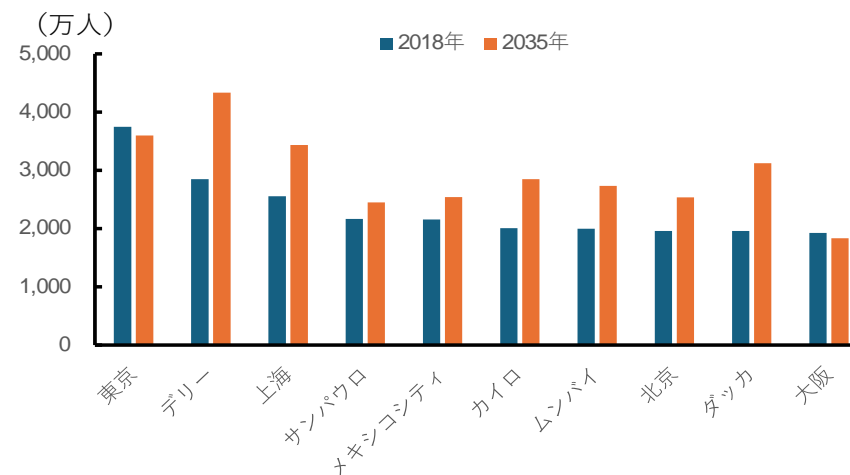
◆東京は2030年にデリーに逆転を許す

さらなる経済発展の結果、近隣都市や海外からの移民を巻き込んだ巨大な経済圏が生まれている。このような都市圏のうち、人口1,000万人以上はメガシティと呼ばれる。その数は33(2018年)から47(2035年)に大きく増加するが、増加分のうち11はアジアの発展途上国となっている。また、2018年のメガシティで2035年の人口を下回っているのは東京(以下、本稿では都市圏)と大阪しかない。そのうち、1953年にニューヨークを抜いて、世界一となった東京は、2028年についてデリーに世界一の座を明け渡す<図表1-27>。

このメガシティは社会問題も山積している。過密と貧困、長時間通勤、高い生活コスト、高いインフラ整備・更新コスト、エネルギー負荷の増加、頻発する都市型自然災害、巧妙化する都市型犯罪、コロナ禍のようなパンデミックリスクなどの社会問題について、メガシティは最新技術を駆使して解決し、人間の暮らしをより豊かに、快適にする期待を背負っている。現在、ITを活用したスマートシティを巡ってグローバルな競争が繰り広げられている

が、これは経済規模が極めて大きいメガシティのバージョンアップという超有望市場への参入も視野に入れたものであろう。

図表 1-27 世界のメガシティの人口



(注) 2018年の人口数ランキング上位10位までのメガシティ(都市圏)が対象
(出典) UN “World Urbanization Population Prospects 2018”より当社作成

3. 気候変動と資源不足

(1) 自然災害の激甚化と海面上昇

世界の平均気温は工業化前（1850～1900年）から現在（2011～2020年）までに1.1℃上昇しており、昨今発生した自然災害には既に気候変動の影響が生じている。今後もさらに気候変動が進行していく中で、社会・経済や人々の生活・文化にどのような影響が生じるのであろうか。

◆気候変動は何をもたらすのか

二酸化炭素（CO₂）などの温室効果ガスの排出によって、人為起源による気候変動が進行している。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）にて、人間の影響が大気・海洋・陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がないと報告された¹⁴。

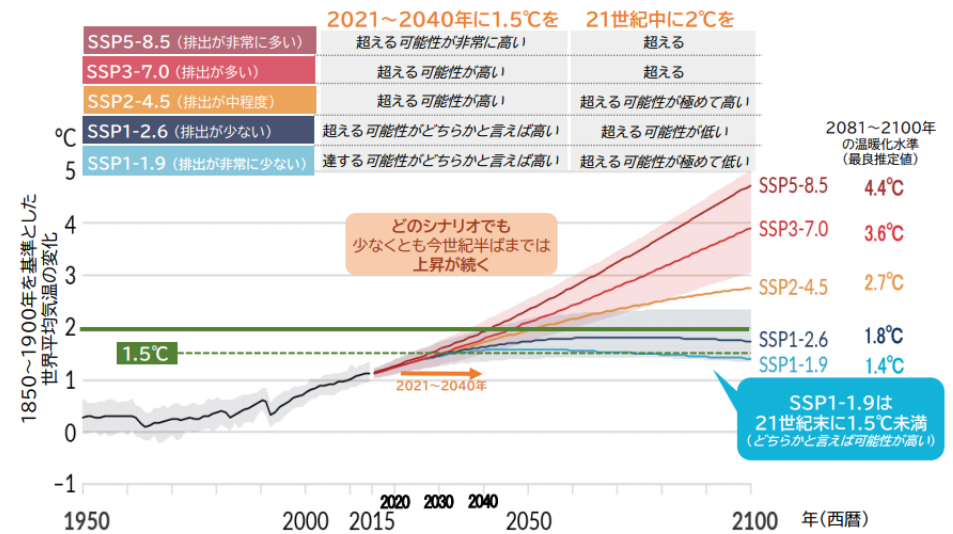
世界の平均気温は、現在の温室効果ガス排出量の水準が継続されれば、2050年前後までに工業化前からの上昇が2℃に達し、21世紀中にパリ協定の目標とする1.5℃および2℃を超える予測だ<図表 1-28>¹⁵。

2℃上昇の気候下では、世界の各地域において、熱波・大雨・干ばつの頻度・強度が増加し、強い熱帯低気圧の割合が増加すると予測される。自然災害の激甚化は、経済や健康に大きな影響を及ぼすと懸念されている。2050年までに、地球温暖化が2℃を大幅に下回らなければ、毎年、洪水等によって世界のGDPの最大4.4%が失われる可能性があるとの見通しだ。また、気候変動が健康に悪影響を及ぼす重要な要因6事象（洪水、干ばつ、熱波、熱帯暴風雨、山火事、海面上昇）の分析結果によれば、2050年までに気候変動によって世界中で1,450万人が死亡する可能性があるという¹⁶。

¹⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Sixth Assessment Report, Climate Change 2021: The Physical Science Basis, the Working Group I contribution”, Aug. 2021.

¹⁵ 前掲注 15 によると、温室効果ガス排出が中程度の SSP2-4.5 シナリオで、世界平均気温の工業化前から 2041～2060 年の変化は、裁量推定値で 2.0℃である。

図表 1-28 1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化予測



(注) 各シナリオにおける2100年までの変化と2081～2100年における温暖化水準の最良推定値。陰影部はSSP3-7.0（ピンク色）とSSP1-2.6（水色）の可能性が非常に高い範囲

(出典) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Sixth Assessment Report, Climate Change 2021: The Physical Science Basis, the Working Group I contribution”, Aug. 2021 に基づき環境省作成資料

◆島しょ国や世界の巨大都市の多くが水没の危機に

気候変動によって、世界で海面水位が上昇を続け、島しょ国において顕著な影響が懸念される。2100年までに、バハマ、ケイマン諸島、モルディブ、マーシャル諸島、ツバル等の陸地の5%を超える部分が水没するとの予想だ¹⁷。海面上昇に加えて、高潮の増加、強い熱帯低気圧の発生頻度の増加、降雨

¹⁶ World Economic Forum (WEF), “Quantifying the Impact of Climate Change on Human Health”, Jan. 2024.

¹⁷ United Nations Development Programme (UNDP), “Climate change’s impact on coastal flooding to increase 5-times over this century, putting over 70 million people in the path of expanding floodplains, according to new UNDP and CIL data”, Nov.

パターンの変化など多くの影響が及ぼされる。これらが複合的に、沿岸の土地の損失、海洋・沿岸・陸域の生物多様性への影響、インフラの破壊、地下水の塩水化を引き起こし、居住性を低下させていく。防波堤などの海岸保護対策だけでは限界があり、移住の選択肢も考えざるを得ない状況にある¹⁸。

南太平洋の島しょ国ツバルとオーストラリアは、水没しないようツバルの海岸の埋め立て作業を拡大する一方で、ツバルからオーストラリアへの移住を可能にすると、2023年に両国間で同意した¹⁹。インド洋の島しょ国モルディブでは、人工島の開発が進む。首都マレと橋でつながるフルマーレ島は、広さ400ヘクタール余りの埋め立ての人工島で、海面上昇対策として平均海拔2mに設計されている。従来はマレの人口過密の解消などを目的としてモルディブ政府が開発着手したが、現在は先駆的な気候変動対策としての側面が強く、将来的にモルディブの全人口の4割、20万人がこの島に住むことができるようになる²⁰。

島しょ国だけではない。気候変動によって世界の都市も水没の危機にさらされる。現在の温室効果ガス排出量の水準が継続されれば、海面上昇の結果、世界の各沿岸部では20年に1回の確率で発生する洪水の氾濫域が広がり、氾濫原の人口は現在の1,400万人から今世紀末には5倍を超える7,300万人に拡大する見通しだ。リオデジャネイロ（ブラジル）、シドニー（オーストラリア）、コルカタ（インド）、コトヌー（ベナン）などの都市は、その人口の5%が沿岸部の浸水リスクに見舞われる予測だ²¹。

◆解決策は海上都市か移住か

気候変動によって強まる沿岸部の浸水リスクに対して、護岸対策では防ぎ

きれないケースも想定し、様々な対策が試されてきている。韓国の釜山市では、大型台風や海面上昇にも耐えられる海上都市のプロトタイプ建設が、設計担当のOceanix社と国連人間居住計画協力のもとで進められている²²。海上都市は、コンクリートの2倍から3倍硬いものの浮力がある石灰岩をベースとした六角形のプラットフォームを、海上にいくつも浮かべたものとなっている<図表1-29>。世界中のすべての沿岸都市、そして海面上昇で危機に直面しているすべての沿岸コミュニティに役立つと期待される。

図表 1-29 Oceanixによる海上都市の完成予想図



(出典) Oceanix社ホームページ

米国では、既に気候変動の影響を考慮した移住が始まっている。米国人の3分の1が気候変動を引っ越しの理由に挙げているとの調査がある²³。

世界銀行は、気候変動に伴って2050年までに世界で2億1,600万人もの

2023.

¹⁸ IPCC, “Sixth Assessment Report, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, the Working Group II contribution”, Feb.2022.

¹⁹ 共同通信社「水没危機ツバル、オーストラリアと移住協定」（2023年11月10日）

²⁰ 日本放送協会（NHK）「海に飲み込まれる国 モルディブ」（2021年11月9日）

²¹ 前掲注18

²² BUSINESS INSIDER JAPAN「大型ハリケーンや海面上昇に耐えられる海上都市を建設へ…韓国・釜山で」（2021年11月28日）

²³ Forbes, “30% Of Americans Cite Climate Change As A Motivator To Move In 2024”, Jan. 2024.

人々が自国内での移住を余儀なくされる可能性がある」と指摘した²⁴。水資源の利用可能量や農作物生産性の変化、高潮や海面上昇による浸水などの影響を考慮した試算だ。

また、今後50年間で10億から30億の人々が、人類にとって過去6,000年間にわたり適していた気候条件（年間平均気温約13℃）から異なる気象条件に追いやられるとの研究がある²⁵。移住がなければ、世界人口の3分の1が平均気温29℃以上の土地に居住することになる。国境を越えた移住を選択肢として考える時代が来るかもしれない。

居住だけではなく、農業をはじめとした産業への影響も考慮する必要がある。影響が大きければ地域の社会・経済システムや人々の生活・文化を現状のまま継続するのが困難になるであろう。将来予測に基づいてその地域での気候変動対策の限界を見極める必要があり、国内外への移住も現実的で重要な解決策になると考えられている。

（2）脱炭素の要請と再生可能エネルギー

IPCCは継続的な温室効果ガスの排出は更なる地球温暖化をもたらし、短期のうちに1.5℃に達するとの厳しい見通しを示した。一方、国際エネルギー機関（IEA）は、クリーンエネルギー技術の顕著な進展により、1.5℃未満への抑制は可能としている。

◆世界が目指すは「2℃」か「1.5℃」か？

パリ協定では、2020年以降の温室効果ガス削減に関する長期的な世界共通目標として、産業革命前と比較して気温上昇を2℃未満に抑制する目標を設定し、さらには1.5℃未満に抑えることを努力目標とした。2021年の国連

気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）におけるグラスゴー気候合意では、1.5℃目標を追求する方針を明確化し、その達成に向け、世界の二酸化炭素排出量を2010年比で2030年までに45%削減し、今世紀半ばにはネットゼロにすることの必要性に合意した。

各国は主にこれらの合意に基づき、国連に提出する中期的な国別削減目標（NDC）や、カーボンニュートラル達成を含む長期的排出削減目標を設定している。

◆既に危うい1.5℃目標、今後10年間の対策が将来を左右

IPCCはかねて、人類への影響を軽減するためには気温上昇を1.5℃未満に抑える必要があると指摘していた。ところが、2023年の第6次評価報告書統合報告書では、世界平均気温は既に1.1℃上昇しており、現状のペースでは早くも2035年までに1.5℃に到達し、温室効果ガス排出量削減に向けた政策の強化がなされない場合、2100年までに3.2℃温暖化すると予測する。1.5℃目標の達成には、2019年比でCO₂排出量を2030年に48%、2035年に65%、2040年に80%、そして2050年には、ほぼカーボンニュートラルとなる99%まで削減する必要がある。

IPCCは、将来変化を抑制し、温暖化を1.5℃または2℃に抑えるには、「この10年間にすべての部門において、急速かつ大幅で、ほとんどの場合即時の温室効果ガスの排出削減が必要」、すなわち、その実現は今後10年間に温室効果ガス排出量をどれだけ削減できるかにかかっていると強調した。

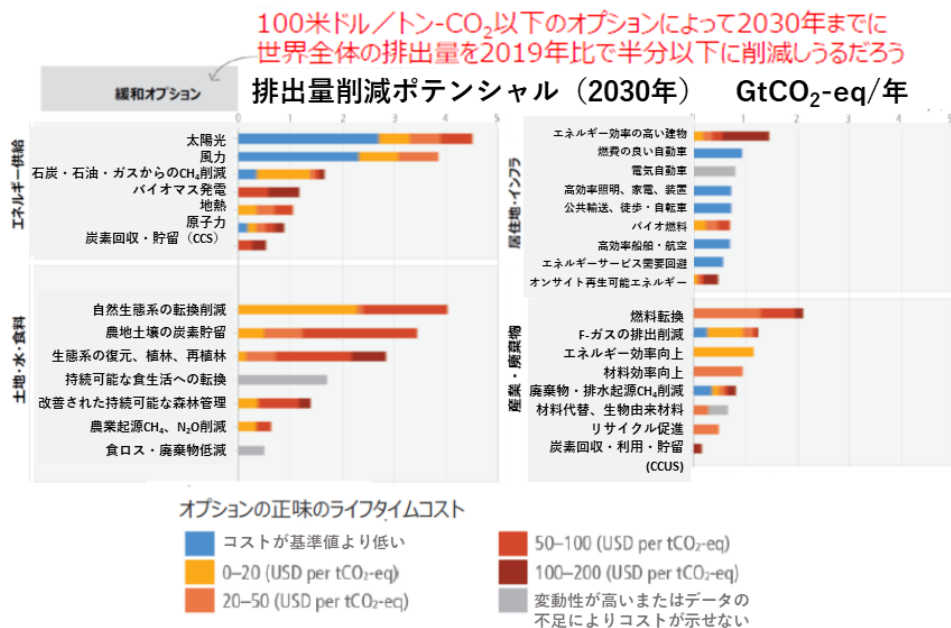
具体的には、「エネルギー供給」、「土地・水・食料」、「居住・インフラ・健康」、「社会・生活・経済」の4分野で排出量削減のポテンシャルを見込む（図表1-30）。低コスト（tCO₂eあたり100ドル以下）かつ既に利用可能

²⁴ World Bank Group (WBG), “Publication: Groundswell Part 2: Acting on Internal Climate Migration”, Sep. 2021.6つの地域（サハラ以南のアフリカ、東アジア・太平洋地域、南アジア、北アフリカ、ラテンアメリカ、東欧・中央アジア）の試算結果。

²⁵ Chi Xu, Timothy A. Kohler, Timothy M. Lenton, Marten Scheffer, Future of the human climate niche”, May. 2020.

なこれらのオプションにより、2030年までに世界全体の排出量を2019年比で半分以上に削減可能とした。これは、1.5°C目標を達成可能な経路上に乗るレベルと言える。

図表 1-30 排出量削減（緩和）オプションのポテンシャル



始めた2019年以降、2023年までの間にエネルギー関連の総排出量は0.9Gt増加している。それでも、2019年以降の5つの主要なクリーンエネルギー技術（太陽光発電、風力発電、原子力発電、ヒートポンプ、電気自動車）の導入拡大がなければ、2023年のCO₂排出量は、2019年比で3倍にまで増加していただろうと見込まれている。このように、クリーンエネルギーはCO₂排出量を削減する主要な手段となっている。特に再生可能エネルギーである風力発電と太陽光発電に着目すると、世界的な追加容量は2023年に約540ギガワット（GW）という記録に達し、2022年比で75%増加している。

IEAは、1.5°C目標を達成するために、2050年までにCO₂排出をゼロにするための道筋を示した「Net Zero Roadmap」を発表した。このロードマップにおいては、クリーンエネルギーへの移行について2050年までの電源構成の変化が示されている（図表 1-31）。特に、2050年ネットゼロを達成するためには、太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーの導入拡大が重要であると指摘されており、2030年までに世界の再生可能エネルギーの設置容量を、2022年時点の3倍の11,000GWに増やすことが必要とされている。このロードマップが示す2050年のネットゼロ達成を想定したシナリオでは、2030年時点で太陽光発電が6,101GW、風力発電が2,741GWを占めており、2050年時点ではそれぞれ18,753GW、7,616GWに達している。これらの電源が電源構成を占める割合で見ると、2022年の12%から2030年には40%まで増加し、2050年には70%まで増加することが示されている。

（出典）環境省「IPCC第6次評価報告書（AR6）統合報告書（SYR）の概要（2023年）等より当社作成

◆CO₂排出量とクリーンエネルギー

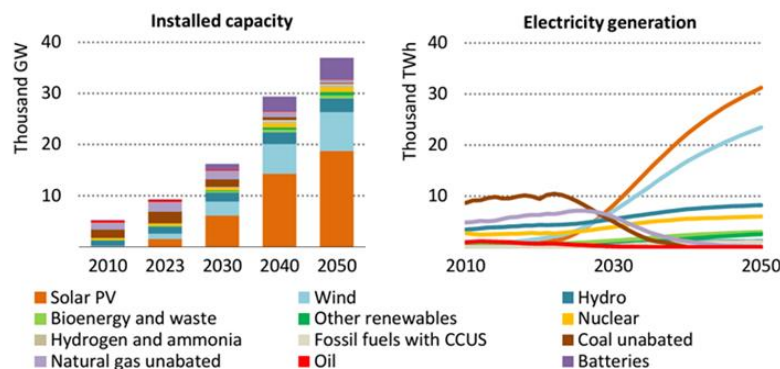
脱炭素の要請が高まる中、前記緩和オプションのうち、再生可能エネルギーをはじめクリーンエネルギーが果たす役割への期待は特に大きい。

IEAによると、2023年の世界のエネルギー関連²⁶のCO₂排出量は37.4ギガトン（Gt）と過去最高を記録した²⁷。クリーンエネルギーの導入が加速し

²⁶ エネルギー燃焼及び工業プロセスだけでなく、原油・天然ガスの産出時に余剰ガスの一部を焼却処分するフレアリングも含んだ排出量。

²⁷ International Energy Agency (IEA), “CO₂ Emissions in 2023”, Feb. 2024.

図表 1-3 1 ネットゼロ達成を想定したシナリオにおける
設備容量と電源別発電量（2010-2050年）



(出典) IEA, “Net Zero Roadmap”, Sep.2023.

◆技術の進展と直面する課題

ただし、再生可能エネルギーにも欠点や、導入拡大上の課題はある。太陽光発電と風力発電の割合が増加すると、それに伴い電力システムの柔軟性と安定性がより重視されるようになる。太陽光発電と風力発電は変動型電源であり、このシナリオでは多くの地域で季節変動が増加すると予測されている。そのため、水力発電や低排出ガス火力発電所、水素によるエネルギーの長期間貯蔵などが必要とされる。さらに、太陽光発電、風力発電、バッテリーなどの慣性力を持たない非同期電源の割合が高くなると、系統安定性の課題が増加する。ロードマップでは、ネットゼロ達成シナリオのニーズを満たすために「送配電網を2030年まで毎年約200万km拡張する必要がある」と指摘されており、これは日本全体の送配電網の約1.3倍に相当する。一方、2024年4月にイタリアで開催された「G7気候・エネルギー・環境大臣会合」では、再生可能エネルギーの設備容量3倍という目標達成に向け、電力部門におけ

る蓄電池の2030年導入目標を1,500GWとした。これは2022年までの実績である230GWの6倍以上に相当し、IEAのロードマップで示されていた2030年1,020GWという目標をも上回るものとなっている。このように、再生可能エネルギーの導入拡大に向けては送配電網や蓄電池といったインフラの整備も求められているが、コスト低減が伴わなければ、ネットゼロ達成に向けた再生可能エネルギー導入拡大は困難であろう。

(3) 自然生態系の減少と生物多様性の喪失

生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム(IPBES)によると、現在動植物の約25%にあたる100万種が絶滅の危機に瀕している。生物多様性の喪失は人間活動によって引き起こされており、直接的な要因は、影響が大きい順に①陸と海の利用の変化、②生物の直接的採取、③気候変動、④汚染、⑤外来種の侵入とされる²⁸。

◆「今までどおり」では2050年以降も自然・生物多様性の喪失は続く

2002年の生物多様性条約第6回締約国会議(COP6)では、2020年までの生物多様性の世界目標である「愛知目標」とともに、2050年ビジョンとして、「自然との共生」を掲げた。ところが、愛知目標はひとつとして完全に達成されず、生物多様性条約事務局は、「今までどおり」のシナリオでは、前記の5大要因による影響の増大により、生物多様性の低下傾向が2050年までも、それ以降も続くと予想した。そして、2050年ビジョンの達成には、社会・経済や分野横断的な変容が必要と指摘している。

国立環境研究所なども、現在の延長線上の「成り行きシナリオ」では、生物多様性は2100年まで損失傾向が続くと見込む一方で、自然保護・再生と食料システムの変革に向けた取り組みを最大限に実施すれば(社会変革実施

²⁸ Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), “Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem

Services”, May. 2019

シナリオ)、2050年頃までに生物多様性の損失を抑制し、以降は回復に向かうと予測した。

こうした状況の中、2022年12月のCOP15で採択された生物多様性に関する新たな世界目標である昆明・モンリオール生物多様性枠組には、2050年ビジョンを踏襲しつつ、この達成に向けた短期目標として2030年までに自然を回復軌道に乗せるべく、生物多様性の損失を止め、反転させるための緊急の行動をとるネイチャーポジティブ（自然再興）の考え方が盛り込まれた。生物多様性保全策に加え、気候変動や資源循環との一体的な取り組みが鍵となる。

◆生物多様性の宝庫、アマゾンが2050年までにサバンナに？

世界最大の熱帯雨林であるアマゾンは、世界の生物多様性の少なくとも10%を有する。ただし、全体の約20%は既に森林が伐採され、6%は劣化が著しい。気候変動と森林伐採によって森林の減少が40%を超えると、アマゾンがティッピングポイントを迎え、熱帯雨林が大量に枯死し、永久に乾燥したサバンナと化すことが指摘されていた。ポツダム気候影響研究所（PIK）によると、従来の予想よりはるかに早く、2050年までにこのティッピングポイントを迎える可能性があるという。

アマゾンにおける森林喪失の悪影響は外部にも及ぶ。アマゾンの上空を流れる水蒸気の帯、いわゆる「空飛ぶ川」を経由して運ばれる水分は、南米大陸の広大な地域における降水に不可欠である。また、アマゾンは全体として、現在人類が排出しているCO₂の15~20年分に相当する炭素を蓄積していると言われる。そのため、アマゾンの森林喪失は地球温暖化をさらに促進し、その結果をさらに深刻なものにする。

◆脅かされる生態系サービスと、皺寄せを受ける貧困国

豊かな生物多様性に支えられた生態系は、人間の生存に不可欠となる安全な水や食料供給をはじめ、社会・経済活動の基盤となる生態系サービスを提供している。世界経済フォーラム（WEF）は、世界全体で年間約44兆ドルに上る経済的価値の創出が自然資本や生態系サービスに依存すると試算する。

他方でIPBESは、世界で何十億もの人々が、食料、医薬品、エネルギー、収入等の目的で約5万種の野生種を利用しているものの、気候変動、需要の増加や技術の進歩により、野生種の持続可能な利用が今後困難になる可能性が高いと指摘する。

カリフォルニア大学などによる研究では、気候変動が森林や草原などの陸上生態系に及ぼす影響により、2100年までに生態系サービスが世界で9%失われるという。海洋生態系や、山火事等による樹木の枯死といった攪乱は考慮されておらず、実際の影響はさらに大きいとみられる。

気候変動は世界のGDPを平均1.3%低下させる可能性があり、最貧国の半数がこの経済的損害のうちの9割を被るとされる²⁹。自然生態系の破壊は、経済の多くを自然資本に依存する低所得国に特に厳しい打撃をもたらすためだ。

◆生物多様性クレジットの市場規模は2050年に1,800億ドルに拡大？

自然関連財務情報開示タスクフォース（TNFD）によるフレームワークをはじめ、自然・生物多様性や生態系サービスの価値を認識し、評価・開示する企業等の取り組みが広がってきた。

こうした中で、緒に就いたばかりの自主的生物多様性クレジット³⁰市場に対する関心も高まっている。WEFは、自然を評価する根本的な変革が起こ

²⁹ B. A. Bastien-Olvera et al., “Unequal climate impacts on global values of natural capital”, Dec. 2023.

³⁰ 生物多様性クレジットは自然保護や生態系の回復活動に対し発行される一種の証書を

指す。生物多様性クレジット市場はこれらのクレジットを売買する場所を指す。自然を守る活動に経済的な価値をつけ、その価値を取引可能にすることで、生物多様性に貢献するため、個人や企業が環境プロジェクト・事業に投資できる仕組みである。

れば、生物多様性クレジットの需要は最大で2030年までに年間70億ドル、2050年までに年間1,800億ドルに達する可能性があるとして予測する。根本的変革とは、強力な政策的支援、消費者志向の変容、社会的圧力を背景に、大企業間ではほぼ普遍的に自然関連の目標が採用されるシナリオである。

ただ、生物多様性クレジットには課題もある。世界に遍在し、発生地と吸収地を問わず排出を相殺可能な炭素クレジットとは異なり、局地性の高い生物多様性ではクレジットによる相殺は機能せず、あくまで過渡的措置と見る向きもある。生物多様性の価値が企業等に認識され、経済活動に組み込まれるひとつの仕組みではあるものの、いつ、どこまで拡大するかは不確実性が高い。

◆テクノロジーは救世主となるか？

近年、最先端技術を活用した様々な生物多様性保全策も試行されており、その成功にも期待がかかる。

フランスのスタートアップ企業であるMORFOは、ドローンを使った森林再生ソリューションによる、世界中の森林生態系の大規模な修復に取り組む。独自技術により、MORFOは1日に最大50ヘクタールの森林画像を処理し、急勾配でアクセスが困難な土地でも、毎分180個の種鞘を植えることができる。2030年には、世界で、ジャマイカの国土面積に匹敵する100万ヘクタール、12億本の植樹達成を目指す。

また、全海洋種の25%を支える重要な生態系であるサンゴ礁は、2021年時点で1950年代以降生息域の半分を喪失している。気温が2.7℃上昇すれば、生息域の喪失率は最大で90%にまで高まる可能性があり、様々な再生手法が模索されている。「クラウド・ブライティング」と呼ばれる手法は、タービンを使って微小な海の粒子を上空に噴霧し、サンゴの上に雲を作り出し、最終的にサンゴの白化を防ぐ。電気によりサンゴ礁の回復を図る「バイオロック」は、化学反応を利用してサンゴの成長を早め、温度上昇や酸性度に対

する耐性を高める。

生命工学やゲノム工学の応用可能性にも注目が集まる。絶滅危惧種への病原体耐性遺伝子導入による生存率向上、ゲノム編集による遺伝的多様性回復、DNAによる絶滅種再生（ディ・エクステンクション）などは、実用化に向けた研究が進む。

ネイチャーポジティブや2050年ビジョンの実現には、社会・経済全体の変容と同時に、こうした技術革新の実用化や拡大に向けたさらなる挑戦と支援が求められるであろう。一方、これらの例も然り、技術的解決策には、倫理的課題や対象物以外へのトレードオフがつきまとう。広範で慎重な議論と社会的な合意形成が大前提となる。

（4）食料供給・水・資源不足の深刻化

気候変動は、世界的な人口増加等と相俟って我々の生存に必要な資源供給を圧迫している。既にその影響は多方面で顕在化しており、今後さらなる深刻化が懸念される。IPCCは第6次評価報告書で、気候関連の異常気象はすべての農業・漁業セクターの生産性、そして食料安全保障と生活に悪影響を及ぼしており、2050年までに世界全体における農産・畜産地の10%の気候が生産に適さなくなると指摘した。

◆気候変動がもたらす収量減少と食料インフレ

IPCCは、やや遡って2019年に公表した土地関係特別報告書で、気候変動による主要穀物（米、トウモロコシ、小麦、大豆等）の収量減少による食料供給の不安定化や、極端現象（熱波・豪雨・干ばつ等）による食料サプライチェーンの混乱、これら要因に伴う食料価格上昇・栄養不良リスクの増加等を比較的詳細に予測している。例えば収量については、1.5～2℃温暖化した場合、干ばつによる損失が2100年までに小麦で9～12%、米で18%以上増

加すると推定した。また、穀物価格は、共有社会経済経路（SSP）³¹の1（低成長）・2（現状維持）・3（高成長）各シナリオ全体で2050年までに1～29%上昇すると予測している^{32 33}。

適応グローバル委員会（GCA）も、気候変動により2050年までに農業収量が最大30%減少し、世界で5億戸の小規模農家に最も深刻な影響が及ぶと予測する³⁴。さらに最近の研究では、気温上昇により2035年までに食料価格が年間0.9～3.2%、2060年までに年間2.2～4.3%上昇すると予測されており、その値の拡大傾向が示された。食料インフレは高所得国と低所得国の双方に作用するものの、概してグローバルサウス、特にアフリカ・南米諸国への影響がより大きい³⁵。

既に世界で推定8億2,100万人が栄養不足であり、国連食糧農業機関（FAO）によると、人口増加や食生活の変化に伴う需要拡大を満たすためには、2050年までに食料生産を60%増加させる必要がある。こうした影響は甚大と言うほかない。

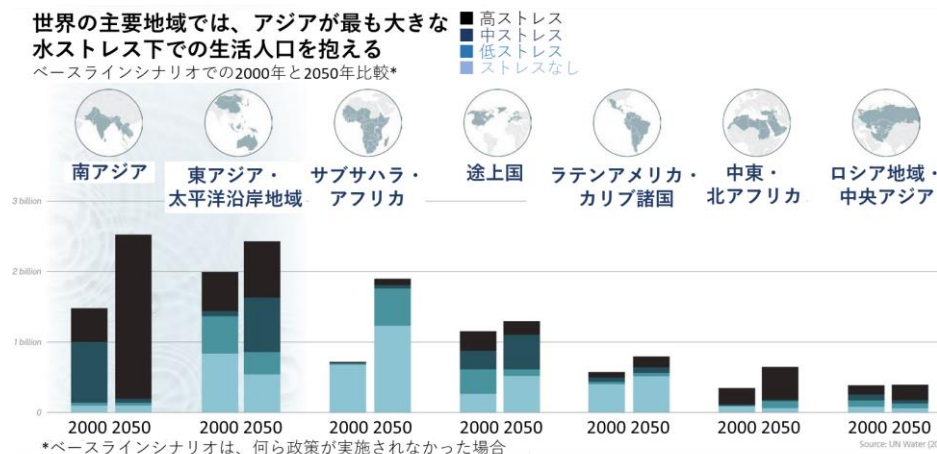
また、農業利用は世界の淡水使用量の約7割を占める一方、過剰な取水は水資源の枯渇を招くなど、食料システムと水資源は密接な相互関係にある。

◆水不足に追い打ちをかける生成 AI

こうした中で水不足も、現在世界が直面する最大の環境問題に数えられる。地球上の水のうち、飲料水や農業用水として利用可能な淡水の大部分を供給する河川・湖沼はわずか0.01%（約14兆m³）しかない。一方、世界における2020年の淡水消費量は3兆8,640億m³に達する。国連によると、2022年には22億人が安全に管理された飲料水に恵まれず、そのうち7億人以上

が基本的な水道サービスを受けられずに生活している。2030年までに世界全体で淡水資源が40%不足する可能性があり、さらには世界人口が2050年には現在の80億人から97億人に増加するため、極度の水危機に直面することになる<図表 1-3 2>。

図表 1-3 2 2050年における世界主要地域別水ストレス予測



（出典）hinrich foundation, “Visualizing Asia’s Water Dilemma”, Mar. 2024. より当社作成

人口増加・気候変動・都市化の進展が水資源に三重の圧力がかかる中、生成 AI の台頭に伴う水使用量の増大が問題に拍車をかける懸念がある。データセンターでは放熱に冷却塔や空調設備が使用され、AI サーバーの冷却には大量の水を消費する（エネルギー1キロワットアワー（kWh）あたり最大9L）。ハイテク大手では、オンラインサービスや生成 AI 製品の需要の高まりでデ

³¹ SSP は気候変動に係る将来シナリオを構築するための枠組みであり、様々な社会経済的發展条件下における温室効果ガス排出量や気候変動影響の想定を提供する。

³² その結果、気候変動がないシナリオと比較して、SSP 全体で1億～1億8,300万人以上、特に低所得者層が飢餓の危険にさらされることを見込んだ。

³³ IPCC, “Special Report Climate Change and Land: Summary for Policymakers”,

Aug. 2019

³⁴ Global Commission on Adaptation (GCA), “Adapt now: a global call for leadership on climate resilience”, Sep. 2019.

³⁵ Maximilian Kotz et al., “Global warming and heat extremes to enhance inflationary pressures”, Mar. 2024.

ータセンターの冷却に必要な水量が大幅に増加している。おり、例えば 2022 年時点の推定取水量は 3 社 (Google、Microsoft、Meta) 合計で 22 億^mのところ、AI に伴う取水量は 2027 年までに 66 億^mに達すると予測されている。一部の企業は、様々な環境プロジェクトを通じて 2030 年までに消費量以上の水を補充することを目標に掲げるが、純粋に水が足りないという状況下で、その実現方法は定かではない。

◆グリーンメタル不足が脱炭素の足枷に？各国は北極に向かう？

気候変動対策を進めることによる資源不足も懸念される。2050 年までのカーボンニュートラル目標達成には、再生可能エネルギーや送電網、電気自動車の規模を大幅に拡大しなければならないが、国際的環境シンクタンクのエネルギー移行委員会 (ETC) は、こうした新たなエネルギーインフラの構築に必要となる金属資源「グリーンメタル」の需要は、2022 年から 2050 年までの累計で 65 億トンを超えると予想する。IEA も、2050 年にカーボンニュートラルの世界が実現する場合、年間 3,500 万トンのグリーンメタルが必要になるとしている。

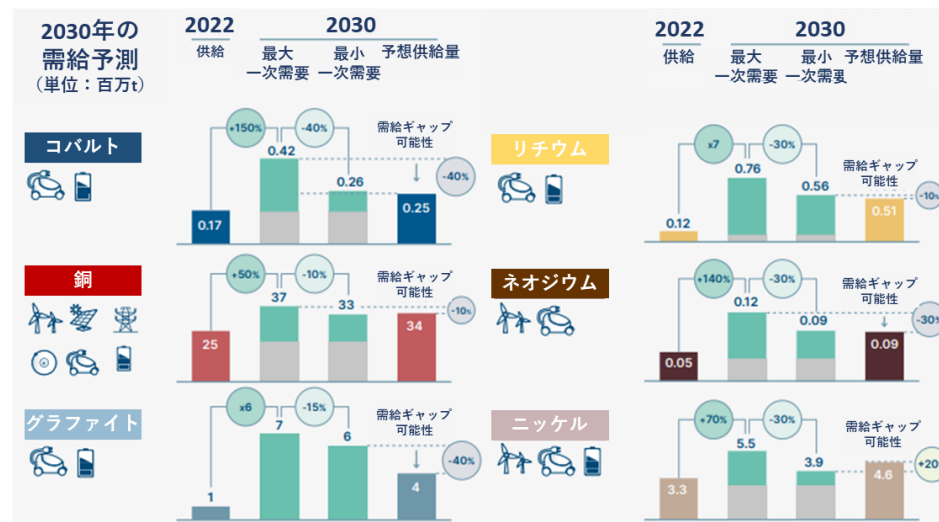
ETC によると、2030 年までに銅とニッケルは 1.5~1.7 倍、コバルトとネオジウムは 2.5 倍、グラファイトとリチウムは 6~7 倍に需要が増加する可能性があり、最小の需要増加シナリオでも、銅とニッケルでは 10~15%、その他の電池用金属では 30~45%程度の供給不足が見込まれる<図表 1-3 3>。

グリーンメタル供給量の逼迫が脱炭素化の制約条件とならないよう最小限に抑えるためには、第一に既存供給源からの増産、第二に新規鉱山の開発、第三に、そして何より、さらなる資源リサイクルの推進と、それに向けた消費者の嗜好や習慣の変化が重要となる。

他方で、夏の北極圏からの完全な海氷消失が、従来予測よりも約 10 年早く、2030 年代にも生じる可能性が指摘されている。北極圏の海底は鉱物資源

も豊富であり、条約がある南極と異なり、資源探査や採掘も禁じられていない。既に各国間で資源争奪戦が盛んになっているが、第四の選択肢として、今後さらに激化するかもしれない。

図表 1-3 3 2030 年におけるグリーンメタルの需給ギャップ予測



(出典) Energy Transitions Commission(ETC), “Material and Resource Requirements for the Energy Transition”, Jul.2023.より当社作成

4. デジタル社会の進化

2050年にかけて社会でデジタルデータを活用する領域がさらに広がる。通信インフラやデジタルテクノロジーの進化を背景に経済活動の中心は「デジタル経済」³⁶に移行し、一人一人の人間がデジタル空間で過ごす時間が増えていく。一方、デジタル経済をもたらす利便性や豊かさといった「光」が強くなるほど「影」もまた濃くなることに気を配る必要があるだろう。

(1) デジタル経済の拡大

◆アナログの制約を取り払う

デジタル経済における価値の源泉はデジタル化された情報である。主に1940年代以降にコンピューターや記録媒体が進化したことで、記録や記憶、認知といった面で人間の能力を超える新たな機能や価値が作り出されてきた。1990年代以降はインターネットを通じてデータが瞬時に世界中に流通するようになり、時間、距離、規模などの制約も取り払われた。

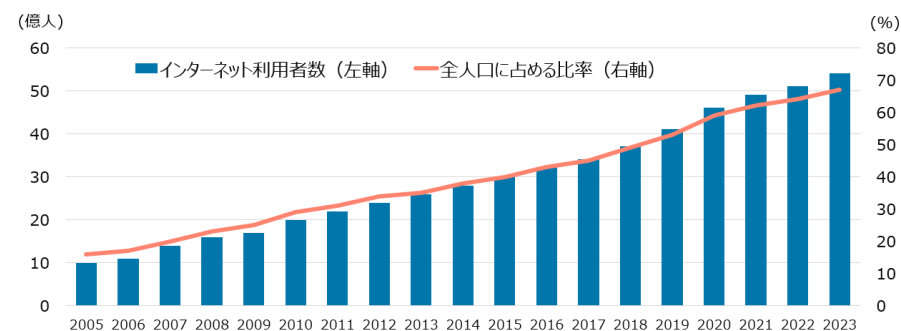
こうしたデジタル経済の拡張によって世界はかつてより切れ目なく滑らかにつながり、基本的には生活の利便性や安全性、経済的・精神的豊かさの向上に寄与してきた。例えばソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）は世界中の人との交流を可能にし、電子商取引（EC）によって店舗に赴かなくても商品を購入できるようになった。IoT（モノのインターネット）は製造工場などで生産性の向上や管理の効率化に寄与している。無料サービスが多いことなどからデジタル経済の規模を測るのは難しいとされるが、デジタル産業と既存産業のデジタル化によってもたらされた付加価値を算出した研究によると主要51か国におけるデジタル経済は2023年に41.4兆ドルの規模があり、対象国の国内総生産（GDP）の46.1%に相当する³⁷。

◆世界中どこでもネット接続が可能に

デジタル経済の成長を加速させる要因の1つは通信インフラの拡充だ。2020年代後半から大量の人工衛星を協調的に運用する「衛星コンステレーション」や、「HAPS（成層圏プラットフォーム）」と呼ばれる無人航空機を利用したワイヤレスの通信網が世界中に広がっていく。

同時に現行の通信規格5G（第5世代移動通信システム）の次の世代として、さらなる高速大容量の通信を可能にする「Beyond5G」の整備が2030年頃から世界各国で始まる。2030年代には山岳部や海上、空中も含む地球全域でブロードバンドを利用できるようになるだろう。世界でインターネットに接続できる人の数は2023年時点で54億人と全人口の67%にとどまり³⁸、発展途上国を中心に潜在的なユーザーは数十億人規模で存在する<図表1-34>。インターネット利用者の増加はデジタル経済の拡大に直結し、ECやSNS、動画配信、広告など既存のインターネット関連サービスはさらに成長すると見込まれる。

図表 1-34 世界人口の3割はまだインターネットを利用していない



(出典) International Telecommunication Union (ITU), “Facts and Figures 2023”
Nov. 2023.より当社作成

³⁶ 「デジタル経済」は多様に定義されているが、ここでは「デジタル化された財・サービス、情報・金銭などがインターネットを介して個人・企業間で流通する経済」（内閣府平成29年度年次経済財政報告）に倣う。

³⁷ 中国信息通信研究院「全球数字经济白皮书（2023年）」（2024年1月）

³⁸ International Telecommunication Union (ITU), “Facts and Figures 2023”, Nov. 2023.

◆メタバースに暮らす

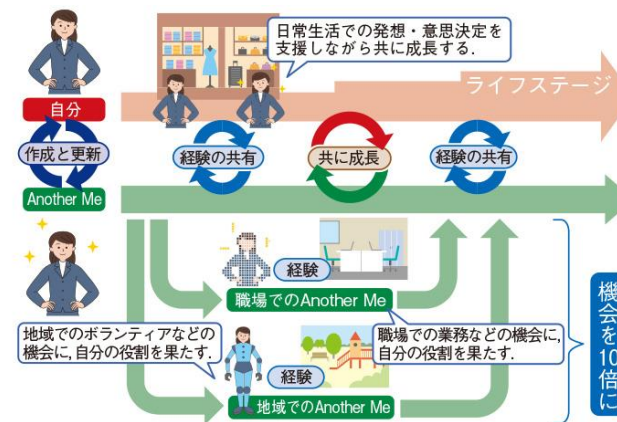
加えて量子コンピューターなどのコンピューティング、AI、ロボティクスといった関連技術の進化が、接続性と拡張性を増すインターネットと結びつくことにより、デジタル空間ではこれまでより格段に多様な活動が可能になる。既に仕事や買い物、教育など一部の活動はデジタル空間に移行しているが、身体的動作やコミュニケーション面の技術的制約から、あくまでフィジカル空間を中心としたデジタル経済の拡大であった。2050年にかけては五感をデジタルで再現する技術やVR（仮想現実）デバイスの進化、改ざんされにくいブロックチェーンを用いた暗号資産やNFT（非代替性トークン）の発展などによってこういった制約は解消に向かい、デジタル空間はフィジカル空間と同等の人間活動が可能になる。

この高度に拡張したデジタル空間は「メタバース」³⁹と呼ばれ、場合によっては現実空間よりも利便性が高く居心地の良い空間が実現し、多くの人が「暮らす」ようになる。メタバースの住民が増え、企業の進出が広がれば、デジタル製品が生産され、デジタル通貨による投資や所得が発生し、製品やサービスを消費するようになる。進化したメタバースではデジタル化されたヒト・モノ・カネが循環するようになり、デジタル上で経済活動が完結する「メタバース経済圏」が生まれる。

現実世界と違ってメタバースは1つである必要はなく、規模や特徴が異なる複数のメタバースが併存することになるだろう。ユーザーからすれば複数のメタバースに参加することで複数の人生を生きることができる。デジタル上に自身を再現したアバター（分身）を通じて複数のメタバースを同時体験し、後から自身にフィードバックするといったことも可能になるかもしれない。例えばNTTはアバターが複数のデジタル空間を経験し、その内容を自身にフィードバックする「Another Me」と呼ぶ構想を研究している<図表

1-35>。オンラインゲームなども含むメタバースへの参加者は2030年までに最大50億人、市場規模は最大13兆ドルに増えると予測される⁴⁰。

図表 1-35 アバターを通じて複数の世界を生きる研究が進む



(出典) NTT デジタルツインコンピューティング研究センターホームページ

企業も活動の比重をメタバースに移すようになり、相対的に現実の経済圏の規模は低下していく。現在は米 Google や Apple、Meta といった巨大 IT 企業が広告やアプリ、SNS といったネットサービスのプラットフォーマーとして大きな経済的利益と社会的な影響力を握っているが、将来はメタバースの基盤を提供する事業者が強い影響力を持つことになるだろう。既存の IT 大手がそのポジションを得られる保証はなく、2021年に Meta が社名を変更してまでメタバースシフトを決めたことはその危機感の表れだ。一方、経済の重心がメタバースに移ることは、国家にとっては通貨発行などに基づく権益が縮小することを意味する。現在でも欧州連合 (EU) をはじめ IT プラットフォーマーを規制する動きが強まっており、メタバースを巡っても事業者と国家の間で対立が深まると予想される。

³⁹ meta (高次元、超越) と universe (宇宙、世界) を組み合わせた造語で、1992年発表のSF小説「スノウ・クラッシュ」(ニール・スティーヴンソン)が初出とされる。

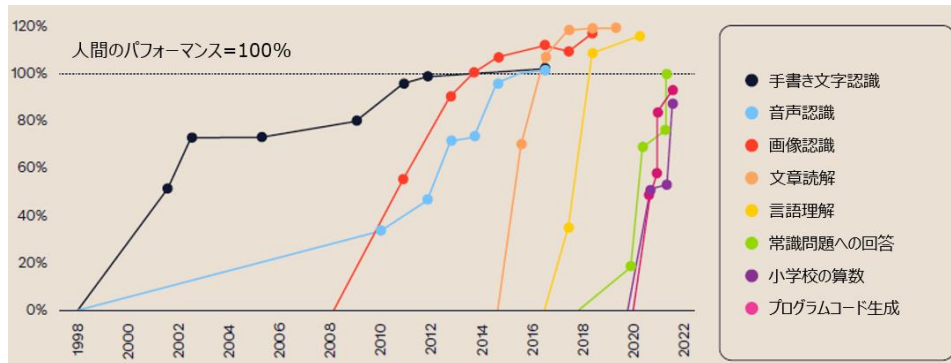
⁴⁰ Citi GPS “METAVVERSE AND MONEY Decrypting the Future”, Mar. 2022.

(2) デジタル化を加速する技術革新

◆汎用AIが多様なタスクを自律的に実行

次に社会のデジタル化を加速させる技術革新の動向を見ていく。人間の知能を人工的に再現するAIは2050年にかけて加速度的に進化していくだろう。AIは1950年頃から構想があったが、本格的に性能が向上したのは2000年代からだ。ビッグデータの活用で「機械学習」や「深層学習」といった膨大な情報の分析が可能になり、2020年頃からは集積したデータを基に文章や画像を作り出す生成AIが急速に進化している。例えば米OpenAIの生成AI「ChatGPT」のパラメータ数⁴¹は2023年公開の「GPT-4」で推定2兆⁴²と、2018年の「GPT-1」(1.2億)から約1万7000倍に増えた。<図表 1-36>のとおり、既に一部領域では人間を上回る能力を持つAIが登場している。

図表 1-36 AIが人間の能力を上回り始めている



(注) AIモデルの成長と人間のパフォーマンスの比較

(出典) Citi GPS “What Machines Can’t Master”, May.2024.より当社作成

従来のAIは人間が与えた指示に基づいて特定のタスクを実行する仕組みだが、2035年頃には人間と同じように自律的に判断して多様なタスクを実行する汎用人工知能(AGI)が実現し⁴³、2050年までには人間の能力を上回る人工超知能(ASI)が登場する可能性がある⁴⁴。高度なAIを育てるには膨大な電力消費量や学習データの不足といった課題があるが、画像処理半導体(GPU)などハードの省エネやAIモデルの効率化、再生可能エネルギーの活用、AIによるAI用学習データの作成などといった対策が進むだろう。

多様なタスクを自律的にこなすAIはデジタル社会の主要なファクターとして多様な場面で実装が進む。現在人間が担っているタスクのうちデジタル上で完結するものは比較的早い段階でAIに置き換わり、その後ロボティクスなど機械の進化と結びつくことで物理的なタスクも担う場面が増えていく。AI自ら学習、行動、修正していくことで人間だけでは難しかった技術革新や課題解決が可能となり、社会変革のスピードは速まっていくだろう。

◆量子コンピューターが生む8500億ドル

量子が持つ性質を利用して計算する量子コンピューターは2030年前後から本格的な社会実装が始まるだろう。量子コンピューターの研究開発は2010年代から活発化し、米IBMや同GoogleといったIT大手のほか米PsiQuantumなどスタートアップの参入も増えている。量子コンピューターはハードを構成する基本素子「量子ビット」の数を増やすことで計算能力を高められる一方、量子ビットはエラーが発生しやすい特徴があり、量子ビットを増やすとエラーのパターンや回数も増えていく。これを検出、訂正するためにも量子ビットを使うため、エラー修正機能を搭載するには大量の量子

Podcast”, Mar.21, 2024.)

⁴⁴ 研究者2778人に聞いた調査で「人間の手を借りずに人間より優れたタスクを達成するAI」の実現可能性は2027年までに10%、2047年までに50%と予想された。(Katja Grace et al., “THOUSANDS OF AI AUTHORS ON THE FUTURE OF AI”, Jan. 2024.)

⁴¹ 生成AIの一種である大規模言語モデルなどの挙動に使われる係数で、基本的には多いほどたくさんの情報を扱うことができ、性能が向上する。

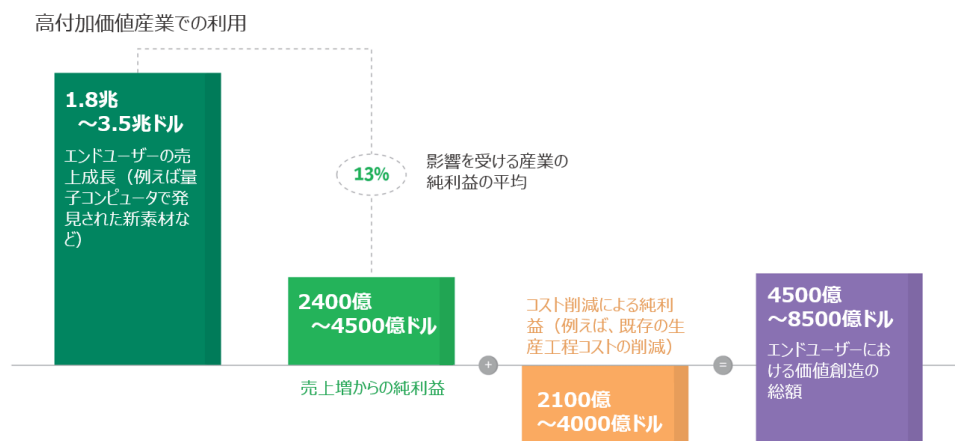
⁴² 松尾豊「生成AIと日本の戦略」(2023年11月、自民党AIPT提出資料)

⁴³ 開発の当事者であるOpenAIのサム・アルトマンCEOは10年以内にAGIが実現すると述べている(“Lex Clips Sam Altman on when AGI will be created (Lex Fridman

ビットを集める必要がある。これまでに実現している量子ビット数は 1000 程度だが、2030 年前後には 1 万程度の搭載が可能になり、用途限定で誤り耐性機能を持つ量子コンピューターが実現する⁴⁵。2050 年にかけては量子ビットを数百万個使う汎用型の量子コンピューターが登場する可能性がある⁴⁶。

量子コンピューターは従来のコンピューターでは対処が難しかった複雑な問題を解決できるとの期待が高いが⁴⁷、その特性上、得意とする領域に限られる。膨大なデータ分析に基づくシミュレーションや最適解の導出、AI の機械学習などで、具体的には創薬における高機能な分子配列の発見、化学産業

図表 1-37 量子コンピューターが産業にもたらす価値



(出典) Boston Consulting Group “Quantum Computing Is Becoming Business Ready”, May.2023.より当社作成

における新機能材料の開発、金融商品のポートフォリオ最適化、物流における配送網の最適化などといった場面で活用が進む⁴⁸。新製品の創造や研究開発の効率化などによって、量子コンピューターは 2035 年頃には一部の高付加価値産業で 4500 億~8500 億ドルの価値を生み出すと予想される<図表 1-37>⁴⁹。

◆陸海空の超カバレッジを実現する Beyond5G

拡張するデジタル経済を支える通信インフラは、2030 年頃から世界各国で「Beyond5G」として大幅にアップデートする。Beyond5G では現行の 5G に比べ同時接続数 10 倍、遅延 10 分の 1、通信速度は 10 倍といった機能面の高度化に加え、カバー範囲が空や海に大きく広がる。カバー範囲の拡大においては衛星コンステレーションが大きな役割を果たす⁵⁰。加えて地上ネットワークと人工衛星のカバー範囲の間を埋める HAPS⁵¹が 2020 年代後半から実用化され、地球上のあらゆる領域で高速大容量通信が可能になる。

Beyond5G はメタバースをはじめとしたデジタル経済拡張の基盤となるだけでなく、フィジカル空間の利便性向上にも大きな役割を果たす。例えばロボットを遠隔地から正確に操作できるようになり、農林水産業や資源採掘、インフラ管理などにおける効率化や生産性向上に寄与する。医療では高解像度の映像や遅延のない通信によって遠隔地から高度な手術を実施することが可能になる。クラウド上の AI もいつでもどこからでも使えるようになり、人間の意思決定やコミュニケーションの活性化などに役立つだろう。

May.5.2023.

⁵⁰ 米 SpaceX は 2024 年 5 月時点で約 6000 機の衛星を運用し、世界約 100 か国に 300 万件超の顧客を持つ (Starlink 公式 X, “Starlink is connecting more than 3M people with high-speed internet across nearly 100 countries, territories and many other markets.”, May.21, 2024.)

⁵¹ High Altitude Platform Station (高高度基盤ステーション) の略で、高度 20km 程度に小型の飛行体を飛ばして空中に基地局を設ける技術。

⁴⁵ IBM や Google、複数のスタートアップがロードマップで提示している。

⁴⁶ 内閣府ムーンショット型研究開発事業 目標 6 「2050 年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピューターを実現」

⁴⁷ Google の研究チームはスーパーコンピューターで解くのに 1 万年かかる問題を 200 秒で解いたと発表した (Frank Arute et al., “Quantum supremacy using a programmable superconducting processor”, Nature, Vol. 574, Oct.23, 2019.)

⁴⁸ 内閣府「量子未来社会ビジョン」(2022 年)

⁴⁹ Boston Consulting Group “Quantum Computing Is Becoming Business Ready”,

◆五感のデジタル化がフィジカルの壁を壊す

デジタル空間でフィジカル空間と同等の体験をしたり遠隔地に体験を伝送したりするには、人間の五感や動作をデジタルデータに変換して再現する必要がある。視覚や聴覚では既にデジタル映像や音声を実現しているが、より現実に近い感覚を得るにはVR（仮想現実）、AR（拡張現実）などのデバイスの性能向上がカギになる。具体的にはサイズ、重量、解像度、奥行き感、輝度などだ。現在主流のVRゴーグルである米Metaの「Meta Quest3」は515gと長時間の装着は難しい重量だが、改善に向けた技術開発が進むだろう。例えばシャープが2023年に米テック見本市「CES」で発表したVRゴーグルは175gだった。

触覚はデジタル化した感覚を機械の動作によって振動や力として伝える「ハプティクス」が進化する。制御チップなど電子部品の進化や新たな材料の導入⁵²によって再現性が高まっていくだろう。味覚については、センシングによってデジタルデータ化した味に基づいて舌を電気刺激したり、液体を調合したりして再現する⁵³。明治大学の宮下芳明研究室が開発した調味装置は1那由他（10の60乗）通りの組み合わせの味を液体によって再現する。

現実空間で同じ場所にいながらメタバース上で自由に歩いたり走ったりできる技術も実現するだろう。例えば米Walt Disney Imagineeringが開発した「Holo Tile」は床に敷き詰めた小さなディスクが動作を検知して回転し、載っている人は自由に動き回る感覚を味わえる。

センサーで計測した脳活動データを解析してコンピューターなどの機械を動かす「ブレイン・マシン・インターフェース」が進化し、外部から脳にデータを送り込む双方向型も実現する可能性がある。実際、米Neuralinkは双

方向型ブレイン・マシン・インターフェースを目指している。デバイスを使うことなくデジタル化した五感を脳に直接送り込むことができ、映画「マトリックス」に描かれたようなメタバース世界が登場するかもしれない。

（3）テクノロジーの影

技術革新は社会を豊かにする「光」の影響と、混乱や損失を引き起こす「影」の影響を同時にもたらす。複製・拡張が容易なデジタルテクノロジーは過去のアナログ技術より変化のスピードが速いうえ、今後進化が見込まれる領域はある時点を超えると指数関数的に発展する「エクスポネンシャル・テクノロジー」⁵⁴であることが多い。2050年にかけては技術革新そのもののスピードが上がると共に、社会に影響が広がるペースも速まっていくだろう。

◆生成AIの悪用が脅威をもたらす

デジタルテクノロジーの進化によってもたらされる「影」の1つは、「データプライバシー」の問題だ。デジタル経済の拡大に伴ってインターネット上などに蓄積されるデジタルデータは拡大を続けており、データの本来の所有者が意図しない用途で利用されるケースが発生しやすくなる。代表例はウェブサイトの訪問履歴や消費、健康状況といったパーソナルデータが消費者の行動監視や制限に使われるもので、既に国内でも問題化した事例がある⁵⁵。中国では治安維持やパンデミック対応などを目的に、監視カメラなどのデータを収集して国民の行動を把握するシステムの導入を進めている。

「データセキュリティ」に関する脅威も増していくだろう。デジタル経済の拡大に伴ってデジタル上の富を狙ったサイバー攻撃は増加を続けており、

⁵² 栗本鉄工所は磁気を通すことで硬さが変わるハプティクス向けの流体を開発した。

⁵³ 明治大学「AIに味を推定させ、産地の違いも再現する調味装置「TTTTV3」を明治大学 総合数理学部 宮下芳明研究室が発表」（2023年8月31日）

⁵⁴ 急激な非連続的進化により既存事業にデジタル・ディスラプションをもたらす技術。

具体例としてバイオテクノロジーやAI、ロボティクスなどがあげられる（総務省「情報通信白書 令和元年版」（2019年7月））。

⁵⁵ 就活情報サイト「リクナビ」では2019年に就活生の閲覧履歴などを基にAIに内定辞退率を予測させ、データを企業に販売していたことが明らかになった。

これにデジタル技術の進化が拍車をかける。特に生成 AI で作った画像や音声は人間では真偽を見抜くことが難しくなり、メールでのやり取りや、本物と見分けがつかないほど精巧な「ディープフェイク」を用いた詐欺電話などを通じて情報や金銭を盗み出す攻撃が増える⁵⁶。英 Onfido 社のデジタル個人認証サービスにディープフェイクを用いて詐欺を試みた事例は 2022 年から 2023 年にかけて 3,000% 増えた。

生成 AI などを用いて偽造した情報「フェイクニュース」が SNS を通じて拡散され、有名人の評価を傷つけたり、株価操作や選挙戦の工作に使ったりといった事案も増えるだろう<図表 1-3 8>⁵⁷。生成 AI を開発する米 OpenAI によると、既にロシアや中国を拠点とする複数の組織が生成 AI を使って世論操作を試みる動きが確認されている⁵⁸。

図表 1-3 8 著名人のディープフェイクが拡散されている



(出典) CBS News “Creating a “lie detector” for deepfakes”, Jan.29,2023.

⁵⁶ Onfido, “Identity Fraud Report 2024”, Nov.15, 2023.

⁵⁷ 2023 年 5 月には米国防総省付近で爆発が起きたような虚偽の画像が拡散され、ニューヨーク株式市場で株価が急落した。2024 年 1 月には米歌手テイラー・スウィフトさんの虚偽画像が SNS 上で拡散されて問題となった。

⁵⁸ OpenAI “Disrupting deceptive uses of AI by covert influence operations”, May.30, 2024.

⁵⁹ 米連邦通信委員会 (FCC) は AI で生成し音声通話は違法であることを確認し、各州

政府や企業が対策に乗り出しているほか⁵⁹、AI によってディープフェイクを見抜く技術などの開発が進むが、生成 AI が急速に進化する中では、攻撃と対策はたちごっこになると予想される。

◆デジタル空間への没入と健康への影響

デジタル経済の拡大によってデジタル空間に滞在する時間が長くなると、これまで想定されていなかったような人体への悪影響がもたらされる可能性がある。既に SNS を巡って長時間利用とうつ病の関連を示唆する調査は複数公表されており、例えば保健福祉省は 2023 年に出した勧告書で「SNS を 1 日 3 時間以上使う若者はうつ病のリスクが倍増する」との研究結果を示したうえで「SNS にはメンタルヘルスに悪影響を及ぼす重大なリスクがある」と指摘した⁶⁰。ほかにも米ペンシルベニア大などから複数の研究が発表されている。特に米国ではメンタルヘルスへの悪影響を懸念する声が高まっており、フロリダ州やアーカンソー州などでは子どもの SNS 利用を規制する法律が制定されている。

メタバースが普及するとデジタル空間への没入度合いは現在の SNS を上回ることになると考えられ、メンタルへの影響も大きくなる可能性がある。メタバースで過ごす時間が増えると実際に体を動かす時間が減るなどして、フィジカル面の健康問題も発生するかもしれない。国による規制だけでなく、デジタルサービスを提供する企業にも負の影響を抑える技術開発や仕組みづくりが求められるだろう。

の司法長官などに厳罰を提案している (Federal Communications Commission, “FCC Proposes \$6 Million Fine for Deepfake Robocalls Around NH Primary”, May.23, 2024. 米 Microsoft や同 OpenAI など 20 社がディープフェイク対策で協力することに合意した。(Microsoft, “Technology industry to combat deceptive use of AI in 2024 elections”, Feb.16,2024.)。)

⁶⁰ The U.S.Surgeon General’s Advisory “Social Media and Youth Mental Health”, May.24, 2023.