

建設経済の最新情報ファイル

RICE monthly

RESEARCH INSTITUTE OF
CONSTRUCTION AND ECONOMY

研究所だより

No. 424

2024 7

CONTENTS

視点・論点『利根川の治水システムとハッ場ダム』	1
I. カリブ共同体とトリニダード・トバゴ国	2
II. 建設業の全自動化はできるのか	12



一般財団法人 **建設経済研究所**

〒105-0003 東京都港区西新橋 3-25-33 フロンティア御成門 8F

Tel: 03-3433-5011 Fax: 03-3433-5239

URL: <https://www.rice.or.jp/>



利根川の治水システムとハッ場ダム 特別研究理事 澁谷 慎一

東京都知事の小池百合子氏が、都知事選への3選出馬を表明した後に記者団の取材に応じた際のコメントに、私は大きな感銘を受けた。少し長いがその言葉をここに紹介したい。

「そして大災害が頻発し、とても激甚化している。調節池があったからこそ洪水を防げてきた。非常にお金はかかりますが、それをむしろ投資として一番重要なところに振り向けていく。」

これまで国土交通行政の中で長らく治水対策に携わってきた筆者としては、責任ある立場の方から出る治水対策に関するこのような言葉が、これまでの苦勞を癒すものとして大変うれしい。

道路やまちづくり、公園整備などと異なり、治水対策はその効果を理解し、実感してもらえるチャンスがなかなかない。例えば、道路や公園などは、整備された後、「便利になったね」とその効果をすぐに実感してもらうことができる。一方、治水対策は完成の後、雨が降らないとその機能が発現されず、その効果も災害が起らなかった、つまり何もなかったものとして気づいてもらうことができないのが常である。

令和元年に台風19号が首都圏を襲った際に、当時試験湛水中であったハッ場ダムに洪水を大きく貯留して、ハッ場ダムが首都圏を洪水被害から救ったという評価を即座に得たなどという事は極めて稀である。

利水施設の効果の話であるが、去年は首都圏は近年まれにみる渇水に襲われたことを知っている読者はどれほどいるだろうか。「何も知らない」という読者がほとんどではないだろうか。

去年の春と夏には少雨により利根川上流のダムではその貯水量を大きく減らした一方で、ハッ場ダムがあったことによりその影響を回避することができた。特に春先の渇水は少雨の度合いが大きく、ハッ場ダムがなければ過去最大級の影響があったと推察されている。ハッ場ダムの完成によって利根川における貯水容量が約2

割増強された効果である。このように施設整備により大災害が回避されたものの、その効果に気づいてもらうことは難しいのが残念である。

治水施設の効果を多くの人に共有してもらい、治水対策の必要性を理解してもらえよう取り組みが進んでいくことを期待している。

ところで、本稿は利根川の治水システムにハッ場ダムがどのような役割を担っているかの話題であった。利根川流域は、流域外に及ぶ想定氾濫区域を含めて人口・資産が集中するエリアである。また、全国のほかの河川と比較して流域に占める山地部の面積が小さく平野部の面積が広いという特徴がある。歴史的経緯を経て平地部を流れる利根川本川への洪水の負担が集中しており、治水対策が難しかった。

このため、昭和22年に発生したカスリーン台風を踏まえて策定された計画において、利根川上流ダム群による洪水調節計画を導入した。

利根川上流は、利根川本川のほか、烏川・神流川と吾妻川の3つの支川に分かれる。これまで利根川本川には矢木沢ダムなどの上流ダム群が、烏川・神流川には下久保ダムが整備されてきたものの、中央の吾妻川流域は洪水をためることのできるダムの整備が遅れてきた。

このことはライトとレフトには外野手を配置し、降ってきた雨を捕獲して洪水を防ぐことができていたものの、中央のセンターに外野手が配置できず、降ってきた雨はそのまま下流に流して下流の利根川本川に負荷をかけてしまうという状態になっていたという事である。

ハッ場ダムの完成により、利根川のセンターである吾妻川に洪水を捕獲する外野手を配置できたこととなり、利根川の治水システムは完成に近づいたと言える。しかしながらハッ場ダムの完成をもってすべての洪水を防ぐことは困難である。これからも治水対策が着実に進んでいくことを期待したい。

I. カリブ共同体とトリニダード・トバゴ国



在トリニダード・トバゴ日本大使館
特命全権大使 松原 裕

1. 日・カリブ交流年を迎えるカリブ共同体

「中南米」と聞くとメキシコ、パナマ、キューバ、ブラジル、アルゼンチン、チリなどを思い浮かべる人は多いと思う。これらの国々はブラジルを除くとスペイン語を公用語としているが、中南米地域 33 カ国の中には、英語を公用語とする国々もある。それはカリブ海に浮かぶ島国、ジャマイカ、トリニダード・トバゴ、バハマをはじめとする 12 か国であり、いずれも 1960 年代以降にイギリスから独立した国々である。英語以外を公用語とする国として、ハイチ（フランス語）、スリナム（オランダ語）があり、これらを合わせた 14 か国と 1 地域（イギリス領モンテセラート）はカリブ共同体（略称カリコム）を構成し、経済統合、外交政策の調整、保健医療・教育等に関する協力を進めている。

カリブ海東部にある東カリブ諸国は、南大西洋プレートがカリブプレートに沈み込むことによって形成された火山性の島嶼国であり、日本と同様、地震や津波、火山噴火などによる災害に見舞われやすく、ハリケーンの常襲地帯でもあることから暴風雨災害も被りやすい。ひとたび自然の猛威にさらされると、これらの小島嶼国では壊滅的被害が国全体に及ぶことになりやすい。



(出典) CARICOM 資料を基に筆者にて作成

(政治経済)

カリコム諸国は、人口、面積等は比較的小ぶりながらも、国際的には重要な地位を占めている国も数々ある。例えば、国連安全保障理事会において、セントビンセント及びグレナディーン諸島は2021年まで、またガイアナは2023年から非常任理事国を務めるほか、現在、国連総会議長はトリニダード・トバゴ出身者が務めている。

世界で台湾と国交関係を結んでいる国は12か国(2024.6現在)あるが、そのうちカリブ地域には5か国(ベリーズ、ハイチ、セントクリストファー・ネイビス、セントルシア、セントビンセント及びグレナディーン諸島)が存在する。また、IWC(国際捕鯨委員会)に加盟し、捕鯨を支持している国も7か国ある。

当地域の主な産業を国別に見ると、観光産業を主産業とするバハマ、アンティグア・バーブーダ、セントクリストファー・ネイビスなど、石油天然ガスなどエネルギー産業が盛んなトリニダード・トバゴ、農業に加え石油・鉱物資源に恵まれ今後発展が期待されるガイアナ、スリナムなどがある。一人当たりの国民総所得(GNI)で見ると、バハマ、バルバドス、セントクリストファー・ネイビス、トリニダード・トバゴのように、いわゆるOECDにおける援助受取の対象外の国もあれば、ハイチのように後発開発途上国に属する国もある。

カリコム諸国の概要

国旗	言語	国名(大使館管轄国)	面積 (km ²)	人口 (千人)	GNI/人 (US\$)
	英語	アンティグア・バーブーダ	440	93	19,050
	英語	バハマ	13,880	409	31,520
	英語	バルバドス	430	282	19,490
	英語	ベリーズ	22,970	405	6,630
	英語	ドミニカ国	750	72	8,430
	英語	グレナダ	340	125	9,070
	英語	ガイアナ	214,970	808	14,920
	仏語	ハイチ	27,750	11,585	1,610
	英語	ジャマイカ	10,990	2,827	5,760
	英語	セントクリストファー・ネイビス	260	48	20,020
	英語	セントルシア	620	180	12,400
	英語	セントビンセント及びグレナディーン諸島	390	104	9,110
	蘭語	スリナム	163,820	618	4,970
	英語	トリニダード・トバゴ	5,130	1,531	16,190
		合計	462,740	19,087	

人口、GNI:2022年世銀調査

(出典) 世銀資料を基に筆者にて作成

(日本の対カリコム政策)

日本はカリコム 14 か国のうち 5 か国（トリニダード・トバゴ、ジャマイカ、ハイチ、バルバドス、ベリーズ）に大使館をおいている。そのなかでもトリニダード・トバゴ大使館は当国以外に 8 か国（*）を管轄しており、日本の在外公館の中で管轄国数は最多である。

（*：アンティグア・バーブーダ、セントクリストファー・ネイビス、セントルシア、セントビンセント及びグレナディーン諸島、ドミニカ国、グレナダ、ガイアナ、スリナム）

2024 年は、日本とカリコムが事務レベル協議を開始して 30 周年にあたることから「日・カリブ交流年」として位置づけられている。日本の対カリコム政策では、小島嶼国特有の自然災害等に対する脆弱性（一度のハリケーン、地震、火山噴火により全島的かつ壊滅的な災害を被りやすい）を考慮に入れて、一人当たりの所得水準（GNI）とは異なる観点から支援をすることが重要との認識のもと、防災、環境、気候変動対策、エネルギー、廃棄物、水産等の分野で無償資金協力及び技術協力を行っている。

日・カリブ交流年2024ロゴ



(出典) 外務省資料

2. 国交 60 周年を迎えたトリニダード・トバゴ国

(1) この国のかたち

南米大陸のベネズエラからわずか北へ 10km、カリブ諸島の南端に位置するトリニダード・トバゴ国は、トリニダード島とトバゴ島の二つの島からなり、人口は沖縄県とほぼ同じ 150 万人、面積は同県のほぼ 2 倍 (5,100km²)、千葉県と同等の大きさである。1498 年のコロンブス到来以来、植民地をめぐりスペイン、フランス、イギリス等が覇権を争い、1814 年にイギリスの領土となった。その後 1962 年にイギリスより独立し、1976 年大統領を元首とする共和国に移行したが、引き続きイギリス連邦に属している。



(出典) 筆者にて作成

植民地時代には、サトウキビなどのプランテーション経営における労働力としてアフリカ系住民が奴隷として連れてこられ（大西洋三角貿易）、1834 年の奴隷制度廃止後にはインド人はじめ、ポルトガル人、中国人、レバノン人、シリア人等の契約労働者（年季奉公人）が流入して労働に従事した。このため、この国の人種構成はインド系が 1/3、アフリカ系が 1/3 を占めており、宗教面ではキリスト教 50%、ヒンズー教 25%、イスラム教 6%となっている。この国のカレンダーを見ると、それぞれの宗教にちなんだ祭日が国民の祝日に定められており、この国の多様性を表している。



(出典) 筆者にて作成

国家元首である大統領は、5年任期（再選可）で国会により選出される。権限は儀礼的なものを中心であるが、国軍の最高司令官を兼ねている。現在、二代続けて女性の大統領が務めている。行政権は首相率いる内閣にあり、総選挙で選ばれた国会議員（任期5年）により総理大臣が選出され、内閣が構成される。主要政党はアフリカ系を支持基盤とする人民国家運動（PNM）とインド系の統一国民会議（UNC）であり、二大政党制が機能している。2015年以降2期続けてPNMが政権を担っている。

（日本との関係）

2024年は日本とトリニダード・トバゴにおいて「外交関係樹立60周年」にあたる。トリニダード・トバゴは1962年に独立、その2年後の1964年に日本との国交を樹立。2014年には安倍総理が我が国の総理大臣として初めて当国を訪れている。

当国には、ガス化学事業関連で三菱グループ、上下水道事業関連で東芝グループ、電力事業関連で丸紅グループ、さらに自動車産業関連でトヨタグループが進出している。当国に在留する日本人は40人程度であるが、日本に在住するトリニダード・トバゴ人は約180人、その中にはJETプログラム（日本で英語指導等を行う外国青年招致事業）の一員として全国の中高校で英語の補助教師として活躍している人が半数近くいる。

当国発祥の打楽器スチールパンは、日本でも愛好者が増えており、今年の世界スチールパンの日（8月11日）にはトリニダード・トバゴ会場において、世界中のスチールパン演奏者に混じって日本からも同演奏者がビデオ参加する企画が進んでいる。

当国の首都、ポート・オブ・スペインで毎年イースター前（2月または3月）に催されるカーニバルは、リオ（ブラジル）、ベネチア（イタリア）のカーニバルとともに世界三大カーニバルと称され、パノラマ（スチールパン音楽コンテスト）やカーニバルパレードに参加するために日本人がこの地を訪れている。

スチールパンとカーニバル



（出典）筆者にて撮影

（2）経済・産業

カリブ地域最大の石油・天然ガス産出国であるトリニダード・トバゴは、観光業を主産業とする他のカリブ島嶼国とは異なり、採掘した石油・天然ガスを輸出するばかりではなく石油製品、アンモニア、メタノール等を製造するエネルギー関連産業を振興し、経済成長を遂げてきた。植民地時代には周辺の島嶼国と同様にサトウキビのプランテーション農業とそれに伴う砂糖産業が中心であったが、20世紀に入り石油生産及び石油関連産業の伸長とともに砂糖農業・産業はその姿を消していった。その石油生産も1978年にピークを迎え、その後は天然ガス生産にシフトすることにより経済を持続発展させてきた。現在、アンモニアの輸出量は世界の2割強を占め世界1位、メタノール輸出は世界2位、LNG輸出は世界10位となっている。

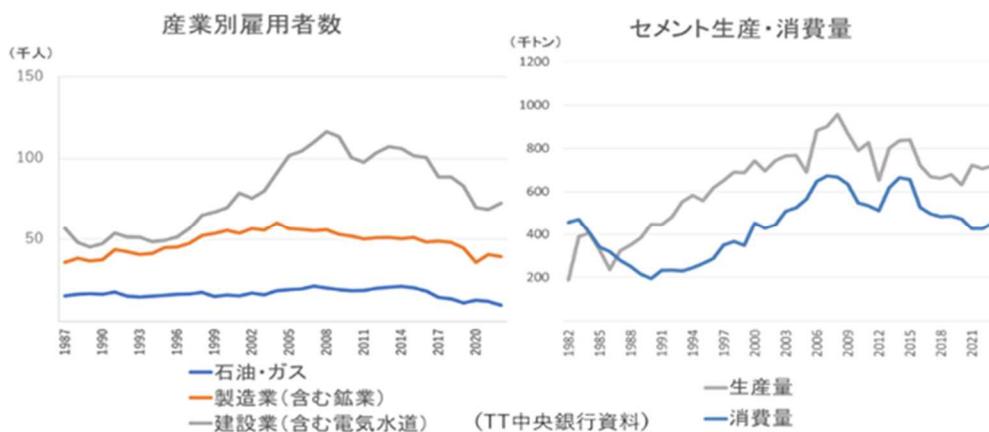
しかしながらその天然ガス生産は新たなガス田の開発が近年滞ってきているため、2010年の生産量 46 億立方フィートを頂点に 2018 年に 36 億立方フィート、2021 年に 26 億立方フィートと減少してきている。石油・天然ガス依存の国家財政は、エネルギー国際価格にも左右されやすい。新たな天然ガス田については、領海を接するベネズエラ方面に可能性を見出しているものの、米国による対ベネズエラ経済制裁が続く中で将来見通しは必ずしも明るくはない。脱炭素による持続可能な社会を目指す世界の潮流の中で、この国のエネルギー政策、及びエネルギー産業政策は厳しい舵取りを迫られている。



(出典) 世銀資料を基に筆者にて作成

(建設産業)

建設産業は、1990 年代から 2000 年代にかけて急成長を遂げ GDP 寄与率は 10% 台を占めるまでに至った。その結果、建設業雇用者数は 2008 年には 12 万人（全雇用者数に占める割合 20%）に達するとともに、建設業の活況状況を示すセメント生産・消費量も 2008 年まで伸長し続けた。しかしながら 2010 年代に入るとサービス産業の雇用者数が伸びる一方で、建設業の雇用者数は減少し続け、現在では 7.5 万人（同 12%）、GDP 寄与率も 4.5% に縮小してきている。



(出典) トリニダード・トバゴ中央銀行資料を基に筆者にて作成

パンデミック後の現在、主なインフラ・プロジェクトとしてトバゴ島の空港拡張、トリニダード島の高速道路の延伸等が継続中であるが、既設の道路、橋梁、電気・ガス・水道施設等の改良や維持補修、学校、病院等の改築、維持修繕への需要も高い。これら事業の実施にあたっては財源確保が重要であることは言うまでもないが、加えて建設産業における課題として、1) 迅速かつ公正な許認可手続き、2) 技術者、熟練労働者の確保、3) 工事の安全確保及び品質確保、4) 官民連携による資源活用とリスク分担などが指摘されている。

(3) 国土計画と関連法律

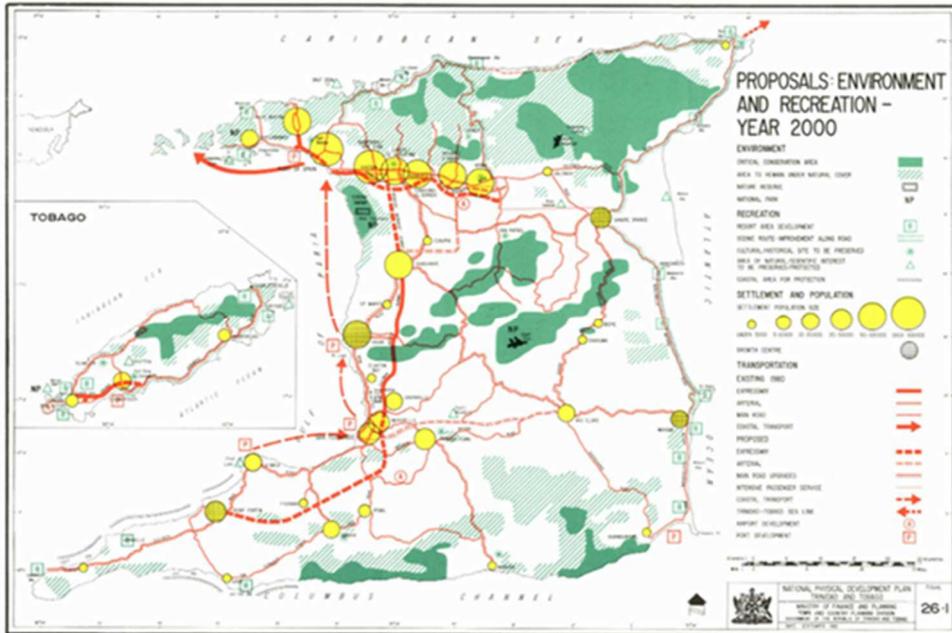
(国土計画法)

独立後の1969年、「都市農村計画法 (Town and Country Planning Act)」が制定された。これはイギリスの「都市農村計画法」と同名で、旧宗主国イギリスの例にならい、都市部及び農村部の開発・利用・保全に関するルールを示し、その計画内容は土地の規制と管理に重点が置かれたものであった。

2014年、UNC政権のもとで、旧来の都市農村計画法を置き替える形で「開発計画促進法 (The Planning and Facilitation of Development Act)」が制定された。特徴としては、計画の策定手続き、開発許可に関する規定を設けるとともに、国土計画局の設置、国と地方の役割について規定している。これは、前年2013年に同政権のもとで策定された「国土開発戦略 (National Spatial Development Strategy (NSDS))」(後述)と対をなすものと考えられる。

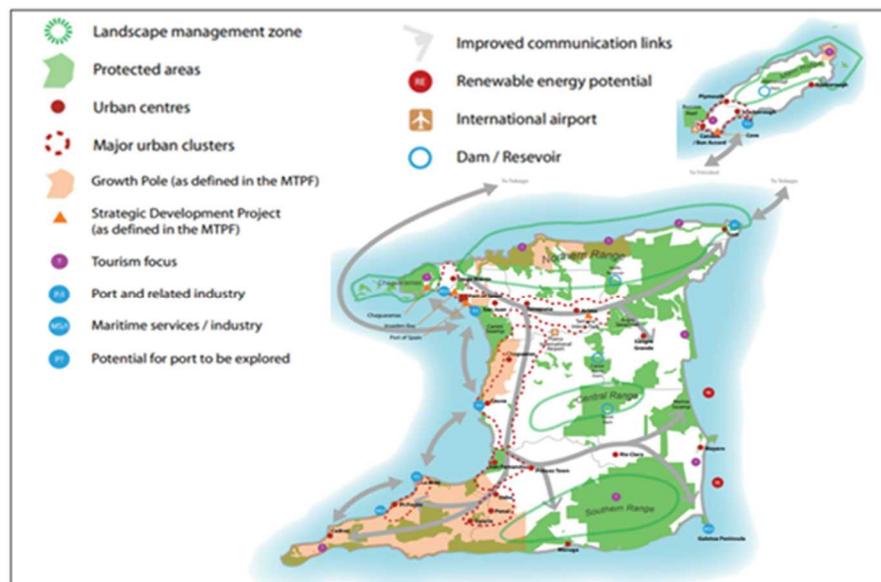
(国土計画)

1984年、PNM政権において「国土開発計画 (National Physical Development Plan (NPDP))」が策定され、初めて国土の将来的な姿が示された。この計画では、将来の地域別人口規模、各地域を結ぶ道路・空港・港湾等の交通ネットワーク、土地の利用形態(環境保全地域、レクリエーション地域等)が空間的に示されている。



(出典) National Physical Development Plan

2013年、当時のUNC政権のもとで、20年後の国の姿を描く「国土開発戦略 (National Spatial Development Strategy (NSDS))」が策定された。この計画 (戦略) は先の「開発計画促進法 (2014年)」の動きと軌を一にするもので、その内容は、国土を陸域、水域、空域からなる総合空間としてとらえ、効率的かつ平衡で持続可能な国土の開発、利用、保全の姿を示すものであった。



(出典) National Spatial Development Strategy

2016年、現PNM政権において、2030年に向けた国家発展戦略「ビジョン2030」が策定された。これは2015年国連サミットで採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」を強く意識した経済社会全般にわたる将来ビジョンで、SDGsと関連づけたアウトカム、アウトプット指標が盛り込まれている。このビジョン自体には空間概念、個別プロジェクトの記載はないものの、各省庁の政策、施策はこのビジョンのもとに体系化されている。例えば公共事業交通省策定の「戦略計画（2019 - 2024）」は、ビジョンに沿った施策の5か年間の実施計画を示すもので、これにより予算を含めた施策の進捗管理が行われている。

（4）交通インフラ

この国の主な交通インフラである道路、空港、港湾は、公共事業交通省が所管している。当国にはかつてサトウキビ輸送に起源をもつ鉄道（総延長173 km、1898年）が存在したが、自動車の普及とともにその閉鎖が進み、1968年には完全に姿を消した。当時の鉄道敷きは道路として活用されており、通勤通学のために欠くことのできない役割を果たしている。

（道路）

国は道路総延長9,592 kmのうち約2割に当たる2,050 kmを管轄している。このうち高速道路は、片道3車線を基本にチャーチル・ルーズベルトハイウェイ（東西道路）、ソロモン・ホチョイハイウェイ（南北道路）等が整備されている。ソロモン・ホチョイハイウェイは南方ポイント・フォーチンに向けて、チャーチル・ルーズベルトハイウェイは東方マンザニラに向けて延伸中である。

首都ポート・オブ・スペイン付近における通勤時の道路混雑は大変激しい状況にある。国はハイウェイの延伸に加えてインターチェンジ、ラウンドアバウト、立体交差化、道路の線形改良、補修に力点を置いて事業を行っている。一般道路は自治体により管理されているが、十分な維持・補修がされているとは言い難い。



（出典）筆者にて作成



（出典）公共事業交通省資料

(空港)

ピアルコ空港(トリニダード島、滑走路 3200m)は、カリブ海最大のエアライン、カリビアン航空のハブ空港であり、周辺諸国への航空便の他、米国、カナダ、ヨーロッパへの直行便が運航されている。カリブ地域における主要な接続ポイントとし機能しており、年間 300 万人が利用している。

ロビンソン空港 (トバゴ島、滑走路 2,774m)は、トリニダード島を結ぶ国内路線が中心であるが、ピアルコ空港から同空港を経由してカリブ地域へとつなぐ国際便も運航され、現在、この地域での旅客数増を見越して新ターミナルの建設が進められている。



(出典) 筆者にて作成

(港湾)

ポート・オブ・スペイン港 (トリニダード島) は、コンテナターミナル (水深 12m、延長 650m)、一般雑貨貨物ターミナル (水深 6.5m、延長 150m、他ジェティ 3 本)、クルーズターミナル (水深 9.75m、延長 200m) を有し、クルーズ船、トバゴ島を結ぶカーフェリー (2 時間半)、サン・フェルナンドを結ぶ水上タクシー (平日 4 往復、1 時間 15 分) が行き交う港として重要な役割を果たしている。

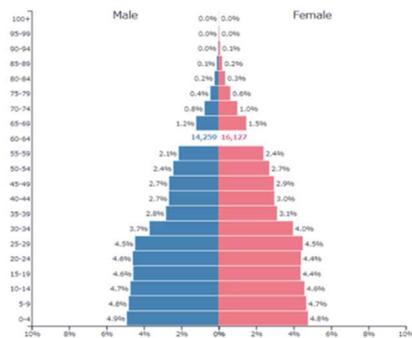
スカボロー港 (トバゴ島) は、フェリーでポート・オブ・スペイン港と 2 時間半で結ばれており、カリブ海クルーズ船の寄港地としての役割も果たしている。

3. しばらく目が離せないガイアナ

カリコム共同体の中で政治経済両面においてリーダー格はジャマイカとトリニダード・トバゴであるが、今後しばらくはガイアナから目が離せない。ガイアナの変貌は 2015 年にエクソンモービルが同国の沿岸海域で大規模な油田を発見したことから始まった。これまで南米の貧困国の一つであったが石油発見で一変している。

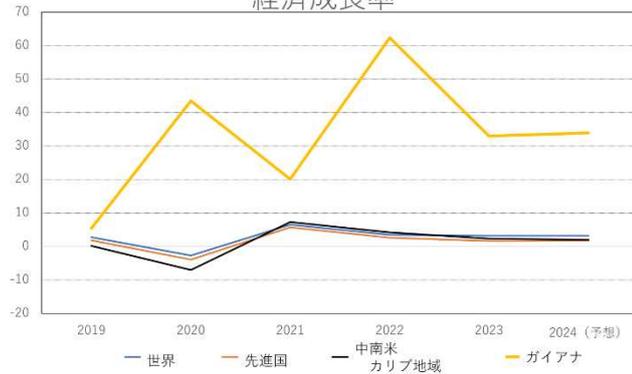
ガイアナでは人口が年率 1.4% で増え続けるとともに、世界経済がパンデミックでマイナス成長する中であって、2022 年に年率 60% の経済成長を記録するなど、この 5 年間にわたり世界平均を大きく上回る高い経済成長を続けてきた。この勢いはしばらく続くと予想されており、近い将来、OECD の援助受取り対象国から除外されるものとみられている。2019 年から石油産出が開始されているが、日本からは 2023 年、三井グループ企業が浮体式海洋石油・ガス生産貯蔵積出設備を通じて参入を果たしている。

人口ピラミッド(平均寿命66歳)



(出典) IMF 資料

経済成長率



(出典) IMF 資料を基に筆者にて作成

政治的にはカリコム共同体本部が、当国の首都ジョージタウンに置かれており、また、先にも触れたとおり国連安保理の非常任理事国にもなっている。自由、人権、法の支配など基本的価値を共有する国として、日本と国際場裏で協働する機会も多い。一方、隣国ベネズエラとの間では、国土面積の三分の二に相当する部分について領有権問題を抱えている。石油生産による経済成長については、環境の保護・保全、脱炭素化の観点から国際社会の厳しい目があり、持続可能な社会に向けての取り組みに対し大きな責任を負っている。

中南米におけるカリコム諸国は、日本人にとって物理的にも心理的にも最も遠い地域の一つかもしれない。これらの国々は、一つ一つは小さいながらも共同体を結成することによって、結束力をもって共通の利害に果敢に取り組んでいる。「カリブ」と聞くと海賊やクルーズを思い浮かべる人が多いかもしれないが、ここには多様でかつ独特の歴史や文化を持った社会がある。当大使館としては、日・カリブ交流年を迎えている今年、日本から多くの人に当地を訪れてもらえるよう企画を進めるとともに、当地からも来年の「EXPO 2025 大阪・関西万博」を機会に大勢の人たちに日本を訪問してもらうよう呼びかけている。

II. 建設業の全自動化はできるのか

1. はじめに

建設業は、豊かな社会を築き維持するために不可欠な産業の一つであり、その重要性は他に類を見ないと言える。古代の遺跡から、ビルや道路などの建設が文化や文明の発展に深く関わっていたことがうかがえるように、建設業は時代と社会の発展を反映する重要な役割を果たしている。そのような重要な役割を担う建設業が、担い手不足により産業として存続の危機に直面している。建設経済レポート No.76「建設技術者・技能労働者の将来推計と需給ギャップ」では、「成長実現シナリオ」の場合は 2035 年には建設技術者が約 3 万人、技能労働者で約 49.5 万人不足すると推計されている。こうした中、業界の存続を賭けて、これまで人が行っていた作業を自動化する建設ロボットなどの開発・導入の動きが国内外で見られる。自動施工技術を駆使して巨大建築物を作る状況が、既に現実化している。

本稿は、国内外における建設業界の建設ロボットや AI 等の新技術の動向について紹介し、建設業が将来的にすべての現場において全自動化施工になり得るのかどうかについて触れたいと思う。なお、本稿の内容や意見はすべて筆者個人の見解であり、組織としての見解を示すものではない。

2. 全自動化施工について

全自動化施工とは何か？インターネットで調べてみても、「自動化施工」または「無人化施工」という言葉はすぐ出てくるが、「全自動化」という言葉は中々出てこないと思われる。そもそも建設業で構造物を構築する上では、ざっくりと分けて「計画・設計・施工・維持管理」という各過程があり、どの過程を“自動化”（人間の介入なしに自動的に実行すること）したら全自動化施工といえるのか曖昧である。本稿においては、全自動化施工を、施工時および維持管理時において建設技術者や技能労働者の介入なしに全ての作業が実行される状態と定義することにする。

3. 我が国の全自動化施工に向けた取組

建設工事の無人化は、建設機械の遠隔操縦による施工がその代表例であるといえる。原発事故や土砂崩れなど、人間が物理的に立ち入ることのできない場所や二次災害の懸念がある場所においては、無人化施工が重要な役割を果たしている。

日本における無人化施工は、1990 年代の雲仙普賢岳（長崎県）噴火災害の災害復旧工事を皮切りに発展してきた。その後、建設企業各社が取り組みを加速させ、2000 年には建設無人化施工協会が設立された。有珠山（北海道）噴火災害の際には、複数の企業が共同で高出力無線局を利用するための建設無線協会を設立¹し、無人化施工に向けた遠隔操作機能を

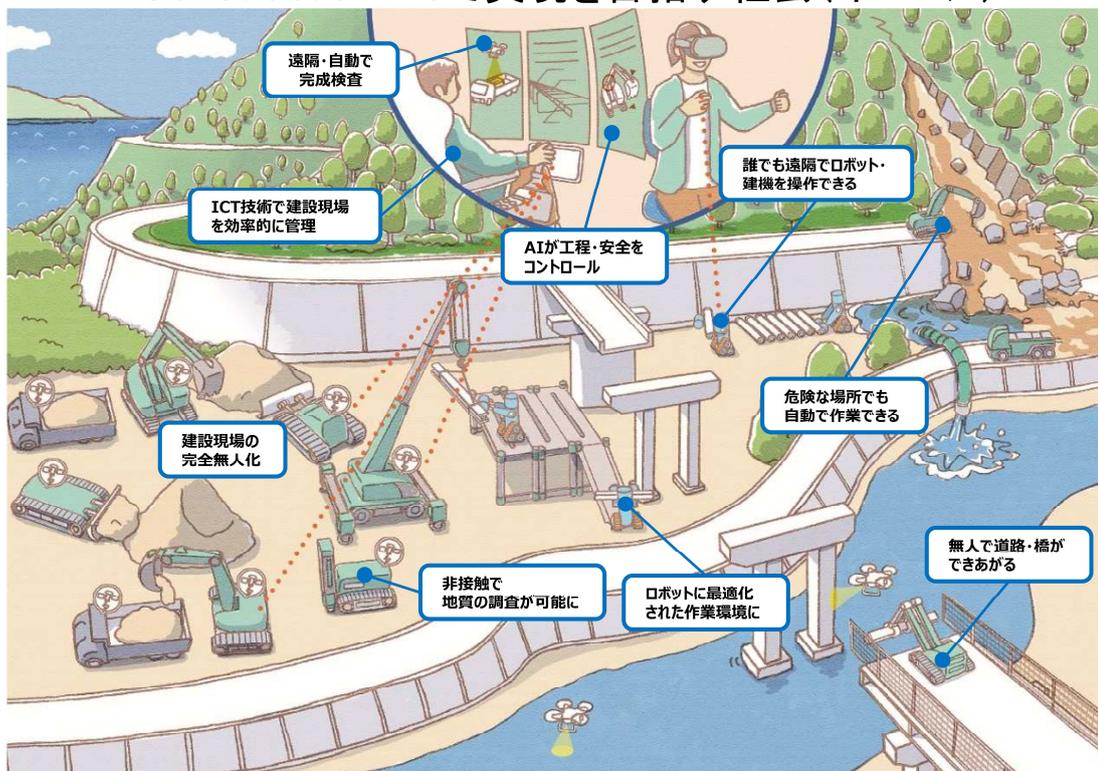
¹ 建設ジャーナル ONLINE. 特集 無人化施工.

参照先：<https://kenkij.com/tokushu/202109-01.html>（2024 年 6 月 24 日閲覧）

持つ建機を導入した。この取り組みはその後にも全国の災害復旧工事で役立ち、無人化施工の導入支援や知識の共有に貢献している。

また、国土交通省では2024年4月16日に「i-Construction 2.0」²を策定し、2040年度までに建設現場の省人化を少なくとも3割、生産性を1.5倍向上を目指し、「施工のオートメーション化」、「データ連携のオートメーション化」、「施工管理のオートメーション化」を三本柱として、建設現場のオートメーション化に取り組んでいる。

図表1 i-Construction 2.0で2040年度までに実現する無人化施工のイメージ
i-Construction 2.0で実現を目指す社会(イメージ)



(出典) 国土交通省 「i-Construction 2.0 ~建設現場のオートメーション化~」

² 国土交通省. プレスリリース 「i-Construction 2.0」を策定しました.
参照先 : <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001738521.pdf> (2024年6月24日閲覧)

4. 海外における全自動化施工にむけた取組

海外でも先進的に全自動化施工に向けた取組がいくつか進められている。スペインの Scaled Robotics 社では、建設現場での進捗管理や品質チェックを行うロボットを開発している。³これらのロボットは、3D スキャナーと AI を用いて現場の状況をリアルタイムで分析し、進捗状況を可視化している。これにより問題の早期発見と解決が可能となり、建設プロジェクトの効率化が期待されている。実際の建設現場にも既に導入されており、具体的な導入事例としてオランダの Dura Vermeer 社や、英国の Kier 社などの建設現場がある。

図表 2 Scaled Robotics 社によるロボット施工管理



(出典) Scaled Robotics 社 ウェブサイト

ドイツの Kewazo 社では、建設現場での資材搬送を自動化するロボット「Liftbot」を提供している。(図表 3 参照) Liftbot は、足場の組み立てや解体に必要な部材を効率的に運搬することで、作業者の労働負荷を軽減し⁴、工期を短縮することが期待されている。Kewazo 社は、このソリューションを 28 か所以上の建設プロジェクトでテストを行った結果、Liftbot ロボットシステムによって人件費の 20~50%を節約できることを証明したという。

³ TechCrunch. “Digitizing construction sites with Scaled Robotics”.

参照先：<https://contech.jp/scaledrobotics/>

⁴ Advanced Technology X 建設ロボティクスの KEWAZO がシリーズ A で約 5.5 億円の資金を調達

参照先：<https://atx-research.co.jp/2021/09/22/kewazo-seriesa/>

図表3 Kewazo社によるロボット施工管理



(出典) Kewazo社 ウェブサイト

アメリカの建設3Dプリンティング企業のSQ4D社は、アメリカで初の許可を得た3Dプリント住宅をニューヨークで建設、販売している。住宅の床面積は約185.8m²（約562坪）で、施工に要する時間はわずか34時間であり、大幅な人員削減とコスト短縮に貢献している。

このように全自動化施工に向けた様々な取組が各国で進められており、いずれも自動化施工によって建設業の人材確保やコストの問題を解決しようと試みている。

5. 全自動化施工の課題

海外における様々な全自動化施工の取組について一部取り上げてみたが、現状では「計画・設計・施工・維持管理」の全てのプロセスを、ほぼ人の介入なしで進められている事例はない。例えば3Dプリント技術は、同じレイアウトの図面を採用すれば、計画・設計・施工の全てを自動化できているとも言えなくはないが、大型土木構造物に適用すると、現在の設計基準に合わないという課題や、地盤条件が異なったら設計の見直しが生ずるなど、同じ図面をそのまま他の場所で採用することが出来ないで全ての過程を自動化することは現状では困難である。

全自動化施工を実現するにあたっては、主に2つの問題を解決する必要があると思われる。

(1) 問題に気付く仕組みづくり

1点目は、問題に気付く仕組みづくりである。設計では想定されていなかった問題が、施工の段階で発覚する事は往々にしてあることだが、もし全自動化施工にする場合、施工段階で問題が明らかになるだろうか。また、設計段階から測量データ等の、基準の情報が間違っていた場合、施工段階でそのまま問題に気付かず施工を進めてしまい、構造物が傾いてしまったり、事故に繋がったりする危険性もある。無論、それは全自動化施工でなくても十分起こりうる事態である。全自動化施工でも、予め考えられうる問題に対処できるようにプログラムの開発が行われているが、最後は人による確認をもって問題がないか確認する必要があると思われる。人による確認についても、十分な経験がなければ起こりうる問題事項を確認する事は難しい。

例えば、車を今まで運転した事が一度もない人が自動運転の車で運転する事を想像してみてほしい。いつ・どのような場所で、子供が急に飛び出す等、注意しなければならないのかについて経験がないと、「かもしれない運転」を十分にすることは難しい。自動運転車の衝突防止センサーが壊れていて、いつものように乗車していたら衝突事故になってしまったという事が出てくるかもしれない。問題に気付く仕組みづくりを考える上で、経験によらず確認できる項目はマニュアル化して誰でもダブルチェックを行う事ができるようにしなければならない。

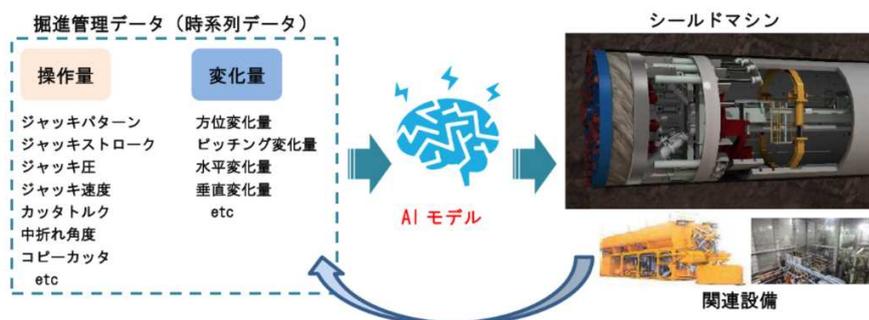
(2) 全自動化施工に向けたデータ整備

2点目は全自動化施工に向けたデータ整備である。先述で、全自動化施工でも予め考えられうる問題に対処できるプログラムの開発が行われていると記載したが、開発を進める上ではデータ整備が必要になる。

西松建設が開発し導入している AI モデルを活用したシールド施工の掘進管理システム「NS-BRAINS」⁵を例に挙げて説明させていただく。「NS-BRAINS」の開発目的は熟練オペレータや所長の経験や技量を学習し掘進方向を推測、制御の自動化を目指すことである。これにより、掘削精度の向上（品質向上）、施工の効率化（生産性向上）を図るだけでなく、個人差があったオペレータの操作技術を数値化し、AI モデルの学習を通じて踏襲し、熟練者から細かい技術を学ばなくても操作が可能になる。

⁵ 西松建設株式会社. プレスリリース AI モデルを活用したシールドマシンの掘進方向制御の支援システムを開発. 参照先：<https://www.nishimatsu.co.jp/news/2022/ai.html>

図表 4 NS-BRAINs システム概要



(出典) 西松建設株式会社 ウェブサイト

このように AI に学習させて施工を行う技術の開発はいくつか事例があるが、熟練の監督やオペレータの経験・技術をいかに数値化して判断するのかというのが重要な課題の 1 つとなっている。例えば、シールド工事では地盤を刃のついた円盤を回転させながら掘っていくが、円盤が回転する際の力の大きさ（トルク）が同じ数値でも掘れている場合と掘れていない場合がある。同じトルクでも何故結果が異なるのかはここでは割愛するが、あらゆるパラメータを確認して総合的に判断する事が重要である。

NS-BRAINs の開発に携わった方に話を聞くと、シールド機で掘っている最中のデータは既に大よそ蓄積されているが、熟練オペレーターや所長が判断していた結論と同じ結果を AI に学習させるためには、追加でデータを収集したり、データを組み合わせ判断した結果が、熟練者が判断した結果と合致するかどうか試行錯誤を繰り返したという。

このように、全自動化施工をすすめるにあたっては、AI に学習させるためのデータを整備しなければならない。シールド工事ではデータは基本的に収集されているが、工事の種類によっては、データ収集を行っていないものも多くある。また、データがあっても電子化されていない事も少なくない。

上記の 2 つの課題以外にも、狭い現場での人による作業でなければ難しい作業など様々な課題があるが、問題に気付く仕組みづくりや、全自動化施工に向けたデータ整備を行うことが全自動化施工をすすめるにあたっての重要な鍵であると考えます。

6. まとめ

全自動化施工に向けた取組は国内外問わず様々な試みが行われている。工事の種類によっては自動化施工しやすいものと自動化施工が難しいものが出てくると思われるが、将来的には担い手不足の解消の1つとして全自動化施工の流れが大きくなるのではないかとと思われる。現に施工時のAI化はNS-BRAINsのように実際に行われている事例は少なくなない。ただし、自動化施工を行う上では、経験の浅い人でも自動化施工が適切に行われているか判断できるシステムを構築しなければならない。

上記のことから分かるように、計画から維持管理の全てを自動化施工する全自動化施工を行う未来が来るというよりは、今後は各過程において自動化施工が進められて、人がダブルチェックを行う体制が進むのではないかとと思われる。

(担当：研究員 宮川 結衣)

「さて、ここで問題です。2020年に開催が予定されている東京オリンピック・パラリンピックは、ある社会情勢により延期となります。それは何故でしょうか。」東京大会の開催が決まり歓喜に沸く過去の日本人にこのクイズを出したら、どんな答えが返ってくるだろうか。2021年から早くも3年が経過し、本研究所だよりが発刊される2024年7月にはパリオリンピック・パラリンピックが開幕する。

筆者の記憶にある最初のオリンピック・パラリンピックは2000年に開催されたシドニー大会である。当時、旅行先のホテルで見た高橋尚子選手のゴールシーンの中継映像を、今でもはっきりと覚えている。2004年アテネ大会の翌年には、吹奏楽部に入部し覚えてたのアルトサクソで「栄光の架け橋」を演奏した。2016年リオデジャネイロ大会では新入社員で初めての業務に四苦八苦しながらも、アスリートたちの懸命な姿に励まされた。4年に一度開催されるオリンピック・パラリンピックは、過去大会での印象的なシーンと共に、皆がそれぞれの思い出を振り返るきっかけにもなるのではないだろうか。

2020年に予定されていた東京大会は新型コロナウイルスの影響で延期となり、2021年に無観客で開催された。近代の夏季オリンピックでは1916年、1940年、1944年の3大会で開催中止となっているが、いずれも戦争が原因である。冒頭のクイズを出題されたら、おそらく筆者は、戦争か首都圏での大地震を疑う。オリンピック・パラリンピックが予定通りに開催されないということは、通常では考えられない事態が社会のなかで起きているということであり、東京大会の延期は、新型コロナウイルスが私たちの生活にもたらした影響の大きさを物語っている。

パリ大会は予定通り2024年7月に開催されることとなったが、世界に目を向けると紛争が続いている国地域もあり、平和な世界が実現しているとは言い難い。オリンピック憲章では、オリンピズムの目的を「人間の尊厳を保つことに重きを置く平和な社会の確立を奨励することを視野に入れ、あらゆる場で調和のとれた人間の発達にスポーツを役立てることにある。」¹と定義している。2024年現在、戦火のなかにある国地域が一日でも早く平和を取り戻すこと、そしてこれからも、オリンピック・パラリンピックが4年に一度、当たり前前に開催される世の中であることを願うばかりである。

(担当：研究員 小林 朱音)

¹ 財団法人日本オリンピック委員会. (2003年7月4日). オリンピック憲章. 参照先: TEAM JAPAN: <https://www.joc.or.jp/olympism/chapter/pdf/olympiccharter200300j.pdf>