

東南アジア・オセアニアにおける水素事業の投資機会

～ マレーシアの事例を中心に ～

NRI シンガポール
Manager 沼田 悠佑



1 はじめに

世界的に脱炭素の潮流が拡大するなかで、水素は脱炭素の達成に必要な不可欠なエネルギー源として注目されている。というのも、水素は燃焼時にCO₂を排出しない脱炭素燃料として、発電・輸送・産業用等を中心に多様な用途での利用が期待されているからである。

一方、再生可能エネルギー（以下、再エネ）を含む資源の賦存量が少ない日本では、水素を国内で製造することは難しく、海外からの輸入に頼らなければならない。そのため、水素の将来的な国内需要拡大を見据えて、製造ポテンシャルの大きい水素輸出国を見極め、現時点からステークホルダーと関係を構築していく必要がある。

既に中東・オーストラリアで水素資源の確保に向けた取り組みが進められているものの、エネルギー安全保障の観点から調達先を多様化しておく必要があることを考えると、東南アジアからの輸入も検討に値するのではないかな。

本稿においては、水素活用の意義と水素市場の全体像を概観するとともに、水素の輸入先として東南アジア、特にマレーシアの水素戦略と現状を整理することで、その参入可能性についてポイントを示したい。

2 カーボンニュートラルにおける水素活用の意義と想定される市場の全体像

1) カーボンニュートラルにおける水素活用の意義

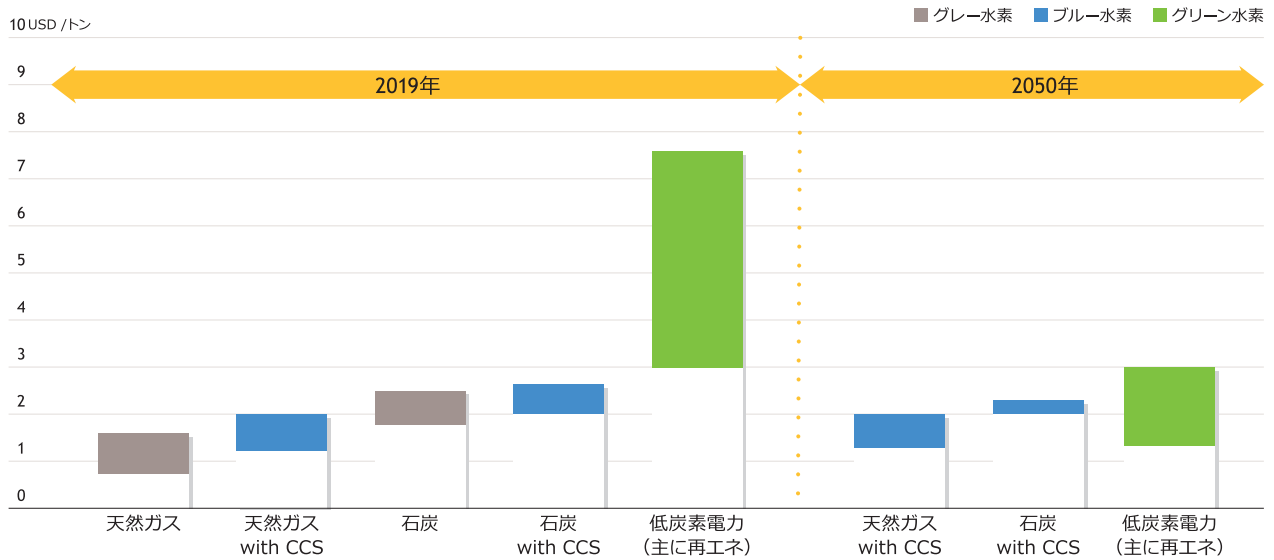
水素がカーボンニュートラル達成に不可欠であると考えられる大きな要因としては、産業・運輸等の用途において電気利用技術では代替できないエネルギー需要の脱炭素化に貢献しうること、CO₂を排出しない新たな産業プロセスの確立に貢献しうること、さらに主に発電用途として安価な再エネ由来の電力の流通を実現すること、再エネの発電所の出力制御^{※1}への対応手段となりうることが挙げられる。

特に日本では、電力分野において再エネ適地が限定されていることや、電力系統が串形であり東西で周波数が異なることから、広域での電力融通に限界がある。また再エネの調整力を確保するために火力発電を利用するニーズが高いことや、熱エネルギーを大量に活用する鉄鋼・化学などの素材産業を多く保有していることから、日本のカーボンニュートラル達成においては化石燃料代替としての水素の活用は不可欠であると考えられている。

一方で、現時点で水素利用が普及するための大きな課題の一つがコストである。製造コストの削減の

※1 資源エネルギー庁「出力制御について」https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/grid/08_syuturyokuseigy.html（最終訪問日 2023年2月）

図表 1 分類別水素製造コスト



出所) 国際エネルギー機関「CCUS in Clean Energy Transitions」(2022年)よりNRI作成

ためには原料となる天然ガスや再エネを安価で安定的に調達・製造できる場所で水素を製造する必要がある。輸送コストに関しては、製造拠点から港湾までのインフラがあることや日本への輸送距離が短いことがコスト削減に寄与するだろう。

2) 水素の分類別のコスト

水素はその製造方法に伴うCO₂排出状況によって主に3種類に分類されている^{※2}。化石燃料から製造されるグレー水素、化石燃料を原料とするもののCO₂の回収・貯留システム(以下、CCS)を具備することで製造プロセスにおけるCO₂排出量を大幅に削減したブルー水素、さらに再エネ由来の電力を使って水分解することで製造されるグリーン水素である。

製造コスト面では、グレー水素、特に天然ガス由来の水素のコストが最も低いもののその製造過程においてCO₂を排出するため、脱炭素燃料とはみなされない。現時点ではCO₂を回収・貯留するブルー水素が現実的な選択肢ではあるが、CCSを具備する

ためのコストが高く、さらなるコスト低減が困難であるとみられている。

このため、再エネ発電のコスト低減や電解システムの技術革新によりグリーン水素の価格は長期的に下落していくことが期待されていることから、将来的にグリーン水素の利用が拡大していく見込みである。

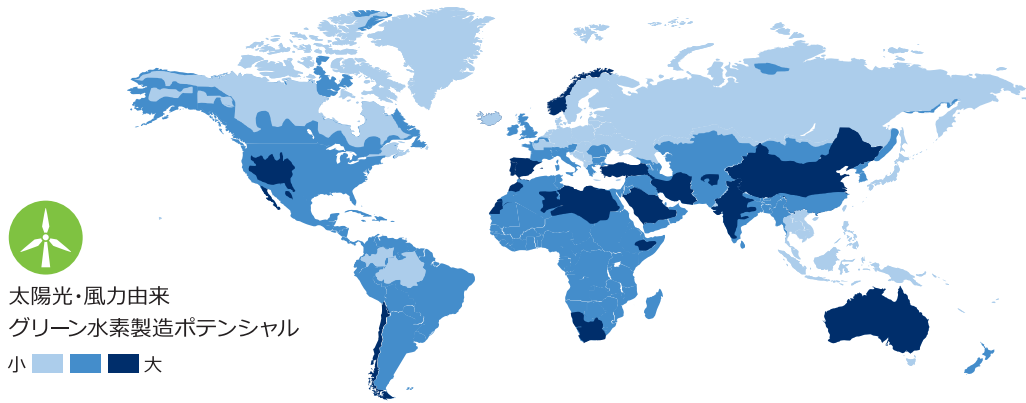
3 東アジア・オセアニアにおける水素製造・利用の全体像

1) 国際水素サプライチェーンの重要性

水素プロジェクトはまだ実証フェーズにあり、社会実装には至っていない。経済産業省は、水素を活用するにあたって需要と供給の両面から一体的に取り組みを推進することが重要との認識のもと、需要

※2 原子力由来の水素製造についても現在検討が進んでいるものの、本稿における主題ではないため割愛する

図表2 地域別水素製造ポテンシャル



出所) Hydrogen Council, McKinsey & Company「Hydrogen Insight」(2021年)よりNRI作成

サイドおよび製造サイドにおける課題と対応の方向性を示している。

需要サイドについては水素利用の多様化・クリーン化、製造サイドに関しては水電解装置のコスト低減や電力システムへの統合、革新的な水素製造技術への投資を進めることによって、日本国内市場における需要喚起や日本企業の技術革新をサポートするとともに、調達に関しては、資源外交を含めた国際水素サプライチェーンを構築することで、安価で安定的に大量の水素を輸入できる体制の構築を重視している^{※3}。

特に、水素調達にあたっては国際的なサプライチェーン構築が不可欠である。日本は石炭・天然ガスの調達を輸入に依存しているだけでなく、炭素貯留が可能な地域が限定されていることからブルー水素の製造には適しておらず、また再エネの発電コストが他国よりも高いためグリーン水素の製造も難しい。そのため、国内で安価かつ大量に水素を製造することができないことを前提とすると、大量の水素を確保するには海外からの調達が欠かせないからである^{※4}。

また、国際的なサプライチェーンの構築にあたっては石油危機以降、エネルギー安全保障の確立に向

けて化石燃料の調達先を多様化してきているのと同様に、将来の主要なエネルギー源となる水素についても多様な調達先を確保することが必要となる。

2) 水素調達先の有望国の検討

グリーン水素の調達先を検討するにあたり、再エネの導入見込み量が多い地域であることが重要である。一般的には、再エネのなかでも今後導入量が大きく拡大し、電力価格が下落すると見込まれている太陽光・風力発電が有望視されている。実際にHydrogen Councilも水素製造ポテンシャルを測る指標として太陽光・風力発電の導入見込み量を参照している。

結果として、中国、インド、中東、米国、オーストラリア等が水素の調達先の適地として期待されている。東南アジアでは、平地が限定されていることや赤道に近く風況に恵まれていないことから太陽光・風力の導入見込み量は小さく、グリーン水素の

※3 資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理(案)」(2021年)

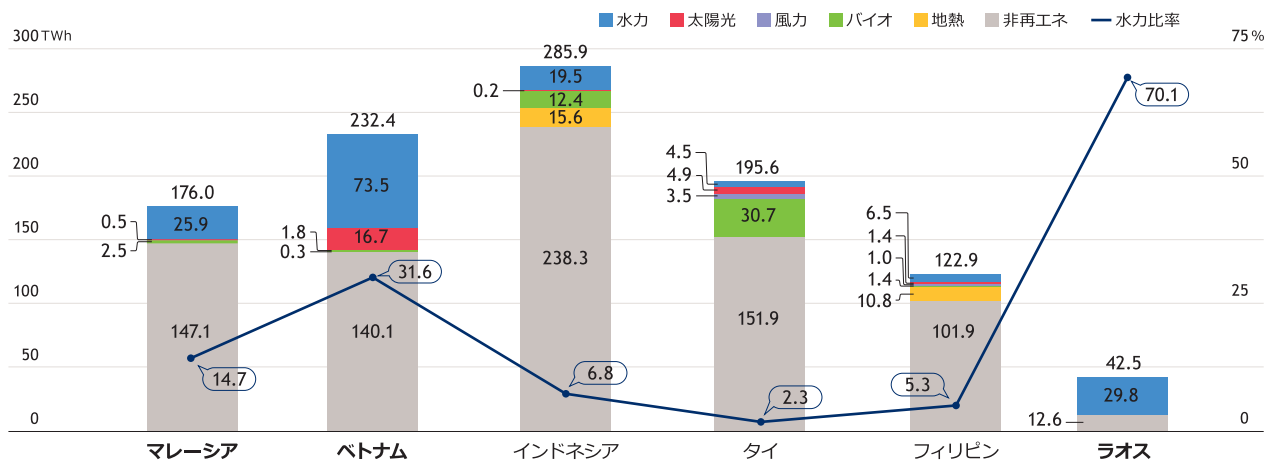
※4 同上

図表3 電源別利用率・発電コスト

	利用率(%)		均等化発電原価 [LCOE] (USD/kWh)	
	2010年	2021年	2010年	2021年
バイオエネルギー	72	68	0.078	0.067
地熱	87	77	0.05	0.068
水力	44	45	0.039	0.048
太陽光	14	17	0.417	0.048
陸上風力	27	39	0.102	0.033
洋上風力	38	39	0.188	0.075

出所) 国際再生可能エネルギー機関「Renewable Power Generation Cost in 2021」よりNRI作成

図表4 東南アジア主要国の電源構成



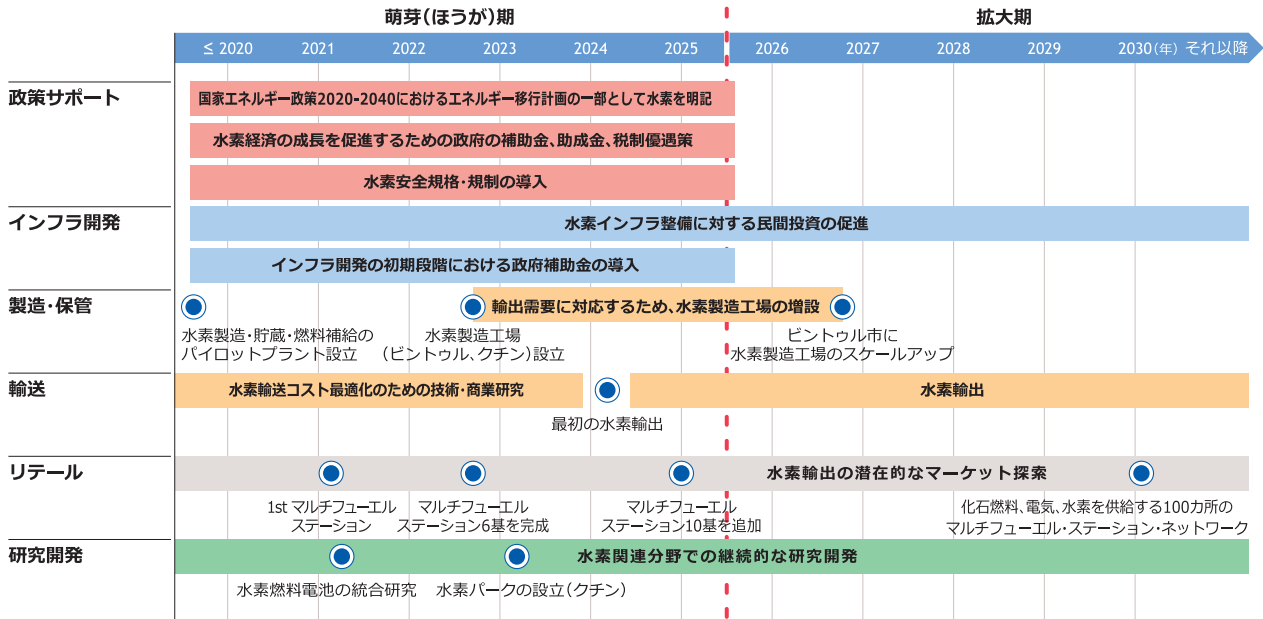
注) データは2020年時点のもの
出所) 国際再生可能エネルギー機関「Statistical Profiles」よりNRI作成

製造ポテンシャルは大きくないと評価されることが多い。

一方で、水素製造における再エネの電源ポテンシャルとして水力発電も重要である。水力発電のコストは足元では太陽光・風力と同等あるいは安価であることに加えて、天候の変動による影響を受けずに安定的な発電が可能であるため、水電解装置の利用率を高く維持しやすい点もメリットである。そのため、水力発電の発電容量・賦存量が大きい国・地域も水素製造ポテンシャルをもつといえる。現在の東南アジア主要国の電源構成をみると、ラオスを除く全ての国で非再エネ（石炭・天然ガス）の割合が

高いものの、マレーシア、ベトナム、ラオスなどは水力発電の比率が14.7%、31.6%、70.1%と水力発電大国であり、水素製造国として機能しうると考えられる（図表4）。

図表5 サラワク州の水素ロードマップ



出所) Economic Planning Unit Sarawak「Spearheading the Hydrogen Economy in Malaysia」より NRI 作成

4 マレーシアにおける水素事業の有望性

1) マレーシアにおける水素に関する政策

東南アジアでは、水素製造に関する国内議論が成熟していない^{※5} 国も多いなか、マレーシアは国全体としてのエネルギー戦略を定めた「国家エネルギー政策 2022 - 2040」のなかで、水素製造を重要政策の一つとして位置付けている。本章においては、マレーシアの現状と今後の開発計画を概観し、その水素製造ポテンシャルについて検討を行う。

マレーシアは上記戦略に従い、国全体としての長期水素ロードマップを Ministry of Science, Technology and Innovation (科学技術革新省) が中心となって作成している。マレーシアにおける主要な水素製造プロジェクトとしては、半島部でペトロナスが進めるブルー・グリーン水素製造と、サラワク州で進めるグリーン水素製造の二つがある。半島部の計画では自社の石油化学工場から生じる副生水素の活用が中心になると想定されている。水力発電・太陽光発電を活用したグリーン水素の製造も検

討されているものの、導入される再エネ規模は大きくはなく、グリーン水素の大量製造には適していない。他方、サラワク州は、既に大規模水力発電所だけで 3.4GW の発電設備を保有しており、2027 年までに 1.28GW の水力発電所を新規開発するとしている^{※6} ことから、グリーン水素製造の大きなポテンシャルがあるといえる。

マレーシア政府の戦略では、2031 ~ 2040 年にはサラワク州を水素輸出の競争力のあるグローバルハブとして確立させることを目指している。さらに、州政府自身が「アジア地域における水素のハブにな

※5 水力が最も多いベトナムでは現在策定を進めている第 8 次電源開発計画において、国産グリーン水素の大規模製造を検討しているもののメインは今後拡大する風力発電所由来を想定しているが、水力発電所の活用も含めて具体的な戦略・ロードマップは未策定である

※6 サラワクエナジーウェブサイト: <https://www.sarawakenergy.com/what-we-do/power-generation>

図表 6 サラワク州における水素製造プロジェクト

プロジェクト名	主要プレーヤー	プロジェクト概要	進捗(しんちよく)
H2ornbill Project (日本勢)	<ul style="list-style-type: none"> サラワク州政府、SEDC ENEOS、住友商事 	<ul style="list-style-type: none"> サラワクのピントゥルにおける製油所の既存設備等を活用した脱水素技術等の確立、メチルシクロヘキサン(MCH)サプライチェーン構築のための商用化実証事業を行う NEDOグリーンイノベーション基金を活用 プロジェクト全体としては、2023年までに3,000トン、2025年までに1万トン、最終的には10万トン(水力発電700MWにあたる)の製造を目指す 	<ul style="list-style-type: none"> FS実施中。完了次第FEEDフェーズへ移行予定
H2biscus Project (韓国勢)	<ul style="list-style-type: none"> サラワク州政府、SEDC サムスン、ロッテケミカル、ポスコ等 	<ul style="list-style-type: none"> 同じくピントゥルにて、石油化学ハブの工場で生産されたグリーン水素の大部分を韓国に輸出 プラントは年間63万トンのグリーンアンモニア、60万トンのブルーアンモニア、22万トンのグリーン水素を生産し、そのうち7,000トンは国内で使用され、残りは韓国に輸出予定 	<ul style="list-style-type: none"> 2021年にFS完了。2022年以降FEEDフェーズ

出所) Economic Planning Unit Sarawak「Spearheading the Hydrogen Economy in Malaysia」、ENEOS株式会社プレスリリース等より NRI 作成

る」とのビジョンのもと、マレーシア政府に先んじて州独自の水素ロードマップを2021年に策定している。州のロードマップにおいては、2030年までにサラワク水素経済を確立させ、2027年までに年間10万トンのグリーン水素を製造するという目標が掲げられ^{※7}、フィージビリティスタディー(FS)実施や輸出開始時期などに関連するスケジュールが策定されている。

しかし、ロードマップ上ではサラワク州政府補助金を付与することが示されているものの、2023年2月現在においては具体的な補助制度の整備にまでは至っていない等、ロードマップの実現に遅れが生じており、追加的な検討が求められている点には留意が必要である。

2) サラワク州における水素製造・輸出事業の優位性と参入機会

サラワク州ではSarawak Economic Development Corporation (SEDC / サラワク州政府 100% 出

資) が水素製造プロジェクトに出資を行い、水力発電所を独占的に保有しているサラワクエナジー (Sarawak Energy Berhad / サラワク州政府 100% 保有) が水素製造のために安価な電力供給を行っている等、州政府が水素事業に強力にコミットしている。

こうした官民一体での協力により、サラワク州における水素製造プロジェクトでは、水力発電の発電コストが比較的安く競争力が保てること以外にも、日本とも近く輸送コストが抑えられること、また水力発電からの安定的な電力調達のもとで水素製造が行えること等のメリットがある。

実際に州内の水力発電所を保有するサラワクエナ

※7 Economic Planning Unit Sarawak「Spearheading the Hydrogen Economy in Malaysia」および TIME TO ACT : Hydrogen Forum 2022 パネルディスカッションにおけるマレーシアサラワク州知事のコメント

ジーによると、グリーン水素製造には0.05USドル/kWh程度での電力供給を行っており^{※8}、他国のグリーン水素と比較してもコスト競争力が高いといえる。また、マレーシアのビントゥルから日本（東京湾を想定）までは約4,600kmに対し、オーストラリアのWithnell Bayからは約6,800km、アラブ首長国連邦のアブダビからは約1万2,000kmであり、輸送距離が短いことはコスト低減等のメリットになりうる。

サラワク州におけるグリーン水素製造を拡大するにあたっては、サラワクエナジー1社が水力発電所を独占的に保有しているだけでなく、州政府が主導しようとしていることから関連ステークホルダーとの関係性構築が極めて重要となる。また、水力発電所の発電容量の拡大は多くの時間的・経済的リソースが必要であることから、水力発電由来の電力を利用した水素製造の拡大においては電力供給量が制約される可能性が懸念される。

既に、日本勢のENEOSや住友商事がSEDCと連携しサラワク州の水素製造を計画しており、最終的に10万トンの水素製造を目指している一方、韓国勢ではサムスン（特に建設大手のサムスンエンジニアリング）、化学大手ロッテケミカル、鉄鋼大手ポスコ等が参画しており、将来的に22万トンのグリーン水素を製造する計画を策定していることから、水力発電由来の電力の確保をめぐって競合する可能性がある。

韓国勢がサラワク州において積極的な計画を策定している背景には、日本と同様に自国でグリーン・ブルー水素の製造が困難である事情があり、2021年には水素先導国家ビジョンを策定し、国内需要の拡大と国際サプライチェーンへの政府援助を強めている。特にサラワク州に対しては、Sarawak-Korea Business Forum 2022にてSarawak-Korea

Strategic Energy Partnershipを強化していく方針を発表するなど、韓国政府自らがサラワク州におけるグリーン水素製造を環境整備からサポートすることを宣言している。既に数十億ドルの資金提供を実施する^{※9}など、官民一体となって韓国向けのグリーン水素製造拠点を確保するためにまい進している。

SEDCと韓国企業の締結した内容によれば、製造したグリーン水素の全てが韓国向けに輸出されるのではなく、州都クチンで整備が計画されている次世代交通システム向けに供給する等、サラワク州内のCO₂排出削減にも貢献するよう配慮もなされている^{※10}。また、韓国勢はサラワク州においてメタノール開発のプロジェクトにおけるエンジニアリング、原料調達、EPC^{※11}業務や、シェル社が実施するサラワク州内の油田開発においてもEPC業務を受注するなど、水素にかぎらず州内での事業を拡大しており、全面的にステークホルダーとの関係を構築している^{※12}。

※8 図表3ではLCOEコストのみを記載しているが、サラワクエナジーが提案しているのは送配電・小売マージン等を上乗せした小売価格であり、競争力のある価格であるといえる

※9 The Star “Sarawak on course to become hydrogen economy, says Abang Jo” (2022年9月7日)

※10 The Star “Sarawak to export green hydrogen to South Korea” (2022年6月13日)

※11 エンジニアリング、調達、建設を一括したプロジェクトとして設備建設工事を請け負う業務のこと

※12 Upstream “Samsung advances green hydrogen project in Malaysia” (2022年9月12日)

5 おわりに

水素プロジェクトは現時点ではあくまで実証事業として取り組まれており、補助金なしでは収益性の確保が困難であることから、2030年以降に商業化される事業であると考えられている。一方で、グリーン水素の製造に必要な電力を調達するための再エネ発電所や、港湾等の輸出インフラにはキャパシティーの制約がある。このため、既に実証を行っている企業は、将来的な事業展開を見据えて現地政府・企業と関係性を強化し、地域内の再エネ電源や輸送パイプライン、港湾施設などの輸出インフラの利用権を確保しはじめている。

水素の調達先として、既に注力されている中東・オーストラリアに加え、マレーシアなどの東南アジア諸国でも水力発電等を活用することでグリーン水素を安定的に製造できるポテンシャルをもつ。これらの国・地域政府は、インフラや支援スキームが未確立なケースも存在するからこそ、水素製造・輸出に向けた事業スキームの開発、政府補助の仕組みの構築、再エネ電源・輸出インフラの開発の段階から入り込めるチャンスが残されているのではないだろうか。

※本稿については、3月までNRIシンガポールに在籍していた豊田薫も共同で執筆した。

●…… 筆者
沼田 悠佑 (ぬまた ゆうすけ)
NRIシンガポール
Manager
専門は、エネルギー・カーボンニュートラルを中心にサステナビリティ全般に関する政策立案支援・新規事業立案など
E-mail : y-numata@nri.co.jp