



Title	EU諸国と一带一路構想の関係における水素エネルギー資源変動の力学
Author(s)	
Citation	令和6（2024）年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2025
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/101260
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

令和6年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書					
ふりがな 氏名	すぎもと かんた 杉本 幹太	学部 学科	基礎工学部 化学応用科学科	学年	2年
ふりがな 共同 研究者氏名	にしはら ゆうま 西原 悠宇	学部 学科	法学部 国際公共政策学科	学年	2年
	まつむら かづき 松村 和熙		法学部 国際公共政策学科		2年
					年
アドバイザー教員 氏名	南 和志	所属	国際公共政策研究科		
研究課題名	EU 諸国と一带一路構想の関係における水素エネルギー資源変動の力学				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
<h2>はじめに</h2> <p>COP21 第 2 条 1(a)で「世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも摂氏二度高い水準を十分に下回るものに抑えること並びに世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも摂氏一・五度高い水準までのものに制限するための努力を、この努力が気候変動のリスク及び影響を著しく減少させることとなるものであることを認識しつつ、継続すること。」が多くの国によって合意され、新興国であれ、先進国であれ、地球温暖化を阻止するために努力することを決意した。また、2021 年英国のグラスゴーで開催された COP26 では、パリ協定で決まった 2℃目標 1.5℃努力目標をさらに上回る 1.5℃目標を各国は決意し、その具体的なアプローチとして、COP26 決定 20 条には「各国の事情に照らした最貧者及び最脆弱者を対象とした支援を提供し、また、公正な移行に向けた支援の必要性を認識しつつ、クリーン電力の実装と省エネルギー措置(排出削減対策の講じられていない石炭火力発電の適減(フェーズダウン)と非効率な化石燃料補助金のフェーズアウトに向けた努力を加速させることを含む)の急速な拡大によるものを含む低排出なエネルギーシステムへの移行に向けた技術の開発、実装、普及及び政策の採用を加速することを締約国に求める。」、このようなことが記されている。具体的かつ実行性を求める EU 諸国と自国民の発展及び先進国の地球温暖化に関する責任問題を問う新興国の中での対立があった、世界各国が 1.5℃目標にむけた省エネルギー措置を講じることを決意した。また、2023 年 UAE で開催された COP28 においては、「2050 年までにネット・ゼロ(温暖化ガス排出実質ゼロ)を達成するために、公正で秩序だつて公平な方法で、エネルギーシステムにおいて化石燃料を転換していく、この重要な 10 年にその行動を加速させる」ことで合意した。化石燃料から脱却して新たなエネルギーシステムの下で世界は持続的に発展することを決意したのだ。その化石燃料の代わりになるエネルギーシステムで注目されているのが水素である。水素が注目されている理由については後章で詳しく述べるが、燃やしても GHG(地球温暖化ガス)を排出しないことがあげられる。つまり、水素は環境負荷が低い未来のエネルギー源である。しかしながら、水素は多くの国で研究が行われているにもかかわらず、水素に関する規制並びに地</p>					

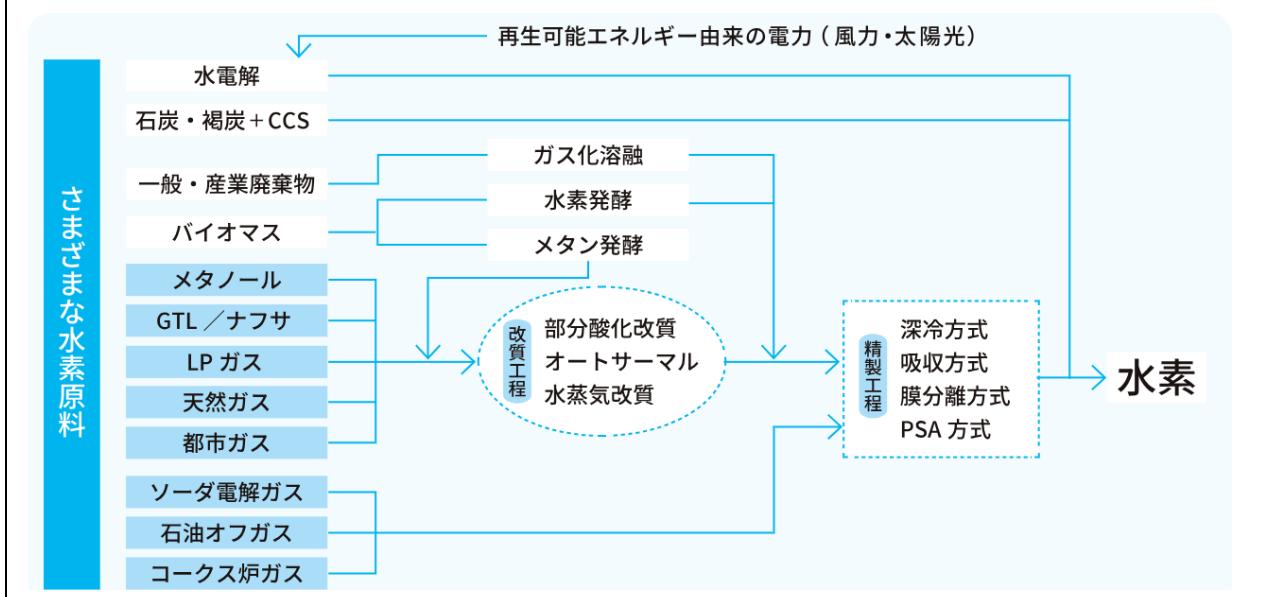
政局変化について述べた研究は少ない。そのため、私たちは、世界最大の水素生産国である中国と水素の規制並びに水素に関する投資額が多い EU の 2 つの国についての水素をめぐる国際情勢について研究した。そのために我々は主に EU と中国における「水素の色分けをめぐる規制」と「グリーン水素を生成する際の電解槽」における対立に着目した。Rosh 規制などという環境規制の面で国際的な地位のある EU と PV や EV でのクリーン技術で大きく世界をリードしている中国という2つ国際的に秀でている部分について着目することで、水素をめぐる国益が表出すると考えたからである。主に論文の構成としては、1章で基本的な水素についての製造方法や色分けについて述べる。2、3 章では、中国と EU の基本的な水素戦略を述べる。3章では EU の規制伝搬と水素に関する戦略について述べる。この論文を通して、EU と中国においての水素をめぐる権力争いに伴うエネルギー地政学的変容は EU に有利な形で進んでいるのかまたは中国が有利な形で進んでいるのかについて明らかにしていく。

1. 水素の基本情報

1-1 水素の将来性

2019 年 IEA が”The Future of Hydrogen ”というレポートを提出した。そこには、地球温暖化を解決するためには、「水素」が必要不可欠であると書かれていた。水素はロケット燃料に使われるほど莫大なエネルギーを出力できる。そして、燃やしても水しか出さないため環境負荷が低いため、未来のエネルギーとして注目されていた。水素は、液体にするのが難しく、輸送コストがかかり、また、莫大なエネルギーをどのように制御するか長年の課題であったが、最近の課題にも兆しが見え始め、水素は注目されている。そのため、2022 年アメリカ石油協会は、水素は 2050 年までの年間平均で 1 億 8000 万メートルトンの温室効果ガス(GHG)排出量を削減し、2050 年までに累積で \$4500 億以上節約できると発表した。また、水素が近年着目されるようになった理由の一つに再生可能エネルギーの増加があげられる。再生可能エネルギーは人為的に生産が行えないために、余剰電力が生まれてしまう。その余剰電力を蓄電池でためると電力ロスを生んでしまうため、その余剰電力を使って水素を生産しようという試みが増えた。これにより、再度水素が着目されている。

1-2 水素の生産方法と需要



上図は岩谷産業の「水素の製造方法」に記載されている図である。水素の製造方法は多岐にわたる。現在注目されている水素は水電解で行われているものである。これに関しては、5章で詳しく扱うことにする。現在最も生産されているのは、天然ガスから生成されている水素である。天然ガスと高温の水蒸気を反応させ水素と二酸化炭素や一酸化炭素が発生し、水素を分離する手法である。これは、家庭用の燃料電池などでも使用されている。水素はこのようにたくさんの製造方法がある。そのため、水素の製造方法により、水素の色分けが行われている。今回のこのレポートでは、再生可能エネルギーから作られる「グリーン水素」と天然ガスからつくられ CCS(=二酸化炭素回収・貯留技術)が行われている水素を「ブルー水素」、天然ガスや石炭からつくられていて CCS が行われていない水素を「グレー水素」と呼び、グリーン水素とブルー水素をまとめて「クリーン水素」と呼ぶことにする。これは、明確な国際基準ではないが、世間一般で広がっている水素の分類方法を採用している。

水素の使用用途は多岐にわたるが、現在最も使用されている、石油コンビナートでは原油から硫黄分を取り除く工程で、石油化学分野ではプラスチックなどの樹脂生成の添加剤として、製鉄所ではステンレス鋼などの表面に光沢を出す光輝焼鈍用の添加剤として利用されている。しかし、1-1 でも述べたように再エネでの余剰電力をためるため、燃料電池自動車など現在ではその発展的な水素の使われ方に注目が高まっている。



左図は、IEA の「Net-Zero Roadmap」を経済産業省エネルギー庁が作成したものである。これによると、水素の需要は、5倍に増える。最も顕著に増加しているのは、モビリティである。燃料電池自動車の普及に伴って、モビリティ分野が増加することも予想される。また、LNG 火力発電に LNG と水素を混ぜ合わせて発電することで、従来の出力のまで、二酸化炭素の排出量を抑えられ、環境負荷が減ることから、水素の発電は増加すると考えられる。

1-3 水素の値段

水素はグリーン、ブルー、グレー水素でコストが異なる。また、グリーン水素においては、その国の再エネの普及率や電気代に依存するため値段が地域によって異なっている。IEA の「The Place of Natural Hydrogen in the Energy Transition」によると、グレー水素で 1.0~2.5USD/kg、ブルー水素で 1.5~3.0USD/kg、グリーンで 4.0~9.0 USD/kg である。実際にグリーン水素製造はコストも高く、大規模生産されてないためグリーン水素は他の水素と比べると市場が小さい。EU の公式文書でも「電気分解による水素製造は、現在ほとんど大規模に生産されておらず、従来の水素との競争力もない。」とも書かれているように、グリーン水素はコスト面から他の水素と比べると生産量は少ないので現状である。

2, EU の水素基本政策

2-1 EU の水素基本戦略

EU は2019年に「グリーンディール」を発表した。これには、GHG ガス排出を実質ゼロにし、気候中立を

2050年以内に達成するものであった。そのグリーンディール政策の一環として、2020年「水素戦略」を発表した。“グリーン”水素を戦略の重点として置き、2030年までに最低40GW相当の電解槽設置、年間最大1000万トンのグリーン水素の域内生産を目標にしている。また、水素の使用は、鉄鋼生産、トラック、鉄道、一部の海上輸送での利用など新しい産業部門に徐々に拡大させていくことを目標としている。ウクライナ侵攻後、EUはロシアの天然ガス依存の危険性に気づき、脱ロシアを掲げ、2022年5月「Repower EU」を発表した。ここには、2030年までに域内生産1000万トン域外輸入1000万トンとし、産業部門における水素消費量のうち75%をグリーン水素にすることを決めた。注目するべきは、域外輸入も含めたことである。EUの基準を満たすグリーン水素を他国で生産し、輸入することでコストを安くし、EUの供給網を増大させる狙いがある。しかしながら、EUにおいてはロシアからの化石燃料輸入依存脱却と脱炭素を両立させるために急遽供給目標を増加させたため、需要予測が供給に追いついてない。EUの水素基本戦略は、主にグリーン水素の製造を掲げており、そのグリーン水素の規制を策定し、グリーン水素の価値を高めている。しかしながら、供給プロセスの力の入れようと比べると、水素に関するサプライチェーンづくりや需要を拡大させる取り組みは少なく、供給目標だけが一人歩きしている状態である。

2-2 EU の水素規制

2023年2月「グリーン水素の定義に関する委任規則」が発表された。これには3つの条件を満たす必要がある。1つ目は追加性である。追加性というのは、「グリーン水素生産のために追加的に設置された(水素生産施設の稼働の36カ月より前に稼働を開始していない)新設施設で発電された再エネ電力の供給を受けること」である。これができた要因としては、グリーン水素の生産には風力や太陽光など再生可能エネルギーに由来する電力(再エネ電力)が必要であることから、再エネ電力が不足している現状を踏まえて、既存施設で生産された再エネ電力をグリーン水素の生産拡大に充てた場合、その他の分野への再エネ電力の供給が減るだけでなく、化石燃料に由来する電力生産をむしろ増やす結果になることを危惧し、作られた条件である。2つ目と3つ目は時間的相関性と場所的相関性である。時間的相関性というのは、「水素生産と再エネ発電が同一の1時間以内に行われること」であり、場所的相関性というのは、「水素生産施設と電力供給を受ける再エネ発電施設が同一あるいは相互に接続された電力入札ゾーンに位置していること」である。しかしながら、この条件ではグリーン水素をつくる障壁が大きいため、「2027年末以前に稼働を開始した水素生産施設については追加性要件を適用しない」「2029年末まで、同一の1時間以内から同一の1カ月以内に要件を緩和する」といった猶予が持たされた。また、高圧の送電網から電力供給を受ける場合で、水素の生産地が一定以下の炭素排出集約度である電力入札ゾーンに位置する場合、再エネ購入契約の締結と時間的・地理的相関性の要件を満たす必要はあるものの、追加性要件を免除する規定を新たに追加した。これにより、原子力を使用して水素を生産してもグリーン水素と認定することができるようになった。この背景には、原子力での水素生産を認めるべきであるフランスの主張が盛り込まれた形となった。

2-3 EU の水素の現状

2024年7月17日欧州会計検査院(ECA)は、EUはグリーン水素市場の構築に向けて取り組んでいるが、水素のバリューチェーン全体において課題があり、目標達成は困難だと分析した。欧州委は短期間にグリーン水素に関する法的枠組みを提案し、市場確立を後押ししたものの、定義付けに時間を要し、需給の見通しが不透明で、民間投資が先送りされていると分析した。欧州委は短期間にグリーン水素に関する法的枠組みを提案し、市場確立を後押ししたものの、定義付けに時間を要し、需給の見通しが不透明で、民間投資が先送りされていると分析した。欧州で起こっているインフレなどの影響で、グリーン

水素に投資するどころではなくなっていることも挙げられる。また、ウクライナ危機後の電気代の高騰により、グリーン水素の値段がいっこうに下がらないという現状もある。このような原因から今EUでもグリーン水素開発には消極的であり、Repower EU で記されていた「2030 年までに域内生産1000万トン域外輸入1000万トンとし、産業部門における水素消費量のうち75%をグリーン水素にする」目標を達成できる見込みは立っていない。

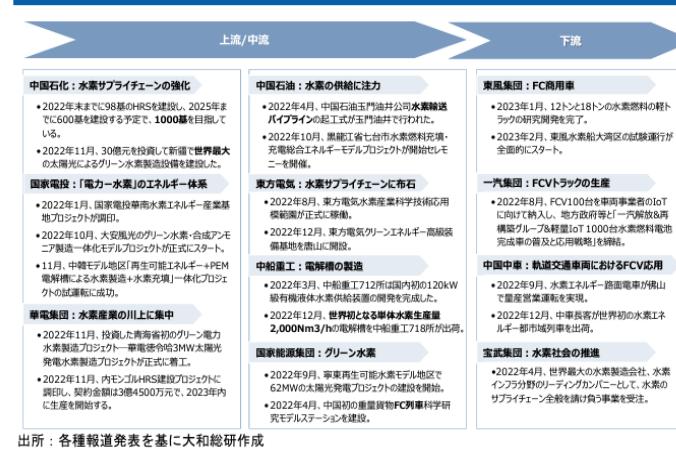
3.中国の水素政策

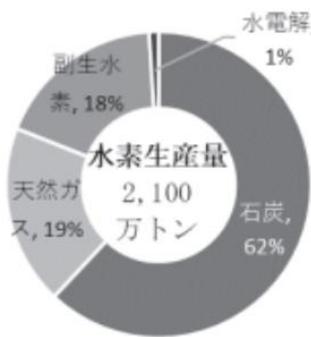
3-1 中国の水素戦略

2020年9月22日中国は第75回国連総会で「双炭」を発表した。「双炭」とは、「2030 年までにカーボンピークアウト」と「2060年のカーボンニュートラル」を示している。中国は、2022年3月23日に、「水素エネルギー産業発展の中長期計画」を発表した。中国の水素生産の現状国内状況から見れば、中国は世界最大規模の水素製造国である。年間水素製造量は約 3300 万トン、そのうち、工業用水素ガス品質標準に達しているのは約 1200 万トンとなっている。しかしながら全体的に見ると、中国の水素エネルギー産業は現段階では発展の初期段階にあり、国際的な先進レベルと比較すれば依然として産業のイノベーション能力は高くなく、技術装備レベルも低く、産業発展を支える基礎的な制度が立ち遅れているため、産業の発展形態と発展の道筋はさらに模索が必要とされるなどの問題と挑戦をはらんでいる。そのため、中国政府は水素を国家エネルギーシステムの重要な一部であり、水素産業が未来型産業の重要な重点方向であると宣言を行い、様々な政策を行っている。まず、基本原則としては、需要を拡大させるためのサプライチェーン作りの発展、イノベーション構築を発展させる仕組みの発展、クリーン化低酸素火低コストの多次元の水素製造システムの構築、現地に即した形で水素エネルギーの応用シーンを拡大し、交通、エネルギー貯蔵、発電、工業などの分野における水素エネルギーの多元的な応用を安定的かつ慎重に推し進めている。2025 年までに、FCV(=燃料電池自動車)を5万台、水素充填ステーション建設を配置し、グリーン水素の製造量は年間10~20万トンに達し、二酸化炭素排出量を年間で 100~200万トン削減することが掲げられている。この水素エネルギー産業発展の中長期計画にのっとり、中央国営企業が水素事業に乗り出し、水素社会に向けて本格的に取り組んでいる。左図は大和総研作成

の資料である。実際に多くの国営企業が目標達成のために行動している。直近の IEA 予測では、インフレやオフティカ不足等の影響を受け、世界各国でグリーン水素製造プロジェクトが停滞しているなか、中国だけが想定通りの進捗を示しているとされている。中国のグリーン水素産業は初期の発展段階を迎えており、中国は、グリーン水素事業を発展させるために尽力しており、他の国とは異なり、順調に発展していく。

(図表5) 中央国営企業の水素ビジネスへの参入動向





しかしながら、中国の水素生産のほとんどはグレー水素である。左図は、2019年6月に中国水素及び燃料電池産業戦略イノベーション連盟が発表した「水素と燃料電池の産業白書」をもとに小倉徹が作成したものである。グリーン水素は全体供給量のわずか1%にも満たないものになっている。1-3で述べたようにグリーン水素のコストは高いため、あまり生産されない。中国は、水素の需要拡大の政策も行っているため、水素の生産量は増える。しかしながら、ほとんどがグレー水素であるため、グレー水素を CCS 技術を用いてブルー水素にし、需要に耐えうる生産を行うことが考えられる。実際に、この白書によると、2030年時点の中国の水素生産に占める再生可能エネルギー由来はわずか3%であり、2050年時点では、10%である。つまり中国の基本的な水素戦略は、水素の需要をのばし、現在のグレー水素を CCS を用いてブルー水素に変えながら、同時にグリーン水素も少なからず増やしていく戦略である。

3-2 中国の水素規制の現状

2020年、中国は国連総会炭素中立目標をかがけた。そして、2020年12月29日に「低碳氢、清洁氢与可再生能源氢的标准与评价(=低炭素クリーンかつ再生可能な水素の規格と評価)」を発表した。この法律は、中国における水素の分類を決めたものである。

	指標		
	低炭素	クリーン水素	再生可能水素
単位水素量当たりの炭素排出量	14.51	4.9	4.9
水素製造に消費されるエネルギーは再生可能であるか(再生可能エネルギーとは、風力、太陽光、水力、バイオマス、地熱、海洋エネルギーなどの非化石エネルギー源を指す。)	再生可能エネルギーではない	再生可能エネルギーではない	再生可能エネルギーである

この水素の炭素排出量を規格として定量化するのは世界で初めてだった。この基準は、天然ガス水素製造プロセスに基づき、欧州で実施されているグリーン水素認証プログラムをベンチマークとしている。欧州のグリーン水素認証プログラムは、消費されている電力の種類に基づいて水素を分類しているのに対して、中国は「クリーン水素と再生可能水素(EUでの分類ではグリーン水素)」においては EU の水素分類を採用しているが、低炭素及びクリーン水素の分類に関しては自国の分類を採用している。これは、中国の水素生産のほとんどが石炭燃料を使用して行われていることを考慮し、国内の石炭燃料における CCS 技術の発展を促していると考えられる。2019年に EU 主導での EU 並びに中国共同議長で開催されている IPSF の影響も考えられる。IEA は 2023 年 4 月に天然ガスや石炭などの化石燃料から製造された水素でも、炭素回収(CCS=CO₂回収・貯留)技術と組み合わせることによって、製造プロセスの炭素集約度(単位当たりの水素製造時に発生する CO₂排出量)を水素 1kg 当たり 7kg 未満とすれば「クリーン水素」とみなす推奨基準を採用した。これは、中国の炭素集約度の分類を採用している。これにより、クリ

ーン水素市場は大きく市場を拡大することになる。何がグリーンで何がグリーンでないかを決めるタクソノミーによって、投資家は ESG 投資をしやすくなる現状がある。これと同様に、クリーン水素の明確な基準を決めることで、クリーン水素を製造する事業者に対し、投資家は投資がしやすくなることにより、クリーン水素市場は大きく成長する。一方、グリーン水素はコストが高く、現時点で採算が取れないことから、投資家たちはグリーン水素に投資を行わなくなり、グリーン水素は市場規模が縮小すると考えられる。また、国際的にもクリーン水素の方がグリーン水素と比べ、製造過程が比較的に容易であるため、発展途上国を中心にクリーン水素が増えていき、グリーン水素は減っていくと考えられる。これにより、中国並びに自国で天然ガスが取れるアメリカなどは、自国で作ったクリーン水素を輸出し、水素市場で大きな存在感を見せていく一方、グリーン水素に注力していた EU は、グリーン水素の規制を強めても、どの国もコストと採算性の観点から生産せず、クリーン水素を輸入するだけの立場に変更する。

3-3 中国の PV 市場並びに EV 市場の発展の原因

PV(=太陽光発電パネル)の世界シェアにおいては中国の割合が 7 割であり(2019 年時点)また、EV(=電気自動車)は中国国内で年間 108 万台(2018 年時点)であり、これは、世界の 58% を占める割合である。中国が早期に内燃機関自動車の国際市場を占めることを諦め EV に補助金を出したことも挙げられる。しかしながら、中国ならではの理由が存在する。小倉徹によれば 2 つの要因がある。1 つ目は、中央政府は各地方政府にノルマを設定し、ノルマ未達成の地方政府をブラックリスト化する。中央政府から指定された再エネ買取量に基づき、地方政府は各地方の電力卸売り業者にノルマを課す。電力卸売り業者は、割り当てられた再エネ電力量を経済的に購入する。電力卸売り業者は、ノルマ未達成の場合非化石証書を与えられる。これにより、コスト競争力がある再エネ電源が形成されえる。2 つ目は、競争力が働く人事評価制度である。地方政府の首長は、中央政府からは派遣される役人である。そのため、地方政府時代の実績が中央政府に戻った時の人事評価につながる。首長のノルマ達成のモチベーションを高め、地方政府間での競争も促進される環境がある。また、中国は、EV においては、EV の国内需要を高める政策を行ってきた。電気自動車だけに優遇措置を与えていた。中国では渋滞緩和や環境保全を目的として、取得可能な自動車のナンバー数を制限する施策が行われているが、EV の場合はこういった制限が免除される専用の「グリーンナンバー」を使用できるという優遇措置や補助金を出すことにより消費者の購買力を高めていた。中国は、消費者の購買意欲を高める政策だけでなく、強固なサプライチェーンづくりにも多くの資金を投じている。EV には、EV を充電するための電気ステーションが重要である。中国政府は、電気ステーションの増設にも多額の支援をおこなっており、電気ステーションの数は世界で 1 位である。第三位のアメリカと比べると、人口では中国はアメリカに比べ、4 倍以上の人口であるのに対し、電気ステーションの数は 14 倍以上である。このように中国政府は、生産者の生産意欲、消費者の購買意欲、並びにそれを使う際のサプライチェーンの強化を行うことで EV 並びに PV で発展をしてきた。水素も同様なことが起った際には、水素需要を強制的に生み出し、生産ノルマを課すことにより、コスト面で国際社会でリードする可能があり、グリーン水素であれ、クリーン水素であれ国際社会でおおきな存在感を出すことができる。

4. ブリュッセル効果と水素規制

この章では、特に EU の水素規制をブリュッセル効果の観点から分析していく。ブリュッセル効果は標準化競争の一具体例とみなせるので、単に EU 向けにささげられた章だとみてもらって構わない。

・ブリュッセル効果:その目的と条件

EU はしばしばその域内規制を域外に伝播させることがあるという。例えば～(ブリュッセル効果の本から引用)。この働きをブリュッセル効果とい。初めは域内規制の副産物として観測されたこの効果を、近年は意図的に用いているとみられている。EU が規制を国際標準へと広めようとする主な目的は 2 つあり、一つは規制内容それ自体の目的(環境規制なら環境保護)、もう一つは自国産業に有利な市場を国際的に作ることである(ここ他にも無いか引用)。域内の高い技術と固有のニーズに沿った規制は、当域外企業よりも域内企業の方が適応しやすく、事実上の非関税障壁として作用するうえ、それらの規則順守に必要な技術を輸出することによる貿易収入も見込める。ここでは後者の非税障壁としての側面に注目し、純粋な環境保護的動機と規制の環境保護効果については取り扱わない。

ではいついかなる時に、EU はその域内規制を域外に伝播させうるのだろうか?ブリュッセル効果の条件は以下の五つとされている;①規制下にある輸入市場の大規模さ、②規制単位の非弾力性、③他地域よりも厳しい規制、④規制能力、⑤生産の不可分性。少し詳説する。①:厳しい規制をもってしても売り手から見放されず、規制を順守したうえで売つてもらうにはその市場が重要でなければならない。カリфорニア効果であれ、上海効果であれ、この手の輸入市場発の規制伝播はその最も重要な要素として市場の巨大さを備えている。②:規制単位は非弾力的でなければならない。弾力的な単位とは、例えば法人税における企業である。企業は税制に、その所在地をタックスヘイブンに変更するという弾力的な反応を見せることで規制を回避する。一方、輸入材の規制は市場全体あるいは消費者を規制の単位としているといえる。仮に、EU の消費者が環境規制に基づかない安い商品が欲しいと思ったからと言って、それが市場規模を変える単位で海外移住するとは考えにくい。消費者は、市場は、規制に対して非弾力的である。③:他地域よりも厳しい規制でなければ、他地域は伝播なしにその規制を順守できてしまうので、伝播を確認できない。こうした状況では、目的である自国の技術的有利を利用した他国製品のブロックも行えない。④:当然ながら、規制はその作成と実施の能力がなければ成立させられない。実際は規制の制定国は十分に政府機構の発達した先進国であることが多いので、むしろ伝播国にだれがなりうるか、という議論においてこの能力が問題となってくるだろう。⑤:ある市場での厳しい規制に直面した時、それを順守する企業には二つの道がある。一方は全面順守一すべての生産をその規制に基づいて行う、他方は「使い分け」一各市場の規制に合わせて別々の商品を作る一である。規制の伝播とは国家単位での規制の順守のことを指すので、企業の自主的順守による事実上の伝播であれ、類似法令の制定による制度上の伝播であれ、伝播の前提条件として企業の全面順守が必要である。そのためには生産技術上「使い分け」が不可能であるか、または生産ラインの統一が経済的に合理的である必要がある。

また、条件とは言わずとも、伝播を促進する要素としては以下のものが挙げられる;①伝播による規制下の市場の拡大(当然、EU 単体より中国や米国も規制下に加わったほうが、それ以外の域外国にとって規制遵守の重要性は増す)、②国際会議などにおける規制国(ここでは EU)との接触。

次節では、以上の観点から EU の水素規制とその戦略を分析していく。また、ここでいう「EU の水素規制」として念頭に置かれているものは「EU タクソノミー(再生可能エネルギー由来の水素、また条件付きで天然ガスと原子力発電由来のものを環境にやさしいものとして分類)」、RED III および「グリーン水素の定義についての委任規則」である。(各出典示す)

・ブリュッセル効果からみる EU の水素戦略

:目的の確認

理論通り、域内企業の保護、国際的な水素市場における EU 圏の優位の獲得であると考えられる。事実上の関税として働く CBAM の導入、欧州水素銀行の入札条件における電解槽からの中国の部分的

排除などからそのことは読み取れる。最も、再エネや水素関連の技術における中国の巨大なシェアを考慮すると、これら EU の意図は対外的に域内企業の優位を拡大しようという積極的な側面より、経済安全保障、エネルギー安全保障上の防衛という消極的な側面が強いと考えられる。

①条件の確認

①輸入市場の大規模さ

2023年時点で、水素消費市場において欧州のシェアは8%で、中国の29%、北アメリカの17%、中東の13%、インドの9%に次ぐ5位であり(IEA, 2023, "Global Hydrogen Review 2023", p20)、存在感はあるが突出しているわけではない。もちろん、中国と中東は積極的に生産体制を整備しており、自国需要を自給する準備があると言えるため、輸入需要量を考えた場合は欧州の割合はより大きくなると考えられるが、輸入力を盾に一方的に規制を伝播させるには心もとないと言える。例えば、ブリュッセル効果の一例として有名なRoHS指令(2003年制定)が対象としていたエレクトロニクス市場においては、制定前年の2002年時点で欧州の占める割合は26%だった(JETRO, 2005, 「欧州エレクトロニクス産業の概況」, p8)。不十分と断言できないが、当然十分とはいがたい水準である。

②規制単位の非弾力性

電力の輸入であれ水素の輸入であれ、これまでのWEEE, RoHS, REACH, ELVなどのEU規制と同様、規制単位は市場・消費者である(あるいは、商品規制であるともいえる)ため、非弾力性の条件は満たされている。

③他地域より厳しい規制

EUは環境に関する基準としてはEUタクソノミー、RED IIIなどがあるが、水素に関する基準として現状明確に存在するのは「グリーン水素の定義に関する委任規則」くらいである。これは一般に流通しているグリーン水素の定義=「再生可能エネルギーによって作られていること」に加え、①追加性(グリーン水素生産のために追加的に設置された再エネ設備でなければならない)、②時間的相関性(発電と水素生産が1時間以内に行われること)、③地理的相関性(水素生産施設と再エネ発電施設がどういつまたは相互接続された電力入札ゾーンに位置していること)などの条件を満たすものを「グリーン水素」として扱う、というものである。

ただ、水素の基準については、もともとEUが水素生産のための電力供給元に基づく色による分類を重視したのに対して、米中が採用する炭素集約度を基準とするものがIEAに採用されたという経緯があり、この点対立がある。水素産業はまだ黎明期であり、EUはこれから(良くも悪くも)いくらでも追加的に規制を制定することができるし、すると考えられる。よってこの条件については将来において都度考えることが望ましい。

④規制能力

規制能力は、大きく規制制定能力と規制実施能力に分けることができる。EUは特にその巨大な官僚機構によって、複雑で難解な規格でも策定することができる規制制定能力で有名である。

規制実施能力については問題がないと考えられる。水素産業が現状強く国の関与を受けていること、仮に市場の成熟とともに民間への移行が進んだとしても資源/エネルギー分野において国が一定の関与を持続けるのはこれまでの化石燃料の前例などから見て取れるので、規制の実施/監視の点においてはむしろ数多ある民間企業を相手していたこれまでのRoHSなどの商品規制よりは透明性が高いはずである。

⑤生産の不可分性

この条件を満たすことは困難に思われる。現時点では採算の困難から政府による入札や融資に基づくプロジェクト単位で水素プラントなどの建設が行われるため、当然一つ一つの水素輸入国、プロジェクト

に基づく基準で水素は生産され、生産国において各プラントの生産は相互に独立していて可分である。仮に水素技術が向上し実用化されるに至ったとしても、基本的にそれは発電所に付随して建設される性質のものであるから、その総数は限られた数字になり、規模の経済に頼ることはできない、すなわち規格の統一が「使い分け」の恩恵を上回ることはなさそうである。

:条件を踏まえた考察

以上の条件の確認からどのようなことが言えるだろうか。重要なことは、輸入市場としての規模、生産の不可分性という重要な要素が欠けていることである。すなわち輸入市場としての魅力、規模の経済という専ら経済合理性に基づいた伝播、市場に委ねるままの伝播は困難である。もちろんそれは他の水素基準を(将来的に)持つ国にとっても同じで、生産の可分性が規格統一を回避させるので、他国との関係において、非関税障壁として基準を用いることはできても、それを国際標準化することは難しい。

:その他の側面からの考察

また、ことエネルギー分野においては各国のエネルギー安全保障上の戦略も考慮に入れる必要がある。輸出国であれ、輸入国であれ、どの地域の国であれ、エネルギー戦略の基本として依存の回避、パートナーの分散が念頭に置かれている。すなわち意図的に統一より使い分けを選ぶ志向があるともいえる。すなわち、EU が域内のグリーン水素産業の国際競争力を維持したいと願い、将来的にブルー水素の地位をより下げていくことを試みたとしても、生産の可分性からそれは EU 域内で適用される非関税障壁に終始し、国際基準になるとは考えにくい。中東、東南アジアといったブルー水素の売り手としては多様な買い手を確保したいし、何よりエネルギー輸出国という強い立場をみすみす捨てるとは考えにくい。中国や日本は EU よりもかなりブルー水素に肯定的であり、継続的に買い手であり続けるだろう。

加えて、これまでの WEEE 指令などとは違い、EU 域内外における技術や規格導入への需要の差が大きくない。事実、再エネ分野では電気自動車、太陽光発電などで中国のシェアが圧倒的である。欧州水素銀行の入札条件において、もはや環境保護のための技術規格という形式では中国を排除できないために、明確に名指したのはその表れともいえる。

ただ、EU も無力というわけではない。何より、輸入シェアなどで飛び切り目立っていないにも関わらず再エネ、水素において依然として EU は注目を集めている。それは、EU の規制制定能力と交渉力によるところが大きい。高度かつ巨大な官僚機構と、環境分野における専門知識の集積が COP などの環境に関する国際会議における EU の立ち位置を下支えしていることは既に指摘されている。規範的評価が(少なくとも体裁上は)核となっている環境分野、再エネ、水素においてこうした規範自体の制定能力は少なくない意義を持つ。事実、EU の規制能力とそれへの信頼は再エネ・水素の分野でも作用している。例えば、EUと中国はグリーン債の判断基準としてそれぞれ別々のタクソノミーを策定していたが、2021年11 月にその包括的な比較と共通点の列挙などにより相互の参照を容易にするコモン・グランド・タクソノミー(CGT)を発表した(宋 良也, 2023, 「中国と EU の顧問・グランド・タクソノミーの概要」)。これは EU の環境規制における正当性や信頼と、中国の市場規模のトレード、相互補完だと見ることができ、EU はまだ規制能力とその信頼に基づいた交渉を展開することができそうである。

:本章のまとめ

本章全体を俯瞰して、以下のようなことが言える。輸入シェアが大きないこと、生産の可分性からして EU が一方的にその規格を域外にも伝播させることは困難である。ただし、環境保護への時代の流れと、規格の統一を求める貿易上の便益が、EU の環境規制における専門知識と交渉力に立ち位置を与える

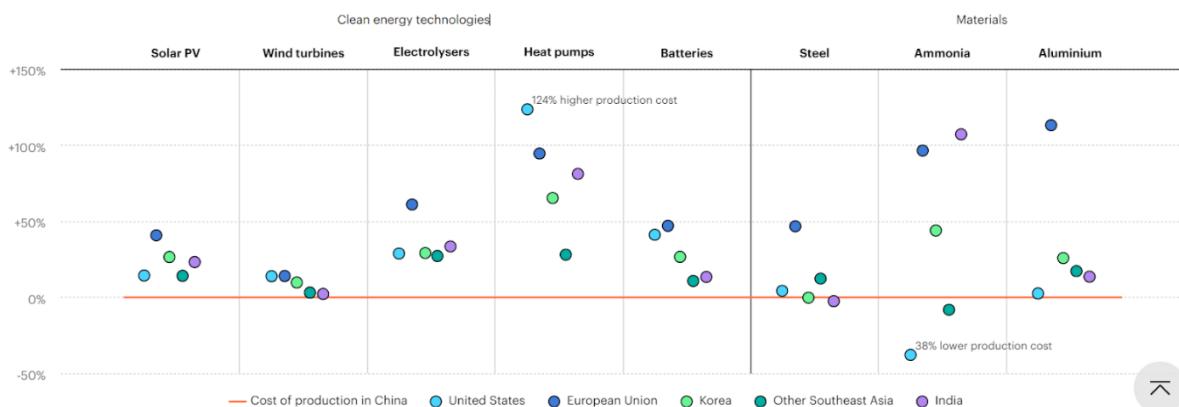
可能性はある。同時に、水素生産国が複数種類の生産法を維持し続けることも予想されるから、当面のうち EU はよくても国際基準の稳健な提唱者にとどまるだろう。技術面での現状、中国の優勢を見るに、牽引によって EU が得るものは域内産業の優勢などの経済上の利益というよりは、リベラルな価値を推進することの評判や名声の方が大きいように思われる。

5. グリーン水素を生成する際の電解槽における中国と EU の対立

5-1 電解槽のコストについて

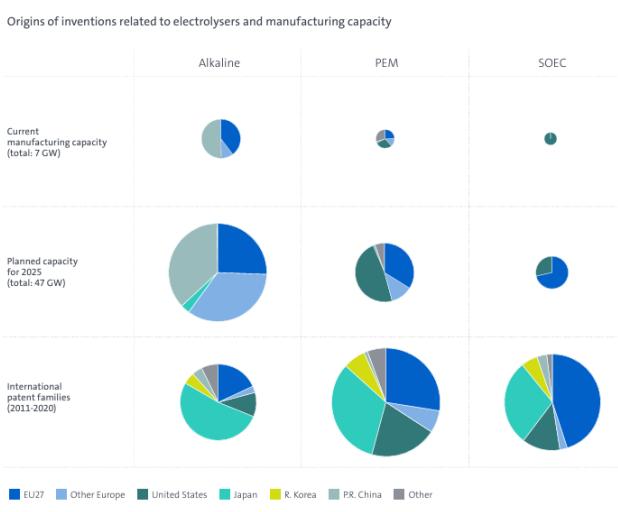
グリーン水素を作るうえで、大事になるのは電解槽である。再生可能エネルギーで得た電力で電解槽を作動させ、水の電気分解を行うことでグリーン水素を発生させる。つまり、グリーン水素を作成するうえで最も大事になってくるのが電解槽である。

ここで IEA の「Energy Technology Perspective 2024」を参考する。



「Electrolysers(=電解槽)」の部分を見ると中国の電解槽のコストは圧倒的に安い。また、EU は中国と比べると 61% 以上コストが高い。実際に、国際エネルギー機関 (IEA) が 10 月に発表した報告書によると、中国企業による電解槽の製造能力は年 15 ギガワットで、すでに世界の 6 割を占めている。PV や EV は価格競争により中国に世界シェアをとったように、現状のコストのままで電解槽においても中国が世界シェアをとり、グリーン水素霸権をとる可能性が高い。

5-2 電解槽の技術力競争と欧州水素銀行について



左図は、IEA の作成した「Hydrogen patents for a clean energy future」報告書の内容である。電解槽に関しては、アルカリ電解槽(=Alkaline)とプロトン交換膜電解槽(=PEM)が主流の二つである。アルカリ電解槽は、アルカリ性溶液を電解液として使用し、低温で電気を通し、この電気を通して水素を生成する。製造コストはもっとも低いがメンテナンスコストが高い。一方プロトン交換膜電解槽に関しては、液体ではなく固体の電解質を利用し水素を生成する。エネルギー効率が高くメンテナンスの頻度も少ないが、プラチナを必要とする。特許数を見ると日本と EU と US が大半を占めている。しかしながら

がら現在並び将来のアルカリ電解槽について生産能力に着目すると、中国は半分以上を占めている。特許数が多いが、生産能力を拡大できない EU は生産拡大を目指すために欧州水素銀行を設立した。2023年3月16日欧州委員会が、EU がグリーン水素を中心とした水素生産の拡大に向けて、欧州水素銀行が設立された。欧州水素銀行に関する公式文書を見ると、「欧州水素銀行は、EU 域内の再生可能水素の生産と輸入の両方を促進し、Repower EU の目標と気候変動中立性への移行に貢献する。」と書かれている。コストの高いグリーン水素は採算性の観点から生産拡大ができないという障壁をなくすために、欧州水素銀行は、グリーン水素の生産者に奨励金を提供し、グリーン水素生産の収益性を高める狙いである。具体的な入札条件に関しては、①応札以降に新たに設置される電解槽であること②2-2 で述べた「グリーン水素の定義に関する委任規則」の定義を満たすグリーン水素であること③支援が始まつてから5年以内に生産を始めること④生産拠点は欧州経済領域内であることが条件であった。入札は、事業者が 10 年間の水素製造量などから事業費用を計算し、求めるプレミアム価格を申請する。欧州気候・インフラ・環境執行機関(CINEA)は一定の基準を満たした申請のうち、単価が低い順に予算に到達するまで落札案件を選んでいく形をとった。その結果、この初回の入札で 132 札の応募があったが、選ばれたのは、7件のみであった。ノルウェーやポルトガル、スペインなど水力や太陽光発電といった、水素をつくるのに使う再生可能エネルギーが豊富で比較的安価な国の事業が強みを発揮する結果になった。そもそも再エネで電力を供給し、電気代が安い国が入札された形になった。しかしながら、2024年10月に選ばれた事業者のうち1事業者がこの事業から離脱した。この離脱理由に関して欧州委員は説明していない。つまり、支援をしても「グリーン水素の定義に関する委任規則」の定義を満たすグリーン水素を生産する拠点を5年以内に開始するのが難しいことが原因として考えられる。

5-3 欧州水素銀行から見える中国と EU 対立

2024年12月3日に決まった2回目の入札条件には「中国製を総出力の 25%以下にしなければならない」と示されていた。1回目の落札事業全体の 15%が中国製の電解槽を使用し、電解槽の中核部である水電解スタックまで広げると中国製は 6 割を超えていた。この「中国製を総出力の 25%以下にしなければならない」条項は 1 回目の入札結果を見てもわかるように大変厳しい条項であることがわかる。Repower EU の 2030 年の域内生産 1000 万トンのグリーン水素を達成するためには、コストの安い中国製の電解槽を使い、生産拠点を増やすべきである。しかしながら、PV 市場において中国に負けた EU において、グリーン水素の生産に必要である電解槽に関しては、欧州水素銀行の入札条件という形で EU 内での中国産の電解槽を締め出すことによって、EU の電解槽技術を発展させようと企んでいることがわかる。実際に中国の生産能力はすでに世界の生産量の 50%を超えており、EU が中国産の電解槽の輸入にますます依存するようになり、EU の安定供給を脅かす不可逆的なリスクが大きくなる。また、2回目の入札条件が発表された際には、ドイツに拠点を置く電解槽向け部材メーカー幹部は「中国からの調達を制限したらビジネスとして立ちゆかない」と不満をこぼしていた。このように、欧州銀行のようにグリーン水素市場を拡大させようとする取り組みは欧州各国で行われているが、このグリーン水素市場を大きくすればするほど中国に依存せざる負えなく、EU はジレンマに陥っている。欧州も中国依存を抜け出そうと入札条件に「中国製を総出力の 25%以下にしなければならない」と記し、域内からの中国製品の締め出しを行い域内産業を行ったが、実際のビジネスの現場ではこれを達成することは難しい現状である。

6. 総論

欧州中央銀行のマリオ・ドラギ前総裁は「ソーラーパネルなど、すでに外国勢が大きなシェアを占めてい

る産業で競争する価値はなく、代わりに EU がまだ競争力を保っている新しい産業を育成すること」を述べていた。また、水素欧州銀行の構想に関する政策文書に、「いくつかの立法案は、いまだ制度間交渉の段階にあるが、欧州連合(EU)が、再生可能かつ低炭素の水素の大陸規模での急速な普及を促進するために、将来を見据えた、予測可能かつ包括的な規制の枠組みを設定する世界最先端の地域となることは明らかである。」と示されているように、EUはグリーン水素において規制の枠組みを多数発表し、世界をリードしていると自負している。実際、一般的なグリーン水素、ブルー水素といった水素の色分けに関しては EU の規制枠組みによって、明確な国際基準ではないが、ある程度の影響を国際社会に与えている。しかしながら、PV や EV などの再生可能エネルギー分野では中国にコスト並びに技術で負けており、世界シェアも中国が圧倒している。そのため、EU は再生可能エネルギーが増加することによって増加するであろう余剰電力をうまく利用できるグリーン水素に着目し、水素霸権を狙おうとしている。そのため、水素におけるサプライチェーンの構築を進め国内需要を高める政策を行っている。しかしながら最近では、グリーン水素のコスト上昇に伴い、グリーン水素の需要は世界的に落ちている。一方で対外政策としては、水素のベンチマークを発表し、グリーン水素の定義を明確化させ、この規則のブリュッセル効果により EU の水素産業者が競争しやすい国際市場づくりを形成する試みがある。一方の中国は、現在の水素の生産のほとんどがグレー水素であり、その水素は自国で消費されるため、EU の水素規制の影響は現在強くは受けていない。しかしながら、自国でも水素のベンチマークを作成しており炭素集約度という基準でクリーン水素とそうでない水素を分類した。これは EU の「将来使われる水素=グリーン水素」という構図に対して、中国のエネルギー事情に合わせて炭素集約度が低い水素もクリーンであり、「将来使われる水素=クリーン水素」とし、クリーン水素の供給網を拡大している。アメリカにおいても、グリーン水素の生産は少なく、炭素集約度の低いクリーン水素の生産を拡大している。そして、IEA は水素の基準を炭素集約度で分類する中国方式を採用した。この背景には、グリーン水素はコストが高いため、炭素集約度を使いクリーン水素を拡大するほうが、短期的かつ環境負荷が比較的低く安定性が担保される水素社会が実現できること踏んだからだと考えられる。この規制は EU は公式では発表していないが、EU 内でも「将来使われる水素=グリーン水素」という考え方から「将来使われる水素=クリーン水素」という考え方へ移行している。中国やアメリカという水素生産国がクリーン水素を推し進めたことにより、グリーン水素を推進していた EU までもクリーン水素の波が押し寄せている現状である。このクリーン水素というベンチマークを採用すると、天然ガスを持っているアメリカや現在生産量が最も多い中国が CCS 技術を導入しクリーン水素を生産し、それを EU や日本や韓国が輸入していくことが予想される。

規制の分野に関しては、中国と EU の明確な対立はなかったが、電解槽に関しては、EU と中国に明確な対立があった。EU は、ウクライナ危機以降脱ロシアを進めるために再エネを拡大させた。これにより中国製の PV や EV を利用することになり逆に中国依存を高めてしまい、EU 内でもエネルギー安全保障の観点からの危機感が現れた。実際に 2023 年 G7 会合の大蔵会合共同声明でも「過度の依存を避けること」を発表し、その危機感を表出させた。そして、EU は、中国産の EV の価格が補助金で意図的に抑えられているとして中国産の EV に追加関税を課した。これに中国が猛反発した過去がある。水素においては、電解槽に関して現在中国がコスト面やアルカリ電解における特許数で EU に勝っている。これに危機感を覚えた EU は欧州水素銀行において中国製品が 25%以下のグリーン水素事業者に補助金を出すことを 2024 年 12 月 3 日に決定した。これにより、EU 内での水素事業において中国を締め出す効果があり、域内の産業を保護し成長させようとしている。今現在これに対する中国政府の対応はないが、今後電解槽をめぐり、エネルギー安全保障という観点から、技術とコスト面で勝る中国と、今まで水素電解槽技術をリードしてきた EU での対立が激化するだろう。

しかしながら、電解槽が必要なグリーン水素はコストが高く、財政状況が厳しい EU は、グリーン水素を推

し進めれば推し進めるほど中国製の安い電解槽に頼らざるを得ないというジレンマに陥っている。また、水素の規制においても炭素集約度というベンチマークが主流になると、アメリカや中国がクリーン水素を拡大し、設備投資が高く、採算性が現時点でとりにくいグリーン水素市場は縮小していく。そのようなことから、水素規制の分野においてEUは窮地の状況に立たされている。

【参考文献】

上野貴弘(2024)「グリーン戦争—気候変動の国際政治—」中央新書

関山健(2023)「気候安全保障の論理気候安全保障に地政学リスク」

日経経済新聞(2024年12月10日)「EU水素銀行に3つの懸念 中国排除・支援の実効性・温度差奔流H2動き出した欧州②」

American Petroleum Institute 「New Study: Hydrogen Produced from Natural Gas Delivers Significant U.S. Emissions Reductions」

<https://www.api.org/news-policy-and-issues/news/2022/10/12/blue-hydrogen-delivers-significant-emissions-reductions>

EU(2023)「CELEX_52023DC0156」

IEA(2024)「Energy Technology Perspective 2024」

IEA(2023)「Hydrogen patents for a clean energy future」

IEA(2023)「The Place of Natural Hydrogen in the Energy Transition」

IEA(2023)「Global Hydrogen Review 2023」

中国水素連盟(2020)低碳氢、清洁氢与可再生能源氢的标准与评价

スマートジャパン(2023)「水素関連市場で台頭する中国勢——グローバル水素市場の動向と日本企業の現在地」https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/2412/16/news034_2.html

岩谷産業「水素の製造方法」

<https://www.iwatani.co.jp/jpn/consumer/hydrogen/about/method/>

PwC「グリーン水素経済今後の「脱炭素」の重要市場を予測する」

<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/green-hydrogen-cost.html>

小倉徹(2020)「中国の水素エネルギー戦略」

中国政府(2020)「氢能产业发展中长期规划」

大和総研(2024)「中国はグリーン水素でも主導権を握るのか(前編)」

JETORO(2023年11月27日)「欧州委、グリーン水素生産に補助金提供する欧州水素銀行の第1回競争入札の募集開始」<https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/11/e09ed900a32c4c5f.html>

JETORO(2024年7月31日)欧州会計検査院、グリーン水素に関する欧州委目標は野心的すぎると指摘 <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/07/e4a38bb52dedeab0.html>

JETORO(2024年7月31日)「グリーン水素の定義に関する委任規則が成立、EUに輸出する生産者にも適用」<https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/06/707789640ea06dcf.html>

経済産業省資源エネルギー庁

目前に迫る水素社会の実現に向けて～「水素社会推進法」が成立（前編）サプライチェーンの現状は？https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suisohou_01.html

EUMAG(2021)「EUの水素戦略について教えてください」<https://eumag.jp/questions/f0121/>