

تصدير أول شحنة من الأمونيا الزرقاء في العالم يشير إلى احتمال تجارة طاقة جديدة منخفضة الكربون للمملكة العربية السعودية

رامي شبانة، وماجد السويلم، وجتندرا روي تشاودري

رؤية على الأحداث

November 18, 2020

KS--2020-II28

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحوث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

إشعار قانوني

© حقوق النشر 2020 محفوظة لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبته بشكل ملائم لكابسارك. كما لا يجوز إعادة إنتاج هذا المستند أو جزء منه دون إذن خطي من كابسارك. ولا ينشأ عن المعلومات الواردة في هذا المستند أي ضمان أو تعهد أو أي مسؤولية قانونية –سواء مباشرة أو غير مباشرة- تجاه دقتها أو اكتمالها أو فائدتها. كما لا يجوز أن يعتبر هذا المستند –أو أي جزء منه- أو أن يفسر كمنصحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدي الدراسة، ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.

نجحت أرامكو السعودية في تصدير أول شحنة في العالم من الأمونيا المحايدة للكربون إلى اليابان في 27 سبتمبر 2020، مما ساعد على تغذية اقتصاد الهيدروجين الياباني الناشئ. تعتبر هذه الشحنة التجريبية البالغة 40 طنًا إنجازًا مهمًا لاقتصاد الهيدروجين لكل من المملكة العربية السعودية واليابان. كما أنها تشير إلى إضافة مهمة محتملة إلى محفظة سلع التصدير في المملكة. يشهد الهيدروجين زخمًا غير مسبوق حيث تعمل الحكومات في جميع أنحاء العالم على رفع طموحاتها في سياسة الهيدروجين وتقديم حوافز للاستثمار في الهيدروجين.

يأتي الإعلان عن شحنات الأمونيا الزرقاء بعد شهرين تقريبًا من إعلان نيوم عن خطط لبناء أكبر مصنع للأمونيا الخضراء في العالم في المنطقة الشمالية الغربية من المملكة العربية السعودية بحلول عام 2025. وسيتم بناء هذا المصنع بالشراكة مع أكوا باور (ACWA Power) وإير برودكتس (Air Products). يدل كلا الإعلانين على عزم المملكة العربية السعودية على أن تصبح مركزًا رئيسًا لتصدير الهيدروجين المحايد للكربون.

كجزء من رئاسة المملكة العربية السعودية لمجموعة العشرين، كانت المملكة رائدة في مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون (CCE)، الذي يلعب فيه الهيدروجين دورًا رئيسًا في تمكين مستقبل منخفض الكربون. تم عرض الاقتصاد الدائري للكربون في بيان وزراء الطاقة لمجموعة العشرين الذي صدر مؤخرًا. يعتمد على فكرة الاقتصاد الدائري، مع التركيز على تدفقات الطاقة والكربون (KAPSARC 2020). في ظل هذا الإطار، يمكن تقليل انبعاثات الكربون من خلال كفاءة الطاقة، وإعادة تدويرها من خلال دورة الكربون الطبيعية باستخدام الطاقة الحيوية، أو إعادة استخدامها كمدخلات للمواد الكيميائية والوقود، أو إزالتها وتخزينها في التكوينات الجيولوجية. واليوم يعد الغاز الطبيعي والفحم أرخص وسيلتين لإنتاج الهيدروجين، وإذا تم جمعهما مع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه (CCUS)، فيمكن أن تغلق الحلقة، مما ينتج وقودًا خاليًا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وهو ما يُعرف باسم الهيدروجين الأزرق. وإذا ما استخدمت الطاقة المتجددة، كما في حالة مشروع الأمونيا الخضراء في نيوم، فهي تُعرف باسم الهيدروجين "الأخضر".

تم تنفيذ الشحنة التجريبية لشركة أرامكو السعودية بالشراكة بين الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) ومعهد اقتصاديات الطاقة في اليابان (IEEJ). كما حظيت بدعم وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة اليابانية (METI). يستخدم المشروع البنية التحتية الحالية لتحويل الهيدروكربونات إلى هيدروجين لإنتاج الأمونيا أثناء حيز انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

السعودية تضيف صادرات الهيدروجين الأزرق إلى محفظتها من السلع

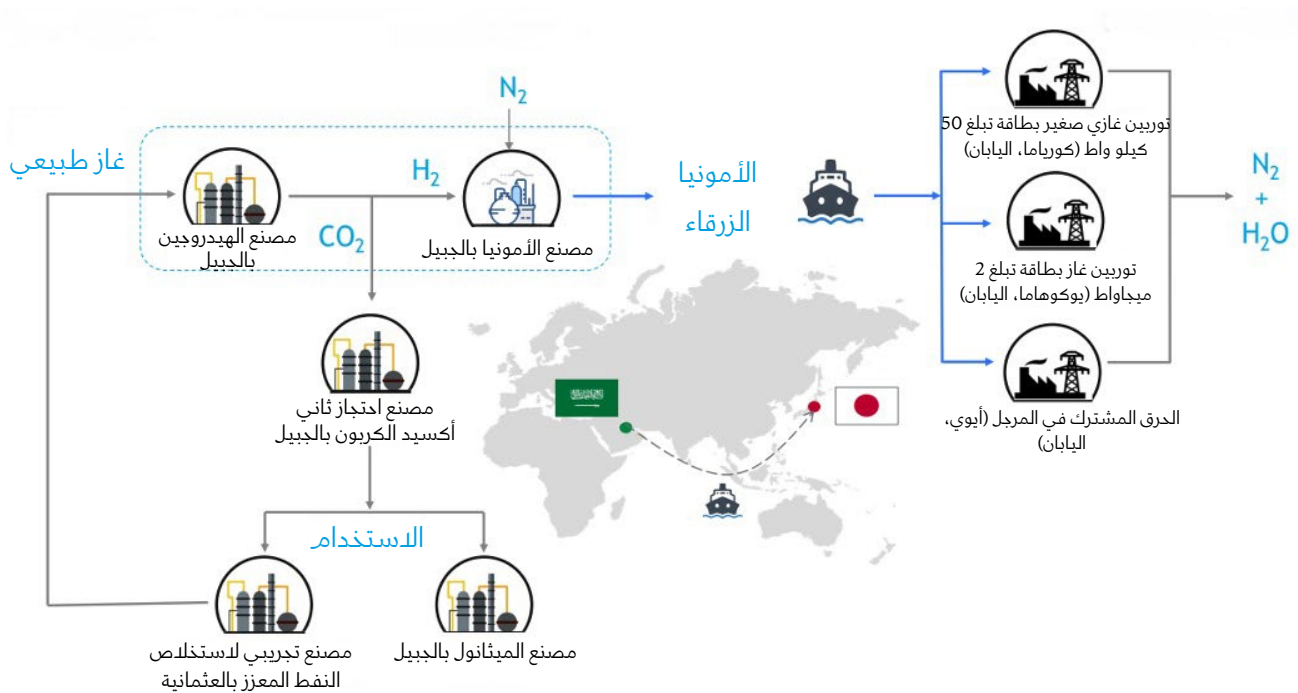
إنتاج الهيدروجين واستخدامه في التطبيقات الصناعية ليس جديدًا؛ ففي الوقت الحالي يتم إنتاج حوالي 75 مليون طن من الهيدروجين النقي على مستوى العالم، ويتم إنتاج 45 مليون طن إضافي كمزيج مع غازات أخرى (KAPSARC 2020). ومع ذلك، فإن العملية الحالية لصنع الهيدروجين مسؤولة عن انبعاثات 800 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا، أو أكثر من 2% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية. ويرجع ذلك إلى أن أكثر من 95% من إجمالي إنتاج الهيدروجين يتم الحصول عليه من الوقود الأحفوري دون احتجاز الكربون، ويعرف باسم "الهيدروجين الرمادي". تعد المصافي أكبر مستخدم للهيدروجين، فهي تستخدمه لإزالة الكبريت من الوقود وتحسينه، تليها مصانع الأمونيا والميثانول.

يقوم الإنتاج والشحن التجريبي البالغ 40 طنًا من الأمونيا الزرقاء بواسطة أرامكو السعودية وسابك باستخدام البنية التحتية الحالية وربطها، ويعزز المراكز الصناعية القريبة وموانئ الجبيل في المنطقة الشرقية بالمملكة. تدير شركة الأسمدة العربية السعودية (سافكو) خمسة مصانع للأمونيا في الجبيل، وهي إحدى شركات سابك، بطاقة إجمالية

تبلغ حوالي 3.6 مليون طن سنويًا. كما تدير سابقاً أكبر مصنع في العالم لتنقية وتسييل ثاني أكسيد الكربون، قادر على تنقية 500000 طن من ثاني أكسيد الكربون الخام لاستخدامات مثل إنتاج الميثانول واليوريا. كما هو مبين في الشكل (1)، يتم نقل الغاز الطبيعي من حقول النفط والغاز إلى الجبيل بعد معالجته، إذ يتم استخدامه كمادة وسيطة لإنتاج الهيدروجين عن طريق إصلاح الميثان بواسطة البخار (SMR)، الذي ينتج بعد ذلك الأمونيا.

تعد طريقة إصلاح الميثان بالبخار، حتى الآن، الطريقة الأكثر فعالية من حيث التكلفة لصنع الهيدروجين. ومع ذلك، فإن العملية كثيفة الطاقة والكربون. في حالة مشروع الأمونيا الزرقاء، يتم حجز حوالي 50 طنًا من ثاني أكسيد الكربون، ويستخدم 30 طنًا منها في مصنع ابن سينا للميثانول التابع لسابك. يتم نقل 20 طنًا المتبقية وحفظها في حقل العثمانية – الغوار للنفط. تشحن الأمونيا بعد ذلك إلى اليابان لتوليد الطاقة في مواقع الإنتاج المختلفة: موقع التوربينات الغازية الصغيرة بسعة 50 كيلو واط (kW) في كورياما (Koriyama)، ومحطة بسعة 2 ميجاواط (MW) في يوكوهاما تحرق فيها الأمونيا بالاشتراك مع الغاز الطبيعي، ومحطة في مدينة أيوي تحرق فيها بالاشتراك مع الفحم.

الشكل 1. رسم تخطيطي لمشروع الأمونيا الزرقاء وسلسلة القيمة الخاصة به.



المصدر: أرامكو

احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه هي عوامل تمكين رئيسة للهيدروجين الأزرق

تعد هذه الإعلانات للمشروع علامة على زيادة التركيز على الاستثمارات المتعلقة بالهيدروجين. بالنسبة للمملكة، يمثل اقتصاد الهيدروجين الناشئ فرصة لتنوع محفظة تصدير السلع وأيضًا إثبات لأهميتها. تعمل أرامكو السعودية منذ عقود على إدارة الكربون، من خلال احتجازه واستخدامه وتخزينه. بدأت في حقن ثاني أكسيد الكربون في أحد الأقسام غير المتجددة في حقل العثمانية - الغوار للنفط في يوليو 2015 كجزء من مشروع تجريبي للاستخلاص المعزز للنفط (EOR). يمكن أن تستقبل محطة الاستخلاص المعزز للنفط 800000 طن من ثاني أكسيد الكربون عبر الأنابيب سنويًا من محطة معالجة الغاز الطبيعي في الحوية، الواقعة على بعد 85 كيلومترًا. بمجرد حقنه في الخزان، يصبح ثاني أكسيد الكربون قابلًا للامتزاج في ظل الظروف المناسبة، مما يزيد من حركة النفط المحاصر في الوسائط المسامية فيتبع مكاسب إضافية للنفط. تنتج العملية استخلاصًا أعلى للنفط عند حقنه في الخزان والتناوب مع الماء، ويعرف باسم الإزاحة بالتناوب باستخدام الغاز والماء (WAG). تشير الدراسات السابقة إلى أن الإزاحة بالتناوب باستخدام الغاز والماء توفر استخلاصًا تدريجيًا في نطاق 5% إلى 10% من النفط في الخزان وقد يصل إلى 20% في بعض الدراسات (Belazreg and Mahmood 2019).

اكتسب ثاني أكسيد الكربون الذي تم فصله عبر الاستخلاص المعزز للنفط زخمًا بين العديد من منتجي النفط والغاز. فهو يساعد على تعزيز استخلاص النفط من حقول النفط الناضجة، وزيادة عائداتها، والأهم من ذلك، يمكن لمشغلي النفط الاستفادة من خبرتهم في هذا المجال. كما أنه يساعد المنتجين على إزالة الكربون من سلسلة قيمة النفط والغاز الخاصة بهم كجزء من برامجهم لإدارة الكربون.

صرحت أرامكو أن الهدف من تجربتها للاستخلاص المعزز للنفط هو إظهار جدوى عزل ثاني أكسيد الكربون من خلال الاستخلاص المعزز للنفط وتمكين التطبيقات المستقبلية واسعة النطاق على المدى البعيد من الاستفادة من التجارب السابقة (Kokal, Sanni and Alhashboul 2016). الهيدروجين الأزرق الذي تنتجه الشركة ليس التطبيق التجاري الأول من نوعه في السوق؛ إذ يوجد حاليًا خمسة مشاريع نشطة للهيدروجين الأزرق على مستوى العالم، مع بدء تشغيل مشروعين آخرين بحلول نهاية عام 2020 (Friedmann et al. 2020). تتوقع أرامكو السعودية أن يلعب احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه دورًا مهمًا في عالم مقيد بالكربون وفعال في تمكين الاقتصاد الدائري للكربون. في الواقع، ذكرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة (IPCC) أن احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه ضروري للحد من الانبعاثات لتحقيق الهدف بحلول عام 2050 (IPCC 2018). بشكل عام، هناك 21 مشروعًا لاحتجاز الكربون وتخزينه في جميع أنحاء العالم وثلاثة أخرى قيد الإنشاء (Global CCS Institute 2020). يُظهر دمج الهيدروجين كجزء من الحلقة، كما هو مذكور أعلاه، تصميم الشركة على زيادة تقليل الانبعاثات من عملياتها.

انخفضت تكلفة احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه بنسبة 50% في العقد الماضي إلى 50 دولارًا للطن المترى من ثاني أكسيد الكربون في 2019/2018، مدفوعًا بتطوير وتفعيل التقنية (Global CCS Institute 2020). تمتلك المملكة العربية السعودية ثروة من الهيدروكربونات منخفضة التكلفة ومساحات جيولوجية كبيرة لتخزين ثاني أكسيد الكربون والمراكز الصناعية القريبة. هذه العوامل تجعلها في وضع مثالي لزيادة مشاريع احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه لمزيد من التخفيضات في التكاليف وإطالة عمر حقول النفط الحالية بسبب زيادة الاحتياطيات المستخلصة

باستخدام حقن ثاني أكسيد الكربون. تمتلك المملكة العربية السعودية ما يقارب 500 خزان للنفط والغاز في جميع أنحاء المملكة، وتتركز في المنطقة الشرقية (Saudi Aramco 2018). بالإضافة إلى ذلك، تقود جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية بحثًا لتقييم إمكانات عزل ثاني أكسيد الكربون في طبقات المياه الجوفية المالحة العميقة في جميع أنحاء المملكة (Al-Meshari, Muhaish and Aleidan 2014).

قد تكون أفضل طريقة لإزالة الكربون من قطاع النفط والغاز وتعويض التكاليف الرأسمالية المرتفعة لمصانع الهيدروجين الأزرق / الأمونيا الزرقاء الجديدة هي تعديل وحدات إصلاح الميثان بالبخار الحالية وغيرها من العمليات الصناعية ذات الانبعاثات الكبيرة من ثاني أكسيد الكربون باستخدام تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، وتوسيع شبكة خطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون الحالية في القطاع. يمكن للمملكة أيضًا أن تقدم احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه كخدمة في المستقبل، حيث يمكن للدول ذات السعة أو القدرات التخزينية غير الكافية أن تقوم بشحن ثاني أكسيد الكربون إلى المملكة العربية السعودية للاستخدام والتخزين. تتطلب مثل هذه الأساليب المبتكرة لتوسيع نطاق احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه حوافز ولوائح لتمكين الصناعة من التخفيف من مخاطر الاستثمار وتسريع تطوير التقنية.

الأمونيا بصفتها الناقل الأفضل

يعد تطوير التقنيات لزيادة إنتاج الهيدروجين الأزرق والأخضر أمرًا ضروريًا لخفض التكاليف. يشكل تخزين وتوزيع الهيدروجين أحد أكبر التحديات بسبب كثافة الطاقة الحجمية المنخفضة للهيدروجين. يحتوي الهيدروجين السائل على كثافة طاقة تبلغ 8 ميجا جول لكل لتر، ويتطلب تخزين الهيدروجين درجات حرارة باردة بسبب درجة غليانه المنخفضة للغاية والبالغة -252.8 درجة مئوية تحت الضغط العادي (EERE n.d.). تحتوي الهيدروكربونات السائلة، مثل البنزين، على أربعة أضعاف كثافة طاقة الهيدروجين تحت درجات الحرارة والضغط المحيطة، مما يجعلها أقل تكلفة للتخزين والنقل. هذه العوامل هي الأسباب الرئيسية وراء استهلاك معظم الهيدروجين حاليًا في نقطة الإنتاج. للتغلب على هذا التحدي ولتحسين تكاليف النقل، يتم النظر في العديد من ناقلات الهيدروجين مثل الأمونيا وميثيل حلقي الهكسان (MCH) والهيدروكربونات القابلة للعكس لتسهيل عملية الشحن في المسافات الطويلة. كشفت شركة كاواساكي للصناعات الثقيلة (Kawasaki Heavy Industries) في ديسمبر 2019 عن أول ناقلة بحرية قادرة على نقل الهيدروجين السائل. تم تصميم السفينة Suiso Frontier كجزء من مشروع إيضاحي قادم لنقل الهيدروجين المنتج من الفحم في أستراليا المقرر أن يبدأ في مارس 2021 (Hoshi 2019). لا يزال من غير الواضح ما الجدوى التجارية لنقل الهيدروجين السائل وكيف يمكن أن يتعامل مع الناقلات البديلة للطاقة في المستقبل.

اختارت شركتي نيوم وأرامكو السعودية الأمونيا كناقل الهيدروجين المفضل لديهم بسبب المزايا العديدة التي توفرها الأمونيا للشحن لمسافات طويلة. تعتبر مصانع الأمونيا ثاني أكبر مستخدم للهيدروجين بعد المصافي، والأمونيا هي مقدمة للأسمدة القائمة على النيتروجين. تتكون الأمونيا من خلال ربط ذرة نيتروجين واحدة بثلاث ذرات هيدروجين، مما يعطيها صيغتها الكيميائية NH₃. تمتلك الأمونيا سلسلة توريد مستقرة واسعة النطاق، بما في ذلك خيارات التخزين فوق الأرض والشحن، وكثافة طاقة أعلى بنسبة 50% من الهيدروجين السائل، مما يجعلها فعالة من حيث التكلفة للنقل. تخطط نيوم لإنتاج 650 طنًا من الهيدروجين الأخضر يوميًا، التي ستغذي 1.2 مليون طن سنويًا في مصانع الأمونيا (Air Products 2020). تخطط شركة Air Products، وهي الشركة المتعددة الحصرية للأمونيا الخضراء، لشحنها إلى الأسواق في أوروبا وآسيا، حيث سيتم تحليلها مرة أخرى إلى الهيدروجين (والنيتروجين) وتوزيعها على المستخدمين النهائيين في قطاع التنقل. ومع ذلك، يخطط الشركاء اليابانيين في مشروع الأمونيا الزرقاء لشركة أرامكو وسابك لاستخدام الأمونيا بشكل مباشر.

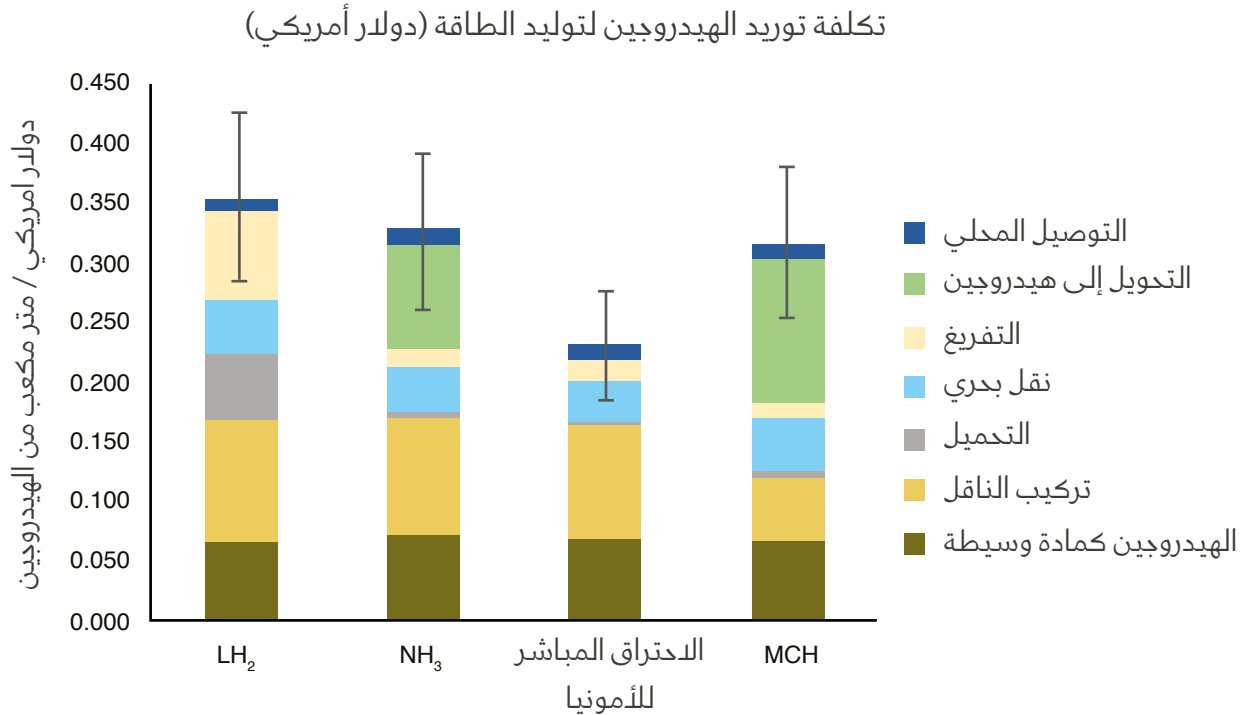
قارنت دراسة أجراها معهد اقتصاديات الطاقة الياباني (IEEJ) بين تكاليف التوريد لإنتاج الطاقة في اليابان باستخدام الهيدروجين المستخرج من المملكة العربية السعودية المنقول على شكل هيدروجين سائل (LH_2) وأمونيا وميثيل حلقي الهكسان. كما تضمنت تكلفة "الاحتراق المباشر" للأمونيا لتوليد الطاقة.

كما يوضح الشكل (2)، فإن استخدام NH_3 مباشرة في محطة الطاقة هو الخيار الأكثر فعالية من حيث التكلفة. تساهم الخطوة الإضافية لإعادة تحويل الأمونيا أو ميثيل حلقي الهكسان إلى هيدروجين، في تكلفة إضافية كبيرة لتوليد الطاقة. وفي الوقت نفسه، فإن تكلفة شحن الهيدروجين السائل من المملكة العربية السعودية هي الخيار الأقل تفضيلاً.

الأمونيا لها عيوب أيضاً. في حين أنه لا ينتج ثاني أكسيد الكربون عند الاحتراق، إلا أنه مركب ضار ينبعث منه أكسيد النيتروجين (NOx) ويزيد من تركيز أكسيد النيتروز (N_2O)، وهو أحد غازات الدفيئة الهامة. على أية حال، يمكن التعامل مع انبعاثات أكسيد النيتروجين باستخدام التقنيات الحالية مثل المفاعل التحفيزي الانتقائي. الأمونيا شديدة السمية والتآكل، مما قد يتطلب من منتجي الأمونيا أن يكون لديهم معايير أمان صارمة واستثمارات رأسمالية عالية للتخفيف من هذه المخاطر.

قد يكون حرق الأمونيا مباشرة أكثر ملاءمة من توليد الطاقة والتطبيقات الأخرى لتوفير الحرارة لأنها تتطلب الحد الأدنى من التعديل على البنية التحتية الحالية. ومع ذلك، يتطلب النقل وصناعة الفولاذ الهيدروجين النقي. وبالتالي، يمكن أن تكون الأمونيا والناقلات الأخرى حلاً انتقاليًا جيدًا حتى يتم توسيع البنية التحتية للهيدروجين النقي واعتماده.

الشكل 2. تكلفة التوريد لإنتاج الطاقة في اليابان من هيدروجين المملكة العربية السعودية.



المصدر: وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة METI، 2018

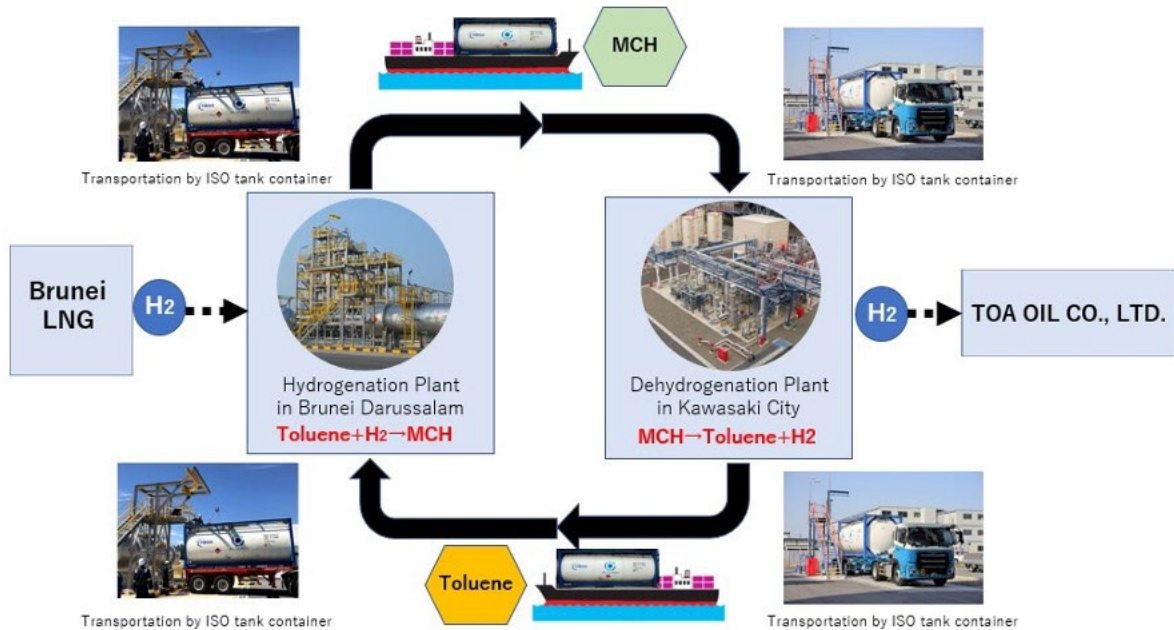
اليابان تقود المشاريع الإيضاحية القائمة على الهيدروجين

وقعت أرامكو السعودية مذكرة تفاهم مع معهد اقتصاديات الطاقة الياباني في 10 يوليو 2019، لإجراء دراسة جدوى أولية لإنتاج الأمونيا الخالية من الكربون في المملكة العربية السعودية (Saudi Aramco 2019). كانت اليابان في طليعة الدول في الترويج لمجتمع الهيدروجين، وهي من أوائل الدول التي طبقت استراتيجية الهيدروجين. تحدد استراتيجيتها هدفًا لجعل الهيدروجين منافسًا للغاز الطبيعي المسال (LNG) المستورد لتوليد الطاقة، وتعزيز تبني المركبات التي تعمل بخلايا الوقود ومحطات التزود بوقود الهيدروجين (METI 2017).

مع اكتساب اقتصاد الهيدروجين زخمًا، تشير الإعلانات التجارية المتزايدة لمشاريع الهيدروجين إلى اهتمام متزايد من قبل المنظمات التي تسعى إلى اكتساب ميزة المتحرك الأول. كانت الشركات اليابانية استباقية للغاية في هذا المجال، حيث طورت مشاريع تجريبية لتحديد وتوسيع نطاق المشاريع التجارية.

طور اتحاد من الشركات الياباني يعرف برابطة سلسلة الطاقة الهيدروجينية المتقدمة لتطوير التكنولوجيا (AHEAD)، التي تضم ميتسوبيشي ونيبون يوشين كابوشيكاي كايشا (NYK) وميتسوي وشركاه وشركة شيودا، أول سلسلة توريد هيدروجين دولية في العالم. وهي تندرج في إطار المشروع الإيضاحي لسلسلة التوريد العالمية للهيدروجين، الذي يربط بين بروناي دار السلام واليابان، وعرضت مشروع استيراد الهيدروجين في نوفمبر 2019. قام مصنع الهدرجة، الذي تديره رابطة سلسلة الطاقة الهيدروجينية المتقدمة لتطوير التكنولوجيا، في منتزه سونغاي ليانغ الصناعي (SPARK)، بإنتاج الهيدروجين المسال من الغاز الطبيعي الذي يكون مصدره شركة بروناي للغاز الطبيعي المسال (The Star 2020). تم تحويل الهيدروجين المسال بعد ذلك إلى ميثيل حلقي الهكسان لاستخدامه كناقل للهيدروجين، مما يتيح الشحن بواسطة السفن التجارية في درجات الحرارة والضغط المحيطية.

الشكل 3. بروناي - خطة المشروع الإيضاحي لسلسلة توريد الهيدروجين في اليابان.



المصدر: نيبون يوشين كابوشيكاي كايشا (NYK)

يخطط المشروع الإيضاحي لسلسلة إمداد الهيدروجين العالمية، الذي تموله منظمة الطاقة الجديدة والتقنيات الصناعية اليابانية (NEDO)، لتزويد اليابان بما مجموعه 210 أطنان مترية (شحنة واحدة كل أسبوع)، واستكمال الشحنة النهائية بحلول نهاية عام 2020. يتم استخدام ميثيل حلقي الهكسان المشحون، المنفصل إلى هيدروجين وتولوين في مصنع نزع الهيدروجين Keihin Refinery في مدينة كاواساكي اليابانية، في توربين الغاز في مصنع Mizue للطاقة الحرارية التابع لشركة Toa Oil Co لتوليد الطاقة (The Star 2020). يتم نقل التولوين المفصول مرة أخرى إلى بروناي دار السلام لربطه مرة أخرى بالهيدروجين. تركز أهمية سلسلة التوريد للهيدروجين على الشحن، وهنا يأتي دور شركة نيبون يوشين كابوشيكى كإشراك شركة شحن في المقدمة. تعمل رابطة سلسلة الطاقة الهيدروجينية المتقدمة لتطوير التكنولوجيا على تحقيق خطط لنقل 0.35 مليون طن من الهيدروجين سنويًا بحلول عام 2030، التي يمكن استخدامها لتشغيل محطة بطاقة تبلغ 1 جيجاواط، وتسعى لحل المشكلات المتعلقة بحجم هذه العملية والخدمات اللوجستية لها (Reuters 2020).

يشير هذا المشروع التجريبي والشحنة التجريبية من قبل أرامكو السعودية بوضوح إلى أن الحكومة اليابانية تحافظ على مواكبة خطتها الاستراتيجية لعام 2014 للهيدروجين وخلايا الوقود. نصت الخطة على أن المشروع الإيضاحي لتخزين ونقل الهيدروجين المستورد يجب أن يكتمل بحلول عام 2020. وتوضح الخطة تقديم توليد الطاقة الهيدروجينية بحلول عام 2030 في اليابان واستخدام الهيدروجين عديم الانبعاثات في التصنيع والنقل والتخزين بحلول عام 2040 (Chiyoda Corporation n.d).

تشارك اليابان في العديد من مشاريع تصدير الهيدروجين المماثلة للمشاريع الموجودة في بروناي والمملكة العربية السعودية. وهي تشمل بناء محطة إسالة وتخزين وتحميل الهيدروجين، المستخلص من الفحم، في ولاية فيكتوريا الاسترالية، ومشروع هيدروجين أخضر قائم على مصادر الطاقة المتجددة في النرويج. والمشروع في النرويج عبارة عن شراكة بين شركة كاواساكي للصناعات الثقيلة وشركة Nel Hydrogen وميتسوبيشي وشركة Statoil (Karagiannopoulos 2017).

لم تكن اليابان وحدها في اتباع اقتصاد قائم على الهيدروجين. بدأت الدول الأوروبية مثل ألمانيا وهولندا والبرتغال في طرح استراتيجيات هيدروجين محلية وسعت لتأمين واردات الهيدروجين لاحتياجاتها المستقبلية. كانت ألمانيا تتحدث مع دول مختلفة مثل نيجيريا وجمهورية الكونغو الديمقراطية وأستراليا لتأمين واردات الهيدروجين.

يملك الهيدروجين إمكانيات كبيرة، لكن دعم السياسات أمر ضروري

في توقعات الطاقة لعام 2020 لشركة بريتيش بتروليوم، لا يكاد يذكر دور الهيدروجين المحايد للكربون في سيناريو الحالة الأساسية. ومع ذلك، سيشكل 7% و 16% من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية بحلول عام 2050 في السيناريوهات المقيدة بالكربون، سيناريو Rapid وسيناريو Net-Zero، على التوالي (BP 2020). تقدر شركة بريتيش بتروليوم أن الهيدروجين الأزرق والأخضر سيكون لهما انقسام متساوٍ في حصة الطاقة الأولية. المملكة العربية السعودية هي واحدة من الدول القليلة المحظوظة بامتلاك الموارد الهائلة اللازمة لإنتاج الهيدروجين الأزرق والأخضر بتكلفة منخفضة، مما يعني أنها ستلعب دورًا مهمًا في زيادة إنتاج الهيدروجين. كان صناع السياسات في آسيا وأوروبا داعمين للهيدروجين، وتوضح الخطط الوطنية للهيدروجين الدور المهم الذي يمكن أن تلعبه واردات الهيدروجين في مساعدة الدول في هذه المناطق على تحقيق أهدافها الخاصة. يمكن أن تكون المملكة العربية السعودية تنافسية جدًا في سوق الهيدروجين، حيث تقع بين مراكز الطلب الكبيرة والمتنامية على الهيدروجين في أوروبا وآسيا.

تشير تصريحات نيوم وأرامكو السعودية إلى أن السياسة في المملكة تتجه نحو دعم الهيدروجين الأزرق والأخضر. يمكن للمملكة العربية السعودية الاستفادة من خبرتها في مجال الشحن والتجارة، فضلاً عن علاقاتها الحالية مع شركائها في مجال الطاقة لتقديم الهيدروجين كمنتج إضافي ضمن محفظتها التصديرية. باعتبارها واحدة من أوائل المتحريكين، يمكنها الحصول على ميزة تأمين عقود حصرية مع مشتريين رئيسيين ومقاولي الخدمات. حيث سيقوم هذا بتمكين الدولة من الحصول على ميزة تنافسية وتحقيق وجودها بقوة في أسواق الهيدروجين. ومع ذلك، فإن تكلفة إنتاج وتخزين الهيدروجين المحايد للكربون تظل مرتفعة للغاية. هناك حاجة لاستثمارات كبيرة لرفع إنتاج الهيدروجين لتقديم مساهمة كافية في التخفيف من انبعاثات الكربون. وفقاً لبيانات بلومبرج حول تمويل الطاقة الجديدة، يلزم 11 تريليون دولار من الاستثمارات في الإمداد والبنية التحتية للهيدروجين لتلبية ربع الطلب النهائي على الطاقة بحلول عام 2050 (BloombergNEF 2020).

كان لفيروس كوفيد-19 تأثير سلبي كبير على الاقتصاد العالمي، مما أثر على قدرة الحكومات على الاستثمار في مشاريع جديدة. لا يزال اقتصاد الهيدروجين يبشر بعالم أنظف وأكثر خضرة. ومع ذلك، سوف يتطلب ذلك زيادة تركيز الاستثمارات والسياسات حتى تؤتي ثمارها.

المراجع

Chiyoda Corporation. n.d. “SPERA Hydrogen® Chiyoda’s Hydrogen Supply Chain Business.” Accessed September 30, 2020. <https://www.chiyodacorp.com/en/service/spera-hydrogen/>

Air Products. 2020. “Air Products, ACWA Power and NEOM Sign Agreement for \$5 Billion Production Facility in NEOM Powered by Renewable Energy for Production and Export of Green Hydrogen to Global Markets.” 7 July. Accessed October 4, 2020. <https://www.airproducts.com/company/news-center/2020/07/0707-air-products-agreement-for-green-ammonia-production-facility-for-export-to-hydrogen-market>.

Al-Meshari, Ali, Fahad Muhaish, and Ahmed Aleidan. 2014. “Saudi Aramco’s Carbon Management Program.” *Journal of Petroleum Technology* 06.

Belazreg, Lazreg, and Syed Mohammad Mahmood. 2019. “Water alternating gas incremental recovery factor prediction and WAG pilot lessons learned.” *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*.

BloombergNEF. 2020. “Hydrogen Economy Outlook: Will Hydrogen Be the Molecule to Power a Clean Economy?”

BP. 2020. “Hydrogen plays an increasing role as the world transitions to a low carbon energy system.” September 14. Accessed October 4, 2020. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/demand-by-fuel/hydrogen.html>.

Dowell, Niall Mac, Paul Fennell, Nilay Shah, and Geoffrey Maitland. 2017. "The role of CO₂ capture and utilization in mitigating climate change." *Nature Climate Change*. Accessed October 9, 2020. <https://www.nature.com/articles/nclimate3231>.

Friedmann, Julio, Alex Zapntis, Brad Page, Chris Consoli, Zhiyuan Fan, Ian Havercroft, Harry Liu, et al. 2020. "Net-Zero and Geospheric Return: Actions Today for 2030 and Beyond." New York: Global CCS Institute.

Global CCS Institute. 2020. "Remove: Carbon Capture and Storage." *Guide to the Circular Carbon Economy*. August. Accessed October 2, 2020. <https://www.cceguide.org/guide/>.

Hoshi, Ma Samichi. 2019. *Nikkei Asia*. 12 December. Accessed October 3, 2020. <https://asia.nikkei.com/Business/Energy/World-s-first-liquid-hydrogen-carrier-ship-launches-in-Japan>.

Hydrogen Council. 2017. "Hydrogen Scaling Up."

International Energy Agency (IEA). 2019. "The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities." June. Accessed October 5, 2020. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

Kokal, Sunil, Modiu Sanni, and Almohannad Alhashboul. 2016. "Design and Implementation of the First CO₂-EOR Demonstration Project in Saudi Arabia." Society of Petroleum Engineers Annual Technical Conference and Exhibition, Dubai.

KAPSARC. 2020. "CCE Guide Overview." *Guide to the Circular Carbon Economy*. August. Accessed October 11, 2020. <https://www.cceguide.org/guide/>.

Karagiannopoulos, Lefteris, Sonali Paul, and Aaron Sheldrick. 2017. "Norway races Australia to fulfill Japan's hydrogen society dream." 28 April. Accessed September 30, 2020. <https://www.reuters.com/article/us-japan-hydrogen-race-idUSKBN17U1QA>.

Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). 2017. "Basic Hydrogen Strategy (Key points)." December 26. Accessed September 30, 2020. https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1226_003b.pdf.

Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE). n.d. "Hydrogen Storage." Accessed October 3, 2020. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>.

Palcan. 2018. "China's Renewable Energy Solution - Methanol Fuel."

Reuters. 2020. "Japan's Chiyoda says hydrogen pilot project begins to fuel power plant." 25 June. Accessed September 30, 2020. <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/oil-and-gas/japans-chiyoda-says-hydrogen-pilot-project-begins-to-fuel-power-plant/76624736>.

Saudi Aramco. 2018. "Saudi Aramco Prospectus."

———. 2019. "Saudi Aramco to explore carbon-free ammonia production in the Kingdom." 10 July. Accessed September 29, 2020. https://japan.aramco.com/en/news-media/news/2019/20190710_ammonia.

The Star. 2020. "Brunei ships 4.7 tonnes of hydrogen to Japan." 21 February. Accessed September 30, 2020. <https://www.thestar.com.my/news/regional/2020/02/21/brunei-ships-47-tonnes-of-hydrogen-to-japan>.

———. 2020. "New milestone for hydrogen supply chain for Brunei." 11 May. Accessed September 30, 2020. <https://www.thestar.com.my/news/regional/2020/05/11/new-milestone-for-hydrogen-supply-chain-for-brunei>.

United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. "Global Warming of 1.5 degrees Celcius." October. Accessed October 5, 2020. https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf.



www.kapsarc.org