

三笠市が目指す石炭と木質バイオマス を活用したゼロカーボンシティ

三笠市 産業政策推進部 産業開発課
産業振興係 主事 竹内 翔平

1 はじめに

三笠市は、北海道のほぼ中央、石狩平野の東北部、空知地方の南部に位置しています。地勢は、西に石狩平野が広がり、他の三方は丘陵山岳に囲まれている盆地です。市の中央を東西に貫流する幾春別川と、そこに合流する、南西部の低い山地から流れる市来知川の流域は豊かな農耕地が展開されています。市域の8割以上を森林が占める、森林資源が非常に豊富なまちです。

歴史は古く、江戸の頃から質の良い木材を求めて林業関係者の出入りがあったと記録されています。木材を求めて幌内の地を訪れた木こりが、珍しい黒く光る石を持ち帰ると、その石が実は石炭だった、というのが石炭発見のいきさつです。そうして明治元（1868）年の石炭発見後、明治12（1879）年には道内初の近代炭鉱として幌内炭鉱が開かれ、石炭のまちとして栄えました。石炭運搬のために鉄道も敷設され、昭和30年代には6万を超える人々が住んでいましたが、エネルギー革命により、エネルギーの主役が石炭から石油へ移り変わると、炭鉱は相次いで閉山し、平成元（1989）年には最後の坑内掘り炭鉱が閉山しました。



三笠市ゼロカーボンシティ構想2050

石炭産業に代わる新産業創造の取組として、工業団地の造成や道内第一号の道の駅「三笠」の設置、道内初のイオン農場の誘致など様々な取組みを行ってきました。現在は三笠市4大プロジェクトとして、主要産業である農業の振興、平成24（2012）年から三笠市立となった食物調理科単科校である北海道三笠高等学校の安定運営、平成25（2013）年に認定されたジオパーク（三笠ジオパーク）の活動推進、そして石炭と木質バイオマスを活用したクリーン水素製造事業である、ハイブリッド石炭地下ガス化事業の推進、の4事業を重点的に取り組んでいます。これらの取組を相互に連携させながら、「教育観光」をテーマに事業を進めています。

これらの重点事業のほか、周辺自治体の中でもいち早く移住定住政策に取り組んだことで合計特殊出生率が全道市でトップの上昇率となったことや、「食」を中心としたまちづくりを進めるために道内で初めて「食のまちづくり基本条例」を制定するなど、他のまちにない特色あるまちづくりを積極的に進めています。

また環境面では、令和3（2021）年12月に、三笠市全体で2050年までのカーボンニュートラルを目指すゼロカーボンシティ宣言を行ったほか、令和5（2023）年3月には地球温暖化対策実行計画（区域施策編）を策定し、今後の具体的な方針について定めています。

2 三笠市H-UCG（ハイブリッド石炭地下ガス化）事業について

ゼロカーボンシティ実現を目指すための施策の一つとして、H-UCG（ハイブリッド石炭地下ガス化：Hybrid - Underground Coal Gasification）事業を推進しています。この取組みは、豊富な地域資源である石炭と木質バイオマスを活用した水素製造事業です。石炭は、酸素の少ない状態で加熱するとガスを発生させる性質があります。この性質を利用して、地中に存在する石炭を掘り出さずに直接着火し、熱を発生させることで周辺の石炭をガス化させて生産ガスを取り出し

ます。この生産ガスから、高純度の水素を精製し、それを市内外へ供給することを目指します。また併せて、現在稼行中の露天掘り炭鉱から供給される露頭炭と木質バイオマスを、地上に設置するガス化炉に輸送し、ガスの生産・水素の精製を行うことで、地下・地上両面からの水素供給を目指します。

ゼロカーボン、つまり二酸化炭素の排出量実質ゼロを目指す取組として化石燃料を用いることは一見矛盾しているようですが、水素製造過程で発生する二酸化炭素はかつての石炭採掘跡に埋め戻すことにより、国が定める低炭素水素の基準に合致させることを目指します。市内には広く石炭採掘跡が存在することから、水素製造過程で生じる二酸化炭素だけではなく、市内外で排出された二酸化炭素を埋め戻すことができるほどのポテンシャルがあると試算しています。

一般的にはゼロカーボンに向けた取組みとして、再生可能エネルギーの利用を目指す場合が多いですが、三笠市はそのポテンシャルにはさほど恵まれていません。水力については、昭和32（1957）年に完成した桂沢ダムおよびその後かさ上げされた新桂沢ダム周辺で古くから利用されています。その一方で、地形は全体的に山がちで平地が少なく、特別豪雪地帯に指定され、多い年では累計降雪量が16mを超えることもある三笠市において、太陽光パネルや風力発電設備の積極的な設置には多くの課題があります。寿命を迎える前に太陽光パネルが破損してしまうほか、風力発電設備を設置するために未開の山を切り拓くことは容易ではありません。しかし、平成30（2018）年の北海道胆振東部地震がまだ記憶に新しい私たちにとって、地産地消のエネルギー確保は共通の課題です。そうした背景と、平成20（2008）年から取組を始めていた石炭地下ガス化事業が合致したのです。石炭は燃焼させると多くの二酸化炭素を発生させますが、その排出を抑えて活用することで、環境への影響を最小限に留めて使用することができます。世界を見れば未だにエネルギーを石炭に依存している国は少なくありません。そういった

国へのモデル展開も視野に入れながら、上手に石炭を使っていきたいと考えています。

3 経過

H-UCG事業は、当初は石炭から発生するガスを発電に利用することを想定し、毎年人工的に再現した石炭層を使って基礎実験を行ってきました。一步一步地道に取り組む日々が長く続いていましたが、事業が大きく進むきっかけとなったのは、令和3（2021）年に、ヤフー株式会社（現LINEヤフー株式会社）より、1億円の企業版ふるさと納税による寄附をいただいたことです。三笠市は財政基盤も弱く、事業化に向けた大規模な実験を行うのが難しい状況でしたが、ヤフー株式会社を始めとする多くの寄附を財源に、令和4（2022）年に二酸化炭素を地下の石炭採掘跡に埋め戻す実験を行うことができました。

実験内容としては、石炭採掘跡が地表から約400m付近にあると思われる場所までボーリングを行い、掘り当てた石炭採掘跡に二酸化炭素を埋め戻す、というものです。二酸化炭素の地下への送り方としては、目に見えない大きさの泡の状態の水に溶け込ませることで「CO₂マイクロバブル水」を作り地下に送りました。また、二酸化炭素と反応することで固化するスラリーを、あらかじめCO₂マイクロバブル水を入れたところに送り込み、地中で反応させて固化させる、ということも併せて行いました。

石炭の採掘跡は、かつて炭鉱が操業していた頃は人が立って石炭を掘るだけの空間が広がっていましたが、最後の坑内掘り炭鉱の閉山から30年以上経った現在では、地圧によって空間は潰れ、非常に隙間の多い払い跡となっており、かつ坑内水と呼ばれる地下水で満たされています。CO₂マイクロバブル水は二酸化炭素が完全に水に溶け込むと、その水は坑内水よりも比重が重く、より深いところへ潜り込もうとします。またこの実験現場の地下状況は、採掘跡の存在する幾春別層の上方に幌内層という泥岩層が存在しています。

泥岩層は密度が高く、気体をほぼ通さないという性質を持っています。そのうえこの周辺は地層が褶曲しており背斜構造になっていることから、仮に幾春別層に沿って二酸化炭素が地上に向かっても、泥岩層である幌内層がふたの役割を果たして、地上には漏洩することがない、という好条件の場所です。

そうして行われた実験は無事成功し、地下の石炭採掘跡を活用した二酸化炭素の埋め戻しは実現可能であることが分かりました。令和6(2024)年には、このボーリング孔を再利用して、事業化に向けたより安価な二酸化炭素の埋め戻し実験を行いました。地下へ送り込んだスラリーが固化したことによる閉塞が確認されたため、孔底までの浚渫作業を行った上で、50mの追加掘削を行い、別の石炭採掘跡を対象にCO₂マイクロバブル水とスラリーを送り込みました。実験結果については現在精査中ですが、二酸化炭素を問題なく石炭採掘跡に送り込むことができました。今後、この手法を更に発展させて、地下の坑内水を汲み上げてCO₂マイクロバブル水を製造し、石炭採掘跡に送り込むという循環型の埋め戻しを検討中です。

H-UCG事業の中心となる石炭と木質バイオマスからの水素製造については、令和3(2021)年末に国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下NEDO)の委託事業に採択され、実現可能性調査を令和4(2022)年にかけて行いました(事業名:木質

バイオマスと未利用石炭の石炭地下ガス化によるCO₂フリー水素サプライチェーン構築に関する調査、提案者:太平洋興発株式会社、大日本コンサルタント株式会社、室蘭工業大学、三笠市)。この結果をもとに、令和5(2023)年末にNEDOの助成事業に採択され(事業名:三笠市H-UCGによるブルー水素サプライチェーン構築実証事業、提案者:大日本ダイヤコンサルタント株式会社、エア・ウォーター株式会社、カワテックス株式会社、室蘭工業大学、三笠市)、令和7(2025)年に石炭地下ガス化および地上でもガス化プラントを設け、石炭と木質バイオマスをガス化し、水素を製造する実証試験を予定しています。

NEDO助成事業に向けた基礎データを得るため、昨年には石炭地下ガス化による水素製造の実験も行っています。市内で唯一操業している露天掘り炭鉱の鉱区の一部を利用して、実際の石炭層に20m程度のボーリングを行い、水素ガスの製造を行う実験を行いました。地表から浅い場所にある炭層への着火を試みたため、想定よりも時間がかかりましたが無事火をつけることができ、ガスの生産に成功し、約70%まで水素純度を高めることに成功しました。

今後は、石炭地下ガス化技術と二酸化炭素の埋め戻し技術をより大規模に実証し、商業化に向けた検討を進めていかなければなりません。



令和4年二酸化炭素埋め戻し実験に向けたボーリング作業の様子



令和5年露頭炭層石炭地下ガス化実験の様子



令和6年二酸化炭素埋め戻し実験の様子

4 課題

まず地下ガス化については、国外では既に地下ガス化によって生産されたガスを利用して発電事業が行われていますが、国内での事例はありません。地上への影響を最小限に留め、かつ、より多くのガス化が可能な適地を、数ある候補地の中から選定する必要があります。

また、地層中のボーリング技術の開発が必要です。石炭がガス化する領域を広く確保するために、地下の炭層中を数十～数百mほど逸れずに掘削する必要があります。掘削方向を制御するコントロールボーリングの技術は既に開発されていますが、主に石油や天然ガスの生産に使われており、地中深くで厳密にずれのない掘削には高度な技術を要します。石炭という柔らかく薄い層から逸れずに、あるいは逸れたことを認識して石炭層まで戻り、方向を変えて掘削するような技術の開発に向けた協議を続けています。

地上でのガス化については、具体的な石炭・木質バイオマスの供給方法や、ガス化炉を運用する上での諸課題があります。特に、石炭と木質バイオマスの混焼は、石炭の質（炭化の度合い）にもよりますが、それぞれが持つ熱量や燃焼温度にはかなりの開きがあるので、炉の耐性や適切な運用方法などについての検証を予定しています。

二酸化炭素の石炭採掘跡への埋め戻しについても、低炭素な水素を製造するため、必要不可欠な技術であることから、より多くの二酸化炭素をより安価に埋め戻すための実証を進めると同時に、安全性の確立を図っていきます。これら課題の解決に向けて、協力企業などとともに令和7（2025）年の実証を進めていきます。

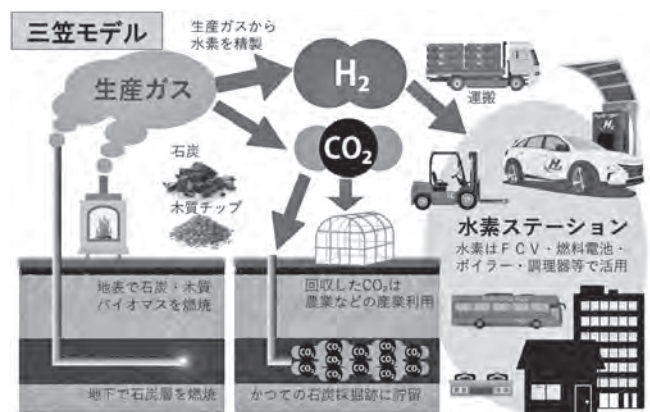
5 展望

H-UCGによる水素製造事業が確立することは、北海道経済に大きなインパクトを与えるものと考えています。道内には、三笠市がある空知地域だけでなく、

釧路市周辺や道北エリアなど、かつて石炭産業で栄えた地域が広く存在しています。そしてこれらの地域のほとんどは、多くの金属鉱山のように資源が枯渇して閉山に追い込まれたわけではなく、エネルギー革命とともに石炭採掘の採算性が合わなくなったことから閉山した、という経緯があります。石炭の賦存量は、三笠市内だけで7億t以上、道内では150億tほど存在すると見込まれています。また道外に目を向けると、福島県や九州の炭鉱も同じ経緯をたどっていることから、これらの地域にもモデル展開が可能です。

また一方で、石炭採掘跡を活用した二酸化炭素の埋め戻しも大きなポテンシャルを持っています。三笠市内の主な炭鉱だけでも1,000万t以上の二酸化炭素を埋め戻すことができると試算しています。この点についても上述のH-UCG事業同様、かつて石炭産業で栄えた地域に展開することが可能です。水素製造から二酸化炭素の埋め戻しまでの一連の流れを「三笠モデル」として確立し、横展開することで、北海道が目指すゼロカーボン北海道や、国が目指す2050年カーボンニュートラルの実現にも寄与する事業になり得ると考えています。

炭鉱というと悲惨な事故も多く、負の印象が強い場でもあります。その歴史から目を背けず、先人たちの開拓に思いを馳せながら、残された遺産を積極的に活用すると同時に、かつて石炭というエネルギーの一大供給基地であった三笠市を、再び水素という新たなエネルギーの供給基地に生まれ変わらせるためのプロジェクトを、私たちは推進しています。



三笠市ハイブリッド石炭地下ガス化事業概要図