

地盤凍結工法における CO₂ 排出量の算定

ケミカルグラウト株式会社 正会員 ○前島 康佑 相馬 啓 塩屋 祐太 小池 遼太郎
一般財団法人先端建設技術センター 正会員 吉川 正 橋立 健司 非会員 河原 一弘
成和リニューアルワークス株式会社 正会員 西 征一郎

1. はじめに

2015 年にパリ協定が策定されるなど、地球温暖化ガス削減が世界的な目標とされるなか、2020 年に日本政府は「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定し、2050 年までに CO₂ などの地球温暖化ガスの排出量を実質ゼロにすることを宣言した。さらに 2023 年に出された「GX 実現に向けた基本方針」には、「成長志向型カーボンプライシング構想」が盛り込まれ、GX（グリーントランスフォーメーション）投資や、炭素に対する賦課金の考え方が示された。こうした近年のカーボンニュートラルという社会的要請に対し、建設業／建設現場においても CO₂ 排出量を減らしていく必要があり、その削減効果を明示するためにも、各工法技術における CO₂ 排出量を算出・公表していかなければならないものとする。

2. CO₂ 排出量の算出方針

本発表ではこの試みとして、地盤改良技術のひとつである地盤凍結工法について、CO₂ 排出量を算出した。算出にあたってはシールドトンネルの防護工のモデルケースを設定し、地盤凍結工法については自然冷媒方式¹⁾とブライン方式²⁾、また比較のためにセメント系地盤改良である高圧噴射攪拌工法の 3 ケースの算出を行った。また、算出方法については、環境省が定めたマニュアル・ガイドライン等²⁾³⁾⁴⁾に従うこととした。

環境省で定めたガイドラインでは、国際的な算出方法に倣い、サプライチェーン全体を対象として CO₂ 排出量を算出することが求められる。具体的には、Scope 1 として自社事業の排出量、Scope 2 として電力使用に伴う排出量、Scope 3 として原材料の製造等の上流側および製品の廃棄等の下流側の排出量という、3 つの領域に分けて算出を行うこととされている。本発表ではこの 3 つの領域について建設技術に当てはめて解釈し、

- ・上流（資機材運搬、原材料の製造他）〔Scope 3〕
- ・施工（燃料使用、電力使用）〔燃料：Scope 1、電力：Scope 2〕
- ・下流（廃棄・産業廃棄物処理）〔Scope 3〕

という 3 段階に分けての算出を行うこととした。この 3 段階の算出に用いた排出係数を表 1 に示す。なお自然冷媒方式で用いる CO₂ 冷媒は事業排出 CO₂ を再利用しているため、セメント等の材料とは異なり、本来は算出に加える必要はないが、施工後に大気放出していることを考慮して廃棄時を 1 とした。

表 1 算出に用いた排出係数

段階	分類		排出係数	単位	備考
上流 （製造時）	自然冷媒方式	CO ₂	0	tCO ₂ /t	事業排出CO ₂ の再利用
		NH ₃	2.3	tCO ₂ /t	
	ブライン方式	ブライン（CaCl ₂ ）	0.35	tCO ₂ /t	「その他の無機化合物」として算出
		代替フロン（R404-A）	19.208	tCO ₂ /t	地球温暖化係数3920として算出
	高圧噴射攪拌	セメント	0.748	tCO ₂ /t	セメント系固化材を「セメント」として算出
施工	燃料	軽油	2.585	tCO ₂ /t	
		ガソリン	2.322	tCO ₂ /t	
	電力		0.000457	tCO ₂ /t	電力事業者は東京電力（株）と仮定
下流 （廃棄時）	自然冷媒方式	CO ₂	1	tCO ₂ /t	施工後大気放出
		NH ₃	0.0627	tCO ₂ /t	「廃酸」として算出
	ブライン方式	ブライン	0.0671	tCO ₂ /t	「廃アルカリ」として算出
	高圧噴射攪拌	汚泥	0.2161	tCO ₂ /t	

キーワード 地盤凍結工法，自然冷媒，CO₂ 排出量，カーボンニュートラル

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-5 共同通信会館 3F ケミカルグラウト株式会社 TEL 03-5575-0469

3. モデルケースと算出結果

シールドトンネルの立坑との連絡横坑設置に伴う防護工のモデルケースと、自然冷媒方式地盤凍結工法、ブライン方式地盤凍結工法、高圧噴射攪拌工法のそれぞれの主な数量を図1に示す。算出過程に関しては紙幅の都合上省略することとして、それぞれの算出結果を表2に示す。この結果から以下のことが言える。

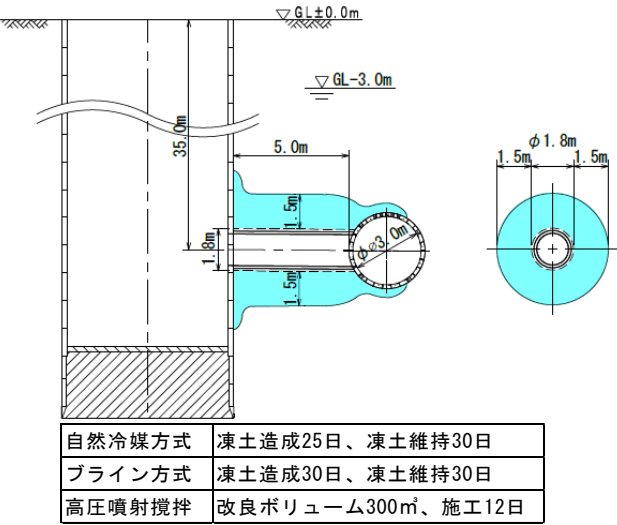


図1 モデルケース概要

表2 各工法のCO₂排出量（単位 tCO₂）

	上流	施工	下流	合計
自然冷媒方式	0.5	45.6	2.6	48.7
ブライン方式	134.1	75.0	0.3	209.4
高圧噴射攪拌	118.6	51.7	77.7	248.0

※環境省マニュアル²⁾では整数値で算出することとされているが、
1未満の値を含むため、本発表では小数点以下第一位までとした。

- ・本ケースにおけるCO₂排出量は自然冷媒方式の凍結工法が最も少なく、ブライン方式の1/5、高圧噴射攪拌工法の1/6程度である。なお高圧噴射攪拌工法（セメント系地盤改良）については、改良目的・改良ボリュームによってCO₂排出量が大きく変わるため、この比率は参考程度に捉えることとしたい。
- ・工法技術のCO₂排出量では、上流（材料製造）が与える影響が施工、下流に比べて大きい。ブライン方式の代替フロン（R404-A）や、高圧噴射攪拌工法で用いるセメントは製造時に大量の地球温暖化ガスが排出されるため、カーボンニュートラルという観点で言えば、これらの材料を用いない自然冷媒方式の凍結工法のような工法技術が望ましい。
- ・施工段階のCO₂排出量では、工期の差があるにも関わらず、あまり大きな差はみられなかった（自然冷媒とブラインの差は、工期だけでなく使用電力量も影響している）。換言すれば、CO₂削減という観点からみると、省力化などによって施工を合理化するよりも、使用材料に着目した方が効果的であるということである。
- ・下流では、高圧噴射攪拌工法の排泥の産廃処理に伴うCO₂排出量が特筆されるが、これも改良ボリューム等によって大きく左右される点、留意されたい。また、自然冷媒とブラインの比較では、冷媒であるCO₂を施工後に大気放出している分、自然冷媒方式の方が排出量が大きくなるが、全体からみると微々たる差である。

4. おわりに

本発表では、環境省のマニュアル・ガイドラインに則り、地盤凍結工法として自然冷媒方式とブライン方式、およびセメント系地盤改良として高圧噴射攪拌工法のCO₂排出量を算定した。上で述べたとおり、自然冷媒方式のCO₂排出量が極めて低く、自然冷媒方式の凍結工法はカーボンニュートラルに大きく貢献できる技術であると考えられる。

なお本発表は、国土交通省の令和4年度建設技術開発助成制度による研究成果の一部である。

参考文献

1) 相馬他「CO₂気液混合流体による地盤凍結工法の開発」『トンネル工学報告集 第26巻』2016年
2) 環境省「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（Ver.4.8）」2022年
3) 環境省「サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン（ver.2.4）」2022年
4) 環境省「サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース（ver.3.2）」2022年