

建設重機の CO₂ 排出量の計測と今後の展望

(株)砂子組 ○正員 岩田 翔吾 非会員 谷口 幸輝 非会員 好川 敏
正員 佐藤 欣治 正員 田尻 太郎

1. はじめに

地球温暖化への取り組みの目的は、大気中の温室効果ガス濃度の安定化にある。温室効果ガスとは本来、CO₂のみをさすものではないが、現在の産業およびインフラシステムの現状では、それらの CO₂ 排出量が問題視されている。

しかしながら、現在の産業およびインフラシステムにおいては CO₂ 零排出、すなわち真の脱炭素社会への急速な転換は困難との立場から温室効果ガス濃度安定化の方策として、カーボン・ニュートラルの達成が喫緊の課題になったと考えられる。カーボン・ニュートラルとは、植物性由来の燃料・原料（いわゆる化石燃料）の燃焼・分解に伴って排出される CO₂ 排出量を基準とし、元となる植物が成長過程で吸収する CO₂ 吸収量が、前者と同じになる事をさす。現在は、排出量>吸収量である。例えばその切り札のように見られる自動車・建設機械の EV 化・ハイブリッド化であるが原料・部品生産時、製造時、リサイクル時には多大の電力を要し、少なくとも日本ではその電力の多くが火力発電によって賄われるのが現状である。炭素循環型システムは、産業やインフラ活動によって排出された CO₂ を、直接的に吸収・再利用し、必要な原料や O₂ などを再生産するもので、そもそもがカーボン・ニュートラルなシステムである。

弊社は、地方中小の土木施工会社にも可能な取り組みとして建設重機の CO₂ 排出に注目した。それに対して「今後の展望」に示すような炭素循環型システムのロードマップを策定した。その基礎研究の第一歩として、建設重機であるバックホーのアイドリング時および動作時における CO₂ 排出量の測定を行った。

2. バックホーCO₂排出量の測定

建設重機の排出 CO₂ を吸収・再利用するような炭素循環型システムを考えた場合、必要な吸収・再利用率を定量化するためには、実際の排出量調査は不可欠である。調査した結果、一般乗用車の CO₂ 対策やデータ解析等は実施・公表されているが、建設業界における重機に関しては調べた限りでは、そのようなものは存在しなかった。またアイドリング状態および動作時の CO₂ 計測を行った例なども見当たらなかった。

以上の理由から、バックホーのアイドリング時および動作時の CO₂ 排出量の計測を試みた。バックホー排気管から直接吐出される排気は 100℃ 以上で CO₂ プロブの動作範囲は 0~60℃ であったため、12 m のアルミ蛇腹をアルミテープで接続して冷却し、動作範囲温度での CO₂ 濃度を計測した(図-1)。ライトバンでも同様である。バックホーにおいてはアイドリング時と最大回転時、ライトバンではエンジン回転を 2000 回転として行った。図-1 に示すようにアイドリング時でバックホーの CO₂ 排出量は一般乗用車の 7 倍余り、最大回転時には 25 倍余りにもなる事が確認できた。



図-1 バックホーCO₂排出量測定状況

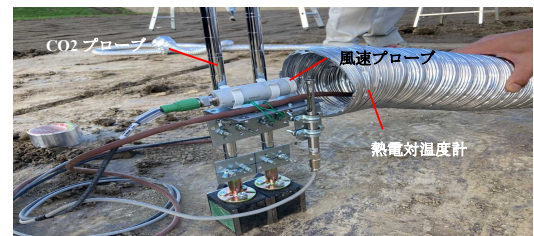


図-2 センサー部

3. 実験の考察

バックホーCO₂排出量は図-3 より最大回転時 0.01m³/s 程度となった。排気温度を 100℃として 1 気圧の CO₂密度は 1.331 kg/m³なので、1 日の稼働時間を 8 時間として排出される炭素換算量は、0.01 m³/s×3600×8 s×1.331kg/m³×0.273 =104.6 kg/日となる。一方で 1 ha 当たりの森林が吸収できる年間炭素吸収量は約 2.4 t (1 ha 当たり 31~40 年生の針葉樹千本の立木があると仮定した場合)と言われており、同じく 1 日当たりとすると 2.4 t/365/日×1000 kg=6.6 kg/日となる。したがって、建設現場でバックホー1 台を 1 日 8 時間稼働させた場合に必要となる森林面積は 104.6 /6.6 kg =15.8 ha となり地方中小の土木施工会社である我々には、このカーボン・ニュートラル達成を直接的に実施することは現実的に難しいと思われる。

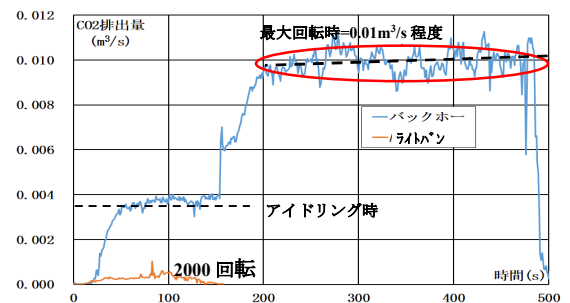


図-3 バックホー、ライトバン CO₂ 排出量

キーワード カーボンニュートラル、重機 CO₂ 排出量、炭素循環型システム、ケナフ

連絡先 〒079-0394 空知郡奈井江町字チャシュナイ 987 番地 4 (株) 砂子組 TEL0125-65-2326

4. 今後の展望

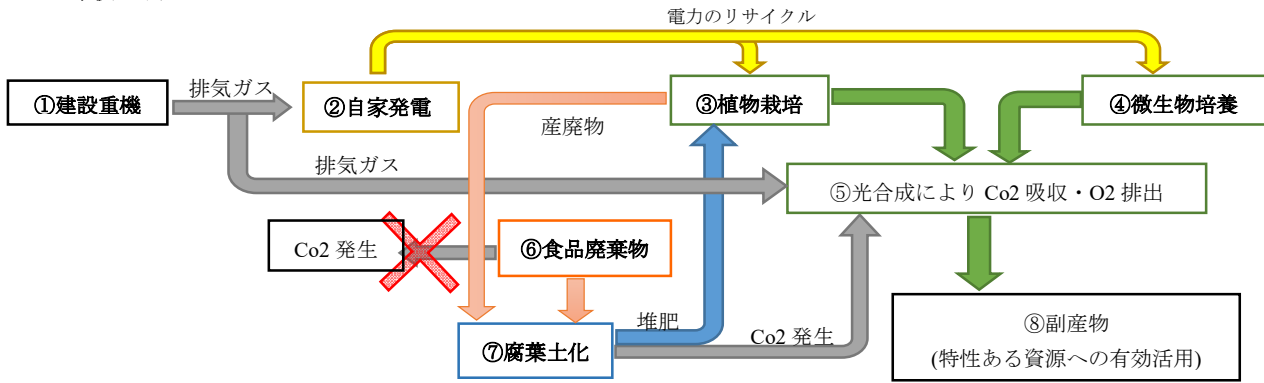


図-4 弊社で考える炭素循環システム

弊社が考える炭素循環型システムを図-4に示す。その内容としては、1つ目に①建設重機より発生する高温な排気ガスを利用し、②ペルチェ素子による自家発電とバッテリー蓄電、2つ目に③植物の光合成によるCO₂吸収、3つ目に④微生物の光合成によるCO₂吸収を考えた。今回弊社が考えた植物栽培においては、比較的育てるのが容易で生育時の光合成能力がイネやヒマワリなどの植物とほぼ同等程度で、生育完了後のその茎に大きな特性があると言われるケナフに着目した。また、茎以外の主要な部位は、可燃ごみとして廃棄される⑥食品廃棄物と混合して⑦堆肥化しケナフ育成に活用、堆肥化する際に発生するCO₂もケナフに循環させることで図-4に示す炭素循環型システムの構築が可能と考える。各種文献等に差は見受けられるが同面積の森林ならば約1.5~4.5倍程度のCO₂を吸収すると言われており、最大効果の場合であれば、バックホー1台を1日当たり稼働させた際に必要となる森林面積が15.8haから5.2haまで低減することが可能となる。

ケナフの原産地は西アフリカ、1年生の植物で成長が早く、茎は高さ3~4m、直径3~5cm程度に成長する。ケナフの茎の内、特に靱皮より生成された繊維は引張強度が5000~9000kgf/cm²あると言われている。

続いて微生物培養は、優れた光合成能力を持ち、CO₂吸収量はスギやヒノキの20~30倍と言われているミドリムシの培養を考えたが、培養方法については様々な研究結果がまとめられている。②・④に関しては、今後の研究課題とする。

5. ケナフ繊維(毛糸)を使用した実証実験

ケナフ繊維の持つ引張り強さに着目し、市販されているケナフ繊維(毛糸)を鉄筋代替品として使用するため、図-5に示すケナフ棒を作成し、図-6に示すコンクリート供試体150×150×1000の下縁側にケナフ棒および木の丸棒を1本および2本配置した4Caseにて曲げ強度試験を行った。なお比較対照用にコンクリート単体も1Case設けている。図-7に測定結果を示すが今回の試験は、前述したケナフ棒に対する結果であり、ケナフ繊維そのものに対する結果ではない事を注意する。コンクリート単体とケナフ棒で補強したCaseの載荷履歴であるが終局荷重は補強の有無に関わらず11kN弱と考えられる。これはケナフ棒が補強材として有効に機能していない事を示すが補強したCaseの方には完全破壊までに9~12倍の粘りが見られた。今後は、炭素循環型システムの構築実現化に向け実証していない事案の検証、合わせてケナフ繊維(毛糸)を使用した環境配慮型コンクリートの可能性を広げるための研究を継続したいと考えている。

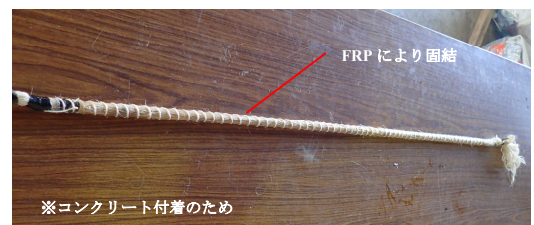


図-5 ケナフ棒(φ1cm)

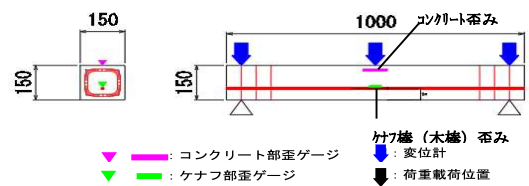


図-6 コンクリート供試体寸法図

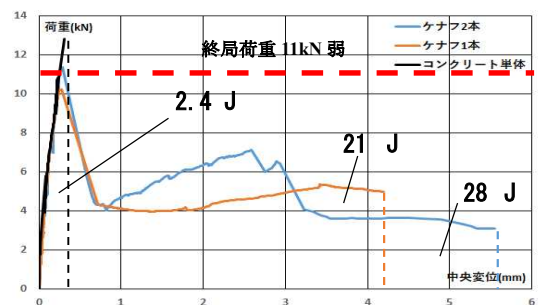


図-7 コンクリート単体、ケナフ補強 Case の載荷履歴

6. おわりに

建設重機より排出されるCO₂排出量は乗用車の25倍程度である事がバックホーCO₂排出量の測定で明らかになった。またケナフ繊維(毛糸)に関してもコンクリート構造物との相性について、不十分ながらも期待を込めて、その可能性のある事は確認できた。ここに例示したような炭素循環型システムにより、中小の建設企業もカーボン・ニュートラルの一翼を微力ながらも担えるものとする。

これが、地域関連企業との協力、共感をも得る事を切に願うものである。