

# 土壤藻類を活用した表面侵食防止工法（BSC工法）について

○富坂峰人（日本工営（株））、足立幸大（（株）日健総本社）

TEL：098-857-0919, FAX：098-857-0917, E-mail:a4441@n-koei.co.jp

## 1. はじめに

バイオロジカル・ソイル・クラスト（BSC：Biological Soil Crust）とは、糸状菌類、土壤藻類、地衣類およびコケなどが地表面の土粒子や土塊を絡めて形成するシート状の土壤微生物のコロニーのことを指す用語である。植生遷移の初期に見られる自然現象であり、裸地化した斜面や更新した農地の表土等において時間経過と共に自然に形成されている。

我々は、これまでに種々の観測や試験等により、このBSCが実は高い侵食防止効果を有していることを確認してきた。これらの結果とBSCを構成する土壤藻類等が植生遷移におけるパイオニアであることから、BSCが土壤侵食を防止することが、埋土種子や飛来種子の流失を抑制して植生の侵入を促し、植生遷移をスタートさせる一つのきっかけになっていると推察している。

以上を踏まえ、BSCを土壤侵食対策及び環境保全対策として活用する技術の研究開発を実施し、BSCを構成する土壤藻類を、造成工事や斜面崩壊等により生じた裸地面、開発工事により荒れた斜面等に散布することで、早期にBSCを形成して表面侵食を防止し、更に、周辺からの植生侵入を促進（自然侵入促進工）する工法、BSC工法を開発した。

現在、国土交通省の新技术情報紹介システム（NETIS）にも登録し、沖縄発の表面侵食防止技術として、共同開発者である独立研究開発法人土木研究所等と連携して県外にも広く紹介しており、各地で実績が形成されてきている。

ここでは、BSC工法の概要と特徴、適用事例等について紹介する。

## 2. BSCの機能と工法の概要

図-1 に一般的な植生遷移の様子を示した植生遷移図を示す。植生遷移の最初の段階は、コケ類や地衣類による被覆とされているが、これがBSCである。なお形成初期のBSCは主に土壤藻類で形成されており、その次にコケ等が侵入するケースが多い。

我々は赤土の主要な発生源の一つとされる沖縄本島北部のパイン畑での赤土流出量の観測から、植え付け直後で葉による被覆が少なくてもBSCが形成されると赤土流出量が少なくなることに気づき、BSCの侵食防止効果の検討を始めた。参考として、国際農林水産業研究センターの石垣島試験圃場（サトウキビ）において、BSCが無い場合と人為的に早期形成した場合の赤土流出量を比較した結果を図-2に示す。このように、BSCを形成した圃場では赤土の流出量が極めて少なくなった。また、この各試験圃場のサトウキビの生育には特に差がなく、BSCの形成が作物の生育に与える影響は特にないと考えられた。

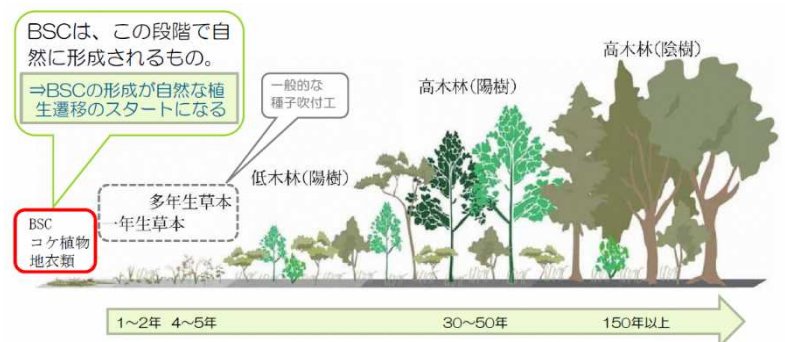


図-1 植生遷移図におけるBSCの位置

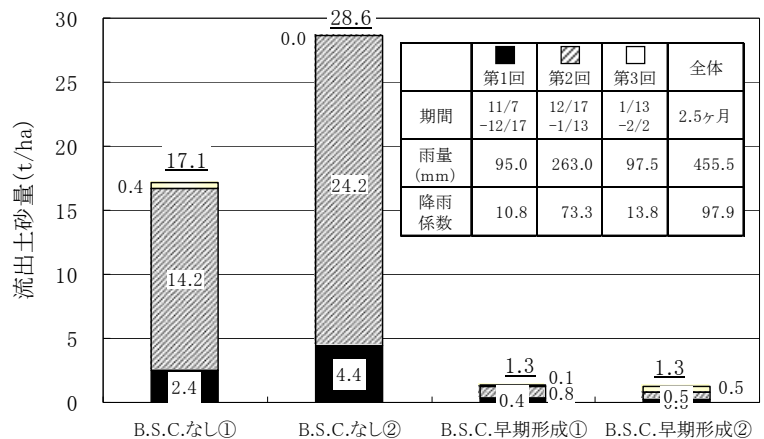


図-2 BSCの有無と赤土流出量の観測結果

なお、コケ等よりも早く侵入してBSCを形成する土壌藻類は、植生遷移のパイオニア種である。よって、図-2を含む種々の観察・試験結果から、土壌藻類等が形成するBSCは、侵食を防止し植生遷移のスターターとして機能していると考えられた。

そこで、BSCを形成する土壌藻類を資材化して、散布することで、自然な植生遷移を早期にスタートさせ、侵食防止する工法、BSC工法を開発した。

ただし、特に難しい技術ではなく、図-3に示すとおり緑化工として広く実施されている種子吹付工において、種子を土壌藻類資材に置き換えるだけの簡単なものであり、特に実施にあたって、新しい機器や技術等が必要になるものではない。

BSC工法の効果については、沖縄県と共同でやんばる国立公園内の林道崩壊地において検証している。図-4に示すとおり、崩壊面の右側にBSC工法を適用した結果、施工箇所にはBSCが形成されて周辺植生と見分けがつかないまで植生が回復し斜面の安定が保たれた。一方、未施工箇所は侵食が進み豪雨時に再崩壊して赤土が流出しており、BSC工法の効果が確認された。

図-3 BSC工法の実施イメージ



図-4 BSC工法の効果検証例(沖縄本島北部)

### 3. BSC工法の特徴

以上のような知見・経緯等を基に、現在、沖縄発の新技术として、国土交通省が運用する新技术情報紹介システム (NETIS: 登録番号 OK-170002) に登録し、侵食防止及び植生の自然侵入促進工法としてBSC工法を展開している。広義には、植生を形成することで侵食を防止し法面等の安定を図る緑化工法の一つに相当するが、従来の緑化工法とは異なるユニークな特徴を有している。

#### (1) どこでも在来種として存在する土壌藻類を用いている

BSC工法では、日本各地を含め、世界中に分布する土壌藻類を利用している。昔から大気中には藻類が浮遊していることは知られていたが、近年、その多くが土壌藻類(気生藻類)であること、更に、今も風に乗って砂塵等と共に世界レベルで移動・分散していることが明らかになっている。このような分布状況から、この土壌藻類はコスモポリタン種と呼ばれ、その分布域は、図-5に示すとおり、5大陸全て、更に南極から北極など世界全域に及ぶ。

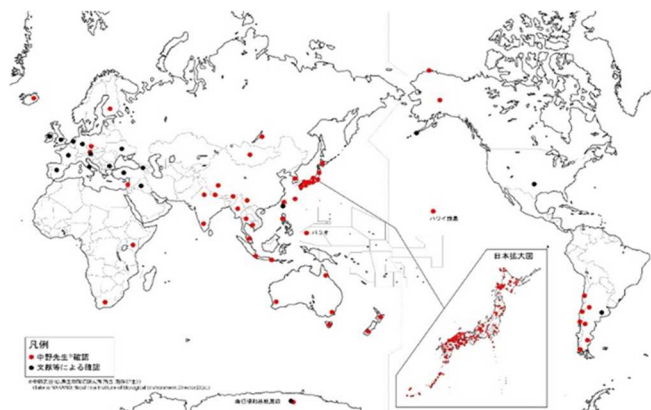


図-5 BSC工法で使用している土壌藻類の分布図

したがって、日本全国どこでも在来種として既に自然分布しており、外来種にはならない。もし必要があれば、施工を計画している箇所付近の土壌等を採取し、専門家による分離培養・同定により、その地域に既に分布していることを確認して施工している。



(2) 交配しないため雑種の形成や遺伝子攪乱がない

植物は、近縁の別種間で交配し雑種を形成することがある。また、別の地域の同種が持ち込まれ、自然分布する種と交配することで遺伝子攪乱（その地域で育まれてきた遺伝子構成が変容すること）が起きることがあり、これらは種や遺伝子の多様性保全の観点から、近年問題になっている。

しかし、これらは交配すること（有性生殖）で起きる問題である。BSC 工法で用いている土壤藻類は無性生殖であり交配しないため、論理的に雑種の形成や遺伝子攪乱は生じない。したがって、特に雑種形成や遺伝子攪乱の防止が重要な場合において、BSC 工法は価値が高まると考えている。

(3) 簡単で法面整形なしでも施工可能

従来の植生シート・マット工やラス張りが必要な基材吹付型の自然植生侵入工等と異なり、施工面の凹凸を均し、平坦に仕上げる法面整形工を行わなくても施工が可能である（図-6）。したがって、法面整形に係る機械搬入や残土処分等が不要であり、崩壊跡地から侵食により二次的に発生する土砂の流出防止等に適用することが出来る。このような点から、航空実播等に活用する動きも出てきている。

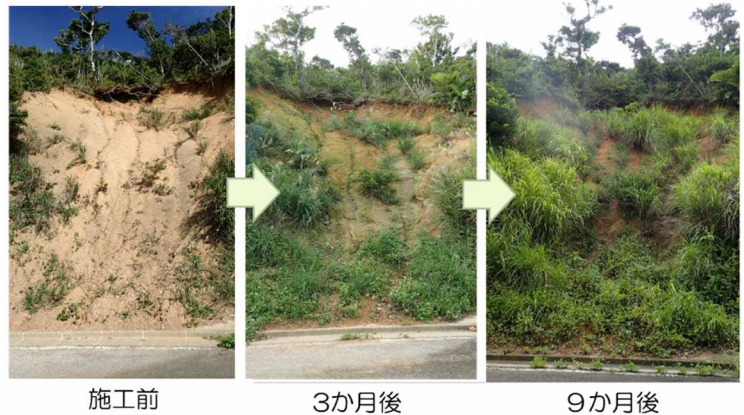


図-6 整形工なしで崩壊斜面に実施している例(石垣島)

(4) リルからの侵食の拡大を防止

従来の侵食防止対策の場合、流水が集まるリル部（雨裂）から資材が剥離・流失して侵食が拡大していくが、土壤藻類を用いる BSC 工法の場合、水が流れるリル部（凹部）に BSC がよく発達して侵食を抑えるため、リル部の拡大が防止される（図-7）。また、一旦形成された BSC が野生生物による踏害等で壊され、地表面にリル形成の要因となる凹凸が新たに形成されても、時間経過と共に踏跡内に土壤藻類が侵入し BSC を再形成する場合がある。



図-7 施工した崩壊地でガリの拡大が防止されている例

(5) 既往の緑化工の補修や組み合わせが可能

以上のとおり BSC 工法には色々な利点があるが、植生侵入は時期・天候や周辺植生の有無によることや、表面侵食は防止するが、種子吹付工等と同様に、基盤自体が崩れるような場所には適さない。このような場所には、それぞれの要因に対応する様々な緑化工法・資材が開発されているが、このような既往工法も時期や基盤との相性等によっては植生形成が上手くいかない



シートを撤去せずに上から直接 BSC 資材等を散布して植生を形成

図-8 植生形成不良なシート工の補修例

場合がある。BSC 工法は簡単であるため、このような既往の緑化工との組み合わせも可能であり、最近では既往緑化工（基材吹付やシート工）を実施した上から BSC 工法を行う例や、既往の植生シート工や自然侵入促進工の成績が良くない箇所に補修工として適用するケースも見られる（図-8）。

更に、最近では BSC 工法の資材を予め組み込んだシート工（図-9）を開発するなど、既往の緑化資材と組み合わせた新商材開発等も実施されている。



図-9 BSC 資材を組み込んだ侵食防止シートの例

#### 4. おわりに

BSC を赤土対策工として活用する研究は 15 年前頃から進めていたが、現場実装に至れたのは、地表に生育する土壤藻類を水中で大量培養できるようになった事が大きい。現在、BSC 工法用の土壤藻類資材（BSC-1）は石垣島の日健総本社の生産基地（図-10）で培養・製造しており、令和 2 年度には沖縄県の優良県産品にも登録された。また、最近では各地で実績が形成されてきており、JICA 事業による海外での普及事業（図-11）や海外の大学等との共同研究等も実施している。今後も、SDGs の達成にも貢献する沖縄発の新しい技術・資材として、県内外、更に海外に広く発信していく予定である。



図-10 石垣島にある BSC 資材の生産基地

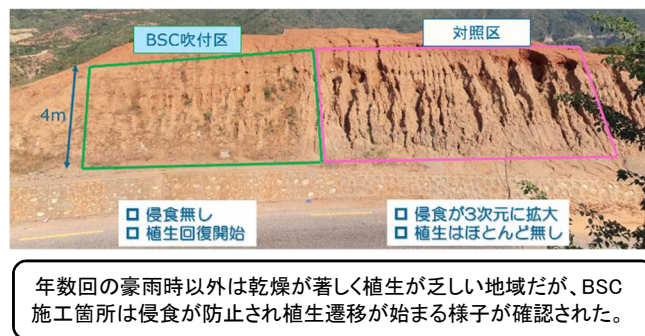


図-11 JICA 事業によるネパールでの効果実証例

#### (参考文献)

- 1) 富坂峰人：バイオロジカル・ソイル・クラストを用いた侵食防止対策、農業農村工学会誌79（1）、pp.36-37、2011
- 2) 富坂峰人：バイオロジカル・ソイル・クラストを活用した遷移促進による樹林荒廃箇所の早期復元緑化について、亜熱帯緑化事例発表会資料、沖縄都市緑化推進会議、p49-56、2015※3
- 3) 富坂峰人・橋本和明・小川遼・平山友彰：北海道の農地法面におけるBSC工法の適用事例、農業農村工学会誌86（6）、p.50-51、2018
- 4) 富坂峰人・鈴木淳己・加藤 靖弘：バイオロジカル・ソイル・クラストを活用した侵食防止及び自然侵入促進工について、第1回自然環境共生技術研究会発表要旨集、環境省自然環境局、p.23、2018
- 5) 沖縄県北部農林水産振興センター森林整備保全課、日本工営株式会社：林道法面小規模崩壊地における早期植生回復試験、林道-新しい山村をつくる、林道研究会、pp81-83、2017
- 6) 小島塁・大澤和敏・松浦麻希・藤澤久子・富坂峰人・松井宏之：沖縄地方の土壌を対象とした藻菌類の被覆による侵食抑制対策の評価、平成30年度農業農村工学会大会講演会、ポスター発表、2018
- 7) 小島塁・大澤和敏・松浦麻希・藤澤久子・富坂峰人・松井宏之：藻類・菌類による被覆土壌の受食性評価およびWEPPによる侵食解析、土木学会論文集G（環境）、74（5）、I\_233-I\_239、2018
- 8) 藤澤久子・富坂峰人・今村史子：土壌藻類を活用した環境にやさしい表面侵食防止技術－BSC工法－、第29回沖縄地盤工学研究発表会梗概集、沖縄地盤工学研究会、2020