

藻類・菌類による赤土の侵食防止工法 (BSC工法)



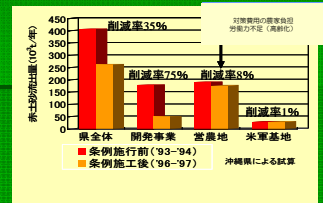
2014.1.23

独立行政法人 土木研究所
土砂管理研究グループ
火山・土砂流チーム
石塚 忠範

1

はじめに

- 南西島嶼域では、降雨時の地表流による地表面の侵食が著しく、開発工事、農地等から微細土粒子を多量に含む濁水が流出し河川・沿岸域を汚染している。この現象は赤土等流出問題といわれ、沿岸生態系の破壊および漁業・観光資源の損失をもたらす深刻な環境問題となっている。さらに今後は、地球温暖化に伴う気象変化による激化が危惧される。
- 農地では「水質保全対策事業」により取り組み、圃場の緩勾配化や下流の沈砂池の設置を主に行なった。事業対象地では対策前の2~3割に減少する効果を得ている。



2

農地における従来の対策における課題

- 課題① 耕土は農家が手間とコストを注ぎこんだ資産であるが、天地返し・耕起など営農活動に伴う裸地時の耕土流出を皆無にはできない。
- 課題② 営農対策としての緑肥、マルチング、グリーンベルトなどは農家負担(労力・コスト)であり、さらに対策のために作付け面積が減少するなど、農家の積極的な取り組みを得難い。
- 課題③ 土木対策としての排水路、沈砂池の建設には用地供出の問題、農業機械運用上の障害が増えるなどのため、農家の合意が得難い。また、堆積土の浚渫・土捨てなど施設維持コストが大きい。

3

BSC工法とは

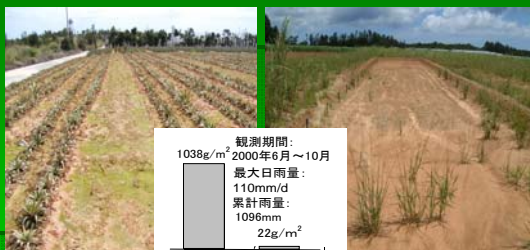
- BSCとは、バイオロジカル・ソイル・クラスト (Biological Soil Crust) の略称です。
- 表層の土壤に生息している微生物(菌類および藻類)の繁茂に伴って形成される土粒子を巻き込んだコロニーには土砂流出を抑制する機能がある。



畝間に繁茂した藻類

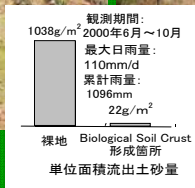
4

自生BSCの有無における知見



自然にB.S.C.が発達したバイン圃場

B.S.C.の繁茂がないバイン圃場



東村バイン圃場における観測の例

5

対策としてのBSCの早期形成

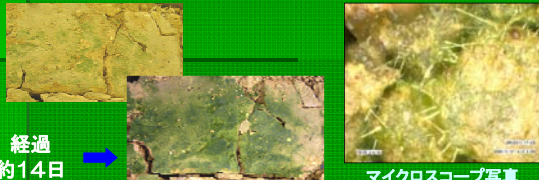
- 耕土にバガスなど農業副産物を散布して土壤菌類の繁茂を促進する。また、地元で生育する藻類を培養して乾燥・粉碎したものを藻株として圃場に散布することでBSCを早期形成する。



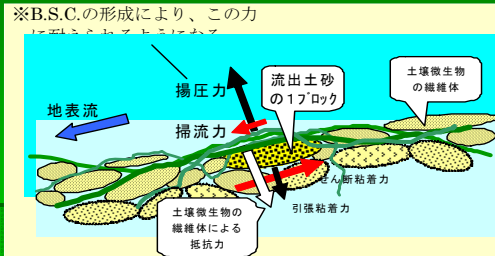
(日本工営株式会社と共同特許登録)

6

- 保水養生すると、数日後には菌類が生長し、藻類は数年間の乾燥後でも、14日後には写真のように休眠状態から再生繁茂する。概略の分類によると、赤土における菌類はコウジカビ、アオカビ、ツチアオカビの類が多く、土壤藻類は緑藻類等が主体。



土砂流出防止のメカニズム



菌類や藻類の繊維が土粒子を拘束するため見かけ上の粘着力を増強する

菌類の種類

沖縄県東村林園圃場土壌に定着した菌類

(監修：高島勉介「かび検査マニュアル カラー版」)

| 属 | 種名 | 生理性状 | | | 生息分布 | |
|---------------------------------|--------|------------------|------------------|-----|------------------|------|
| | | 温度 ¹⁾ | 湿度 ²⁾ | pH | 環境 ³⁾ | 地域 |
| <i>Albermaria</i> (アールマリヤ) | ススカビ | 中温性 | 好湿性 | 3~6 | 湿性 | 世界各地 |
| <i>Aspergillus</i> (アスペルギルス) | コウジカビ | 中~高温性 | 耐乾性 | 4~6 | 乾燥 | 世界各地 |
| <i>Chaetomium</i> (ケイトミウム) | クロカビ | 中温性 | 好湿性 | 5~6 | 湿性、水系 | 世界各地 |
| <i>Pezizomyces</i> (ペジミウム) | アオカビ | 中温性 | 耐乾性 | 5~6 | 乾燥 | 世界各地 |
| <i>Pezizomyces</i> (ペジミウム) | アオカビ | 中温性 | 好湿性 | | 湿性 | 世界各地 |
| <i>Trichoderma</i> (トリコデルマ) | ツチアオカビ | 中温性 | 好湿性 | | 湿性、水系 | 世界各地 |

備考
 1) 温度 好温性:0~40℃、中温性:20~40℃、低温性:30~40℃
 2) 湿度 好湿性:RH50%以上、耐乾性:RH50~90%、好乾性:RH50~90%
 3) 環境 乾燥:低水分、低湿度環境、湿性:高水分、高湿度環境、水系:水辺に生育する菌類

土壌侵食防止工法(菌類):特許第4412648号(平成16年3月31日)
 (独)土木研究所・日本工営

土壤藻類の例

- 緑藻類
クレブスオルミジウム属(*Klebsormidium* sp.)
- 藍藻類(シノバクテリア)
ホルミジウム属(*Phormidium* sp.)
- 黄緑色藻類の
ヘテロスリックス属(*Heterothrix* sp.)
等

土壌侵食防止工法(藻類):特許第3718203号(平成15年6月2日)
 日本工営(独)土木研究所

赤土地盤表面における菌類の形成状況



バガス片の近傍における糸状菌類の生長



藻類の室内培養の例 1



2013.8.12 藻株回収および液肥散布(液肥バイン1号)



2013.08.19 養生7日

藻類の室内培養の例 2



8/22 熱処理した培土に藻株・液肥を散布



9/5 培養14日



8/27 培養7日



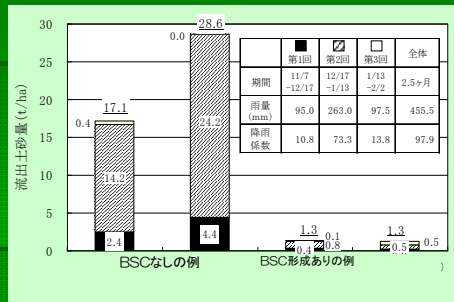
9/19 培養28日

モデル圃場における現地観測の例

- 試験場所: (独)国際農林水産業研究センター、沖縄支所 所内試験農場
- 観測期間: 2005/11/17~2006/2.2
- モデル圃場の規模: 幅2.5m、長さ10m、勾配5° (約9%)



観測結果(1ha当たり換算)



土壌微生物を早期形成させた圃場からの流出土砂量は、無対策の圃場の約1/10以下となっている。

BSCによる斜面復旧の試験施工例

施工場所: 沖縄科学技術沖縄県大学院大学構内

- ・急斜面は植生の回復が遅く、施設景観などからモルタル吹付等は出来るだけ避ける
- ・造成法面は種子吹付が流出し裸地化
- ・人目が付く箇所であり、早期緑化が望まれる



急斜面で植栽などが困難 (上記写真は、藻株散布と散水を行っている状況)

小規模な試験施工の例3

(種子吹き付けが流出し裸地化したのり面の復旧)



散布前

1週間後

造成法面の種子吹付が流出し裸地化した箇所



BSC工法の適用対象

- アスファルト乳剤やモルタル被覆ができない農地
- 景観的に乳剤・モルタル吹付けが好ましくない霧土・盛土面(平地・のり面)
- 土工事の工程都合により、数週間以上に亘り裸地状態で放置せざるを得ないような場合の土砂流出防止対策(表土削除工直後、切土・盛土の造成直後、土捨て場の法面・天端など)
- 植栽工においても、植生定着には2カ月程度を要するため、その間の対策をおこなう場合

留意事項・課題

- 菌類に関しては、現地生息の菌類の繁殖を促進するために、バガス・糖蜜など農産廃棄物や堆肥を天地返しなどの営農作業時に、10kg/m²を目途に鋤き込むことが有効である。
- 藻類に関しては、予め現地に生息する藻類を培養増殖した藻株(乾燥・碎粉物:約20g/m²)を散布する。藻株の資材コストは、量産化により低減が可能になり、10円/m²程度を目標としている。BSCの生育促進には、営農標準よりやや多めの施肥が望ましい
- 特に施工の初期には、天候の影響を受けやすく、集中豪雨によるBSC自体の流出対策、長期の無降雨期間中の散水など、効率的なメンテナンスの確認のために、更なる試験施工など事例検討を行いたい。

土木工事への適用性について

- 沖縄地域の土木工事においては、赤土等流出防止対策としてシート被覆工は頻繁に実施。
- 9%程度以下の緩斜面であれば、シートを透光性のあるものに変え、シート敷設前に藻株及び肥料分の散布を行うことにより、早期にB.S.C.を形成し、対策として利用できると考えられる。

土木工事に用いる際の留意事項

【想定される短所】

- 過大な強度は期待できないため、急勾配箇所への適用は難しいと想定される。
- 生物を利用することから、従来工事で使われるアスファルト乳剤や団粒化剤吹付け等と比べて、適用箇所の制限や効果にムラが生じると想定される。

【想定される長所】

- B.S.C.は植生遷移初期に自然に形成されるものであるため、周辺植生の侵入により自然植生の早期回復を目指す場所等では適性が高いと考えられる。

ご連絡ありがとうございます

連絡先

独立行政法人 土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 TEL:029-879-6785
日本工営株式会社 中央研究所
〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原2304 TEL:029-871-2000
日本工営株式会社 沖縄事務所
〒901-0155 那覇市金城5丁目5番8号 TEL:098-857-0919

参考資料

25

赤土の土質的特徴

国頭マージの物理特性

表-2.1 東村の圃場における採取試料の物理特性

| 地点 | 比重 ρ_s | 液性限界 LL | 塑性限界 PL | 塑性指数 IP | 砂礫分 (%) | シルト分 (%) | 粘土分 (%) |
|-------------|----------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| E圃場 (天地返し後) | 2.72 | 37.7 | 22.2 | 15.5 | 42 | 29 | 29 |
| F圃場 (植付後1年) | 2.72 | 42.4 | 24.8 | 17.6 | 39 | 28 | 33 |
| B圃場 (植付後2年) | 2.72 | 37 | 21.4 | 15.6 | 36 | 27 | 37 |
| C圃場 (植付後3年) | 2.73 | 38.3 | 22.8 | 15.5 | 45 | 21 | 34 |
| 東村圃場土取り場 | 2.70 | 50.3 | 24.2 | 26.1 | 29 | 26 | 45 |

圃場土の粒度分布は、シルト・粘土が約60%を占める粘性土

26

赤土の土質的特徴

国頭マージの水浸後の膨潤

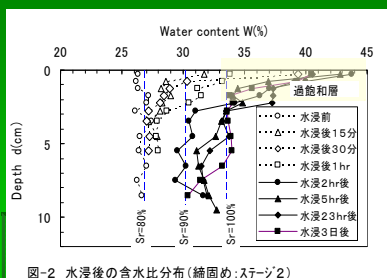
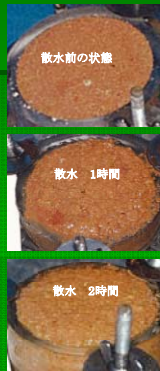


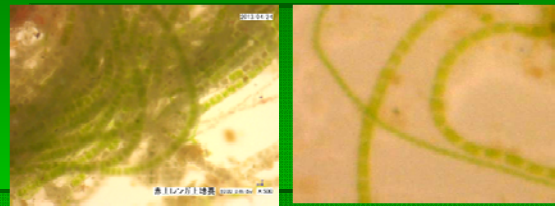
図-2 水浸後の含水比分布 (縮固め:ステージ2)

表層の3cm程度は、乾燥後の降雨水浸によってスレーキング作用に伴う強度低下が著しい



27

赤土に繁茂する藻類の例(マイクروسコープ撮影)

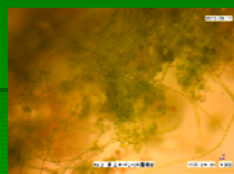


比較的大い糸状藻類
緑藻類に属するZygoniumと思われる

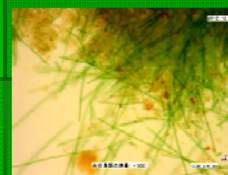
28



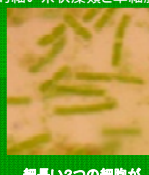
原始的コケ類と球状の単細胞藻類



比較的小い糸状藻類と単細胞藻類



原始的コケ類の一種

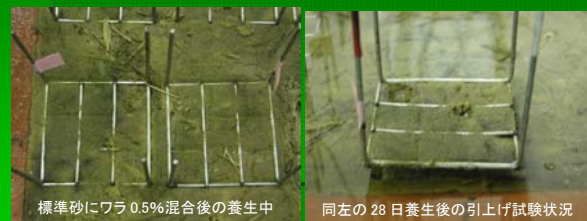


細長い2つの細胞が連結した単細胞藻類

29

BSCによる引上げ抵抗力

主に菌類のBSCを引き上げた状態



標準砂にワラ 0.5%混合後の養生中

同左の 28 日養生後の引上げ試験状況

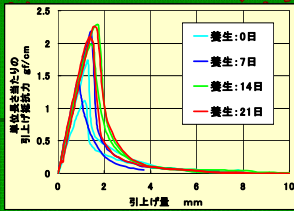
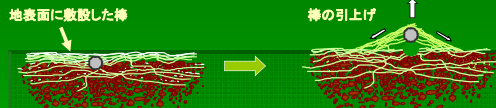
(1) ステンレス格子の地表面敷設状況

(2) 格子を引上げた状況

(地表面に敷設した格子間に養生中に土壌微生物が繁茂するため、水面上に格子を引上げても自重では崩壊しない程度に土粒子が連結した膜を形成している)

30

主に菌類の引張抵抗力の測定結果



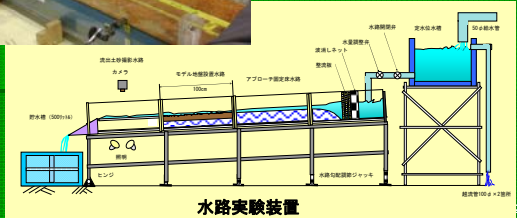
赤土にバガス0.5%混合(混合率:乾燥重量比)した室内養生の例
養生日数に伴い引張抵抗が増強している

水路を用いた侵食試験



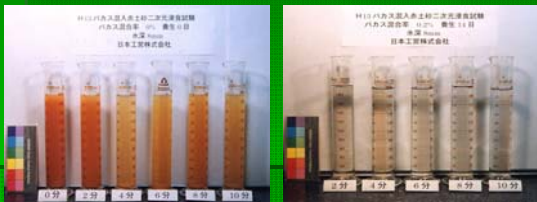
モデル地盤

モデル寸法:幅30cm、流路長1m
地盤の勾配:3%
侵食時間:10分



水路実験装置

バガス混合地盤(菌類が主体のBSC)の流出濁水(バガス混合の有無を比較)

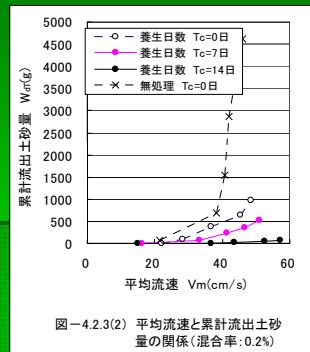


バガス混合0%、養生 0日

バガス混合0.2%、養生 14日

水深8mm通水時排水の色調比較

バガス混合地盤(菌類が主体のBSC)の流出土砂量



養生日数の経過とともに流出土砂量は低減している

図-4.2.3(2) 平均流速と累計流出土砂量の関係(混合率:0.2%)