

SATREPS

研究領域 「持続可能な社会を支える防災・減災に関する研究」



# 特殊土地盤上道路災害低減に向けた 植物由来の土質改良材の開発と運用 モデル

年次報告：2020年4月13日



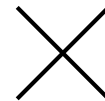
京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



宮崎大学  
UNIVERSITY OF MIYAZAKI



愛媛大学  
EHIME UNIVERSITY



# 報告事項

## 1. 研究進捗状況と今後の予定

題目1 : No. 3-16

題目2 : No. 17-31

題目3 : No. 32-41

## 2. 事業実施体制等

No. 42-48

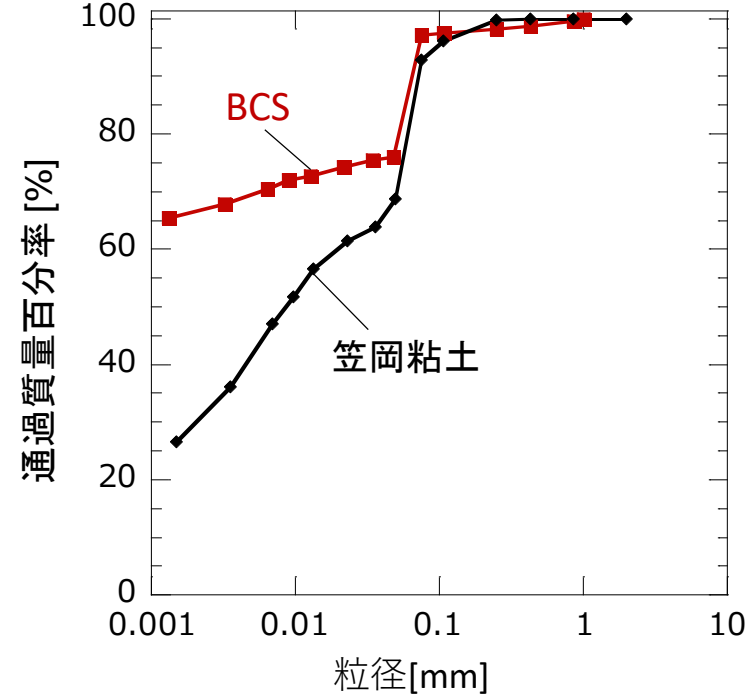
# 当初研究計画のスケジュールと進捗状況

題目1	'18	'19	'20	'21	'22	'23
<b>セルロース系土質改良材による 特殊土改良メカニズムの解明</b>						
1-1 アジスアベバとジンカ近郊の特殊土の鉱物組成と物理・力学特性の把握		特殊土特性把握 				
1-2 古紙を原料とするセルロース系土質改良材（セルドロン）の混合手法と、最適配合率の決定手法の検討		改良材混合手法と配合率決定手法の確立 				
1-3 セルドロンによる特殊土改良効果の検証（地盤中における長期安定性の検証）		改良土の特性把握 				
1-4 在来植物由来のセルロース系土質改良材による特殊土改良効果の検証				改良土の特性把握 		
1-5 セルロース系土質改良材の特殊土改良メカニズムの解明				改良メカニズムの解明 		

# ブラックコットンソイル (BCS) の物理特性

笠岡粘土\*との比較 (\*グラウト, 鋳造用等に利用. 岡山県笠岡で採取される粘性土)

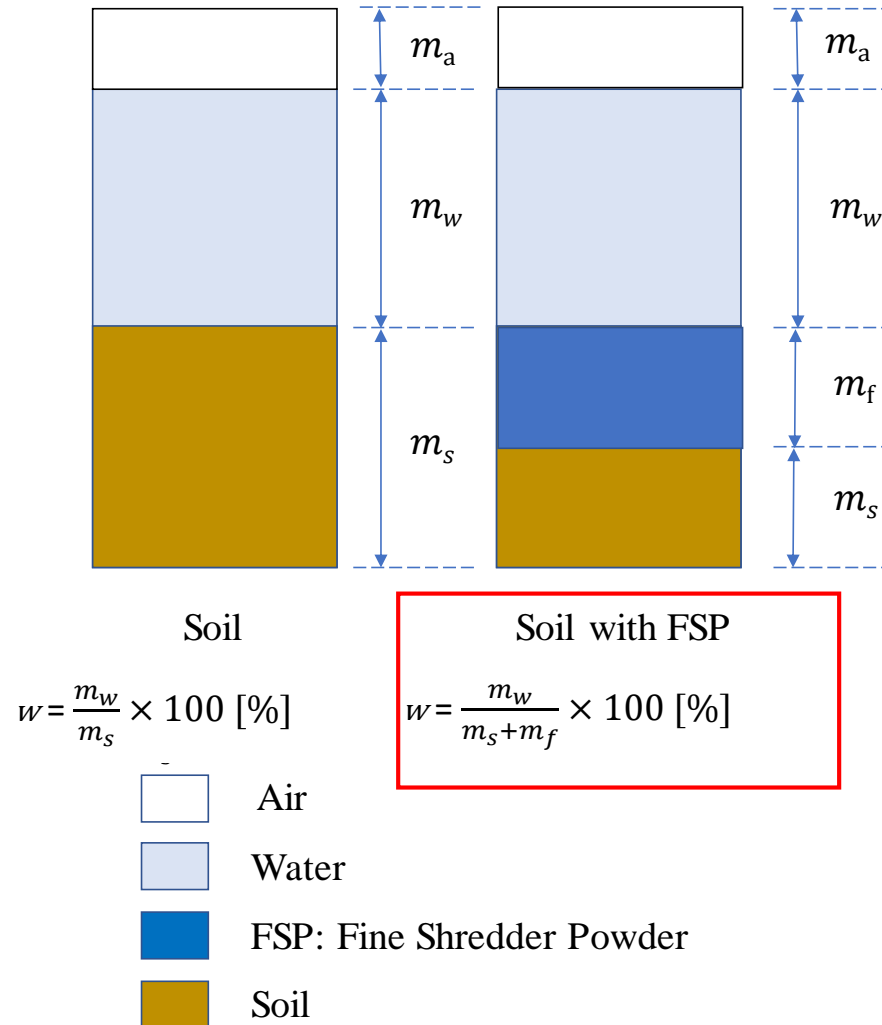
	BCS	笠岡粘土
自然含水比 $w_n$ (%)	56.83	-
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.42
液性限界 $w_L$ (%)	84.30	54.39
塑性限界 $w_p$ (%)	35.20	25.66
塑性指数 $I_p$	49.10	28.73
Free swell ratio	1.94	1.00
Liner shrinkage (%)	82.00	-
強熱減量 $L_i$ (%)	9.93	-



- ✓ BCSは笠岡粘土と比較すると,  
液性限界・塑性限界が高い.  
細粒分を含む割合が非常に高い.
- ✓ BCSは膨潤性が高く, 乾燥時に収縮する性質を有している.

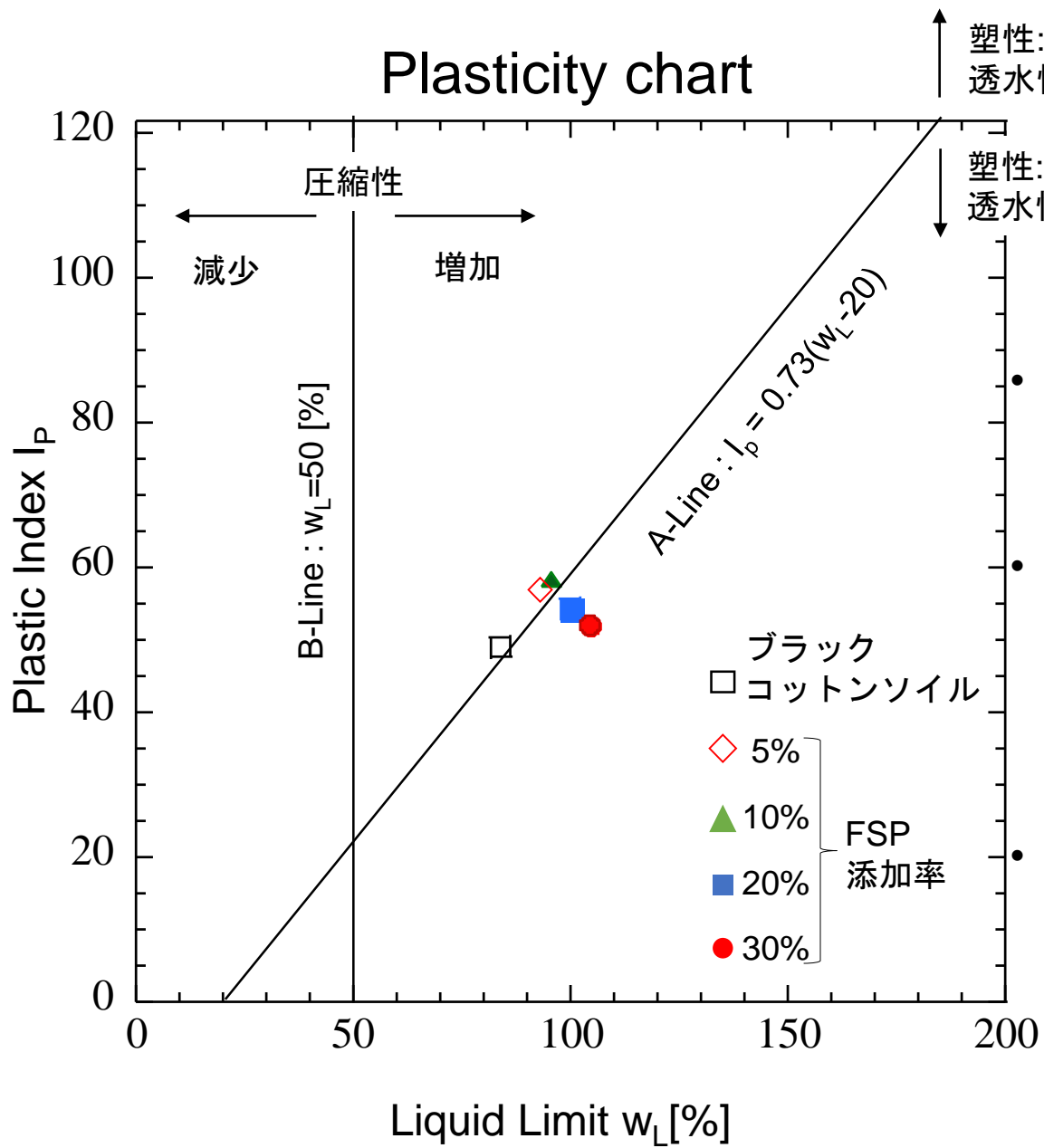
# セルドロン（以降， FSP : Fine Shedder Powder)添加率の定義

地盤材料とFSPを添加・攪拌する際には，土粒子の質量に対して，重量比でFSPを0%，5%，10%，20%，30%と添加する。



FSP添加率【0%，5%，10%，20%，30%】としたときのブラックコットンソイル (BCS)の物性変化を把握

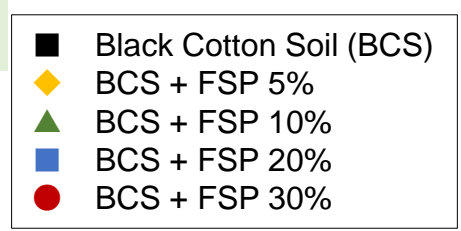
# FSP混合によるブラックコットンソイルのコンシステンシーの変化



ブラックコットンソイル  
 $I_p$ : 49  
 $w_L$ : 84.1%  
 $w_p$ : 35.2%

- FSP添加率の増加に伴い、液性限界と塑性限界の値が大きくなった。
- FSPの添加率が20%以上になると、塑性限界値( $w_p$ )の増加分が、液性限界値( $w_L$ )の増加分より大きいため、塑性指数( $I_p = w_L - w_p$ )が減少した。
- 塑性指数は、FSPの添加率10%までは増加し、さらに添加率を増加させると減少した。

# FSP混合によるブラックコットンソイルの膨潤性の変化

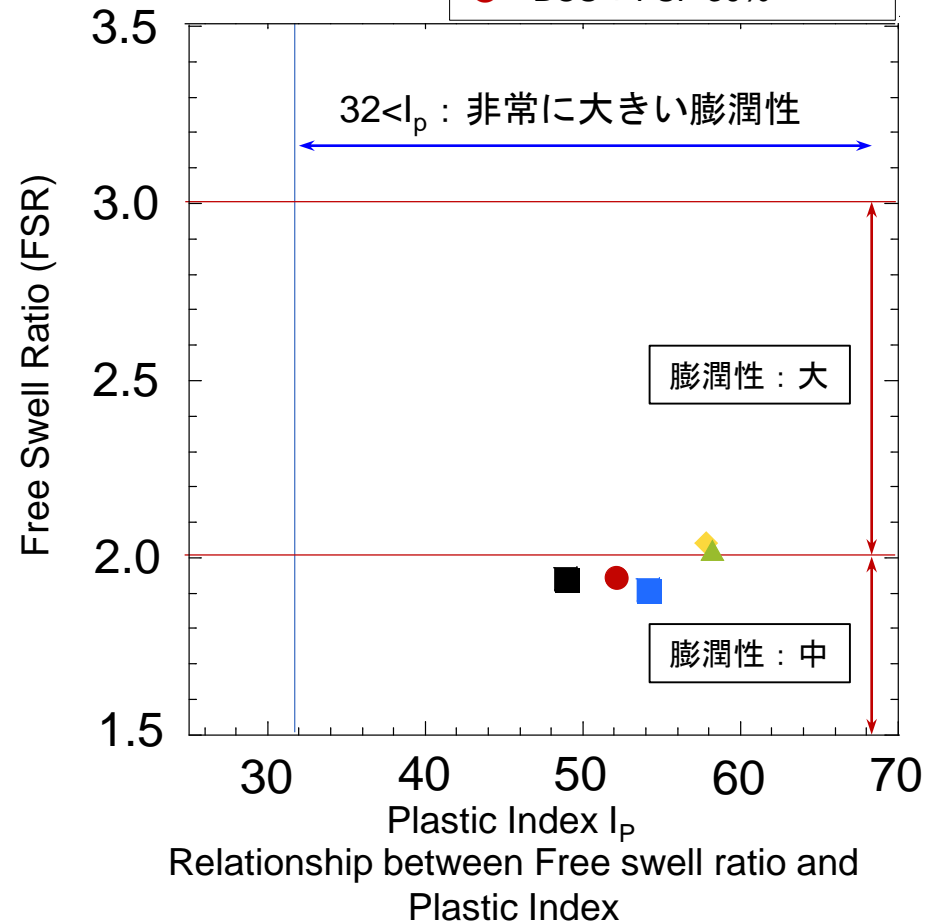


(L) BCS in Kerosine (R) BCS in water  
Free swelling test

Free swelling ratio:

$$FSR = \frac{V_d}{V_k}$$

$V_d$ : 蒸留水投下後の試料の体積  
 $V_k$ : 灯油投下後の試料の体積



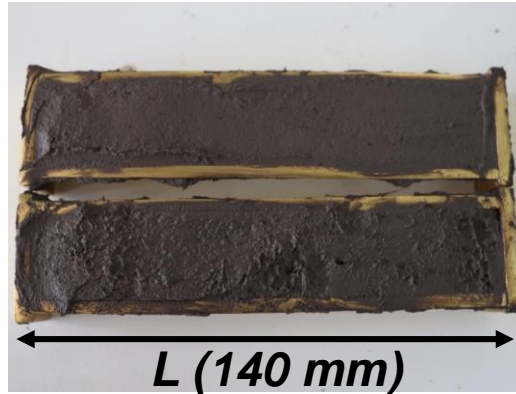
- ✓ FSRは2.0前後の値を示す → 中～大の膨潤性を示す。
- ✓ 塑性指数は50～60程度の値を示す → 非常に大きな膨潤性を示す。  
⇒ FSPの添加による膨潤性の抑制効果は観察されなかった。

# FSP混合によるブラックコットンソイルの収縮性の変化

## Linear shrinkage test

(1) BCS+FSP10%

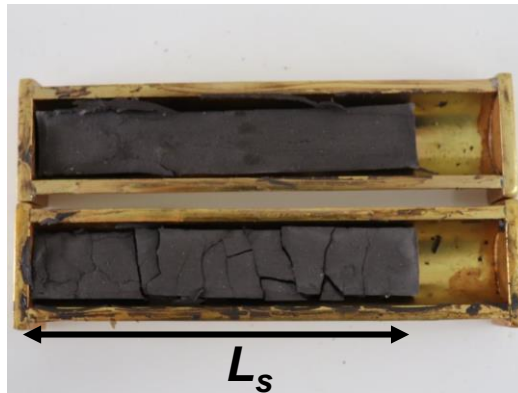
(2) BCS only



24時間炉乾燥後

(1) BCS+FSP10%

(2) BCS only



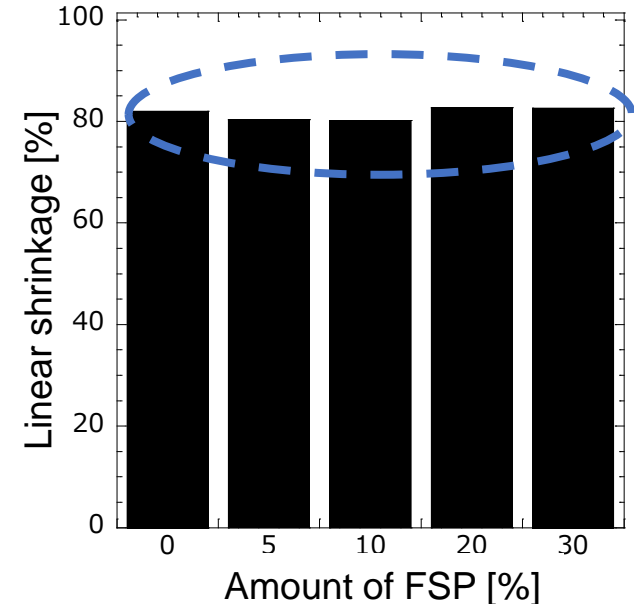
## Linear shrinkage (LS)

$$LS = \frac{L_s}{L} \times 100$$

$L$ : モールドの幅

$L_s$ : 乾燥後の試料の横幅

LSの値に大きな変化はない

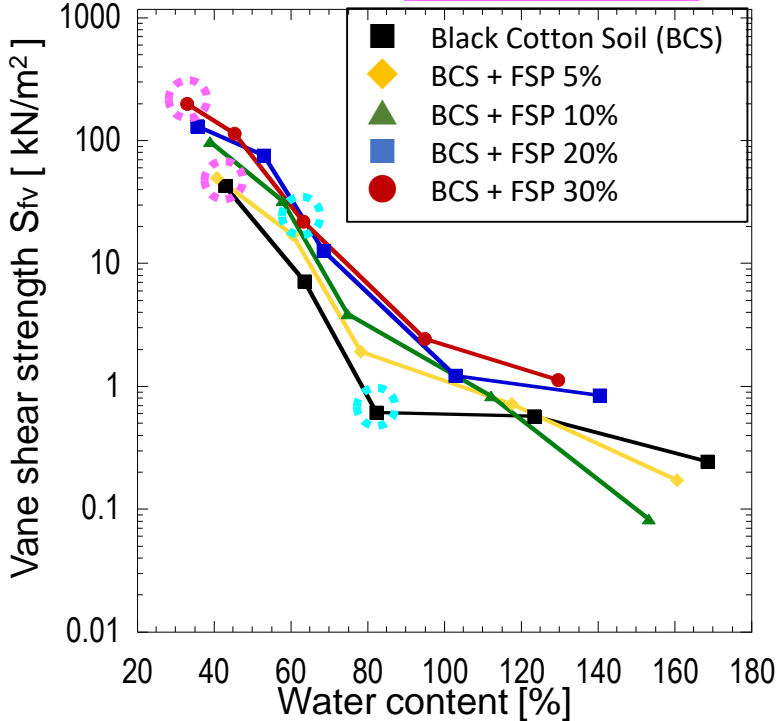


LSの結果からは乾燥収縮を抑制する効果はあまり見られないが、  
写真より乾燥時に生じるひび割れを抑制する効果があることを確認。



# FSP混合によるブラックコットンソイルのベーンせん断強さの変化

BCSとFSPの混合試料		混合前のBCSの含水比：液性限界 ( $w_L=84.30\%$ ) に対する比率									
		0.50		0.75		1.00		1.50		2.00	
		ベーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	計測時含水比 (%)	ベーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	計測時含水比 (%)	ベーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	計測時含水比 (%)	ベーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	計測時含水比 (%)	ベーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	計測時含水比 (%)
FSPの添加率	0%	42.66	42.82	7.19	63.56	0.88	82.25	0.57	123.37	0.25	168.60
	5%	49.93	40.78	16.98	60.53	1.85	78.33	0.72	117.50	0.17	160.57
	10%	98.36	38.93	32.54	57.78	3.96	74.77	0.83	112.15	0.08	153.27
	20%	131.50	35.68	75.51	52.97	13.85	68.54	1.22	102.81	0.84	140.50
	30%	199.66	32.94	113.41	45.40	21.90	63.27	2.43	94.90	1.13	129.69

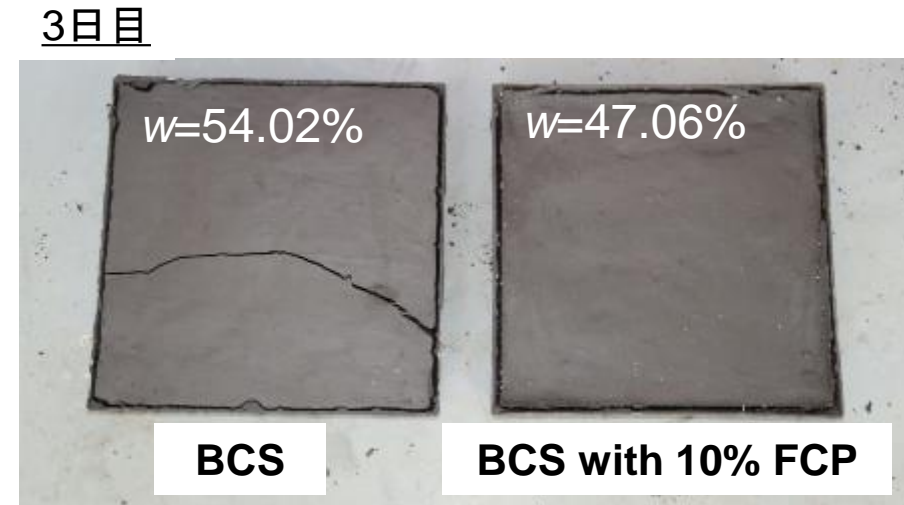
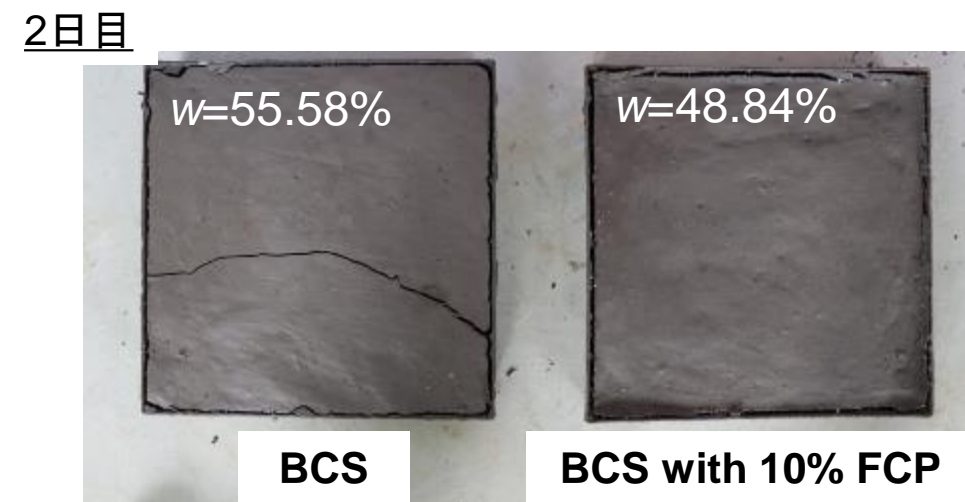
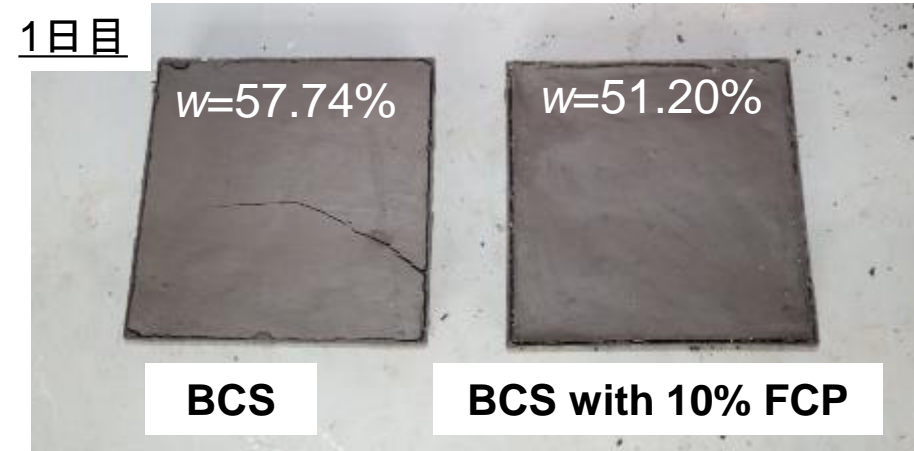
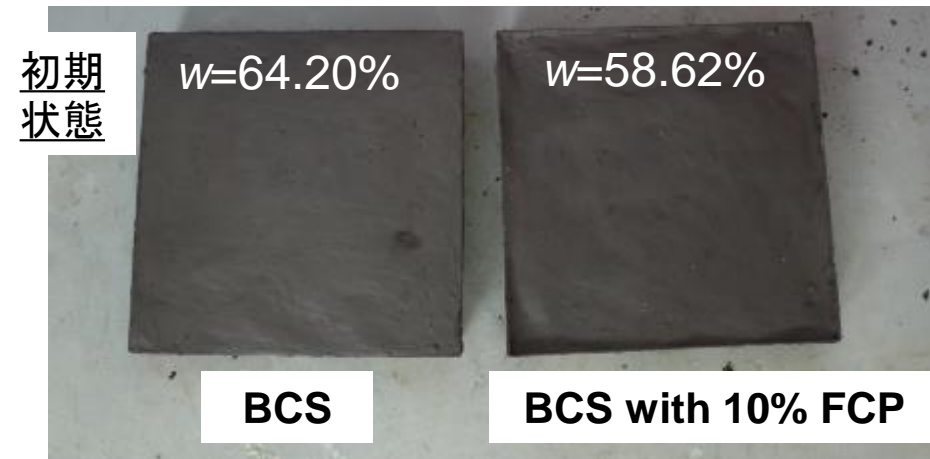


BCSの雨季の自然含水比：56.83%

- 初期含水比が低いほど、FSPによる強度増加分が大きい。
- (左図  $\odot$ : 初期含水比42.8%,  $\odot$ : 初期含水比82.3%)  
BCSの含水状態によっては、FSP混合よりも、含水比変化時の強度増加傾向が大きい。
- (表中、 $\left[ \right]$  と  $\leftarrow$  の比較)  
2トン車のタイヤ圧は約250 kN/m<sup>2</sup>であり、BCSにFSPを混合するのみで交通荷重を支持しうるような改良を行うのは困難である。

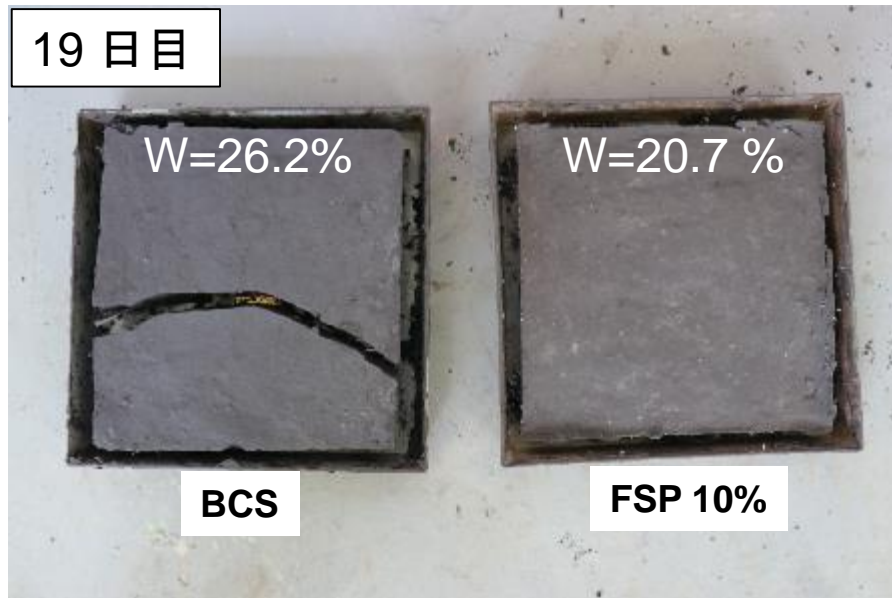
# FSP混合によるブラックコットンソイルのひび割れ発生抑制効果

## 自然含水比状態から室内乾燥

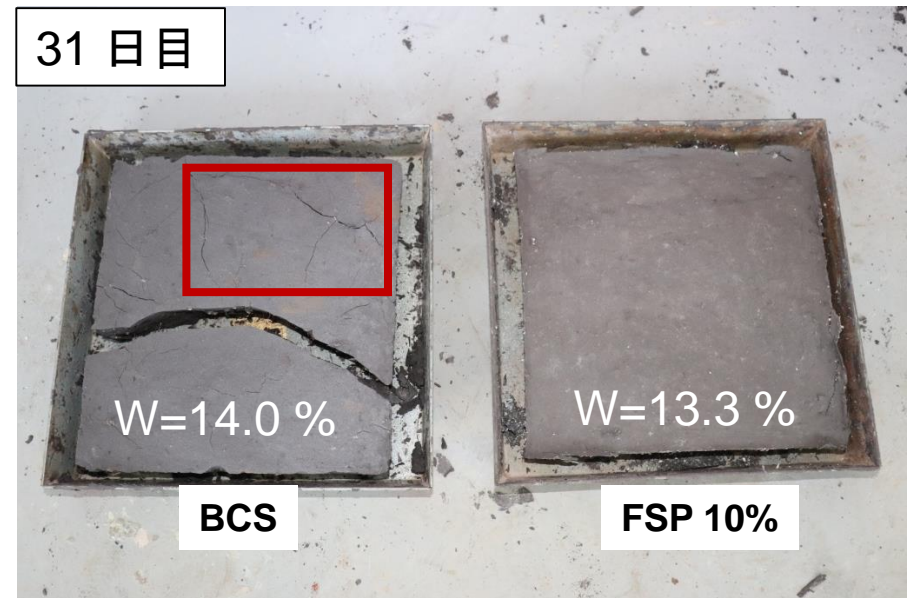


# FSP混合によるブラックコットンソイルのひび割れ発生抑制効果 自然含水比状態から室内乾燥

19 日目



31 日目



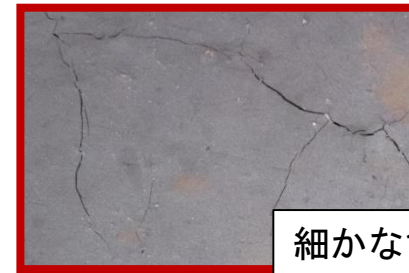
最大幅 : 24.0 mm



最小幅 : 11.3 mm



細かな亀裂が発生



**BCS :** 大きなひび割れが入り, その後徐々に細かなひび割れが発生する.

**BCS + FSP 10% :**

乾燥収縮するが, ひび割れは発生しない. ⇒ 繊維質補強による引張強度の増加  
含水比減少速度は1日平均でBCSは1.70%, FSP添加土は1.92%で大きな差はない.

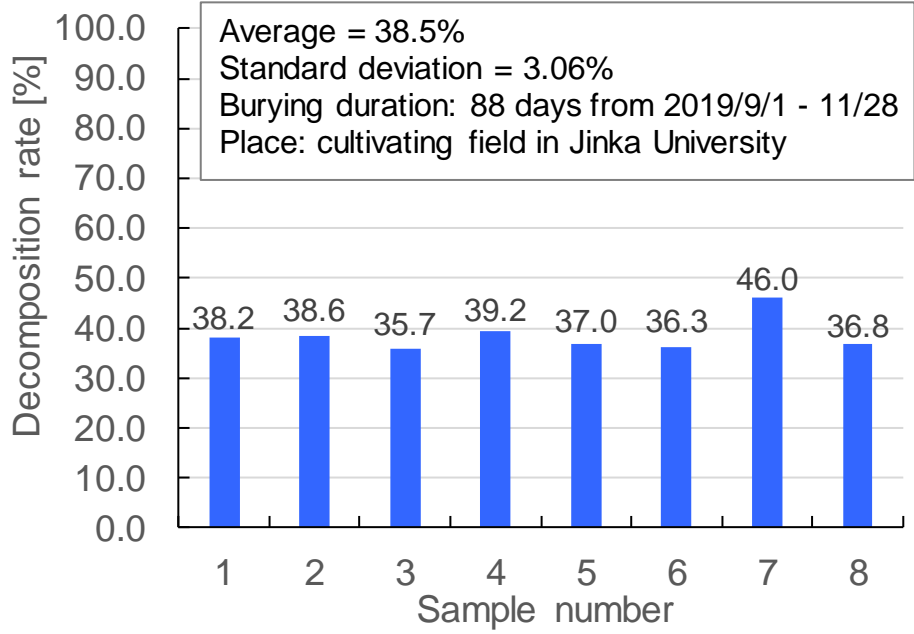
# 地盤中における長期安定性 サイト作製（ジンカ）と供試体敷設



FSPを含む供試体を敷設（9月1日）



供試体の掘出し（11月28日）



分解速度試験結果

## 分解速度試験結果

- ベンチコートシート法を参考
- FSP（セルドロン）を不織布に入れ埋設
- 埋設前,掘起し後,燃焼後それぞれの質量からセルロースの分解率を求めた.
- 埋設期間: 2019年9月1日～11月28日
- 分解率平均38.5%, 標準偏差3.06%
  - ✓ バラつきの小さな圃場を建設
  - ✓ ジンカ近郊のブラックコットンソイル地盤における分解指標を獲得
- 気象観測装置(土壌水分計含む)設置予定

# 【中間報告時の質問/コメントに対する回答：題目1】

**Q1:** もらったセルドロンは湿っていたのか、給水が少し鈍感であった。

A1: 古紙の種類や微細化加工の前の状態（シュレッター層の大きさ）等により吸水量は異なる。加工後の粒子の大きさと吸水量の関係、また、それに与える初期含水量の影響は引続き検討課題である。

**Q2:** セルドロンを混ぜた土の水分は、蒸発したものと中に取り込まれたものがあり、なんか別々に測れないか

A2: 現状、セルドロンを泥土に添加した際、土中におけるセルドロンの吸水量を定量的に計測することは難しい。

セルドロンには吸水作用だけでなく、繊維質による補強効果もあると考えられるため、水を全く吸わない繊維状の物質との比較を通じて、土中におけるセルドロンの吸水量を推定できるかもしれない（20年度年次研究計画書に対する浅枝先生からのコメントにも同内容あり）。今後具体的な方法を検討する。

**Q3:** パックテストなど簡単なテストの実施

A3: 移動式ラボの具体化に向け、ハイエース購入の準備中である。

**Q4:** 日本でブラックコットンソイルと同じ土を探して実験できないか。沖縄など

A4: 日本において、モンモリロナイトを用いて疑似ブラックコットンソイルを作成中である。国内でも検討を進める予定である（SATREPS事業と別にて）。

## 【題目1 19年度のまとめ】

1. アジスアベバ近郊で採取された特殊土であるブラックコットンソイルの物理特性を把握した。また簡便な装置（ベーンせん断試験装置）を用いて力学特性を把握した。
2. セルドロン（古紙を原料とするセルローズ系土質改良材）の混合による、ブラックコットンソイルのコンシステンシー特性の変化、フォールコーン貫入抵抗の増加、乾燥収縮時のクラックの発生を抑制する効果を確認した。
3. 乾燥収縮時のクラックの発生を抑制することで、ブラックコットンソイル層の透水性への影響の検証実験を開始した。
4. セルドロンの地中における長期安定性を確認する実験を開始した。

## 【題目1 20年度の予定】

1. セルドロンの混合によりブラックコットンソイルの乾燥収縮時のクラックの発生が抑制されることによる、透水性への影響を検証する実験を継続し、その効果を定量的に評価する。
2. ブラックコットンソイルに対するセルドロンの混合効果と最適な配合をまとめる。
3. ブラックコットンソイル地盤上で、低交通量道路の路盤としてセルドラ混合層を含む断面（セメント混合や粒度調整砕石路盤との併用など）を提案する。セルドラ混合層を含む路盤構造を複数提案し、動的コーン貫入試験やCBR試験など貫入抵抗試験等を行い、どの程度の耐荷力が得られるかを検証する。
4. セルドロンの、地中における長期安定性を確認する実験を継続する。
5. ジンカ近郊で採取された特殊土であるブラックコットンソイルの物理・力学特性を把握する。
6. アジスアベバ科学技術大学のx線回折装置を活用し、採取されたブラックコットンソイルの鉱物組成を把握する。

# 当初研究計画のスケジュールと今後の予定

題目1	'18	'19	'20	'21	'22	'23
<b>セルロース系土質改良材による特殊土改良メカニズムの解明</b>						
1-1 アジスアベバとジンカ近郊の特殊土の鉱物組成と物理・力学特性の把握 <span style="color: blue;">継続</span>		特殊土特性把握 				
1-2 古紙を原料とするセルロース系土質改良材（セルドロン）の混合手法と、最適配合率の決定手法の検討 <span style="color: blue;">継続</span>		改良材混合手法と配合率決定手法の確立 				
1-3 セルドロンによる特殊土改良効果の検証（地盤中における長期安定性の検証） <span style="color: blue;">継続</span>		改良土の特性把握 				
1-4 在来植物由来のセルロース系土質改良材による特殊土改良効果の検証				改良土の特性把握 		
1-5 セルロース系土質改良材の特殊土改良メカニズムの解明				改良メカニズムの解明 		



# 当初研究計画のスケジュールと進捗状況

題目2 在来植物からのセルロース系 土質改良材の生産技術の開発	'18	'19	'20	'21	'22	'23
2-1 有用在来植物資源の選定		有用植物を選定				
2-2 選定資源の成分分析，土質改良材への加工 原料を同定		原材料となる植物の同定				
2-3 在来植物資源の土質改良材への加工手法の 開発		粉体化工法の開発		改良 ERAの認証		



- 2-0 セルドロンの基本性質
- ✓ セルドロンの原料
  - ✓ 製造機器の見学
  - ✓ 走査電子顕微鏡 (SEM) 画像

- 2-2 選定資源の成分分析
- ✓ Wise法による成分分析

- 2-1 有用在来植物資源の選定 **青：19年度後期進捗**
- ✓ エンセーテ農場の見学
  - ✓ マーケットにおける流通状況の確認
  - ✓ **他の植物の調査**

- 2-3 土質改良材への加工手法の開発
- ✓ 穀物粉碎機の見学と入手ルート確保
  - ✓ **微細化方法と吸水量に関する実験開始**

## 2.0 セルドロンの基本性質 —セルドロンの原料—



紙粉

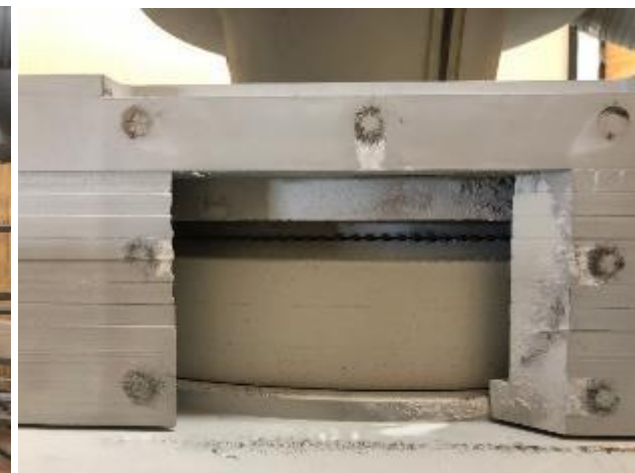


シュレッダー屑

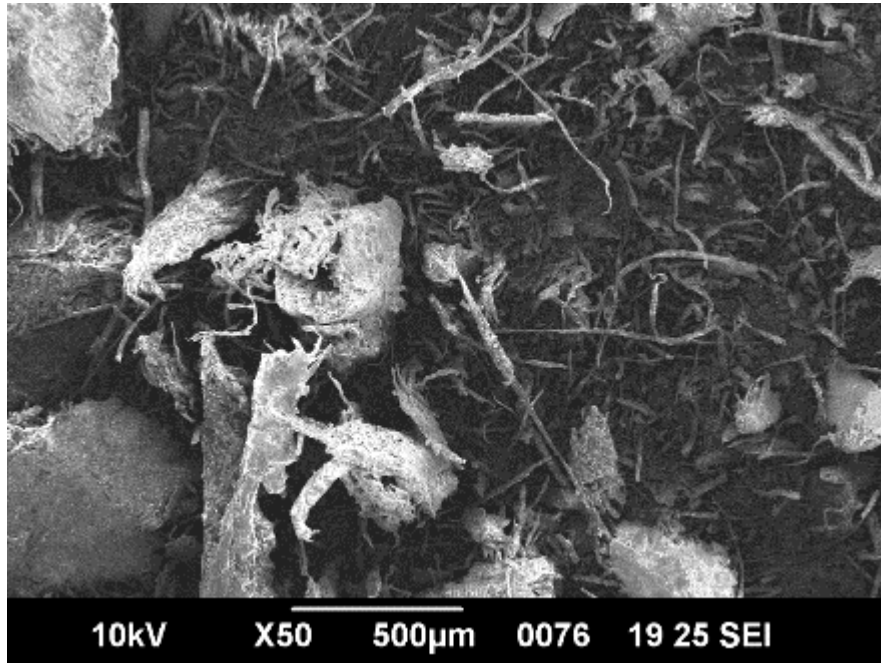
- 紙粉：印刷・製本会社で発生する**裁断屑**や**研磨による細かな粉末**。  
印刷工程全体で発生する微細粉末を収集するために設置されている**バグフィルターの内容物**も含まれてる
- シュレッダー屑：オフィスなどで発生する一般的なシュレッダー屑

➡ **専用の製造機**により**微細化加工**  
(歯の種類や形状, クリアランス, 粉砕時間は原料によらず統一)

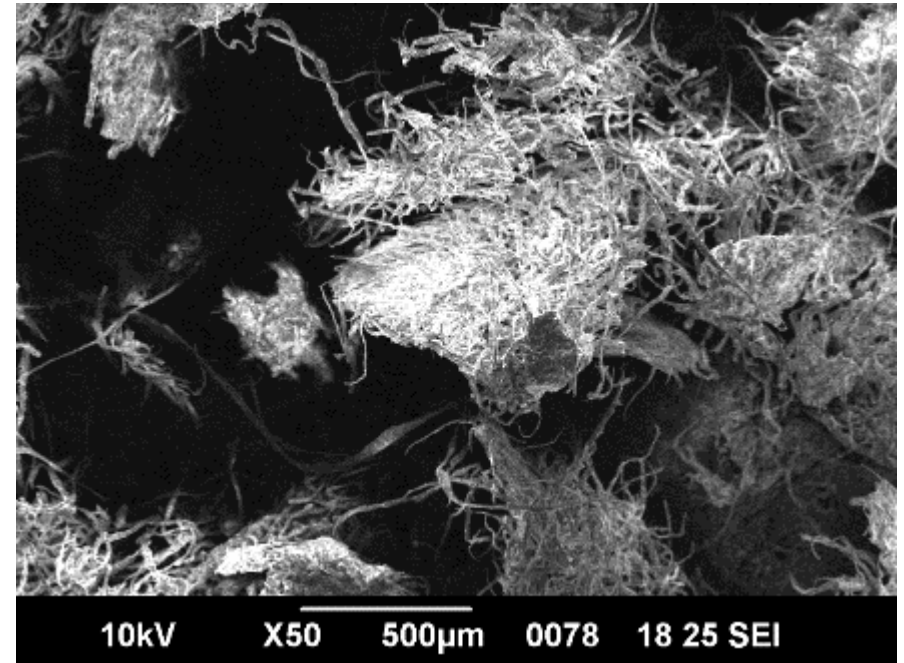
## 2.0 セルドロンの基本性質 — 製造機械の見学（2回） —



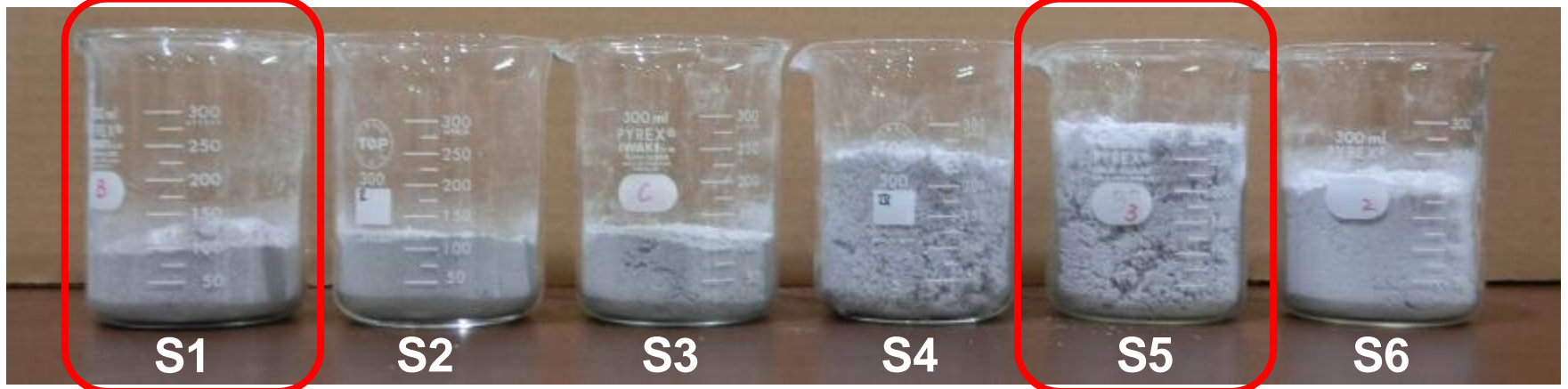
## 2.0 セルドロンの基本性質 ー走査電子顕微鏡 (SEM) 画像ー



S1 (紙粉: 100%)

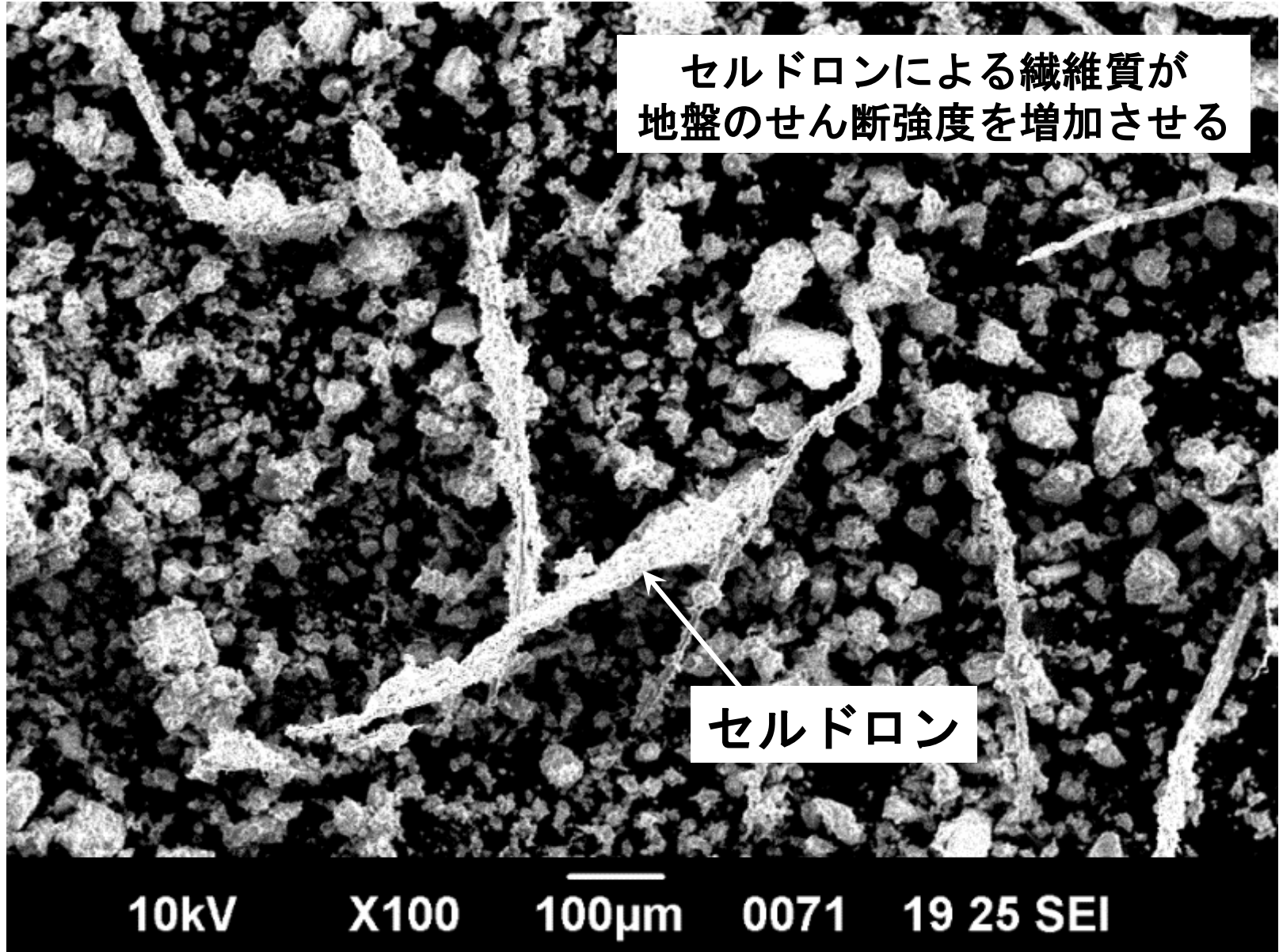


S5 (シュレッダー層: 100%)



300mlビーカーに30g測り取った様子

## 2.0 セルドロンの基本性質 —走査電子顕微鏡 (SEM) 画像—



## 2.1 有用在来植物資源の選定 —エンセーテ農場の見学—



## 2.1 有用在来植物資源の選定 —マーケットにおける流通状況の確認—

エンセーテ



自然含水比: 610%



コーヒー殻



自然含水比: 20%



## 2.1 有用在来植物資源の選定 —マーケットにおける流通状況の確認—



家庭用粉砕機を用いた予備実験





## 2.1 有用在来植物資源の選定 —エンセーテ・コーヒー殻以外の植物—

□ エチオピア側研究者と連携し，様々な在来植物を調査 ⇒ 成分分析へ

エチオピア側研究者が，セルロース系または別メカニズムに基づく土質改良材として，再利用の可能性を検討している在来植物

No	名称	想定価格	用途	採取場所	選定理由
1	綿花残渣	1000円/100 kg	住居用資材や 家庭用熱源	ほぼ全国	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルロースを多く含む</li> <li>低価格</li> </ul>
2	藁	330円/100 kg	家畜用飼料	ほぼ全国	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量調達可，安価</li> </ul>
3	ホテイアオイ Emboch (water hyacinth)	無料	無	Bahir dar and Zeway	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量調達可</li> <li>湖に植生し有害</li> <li>セルロースを多く含む可能性あり</li> </ul>
4	チャット Catha edulis (Khat)	無料	嗜好品 コーヒー飲料 時に添加	ほぼ全国	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量調達可</li> <li>廃棄物の再利用</li> <li>セルロースを多く含む可能性あり</li> </ul>
5	サトウキビの 絞りカスの焼却灰	無料	No	ほぼ全国	<ul style="list-style-type: none"> <li>石灰に代わる土質改良材として用途あり</li> <li>ジンカで入手可？</li> </ul>
6	竹	調査中	建材	ほぼ全国	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルロース分多く含む</li> </ul>
7	トウモロコシ残渣	調査中	家庭用熱源	ほぼ全国	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルロース分多く含む</li> </ul>

## 2.2 選定資源の成分分析 —Wise法による成分分析—

### Wise法\*による成分分析

Wise, L. E., Murphy, M., and d'Addieco, A. A., "Chlorite Holocellulose, Its Fractionation and Bearing on Summative Wood Analysis and on Studies on the Hemicelluloses" Paper Trade J., 122(2): 35-43(1946).

### 参考

### エンセーテ

(でんぷん質を取り除いた繊維部分)

セルロースとヘミセルロース（アルカリに可溶な多糖類）の割合： **90%以上**

### コーヒー殻

セルロースとヘミセルロース： **50%**

水に半可溶なペクチンの含有率大

### 今後

- ✓ 現地で成分分析を実施する。
- ✓ 粉体化し，セルドロンと同様の方法で吸水試験を実施する。原料の種類や加工方法が吸水性に与える影響を調べる。



## 2.3 土質改良材への加工手法 —穀物粉碎機の見学と入手経路—



- 穀物用の粉碎機（インドと中国から部品輸入）を見学
- 上記粉碎機の微細粉体の大きさと吸水量に関する実験を開始
- 現地で加工可能な粉碎機を2020年度に購入

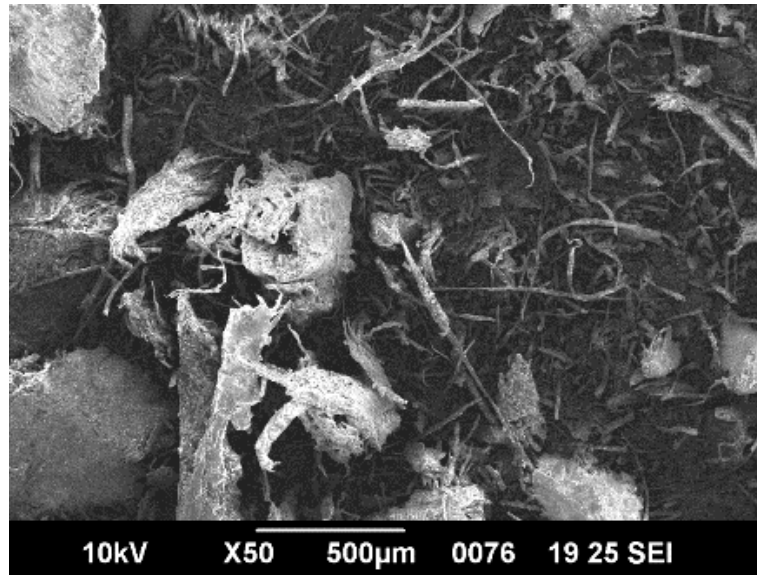
## 【中間報告時の質問に対する回答：題目2】

Q1: 粉体の粒径などを調べる方法は、エチオピアでも十分可能か

A1: セルドンは繊維状の物質であるため、国内においても「粒径」等の大きさを定義するのは難しい。 かつて、国内においてレーザー式の粒径計測装置を用いてセルドンの大きさを計測することを試みたが、球形以外には適用が難しいことが理由で実施をあきらめた経緯がある。

ただし、簡易にふるい分けで分類する程度であれば現地でも十分に可能。

他の方法として、SEMの画像から繊維の大きさ（アスペクト比）と割合を求める方法を検討中。



セルドンのSEMの画像

## 【中間報告時の質問に対する回答：題目2】

Q2: リグニンを取り除く方法は？ どの程度のセルロース含有量であれば有効かの判定。

A2: リグニンを取り除く方法にはいくつかあるが、一般的にクラフト蒸解（水酸化ナトリウムと硫化ナトリウム混液中、160°C程度で5時間ほど蒸煮）を使用する。中国などで、稲わらなどからリグニンを除去する際には、アルカリ蒸解（水酸化ナトリウム溶液で先と同程度の蒸煮）。ただ、いずれも反応窯等の大型設備を必要とし、投入エネルギーも大きく、廃液も出るため、現地で稼働するのは大変な困難があると考えられる。そのため、リグニン除去は現実的ではない。

セルドロンはクラフト蒸解により製造され紙由来の古紙を使用しているため、セルロース含量は80%~95%程度ではないかと推察される。植物資源の吸水性は材料の結晶化度の小ささ（フリーの水酸基が多いこと）に起因すると考えられるので、セルロース含量が高ければ吸水性が高いとは一概に言えず（微結晶セルロースというセルロースの結晶部位のみのパウダー（セルロース含量ほぼ100%）はほとんど吸湿性がない）、むしろリグニン等が共存することの効果については研究課題となると考える。

材料の吸水性を上げるには加工方法が重要と考えられ、いかにセルロースの結晶化度を下げることができるかが重要な課題と考えられる。セルロース純度の高い材量としては綿花があげられるが、繊維一つ一つの結晶化度が高いため、吸湿性が低い。このことから、材料の選定とともに破碎方法（機械的に結晶を壊す）ことが重要な課題になると考えられる。

## 【題目2 19年度のまとめと20年度の予定】

### ・2019年度の実施計画

1. 日本国内にて、古紙を原料とするセルロース系土質改良材（セルドロン）の作成工場を見学し、古紙粉体化技術を含めた加工方法の原理を把握した。
2. 南オモ島のエンセーテ農場を見学し、でんぷん採取後のバガス（繊維分）の獲得方法を確認した。また、エンセーテおよびコーヒー殻のアジスアベバ市内マーケットでの流通状況および価格等について把握した。
3. エンセーテ繊維およびコーヒー殻のセルロース・ヘミセルロース含有量を、Wise法を用いて評価・確認した。
4. アジスアベバ市内の機械販売業者や粉体加工工場を見学し、穀物破砕機の確認と機器入手方法について検討した。

### ・2020年度の実施計画

1. 第1候補のエンセーテ・コーヒー殻以外の在来植物について継続的に調査する。
2. エンセーテ・コーヒー殻の成分分析（Wise法を用いたセルロース・ヘミセルロース含有量評価）をアジスアベバ科学技術大学で実施する。また上記a)で候補となる他の在来植物についても成分分析を行う。
3. アジスアベバ市内で入手可能な穀物破砕機を調査し、入手する。その後、入手した破砕機の性能を確認し、土質改良材へ粉体化する手法を検討する。

# 当初研究計画のスケジュールと今後の予定

題目2 在来植物からのセルロース系 土質改良材の生産技術の開発	'18	'19	'20	'21	'22	'23
2-1 有用在来植物資源の選定		●	→	→	※	
2-2 選定資源の成分分析，土質改良材への加工 原料を同定		●	→	→	※	
2-3 在来植物資源の土質改良材への加工手法の 開発		●	→	→	→	→

●→ 計画  
●→ 予定

## 進捗と今後の予定

※エンセーテやコーヒー殻以外の植物についても検討するため、計画期間を1年間延長することになった。

2-1	✓ 有用在来植物資源の選定を継続
2-2	✓ エンセーテとコーヒー殻の成分分析を現地で継続 ✓ 2-1で候補に挙げた他の植物についても、成分分析を実施
2-3	✓ 現地で入手可能な粉砕機の破砕能力確認，および装置改良を検討 ✓ 粉砕機または改良機で得られる微細粉体の大きさと吸水量の関係を把握 <sup>31</sup>

# 当初研究計画のスケジュールと進捗状況

題目3	'18	'19	'20	'21	'22	'23
地方での道路災害低減に向けた特殊土対策工の運用モデルの構築						
3-1 南オモ県での道路災害発生状況と現行の対策把握	試験施設	工実施地域の選定				
3-2 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発		マニュアル・ガイドラインの完成				
3-3 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築			モデルを示すマニュアルや動画の完成			



## 3-1 道路災害発生状況と現行の対策把握

- ✓ 道路災害発生箇所や特殊土（ブラックソイル）分布地域調査

## 3-2 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発

- ✓ エチオピア道路公社による道路維持管理事業のガイドラインについて情報収集開始

## 3-2 (続き)

- ✓ コミュニティ向けの道路補修のフロー図（第1版）を作成

## 3-3 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築

- ✓ コミュニティによる道路災害対応に向けた組織化や、その対応による生活の変化の把握に向けた調査開始



### 3. 1南オモ県での道路災害発生状況と現行の対策把握



写真1. 3. 4: エチオピア南部諸民族州・南オモ県モデルサイト候補地 (B村: 2019年8月)。写真2: 同村にて2019年11月撮影。例年10月後半はほとんど雨が降らなくなるが、2019年度は雨季が長く続いた。多くの生活道路は、雨水により道路に溝ができてしまい、農産物を運ぶ馬車など在来交通手段が機能しなくなる状況が生じていた。

### 3. 1南オモ県での道路災害発生状況と現行の対策把握



写真1. 2. 3. エチオピア南部諸民族州・南オモ県モデルサイト候補地（B村：2019年8月）。B村の郊外，農地が広がっている場所にて撮影。住民によれば，道路と農地を横断するように帯状に黒色の土壌が分布している。黒色の土壌が分布するといわれる場所を掘り出すと，地表から30センチメートルくらいの深さまで，黒色で粘土質の土壌の層が分布していた。B村の村民だけではなく，B村に隣接する複数の村の住民が，J市の市場へ農産物の販売や日用品の購入のためにこの道路を通行する。

## 3.2 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発



写真1: ジンカ大学副学長およびジンカ大学講師とともに、土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発のための実験候補地について打ちあわせ  
写真2: ジンカ大学関係者とともに大学構内において実験可能な場所の検討  
写真3: 関係者と検討の上、実験候補地として選定した場所  
(いずれも2019年8月撮影)

## 3.2 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発



写真1. 南部州道路公社Jinka district Managerとの打ち合わせ（2019年8月）写真2. 道路公社研修所での打ち合わせ（2019年10月）写真3. 4. エチオピア道路公社project development副代表Hirut氏と人力による道路補修の研修内容について意見交換

# 3.3 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築

資料1 SATREPSモデルサイト候補地リスト:南部州南オモ県ジカ市・南アリ郡(2018/11/3時点)、作成者:金子守恵  
 \*注:以下「黒土」の列では、案内してくれた行政官・村人による説明に基づいて記載をおこなった。村人のなかには、色として黒い土であっても異なる性質があると説明するものもいた

Werede/Municipality	Kebele	population	Mender/budin	Road	黒土	Soil(村人の分類)	利用目的	道路補修経験	Ke
1 Jinka Municipality	Jinka Univ.	1年生と2年生が在籍(2018/11/2)	なし	大学構内	○	なし	通学通勤路	なし	なし
2 South Ari Werede	Baytsemal/Baytsmer	3329(2013) 9680(2016)	Baytsemal/Baytsmer, Lizu(新興住宅地のような意味)	村から主要道路へまでの道	○	・黒土+粘土(水たまる) ・黒土+赤土 ・黒土はishin(穀類)がよく育つ(黒土でも山間部にあるような土は非常によい)	生活道路(市場へ行く、製粉等) Alkisha住民も裨益	有り:5-6年前、人力で道をひろげ、その後コミュニティで資金をあつめてブルドーザーをいれる	Sola 092
3 Jinka Municipality	Alga/Brukamer	6025(2016)		村から主要道路へまでの道(案内された道:Alga-burukamer道)	○	・赤土より黒土の方がishin(穀類)よく育つ	生活道路(市場へ行く、製粉等) Alga, Burukamer, Shebiの住人が利用	・1年くらいまえにJinka municipalityが, alga-burukamer道をなおしはじめたが、そのうちの半分は距離に右をいれてならしたところで作業とまる	Mud 091
4 Jinka Municipality	Tenadam	5305(2016)	Azgir, Tukululuが主な対象budin	2つの道を案内される(写真参照)	×	黒土未確認、白土(砂状)、赤土	生活道路(裨益者多い、2-3 Kebele, Alga, shebi)	有り(1)1年前、労働奉仕 (2)ブルドーザーをいれる2年前	Sola 0923
4 Gazer Municipality	Gazer City	未確認		町の背後にある谷あいの土地	○	湿地帯のようなところに黒土のようなものあり	なし	5-6年前に宅地にする計画がある。道の予算は割り振られておらず、計画はとまっている状態。道があれば入りたい人がいる	Abr
4 South Ari Werede	Wuset	7372(2013)		すでにブルドーザーで削った道(途中川が2本ある)	△	畑や地域内に黒土はあるが、現在利用されている道路にはない	生活道路(裨益者多い3 Kebele, Wuset, Bili, Alki)	有り:2005ETCに県の予算で道路整備(ブルドーザーで削る)6ヶ月間作業)その前には、人力でGazerから村までの道(18km)を整備	Dan Teg 在籍
4 South Ari Werede	Arfes	6821(2013)		未確認	?	黒土未確認	未確認	未確認	未確
4 South Ari Werede	Pai	5914(2013)		未確認	?	黒土未確認	未確認	未確認	未確
4 South Ari Werede	Pelpa	6043(2013)		未確認	?	黒土未確認	未確認	未確認	未確
South Ari Werede	Dordora	8980(2013)	30ceel	主要道路へまでの山道	△	畑や地域内に黒土はあるが、現在利用されている道路にはない	生活道路(裨益者多い、4 Kebele: Arfes, Pai, Pelpaの住人が即へ出るための道路)	有り、1500人/2週間	Mog

資料1 モデルサイト選定する際に必要な情報（人口、村内道路状況、特殊土の分布、道路の主な利用目的、補修経験の有無をまとめたもの。写真1.2.3. B村にて2019年8月撮影。世帯調査とそれに関わる準備の様子（写真1はB村保健センター）



1



2



3

# 3.3 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築

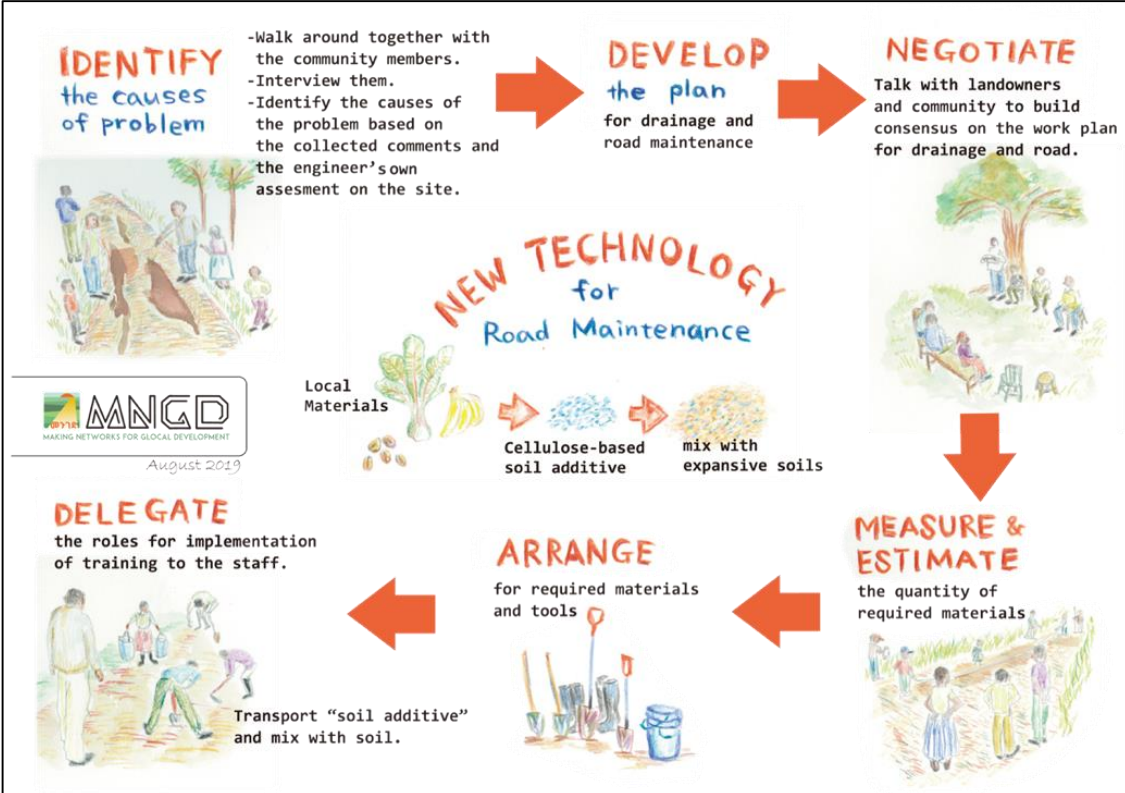


写真1. 2. 3. B村にて2019年11月～12月にかけて撮影。試験施工実施に向け、小規模な道路補修を実施するデモンストレーションを行った。B村村長を中心にB村初等学校前の約150メートルの通学路をデモのためのサイトとして選定。雨が降っていたため工事の実施スケジュールの調整や参加の程度や組織化・情報共有等について、いくつか課題が見出された。工事自体は側溝の最終作業をのぞいて予定通り終了した。上記資料は、住民説明用の作業フロー図。

## 【中間報告時の質問に対する回答・コメント：題目3】

**Q1:社会実装時の道路構造など、今から考えておく必要があるのでは。表面を固め、水を側道に排出する。中に浸透させないなど。**

A1:セルロース系土質改良材による改良層を不透水層とし、以深のブラックコットンソイルの含水比変化を抑制する、交通荷重支持層（良質土による置換、セメント系改良材による改良やその他の補強工など）を不透水層の上に構築するなどを検討する。

**Q2:ERAが今までブラックコットンソイルに対して改良した方法のまとめ**

A2: 2019年度はエチオピア道路公社（ERA），南部州道路公社，ERA研修所の担当者とブラックコットンソイルに関する対応方法や人力による道路補修の研修内容について、情報共有や意見交換を行った。今後、体系的に整理する。そして、本研究で開発を進めるセルロース系土質改良材の適用について、ERAの認証を得ることを目指す。

**Q3:SATREPS枠の留学生自体の対応（今後文科省やJSTからの指示を仰ぐ）**

A3:2020年度後期より国費留学SATREPS枠にて留学生1人を受け入れる予定である（2020年2月27日発行書類にてJSTより事前審査通過通知有）。来日予定者は、社会実装に関わる課題について研究を進める。

# 【題目3 19年度のまとめと20年度の予定】

## ・2019年度の実施計画

- ・ 南オモ州での道路災害発生箇所や、特殊土（ブラックコットンソイル）が分布している地域の調査を開始した。
- ・ モデルサイト選定のための調査を開始。コミュニティによる道路災害対応に向けた組織化や、対応による生活の変化の把握に向けた調査を開始した。
- ・ ジンカ大学内にて、実物大走行実験を実施する場所を選定し、ジンカ大学の共同研究者とともに実験を実施するための準備や打ち合わせを実施した。
- ・ 試験施工実施に向け、住民が中心となり小規模な道路補修を実施するデモを行った。
- ・ エチオピア道路公社による現行の道路維持管理事業のガイドラインについて情報収集を開始した。生活道路災害対応のためのマニュアルやガイドライン作成に向け、コミュニティ向けの道路補修のフロー図（第1版）を作成した。

## ・2020年度の実施計画

- ・ 南オモ州での道路災害発生箇所や、特殊土（ブラックコットンソイル）が分布している地域を継続的に調査する。
- ・ 住民による道路災害状況の認識やそれへの対処の仕方について調査する。
- ・ 気象や地盤条件等を参照しながらセルドロン混合層を含む道路断面について、その通行性の確認に向けた実験準備を進める。モデルサイトを引き続き選定し、試験施工の実施に向けて準備調査をおこなう。
- ・ 昨年度実施した小規模な道路補修のデモンストレーションでの経験をもとに、コミュニティ向けの道路補修のフロー図を改訂する。エチオピア道路公社による現行の道路維持管理事業のガイドラインをふまえた上で、道路公社によるトレーニングについても情報収集する。上記の活動において映像記録を撮り、マニュアル作成の参考資料を準備する。



# 当初研究計画のスケジュールと今後の予定

題目3 地方での道路災害低減に向けた特殊土対策工の運用モデルの構築	'18	'19	'20	'21	'22	'23
3-1 南オモ県での道路災害発生状況と現行の対策把握		●	→			
3-2 土質改良材による特殊土地盤上道路整備工の開発			●	→		
3-3 特殊土対策工の運用モデルと道路維持管理体制の構築				●	→	

●→ 当初計画  
●→ 予定

## 進捗と今後の予定

3-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 道路災害発生箇所や特殊土分布域について継続調査</li> <li>✓ 住民による道路災害状況の認識やそれへの対処の仕方について調査</li> </ul>
3-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ セルドロン混合層を含む道路通行性の確認に向けた実験準備を進める</li> <li>✓ 試験施工の実施に向けてモデルサイト選定のための継続調査</li> </ul>
3-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ コミュニティ向けの道路補修のフロー図を改訂</li> <li>✓ 道路公社による道路補修に関する研修内容について情報収集</li> </ul>

# 事業実施体制等

# 事業実施体制の構築

- AASTU 及びジンカ大学にて各々事務所を設置. 各大学が部屋, Wifiを提供
- アジスアベバ及びジンカに事業用連絡車2台を配備. 運転手を雇用
- AASTU及びジンカ大学敷地内に, それぞれ実験圃場を設置

→ 5年間の事業実施の基盤を構築した



AASTU学長と事業運営体制について協議



AASTU構内の事務所



ジンカ大学構内の事務所



運転手 (時に実験補助)



事業用車両



AASTU敷地内の実験圃場<sup>43</sup>

# キックオフ会議とJCC（合同調整会議）



- 日本，エチオピア双方のプロジェクトの中心メンバーが出席
- プロジェクトの構想・計画を共有



- 半年間の進捗の共有
- エチオピア側から予算の執行や事業の報告体制について質問あり

## 会議の成果・意義

- 双方の主要メンバーが参加し，事業推進への意欲は高く連携体制は強固
- 予算執行・報告体制について共通理解の構築と実質的な対応を検討
  - ✓ エチオピア側にもコーディネーターを配置
  - ✓ 2か月に一回程度の双方の研究者によるテレビ会議を実施
  - ✓ エチオピア側研究者の役割の明確化と予算手当（JSTやJICA以外の財源）

# エチオピア研究者との協働体制

- 実験・調査実施研究者・学生を日本・エチオピア双方で具体的に決定

→ 各グループでの活動を促進

役割	日本 (京大, 愛媛大, 名工大, 宮大)	エチオピア (AASTU, JINKA大)
JCCメンバー	教授 (研究代表・副代表)	学長, 副学長, 准教授 (研究代表)
題目リーダー	研究者	副学長または准教授 (博士)
題目副リーダー	若手研究者	講師 (修士)
実験・調査	修士課程学生	修士課程学生

- 長期研修候補生の決定

AASTU 講師 (修士)  
 1名: 愛媛大学 博士課程へ  
 1名: 宮崎大学 博士課程へ  
 SATREPS事業予算, 2020.10-2023.9

JINKA大 講師 (修士)  
 1名: 京都大学 博士課程へ  
 文科省(SATREPS枠)奨学金, 2020.10-2023.9  
 1名: 京都大学 博士課程へ  
 SATREPS事業予算, 2020.10-2023.9

- 題目1, 2では博士号取得を目指す講師を副リーダーとし, 研究意欲の高い修士課程の学生を選定し, 彼らを中心に実験・調査を実践する
- すべての題目で, 2019年度の活動を通して, 現地研究者と研究事業を推進する体制を構築

# 技術移転：AASTUでの実験実習と公開講座

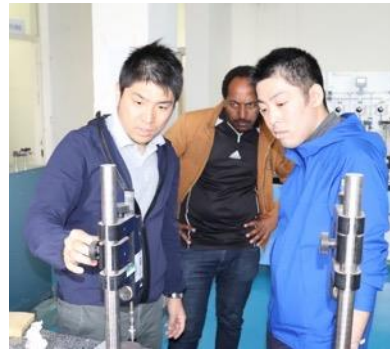


• 2019年7月～

日本人学生がエチオピアの大学で、現地の実験室にて学生間でも協力しながら、特殊土の物理試験を実施

• 2019年9月

日本側教授陣が現地の研究者と共に特殊土の力学試験を実施



• 2020年2月

岩井助教（名工大）による三軸圧縮試験の実習講座



→ 現地研究者や学生への技術移転と、MNGD事業や研究への関心と意欲を醸成

## 公開講座



- 2020年9月17日  
岩井裕正助教（名工大）  
宮崎祐輔助教（京大）
- 2020年9月25日  
澤村康生准教授（京大）  
安原英明教授（愛媛大）
- 2020年10月4日\*  
木村亮教授（京大）  
福林良典准教授（宮崎大）

\*現地の祭典のため道路封鎖があり中止

# 日本招聘

## ジンカ大学若手研究者の招聘



- 2019年10月下旬～12月下旬（2ヵ月）
- ジンカ大学の若手研究者（経営学，環境学，資源管理学）3名を京都大学に招聘
- セミナー，実習を実施
  - 地域研究手法のセミナー・実習
  - リサーチスキル・プロポーザル作成法
  - 宮崎大学での走行実験用の地盤調査法，気象観測装置の設置・撤去，測定法

- ✓ ジンカでの円滑な活動に向けた現地研究者の能力強化
- ✓ 長期研修（博士課程）入学への準備

## AASTUとERAのJCCメンバーの短期招聘



- 2019年11月（1週間）
- AASTUの副学長，学科長，研究代表者，エチオピア道路公社（ERA）の副長1名を京都大学に招聘
  - 日本の道路インフラ整備技術の見学
  - 京都大学の実験施設の見学
  - 京都大学の研究代表や副代表らとの，今後の事業実施や研修活動について，意見交換

- ✓ AASTUの副学長や研究代表者，社会実装の主要な機関であるERAの副長との連携体制を構築
- ✓ 日本の技術や大学教育・研究体制の学習

# 成果報告・広報

- 広報PR用資料

- 3つ折りパンフレット
- A3版ポスター

- インターネット媒体

- ウェブサイト
- facebook

- 招待講演

- 安原英明 (愛媛大学), Development and Operation Model of Plant-derived Soil Additives for Road Disaster Reduction on Problematic Soil: Introduction of MNGD in Ethiopia, The 2nd ASEAN-JAPAN Meeting Point of Collaboration by Stakeholders and Researchers for Reducing Environmental Problems in ASEAN Countries, ミャンマー・ネピドー, 2019年12月11日

- 発行物

- African Study Monograph, The Center for African Area Studies, Kyoto, 2020年3月
- ZAIRAICHI - MNGD special issue 01, The Center for African Area Studies, Kyoto, 2020年3月30日

