

第3回 那覇空港滑走路増設事業環境監視委員会

陸域における緑化方針

平成26年12月12日

内閣府沖縄総合事務局

国土交通省大阪航空局

<目次>

1. これまでの検討内容	1
1.1 評価書における記載内容	1
1.2 評価書への意見	1
1.3 委員会における検討事項	1
2. 陸域改変区域における緑化実験	2
2.1 目的	2
2.2 実験計画	2
2.2.1 実験材料	2
2.2.2 実験条件及び実験区	5
2.2.3 モニタリング	9
2.3 実験結果	10
2.4 解析・考察	16

1. これまでの検討内容

1.1 評価書における記載内容

- ・ 工事により出現する裸地における赤土等流出防止対策（土砂仮置場、連絡誘導路取付部）
- ・ 事業実施区域内における裸地への営巣を好むコアジサシの集団繁殖の防止（土砂仮置場）
- ・ 増設滑走路及び連絡誘導路の着陸帯等の緑化（土砂仮置場及び連絡誘導路取付部を除く緑化対策箇所）
- ・ 連絡誘導路の設置に伴い出現する林縁内部の乾燥化防止のためのマント群落やソデ群落の植栽（林縁部の出現が想定される場所）

1.2 評価書への意見

評価書における緑化に対する国土交通大臣意見及び県知事意見は、以下に示すとおりである。

島嶼部の生物については、同種であっても島ごとに遺伝子レベルに違いがある可能性があり、島外からの生物の移入は、遺伝子レベルの生物多様性に攪乱を生じさせるおそれがある。このため、埋立用材及び緑化資材については、島嶼部特有の生物多様性の保全に十分配慮すること。

1.3 委員会における検討事項

- ・ 第1回委員会：陸域における緑化について、目的別の方針について概ね承認を得た。

<緑化の方針>

- ・ 陸域改変区域（土砂仮置場・連絡誘導路取付部）における赤土等流出防止対策を実施する際について以下の事項を検討する。
 - ①赤土等流出防止対策として播種する緑化資材は、沖縄県内で既に実績があり、種子吹付できる種を想定する。
 - ②緑化を行った後、沖縄にもともと生育している在来種に遷移させるような方法を検討する。
 - ③緑化資材は、緑化箇所から他の地域へ伝播しにくい種を選定する。
- ・ 連絡誘導路取付部における林縁部の出現が想定されるマント群落やソデ群落の植栽においては、周辺にも生育する種を植栽する。
- ・ 増設滑走路及び連絡誘導路の着陸帯等の緑化は、緑肥・牧草の利用の観点で緑化資材を選定する。

- ・ 第2回委員会：陸域改変区域内における緑化実験の方針について概ね承認を得た。
- ・ 第3回委員会：陸域改変区域内における緑化実験の実施状況及びモニタリング結果（中間報告）を踏まえ、今後の実験方針等について検討する。

2. 陸域改変区域における緑化実験

2.1 目的

緑化施工箇所のうち、陸域改変区域における緑化材について検討するため、**2種混合材の吹付けにより赤土等流出防止を図るとともに**、沖縄在来のイネ科の草本の根（茎）を撒きだすことにより、**在来の草本植生に遷移させることが可能であるかを実証する。**

2.2 実験計画

2.2.1 実験材料

実験材料として、沖縄在来のイネ科草本、吹付用混合種、土壌団粒化剤を用いることとした。

(1) 沖縄在来のイネ科草本

沖縄島に在来するイネ科草本として、陸域改変区域周辺に生育しているハイキビ及びチガヤを用いることとした。



図 1 沖縄在来のイネ科草本

(2) 吹付用混合種

赤土等流出防止対策として、要注意特定外来生物リストに含まれない種で、沖縄県内で生育が確認されている種を用いることとし、現空港において使用されている緑化材と、沖縄において一般に使用されている緑化材について検討した。

表 1 に示す検討の結果、バミューダグラス及びハイランドベントグラスによる 2 種混合材を用いた。種子の吹付状況を図 2 に示す。

表 1 吹付用混合種の検討状況

緑化材		使用状況		検討結果	選択状況
		現空港	その他事業		
バミューダグラス		○	○	夏草系の吹付種子。	●
ハイランドベントグラス			○	冬草系の吹付種子。	●
トールフェスク		○		冬草系の吹付種子。 環境省の要注意外来生物であるため使用しない。	—
ホワイトクローバー		○		冬草系の吹付種子。 ハイキビ・チガヤの競合種となりうるため使用しない。	—



図 2 種子吹付状況

(3) 土壤団粒化剤

周辺域への土壌の流出や緑化材の流出を防ぐため、土壤団粒化剤（高度化成肥料、吹付播種用被覆保護材料、粘着剤）を使用した。
なお、周囲の裸地面においても、赤土等流出防止対策として、同様に土壤団粒化剤の吹付を行った（図 3）。



図 3 土壤団粒化剤の吹付作業状況



図 4 土壤団粒化剤の吹付状況（左：吹付前、右：吹付後）

2.2.2 実験条件及び実験区

(1) 実験条件の組み合わせ

実験区は、以下の条件の組み合わせにより 9 実験区と対照区を加えた計 10 実験区を設定した（表 2 及び表 3）。

- ・ハイキビ及びチガヤの在来種の根（茎）の栽植密度を 3 段階に変えて撒き出す条件
- ・2 種混合材の有無
- ・土壌団粒化剤の有無

また、ハイキビ、チガヤのみ栽植する実験条件と、両種を混生して栽植する実験条件を予備実験として設定した。

なお、実験実施にあたっては、実験区への影響が出ないように周辺域を含めて除草等を行い、盛土内に残存していた根から出現したことが明らかな個体についてはモニタリング時に除去した。

表 2 実験条件の組み合わせ

実験条件 \ 実験区		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	予備①	予備②	予備③
Ⅰ. ハイキビの在来種の根（茎）	栽植密度：高	○												
	栽植密度：中		○		○							○		○
	栽植密度：低			○										
Ⅱ. チガヤの在来種の根（茎）	栽植密度：高					○								
	栽植密度：中						○		○				○	○
	栽植密度：低							○						
Ⅲ. 2 種混合材		○	○	○		○	○	○		○				
Ⅳ. 土壌団粒化剤		○	○	○	○	○	○	○	○	○				
Ⅴ. 何もしない（対照区）											○			

表 3 植栽・吹付密度の組み合わせ

実験条件	区分	密度	
Ⅰ. ハイキビの在来種の根（茎） Ⅱ. チガヤの在来種の根（茎）	栽植密度：高	0.25m×0.25m に 1 個体（16 個体/m ² ）	64 個体/4 m ²
	栽植密度：中	0.5m×0.5m に 1 個体（4 個体/m ² ）	16 個体/4 m ²
	栽植密度：低	1m×1m に 1 個体（1 個体/m ² ）	4 個体/4 m ²
Ⅲ. 2 種混合材	バミューダグラス（夏草系）	5.0kg/500 m ²	40g/4 m ²
	ハイランドベントグラス（冬草系）	1.0kg/500 m ²	8g/4 m ²
Ⅳ. 土壌団粒化剤	高度化成肥料、吹付播種用被覆保護材料、粘着剤	各 60.0kg/500 m ²	各 480g/4 m ²

(2) 実験区画の場所

陸域改変区域（大嶺崎周辺）を中心に現場踏査を行い、実験区画場所として図 5 に示す位置を設定した。

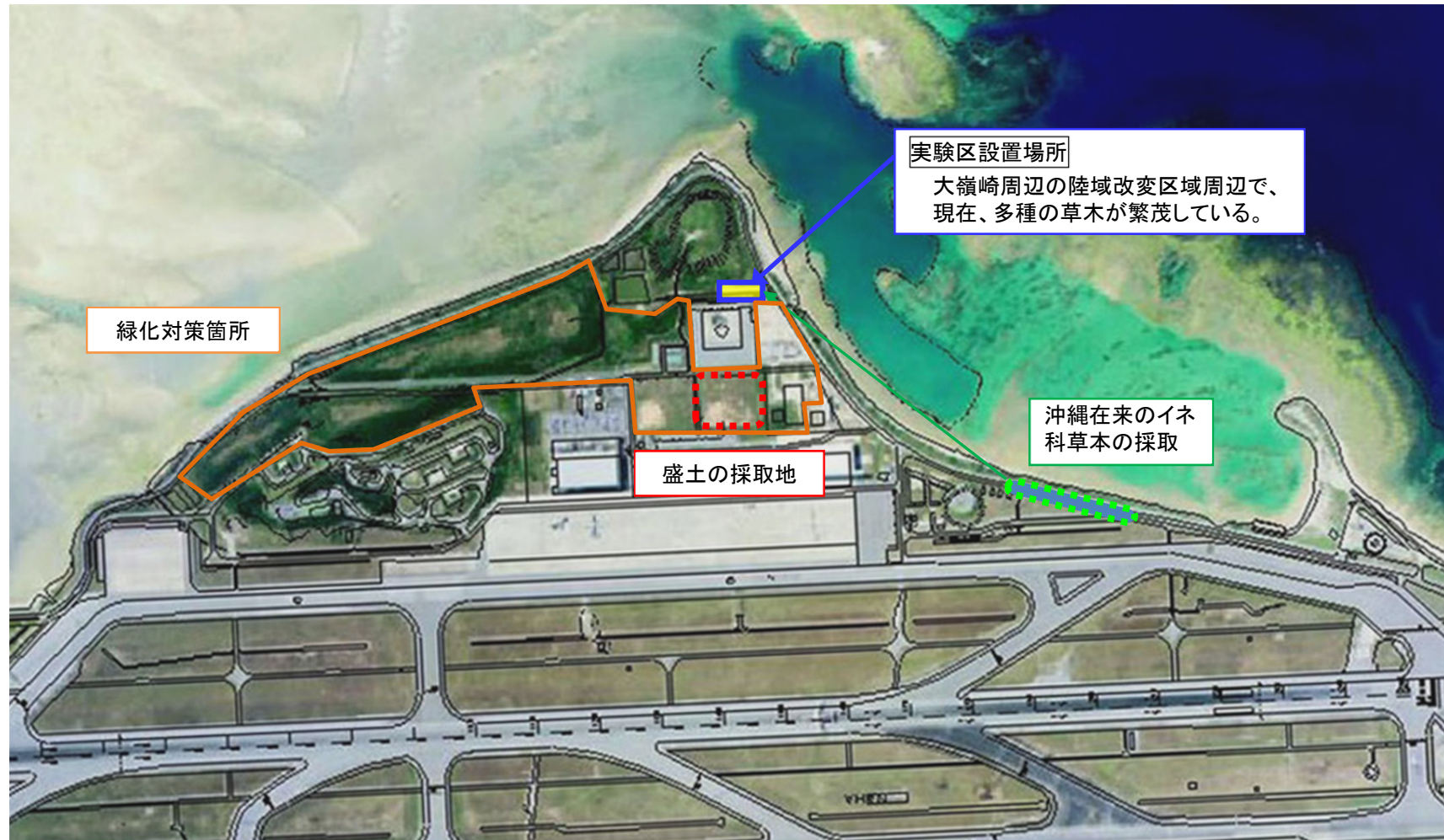


図 5 実験区の設置場所

(3) 実験区画配置

実験区画の配置は、以下に示す条件により図 6 に示すとおり設定した。

- ・位置による差異を平均化するため 1 実験区につき 3 区画を設定
- ・1 区画で 2m×2m の実験区を設定
- ・各区画は木枠等で囲って区分してランダムに配置
- ・予備実験①～③については、各 1 区画設定

なお、今回の実験では、播種直後のみ灌水を行った。

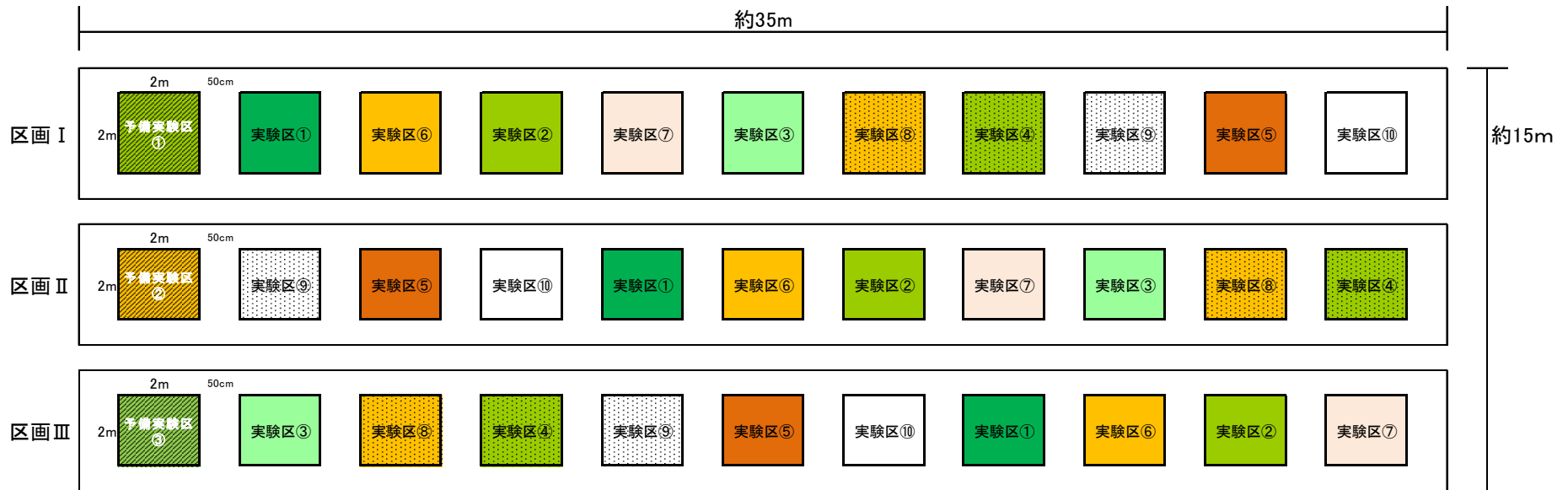


図 6 実験区の配置状況

(4) 実験区画の施工

実験区画の施工の流れは、図 7 に示すとおりである。

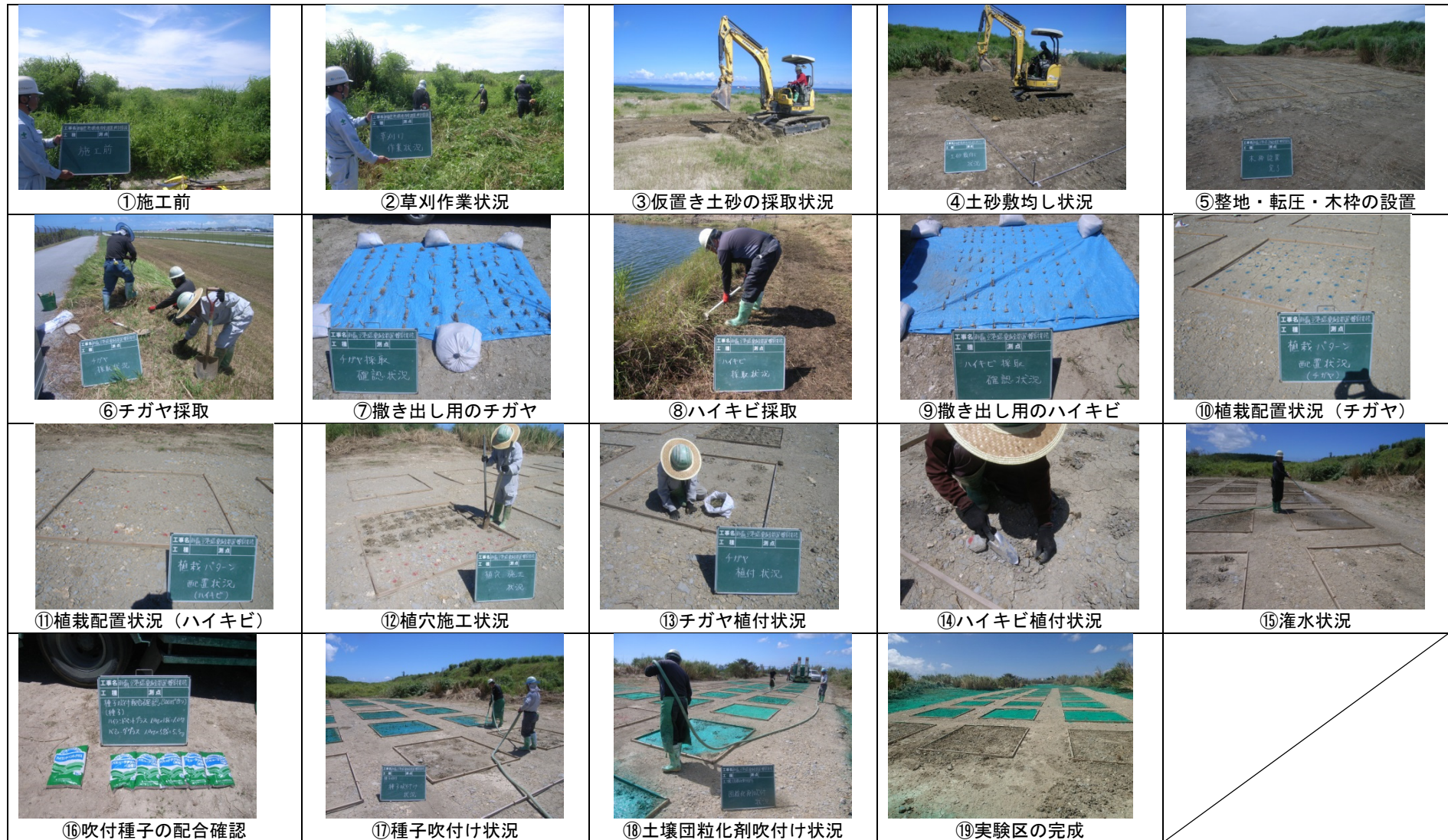


図 7 実験区画の施工の流れ

2.2.3 モニタリング

(1) モニタリング手法

モニタリング手法の概要は、表 4 に示すとおりである。

表 4 モニタリング手法の概要

項目	目的	内容
1) 植被率の把握	在来種への遷移促進効果	各実験区において、階層ごとの出現種の植被率（％）を記録し、2 種混合材からハイキビ、チガヤへ遷移する状況を把握した。
2) 導入した緑化材の 拡散状況の把握	周辺への緑化材起源の外来 種拡散防止効果	実験前に周辺域を踏査し、植生状況を把握した。実験開始後、同様に周辺域を踏査し、導入した緑化材（ハイキビ、チガヤ、2 種混合材）の周囲への拡散状況（実生・稚樹の侵出状況）を把握した。
3) 定点写真撮影	景観、鳥類利用抑制面での 早期緑化効果	景観状況の把握及び裸地に営巣するコアジサシの利用抑制の観点から、播種・栽植した植物の生育状況を把握するため、同一地点・アングルで定点写真を撮影した。

(2) モニタリング時期

モニタリングは、表 5 に示すとおり、撒きだし直後、1 週間後、2 週間後、3 週間後、1 カ月後、2 カ月後、3 カ月後、4 カ月後、6 カ月後の 9 回とした。

表 5 モニタリング実施日

撒きだし直後：平成 26 年 7 月 16 日	施工後 2 カ月目：平成 26 年 9 月 19 日
施工後 1 週目：平成 26 年 7 月 24 日	施工後 3 カ月目：平成 26 年 10 月 17 日
施工後 2 週目：平成 26 年 7 月 29 日	施工後 4 カ月目：平成 26 年 11 月 17 日
施工後 3 週目：平成 26 年 8 月 5 日	施工後 6 カ月目：平成 27 年 1 月（予定）
施工後 1 カ月目：平成 26 年 8 月 13 日	























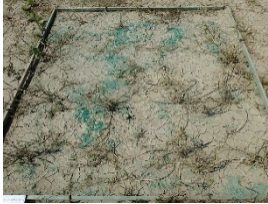



図 8 モニタリングの様子

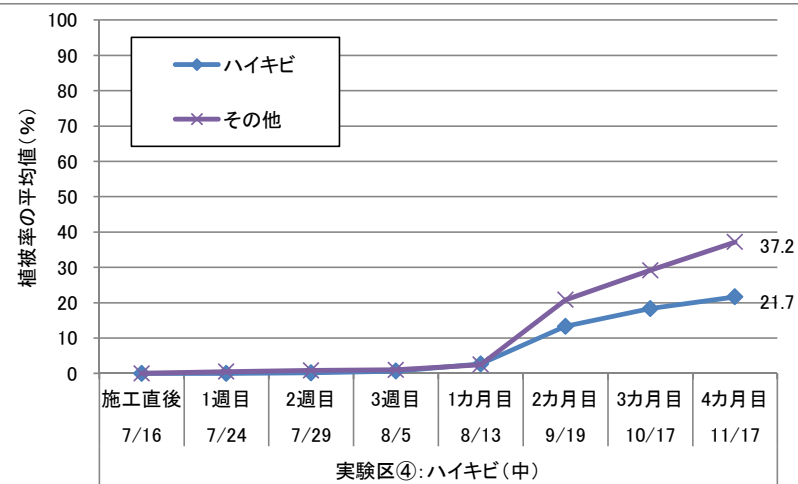
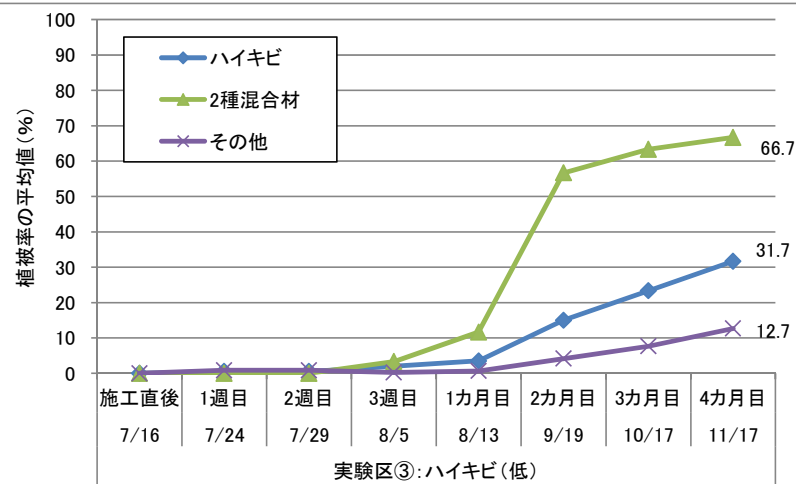
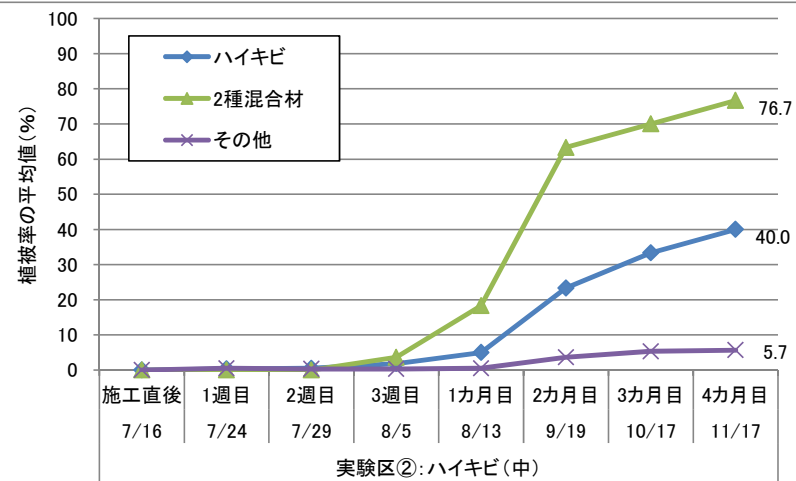
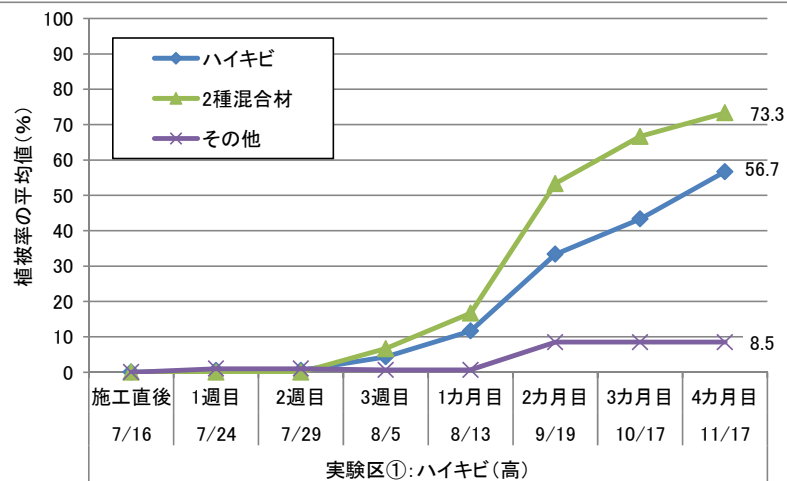
2.3 実験結果

実験結果を解析・考察し、当該区域において出現する裸地において有用な緑化資材並びに緑化方策について検討を行った。

表 6 実験区の状況（実験区①～④：ハイキビ関連実験区）

実験区	施工後 1 週目 (7/24)	施工後 3 週目 (8/5)	施工後 1 カ月目 (8/13)	施工後 2 カ月目 (9/19)	施工後 3 カ月目 (10/17)	施工後 4 カ月目 (11/17)
実験区① ハイキビ：高 2 種混合材 団粒化剤						
実験区② ハイキビ：中 2 種混合材 団粒化剤						
実験区③ ハイキビ：低 2 種混合材 団粒化剤						
実験区④ ハイキビ：中 団粒化剤						







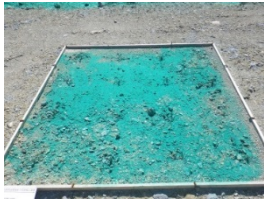

















注) 施工直後及び施工後 2 週目については、施工後 1 週目と大差がないため図より省略している。



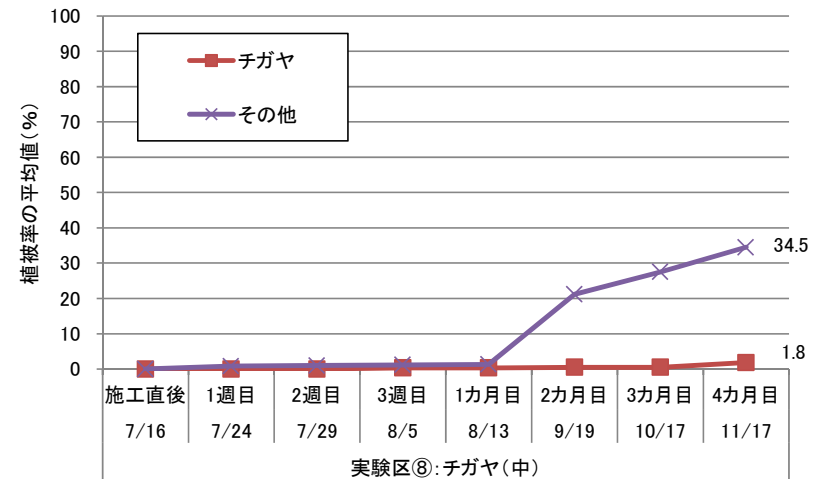
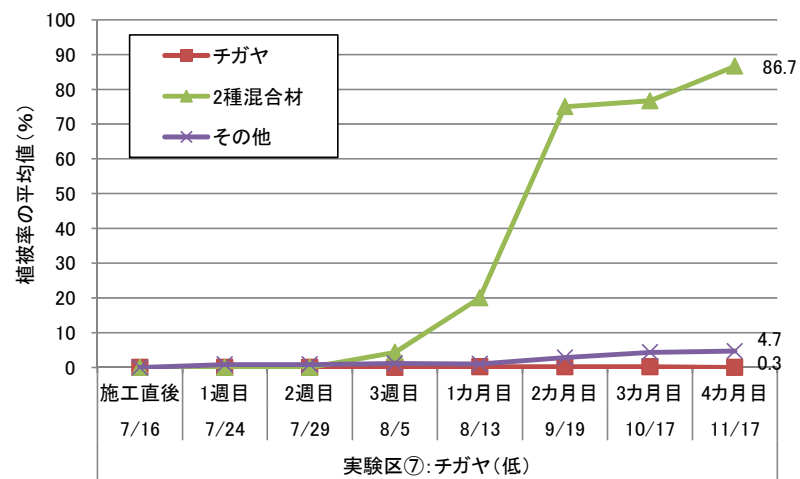
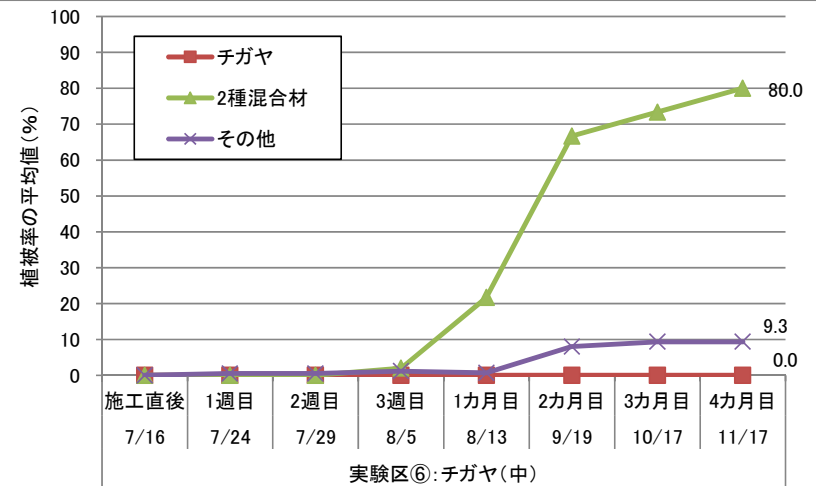
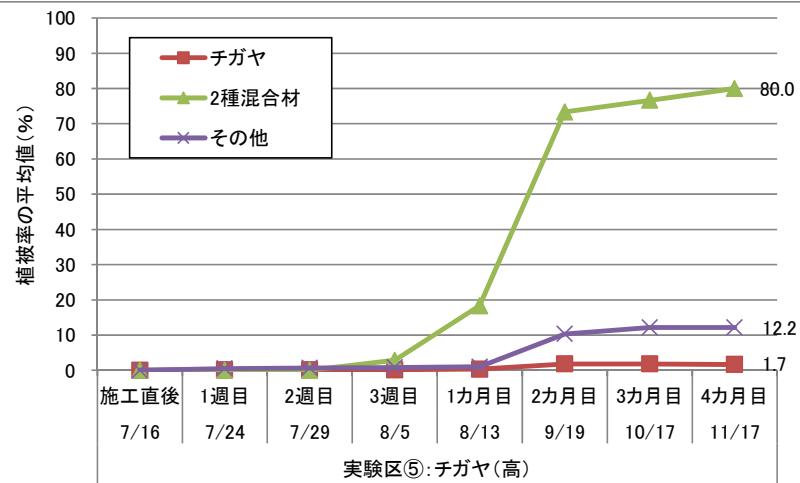
注： 図中の値は区画Ⅰ～Ⅲの植被率の平均値を示している。

図 9 植被率の推移（実験区①～④：ハイキビ関連実験区）

表 7 実験区の状況（実験区⑤～⑧：チガヤ関連実験区）

実験区	施工後 1 週目 (7/24)	施工後 3 週目 (8/5)	施工後 1 カ月目 (8/13)	施工後 2 カ月目 (9/19)	施工 3 カ月目 (10/17)	施工 4 カ月目 (11/17)
実験区⑤ チガヤ：高 2 種混合材 団粒化剤						
実験区⑥ チガヤ：中 2 種混合材 団粒化剤						
実験区⑦ チガヤ：低 2 種混合材 団粒化剤						
実験区⑧ チガヤ：中 団粒化剤						









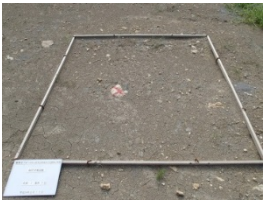



注) 施工直後及び施工後 2 週目については、施工後 1 週目と大差がないため図より省略している。



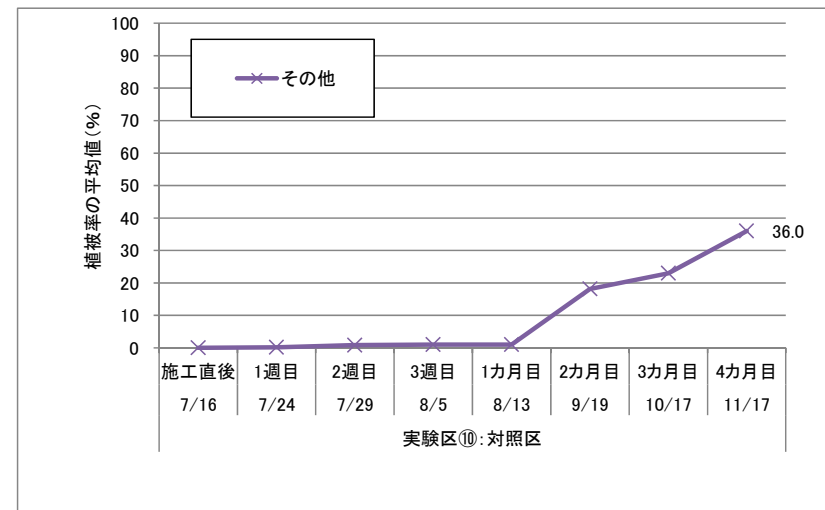
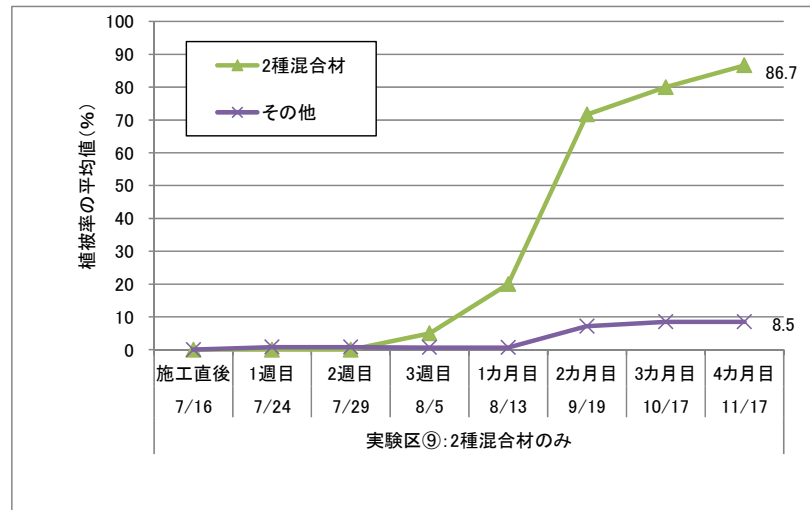
注： 図中の値は区画Ⅰ～Ⅲの植被率の平均値を示している。

図 10 植被率の推移（実験区⑤～⑧：チガヤ関連実験区）

表 8 実験区の状況（実験区⑨、⑩）

実験区	施工後 1 週目 (7/24)	施工後 3 週目 (8/5)	施工後 1 カ月目 (8/13)	施工後 2 カ月目 (9/19)	施工後 3 カ月目 (10/17)	施工後 4 カ月目 (11/17)
実験区⑨ 2 種混合材 団粒化剤						
実験区⑩ 対照区						









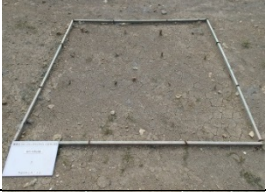









注）施工直後及び施工後 2 週目については、施工後 1 週目と大差がないため図より省略している。



注： 図中の値は区画Ⅰ～Ⅲの植被率の平均値を示している。

図 11 植被率の推移（実験区⑨、⑩）

表 6 (4) 実験区の状況 (予備実験区①～③)

実験区	施工後 1 週目 (7/24)	施工後 3 週目 (8/5)	施工後 1 カ月目 (8/13)	施工後 2 カ月目 (9/19)	施工 3 カ月目 (10/17)	施工 4 カ月目 (11/17)
予備① ハイキビ：中						
予備② チガヤ：中						
予備③ ハイキビ：中 チガヤ：中						

注) 施工直後及び施工後 2 週目については、施工後 1 週目と大差がないため図より省略している。

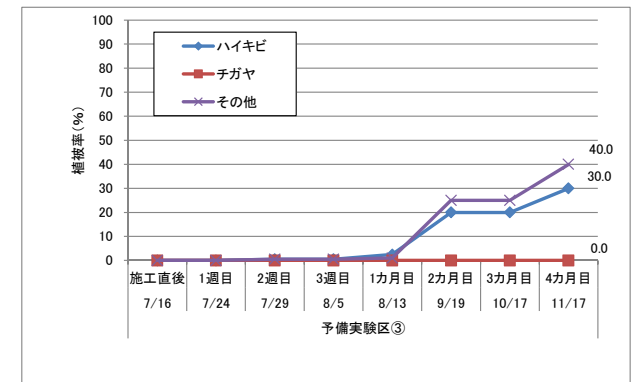
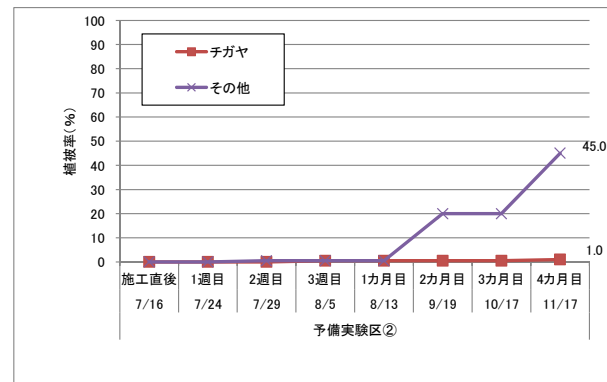
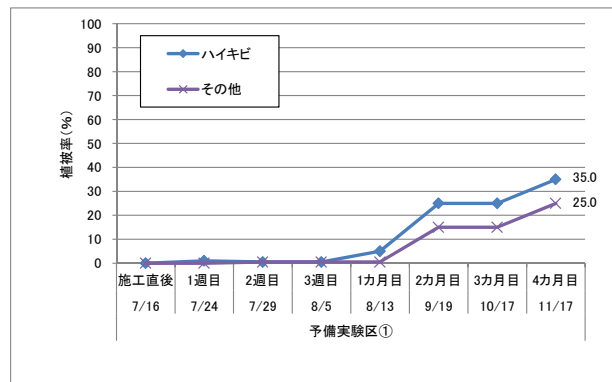


図 12 植被率の推移 (予備実験区①～③)

2.4 解析・考察

(1) 植被率の把握

1) 2 種混合材の吹付による赤土等流出防止について

2 種混合材由来のバミューダグラスは、各実験区ともに吹付施工後 3 週目に発芽しており、図 13 に示す降水量のデータをみると、7/30 ごろにまとまった降雨がみられており、これを契機に発芽が促されたと考えられた。

2 カ月目の状況は、図 14 に示すとおりであり、2 種混合材のみを播種した実験区⑨で 71.7%、ハイキビと併せて播種した実験区①～③において、2 種混合材の植被率が 53.3～63.3%と対照区と比較してやや低く、チガヤと併せて播種した⑤～⑦においては、2 種混合材の植被率が 66.7～75.0%と対照区と同程度であった。また、ハイキビ、チガヤ及びその他の植物を含めると、2 種混合材により相観上、裸地部が被覆されていた。

以上のことから、播種後 2 カ月程度で、裸地面が植被され、赤土等流出防止対策として一定の効果は期待できると考えられる。

また、播種後 4 カ月では、2 種混合材の植被率の伸びは 10%前後にとどまっている。参考として、播種後 4 カ月の状況を図 15 に示す。

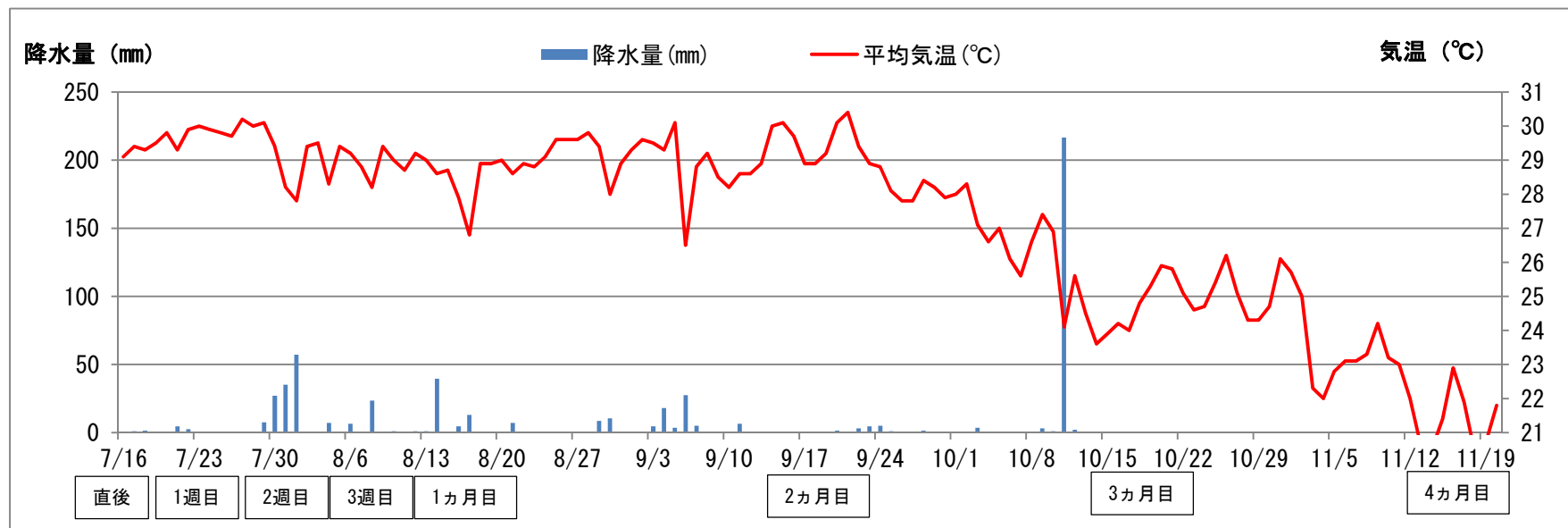


図 13 実験区周辺の日積算降水量と平均気温(気象庁 HP (安次嶺観測) より)









実験区①：ハイキビ(高)	実験区②：ハイキビ(中)	実験区③：ハイキビ(低)	実験区⑨：2 種混合材
			
2 種混合材：植被率 53.5%	2 種混合材：植被率 63.3%	2 種混合材：植被率 56.7%	2 種混合材：植被率 71.7%
実験区⑤：チガヤ(高)	実験区⑥：チガヤ(中)	実験区⑦：チガヤ(低)	実験区⑩：対照区
			
2 種混合材：植被率 73.8%	2 種混合材：植被率 66.7%	2 種混合材：植被率 75.0%	その他：植被率 18.2%

図 14 2 種混合材を播種した実験区での 2 カ月後の状況









実験区①：ハイキビ(高)	実験区②：ハイキビ(中)	実験区③：ハイキビ(低)	実験区⑨：2 種混合材
			
2 種混合材：植被率 73.3%	2 種混合材：植被率 76.7%	2 種混合材：植被率 66.7%	2 種混合材：植被率 86.7%
実験区⑤：チガヤ(高)	実験区⑥：チガヤ(中)	実験区⑦：チガヤ(低)	実験区⑩：対照区
			
2 種混合材：植被率 80.0%	2 種混合材：植被率 80.0%	2 種混合材：植被率 86.7%	その他：植被率 36.0%

図 15 2 種混合材を播種した実験区での 4 カ月後の状況

2) ハイキビの根（茎）の撒き出しによる在来の草本植生への遷移について

ハイキビは、施工後 1 週目には葉がみられ、2 種混合材よりも早い段階で葉が確認された。

ハイキビの植被率は、栽植密度が高い実験区ほど高い傾向にあり、施工後 4 カ月目では、実験区①（高密度）で 56.7%、実験区②（中密度）で 40.0%、実験区③（低密度）で 31.7%であった。現時点では、ハイキビと 2 種混合材は混生しており、特に互いの種を阻害している状況は確認できていないことから、遷移の状況について、引き続きモニタリング調査を実施し、経過を踏まえて考察することとする。

また、図 16 に示すとおり、2 種混合材を播種した実験区①～③で植被率が高く、緑化では 2 種混合材との併用が有効であることが考えられた。







実験区①：ハイキビ(高)	実験区②：ハイキビ(中)	実験区③：ハイキビ(低)
 <ul style="list-style-type: none"> ● 2 種混合材、土壌団粒化剤 ● 植被率：ハイキビ 56.7% 	 <ul style="list-style-type: none"> ● 2 種混合材、土壌団粒化剤 ● 植被率：ハイキビ 40.0% 	 <ul style="list-style-type: none"> ● 2 種混合材、土壌団粒化剤 ● 植被率：ハイキビ 31.7%
実験区④：ハイキビ(中)	予備実験区①：ハイキビ(中)	予備実験区③：ハイキビ(中)、チガヤ(中)
 <ul style="list-style-type: none"> ● 土壌団粒化剤 ● 植被率：ハイキビ 21.7% 	 <ul style="list-style-type: none"> ● 植被率：ハイキビ 35.0% 	 <ul style="list-style-type: none"> ● 植被率：ハイキビ 30.0% ● 植被率：チガヤ 0.0%

図 16 ハイキビの栽植密度が異なる実験区の状況（施工後 4 カ月目）

3) チガヤの根（茎）の撒き出しによる在来の草本植生への遷移について

チガヤは施工後 1 週目に葉がみられた実験区もあったが、現時点でチガヤを栽植した実験区の約 50% で葉がみられなかった。

また、施工 2 カ月目のチガヤ植被率は 1.8% と低く、現時点で、早期の緑化という観点からはチガヤによる被覆は難しい状況にある。今後、引き続きモニタリング調査を実施し、チガヤの生長過程を踏まえて考察することとする。



図 17 チガヤの葉の出現状況（左：葉がみられる個体、右：葉がみられない個体）

4) その他

本実験で使用した土壌は、ジャーガル由来の灰色を帯びた粘土質で弱アルカリ性の土壌と推定され、湿ると柔らかいが乾燥すると硬くなる特徴を有していた（図 18）。このような植物が生育しにくい土壌で、2 種混合材が発芽・定着したことは、一定の成果であると考えられた。

また、2 種混合材由来の植物が優占することにより、土壌の保湿効果が高まり、ハイキビの生長が促進した可能性が考えられた。



図 18 実験区の土壌の状況（施工後 1 カ月目：実験区②及びその周辺）

(2) 導入した緑化材の拡散状況の把握

1) 実験前の区画周辺の植生状況

実験前の区画周辺の植生としては、主にギンネムが優占する低木群落、ススキが優占する高茎草本群落、パラグラスやイトアゼガヤが優占する高茎草本群落、オカミズオジギソウ等の匍匐（ほふく）型の草本群落が確認された。

2) 実験後の周囲への拡散状況

実験区画直近の状況は、図 19 に示すとおりである。

実験開始後、台風等の降雨により 2 種混合材の一部が流出した可能性が考えられたが、周辺に逸出した状態は、施工後 4 カ月目では確認できなかった。緑化材であるハイキビについては、2 カ月後において、わずかに木柵を乗り越えてランナー（走出枝）を伸ばしていた様子が確認され、また、3 カ月後の段階で種子が形成されている様子が確認された。

実験前に実験区周辺で確認されていたパラグラスやイトアゼガヤ等のイネ科植物やオカミズオジギソウ等のマメ科植物が侵入する状況が観察された。このため、月 1 回程度、実験区周辺部の草刈を行った。

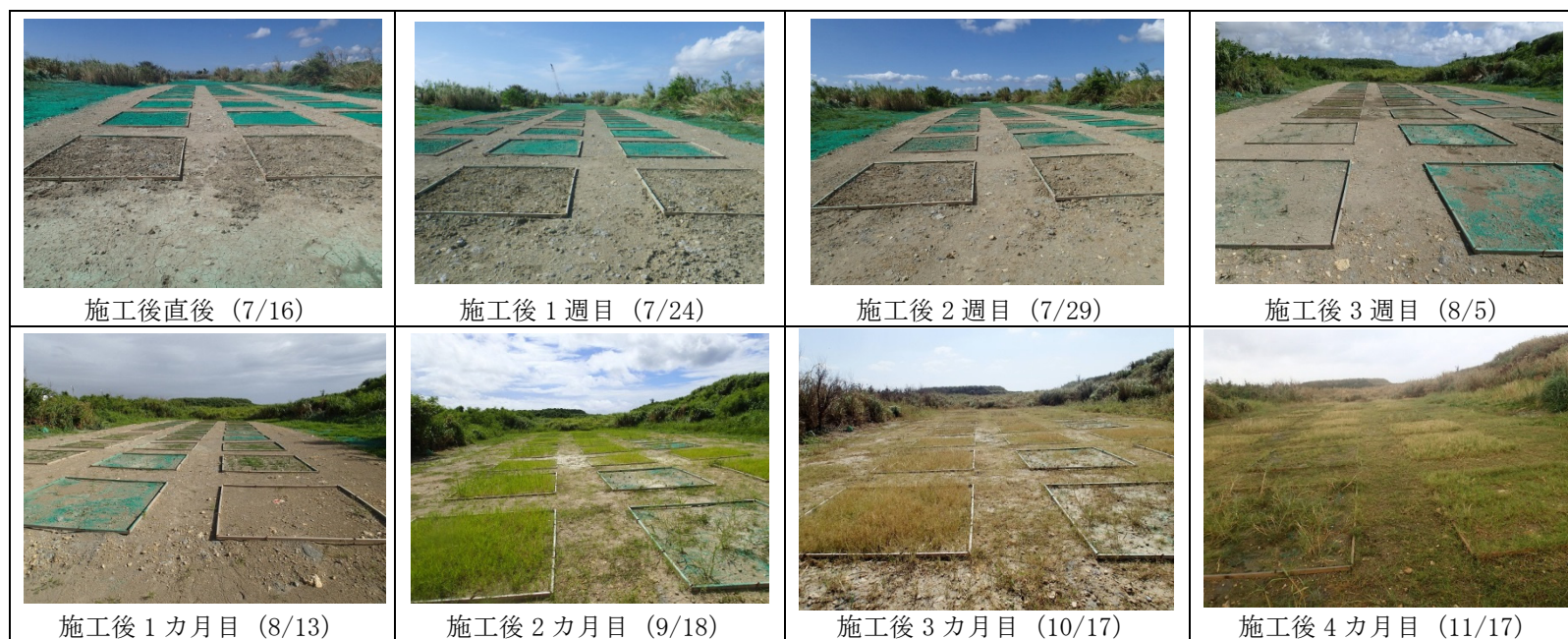


図 19 実験区画直近の状況

(3) 定点写真撮影（景観、鳥類利用抑制面での早期緑化効果）

実験区の定点写真撮影の状況を図 20 に示す。

「コアジサシ繁殖地の保全・配慮指針」（平成 26 年 3 月、環境省自然環境局野生生物課）によると、コアジサシの繁殖を阻止する方法として、「草地環境を好まないため、草地化は有効である。」と記載されている。

これより、鳥類利用抑制面から種子吹付の施工を実施した実験区の全体の植被率の推移をみると、施工後 3 週目で全て発芽し、施工後 2 カ月目にはほとんど裸地が目立たない状態となった。このため、実際の施工にあたっては、繁殖時期（5～7 月）の 2 カ月前に実施することが有効であると考えられる。

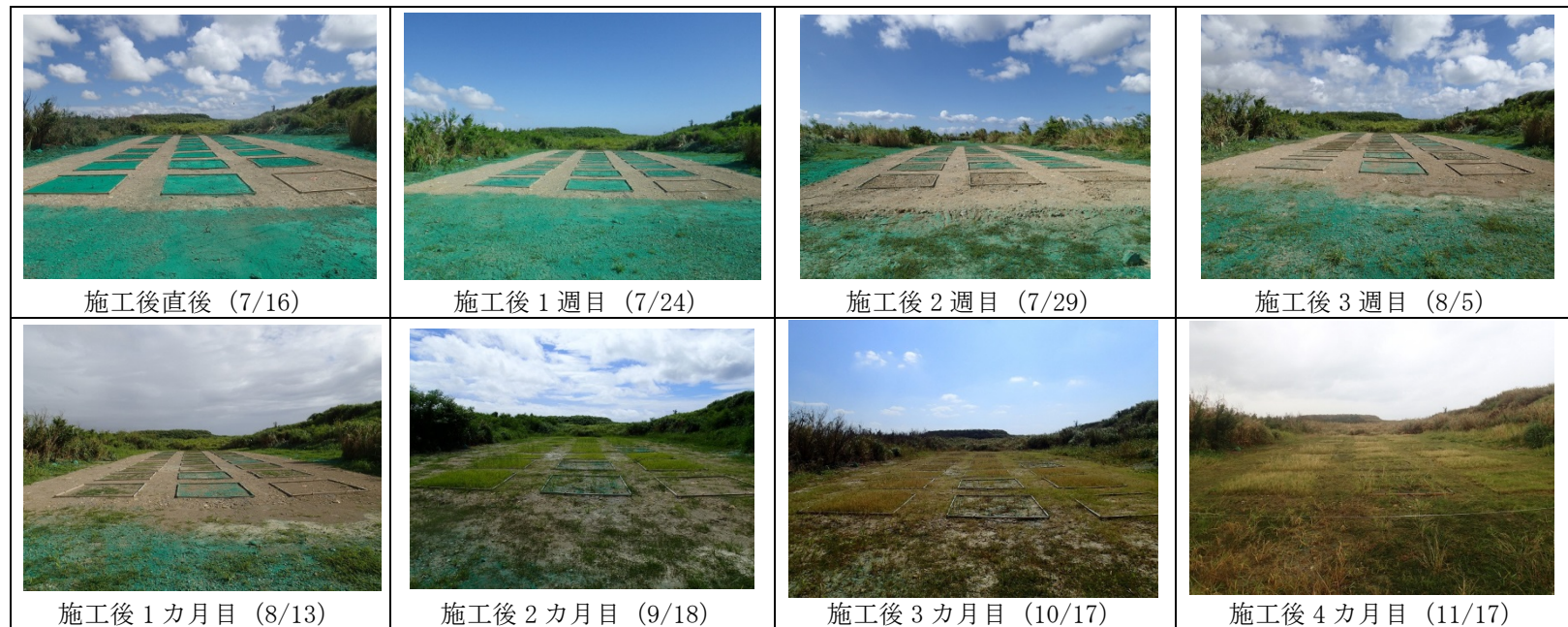


図 20 実験区の定点写真撮影の状況

(4) 今後の課題

- 赤土等流出防止対策として２種混合材による緑化にあたっては、播種後、１回の灌水を行ったが、まとまった降雨により発芽が促されたと考えられたことから、早期緑化を促進するためには、施工にあたり、播種後に一定期間灌水を行うことが有効であると考えられる。
- ６カ月後（平成 27 年 1 月）までの結果をとりまとめ、次回委員会において報告し、緑化材及び緑化手法を検討することとする。