



八重山諸島のコーラル地帯における草地造成工法の
検証と再整備法のあり方

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 細川, 吉晴 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/5638

原著論文

八重山諸島のコーラル地帯における草地造成工法の検証と再整備工法のあり方

細川吉晴

宮崎大学農学部 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1

要約

八重山諸島のコーラル地帯において、農用地整備公団が1984～1992年度に畜産基地建設事業を展開するが、スタビライザはその優れた岩盤破碎能力により石灰岩礫地帯の草地造成に顕著に貢献し草地土壌を拡大に創生してきた。その過程で土中や表面に残存した石礫の除礫作業や破碎作業にストーンクラッシャーが大活躍してきた。ただ、経年で締め固まった草地の再整備にもストーンクラッシャーを用いるが、石礫が表面に出てくることも一部指摘された。その耕起深は現在30cm深であるが、岩盤や岩礫が多い場所を除けば20cm程度が望ましいと考えられる。

緒論

八重山諸島には13世紀頃から牛が導入され、明治時代になり各行政区画に「牧」があつて牛が放牧されていた^{1) 2)}。また、笹森儀助³⁾が明治半ば(1893年以前)に琉球列島を踏査して著した「南島探験」に、その約120年前に牧野で肉牛飼養とサトウキビ栽培が行われていた、と記されている。さらに1970年代になって、草地基盤整備等の各種肉用牛振興施策が積極的に推進され、暖地型牧草が導入されて周年放牧ができる草地が造成されてきた⁴⁾。

この諸島の一部は、洪積世の隆起サンゴ礁の石灰岩を母岩(琉球石灰岩)とし、その表層にはこの石灰岩が風化した暗赤色土の島尻マージが薄く堆積している⁵⁾。琉球石灰岩は、新第三紀・鮮新世の造礁サンゴや有孔虫類などからなり、透水性が大で地力が低い特徴をもつ。その石灰岩の母岩が露出し石礫が散在する土地で、かつ、表土の薄い場所ではサトウキビ畑に使えず、原野のまま放置されるか部分的に放牧地として低位に利用されてきた。たとえば、竹富町黒島は、石垣島の南西19kmにあり、面積が約10km²の隆起サンゴ礁からなる平坦な島(最高地が平均海面上約15m)である。ここでは、昔から野草地で肉用牛の放牧生産が行われていたが、岩盤の露出や岩礫の散在の影響で牧養力がきわめて低く、放牧による肉用牛の育成も芳しくなかったようである。

農用地整備公団は、1984(昭和59)年度からこの島で畜産基地建設事業を展開した。この事業による草地造成は、1984～1987(昭和59～62)年度に八重山第一区域(公団営畜産基地建設事業)が57.2ha、1988～1992(昭和63～平成4)年度に八重山第二区域(同事業)が130.8haであった。公団事業を引き継ぐ形で1993(平成5)年度以降は沖縄県農業開発公社により、1993～1997(平成5～9)年度に竹富町第一地区(畜産基盤再編総合整備事業)が112.0haを造成した。その後も、ばいぬしま地区が1997～2000(平成9～12)年度に51.9ha、竹富町第二地区(同事業)が1998～2001(平成10～13)年度に106.5ha、ばいぬしま第二地区(畜産担い手育成総合整備事業)が2003～2006(平成15～18)年度に89.2ha、ばいぬしま第三地区(同事業)が2007～2009(平成19～21)年度に草地造成が27.4haおよび草地整備改良が52.8haの、

連絡者：細川吉晴 (Tel: 0985-58-7237, E-mail: hosoco@cc.miyazaki-u.ac.jp)

草地の造成や整備改良が行われてきた^{6, 7, 12)}。

この草地造成の当初（1984～1992年度）はスタビライザ工法が採用されたが、造成後の土中や草地面に石礫が残ることから人力除石（石礫拾い）を行った。しかし、その労働力の確保は離島では難しく、その作業も暑熱環境下では厳しい労働条件となるので、機械による石礫除礫が検討された。その結果、スタビライザで造成した後に表面に出てきた石礫はストーンピッカーで拾い上げて集積処理を行った。ただ、このストーンピッカーはジャガイモ掘りが主用途であったため、石礫除礫への耐用性が弱かった。そこで、ストーンクラッシャに着目し改良を重ねて石礫除去機械として1993年度以降に採用が検討されてきた^{13, 14)}。石礫を破碎し、あるいは下層が弱い地盤となっていればその下層へ石礫を押し込む連続石礫除礫工法として活躍してきた。しかし、放牧地では放牧牛の蹄圧で、採草地ではトラクタのタイヤの圧力で草地地盤が締め固まり、牧草の生産が劣ってきたため、その再整備が必要となった。最近では、2007～2009（平成19～21）年度に「ばいぬしま第三地区」として竹富町で、沖縄県が策定した「畜産担い手育成総合整備事業実施計画」に基づき、未利用地や離農跡地（遊休農地）等を集積して草地として整備するなどの（基盤整備）事業が展開された。その草地は再整備工法としてストーンクラッシャだけで施工したが、その間に整備された造成面に石礫が出てくるのが一部指摘されていた。

ここでは、今までの草地開発工法の成果等について検証するとともに、再整備後に造成面に出てくる石礫やその処理に関して聞き取り調査や土層状況観察を行い、再整備工法のあり方について検討した。

材料および方法

1. コーラル地帯における重機による草地開発工法の成果とその検証

コーラル地帯の草地開発工法について、既往の文献^{8~17)}をもとに整理し、その成果を改めて検証する。

また、施工後に6年あるいは3年経年したジャイアント・スターグラス (*Cynodon nlemfuensis* Vandery) の草地における工法別の石礫分布状況と草根量は既報¹⁷⁾において述べたものであるが、上述の工法の検証に関わるので、その成果の一部を再掲した。すなわち、黒島において1992年度にスタビライザ工法で施工した竹越牧場と、1995年度にスタビライザとストーンクラッシャの併用工法で施工した名嘉真牧場において、各2つの試験区（1.0m×1.0m×0.3m）において深さ10cmごとに3層に区分して採土し、各層別に石礫ふるい分け試験および草根の乾物重量測定試験を1998年6月に行った。なお、計4つの試験区は、両牧場の境界線から15m以内にあり、ほぼ同様な岩率であると想定した。

2. 両工法による開発草地の土層断面における草根の調査

2013年3月に、前述の黒島における竹越牧場と名嘉真牧場の草地で、両者の牧場の境界線から10m以内の1箇所ですら30cm深を試掘して、草根状況と石礫状況を撮影した。

3. 再整備した草地面に発現した石礫の聞き取り調査

2009年に「ばいぬしま第三地区」事業として、小浜島および黒島における草地の再整備施工をストーンクラッシャで行った。その造成面に出てくる石礫について、2013年3月および2014年5月に、牧場主のM氏とF氏にそれぞれ聞き取りした。

結果および考察

1. 重機による草地造成工法の成果とその検証

(1) 30cm耕起深のスタビライザ工法が開発された理由^{8, 9, 11)}

とても条件の悪い地帯で草地造成を行う場合、人力や機械力で表面の石礫除去を行う方法か、客土を行う方法が一般的である。ところが、この草地開発の対象地の多くは、石礫量が極めて多く、また、客土になる土を十分に確保できな

い離島であることから客土は困難であり、そして経済的にみても両者の方法は非現実的であった。そこで考えられた工法が、スタビライザ工法である。

スタビライザは、一般に道路工事における路床・路盤の安定処理やアスファルト道路路面に生じた凹凸部の破碎処理等に使用するロード・スタビライザのことをいう。岩盤破碎能力は強力であるが、サンゴ石灰岩の硬い岩盤の破碎や、ある程度の深さまで草地土壌を創生することまで想定していなかった。そこで、ロード・スタビライザの油圧システムやドラムに付けるビット(110本)の改造(図1参照)、二次破碎機構を取り付けて、農耕仕様として深く切削できるように1982~1983(昭和57~58)年にかけて、重機メーカーの協力を得て開発・改良された。なお、スタビライザの切削深は最大40cm、切削幅は図1(左)に示すとおり194cmである。

黒島と新城島(パナリ)の有効土層厚は、草地開発事業計画設計基準¹⁰⁾に規定されている「30~10cmのⅢ級地」が87~71%を占め、礫含有率は「50%以上のⅣ級地」が83~97%を占めていた(写真1)。その後、礫含有率が「30~50%のⅢ級地」と思われる試験圃場A、BおよびC区でスタビライザ施工を行った結果、礫含有率は、A区が5箇所平均で48.5%から1.6%に、B区が同じく24.1%から1.8%に、C区が同じく33.2%から3.8%に、全体平均では35.3%から2.4%に大幅に下げられ、スタビライザの破碎・除礫効果が顕著に認められた。つまり、礫含有率はⅢ級地から「5%未満のⅠ級地」に大幅に改善された。ただ、礫の最小径は50mmとした。

草地造成の耕起深は20cm程度が一般的である。しかし、コーラル地帯の深さ20cm以下の多くは岩盤層であるため作物根が深く伸張する余地は少ない。暖地型牧草の代表格のローズグラスの根の重量割合は0~30cm土層内の生重で約70%、同じくその乾物で78%を占めたが、30cm以下にも乾物で20%以上を含むほどであった。寒地型のオーチャードグラスでは0~10cm土層中の根の乾物が83%であるのに対し、暖地型牧草は深くまで根が伸張する特徴がある。したがって、暖地型牧草の生育を考慮すると少なくとも30cmまで耕起する必要があることから、スタビライザ工法では30cmの破碎深と設定された¹²⁾。

(2) 施工区域の岩率・露岩率、直接工事費の求め方¹¹⁾

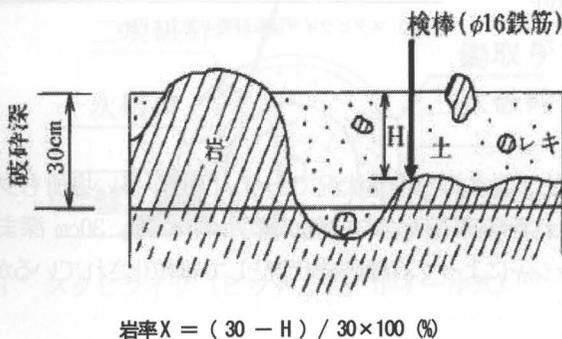


図2 岩率の測定方法¹¹⁾

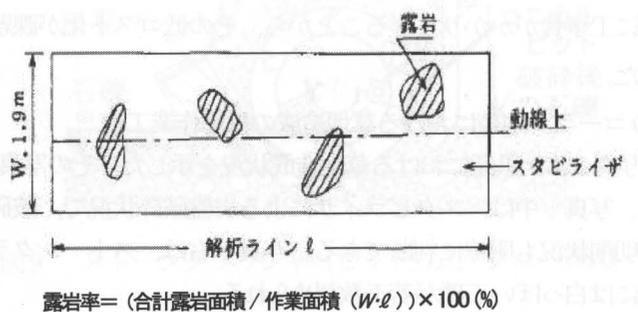


図3 露岩率の測定方法¹¹⁾

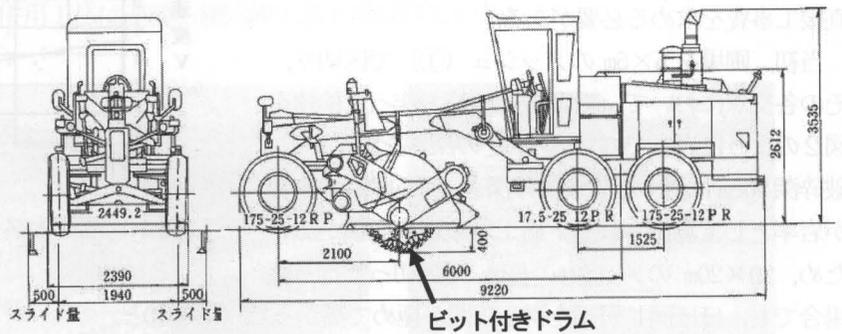


図1 スタビライザ (GS360 農耕仕様車, ホイールタイプ) の概観⁸⁾



写真1 隆起サンゴ礁である黒島と新城島(右上2つ)の礫含有率は高い(写真提供:八重山家畜保健衛生所)

スタビライザ工法を適用する場合に、施工対象地の岩率・露岩率などを測定した上で、施工歩掛から直接工事費を求める必要がある。

当初、圃場を5×5mのメッシュ(①)で区切り、その各交点において、直径16mm鉄筋で作った検棒を図2のように岩まで打ち込み、その深さを測定する。破碎深30cmに対する岩までの深さ(平均値)の割合が岩率として算出される。施工対象地の面積が広い場合、20×20mのメッシュ(②)で区切って行った場合でも、ほぼ同じ岩率を得る相関が極めて高かった(①と②との相関係数 $r=0.897$, $n=17$, $P<0.001$)ことから、以降、20×20mのメッシュで岩率を求めることにした。一方、露岩率は、図3のように、スタビライザの動線方向の解析ライン長(ϕ)と幅(切削幅1.9m)の作業面積に占める露岩の合計面積の割合を求め、その施工地の露岩状況の指標とした。

岩率は、スタビライザの作業速度に影響する要因の一つであり、特に作業速度には負の強い相関が明らかとなった。図4に岩率とスタビライザの作業速度との関係を示すが、岩率が高いほどスタビライザの作業速度は遅くなる傾向が強い。作業速度(V)は、 $V(\text{m/分}) = -0.03 \cdot X + 3.6$ の関係式に、現地で求めた岩率(X)を代入して求められる。作業速度に影響する要因は、図5のように、岩率のほか石礫の強度もあるので、あまり細かに決められない状況もある。

一方、現地で求めた露岩率を0~5%(良好)、5~15%(普通)、および、15~25%(不良)と区分した場合、これに対応する作業係数を順に0.9~1.0, 1.0~1.1, 1.1~1.2として作業時間を求める。岩率や露岩率が高い地区では、スタビライザに負荷がかかるため作業速度や作業能力などに配慮して、破碎工の歩掛を設定する必要があった。

表1は、スタビライザ工法における直接工事費の単価である(1985年度実績)。この中で、岩処理から破碎工までの費用(破線で囲んだ部分)が全体の86.2%を占めている。このように、破碎工に工事費がかかりすぎることから、その低コスト化が課題となった。

(3) コーラル地帯における草地造成の標準作業工程¹²⁾

写真2に、黒島における草地造成状況を示した。その写真：左は造成前の岩盤状況であり、凹凸が多い場所も少ない。写真：中は、スタビライザによる岩盤破碎状況で、破碎された琉球石灰岩の白色が鮮明にわかる。30cm深までの岩盤切削状況も明瞭に判断できる。写真：右は、ストーンクラッシュャによって石礫破碎状況として細粒化されているが、造成面には白っぽい石礫が若干数認められる。

スタビライザでは、礫の最小径を50mmとして施工するが、「緒論」で論じたように、造成後に地表面に出てくる石礫の処理として、人力によって広大な施工区から石礫を拾い数箇所に集積することはその数量が多いだけに重量も多量と

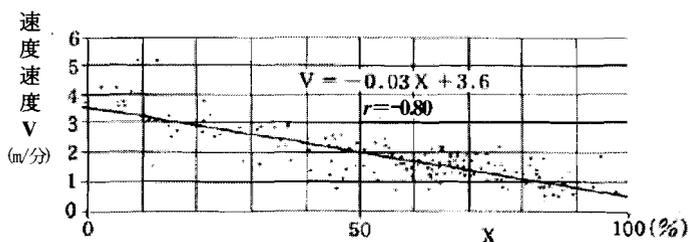
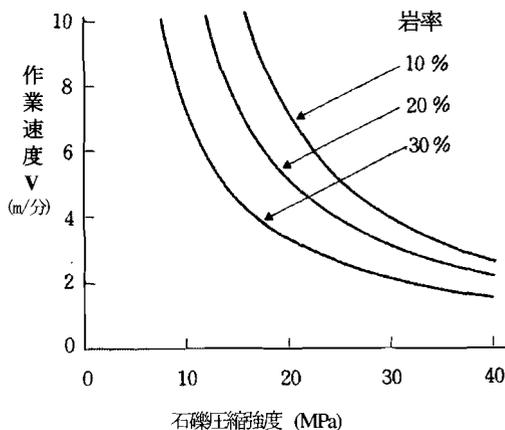


図4 岩率とスタビライザの作業速度との関係¹¹⁾



注) 土質や土地条件が変わるので、概略の目安とする

図5 作業速度に及ぼす要因⁹⁾

表1 直接工事費の単価¹¹⁾
(1985(昭和60)年度 新城島での実績)

工 種	金 額 千円/ha	割 合 (%)
刈り払い	156	4.8
集積火入れ		
岩処理	903	27.9
基盤整地		
破碎工		
土改材散布	289	9.0
砕 工		
施肥・播種		
鎮 圧		
計	3,232	100.0

注) スタビライザ運搬経費：28,114円/ha

なり大変厳しい作業となっていた。それを、人力作業の歩掛のままストーンピッカーで処理したことがあった。しかし、その機械の耐用性は弱かったため、それに代わるストーンクラッシャが検討され、石礫除礫作業ができるように改良された。スタビライザとストーンクラッシャの併用工法は連続石礫除礫工法と呼ばれていた。

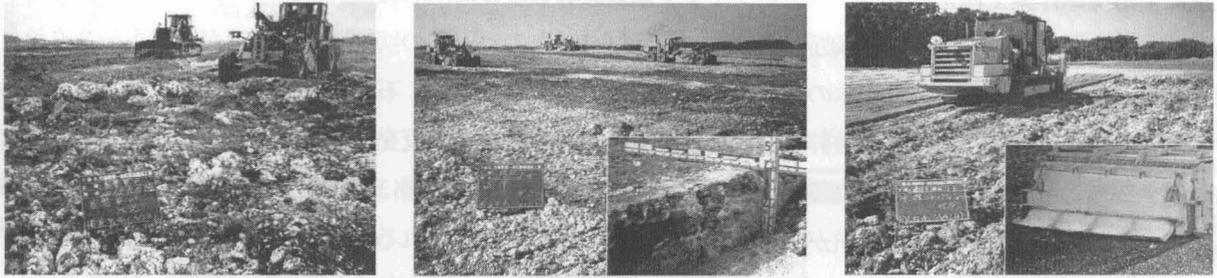


写真 2 黒島における草地造成前の岩盤状況 (左) をスタビライザで岩盤破碎している状況 (中央, 右下: 30cm 深の断面), および, ストーンクラッシャによる石礫破碎の状況 (右, 右下: 細粒化されているが白っぽい石礫が若干見られる土層表面) ¹²⁾

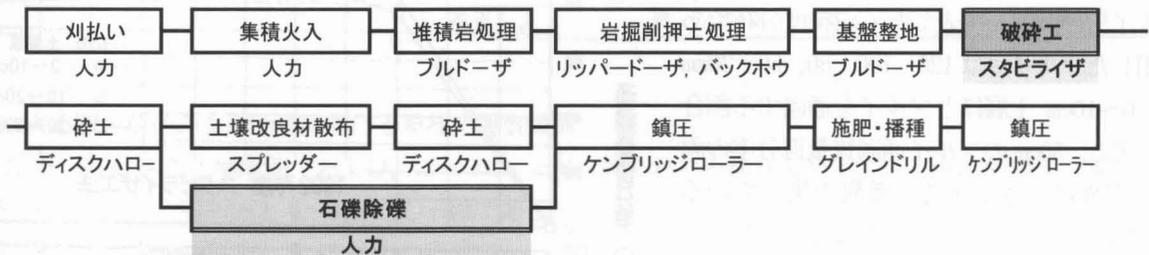


図 6 スタビライザ工法の標準作業工程 ⁹⁾

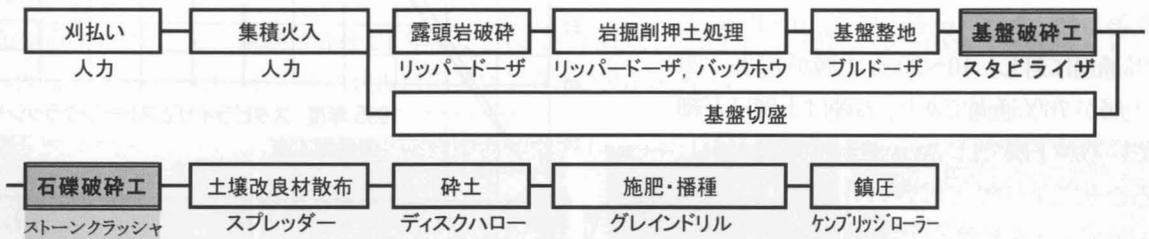


図 7 スタビライザとストーンクラッシャの併用工法の標準作業工程 ⁹⁾

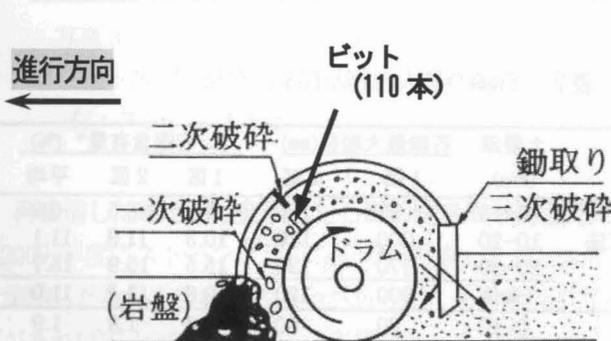


図 8 スタビライザ (ビット方式, ホイール式) ¹⁶⁾

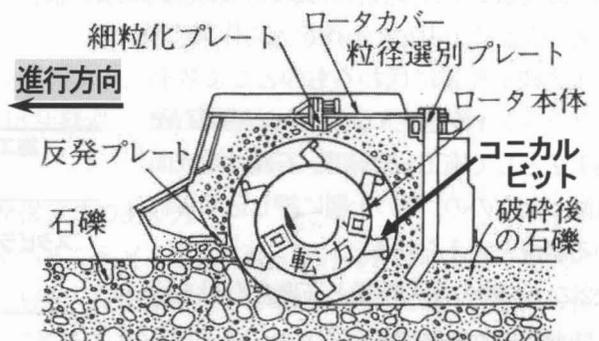


図 9 ストーンクラッシャ (ビット方式, クローラ式) ¹⁶⁾

スタビライザ工法の標準作業工程を図6に示す。スタビライザ工法の特徴は、平坦に整地されている必要があるため事前に堆積岩処理や岩掘削押土処理をした後に、ブルドーザで基盤整備を行うこと、また、スタビライザを掛けた後にディスクハローで砕土してから、人力で石礫を除礫することであった。一方、図7にスタビライザとストーンクラッシュの併用工法による標準作業工程を示すが、スタビライザで基盤破碎した後に、石礫破碎をストーンクラッシュで行うものであった。スタビライザ(図8)は一次破碎として、もっぱら110本のビットの切削破碎によるが、ストーンクラッシュ(図9)はロータに取り付けられた116本のコニカルビットに石礫が当たる際、石礫を拘束している土壤が硬い場合には破碎するか、それが軟らかい場合には破碎しないでビットに絡められたまま反発プレートや細粒化プレートにおいて破碎・細粒化される。その際に、岩盤や岩礫がない場合は、破碎後の土壤の下層ほどブルドーザでの締め固めが至らないで軟らかく、石礫を拘束する土壤の抵抗が小さいので、その下層に押し込まれる場合があると想定される。あるいは、破碎の過程で石礫が板状になったものは、粒形選別プレートを通過して表面に出てくることがあると考えられる。

(4) スタビライザ工法と、スタビライザとストーンクラッシュの併用工法の差異

図10は、両工法により30cm深で耕起した工区の各々2箇所10cm土層別に採土した中にある石礫をフルイ分け試験して表した石礫粒度分布である。使用したフルイ目は120, 100, 80, 50, 30mmである。0~10cm土層ほどフルイを通過する割合が高く、また、50mmのフルイ通過質量百分率の両者間での差異は小さかった。差異の生じている30mmのフルイでは、スタビライザ工法が平均84%通過、スタビライザとストーンクラッシュの併用工法では平均86%通過で、後者の工法が石礫を2%細かく改善した。ただ、後者の場合、0~10cm土層が98%通過に対し、10~20cm土層が85%、20~30cm土層が76%通過であり、石礫は上層ほど細粒化しているが下層では30mmを越す石礫が少し残留することになった。

したがって、スタビライザ(1984~1992年度)は岩盤破碎能力に優れ、石灰岩礫地帯の草地造成に顕著に貢献していることは明らかであった。その作業で表面に出現した石礫を人力作業に頼った。その人力除礫作業に代わるものとしてストーンクラッシュが選定・改良され、連続石礫除礫工法として施工した結果、石礫は造成面では減ったものの、深い土層に押し込まれている状況と考えられる。

表2に、石礫の最大粒径と石礫含有量を示す。最大粒径を土層深別にみると、スタビライザ工法では大小の粒径がみられるが、スタビライザとストーンクラッシュの併用工法では下層ほど大きめの粒径の石礫があると

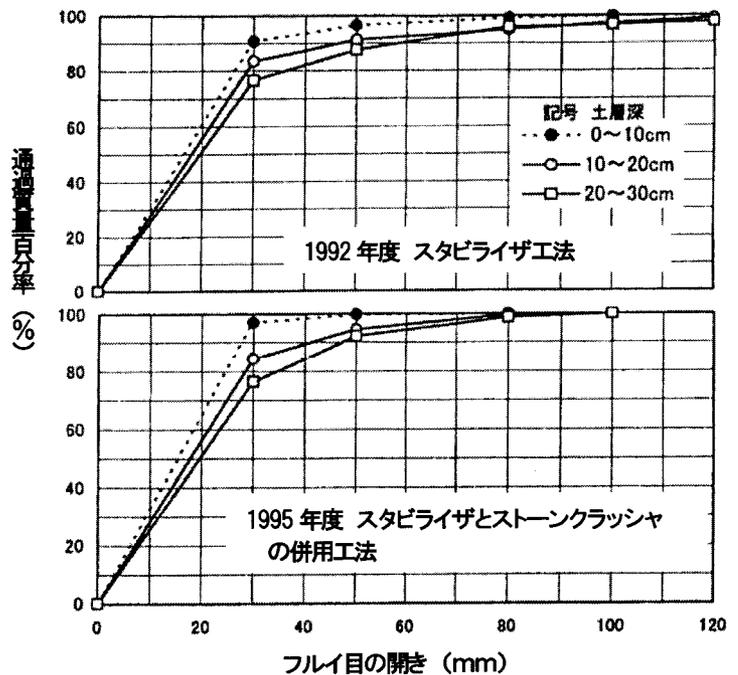


図10 両工法の10cm土層別の石礫粒度分布¹⁷⁾

表2 石礫の最大粒径と石礫含有量¹⁷⁾

施工工法	土層深 (cm)	石礫最大粒径(mm)		石礫含有量* (%)		
		1区	2区	1区	2区	平均
スタビライザ工法	0~10	80	100	5.9	6.5	6.2
	10~20	200	120	10.3	11.9	11.1
	20~30	170	120	15.5	15.9	15.7
	全体	200	120	10.6	11.4	11.0
スタビライザと ストーンクラッシュの 併用工法	0~10	80	80	2.0	1.8	1.9
	10~20	80	100	11.0	9.4	10.2
	20~30	100	100	14.4	16.9	15.7
	全体	100	100	9.1	9.4	9.3

* 粒径 30mm 以上のものとする。

いえる。粒径30mm 以上を石礫(畑地造成では、30mm未満を土壤というので、30mm未満の小礫も土壤の一部とみなして

いる)とした石礫含有量は、0~10cm土層では前者の工法よりも後者が少なかった。土層の0~10, 10~20, 20~30cmにおける石礫含有量の平均値は前者の工法が33.0%, 後者が27.8%であり、5.2%の差が生じた。これは各工法2箇所ずつのサンプリングの結果ではあるが、この差はストーンクラッシャにより30mm未満に破碎や細粒化された結果と考えられる。ただ、依然として石礫は土中に残留している。

次に、表3に、スタビライザ工法区と、スタビライザとストーンクラッシャの併用工法区における草の根の乾物質量と乾物比率を比較した。両工法とも0~10cm土層に根群が形成された結果、乾物質量が多くあり、また、乾物比率でも根の82.5~91.1%が表層にあった。後者の工法では10~20cm土層と20~30cm土層にそれぞれ11.2%, 6.3%あり、前者よりも下層へ根が伸張できる土層が形成されたとみられる。以上の結果は、草地造成後6年あるいは3年経過した状況であった。

表3 草の根の乾物質量と乾物比率の比較¹⁷⁾

施工工法	土層深 (cm)	乾物質量(g)			乾物比率(%)		
		1区	2区	平均	1区	2区	平均
スタビライザ工法	0~10	62.0	43.3	52.7	91.2	91.0	91.1
	10~20	4.3	4.0	4.2	6.3	8.4	7.3
	20~30	1.7	0.3	1.0	2.5	0.6	1.6
	計	68.0	47.6	57.9	100.0	100.0	100.0
スタビライザと ストーンクラッシャの 併用工法	0~10	31.2	35.6	33.9	79.6	85.1	82.5
	10~20	5.2	4.0	4.6	13.3	9.3	11.2
	20~30	2.8	2.4	2.6	7.1	5.6	6.3
	計	39.2	43.0	41.1	100.0	100.0	100.0

2. 両工法による開発草地の土層断面における草根の調査結果

写真3に、0~30cm深の土層断面、および、20~30cm土層に見られた石礫状況を示す。写真の左側は、スタビライザ工法による21年経過の土層断面と6~3cm大の石礫である。写真の右側は、スタビライザとストーンクラッシャの併用工法による18年経過の土層断面と9~3cm大の石礫である。前述したような石礫の最大のものは見られなかったが、20~30cm土層に見られる石礫は、前者では6~3cmと小ぶりなものがあるのに対し、後者のものは9~3cmと大粒から小粒まで範囲が広がった。

一方、草の根の伸張として、草地造成後21年あるいは18年経過した段階で、根群が0~10cm土層に多く見られ、その下の10~20cmにも根が確認され、その状況は両者に差異は認められなかった。

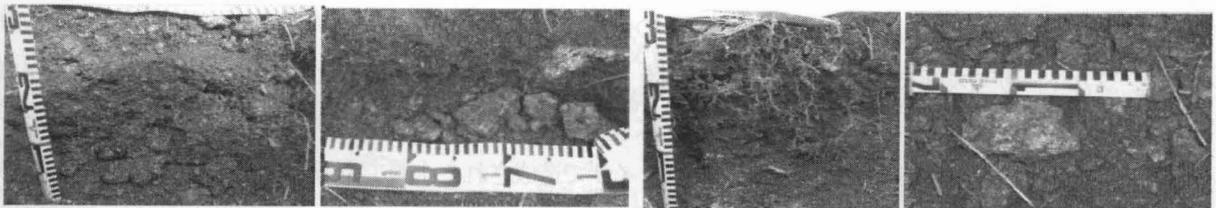


写真3 30cm深の土層断面、および、20~30cm土層に見られた石礫状況 (2013年3月掘削)

(左:スタビライザ工法による21年経過の土層断面にある根群と、6~3cm大の石礫)

(右:スタビライザ+ストーンクラッシャの併用工法の18年経過した土層断面と9~3cm大の石礫)

3. 再整備した草地面に発現した石礫の聞き取り調査結果と再整備工法のあり方

2009年度にストーンクラッシャで再整備した草地面に、石礫がところどころ見られ、それらを拾い上げて草地の一角に集積した牧場を視察する機会があった。その状況が写真4である。やや傾斜がある草地であるため、再整備の後に降雨があれば表土流出した後に、表層にあった石礫が造成面に出てくることはありえる。一方、同様な事業で再整備した平坦な草地では、表面に散見する石礫はほとんどなく問題はなかったという。

一般に、ストーンクラッシャを掛ける前にブルドーザで均平に整地をするが、その重量で30cm深まで十分に締め固められたかは疑わしく、むしろ下層は表層~上層よりも軟らかいはずである。スタビライザでやや深めに切削・破碎された造成地区において、土中にある石礫はストーンクラッシャのロータに取り付けられたコニカルビットに絡められて、

その軟らかい下層に押し込まれやすいと考えられる。

福島県の飯館西地区の畑地造成が、1994～1995（平成6～7）年にストーンクラッシャで施工された。そこは、巨石を事前にバックホウで処理し、除礫はスケルトンバケットと人力で行れた地区である。それをストーンクラッシャで施工した結果、土層30cm内に30mmを越す石礫はほとんどなかったという¹⁶⁾。この地帯は、非常によく締め固められる条件であったものと思われる。

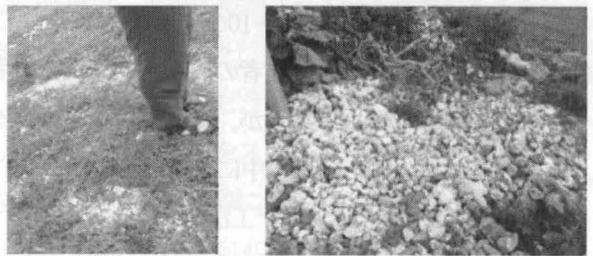


写真4 2009年度にストーンクラッシャで再整備した草地面の石礫（左）とそれらを草地の一角に集積した握りこぶし大の石礫の山（右）

（2013年3月撮影）

一方、この施工例と沖縄県離島でのストーンクラッシャ施工例を参考に、A県の多礫地帯で畑地造成を行った。当初、この地区では、リッパードーザをかけて出てきた巨石類を事前に集積埋設し、ブルドーザにより均平に整地した上で、30mmメッシュのスクリーンバケットを用いて除礫したが、土がメッシュに詰まり作業ができなかった。その後、ストーンクラッシャを掛けた段階で、ダイコンやニンジンを作付けする畦を作り試験栽培したところ、畦の下層20～30cmあたりに石礫が堆積していたことから、ダイコンなどの先がその石礫と接して曲がるか二股になり品質上の問題が生じた。ダイコンの栽培地の土壌を掘ると、下層に石礫が層状に堆積している様相であった。また、重いブルドーザで均平に整地しても、20～30cm下方の下層は締め固めが行き渡らず比較的軟らかいままになっていたといえる。そのため、石礫は、コニカルビットに当たっても軟らかい土の状態で逃げる余地があり破碎されずに、ロータの回転にあわせてコニカルビットに絡められ抵抗の少ない下層に押し込められるメカニズムがあると推察する（図11参照）。この地区では、除礫の解決策として、ストーンクラッシャを掛けた後に、軟らかくなった土中の石礫を30mmメッシュのスクリーンバケットで除礫してから、整地・鎮圧して畑地造成を進めた。

また、黒島などでは、写真2（右・右下）に明らかなように、ストーンクラッシャで破碎除礫を終えたばかりの地表面に石灰岩礫（白色）が少し認められるので、30mm未満の小礫などは土壌とみなしてはいるものの、それ以上の大きさの石礫は100%完璧に除礫されるものではない。スタビライザとストーンクラッシャの併用工法の場合、最大40cm耕深用のスタビライザで耕起すると岩礫は破碎されて、見かけ上の体積を増すため30cm深の破碎によって約40cmの土層が形成される。その後、ブルドーザで均平に整地したとしても不陸（凹凸）がどうしても残るため、実際には5cmほど深めに耕起するといわれている。再整備の際には、図11・左に示すように、スタビライザにより30cm深で耕起した工区で岩盤や岩礫が多かった場合に約10cm土壌が高めになるが、スタビライザで造成された土層で下方ほど岩盤や岩礫が多いので硬く

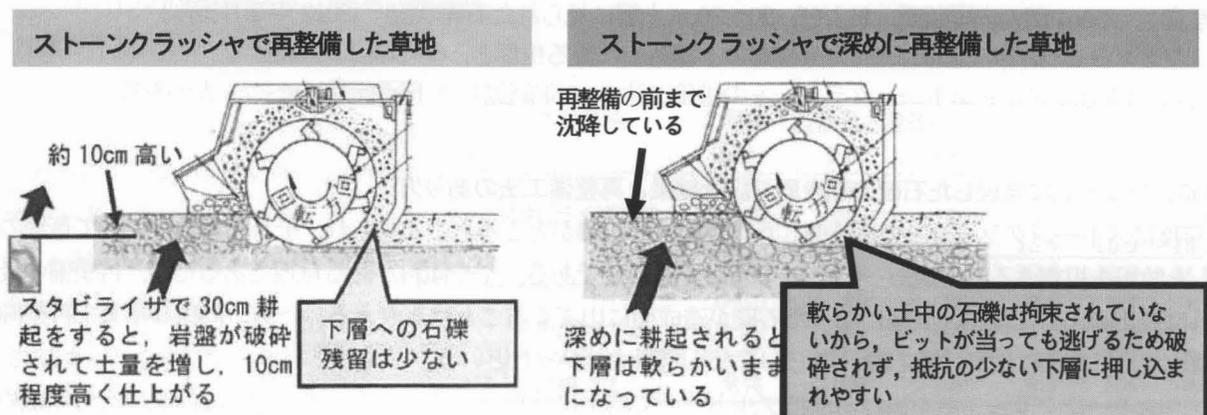


図11 ストーンクラッシャを掛けた後の下層への石礫残留メカニズム

石礫が拘束されていることが想定される。そこを30cm深でストーンクラッシャを掛けた場合は、下層への石礫残留は少ないものと考えられる(前述:結果および考察1(3))。ところが、図11・右のように、下方の土層が軟らかな状態でストーンクラッシャで深めに耕起する場合、軟らかい土中の石礫は拘束されていないので、その石礫がビットに当たっても逃げるために破碎されず、かき上げられて、抵抗が少ない下層に石礫が押し込まれやすいものと推察される。

以上のことから、再整備に当り、ストーンクラッシャの耕起深は、岩盤や岩礫が多い場所を除けば、20cm程度が妥当であると思われる。その根拠として、大きめの石礫が土中において比較的多く分布する土層は20~30cmであること、それによってストーンクラッシャをかけた際に従前の大きめの石礫がかき上げられ、ビットが当たっても破碎されない石礫はロータの回転にあわせてビットに絡められて、軟らかく抵抗の少ない下層へ押し込まれやすいこと、小割されても板状のものは粒形選別プレートの30mmの間隔をくぐり抜けて地面に出てくる可能性があること、約20年経過した草地の土壌中の草根の伸張は20cm深さまで確認されていること、などが挙げられる。

4. まとめ

八重山諸島のコーラル地帯における草地開発は、スタビライザでその基礎地盤である石灰岩層を破碎することで、牧草を栽培できる土壌として顕著に創生してきた。しかしながら、破碎後の石礫が土中や表面に残留するので、それらの破碎・除礫にストーンクラッシャは大いに活躍した。ただ、造成後の下層ほど石礫が少なからず残留することも一方で確認されている。また、経年で締め固まった草地の再整備にストーンクラッシャを30cm深で掛けているが、表面に石礫が出てくる場合も一部指摘された。それで、岩盤や岩礫が多い場所を除けば、下層ほど残留石礫が多いことと十分に締め固められていないことから、その耕起深は20cm程度が望ましいと考えられる。

謝 辞

2013年3月および2014年5月の調査にあたり、竹富町農林水産課 山城文人氏、竹富町小浜 松原和弘氏、竹富町黒島 船道保伯氏、石垣市 南西開発株式会社の方々にご多大なご助言をいただいた。また、福岡県久留米市 渡辺知記氏から、コーラル地帯における草地開発工法に関する資料提供を受けた。ここに記して、感謝申し上げる。

引用文献

- 1) 前花哲雄(1976) 八重山の畜産風土記, 沖縄コロニー印刷, 浦添(沖縄県), 334p.
- 2) 竹富町(2011) 竹富町の概要, 20p.
- 3) 笹森儀助(1894) 南島探検, 532p. [再発行: 南島探検1(326p, 1982) および南島探検2(324p, 1984), 平凡社, 東京.]
- 4) 川本康博(2004) 持続的な周年利用草地のための造成技術と維持管理: 南西諸島での事例を中心に(〈特集〉最新の持続的な草地管理技術), 日本草地学会誌, 50:90-98.
- 5) 渡嘉敷義浩(1993) 沖縄に分布する島尻マージおよびジャーガルの土層特性, ペドロジスト 37(2):99-112.
- 6) 竹富町農林水産課(2013) 竹富町黒島の概要—竹富町の畜産概要—, pp. 1-8.
- 7) 沖縄県農林水産部畜産課(2012) 畜産基盤の整備, おきなわの畜産, pp. 35-43.
- 8) 農用地整備公団(1985) スタビライザ工法に関する報告書, pp. 1-25.
- 9) 農用地整備公団(1987) 低コスト工法実用促進事業(草地) 報告書, pp. 65-85.
- 10) 日本草地協会(1988) 草地開発事業計画設計基準, pp:34-35.
- 11) 西田 研(1989) 琉球石灰岩から土層を創る(スタビライザー工法による草地造成技術), 水と土, No. 76:45-51.

- 12) 農用地整備公団沖縄総合事務所（1993）沖縄における畜産基地建設事業のあゆみ—沖縄畜産のさらなる発展を—, pp. 119-166.
- 13) 佐野文彦（1994）石礫除去用施工機械の改良開発, JAGREE（農業土木事業協会誌）, No. 48:69-79.
- 14) 石礫除去機械施工研究会（1994）石礫除去機械施工研究会報告書—小松ストーンクラッシャー（CS210）施工実績及び積算参考資料—, 農業土木事業協会.
- 15) 農用地整備公団（1994）沖縄県における草地造成実施事例, pp. 32-59.
- 16) 細川吉晴・小笠原秀夫・渡辺知記・村岡 征（1998）石多発地帯における農用地整備のための連続石礫破碎工法, 農業土木学会誌, 66(5):29-34.
- 17) 細川吉晴・庄子一成・渡辺知記・玉城 清（1999）亜熱帯草地の放牧技術に関する研究 12. 石礫除去工法の違いがコーラル地帯の造成草地の石礫分布と草の根量に及ぼす影響, 沖縄畜産, 34:39-45.