

間伐材等の有効利用による自然復元化工法 —事例報告—

楠部 勝巳¹

¹ 有限会社クスベ産業 (〒643-0166 和歌山県有田郡有田川町吉原1360)

E-mail:kusube@kusube.co.jp

現在、林業では、施業集約を前提とした路網整備と間伐が一体的に進められている。今後大量に発生する間伐材等を有効利用する仕組みを構築することは計画的な森林保全活動にとって大変重要な課題である。当該自然復元化工法では、大部分が廃棄されている小径木・木質廃材等を材料として利用し、地域資源の循環を実現した。法面・山腹での緑化基礎工「ウッド筋工」、植生基盤吹付材料である「和歌山ソイル」、吹付工法として植生基盤安定工「ローカル・リサイクル吹付工法」、また間伐材を主材料とした駐車場緑化「ターフ・ウッド工法」を紹介する。さらに新技術として、河岸・河川の護岸工、根固工、山腹工事の土留工等としての「間伐材二重井桁枠工」、「ウッド筋工」の表層崩壊防止強化版、防草工「リサイクル土固化吹付工」についても開発中である。

Key Words : *thinning material, nature remediation construction method, greening base, revetment*

1. はじめに

現在、林業では、森林・林業再生プランのもと、施業集約を前提として、路網整備と間伐が一体的に進められている。従来のような個別ばらばらの伐り捨て間伐ではなく、利用間伐へとシフトしてきている。

戦後の植林から50年を超える森林も多くなり、今後利用段階に入る。森林の蓄積量も膨大であり、日本全国状況は同じである。

この状況に照らして、発生する間伐材を地域資源として循環させ、さらに有効な利用方法を考案し、利用範囲を拡大していくことは、森林管理を促進していくうえでも大変重要なことである。

工法や材料を開発するにあたっては森林組合等と連携、ネットワークを築き、品質の向上につなげた。

全国の林業を支える基本的な枠組みは共通であり、自然復元化工法の成功事例を積み上げていけば、他の地域に展開することも容易である。

2. 間伐材等を利用した法面の自然復元化工法の提案

間伐材その他地域資源を有効利用した自然復元化工法

として、まず法面での自然復元化工法・材料を開発した。「ウッド筋工」と「ローカル・リサイクル吹付工法」、また地域の有用廃棄物を利用したリサイクル土「和歌山ソイル」である。

効率的な自然復元化をはかるため、法面の勾配、土質によって適切な材料・工法を選定する。(図-1 自然復元化工法選定フロー参照)

各工法、材料の開発においては以下の点に着目、技術的改善をはかった。

(1) ウッド筋工開発における着目点、技術的改善点

昨今、法面保護工としては、一般的にモルタル吹付・コンクリート吹付枠工が施工されている。しかし、この工法であれば、法面の自然復元には及ばない。

自然界において切土法面を観察すると、小段の所・凹部に、周囲部から自然に植生が侵入し生長しているのが観察できる。しかしながら、放置していたのでは自然復元には長い年月がかかる。安定した法面を早期につくるために、自然の力をうまく利用し地域に適した植生に戻すことが必要である。

技術的改善点として、まず植生に必要な平らな面をどのように造成するか。法面の凹凸に対して緑化基礎工をどのように設置するか。地域資源利用のうえで間伐材を利用するにあたり、法面に対してどのようにして安定的

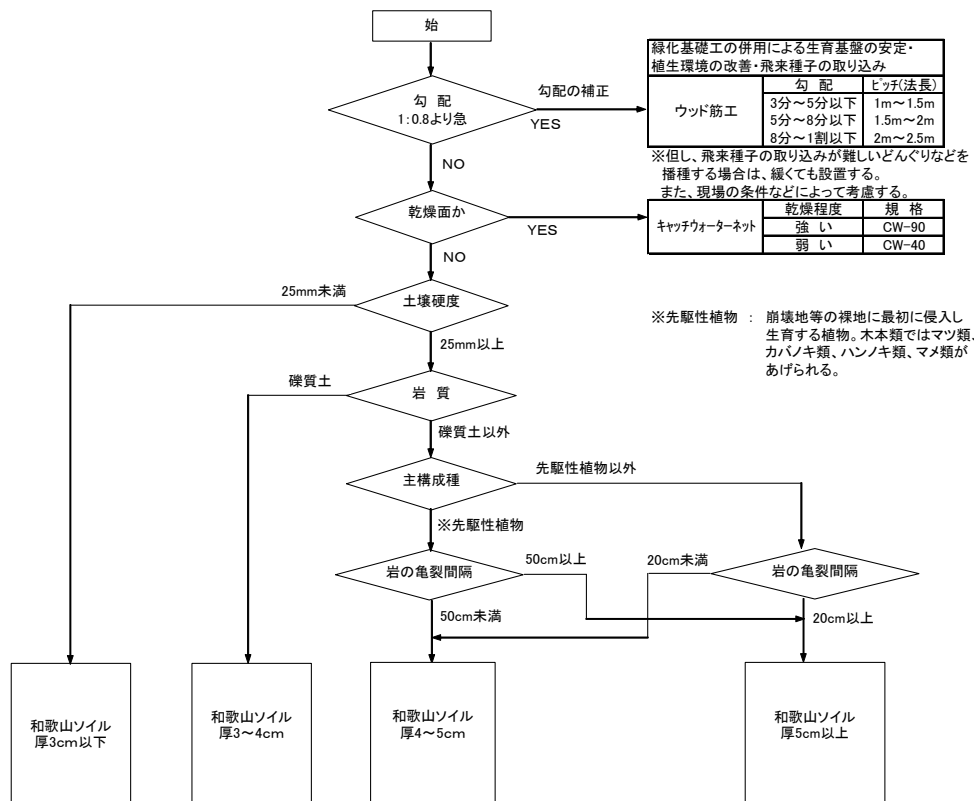


図-1 自然復元化工法選定フロー

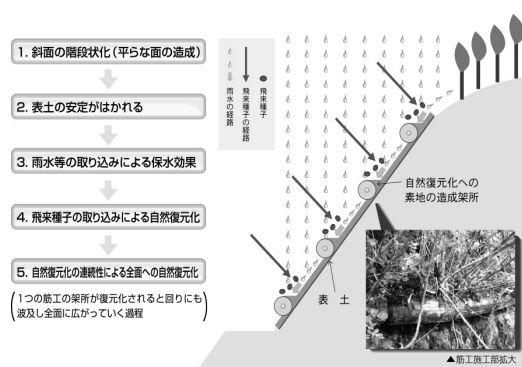


図-2 ウッド筋工による自然復元の過程



写真-1 ウッド筋工施工完成

な設置を行うか検討した。

検討の結果、間伐材を30cm弱程度に切断し中心を穿孔後、ワイヤーロープを通して間伐材を数珠状に安定させる。法面にアンカーボルトを設置し、頭部に連結部材を固定し、連結部材に数珠状にした間伐材を連結していく。法面に筋状に平らな面を造成することが可能となり、植生の良好な生育場として非常に有効なものとなった。

(図-2・写真-1参照)

(2) 植生基盤材「和歌山ソイル」開発における着目点、技術的改善点

現在、植生工として広く厚層基材の吹付工が行われているが、基盤材の品質・恒久性の低下によって、植生工としての自然復元には問題が多い。

技術的改善として、従来の厚層基材吹付工で使用されていたように基盤材材料に有機質だけを利用するのではなく、土壌の骨格として存在する無機質の粘土、シルト分を利用することとした。ここでは、地域資源として有用な浄水汚泥を利用する。また有機質材料として木質廃

材・梅残渣等を利用し良質な基盤材を製造した。

この和歌山ソイルは次項のローカル・リサイクル吹付工法の吹付主材料として利用することを主眼において開発したものである。

(3) ローカル・リサイクル吹付工開発における着目点、技術的改善点

一般の厚層基材吹付工においては、基盤材の安定のために金網・活着剤を用いて安定化をはかっている。従来方法では金網の使用により木本類の成長に支障をきたすという弊害があり、また保水性にも問題が生じている。

技術的改善点としては、金網を設置せず、基盤材を安定させ、かつ保水力に富んだ表土を吹き付ける工法を考案した。

方法として、吹付助剤の検討・開発を行うこととした。まず、①材料に繊維状のものを使用し、繊維の絡み合い効果により吹付土の密着性を高める。木質廃材である杉皮・桧皮を使用し、さらに吸水して膨潤し土との密着性の高い吸水性繊維を配合する。次に、②液状保水剤を使用する。液状であるため、土壌によく浸透し保水力を高め、土壌の凝集効果も発揮する。

吸水性繊維としては、東洋紡績株式会社製のランシール®Fを採用した（写真-2）。ランシール®Fの特長として、1. 高吸水性（吸水倍率：約150倍）、2. 速攻吸水性（平衡吸水量の約70%/10秒）3. 高保水性（多少の圧力を加えても離水しない）4. 高膨潤性（繊維直径が約12倍に膨れる）5. 容易な加工性（一般の繊維加工機械で加工可）6. 吸水時の形態安定性（吸水ポリマーとは違い、吸水後のゲルの溶出がなく形態を保つ）があげられる。

写真-3において、ポリエステルと比較したランシールの土密着性が評価される。

評価方法として、農園芸用土壌500gに純水50gを入れ攪拌する。50cc容器に調整した土12gと繊維を0.05g入れて振動振るい機で混合、攪拌する。攪拌後、容器から繊維を取り出して、繊維に土が密着している様子を観察した。

実験の結果、ランシール®Fは土との密着性が高く、吹付土壌と絡むことで崩落や浸食のリスク軽減が期待できる。

液状保水材としては同じく東洋紡績株式会社製エスペック®Lを使用した（写真-4）。

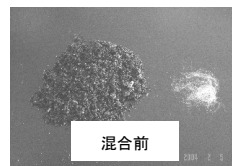
エスペック®Lは、自重の約100倍もの吸水能力を持つ約1 μ mの微細吸水ポリマー粒子で、水に分散した液状タイプのものであり、植生基盤の安定化、保水性付与に優れた効果を発揮するものである。写真-5において、農園芸用土壌（比重0.5 [g/cm³]）を使用した試料（配合は表-1）10gに水70gを加え攪拌後、60分静置し状況を

観察した。その結果エスペック®Lには土壌の凝集効果があり、法面に吹き付けた土壌の崩落や浸食のリスク軽減が期待できる。

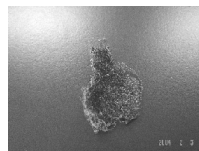
①、②を吹付助剤として使用することによって保水力を高め、金網工なしでも基盤材をより安定的に吹き付けることが可能となった。



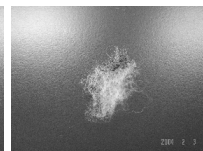
写真-2 ランシール®F原綿（東洋紡績株式会社製）



混合、攪拌後に繊維を取り出して繊維表面への土付着状態を観察



ランシール

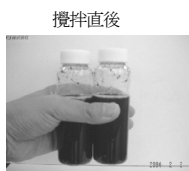


ポリエステル

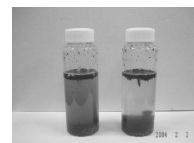
写真-3 ランシールの土密着性評価



写真-4 エスペック®L（東洋紡績株式会社製）



攪拌直後



60分静置後

コントロール エスペック処理 コントロール エスペック処理

写真-5 エスペックによる土壌凝集評価

表-1 試料

水準	土	水	エスペック
コントロール	500g	50g	—
エスペック処理	500g	50g	10g

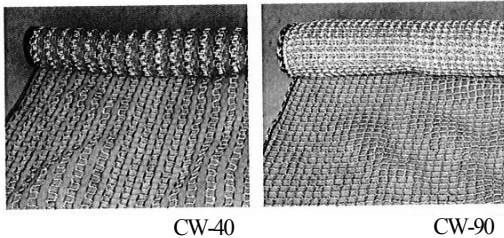


写真-6 キッチウォーターネット

(4) ランシールを利用した商品開発「キッチウォーターネット」

ランシール®Fの特長を生かした商品として、同じく法面緑化に有効な植生ネット「キッチウォーターネット」（写真-6）も開発、提案施工している。

特長としては、ネット全体にランシール®Fを使用しているため、吸水・保水性能が高く、強度があり、客土、種子の保持力に優れたものとなっている。

3. ウッド筋工+ローカル・リサイクル吹付工（和歌山ソイル）の具体的な適用例・改善効果

(1) 事例1

法面勾配5分、軟岩の現場にて、ウッド筋工施工間隔1.5m、和歌山ソイル3cm厚吹付施工した。早期緑化として芝の種子（トールフェスク・パミューダグラス）、樹林化として低木（ハギ）の種子を配合吹付した。当初、芝による早期緑化、後にハギ類による樹林化に成功した（写真-7）。

(2) 事例2

勾配1割、軟岩の現場にて、ウッド筋工施工間隔2m、和歌山ソイル3cm厚吹付施工した。早期緑化として芝の種子、樹林化として低木（ハギ）の種子を配合吹付した。当初、芝による早期緑化、後にハギ類による樹林化に成功した（写真-8）。筋工部に自然侵入として、写真-9のように照葉樹（タブノキ）の侵入がみられる。

4. 間伐材を利用したその他の工法の提案（芝生駐車場「ターフ・ウッド工法」）

法面以外でも間伐材の有効利用による工法を提案、施工している。駐車場緑化「ターフ・ウッド工法」の開発における着目点・技術的改善点を述べる。

都市部のヒートアイランド対策として、駐車場の芝生化は近年注目を集めている。しかしながら、長期間にわ



写真-7 林道後山新田線の樹林化



写真-8 日向地区造成工事の樹林化



写真-9 周辺自然飛来種子による広葉樹の生長

たり健全に芝生が維持されている事例があまり多くない。車輪による踏圧・芝の擦り切れ・損壊等、従来の緑化路面構造が有する問題点を鑑み、構造体の主材料を間伐材とし、踏圧に耐え、芝生を保護し、緑化可能率の高い緑化路面構造の検討を行った。

一定の長さブロック化した間伐材を定形に仕切られた上下2枚の枠体に挿入し、その間に土壌を充填して芝を植生させる構造とした。土壌は和歌山ソイル5：真砂土5の割合とした（図-3 参照）。

芝は被覆率が高く、耐乾性、踏圧性、耐陰性が高いセントオーガスチンを使用した。

平成19年度から21年度にかけて行われた産官学の協働による「グラスパーキング兵庫モデル創造事業」には鹿島道路株式会社と共同参加し、本工法の実証実験を行っている。実証実験結果に基づき、今後の課題も含め以下

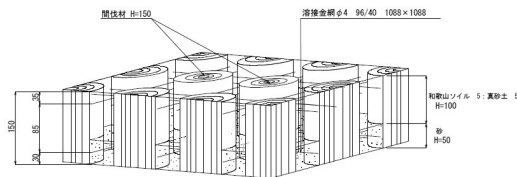


図-3 ターフ・ウッド工法標準構造図

を考察しておく。

①夏季の強乾燥時にも、維持管理なしで目立った枯損がなく、3年間を通じて芝生（セントオーガスチン）の緑被度の推移は高く生育も極めて旺盛であった。また、タイヤ圧の影響は見られなかった。

②補強材として、間伐材を利用したが問題がなかった。

③基盤材として利用した土壌と芝（セントオーガスチン）との生育関係が良好であった。

④間伐材ブロック同士が個々独立して配置されることによって目地部（緑化基盤部）が連続しており、セントオーガスチンのようなほふく茎によって生長する芝にとって効果的な構造である。

⑤3年間維持管理なしで実験を行ったが、土壌の沈下や裸地が見られた場合は、土壌の補充などの補修を行うことが必要である。補強材として間伐材（防腐加工）においての耐久性の問題も考えられ、今後の課題である。



図-4 間伐材二重井桁枠工部材図

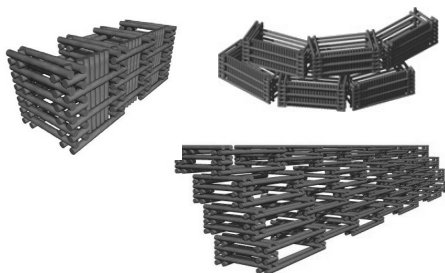


図-5 部材組立例



写真-10 護岸工施工

5. 現在における商品・工法開発の状況

平成23年度国土交通省の建設企業の連携によるフロンティア事業及び和歌山県の新技術開発支援事業に選定され、新商品の開発、試験施工、検証を行っている。

以下、現在開発中の各工法・商品である。

(1) 間伐材二重井桁枠工

従来の木製構造物は、間伐材の支柱どうしを、ボルト、番線などで固定して構造物を組み立てる。

本工法は、間伐材を二重井桁枠状にユニット化した部材（図-4参照）を組み立て立体構造物を造るものである。ユニット部材化することで、形状の自由度が高く強固な立体構造物を早く安く簡単に施工することができる。

二重井桁枠工の特徴として以下があげられる。

①部材の種類を少なくすることができるため、工場での製造過程において、簡単に効率よく製品化することができる。在庫管理も容易である。②ユニット部材を組み立てるので自由自在に施工範囲を広げていくことができる。③立体構造物は支柱によって連結しており全て一体化した構造となる。④二重井桁枠と支柱は固定されず、



写真-11 根固工施工

柔構造となっており、地面の段差、カーブ等に柔軟に対応する。⑤支柱を地面に貫入することによって、滑動、沈下に対して抵抗力が増す。⑥二重井桁構造となっているため、構造物自体強い構造となっている（図-5 部材組立例参照）。

間伐材利用促進に努めることができるのはいうまでもなく、法面や河川の基礎部分、河岸など幅広い現場に対応可能で汎用性が高く、施工の効率性に優れた工法である。

試験施工として、護岸工（写真-10）及び根固工（写真-11）を行った。

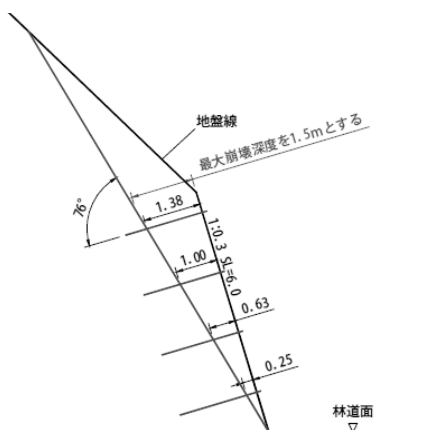


図-6 表層崩壊模式断面

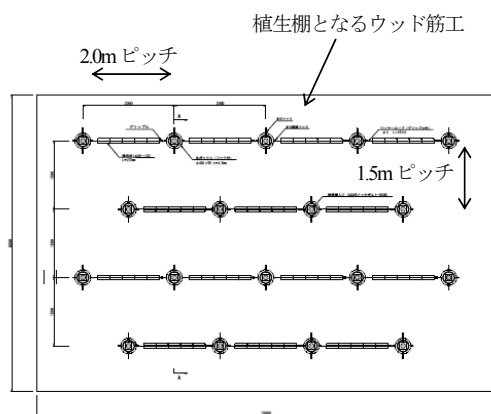


図-7 試験工法構造図（平面図）

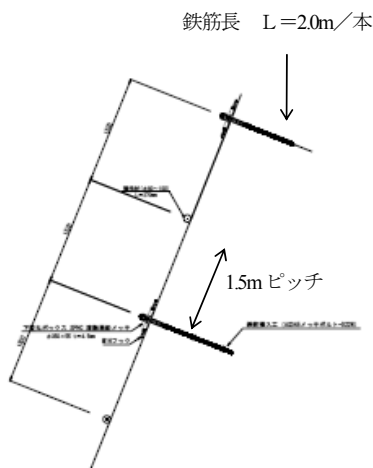


図-8 試験工法構造図（断面図）

施工にあたっては、安定計算により滑動・転倒・支持に対する検討を行い、安定性の照査を行った¹⁾。また、護岸工に関してはCO2削減検証を行い、間伐材を利用したことにより従来のブロック積工、かごマット工と比較し、温室効果ガス削減効果が高いことを立証している²⁾。

(2) ウッド筋工表層崩壊防止強化版

「ウッド筋工」は、法面表面に平らな面を造成し、自然復元に寄与できる工法である。表層の自然復元だけでなく、法面を安定させることも視野に入れ、現在、新技術を開発中である。安定した切土法面だけでなく、崩壊の恐れがあり、法面保護を必要とする箇所にも対応していくことで施工可能範囲を広げ、工法の利用拡大、間伐材利用の拡大に努める。

検討の結果、ウッド筋工に使用しているアンカーボルトを、鉄筋挿入工に置き換え、連結部材に使用している丸ボックスを、大きく、厚い物を使用することとした³⁾。

試験施工にあたっては、施工箇所の周囲の崩壊状況を調査し、アンカー長さを決定した（図-6）。さらに、崩壊対策に切土補強土工法を用いる場合の設計手順ののっとり、すべり力、引止め力、抵抗力を計算し、安定性の検討、設計引張力の決定、補強材のせん断に対する検討を行い、計画安全率を満たすことを確認し⁴⁾、設計した（図-7・図-8参照）。

(3) リサイクル土吹付固化工

現在道路脇などにおいて、公共工事として年2回ほど除草工が行われている。土の吹付工にて固化すれば、モルタル吹付工などのように自然の景観を大きく損なうことなく、草の繁茂を抑えることができる。技術改善として、地元製鉄所排出の高炉スラグを配合し、吹付機によって土を吹付固化する工法を開発、施工を行った。

表-2、写真-12でもわかるように、リサイクル土固化

表-2 コンクリート強度試験結果

採取 月日	試験 月日	材 齢	番号	強度	平均強度
6/15	7/6	21	1	6. 57	6. 69
			2	6. 82	
			3	6. 67	



写真-12 施工後1ヶ月

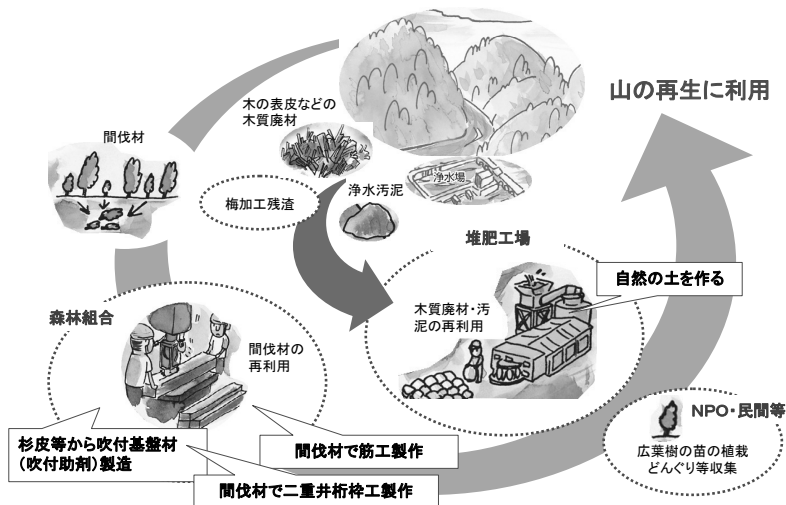


図-9 地域資源循環のための専門家によるネットワーク

吹付工を施工した部分は十分な強度を保ち、かつ防草効果を充分発揮している。

6. 今後の展望

提案している自然復元化工法は間伐材・浄水汚泥・杉皮等自然に存在する廃材を加工・利用するものであり、循環型社会の構築にも寄与するものである。

各工法で使用した間伐材は現在、森林整備において盛んに行われている間伐により多量に排出されるもので、中でも再利用があまりすすめられていない小径木である。

山に放置すれば、二次災害のもとにもなる。この間伐材の他にも有用な廃棄物も地域にはたくさんある。今後、新たな技術開発においても様々な地域資源の有効利用を実践し、地域の活性化に寄与できればと考える。

7. おわりに

山からでたものは有効利用して山へ返す、社会で利用したものは有効利用して自然に返す。専門家によるネットワークを生かし地域にこのような循環の輪ができれば、地域資源利用、自然復元、地域の活性化がますます期待できると考える（図-9参照）。

参考文献

- 1) 株式会社進コンサルタント：安定性の照査（計算書）平成 23 年 7 月
- 2) 霧巻峰夫，林和幸：間伐材等を活用した自然再生を促進する建設資材に関する研究 平成 24 年 3 月
- 3) （財）近畿高エネルギー加工技術研究所：技術報告書 平成 23 年 11 月
- 4) 国土防災技術㈱：ウッド筋工試験施工の法面調査結果及び構造物の安定計算結果 平成 24 年 6 月

(2012. 7. 18 受付)

Nature remediation construction methods using tree thinning materials - A report on developments -

Katsumi KUSUBE

A Large amount of tree thinning materials will be produced in near future, because arrangement of road network through forest and tree thinning are currently operated to promote efficient forestry actively. So utilization of thinning materials is the important issue for forest protection activities. Some nature remediation construction methods which are developed by us and applied the thinning materials as basic structural materials are introduced on this paper. These methods are expected to build up the regional recycle system of forest resources. We proposed some methods, 1) the method to make greening base on slope surface, 2) the sprayed materials for greening base making, 3) the method to stabilize greening base by using sprayed materials and 4) the method to make greening base on surface of parking by using thinning materials. Addition to mentioned methods, we introduce some other methods under development.