

「古紙」で厄介な泥土を良質な改良土に再資源化

泥土リサイクル技術

「ボンドラン」工法



ボンテラン工法とは

ボンファイバー

新聞紙・雑誌・ダンボールなどの古紙を特殊な機械で破砕処理した後、吸収性に優れた形状に加工し、圧縮梱包した製品です。
(90cm 角立方体、250kg/ 個、フィルム圧縮梱包、専用吊り具装備)



① 古紙を破砕プラントに投入



② 破砕処理



③ 圧縮成形



④ 荷姿



⑤ 10t 車 (40 個積) で現場搬入



⑥ 現場投入状況

施工の流れ

泥土にボンファイバーと固化材を添加・混合し、色ムラがなくなるまで攪拌してください。所定期間養生後に敷均し・転圧すれば盛土材として利用できます。



① 攪拌ピットに泥土投入



② ボンファイバー添加・混合



③ 固化材添加・混合



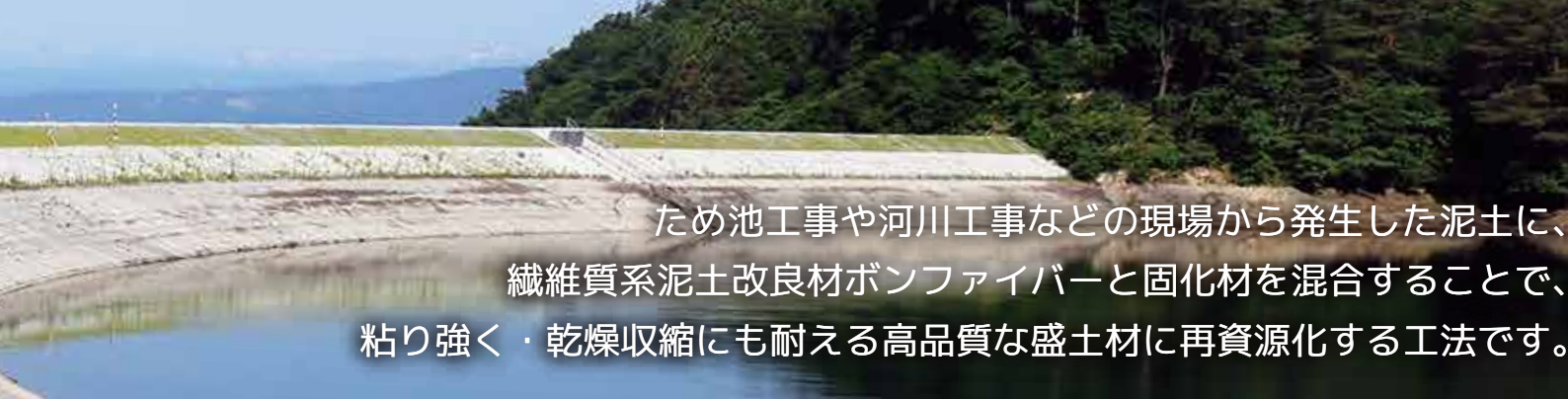
④ 色ムラがなくなるまで攪拌



⑤ 所定期間養生後、敷均し・転圧



⑥ 転圧完了



ため池工事や河川工事などの現場から発生した泥土に、
繊維質系泥土改良材ボンファイバーと固化材を混合することで、
粘り強く・乾燥収縮にも耐える高品質な盛土材に再資源化する工法です。

改良対象土

一般的な土から厄介な泥土まで幅広く対応しております。



ため池泥土



河川・港湾浚渫土



軟弱土



建設汚泥



浄水場・排水機場の発生泥土



土砂災害の発生泥土

再資源化用途

農林、河川、道路、災害関連の様々な泥土を盛土材等に再資源化できます。



ため池堤体



河川堤防



路体盛土



工事用道路



埋戻し



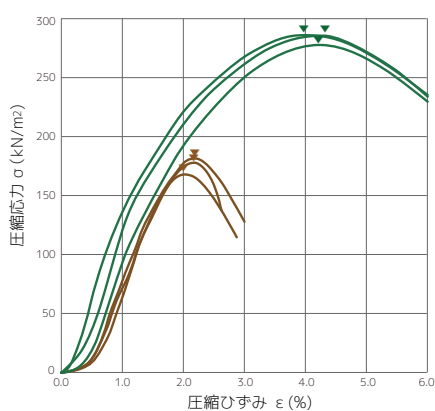
災害復旧

ボンテラン工法の特長

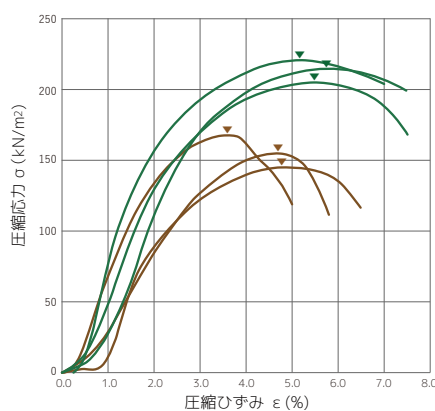
1. 粘り強い



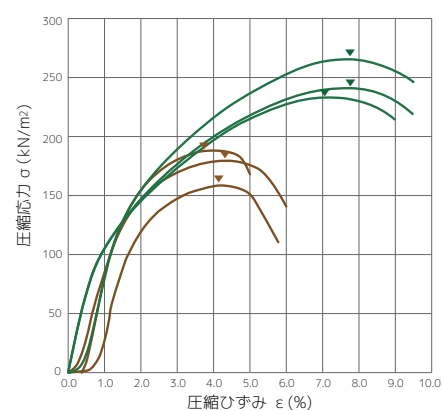
ボンテラン改良土と安定処理土の一軸圧縮試験を実施した結果、ボンテラン改良土の方が圧縮応力と圧縮ひずみの両方が高くなるという傾向が確認されました。したがって、セメントや石灰よりもボンテラン改良土は強度が大幅に向上するだけでなく、変形に対して粘り強く耐え、強度が低下しづらいという特長を有しています。



改良対象土：ため池底泥土 $w=71.6\%$ ：養生 7 日
ボンテラン改良土 BF：25 kg/m³＋セメント：150 kg/m³
安定処理土 セメント：150 kg/m³

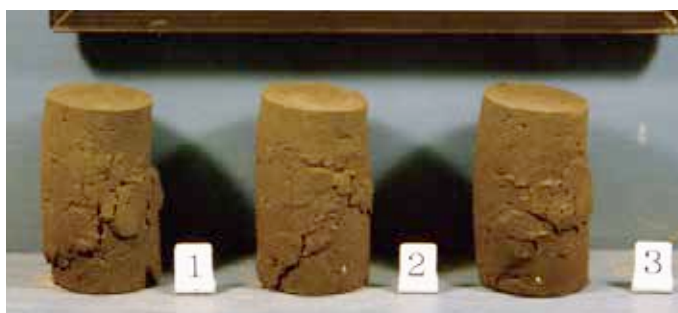


改良対象土：ため池底泥土 $w=46.0\%$ ：養生 7 日
ボンテラン改良土 BF：25 kg/m³＋生石灰：100 kg/m³
安定処理土 生石灰：100 kg/m³

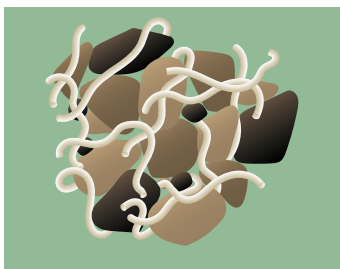


改良対象土：ため池底泥土 $w=50.0\%$ ：養生 7 日
ボンテラン改良土 BF：25 kg/m³＋生石灰：50 kg/m³
安定処理土 生石灰：50 kg/m³

ボンテラン改良土



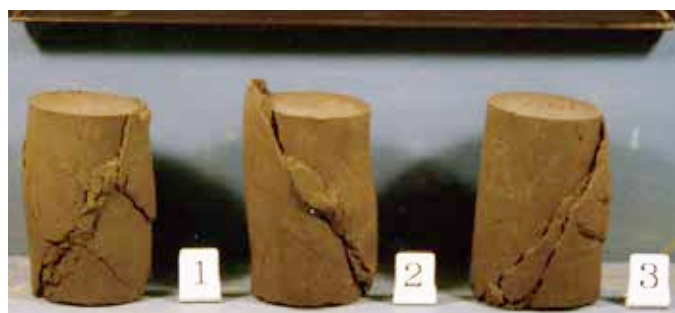
拡大写真



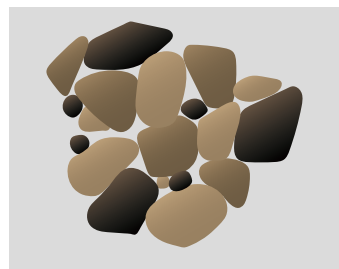
イメージ図

ボンファイバーの繊維を通して応力が分散、供試体が粘り強く変形に耐え、樽型変形している。

安定処理土



拡大写真



イメージ図

圧縮ひずみが小さいため、圧縮応力が急上昇し破壊と同時に急激に低下、その結果明瞭なせん断面が発生。



2. 液状化に強い

液状化有無の判定は繰返し非排水三軸試験で求められ、FL 値 1.0 以下であれば液状化の可能性があるとは判断されます。そこで、液状化に対する抵抗力を検証するため、①未改良土、②安定処理土、③ボンテラン改良土の3種類で繰返し非排水三軸試験を実施しました。その結果、未改良土と安定処理土はFL 値 1.0 以下となり液状化しやすいという結果であったが、ボンテラン改良土は全ての深度でFL 値 1.1 以上となり、液状化に対する抵抗力が強いという特長を有しています。



深度 GL (m)	①未処理土 FL 値	②安定処理土 FL 値	③ボンテラン改良土 FL 値	ボンテラン/安定処理 (倍)
	加水なし	加水あり		
4	0.985	0.983	1.486	1.51
6	0.878	0.866	1.301	1.50
8	0.837	0.819	1.224	1.50
10	0.822	0.800	1.193	1.49



繰返し非排水三軸試験

改良対象土：ため池砂質土 $w=35.8\%$ $p_t=1.690\text{ g/cm}^3$

① 未改良土：加水調整なし

② 安定処理土 $w=60\%$ に加水調整 セメント 50 kg/m^3 養生 7 日

③ ボンテラン改良土： $w=60\%$ に加水調整 BF25 kg/m^3 + セメント 50 kg/m^3 養生 7 日

東日本大震災で被害なし

2002 年 12 月、福島県須賀川市の浜尾遊水地にて、現場に堆積したヘドロをボンテラン工法で改良し、築堤材として再利用しました。2011 年 3 月に発生した東日本大震災の影響で、現地発生土で築堤した既設堤防にはクラックが多数発生し、甚大な被害を受けました。しかし、ボンテラン工法で施工した築堤は、クラックが発生せず被害が無かったことから、ボンテラン改良土は地震に強いことが実証されました。



① 遊水地に堆積したヘドロ



② ボンテラン改良



③ 築堤完成



現地発生土 築堤箇所（クラック多数 被害甚大）



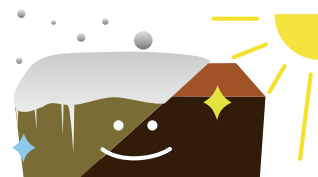
ボンテラン改良土 築堤箇所（クラックなどの被害なし）

ボンテラン工法の特長

3. 乾燥と湿潤に強い

(1) 乾湿繰返し試験

乾燥収縮と水浸膨潤に対する耐久性を検証するため、ボンテラン改良土と安定処理土の乾湿繰返し試験を実施しました。その結果、ボンテラン改良土はサイクル経過後も崩壊せず乾湿に対し高い耐久性を有していることが確認されましたが、安定処理土は早い段階で崩壊しました。



乾湿繰返し 試験方法	供試体	乾湿 1 サイクル	確認項目
	φ5×10 (cm)	40℃炉乾燥 2 日 20℃水浸 1 日の合計 3 日	・各サイクルの乾燥後、水浸後に供試体の状況観察、写真撮影 ・所定サイクル (0,2,6,10) 終了後、一軸圧縮試験 (JIS A 1216)

ため池底泥土 w=60%

ため池底泥土 w=63%

ボンテラン改良土

BF : 25kg/m³ + セメント : 50kg/m³



10サイクル後でも崩壊無し

安定処理土

セメント : 50kg/m³



1サイクルで崩壊

ボンテラン改良土

BF : 25kg/m³ + 生石灰 : 52kg/m³



10サイクル後でも崩壊無し

安定処理土

生石灰 : 52kg/m³



5サイクルで崩壊

(2) 模擬堤防を用いた屋外乾湿繰返し試験

乾湿繰返し試験を実証するため、当社敷地内にボンテラン改良土と安定処理土の模擬堤防を作成し、約 8 ヶ月間屋外に放置し、模擬堤防の形状を定点撮影しました。

その結果、ボンテラン改良土はほとんどクラックが発生せず、実際の乾湿繰返しに対して高い耐久性を有していることが確認されましたが、安定処理土は日数が経過するにつれ無数のクラックが発生しました。

ボンテラン改良土 (w=100% セメント 55kg/m³ ボンファイバー 25kg/m³)



安定処理土 (w=100% セメント 55kg/m³)

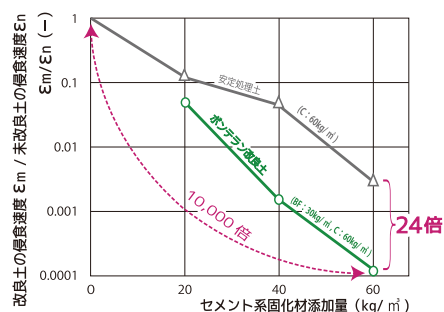




4. 侵食に強い



水中噴流試験装置を用いて、ボンテラン改良土と安定処理土の降雨に対する侵食性を比較した結果、ボンテラン改良土は安定処理土の約 24 倍の耐侵食性を有することが確認されました。したがって、ボンテラン改良土は降雨に対するガリ侵食や土砂流出に強い盛土法面を形成することができます。



ボンテラン改良土と安定処理土の侵食速度の比較

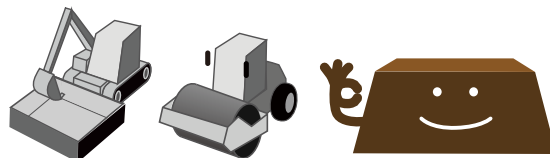


ボンテラン改良土 ガリ侵食なし



安定処理土 ガリ侵食多数

5. 施工が簡単



ボンテラン工法は専用の施工機械やオペレーターは必要なく、ボンファイバーと固化材を混合するためのピット、普通バックホウ、ドライブミキシング等の攪拌アタッチメントがあれば簡単に施工することができます。大型重機が入れない狭い場所や原位置攪拌等、現場条件に合わせ施工できます。



攪拌ピット



普通バックホウ



ドライブミキシング



原位置攪拌、材料配置状況



原位置攪拌状況



原位置攪拌状況

施工事例 1 ため池改修工事

本現場は、老朽化による漏水を改修する工事です。

クラック発生による耐久性への懸念や、近隣土取場に良質土がなく、現地の底泥土や堤体掘削土を再利用することが求められておりました。

そこで、ボンテラン改良土によるクラックの抑制および乾湿繰返し・凍結融解による崩壊抑制と現地採取土の再資源化が評価され、現地の底泥土と堤体掘削土を本工法で改良し、堤体材料（刃金土）に再資源化しました。



① 着工前サンプリング状況



② 既設堤体段切り状況



③ 改良状況



④ 転圧状況



⑤ 完成



⑥ 完成（1年半後）

施工事例 2 ため池改修工事

本現場は、ため池に堆積した底泥土の除去と既設堤体の改修工事です。

道路が狭く施工機械および良質土の搬入が困難なため、現地採取土を活用する必要がありました。安定処理土でのクラック発生への懸念、刃金土に覆土しない（ランダムなし）設計のため、乾燥・水浸による崩壊の恐れがない改良土が求められておりました。

これらの諸問題はボンテラン工法により解決できるため、底泥土と堤体掘削土を改良し、堤体材料（刃金土）に再資源化しました。



① 底泥土の堆積状況



② 既設堤体段切り状況



③ 改良状況



④ 運搬状況



⑤ 転圧状況



⑥ 完成

施工事例 3 地盤改良工事

本現場は、堤防強化を目的とした工事です。3種類の軟弱地盤対策工法から発生する建設汚泥をボンテラン工法によって改良し、橋台背面部の路体盛土として再資源化しました。

当初、建設汚泥は最寄りの中間処理施設に処理委託する予定でしたが、本工法により処理費と運搬費のコスト削減を果たしました。



① SMW 排泥土発生



② ボンファイバー投入



③ 改良状況



④ 養生後、再利用場所に運搬



⑤ 改良土敷均し・締固め



⑥ 完成

施工事例 4 ほ場整備工事

本現場は、休耕田の軟弱土を路体盛土に再利用する工事です。

セメントを多く添加しても強度が出ないうえに、六価クロムが溶出してしまい再利用できませんでした。

しかし、ボンテラン工法により配合試験を実施したところ品質目標をクリアする改良土となったため、良質土を購入することなくコスト削減されました。



① 休耕田工事着手前



② 休耕田ばっ気後



③ 休耕田ぬかるみ状況



④ ボンファイバー配置状況



⑤ 原位置攪拌状況



⑥ 完成

施工事例 5 河川堤体工事

本現場は、台風の豪雨の影響により堤防が決壊した河川改修工事です。

堤防拡幅に伴う築堤箇所は軟弱地盤であったため、CDM 工法による地盤改良から排出される泥土は、現場から 30km 離れた残土受入れ施設に残土処分する計画でした。

そこで、ボンテラン工法により排出泥土を河川堤防の腹付け・嵩上げ盛土として再資源化され、運搬時の騒音・振動問題・交通渋滞が無くなり、さらに大幅なコストが削減されました。



① 現場全景



② CDM 泥土排出状況



③ 改良状況



④ 改良土敷均し



⑤ 改良土締固め



⑥ 完成

施工事例 6 河川浚渫工事

本現場は、河道断面を確保するための掘削工事です。

護岸に寄せた土運船の中で掘削土砂を改良し、即時運搬性を活かし改良直後にダンプトラックで運搬し、高規格堤防の盛土材として再資源化されました。

その結果、掘削土砂の残土処分と比較して大幅なコストが削減されました。



① 現場全景



② 掘削状況



③ 土運船にて運搬



④ 改良状況



⑤ 再利用場所全景



⑥ 敷均し・転圧状況

施工事例 7 災害復旧工事

本現場は、地すべりで発生した泥土を盛土材に再利用する工事です。

国交省は地すべりで発生した軟弱土と、多くの重機が昼夜天候に関係なく稼働した結果、ヘドロ化した土砂の対応に苦慮していました。

ヘドロの再利用と、再泥化防止を目的として採用され、資材運搬路や国道の迂回路、仮橋の橋台盛土に再利用しました。



① 地すべり被災状況



② 改良箇所



③ ボンファイバー混合状況



④ 橋台部ボンテラン改良土転圧状況



⑤ 橋台部完了



⑥ 仮橋完成

施工事例 8 災害復旧工事

本現場は、林道路肩が崩落した際に発生した崩落土を補強土壁の背面土に再利用した工事です。

当初は、崩落土の処分及び補強土壁背面土としての新材購入を計画していましたが、改良による要求品質確保を実現し採用にいたりました。

採用に当たっては、発注者よりボンテラン改良土の品質・経済性・施工性・環境対策について他工法と比較した場合の優位性を高く評価されました。



① 着工前全景（路肩部崩落）



② 崩落土（バックホウ走行不可）



③ 改良状況



④ 改良土敷均し



⑤ 改良土締め



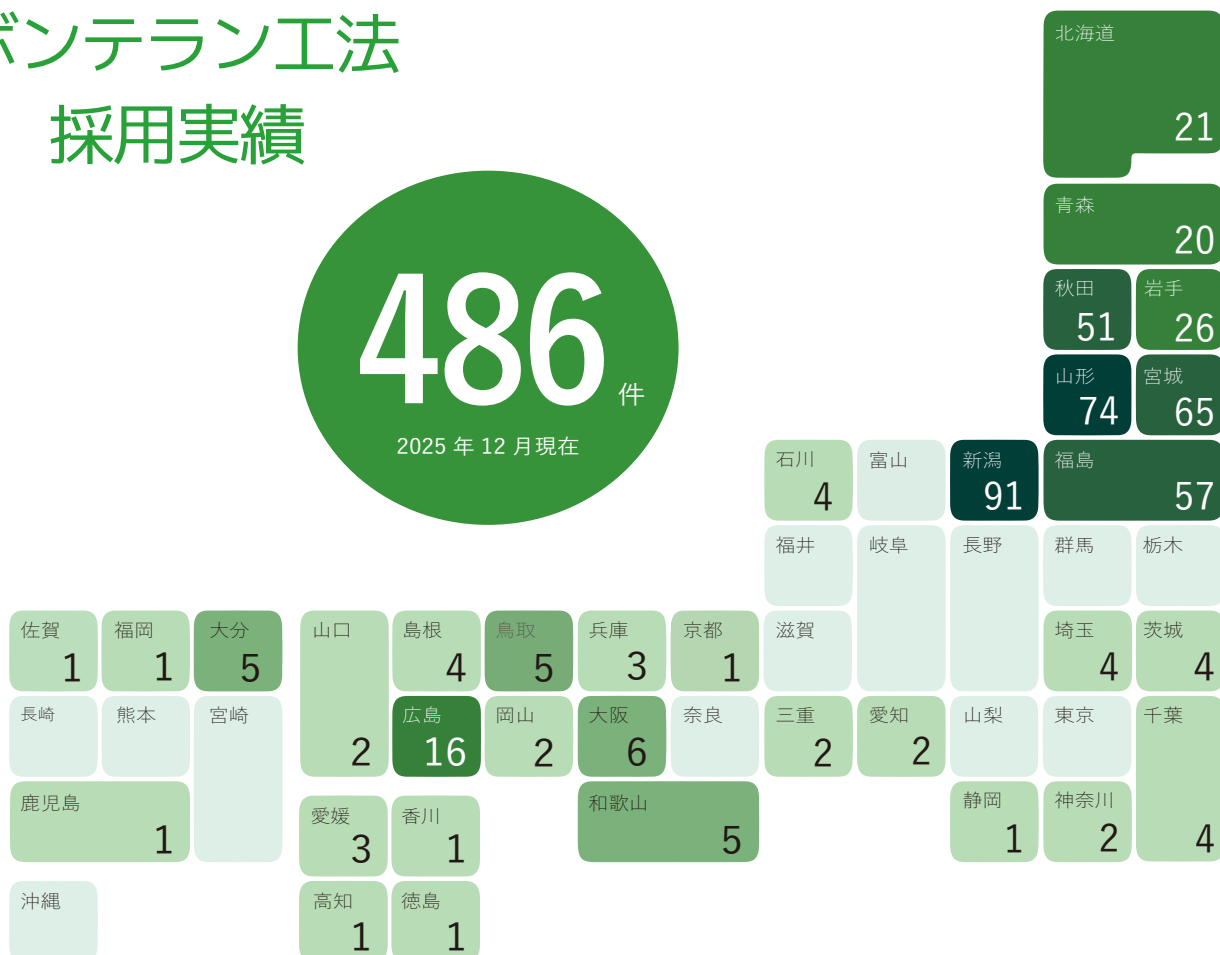
⑥ 改良土再利用状況全景

ボンテラン工法 採用実績

486

件

2025 年 12 月現在



配合試験サービス

ボンテラン工法で施工する際は事前に弊社での室内配合試験が必須となります。弊社では土質試験室を完備しており、お客様が求める要求品質にお応えするため、数種類の固化材で比較し一番安価な配合をご提案しております。

弊社まで現地採取土をお送りいただければ無償で配合試験を実施いたします。お気軽にご相談ください。



一軸圧縮試験



コーン指数試験



変水位透水試験

ボンテラン工法施工上の注意点

- ボンテラン改良を行う際は、ボンファイバーおよび固化材の色むらがなくなるまで攪拌してください。
- 均一に混合するため、鋼製水槽やピット内での使用を推奨いたします。
- 改良土量が多い場合や混合が困難な場合はドライブミキシング等の攪拌アタッチメントによる改良を推奨いたします。
- ボンファイバーの添加にあたっては、粉塵が発生するため取扱時には防塵ネット等で周囲への飛散に留意してください。
- ボンファイバーを屋外で保管する場合は、直接地面に接しないようパレット、角材等で嵩上げし、ブルーシート等で雨水の浸入を防ぐよう保管してください。また、ボンファイバーの積み重ねは、荷崩れが発生しないように２段までとしてください。



株式会社 森環境技術研究所

〒996-0071 山形県新庄市小田島町 7-36

TEL : 0233-22-0832

FAX : 0233-22-0932

mail : bt@mori-kankyo.co.jp

web : <https://mori-kankyo.co.jp>

