

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03958

研究課題名(和文) 多様な在来種が生育する草地植生は河川堤防法面に創出可能か？

研究課題名(英文) Are species-rich grassland vegetation restorable in riverdike?

研究代表者

山田 晋 (YAMADA, Susumu)

東京農業大学・農学部・准教授

研究者番号：30450282

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：維持管理予算の縮減に伴い、河川堤防では従来の植生管理の維持が困難になっているが、新たな管理手法は十分に開発されていない。本研究では、堤防植生に求められるチガヤを用いた迅速な緑化と、半自然草地を構成する在来植物種の維持・創出の可能性を検討し、リモートセンシングを用いて、主な植生タイプの堤防上の分布を広域かつ面的に把握した。現地植生調査の結果から、春季および夏季の双方の優占種に基づく堤防の分類が、堤防の治水機能や生物多様性保全機能の高低も反映でき、管理上有益な区分となることが分かった。リモートセンシング調査の結果から、そうした植生区分を、UAVや衛星画像などの技術・解析を用いて分類可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

緑化を実施する当事者が自ら地域性系統種苗を調達し、その資材に適した緑化を大規模に実施できる合理的緑化手法は、国内外ではほとんど例がない。このような研究は国内(斜面緑化・農地脇草地緑化)国外(道路脇草地緑化)で強く求められる技術であり、波及効果は極めて大きい。

研究成果の概要(英文)：Improving cost efficiency is important in managing riverdikes. This study tried to develop quick revegetation strategies by plantation of native species *Imperata cylindrica*, introduction of freshly-mown plant material in a species-rich grassland, and large-scale estimation on the distribution of major vegetation types using remote sensing. Field investigations reveal that vegetation types classified by the combination of dominant species in spring and summer were associated with values in flood tolerance (root density and vegetation height), and floristic species-richness. The revegetation using *I. cylindrica*, and the introduction of freshly-mown plant materials were successful. Studies using UAV and satellite images are successful in classifying several vegetation types in dikes, suggesting the improvement of cost efficiency for promising successful revegetation sites, and the estimation of species-rich grasslands, which provides mown plant materials available for the revegetation.

研究分野：生態緑化

キーワード：レストレーション リモートセンシング 土壌化学性 刈り取り残渣 チガヤ UAV LiDAR セイバン  
モロコシ 種間競争

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

東日本大震災以降も続く国土強靱化施策のもと、河川堤防の築堤事業が盛んである。堤防の植生に求められる機能は第一に治水機能である。築堤に際しては、根量が多く耐侵食能が高い、また草丈が低く巡視時の視認性も高いシバが導入され、それが定期的な刈り取りによって維持されてきた。一方、古く築堤された堤防には植物種多様性に富む草地（半自然草地）も存在する。堤防植生では、上述のような治水機能（耐侵食能と視認性）の優れた草種が求められてきたが、近年では生物多様性保全への配慮も重要な考慮事項となった。維持管理予算の縮減に伴い、河川堤防では従来の植生管理を維持することが困難となっている。このため、中茎在来草本のチガヤが、治水機能、群落内の植物種多様性とも高く、省管理時代における目標植生の一つとされるなど、省力的管理下でも実行可能な植生管理について、検討がなされている。しかしながら、新たな価値観と労力の制約に基づく適切な堤防管理手法が十分に明らかになっていない。

一方、現実の緑化事業に用いられる種は、施工地における植物種の遺伝的かく乱を防止するため、近隣に生育する個体や種子（地域性系統種苗）を用いる必要がある。地域性系統種苗は商業的に流通していないため、河川堤防のように大規模な緑化に広く利用できるような植生復元材料を安価に得ることは極めて困難となっている。

### 2. 研究の目的

裸地の形成を抑えながら緑化を行う必要があるという堤防草地特有の技術的課題と、地域性系統種苗の収集の困難さという2つの問題を解決するため、チガヤを用いた迅速な緑化と、半自然草地の刈り取り管理で発生する結実種子を含む刈り取り残渣の利用を組み合わせ、半自然草地を構成する在来植物種の維持・創出の可能性を検討した。さらに、リモートセンシングを用いた植生解析を行い、上記の残渣を得られる堤防の位置を広域かつ面的に把握することで、生態緑化を大規模に実施する際に制約となる地域性種苗の取得の問題を一体的に解決する。以上2つのアプローチから、多様な植物を創出するための生態緑化技術を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

利根川・荒川の中流域において3サブテーマを設定し、生態緑化試験、現地植生調査、リモートセンシング植生解析を行った。(1)生態緑化試験：河川堤防で緑化試験を実施し、チガヤによる迅速な緑化と結実種子を含む刈り取り残渣の利用を組み合わせ、多様な在来種群落へ誘導可能な緑化手法を開発した。(2)現地植生調査：利根川・荒川の河川堤防を現地調査し、半自然草地の分布に影響を及ぼす環境属性を解明した。(3)リモートセンシングを用いた植生解析では、地上リモートセンシングおよび衛星リモートセンシングにより、堤防植生の自動分類手法の確立を目指し、草本植生の草高の推定、スペクトル画像による草種の推定の可能性を検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 堤防の現存植生に関する研究

春季および夏季における植生に基づく堤防の分類（山田ら、未発表データ）

これまで堤防に成立する植生タイプについてはいくつかの整理がなされてきた。たとえば、堤防に成立する植生は、春季と夏季で大きく変化することが分かっている。時期によって異なる植生を加味して、植生から判断される堤防の機能面の評価を行う必要がある。しかし、これまで、春季と夏季の植生の対応状況は必ずしも明らかになっていない。そこで、荒川堤防の埼玉県上尾市において既に取得されていたデータを解析し、春季と夏季の堤防植生の対応状況を整理した。

結果、春季の堤防では、ネズミムギが優占する箇所が広範囲に分布し、チガヤやアズマネザサが優占する箇所も散在した。一方、同所は、夏季にはつる植物、セイバンモロコシ、夏型一年草、セイトカアワダチソウ、チガヤ、アズマネザサが優占する植生が存在していた。春季と夏季の植生の対応状況を整理したところ、春型のネズミムギ優占タイプは、夏型の複数の植生タイプ、すなわち、つる植物優占タイプ、セイバンモロコシ優占タイプ、夏型一年草優占タイプに主として対応していた。一方、春季のアズマネザサ優占タイプは夏季にもアズマネザサが優占した。夏季にチガヤとセイトカアワダチソウがそれぞれ優占した箇所は、春季にはネズミムギ優占タイプであることもそうでないこともあった。夏季にチガヤが優占し春季にネズミムギが優占しない場合、およびアズマネザサが優占する場合には、在来種の種多様性が明らかに高かった。

以上から、春季と秋季の優占種による植生区分を行い、チガヤ/ネズミムギ優占、チガヤ/ネズミムギ非優占、セイトカアワダチソウ/ネズミムギ優占、セイトカアワダチソウ/ネズミムギ非優占、つる/ネズミムギ優占、セイバンモロコシ/ネズミムギ優占、夏一年草/ネズミムギ優占、アズマネザサ/ネズミムギ非優占という優占種の組み合わせが、河川堤防には存在した。

各植生区分は、治水機能および生物多様性の尺度から、有する機能の高さが異なると考えられる。たとえば、一年草のネズミムギや夏季一年草は、地下部を含む植物体が毎年枯死し、堤防表土の強度を低下させるため、管理上の機能が低い。また、高茎のセイトカアワダチソウやセイバンモロコシは、中茎のチガヤと比較して、植物体の重量が大きく、除草後の残渣処理費が高くなる。今回区分できた植生区分ごとに、以上のような指標を具体的に算出することは、今後の堤防管理上有効と考えられる。

河川堤防の造成履歴と植生の関係（Koyanagi et al., 2019; 山田ら, 2017）

利根川中流域の千葉県柏市および茨城県取手市の河川堤防において植生調査と土壌科学性分

析を実施した。その結果、河川堤防に成立する草地植生は3つに分類された(G1-G3)。G1はG2、G3より在来種数が多く、多くの草原性植物が生育した。G1はG2、G3よりも旧堤防が有意に多く存在し、土壌pHと有効態リン酸の値が有意に低かった。他2グループのうち、G2は在来種が優占したのに対し、G3は外来種の優占に特徴づけられた。

種多様性が高く多様な草原性植物が生育する群落は、1950年代以降堤防改修の履歴がなく、土壌pHや有効態リン酸の値が低い貧栄養な土壌条件下に成立していること、逆に、セイタカアワダチソウやアカツメクサなどの外来植物が優占する種多様性の低い群落は、1950年代以降堤防の改修が行われた場所で多く確認され、土壌pHや有効態リン酸の値が高い富栄養な土壌条件下に成立していた。

河川堤防における種多様性の高い草地植生の回復に向けた土壌微生物相の評価(小柳ら, 2019; 安井ら, 2020)

改修履歴の異なる河川堤防における土壌微生物(アーバスキュラー菌根菌:AMF)の差異を把握することで、堤防の改修に伴う土壌攪乱が土壌中の微生物相に与えた影響を明らかにした。土壌微生物相と地上植生との対応関係を評価することで、河川堤防においても土壌微生物相の多様性の回復が植物種多様性の回復の鍵となりうるのかを検証した。堤防改修履歴が異なる調査地点ごとに土壌コアを採取し、土壌中に含まれる根系からAMFのDNAデータを抽出することで、地上植生の種組成と土壌中のAMF群集組成の対応関係を検証した。また、地上植生の多様性が異なる調査地点10地点から植物種ごとに根を採集し、植物の種内および種間でのAMF群集組成の違いを検証した。

改修履歴の有無によってAMF群集は明確に異なり、草原性植物の種多様性が高い地点のみ他の植生タイプとは異なるAMF群集が成立していることが分かった。AMFのOTU数や多様度指数は、地上植生の多様性が高い地点ほど高く、AMFの群集組成も地上植生の多様性に依りて有意に異なっていた。在来種と外来種の間でAMFの群集組成に有意差が確認されたが、こうした種間の差異は地点(環境)の差を反映していると考えられた。植物種内でのAMF群集の差異を、在来種4種(チガヤ、ヨモギ、スズメノヤリ、ワレモコウ)に着目して比較した結果、チガヤとヨモギでAMFの群集組成に地点間で有意差が確認され、在来種の中には、地上植生の多様性に依りてAMF群集組成が異なる種が存在すると考えられた。現在、限られた地点でのみ維持されている地上植生の多様性が高い地点については、植物のみならずAMFについても多様性の低い地点へのソース集団として機能すると考えられ、優先的な保全が求められる。

## (2) 生態緑化試験

(1)により、河川堤防には植物種多様性の高い草地環境が局所的に存在することが明らかになった。しかしながら、築堤後に成立する植生においてそうした植生が速やかに復元される可能性は極めて低い。なぜなら、在来の草原性植物は種子の生産量が少なく、加えて種子の寿命が少なく土中に永続的な埋土種子を形成しにくいからである。築堤後の緑化事業で、堤防に在来種多様性の高い植生を創出するためには、在来種多様性の高い箇所から緑化施工地に積極的に植物種を導入する必要がある。また、そうした植生で優占種となり、堤防の耐侵食能も高めるチガヤは、多くの在来種の結実時期とは異なる初夏に結実するため、別途、導入を図る必要がある。そこで、優占種と群落構成種それぞれについて、積極的な緑化導入に関する試験を実施した。

刈り取り残渣を用いた草原植生復元可能性の検討(山田・根本, 2020)

草原植生では、多量の結実種子を含む刈り取り残渣が、特にヨーロッパを中心に、植生復元の有効な資材として活用・実用化されている。しかしながら、日本においては、同手法の適応事例はほとんど報告されていない。刈り取り残渣を用いた植生復元手法の実用性を検証するため、2015年秋季に堤防植生調査を実施していた柏市の利根川河川堤防から4m<sup>2</sup>×24地点=96m<sup>2</sup>の範囲の刈り取り残渣を収集し、圃場において撒き出しを行った。「いつ、どのような厚さで残渣を敷設すべきか」を解明するため、秋季(11月)、春季(3月)、夏季(7月)の異なる敷設時期に、500g/m<sup>2</sup>および250g/m<sup>2</sup>の乾燥重量の2つの異なる厚さで刈り取り残渣を敷設した。250g/m<sup>2</sup>を7月に敷設した処理区を除けばいずれの処理区でも敷設を実施した当年から復元目標種が生育しはじめ、敷設した翌年の秋季には復元目標種が優占する群落が形成された。また、刈り取り残渣中に開花・結実していた種以外の復元目標種も、植生復元地に導入できた。半自然草地構成種が多数生育し、優占種ともなる草地を復元する手法として、刈り取り残渣を用いることの有効性を示した。250g/m<sup>2</sup>と比べ500g/m<sup>2</sup>敷設厚は、復元目標種以外の雑草種の発芽生育を抑制し、復元目標種の種数は、7月薄敷区以外では減らなかったことから、500g/m<sup>2</sup>は、植生復元に際して良好な効果をもたらす敷設厚と考えられる。敷設時期の影響は、一部の種を除いて不明瞭だった。また、3年という期間では、採種地のようなイネ科優占群落は形成されなかった。試験地では現在のところ、ネコハギやスギナの被度が高いが、これらの種はススキよりも低茎の種であり、今後ススキ個体が大型化すれば、ススキに被覆され減少する可能性もある。

チガヤ苗の確実性の高い導入方法の検討(Yamada & Nemoto, 2020)

近年、緑化事業では、緑化植物として在来種を用いることが望まれるようになってきている。チガヤは日本の草地植生における代表的優占種であり、緑化利用が有望視されている。チガヤは生育初期の成長が緩慢であり、播種よりも苗植栽による導入が適する。ただし苗を用いたとしても、

その定着は雑草との競合の程度によって左右される。チガヤの生育を促すため、導入直後に抜き取り除草が実施されることもあるが、その適切な頻度は明らかになっていない。そこで、雑草発生量が異なる 2 つの土壌において、除草頻度とチガヤ植栽後の定着状況の関係を把握することで、雑草発生状況と適切な除草頻度との関係に関する知見を得ることを研究目的とした。

試験は埼玉県上尾市の荒川堤防法面で実施した。試験は堤防拡幅に伴って新設された法面で実施した。ともに築堤用に用いられる予定の 2 種類の土壌 (A, B) を 5m × 5m のプロットに横並びに交互に 4 か所ずつ 10cm の厚さで 2016 年 12 月に敷設した。2017 年 3 月に 16 個体/m<sup>2</sup> の密度でチガヤ苗を植栽した。各プロット中の 1m × 3m の範囲に 1m × 1m のサブプロットを 3 つ連続で設置した。サブプロットではランダムに、5 月に雑草採取 (1 回採取区)、5 月と 7 月に雑草採取 (2 回採取区)、雑草採取なし (対照区) を配置した。採取除草は、外来種のみを対象とした。いずれの処理区でも 9 月に地上植生を地上 5cm で刈り取り、対照区ではさらに 5 月にも刈り取りを実施した。以上の管理を 2017 年 (1 年目) と 2018 年 (2 年目) に実施した。

土壌 A, B とも、土壌中の窒素含量とリン含量は低かった。一方、雑草発生量は両土壌で大きく異なった。土壌 B では、根茎由来のセイバンモロコシが速やかに成長し、2 回採取区でも採取が追いつかなかった。種子由来のセイバンモロコシの個体は土壌 A, B とも確認され、両土壌において、種子由来の出芽個体の初期成育速度に有意な差異は確認されなかった。チガヤの定着状況は土壌間で大きく異なった。土壌 A においては、2 回採取区において 2 年目にチガヤの優占する植生が形成されはじめ、1 回採取区でも、ややチガヤ被度が低いもののチガヤは第一優占種となった。土壌 B においては、チガヤは 2 回採取区以外では 2 年目に姿を消し、いずれの処理区でも外来種のセイバンモロコシが第一優占種となった。栄養繁殖体由来の個体を完全に抜き取れず、旺盛に生育するセイバンモロコシにチガヤが被陰されたために、両土壌におけるチガヤの定着状況に差異が生じたと考えられた。本研究に用いたような比較的貧栄養の土壌であれば、シードレインに由来するセイバンモロコシの侵入は、年に 2 回、2 年間の採取により、チガヤ苗の定着に支障のない程度に制御できる。セイバンモロコシの栄養繁殖体が土壌中に存在する場合、本研究で設定した程度の管理では同種の増加を抑制することが難しく、より高頻度の採取を長期間実施したり、根茎の採取を複数回実施するなど、より強度の管理を検討する必要がある。

貧栄養土壌におけるススキ群落の早期再生に向けたススキと群落従属種の初期生育の解明 (山田ら, 2019)

優占種が裸地をどのように被覆し、光環境がどう変化するか、それに対し従属種はどのように応答するかを理解することは、緑化施工上重要事項である。施肥は優占種の生育を促進する一方、同時に従属種との共存を困難とするかもしれない。そこで、緑化施工直後を想定し、無施肥と施肥の条件下におけるススキ苗を育成し、混植試験を 1 か年実施した。ススキ苗の生育が施肥および無施肥の土壌においてどの程度異なるのか、ならびに、無施肥下と施肥下のススキの生育の差異が及ぼす群落内の光環境の時系列変化と、それが従属種の生育に及ぼす影響を確認することを目的とした。供試植物として、ススキ型半自然草地に生育するノコンギクとミツバツチグリを用いた。前者は直立茎を持つ中茎種であり、後者は匍匐茎を持つ低茎種である。ポットを用いた混植試験を実施し、供試植物の周囲に六角形上にススキ植栽ポットを密度 34 本/m<sup>2</sup> 相当として配置した。ススキは、施肥した土壌、施肥しない土壌の 2 つの処理区を設けた。

緩効性肥料の施用により、ススキの生育量は 4 倍に増加し、地上部の相対光量子束密度は実験開始 1 か半月以降は 20% 以下まで低下した。一方、貧栄養黒ボク土にススキ苗を無施肥植栽した場合、単年ではススキ株が群落を覆うまでに成長しなかった。しかし、施肥の有無によるススキの生育量の差は、両従属種の生育に明瞭な変化をもたらした。低茎のミツバツチグリは、ススキ施肥区における乾燥重量が対照区と比較して有意に小さかった。一方ノコンギクは、ススキ施肥区ではススキ無施肥区と比較して有意に草高を高め、地上部・地下部重量に両処理区で有意な差が認められなかった。雑草は植栽後 1 ヶ月除草すれば制御できるため、ススキ苗のみへの施肥は、緑化施工地における従属種との共存に寄与する可能性がある。

### (3) リモートセンシング植生解析

(1) の小課題より、堤防に成立する植生は、その植生タイプに応じて、種多様性、群落高、群落バイオマス、地下部の根張りなどが異なることが示唆された。堤防にどのような植生が成立しているかを把握しておくことは河川管理上、重要である。現状では、植生の把握は目視によって多大な人的労力を投入して実施されている。本研究では、植生把握の省力化を目指し、近年技術発展の目覚ましい UAV などの技術を河川堤防植生の自動判読への適用可能性について把握することを目的とした。

利根川中流域の千葉県柏市において、植生管理の指標となる草本群落 (チガヤ優占群落、セイタカアワダチソウ優占群落、セイバンモロコシ優占群落) を対象とした広域的な植生分類・地図化手法を構築することを目的として、以下について実施した。

UAV LiDAR と撮影画像を用いた植生の三次元構造解明による堤防植生タイプ分類 (Miura et al., 2019; 2020)

堤防に成立する植生タイプにより、季節に応じた群落高の変遷パターンが異なることを利用し

て、群落高の自動測定の可能性の検討を行った。UAV LiDAR および撮影画像を用いた、河川堤防法面の植生を対象とした撮影方法の確立、三次元構造の解明と植生タイプの分類を行った。

2017年8月と10月(草刈り後)に UAV LiDAR 計測と GNSS 測量,9月に UAV 画像計測(RGB とレッドエッジ)を行った。2018年4月~8月に経時的な植生の UAV 撮影(RGB)と GCP 測量を行った。2018年11月に UAV データの位置精度検証のための UAV 撮影(RGB)と GCP 測量を行った。2019年7月に UAV 撮影(RGB と 4 眼マルチスペクトル)を行った。

UAV LiDAR を用いた草本植物の三次元構造の解析は極めて有効と分かった。一方で、波形型レーザでも複数リターンを記録することはほとんどできないこと、植生の繁茂時期は地盤データがほとんど取得できないことが判明した。

二時期の UAV LiDAR データを用いて堤防法面の植生高マップを高さ精度約 5cm で作成できた。植生の高さは堤防の場所により大きく異なることが分かった。UAV LiDAR データから算出の高さは過小評価される傾向があったが、これは、地上にある草刈り後の残渣の影響と考えられた。UAV LiDAR から算出の草丈と同時期に行った植生調査データで検証を行ったところ、両者の相関は高いものの絶対値の誤差は大きく、この誤差は LiDAR、現地調査の双方由来であると考えられた。

UAV LiDAR データを用いて開発した指標を計算すると、50-100 cm と 100 cm 以上の層では、草本植物の三次元構造の推定が可能と分かった。50 cm 以下の層では、直上の層(50-100 cm)に倒伏したチガヤや広葉草本が多くあると過小評価されると分かったが、過小評価される箇所は指標を用いて容易に抽出できることも分かった。

上述の 50 cm 以下の層で過小評価される特徴を利用し、その場の植生がイネ科の草本であるか、広葉草本または倒伏したイネ科の草本であるか、高い確率で植生タイプを判別できることが分かった。UAV 画像計測から、SfM-MVS 技術により作成される三次元情報も草本植物の解析に有効であると分かった。

UAV 画像計測のデータの位置精度向上には、GCP (Ground control point) の数だけでなく、配置が重要であることが分かった。

群落反射特性を利用した堤防植生分類(横田ら、未発表)

群落構成の異なる河川堤防 15 地点において、ハイパースペクトルカメラ(測定波長域: 350nm ~ 1100nm, 波長分解能: 5nm, データ深度: 10bit, 画像解像度: 131 万画素)を用いて反射スペクトルの計測を行い、植生分類のための基礎情報を取得した。セイバンモロコシ優占群落は他の群落に比べて反射率が低いことから分類が可能である一方で、チガヤ・セイトカアワダチソウの混在する群落の分類においては、セイトカアワダチソウの葉部の 750-800nm の反射率の方が高い一方で、斜め観測された茎・葉柄部の低反射率の影響を受け、植生の倒れ込みの影響を除外した分類が必要と考えられた。

1km 程度内の河川堤防を対象としたドローン画像(RGB, 分解能: 約 1cm)をもとに、RGB 値および VARI (可視光植生指数)を用いてセグメンテーションを行い、セグメントを単位として、堤防上の植生および土地被覆を分類した。この分類においては、RGB 値のみよりもドローンレーザ測量による植生高さ情報を付加することにより、地表付近と植生部のセグメントの区分の精度が向上した。

#### (4) 総合考察

堤防における現地植生調査の結果から、春季および夏季の双方の成立植生(優占種)に基づく堤防の分類は、堤防の治水機能や生物多様性保全機能の高低も反映できる、堤防管理上有益な区分となることが分かった。また、リモートセンシング調査の結果から、そうした植生区分を、少なくとも一部は、UAV や衛星画像などのリモートセンシング技術・解析を用いて分類可能であることが明らかとなった。ただし、生態緑化資材の重要な供給源となる在来種多様性の高い立地に関しては、現状ではチガヤ優占群落から在来植物種様態の高い箇所を抽出するに至らず、現状では自動抽出が困難である。今後は、光学特性によるリモートセンシング植生分類精度を高めるなどの検討を進め、より分類可能な植生タイプの数を増やしていく必要がある。

一方、築堤の伴う緑化で在来植物を導入するためには適切な導入時期や植栽密度、除草時期を検討することが極めて重要であることが分かった。堤防の現存植生は、堤体の土壌化学性との対応関係が認められたが、上記の生態緑化結果は、土壌特性のみならず、どのような種の種子や栄養繁殖体がどのようなタイミングで築堤直後の裸地に定着したことも重要であることを示唆する。今回実施した圃場レベルの生態緑化手法を実際の堤防で実用化するには、刈り取り残渣の利用とチガヤ苗の利用をセットで実施することが必要となり、その際には、土壌が貧栄養(低い土壌リン量かつ低い pH) の箇所でも実施するとともに、緑化を実施しようとする土壌における侵略的外来種の栄養繁殖体が存在していないことに配慮する必要がある。しかしながら、実際の堤防における緑化では、このような条件を配慮することができない箇所が多い。環境条件に制約のある場合における次善の緑化手法の開発も、今後検討する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamada Susumu, Nemoto Masayuki	4. 巻 16
2. 論文標題 Effects of weed abundance and frequency of hand weeding on the establishment of transplanted <i>Imperata cylindrica</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Landscape and Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/s11355-019-00398-3">https://doi.org/10.1007/s11355-019-00398-3</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山田晋・根本正之	4. 巻 83
2. 論文標題 半自然草地の秋季刈り取り残渣の敷設時期と敷設厚が敷設地の群落種組成に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ランドスケープ研究	6. 最初と最後の頁 731-736
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山田晋・白土晃一・根本正之・大黒俊哉	4. 巻 82
2. 論文標題 貧栄養土壌におけるススキ群落の早期再生に向けたススキと群落従属種の初期生育の解明	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ランドスケープ研究	6. 最初と最後の頁 691-696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Miura N, Koyanagi TF, Yokota S, Yamada S.	4. 巻 IV-2/115
2. 論文標題 Can UAV LiDAR derive vertical structure of herbaceous vegetation on riverdike?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences	6. 最初と最後の頁 127-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山田晋・根本正之	4. 巻 43
2. 論文標題 河川高水敷における裸地の出現時期がその後の成立植生に及ぼす影響	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌	6. 最初と最後の頁 39-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koyanagi Tomoyo F., Yamada Susumu, Matsuzaki Hirotochi, Kato Yuichi	4. 巻 131
2. 論文標題 Impacts of previous maintenance of river embankments on the grassland communities by changing soil properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 73~80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.03.004">https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.03.004</a>	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 山田晋・根本正之
2. 発表標題 雑草発生量が異なる築堤土における抜き取り除草頻度が苗植栽後のチガヤの定着に及ぼす影響
3. 学会等名 日本雑草学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安井雅貴・小柳知代・下野綾子・山田晋・三浦直子・横田樹広
2. 発表標題 草原性植物の種内および種間におけるアーバスキュラー菌根菌相の違い
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 根本正之・三浦直子・山田晋
2. 発表標題 管理履歴の違いがススキ草地の群落構造に及ぼす影響
3. 学会等名 日本雑草学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Miura N
2. 発表標題 Herbaceous vegetation height map on riverdike derived from UAV LiDAR data
3. 学会等名 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小柳知代・下野綾子・山田晋・三浦直子・横田樹広
2. 発表標題 河川堤防における改修履歴の違いが草地植生と菌根菌群集に及ぼす影響
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 根本 正之、山田 晋、田淵 誠也	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 440
3. 書名 在来野草による緑化ハンドブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-



## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	横田 樹広  (YOKOTA Shigehiro)  (00416827)	東京都市大学・環境学部・准教授    (32678)	
研究分担者	三浦 直子  (MIURA Naoko)  (30647491)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教    (12601)	
研究分担者	小柳 知代  (KOYANAGI Tomoyo)  (80634261)	東京学芸大学・環境教育研究センター・准教授    (12604)	
研究分担者	山本 嘉昭  (YAMAMOTO Yoshiaki)  (70645150)	公益財団法人河川財団(河川総合研究所)・河川総合研究所・河川総合研究所上席研究員    (82687)	