

# 堤防植生と植生基盤土質の関係について

The relation between embankment vegetation and vegetation base

大澤 寛之<sup>1</sup>・山田 政雄<sup>2</sup>・吉田 高樹<sup>3</sup>・平田 真二<sup>1</sup>・橋本 純<sup>1</sup>

Hiroyuki OHSAWA, Masao YAMADA, Takaki YOSHIDA, Shinji HIRATA, and Jun HASHIMOTO

<sup>1</sup>株式会社 エコー 技術本部 河川・環境部 (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

<sup>2</sup>前 公益財団法人 河川財団 河川総合研究所 (〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9)

<sup>3</sup> 公益財団法人 河川財団 河川総合研究所 (〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9)

This report focuses on the relation between embankment vegetation and vegetation base in the river embankment. We studied to solving problems caused by invasion and growth of alien plants from these relation. From a field survey and soil analysis, we clarified physicochemical relation about embankment vegetation and vegetation base. In order to make maintenance of vegetation easier, it is important to adjust vegetation base pH and particle size. These results can contribute to efficient and effective way to control embankment vegetation.

**Key Words:** The river embankment, Embankment vegetation, Vegetation base, Soil survey, Physicochemical properties

## 1. はじめに

堤防植生に求められる治水機能は、植生による耐侵食機能である。この堤防植生による耐侵食機能は、植生の根毛層の深さと密度より決まることが明らかになっている<sup>1)</sup>。堤防の維持管理を行う上では、この耐侵食機能に優れたチガヤ等の堤防植生を確実に堤防法面に定着させることが重要である。

しかし、築堤時に用いる堤防植生の基盤土質は、指定された土取場からの採取土を用いることが多く、特に堤防植生の基盤土質という視点から選定していないのが現状である(図-1)。そのため、採取土によっては埋土種子による発芽等を含めて、外来植物等が侵入・繁茂してしまう等の問題が生じている。



図-1 堤防植生と植生基盤土質の状況

そこで、各堤防植生タイプ(シバ、チガヤ、外来牧草、オギ・ススキ、広葉)<sup>1)</sup>における基盤土質の物理特性や化学特性を把握し、堤防の維持管理に支障が生じにくい堤防植生に適した基盤土質を導くことを目的として調査・分析し、今後の堤防植生管理への反映について考察を行った。

## 2. 分析項目と植生基盤としての適正度評価基準(案)

植生基盤土質の分析を行うにあたり、芝管理等の一般的な土壌分析項目の知見<sup>2,3)</sup>から、堤防植生に適した基盤土質の評価が可能と考えられる分析項目の絞り込みを行った。具体的には、堤防植生との相関性が「高い」項目を抽出し、分析項目としての妥当性が「低い」項目を除外した。絞り込み結果は、以下に示すとおりである(表-1)。

表-1 分析項目

| 項目  |                         | 項目の説明                            |
|-----|-------------------------|----------------------------------|
| 物理性 | 1 粒度組成                  | 植生基盤土質の基礎的情報であり、締固の強さ、透水性、保水性の指標 |
|     | 2 コーン指数(土壌硬度)           | 堤防の締固度合いで変化し、植物の根の伸長・活着具合の指標     |
|     | 3 有効水分保持量               | 土質中の空隙が水を保持する量を示す指標              |
| 化学性 | 4 全窒素                   | 葉肥と呼ばれ、葉の成長に係る肥料分の指標             |
|     | 5 有効態リン酸                | 花実肥と呼ばれ、開花結実に係る肥料分の指標            |
|     | 6 交換性カリウム               | 根肥と呼ばれ、根の発達に係る肥料分の指標             |
|     | 7 電気伝導度(EC)             | 肥料分が水へ溶けやすいかを示す指標                |
|     | 8 塩基置換容量(CEC)           | 溶けた肥料分が流出せずに貯えられているかを示す指標        |
|     | 9 C/N比                  | 枯葉など堆積物の有機物分解速度を示す指標             |
|     | 10 pH(H <sub>2</sub> O) | 植物の生育しやすさとなるアルカリ性や酸性を示す指標        |

表-2 分析項目と植生基盤としての適正度評価基準(案)

| 項目  |    |                      | 単位                 | 植生基盤としての適正度評価基準(案) |                                      |                                           |                     |
|-----|----|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|
|     |    |                      |                    | I (◎2点)<br>適性が高い   | II (○1点)<br>適正がある                    | III (△0点)<br>要土壌改良                        | IV (×-1点)<br>適正に乏しい |
| 物理性 | 1  | 粒度組成                 | —                  | 壤土(L)<br>砂質壤土(SL)  | シルト質壤土(SiL)<br>砂質埴壤土(SCL)<br>埴壤土(CL) | 砂土(S)<br>壤質砂土(LS)<br>砂質埴土(SC)<br>軽埴土(LiC) | 重埴土(HC)             |
|     | 2  | コーン指数(土壌硬度)          | kg/cm <sup>2</sup> | 20未満               | 20～30                                | 30～50                                     | 50以上                |
|     | 3  | 有効水分保持量              | l/m <sup>3</sup>   | 120以上              | 120～80                               | 80～40                                     | 40未満                |
| 化学性 | 4  | 全窒素                  | g/kg               | 1.4以上              | 1.4～0.6                              | 0.6未満                                     | —                   |
|     | 5  | 有効態リン酸               | mg/kg              | 200以上              | 200～100                              | 100未満                                     | —                   |
|     | 6  | 交換性カリウム              | cmol(+)/kg         | 3.0以上              | 3.0～1.0                              | 1.0未満                                     | —                   |
|     | 7  | 電気伝導度(EC)            | dS/m               | 0.2未満              | 0.2～1.0                              | 1.0～1.5                                   | —                   |
|     | 8  | 塩基置換容量(CEC)          | cmol(+)/kg         | 20以上               | 20～6                                 | 6未満                                       | —                   |
|     | 9  | C/N比                 | —                  | 10未満               | 10～20                                | 20以上                                      |                     |
|     | 10 | pH(H <sub>2</sub> O) | —                  | 5.6～6.8            | 4.5～5.6<br>6.8～8.0                   | 3.5～4.5<br>8.0～9.5                        | 3.5未満<br>9.5以上      |

※参考：近藤三雄(1994)「公共緑化の芝生 7メソッドをめざして」，日本土壌協会「有機農業の基礎知識」

各分析項目については、植生基盤としての適正度を評価するための基準(案)を既往の知見<sup>2,3)</sup>を基に整理し、各分級(I：適正が高い，II：適正がある，III：要土壌改良，IV：適正に乏しい)に点数を設定した(表-2)。その点数を合計し、現状における植生基盤としての適正度評価とした。

なお、I～IVの各点数は、Iを◎2点，IIを○1点，IIIを△0点，IVを×-1点と仮設定した。

### 3. 調査方法

調査方法は、以下のとおりとした。

- ①調査対象は、利根川上流管内全域における典型的な堤防植生タイプ箇所および近年施工した堤防(7割堤土土敷き均し施工箇所)とした。
- ②調査地点は、上下流，左右岸，支川にバランス良く配置し、且つ、堤防植生タイプが網羅できるように50箇所とした(図-2)。
- ③土質分析に用いるサンプル採取方法は、平均値を得るため3箇所にて採取・混合した攪乱採取と、有効水分保持量分析に用いる不攪乱採取の2種(図-3)とした。

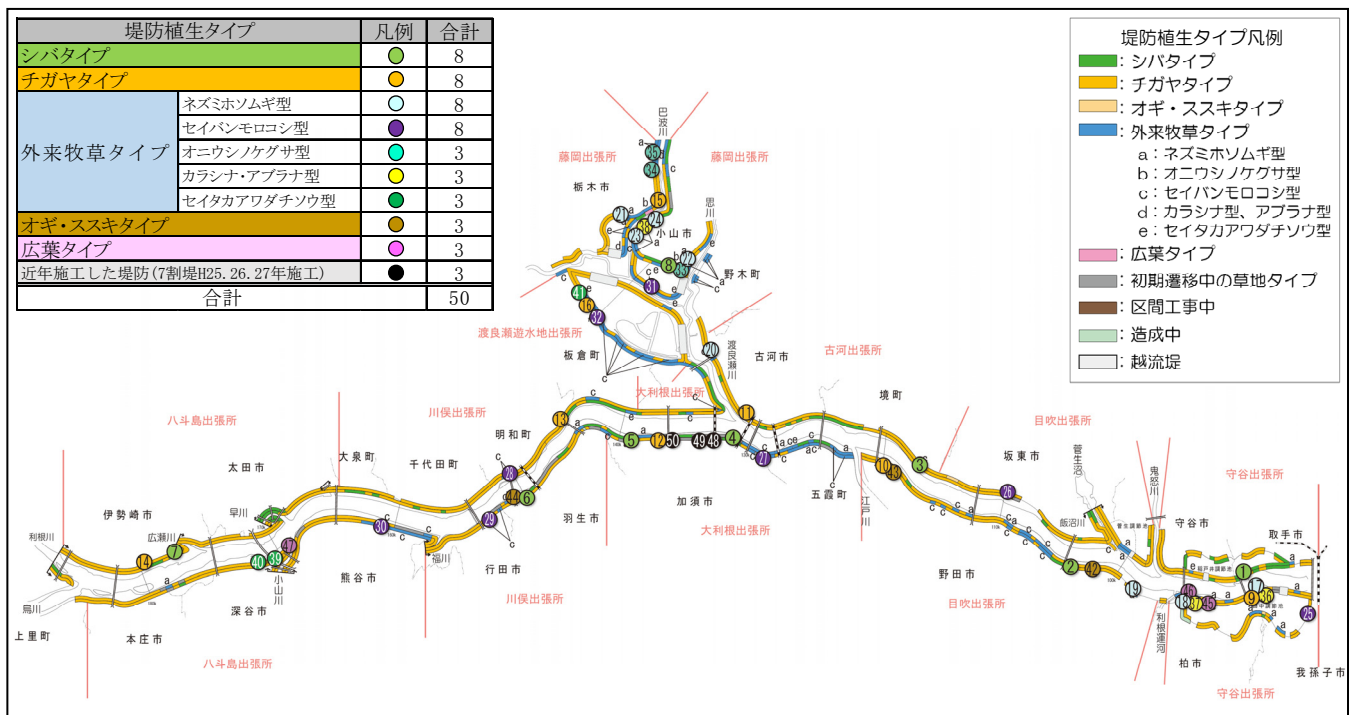


図-2 調査実施場所

④調査実施時期は、2015年9月30日から10月7日のうち降雨による影響がなく乾燥した状態のサンプル採取ができる日とした。



図-3 攪乱採取と不攪乱採取の状況

代表的な堤防植生タイプにおけるサンプルは、以下のとおりであった(図-4)。

| シバタイプ                 | SCL(砂質埴壤土) | チガヤタイプ                   | SL(砂質壤土) |
|-----------------------|------------|--------------------------|----------|
|                       |            |                          |          |
| 外来牧草タイプ<br>(オギ・シロムギ型) | LiC(軽埴土)   | 外来牧草タイプ<br>(セイバン・モロコシ型)  | LiC(軽埴土) |
|                       |            |                          |          |
| オギ・ススキタイプ             | CL(埴壤土)    | 近年完成した堤防<br>(7割堤防126年完成) | LiC(軽埴土) |
|                       |            |                          |          |

図-4 代表的な堤防植生タイプにおけるサンプル

#### 4. 分析および適正度評価結果

現地調査で採取したサンプルについて、分析項目毎に定量分析を行い、得られたデータを基にして、堤防植生タイプ別に植生基盤としての適正度評価基準(案)に基づいて評価を行った。各項目の詳細な分析および適正度評価結果については、図-5、6に示すとおりである。

なお、各項目の結果は、以下のとおりであった。

##### (1) 粒度組成

シバタイプとチガヤタイプは、SL(砂質壤土)やSCL(砂質埴壤土)のような砂質が混じる箇所が多く見られ、植生基盤として適正が高い傾向を示していた。外来牧草タイプは、LiC(軽埴土)やSC(砂質埴土)のような粘質が混じる箇所が多く見られ、植生基盤として要土壌改良となる傾向を示していた(図-5, ①)。

##### (2) コーン指数(土壌硬度)

全タイプともに深さ0cm(表層)は、5kg/m<sup>2</sup>程度となり差はあまり見られなかった。深さ5cm以下になるとシバタイプと7割堤防は、それ以外のタイプと比べて50 kg/m<sup>2</sup>を超える硬さとなり、植生基盤として適性に乏しい傾向を示していた。また、貫入不可となる箇所がシバタイプでは深さ10cm、7割堤防では深さ15cmで見られた(図-5, ②)。

##### (3) 有効水分保持量

シバタイプとチガヤタイプは、それ以外のタイプと比べて有効水分保持量が120L/m<sup>3</sup>を超えるような高い箇所が多かった。また、7割堤防については、80 L/m<sup>3</sup>より少ない箇所が見られるため、植生基盤として要土壌改良となる傾向を示していた(図-5, ③)。

##### (4) 全窒素(N)

全タイプともに植生基盤として適正がある全窒素量0.6 g/kg以上の値を含んでいる傾向を示していた。ただし、シバタイプと7割堤防は、全窒素量がそれ以外のタイプに比べて1.0 g/kgより低い箇所が多い傾向となっていた。特にシバタイプについては植生基盤として要土壌改良となる0.4 g/kgの箇所も見られた(図-5, ④)。

##### (5) 有効態リン酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

全タイプともに有効態リン酸は、100mg/kgより低い箇所が多く植生基盤として要土壌改良となる傾向を示していた。その中でも特にシバとチガヤタイプと7割堤防(一部ネズミホソムギ)は、50mg/kgを下回る箇所が多い傾向を示していた(図-6, ⑤)。

##### (6) 交換性カリウム(K)

シバタイプと7割堤防は、それ以外のタイプと比べて交換性カリウムが1.0 cmol(+)/kgより低い箇所が多く植生基盤として適正に乏しい傾向を示していた(図-6, ⑥)。

##### (7) 電気伝導度(EC)

全タイプともに植生基盤として適正が高い0.2ds/mより少ない値の傾向を示しており、特に傾向の差は見られなかった(図-6, ⑦)。

# (8) 塩基交換容量(CEC)

全タイプともに植生基盤として適正が高いまたは適正のある6cmol(+)/kgより多い傾向を示しており、特に傾向の差は見られなかった(図-6, ⑧)。

# (9) C/N比

シバタイプと7割堤防は、C/N比が20程度となりやや高く、それ以外のタイプは10程度となりC/N比が低

い傾向を示していた(図-6, ⑨)。

# (10) pH(H<sub>2</sub>O)

全タイプともに植生基盤として適正が高いまたは適正のある5.6から8.0となる傾向を示していた。

シバとチガヤタイプは、5.5から7.0の範囲内が多く弱酸性であり、外来牧草等は、7.0を超え弱アルカリ性であった(図-6, ⑩)。

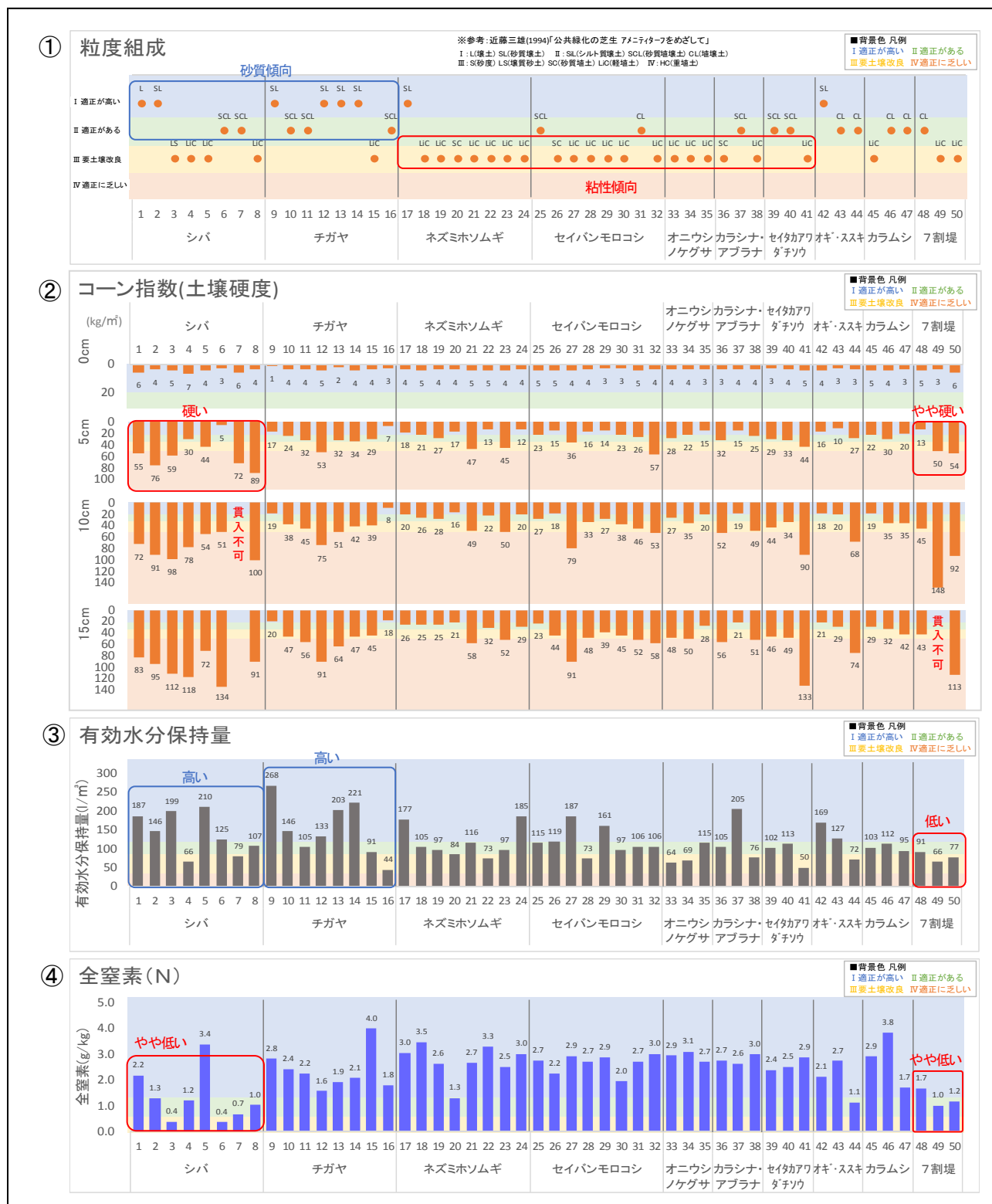


図-5 分析および適正度評価結果1/2

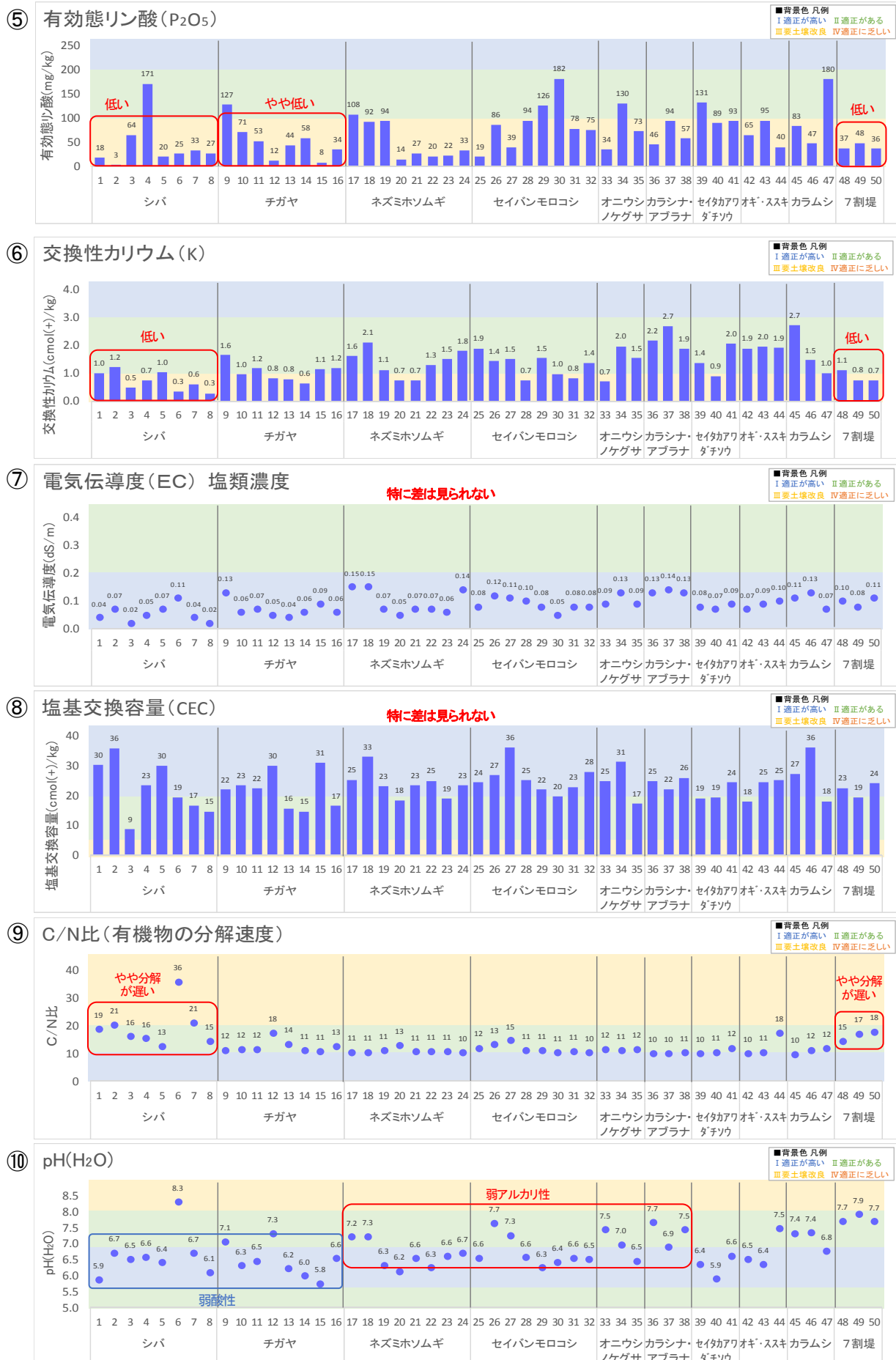


図-6 分析および適正度評価結果2/2

## 5. 植生基盤としての適正度評価

堤防植生タイプ毎の分析結果を平均し、植生基盤としての適正度評価を行い数値化した。結果は以下のとおりである(表-3, 図-7)。

表-3 植生基盤としての適正度評価結果

|              | シバ  | チガヤ | ネズミホシ<br>ムギ | セイバンモ<br>ロコシ | オニウシノ<br>ケグサ | カラシナ・<br>アブラナ | セイタカア<br>ワダチソウ | オギ・ススキ | カラムシ | 7割堤 |
|--------------|-----|-----|-------------|--------------|--------------|---------------|----------------|--------|------|-----|
|              | 平均値 | 平均値 | 平均値         | 平均値          | 平均値          | 平均値           | 平均値            | 平均値    | 平均値  | 平均値 |
| ①粒度組成        | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ②コン指数(土壌硬度)  | ×   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ③有効水分保持量     | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ④全窒素         | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ⑤有効態の酸       | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ⑥交換性カチオン     | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ⑦電気伝導率(EC)   | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ⑧塩基交換容量(CEC) | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ⑨C/N比        | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| ⑩pH          | ○   | ○   | ○           | ○            | ○            | ○             | ○              | ○      | ○    | ○   |
| 適正度評価        | 9   | 14  | 12          | 13           | 11           | 12            | 13             | 15     | 13   | 7   |

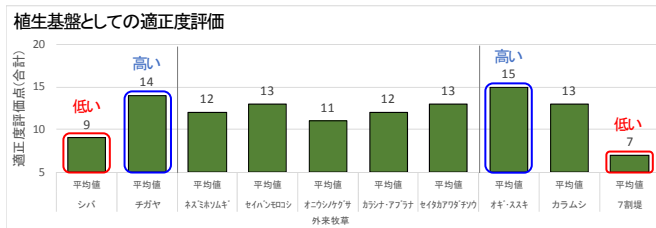


図-7 植生基盤としての適正度評価結果

シバタイプと7割堤防の適正度評価が低かった(図-7)。この理由は、築堤後間もない堤防であり、十分な締固め管理がされ、全窒素等の肥料分が不足していることが大きな要因と考えられる。

チガヤタイプとオギ・ススキタイプの適正度評価が高かった(図-7)。この理由は、シバ養生終了後の不安定な植生遷移段階が終わり、チガヤやオギ・ススキが定着し基盤土質として安定した条件が整ったものとする。

## 6. 基盤土質から見た堤防植生遷移について

植生基盤としての適正度評価の結果を基に、基盤土質から見た堤防植生遷移について整理を行った。

以下に、施工時から維持管理時における総張芝と表土敷き均し工法別の堤防植生遷移イメージを示す(図-8)。

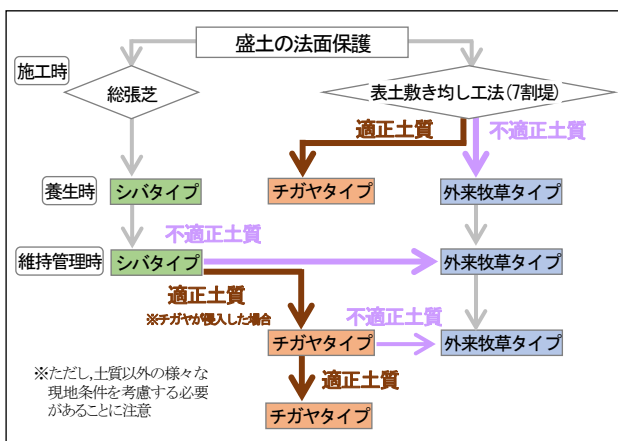


図-8 基盤土質から見た堤防植生遷移イメージ

## 7. まとめ

今回実施した堤防植生に適した基盤土質の検討により、以下の知見が得られた。

### ①堤防植生タイプと植生基盤土質の関係

在来植物(シバ・チガヤ)は砂質土が多く、外来植物は粘性土が多い傾向であった。また、原産地の元の土壌pHと同様に、外来植物(外国)は弱アルカリ性を示し、在来植物(日本)は弱酸性を示す傾向であった。

### ②築堤後の植生基盤土質の変化

築堤後間もない堤防では、重機による盛土の締固めにより土壌硬度が高く、有機物分解速度が遅いため、肥料分が少ない傾向で、植生の植生基盤としては適性が低い傾向であった。

### ③堤防植生に適した植生基盤土質への誘導

設計施工時において、盛土材を調整することで施工直後から侵入する雑草等を抑制できる可能性や、維持管理上望ましいシバやチガヤの初期成長を助けることができる可能性があることが分かった。

## 8. 今後の課題

今後の課題としては、上記の知見を活用して、チガヤ等の堤防に適した植生への遷移が促せるように、①pH調整等を考慮した効果的な管理手法、②施工時における効率的な盛土材の調整方法、③現場で施工可能なコストの設定などの対応策について検討が必要である。

また、築堤工事が進む7割堤防施工現場等の実務への早期適用を目指すとともに、効率的な除草・集草等による維持管理手法と組合せながら、より確実な堤防機能の向上を図ることが必要である。

そのためには、さらなる知見の蓄積と現地実験等を踏まえた検証を行い、効率的・効果的な方法を導き出すことが重要である。

**謝辞：**本研究は、国土交通省利根川上流河川事務所計画課より貴重なデータ収集の場を提供して頂きました。また、東京大学大学院 山田晋助教には、貴重なご意見を頂きました。この場を借りて、御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 佐々木寧・戸谷英雄・石橋祥宏・伊坂充・平田真二：堤防植生の特性と堤防植生管理計画, 河川環境総合研究所報告 第6号, 2000.
- 2) 近藤三雄：公共緑化の芝生-アミニティターフをめざして, ソフトサイエンス社, 1994.
- 3) 一般財団法人日本土壌協会：有機農業の基礎知識, 2015.

(2017.4.3受付)