

堤防のり面の雑草類の利用に関する研究

1. 研究内容
2. 堤防のり面植生に求められた条件
3. 堤防のり面植生
4. 重信川堤防のり面における現存量調査
5. チガヤの種子特性
6. 堤防のり面に導入可能な植生の生育特性
7. 堤防のり面植生の根系の強さ
8. 自然降雨による侵食実験
9. 植生の刈り込み再生
10. 堤防のり面植生に対する地域住民の意識
11. 総括
12. 具体的な植生のり面保護工の提案
13. おわりに

愛媛大学農学部 江 崎 次 夫

1. 研究内容

1-1 目的

現在、植物による河川堤防のり面保護工には、全国画一的に、ノシバとティフトンが使用されている。これらの植物については、植え付け後2～3年間は入念な養生が必要であると共に、草刈り等の維持管理の負担が大きい。さらに、草刈りを実施するとその後の処理が難しく、維持管理を怠ると、それぞれの河川に固有の種との競争に負け、衰退、消滅していく等の問題が生じているのが現状である。

そこで、本研究は、前述の問題点を解決するために、ノシバ、ティフトンに代わって、のり面に侵入し、優占種となっているチガヤと昭和30年代頃まで、のり面に生育し、地域住民より要望の高い竹笹類の堤防のり面での生育特性を生態学的に把握しながら、河川堤防のり面保護工用植生に要求される治水上および環境面からの条件を最大限に満足しうる、具体的な植生のり面保護工の提案を目的とする。

1-2 調査地および実験地

調査は主として愛媛県松山市を東から西に流下している重信川堤防のり面で行った。大型ポットを用いたモデル実験は愛媛大学農学部附属演習林の苗畑で行った。また、重信川堤防のり面およびモデル実験での結果を補足するために、松山市内の道路の中央分離帯、肱川水系小田川堤防のり面ならびに愛媛県内で各種の調査を行った。さらに、東北日本を代表する河川として山形県内を流下する最上川と西南日本を代表する河川として福岡県を流下する筑後川を取り上げ、それぞれの堤防のり面で固有の種を中心とした植生調査を行った。

2. 堤防のり面植生に求められる条件

まず最初に、堤防のり面に固有の植物、すなわち雑草類を利用する場合、あるいは植物を導入する場合でも、植物そのものに求められる条件がいくつかあるので、それらを明らかにしておくことが重要である。その第1は侵食および表層崩壊防止の立場より雨滴衝撃力緩和効果、表面流下水ならびに洪水時の流速減少効果が大きいこと、第2は植物そのものに求められる特性、第3は施工管理から要求されるものである。堤防のり面に生育している固有の植生あるいは他から導入する場合、それらが上述の内容をどの程度満足しうるかということが大切である。

3. 堤防のり面の植生

3-1 調査方法

調査はブラウン・ブランケの全推定法に基づいて、堤防のり面および氾濫原で、群落を形成している

種を中心に、夏、秋および冬に実施した。

3－2 重信川堤防のり面

重信川堤防のり面の内、建設省直轄のり面面積約70万m²のうち、約35万m²はチガヤであり、他には、オオキンケイギク、カワラマツバ、ハマサジ、カワラヨモギ、ヨモギ、クズ、シロツメクサ、アカツメクサ、コバンソウ、ヌルデ、スズメノヤリ、スイバ、スギナ、メドハギ、コマツナギ、ススキ、カラスノエンドウ、イタドリ、コヌカグサ、オオイタドリ、ノシバおよびティフトン等が見られる。チガヤは重信川堤防のり面植生の優占種であることが理解できる。チガヤは一般的には、有害雑草として取り扱われているが、今後は堤防のり面等で積極的に有効利用を図ることが必要ではないかと思われる。

3－3 最上川堤防のり面

最上川堤防のり面で確認された主な植物は、スギナ、イヌドグサ、エノコログサ、スイバ、ヒメスイバ、ギシギシ、ハマエンドウ、ヤマハギ、メドハギ、クズ、ハリエンジュ、オオツマヨイグサ、オトコヨモギ、ヨモギ、アキノキリンソウ、チガヤ、ススキ、ノシバ、カヤツリグサおよびイタドリ等であった。重信川堤防のり面と同様に、チガヤは群落を形成している箇所が多くみられた。この最上川堤防のり面においても積極的に雑草類の利用を図ることが必要だと考えられる。

3－4 筑後川堤防のり面

筑後川堤防のり面の主な植物は、ススキ、メドハギ、チガヤ、オオキンケイギク、クズ、カワラヨモギ、ヨモギ、シロツメグサ、アカツメグサ、ギシギシ、コバンソウ、イタドリ、オオイタドリ、コマツナギ、ヌルデ、スイバ、スギナ、カラスノエンドウ、ノシバおよびティフトン等であった。この堤防のり面においても、チガヤおよびススキ等の在来の固有種が多くの箇所で群落を形成していた。なお、筑後川堤防のり面の植生は、重信川堤防のり面植生と類似しており、両者の間に大きな相違点は認められなかった。

4. 重信川堤防のり面における現存量調査

調査は、主に松山市を東から西に流下する重信川堤防のり面において実施した。調査では、比較的優占度の高い樹草や、これまでの調査から利用可能と考えられた樹草の現存量を調査すると共に、それらの場所での土壌調査も実施し、その利用性について検討を試みた。この重信川堤防のり面での調査結果を補足するために、愛媛県喜多郡内子町を流下する肱川水系の小田川堤防のり面、松山市内を中心部から南下する国道33号線の中央分離帯および愛媛県上浮穴郡久万町でも調査を実施した。

その調査結果の概要は、表-4-1に示す通りである。地上部は、オカメザサが丈が180cmもあり、また木質部分が多いために4.3kg/m²と最も多く、次いで、丈は低いが広い葉面積を有し、かつ大きな

表-4-1(1) 調査結果の概要

(1×1m、深さ40cm)

植物名	地上部重			地下部重	総根長	地下茎長	地下茎径	一次根以上径
	葉 (g)	枝等 (g)	幹(稈) (g)					
ノシバ	731.28	53.40	—	784.68	518.24	3,013.71	174.11	1.9-2.6 0.1-1.0
ティフトン328	794.80	—	—	794.80	779.80	2,466.09	418.27	1.1-2.1 0.1-1.0
チガヤ	1,091.16	—	4.08	1,095.24	1,473.60	1,840.97	295.76	2.7-4.2 0.1-0.8
ススキ	580.44	210.64	522.00	1,313.08	2,389.16	1,146.78	116.62	6.2-8.1 0.1-1.2
オカメザサ	821.92	121.28	3,379.68	4,322.88	4,099.12	1,578.88	148.30	4.2-10.5 0.1-2.1
ヘデラカナリエンシス	662.40	1,055.76	—	1,718.16	898.88	405.49	—	— 0.1-8.3
コグマザサ	429.72	—	509.32	939.04	1,422.32	1,608.55	272.23	3.5-4.5 0.1-1.1
イガザサ	966.44	104.56	369.76	1,440.76	1,126.56	1,002.55	167.97	1.9-2.8 0.1-1.5

表-4-1(2) 調査結果の概要

(1×1m、深さ40cm)

植物名	根長／本・株	根重／本・株	地上部重／本・株	地下茎率 長さの比 (%)	根重／根長 (g/m)	一次根平均長 (mm)	採取時含水率	
	(m/N·H)	(g/N·H)	(g/N·H)				地下茎 (%)	一次根 (%)
ノシバ	0.44	0.076	0.115	5.78	0.172	82	41.7	30.6
ティフトン328	0.14	0.046	0.046	16.96	0.316	40	42.6	19.1
チガヤ	3.17	2.541	1.888	16.07	0.800	56	22.8	21.0
ススキ	5.03	10.479	5.759	10.17	2.083	69	40.0	40.5
オカメザサ	3.76	9.760	10.293	9.39	2.596	64	34.5	20.7
ヘデラカナリエンシス	3.75	8.323	15.908	—	2.217	86	35.6	19.3
コグマザサ	1.15	1.013	0.669	16.92	0.884	48	34.8	27.2
イガザサ	0.97	1.094	1.399	16.75	1.124	54	44.8	28.8

茎を有するヘデラカナリエンシスが $1.7\text{kg}/\text{m}^2$ となっている。イガザサも丈が高く木本部分も多いため、 $1.4\text{kg}/\text{m}^2$ であるが、コグマザサは茎が細いために、他の草本とあまり変わらない。他は草本であり、丈の高い順に重量も多くなっている。深さ40cmまでの根系の総根系長は、ノシバが最も長くて、 $3.013\text{m}/0.4\text{m}^2$ であり、次いでティフトン328、チガヤ、コグマザサ、オカメザサ、ススキ、イガザサ、ヘデラカナリエンシスの順であり、種類によって根長に大きな相違が認められるものの、全体的には、スギ、ヒノキ等の林分内にあるそれらの根長よりも長いことが判明した。また、根系長に占める地下茎の割合は、ティフトン328が約17%で最も大きく、次いで、コグマザサ、イガザサ、チガヤ、ススキ、オカメザサ、ノシバの順である。ノシバはティフトン328に比べると半分以下である。根重についてみると、オカメザサが $4,099\text{g}/0.4\text{m}^2$ と最も重く、次いで、ススキ、チガヤ、コグマザサ、イガザサ、ヘデラカナリエンシス、ティフトン328、ノシバの順である。このような傾向を示したのは、オカメザサ、コグマザサ、イガザサは木質部分の多い植物であり、また、ススキ、チガヤは草本植物ではあるが、前者と同様にティフトン328、ノシバの草本植物に比べ、比較的大きな地下茎を有するためだと考えられる。すなわち、この順序には、それぞれの種の形態的特性が現れているものと考えられる。ノシバ、ティフトン328は根長が長い割には、根重が他のものに比べ、軽いようである。チガヤ、ススキ、オカメザサ、ヘデラカナリエンシス、コグマザサおよびイガザサは、地上部重や地下部重が大きく、しかもノシバ、ティフトン328に比べて根系が深い範囲まで侵入しているため、これに伴って、表面侵食および表層崩壊防止機能も高いものといえる。また根系が深く侵入するということは、夏の乾燥に対しても比較的強いことを意味するものであり、堤防のり面保護工用植生に求められる条件を備えているものと判断される。

以上のことから、チガヤを始めとする6種類は、既に前述したように全国各地の河川堤防で幅広く利用されているノシバ、ティフトン328と同様に堤防のり面での利用性が高いものと判断される。

5. チガヤの種子特性

チガヤは4月下旬から6月下旬までの長期間にわたって開花するため、種子を用いたのり面保護工を実施するためには、どの時期に採取した種子が最も発芽能力が高いかを検討しておくことが必要である。そこで、5月下旬、6月下旬および7月下旬に、重信川の下流、中流および上流域で採取した種子を用いて発芽試験を実施した。

その結果、平成6年は松山地方に限らず、全国的に夏期にはほとんど降雨がなかったために、チガヤの種子形成が悪かったが、その影響が発芽率や1g当たりの粒数に現れているようである。平成7年には平成6年に比べ、全般的に良くなっているが、これまでの筆者の調査結果に比べると、やや低いようであった。

採取時期別では、5月に採取した種子が6月および7月に採取した種子よりもやや優れている程度であった。また、採取場所別では、下流域で採取した種子は、中流および上流で採取した種子よりも優れていた。

このようにチガヤ種子の採取場所によって、その特性にやや差が認められる傾向には、中流域は下流域に比べ、年平均気温が1～2℃低く、さらに上流域は下流域に比べ、年平均気温が2～3℃低いという気象因子が関与しているのではないかと考えられる。

以上のことから、重信川流域でチガヤの種子を採取する場合には、下流域で5月下旬に採取するのが最も望ましいと判断される。

6. 堤防のり面に導入可能な植生の生育特性

平成5年度までにおける調査結果より、選定した植生群の内より数種を選択し、ポットを用いてその生育性について追跡調査を行い、堤防のり面保護工用の植生の造成・維持管理における基礎的な資料について検討し、具体的な方法論を得ようとするものである。

1年目の結果は以下のとおりである。

(1) オカメザサ

オカメザサは25株/m²（1株3芽立）を植栽した。植栽時（5月25日）が発芽時期に当たり、刈り取り調査地の発芽時期（6月29日）からすると、多少早いようであるが、刈り取り調査地は群落形成地であり、直射光が地表に届かないため地温の上昇が遅れていることに原因があるものと思われ、発芽から伸長生長の後、展葉を開始し2週間程度の7月15日には、ほぼ開葉しているようである。

当導入地の被度は、7月25日の調査で37%程度と最高を示していることからすれば、オカメザサは7月の中、下旬において展葉が完了することがうかがえる。その後低下の傾向を示すこととなったが、今回植栽した材料がポット苗であることから、発芽高が低かったためだと考えられる。

(2) コグマザサ

コグマザサは25株/m²（1株3芽立）を植栽した。コグマザサについては、5月20日の導入時には発芽ならびに展葉を終了しており、導入時の被度は47%程度と発芽途上のオカメザサに比較して高い値を示しているものの、この後、被度は漸減する傾向を示した。

この傾向はオカメザサのそれより低く推移しており、この原因是、オカメザサとコグマザサの形態的な相違によることのほか、ポット苗であることによる発芽の低さにも起因するものと考えられる。

(3) ヘデラカナリエンシス

導入数25株/m²で80%程度の初期被度を示したことは葡萄性植物の特徴を示しているものといえ、早期に高い被度を確保することが可能なことを意味している。生育そのものが直接的に被度の向上に関与し、さらに占有面積の拡大をも意味し、葉質に関しては濃緑であり葉質も厚いことからすると、群落の下方に到達する光量の抑制には適しているものといえよう。

(4) チガヤ

チガヤは50株／m²（1株3芽）を植栽した。植栽当初の被度は0であったが、6月下旬～7月下旬にかけて旺盛な伸長生長を開始し、7月25日には9%程度の被度を有し、初期群落を形成した。その後の9月には31%、10月下旬には45%程度に被度を向上させた。この事は8月下旬～10月下旬に30%程度の被度の向上ということになり、葉茎数の増加ならびに伸長生長が旺盛であったことがうかがえる。成長休止期の11月25日には3反復の平均で50%の被度を示した。

竹笹類においては成長が年に1回であるため、この時点における成長の状況が来期の成長の時期までの長期間を左右するため慎重に管理をすることが望まれる。またその反面、1回の生長にて当年の伸長を完了することが、管理上、好条件を備えているものともいえる。導入後、早期に被度の向上をはかるためには、単位導入数量の増加が考えられるが、これは費用の増大を招くことから、当初の導入密度と目的群落誘導過程における施肥管理の方法論についての検討が望まれる。

蔓類においては、伸長生長が直接的に被度の向上にかかわり、他の種に比較し有利な点が挙げられる反面、土壤水分条件に対する問題点が残され、乾燥期における葉量の減少は、他植生の侵入を阻止できないこととなり、葉層の質の向上に対する施肥管理技術と単位導入数量に対する検討が望まれる。

チガヤについては、元来荒地の指標植物と呼んでいるようであるが、その野生性からして土壤に対する適応性の幅が広く、導入地での生育についても旺盛であり重信川堤防のり面においても普遍的に自然侵入し、単純な群落を形成している箇所も多いことから、積極的に導入し群落に誘導することは当導入地の生育状況からしても比較的良好な結果が得られるものと思われる。このことからすれば単位導入数量と群落の形成期間の長短、単位導入数量と施肥誘導による群落の質の向上等の検討が望まれる。

チガヤの生育過程

(1) 伸長生長

植栽当初1ヶ月程度伸長生長は認められず、6月下旬から7月上旬にかけて伸長生長を開始し、7月25日の測定平均葉茎高は17cmと導入当初の5.5倍程度の伸長率を示した。

また、刈取り時の平均葉茎高と導入当初の調整苗高を比較すると、3.5～4.5倍程度の値を示す（表-6-1）ことからも、導入後のチガヤは、比較的順調な伸長生長を示したものといえる。

(2) 現存量の推移

導入当初におけるポット（m²あたり）内の平均地上部重量（絶乾重）は、6g/m²であり、刈り取り時のそれは44.63～122.70g/m²である（表-6-1）。これは当初の重量に比べて6.4～19.4倍の値であり、大きな変異を示したが、これはポットの配置や土壤条件の若干の差が影響をおよぼしたものと推察される。このことからすれば、導入後の肥培管理の必要も生じてくるものと考えられる。

今回の層別刈取試験地1m²当たりの現存量（1,100～1,500g）に比較すると、I区は122.70g/m²、II区は105.72g/m²であり、おおよそ1割程度の現存量となり、導入初年度の群落形成初期の状態としてはまずまずの数値であるものと思われ、今後、施肥管理により群落の質的な向上を計れば、早期に高度なチガヤ群落に移行するものと推察される。

(3) 成立密度の推移

ポットの導入数量は、150本／1.92m²であり、刈取り時における成立本数は、506～594本であった。これは当初の導入数に対し、2.4～2.7倍程度の増加を示したことになる（表-6-1）。生産構造の調査を行った重信川堤防のり面における群落5箇所の1m²当たりの成立本数の分布は410～770本であり、ポット試験の結果は単純な群落を形成している場所のそれと大きな差は認められなかった。単純群落を形成しているものとの差は、葉茎高並びに地上部の現存量によるものである。しかし、成立密度にしても、1,000～1,500本／m²という群落もあることから、密度的には、さらに向上を期待しなければならないものといえよう。

2年目の結果は以下のとおりである。

被 度

オカメザサは春の発芽後に急激に被度が増大するが、その後はほとんどそのまま推移し、12月の掘り取り時点の被度は51%であった。コグマザサもオカメザサと同じような推移を示し、12月の掘り取り調査時の被度は前者で56%、後者で60%であった。竹竿類の場合、一般的に発芽直後に被度が増大するといわれているが、今回の実験でもこのことが確認された。オカメザサおよびコグマザサ共にこのままの状態で推移すれば、被度が100%になるまでには、あと1～2年必要ではないかと考えられる。竹竿類で早期にのり面を被覆する場合には、植栽本数を増やすかあるいは施肥が必要であると判断される。

表-6-1 チガヤポット導入試験地の刈り取り数量

m ² 当たり					
項 目	反 復	葉茎高 cm	葉茎数 本	葉茎径 mm	現存量 g
I	刈り取り数量	30.0	556	0.4-3.1	122.70
	成長量	24.5	406	0.4-2.0	116.70
	成長率 (%)	4.45	2.71		19.45
地上部 II	刈り取り数量	28.0	594	0.3-3.6	105.72
	成長量	22.5	444	0.5-2.5	99.72
	成長率 (%)	4.09	2.96		16.62
III	刈り取り数量	24.0	506	0.2-2.5	44.63
	成長量	18.5	356	0.6-1.4	38.63
	成長率 (%)	3.36	2.37		6.44

ヘデラカナリエンシスは前年12月の被度が85%であったが、4月以降も順調に生育を示し7月の調査時点で被度は100%に達した。その後、12月の掘り取り調査時点まではそのまま推移した。ヘデラカナリエンシスの場合、早期にのり面を被覆するという点では、堤防のり面植生としての条件を備えていると判断される。

前年の12月に刈り取りを行ったチガヤは4月から順調な生育を行い、8月の調査時には被度が65%に達した。そして、12月の掘り取り調査時には被度は95%に達した。チガヤはこのように2年目に入って、著しい生育を示したのは、1年目の成長休止期までに根系が十分に発達していたためであると考えられる。

掘り取調査結果

2成長期をへた4種類の掘り取り調査結果は表-6-2に示すようである。

表-6-2 掘り取り調査結果

種類	根元径 mm	稈高(丈) cm	根長 cm	本数 本/m ²	地上重 g/m ²	地下重 g/m ²
オカメザサ	2.7	38.6	67.5	315	420.0	807.5
コグマザサ	1.6	20.6	59.5	550	212.5	297.5
ヘデラ	8.3	28.9	68.5	50	837.5	387.5
チガヤ	4.6	65.0	38.7	1,250	1,090.0	910.0

注：数値は全ポットを掘り取った平均値、ヘデラ；ヘデラカナリエンシス

オカメザサ、コグマザサ、ヘデラカナリエンシスおよびチガヤ共に2年目の被度の推移から判断して、2年目は1年目に比べ、著しい成長を示していることは観察されていたが、掘り取り調査の結果、そのことが実証された。すなわち、チガヤは2年ではほぼ堤防のり面のチガヤ群落に近い密度に達しており、現存量も70~80%程度に達していた。オカメザサ、コグマザサおよびヘデラカナリエンシスは、密度および現存量共に十分に生育した植栽群落の50~70%程度に達していた。

以上のことから、2年程度でのり面全体を被覆するのであれば、チガヤとヘデラカナリエンシスは密度的には今回の密度で十分である。しかし、オカメザサとコグマザサについては施肥をするかあるいは導入本数を増やすことが必要である。

7. 堤防のり面植生の根系の強さ

7-1 一次根の強さ

堤防のり面に主として、侵入して生育している植物について、これまでおよび今回の地上部の生育量、地下部の根系量（物質現存量）およびそれらの特性の調査結果から、堤防法覆工に利用可能な植生として、チガヤ、オカメザサ、イガザサ、コグマザサ、ヘデラが考えられた。

そこで、今回、堤体そのものの強さに大きな影響を及ぼすと考えられる根系の引っ張り強さについて、これらの利用可能と考えられた植物と現在、堤防法覆工に利用されているノシバ、ティフトンを用いて、一次根の引っ張り強度試験を実施し、その強さを把握した。

その結果、引っ張り強さと直径との関係（掘り取り直後）では、ノシバ、ティフトン、チガヤ、オカメザサ、ヘデラ、コグマザサおよびイガザサすべてにおいて0.001%レベルで最大荷重と直径との間に高い相関関係が認められた。このことから、直径の大きな根系がたくさんあれば、それに応じて引っ張り強さも大きくなるものと判断される。そこで、表-4-1に示した一次根の直径の範囲内でどの程度の荷重なのか、また、一次根の平均長で全根長を除して平均根数を算出し、この値を基にして、1×1 mで深さ40cmまでの総荷重を試算してみた。結果は表-7-1に示す通りである。

表-7-1 種類ごとの総荷重の試算表

種類	一次根の範囲内の 最大荷重	平均	一次根長／平均長	総最大荷重
ティフトン	152.83 – 1248.40 g	700.62 g	34,629 本	24,262 kg
ノシバ	144.77 – 634.40	390.59	51,195	19,996
チガヤ	60.39 – 15127.33	462.58	27,593	12,764
オカメザサ	35.62 – 3755.90	7580.67	22,352	169,474
ヘデラ	34.00 – 1127.33	596.22	4,715	2,811
コグマザサ	43.35 – 1149.08	1895.31	27,840	52,765
イガザサ	10.09 – 2977.43	1493.76	15,455	23,086

総荷重は、オカメザサが最も大きく、ついで、コグマザサ、ティフトン、イガザサ、ノシバ、チガヤ、ヘデラの順である。しかし、オカメザサとヘデラを除けば、オーダー的には同じである。この総荷重は、単純に平均荷重と平均根長を基に求めた値であるので、今後は、地下茎を含めた荷重を求めて、実際の現場での引っ張り強さの測定結果とを照らし合わせて、検討することが必要である。

いずれにせよ、竹箇類は非常に最大荷重が大きく利用性が高いことがうかがえる。チガヤは、ノシバ、ティフトンに比べるとやや最大荷重は小さいが、堤防のり面の優占種であること、および、チガヤやティフトンに比べて根系が深くはいり込んでいることを考えれば、非常に利用性は大きいものと考えられる。最終的には、流れや雨滴侵食に対する抵抗性が問題と考えられるので、この観点からすれば、竹箇類およびチガヤの利用性は非常に大きいものといえる。

7-2 根系全体の強さ

前項では堤防法覆工用植生として有望と考えられたオカメザサ、コグマザサ、イガザサ、チガヤ、スキ、ヘデラカナリエンシス、ノシバおよびティフトンの8種類について、一次根の引っ張り試験を実施した。その結果、一次根の引っ張り強さは、8種類間では大きな相違は認められなかった。しかし、

地下茎には、外見上大きな相違が認められたため、根系全体の支持力（強さ）を測定するためには、それぞれの種類について同一の方法で現地で実測し、比較検討しなければならないことを指摘した。

そこで、筆者は、根系の支持力測定のために、試行錯誤を繰り返し、特性の測定器機を独自に開発した。この機械は、簡便でかつ持ち運びに便利であるばかりでなく、理論値に高い精度が得られるようである。この器械を用いて調査を行った結果、現在、堤防のり面で利用されているノシバおよびティフトンの引っ張り強さは、8種類の中ではヘデラカナリエンシスよりはやや強く優るが、他の6種類よりは弱く劣るという、当初予測された結果が得られた。現在、全国の堤防のり面で優占種となっているチガヤはノシバよりも少し上回り、その利用性は、非常に高いものと判断される。

今回、使用した8種類は、大まかに5グループに分けられる。すなわち、1グループ ヘデラカナリエンシス 2グループ ティフトン 3グループ ノシバ、チガヤ 4グループ イガザサ、コグマザサ、スキ 5グループ オカメザサの5グループである。スキは草本であるが、強度的には竹籠類と同程度である。いずれにしても、オカメザサ、イガザサ、コグマザサ、スキおよびチガヤは、根系の強度面では、ティフトンならびにノシバよりも優れていることが数字的に明かとなったことは、画期的なことといえる。

根系が存在し、また、根系そのものの強さが増すことによって、引っ張り強さは急激に増加することが明確である。植物の根系の引っ張り強さが強いほど、大雨や洪水の際の表面侵食や表層崩壊に強いということになる。従って、今回の研究成果は、これから堤防法覆工を植生サイドから見直す重要な判断材料になるものと考えられる。

現在、一般的に使用されているノシバとティフトンはチガヤ、スキおよび竹籠類に比べると、根系全体の引き抜き強さはかなり劣る。導入されているノシバ、ティフトンは、根系の強さという見地から考えた場合、引き続き利用することには若干の問題を残すようである。

8. 自然降雨による侵食実験

堤防のり面にオカメザサ、コグマザサ、ヘデラカナリエンシスおよびチガヤを植栽し、被度が100%に達した場合、降雨によってどの程度侵食されるかを検討するため、ポットを利用してモデル実験を行った。

自然降雨を利用したモデル実験は、平成6年に42回行った。その結果、対照区の土砂流出量は、1降雨中の10分間最大降雨量の約2乗に比例して増大傾向を示した。しかし、オカメザサ、コグマザサ、ヘデラカナリエンシスおよびチガヤを植栽した試験区では、ほとんど土砂流出は認められなかった。

のことから、堤防のり面植生としてオカメザサ、コグマザサ、ヘデラカナリエンシスおよびチガヤを使用する場合、被度が100%に達していれば、通常の自然降雨では表面侵食は発生しないと考えても問題はないものと判断される。

9. 植生の刈り込みと再生

刈り込み時期は、堤防のり面という機能面から考えれば、防災的な観点を最優先しなければならないことは申すまでもない。しかし、各植生の生育そのものも、被度、成立本数等で直接的に防災面に関与しているので、それらの検討も非常に大切である。そこで、各植物について、主として生育面から検討するため、成長期に毎月刈り込みを実施した。

1) 平成6年度の調査結果

(1) ススキ

全体的に重量および草丈は、毎月減少傾向にある。特に、7～8月にかけての減少が著しいようである。本数は、8月に量、率共に最低値を示しているが、この前後の月は増大している。これは、8月に刈り込めば、再生本数が最低を示すことを意味している。

(2) コマツナギ

重量、草丈の再生量は、毎月減少傾向を示しているが、その減少曲線はあまり変化していないため、7月以前に最大値を示す時期があるものと判断される。本数は、再生量そのものは毎月減少しているが、8月に最大値を示す時期があるので、本数（密度）を考える場合には、この時期を刈り込み適期と判断するのが望ましいようである。

(3) 高井チガヤ

再生量そのものは、毎月減少傾向を示しているが、本数率は、7月および8月共に100%を越えている。このことから、この時期は、本数の再生率が非常に高いといえる。

(4) 田窪チガヤ

全体的には、重量、本数、草丈ともに毎月減少傾向を示している。しかし、高井のチガヤに比べ、減少幅が大きく、やや相違が認められる。

(5) 南野田および上村メドハギ

チガヤと異なってメドハギには、場所による相違は認めらない。全体的な傾向は、コマツナギと同様であり、重量と草丈の再生量及び率は、毎月減少傾向を示している。本数は、逆に、8月に最大の再生量及び率を示している。

以上の結果は大別して3グループに分けることができる。メドハギ、コマツナギのグループとススキのグループおよびチガヤの3グループである。草丈および重量は、3グループともに減少し、また、本数の再生率は、草丈および重量に比べ著しく高い。これは、刈り取り後、1本の幹ないし株より小さな萌芽が多く発生するためであろう。8月にススキの本数とその再生率は、共に最低値を示すが、メドハギは、逆に、最高率を示している。これらの差、およびグループ分けは、それぞれの植物の生長特性に

よるものであろう。なお、維持工事の刈り込みの第一回目の時期が6～7月であるが、植物の生育観点からみると、8月中・下旬にかけては、すべて元の状態に再生するので、刈り込み時期の検討が必要である。

以上のことから、草刈りの時期は、再生重量、本数、および草丈を考慮にいれて決定すべきであると考える。

2) 平成7年度の調査結果

(1) チガヤ

高井試験地の再生値では、草丈は6月下旬以降、本数は9月以降、重量は7月上旬以降、再生前の値を下回っている。これを再生率でみると、重量の変化が一番大きく、次いで、草丈、本数の順序であり、これらの3者の間では、本数の変動が最も小さい。重量、草丈の再生率は、7月下旬になると、50%以下となり、著しく低下している。従って刈り取り時期は、再生草丈、重量に重点をおいて判断すれば、高井試験地の第一回目の刈り取りは、7月下旬以降が妥当といえよう。

田窪試験地の再生値では、草丈は7月上旬以降、本数は8月中旬以降、重量は7月中旬以降、再生前の値を下回っている。これらを再生率でみると、重量の変化が一番大きく、ついで、草丈、本数の順序であり、3者の間では、本数の変動が最も小さい。7月下旬になると、重量、草丈の再生率は70%台になり、著しく低下している。以上のことから、再生草丈、重量に重点をおいて判断すれば、田窪試験地の第1回目の刈り取りも、7月下旬が望ましいと思われる。

(2) オカメザサ

発芽前および発芽途中に根元より刈り取った場合は、ほとんど刈り込み前の状態ないしそれ以上に再生する。しかし、発芽終了後根元から刈り取った場合は再生しない。この場合の再生方法としては、節を残して、この部分より発芽させる方法が考えられるが、この場合でも、節の数をどの程度残して刈り込むかによって、その後の再生量が異なってくるようである。これまでの実験結果から、少なくとも2～3節程度は残しておくことが必要ではないかと思われる。

(3) コグマザサ

地際刈り込みが閉鎖群落に至るまでには、2～3ヶ月の期間が必要であるのに比べ、頂部刈り込みでは、1ヶ月程度で閉鎖群落に導くことが可能であるといえる。このことは堤防のり面保護工用植生として、理想的な特性を有しているものではないかと思われる。

以上は、既に堤防のり面等で群落を形成している場合である。新規に堤防のり面に導入した場合には、一般的な植物と同じように雑草類と競合しないことが大切であるので、春の成長開始直前が好ましい。この他に景観面、管理面、現状の堤防のり面に生育している種類の拡大を図る場合等から刈取り時期を検討しなければならないだろう。

10. 堤防のり面植生に対する地域住民の意識

現在、堤防のり面に使用されているノシバ、ティフトンをはじめとして雑草類も含めて地域住民は堤防のり面植生に対してどのような考え方を持っているのか、また、堤防本来の機能の他にのり面に何を期待しているかを、都市、農山村および中間地域の住民400名（15才から70才まで）を対象にしてアンケート調査を実施した。

その結果、現在、堤防のり面に導入されているノシバ、ティフトンと河川堤防に固有の雑草類や周辺の竹笹類を堤防のり面に導入することに対して、地域住民がどのように考えているかを調査した。地域住民は都市、農山村および中間地域に関係なく、雑草類を利用すべきであると回答している。また、アンケート後の聞き取り調査でも、堤防本来の機能、すなわち、防災機能に關係なければ、固有の植物を多いに利用すべきであると答えている。さらに、固有の植物の具体的な増殖方法等も検討すべきであるとも答えている。ノシバおよびティフトンの導入に多額の経費をかけ、2～3年後にはチガヤ、ススキ等の固有の植物との競争に負けて衰退しているという現実を真剣に捕えるべきである。引き続き導入するのであれば、固有の植生との競争に負けないような徹底した維持管理を考えなければならない。むしろ、自然生態系の中で、地域に固有の植物の利用を有効に考える等の意見が多かった。さらには、今はまったく導入されていないが、クロマツ、ヤナギ、エノキ、ムクノキ等を導入すべきであるという意見も多かった。今は河川生態系および河川流域の有効利用という見地からも、木本植物の導入を積極的に考える時期にきているのではないかと思われる。

11. 総括

今回の調査から、得られた結果をまとめれば、次のとおりである。

1. 堤防のり面植生に求められる条件を明らかにした。
2. チガヤおよびススキ等は、重信川、最上川ならびに筑後川堤防のり面において優占的な種であった。
3. 堤防のり面における植生、現存量、生産構造および土壤調査からチガヤ、ススキ、オカメザサ、コグマザサ、ヘデラカナリエンシスおよびイガザサは、全国各地の河川堤防で幅広く利用されているノシバならびにティフトンと同様に堤防のり面で高い利用性を有していると判断された。
4. 重信川流域でチガヤの種子を採取する場合には、下流域で5月下旬に実施するのが好ましい。
5. チガヤは、現地で採取した地上部および地下部共に5cm程度のものを、1m²当たり50株（1株3芽計150芽）を植栽すれば、3年程度で自然侵入したチガヤ群落とほぼ同様の質および量の群落を形成する。
6. オカメザサおよびコグマザサは、1m²当たり25株（1株3芽立）を植栽すれば、チガヤ同様に3年程度で全面を被覆し、初期の目的を達成する。

7. ヘデラカナリエンシスは、1 m²当たり25株（1株3芽立）を植栽すれば、2年程度で全面を被覆し、初期の目的を達成する。
8. ヘデラカナリエンシスは、他の植物とは異なり、葉面積が広いので、夏に乾燥が続く場合、特に植栽当年には、灌水を考慮しておくことが必要である。
9. チガヤ、オカメザサおよびコグマザサは、ノシバ、ティフトンに比べ、生育性、景観面および防災面共に優れている。ヘデラカナリエンシスは、その性質上後者に比べ、防災面でやや劣る。しかし、初期成長は最も早く、しかも表面侵食防止機能は非常に高い。
10. 一次根の引っ張り強さは、植物の種類に関係なくほぼ一定であった。
11. 根系の支持力調査のために測定試験機を試作した。この試験機は、根系がまったく存在しない場合、理論値に近い値が得られる。したがって、この試験機は実際の根系の強さを高い精度で表示しているものと考えられる。
12. 根系の支持力調査では、それぞれの植生の特徴が顕著に現れた。すなわち、竹笹類やススキのように大きな地下茎を有するものとノシバおよびティフトンのような小さな地下茎を有するものとでは、根系の支持力に大きな差が認められた。
13. それぞれの植生の根系の支持力調査では、強度的に並べれば、強さの順に次の5グループに大別することができる。
 - 1) オカメザサ
 - 2) イガサザ、コグマザサ、ススキ
 - 3) ノシバ、チガヤ
 - 4) ティフトン
 - 5) ヘデラカナリエンシス
14. オカメザサ、コグマザサ、ヘデラカナリエンシスおよびチガヤでは、被度が100%に達すれば、通常の自然降雨では表面侵食は発生しないものと考えても問題はない。
15. チガヤの春の芽出しから7月の下旬までの期間であれば、刈り込みに伴う再生量は、刈り込みを実施しない場合とほぼ同様な値を示す。
16. チガヤは冬に枯れるので、秋に根元より刈り取りを実施する必要がある。実施すれば、春の芽出しが早くなる。
17. オカメザサとコグマザサの刈り込みは、発筍前であれば、その後の成長に影響を及ぼさないが、発筍後は、ほとんど新葉を生じないので注意が必要である。
18. 堤防のり面植生に対して、地域住民はその堤防のり面に固有の植生、すなわち、雑草類の利用を望んでいる。
19. 地域住民は堤防のり面にエノキ、ムクおよびヤナギ等の木本類を積極的に利用することを望んでいる。

12. 具体的な植生のり面保護工の提案

ここではこれまでの調査結果および今回2ヶ年の調査結果を基に、主として堤防のり面に固有の種を利用した具体的な植生のり面保護工法を提案する。

① チガヤ

重信川堤防のり面に新しくチガヤを導入する場合、現地で採取した地上部および地下部共に5cm程度のものを使用して、植栽密度を50株（150芽）／m²程度にすれば、3年程度で面的にも質的にもほぼ目的とするチガヤ群落が形成される。また、ほぼ同様なことは雑草地に導入する場合にもいえる。また、これまでの調査結果から広がりの方向は斜面上部、下部、上流側および下流側でほとんど差は認められず、チガヤを堤防のり面に導入する場合、オカメザサ、コグマザサ等のように方向性は考慮しなくてもよい。

なお、管理上の問題としてチガヤの場合、秋に全体が枯れるので、枯れる直前に根元より刈り取りを行いうことが必要である。そうすれば冬の乾燥時期に火事の心配がなくなるのと同時に、春の芽出しも非常に早くなり、一石二鳥である。

② オカメザサ

新規造成のり面に導入する場合には、市販されている3芽立ちのポット苗を16～25株（ポット）／m²、雑草地に導入する場合には、雑草を刈り取った後、新規造成のり面同様に3芽立ちのポット苗を16～25株（ポット）／m²程度導入することが必要である。理想的には、25株（ポット）／m²以上が望ましい。

これまでの調査結果からオカメザサの場合、斜面上部および下部と下流側ならびに上流側とでは、その広がり速度や密度が異なる。したがって、植栽間隔は、斜面上部および下部方向1に対して、下流側ならびに上流側方向2～3の割合で実施することが必要である。導入後の取扱として、刈り込みを実施する場合、発芽前であれば根元から実施しても問題は生じないが、発芽後は、節を2～3節残して実施しなければ、新葉が生じてこないので、特に、この点に注意が必要である。なお、発芽前の時期は、期間が短いので、作業は短期的に集中して行うことが重要である。

③ コグマザサ

コグマザサも同じ竹笹類ということで、導入方法および取扱い方法は、基本的には、オカメザサと同様で問題はないものと考えられる。すなわち、新規造成のり面に導入する場合には、市販されている3芽立ちのポット苗を16～25株（ポット）／m²、雑草地に導入する場合には、雑草を刈り取った後、新規造成のり面同様に3芽立ちのポット苗を16～25株（ポット）／m²程度導入することが必要である。理想は、25株（ポット）／m²以上が望ましい。特に留意する点として、コグマザサはオカメザサに比べると、稈高が低いので、侵入してくる雑草類を植栽の早い段階から制御するには、さらに植栽密度を高めることが必要となる。また、これまでの調査結果から広がりも、斜面上部への広がりが最も少なく、下流側および斜面下部への広がりが大きいので、このことを考慮に入れて植栽間隔を考える必要がある。

導入後の取扱は、オカメザサ同様、刈り込みを実施する場合、発筈前であれば根元から実施しても問題は生じないが、発筈後は、節を2～3節残して実施しても、オカメザサとは異なり、新葉が生じてないので、特に、この点に注意が必要である。しかし、コグマザサは稈高があまり高くならないので、現実には発筈後の刈り込みは余り考えることは必要ないであろう。

④ ヘデラカナリエンシス

ヘデラカナリエンシスの場合も、新規造成のり面に導入する場合には、市販されている3芽立ちのポット苗を16～25株（ポット）／m²、雑草地に導入する場合には、雑草を刈り取った後、新規造成のり面同様に3芽立ちのポット苗を16～25株（ポット）／m²程度導入することが必要である。理想は、25株（ポット）／m²以上が望ましい。

これまでの調査結果からヘデラカナリエンシスは、斜面上部への広がりが最も少なく、斜面下部、上流側および下流側への広がりが大きいので、植栽時にはこのことを認識しておくことが必要である。

以上をまとめれば、表-12-1に示す通りである。

表-12-1 導入およびその後の管理方法

種類	植栽密度 株・ポット／m ²	植栽間隔を考慮する 必要があるか否か	管理方法
チガヤ	49 (147芽)	なし	秋に地上部より刈り取る。 刈り込みを実施すれば、 翌春の芽出し早い。
オカメザサ	16～25 (36)	あり	刈り込みは、発筈前に行 う。それ以降は、節を2～3節残して行う。
コグマザサ	16～25 (36)	あり	刈り込む場合は、発筈前 に行う。それ以降は、実 施しない。
ヘデラカナリ エンシス	16～25 (36)	あり	特に乾燥に注意が必要で ある。
共通	導入時やその後の管理で共通して考えておかなければならることは、根系の乾燥防止 を徹底して行うことと、場合によっては導入当年に限って、保水剤の利用や灌水も行わ なければならない。また、施肥を行うことによって、群落の質的および量的向上を早期 に図ることも考えなければならない。さらに、被度が100%に達していても禾本科の植 物がところどころで伸びてくることがあるので、この場合には、人力で根元から引き抜 くことが必要である。		

注：チガヤ以外の（ ）内の数字は、堤防のり面ではないが、別途調査した結果である。
経費的に可能ならば、できるだけこの密度に近づけることが望ましい。

13. おわりに

これまでおよび今回の2年間の調査結果を基に、チガヤ、オカメザサ、コグマザサおよびヘデラカナリエンシスを堤防のり面保護工用植生として実際に導入する場合の具体的な密度やその後の管理方法等について述べ、新たな植生のり面保護工法を提案した。

これらの内容は、実際の堤防のり面ではあるが小面積で、あるいはモデル的な場所での調査結果を基にしたもののがほとんどである。

したがって、この結果を直ちに重信川全域あるいは環境条件の類似した他の河川堤防のり面に適用するのには、若干問題があるのではないかと考えられる。その問題点の主なものは、次の通りである。

- ① 北向きと南向きのり面では、当然のことながら植生の生育に差が生じるので、小面積の結果をそのまま大面積に拡大して考えるには、多少無理が生じるのではないか。
- ② 小面積の結果を前提に大面積の場合を考える場合、相似形になるかどうかの検討が必要である。
- ③ 小面積の場合と大面積の場合とでは、その景観が大変異なるので、大面積の場合、堤防全体がどのような景観になるのかという検討が必要である。
- ④ その他、導入植生の植栽時期の検討（主としてチガヤ）およびチガヤ苗の確保とその増殖方法の具体的な確立についての詳細な検討が必要である。

以上のように、これまでの2年間の結果をそのまま現地に適用するには、上述したようにいくつかの研究課題が残されているので、どうしてもその中間に位置する試験施工が必要となってくる。試験施工の位置づけは、次に示す通りである。

