

山武市小松地区海岸林再生プロジェクト
最終レポート



「千葉大学大学院園芸学研究科緑地科学プロジェクト演習 2013」

対象地：千葉県山武市小松地区海岸地域

実施年度：2013 年度

クライアント：千葉県山武市役所

メンバー

| | |
|------------|------|
| 緑地環境情報学研究室 | 秋山浩輝 |
| 再生生態学研究室 | 浅利悠介 |
| 再生生態学研究室 | 神原大地 |
| 再生生態学研究室 | 築瀬了也 |
| 再生生態学研究室 | 劉恩璽 |

目次

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. プロジェクトの要約 | 2 |
| 2. 千葉県の海岸林整備方針 | 5 |
| 3. 千葉県山武市小松地区沿岸地域の海岸林再生に関する提案 | 8 |
| 4. 土地利用計画案と目標・目的との対応 | 11 |
| 5. 管理計画 | 14 |
| 6. 長期の展望と今後の検討事項 | 17 |
| 7. 引用文献 | 18 |
| 謝辞 | 19 |

1. プロジェクトの要約

1-1. プロジェクト概要

プロジェクト名：山武市小松地区海岸林再生プロジェクト

対象地：千葉県山武市小松地区海岸地域

実施年度：2013 年度

クライアント：千葉県山武市役所

1-2. 対象地

対象地は、千葉県山武市小松地区に流れる木戸川の河口近くの海岸地域であり、2011 年 3 月の東北太平洋沖地震による津波の被害を受けた。津波は、海岸、木戸川堤防の破損部、川の堤防を越えて大排水路をつたうという三つの経路から流人しており、小松地区では約 23ha の面積で 1m 以上の浸水深を記録し、住宅等が床上浸水・半壊した(昨年度調査より)。

海岸からの津波に対しては、海岸林の存在が津波の被害を軽減する効果を発揮したことが報告されている。しかし、海岸のマツ林は、地域全体を通して地下水位が高いことによる過湿、マツノザイセンチュウの蔓延、そして 2011 年の津波の影響で著しく衰退している。

そこで、地域の防災機能の向上を期待して、マツ枯れや津波で被害を受けた海岸林の再生が望まれている。しかし、海岸林を全てマツ林にすることは、マツノザイセンチュウへの抵抗性の問題と、高すぎる地下水位の問題があるため困難である。地下水位については盛土により相対的に下げることができるが、地形的にも周辺土地利用の点でも海岸林域に湿地を残さざるをえず、その部分の対処が課題となっている。



図1 千葉県山武市小松地区

(調査対象地は赤枠内：GoogleMap より引用一部改変)

1-3. 現在行われている事業

現在、決壊した木戸川の堤防の修復工事等が進められている。堤防は、海岸林前線部の砂丘と同じ高さ(約 5m)であり、砂丘と連結されている。

海岸林を構成する可能性のある樹種の植栽試験を、千葉県北部林業事務所と共同で行っている。

1-4. 問題点

今年度および昨年度の調査、また、文献調査等から、以下のような問題点が挙げられる。

- ・海岸域は、夏は乾燥し、大雨が降ると長期に渡って冠水する環境である
- ・住宅地地域(日大の池等)での地下水ポンプアップの効果が海岸林域の地下水には及んでいない(地下水の動態は道路を挟んで互いに独立している)
- ・マツ材線虫病の蔓延
- ・侵略的外来植物の拡大
- ・野生動物による植栽の食害

1-5. クライアント・周辺住民の要望

防災機能に加え、景観形成と、観光資源となるような場所にしたい。

- ・市内、市外の人が「行きたくなる」場所(※現在は人があまり来るような場所ではない)
- ・山武市オリジナルな海岸林の姿



図 2 衰退したクロマツ林の様子



図 3 台風通過後の海岸林の様子



図 4 植栽試験地の様子

2. 千葉県海岸林整備方針

津波による被災後の九十九里海岸における海岸林の造成・管理方法については、「海岸砂丘低湿地における植栽木根系の滞水反応と樹林帯造成法に関する研究(2001 小田隆則)」¹⁾の成果を参考に、「千葉県海岸県有保安林整備指針(2012 千葉県農林水産部森林課)」²⁾として提案されている。以下に概略をまとめる。

2-1. 「海岸砂丘低湿地における植栽木根系の滞水反応と樹林帯造成法に関する研究」の要旨

(1)クロマツの集団枯損に関わる立地要因解析

クロマツの集団枯損は地下水の水位が高く、しかもその溶存酸素が不足しているために発生している。

(2)地下水の常在域および変動域土壌におけるクロマツ根系の分布様式

クロマツの根系が生存できる土壌域は概ね地表面から斑鉄層の上部の付近、斑鉄層の最上部から $18 \pm 11\text{cm}$ の深さまでの区域と推定され、生存できる根系の深さは地下水によって決定される。したがって、斑鉄層の存在を確認することでクロマツ根系が生存できる土壌域を推測し、クロマツの生育の良否を予測することも可能と考えられる。

(3)地下水の滞水日数とクロマツの生存限界

淡水および海水を用いて疑似滞水状況を造り、クロマツの生存限界について実験した。淡水を用いた処理区では、滞水 90 日目頃から枯死被害が発生し、120～180 日目での生存率は 70～50%であった。

海水を用いた処理区では、滞水開始から概ね 1 週間程度で枯死被害が発生した。

(4)クロマツの健全度と T/R および根系分布特性

クロマツ T/R は直径の増大と関係なく一定であった。
また、健全なクロマツの樹齢と根系の垂直深との関係は以下の式で表され、クロマツがより長く生存するにはより深い根系分布が必要であることが明らかになった。

$$y=2.1x+11.6$$

(x : 樹齢(年)、y : 根系の深さ(cm))

(5)クロマツ樹林帯造成のための低湿地改良

低湿地の現況、九十九里のクロマツ林の生態的特徴、また防災機能の点からみた現実的

な目標樹齡(林齡)は40～50年と思われる(樹高は12～15m程度に達する)。

樹齡50年のクロマツに必要な土層の厚さは(5)の式より1.2mであるが、地盤沈下などの影響も考慮すると1.9mとなる。したがって、目標林齡50年のクロマツ林を造成しようとする場合、地下水面から1.9mの厚さの土層を確保できるように盛土を行うことが望ましい。

(6)クロマツ代替樹種による低湿地樹林帯造成

植栽試験を行い、クロマツ以外の海岸林構成樹種を検討した結果、候補としてヌマスギ(ラクウショウ)が選抜された。しかし、潮風害への耐性の問題からも前線部分はクロマツ林の造成が望ましいといえる。

2-2. 「千葉県海岸県有保安林整備指針」による主な整備方針

(1)森林の構造・配置

海岸に近く潮風及び飛砂の影響を受ける森林の前線部はクロマツ林、潮風及び飛砂の影響を受けない区域は、病虫害被害等によるリスクを軽減させるため、クロマツと広葉樹による混交林または広葉樹林を育成する。

(2)植栽密度

植栽本数は 10000 本/ha が標準とされていたが、現地の状況に応じて植栽本数を減らすことも検討する(コスト削減と整備進捗の早期化のため)。

(3)湿地・雨水対策

植栽地は、湿地等の地下水位が高い箇所では地下水面の最高位から 80cm 以上盛土することで植栽木の根系の生長を図る。

植栽地の雨水処理は、効果的な位置に水路を設けて排水を図る。

(4)津波に対する減災機能を高める工夫

防災面、特に津波による被害防止上から砂丘や樹林が切れ目なく連続して存在することが望ましく、海岸線に沿い連続性を保つよう整備を図る。

(5)管理道

管理にあたっては、森林内に適正な間隔で管理道が配置されていることが、作業の効率性だけでなく、作業を適正に行うためにも必要である。また、管理道は従来、海側から陸側に一直線に配置されていたが、屈曲させた管理道とすることで樹林の連続性を持たせ、防災機能の向上に期待する。

(6)整備の進め方

防災目標を早期に達成するために、前線部分から順に整備を進めていく。

3. 千葉県山武市小松地区沿岸地域の海岸林再生に関する提案

3-1. 目標と目的

目標：防災機能を持ち、地域の自然環境を考慮した魅力ある海岸林域の造林方法・管理方法の提案

目的1：防風、防砂、防霧、潮害防備および津波対策のための海岸林

目的2：地下水に配慮した海岸林

目的3：維持管理がしやすい海岸林

目的4：地域住民に親しまれる海岸林

3-2. 基本的アプローチ

目的1：防風、防砂、潮害防備および津波対策のための海岸林

防災機能を高めるために十分な海岸林帯幅を確保する。林帯幅は50m程度以上で津波の流体力を半減させ、津波の到達距離や浸水深の低減は林帯幅200m以上で高い効果があるとされる³⁾。本対象地でも砂丘部から住宅地までに全体で200m以上の緑地帯を設けることで津波の減災を目指す。

樹高に関しては最前線のクロマツ林では早期に樹高10m程度に達することを目指す¹⁾。

目的2：水に配慮した海岸林

海岸林部分は、季節や天候によって地下水位標高が約1m程度変動するため、現状の環境下で植栽可能な樹種は限られる。2013年10月の台風26号の通過の際は、270mmの雨量を記録し⁴⁾、約20日間に渡って地表の冠水が続いた。また、地表に表れた水の水位の低下する早さは、一日あたり1.6cm程度である。

そこで、マツ林後背部は湿地(調整池)を設け、大雨時の貯水機能を向上させる。また、湿地環境に適した樹種による樹林の成立を目指す。

調整池に過剰に水が貯まった場合には、住宅地部分にある排水路に接続させて排水できるようにし、湿地が拡大しすぎないようにする。

※必要となる調整池の大きさの推定

現在の平均地下水位は浅いところで約 50cm (=500mm) である。土壌の空隙率は約 50% であるから、降雨時に溜めることのできる雨量は

$$500\text{mm} \times 50\% = 250\text{mm} \cdots \textcircled{1}$$

と概算できる。しかし、2013年10月の台風26号では①の値を超える270mmの降雨があり、実際に冠水状態となった。

ここでは、さらに雨量の多い場合を想定し、300mmの降雨でも冠水しないようにするための調整池の大きさを考える。対象とする調査範囲内(約400m×200m)でのみ水の流入が起きていると仮定すると、必要な調整池の大きさは下の図5のようになる。図5の土壌および調整池が含むことのできる水の体積は

$$\begin{aligned} & (\text{土壌に含むことのできる水の体積}) + (\text{調整池に含むことのできる水の体積}) \\ & = [\{ 0.5\text{m} \times (200\text{m} - 70\text{m}) \} + \{ (0.5\text{m} - 0.3\text{m}) \times 70\text{m} \}] \times 400\text{m} \times 50\% \\ & \qquad \qquad \qquad + (0.3\text{m} \times 70\text{m} \times 400\text{m}) \\ & = 24200\text{m}^3 \cdots \textcircled{2} \end{aligned}$$

となり、対象地内に降る雨量は

$$300\text{mm} \times 200\text{m} \times 400\text{m} = 24000\text{m}^3 \cdots \textcircled{3}$$

であるので、②>③より300mmの降雨時にも海岸林部分の冠水を防げるといえる。

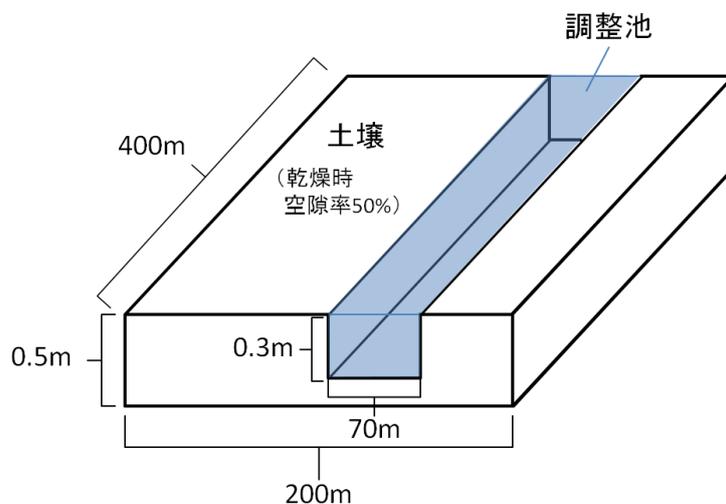


図5 対象となる土壌と必要となる調整池の大きさ

目的 3：維持管理がしやすい海岸林

目的 3-1：マツ枯れ対策

海岸林の最前線部はクロマツが望ましいが、マツノザイセンチュウによる松枯れの被害が出る危険性がある。対処法としては、マツノマダラカミキリの殺虫剤の散布や、マツ林の隔離によってマツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリの移動を制限する方法などがある。しかし、後者の場合、海岸林は防災の観点から連続性を保たなければならず、マツノマダラカミキリの飛翔能力も 2km と広範囲であるため、完全な隔離は困難である。一方、前者の場合、風により隣の住宅にまで薬剤の一部が散布されてしまう可能性はあるが、比較的広範囲の松枯れ対策を低コストで行うことができる。住宅地に薬剤を飛ばさないようにするためにも、クロマツ林の林帯幅は 80m 程度にする。

尚、マツノマダラカミキリを利用するクロマツの枯死木や衰弱木は、伐倒・集積・燻蒸し、更なる感染拡大を防ぐ。

目的 3-2：侵略的な植物への対応

イタチハギやニセアカシアといった過去に導入された侵略的外来植物は、樹林地の発達が悪く所に侵入する。したがって、海岸林の成長によって減少させることができる。海岸林の発達過程では、盛土や調整池の造成時に根から取り除き、必要に応じて除草剤を用いた防除策を行い抑制する。

目的 4：地域住民に親しまれる海岸林

現在の海岸部は疎なマツ林と藪が主であり、元の海岸林の景観や生態系が失われ、人の利用も少ない。そこで、防災機能に加え、レクリエーションの場としての価値や生態学的な価値も考慮した海岸林を目指す。

目的 4-1：景観

クロマツ林と、後背部分の林の組み合わせによって山武市オリジナルの景観を目指す。湿地部分には、夏にきれいな花を咲かせるハマボウや独特の気根を形成し秋には紅葉するラクウショウ等、観賞価値のある樹種を、配置にも考慮しながら植栽する。

また、道路に隣接する部分に盛土および広葉樹林を造成する。

目的 4-2：野生生物の生息地としての機能

九十九里海岸は千葉県立自然公園区域に当たり、コアジサシの生息地、ウミガメの産卵地、特有の海浜植物の生育地等としても貴重な場所がある。樹林の造成によって海浜と海岸林の連続性をもたせ、より多様な環境を形成する。

4. 土地利用計画案と目標・目的との対応

目標を達成するために、基本的な景観配列を海側から順に、砂丘、クロマツ林、湿地林(調整池)、広葉樹林となるように提案する(図6、図7、図8)。

1. 最前線部分

砂丘後背部の海岸林の最前線部分にはクロマツ林を造成する(目的1)。クロマツの健全な生育に十分な厚さの植栽基盤厚を満たすために地下水面の最高位から80cm以上の盛土を行う²⁾。植栽本数は10000本/haの密度で植栽する。このように密植を行い、成林を早めるとともに除草管理の手間を軽減させる。また、クロマツ林を造成する箇所は藁を敷くのに加え最前線部に竹柵をつくり防風・乾燥対策を施す(目的3)。林帯幅は、地形や管理のしやすさを考慮して80m程度とする(目的1、目的3)。

2. 湿地林(調整池)

盛土したマツ林の後背部分は、大雨時には調整池として機能するように整備する。調整池となる部分に林帯幅70m程度の湿地林を造成する(目的1、目的2、目的4)。樹種はハマボウとし、植栽密度は10000本/haとする。

また、調整池は、ある程度水位が上がった場合は住宅地側の排水路に排水できるように暗渠を整備する(目的2)。現状では、台風の大雨の後、地表の冠水が20日程度続くので、10日程度で水が引く能力の排水設備を整備する。

3. 広葉樹林

林帯幅40mの広葉樹林を整備する。クロマツ林と同様に根系の存在域が80cm以上確保できるように盛土を造成し、6000本/haの密度で植樹する。植栽木は成林時に上層・中層・下層を構成する比率が2:3:5となるように選定して植栽する(目的1:風を吹き抜けにくくする)⁸⁾。

樹種については植栽試験の結果や住民の意見を参考に複数の樹種から成る樹林にする(目的3、目的4)。一般に、乾燥に強く安定した生育が見込めそうな樹種はマサキ、トベラ、ウバメガシ、ヒメユズリハ、ヤマモモ、サンゴジュ、エノキ、スダジイ、タブ、ヤブニッケイ、シロダモ、モチノキ、カシ類である。

※盛土については、現地の砂ではなく客土(建設残土等)を用いることで、保水性の向上を図り生育可能な樹種を増やすことができると考えられる(資料:飯伏参照)。ただし、客土を用いる際は土壌の物理的・化学的性質に配慮し、植栽基盤としての基準を満たすように適宜土壌改良を行うものとする¹¹⁾。特に植栽基盤が滞水しないように注意する。



図 6 土地利用計画案(現況図との重ね合わせ)

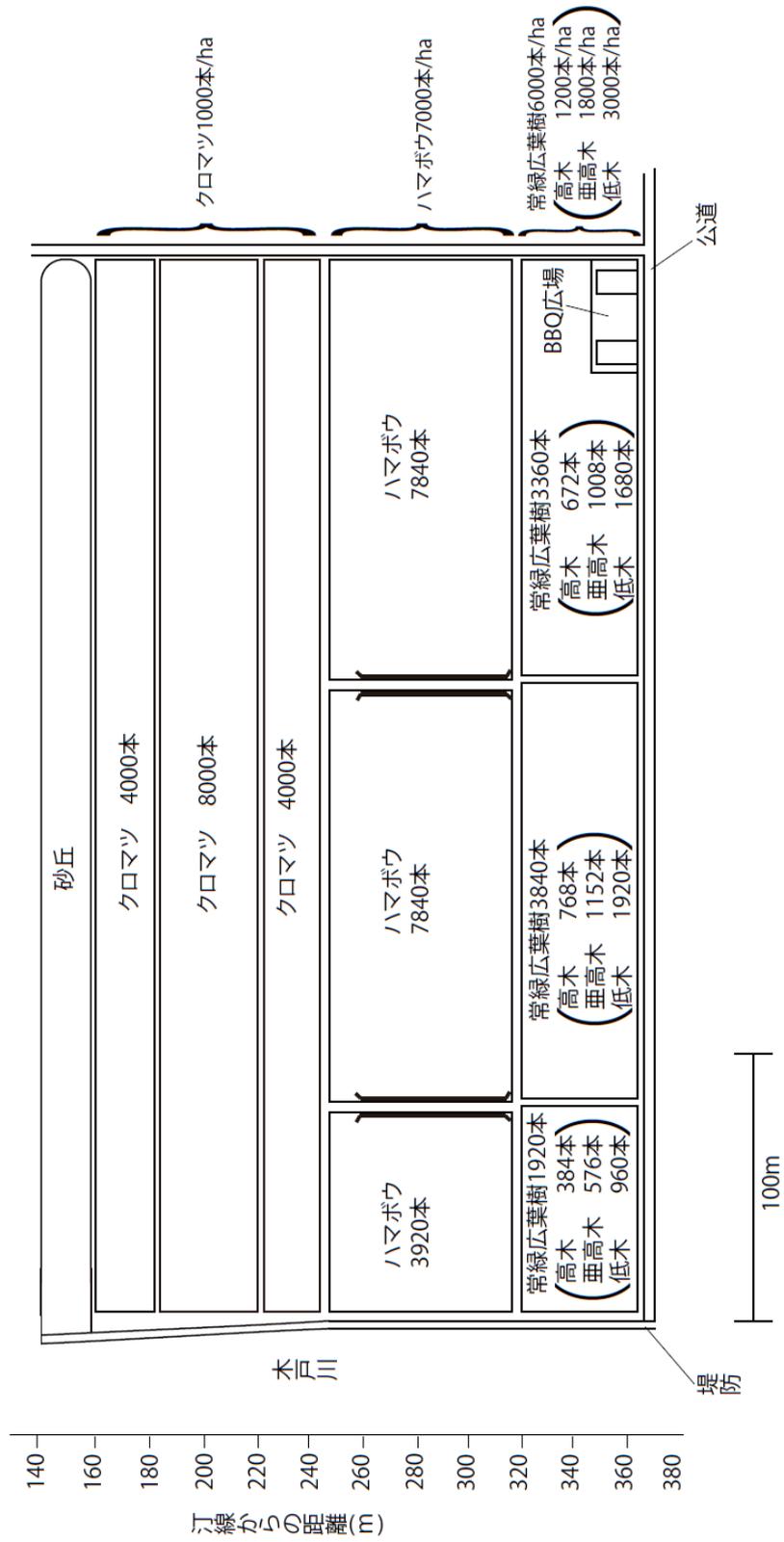


図7 土地利用計画案 (平面図)

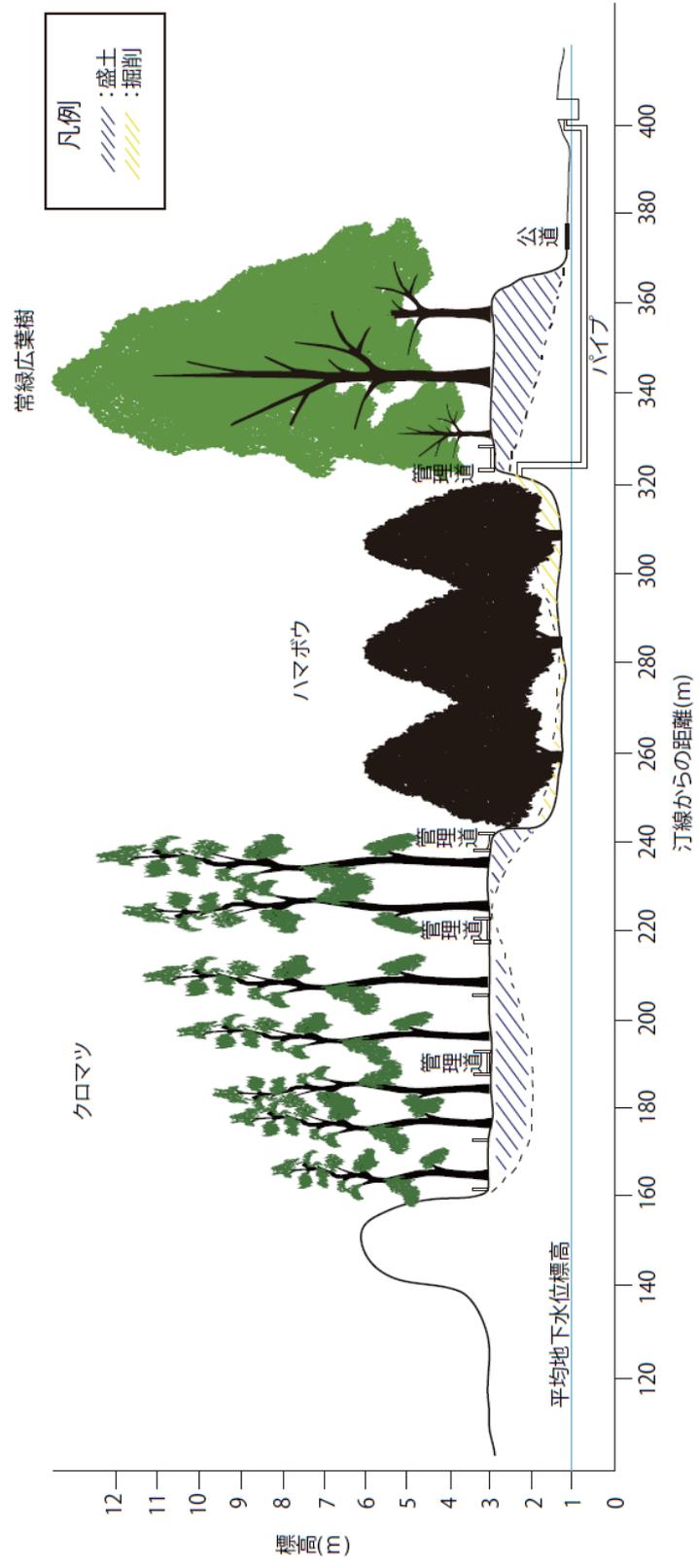


図8 土地利用計画案 (断面図)

5. 管理計画

5-1. クロマツ林

下草刈りはマツの稚樹が雑草との競争に負けないように、最初の植栽後 5~10 年程度で 6 月~9 月に行う。下草刈りと松葉かきを行うことでマツの枯死を減少させる⁵⁾。

防災林の機能を保持するために、マツの様子を確認しながら段階的に除伐する。対象樹木は樹形などが劣り主木の生育を阻害する樹木および病虫害被害のある樹木、残したい樹木と競合する樹木を対象とする。時期としては、除伐対象木の葉が茂り、障害の状態がわかる時期かつ除伐した伐根の萌芽力が弱い時期が望ましいため、6 月~8 月に行う⁶⁾。また、あまりに枯損が多い場合には改植・補植を行う。マツノザイセンチュウ病の対策として、薬剤散布を 6 月の上旬と下旬に 1 回ずつ行う⁷⁾ のに加え、マツノザイセンチュウ病に罹患した個体の伐倒・除去を行う。

小田(2001)¹¹⁾によると、クロマツ林は林齢 40 年~50 年に達すると樹冠のうっ閉が破れはじめて防災機能も低下するため、林齢 40 年を目処とした密度管理を行う。

5-2. 湿地林

本プロジェクトの植生調査の結果、湿地帯にはヨシ、イタチハギが優占していた。調整池を造成する際にこれらの種は根から除去するが、除去しきれなかった植物体から再生し侵入してくる可能性がある。そのため、夏季(7 月)にこれらの植物の除去作業を行う。

ハマボウの林を海岸部に造成する研究例は少ないため、サイズや生死の観察・測定をしながら必要に応じて除伐を行う。また、ハマボウは秋には紅葉し落葉するため排水用のパイプが詰まらないように 11 月下旬から 12 月にかけて落ち葉を掬い上げる。

5-3. 広葉樹林

植栽後 15~20 年後の間に 2 回に分けて緩やかに除伐を行い 3000 本/ha まで密度を減らし⁸⁾、個々の樹木が台風や津波でも倒れないように太く大きく成長させる。除伐対象としてはフランス式広葉樹間伐法⁹⁾を参考として、林内の素性の良い優勢木と劣勢になりつつある中・下層を出来るだけ残しておき、優勢木と樹高や樹冠の成長競争をしている準優勢木を主体的に除伐する¹⁰⁾。

また、広葉樹林帯には現在ササが繁茂している箇所があるため、林冠が閉鎖するまでの間に侵入し、苗木の生育を阻害する可能性がある。そのため、ササが繁茂した場合は新葉が展開する 6~8 月にササを刈り取る。

表2 管理計画案（月単位）

| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|-----|----|----|----|----|----|-------------|----------|---------------------|----|-----|-----|------------|
| マツ林 | | | | | | 松葉かき(任意の時期) | | | | | | |
| | | | | | | 除草刈り | 除伐 | | | | | |
| | | | | | | 薬剤 散布 | 薬剤 散布 | 侵入種の 除去 | | | | 落ち葉の 除去 |
| 湿地林 | | | | | | | | 枯死木や生育不良の 個体から除伐 | | | | |
| | | | | | | | | 除伐 | | | | |
| | | | | | | | | 除草刈り | | | | |
| 広葉樹 | | | | | | | | | | | | |

6. 長期の展望と今後の検討事項

6-1. 湿地林の管理について

調整池にはハマボウ・ラクウショウ・ヤナギが植栽可能と思われるが、本プロジェクトでは景観の美しさと希少性からハマボウを植える計画を立てた。しかし、湿地林の造成についての研究例は少なく、適切な植栽や管理の方法はわかっていない。そこで、湿地林については防災林であると同時に大規模な植栽試験として、モニタリングを続けながら管理する必要がある。

また、安定した湿地林が成立した後は、レクリエーションの場としての機能を高めるべく遊歩道の設置なども検討する。

6-2. 広葉樹林について

広葉樹林を構成する候補に挙げられている樹種は、一般的に乾燥に強いとされている樹種である。今回の対象地では実際に植栽試験も行われているため、試験の結果によってはさらに適した樹種を絞ることも可能であると考えられる(資料：入澤を参照)

7.参考文献

- 1)小田隆則(2001):海岸砂丘低湿地における植栽木根系の滞水反応と樹林帯造成法に関する研究:岩手大学博士論文
- 2)千葉県農林水産部森林課(2012):千葉県海岸県有保安林整備指針(九十九里地区)【災害にも強い海岸県有保安林の再生を目指して】
- 3)林野庁・東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会(2012):今後における海外防災林の再生について 13,14pp
- 4)気象庁 HP:過去の気象観測データ <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (閲覧日 2013/1/21)
- 5)財団法人日本緑化センターHP「マツ再生プロジェクトーマツ林の手入れー」
<http://www.pinerescue.jp/mamoru/taisaku/teire.html> (閲覧日 2013/1/21)
- 6)愛媛県農林水産部林政課(1987):海岸防災林造成について「森林の気象災害防止技術指針」 pp47-65
- 7)石川県農林総合研究センター林業試験場(2013):よくわかる石川の森林・林業技術 No.8 海岸マツ林の松くい虫対策(改訂版)
- 8)高橋美代子(2001):臨海埋立地環境保全林の密度管理:千葉県林業試験場研究報告 10 17-32pp
- 9)片岡秀夫(1974):森林の景観施業 128pp:日本林業技術協会
- 10)高橋美代子(1996):臨海埋立地広葉樹林の複層林への誘導:48回日林関東支論 47-48pp
- 11)高橋輝昌(2004):植栽基盤と林の造成「最新環境緑化学」(小林達明・森本幸裕 編):朝倉書店 111-126

謝辞

本プロジェクトにご協力くださった皆様に厚く御礼申し上げます。

山武市役所市民自治支援課の内山晴夫様、須郷泰治様には調査へのご協力や報告会の開催にご尽力頂きました。

小林達明先生にはプロジェクト全般に渡って適切なアドバイスを頂きました。

TAの永留真雄様にも様々なご意見を頂きました。

緑地環境工学研究室の学生の皆様には用具をお借りしたり調査に同行頂いたり、水文・水質調査の際に大変お世話になりました。

皆様、本当にありがとうございました。