

東日本大震災からの復興に係る
公園緑地整備の基本的考え方

中間報告 参考資料 2

平成 23 年 10 月 6 日

国土交通省都市局公園緑地・景観課

津波防災に関する既往知見

1. 公園緑地の配置計画の基本的考え方に関する既往知見

○海岸部の樹林帯の役割

海岸部の樹林帯の役割については、下記の文献を参考にした。

『治山技術基準解説 防災林造成編(平成 16 年 12 月、日本治山治水協会)P.11』

海岸防災林造成は、海岸砂地等に森林を造成して、飛砂、潮風、波浪、高潮等による被害を防止または軽減することを目的とする。

[解説]

1. 我が国は、四方を海に囲まれて海岸線が長いことに加えて、夏は台風が頻繁に来襲し、冬は日本海側では北西の季節風が強く、飛砂、潮風、波浪、高潮等の被害を受けやすい。また、日本列島及びその周辺は世界的にも地震の多発地帯であり、津波災害もしばしば発生する。
2. 海岸防災林造成は、海岸に防潮工を設けて波浪等による海岸線の浸食を防止し、海岸砂地等を緑化し、森林帯を造成して飛砂の害、風害、潮害、霧害等を防止または軽減するために実施するものである。
3. 海岸付近は、良好な自然環境を持ち、レクリエーションの場としても価値が高いことから、自然環境の保全、レクリエーション活動にも配慮する必要がある。

2. 公園緑地の事業計画の基本的考え方に関する既往知見

○津波被害を受けた表土の塩害対策

津波被害を受けた表土の塩害対策については、下記の文献を参考にした。

『農地の除塩マニュアル(2011年6月、農林水産省)P.8』

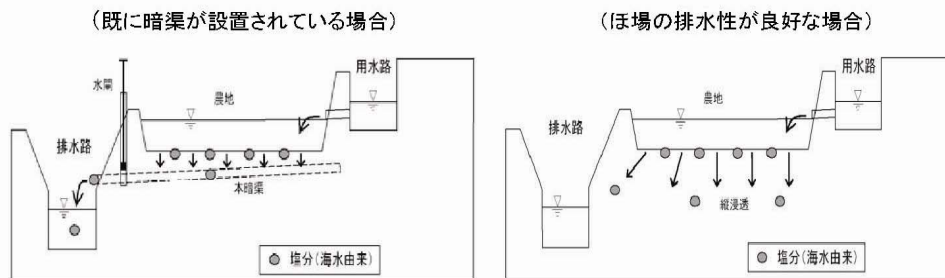
5. 除塩工

5.1 除塩の方法

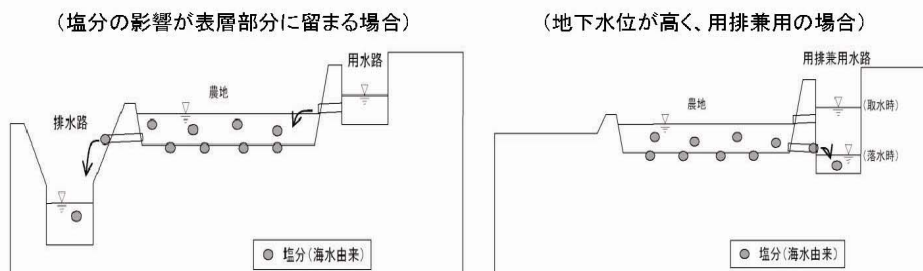
除塩の方法は、「2. 除塩の基本的な考え方」に示すとおり、土壌中の塩分を下方に押し流す方法(縦浸透法)と、土壌中の塩分を灌水している水に溶かさせほ場の水尻から排水する方法(溶出法)とがある。その選択にあたっては、土壌の塩分の影響深度、土壌の透水性、ほ場の地下水位等を総合的に勘案し決定する。

【解説】

- (1) 既に暗渠が施工されているほ場や砂質土壌のほ場など、排水性が良好で縦浸透が十分期待できるほ場では、縦浸透法による除塩が効果的である。

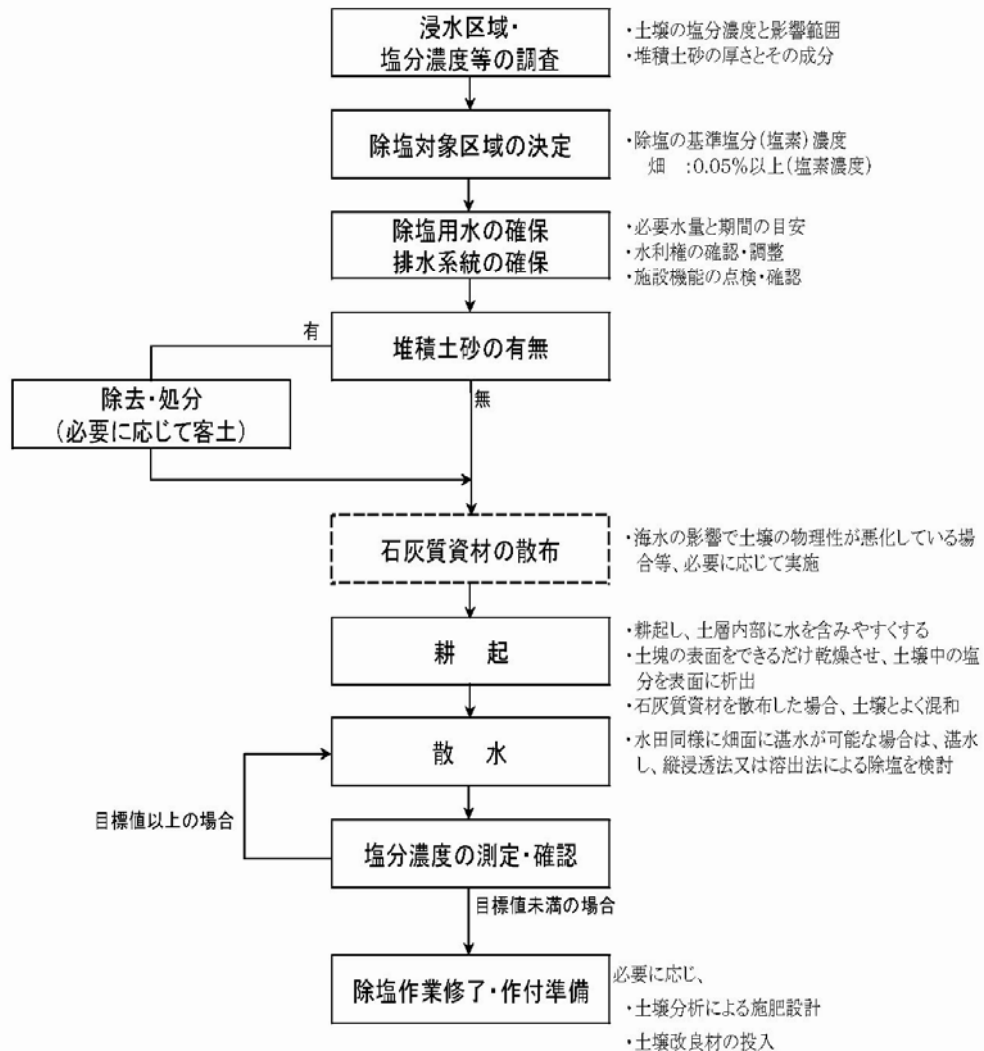


- (2) 海水による塩分の影響が作土層の表層部分に留まっているほ場や、地下水位が高く、暗渠が未整備で排水性も悪く縦浸透による除塩効果が期待できないほ場では、溶出法による除塩を検討する。



- (3) 除塩の標準的な作業フローを図-1及び図-2に示す。

図-2 除塩作業フロー(畑の場合)



3. 公園緑地の整備の基本的考え方に関する既往知見

○津波による樹木の折損や根返りの状況

津波による樹木の折損や根返りの状況については、下記の文献を参考にした。

『日本造園学会東日本大震災復興支援調査報告(初回)(陸前高田チーム)(2011年5月)P.2,3』

高田松原の被災木の根系は、2つの形態が観察された。根系ごと流失した個体の根系は、深さ(厚み)が1m程度であり、幹折れした個体は2m程度の深さであった。根系の厚みについては今後、元の地盤高を把握して精査する必要があるが、今回の地盤沈下により海中に沈下した場所(元々地下水位が高い?)で折れた幹を支えて自立している個体があることは、根系と水位、あるいは塩分との関係から興味深い現象である。



写真—2 杭根(ぐいね)により自立している被災木



写真—3 杭根(ぐいね)の見られない浅根の被災木

○公園緑地の計画地盤高

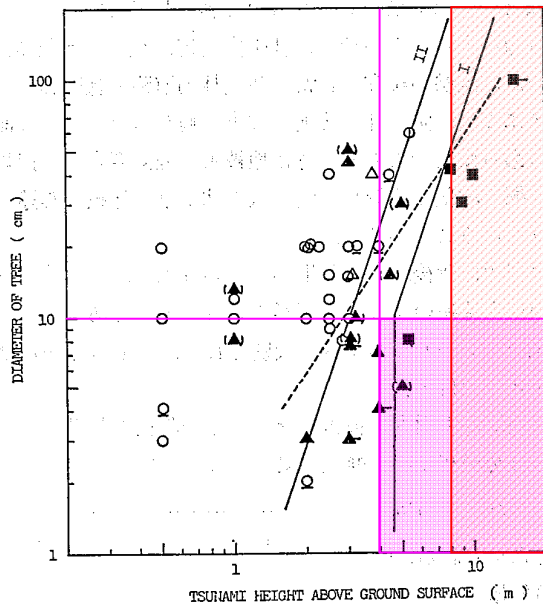
公園緑地の計画地盤高については、下記の論文を参考にした。

『首藤(1985), 防潮林の津波に対する効果と限界, 海岸工学論文集, P.465-469』

『首藤(1992), 津波強度と被害, 津波工学研究報告, 第9号, P.101-136』

『首藤(1985). 防潮林の津波に対する効果と限界. 海岸工学論文集. P.465-469』

- 1) 樹木の直径が10cm以下では津波浸水深4.65m以上となると折損する。
- 2) 直径10cm以下では浸水深4m以上では倒伏・折損する(下図のピンク色領域)
- 3) 直径が30~40cmあっても浸水深が8m以上になると折損する(赤斜線領域)



<グラフは下記津波の記録を整理したもの>
 収集した事例は、明治29年三陸大津波、昭和8年三陸大津波、昭和21年南海地震津波、昭和35年チリ津波、昭和58年日本海中部地震津波からえられたもので、43地点に対するものである。

図-6 主樹木の被害。○: 無被害, ▲: 倒木, ■: 切損。下線は下生えが密生していること, 括弧は林縁部疎開部などに発生したこと, 横棒は津波がもっと大きかったこと, をしめす。①は重複波的な津波であった場合である。

下表は、津波強度と被害程度の関係について示している。

この表の防潮林被害・防潮林効果の欄をみると、津波高が4mを越えると樹林に部分的な被害が発生し、津波高が8mを越えると樹林は全面的に被害が発生して防災効果が無くなることが示されている。

表 津波高と被害程度

津波強度	0	1	2	3	4	5
津波高 (m)	1	2	4	8	16	32
津波形態	緩斜面	岸で盛上がる	沖でも水の壁 第二波砕波	先端に 砕波を伴う ものが増える。	第一波でも 巻き波砕波を 起こす。	
	急斜面	速い潮汐	速い潮汐			
音響			全面砕波による連続音 (海鳴り、暴風雨)			
			浜での巻き波砕波による大音響 (雷鳴。遠方では認識されない)			
			崖に衝突する大音響 (遠雷、発破。かなり遠くまで聞こえる)			
木造家屋	部分的破壊		全面破壊			
石造家屋	持ちこたえる		(資料無し)		全面破壊	
鉄・コン・ビル	持ちこたえる		(資料無し)		全面破壊	
漁船	被害発生		被害率50%		被害率100%	
防潮林被害 防潮林効果	被害軽微 津波軽減 潮流物阻止		部分的被害 潮流物阻止		全面的被害 無効果	
養殖筏	被害発生					
沿岸集落	被害発生		被害率50%		被害率100%	
打上高(m)	1	2	4	8	16	32

○樹林帯の幅

樹林帯の幅については、下記の論文を参考にした。

『原田ら(2004), 津波災害低減のための防潮林(自然力)の活用について,

京都大学防災研究所年報 No.47, P.273-280』

『首藤(1985), 防潮林の津波に対する効果と限界, 海岸工学論文集, P.465-469』

『原田ら(2004), 津波災害低減のための防潮林(自然力)の活用について, 京都大学防災研究所年報 No.47, P.273-280』

樹林地が抵抗として働き、津波の浸水深を低下させる。浸水深が低下すると避難しやすいこと、避難路として使えるルートが増えることなどから、避難機会が増大する。また、浸水深が低下すると流されにくい、足下が見やすい、避難路の寸断や危険物の存在を確認しやすいなどから、危険要因が低減される。水位が低ければ構造物等の浸水被害も小さい。

河田・原田(2004)は 200mの防潮林幅ならば、浸水被害に関する浸水深を5~6割、流体力による被害に関する流速は4~6割に低減させることができるとしている。

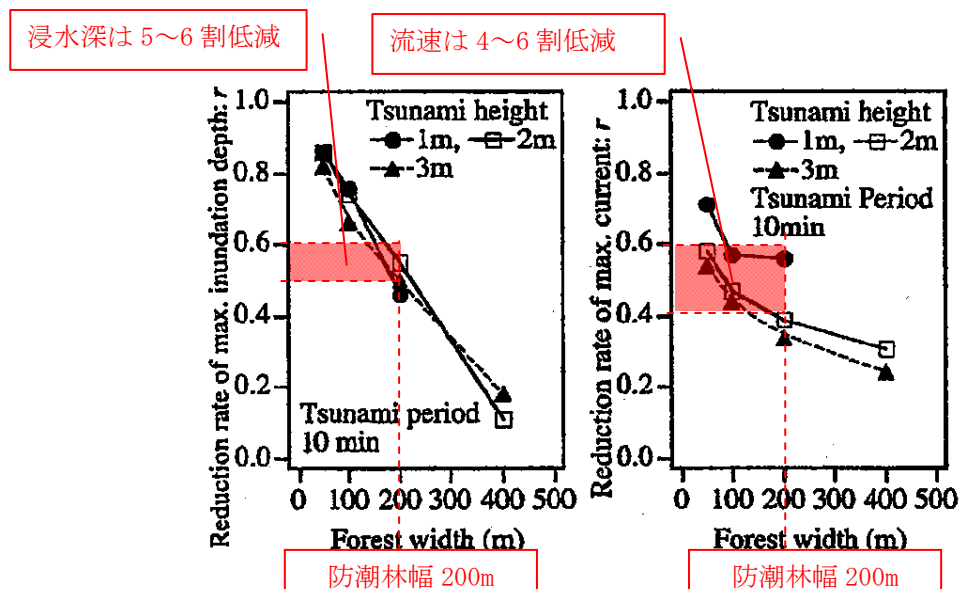


Fig. 1 防潮林幅と津波の減衰効果の関係

※下記条件による水理模型実験による検討結果

波高: 1, 2, 3m, 周期 10分, 海底勾配 1/200, 陸上地形勾配 1/500,

汀線から樹林の距離 100m, 林帯幅 50-400m, 樹高 10m, 枝下高 2m, 樹林密度 30本/100m²

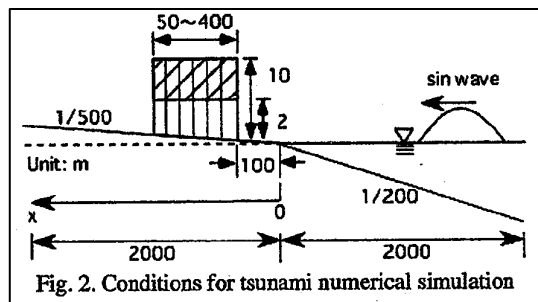


Fig. 2. Conditions for tsunami numerical simulation

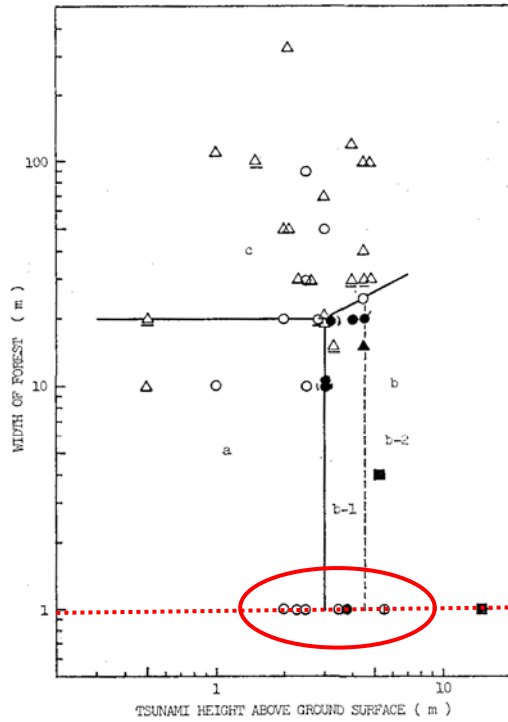


図-7 防潮林幅の効果。○：主樹木に被害なく漂流物阻止，■：切損のため無効果，●：倒伏するものの漂流物阻止も可能，△：流勢緩和，▲：流勢緩和不可能。斜線は強力な漂流物力が集中したことをしめす。他の記号は図-6と同じである。

図-7は防潮林幅の影響をみたものである。屋敷林や列状林で幅について言及されていないものは1mであるものとして整理した。

縦軸は林帯幅、横軸は地表面からの津波の高さ

- ：主樹木に被害なく漂流物阻止
- ：折損のため無効果
- ：倒伏するものの漂流物阻止も可能
- △：流勢緩和
- ▲：流勢緩和不可

→林帯幅が1mであっても、幹部が折損しなければ漂流物の捕捉効果が得られている。

<グラフは下記津波の記録を整理したもの>

収集した事例は、明治29年三陸大津波、昭和8年三陸大津波、昭和21年南海地震津波、昭和35年チリ津波、昭和58年日本海中部地震津波からえられたもので、43地点に対するものである。

○植栽基盤の厚さ

植栽基盤の厚さについては、下記の文献を参考にした。

『植栽基盤整備技術マニュアル(案)(2009年4月、財団法人 日本緑化センター)P. 14,15』

『今後における海岸防災林の再生について(中間報告)(2011年7月、東日本大震災に係る
海岸防災林の再生に関わる検討会:林野庁)P.6』

『植栽基盤整備技術マニュアル(案)(2009年4月、財団法人 日本緑化センター)P. 14, 15』

(2) 植栽基盤の厚さ

有効土層の厚さは、以下のような条件によって規定される。

- ①植物の根の集合体である根鉢が収まり、更に根が下方へ伸びることができること。
- ②強風の時にも倒れないだけの根張りを確保できること。
- ③早魃の時にも灌水なしで枯れないだけの水分を保てること。

実際には、植物の種類や諸条件によって異なってくるため、原則的に高木・低木、地被・草花等の区分により、平均的な厚さを標準として、表1-6の数値を確保していくことが適切と考えられる。

1) 高木 (生長して樹高3m以上になる樹木)

高木といわれているものには、15~20mにもなる大木も含まれ、ひとまとめにすることは困難である。そこで実際に用いられている高木の大きさから3段階に分けて、望ましい有効土層厚を表に示した。苗木を植栽する場合でも、目標とする樹高に応じた有効土層厚を確保することが望まれる。

2) 低木 (生長しても樹高3m未満の樹木)

低木では、有効土層の厚さが40~60cm、そのうち上層の良質土層は30~40cm確保することが望まれる。低木は、種類によって樹高50cm程度のものから3mになるものもあり、植栽時ではなく、生長後の樹高を勘案し、有効土層厚を確保することが必要である。

3) 芝生・草花

芝生や草花は、植物の乾燥等に対する環境適応力や植栽地の条件等により判断しなければならないが、早魃に耐えられるよう有効土層厚30~40cm以上を基本とし、そのうち上層20~30cm、下層10cm以上を確保することが望まれる。

表1-6 規格別有効土層の厚さ (参考値)

樹高*	高 木			低 木	芝生・草花
	12m以上	7~12m	3~7m	3m以下	
上 層	60cm	60cm	40cm	30~40cm	20~30cm
下 層	40~90cm	20~40cm	20~40cm	20~30cm	10 cm以上

* 樹高は、生育目標の大きさ

『今後における海岸防災林の再生について(中間報告)(2011年7月、東日本大震災に係る
海岸防災林の再生に関わる検討会:林野庁)P.6』

被災状況を詳細に見ると、地盤高が低く地下水位が高い箇所では、樹木の根が地中深くに伸びず、根の緊縛力が弱かったことから根ごと倒伏し流木化したと推定されるものや、地震による地盤沈下と液状化により、樹木の根の緊縛力が低下し、津波により根ごと倒伏し流木化したと推定されるものが多数存在している。

○盛土勾配、砂丘の海側の勾配

盛土勾配等については、下記の文献を参考にした。

『道路土工—盛土工指針(平成 22 年度)(平成 22 年 4 月、日本道路協会)P.106』

『道路緑化技術基準・同解説(昭和 63 年 12 月、日本道路協会)P.148』

『治山技術基準解説 防災林造成編 (平成 16 年 12 月、治山治水協会)P.146』

『道路土工—盛土工指針(平成 22 年度)(平成 22 年 4 月、日本道路協会)P.106』

解表 4-3-2 盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配の目安

盛土材料	盛土高 (m)	勾配	摘要
粒度の良い砂(S)、礫及び細粒分混じり礫(G)	5 m以下	1:1.5~1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、5章に示す締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。
	5~15m	1:1.8~1:2.0	
粒度の悪い砂(SG)岩塊(ずりを含む)	10m以下	1:1.8~1:2.0	()の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
	10~20m	1:1.8~1:2.0	
砂質土(SF)、硬い粘質土、硬い粘土(洪積層の硬い粘質土、粘土、関東ローム等)	5 m以下	1:1.5~1:1.8	
	5~10m	1:1.8~1:2.0	
火山灰質粘性土(V)	5 m以下	1:1.8~1:2.0	

注) 盛土高は、のり肩とのり尻の高低差をいう (解図 4-3-2 参照)。

・表 4-3-2 は盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配を示す。

・勾配は盛土材料と盛土高さにより、1:1.5~1:2.0の範囲が安定した勾配であると示している。

『道路緑化技術基準・同解説(昭和 63 年 12 月、日本道路協会)P.148』

道路のり面等の傾斜地に高木を植栽する場合は、道路のり面等の安定、並びに樹木の良好な活着及び生育を図る必要から、勾配が 30 度 (1:1.7) 程度以下であることが望ましい。

『治山技術基準解説 防災林造成編 (平成 16 年 12 月、治山治水協会)P.146』

【解説】安定した天然砂丘は、一般に風上側の勾配は緩やかであり、風下側の勾配は急である。風上側の勾配は、砂の状態(比重、粒径等)と風速等によって異なるが、一般に5~10° 程度である。また、風下側の勾配は、風上側の勾配と密接な関係にあるが、一般に砂の安息角に近いものとなる。

○樹種

樹種については、下記の文献を参考にした。

『森林の公益機能解説シリーズ⑨森林の防霧、防潮、飛砂防止機能
(昭和 63 年 5 月、日本治山治水協会)P.55』

『森林の公益機能解説シリーズ⑩森林の防風機能
(昭和 63 年 9 月、日本治山治水協会)P.39-40』

『要注意外来生物リスト:植物(詳細) ハリエンジュ(外来生物法 HP、環境省 自然環境局)』

『港湾緑地の植栽設計・施工マニュアル(平成 11 年 4 月、港湾空間高度センター港湾
・海域環境研究所)P.117, 126, 128』

『治山技術基準解説 防災林造成編(平成 16 年 12 月、日本治山治水協会)P.166-167』

『森林の公益機能解説シリーズ⑨森林の防霧、防潮、飛砂防止機能

(昭和 63 年 5 月、日本治山治水協会)P.55』

クロマツ主林木の下に塩風、塩害に強いトベラ、マツバグミ、ハマヒサカキ、シャリンバイ、ツバキウバメガシ、ハマユズリハ、ヤブニッケイ、ヤマモモ、モチノキなどの広葉樹が密生した二段林ないし、複層林であれば理想的である。

『森林の公益機能解説シリーズ⑩森林の防風機能(昭和 63 年 9 月、日本治山治水協会)

P.39-40』

・防風林に適する樹木には次のような条件が要求される。

- | | |
|--------------------|---------------------|
| ① 樹幹が強く折れにくい。 | ⑦ 病虫害に対して抵抗がある。 |
| ② 高い樹高に成長する。 | ⑧ 飛砂や塩害、寒風の害によく耐える。 |
| ③ 樹冠が密で枝葉の着生点が低い。 | ⑨ 栄養分や水分に対する要求が小さい。 |
| ④ 生長が早い。 | |
| ⑤ 深根性で倒伏しにくい。 | |
| ⑥ 植栽する土地の気候風土に適する。 | |

[海岸林]

針葉樹－クロマツ、アカマツ、トドマツ、カラマツ等

広葉樹－カシワ、ヤマモモ、ニセアカシア、ネムノキ等

[内陸林]

針葉樹－ヨーロッパトウヒ、トドマツ、アカエゾマツ等

広葉樹－ドロノキ、ポプラ、カシワ、カバ類、ヤチダモ等

『要注意外来生物リスト:植物(詳細) ハリエンジュ(外来生物法 HP、環境省 自然環境局)』

ニセアカシア（ハリエンジュ）は、希少植物を含む在来植物を駆逐するおそれがあり、生態系に悪影響を及ぼしうることから、その影響の大きい場所では積極的な防除または分布拡大の抑制策の検討が望まれるとされ、外来生物法の要注意外来生物リストに、別途総合的な取り組みを進める外来生物（緑化植物）として選定されている。

導入・利用の形態	和名	学名	文献等で指摘されている影響の内容	摘要	導入・利用の形態
意図的導入	緑化等	ハリエンジュ	<i>Robinia pseudoacacia</i>	生態系（競合・駆逐、環境攪乱）	砂防林や薪炭材として導入され、良質の蜜源植物としても広く利用されている。しかし、各地の河川や海岸などでは繁茂し、 <u>希少植物を含む在来植物を駆逐するおそれがある。影響の大きい場所では積極的な防除または分布拡大の抑制策の検討が望まれる。</u>

潮風圧と植栽植物

海岸地域に植栽出来る植物は、海岸の潮風圧の強さと植栽位置との関係によって種類が特定される。臨海部の既存樹木を見ると潮風によって樹冠が風下に向けてなびくように変形しているものがあるが、これを風衝形といって風の強さを判断する指標としている。この変化が著しい地域をA級地域、やや認められる地域をB級、全く認められない地域をC級とし、それぞれの地域で海岸の既存植物を調査すると海水飛沫の被害の大きい地帯、それより内陸側で被害のやや少ない地帯、さらに被害の少ない地帯があることがわかる。

この地帯をベルト1、II、IIIとして区分すると潮風強度A、B、C級との間には下図の関係が成立すると言われている(「3.3 気候帯と植物材料の耐潮性」参照)。

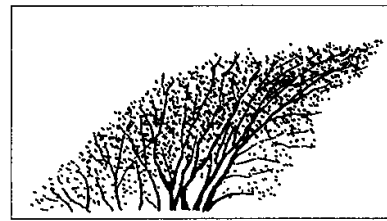
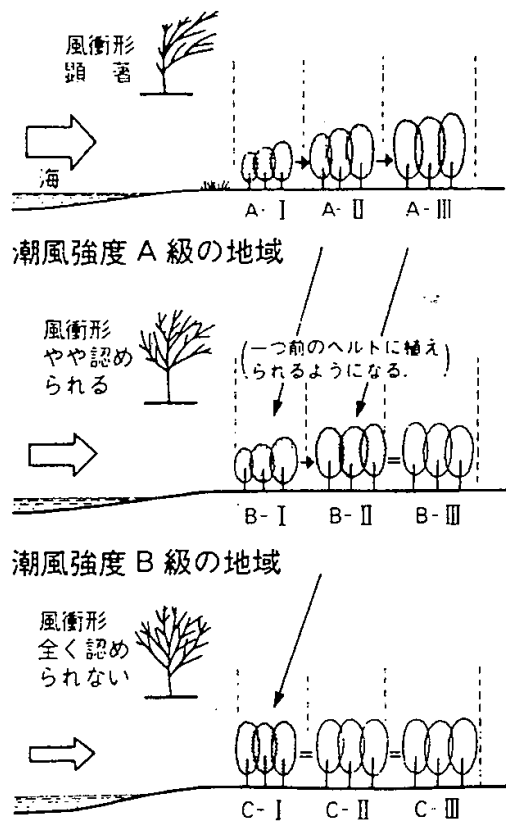


写真3.3.1 潮風強度A級で認められる風衝型

出典：最先端の緑化技術，亀山章・三沢彰・近藤三雄
・奥水肇編集，ソフトサイエンス社，1989年

図3.3.6 潮風強度とベルト区分

Belt I、II、IIIに出現する高中木類の植栽可能区域について、年最低気温を基にゾーン区分した日本のクライメイトゾーン (樹木アートブック：アボック社)を参考にした。

表 3.3.7 Belt I、II、IIIに出現する高中木の植栽可能区域

気温帯		指標気象観測地名	植栽北限樹木名	植栽南限樹木名
ZONE No.	年最低気温 (平均)			
5	-28.9	北見、旭川、帯広、滝川	シンジュ、イチイ、エノキ、ニセアカシア、エンジュ、ミズキ	
	-23.3	岩見沢、釧路	クロマツ、アカマツ、イチヨウ、コナラ	
6	-20.6	紋別、網走、留萌、札幌	スズカケノキ、イブキ	
	-17.8	苫小牧、根室、函館、稚内、陸奥	ヒマラヤスギ、クヌギ、カイズカイブキ、イヌガヤ、オオシマザクラ、ムクノキ、アキニレ	
7	-15.0	小樽、青森、五所、久慈、米沢		
	-12.2	松前、室蘭、八戸、秋田、本荘、宮古、鶴岡、気仙沼、糸魚川	シロダモ、アオギリ、オオバヤシヤブシ、モチノキ、タラヨウ	
8	-9.4	江差、大船渡、酒田、仙台、石巻、柏崎、富士、土浦、岡崎、豊岡、人吉	タブノキ、スダジイ、ツブラジイ、アラカシ、クロガネモチ、センダン、ヤブニッケイ、ヒメユズリハ、イヌマキ、ヤマモモ、モッコク、イスノキ、オガタマノキ、カクレミノ	
	-6.7	※赤下線は東北地方の太平洋側の都市		
9	-6.7	両津、新潟、金沢、輪島、敦賀、福井日立、千葉、館山、木更津、東京、横浜、静岡、豊橋、名古屋、伊勢、四日市、津、尾鷲、大津、大阪、田辺、舞鶴、明石、姫路、倉敷、岡山、松江、鳥取、広島、徳山、宇部、山口、高松高知、佐賀、宮崎、延岡、熊本	クスノキ、ハマビワ、フサアカシア、モリシマアカシア、ユーカリ	イチイ
	-3.9	銚子、伊東、浜松、下田、鳥羽、和歌山、神戸、呉、下関、萩、鳴門、徳島、宇和島、松山、至戸岬、福岡、佐世保、中津、水俣、鹿児島	ホルトノキ、デイゴ、モクセンナ、オオベニゴウカン	コナラ、オオシマザクラ、エンジュ、ミズキ
10	-1.1	指宿、伊豆大島、	オオハマボウ、ソウシジュ、コガネ、ノウゼン、キバナキョウチクトウ	
	+1.7	屋久島	キワタノキ、タイワンモクゲンジ、インドソケイ	スズカケノキ、イヌガヤ
11	+4.4	久米職、名護	カエンボク、ホウオウボク、アメリカネムノキ、オウゴンジュ	イチヨウ
	+7.2	与那国、多良間、宮古島、石垣島、西表島、那覇		クロマツ、アカマツ、ヒマラヤスギ、タブノキ、クスノキ、シロダモ、ホルトノキ、スダジイ、ツブラジイ、アラカシ、クロガネモチ、シンジュ、クヌギ、センダン、アオギリ、イブキ、カイズカイブキ、ヤブニッケイ、エノキ、ヒメユズリハ、ムクノキ、オオバヤシヤブシ、ニセアカシア、イヌマキ、ヤマモモ、モッコク、モチノキ、タラヨウ、イスノキ、ハマビワ、フサアカシア、モリシマアカシア、ユーカリノキ、オガタマノキ、カクレミノ、アキニレ

東北地方の海岸に植栽可能とされている樹木

出典：樹木アートブック I、林弥栄・小形研三総監、アボック社、1990年
熱帯花木植栽事典、坂崎信之、アボック社、1998年 より抜粋

表 3. 3. 5 関東以南の平地・丘陵地の常緑広葉樹林帯(ヤブツバキクラス域)での潮風強度 A 級地域の Belt I, II, III および内陸に植栽できる植物

	A-I		A-II		A-III		内陸	
	常 緑	落 葉	常 緑	落 葉	常 緑	落 葉	常 緑	落 葉
高木層	クロマツ				アカマツ・ヒマラヤスギ・タブノキ・クスノキ・シロダモ・ホルトノキ・スダジイ・ツブラジイ・クロガネモチ・アラカシ	イチョウ・シンジュ・クヌギ・コナラ・センダン・スズカケノキ・アオギリ・ハリギリ	ヒノキ・サワラ・ヒムロスギ・ツガ・スギ・イタリアイトスギ・モミ・シラカシ・アカガシ	ケヤキ・アメリカヤマナラシ・イタリアポプラ・モミジバフウ・カツラ・トウカエデ・シダレヤナギ
亜高木層	イブキ・カイヅカイブキ・トキワギョリュウ・ビロウ	ギョリュウ	イヌガヤ・イチイ・ヤブニッケイ・ヒメユズリハ・ヤブツバキ・ヒサカキ・イヌツゲ	オオシマザクラ・エノキ・ムクノキ・オオバヤシャブシ・ニセアカシア・エンジュ	イヌマキ・サンゴジュ・ヤマモモ・モッコク・モチノキ・タラヨウ・イスノキ・ハマビワ・タイミンタチバナ・フサアカシア・モリシマアカシア・ユーカリ・サカキ・オガタマノキ・カクレミノ	ミズキ・アキニレ・ゴンズイ・ツルウメモドキ	キンモクセイ・ギンモクセイ・ヒイラギ	ソメイヨシノ・コブシ・モクレン・ハンノキ・ヤマモミジ
低木層	トベラ・マサキ・ボウシュウマサキ・マルバシャリンバイ・シャリソバイ・ナワシログミ・マルバグミ・ハマヒサカキ・ウバメガシ・アツバキミガヨラン・アオノリュウゼツラン・ソテツ・メダケ・ネザサ・ダンチク・ニンドウ・マキバブラシノキ・オオイタビ・ニューサイラン・トキワスキ	オオバイボタ・クコ・ハマゴウ・ハマセンナ・ハマナシ・ラセイタソウ・アキグミ・パンパスグラス・ハチジョウススキ・アメリカンピーチグラス	ネズ・キヤラボク・ツルグミ・キョウチクトウ・オリブノキ・ジンチョウゲ・シャシャンボ・ヤツデ・アオキ・キズタ・クチナシ・サネカズラ	ガクアジサイ・アカメガシワ・クサギ・ハマゴウ・ヤマグワ・イボタノキ・イヌコリヤナギ・イヌビワ・ハチジョウキブシ・アメリカディゴ	ハクサンボクツゲ マンリョウ	カンユノキ・カラスサンショウ・サンショウ・サイカチノキ・マユミ・ハコネウツギ・ヌルデ・ガマズミ・ハナツクバネウツギ・ウツギ・アケビ・ミツバアケビ	コノテガシワ クルメツツジ ヒラドツツジ サツキツツジ シヤクナゲ	ニシキギ・チョウセンレンギョウ・レンギョウ
草本層	ヒゲスゲ・ツワブキ・イソギク・ダルマガク・ハマナデシコ・タイトウゴメ・オルマンネングサ・マルバマンネングサ・アツバギク・ハマニンニク・ケンタッキ-31 フェスク・クリーピン グレッドフェスク	ノシバ・コウライシバ・ギョウギシバ・バミューダグラス・ハマオモト・ハマヒルガオ・ウィーピングラプグラス・ティフトンターフ・タチテンモンドウ・チガヤ	テイカカズラ・フウトウカズラ・ヤブラン・リュウキユウヤブラン・リュウノヒゲ・タツタナデシコ・ツルニチニチソウ	カキドウシ ツボグサ	A-IIに同じ	A-IIに同じ	シュンラン エビネラン カンアオイ ハナツメクサ	

出典：緑地学研究 No. 4 サンドポンプによる臨海埋立地における緑地植物の植栽に関する研究, 本間啓, 東京大学農学部, 1973 年

- ・ 海岸防災林の造成地は一般の治山植栽地と比較して環境条件が著しく悪いことから、樹種の選定はより慎重に行う必要がある。

一般には次の条件に適合するものを選定する。

- ① 養分、水分に対する要求が少ないもの
 - ② 飛砂、潮風及び寒風等の害によく耐えるもの
 - ③ 風に対する抵抗力の強いもの
 - ④ 温度の急激な変化によく耐え得るもの
 - ⑤ 病虫害に強いもの
 - ⑥ うっ閉を保ち、落葉、落枝等によって地力を増進するもの
 - ⑦ 生活環境や風致の保全・創出に適しているもの
- ・ 海岸防災林造成で、一般的に用いられている主林木は次のとおりである。
針葉樹－クロマツ、トドマツ、エゾマツ、カラムツ、アカマツ等
広葉樹－モクマオウ、カシワ、ヤマモモ、ヤシヤブシ、ネムノキ、トベラ、ポプラ、ドロノキ、ヤナギ類、ニセアカシア等

また海岸砂地は、土壌の理学的条件が極めて悪いことから主林木の成長を助長させるためには肥料木を混植させることがある。海岸防災林で、一般に用いる肥料木は次の通りである。

肥料木－ヤマモモ、イタチハギ、エニシダ、ハギ類、ハンノキ類、アキグミ、ネムノキ、ニセアカシア等

- ・ 外来種の採用に当たっては、自然環境への影響を考慮して、選定する必要がある。
- ・ 近年、海岸林についても病虫害などによる被害が広がっており、病虫害に強い樹種または抵抗性育種苗などを選定する必要がある。

○林帯構造

防潮効果の高い林帯構造については、下記の文献を参考にした。

『森林の公益機能解説シリーズ⑨森林の防霧、防潮、飛砂防止機能(昭和 63 年 5 月、
日本治山治水協会)P.55』

『治山技術基準解説 防災林造成編(平成 16 年 12 月、日本治山治水協会)P.167』

『森林の公益機能解説シリーズ⑨森林の防霧、防潮、飛砂防止機能(昭和 63 年 5 月、
日本治山治水協会)P.55』

クロマツ林下に下木として広葉樹が密生したクロマツ二段林ないし複層林が適するとされている。

『治山技術基準解説 防災林造成編(平成 16 年 12 月、日本治山治水協会)P.167』

海岸砂地は土壌条件が極めて悪いことから主林木の成長を助長させるために肥料木を混植することがあり、全体の植栽本数の 20～30%程度混入する。

○植栽密度と密度管理

植栽密度と密度管理については、下記の文献等を参考にした。

『治山技術基準解説 防災林造成編(平成 16 年 12 月、日本治山治水協会)P.167』

『原田ら(2005), 海岸林の生長による津波減衰効果の検討,

京都大学防災研究所年報 No.48, P.161-166』

『原田ら(2005), 津波減衰効果を目的とした海岸林活用条件の検討,

海岸工学論文集,第 52 巻, P.276-280 』

『クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方ー本数調整と侵入広葉樹の活用ー

(平成 23 年 3 月、森林総合研究所), P.9』

『治山技術基準解説 防災林造成編(平成 16 年 12 月、日本治山治水協会)P.167』

一般的に、主林木及び肥料木の合計の植栽本数は、10,000 本/ha 程度を標準とし、林帯幅が広い場合には林帯前縁から風の影響が少ない内陸部につれて本数を減少させる。

『原田ら(2005), 海岸林の生長による津波減衰効果の検討, 京都大学防災研究所年報 No.48,

P.161-166』

営林署等への問い合わせによる調査を行った。日本の海岸林造成の場合、植栽時に 10,000 本/ha (1 本/m²) の密度でクロマツの幼木を植えることが多い。この密度は樹木が生長するためには、密集しすぎているため、植林後 10 年を目安に 7,000 本/ha (0.7 本/m²)、20 年を目安に 3,000 本/ha (0.3 本/m²) と植林時の 1/3 の樹林密度になるよう間伐をして密度管理をすることが行われている。

『原田ら(2005), 津波減衰効果を目的とした海岸林活用条件の検討,海岸工学論文集,第 52 巻,

P.276-280 』

条件の設定にあたっては、林野庁の行った海岸林条件に関する現地調査の結果(林野庁、2005)を参考に、密集して植林されたクロマツ林を 0 年とし、植林から 10 年後に樹林密度調整の間伐を行い、さらに植林後から 20 年後にも樹林密度調整間伐を行った海岸林条件を設定した。その後、0.3 本/m² の樹林密度で植林後 50 年までを 10 年間隔で条件設定を行っている。樹高、枝下高、胸高直径の値は、林野庁の行った現地海岸林の観測結果を参考に年を経るたびに成長する様に条件設定を行っている。間伐については、海岸林育成の現場でとられている方法の一例にもとづいている。

表-2 樹木の生長と間伐を考慮した海岸林条件

樹齢 (年)	胸高直径 (m)	樹林密度 (本/m ²)	樹高 (m)	枝下高 (m)	林帯幅 (m)
0	0.05	1.0	0.5	0.0	200
10	0.07	0.7	4.0	0.5	200
20	0.09	0.3	7.0	1.0	200
30	0.11	0.3	9.5	1.5	200
40	0.13	0.3	11.5	2.0	200
50	0.15	0.3	13.0	2.5	200

『クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方—本数調整と侵入広葉樹の活用—

(平成 23 年 3 月、森林総合研究所)P.9』

この表は、小田(1984、1992b)の相対密度管理表を調製したものである。元々の相対密度管理表は、平均胸高直径と相対密度から立木本数密度を求める形になっているが、ここでは、平均胸高直径と立木本数密度から相対密度を求める形にしてある。例えば、立木本数密度が 2,000 本/ha、平均胸高直径が 10cm のとき、相対密度は 50%となる。また、形状比を介することで平均胸高直径を上層樹高(林冠高)に読み替えられるようにしている。例えば、林冠高 4.9m の場合は、3,000 本/ha であれば適正であるが、3,500 本/ha では本数調整を検討する必要がある、4,500 本/ha では過密となる。同様に、林冠高 9.8m の場合は、1,250 本/ha であれば適正であるが、1,500 本/ha では本数調整を検討する必要がある、2,000 本/ha では過密となる。

過密状況早見表

平均 胸高直径	林冠高	相 対 密 度																
		10,000	7,500	6,000	4,500	3,500	3,000	2,500	2,000									
24	16.8												80					
23	16.1												94	75				
22	15.4												88	70				
21	14.7												80	64				
20	14.0												95	76	61			
19	13.3												87	69	56			
18	12.6												96	80	64	51		
17	11.9												88	74	59	47		
16	11.2												79	66	53	42		
15	10.5												95	71	60	48	38	
14	9.8												84	63	53	42	34	
13	9.1												95	76	57	48	38	30
12	8.4												83	67	50	42	33	27
11	7.7												88	73	59	44	37	29
10	7.0												88	75	63	50	38	31
9	6.3												74	64	53	42	32	26
8	5.6												80	62	53	44	36	27
7	4.9												86	64	50	43	36	29
6	4.2												86	69	51	40	34	29
5	3.5												85	64	51	38	30	25
4	2.8												60	45	36	27	21	
立木本数密度 (本/ha)		10,000	7,500	6,000	4,500	3,500	3,000	2,500	2,000	1,500	1,250	1,000	800					

○樹木の市場性

市場性については、下記の調査を参考にした。

『公共用緑化樹木の供給可能量調査(平成22年、日本緑化センター)』

- ・日本植木協会では1年に一度全国にどれだけ公共用緑化樹木が存在し、供給可能であるかを調査し、下記のようにまとめている。
- ・供給可能量の状況について地域・栽培様式・樹種・規格・本数等の項目での集計となっている。

平成22年度供給可能量調査書

ブロック	県名	栽培様式	樹種分類	樹種索引	公共規格	学名	樹種名	別名(1)	樹形・仕様	H(L)	Q	W(立数率)	P径	関連難易度	本数
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	ア		Picea glef	アカエノマツ		一般	0.50	-	-	15.0	E	500
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	ア		Picea glef	アカエノマツ		一般	0.50	-	-	15.0	E	200
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	ウ		Juniperus	Juni. ho. 'ウィルトニ'		G.C.P	L=0.3	-	-	15.0	B	200
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	ク		Thuja occ	Thuji. oc. 'グリーンユーン'		一般	0.30	-	-	10.5	D	200
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	ク		Thuja occ	Thuji. oc. 'グリーンユーン'		一般	0.50	-	-	10.5	E	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	サ		Thuja occ	Thuji. oc. 'サンキスト'		一般	0.30	-	-	15.0	E	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	サ		Thuja occ	Thuji. oc. 'サンキスト'		一般	0.50	-	-	18.0	E	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	チ		Pinus kor	チョウセンコヨウ		一般	0.50	-	-	10.5		100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	チ		Pinus kor	チョウセンコヨウ		一般	0.80	-	-	15.0		100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	ニ	○	Thuja occ	ニオイヒバ		一般	0.50	-	-	10.5	E	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	フ	○	Juniperus	Juni. sq. 'フルー カーヘッド'		G.C.P	L=0.3	-	-	15.0	A	200
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	フ		Juniperus	Juni. sq. 'フルー スター'		G.C.P	-	-	0.15	15.0	D	400
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	フ	○	Picea pun	フンケンストクヒ類		一般	0.50	-	-	15.0	E	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	フ	○	Picea pun	フンケンストクヒ類		一般	0.50	-	-	15.0	E	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	01針葉樹	ラ	○	Thuja occ	Thuji. oc. 'ラインゴールド'		G.C.P	-	-	0.20	15.0	B	150
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	ア		Fraxinus l	アオダモ		一般	0.30	-	-	10.5	E	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	ア		Fraxinus l	アオダモ		一般	0.30	-	-	10.5	E	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	ア		Fraxinus l	アオダモ		一般	0.50	-	-	10.5	E	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	ア		Fraxinus l	アオダモ		一般	0.80	-	-	12.0		30
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ		Fraxinus l	アオダモ		一般	1.00	-	-	15.0		30
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ		Acer men	イロハカエデ		一般	0.30	-	-	10.5	E	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ		Acer men	イロハカエデ		一般	0.30	-	-	10.5	E	50
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ	○	Acer men	イロハカエデ		一般	0.50	-	-	10.5	D	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ		Acer palm	イロハモミジ(含ヤマモミジ)		一般	0.30	-	-	10.5	D	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ		Acer palm	イロハモミジ(含ヤマモミジ)		一般	0.30	-	-	10.5	D	200
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ	○	Acer palm	イロハモミジ(含ヤマモミジ)		一般	0.50	-	-	10.5	C	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ	○	Acer palm	イロハモミジ(含ヤマモミジ)		一般	0.80	-	-	12.0	C	100
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ	○	Acer palm	イロハモミジ(含ヤマモミジ)		一般	1.00	-	-	12.0	C	200
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	イ	○	Acer palm	イロハモミジ(含ヤマモミジ)		一般	1.20	-	-	15.0	C	200
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	オ	○	Prunus sa	オオヤマザクラ(エゾヤマザクラ)		一般	0.50	-	-	10.5	D	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	オ		Prunus sa	オオヤマザクラ(エゾヤマザクラ)		一般	0.80	-	-	12.0	D	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	カ		Quercus c	カクワ		一般	0.30	-	-	10.5	B	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	カ	○	Quercus c	カクワ		一般	0.50	-	-	12.0	C	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	カ		Cercidiph	カツラ		一般	0.30	-	-	10.5	D	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	カ	○	Cercidiph	カツラ		一般	0.50	-	-	10.5	C	300
01北海道・東北	01北海道	コンナ	03落葉高木	カ		Cercidiph	カツラ		一般	0.80	-	-	12.0	D	300