

# グリーンインフラとしての屋敷林 「居久根 (いぐね)」の多面的機能性 に関する研究

入江彰昭\*・原田佐貴\*\*・内田 均\*<sup>†</sup>・竹内将俊\*

(令和元年5月13日受付/令和元年12月6日受理)

**要約**：本研究は、宮城県・岩手県において数百年以上の間、持続的なマネジメントによって維持されてきた屋敷林「居久根 (いぐね)」の多面的機能性、特に居久根の植栽構成の工夫と生活文化的価値、防風効果の価値、および鳥類の生息環境としての価値を明らかにした。1) 居久根の竹類を除いた樹木構成は針葉樹7割、常緑広葉樹2割、落葉広葉樹1割であった。居久根の北西側に枝葉の細かいスギやアスナロなど常緑針葉樹を多数植栽することで防風効果を高めると同時にこれらの樹種は建築材として活用され、スギ下に植えられたタケ類は防風用として、かつ農業・漁業の道具として活用されていた。潮風に強いヤブツバキやマサキ、湿地帯に適応したハンノキを植栽する工夫がみられた。2) 居久根の内外の気象データの解析から、居久根は冬季の季節風を7-9割減速させ、居久根内の母屋に安定した居住環境をもたらしていることを明らかにした。さらに3次元GISとCFD (Computational Fluid Dynamics) による風況解析シミュレーションによって居久根の防風効果と風の流れを可視化することで、減速域が風下側に約100m以上の距離にまで広がっていることがわかった。3) 冬季鳥類の生息環境としての居久根の機能を明らかにするため、水田域内の農地、居久根が含まれる水田域内の農地、丘陵樹林地の異なる3つの環境を対象に調査した。その結果、居久根が含まれる農地で31種が確認され、地点当たりの確認種数は水田域内の農地よりも多く、居久根は樹林内や林縁を好む種の生息場所として機能していた。今日の大災害時代の我が国においてグリーンインフラとしての多面的機能性を有する居久根は、気候変動の緩和と適応や災害に対するレジリエンスをはじめ、屋敷林文化の価値、野生動物の生息場所の提供、故郷の風景の再生や愛郷心に大いに貢献できると考えられる。

**キーワード**：屋敷林, グリーンインフラ, 多面的機能性, 防風, 樹林性鳥類

## 1. 緒 言

宮城県・岩手県の水田地帯には海に浮かぶ緑の島のように見える屋敷林「居久根 (いぐね)」の風景が数多くみられ、現在の杜の都の基盤となったといわれている (結城2001<sup>1)</sup>; いぐね編集委員会2010<sup>2)</sup>)。「いぐね」の「い」は「住居」, 「くね」は「垣根」を意味し、初代仙台藩主伊達政宗によって奨励され、新田開発により開拓された平野に屋敷を構える際には、奥羽山脈から吹きおろす冬の蔵王嵐 (おろし) から屋敷を守るため北側と西側に幾重にも樹木が植えられ、数百年以上の間、防風林として維持されてきたものである (七郷の今昔を記録する会1993<sup>3)</sup>)。加えて、この居久根を構成する樹種には、天災や飢饉に備えて自給自足を基本とし実のなる木が多く植林されてきた。

我が国の屋敷林については越中国西部 (富山県礪波平野) の屋敷林が紹介されたものが最初といわれている (小川1914<sup>4)</sup>)。その後、東京近郊の防風林についてその種類、

規模、方向、分布 (矢澤1936<sup>5)</sup>)、武蔵野台地の屋敷林の樹種、方位と配置、防風と日射 (辻村・伊藤1937<sup>6)</sup>)、仙台平野中部のイグネの樹木構成、分布と規模、気温特性、防風効果 (菊地1999<sup>7)</sup>) が報告されている。

さらに、関東地方の屋敷林を対象に樹木構成パターンの類型化 (不破2016<sup>8)</sup>) や、福島県大玉村の屋敷林と生活文化の調査 (石村2017<sup>9)</sup>) が実施された。全国規模の調査では、日本全国各地の屋敷林の特徴について、モンスーン地域の気象環境に応じた地域特有の屋敷林の形態とその更新技術について実証的な研究が行われている (中島1963<sup>10)</sup>)。

一方、デンマーク、ドイツ、フランス、イギリス等の欧州では、18世紀頃よりヘッジロウやシェルターベルトが農耕地の境界林や母屋の屋敷林として、かつ偏西風に対する防風林として植栽されてきた。ヘッジロウは欧州グリーンインフラの重要な要素として位置づけられ、伝統的農地景観、生物多様性の保全、災害リスクの軽減や水質浄化、大気質、レクリエーションスペース、気候変動の緩和と適応等、

\* 東京農業大学地域環境科学部地域創成科学科

\*\* 東京農業大学地域環境科学部造園科学科

<sup>†</sup> Corresponding author (E-mail: h\_uchida@nodai.ac.jp)

生態系サービスの能力を強化するという形で多面的な便益を提供することができる」とされている (Agroforestry in Europe 2015<sup>11</sup>; European Commission, Environment 2015<sup>12</sup>)。デンマークではヘッジロウの植栽に対し1~7列のヘッジまたは0.5ha未満の植林地と少なくとも75%は広葉樹とすることを推進している (IEEP 2011<sup>13</sup>)。

日本の屋敷林についても、自然要素を活用する合理的な空間的価値 (江山 1977<sup>14</sup>)、地域の原風景としての景観的価値 (中島 1963<sup>10</sup>, 不破 2016<sup>8</sup>)、気象緩和効果 (菊地 1999<sup>7</sup>)、生活文化的価値 (菅野 2014<sup>15</sup>, 石村 2017<sup>9</sup>)、生態機能的価値 (大澤・七海 2015<sup>16</sup>) など、多くの機能を持つことが指摘されている。そして1933年の昭和三陸津波の際には防潮林や屋敷林の効果が指摘されたように (本多・今村 1934<sup>17</sup>)、2011年3月11日の東日本大震災の大津波後の4月に現地調査した結果、周囲に堀を巡らしわずかな盛土の上にある居久根や鎮守の杜は被害を免れ、減災効果を確認することができた (入江 2011<sup>18</sup>)。このように平野部に残存もしくは植栽された樹林地は、グリーンインフラとしての多様な役割を備えていることが推察されるが、それらの機能をより深く理解するには、多角的且つ詳細な調査研究の蓄積が求められる。

そこで、本研究は、防潮林と同様に宮城県・岩手県において数百年以上の間、維持されてきた居久根の多面的機能性を明らかにすることを目的とした。本研究で扱ったのは居久根が有する (1) 生活文化的な機能 (2) 防風林としての機能、(3) 冬季鳥類の生息空間としての機能の3項目である。以下に、それらの研究背景と研究目的を説明する。

(1) 居久根の植栽構成と生活文化的価値について、居久根は、冬季の北や西からの風雪を防ぐことを主目的としてきたが、生活に要する様々な資源を供給する。下枝や落ち葉は燃料や肥料になり、間伐された木や太枝は様々な道具の材料となり、成長した樹木は建築材として利用された。また木の実や果実、新芽や竹の子は食料になり、ツバキやカヤの実から油が取れた。防風林として数百年以上にわたり維持されてきた居久根には農家の営みとの関わりが深く (七郷の今昔を記録する会 1993<sup>3</sup>)、屋敷林文化としての価値は大きいと推察される。そこで本研究では、居久根の植栽構成とその植栽樹木と農家の生活実用的な関わりを明らかにすることを目的に樹木調査およびヒアリング調査を行った。

(2) 居久根の防風効果について、仙台平野では冬季は主に北北西の風が多く強いことから、屋敷林が屋敷地に対して北または西側に形成され、南または東側を欠くことが多いとされている (中島 1963<sup>10</sup>)。仙台平野名取市の屋敷林内外の気温と風速調査による防風効果が明らかにされ、屋敷林外側で風速2.1m/sの風が内側では風速1.3m/sと約6割減速していることが報告されているが (菊地 1999<sup>7</sup>)、居久根内外においてどのように風が流れ、どのように減速し、どこまで防風効果があるのかが明らかにされていない。また、居久根の維持管理が難しくなってきた今日、その効果を可視化することで地権者をはじめ集落住民全体での居久根の保全再生計画の意思決定・合意形成段階に活

用可能であると考えられる。そこで、居久根内外の気象観測データに基づく風況解析による防風機能を可視化し、その防風効果を評価することで居久根の保全再生計画への活用の可能性を探ることを目的とした。

(3) ヘッジロウは、帯状に植栽された樹林で防風・境界林として古くから利用されてきたが、様々な生物に利用されており、特に農域における鳥類の生息場所としての重要性が明らかにされている (ARNOLD 1983<sup>19</sup>; GREEN et al. 1994<sup>20</sup>; PARISH et al. 1994<sup>21</sup>; HINSLEY and BELLAMY 2000<sup>22</sup>; FULLER et al. 2001<sup>23</sup>)。様々な樹種が屋敷を囲むように散在的に配置されている居久根は、緑地としての形態や面積、空間的な連続性は異なるもののヘッジロウと同様に生物に生息場所を提供することが予想されるがそのような事例研究は限定的である。水田を主とした平野部に広がる農地には、開けた環境を好む種や水辺種を中心に多種の野鳥が生息し、樹林面積に応じ樹林性種や林縁を好む種が増加することが示唆されている (TAKEUCHI 2019<sup>24</sup>)。居久根は平野部の水田域に点在する孤立した小規模樹林であるが、林内や林縁を好む種に対して生息場所を提供していることが推察される。本研究では、水田域内の農地、居久根が含まれる水田域内の農地、丘陵樹林地で冬季鳥類を調査し、生息場所としての居久根の機能を検討した。

## 2. 研究方法

### (1) 調査対象地域の概要

本調査対象地域は、居久根が数多くみられる仙台平野に位置する宮城県亶理町を主としたが、後述するように一部の研究で周囲の市町も含めた。亶理町の西北西には、蔵王連峰の山並みがそびえ、山頂約1840mから亶理町平地部標高約10mまでの距離約40km、高低差約1800mである (図1)。冬に蔵王連峰から北西の風が吹きおろすことから亶理平地部の農地集落を特徴づける景観として、農家の屋敷の周囲を囲む屋敷林「居久根」が多数みられる。亶理町の地形は、西部に標高150m内外の阿武隈山系北端部の山地、標高50m前後の丘陵地、東部に標高20m以下の平地と低下し太平洋に接している。北方には阿武隈川が弧状を描いて東流し太平洋に注ぐが、季節風の地形地質によって生じた自然景観である (亶理町史編纂委員会 1975<sup>25</sup>)。すなわち東部の平地には旧河道があり、阿武隈川が運搬した土砂によってできた微高地、氾濫による低平地、海水面の低下もしくは河口部で砂や粘土等が堆積してできた平坦地からできている (図2)。農家の屋敷と居久根はその微高地に立地し、良好な農耕地帯であるが湿地帯のため排水が必要となり、居久根の周囲に堀がめぐらされている。

### (2) 各研究課題の調査・解析手法

#### (a) 居久根の植栽構成と生活文化的価値

調査対象地は、亶理平地部を特徴づける農地集落景観が多数みられる亶理町逢隈鷺屋地区の3軒の屋敷 (SE邸・SA邸・Y邸) を囲む居久根とした (図3)。植栽構成を把握するため2017年11月24日及び25日に毎木調査 (樹木位置、樹種、本数、樹高・幹周の計測) による樹木のインベン

トリーをおこない、さらにドローンを用いて居久根の植栽平面図を作成した。用いた UAV 機材は DJI 社製 Mavic Pro である。得られた空中写真をもとに居久根の植栽平面図を作成した。次に居久根の所有者へ居久根の樹木と生活実用的な関わりや用途についてヒアリング調査をおこなった。



図 1 亙理町と蔵王連峰との標高差 (地理院地図より作図)

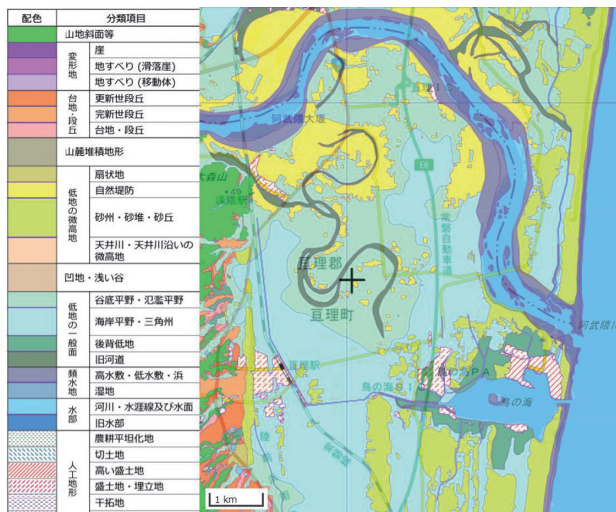


図 2 亙理町の土地条件図 (地理院地図より作図 + 印が逢隈鷺屋地区)



図 3 逢隈鷺屋地区の居久根

(b) 防風効果と風の可視化

亙理町における気象環境の特徴を明らかにするため、亙理地域気象観測所 (アメダス 北緯 38 度 1.5 分 東経 140 度 51.5 分 標高 4m) における最近過去 5 年間 (2013-2017 年) の気象データを取得し、月ごとの最多風向および平均風速を取得した。次に亙理町逢隈鷺屋地区の居久根の防風効果を明らかにするため、2017 年 11 月 24 日から 2018 年 12 月 22 日までの約 1 年間、居久根内外に株式会社シーエス特機社製の気象ステーション (気温・湿度・風速・風向・雨量) を 1 基ずつ高さ 2m に設置し、気象データを取得した。用いた高精度温湿度センサーは Sensirion 社製の SHT75、縦型横吸い込み強制通風筒は株式会社シーエス特機社製の RSVH01A1203、2 次元超音波式の風向風速センサーは Decagon Devices, Inc 製の DS-2 Sonic Anemometer、雨量計は PRONAMIC 社製の Rain-O-Matic-Small Gain Gauge である。

得られた気象データをもとに月ごとの居久根内外の最大風速、平均風速、最多風向を分析し、居久根の防風効果を明らかにし、風況解析による居久根内外の風の流れをシミュレーションによって可視化し、居久根の防風機能を評価した。なお、本研究で用いた 3 次元 GIS データはドローン (UAV) により居久根を中心とした 300m×260m 範囲を空撮し 3 次元データ化し、風況解析では風況解析ソフト Airflow Analyst を使用した。Airflow Analyst は、GIS と CFD (Computational Fluid Dynamics) を統合させた風況シミュレーション・エクステンションで、ArcGIS (Arc Map 及び Arc Scene) を使って風況解析を行うことができる。その機能は風環境の解析に特化しており、屋外環境の風況 (圧力)、拡散、熱対流などの可視化をすることが可能である。CFD 解析条件は表 1 の通りで、乱流モデルは CFD の中でも時間や空間変動を直接解析することのできる LES (Large Eddy Simulation) を採用している。

(c) 冬季鳥類の生息場所としての機能

調査は 2017 年 11 月 22 日～25 日ならびに 2018 年 1 月 7 日～10 日に実施した。調査対象地が含まれる行政区分は亙理町、岩沼市、角田市の 3 市町である。調査方法として、(1) 水田域内の農地 (以下農地区)、(2) 居久根が含まれる水田域内の農地 (以下いぐね区)、(3) 丘陵に位置する樹林

表 1 CFD 解析 (風況解析) 条件

計算コード	市街地版 RIAM-COMPACT (RC-GIS)
乱流モデル	LES
解析手法	非定常解析
離散化手法	差分法
スキーム	補間法
流入条件	べき法または気象モデルからの内挿補間により作成
流出条件	対流型流出条件
側面境界	滑り条件
上部境界	滑り条件
地表面境界	粘着条件
建物側壁境界	粘着条件
収束判定	RMS 誤差=1.0E-3、あるいは最大反復回数100 回
抵抗体モデル	外力項として考慮

地（以下丘陵区）の3つの異なる環境区分を設定した。調査地点は、農地区と丘陵区でそれぞれ6地点、いぐね区で9地点の計21地点である。各調査地点は任意に設定され、地点の中心から半径100m内で確認された鳥種ごとの個体数を20分間計数した。

鳥のカウント方法として、立ち止まったのポイントセンサスと歩きながらのセンサスを併用した。農地区といぐね区について、敷地内に立ち入ることはできなかったことから居久根や家の周囲、公共道路を探索した。居久根は、スギを主とする針葉樹や常緑樹、落葉樹、ササ類、竹等から構成され、列状にまとまって家を囲むように植栽されている樹林であるが、樹林のつながりという点で例えば玄関前の庭木とは連続するものであり、鳥種の確認場所として分けることは難しかったため居久根には庭木も含めた。したがって、宅地内の樹林・庭木を合わせてここでは居久根として扱っている。なお、いぐね区では、実際に居久根内に生息・利用していた鳥と、居久根の周囲で観察された鳥に分けて記録を取った。丘陵区については、開けた場所を含む樹林地に調査地点を設置した。なおカモ類やハクチョウ類の水鳥はカウントから除いたが、陸上でも観察されるサギ類はデータに含めた。

このような調査をすべての調査地点で3回繰り返した。つまり各調査地点における観察努力60分間とし、種類ごとに個体数を計数した。

得られたデータの解析方法として、はじめに各環境区分に出現する種数と種ごとの個体数を表に取りまとめた。次に、いぐね区の調査地点数が他の2つの環境区分よりも多く設定されていることから、設定した3つの環境区分の間

で地点当たりの確認種数、個体数、シン普森の多様度指数を算出し比較した。ここでは一元配置分散分析後にTukeyの多重比較検定を用いた。なお個体数は対数変換を行った。統計解析にはPAST ver. 3.22 (HAMMER et al 2001<sup>26)</sup>)を用いた。

### 3. 結果および考察

#### (1) 居久根の植栽樹木構成と生活文化的価値

亘理町逢隈鷺屋地区の3軒の屋敷（SE邸・SA邸・Y邸）を囲む居久根の毎木調査の結果、SE邸356本・SA邸122本・Y邸126本の合計604本（竹類含めず）、平均201本/戸の樹木が確認された。樹木タイプ別本数および樹木構成は、針葉樹408本、常緑広葉樹116本、落葉広葉樹54本、タケ・シュロ類多数が確認され、タケ・シュロ類を除く本数による樹木タイプ別構成は針葉樹70.6%、常緑広葉樹20.1%、落葉広葉樹9.3%であった。全樹種数は47種で、これらのうち針葉樹は9種でスギ（242本、59.3%）、アスナロ（148本、36.3%）が多く、常緑広葉樹は15種でマサキ（42本、36.2%）、シロダモ（24本、20.7%）、ヤブツバキ（26本、22.4%）が多く、落葉広葉樹は18種でケヤキ（21本、38.9%）、イヌシデ（10本、18.5%）が多かった。竹類は5種でモウソウチク、マダケ、ヤダケ、クロチクが多くみられた（表2）。ドローン（UAV）による空中写真（図4）をもとに居久根の樹木植栽平面図（図5）を作成した。北および北西側には枝葉が細く密生した樹木が多くみられ、樹高約10m程度、もしくはそれ以上のスギが樹林帯幅員10m程度に植栽間隔2m内外で、高密度に多数植栽され、林内には樹高約6m程度のシロダモ、ケヤキが確認され

表2 宮城県亘理町逢隈鷺屋地区 居久根タイプ別樹種本数と構成比

針葉樹				常緑広葉樹			
和名	学名	本数	%	和名	学名	本数	%
1 スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	242	59.3	1 マサキ	<i>Euonymus japonicus</i>	42	36.2
2 アスナロ	<i>Thujaopsis dolabrata</i>	148	36.3	2 シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>	24	20.7
3 カヤ	<i>Torreya nucifera</i>	6	1.5	3 ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	26	22.4
4 ヒノキ	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4	1.0	4 アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	4	3.4
5 クロマツ	<i>Pinus thunbergii</i>	2	0.5	5 サザンカ	<i>Camellia sasanqua</i>	4	3.4
6 アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	2	0.5	6 ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	3	2.6
7 イチョウ	<i>Ginkgo biloba</i>	2	0.5	7 アオキ(低)	<i>Aucuba japonica</i>	3	2.6
8 ヒヨクヒバ	<i>Chamaecyparis pisifera</i> var. <i>filifera</i>	1	0.2	8 ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	2	1.7
9 キヤラボク	<i>Taxus cuspidata</i> var. <i>nana</i>	1	0.2	9 ウラジロガシ	<i>Quercus salicina</i>	2	1.7
	合計	408	100.0	10 オトメツバキ	<i>Camellia japonica</i> f. <i>otome</i>	1	0.9
落葉広葉樹				タケ・シュロ類			
和名	学名	本数	%	和名	学名	本数	
1 ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	21	38.9	1 シュロ	<i>Trachycarpus fortunei</i>	26	
2 イヌシデ	<i>Carpinus tschonoskii</i>	10	18.5	2 クロチク	<i>Phyllostachys nigra</i>	多数	
3 アジサイ(低)	<i>Hydrangea macrophylla</i>	3	5.6	3 ヤダケ	<i>Pseudosasa japonica</i>	多数	
4 サトザクラ類	<i>Cerasus Sato-zakura Group</i>	2	3.7	4 マダケ	<i>Phyllostachys bambusoides</i>	多数	
5 サンショウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	2	3.7	5 モウソウチク	<i>Phyllostachys edulis</i>	多数	
6 ミズナラ	<i>Quercus crispula</i>	2	3.7				
7 ニセアカシア	<i>Robinia pseudoacacia</i>	2	3.7	合計		116	100.0
8 カマツカ(低)	<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>laevis</i>	2	3.7				
9 アカメガシワ	<i>Mallotus japonicus</i>	1	1.9				
10 イヌザクラ	<i>Padus buergeriana</i>	1	1.9				
11 ウメ	<i>Armeniaca mume</i>	1	1.9				
12 エノキ	<i>Celtis sinensis</i>	1	1.9				
13 カキノキ	<i>Diospyros kaki</i>	1	1.9				
14 ケンボナシ	<i>Hovenia dulcis</i>	1	1.9				
15 サンショウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	1	1.9				
16 ニワトコ	<i>Sambucus sieboldiana</i>	1	1.9				
17 ハンノキ	<i>Alnus japonica</i>	1	1.9				
18 ヒロハツリバナ	<i>Euonymus macropterus</i>	1	1.9				
	合計	54	100.0				

学名はAPGに準拠した『大場秀章編著(2011) 植物分類表 株式会社アボック社』による。



図4 ドローン（UAV）による空中写真 2018. 12. 22 撮影

た。スギ林縁部には樹高約3m程度のヤダケ、クロチクが周囲を囲むように植栽され、西側には樹高約2m程度のアスナロが生垣状に植栽されていた。南東側には樹高約4m程度のモウソウチク、マダケ、ヤダケが多数確認され、林内所々にアカガシ、サトザクラ、イヌシデ、シロダモ、ヤブツバキなどの花や実をつける樹木がみられた。

亙理町逢隈鷺屋地区の3軒の屋敷（SE邸・SA邸・Y邸）を囲む居久根所有者に生活実用的な用途についてヒアリング調査した結果、海風・山風を防ぐと同時に漁業関係の運搬用籠や魚の串としてヤダケ・マダケ・モウソウチク・クロチクなどの竹類が用いられ、屋敷建替時の建築材料としてスギが活用されていた。また、生垣として海岸の潮風に耐え育つヤブツバキやマサキが植えられ、SE邸では西側の居久根を伐採した際にその補植としてアスナロが多数植栽されたことや、SA邸ではハンノキは過湿な条件で生育可能で肥料木でもあるので痩せた土壌を改良してくれることの情報も得られた。ハンノキは根粒を形成し窒素固定することから肥料木となることが報告されており（植村 1965<sup>27)</sup>、所有者がその有用性を理解していることが示された。これらの調査結果から、居久根に植栽されている樹木は、防風、農漁業の道具、建築材、土壌改良など、多面的機能性を有し、有用な樹木がほとんどで居久根と共生してきた人々の暮らしが明らかになった。

(2) 居久根の防風効果

亙理町における気象環境、特に風環境の特徴を亙理地域気象観測における過去5年間（2013-2017年）の気象データより、月別最大・平均風速、最多風向の結果を図6、図7に示した。10月～3月に蔵王山からのおろし風（西北西・西・西南西の風）が多く10月～3月の平均月別最大風速12.3m/s、月別平均風速2.9m/sであった。4月と9月は西風と南東の風が入替わる時期で、4月が最も風速が強まり最大風速14.0m/sであった。5月～8月は海風（南東の風）が多く5月～8月の平均月別最大風速11.0m/s、月別平均風速2.5m/sであった。7月が最も風速が弱まり最大風速9.4m/sであった。

亙理町逢隈鷺屋地区の居久根の内外における2017年11月24日～2018年12月22日の約1年間の気象データより、西北西・西・西南西の風が多い10～3月の最大風速・平均風速の調査結果を表3に示し、特に2018年12月の居久根の月別最大風速・平均風速の日時間変化を図8に示し、居久根の防風効果が確認された。

居久根の最大風速時の風透過率は10月30.2%、11月24.4%、12月26.1%、1月23.4%、2月26.0%、3月21.2%、平均風速時の風透過率は10月20.4%、11月16.7%、12月17.1%、1月13.7%、2月14.6%、3月19.4%で、約1-3割の風の透過率であることから、居久根は北西及び西からのおろし風を7～9割減速させていることが確認され、その防風能力の高さが明らかになった。すなわち居久根内の母屋に安定した居住環境をもたらしていることが明らかとなった。さらに、居久根の防風効果の影響範囲を評価するために、ドローン（UAV）による3次元データ上にCFD

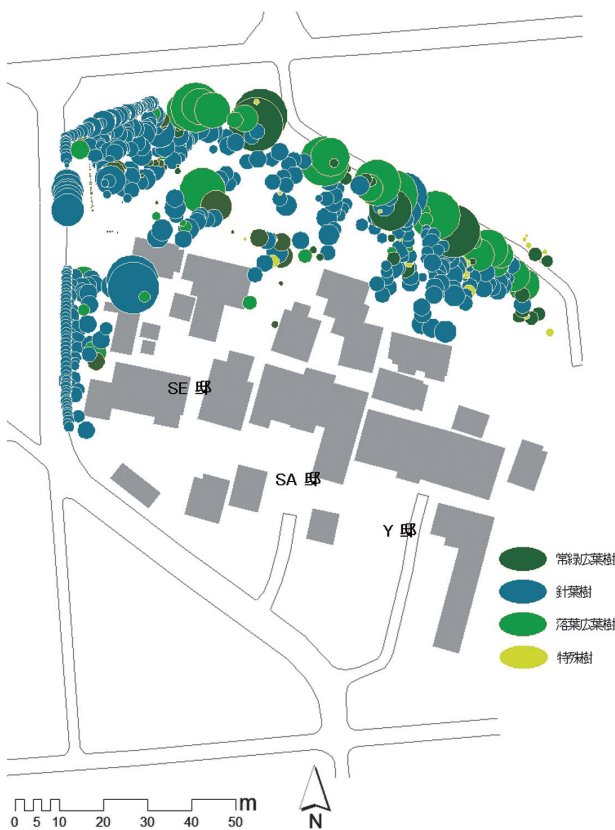


図5 居久根の樹木植栽平面図

解析により居久根内外の風の流れをシミュレーション・可視化し、その結果を図9に示した。居久根外の農地の2018年12月の最多風向北西(NW)の風、最大風速9.4m/s(高さ2m)の結果を用いた風況解析では、居久根上空では風速約15~22m/sの強風域となるが、居久根内では約2m/s以下の減速域が可視化され、さらにその減速域が風下側に約100m以上の距離にまで広がっていることが確認された。

(3) 冬季鳥類の生息場所としての機能

それぞれの環境区分で確認された鳥類を表4に示した。農地区で19種1219個体、いぐね区で31種1013個体、丘陵区で27種380個体であった。種構成として、居久根を含まない農地区では開けた環境を好む種類を中心に水鳥や

猛禽類も観察され、いぐね区ではこれらに加え丘陵区で確認された樹林内や林縁を好む種類も出現した。居久根内で確認されたのは20種490個体で、カワラヒワ(113個体, 23.1%), ヒヨドリ(98個体, 20.0%), スズメ(78個体, 15.9%)が上位3種を占めた。カワラヒワは樹林地や草地、農耕地等幅広い環境を、スズメは人家の周辺の樹林や農耕地などに生息する。これら2種は冬季に農耕地等の開けた環境を好み、群れを形成するため観察数が多かった。ヒヨドリは樹上で生活することから水田域内では居久根を主要な生息場所として利用していた。これら以外で居久根を利用していた鳥類として、カシラダカ(43個体)やアオジ(25

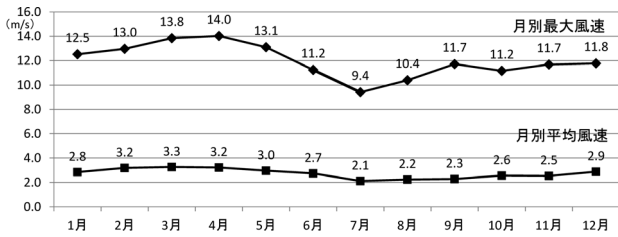


図6 月別最大・平均風速 (2013-2017年 巨理気象台)

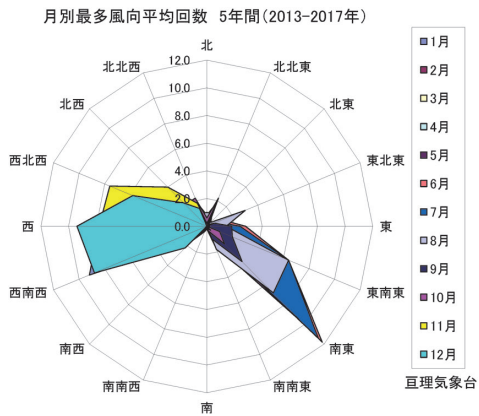


図7 月別最多風向平均回数 (2013-2017年 巨理気象台)

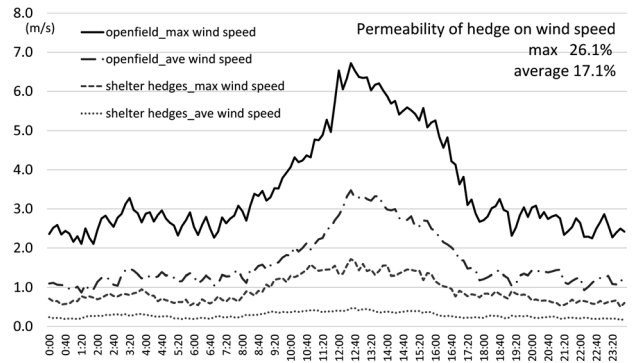


図8 居久根内外の最大・平均風速の日変化

表3 居久根内外の最大・平均風速 (10-3月)

	いぐね外 (農地)		いぐね内		最大風速時の風透過率 (%)	平均風速時の風透過率 (%)
	最大風速 (m/s)	平均風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	平均風速 (m/s)		
10月	3.0	1.3	0.9	0.3	30.2	20.4
11月	2.6	1.3	0.6	0.2	24.4	16.7
12月	3.5	1.7	0.9	0.3	26.1	17.1
1月	4.8	2.9	1.1	0.4	23.4	13.7
2月	4.7	2.8	1.2	0.4	26.0	14.6
3月	4.0	2.0	0.9	0.4	21.2	19.4

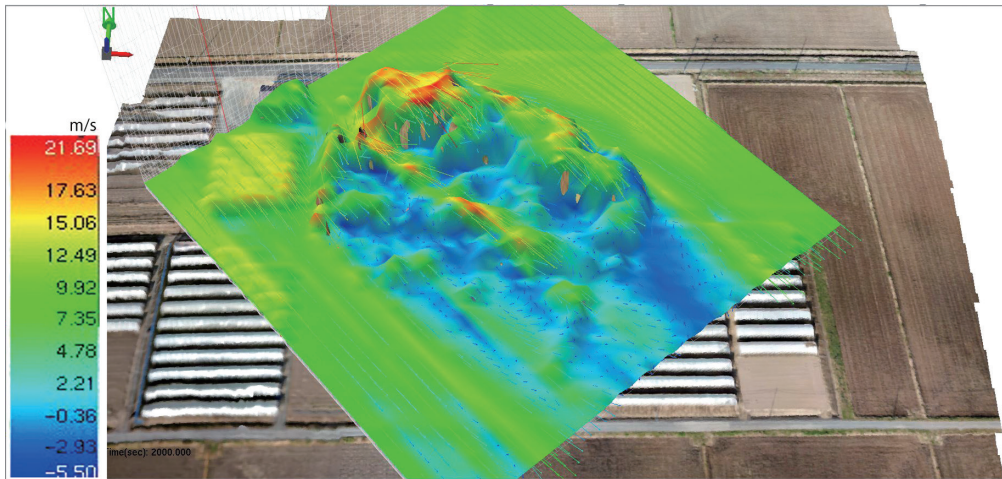


図9 CFD解析による風速9.4m/s(高さ2m)の北西風に対する居久根の防風効果の評価

個体), ウグイス (10 個体) は林縁や藪を好み, 居久根の低木類やササ群落, 他の草本類から構成される藪を利用して。次に各環境区分における鳥類の確認種数, 個体数, 多様度指数を図 10 に示した。その結果, 個体数では環境区分間で差異はなかったが, 種類数と多様度指数は農地区に比べて丘陵区といぐね区で高かった。表 4 の通り, 居久根が存在することで農耕地に出現する鳥種に樹上生活する種や林縁環境を好む種が加わり, 当該地域に生息する鳥類の種数や多様性が高まるものと考えられる。

#### 4. 結 論

本研究では, 宮城県・岩手県において 400 年以上の間,

防風林として維持されてきた居久根の多面的機能性を有するグリーンインフラの価値, 特に居久根の植栽構成の工夫と生活文化的価値, 減災・気象緩和効果, および冬季鳥類の生息環境としての価値を明らかにした。

今回設定した 3 つの研究課題に対し, 本研究によって明らかになった成果と課題は以下の通りである。

1) 居久根の樹木構成では, 全樹木タイプ別構成は針葉樹 7 割, 常緑広葉樹 2 割, 落葉広葉樹 1 割で, 中でも針葉樹ではスギやアスナロ, 常緑広葉樹ではマサキ, シロダモ, ヤブツバキ, 落葉広葉樹ではケヤキ, イヌシデ, 特殊樹ではシュロ, モウソウチク, マダケ, ヤダケ, クロチクで主として構成されていることが明らかになった。生活文化的

表 4 各環境区分における鳥種とその個体数

和名	学名	出現場所数	農地区	いぐね区	丘陵区
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	4	3	51 (40)	
アオサギ	<i>Ardea cinerea</i>	10	6	1	
ダイサギ	<i>Ardea alba</i>	1	1		
ミサゴ	<i>Pandion haliaetus</i>	1		4	
トビ	<i>Milvus migrans</i>	5	4	7	3
ハイタカ	<i>Accipiter nisus</i>	1		1	
ノスリ	<i>Buteo buteo</i>	3	9	5	
コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>	12			9
アカゲラ	<i>Dendrocopos major</i>	1		2 (1)	7
チョウゲンボウ	<i>Falco tinnunculus</i>	4	2	1	
モズ	<i>Lanius bucephalus</i>	11	1	6 (2)	3
カケス	<i>Garrulus glandarius</i>	3			12
オナガ	<i>Cyanopica cyamus</i>	1		1 (1)	1
コクマルガラス	<i>Corvus dauuricus</i>	19	5	4	
ハシボソガラス	<i>Corvus corone</i>	8	82	139 (44)	12
ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	3	112	77 (12)	5
ヤマガラ	<i>Poecile varius</i>	3		1 (1)	8
シジュウカラ	<i>Parus minor</i>	7		3 (1)	18
ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	11	6	118 (98)	71
ウグイス	<i>Cettia diphone</i>	3		12 (10)	7
エナガ	<i>Aegithalos caudatus</i>	1			6
メジロ	<i>Zosterops japonicus</i>	5			16
ムクドリ	<i>Spodiopsar cineraceus</i>	2	29	33 (4)	
アカハラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	14		1	3
ツグミ	<i>Turdus naumanni</i>	10	5	14 (3)	18
ルリビタキ	<i>Tarsiger cyanurus</i>	8			8
ジョウビタキ	<i>Phoenicurus aureus</i>	1		1 (1)	
スズメ	<i>Passer montanus</i>	16	523	148 (78)	3
ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	14	16	19 (1)	7
セグロセキレイ	<i>Motacilla grandis</i>	20		1	8
ビンズイ	<i>Anthus hodgsoni</i>	1			1
タヒバリ	<i>Anthus rubescens</i>	16	27	4	
カワラヒワ	<i>Chloris sinica</i>	4	361	234 (113)	35
ベニマシコ	<i>Uragus sibiricus</i>	11		1	16
シメ	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	3		3 (3)	
ホオジロ	<i>Emberiza cioides</i>	9	21	29	30
カシラダカ	<i>Emberiza rustica</i>	6	6	58 (43)	25
アオジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	4		31 (25)	39
ガビチョウ	<i>Garrulax canorus</i>	6			9
種類数			19	31	27
個体数			1219	1013	380

カッコ内の数値は居久根を生息場所として利用していた個体数を示す。

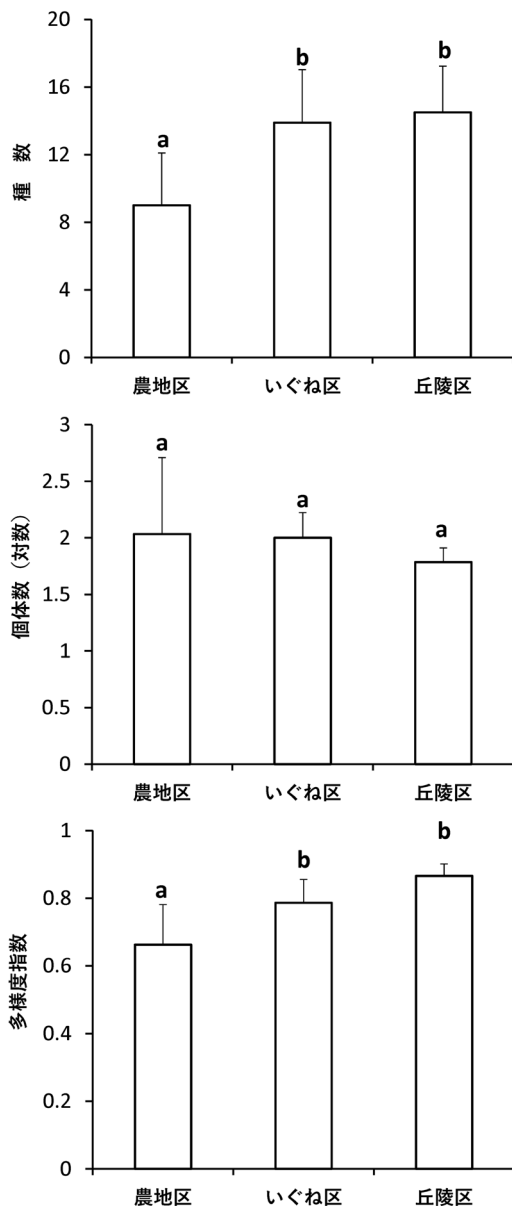


図 10 各環境区分における鳥類の確認種数、個体数、多様度指数棒グラフは平均値、エラーバーは標準偏差を示す。異なるアルファベットは多重比較検定において有意差のあることを示す ( $p < 0.05$ )。

価値では、居久根の北西側に枝葉の細かいスギやアスナロなど常緑針葉樹を多数植栽することで防風効果を高めると同時に建築材として活用され、スギ下に植えられたタケ類は防風用として、かつ農業・漁業の道具として活用されていた。潮風に強いヤブツバキや湿地帯に適応した肥料木でもあり、痩せた土壌を改良してくれるハンノキを植栽する工夫がみられた。すなわち、居久根に植栽されている樹木は、防風、農漁業の道具、建築材、土壌改良など、生物文化的多様性を有し、有用な樹木がほとんどで、居久根と共生してきた人々の暮らしが明らかになった。屋敷林は燃料・肥料・用材・食料の供給として生活に実用されてきた事例も報告されているように（三浦 1992<sup>28</sup>）、東北の風土に育まれた居久根のもつ生活文化的価値が示された。

2) 居久根の防風効果では、居久根は冬季の季節風を7-9割減速させ、居久根内の母屋に安定した居住環境をもたらしていることを明らかにした。さらに現地調査結果を用いてドローン空撮による3Dデータおよび風況解析に基づく居久根の防風効果を可視化することで、減速域が風下側に約100m以上の距離にまで広がっていることがみられた。一方、Hedgerowsの高さHに対して約10倍の距離にまで風の減速域が広がることが報告されている（JENSEN 1954<sup>29</sup>, MARSHALL 1967<sup>30</sup>, POLLARD et al. 1974<sup>31</sup>, FORMAN et al. 1984<sup>32</sup>, JONSSON 1994<sup>33</sup>）。今後、これらを現地検証することとしたい。また今回の調査の過程でドローンを用いた3Dデータ化には、航空法上の飛行高度の制限やバッテリーによる飛行時間の制約により、その撮影範囲に限界があることがわかった。さらに撮影範囲を広げるほどデータ容量が大きくなり、そのデータ解析に長時間必要となる。そのためドローンによるデータ取得範囲は、数100m範囲の1農地スケールには有用であるが、それ以上のランドスケープスケールではGISや衛星リモートセンシングが有用であると考えられた。今後、GISや衛星リモートセンシングデータを用いてランドスケープスケールにおける季節風の可視化を行い、連続した屋敷林との防風効果をみることをとしたい。

3) 冬季鳥類の生息環境として居久根が有する効果について、平野部の水田域に点在する居久根は、周囲の水田域とは異なるニッチの鳥種、すなわち樹林や林縁を好む種の生息環境として機能していた。既存研究として農地の鳥種において、畑地内部よりも防風林などの周縁環境を多く利用する事例も報告されているように（BOUTIN et al. 1999<sup>34</sup>; 森口 2013<sup>35</sup>）、水田域という自然環境としては単一的な農地に樹林地が加わることで鳥種の増加することを示す。

今回の研究では冬季という限定された季節の鳥類を対象としたが、繁殖期の利用状況も明らかにする必要がある。菅野 (2014<sup>15</sup>) は、居久根を構成する多様な木々が生育することで、様々な生き物の生息環境にもなってきたことを報告している。また他の動物分類群の事例として、例えば居久根がタヌキ等の中型哺乳類の生息において重要な緑地要素となっていることが示唆されており（大澤・七海 2015<sup>16</sup>）、昆虫類等の無脊椎動物の生息状況に関する知見を得ることで、地域の生物多様性における居久根の価値をより深く解明できるであろう。

現在、欧州委員会ではHedgerowsはグリーンインフラのグッドプラクティス（優れた取組）の1つとして、ヨーロッパの伝統的特徴的農業景観、土壌流失防止、生き物の生息地やコリドーなどが、国土保全・生物多様性上の重要な環境として価値付けされている（European Commission, Environment 2015<sup>12</sup>）。居久根は冬季の北西からの風雪を防ぐことを目的に植えられた林であるが、今日の大災害時代における我が国においてグリーンインフラとしての多面的機能性を有することから、気候変動の緩和と適応や災害に対するレジリエンスをはじめ、屋敷林文化、生物多様性の保全、故郷の風致風景の再生や愛郷心に大いに貢献できると考えられる。また2013年から2017年まで欧州委員会



の助成を受けた11ヶ国24大学・研究機関の共同プロジェクトGreen Surge (Green Infrastructure and Urban Biodiversity for Sustainable Urban Development and the Green Economy)の結果、グリーンインフラの理念として多面的機能性(Multifunctionality)と結合性(Connectivity)が最大の共通認識であるとされている(DAVIES, et al., 2015<sup>36)</sup>)。今後の研究課題として、個々の居久根のネットワーク化が地域全体の防風効果や生物多様性に与える効果を検証するとともに、風況解析による居久根の管理・保全・再生・新規の植栽計画手法の開発も重要な課題の一つであると考えている。

**謝辞：**本研究の現地調査では居久根所有者の農家の方々、特定非営利活動法人悠久の郷の内山利勝氏、環境緑地学科卒業生本田珠希氏、地域創成科学科学生玉置千恵さん、浜崎悠君にご協力をいただいた。ここに心よりお礼申し上げます。また本研究は東京農業大学戦略研究プロジェクト「伝統的農地管理による生物多様性ならびに国土保全の評価と持続的・地域防災マネジメントの構築」、住友財団環境研究「熱環境の緩和と風の道を活かしたアジアモンスーン地域独自の環境計画への応用」の助成を受けて実施された成果の一部である。ここに記して感謝いたします。

#### 引用・参考文献

- 1) 結城登美雄 (2001) 伊達政宗の「食べられる地域づくり」政策 BIO-city No. 21 p.33-36.
- 2) いぐね編集委員会 (2010) IGUNE Vol. 1 p 1 JA プリント
- 3) 七郷の今昔を記録する会 (1993) ふるさと七郷 もうひとつの仙台 タスデザイン室
- 4) 小川琢治 (1914) 越中国西部の荘宅 Homesteads に就いて. 地学雑誌 26 : 895-905.
- 5) 矢澤大二 (1936) 東京近郊の防風林の分布に関する研究 (I), (II). 地理学評論 12 : 47-66, 248-268.
- 6) 辻村太郎・伊藤隆吉 (1937) 武蔵野台地の屋敷森 (一), (二). 地理学 5 (9) : 1686-1696, 1823-1832.
- 7) 菊池 立 (1999) 屋敷林をもつ農家における冬季の気温と風速の日変化特性. 季刊地理学 51 : 306-315.
- 8) 不破正二 (2016) 関東地方の屋敷林. 中央公論美術出版.
- 9) 石村真一 (2017) 日本の屋敷林文化—美しい樹木景観を求めて—. 山と溪谷社.
- 10) 中島道郎 (1963) 日本の屋敷林. 財団法人全国林業改良普及協会.
- 11) Agroforestry in Europe (2015) Hedgerow planting in Denmark. <<http://www.eurafagroforestry.eu/countries/Denmark>> (最終アクセス日 2019年3月5日)
- 12) European Commission, Environment (2015) Supporting the Implementation of Green Infrastructure Final Report.
- 13) IEEP (2011) Green infrastructure implementation and efficiency. Final report to the European Commissions. NV.B.2/SER/2010/0059
- 14) 江山正美 (1977) スケープテクチャー—明日の造園学—鹿島出版会 243-261.
- 15) 菅野正道 (2014) イグネのある村へ 仙台平野における近世村落の成立 よみがえるふるさとの歴史 3 蕃山房
- 16) 大澤啓志・七海絵里香 (2015) 仙台平野中部亘理町逢隈地区のイグネの特徴と津波の影響. ランドスケープ研究 78 : 755-760.
- 17) 本多静六・今村明恒 (1934) 農林省山林局 三陸地方防潮林造成調査報告書 (「防潮林ノ効果」 p.7, 「防潮林ノ造成ニ就テ」 p.97).
- 18) 入江彰昭 (2011) イグネに学ぶ用強美の造園デザイン. 続千樹萬幹 181号.
- 19) ARNOLD G (1983) The Influence of Ditch and Hedgerow Structure, Length of Hedgerows, and Area of Woodland and Garden on Bird Numbers on Farmland. *Journal of Applied Ecology* 20 : 731-750. doi : 10.2307/2403123.
- 20) GREEN R, OSBORNE P, SEARS E (1994) The Distribution of Passerine Birds in Hedgerows During the Breeding Season in Relation to Characteristics of the Hedgerow and Adjacent Farmland. *Journal of Applied Ecology* 31 : 677-692. doi : 10.2307/2404158
- 21) PARISH T, LAKHANI K, SPARKS T (1994) Modelling the Relationship Between Bird Population Variables and Hedgerow and Other Field Margin Attributes. I. Species Richness of Winter, Summer and Breeding Birds. *Journal of Applied Ecology* 31 : 764-775. doi : 10.2307/2404166.
- 22) HINSLEY, S.A, BELLAMY P.E (2000) The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds : A review. *Journal of Environmental Management* 60 : 33-49.
- 23) FULLER R.J, CHAMBERLAIN D.E, BURTON N.H.K, GOUGH S.J (2001) Distributions of birds in lowland agricultural landscapes of England and Wales : How distinctive are bird communities of hedgerows and woodland? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 84 : 79-92.
- 24) TAKEUCHI M (2019) Winter bird communities in the heterogeneous farmlands of the Aso region in Japan. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* 12 : 152-159. doi : 10.1016/j.japb.2019.01.013.
- 25) 亘理町史編纂委員会 (1975) 亘理町史上巻.
- 26) HAMMER Ø, HARPER D A T, RYAN P D (2001) PAST : Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1) : 9pp.
- 27) 植村誠次 (1965) マメ科以外の根粒植物について 化学と生物 3巻9号 p.471-476
- 28) 三浦修 (1992) 風土に育まれた屋敷林—イグネ 塚本哲人・渡辺信夫・米地文夫 (編)「風土にみる東北のかたち」 p.126-154 河北新報社
- 29) JENSEN M (1954) Shelter effect: investigations into the aerodynamics of shelter and its effects on climate and crops. The Danish Technical Press.
- 30) MARSHALL J.K (1967) The effect of Shelter on the productivity of grasslands and field crops. *Field Crop Abstracts* 20 (1) : 1-14.
- 31) POLLARD E, HOOPER M.D, MOORE N.W (1974) Hedges. W. Collons Sons, London. 256 pp.
- 32) FORMAN R.T.T, BAUDRY J (1984). Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management* 8 : 499-510.
- 33) JONSSON P (1994) Influence of shelter on soil sorting by wind erosion—a case study. *Catena* 22 : 35-47.
- 34) BOUTIN C, FREEMARK K.E, KIRK D.A (1999) Farmland birds in southern Ontario : field use, activity patterns and vulnerability to pesticide use. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 72 : 239-254.
- 35) 森口紗千子 (2013) 北海道十勝地方の農地における繁殖期の鳥類. 日本鳥学会誌 62 : 31-37.
- 36) DAVIES C, HANSEN R, RALL E, PAULEIT S, LAFORTEZZA R, DE BELLIS Y, SANTOS A, TOSICS I (2015) Green Infrastructure Planning And Implementation. *The GREEN SURGE Project*

# A Study on Value of Green Infrastructure with Multiple Benefits of Homestead Trees and Hedges “Igune”

By

Teruaki IRIE\*, Saki HARADA\*\*, Hitoshi UCHIDA\*<sup>†</sup> and Masatoshi TAKEUCHI\*

(Received May 13, 2019/Accepted December 6, 2019)

**Summary** : Homestead trees and hedges, known as “Igune”, have been a feature of the traditional rural landscape in the Miyagi and Iwate prefectures for at least 400 years. We evaluated the green infrastructure value of the multiple benefits provided by Igune. In particular, we concentrated on the cultural and lifestyle values, windbreak effects, and habitat for forest and forest-edge living birds. Our findings show that 1) conifer trees account for about 70% of Igune trees, evergreen broadleaved trees for about 20% and deciduous broadleaved trees for about 10% of all Igune tree types, excluding bamboos. Fine foliated conifer trees such as *Cryptomeria japonica* were found to be planted on the northwest side of the Igune to enhance windbreak effects and for use in building materials. Bamboos were also planted to serve as windbreaks under the *Cryptomeria japonica* and are used for making agricultural and fishery implements. *Camellia japonica* and *Euonymus japonicus* are particularly robust against onshore winds, and the wetland-adapted *Alnus japonica* is a common Igune tree in wetter areas and is planted to improve poor soils. We found that farmers’ wisdom and techniques combine to make the most of species characteristics whilst helping preserve and reinforce traditional lifestyles and cultural values. 2) Igune homestead trees, shrubs and hedgerows provide effective windbreaks : winter wind speeds were found to be reduced by 70–90%, creating a stable and habitable residential area within the bounds of the Igune. Wind dynamics were simulated by three-dimensional GIS and CFD analysis. We found that the reduced wind speed area extended more than 100m on the leeward side of the Igune. 3) We compared bird species richness, individual abundance and species diversity index among three landscape habitats including open paddy fields, paddy fields where Igune trees and shrubs were present, and forest. These habitat types differed significantly with respect to bird species richness and diversity index. Forest and paddy fields having Igune both had higher species richness than the open paddy fields, but no significant differences in mean bird abundance were found between the habitats. These results suggests that Igune provide habitat for some forest-living birds. The green infrastructure of Igune homestead trees can clearly contribute to climate change mitigation and adaptation, and delivers simultaneous cultural, traditional, and biodiversity co-benefits, which together can support the regeneration of regional landscape identities.

**Key words** : Homestead trees and hedgerows, Igune, Green Infrastructure, Multiple Benefits, Windbreak, Forest bird species

\* Departments of Regional Regeneration Science, Faculty of Regional Environment Science in Tokyo University of Agriculture

\*\* Departments of Landscape Architecture Science, Faculty of Regional Environment Science in Tokyo University of Agriculture

<sup>†</sup> Corresponding author (E-mail : h\_uchida@nodai.ac.jp)