

Forest communities in Toyama Prefecture and environmental conditions behind (Paper for the lecture of the Society' s Award 2014)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-02-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00053302

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



2014 年度 植物地理・分類学会賞受賞記念講演記録 佐藤卓：富山県の森林群落について

〒 939-3553 富山県富山市水橋の場 195 日本海植物研究所 ygryh396@yahoo.co.jp

Takashi Sato: Forest communities in Toyama Prefecture and environmental conditions behind

Nihonkai-shokubutu Research Institute, 195 Matoba, Mizunashi, Toyama-shi, Toyama, 939-3553, Japan

Abstract

Forest communities in Toyama Prefecture, Japan are reviewed according to forest types classified by physiognomies, i.e., evergreen broadleaved, summer green, evergreen coniferous, and planted forests. Environmental factors are also discussed which are responsible for distributions of these forest types. Climatic conditions unique to the Japan Sea side areas largely affect the distribution of forests in Toyama Prefecture. Especially, high precipitation during winter expressed as high snow depth could account for the distribution of these forest types, as well exemplified by mixed forests of *Fagus crenata* and evergreen *Quercus* species which are often found in lowland areas. Snow depth might also control the distribution of evergreen coniferous forests dominated by *Tsuga sieboldii* or *Abies firma* and this possibility should be explored further in future studies.

Key words: forest community, forest structure, site environment.

はじめに

富山県は本州のほぼ中央の北緯36度16分～36度59分、東経136度46分～137度46分の範囲にあり、面積は4,248 km²である（富山県 2015）。また、富山県は北で富山湾に面し、東を北アルプス、南を飛騨山地、西を低い丘陵に取り囲まれている。河床勾配が急な5本の一級河川があり、それぞれの河川は下流域に沖積平野を形成している。富山県には海岸から標高3000m級の立山連峰まで、多様な立地環境があり、その植生は大きく、寒帯・高山帯自然植生、亜寒帯・亜高山帯自然植生、ブナクラス域自然植生、ブナクラス域代償植生、ヤブツバキクラス域自然植生、ヤブツバキ域代償植生、植林地・耕作地植生に区分される（環境庁 1982）。海岸から丘陵地帯の杜寺林や河岸段丘にはウラジロガシ *Quercus salicina* Blume 林などの常緑広葉樹林、山地帯にはブナ *Fagus crenata* Blume 林をはじめとする夏緑樹林、亜高山帯には常緑針葉樹林が分布する（佐藤 2007）。

本論では富山県の森林群落を相観により常緑広葉

樹林、夏緑樹林、常緑針葉樹林、植林の4つのグループに分け、それらを構成する植生タイプがどのような構造を持ち、どのような環境に立地しているのかを紹介する。

方法

1 森林群落区分と調査林分

森林植生の調査は、相観により分類した4つのグループ（常緑広葉樹林、夏緑樹林、常緑針葉樹林、植林）に分けて行った。それぞれのグループに属する植生タイプは、基底面積合計の最も大きい種を優占種とし、同じ優占種を持つ林分をまとめて1つの植生タイプとした。なお、自然植生の植生タイプの名前は、優占種の名前の後に「林」を、植林グループの名前は、優占種の名前の後に「植林」をつけて表記した。

常緑広葉樹林として、ウラジロガシ林（佐藤 2004）やスダジイ *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus. 林（佐藤 1990；佐藤他 2002, 2007）、アカガシ *Quercus acuta* Thunb. 林（金子他 2014

など) など4植生タイプを含む17林分を調査した。夏緑樹林については、コナラ *Quercus serrata* Murray 林 (佐藤・松村 2009 など) やイヌシデ林 *Carpinus tschonoskii* Maxim. (佐藤他 2011), ブナ林 (平内他 1998; 佐藤 1994, 1998, 2000; 佐藤ら 1995 など), ミズナラ林 *Quercus crispula* Blume (佐藤他 2010 など), トチノキ *Aesculus turbinata* Blume 林 (松村他 1998; 佐藤他 2004 など), ダケカンバ *Betula ermanii* Cham. 林 (佐藤・松村他 1995 など) など11植生タイプを含む92林分を調査した。常緑針葉樹林は、モミ *Abies firma* Siebold et Zucc. 林 (佐藤他 1999a, 2005, 2009 など) やツガ *Tsuga sieboldii* Carriere 林 (佐藤他 1999b), スギ *Cryptomeria japonica* (L.f.) D. Don 林 (佐藤他 1998 など), オオシラビソ *Abies mariesii* Mast. 林 (佐藤・澤田他 1999 など) など8植生タイプを含む35林分を調査した。植林については、スギ植林 (佐藤他 2010) など3植生タイプを含む12林分を調査した。調査を行った159林分の位置を図1に示した。

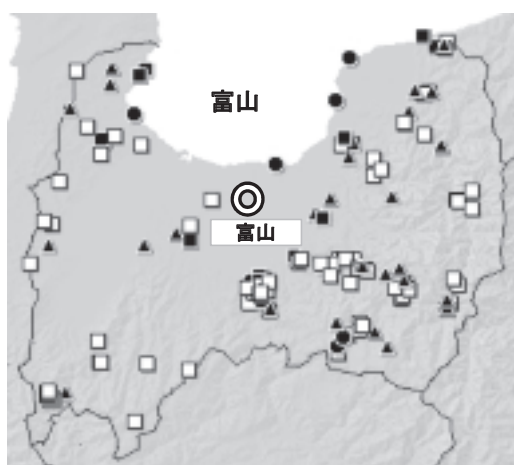


図1. 今回の解析に用いた調査地点。
 ■: 常緑広葉樹林, □: 夏緑樹林,
 ▲: 常緑針葉樹林, ●: 植林。

2 森林構造の解析

樹高2m以上の樹木を対象に、方形区法毎木調査を行った。方形区の一辺の長さはその林分の最大樹高以上とした。方形区内に根元がある樹高2m以上の樹木を対象に、樹種を同定し、出現種数、種多様度指数、密度、基底面積合計、樹冠面積合計を計測・算出した。林分の種多様度指数として、出現種数と出現個体数から算出するFisher et al. (1943) の α 値を用いた。樹冠面積合計は、枝の広がりを経円形に近似し、長径と短径の長さから樹冠面積を求

め、積算した。

3 森林群落の立地環境

調査した森林群落の立地環境は、標高と気候因子で評価した。標高はGPSと地形図を用いて特定した方形区の最高地点の値を用いた。気候因子は方形区を設定した地点の緯度経度から、調査区が含まれる3次メッシュコード (昭和48年行政管理庁告示第143号「統計に用いる標準地域メッシュ及び標準地域メッシュコード」) を求め、その3次メッシュコードのメッシュ気候値2000 (気象庁 2002) の値を用いた。解析に用いた気候因子は、メッシュ気候値2000の年平均気温、1月最低気温、最深積雪、年降水量と、吉良 (1948) が提案した暖かさの指数 (WI= Warmth Index) と寒さの指数 (CI= Coldness Index), 鈴木・鈴木 (1971) の日本海指数 (JSI= Japan Sea Index) である。

結果と考察

1 常緑広葉樹林

i) 森林構造

常緑広葉樹林の森林構造を表1に示した。そのうち、調査林分数が4以上のスダジイ林とウラジログシ林、アカガシ林の3植生タイプについて分散分析多重比較を行った。平均出現種数が最も大きい植生タイプはスダジイ林 (11.3種) で、最も小さい植生タイプはウラジログシ林 (8.4種) であった。また、出現種数が最も大きい値 (17種) を示した林分は、氷見市寺中のアカガシ林 (松村他 2013) であった。しかし、スダジイ林とウラジログシ林、アカガシ林のそれぞれの平均出現種数の間には有意差は認められず、全体で1つの等質グループと認められた。

α 値の平均値が最も大きい植生タイプはシロダモ *Neolitsea sericea* (Blume) Koidz. 林 (5.0) で、最も小さい植生タイプはウラジログシ林 (3.0) であった。しかし、スダジイ林とウラジログシ林、アカガシ林の平均値間には有意差は認められず、1つの等質グループと認められた。また、富山県内のウラジログシ林とアカガシ林の α 値は、伊藤・宮田 (1977) が報告している熊本県水俣のウラジログシ林 (dbh>1cm; 5.2~8.9), アカガシ林 (dbh>1cm; 3.6~8.9) の範囲に含まれていた。

密度の平均値は植生タイプによって大きくばらついたが、スダジイ林とウラジログシ林、アカガシ林は全体で1つの等質グループと認められた。基底面積合計の平均値が最も大きい植生タイプはスダジイ林 (110.5 m²/ha) で、他の2植生タイプ (50 m²/ha 前後) より大きく、有意差が認められた。ウラジログシ林とアカガシ林は等質サブグループと認め

られた。

樹冠面積合計では、ウラジロガシ林が最も大きく (3.80ha/ha)、アカガシ林が最も小さい値 (2.11ha/ha) を示した。ウラジロガシ林とスダジイ林、スダジイ林とアカガシ林はそれぞれ等質サブグループ

として認められた。また、ウラジロガシ林とアカガシ林の間に有意差が認められた。

ii) 立地環境

常緑広葉樹林の立地環境を表2に示した。分散分析を行ったスダジイ林、ウラジロガシ林、アカガ

表1. 植生タイプごとの森林構造

植生タイプ	調査 林分 数	植生タイプごとの平均値、等質サブグループ、最小-最大									
		出現種数		α 値		密度 (本/ha)		基底面積合計 (㎡/ha)		樹冠面積合計 (ha/ha)	
常緑広葉樹林<17>											
スダジイ林	4	11.3 a*	6-14	3.9 a	2.3-4.6	1,592 a	1,289-2,300	110.5 a	103.5-126.9	2.56 ab	1.96-3.67
シロダモ林	3	9.3	8-12	5.0	2.5-9.1	2,525	1,500-3,100	45.1	35.9-53.7	2.57	2.14-3.02
ウラジログアシ林	5	8.4 a	5-14	3.0 a	1.2-5.7	3,534 a	867-7,750	62.7 b	52.0-75.1	3.80 a	2.24-5.41
アカガシ林	5	11.2 a	9-17	4.6 a	3.1-6.9	1,754 a	1,171-2,089	48.9 b	31.1-65.0	2.11 b	1.73-2.51
夏緑樹林<92>											
イヌシデ林	2	14.5	11-18	6.4	4.9-7.9	2,007	1,320-2,694	58.5	43.38-73.58	3.03	2.74-3.32
クスギ林	2	9.5	9-10	5.5	3.8-7.2	3,350	1,800-4,900	25.5	20.0-31.0	2.37	1.57-3.16
コナラ林	21	15.2 a	9-25	6.2 a	2.9-10.7	4,047 a	1,175-10,039	41.0 ab	20.1-69.58	2.72 a	1.26-5.75
トチノキ林	3	16.7	9-24	8.3	3.1-13.0	657	365-1,040	61.5	39.6-89.9	2.40	1.22-3.97
ケヤキ林	3	11.0	8-15	4.6	2.3-6.0	2,481	1,875-2,969	40.0	28.0-63.4	2.35	1.48-3.79
クリ林	2	13.5	12-15	6.3	4.8-7.7	3,200	2,900-3,500	32.6	28.6-36.5	2.03	1.77-2.29
ミズナラ林	10	12.7 ab	5-16	6.2 a	1.9-10.2	2,381 a	859-5,300	35.6 a	19.87-48.92	2.32 a	1.23-4.15
サワグルミ林	2	10.5	7-14	3.9	2.5-5.3	1,396	1,235-1,556	29.5	20.3-38.7	1.18	1.07-1.29
ブナ林	43	11.1 b	2-19	3.8 b	0.4-8.1	3,130 a	312-11,067	53.2 b	19.9-122.4	2.35 a	0.92-5.30
ドロノキ林	2	7.5	3-12	2.7	1.1-4.3	1,914	850-2,978	15.6	4.5-26.7	1.18	0.39-1.96
ダケカンバ林	2	18.5	17-20	6.3	6.2-6.3	2,047	1,213-2,880	24.7	20.7-28.7	1.55	1.10-1.99
常緑針葉樹林<35>											
モミ林	6	16.8 b	5-25	7.0 a	1.8-13.1	2,128 ab	675-3,704	84.8 a	24.4-111.2	2.24 ab	0.94-3.26
アカマツ林	8	14.6 b	11-18	5.8 a	3.1-10.2	6,067 b	2,350-12,300	46.9 a	29.8-79.0	3.03 b	1.92-4.2
ツガ林	2	18.0	17-19	7.9	7.5-8.2	2,516	2,493-2,539	81.2	59.9-102.4	3.25	2.72-3.78
ゴウウマツ林	7	12.7 ab	8-20	4.5 a	2.0-7.9	3,358 ab	2,300-5,867	83.8 a	44.5-142.6	2.21 ab	1.06-3.02
スギ林	4	10.0 ab	4-13	4.1 a	1.3-6.1	1,263 a	156-2,533	183.6 b	105.3-323.3	1.26 a	0.70-1.78
コメツガ林	2	10.0	9-11	5.0	3.9-6.1	948	496-1,400	93.2	50.3-136.2	1.59	1.04-2.14
クロベ林	2	7.5	7-8	2.7	2.5-2.8	1,454	1,267-1,640	74.6	33.6-115.6	1.33	1.12-1.54
オオシラビソ林	4	5.3 a	4-7	1.8 a	1.4-3.1	2,550 ab	2,200-3,118	57.3 a	46.4-88.3	1.31 a	0.59-2.08
植林<12>											
クロマツ林	4	3.0 a	1-4	0.9 a	0.2-1.3	647 a	432-1,000	33.9 a	31.2-37.3	0.82 a	0.68-0.96
スギ林	6	12.8 a	1-27	4.3 a	0.3-10.0	1,797 a	1,100-3,900	96.2 b	56.0-144.9	1.53 a	0.61-2.57
カラマツ林	2	8.5	7-10	3.2	2.8-3.5	1,338	1,250-1,425	40.8	36.2-45.4	1.92	1.29-2.54

*: Scheffe法による多重比較結果、同質グループと認められた組み合わせ。同じアルファベットの組み合わせが同質グループであることを示す。

表2. 植生タイプごとの立地環境

メッシュ気候値とメッシュ気候値から算出された指数(平均値、等質サブグループ、最小-最大)																	
植生タイプ	調査林 分数	調査林分の平均標高 (m)、最小-最大	メッシュ気候値とメッシュ気候値から算出された指数(平均値、等質サブグループ、最小-最大)														
			年平均気温(℃)	1月最低気温(℃)	最深積雪(cm)	年降水量(mm)	暖かさの指数(WI)	寒さの指数(CI)	日本海指数(JSI)								
常緑広葉樹林<17>																	
スダジイ林	4	48 a*	10-90	13.3 a	13.0-13.6	-0.1 a	-0.6-0.4	45 a	40-50	2,427 a	2,119-2,733	104 a	101-108	-5 a	-5-4	114 a	109-117
シロダモ林	3	150	50-200	12.1	11.4-12.9	-2.4	-3.4-0.9	96	63-115	2,608	2,480-2,833	96	91-102	-11	-14-7	105	99-115
ウラジロガシ林	5	194 ab	80-420	12.2 ab	11.4-12.8	-2.4 b	-3.5-1.6	102 b	60-114	2,547 a	2,179-2,755	96 b	91-101	-11 b	-14-8	99	95-101
アカガシ林	5	283 b	80-420	12.1 b	11.5-12.7	-2.2 b	-3.4-1.2	89 ab	45-121	2,500 a	2,196-3,041	95 b	91-99	-10 b	-14-7	104 b	98-115
夏緑樹林<92>																	
イヌシデ林	2	197	130-264	12.4	12.3-12.4	-1.9	-1.9-1.9	47	45-48	2,241	2,240-2,241	97	96-97	-9	-9-9	104	104-104
クスギ林	2	185	80-290	12.3	11.4-13.2	-2.2	-3.5-0.8	84	55-113	2,372	2,232-2,512	97	91-104	-10	-14-6	102	100-104
コナラ林	21	321 a	50-750	11.7 a	9.8-13.1	-2.8 a	-5.2-0.8	90 a	34-148	2,504 a	2,095-3,250	93 a	79-103	-12 a	-21-6	102 a	94-116
トチノキ林	3	360	270-460	10.6	9.0-11.6	-4.2	-5.9-2.8	143	119-169	3,043	2,694-3,246	84	73-91	-17	-24-12	108	100-122
ケヤキ林	3	444	340-632	10.3	9.0-11.4	-5.0	-6.8-3.5	151	113-224	2,729	2,512-3,157	82	74-91	-19	-25-14	90	70-100
クリ林	2	455	260-650	11.1	9.9-12.3	-3.9	-5.4-2.4	127	113-140	2,631	2,530-2,731	89	73-98	-15	-21-10	91	79-102
ミズナラ林	10	771 b	520-1,200	9.1 b	6.3-10.5	-6.1 b	-8.8-4.4	152 b	116-224	2,703 ab	2,517-3,157	73 b	59-84	-24 b	-38-18	81 b	70-100
サワグルミ林	2	905	310-1,500	7.1	3.6-10.6	-8.4	-12.7-4.0	134	131-137	2,930	2,583-3,276	62	41-84	-37	-58-17	74	60-88
ブナ林	43	1,006 b	260-1,790	8.1 b	3.9-12.3	-7.0 b	-12.5-1.8	150 b	46-232	2,819 b	2,194-3,389	67 b	42-97	-30 b	-56-9	93 ab	50-122
ドロノキ林	2	1,225	1,100-1,350	5.3	4.9-5.7	-11.0	-11.5-10.4	185	178-192	2,818	2,767-2,868	50	48-52	-47	-49-44	54	50-58
ダケカンバ林	2	1,350	1,340-1,360	5.0	4.4-5.6	-11.1	-11.7-10.5	184	181-187	2,784	2,774-2,794	48	45-52	-48	-52-45	56	55-56
常緑針葉樹林<35>																	
モミ林	6	117 a	15-240	12.4 a	12.0-12.7	-1.6 a	-2.2-1.2	64 a	38-111	2,406 a	2,078-3,085	97 a	94-99	-8 a	-11-7	104 a	98-110
アカマツ林	8	228 a	130-350	12.1 a	11.3-12.8	-2.3 a	-3.5-1.5	104 ab	54-143	2,753 a	2,171-3,607	96 a	90-101	-11 ab	-14-8	105 a	94-120
ツガ林	2	405	360-450	10.3	9.9-10.7	-5.3	-5.8-4.7	189	186-192	3,182	3,177-3,187	83	80-86	-20	-22-18	94	93-94
ゴウウマツ林	7	906 b	360-1,800	8.8 b	4.6-10.8	-6.1 b	-11.3-3.5	151 bc	117-211	2,780 a	2,525-3,242	72 b	45-85	-26 bc	-51-16	96 ab	68-114
スギ林	4	1,035 b	700-1,450	8.4 b	6.1-9.8	-7.1 b	-9.8-5.6	166 c	152-192	2,937 a	2,825-3,164	68 b	53-78	-28 c	-40-21	74 bc	64-82
コメツガ林	2	1,530	1,500-1,560	3.9	3.7-4.0	-12.3	-12.5-12.1	139	137-141	2,631	2,599-2,662	42	41-43	-56	-57-55	56	54-58
クロベ林	2	1,570	1,500-1,640	4.3	4.0-4.5	-11.8 c	-12.1-11.5	137	137-137	2,641	2,619-2,662	45	43-46	-54	-55-52	55	54-56
オオシラビソ林	4	2,010 c	1,760-2,290	2.7 c	1.1-3.7	-13.6	-14.8-12.7	187 c	177-210	2,772 a	2,505-2,928	36 c	27-41	-63 d	-73-57	57 c	50-68
植林<12>																	
クロマツ林	4	5 a	4-6	13.4 a	13.2-13.7	0.2 a	-0.6-1.1	50 a	41-58	2,325 a	2,159-2,457	106 a	104-107	-5 a	-6-4	102 a	99-109
スギ林	6	364 b	30-1,060	11.7 b	9.8-13	-3.0 b	-5.6-1.3	101 a	47-154	2,538 a	2,181-2,872	93 b	78-102	-12 b	-21-7	94 a	75-103
カラマツ林	2	1,170	1,140-1,200	6.5	6.3-6.6	-8.6	-8.8-8.4	181	178-183	2,532	2,518-2,545	54	53-55	-37	-38-36	75	71-78

*: Scheffe法による多重比較結果、同質グループと認められた組み合わせ。同じアルファベットの組み合わせが同質グループであることを示す。

シ林についての立地環境因子のうち、年降水量は平均値で有意差が認められなかった。スダジイ林の立地標高の平均値は、アカガシ林より有意に小さかった。スダジイ林の年平均気温と1月最低気温、暖かさの指数(WI)、寒さの指数(CI)、日本海指数(JSI)の平均値は、ウラジロガシ林とアカガシ林の値より大きく、有意差が認められた。ウラジロガシ林の最深積雪の平均値は、スダジイ林より有意に大きかった。立地環境においてウラジロガシ林とアカガシ林は等質サブグループを作り、それらとスダジイ林とは立地環境が異なることが示唆された。

iii) 森林構造と立地環境との関係

常緑広葉樹林の森林構造と立地環境との関係を表3に示した。出現種数と α 値は年降水量との相関が最も強く、年降水量が増加すると出現種数と α 値が減少する傾向が認められた。一方、出現種数と α 値は、年平均気温やWIとの間に有意な相関が認められず、降水量が種多様性により影響を与えることが明らかとなった。大畠(1988)は、中間温度帯(WI=80~100)で最多種数となり、それより温暖域では種数が増加しないことを指摘した。本研究の結果は、この傾向が降水量によって説明しうることを示唆するのかもしれない。

密度は年平均気温との間に負の相関が有意に認められ、基底面積合計はWIと正の相関が有意に認められた。これは、通年の温度環境が光合成量に影響することで、林分の生物量の指標となる密度や基底面積合計が変化することを示唆する。服部(2014)によれば、照葉樹林の構成種の分布は、年平均気温や暖かさの指数ではなく、最寒月の月平均気温によ

り最も制限される。今回の調査林分の最寒月と推定される2月の月平均気温と基底面積合計との相関係数($r=0.691$, 図2)は、WI($r=0.670$, 図3)やCI($r=0.630$)と基底面積合計との相関係数より大きい値を示したが、相関係数の間には有意差は認められなかった。最も大きい相関係数となった2月の平均気温と基底面積合計の回帰式は(基底面積合計) $=19.692 \times (2\text{月平均気温}) + 39.441$ となり、その式から基底面積合計が0となるときの2月平均気温を求めると、 -2.0°C となった。同様にWIと基底面積合計の回帰式からは、基底面積合計が0となるときのWIは79と推定された。このことから常緑広葉樹林構成種が分布できる限界となる立地環境は、2月の平均気温が -2.0°C 、WI=79と推定された。一方、基底面積合計で20 m^2/ha 以上で林をなすと考え、回帰式を用いてそのときの立地環境を推定すると、2月平均気温 $=-1.0^{\circ}\text{C}$ 、WI=85となり、吉良(1949)の提案する照葉樹林のWIの限界値と一致した。

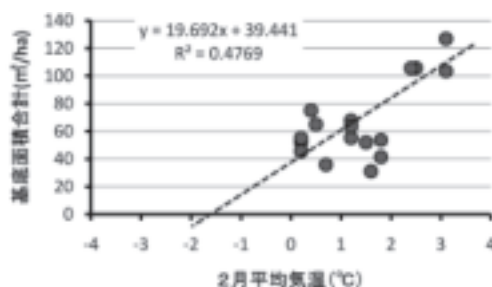


図2. 常緑広葉樹林が立地する地点の2月平均気温と基底面積合計の関係。破線は回帰直線。

表3. 植生タイプ別、森林構造と立地環境との積率相関係数

	標高(m)	年平均気温 (°C)	1月最低気温 (°C)	年降水量 (mm)	最深積雪 (cm)	暖かさの指数 (WI)	寒さの指数 (CI)	日本海指数 (JSI)
常緑広葉樹林<n=17>								
出現種数	-0.034	0.016	0.019	-0.625 *	-0.431	-0.058	0.101	0.046
密度(n/ha)	0.485 *	-0.569 *	-0.545 *	0.107	0.516 *	-0.553 *	-0.567 *	-0.367
α 値	0.092	-0.216	-0.199	-0.482 *	-0.216	-0.259	-0.158	-0.115
基底面積合計(m^2/ha)	-0.517 *	0.655 *	0.654 *	-0.127	-0.544 *	0.670 *	0.630 *	0.487 *
樹冠面積合計(ha/ha)	0.176	-0.284	-0.293	0.079	0.333	-0.259	-0.291	-0.286
夏緑樹林<n=92>								
出現種数	-0.285 *	0.256	0.252 *	-0.259 *	-0.263 *	0.253 *	0.262 *	0.075
密度(n/ha)	-0.146	0.181	0.187	-0.198	-0.191	0.176	0.189	0.202
α 値	-0.401 *	0.358 *	0.331 *	-0.245 *	-0.266 *	0.361 *	0.352 *	0.083
基底面積合計(m^2/ha)	0.188	-0.161	-0.166	0.032	0.059	-0.191	-0.163	0.139
樹冠面積合計(ha/ha)	-0.273 *	0.287 *	0.288 *	-0.252 *	-0.266 *	0.278 *	0.293 *	0.296 *
常緑針葉樹林<n=35>								
出現種数	-0.718 *	0.654 *	0.645 *	-0.101	-0.471 *	0.653 *	0.650 *	0.634 *
密度(n/ha)	-0.344	0.371 *	0.385 *	-0.074	-0.296	0.385	0.356 *	0.428 *
α 値	-0.571 *	0.515 *	0.498 *	-0.093	-0.345	0.519 *	0.508 *	0.462 *
基底面積合計(m^2/ha)	0.235	-0.226	-0.236	0.107	0.263	-0.265	-0.186	-0.287
樹冠面積合計(ha/ha)	-0.580 *	0.532 *	0.527 *	0.097	-0.329	0.533 *	0.524 *	0.583 *
植林<n=12>								
出現種数	0.102	-0.118	-0.181	0.439	0.242	-0.116	-0.113	-0.127
密度(n/ha)	0.562	-0.362	-0.461	0.659 *	0.509	-0.368	-0.352	-0.509
α 値	0.123	-0.133	-0.189	0.445	0.255	-0.132	-0.128	-0.112
基底面積合計(m^2/ha)	0.128	0.001	-0.126	0.172	0.065	-0.009	0.015	-0.128
樹冠面積合計(ha/ha)	0.316	-0.344	-0.364	0.237	0.325	-0.348	-0.343	-0.256

*: $P < 0.05$ で相関が有意であることを示す。下線の数値はその行で最も相関係数が大きい値。

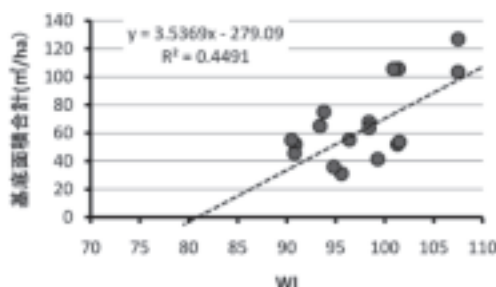


図3. 常緑広葉樹林が立地する地点のWI (暖かさの指数) と基底面積合計の関係。破線は回帰直線。

2 夏緑樹林

i) 森林構造

夏緑樹林の森林構造を表1に示した。そのうち、調査林分数が4以上のコナラ林とミズナラ林、ブナ林の3植生タイプについて分散分析多重比較を行った。

平均出現種数が最も大きい値を示した植生タイプはダケカンバ林 (18.5) で、最も小さい平均値を示した植生タイプはドロノキ *Populus maximowiczii* A. Henry 林 (7.5) であった。ダケカンバ林の値は、今回調査したすべての植生タイプの中で最も大きい値であった。分散分析を行った3つ植生タイプの中では、コナラ林とミズナラ林、ミズナラ林とブナ林がそれぞれ等質サブグループと認められた。

平均 α 値が最も大きい林分はトチノキ林 (8.3) で、最も小さい植生タイプはドロノキ林 (2.7) であった。トチノキ林の平均 α 値は今回調査したすべての植生タイプの中で最も大きい値であった。コナラ林とミズナラ林、ブナ林はそれぞれ等質サブグループと認められた。伊藤・宮田 (1977) が示した新潟県苗場山 ($h > 1.3\text{m}$; $1.9 \sim 3.9$) と栃木県奥日光 ($\text{dbh} > 4\text{cm}$; $2.1 \sim 4.1$) のブナ林の値に比べて、富山県のブナ林はやや大きい値であった。

平均密度はコナラ林 (4,047本/ha) が最も大きく、トチノキ林 (657本/ha) が最も小さい値を示したが、コナラ林とミズナラ林、ブナ林は等質グループと認められた。平均基底面積合計が最も大きい植生タイプはトチノキ林 ($61.5\text{ m}^2/\text{ha}$) で、最も小さい植生タイプはドロノキ林 ($15.6\text{ m}^2/\text{ha}$) であった。コナラ林とミズナラ林、コナラ林とブナ林はそれぞれ等質サブグループと認められた。

平均樹冠面積合計は、イヌシデ林 ($3.03\text{ha}/\text{ha}$) が最も大きく、ドロノキ林とサワグルミ *Pterocarya rhoifolia* Siebold et Zucc. 林が $1.18\text{ha}/\text{ha}$ で、最も小さく、階層構造が未発達であることを示した。平均樹冠面積合計では、コナラ林とミズナラ林、ブナ林は等質グループと認められた。

ii) 立地環境

夏緑樹林の立地環境を表2に示した。コナラ林およびミズナラ林とブナ林がそれぞれ等質サブグループと認められた環境因子は、標高、年平均気温、1月最低気温、最深積雪、WI、CIであった。ミズナラ林とブナ林に比べてコナラ林では、1) 立地標高が低い、2) 年平均気温や1月最低気温が高い、3) 最深積雪が少ない、4) WIが大きい、などの特徴がある。従って、コナラ林が温暖な環境に立地することが示された。

年降水量では、降水量が少ない環境のコナラ林とミズナラ林、降水量が多い環境のブナ林とミズナラ林がそれぞれ等質サブグループとして認められた。一方、ブナ林とコナラ林の平均値には有意差が認められた。

コナラ林とブナ林はJSIが大きい等質サブグループ、ミズナラ林とブナ林はJSIが小さい等質サブグループに区分された。コナラ林は最も日本海側気候の特徴が良く現れている地域 ($\text{JSI} > 100$) に、ミズナラ林は内陸的気候に近い地域 ($\text{JSI} < 90$) に分布することが示された。一方、ブナ林はその両方にまたがって分布し、平均値がコナラ林とミズナラ林の中間の値を示した。これらのことはブナ林が、コナラ林やミズナラ林よりも多様な環境に立地していることを示唆する。

iii) 森林構造と立地環境との関係

夏緑樹林の森林構造と立地環境との関係を表3に示した。出現種数と α 値は標高との相関が最も強く、立地標高が高くなると出現種数と α 値が減少する傾向が認められた。夏緑樹林の分布標高域は $45 \sim 1,790\text{m}$ と幅広いことがこのような結果となったと考えられる。樹冠面積合計はCIとの正の相関が最も強く、林の枝の混み具合はCIの影響が強いことが示唆された。

iv) 低地型ブナ林の成立要因

吉良 (1948, 1949; 吉良他 1976) はWIとCIの値により植生帯の立地を説明し、 $\text{WI} > 85$ かつ $\text{CI} < -10$ の地域に暖温帯落葉樹林帯が存在することを示した。例えば、太平洋側においては、モミ・ツガ林やアカシデ *Carpinus laxiflora* (Siebold et Zucc.) Blume イヌシデ林などがこの植生帯 (鈴木 (1961) や山中 (1979) の中間温帯林に相当) にあたる。また吉良 (1949) は、この暖温帯落葉樹林帯にはブナ林を含めないこと、モミ林には (常緑) カシ類が混交しないことを特徴として示した。同様の植生帯は石川県の低山帯にも見られ、チマキザサ *Sasa palmata* Nakai を林床に持ち、アカシデやイヌシデなどが混交するブナ林がある (低地型ブナ林, 古池 1986)。しかし、加賀地方においては、

暖温帯落葉樹林帯の下限標高と上限標高の幅が200mと小さいため、太平洋側に比べてこの植生帯の発達には概して悪い(古池 1986)。

富山県では、メッシュ気候値を基に $WI > 85$ かつ $CI < -10$ の3次メッシュを抽出すると、563メッシュが抽出され(図4)、それらは富山県山麓部を中心に標高132m～481mに分布した。また、それらが富山県の3次メッシュ数全体に占める割合は13%で、各メッシュ内にはコナラ林、アカマツ林、ブナ林、アカガシ林、モミ林、ツガ林などが立地していた。これらの林分構成は、吉良(1949)や鈴木(1961)が主張する暖温帯落葉樹林帯の特徴と部分的に一致する。しかし、富山県では、1) モミとツガが混交する林分は今のところ確認されていないこと、2) イヌシデ林における WI は85以上、 CI は-9以上で、暖温帯落葉広葉樹林帯の範疇には入らないこと、3) ウラジロガシなどの照葉樹林構成種と混交する低地型ブナ林があること(佐藤 1994)、4) モミとウラジロガシが混交した林分があること、においてそれらとは異なった。



図4. 富山県内の $WI > 85$, $CI < -10$ の3次メッシュ分布(灰色の部分)。

同様の常緑のカシ類(アカガシ)とブナの混交林は高知県にも見られ、山中(1979)は、暖温帯林と冷温帯林の中間的なものとして、これを中間温帯林とよんだ。一方、野寄・奥富(1990)は茨城県筑波山や伊豆半島に見られる中間温帯林を低海拔型ブナ林とよんだ。富山県の $WI > 85$ かつ $CI < -10$ の地域に見られる植生帯は、定義上、山中(1979)の提案する中間温帯林と一致する。また、野寄・奥富(1990)は低海拔型ブナ林(中間温帯林)が多雨地域に立地する可能性を指摘したが、富山県の低

地型ブナ林は年降水量が2,000mmより多い地域に立地する点で、立地上の共通点が見られる。しかし、富山県の低地型ブナ林は、太平洋側の中間温帯林とは種組成や構造に共通性が無いので、それらとは区別すべきだろう。なお、古池(1997)は中間温帯林が $WI < 85$ かつ $CI > -10$ となる石川県奥能登地域や舭倉島にも存在することを報告したが、メッシュ気候値からはこれに該当する地域を富山県内に発見できなかった。

日本海側のブナ林(平均標高=1,080m)の WI , CI の平均値はそれぞれ59.3, -35.7で(藤田 1987)、それらの値は富山県のブナ林の WI 平均値(67)と CI 平均値(-30)より低く、富山県ではより温暖な地域にブナ林が立地することがわかる。一方、Kure and Yoda(1984)は裏日本気候ではブナ林の垂直分布下限が異常低下($WI = 108$, $CI = -4$ まで)していること、その下降現象は積雪日数によって説明できることを示した。富山県は気候が温暖な割には積雪が多く、これが常緑カシとブナが混交する要因になっているかもしれない。

3 常緑針葉樹林

i) 森林構造

針葉樹林の森林構造を表1に示した。調査地点数が4以上のモミ林、アカマツ *Pinus densiflora* Siebold et Zucc. 林、ゴヨウマツ *Pinus parviflora* Siebold et Zucc. 林、スギ林、オオシラビソ林で、分散分析多重比較を行った。

平均出現種数はツガ林(18.0)が最も多く、オオシラビソ林(5.3)が最も少なかった。モミ林とアカマツ林、ゴヨウマツ林、スギ林は出現種数が少ない等質サブグループに、ゴヨウマツとスギ林、オオシラビソ林は出現種数が多い等質サブグループに区分された。

平均 α 値はツガ林(7.9)が最も大きく、オオシラビソ林(1.8)が最も小さい値を示した。富山県のオオシラビソ林の値は、伊藤・宮田(1977)が示した栃木県奥日光シラビソ・オオシラビソ林($dbh > 16cm$; 0.9～1.4)の値に比べて、大きい値であった。上市町眼目モミ林の α 値(13.1; 佐藤他 2005)は、今回の調査林分のすべての中で最も高い値を示した。しかし、分散分析を行った5つの植生タイプは1つの等質グループと認められた。

平均密度はアカマツ林(6,067本/ha)が最も大きく、コメツガ *Tsuga diversifolia* (Maxim.) Mast. 林(947本/ha)が最も小さい値を示した。アカマツ林の平均密度は今回調査したすべての植生タイプの中で最も大きい値であった。富山市婦中町ねいの里のアカマツ林の密度(佐藤 1988)は

12,300本/haで、調査した林分の中で最も大きい値であった。モミ林とゴヨウマツ林、スギ林、オオシラビソ林は密度が小さい等質サブグループに、モミ林とアカマツ林、ゴヨウマツ林、オオシラビソ林は密度が大きい等質サブグループに区分された。

平均基底面積合計はスギ林 (183.6 m²/ha) が最も大きい値を示し、調査したすべての植生タイプの中で最も大きい値であった。アカマツ林 (46.9 m²/ha) は最も小さい値を示した。モミ林とアカマツ林、ゴヨウマツ林、オオシラビソ林は平均基底面積合計が小さい等質サブグループに、スギ林は基底面積合計が大きい等質サブグループにそれぞれ区分された。

平均樹冠面積合計は、ツガ林 (3.25ha/ha) とアカマツ林 (3.03ha/ha) で大きく、スギ林 (1.26ha/ha)、オオシラビソ林 (1.31ha/ha)、クロベ *Thuja standishii* (Gordon) Carriere 林 (1.33ha/ha) で小さい値を示した。モミ林とゴヨウマツ林、スギ林、オオシラビソ林は平均樹冠面積合計が小さい等質サブグループ、モミ林とアカマツ林、ゴヨウマツ林は平均樹冠面積合計が大きい等質サブグループに区分された。

ii) 立地環境

常緑針葉樹林の立地環境を表2に示した。モミ林とアカマツ林は標高30～300mの丘陵地帯に、ゴヨウマツとスギ林が標高1,000mを中心に、オオシラビソ林は標高2,000mを中心にそれぞれ立地していることが明らかになった。標高と年平均気温、1月最低気温、WIの4因子では、モミ林とアカマツ林、ゴヨウマツ林とスギ林、そしてオオシラビソ林の3つの等質サブグループに区分された。

最深積雪ではモミ林とアカマツ林、アカマツ林とゴヨウマツ林、ゴヨウマツ林とスギ林、オオシラビソ林の3つの等質サブグループに分けられた。高橋 (1960) はモミとツガは少雪型分布 (最深積雪50cm以下) で、スギは多雪型分布であるとした。しかし、本研究の結果、富山県におけるモミ林の最深積雪は、平均値64cm、最大値111cmで、高橋 (1960) の言う多雪地 (50cm以上) に相当した。また、ツガ林も186cm以上の多雪地に分布していた。従って、高橋 (1960) による積雪型区分はより多くの地域を網羅する形での見直しが必要と思われる。

CIでの区分は最深積雪で見られた区分と似た傾向を示したが、オオシラビソが他と分かれて、もう一つの等質サブグループを形成した。年降水量では5つの植生タイプは1つの等質グループで、平均値に有意差は認められなかった。富山県は全域にわたって年降水量が2,000mmを越えるため、降水量

が針葉樹林の立地に影響することが少ないのかもしれない。

ツガ林は黒部峡谷に分布し、平均立地標高は500m以下であった。ツガ林はモミ林よりも高い標高域で、WIやCIが小さい環境に立地しており、富山県内では太平洋側で多く見られるようにモミとツガが混交することはなかった。

iii) 森林構造と立地環境との関係

常緑針葉樹林の森林構造と立地環境との関係を表3に示した。夏緑樹林と同様に、出現種数と α 値は標高との相関が最も強く認められた。密度と樹冠面積合計はJSIとの相関が強く認められた。これは、日本海側気候の特徴が強いほど、密度と林の枝の混み具合が大きくなることを示唆している。

4 植林

i) 森林構造

植林の森林構造を表1に示した。そのうち、調査林分数が4以上のクロマツ植林とスギ植林の2林分について分散分析を行った。植林では、出現種数と α 値の平均値はスギ植林が大きく、クロマツ植林が小さい値を示したが、スギ植林とクロマツ植林は1つの等質グループとして認められた。上市町のモミを伴うスギ植林 (27; 佐藤他 2005) は今回の調査で最も出現種数が多い林分であった。クロマツ植林の平均 α 値 (0.9) は最も小さく、富山県内では多様性の最も低い植生タイプであった。平均密度はスギ植林で大きく、クロマツ植林で小さい値であったが、クロマツ植林とスギ植林は全体で1つの等質グループとして認められた。

平均基底面積合計では、スギ植林 (96.2 m²/ha) はクロマツ植林 (33.9 m²/ha) より大きい値を示し、2つの植生タイプの平均値には有意差が認められた。スギ植林の値はスギ林 (自然林) の約半分であった。平均樹冠面積合計では、カラマツ *Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere 植林が大きく、クロマツ植林が小さい値であった。クロマツ植林とスギ植林には有意差が認められなかった。クロマツ植林の平均値 (0.82ha/ha) は、調査したすべての植生タイプの中で最も小さい値を示した。

ii) 立地環境

植林の立地環境を表2に示した。クロマツ植林は海岸付近に、カラマツ林は1,000m以上の標高域に、そしてスギ植林は低標高域から1,000mまでに立地していた。クロマツ植林とスギ植林を比較すると、標高、年平均気温、1月最低気温、WI、CIの平均値には有意差が認められたが、最深積雪と年降水量、JSIの平均値には有意差が認められなかった。

iii) 森林構造と立地環境との関係

植林の森林構造と立地環境との関係を表3に示した。有意な相関が見られたのは、年降水量が増加すると密度が増加するという関係だけであった。

5 出現種数と標高との関係

今回解析に用いたすべての林分のデータを用いて、立地環境と森林構造の関係を解析した結果、出現種数の最大値は低標高域から高標高域に向かって減少する傾向(図5)が見られた。図中の破線は標高(m)と出現種数との関係を表し、標高0mの28種から、標高100mごと1種ずつ減少する一次式である。この線がそれぞれの標高域の森林を構成する2m以上の樹木の出現種数の上限値を示しているように見える。そこで、標高域を100mごと区分し、その標高域の最大値と標高区分の中央値の関係を調べると、標高と出現種数最大値の間に負の相関($r=-0.873$ $p<0.01$)が認められた。回帰式を求めると、出現種数 $=-0.01 \times \text{標高} + 25.5$ であった。これは標高で100m上昇するごとに出現種数が1種ずつ減少することを示し、標高0mでは25.5種になることを示唆する。大畠(1988)は、日本列島における木本植物種数は亜寒帯から温帯へ向かって増加し、中間温度帯(WI=80~100)で最多種数になることを指摘したが、この傾向はそれを追認したことになる。なお、富山県で調査した林分のWIは27~108であることから、大畠(1988)が指摘する亜寒帯からヤブツバキクラスまでの傾向に相当する。

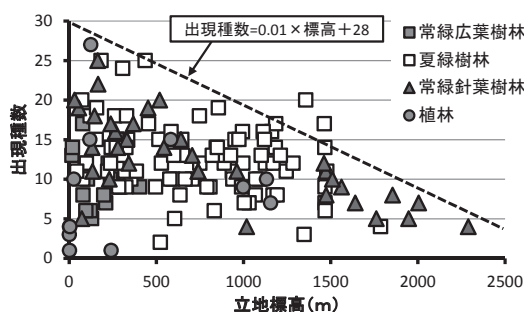


図5. 立地標高と出現種数との関係。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々のご指導とご協力を賜りました。森林群落の毎木調査は、富山県内の多くの高校教員の皆さんと共に行いました。その調査結果を基に今回の発表を行うことができました。皆さんに心から感謝の意を表します。最後に、この度、学会賞への推薦をいただきました皆様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Fisher, R. A., Corbet, A. S. and Williams, C. B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.* **12**: 42-58.
- 藤田昇. 1987. ブナ林構成樹種の太平洋型分布と日本海型分布. *植物分類地理* **38**: 311-329.
- 古池博. 1986. 白山山系の低地型ブナ林. *はくさん* **13** (4): 6-9.
- 古池博. 1997. 石川県の植生の概況と特徴. 石川県植生誌編纂委員会(編). *石川県植生誌*, pp.33-42. 石川県環境安全部自然保護課, 金沢.
- 服部保. 2014. 照葉樹林. pp.8-15. 神戸群落生態研究会, 三田.
- 平内好子・小川徳重・沢田昭芳・佐藤卓. 1998. 富山県東部の低地型ブナ林とササラダニ類. 富山市科学文化センター研究報告 **21**: 9-13.
- 伊藤秀三・宮田逸夫. 1977. 群落の種多様性. 伊藤秀三(編). *群落の組成と構造*, pp.76-111. 朝倉書店, 東京.
- 金子靖志・佐藤卓・氷見栄成・野口泉・永井知佳・松村勉・海津雄. 2014. 富山県黒川河畔林に見られる森林構造. *富山の生物* **53**: 3-13.
- 環境庁. 1982. 富山県現存植生図. 環境庁, 東京.
- 気象庁. 2002. メッシュ気候値2000. 気象業務支援センター, 東京.
- 吉良龍夫. 1948. 温量指数による垂直的な気候帯の分かちかたについて. *寒地農学* **2** (2): 47-77.
- 吉良竜夫. 1949. 日本の森林帯. 42 pp. 日本林業技術協会, 東京.
- 吉良竜夫・四手井綱英・沼田真・依田恭二. 1976. 日本の植生—世界の植生配置の中での位置づけ—. *科学* **46**: 235-247.
- Kure, H. and Yoda, K. 1984. The effects of the Japan Sea climate on the abnormal distribution of Japanese Beech forests. *Jap. J. Ecol.* **34**: 63-73.
- 松村勉・平内好子・小川徳重・佐藤卓. 1998. 富山県魚津市平沢トチノキ林の森林構造とササラダニ類. 富山市科学文化センター研究報告 **21**: 15-21.
- 松村勉・佐藤卓・氷見栄成・金子靖志・永井知佳・末上麻衣・小川徳重. 2013. 富山県仏生寺川流域に見られるアカガシを含む林分の森林構造. *富山の生物* **52**: 15-21.
- 野寄玲児・奥富清. 1990. 東日本における中間温帯性自然林の地理的分布と森林帯的位置づけ. *日本生態学会誌* **40**: 57-69.

- 大畠誠一. 1988. 日本列島における木本植物種数分布と温度環境. 日本生態学会誌 **38**: 99-110.
- 佐藤卓. 1988. 富山県の二次林について (5) 丘陵地帯の二次林及び極相林の物質生産について. 富山県高等学校教育研究会生物部会報 **11**: 40-45.
- 佐藤卓. 1990. 氷見市朝日神社スダジイ林の森林構造. 富山県生物学会誌 **30**: 41-47.
- 佐藤卓. 1994. 二上山のブナ林は低地型ブナ林, 弘源禅寺総合調査団 (編). 越中二上山と国泰寺, pp.45-50. 桂書房, 富山.
- 佐藤卓. 1998. 富山県のブナ林. 富山県高等学校教育研究会生物部会報 **21**: 23-29.
- 佐藤卓. 2000. 富山県上平村ブナオ峠のブナ林の森林構造について. 富山の生物 **39**: 21-33.
- 佐藤卓. 2004. 富山県上市町大松のウラジロガシ林について. 富山の生物 **43**: 47-55.
- 佐藤卓. 2007. 日本海側の植物と気候. 56 pp. 富山県・日本海学推進機構, 富山.
- 佐藤卓・氷見栄成・金子靖志・野口 泉・松村 勉・平内好子. 2011. 富山県渋江川流域の森林群落構造. 富山の生物 **50**: 5-20.
- 佐藤卓・平内好子・氷見栄成・金子靖志. 2009. 富山県氷見市余川川流域の京地モミ林の森林構造とササラダニ群集. 富山の生物 **48**: 13-22.
- 佐藤卓・平内好子・松村勉. 1995. 瀬戸蔵山ブナ林の森林構造と土壤動物相. 富山市科学文化センター研究報告 **18**: 19-29.
- 佐藤卓・平内好子・松村勉・氷見栄成・金子靖志. 2010. 富山県立山町栃津川流域の森林群落構造とササラダニ群集. 富山の生物 **49**: 3-12.
- 佐藤卓・平内好子・野口泉. 1999a. 富山県氷見市床鍋のモミ林の森林構造. 富山市科学文化センター研究報告 **22**: 127-133.
- 佐藤卓・平内好子・野口泉. 1999b. 富山県宇奈月町黒薙のツガ林の森林構造. 富山市科学文化センター研究報告 **22**: 135-141.
- 佐藤卓・平内好子・野口泉. 2004. 富山県平村相倉トチノキ林の森林構造とササラダニ類. 富山市科学文化センター研究報告 **21**: 61-67.
- 佐藤卓・平内好子・野口泉・松村勉. 2005. 富山県上市町眼目と大松のモミ林の森林構造とササラダニ群集. 富山の生物 **44**: 27-38.
- 佐藤卓・平内好子・沢田昭芳・小川徳重. 2002. 富山県朝日町宮崎鹿島樹叢のスダジイ林の森林構造. 富山の生物 **41**: 43-50.
- 佐藤卓・平内好子・安井基一. 1998. 富山県片貝川南又谷に見られる洞スギ林の構造. 富山の生物 **37**: 11-16.
- 佐藤卓・松村勉. 2009. 氷見市余川川流の植生の概況と碁石ヶ峰コナラ林の森林構造. 富山の生物 **48**: 3-12.
- 佐藤卓・松村勉・小川徳重・平内好子・信清義和. 1995. 立山カルデラ内に見られる主要な森林群落の構造と二次遷移について. 富山の生物 **34**: 12-19.
- 佐藤卓・野口泉・平内好子・小川徳重. 2007. 富山県氷見市泊神明社のスダジイ林の森林構造. 富山の生物 **46**: 27-34.
- 佐藤卓・澤田昭芳・野口泉・平内好子. 1999. 富山県立山周辺のオオシラビソ林の森林構造. 富山の生物 **38**: 13-21.
- 鈴木時夫. 1961. 日本の森林帯前論. 地理 **6**: 1036-1043.
- 鈴木時夫・鈴木和子. 1971. 日本海指数と瀬戸内指数. 日本生態学会誌 **20**: 252-255.
- 高橋啓二. 1960. 植物分布と積雪. 森林立地 **2**: 19-24.
- 富山県. 2015. 平成26年度版富山県勢要覧. pp.10-12. 富山県経営管理部統計調査課, 富山.
- 山中二男. 1979. 日本の森林植生. pp.40-43. 築地書館, 東京.

