

自然地理の授業における作業学習について

武市 伸幸

1. 地理の授業における自然地理の作業

中学校や高等学校の地理の授業で行われる自然地理関連の作業学習の内容としては、①地図帳を使用して都市や河川、山脈などの地形を探し白地図に記入する、あるいは白地図に着色をする授業。または気温・降水量の雨温図やハイサーグラフを作成する授業。②地形図を用いた地形読図と現地での直接観察を組み合わせた授業。③単に自然現象を見て地形図その他と比較するだけでなく、その現象の形成要因や発生機構まで考察する授業。以上の3種類に分類できると考えられる。これらの作業形態の中で、①は講義形式の授業の中で、地名等を確認するために一般的に行われている作業であり、地理の作業というところとまずこの形態を思い浮かべることができる。ただしこれは、教えたい内容は別のところであり、授業の中でその内容の確認のため行われる作業であり、広義の作業学習というべきものと考えられる。②や③は筆者が自然地理学習における狭義の作業学習と考えているものである。その中で、②は地域調査や野外観察に関連するもので、「なぜそこにそれがあるのか」、「それはどのような働きがあるのか」、「他の地域と比較してどうなのか」などといった、地理的見方・考え方に関係するものであり、向後（1999）による授業例の報告や山田（1999）による修学旅行を利用した阪神淡路大震災の壁新聞作成や野外調査などの授業がある。③は現地観察とともに、机上において分布図その他との比較によりその現象の発生機構や形成要因を考察する授業で、鹿野（1980）による集中豪雨による土石流災害と地形断面図や集水域の作図、総雨量分布図などの比較の授業がある。また筆者は、③に関連するものとして、姫路獨協大学構内における気温分布の観測と分布図作成実習について報告した（武市、2016）。

中学校や高等学校の自然地理分野における狭義の作業学習については、上記のような実践例があるものの人文地理分野と比較してその例が極端に少ないのが現状である。これは、自然地理分野の内容は、地形・気候など人間の生活環境および生活条件であり、人間生活の過程や結果ではないので、作業学習化、シミュレーション教材化することが難しいことと関連していると考えられる。

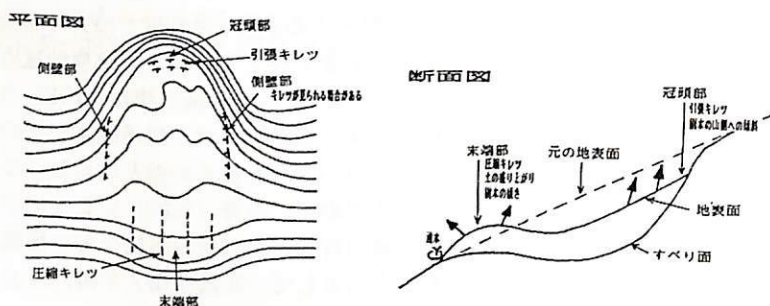
しかし自然地理分野においても狭義の作業学習が全くできないわけではない。そこで本稿では、自然地理分野の災害学習における作業学習の例として、地すべりの安全率を求める作業学習と西南日本と東北日本の河川と水害の特徴を比較する授業の例を報告するとともに、樹木に形成される年輪を用いて過去の気候を復元する作業学習についても報告する。

2. 地すべりの安定解析を体験する作業学習

この教材は地すべり地の分布や地形的特徴を理解するとともに、地すべり調査方法の学習と仮想の地すべり断面を用いた斜面の安定計算により、地すべり災害についての理解を深め、また、調査方法や解析方法の学習により、日頃自分たちが学んでいる教科が現実生活でどのように生かされているかを知ることが目的とするものである。授業では武市（2003）で報告した教材を修正したものをを用いた。授業は次の手順で行った。

(1) 地すべりの説明と地形判読

授業ではまず地すべりの定義と分類、日本国内の分布を説明するとともに、第1図により、地すべり地形的特徴の説明を行い、その知識を基に第2図を用いて大規模な地すべり地の判読を行った。



第1図 地すべり地形

第2図は佐賀・長崎両県の県境にみられる大規模地すべり地について、25,000分の1の地形図をトレースしたものである。この地域は玄武岩のキャップブロック構造のもとで、玄武岩の下第三紀層が地すべりを起こしており、地

形図から判読できるような大規模地すべりが集中している。第2図に示した範囲には、例示したもの以外に少なくとも16箇所の地すべりが判読できる。また、その中には、いくつかの小ブロックに分けることができる地すべりもある。地形図の読図について、学生たちにこの授業の前の時間に説明を行い、また、作業中に各学生個別に机間を廻って指導した（地すべり地の場所を示した）のであるが、この学生は11箇所（小ブロックを合わせると13箇所）の地すべり地を記しているにすぎない。誤りとしては、国見山北方から世知原町にかけての緩斜面と八天岳付近の山頂の緩傾斜地を地すべりと間違えた学生がみられたが、尾根筋を地すべりと間違えることは、地形図の判読ができていないことであり、



第2図 学生が行った地すべり地形の判読例

矢印の箇所は学生が判読した地すべりの冠頭部。
左下の地すべりはブロック化している。

③以上の結果を用いて、表1と表2について、I Wain aとI(Wain a-u)を計算します。

$$I Wain a = 7.7 \times 3.54 \text{ (tf/m)}$$

$$I(Wain a-u) : \text{臨界水位時 } 1.13 \times 1.5 \text{ (tf/m)} \quad \text{最高水位時 } 27.0 \times 1.1 \text{ (tf/m)}$$

(2)次の手順にしたがって、すべり面長Lを求める。

$$\text{地すべりの半径} R = 19 \text{ m} \quad \text{中心角} \phi = 76^\circ$$

$$L = 2 \times 3.14 \times R \times \phi / 360 = 19.7 \text{ m}$$

(3)次の手順にしたがって、cとtan φを求める。

①臨界水位時の安全率をFs=1.0として、②式よりc=φに対応のtan φを求める。

$$F_s = \frac{\text{すべりに抵抗する力}}{\text{すべろうとする力}} = \frac{\tan \phi \sum (W \cos \alpha - u) + c \sum 1}{\sum W \sin \alpha} \dots \text{①}$$

c=0なので①式は、

$$\frac{\tan \phi \sum (W \cos \alpha - u)}{\sum W \sin \alpha} = \tan \phi = \frac{1.13 \times 1.5}{19.7 \times 1.1} = 1.0$$

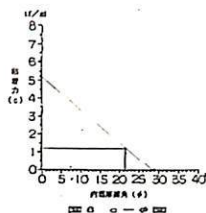
$$\text{よって } \tan \phi = 0.40734 \text{ より、} \phi = 22.1^\circ$$

②臨界水位時の安全率をFs=1.0として、①式よりtan φに対応のcを求める。

$$\tan \phi \text{ なので①式は、} \quad \frac{c \sum 1}{\sum W \sin \alpha} = \frac{c}{19.7 \times 1.1} = 1.0 \quad \text{よって } c = 21.87 \text{ tf/m}$$

③①、②より求めたφ(φの値の数字)とc(cの値の数字)を図6の軸上に記入し、両者を直線と結ぶ。

④c=1/10 (hは地すべり層厚)として、②で求めた直線上でcに対応するφの値を求める。



地すべり層厚をh=1/10 mとすると、c=1/2 (tf/m)となるので、c=φ図よりφ=22.1°となる

⑤以上の結果より、c=21.87 tf/m、tan φ=0.40734となる。

(4)以上の結果を①式に代入して、最高水位時のFsを求める。

$$F_s = \frac{\text{すべりに抵抗する力}}{\text{すべろうとする力}} = \frac{\tan \phi \sum (W \cos \alpha - u) + c \sum 1}{\sum W \sin \alpha} = \frac{0.40734 \times (27.0 \times 1.1) + 21.87 \times 1.1}{407.34} = 0.959$$

第4図 例題とした地すべりの安定計算

次いで第1表で求めた諸元を用いて第4図の計算表の空欄を埋める形で最高水位時の安全率を求めた。その結果、学生たちの求めた最高水位時の安全率は $F_s = 0.959$ であった。なお、向後(1999)や山田(1999)は、地形の学習において災害発生機構まで深入りする必要はないと述べているが、このように、単に現象を知るだけでなく、発生メカニズムを知り、学校で学んだ知識がどのように生かされているのかを知ることが、学習の目的を知ることにもつながり意義のあることと考えられる。

続いて、計算結果を受けて地すべり対策工の説明を行った。例示した地すべりでは、目標安全率を $F_s = 1.1$ とすると、計算結果から①式のすべりに抵抗する力は、「すべろうとする力」が407.34tf/m(第4図アの欄)であるので、 $F_s = 1.1$ の安全率を得るためには、407.34tf/mに1.1を掛けて

$$407.34 \times 1.1 = 448.07 \text{ tf/m}$$

より、448.07tf/mの「すべりに抵抗する力」が必要となる。今、最高水位時の「すべりに抵抗する力」は362.47tf/m(第4図コの欄)であるので、このためには

$$448.07 - 362.47 = 85.60 \text{ tf/m}$$

より、「すべりに抵抗する力」が85.60tf/m不足している。したがって、この力を

何らかの方法で与えて地すべりの滑動を抑止する必要がある。この地すべりに関しては、地下水が多いことからまず集水ボーリング工を行って地下水位を下げた後、アンカー工を行うことがよいことを説明した。また、その他の地すべり対策工についても説明を行った。

この授業に対し、学生に自分がこの授業を行うとしたらどのような点に重点を置くか聞いた結果次のようなものがみられた。

- ・ 計算がとても難しいので、生徒に一つずつしっかりと理解させる為に公式をゆっくりと確実に教え、生徒自らで計算させていきたいと思います。この授業を受け、数学の大切さを学べることができたので、是非生徒にも伝えていきたいです。
- ・ 現場の人はこんなに難しい計算をするのはすごいと思った。これを授業で使うとしたら、何が何だかわかりづらいので詳しくやるが、分かりやすく教えるために自分で授業前に研究して授業したい。

3. 日本の河川の特徴を調べる作業学習

日本列島では毎年どこかで水害が発生している。水害の最も大きな原因は集中豪雨をはじめとする雨の降り方と降る量であるが、水害の発生形態として河川の流路形態も関係する。しかし、河川の流路形態が西南日本と東北日本で異なっていることに対する認識は一般に低いと考えられる。そこで、西南日本と東北日本の河川の流路形態の違いに気付かせるため、西南日本と東北日本の河川の特徴の差異を探る授業を行った。なお、以下の作業は小出（1970）を参考に作成した。

第2表は『理科年表』より抜き出した日本の流域面積1,000km²以上、流路延長100km以上の河川諸元である。現在ではどの河川も多くのダムが建設され、洪水防止のための流量調節が行われている、したがって授業では、比較的自然的流出形態が残っていると考えられる時期までのデータを用いた。

地理学の調査のみならず、多くの調査において調査資料の分類は基本となる。そこで授業ではまず、日本の河川の特徴を考えるため第2表の資料を得た場合、どのような処理を最初に行えばよいか質問した（問1、ここでは省略）。次いでその結果に基づき作業1を行った。

第2表 日本の主な河川の諸元

河川名	流域面積 km ²	幹流延長 km	観測点の上流面積 km ²	年平均流量 m ³ /s	最大流量 m ³ /s	観測期間
25 利根川	2510	129	894	27	778	1956-72
26 荒川	2420	115	2251	165	18000	1951-72
27 四方川	2270	196	1808	119	13381	1952-72
28 大湫川	2230	107	2126	149	3394	1961-72
29 斐伊川	2070	153	911	38	2333	1957-72
30 旭川	2050	146	1587	64	3755	1964-72
31 阿武隈川	2050	142	1751	46	677	1963-72
32 吉井川	2030	138	1996	58	5222	1965-72
33 常呂川	1930	124	1394	24	613	1954-72
34 出良川	1880	146	1344	53	6500	1953-72
35 球磨川	1880	115	1868	132	6771	1968-72
36 矢作川	1830	118	1657	51	3770	1958-72
37 五ヶ瀬川	1820	106	1032	65	6023	1955-72
38 加古川	1760	112	1656	54	2840	1968-72
39 太田川	1690	103	1481	75	6671	1953-72
40 起ノ川	1680	136	1558	66	8021	1952-72
41 虎別川	1640	129	1402	75	825	1964-72
42 川内川	1610	137	1348	89	3198	1954-72
43 仁徳川	1530	124	1463	100	13514	1957-72
44 久慈川	1490	124	1422	36	2423	1958-72
45 大野川	1460	107	1381	61	7570	1950-72
46 砂湾川	1350	102	1243	57	2173	1958-72
47 大井川	1280	183	1160	85	3386	1957-72
48 鶴川	1270	138	1228	46	1771	1956-72
49 多摩川	1240	123	1040	18	2400	1951-72
50 駿川	1200	104	984	39	3183	1956-72
51 庄川	1180	115	1120	68	1906	1956-72

第1表 日本の主要河川

河川名	流域面積 km ²	幹流延長 km	観測点の上流面積 km ²	年平均流量 m ³ /s	最大流量 m ³ /s	観測期間
1 利根川	16840	322	8588	257	10692	1938-72
2 石狩川	14300	262	12697	497	4567	1954-71
3 信濃川	12050	367	8051	498	6106	1951-72
4 北上川	10250	249	7869	328	3553	1952-72
5 木曽川	9100	209	4684	318	11145	1951-72
6 十勝川	8400	178	8277	226	10479	1954-72
7 淀川	8240	75	7281	301	7970	1952-72
8 阿賀野川	7340	210	6997	414	8928	1951-72
9 最上川	7040	229	6271	362	6061	1959-72
10 天塩川	5590	261	4953	288	2819	1969-72
11 阿武隈川	5400	239	5265	152	4728	1956-72
12 天竜川	5090	250	4880	252	10014	1939-72
13 雄物川	4640	133	4035	274	3519	1938-72
14 米代川	4100	136	3750	219	6800	1956-72
15 富士川	3990	128	3536	66	8798	1960-72
16 江の川	3870	199	3807	176	9197	1969-72
17 吉野川	3650	194	3044	146	14304	1955-72
18 郡内川	3270	150	2181	71	4101	1951-72
19 荒川	2940	169	927	27	3625	1952-72
20 九頭竜川	2930	116	2633	234	7194	1938-72
21 筑後川	2860	143	2315	111	6071	1950-72
22 高梁川	2740	117	1986	66	7040	1963-72
23 神通川	2720	120	2688	191	4085	1958-72
24 岩木川	2540	102	1704	75	1692	1953-72

『理科年表』による

(1) 流域面積からみた西南日本と東北日本の特徴

作業 1 地図を参考にして表の 1～51 の河川を①北海道（黄色）、②東北日本（青色）、③西南日本内帯（オレンジ）、④西南日本外帯（赤色）に分類して着色しなさい。

分類された結果をもとに地域別の河川の特徴について考察を行った。

問 2 作業 1 の結果について

- ①流域面積5,000km²以上の河川の分布について、どのようなことがわかりますか。具体的な地域と河川数を挙げて答えなさい。
- ②流域面積3,000km²以下の河川の分布について、どのようなことがわかりますか。具体的な地域と河川数を挙げて答えなさい。

作業 1 の分類結果より問 2 を考えさせた。第 2 表の分類より、流域面積5,000 km²以上の12河川のうち 9 河川は東北日本に属しており、大河川は東北日本に多いことが、また、流域面積3,000km²以下の河川は、33河川のうち東北日本の河川は10本にすぎず、西南日本の河川が圧倒的に多いこと理解される。このことから、河川規模をみると東北日本には大河川が多く、中小河川はその支流として存在する傾向が強いこと。西南日本には大河川は少なく、中小河川がそれぞれ独立した河川として存在することが多いことを説明した。

(2) 河川規模と流量の比較からみた地域的特徴

発問：河川の分類結果より、河川規模についての東西で違いがみられることがわかった。では、単位流路あたりの流域面積や河川の最大流量の違いはどうだろうか。

この発問を学生にした後、第 3 表の計算を行わせ、河川規模と流量の比較からみた西南日本と東北日本の河川の相異について考察を行った。

①流路 1 kmあたりの流域面積の比較

作業 2 第 3 表の A/B 欄には、流域面積2,000km²以上の河川について、流域面積を流路長で割った値、すなわち、流路長 1 kmあたりの流域面積が入ります。第 3 表の流域面積を幹川流路延長で割って A/B 欄を完成させなさい。

問3 作業2よりどのようなことがわかりますか。東北日本と西南日本について、具体的な数字を挙げて答えなさい。

作業2の結果を第3表に示す。学生には計算結果から具体的な数字を挙げて単位流路長あたりの流域面積の比較を行うように指示した。問3より、東北日本ではほとんどの河川で流路長1 kmあたりの流域面積が20.0km²以上と広いのに対し、西南日本のほとんどの河川では20.0km²以下と狭いことが確認できる。そこでこのような違いが生じる理由を地形的に考えさせた。

第3表 日本の大河川の特徴

	河川名	流域面積(A) km ²	幹流延長(B) km	流域面積(C) km ²	最大流量(D) m ³ /s	A/B	D/C	河川名	流域面積(A) km ²	幹流延長(B) km	流域面積(C) km ²	最大流量(D) m ³ /s	A/B	D/C
1	利根川	16840	322	8588	10692	52.3	1.2							
2	石狩川	14300	262	12697	4567	54.6	0.4							
3	信濃川	12050	367	8051	6106	32.8	0.8							
4	北上川	10250	249	7869	3553	41.2	0.5							
5								木曽川	9100	209	4684	11145	43.5	2.4
6	十勝川	8400	178	8277	10479	47.2	1.3							
7								淀川	8240	75	7281	7970	—	—
8	阿賀野川	7340	210	6997	8928	35.0	1.3							
9	最上川	7040	229	6271	6061	30.7	1.0							
10	天塩川	5590	261	4955	2819	21.4	0.6							
11	阿武隈川	5400	239	5265	4728	22.6	0.9							
12								天竜川	5090	250	4880	10014	20.4	2.1
13	雄物川	4640	133	4035	3519	34.9	0.9							
14	床代川	4100	136	3750	6800	30.1	1.8							
15								富士川	3990	128	3536	8798	31.2	2.5
16								江の川	3870	199	3807	9197	19.4	2.4
17								吉野川	3650	194	3044	14304	18.8	4.7
18	那珂川	3270	150	2181	4101	21.8	1.9							
19	荒川	2940	169	927	3625	17.4	3.9							
20								九頭竜川	2930	116	2633	7194	25.3	2.7
21								筑後川	2860	143	2315	6071	20.0	2.6
22								高梁川	2740	117	1986	7040	23.4	3.5
23								神通川	2720	120	2688	4085	22.7	1.5
24	岩木川	2540	102	1704	1692	24.9	1.0							
25	筑路川	2510	129	894	778	19.5	0.9							
26								熊野川	2420	115	2251	18000	21.0	8.0
27								四方十川	2270	196	1808	13381	11.6	7.4
28								大淀川	2230	107	2126	5394	20.8	2.5
29								斐伊川	2070	153	911	2333	13.5	2.6
30								旭川	2050	146	1587	3755	14.0	2.4
31	萬葉川	2050	142	1751	677	14.4	0.4							
32								古井川	2030	138	1996	5222	14.7	2.6

問4 流路長1 kmあたりの流域面積にこのような違いが生じるのはどうしてでしょうか。中国地方と東北地方の地図を比較し、山脈と河川の関係に着目して答えなさい。

問4は山脈と河川の関係が理解できるかどうかを問うものである。東北地方は太平洋側から北上高地、奥羽山脈、出羽山地が南北方向に三列に並び、それらに平行して大きな河川が流れている。他方、中国地方は中央部に中国山地が走り、そこから南方向と北方向に河川が流出している。このような大地形の違いより河川の規模の違いが生じていることを理解させた。また、東北地方の河川には中流部に大きな盆地をもつものが多いが、中国地方の河川はその規模の小ささから、流域に大きな盆地をもつものが少ないことを気付かせるように指導した。

②流域面積と最大洪水流量の比較

次に単位流域面積あたりの最大洪水流量の比較を行った。最大洪水流量は流域の地形、雨の降り方、支流の在り方、河川の施工されている様々な工事などの影響を受けているので、単純な比較は難しいと思われるが、ここではこれらの諸条件を考慮の外において検討した。

作業3 第3表のD/C欄には、最大洪水流量を流量観測点から上流の流域面積で割った値、すなわち、流域1 kmあたりの最大洪水流量（最大洪水流量比）が入ります。第3表の最大流量を上流の面積で割ってD/C欄を完成させなさい。

問5 作業3からどのようなことがわかりますか。東北日本と西南日本について、具体的な数字を挙げて答えなさい。

作業3より、東北日本の河川では最大洪水流量比はほとんどの河川で1.0m³/秒前後と小さな値であるのに対し、西南日本の河川ではほとんどの河川で2.0m³/秒以上と大きな値となっていることが確認できる。そこでこのような違いが生じる理由を地形と雨の降り方から考えさせた。

- 問6 ①東北日本地方の河川の最大洪水流量比が低い理由を雨の降り方と地形から説明しなさい。
- ②西南日本において、特に最大洪水流量比が高い河川を答えなさい。
また、このように河川の最大降水流量比が高い理由を降水量と地形から説明しなさい。

大河川においてはその全体に大雨が降るのではなく、その一部に降った記録的な雨によって洪水が発生する。したがって、東北日本の大河川においては、一部に降った大雨が下流に達するまでに多少平均化されていること。また、東北日本においては中流部に比較的大きな盆地があることが多く、上流側の洪水はこの盆地で氾濫を起していたので、その下流では洪水流量が少なくなることの説明するとともに、西南日本外帯ではこのような盆地を持たない河川が多く、洪水が直接下流まで及ぶので洪水流量が大きくなること。また、梅雨期や台風期に大雨が流域全体に降ることがあることも、最大洪水流量比が高くなる理由として挙げられることを気付かせるように指導した。

以上作業学習化を試みたように、日本の地形の学習においては、ただ漫然と地名を覚えるだけではなく、西南日本と東北日本の地体構造の違いを知り、それが災害の性質にどのように関係しているのかを知ることも重要と考えられる。

4. 年輪幅より過去の気候を復元する作業学習

樹木に形成される年輪はその樹が経験してきた環境の変化を記録する記録計と考えることができる。その樹の成長に適した環境の年には広い年輪が、成長に制限的に作用する環境の年には狭い年輪が形成される。したがって、樹木を取り巻く環境と樹木の年輪成長の間の関係式を求めることができたならば、過去の環境の復元が可能となる。筆者はこのような考えに基づいて、樹木の年輪幅の年々変動から過去の気温の復元を行ってきた(武市, 1988, 2008, 2009)。

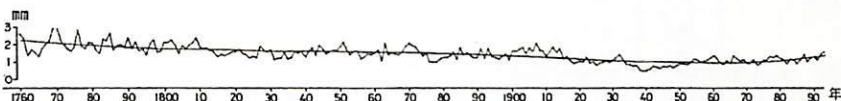
教員として遠足や修学旅行などで生徒を引率する場合、博物館その他の場所で大径木の円盤を目にする機会があることが考えられる。その際、同心円状の美しい円盤の年輪幅の並び方に広狭の変化を見出した時、生徒たちにその原因と年輪幅の変動から何が解るかを説明する機会を得ることもあるであろう。そこで、年輪幅から何が解るかを知るとともに、年輪幅を用いた過去の気候の復元方法を学んでおくことも必要と考え、パソコンを用いた作業学習を行った。

用いた年輪試料は兵庫県朝来市和田山町藤和の大將軍スギ（樹齢282年、1994年2月に倒木）である。この樹は孤立木であり、周辺の気候をよく反映していると考えられ、気候復元には適した個体である。この個体を用いた過去の気候の復元は既に行っている（武市，2009）が、この作業学習では、中学校や高等学校の教育現場でもできるように、直線回帰を用いた簡単な方法を用いて、豊岡の2月・3月の平均気温の平均値の復元方法を指導した。

樹木の年輪幅を用いた気候復元（気候要素の年々変動の復元）は次の手順で行った。

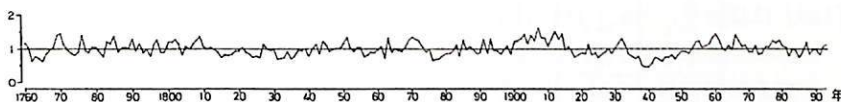
(1) 年輪幅の測定と個体差や加齢効果を除去するための規準化。

この部分は武市（2009）の年輪幅測定値および規準化の結果を用いた。第5図に年輪幅の年々変動とあてはめた成長曲線を示す。成長曲線のあてはめは、武市（2009）では多項式を用いて行っているが、学校現場で行う場合には多項式の計算は難しいので、スプライン関数の考え方から、成長期間をいくつかの区切り各々の期間に直線をあてはめる方法でよいと考える。規準化は年輪幅の実測値をあてはめにより得られた推定値で除して年輪幅指数を求めることにより行われる。規準化の結果得られた年輪幅指数の年々変動を第6図に示す。



第5図 年輪幅の年々変動とあてはめた成長曲線

武市（2009）による



第6図 年輪幅指数の年々変動

縦軸は指数のため単位はない。武市（2009）による

(2) 相関係数を用いて復元する気候要素を求める。

次に、得られた年輪幅指数と気候要素（気温・降水量）との相関係数を求め、年輪幅年次変動に有意な関係のある気候要素を求める。ここで求めた気候要素

が復元する気候要素となる。この作業は多くのデータの打ち込みを必要とするので、ここでは武市（2009）で年輪幅指数と1%の危険率で有意な相関がみられた2月と3月の平均気温の平均値を復元する気候要素とした（相関分析結果の表は省略）。なお、相関係数を求めた期間は1939年～1968年の30年間である。

- (3) 上記の期間について、年輪幅指数を説明変数（ x ）、気温平均値を目的変数（ y ）として回帰式を求める。

エクセルの統計計算を用いて回帰直線の傾きと切片を求める。回帰直線の傾きは統計計算のSLOPEを、切片は統計計算のINTERCEPTを用いた。得られた回帰式は

$$y = 1.939 + 2.796x \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

であった。

- (4) ②式を用いて、上記の期間について平均気温の実測値と推定値の相関係数を求める。

求めた相関係数は $r = 0.58$ であり1%の危険率で有意であった。したがって、この回帰式は妥当なものと考えられる。なお、(3)、(4)の結果は第4表に示した。

- (5) ②式を用いて年輪幅の測定値がある1771年～1990年の220年間について、気温の復元を行うとともに、エクセルのグラフ機能を用いて図化する。

得られた復元グラフを第7図に示す。なお、毎年の気温復元値の年々変動は変動幅が大きいので、図には9年間移動平均値も示した。図の縦軸は気温（℃）である。横軸は年であり、「1」は1771年、「49」は1819年、「105」は1875年、「129」は1899年、「161」は1931年、「209」は1980年を表している。

得られた復元結果より、この期間においては次のことを読み取ることができる。

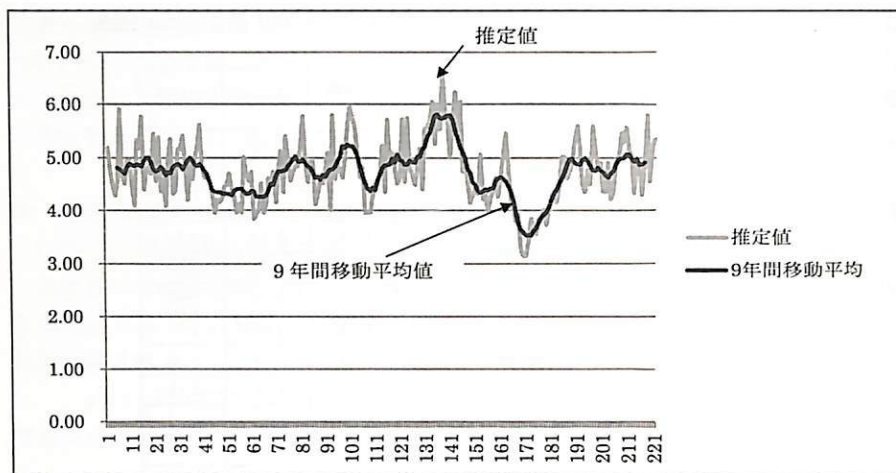
- ①調査期間においては、1900年前後の気温が最も高く、1940年前後の気温が最も低い。
- ②1950年から1980年にかけての気温は調査期間全体のほぼ平均の値である。
- ③天保の飢饉（1833～1838）の頃の気温はその前後に比べて若干低くなっているが、天明の飢饉（1782～1787）の頃の気温はほぼ平均の値である。なお、後者の期間はこの個体の成長初期に該当しており、成長初期の年輪幅は一般的に広いため、年輪幅が環境状態を正確に反映していないことも考えられる。

第4表 平均気温と年輪幅指数の相関を求めた期間における作業結果

年	y		x			
	2月の平均気温	3月の平均気温	平均値	年輪幅指数	推定値	平均値
1939	2.1	5.6	3.85	0.43	3.14	3.85
1940	1.6	5.1	3.35	0.43	3.14	3.35
1941	3.2	7.0	5.10	0.53	3.42	5.10
1942	0.9	8.1	4.50	0.68	3.84	4.50
19643	1.8	5.8	3.80	0.63	3.70	3.80
1944	1.3	4.5	2.90	0.58	3.56	2.90
1945	-0.2	4.6	2.20	0.68	3.84	2.20
1946	1.5	4.9	3.20	0.68	3.84	3.20
1947	0.1	4.2	2.15	0.74	4.01	2.15
1948	3.6	5.7	4.65	0.64	3.73	4.65
1949	5.1	5.0	5.05	0.74	4.01	5.05
1950	4.0	6.0	5.00	0.84	4.29	5.00
1951	4.1	6.3	5.20	0.84	4.29	5.20
1952	1.3	5.4	3.35	0.79	4.15	3.35
1953	2.2	7.7	4.95	0.90	4.46	4.95
1954	3.7	6.7	5.20	1.10	5.01	5.20
1955	4.4	7.7	6.05	1.10	5.01	6.05
1956	1.8	7.3	4.55	0.95	4.60	4.55
1957	2.4	4.4	3.40	1.00	4.74	3.40
1958	4.3	6.1	5.20	1.05	4.87	5.20
1959	6.4	8.0	7.20	1.21	5.32	7.20
1960	4.2	8.2	6.20	1.31	5.60	6.20
1961	1.8	6.9	4.35	1.16	5.18	4.35
1962	3.6	6.3	4.95	0.91	4.48	4.95
1963	1.0	5.3	3.15	0.86	4.34	3.15
1964	2.2	5.9	4.05	1.01	4.76	4.05
1965	2.1	4.7	3.40	0.91	4.48	3.40
1966	4.1	7.7	5.90	1.31	5.60	5.90
1967	2.6	6.9	4.75	1.16	5.18	4.75
1968	0.8	6.7	3.75	1.01	4.76	3.75
平均値と推定値の相関 $r=$						0.58

傾き (SLOPEで求める)	2.796
切片 (INTERCEPT)で求める	1.939

求めた回帰式	$y=1.939+2.796x$
--------	------------------



第7図 年輪幅より復元した豊岡の冬季の気温変動

このように、樹木の年輪幅から過去の気候が復元できることは、学生にとって驚きであった。なお、今回は復元方法の練習であったので、1個体を用いて気温の復元を行ったが、1個体より復元を行うと、その個体の年輪幅の年々変動と同じパターンの年々変動を復元するので、研究としては好ましくないことを授業の最後に指摘した。

この授業に対し、学生に自分がこの授業を行うとしたらどのような点に重点を置くか聞いた結果次のようなものがみられた。

- ・データ入力の数値や、平均、相関の計算を間違わないように気を付ける。
- ・データ入力ミスがないように気を付ける。計算の仕方やグラフの出し方など、エクセルの基本を理解させる。
- ・木の年輪はどのように形成されていくか説明する。

5. おわりに

本稿では、人文地理学的分野と比較して作業学習例の少ない自然地理学的分野について、作業学習の授業例を示した。人文地理学と比較して、自然地理学は難しい、とっつきにくいというイメージが学生にはあると考えられる。しかし、現実の世界を考えると、地震・火山噴火・水害等は自然地理学の領域である。また例えば、将来自宅を購入するあるいは新築するという場合、その

場所をどこにするか、候補地の地形・地質を検討するのに必要な知識は自然地理学の内容である。このように、自然地理学は日常生活と関連の深い学問であり、学校現場においては、各事象の性質や特徴を生徒に理解させる必要があると考えられる。その際、地形図の読図や色ぬりなどの各種単純作業のみならず、災害ならばその現象の発生機構と対策を生徒自らの活動により経験すること、また、各学習項目の調査方法を体験することなどにより、理解は一層深まることが期待できる。そのような意味においても、自然地理分野でも作業学習は積極的に取り入れられるべきと考えられる。

参考文献

- 鹿野寛次 (1980) : 集中豪雨と土石流の創造活動, および授業実践 —1979年8月22日, 岐阜県吉城郡上宝村における—, 地学教育, 33-4, pp.131~143.
- 小出 博 (1970) : 『日本の河川』, 東京大学出版会.
- 向後 武 (1999) : 地形の見方・考え方, 井上征造・相澤善雄・戸井田克己編 : 『新しい地理授業のすすめ方』, 古今書院, pp.44~53.
- 武市伸幸 (1988) : スギの年輪幅の変動より復元した高知県魚梁瀬の気温変化, 東北地理, 40-3, pp.181-190.
- 武市伸幸 (2003) : 高等学校の自然地理教育における地すべりの教材化の試み, 新地理, 50, pp.41-53.
- 武市伸幸 (2008) : 年輪幅から高知県の10月の最高気温の空間分布を復元する試み, 天気, 55, pp.251-258.
- 武市伸幸 (2009) : 年輪幅より豊岡市と鳥取市の冬季平均日最低気温の年々変動を復元する試み, 地域地理研究, 15, pp.20-26.
- 武市伸幸 (2016) : 地理教育における「地理の見方・考え方」と作図実習, 姫路獨協大学教職課程研究室編 : 『教職課程研究』, 26, pp.151-171.
- 林野庁地すべり対策協議会編 (1976) : 『地すべりの実態と対策 —治山事業調査報告から— 第1部総論』, 日本治山治水協会.
- 高野秀雄 (1983) : 『斜面と防災』, 築地書院.
- 山田道人 (1999) : 自然災害の見方・考え方, 井上征造・相澤善雄・戸井田克己編 : 『新しい地理授業のすすめ方』, 古今書院, pp.54~63.