東・中部ヨーロッパにおける最終氷期の 細分に関する諸研究の紹介¹⁾

平 川 一 臣²⁾

Review on the Subdivision of the Last Glacial in Eastern and Central Europe¹⁾

Kazuomi HIRAKAWA²⁾

Stratigraphical and chronological works studied in some decades in Central and Eastern Europe are reviewed for the introduction of the problems concerning the subdivision of the Last Glacial.

The results based upon the löss stratigraphy, the chronostratigraphy recently established in Denmark and Netherlands and the glacial sequence of the Last Glacial around the Alps are summarized in the first three sections (Fig. 1, 2, 3). The Göttweig Interstadial in its original sense (GROSS, 1958) should be abandoned, for it was defined by many different soil horizons which are now believed to be R/W Interglacial, Amersfoort, Brörup and Paudorf Interstadials.

Not a few contradictions still exist among many researchers, however, the climatic curve obtained in Netherlands (Fig. 5) could be regarded as the standard succession of the Last Glacial in Central Europe. According to that, the Last Glacial of Central Europe is divided into three stadials separated by interstadials. The Early Glacial includes two or three interstadials which might correspond to the sea level fluctuation recently obtained in Barbados Island (Fig. 4).

It is hopeful that the already abandoned Woldstedt's climatic curve (WOLDSTEDT, 1958) and Gross' subdivision (GROSS, 1958) should be replaced by new references (WOLDSTEDT, 1962, 1967 and HAMMEN *et al.*, 1967, 1971), though the old ones are still cited in Japan.

ま え が き

最終氷期にまつわる諸問題は、ヨーロッパの第四紀の研究の中で最も多く研究され、議論されてきた部分である。その研究の進展は WOLDSTEDT (1958, 1967, 1969), ZEUNER (1959), ALIMEN (1967), JONG (1967), FLINT (1971) などによって概要を知ることができる。WOLDSTEDT (1958) や ZEUNER (1959) の内容は、根本的な改訂や新たな知見の増加によって WOLDSTEDT (1967, 1969) などとはかなり異なる点が多い。それにもかかわらず、日本の最終氷期の編年には、ヨーロッパではすでに否定されている内容が引用されることがあるし、最近の成果も十分に伝えられているとは思えない。そこで、中部ヨーロッパの最終氷期の細分について比較的最近の

研究の動向を紹介したい。その際、特に重要な問題については、より古い時代にまで遡って、根本的な問題点を明らかにするよう努めた。

対象とした地域は、スカンジナビア3国を除く中部ヨーロッパおよび、1・2の東ヨーロッパ諸国である。本論では、まず中部・東ヨーロッパ各地の最終氷期の編年に最も重要であるレス層序を記述する。次いで、オランダ・デンマークにおける最終氷期の堆積物に基づく氷期の細分を紹介する。アルプス周辺では、最終氷期の氷河堆積物の認定に対する見解の相違と、最近の知見を述べよう。そして、最終氷期の細分に直接関連する、各地域で得られた亜間氷期 (Interstadial) の問題点の所在を明らかにしたい。氷期に周氷河環境下におかれた地域における河成段丘の発達と、最終氷期の気候変化に関する研

1) 1975年4月25日受付

2) 東京都立大学理学部研究生, Research Fellow, Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University.

Table 1 Standard chronological subdivision of the Last Glacial in Central Europe.

(A) Netherlands		(B) Löss Region	
Interstadials	Chronostratigraphy		Interstadials
Alleröd Bölling	Pleniglacial	Late Glacial	Spätwürm
		Upper	Jungwürm (Upper, Young)
		Middle	Mittelwürm (Middle)
Denekamp Hengelo Moershoofd		Lower	
Odderade Brörup Amersfoort	Early Glacial	Altwürm (Lower, Old)	humus zone (Odderade Brörup Amersfoort)

(A): Both Interstadials of Odderade and Moershoofd are from HAMMEN, VAN DER T. *et al.* (1971) and others are from HAMMEN, VAN DER T. *et al.* (1967).

(B): after SEMMEL (1968) and ROHDENBURG (1971). "Spätwürm" is from SEMMEL (1968) and "Paudorf-Arcy Interstadial" is from WOLDSTEDT (1962). Nomenclature in English is also from WOLDSTEDT (1962).

究の紹介は別稿 (平川, 1975) で扱うことにした。

個々の問題の記述に先立って、中部ヨーロッパにおける現在の標準的な最終氷期の細分をまとめると Table 1 のようになる。Table 1 では、現在最も信頼されているオランダの最終氷期の区分を基にして、レス層序による区分 (主として西ドイツ中部) が対比されている (ROHDENBURG, 1971, p. 294)。この対比はかなり確実なものと考えられ (ROHDENBURG, 1971, p. 294~301), Altwürm のレスに発達する古土壌は、しばしばオランダの Early Glacial 中の Interstadial に対比され、それらの名称が用いられている。かつて、レス地域において設定された "Göttweig Interstadial" は現在では用いられない。この問題については、第 I, IV 章でふれよう。

なお、主として 1950 年代のヨーロッパの研究成果と問題点は WRIGHT (1961) によって、また、西ドイツに

おける最近の研究の動向は Eiszeitalter und Gegenwart 23/24 (1973) に何人かの著者によって紹介されている。さらに、RICHMOND (1970) によるロッキー山脈とアルプス山脈の氷河作用の対比の試みも注目すべき研究の 1 つであろう。

学術語については、訳出のミスを防ぐために、大半は和訳せず、原著論文に従った。

I. レス層序と最終氷期の区分

まず、最初に中部ヨーロッパ各地のレス層序区分と、それに基づく最終氷期の細分について記述しよう (Fig. 1 参照)

1) オーストリア北東部 (Fig. 1-(1)): レスの古典的な研究地域であるこの地方では、顕著な 3 帯の古土壌を含むレスが発達している。これらの古土壌は、一般に下位より Krems, Göttweig, Paudorf という模式地に由来する名称で知られている³⁾。それらは、温暖な間氷期あるいは亜間氷期の産物と考えられ、Göttweig, Paudorf Interstadial などの名称はこれらの模式地—古土壌によっている。

これらのうち、Göttweig 古土壌は最も頻繁に議論され、その時代的な位置づけは最終氷期の細分・編年に極めて重要である。Göttweig 古土壌に対比されるものを FINK (1956, 1961, 1965) は Stillfried A Komplex, または Stillfrieder Komplex, BRANDTNER (1954, 1956) は, Fellabrunner Bodenbildungskomplex⁴⁾ と呼んだ。それは厚さ 50~80 cm の Parabraunerde と、それをおおう 3 層の腐植土層から成っている。BRANDTNER はそれらすべてを Würm 氷期初期の Interstadial (Göttweig Interstadial) の形成と考え、その時期の気候がかなり温暖かつ変動していた結果であるとした。そして、彼は最も発達のよい赤褐色の Krems 古土壌が Riss/Würm (Eem) 間氷期を示していると考えた。これに対して、FINK (1956, 1965), WRIGHT (1961) は、Riss 氷期に対比されている河岸段丘とレスとの関係から、Stillfried A Komplex のうち、粘土化の進んだ下部の Parabraunerde のみを Riss/Würm 間氷期、上部の腐植土層は最終氷期初期の形成とした⁵⁾。

腐植土層を覆って発達する厚いレスの中には、グライ

3) Göttweig 古土壌は BAYER (1916), Paudorf 古土壌は GÖTZINGER (1936) によって定義されたが、原著にあたることはできなかった。

4) この名称も模式地に由来する。BRANDTNER は模式地の Göttweig 古土壌の層位があまり明瞭でないことから Göttweig に代って Fellabrunn の名称を用いることを提唱した。

5) 最初は、これらの古土壌の形成時代は Krems: Mindel/Riss; Göttweig: Riss/Würm と考えられたようである (WRIGHT, 1961; 原著は GÖTZINGER, 1936 であるが、それを直接読むことはできなかった)。

Fig. 1 Correlation of the löss stratigraphy between many regions in Eastern and Central Europe.

(1) Niederösterreich, Moravia, (2) Bohemia, (3) Bayern, Württemberg, (4) Hessen, (5) Sachsen, (6) Niederrhein, (7) Poland. 1 BRANDTNER (1954, 1956); PROŠEK & LOŽEK (1957), 2 FINK (1956, 1961, 1965), 3 LOŽEK & KUKLA (1959, 1961), 4 BRANDTNER (1956); PROŠEK & LOŽEK (1957), 5 MUSIL & VALOCH (1966), 6 BRUNNACKER (1956); FINK (1961), 7 SCHÖNHALS *et al.* (1964); SEMMEL (1968); LESER (1970), 8 SCHÖNHALS (1951), 9 BRUNNACKER (1956); FINK (1965), 10 LIEBEROTH (1962); HAASE *et al.* (1970), 11 REMY (1960), 12 LIEBEROTH (1962), 13 MOJSKI (1968, 1969), LEGEND: 1 Pseudogley, Parabraunerde, 2 Frostgley, 3 Weakly developed Frostgley, 4 Löss, 5 Holocene soil, 6 Humus zone or cryoturbated brown soil, St. B: Stillfried B, R: Riss, Br: Brörup, Am: Amersfoort, B. V. H: Braunverwitterungshorizont, Bf: Basisfriesserde, Grb: Gräselberger Boden, M. h. z.: Mosbacher Humuszonen. The illustration is after the model of LIEBEROTH (1962).

化したツンドラ土壌があり、Paudorf ないしは Stillfried B 古土壌と呼ばれている。この古土壌は土壌化の程度が弱く、場所によっては母材であるレスのオリジナルな組織を残していることから Krems, Götweig 両古土壌に比べて弱い温暖期に形成されたと考えられている。BRANDTNER (1956) は Fellabrunn 古土壌と Paudorf 古土壌によってレスを3つに分け、それぞれを Würm 氷期の3つの寒冷期(下位より W₁, W₂, W₃)に対比した。一方、FINK (1956, 1961, 1965) は、BRANDTNER のいう W₁ レスは Riss 氷期の形成であって、Würm 氷期は Paudorf 古土壌によって2つにしか分けられないと主張した。

これらの事実や、区分方法に関して、WOLDSTEDT

(1962) は、古土壌を“Bodenkomplex”として観察する土壌学的方法を批判した。すなわち、FINK や BRANDTNER の考え方では最終間氷期と最終氷期の初期にわたって形成された古土壌はまとめられてしまい、重要な層位的境界が見落されてしまうというのである。

オーストリア西部の湿潤地域では、Stillfried A Komplex に対比される古土壌帯は Linzer Komplex (FINK, 1956, 1961, 1965) と呼ばれている。WOLDSTEDT (1962) による方法論批判はともかくとして、FINK の Stillfried A Komplex の編年学的位置づけは、FRENZEL (1964) による花粉分析結果⁶⁾や、次に述べる周辺地域のレス層序との対比からも支持されている。

2) モラビア、ボヘミア地方 (Fig. 1-(1), (2)): チ

6) FRENZEL は Stillfried A Komplex の腐植土層をオランダ・デンマークの Amersfoort, Brörup Interstadial に対比している。

エ コスロバキア南部のモラビア地方のレス層序はオーストリア東部のそれとよく似ている。BRANDTNER (1954, 1956), MUSIL & VALOCH (1957) はオーストリア東部のレス, 古土壌の性質, 層序および軟体動物化石をもとにして Fellabrunn 古土壌 (Stillfried A Komplex) に対比される Parabraunerde と3層の腐植土層を Würm 氷期初期の Interstadial (W I/II) に形成されたものとした。これと同じ考え方は, PROŠEK & LOŽEK (1957) によってボヘミア地方のレスの編年学的研究にも適用され, Würm 氷期は2層準の古土壌 (上位から I, II: 亜間氷期) と3層のレス (上位より Löss 1, Löss 2, Löss 3: 亜氷期) によって3区分された。これとは別に, LOŽEK & KUKLA (1959, 1961) はレス中の古土壌を上位から PK I, PK II……PK V と呼び, PK I はオーストリア東部の Paudorf (Stillfried B) 古土壌に, PK II は Stillfried A Komplex 上部の腐植土層に, PK III は Parabraunerde に, そして PK IV と PK V は Krems 古土壌に対比された。これらのうち, PK II の発達状態が特に注目された。PK II はオーストリア東部と同様に, 2層ないしは3層の腐植土層 (chernozem) から成ることが多いが, ボヘミア地方では最下位の腐植土層と中位のそれとの間にかなり厚いレスがしばしば観察される (LOŽEK & KUKLA, 1961; LIEBEROTH, 1962)。そのレスは褐色に風化していることが多く, PK II と PK III は1つの土壌帯とみなされやすい。しかし, 軟体動物化石についても明らかに異なる気候環境下の群集が識別されている (LOŽEK & KUKLA, 1959)。LOŽEK & KUKLA (1961) は, PK II の古土壌形成期を Götweig Interstadial と呼び, ここで Würm 氷期を W_1 と W_2 に区分した。PK I は古土壌の性格および層準にもとずいて Paudorf 古土壌に対比され, Würm 氷期を W_2 と W_3 にさらに細分する亜間氷期の形成とされた。また, PK II は ^{14}C 年代資料によって 52,000 y. B. P. より古いことから, オランダの Amersfoort, Brörup Interstadial に対比される可能性が指摘された。これに対して, MUSIL & VALOCH (1966) は, PK III を直接おおう厚さ約 90 cm の腐植土層のみを PK II⁷⁾ とし, PK I との間にあ

る発達程度の悪い古土壌によって亜間氷期 “Podhradem Interstadial” の存在を認めた。彼等は, この Interstadial が Würm 氷期を W_1 と W_2 に分け, 従来の考え方に従えば, Götweig Interstadial に対比されるとした。LOŽEK & KUKLA (1961) による古土壌の層位学的解釈は最近でも支持され (SVOBODA *et al.*, 1966), 中部ヨーロッパにおける層序学的研究においても他地方との対比の際の標準として利用されている (SCHIRMER, 1970)。

3) 西ドイツ南部地方 (Fig. 1-(3)): ドイツ南部 (Bayern) 地方, 西南部 (Württemberg) 地方のレスの研究は BRUNNACKER (1956) によるところが大きい⁸⁾。この地方では, Riss/Würm 間氷期は Pseudogley 土壌によって示される。この古土壌は Basisfriesserde と命名されたソリフラクション堆積物およびソリフラクションの影響を強く受けたレスによっておおわれている⁹⁾。Basisfriesserde は3区分され, 下位より Fwa, Fwb, Fwc と呼ばれ, Würm 氷期初期のレスを母材として形成されたものである (LIEBEROTH, 1962)。Fwa は最もソリフラクションの影響を強く受け, 流亡していることも多く, Pseudogley 土壌との境界は不整合的になっていることがある。Fwb は風成砂あるいは砂質レスより成り, 褐色に風化したツンドラ土壌 (Fwc) に覆われる。レスの堆積は Basisfriesserde の形成以後に盛んになり, それは “Braun Verwitterungshorizont” (BRUNNACKER, 1956) によって2分され, それぞれ下部レス (W I レス), 上部レス (W II レス) と呼ばれた。“Braun Verwitterungshorizont” は厚さ 30~50 cm の Frostgley 土壌で, 古土壌の性格, 層準からオーストリア東部の Paudorf (Stillfried B) 古土壌に対比された¹⁰⁾。BRUNNACKER (1956) は西ドイツ南部地方の Pseudogley 土壌 (最終間氷期) と Basisfriesserde (最終氷期初期) の両者がオーストリア西部の Linzer Komplex に対比されることを確かめた。すなわち, 東オーストリアにおけるレス層序については FINK (1956) の考え方を支持したわけである。

4) 西ドイツ中部 (Hessen) 地方 (Fig. 1-(4)): この地方のレス層序については 1950 年代初期の研究 (SCHÖNHALS, 1951) を基礎にして, 最近になって極め

7) やはり, オランダの Amersfoort, Brörup Interstadial に対比されている。

8) BRUNNACKER はこの他に多くの論文を書いているが, 入手することができなかった。

9) FREISING (1951) は, Württemberg 地方を広く調査しているが, この Pseudogley 土壌と Basisfriesserde の両者を Riss/Würm 間氷期の形成としている。その原著にあたることはできなかったが, LIEBEROTH (1962) に詳しい。

10) BÜDEL (1953, 1960), WEIDENBACH (1952) による最終氷期は細分されない単一の氷期であるという考え方は, この地方における FREISING (1951) のレス層序を根拠の1つにしている。すなわち, 最終氷期初期の堆積物は, 最終間氷期のそれとみなされている。

て詳しい調査がなされた (SCHÖNHALS *et al.*, 1964; SEMMEL, 1968, 1969; LESER, 1970; SCHIRMER, 1970). 最終氷期のレス層序では、中部ヨーロッパにおいて最も詳しくかつ精密に調査された地域の1つであろう。

最終間氷期の古土壤は、風化度、色調、粘度化の程度、土壤のタイプなどの点で現在の表層土壤と似た Pseudogley ないしは Parabraunerde によって示され、Homburger Boden あるいは Erbacher Boden と呼ばれる¹¹⁾。この古土壤は最も多い場合3帯の腐植土層に覆われる。腐植土層は Mosbacher Humuszonen と命名され、オランダの Amersfoort, Brörup 両 Interstadial に対比されている。これらの腐植土層は Altwurm に形成されたと考えられている。かつて、SCHÖNHALS (1951) は Mosbacher Humuszonen を Riss/Wurm 間氷期に対比した。Mosbach 腐植土帯に続いて、数層のツンドラ土壤を含むレスが発達している。それらのうち、最下位の風化程度の弱い Gräselberg 古土壤は西ドイツ南部地方の Fwc (BRUNNACKER, 1956) に対比された (SEMMEL, 1968)。この上には、最後の寒冷期間中で最も発達の良い褐色に風化した Tundragley 土壤があり、Lohner Boden と命名されている。Lohner Boden は Mittlwurm の上限を決めるもので、亜間氷期の形成と考えられドイツ南部の Braun Verwitterungshorizont (BRUNNACKER, 1956)、オーストリア東部の Stillfried B (FINK, 1956, 1961, 1965)、チェコスロバキアの PK I (LOŽEK & KUKLA, 1961) に対比されている。SCHÖNHALS (1951) は、かつて本層を Göttweig Interstadial の形成と考えた。Lohner Boden より上位の Jungwurm のレスには、土壤化の弱い、一般に “Nassboden” として知られるグライ斑を伴う数層のツンドラ土壤が発達し、下位より E₁, E₂, E₃, E₄ と命名されている¹²⁾。これらのうち、E₂ は最も顕著で、しばしば Paudorf (Stillfried B) 古土壤に誤って対比された (SCHÖNHALS, 1951; BRUNNACKER, 1956; FINK, 1956, 1961)、これらの対比ミスは、Jungwurm の侵食期に Lohner Boden は失なわれることがあるのに対し、E₂ 層の分布・保存は極めてよいという事実によるらしい (SEMMEL, 1968)。E₃ と E₄ 層の間には、1枚の軽石層 (Laacher See-Tuff) が挟在し、よい指標層となっている (SCHIRMER, 1970)。Laacher See-Tuff は

Wurm 氷期末の Alleröd 中期に降下したことが知られている。

5) 東ドイツ中西部 (Sachsen) 地方 (Fig. 1-(5)) :
ここでは、LIEBEROTH (1962), HAASE *et al.*, (1970) などによって詳しい研究がなされており、Hessen 地方のレス層序に類似している。LIEBEROTH (1962) は Sachsen 地方のレス層序を確立するとともに、ヨーロッパ各地のレス層序との対比を入念に行っており、この時代までの各地の研究状況を知るのに好都合である。HAASE *et al.* (1970) は東ドイツ領内のレスの分布域を5つに分け、編年学的にもレスの性状の点でも詳しい報告をしている。

Leipzig 東部の Elbe 川に沿う地域は Sachsen 地方で最もレスの発達の良い地域である。ここでは、最終間氷期の古土壤は厚さ 1~2m に達する Pseudogley 土壤で Saale 氷河堆積物を覆う Riss II レスを母材として形成された。最終氷期のレスは 6~12m の厚さを有し、下位より Wurm- α (W α)-löss, Wurm- β (W β)-löss, Wurm- γ (W γ)-löss に3分される。それぞれのレスは、Alt, Mittel, Jungwurm に形成されたと考えられている。W α レスは、凍結作用を強く受けた褐色の古土壤によって上限を決められる厚さ 50~150cm のレスで、全体が褐色に風化している。特に風化の著しい W α レスは最終間氷期の Pseudogley 土壤によく似た外観を呈し、1つの土壤帯とみなされ、Lommatzschscher Bodenkomplex と呼ばれている¹³⁾。より乾燥している Thüringen 盆地では、W α レスは風化の程度が弱まり数層の腐植土層とわずかに風化したレスの互層に層相変化する。W β レスは、上部を “arctic brown soil” (LIEBEROTH, 1962) によって限られる厚さ 1~2m のレスである。この “arctic brown soil” はオーストリア東部の Paudorf (Stillfried B) 古土壤に対比されている (HAASE *et al.*, 1970)。最も発達の良い W γ レスは厚さ 8m に達し、Frostgley 土壤によってさらに二層準に区分されている。

6) 西ドイツ北部 (Niederrhein) 地方 (Fig. 1-(6))
この地方のレスの発達状態は Sachsen 地方のそれに類似している (REMY, 1960; LIEBEROTH, 1962)。ここでの最終間氷期の古土壤は、Parabraunerde¹⁴⁾ によって代表されるとみなされ、それを覆うレスが Altwurm の期間中

11) Hessen 地方はさらに、Rhein-Main 地方と北部 Hessen 地方に分けられ、異なる土壤名が用いられている。ここでは Rhein-Main 地方の名称を用いる。

12) 模式地の Erbenheim の略称である。

13) 東ドイツの半乾燥地域 (年降水量 480~650 mm) では、Naumburger Bodenkomplex と呼ばれている。

14) REMY (1960) は、2帯の Parabraunerde を認め、上位のものを Wurm 氷期中の Interstadial (W 1/2) に形成されたと考えた。一方、LIEBEROTH (1962) は、同じ古土壤を Riss/Wurm 間氷期に対比している。

下に、その概要を述べよう。

風成あるいは河成堆積物は寒冷期、泥炭層、古土壌は温暖期(亜間氷期)の指標とみなされ、花粉分析によって裏付けられている。これらの堆積物の最上部をなす Younger Coversand と呼ばれる風成砂層は Alleröd 期の形成と考えられる古土壌(Usselo-soil)によって2分されている。Younger Coversand I の下位には Older Coversand と呼ばれるローム質の風成砂層が堆積している。Older Coversand は desert pavement を形成している融雪水成、あるいは河水成起源の礫層(Breuningen 礫層)によって2分される。Breuningen 礫層は分布が広く、楔構造をもつ化石巨大多角形土を伴う極めて特徴的な礫層である。desert pavement は Older Coversand I の基底部にも発達している。これらは Upper Pleniglacial の形成と考えられている。これらの堆積物の下位では、泥炭層やシルト質・レス質の湖成堆積物が河成、風成砂層と互層している。それらは上位の非有機質な Coversand とは明瞭に境され、層相の上から、異なる環境の時代(Middle Pleniglacial)の堆積物として区分可能である。Eem 間氷期の堆積物を覆う2層の粗砂層と2層の泥炭層ないしはポドゾルの互層が Early Glacial に形成されたと考えられている。Early Glacial と Middle Pleniglacial の堆積物の間には、やはり有機物を含まない風成・河成の砂層が堆積しており、Lower Pleniglacial に形成されたとみられる。

風成・河成砂層に挟在する数枚の泥炭層は、かなり広範囲に分布する。また、それらの花粉分析によっても認められるように、泥炭層はそれぞれ特定の気候の境界となっている。そこで次に、これらの泥炭層の層準と¹⁴C年代資料によって得られた最終氷期の編年を紹介しよう。

ユトランド半島の Brörup では、Saale 氷河によって形成された凹地を埋めて Eem 間氷期の堆積物があり、それはオランダと同様にソリフラクション、融雪水起源の堆積物に覆われている。ANDERSEN (1957) は、最終氷期の極相期(Jungwürm)に先立って、樹木花粉を含む泥層によって示される長い温暖期(Brörup Interstadial)があることを確かめた。そして、この Interstadial に先行する寒冷期を Altwürm (Old Würm) と呼ぶことを提唱した。さらに、ANDERSEN *et al.*, (1960) は、Altwürm 中により古い Interstadial を認め、Radeback

Interstadial と呼んだ。ANDERSEN *et al.* (1960) は、同時に Eem 間氷期の模式地であるオランダの Amersfoort でも2枚の泥炭層(2つの Interstadial)を認め、デンマークとの対比を行なった。その結果、最終氷期の最初の温暖期に対しては Amersfoort Interstadial, 2番目には Brörup Interstadial の名称を用いるべきことが提唱された。Amersfoort Interstadial の¹⁴C年代は $64,000 \pm 1,100$ y. B. P. (VRIES, 1957), Brörup Interstadial のそれは $59,430 \pm 1,000$; $58,740 \pm 1,000$ y. B. P. (ANDERSEN *et al.*, 1960) が得られている。なお、Eem 最終間氷期および Early Glacial の堆積物とそれらの花粉分析についての詳しい検討は ZAGWIJN (1961) によってなされている。

Brörup Interstadial の後に、最も寒冷な Pleniglacial が続き、それは遅くとも $50,000$ y. B. P. ないし $46,500$ y. B. P. には始まっていたと考えられている (ANDERSEN *et al.*, 1960; ZAGWIJN, 1961; HAMMEN *et al.*, 1967)。Pleniglacial には、少なくとも2層の泥炭層によって示される2つの気温上昇期が含まれており、それらは $39,000 \sim 37,000$ ¹⁴C y. B. P. ころの Hengelo Interstadial と、 $32,000 \sim 29,000$ ¹⁴C y. B. P. ころの Denekamp Interstadial (VOGEL & HAMMEN, 1967; HAMMEN *et al.*, 1967) である。Pleniglacial 中には、花粉組成の点で上記の2 Interstadial に先行する一時的な弱い気候の好転が示唆された¹⁵⁾ (ZAGWIJN, 1961; HAMMEN *et al.*, 1967) が、ZAGWIJN & PAEPE (1968) は新たにそれを Moershoofd Interstadial ($43,000 \sim 50,000$ ¹⁴C y. B. P.) と命名した。この Moershoofd Interstadial の始まりから Denekamp Interstadial の終りまでの期間が Middle pleniglacial (Interpleniglacial) である。

オランダ・デンマークで得られたいくつかの Interstadial とレス地域のそれらの対比の試みがなされている。ANDERSEN (1957) は Brörup Interstadial を中部ヨーロッパのレス地域の Göttweig Interstadial に対比しようとしたが、TAUBER & VRIES (1958) は¹⁴C年代結果を重視し、ANDERSEN (1957) による対比が正しければ、いわゆる Göttweig Interstadial は $50,000$ y. B. P. より古くなってしまう矛盾を指摘した¹⁶⁾。さらに、ZAGWIJN (1961) も絶対年代に注目して Göttweig Interstadial を検討した結果、オランダには、中部ヨーロッパのレス地域の Göttweig Interstadial に相当する資料は見

15) 気候の好転は極めて弱く、Polar desert の状態から多少草本類の花粉化石が増大した程度であった。

16) 中欧レス地域の Göttweig Interstadial の¹⁴C年代は、 $44,000$ ($42,000$) $\sim 29,000$ y. B. P. (GROSS, 1958) である。

当らないことを指摘した。そして、中欧レス地域各地の Götweig Interstadial はしばしば層位学的に不正確であることを述べるとともに、早まった対比は避けるべきであることを強調した。

Middle Pleniglacial の Interstadial については、Paudorf (Stillfried B) Interstadial との対比が論議された。ANDERSEN *et al.* (1960) は、Middle Pleniglacial 中の泥炭層を ^{14}C 年代に基づいて Paudorf Interstadial に対比した。当時は、その対比についてはまだよくわかっていないという意見 (ZAGWIJN, 1961) もあり、詳しい検討は後になって行なわれた。目下、Denekamp Interstadial と Paudorf (Stillfried B) Interstadial の終了期は一致するであろうが、開始期については Paudorf Interstadial の方が古く、Hengelo Interstadial を含むかどうかが問題とされている (VOGEL & HAMMEN, 1967)。

III. アルプス周辺の最終氷期の氷河堆積物¹⁷⁾

PENCK, A. & BRÜCKNER による偉大な研究が今世紀初頭に行なわれたにもかかわらず、アルプス周辺地域の氷河堆積物の層序に関しては、対立する意見が多い。その原因は、最も大きな氷河の前進は以前の氷河前進の証拠を消してしまうことにある (GRAUL, 1968 など多数)。この問題は Würm 氷期のみについてもあてはまる。Würm 氷期中頃に長い Interstadial があったかどうか、それに先立って氷河が拡大したかどうかに関する議論は現在も続いている。

PENCK, A. & BRÜCKNER は、上・下を Till に挟まれる礫層をアルプス各地で観察し、“Laufen Schotter” と命名した。それは、Würm 氷期中の Interstadial (“Laufenschwankung”) の形成と考えられたが、後に PENCK, A. 自身によって訂正され、Riss/Würm 間氷期を代表する堆積物とされた。アルプス周辺の Würm 氷期の層序・編年に関する問題の大部分は、この “Laufenschwankung” に関連している。ここでは、アルプス周辺における Würm 氷期の編年について最近の研究の動向を記述しよう¹⁸⁾。

EBERS (1955, 1960) は、Würm 氷期末の極相期に Inn 山麓氷河に覆われた Rosenheim 付近で、興味深い観察を行なった。Würm 氷期末の数列のモレーンよりも内側では、Boulderclay に覆われた “Laufen Schotter” がドラ

ムリンの地形を作っている。東ミュンヘンとザルツブルグの間の Hörmating 付近のドラムリン断面では、“Laufen schotter” の中に泥炭層を含む湖成堆積物が形成されており、泥炭層の ^{14}C 年代は $45,300 \pm 1,000 \text{ y. B. P.}$ 、泥炭層中の木片は $>53,000 \text{ y. B. P.}$ を示す。この泥炭層は Götweig Interstadial の形成と考えられ、PENCK, A. & BRÜCKNER の “Laufenschwankung” に対比された。“Laufen Schotter” の頂面には別の古土壌があり、Paudorf Interstadial に対比される可能性が指摘された。同じ考え方は KRAUS (1955, 1961) による Hörmating 付近、および Isar-Ammer 山麓氷河の Murnau 地方での研究によって得られた。Murnau 地方では、KRAUS の言う Altwürm の礫層と、Würm 氷期末のグランドモレーンとの間に褐色の土壌があり、KRAUS はそれを東オーストリアのレス中の Paudorf (Stillfried B) 古土壌に対比した。EBERS, KRAUS の結果は、GROSS (1960) によって支持された。Hörmating (=Götweig), Murnau (=Paudorf) での堆積物によって表わされる両 Interstadial の間には、少なくとも 1 回の氷河前進期が予想される (KRAUS, 1961) ので、GROSS (1960) は両 Interstadial を含めて “Götweig Interstadial Komplex” と呼び、47,000 (48,000) ~ 30,000 y. B. P. の期間にわたって Würm 氷期を中断すると考えた。以上の考え方に對して、多くの異論が出されている。KAISER (1963) は KRAUS (1961) が Murnau で認めた土壌を、厚さ・堆積の状態から判断して、それは上位のグランドモレーンの間隙を通して集積した完新世の土壌であるとみなした。また、BÜDEL (1962) は、KRAUS の言う Altwürm の礫層の作る埋没地形面はどこにも残されておらず、Interstadial における土壌形成が行なわれ得る場所は存在しなかったと反論した。一方、Hörmating の泥炭層、湖成層については、Riss/Würm 間氷期のものであるという意見 (BRUNNACKER, 1962; GRAUL, 1973) と、Brörup Interstadial ないし Riss/Würm 間氷期の終り頃という意見 (WOLDSTEDT, 1967)、さらに、Riss/Würm 間氷期以前の間氷期という意見 (SCHAEFER, 1969) など様々である。しかし、EBERS (1968) は、オーストリア西部からスイスにかけての、山麓氷河に覆われたアルプス北縁全域において、Altwürm における氷河前進と、Mittelwürm の Interstadial の存在を示すと思われる多くの資料を整理し、以前の考え方を変えていない。すなわち、

17) アルプスにおける氷期の編年についての問題点は、中川 (1971)、阪口 (1973) によって知ることができる。

18) 1950 年代中頃以前の問題点については、WOLDSTEDT (1958)、ZEUNER (1959)、WRIGHT (1961) によって知ることができる。

アルプス周辺の Würm 氷期は、下位よりグランドモレーン (W I)→Laufen Schotter (Mittelwürm)→グランドモレーン (W II) という堆積物の発達によって示され、W I にはオランダにおける Amersfoort, Brörup Interstadial に対比される温暖期が含まれるという考え方である。SCHAEFER (1968) も、Würm 氷期の堆積物には2回の氷河前進期を観察できると主張するうちの1人である。また、スイス北東部のライン川・ドナウ川の上流域では、従来 Riss 氷期の堆積物とみなされた礫層には、Würm 氷期 (Frühwürm) のものが含まれているという主張もなされている (HANTKE, 1960, 1968)。

RICHMOND (1970) はアルプス各地の Würm 氷期極相期 (Jungwürm) のグランドモレーンにおおわれる湖成層および礫層を、それらの堆積物中あるいはオーストリア東部のレス中の古土壌に含まれる有機物の ^{14}C 年代にもとづいて編年している。それによれば、Würm 氷期極相期のエンドモレーンのうち最も古いものと Riss/Würm 間氷期の間には、Göttweig (45,000~40,000 y. B. P.), Paudorf (34,000~32,000 y. B. P.), Stillfried B (28,000 y. B. P.) の3つの顕著な Interstadial, そして >50,000~40,000 y. B. P. と 40,000~30,000 y. B. P. にかけて2層の Altwürm 礫層、湖成層の堆積期(アルプスの主な谷への氷河の前進)が考えられた。しかし、この研究で用いられた資料は層位学的にも、絶対年代の点でも問題があるようである (GRAUL, 1973; HEUBERGER, 1974)。

次に、最近集中的に問題にされている Inn 谷・Gnadenwald の段丘について簡単に紹介しよう。Innsbruck の東方、約 12km の Baumkirchen 付近は Inn 谷でも最も段丘の発達がよく、段丘面の比高は現河床 (海拔 550m) から約 300m に達する。ここでは、Fig. 3 に示すように、海拔高度約 750m から少なくとも 640m まで、“Bänderton” (FLIRI, 1970) と呼ばれるシルト、粘土層の成層した湖成堆積物が観察される。“Bänderton” はさらに、砂層・礫層と Würm 氷期最後の氷河の前進によってもたらされたグランドモレーンによっておおわれている。FLIRI (1970, 1971, 1973), FLIRI *et al.*, (1970, 1971) は “Bänderton” から *Pinus mugo*, *Hippophae rhamnoides* の枝を採集し、 ^{14}C 年代測定によって、26,800±1,300 y. B. P. (高度, 681m), 28,900±700 y. B. P. (高度 660m) の値を得た。そして、それらの値に基づいて

Fig. 3 Geologic section of the Baumkirchen “Bänderton”, columnized from FLIRI (1971).

“Bänderton” と、それを覆う厚い砂礫層は、従来指摘されていたような Riss/Würm 間氷期¹⁹⁾、Würm 氷期初期 (PASCHINGER, 1957) ほど古いものではないことが明らかにされた。さらに、他の ^{14}C 年代資料および、 ^{14}C 年代資料が得られた層準の上下になお厚い “Bänderton” が発達することから、少なくとも 31,000~20,000 ^{14}C y. B. P. ころには Inn 谷には氷河が存在しなかったこと²⁰⁾、そして、最上部のモレーンを覆う土壌に含まれる木片 (*Pinus*) の ^{14}C 年代 (10,900±160 y. B. P.) によって、Würm 氷期末の極相期における Inn 谷の谷氷河の最大前進期間は、後退期を含めてわずか 10,000 年間にすぎないことが強調された。“Bänderton” に含まれる化石から、当時の年平均気温は現在よりも 4~5°C 低かったと推定されている (SCHIEGEL & TRIMBORN, 1972)。結局 FLIRI は現在の一般的な Würm 氷期の編年によれば Inn 谷における Interstadial の存在は明らかであるとしながらも、Baumkirchen の露頭では、“Bänderton” の厚さや、下位の堆積物の状態が十分にわかっていないので、Würm 氷期中の Interstadial を示すことはできないという慎重な立場をとっている。

以上の研究より先に、MAYR (1968) は Baumkirchen を始めとして、Innsbruck 周辺各地に分布する湖成層、Till, グランドモレーンの層位学的な研究を行ない、

19) AMPFERER (1908), PENCK (1922) が、その代表的なものであるが、それらの原典にあたることはできなかった。

20) Baumkirchen は Inn 山麓氷河末端のエンドモレーンから数十 km 内陸に位置している。

Würm 氷期を4つ(古い方から Völs, Hall, Mils, Würm)の phase に分けた。Völs, Hall 両 phase は Altwürm に, Mils, Würm 両 phase は Jungwürm に編年され, Altwürm と Jungwürm の間の Interstadial には, Altwürm の堆積物は現在の谷底付近まで下刻されたと報告された²¹⁾。MAYR(1968)の Völs phase の厚いシルト・粘土層は FLIRI (1971), FLIRI *et al.* (1971) の “Bänderton” と同じものである。また, Hall phase はローカルな堆積物にすぎないと批判された。少なくとも, ¹⁴C 年代に基づくが, MAYR (1968) の研究結果は, 根本的に考え方を変えないままでは説明不可能である。

以上の Inn 谷の堆積物の他にも, アルプス周辺各地 (FUCKS, 1969: アルプス南縁; HÖFLE, 1969; Lech 山麓氷河地域; HANNS, 1973: フランスアルプス北部) で Würm 氷期の礫層中のシルト層, Würm 極相期 (Jungwürm) のモレーンの下から, 26,000~36,000 ¹⁴C y.B.P. を示す木片の年代測定結果がいくつか報告されており, Würm 氷期中の Interstadial を示すと考えられている。

以上の記述から, アルプス周辺における Würm 氷期中の Interstadial の存在はかなり有望になってきたが, Interstadial に先立つ氷河の前進があったかどうかという問題や, Altwürm のさらに詳しい編年については, レス地域や, オランダ・デンマークに比べてかなり遅れていると言わざるを得ない。

IV. 最終氷期の Interstadial について

1) “Göttweig Interstadial” とは何か

“Göttweig Interstadial” は 1950 年代の後半に広く一般的に受け入れられた。それは, 第 I 章に記述したレス中の古土壌とそれらの絶対年代に基づいている。GROSS (1956) は BRANDTNER (1954, 1956) のレス層序によって古土壌の発達程度から Göttweig Interstadial は約 15,000 年間にわたって Würm 氷期を中断すると推定した。さらに, 中欧各地で, Göttweig 古土壌とされた層準から約 120 の ¹⁴C 年代資料を得 (GROSS, 1958²²⁾, 1959), この Interstadial に 44,000 (42,000)~29,000 y. B. P. の絶対年代を与えた。当時は ZEUNER (1954), WOLDSTEDT (1956, 1958) も同様に考えた。また, Göttweig Intersta-

dial はアルプス周辺の氷河堆積物の編年にも持ち込まれた (EBERS, 1960; KRAUS, 1961)。しかし, 1960 年前後のレス層序の改訂や, オランダ・デンマークにおける ¹⁴C 年代資料を伴う層位学的・編年学的研究 (とくに ANDERSEN *et al.*, 1960; ZAGWIJN, 1961) によって Göttweig Interstadial の存在は疑問から否定へと変わった。すなわち, GROSS (1958) が Göttweig Interstadial とした古土壌の層準は, Riss/Würm 間氷期+Würm 氷期初期の古土壌 (オーストリア東部, チェコスロバキア, 西ドイツ南部) あるいは Paudorf 古土壌 (西ドイツ中部) であり, 異なるいくつかの時代に属すること, オランダ・デンマークでは, GROSS の示す時代にはいくつかの温暖期が認められるが, それらはオリジナルな意味での Göttweig Interstadial ではないことが明らかにされた。後に GROSS (1964) は Göttweig Interstadial を Mittelwürm と訂正し, それは 50,000~30,000 y. B. P. の間の寒・暖の変化を含む全体として寒冷な Interstadial であると改めて定義したが, 基本的な考え方を変えてはいない。確かに, この期間にはいくつかの温暖期が含まれているが, 一般的には, WOLDSTEDT (1962), LIEBEROTH (1962) の指摘以来, Göttweig Interstadial は用いるべきでないという意見が支配的であり, 事実, 以後の文献ではほとんど見当たらない²³⁾。また, アルプス周辺の編年については, 他の地域で得られた用語 (Göttweig や Paudorf など) が持ち込まれたために混乱は一層ひどいものになったと総括されている (FLINT, 1971, p. 649~651)。最近, GEYH & ROHDE (1972) は, Göttweig, Paudorf Interstadial などの術語は ¹⁴C 年代測定の過程で生じたものであって, ローカルな意義しかないことを改めて強調した。

2) Paudorf (Stillfried B) Interstadial

レスの断面にみられる Würm 氷期末の最寒冷期に先立つ古土壌帯の形成期は, 一般に Paudorf あるいは Stillfried B Interstadial と呼ばれている。E₂ 古土壌が Paudorf 古土壌に誤って対比された西ドイツ中部地方を除けば, レス層序における混乱はほとんどなく, Paudorf Interstadial は現在も同じ意味で用いられることが多い。しかし, 2・3 の問題点は残っている。

Paudorf Interstadial は少なくとも 2 つの phase に分

21) さらに, 他の phase と phase の間にも Interstadial がおかれており, 開析が生じたと考えられている。

22) GROSS (1958) による編年は, 当時は極めて重要なものであった。それは小林 (1962) に付録として紹介されている。

23) しかし, 最近になって RICHMOND (1970) は, 上述したレス中の古土壌の ¹⁴C 年代によって, 45,000~40,000 y. B. P. の温暖期を Göttweig Interstadial と呼んでもさしつかえないと報告した。しかし, RICHMOND の言う Göttweig 古土壌はかつて Göttweig Interstadial が定義された古土壌とは明らかに層準が異なる。

けられ、WOLDSTEDT (1960, 1962) は下位のものを Arcy, 上位のものを Paudorf Interstadial と呼んでいる²⁴⁾。RICHMOND (1970) は Paudorf, Stillfried B 両古土壌の ^{14}C 年代によって2つの Interstadial (Paudorf Interstadial : 34,000~32,000 y. B. P., Stillfried B Interstadial : 28,000 y. B. P.) を独立させている。また MÜLLER-BECK (1967) はこれらの温暖期をまとめて Paudorf Interstadial と呼ぶならば、上位の phase のみがオリジナルの意味での Paudorf Interstadial であると注意している。さらに、ROHDENBURG (1971, p. 294~296) は Paudorf Interstadial よりも Stillfried B Interstadial を用いるべきであると提唱している。その理由は、模式地における Paudorf 古土壌は Stillfried B 古土壌の層準よりも古いという事実を重視しているからである。このように、Paudorf (Stillfried B) Interstadial を厳密に定義しようとすれば、意見は一致していないことがわかる。

絶対年代に関しては、33,000~25,000 y. B. P. (Paudorf, 28,000~25,000 y. B. P.; Arcy, 33,000 y. B. P.) の期間が一般的に知られている (WOLDSTEDT, 1960, 1962, 1967) が、MÜLLER-BECK (1967) のように、少なくとも 35,000 y. B. P. 以前には始まっており、開始期を決定する年代資料はないという意見もある。泥炭層によって示されるオランダの Hengelo, Denekamp 両 Interstadial との対比の試みがなされているが (VOGEL & HAMMEN, 1967; HAMMEN *et al.*, 1967), Moershoofd Interstadial を加えた Middle Pleniglacial のいくつかの Interstadial とレス地域における Paudorf (Stillfried B) Interstadial との厳密な対比は、Paudorf (Stillfried B) Interstadial の定義とともに、今後に残された最終氷期編年上の問題の1つであろう²⁵⁾。

3) Early Glacial の Interstadial

オランダ・デンマークで定義された Brörup, Amersfoort 両 Interstadial は、以来、最終氷期初期の Interstadial として、第I章で述べたようにレスの層序区分にも、一般的な最終氷期の編年にも用いられてきた²⁶⁾。

HAMMEN *et al.* (1971) は、ドイツ北西部で新たに認められた Odderade Interstadial を Early Glacial の第3番目の Interstadial として加えた。これに対して、MENKE & BEHRE (1973) は、Odderade Interstadial をオランダの Brörup Interstadial に、ドイツ北西部・デンマークの Brörup Interstadial をオランダの Amersfoort Interstadial に対比しており、Early Glacial の Interstadial も必ずしも確立されてはいないようである。次に、Amersfoort, Brörup Interstadial の絶対年代に関する最近の考え方について簡単にふれよう。

^{14}C 法による両 Interstadial の絶対年代は、実際よりもかなり若い値と考えられ (HAMMEN *et al.*, 1967), Amersfoort Interstadial の始まりは少なくとも 75,000 y. B. P. 以前に遡ると推定されている (MOJSKI, 1969)。ギリシャ北部の Macedonia 地方で得られた湖成堆積物の連続コアの花粉分析結果とオランダのそれとの対比では、 ^{14}C 年代と堆積速度によってそれぞれ、Odderade : 60,000~65,000 y. B. P.; Brörup : 70,000~80,000 y. B. P.; Amersfoort : 85,000 y. B. P. ころの絶対年代に位置づけられている (HAMMEN *et al.*, 1971)。オランダにおける花粉分析結果から、Brörup Interstadial は小さな間氷期級のかなり温暖な Interstadial であるとする研究者は多い (MÜLLER-BECK, 1967; MOJSKI, 1969; MÖRNER, 1971 など)。彼等は Brörup Interstadial を高海面期とみなし、海面変化との対比を試みている (Fig. 4)。MÜLLER-BECK (1967) は、この Interstadial は地中海の Monastrian II 旧汀線 (海拔 6m) (ZEUNER, 1959) に一致していると考え、その極相期を 60,000 y. B. P. ころにおいている²⁷⁾。また、MÖRNER (1971, 1972) は Barbados 島の海成段丘とその絶対年代 (BROECKER *et al.*, 1968; MESOLELLA *et al.*, 1969) を利用して、Brörup Interstadial を 82,000 Th²³⁰/Pa²³¹ y. B. P. の Barbados I 段丘²⁸⁾に対比した。MÖRNER (1972) は、ヨーロッパの最終氷期の絶対年代に大きな影響を与えている EMILIANI (1955), ERICSON *et al.* (1961) などによる深海底堆積物の時代区分では、Brörup Interstadial は最終間氷期に含

24) Arcy Interstadial は LEROI-GOURHAM (1960) によって定義されたが、原著にあたることはできなかった。WOLDSTEDT (1960, 1962, 1967) によって積極的に引用されている。

25) HAMMEN *et al.* (1967) は、Middle Pleniglacial 全体を Paudorf (Stillfried B) Interstadial に対比しているが、それには Moershoofd Interstadial は含まれていない。

26) たとえば、WOLDSTEDT (1960, 1962, 1966, 1967), GROSS (1964) の Würm 氷期の気候変化カーブに利用されている。

27) アラスカでは、HOPKINS (1967) が、最終間氷期とみなされた海成段丘 (100,000 y. B. P. ころ) の最後の phase は Brörup Interstadial および、地中海の Monastrian II 海成段丘に対比される可能性を述べている。

28) BROECKER *et al.* (1968) は、Barbados I, II ともに最終間氷期と考えている。

Fig. 4 Various opinions concerning the age of Brörup and Amersfoort Interstadials.

(1) MÜLLER-BECK (1967), (2) EMILIANI (1955), (3) ERICSON *et al.* (1961), KU & BROECKER (1966), (4) BROECKER *et al.* (1968), MESOLELLA *et al.* (1971), (5) MÖRNER (1971), (6) KUKLA (1972), (7) ^{14}C data of the Amersfoort and Brörup Interstadials (VRIES, 1957; ANDERSEN *et al.*, 1960)

められていることを強調した²⁹⁾。そして、Würm 氷期は、94,000 y. B. P. ころには始まっているとした。さらに、105,000 $\text{Th}^{230}/\text{Pa}^{231}$ y. B. P. の Barbados II 段丘を Amersfoort Interstadial に対比する試みもなされている (KUKLA, 1972)。しかし、Barbados 島では、新たに $60,000 \pm 2,000$ $\text{Th}^{230}/\text{Pa}^{231}$ y. B. P. の値を示す海拔 0~4.5m の海成段丘が報告されている (JAMES *et al.*, 1971)。

今後も Brörup, Amersfoort 両 Interstadial と海面変化や絶対年代との対応を求める試みは続けられるであろうが、ヨーロッパにおける直接的な絶対年代が得られないかぎり、問題の解決にはならないように思われる。しかし、両 Interstadial は気候の温暖化、海面変化という観点からみれば、Mittelwürm (Middlepleniglacial) の Interstadial よりもはるかに著しいものであるので、最終氷期の地形・地質を論ずる際に考慮すべき問題であろう。それはともかくとして、最終氷期の始まりを従来の 70,000~75,000 y. B. P. より古く考えようとする傾向があるのは確かである。

29) それぞれ、EMILIANI (1955) の Stage 5, ERICSON *et al.* (1961) の Zone X である。

30) アルプス周辺では、KRAUS (1961, 1968) が氷舌の推定位置の変化によって最終氷期の編年を示す図を作っている。

Fig. 5 Climatic succession and subdivision of the Last Glacial in Netherlands (HAMMEN VAN DER T. *et al.*, 1967; HAMMEN VAN DER T. *et al.*, 1971)

Absolute ages given on the right side are from HAMMEN, VAN DER T. *et al.*, (1971).

V. ま と め

以上に述べたいくつかの層位学的資料や、ここでは扱わなかった大陸氷床の前進・後退、人類文化の発達段階などをもとにして、最終氷期の編年は気候（気温）の変化カーブ、あるいは細分表として表現されてきた³⁰⁾。1950 年代中ごろ以後における改訂の過程で顕著な点は、第 1 に、WOLDSTEDT (1960) 以前（たとえば、WOLDSTEDT, 1956, 1958; GROSS, 1958）には、最終氷期の中頃に Göttweig Interstadial がおかれていたが、WOLDSTEDT (1962) 以後のカーブ (WOLDSTEDT, 1966, 1967; GROSS, 1964) では認められないこと、第 2 に、オランダ・デンマークの研究の進展とともに、Early Glacial, Altwürm に 2・3 の Interstadial が加えられたことである。オランダ以外の中部ヨーロッパで得られた気候変化カーブは WOLDSTEDT (1962) 以後、ほとんど手を加えられていない。現在のところ、最終氷期の最も信頼できる編年はオランダにおける堆積物の層相と花粉分析にもとづく気候

変化カーブ (HAMMEN *et al.*, 1967) として表現されていると考えてよからう (ROHDENBURG, 1971). 実際, その気候変化カーブ (Fig. 5) はレス層序の区分に重要な資料を提供している. とくに, Early Glacial の Interstadial は全ヨーロッパの模式として利用されている. しかし, この気候変化カーブでは Odderade, Moershoofd 両 Interstadial はまだ十分に編年されておらず, 今後さらに細部の改訂がなされるであろう.

日本の最終氷期の編年に関する研究では, しばしば中部ヨーロッパの資料が用いられてきた (湊・井尻, 1966 付表). 湊 (1970) によって紹介された WOLDSTEDT (1958, p. 244) の気候カーブや, 小林 (1962, 付録1表) による GROSS (1958) の編年表は, WOLDSTEDT 自身によってその後2度の重要な改訂が行なわれている (WOLDSTEDT, 1960, 1962) ので, ここに紹介した最近の成果を参考にすべきであろう.

あ と が き

以上, 主に中部ヨーロッパ各地の最終氷期の細分に関する研究を紹介したが, 研究の分野についても, 地域についても広範囲にわたっているため, 1つ1つの論文はもちろん, 問題点についても概要を紹介するにとどまった. この報告に引用した文献をもとにして, さらに深く追求することができるであろう. しかし, ヨーロッパの研究内容の変化は, かなり根本的な改訂を含んでおり, 最近の研究成果とともにその概要, 問題点の所在は明らかにできたと思う. また, 日本の最終氷期の編年学的研究にとって参考になる点も数多く含まれている. なお, フランス, および2・3の東欧諸国の研究には, 語学力の点でふれることができなかったが, 本論で扱った問題にとって極めて重要な地域であることを指摘しておきたい.

謝 辞

本稿を作成するにあたり, 東京都立大学・地理学教室の目塚爽平教授, 町田洋助教授をはじめとする地表研究室の皆様, 筑波大学の小野有五氏から有益な御討論をいただいた. また, 文献収集の際には Johann-Wolfgang-Goethe 大学・地理学教室の A. SEMMEL 教授, Berlin 工科大学・地理学教室の L. ELLENBERG 博士, 東京都立大学地理学教室の前島郁雄助教授および, 日本のいくつかの大学, 研究機関に御世話になった. 記して感謝の意を表したい.

引用文献

- ALIMEN, M. H. (1967) The Quaternary of France. In RANKAMA, K. (ed.) *The geologic systems: The Quaternary*, 2, 477 p., Intersci. Publ., New York: 89—238.
- ANDERSEN, S. T. (1957) New investigations of interglacial freshwater deposits in Jutland. a preliminary report. *Eisz. u. Gegenw.*, 8, 181—186.
- ANDERSEN, S. T., VRIES, H. and ZAGWIJN, W. H. (1960) Climatic change and radiocarbon dating in the Weichselian glacial of Denmark and the Netherlands. *Geol. en Mijnbouw*, 39, 38—42.
- BRANDTNER, F. (1954) Jungpleistozäner Löss und fossile Böden in Niederösterreich. *Eisz. u. Gegenw.*, 4/5, 49—82.
- BRANDTNER, F. (1956) Lössstratigraphie und Paläolithische Kulturabfolge in Niederösterreich in den angrenzenden Gebieten. *Eisz. u. Gegenw.*, 7, 127—175.
- BROECKER, W. S., THURBER, D. L., GODDARD, J., KU, T. L., MATTHEWS, R. K. and MESOLELLA, K. J. (1968) Milankovitch hypothesis supported by precise dating of coral reefs and deep sea sediments. *Science*, 159, 297—300.
- BRUNNACKER, K. (1956) Regionale Bodendifferenzierungen während der Würmeiszeit. *Eisz. u. Gegenw.*, 7, 43—48.
- BRUNNACKER, K. (1962) Bemerkungen zum Profil Hörmating/Obb. *Eisz. u. Gegenw.*, 12, 125—128.
- BÜDEL, J. (1953) Die "Periglazial"-morphogenetischen Wirkungen des Eiszeitklimas auf der ganzen Erde. *Erdkunde*, 8, 249—266.
- BÜDEL, J. (1960) Die Gliederung der Würmkaltzeit. Würzburger Geographische Arb., Heft., 8, 45 p.
- BÜDEL, J. (1962) "Die beiden interstadialen Würmböden in Südbayern" Eine Richtigstellung zu dem gleichnamigen Aufsatz von Ernst C. Kraus in diesem Jahrbuch 12, S. 43—58, 1962. *Eisz. u. Gegenw.*, 13, 178—180.
- EBERS, E. (1955) Hauptwürm, Spätwürm, Frühwürm und die Frage der älteren Würmschotter. *Eisz. u. Gegenw.*, 6, 96—109.
- EBERS, E. (1960) Drumlinkerne, ältere Würmschotter und das Würm-Interstadial-Profil von Hörmating/Obb., *Eisz. u. Gegenw.*, 11, 64—76.
- EBERS, E. (1968) Evidence of an older glacial maximum and a middle Würm Interstadial in the Alps. In RICHMOND, G. M. (ed.) *Glaciation of the Alps*. 177 p., Univ. Colorado Studies Ser. Earth Sciences 7, 55—77.
- EMILIANI, C. (1955) Pleistocene temperatures. *J. Geol.*, 63, 538—578.
- ERICSON, D., EWING, M., WOLLIN, G. and HEEZEN, B. C. (1961) Atlantic deep-sea sediment cores. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 72, 193—285.

- FINK, J. (1956) Zur Korrelation der Terrassen und Lössen in Oesterreich. *Eisz. u. Gegenw.*, **7**, 49—77.
- FINK, J. (1961) Die Gliederung des Jungpleistozäns in Oesterreich. *Mitt. Geol. Gesell. Wien*, **54**, 1—25.
- FINK, J. (1965) The pleistocene in eastern Austria. *Geol. Soc. Amer., special paper* **84**, 179—199.
- FLINT, R. F. (1971) *Glacial and Quaternary geology*. 892 p., Wiley, New York.
- FLIRI, F. (1970) Neue entscheidende Radikarbonaten zur alpinen Würmvereisung aus den Sedimenten der Inntalterrasse (Nordtirol). *Z. f. Geomorph.*, N. F., **14**, 520—521.
- FLIRI, F. (1971) Beiträge zur Stratigraphie und Chronologie der Inntalterrasse im Raum von Innsbruck. *Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum*, **51**, 5—21.
- FLIRI, F. (1973) Beiträge zur Geschichte der alpinen Würmvereisung; Forschungen am Bänder-ton von Baumkirchen (Inntal, Nordtirol). *Z. f. Geomorph.*, N. F., *Suppl.*, **16**, 1—14.
- FLIRI, F., BORTENSCHLAGER, S., FELBER, W., HEISSEL, H., HILSCHER, H. und RESCH, W. (1970) Der Bänder-ton von Baumkirchen (Inntal, Tirol). Eine neue Schlüsselstelle zur Kenntniss der Würm-Vereisung der Alpen. *Z. f. Gletscherkde. u. Glazialgeol.*, **6**, 5—35.
- FLIRI, F., HILSCHER, H. und MARKGRAF, V. (1971) Weitere Untersuchungen zur Chronologie der alpinen Vereisung (Bänder-ton von Baumkirchen Inntal, Nordtirol). *Z. f. Gletscherkde. u. Glazialgeol.*, **7**, 5—24.
- FRENZEL, B. (1964) Zur Pollenanalyse von Lössen. *Eisz. u. Gegenw.*, **15**, 5—39.
- FUCKS, F. (1969) Eine erste C-14-Datierung für das Paudorf-Interstadial am Alpensüdrand. *Eisz. u. Gegenw.*, **20**, 68—71.
- GEYH, M. A. and ROHDE, P. (1972) Weichselian chrono-stratigraphy, C-14 dating and statistics. 24th IGC, 1972, Sec. 12, 27—36.
- GRAUL, H. (1968) The present state of stratigraphy in the western foreland of the German Alps. In RICHMOND, G. M. (ed.) *Glaciation of the Alps*. 177 p. Univ. Colorado studies Ser. Earth Sciences, **7**: 3—7.
- GRAUL, H. (1973) Lithostratigraphy, palaeopedology and geomorphology, *Eisz. u. Gegenw.*, **23/24**, 268—280.
- GROSS, H. (1956) Das Göttweiger Interstadial, ein zweiter Leithorizont der letzten Vereisung. *Eisz. u. Gegenw.*, **7**, 87—101.
- GROSS, H. (1958) Die bisherigen Ergebnisse von C 14-Messungen und paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. *Eisz. u. Gegenw.*, **9**, 155—187.
- GROSS, H. (1959) Noch einmal: Riss oder Würm? *Eisz. u. Gegenw.*, **10**, 65—76.
- GROSS, H. (1960) Die Bedeutung des Göttweiger Interstadials im Ablauf der Würm-Eiszeit. *Eisz. u. Gegenw.*, **11**, 99—106.
- GROSS, H. (1964) Das Mittelwürm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. *Eisz. u. Gegenw.*, **15**, 187—198.
- HAASE, G., LIEBEROTH, I. und RUSKE, R. (1970) Sedimente und Paläoböden im Lössgebiet. In RICHTER, H. et al. (ed.) *Periglazial-Löss Pläolithikum im Jungpleistozän der Deutschen Demokratischen Republik*. 422 p., Haack, Gotha: 99—212.
- HAMMEN, VAN DER T., MAARLEVELD, G. C., VOGEL, J. C. and ZAGWIJN, W. H. (1967) Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last glacial in the Netherlands. *Geol. en Mijnbouw*, **46**, 79—95.
- HAMMEN, VAN DER T., WIJNSTRA, T. A. and ZAGWIJN, W. H. (1971) The floral record of the late Cenozoic of Europe. In Turekian, K. K. (ed.) *The late Cenozoic glacial ages*. 606 p., Yale Univ. Press, New Haven: 391—424.
- HANNSS, C. (1973) Das Ausmass der würmeiszeitlichen Iseretalgletscherung im Lichte neuer Datierungen. *Eisz. u. Gegenw.*, **23/24**, 100—106.
- HANTKE, R. (1960) Zur Gliederung des Jungpleistozäns im Grenzbereich von Linth- und Rheinsystem. *Geogr. Helv.*, **15**, 239—248.
- HANTKE, R. (1968) Features of pre-Würm glaciations in northern Switzerland. In RICHMOND, G. M. (ed.) *Glaciation of the Alps*. 177 p. Univ. Colorado studies Ser. Earth Sciences **7**: 41—54.
- HEUBERGER, H. (1974) Alpine Quaternary glaciation. In IVES, J. D. and BARRY, R. C. (ed.) *Arctic and alpine environments*. 999 p., Mathuen, London: 323—338.
- 平川一臣 (1975) 東・中部ヨーロッパの最終氷期における河岸段丘の発達と気候. 地理評, **11**.
- HÖFLE, H. (1969) Ein neues Interstadialvorkommen im Ammergebirgsvorland (Obb.). *Eisz. u. Gegenw.*, **20**, 111—115.
- HOPKINS, D. M. (1967) Quaternary marine transgressions in Alaska. In HOPKINS, D. M. (ed.) *The Bering land bridge*. 495 p., Stanford Univ. Press, California: 47—90.
- JAMES, N. P., MONTJOY, E. W. and OMURA, A. (1971) An early Wisconsin reef terraces at Barbados, West Indies, and its climatic implications. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **82**, 2011—2018.
- JONG, J. D. (1967) The Quaternary of the Netherlands. In RANKAMA, K. (ed.) *The geologic systems: The Quaternary*, **2**. 477 p., Intersci. Publ., New York: 301—426.
- KAISER, K. (1963) Zur Frage der Würm-Gliederung durch einen "Mittelwürm-Boden" in nördlichen Alpenvorland bei Murnau. *Eisz. u. Gegenw.*, **14**, 208—215.
- 小林國夫 (1962) 第四紀 (上). 地学国体研究会, 地学双書, (17), 194p.
- KRAUS, E. (1955) Die Zweigliederung der südbayeri-

- schen Würmeiszeit durch eine Innerwärm-Vereisungsperiode. *Eisz. u. Gegenw.*, **6**, 75—92.
- KRAUS, E. (1961) Die beiden interstadialen Würmböden in Südbayern. *Eisz. u. Gegenw.*, **12**, 43—59.
- KRAUS, E. (1968) The glaciogenetic sequence of the four classical glaciations of Albrecht Penck exposed in full continuity in southern Germany. In RICHMOND, G. M. (ed.) *Glaciation of the Alps*. 177 p., Univ. Colorado Studies Ser. Earth Sciences **7**: 15—25.
- KUKLA, G. J. (1972) Insolation and glacials. *Boreas*, **1**, 63—96.
- KU, T. L. and BROECKER, W. S. (1966) Atlantic deep-sea stratigraphy: Extension of absolute chronology to 320,000 years. *Science*, **151**, 448—450.
- LESER, H. (1970) Die fossilen Böden im Lössprofil Wallertheim rheinhessisches Tafel und Hügelland. *Eisz. u. Gegenw.*, **31**, 108—121.
- LIEBEROTH, I. (1962) Die jungpleistozänen Lössе Sachsen im Vergleich zu denen anderer Gebiet. *Pet. Geogr. Mitt.*, **106**, 188—198.
- LOŽEK, V. and KUKLA, J. (1959) Das Lössprofil von Leitmeritz an der Elbe, Nordböhmen. *Eisz. u. Gegenw.*, **10**, 81—104.
- LOŽEK, V. and KUKLA, J. (1961) Outline of the stratigraphy of the Czechoslovak Quaternary. *Inst. Geol. Prace*, **34**, 153—170.
- MAYR, F. (1968) Ueber die Beginn der Würmeiszeit im Inntal bei Innsbruck. *Z. f. Geomorph., N. F.*, **12**, 256—295.
- MENKE, B. and BEHRE, K. (1973) History of vegetation and biostratigraphy. *Eisz. u. Gegenw.*, **23/24**, 251—267.
- MESOLELLA, K. J., MATTHEWS, R. K. BROECKER, W. S. and THURBER, D. L. (1969) The astronomical theory of climatic change: Barbados data. *J. Geol.*, **77**, 250—274.
- 湊 正雄 (1970) 氷河時代の世界. 築地書館, 259p.
- 湊 正雄・井尻正二 (1966) 日本列島. 第二版. 岩波書店, 221p.
- MOJSKI, J. E. (1961) Periglacial deposits and structures in the stratigraphy of the Quaternary in Poland. *Inst. Geol. Prace*, **34**, 675—696.
- MOJSKI, J. E. (1968) Outline of loess stratigraphy in Poland. *Biul. Peryglac.*, **17**, 149—170.
- MOJSKI, J. E. (1969) The stratigraphy of the last glaciation in the territory of Poland. *Geogr. Polon.*, **17**, 73—91.
- MÖRNER, N. L. (1971) The position of the ocean level during the Interstadial at about 30,000 B.P.—A discussion from a climatic-glaciologic point of view. *Can. J. E. S.*, **8**, 132—143.
- MÖRNER, N. L. (1972) World climate during the last 130,000 years. *Quaternary Geology, Section 12*, 24th I.G.C., 72—79.
- MÜLLER-BECK, H. (1967) On migrations of hunters across the Bering land bridge in the upper Pleistocene. In HOPKINS, D. M. (ed.) *The Bering land bridge*. 495 p., Stanford Univ. Press, California: 373—408.
- MUSIL, R. und VALOCH, K. (1957) Eine Vergleich der Lössе der Wischauer Senke (Mähren) mit den Lössen der angrenzenden Gebiet. *Eisz. u. Gegenw.*, **8**, 91—96.
- MUSIL, R. und VALOCH, K. (1966) Beitrag zur Gliederung des Würms in Mitteleuropa. *Eisz. u. Gegenw.*, **17**, 131—138.
- 中川久夫 (1971) 旧石器包含層の第四紀層位学的位置—日本の中・後期更新統の国際対比に関する諸問題. 第四紀研究. **10**, 271—284, 287—289.
- PASCHINGER, H. (1957) Klimamorphologische Studien im Quartär des alpinen Inntals. *Z. f. Geomorph., N. F.*, **1**, 237—270.
- PROŠEK, F. und LOŽEK, V. (1957) Stratigraphische Uebersicht des tschechoslowakischen Quartärs. *Eisz. u. Gegenw.*, **8**, 37—90.
- RATHJENS, C. (1955) Zur Frage der Gliederung der Würmeiszeit. *Pet. Geogr. Mitt.*, **99**, 81—87.
- REMY, H. (1960) Der Löss am unteren Mittel- und Niederrhein. *Eisz. u. Gegenw.*, **11**, 107—120.
- RICHMOND, G. M. (1970) Comparison of the Quaternary stratigraphy of the Alps and Rocky mountains. *Quarter. Res.*, **1**, 3—28.
- ROHDENBURG, H. (1971) *Einführung in die klimagenetische Geomorphologie*. 350 p. Lenz, Giessen.
- ROZYCKI, S. Z. (1969) Climatostratigraphy and its application with Pleistocene of Middle Poland as example. *Geogr. Polon.*, **17**, 7—40.
- RÜHLE, E. (1965) The Quaternary in Poland. *Geol. Inst. Poland*, 76 p.
- 阪口 豊 (1973) ウィーンと東アルプス. 古今書院, 217p.
- SCHAEFER, I. (1968) The succession of fluvioglacial deposits in the northern alpine foreland. In RICHMOND, G. M. (ed.) *The glaciation of the Alps*. 177 pp., Univ. Colorado studies Ser. Earth Sciences, **7**: 9—14.
- SCHAEFER, I. (1969) Der Drumlin von Hörnating in Oberbayern. *Eisz. u. Gegenw.*, **20**, 175—195.
- SCHIEGEL, W. E. und TRIMBORN, P. (1972) Die paläoklimatische Bedeutung des Deuteriumgehaltes von fossilen Holzproben aus den Bändertonen von Baumkirchen (Inntal). *Z. f. Gletscherkde. u. Glazialgeol.*, **8**, 231—233.
- SCHIRMER, W. (1970) Das jüngere Pleistozän in der Tongrube Kärlich am Mittelrhein. *Mz. Naturw. Arch.*, **9**, 257—284.
- SCHÖNHALS, E. (1951) Ueber fossile Böden im nicht-vereissten Gebiet. *Eisz. u. Gegenw.*, **1**, 109—129.
- SCHÖNHALS, E., ROHDENBURG, H. und SEMMEL, A. (1964) Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöss-Gliederung in Hessen. *Eisz. u. Gegenw.*, **15**, 199—206.
- SEMMEL, A. (1968) Studien über den Verlauf jüngerer

- pleistozäner Formung in Hessen. *Frankfurter Geographische Hefte*, **45**, 133 p.
- SEMMEI, A. (1969) Bemerkungen zur Würmlössgliederung im Rhein-Main-Gebiet. *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **97**, 395—399.
- TAUBER, H. and VRIES, H. (1958) Radiocarbon measurements of Würminterstadial samples from Jutland. *Eisz. u. Gegenw.*, **9**, 69—71.
- VOGEL, J. C. and HAMMEN, VAN DER T. (1967) The Denekamp- and Paudorf Interstadials. *Geol. en Mijnbouw*, **46**, 188—194.
- VRIES, H. (1957) Radiocarbon dates for upper Eem and Würm-interstadial samples *Eisz. u. Gegenw.*, **9**, 10—17.
- WEIDENBACH, F. (1952) Gedanken zur Lössfrage. *Eisz. u. Gegenw.*, **2**, 25—36.
- WOLDSTEDT, P. (1956) Ueber die Gliederung der Würm-eiszeit und die Stellung der Löss in ihr. *Eisz. u. Gegenw.*, **7**, 78—86.
- WOLDSTEDT, P. (1958) *Das Eiszeitalter, Grundlinien einer Geologie des Quartärs*, II. 483 p. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- WOLDSTEDT, P. (1960) Die letzte Eiszeit in Nordamerika und Europa. *Eisz. u. Gegenw.*, **11**, 148—165.
- WOLDSTEDT, P. (1962) Ueber die Gliederung des Quartärs und Pleistozäns. *Eisz. u. Gegenw.*, **13**, 115—124.
- WOLDSTEDT, P. (1966) Der Ablauf des Eiszeitalters. *Eisz. u. Gegenw.*, **17**, 153—158.
- WOLDSTEDT, P. (1967) The Quaternary of Germany. In RANKAMA, K. (ed.) *The geologic systems: The Quaternary*, **2**. 477 p., Intersci. Publ., New York: 240—300.
- WOLDSTEDT, P. (1969) *Quartär*. 263 p., Ferdinand Enke, Stuttgart.
- WRIGHT, H. E. (1961) Late Pleistocene climate of Europe: A review. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **72**, 933—984.
- ZAGWIJN, W. H. (1961) Vegetation, climate and radiocarbon datings in the late Pleistocene of the Netherlands. *Meded. Geol. Sticht.*, **NS**, **14**, 15—45.
- ZAGWIJN, W. H. und PAEPE, R. (1968) Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. *Eisz. u. Gegenw.*, **19**, 129—146.
- ZEBERA, K. (1966) Quaternary. In SVOBODA, J. (ed.) *Regional geology of Czechoslovakia*, Part 1. 668 p., Czech. Acad. Sci., Prague: 601—647.
- ZEUNER, F. (1954) Riss or würm?. *Eisz. u. Gegenw.*, **4/5**, 98—105.
- ZEUNER, F. (1959) *The Pleistocene period. Its climate, chronology and faunal successions*. 447 p., Hutchinson Scientific & Technical, London.