中央アンデスの気候変化

矢 沢 大 二*

Klimaänderung und Klimaschwankung in den Anden

BY

Taiji YAZAWA

Obwohl die Klimaänderung bzw. Klimaschwankung in den Anden beträchtlich ist, gibt es leider noch wenige Untersuchungen und Berichte darüber. Im Jahr 1958 war der Autor als Mitglied der naturwissenschaftlichen Expedition der Tokyo Universität in den zentralen Anden gewesen. Während dieser Expedition hat er versucht, durch Geländearbeit das Verhältnis der Klimaänderungen und Klimaschwankungen zueinander zu ergründen.

In der Costa, besonders in der Küstenwüste kann man leicht viele Beweise für die Zunahme der Vertrocknung finden. Luftbilder zeigen deutlich, dass in Nordperu, z. B. in der Pampa Purpur viele Grossbarchane von Winde schon ganz erodiert und verschwunden sind und dass der eine Grossbarchan, den es dort noch gibt, auch unter starker Winderosion steht. In Südperu, z. B. in der Nähe der Marksteine K 243 und K 271 in der Pampa de Hualluri befinden sich viele erodierte Sanddünen, die einmal Pflanzenwuchs trugen, und die vielen vertrockneten Dattelpalmen in der Nähe der Marksteine K 256 und K 275 in der Pampa de Hualluri sind wohl auch als Beweise für das Trockener-Werden des Klimas aufzufassen. Das Gleiche möchte von den aufgegebenen Feldern, z. B. in der Pampa Corcovado nördlich Camana, entlang an dem Rio Las Llanas südlich Nazca, in der Nähe der Pampa Medio Mundo südlich Puerto Supe u. s. w. gelten.

Die Klimaänderung ist auch auf der Sierra sehr deutlich. Dort sind die Gletscher in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Der Verfasser nimmt an, dass auf dem Gebirge Huascaran ($9^{\circ}07' S$, $77^{\circ}30' W$, 6 768 m) die Gletscherzunge am südwestlichen Abhang ungefähr 5 400 m hoch liegt und seit 1944 jedes Jahr im Durchschnitt 18 m (in der Höhe) zurückgegangen ist. Für die Ursache hält er die Entwicklung eines wärmeren und trockneren Luftmasses.

Auch die beträchtliche Schwankung des Spiegels des Titicacasees deutet auf eine Klimaänderung und Klimaschwankung des Titicacabeckens. Sie zeigt eine Periode, ihre genaue Dauer und ihre Beziehung zu anderen Erscheinung, z. B. zur Relativzahl der Sonnenflecken ist aber, wie schon Monheim gezeigt hat, noch nicht klar. Doch ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass in Jahren, in denen auf der Costa so viel Regen gefallen ist, es auch auf der Sierra stark geregnet hat.

* 東京都立大学理学部地理学教室

I は し が き

アンデスの気候変化についてはこれまでいろいろな角度から研究が進められている。アンデスの東斜面、いわゆる Montaña,あるいはその東方にひろがる平地, Selvas などが湿潤気候地域に属するのに反して、アンデスの西部を占める太平洋沿岸の砂漠地帯はもちろん、アンデス山地の高所の広大な面積を占める高原そのものも、乾燥気候地域に当る。しかもこれらの乾燥地域では、世界の他の地域にも類例が求められるように、雨量の変動はその儘土地の生産性に関連する。このことは乾燥地域の面積が特に広大な中部アンデスにおいて特に著しい。それ故にか、この地域の気候変化、ないしは気候変動の研究の多くは、この少雨地域の雨量の推移、あるいはそれらと直接に関連する現象の推移の究明に重心をおいているようにみられる。

しかしこの地域には、長年にわたる観測資料が乏しく、その方面からする研究には多くの障害がある。したがって当地域の気候変化は直接の気候資料によるほかに、他方ではいわば間接的資料にもよらざるを得ない。古いインカ文化のさかえたこの地域においては、気候の特性、特にその変化が文化の消長とどのような関連を有していたのかを追求することは興味のある問題ではあるが、現在までのところまだ十分な研究が進められたとはいえない。筆者はさきに現地調査の際に観察および収集した資料をもとにして、アンデスの気候特性を明らかにしたが、そのなかで本地域の気候変化についても簡単に言及した^{註1)}。この機会に改めてこの問題について若干の考察を試みることにする。ここでは普通の意味での気候変化のほか、この地域の特徴である気候変動についても簡単に言及したい。

II 沿岸砂漠地域における気候変化

中央アンデスの沿岸、いわゆる Costa, では、沿岸での湧昇流の発達、南太平洋高気圧域内における大気の沈降などによつて、著しい気温逆転が下層大気中に発生し、それがこの地域の気候特性を左右することは既に筆者の報告にみるとおりである。乾燥地域ではあるが、BWn 気候型の特性として、特に冬季には霧、あるいは霧雨 (aguja とよばれる) の発生が頻繁ではあるが、雨季に当る夏季をも含めて、雨量そのものは全く少ない。したがって沿岸には、地形の関係から東西の幅は必ずしも大きくはないが、砂漠気候地域が沿岸一帯に発達する。これを貫く多くの河川に沿って開かれた河岸オアシスの土地利用は、ごく一部に行なわれている風車あるいは動力による井戸水灌漑を除けば、ほとんどすべて河川の流水そのものに依存する。一方においてはオアシスの耕地そのものを拡張して、生産を高めようとする努力も行なわれている。したがって流水の減少はその儘拡大されたオアシスの土地利用に対しては大きな障害とならざるを得ない^{註2)}。

しかしまたその反面、沿岸の礫砂漠地帯内の各地^{註3)}にそのあとを留めるように、沿岸を訪れるときどきの大雨による氾濫はすさまじく、大きな水害の因をなしている。

このような沿岸地帯の雨量の推移はその影響するところが大きく、特に気候変動の面から多くの注目を集めている。なかでも河川の水源に当る山地方面の雨量推移と沿岸地方のそれらとの間の関連の有無についてはすでにいくつかの報告がなされている。

しかしまた一面においては、沿岸の雨量の減少、すなわち乾燥化は、その儘砂丘の侵蝕ないし移動、あるいは砂漠の拡大に通じやすく、オアシスの耕地の被る影響は流水の減少のそれに決して劣らない。したがって沿岸砂漠気候地域における気候変化では、山地をも含めての雨量の推移ないしは変動と、砂漠の砂丘そのものの動勢のいわば2つの角度から追求されるべきものであろう。

註 1) 拙稿: Andes の気候学的観察。東大アンデス学術調査委員会: アンデス (印刷中) に簡単に触れてある。

註 2) 南ペルーの Rio Pojonai, Rio las Llanclas などに沿うオアシスの末端では、水不足のため綿畑が大きな干害をうけているのを筆者は観察した。

註 3) 南ペルーの Nazca 北方の Quebrada de Urupalla の礫砂漠その他その例多し。

1. 沿岸地域の雨量の変動

沿岸の雨量にあるていどの週期的な推移があることはすでに Murphy (1926)¹³⁾ によつて指摘されている。彼は 1925 年の北ペルーの大雨の機構を分析し、大雨の原因がペルー海流を排除して、北方から南進する暖流にあることを明らかにし、かつ従来の記録にもとずき、北部ペルー沿岸の大雨の発生には 7 年週期があることを指摘し、多くの注意をこの問題にひきつけた。この大雨の機構はその後気象学的に解明され、Garbell (1947)⁶⁾ は熱帯前線の南方への張出しに伴う、その北側の海洋性赤道気団内の大雨地域の南進をその原因であるとしている。Murphy のいう 7 年週期はその後の推移では多少乱れ、必ずしも所期のようにはなっていないようであるが、従来の多雨年が 1878, 1884, 1891, 1918, 1925, 1932, 1939, 1941, 1953 年などに現れているところをみれば、一応この規則性は認めてもよろしいようである。Rudolph (1953) の所説でもこの週期を承認している¹⁴⁾。

しかも沿岸の気候変動は極値から極値へと週期的変動をくり返す以外に、重要なことは一旦出現した季節的特性は翌年または翌々年にまで持続する傾向にあることである。ペルーの湧昇流を詳細に研究している海洋学者の Schweigger (1949) は、冷夏、暑夏、雨の少ない冬、雨の多い夏などというような、いわば大きな季節的特徴は、発生後 2~3 年間は持続する上に、それらの交替、すなわち例えば冷夏から暑夏、もしくはその逆の推移の出現には週期性があるらしいことを説いている¹⁵⁾。

これらの雨量推移が果してどの範囲の地域に見られるものか、特に果してアンデス山地の広域にも同じように認められるか否かはまだ明らかではない。しかし後述するように、低地の異常多雨年には山地にも異常多雨が認められることは、まああるとしても、山地の雨量推移にみる週期が低地のそれとは全く異なるらしいことからみて、両者間には必ずしも関連はないと考えるのが妥当のようである。

2. 砂丘の動勢にみる気候変化

ペルー砂漠、特に砂砂漠中には多くの移動砂丘が分布し、それらが現に活潑に移動し、それらのあるものはオアシス耕地、あるいは市街等に侵入しつつあることはさきに筆者が報告したとおりである。しかしまた一方では、はげしい風蝕をうけつつある砂丘群が、植物によつて固く固定化された砂丘群と並列して分布する例も少なくはなく、実態はすこぶる複雑である。しかも広大なペルー砂漠地帯を悉く調査することはいうべくして容易には行なわれない。筆者はその欠を補うためにペルーおよびボリビア両国の空中写真を最大限に活用してみたが、依然として不明な個所が少なくはない。

砂丘のうちで特に注目をひくのは、かつて固定された、しかし現在でははげしく風蝕をおもむつている砂丘群の存在である。その最も好い例は南ペルー、Ica 北西方の大砂漠である Pampa de Hualluri 中に多数みられる。それらの多くは表面は草類、あるいは灌木などの根によつて固定化されていながらも、しだいにまわりから、その根本の方面を侵蝕された結果、あるいはきのこ状に、あるいは平面積にくらべて高さばかり高い土まんじゅう状に変形され、その形状は注意をひく、特にそれらの分布は里程表^{註4)} K 243, K 271 付近に多い。また北部ペルーの Pampa Purpur 砂漠中には、巨大なスーパー・バルハン群が風蝕のため飛散し去つてしまったことは、空中写真から明らかに判読される。またこの付近には大きな砂丘の頂上部に、新しい風蝕の結果、溝状のくぼみがえぐられている実例を多数みることができる。これらの諸事実は、少なくとも現在のペルー海岸砂漠が侵蝕、あるいは乾燥化の途をたどつつているものではないかと考えさせる。

このことについて、当地域の乾燥化を示すものとも見られるいま 1 つの事実を挙げたい。前記した Pampa de Hualluri の風蝕砂丘群のさらに南方にあたるところ、すなわち里程表 K 256, K 275 付近には多くの枯れたナツメヤシの巨木がみられる。このナツメヤシ群は 1947 年にこの地域を踏査した Heim の名著の中にも写真入りで説明されている⁷⁾。ただこれについて筆者の注意をひいたのは、彼の示す 13 年以

註 4) ペルーを南北につらぬくパン・アメリカン・ハイウエーには 1 km ごとに里程標が建てられ、首都のリマまたは地方の中心都市からの距離がその表面に大きく示されている。

前のナツメヤシ群に比較して、筆者の同じ場所での観察によれば、それらが著るしく減少していることであり、現場での観察の結果は多くの枯木があることを示している。

樹木の枯死の原因を水の減少、あるいは気候の乾燥化と速断することはもちろん慎まなくてはならないが、土地利用の行なわれていないこの砂漠の中央であり、しかも付近にかつての河流のあとを認めることができないことからすれば、このばあい気候の乾燥化が現場については最もくしやすい説明であるように考えられる^{註5)}。このようにして、前述の風蝕砂丘とともに、これらの枯木群を筆者は雨量の減少、気候の乾燥化の1つの実例であると考えている。

さきに Smith (1955) は砂丘の砂の堆積状態を通して、過去の気候変化を論じ、その最近の段階として降水の減少と風勢の増大、すなわち気候の乾燥化を推定している¹⁷⁾。Smith の推論は筆者のばあいに比してもつと長い時間の尺度での所論であるようでもあるが、しかし筆者の推論の結果は彼の見解に一致している。このようにして、少なくとも海岸地域、あるいはその砂漠地帯に関する限り、またそこには雨量の週期的変化があるとしても、気候の最近の乾燥化を指摘することができそうである。しかし仮にこの推定が妥当であるとしても、それらが果していつの頃から発現したものであるか、その年代的の追求は現在のところまだいかながら行ない得ない。

III アンデス山地の気候変化

アンデス山地は低地に比較すると気候的な資料はさらに乏しく、気候変化の研究はさらに一層間接的資料に頼らざるを得ない。山地の気候変化は沿岸地域のばあいと同様に、乾燥地域のつねとして、不安定なその雨量の変動、推移に研究の重点が置かれてはいるが、同時にまた高山地域の特性を反映して、気温の変化、特に雪線高度の変化、山地氷河の消長等についても研究すべき多くの問題を包蔵する。

1. 山地氷河の消長と気候変化

アンデスの山頂部の広域にわたって分布する山地氷河の消長は、気候変化の研究に対して大きな指標となる。氷蝕地形、あるいは周氷河地形等はいずれも気候地形学研究の重要な対象ではあるが、ここでは筆者は最近、もしくは現在の気候変化に限定して論述していくことにする。

さきに Schwarzbach (1950) は世界各地における氷河の消長を通覧し、前世紀以降現在にいたる間、1810~20, 1850~60年の2つの期間に氷河の伸張が認められたが、1860年以降は全世界を通じて、氷河の収縮がみられると説いた¹⁸⁾。氷河の消長を気候のどのような変化と対応させ得るかは厳密に考えればむづかしい問題ではあるが、一応気温変化と密接に関連する現象と考えることができよう。アンデスの山地氷河も近年急速に収縮、後退していることはいくつかの報告が明らかにするとおりであるし、筆者もその一端については観察することができた。

ペルーの Broggi (1943) は中部アンデスの Abra Pincoyuyoc および Paragte, 北部アンデスの Ranrapalca および Huascanan などの山地氷河の末端高度を年次別に比較し^{註6)}、それらの変化を通して氷河の消長を求めた。それによれば1909年度に比して1932年度が伸張を示したほかは、1886年以降1942年度までの諸年次ではいずれも収縮している¹⁾。Broggi はその原因として、高温の気団の山地への侵入頻度が増加し、それに伴って降水量が減少したことを挙げている。前記の山地のうち、Huascanan についての筆者の観察によれば、その南西斜面の氷河の末端高度は $5,400 \pm 50$ m 程度とみられる。この値を1942年に得られた Broggi の値の $5,100 \pm 50$ m と比較すれば、年間平均約18 m 程度の収縮を続けていることとなる。この値はそれ以前の10年間の平均にくらべるとむしろ小さいが、Broggi の求めた1880~1942年間の

註 5) これらで木群の枯死が沿岸地帯に発現する数年週期の雨量の変動、特に乾燥期の所産ではないかという見方は現場にはあてはめ難いように思われる。

註 6) 彼の研究は毎年氷河末端高度を比較するのではなく、とびとびの若干の年次の値の比較であるから、変動の詳細は明らかに示されていない。

平均値 13 m に比較するとある程度大きく、最近の氷河の収縮の急速なことを示すように思われる。

このような消長はアンデスの他の山地にも認められる。ボリビアの Jimenes (1952) はラ・パスの気温の永年変化において、近年の気温の急速な上昇を認めるとともに、ラ・パス北方の Chacaltaya 南斜面の氷河の収縮をそれに関連付けている⁹⁾。それによれば 1951 年以前年間平均で 2 m 弱ずつの後退を示した Chacaltaya の氷河は、1951 年以後突如 21 m の大収縮を示している。この状態がその後どのような消長をたどっているかは明らかにはなし得ないが、気温の上昇、すなわち気候の温暖化に伴う現象の 1 例とみることができよう。

2. アンデス山地の雨量の変動

アンデス山地の雨量推移は沿岸方面のそれと必ずしも並行しないことについてはすでにさきにのべたとおりである。山地方面の大雨の発生について、Escobar (1943, 1948) はボリビア高原西部の大雨はボーラー・フロントの北進によるとし、沿岸方面の大雨のばあいとは一応別個なものとみている^{3) 4)}。ペルーの天気図を詳細に解析した結果、筆者も彼のこの意見と同じ結果に達している。また Miller (1947) はいわゆる temperate front の通過による大雨を挙げている¹⁰⁾。しかしそれらの何れであるにせよ、雨の少ない山地にときには意外の大雨と、それに伴う大きな水害とをみる^{註7)}。Negretty (1948)¹³⁾ はボリビア各地の雨量の移動平均値を用いて、約 13 年の週期を検出しているが、現実の推移はそれよりもかなり複雑なもののように思われる。この週期と異なるばかりでなく、つぎにあげるように、高原の一部に当るチチカカ盆地の雨量の推移とも一致しない。現在までのところ筆者はこの問題についての最終的結論をまだ得ていない。

3. チチカカ湖の水位変化とチチカカ盆地の気候変化

ペルー、ボリビア両国の国境にまたがるチチカカ湖^{註8)}の水位は、1912 年その西岸のプーノに水位標が設けられて以来、引続いて測定されている。夏に増水し、冬に減水するその水位は、長年の週期をもつて大きく変動することがすでに Monheim (1956) の詳細な研究によつて明らかにされている¹⁴⁾。湖の周辺は、東部の一部分を除いて、非常に平坦である。したがつて水位の昇降はそのまま湖面の面積の大きな拡大、縮小の原因となる。水位の低下は湖畔の人々に広大な新しい土地、ひいては耕地を与える反面、人々の生活に欠くことのできない水棲植物トトラの枯死を招来し、その面では湖畔の人々の生活に大きな支障をまねく直接の原因となる。また水位の上昇は耕地の喪失、集落の放棄など重大な結果をもたらす反面では、トトラの繁茂には好適な条件となる。このように湖畔の人々の直接の生活に大きな影響を与えるほかに、湖上交通、湖畔の陸上交通などに与える影響も小さくはない。

湖面の昇降に週期的変化がみられることはカスピ海における Brückner の研究²⁾以後、各地にその例が見出されている。チチカカ湖では 1912 年以來の資料を分析した Monheim によつて、上昇、下降にはある程度の持続性がみられ、たとえば上昇に転ずれば毎年の夏季の高い水位、もしくは冬の低い水位そのものに上昇の、下降に転ずれば下降の傾向がそれぞれ認められ、しかもそれらの上昇、下降推移には 11~12 年程度の週期的変化がみられることが明らかにされた^{註9)}。この週期的変化は Brückner のカスピ海、Hurst (1952) のアフリカ東部のヴィクトリア湖その他での研究の結果⁸⁾と類似している。しかもその上昇、下降の幅の大きさが著るしく大きいことがチチカカ湖の 1 つの特性であるとみられる。例えば Forti (1953)⁵⁾によれば、1912~52 年間における夏季の水位の上昇は平均して 748 mm であるのに、チチカカ盆地の多雨年であつた 1918 年では 1,371 mm, 1925 年では 1,165 mm, 1932 年では 1,530 mm と、その平均値を大

註 7) 1932 年中部アンデス ワラス方面の大雨による洪水は 氷河湖の堆石堤を突破し、下流にあたる美しいワラスの市街の北半部をそのとき搬出した巨礫の下に埋没し去つた。

註 8) 北東から南西に長く、最長約 180 km, 南西~北東方向の最大の幅は 70 km, 面積約 8,100 km², 平均水位 3,812 m, 世界最高の高山湖, かつ可航湖, 集水面積は約 58,000 km²。

註 9) 1910?~16 年 (下降期), 1917~21 年 (上昇期), 1922~28 年 (下降期), 1929~33 年 (上昇期) のごとく、1 つの上昇期から次の上昇期まで 11~12 年の間隔がみられる。そのことは下降についてもいわれる。

きく上まわる値が現われている註10)。しかも湖面の広大な面積を考えれば、これらの水位の上昇が著しい多雨と対応するであろうことが一応考えられよう。

変動週期 11~12 年といえはすぐに太陽黒点週期との関連の有無が考えられる。たしかに Monheim の資料によれば大部分の期間についてはその関連が認められ、黒点の最少期が水位の極高期、黒点の最多期が水位の極低期にそれぞれ対応する。しかし 1937 年以降ではむしろこの関係が逆転し、最少期が極低期、最多期が極高期にそれぞれ対応しているようにみられる。水位の極低期が黒点の最少期に、極高期が最多期に対応することは前記のヴィクトリア湖などにもある程度までは認められるが、Hurst によれば、それらは単に偶然の一致にすぎないという。

このように黒点週期との対応は必ずしも明らかではないが、水位の消長が多く気候要素の組合せの影響を受けることからすればそれも当然かともみられる。たとえば 1953 年はペルー低地では近來にない大雨の年で、各地に大きな水害をみせたが、この年山地方面での雨にもかかわらず、夏の水位の上昇はわずかに 711 mm に達したただけであつたという。Monheim は前年の著しい水位の低下がこの結果をもたらしたものとしている。

気候変動に 1 つの方向が現れるとそれがしばらく持続する傾向があることでは沿岸の低地も、アンデスの高地もいわば同類ではあるが、沿岸の降雨には約 7 年、山地の降雨には 11 年前後の週期性がそれぞれみられることでは両者の間には関連はない。たしかに、1918, 1925, 1932 年などの沿岸低地の多雨年では、山地方面にも多くの降水をみたことから、沿岸が多雨の年には山地方面でも多雨となる場合のあることは考えられる。しかしそれ以外の推移からみて、両者間には必ずしも関連があるとは認められない。結局チチカカ盆地の雨量変動は沿岸低地のそれとは一応別個のものと考えてよさそうである。

IV 結 語

筆者は 1958 年の現地調査の結果、およびそのときに収集した資料をもとにして、主として中央アンデスの最近の気候変化について考察し、その結果次の結論を得た。

この地域に関する限り最大の関心事である雨量の推移には、沿岸地方では大体 7 年、山地方面では 11 年前後の週期的なうつりかわりが認められる。

沿岸の乾燥地域については植生、砂丘などの特性を通して見る限り、一応最近の乾燥化が推定される。このことがオアシスの土地利用に大きな影響を与えている。

アンデスの山地氷河の消長については特に最近の著しい氷河後退がみられる。これらの原因は気温の上昇、雨量の減少にあると説明されている。また山地の気候変化をチチカカ湖の水位変化を通して観察すると、世界の他の湖沼などで指摘されているところと同じく、大体 11 年前後の推移がみられることが多い。しかし必ずしもそれだけではなく、他の複雑な変動の特性をも示している。雨量の推移と密接に関連するはずのこの水位変化は、しかし低地の雨量推移とは必ずしも一致しない。このことはアンデスの低地、山地を通じての雨量変化が同一原因のみによるものでないことを示しているであろう。

参 考 文 献

1) Broggi, J. A. : La desglaciacion actual de los Andes del Peru. Bol. Soc. Geol. del Peru, 14/15 , 1943, p. 59-90.	2) Brückner, E. : Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. Geogr.

註 10) これは前述のように沿岸地方においても著しい多雨年に当る。これからみれば沿岸、高原双方に共通する多雨年のあることが考えられる。

しかし近年では再び逆転し、1937 年以前の関係に戻りつつあるようにもみられるがまだ確証はない。

註 11) 1896~1924 年の期間でははつきりみられる。しかし 1922 年以後には水位変動週期が約半減し、黒点週期との関連は失なわれている。

- Abh. **Bd. IV**, Ht. 2, 1890.
- 3) Escobar, I. V. : Contribucion al estudio del tiempo en Bolivia. 1943, La-Paz.
 - 4) Escobar, I. V. : Regime pluviometrico de Bolivia. 1948, La-Paz.
 - 5) Forti, A. : Un interesante caso hidrológico y grandioso aprovechamiento sudamericano de fuerza motriz hidraulica. 1953 Buenos Aires.
 - 6) Garbell, M. A. : Tropical and equatorial meteorology. 1947 London p. 125-126.
 - 7) Heim, A. : Wunderland Peru. Naturerlebnisse. 1957 Bern S. 20-22.
 - 8) Hurst, H. F. : The Nile, a general account of the river and the utilization of its water. 1952 London.
 - 9) Jimenes, H. C. : Variaciones seculares de la temperaturas en La-Paz. Nimbus Vol. **3**, 1952 p. 24-26.
 - 10) Miller, A. : Some aspects of the Bolivian weather and its forecasting. An investigation of the causes of Bolivian weather and suggestions for its forecasting. 1947.
 - 11) Monheim, F. : Die Beiträge zur Klimatologie und Hydrologie des Titicacabeckens. Heiderberger Geogr. Arb. 1. 1956 S. 67-82.
 - 12) Murphy, R. C. : Oceanic and climatic phenomena along the west coast of South America during 1925. Geogr. Rev. Vol. **16**, 1926, p. 26-54.
 - 13) Negretty, J. J. R. : Variaciones de la precipitaciones anuales. Nimbus Vol. **1**, 1948 p. 7-21.
 - 14) Rudolph, W. Z. : Weather cycles on the South American westcoast. Geogr. Rev. Vol. **43**, 1953 p. 565-66.
 - 15) Schwarzbach, M. : Das Klima der Vorzeit. Stuttgart 1950 p. 185
 - 16) Schweigger, E. : Der Perustrom nach zwölfjährigen Beobachtungen. Erdk. Bd. **3**, 1949 S. 121-132.
 - 17) Smith, H. T. U. : Geomorphic evidences of recent climatic fluctuation in the Peruvian coastal desert. Science Vol. **122**, 1955 p. 418-19.