



說들은 아직 그 研究가 充分히 進척되지 못한 실정인 때문에 여기서는 주로 洪積世水期에 關하여 言及하러 한다.

그런데, 洪積世水期의 主分布 地域이 北半球의 北極海 주변의 高緯度였다는 點에서 北極海가 차지하는 諸 役割과 數次에 걸친 水期 및 間水期의 交替原因 등에 對한 主要 學說을 主로 考察하러 한다.

## 二. 無氷의 北極海說

第四紀 洪積世 水期의 原因 說明에 있어서 北極海의 存在와 位置 및 役割은 크다고 할 수 있다. 溫暖했던 第三紀 氣候의 증거물들이 指摘하는 바와 같이, 우리는 쉽게 無氷의 北極海를 상상할 수 있게 된다. Kerner-Mariaun 이 지적한 바와 같이 “現在 北極地方은 水期 狀態의 氣候가 支配하고 있으나, 점차로 非水期性 氣候로 移行 途中에 있다.”고.

이러한 無氷의 北極海 問題에 對하여 Brooks는 高山地의 삭박과 함께 山地 水河가 사라지게 되면 海面 高度의 上昇으로 Bering 海峽이 擴張되어 점차 暖流가 많이 北極海로 流入되게 되고, 그곳에 無氷의 교두보가 形成되게 되면 Labrador 寒流의 水溫 上昇으로 因하여 Mexico 灣流에 對하여 훨씬 미약한 冷却作用을 하게 된다. 溫暖한 Mexico 灣流의 北極海로의 北上 流入으로 因하여 北極海의 氷冠은 점차 사라지게 되며, 이에 또한 강한 日射가 첨가되어 여름에는 北極海의 氷冠이 完全히 사라지게 된다.

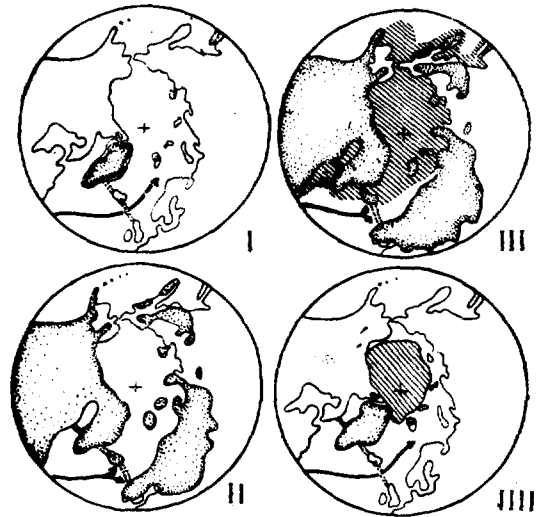
이렇게 되면 여름에는 極前線(Polarfront)이 자취를 감추게 되고, Azren 고기압의 北上으로 因하여 中西歐地方은 거의 無雨狀態가 되게 되며, 因하여 極氷冠의 生成은 차츰 그 시기가 늦어지고 드디어는 北極海는 겨울에도 無氷으로 되며, 또한 Greenland의 大陸氷도 점차 사라지게 된다. 그리하여, 北極地方은 온난 건조한 無氷의 時代가 支配하게 된다.

그러나, 上記한 후퇴 과정은 Schwarzbah가 지적했듯이 그리 간단하게 이루어지지는 않을 것이다. 왜냐하면, 일단 形成된 氷冠이 完全히 사라지기 위해서는 極地方의 여름 기온이 非水期性의 海洋性 氣候로 잠시 머무는 것으로는 充分치 못하며 훨씬 더 높아야 하기 때문이다. 또한 北極의 氷冠은 氣候 與件이 完全히 充足된 年後에도 오래 存續할 수 있으며, 이렇게 되면 하나의 水期 유물(Eiszeitrelikt)을 이루어 前과 같은 氣候(無氷의 北極)로는 쉽게 돌아오지 못할 것이다.

H. Flohn은 無氷冠의 北極 氣候에 對하여 온난했던 第三紀 氣候를 기초로 하여 現代氣象學의 觀點에서 考

察하였는데, 그의 氣溫計算에 依하면 赤道 27°C(오늘날과 같음), 北極의 겨울 기온 +1°C, 여름 기온 8°C 地球의 平均氣溫 19°C(오늘날 15°C)로 計算하였으며, 이러한 Modell의 경우 大氣의 순환은 現代의 순환과는 달리, 겨울에는 亞熱帶 高氣壓이 極方向으로 北上하며, 平均 風速도 현저히 감소되고, 또한 Zyklonen의 빈도와 強度도 훨씬 減少되며, 當時의 冬季의 大氣 순환은 오늘날의 西歐의 5월이나 9월의 氣候와 類似했을 것이라고 主張하였다. Ewing과 Donn은 無氷의 北極海 問題와 관련하여 水期와 間水期의 交替를 說明하려고 試圖하였다. 即 無氷의 北極海가 증가되는 증발과 강수의 原因이 되고, 이로 因하여 水河의 生成과 成長을 초래하게 된다고 主張하였다(圖 1).

이는 환언하여 많은 연구가들이 생각하듯이 無氷의 北極海가 間水期를 특징짓는 것이 아니라, 오히려 빙기의 到來를 原因시키는 始初인 것으로 간주하였다. 圖 2가 表示하듯이 北極海는 주변에 大陸氷床이 形成되기까지는 無氷狀態로 머문다. 그런 다음, Iceland-Färöer 海底山脈이 Eustasie 때문에 생긴 海面低下로 알아짐으로써 Mexico 灣流의 北上이 저지되므로, 北極海는 알아지게 되고 結氷된다.



- I. 빙기 시작(北極海는 無氷임)
- II. 빙기 途中(北極海는 無氷임)
- III. 빙기의 maximum 狀態, 間水期の 始初 (北極海는 結氷됨)
- IV. 間水期(現在의 상태), 北極海는 結氷狀態임.  
 黑色 部分 : 大陸 빙하  
 斜線 部分 : 바다의 結氷 部分  
 → : 멕시코 灣流  
 ..... : Davis-Iceland-Färöer 海底山脈 (Schwarzbach, 1960에서)

[圖 1] Ewing과 Donn의 水期說의 도식도.

北極海의 結氷과 더불어 氷期의 終末이 오게 된다. 왜냐 하면, 빙하는 그 이상 存續에 必要한 充分한 氷量(보충)을 받지 못하여 점차 사라지게 되고 海面 高度의 上昇과 함께 Mexico 灣流의 北上이 始作되면 Greenland 를 제외한 기타의 氷河와 또한 北極의 氷冠이 녹게 된다. 이런 과정은 또한 새로이 反復될 것이다.

그러나, 이 說은 Livingstone(1959), Schwarzbach(1990) Stockes(1955) 등이 지적했듯이 다음과 같은 난점을 내포하고 있다.

- A. 北極海는 Ewing 과 Denn 이 생각한 것보다 大陸 氷床이 上限에 到達되기 이전에 훨씬 빨리 結氷되게 된다.
- B. Greenland 의 氷상이 間氷期를 건너며 내는 理由를 理解하기 곤란하다.
- C. 無氷의 北極海가 降雨의 素因이 된다면, 왜 Siberia 는 Canada 처럼 대규모의 氷河에 덮이지 않았는지 이해하기 곤란하다.
- D. Iceland-Färöer 海底山脈이 氷期에 알아지지는 했지만 Mexico 灣流의 北上이 저지될 정도로까지 크게 알아지지는 않았었다.
- E. Ewing 과 Donn 은 以上과 같은 Mechanismus 가 왜 第四紀에 들어오면서 作用하기 始作하였는가에 對하여 第四紀前에는 極點이 現在와 다른 곳에 位置하였다가 第四紀에 접어들면서 氷河形成에 好適한 現位置에 놓여지게 되었기 때문이라고 主張하나, 最新의 古地磁氣學(※ ① Komarow, 1960; Paläomagnetismus)의 資料가 제공하듯이 新生代 이래 現位置에서 별다른 極의 移動이 없는 事實들은 이 說의 큰 弱點이라고 할 수 있다.

※ ① 第三紀 이래 現在까지 磁極은 現在의 位置와 別로 移動되지 않음.

### 三. Strahlungskurve(太陽放射熱曲線)說

1842年 프랑스人 J.F Adhémar 이 처음으로 公轉軌道要素의 變化에 依한 氷期說을 主張한 이래 J. Croll (1875), J.J. Murphy(1876), L. Pilgrim 등 여러 學者들이 類似한 學說을 제창했다.

1920年 M. Milankowitsch 는 黃道의 傾度(現在 23° 27'이나 約 41,000年의 間격을 두고 24° 33'에서 21° 58' 사이를 周期的으로 變化하는 것을 天體力學적으로 計算하고, 傾도가 작을 때(季節的인 交替가 弱화되었을 때) 氷期(Milankowitsch 는 서늘한 기후의 여름을

理想的인 氷期 造成的인 與件으로 간주하였음)가 오게 된다고 主張하였으며, 여기에 부과하여 公轉軌道의 離心率 Exzentrität(92000年의 周期를 가지고서 最高値와 最低値間을 變動함)과 近日點 및 遠日點의 對應한 變化를 고려하여 各 緯度上에서의 복사량을 計算하고 또 지난 約 100萬年間의 복사량의 變化를 曲線으로 그렸는데, 이것이 有名한 Milankowitsch 의 Strahlungskurve 이다(J. van Woerkom 은 1953年 修正한 보다 優秀한 曲線圖를 作成하였음).

1924年에 W. Köppen 과 A. Wegener 는 上記한 Milankowitsch 의 Strahlungskurve 와 A. Penck 및 Brückner 의 Alps 氷期의 年代設定値와의 聯關性을 연구하였으며 그후 W. Soergel(1925), 그의 여러 사람들과 最近에 와서 F.E. Zeuner(1959) 등에 依하여 研究 認定되면서 일약 世界 學界에 脚光을 받게 되었다. Strahlungskurve 說이 內包하고 있는 長點은 第4紀 氷期에 對하여 數次에 걸친 氷期와 間氷期의 交替 說明이 용이하며 또한 年代 設定에도 큰 도움이 되기 때문이다.

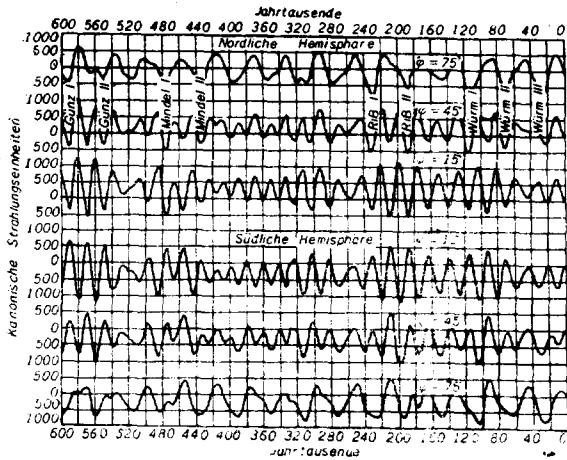
그러나 이 說이 가지는 문제점(약점)?

A. 氣候 變化 特히 氷期(홍적세 빙기)의 原因이 Strahlungskurve 에 있다면, 왜 第3紀에는 氷期가 없었는가? 또한 古生代末 빙기의 原因도 說明할 수 없다(Gondwana 빙기 문제에 限해서는 古地磁氣學的 側面과 Gondwana 대륙의 地形 및 海流<불가海流>로 說明을 하려고 함).

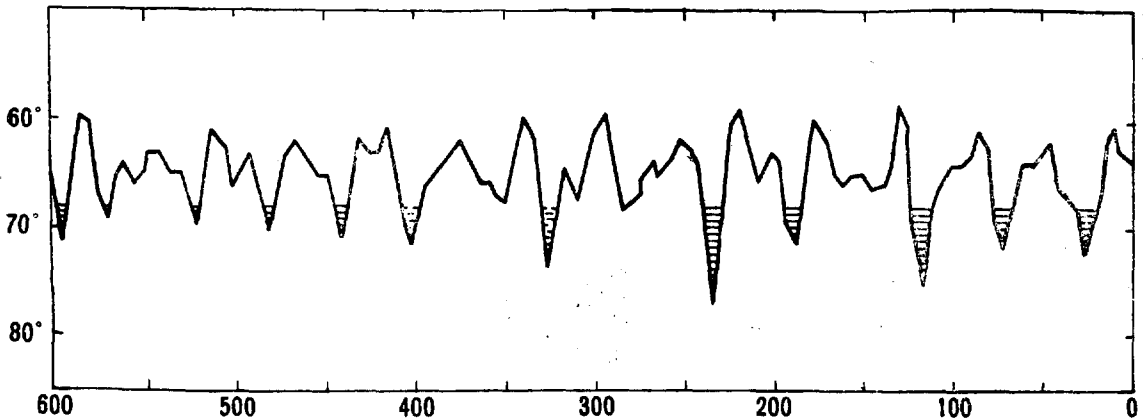
아주 다른 측면에서 天文學者인 Baczák(1955) 는 天文學的 觀點에서 上記說을 說明하려고 하였다. 即 日輪의 主遊星의 모든 交叉點은 現在 45° 와 135° 사이의 Quadrant(象限)에 位置하고 있으나, 이는 非正常的인 狀態로써 이런 狀態는 앞으로 계속 約 2500萬年間이나 지속될 것이다. 또한 이러한 狀態는 約 60萬年前에 始作되었으며, 단지 이 상태에서만이 黃道의 傾斜值 때문에 氷期가 造成될 수 있다고 主張하였다.

B. 第4紀氷期의 年代區分에 있어서 地質學的 年代區分과, Strahlungskurve(最新의 잘 修正된 Weorkom 의 圖에서도)에 依한 年代區分과는 꼭 一致되지 않는 點이 있다(Wundt, Emiliani 는 Günz 빙기를 33萬年前으로 보는데 對하여 Soergel 등은 55~59萬年前으로 간주하는 차이 등이 있음) (圖 2, 3). 또한 이의 좋은 例로써 Günz--Riß 간 빙기의 中間에 삽입된 Minima 曲線은 Günz 나 Mindel 빙기의 Minima 보다 더 큰 間氷期로 나타나는 理由를 理解하기 곤란하다.

C. 比較的 잘 研究된 後氷期의 氣候變化 과정은



〔圖 2〕 Milankowitsch(1938)의 Strahlungskurve (Köppen 1940, Schwarzbach 1960 에서)



〔圖 3〕 Woerkom(1953)의 수정한 Strahlungskurve (단위 : 1000년)

Strahlungskurve 로서는 꼭 一致點을 찾기가 곤란하다. 特히 汎世界的으로 잘 알려졌던 jüngere Dryas (B. C. 9000 내지 8000년 경의 후빙기 이래 最寒의 시기로 西部 유럽에서는 現在 氣溫보다 약 7°~8°C가 낮았음) 時代의 한냉 氣候는 上記한 Strahlungskurve 說로는 說明할 수 없다.

D. 氣象學的 觀點에서 Milankowitsch 나 Köppen, Wagner 및 Simpson 등은 氷期遺骸의 理想的인 氣候 條件으로써 서늘한 여름과, 溫和한 겨울 氣候를 前題로 하였는데, 歷史時代의 氣候變化와 수반하여 考察할때, 전혀 다른 現象 등이 나타남은 Strahlungskurve 가 가리키듯이 서늘한 여름과 온화한 겨울 氣候가 自動的으로 結合될 수 있는가에 對하여 의심을 갖게 된다.

#### 四. Simpson의 氷期說

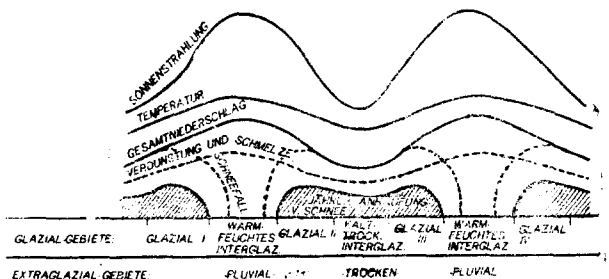
地球의 氣候는 一次的으로 太陽放射熱에 依하여 左

右되는데, 우선 太陽 自體가 宇宙 속에서 어떤 理由로 周期的 또는 非周期的으로 放射熱에 變化를 일으킨다면 結果的으로 地球의 氣候變化를 초래하게 될 것이라는 天文學的 근거하에 古氣候, 特히 氷期의 原因說明에 많은 說들이 나왔다(E.P. Calverwell(1895), F. Nölke(1909) 등은 Orion 星雲과 같은 星間物質(interstellar matter)을 太陽光線이 通過할 때 弱화된 放射熱로 因한 氷期說이나 R.L. Ives(1940), Himpel(1947) 등 많은 사람들이 土星의 環과 같은 地球 위성의 環에 依하여 特히 古生代末의 赤道 直下의 Gondwana 빙기說, 또는 Huntington & Visser(1922) 등은 黑點 活動과 強化된 大氣 순환으로 因한 氷期 초래說 등이 있으나, 아직 體系的인 天文學的 理論面에서나 古氣候學 또는 地質學的 측면에서 後證하기 곤란하고 미흡한 가

설이라고 할 수 있다.

G.C. Simpson(1927)은 太陽放射熱에 근거를 두고, 氷期說을 主張하였는데, 그의 說은 다른 說과는 유별나게 감소된 太陽放射熱이 氷期의 原因이 아니라, 反對로 增加하는 太陽放射熱이 氷期의 原因이 된다고 主張하였다(圖 4).

圖 4가 表示하는 바와 같이, 太陽放射熱이 Minimum에서 Maximum으로 增加하고, 다시 Minimum으로 떨어지는 경우 지구의 기온 曲線은 太陽放射熱 曲線과



〔圖 4〕 G.C. Simpson의 氷期說(Schwarzbach 1961)

대략 平行하게 된다. 그리고, 增加되는 氣溫과 함께 赤道와 極地域의 氣溫差의 증대를 초래케 되며 大氣 순환이 왕성하게 되어 降水量이 增加하나 증발량도 증가한다. 降雪의 경우엔 기온의 증가와 함께 처음엔 增加하여 빙하가 발달되나, 기온이 계속 上昇하던 降雪量은 감소되며, 또한 응결량은 많아져서 太陽放射熱이 Maximum 때에는 氷雪의 堆積은 完全히 없으며 溫暖 濕潤한 間水期를 形成하게 된다.

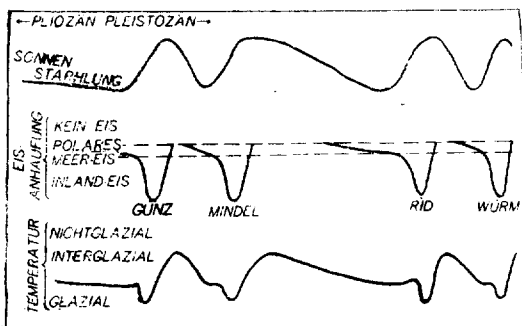
기온이 Maximum에서 Minimum으로 下降하기 始作하게 되면 이런 과정은 거꾸로 반복되게 된다.

기온이 Minimum 상태로 내려가면 강수량의 극심한 감소로 적설량도 감소하여, 이런 경우엔 寒冷乾燥한 間水期를 形成한다. 即, 단 한번의 太陽放射熱의 변동으로 두 번의 빙하기를 초래하게 된다는 것이 그의 說의 要點이다.

Simpson 理論은 實地 自然에 있어서는 上記한 Modell 처럼 간단하지가 않을 것이다. 이 점은 A. Wagner가 지적한 바와 같이 Simpson은 일단 形成된 빙하 또는 빙상의 交替되는 流速을 고려에 넣지 않은 점이다.

Simpson 理論의 가장 큰 弱點은 그의 間水期 問題로써, Simpson은 第4紀에 들어와서 太陽放射熱은 두 번 變動(이로 인해 네 번의 빙기가 생김)하였으며 大間水期인 Mindel-Riß 間水期는 現在와 같이 한냉 건조했을 것이며, Riß-Würm 間水期는 습윤 온난했을 것이라고 主張하나, 古氣候學의 및 地質學的 資料에 依하면, 이러한 차이점을 증명할 수 없고 도리어 反對되는 현상을 나타내고 있다.

Simpson 理論의 弱點은 上記한 바와 같이 Strahlungs-minimum 時의 寒冷乾燥한 間水期 問題인데, 이 문제에 對하여 Willet (1951)와 B. Bell는 各 水期를



[圖 5] Willet & Bell(1953)에 依한 Simpson 說의 修正 (Schwarzbach 1960에서)

太陽放射의 變動으로 부속시켜 Simpson 理論을 修正 發展시켰다(圖 5).

B. Bell은 Strahlungsminimum에서 出發하여 이 상태에서 最少限 北極海의 結氷에까지 이루게 되며, 그 후 放射熱이 높아지면 우선 增加된 降水量과 빙하 및 大陸氷床의 形成에로 이끌게 되고, 終末(Strahlungsmaximum)에 가서는 높은 放射熱 때문에 빙하의 消失로 이르게 되어 間水期 乃至는 非水期로 유인된다고 하였다.

## 五. 結 論

A. 洪積世水期の 主分布 地域이 北半球의 高緯度 地域의 北極海 주변 지역이라는 特殊한 地理的 條件과 상황은 여러 學者들의 說에서 共通的인 點을 發見할 수 있듯이 無氷의 北極海 문제는 흥미있는 앞으로의 좋은 研究對象일 것이다. Ewin & Donn의 빙기說은 수차에 걸쳐 反復된 빙기와 간빙기를 說明하는데 있어서 많은 단점이 있음에도 불구하고, 앞으로도 좋은 연구의 문제를 제시하게 될 것이다.

B. Milankowitsch와 Woerkom의 Strahlungskurve에 立脚한 洪積世 水期說은 交替되는 水期和 間水期の 年代決定에 있어서 다른 어떤 說보다 優秀한 長點을 내포하고 있다고 支持를 받고 있으나, 또한 별로 신빙성이 없다는 說도 많다. 特히 Woerkom과 기타 學者들의 研究가 지적하는 바와 같이 Strahlungskurve도 約 25만년 以上으로 거슬러 올라가게 되면 그의 신빙도가 희박해지기 때문이다. 理論的인 面에서 볼 때 Strahlungskurve에 立脚한 好適의 水期生成의 可能時代는 第4紀初라고 할 수 있다.

또한 古生代末의 Gondwana 水期の 原因 說明에 있어서는 當時의 氷河의 主分布 地域이 赤道 부근의 南半球이었다는 點에서 이 說로서는 說明이 不可能하다.

또한 無氷의 北極海에 關하여도 이 說로는 전혀 解決點을 찾을 수 없다.

C. Simpson의 빙기설은 기상학적 면에서 볼 때 水期和 間水期の 交替說明에 理論的으로 훌륭한 說이기도 하다. 그러나, 地質學的인 面에서 特히 한냉 건조한 間水期를 考證할 수 있기엔 많은 난점을 내포하고 있다.

(서울大 文理大)

# Über die Ursachen der diluvialen Eiszeit

—Unter besonderer Berücksichtigung der Theorien über das eisfreie Polarmeer und die Aufeinanderfolge der glazialen und interglazialen Zeiten.—

(On the origin of the diluvial ice age, with special consideration of the theories on the ice free Arctic Ocean and the sequence of the glacial ages and interglacial ages.)

Do-Jong Kim

## Zusammenfassung:

a) Die Forschungen über die Präkambrium und Gondwanavereisung in den Arbeiten über das Glazialklima, und im speziellen über die Ursachen der Eiszeiten, haben bis heute keinen befriedigenden Stand erreicht.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich hauptsächlich auf die Diluvialeiszeit. Die Hauptregion der diluvialen Eiszeit ist das Umgebung von Polarmeer in der nördlichen Hemisphäre, und diese Arbeit beabsichtigt die verschiedenen Rollen des Polarmeeres und die Faktoren, die die Veränderungen von Glazialzeit und Interglazialzeit hervorgebracht haben, zu studieren.

In den Theorien mehrerer Wissenschaftler, speziell über die Lage und die Rolle des Polarmeeres in der nördlichen Hemisphäre kann man mehrere gemeinsame Punkte finden. Vor allem wäre auch in Zukunft das Problem des eisfreien Polarmeeres ein gutes Untersuchungsobjekt. Obschon Ewing und Donn über die Glazialzeiten und Interglazialzeiten, die sich verschiedene Male abgewechselt haben, theoretisiert haben, wiesen sie auch auf Probleme hin, die in Zukunft weiter untersucht werden müssen.

b) Die Diluvialeiszeittheorie, die sich auf Milankowitsch und Woerkoms Strahlungskurve basiert enthält in der periodischen Bestimmung der sich abwechselnden Glazialzeiten und Interglazialzeiten, im Vergleich zu anderen Theorien, ausgezeichnete Ansichten, die man unterstützen kann, aber sie weist auch viele Punkte auf, die gänzlich ungläubhaft sind.

Wie die Untersuchungen von Werkom und anderen

Forschern zeigen, geht auch die Strahlungskurve mehr als 250,000 Jahre zurück, und deshalb bekommt sie vermehrte Unglaubwürdigkeit.

Ferner ist diese Theorie zur Erklärung der Entstehung der Gondwanavereisung am Ende Paläozoikums (Karbon Perum) nicht brauchbar, und vor allem ist der Behauptung, dass die Hauptregion der Gletscher jener Zeit direkt südlich des Äquators gelegen habe, völlig unhaltbar.

Im übrigen enthält jene Theorie bezüglich des eisfreien Polarmeeres mehrere ungelöste Probleme.

c) Simpsons und Bells Glazialtheorien erklären vom meteorologischen Standpunkt aus die Aufeinanderfolge von Glazialzeiten und Interglazialzeiten sehr gut, aber sie entälten vom paläoklimatischen und geologischen Gesichtspunkt aus, speziell in der Untersuchung der kalt-trockenen Zwischeneiszeiten, viele schwache Punkte.

## *Summary;*

The research of the Pre-Cambrian and Gondwana ice ages in the studies of the glacial climate, and especially of the causes of the glacial ages, have hitherto not reached a satisfactory stage. The present article concentrates on the diluvial ice age.

The main region of the diluvial ice age is the polar sea in the northern hemisphere, and this author intends to study the various roles of Arctic Ocean and

the factors which have caused the changes between the glacial and interglacial ages.

In the scientific theories of the situation and the role of the polar sea in the northern hemisphere one can find numerous common points. The problem of the ice free Arctic Ocean would make an excellent research topic in the future.

Although Ewing and Donn have put forward theories of the glacial and interglacial ages, which have succeeded each other several times, they, too, have pointed out problems which need further research in the future.

a) The theory of the diluvial ice age which is based on Milankowitsch and Woerkom's insolation curve contains in comparison to other theories many good points, especially in the periodical determination of the glacial and interglacial periods.

However, it also shows opinions which can not be

defended.

As scientists like Woerkom have shown the insolation curve goes back more than 250,000 years, and therefore becomes unreliable.

Moreover, this theory can not be used in explaining the origin of the Gondwana glacial age at the late Palaeozoic Era and the opinion that the principal region of the glaciers of that time was situated directly south of the equator is completely wrong.

In addition there are many unsolved problems in that theory of the ice free Arctic Ocean

b) Simpson's and Bell's glacial theories are from the meteorological point of view excellent explanations of the interchanges of glacial and interglacial ages. However, seen from the standpoint of palaeoclimatology and palaeogeology, they contain, especially concerning the research of the cold-dry interglacial ages, many weak points.

### 参 考 文 献 (Literature)

- Ahlmann, H.W. : Glacier variation and climatic fluctuations(Amer. Geogr. Soc., Bowmann Mem. Lect. Ser. 3, New York 1953).
- Boswell, P.G.H. : Climates of the past:A review of the geological evidence(Quart. J. Roy. Meteor. Soc.66, 1940).
- Brooks, C.E.P. : The secular variation of climate(Geogr. Rev. 11, 1921).
- Brooks, C.E.P. : Unsolved problems of climatic change(Meteor. Mag. 76, 1947).
- Brooks, C.E.P. : Causes of climatic fluctuations(Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 75, 1949).
- Brooks, C.E.P. : Climate through the ages(London 1949).
- Brooks, C.E.P. : Climatic fluctuations and the circulation of the atmosphere.(Weather 5, 1950).
- Brooks, C.E.P. : Geological and Historical Aspects of Climatic Change(In:Compendium of Meteorology. Boston 1950).
- Brückner, E. : Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit(Geogr. Abh. 4,2, 1890).
- Büdel, J. : Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas(Naturwiss 36, 1949).
- Büdel, J. : Die Klimazonen des Eiszeitalters.(Eiszeitalter und Gegenwart 1, Öhringen 1951).
- Büdel, J. : Die Gliederung der Würmeiszeit.(Würzburger geogr. Abh. H. 8, 1960).
- Butzer, K.W. : Russian climate and the hydrological budget of the Caspian Sea(Rev. Canadienne Geogr. 12, 1958).
- Callender, G.S. : Temperature fluctuations and trends over the earth(Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 64, 1938).
- Clayton, H.H. : Sunspot changes and weather changes(Smithson. Misch. Coll. 104. No. 19. Washington 1946).
- Daly, R. A. : The changing world of the ice-age(New Haven 1934).
- Diluvialgeologie und Klima. Hrsg. v.d. Geolog. Vereinigung u.d. Leitg.v. Carl Troll(Geolog. Rdsch. 34. H. 7/8(Klimaheft), 1944).
- Ewing, M. & Donn, W.L. : A theory of ice ages(Science 127, 1958)
- Ewing, M. & Donn, W.L. : Discussion of D.A.Livingstone theory of ice ages. Science, 129., 1959
- Flint, R.F. : Glacial and pleistocene geology(New York 1957).
- Flohn, H. : Studien über die atmosphärische Zirkulation in der letzten Eiszeit. (Erdkunde 7, 1953).

- Flohn, H. : Bemerkungen zum Problem der globalen Klimaschwankungen (Arch. Meteor., Geophys. Bioklimat. B., 9, 1951).
- Flohn, H. : Solare Vorgänge im Wettergeschehen (Arch. Meteor. Geophys. Bioklimat. A, 3, 1951).
- Flohn, H. : Allgemeine atmosphärische Zirkulation und Paläoklimatologie (Geolog. Rdsch. 40, 1952).
- Flohn, H. : Klimaschwankungen der letzten 1000 Jahre und ihre geophysikalischen Ursachen (Dt. Geogr.-Tag Würzburg 1957. Tag.-Ber. u. wiss. Abh. Wiesbaden 1959).
- Flohn, H. : Kontinental-Verschiebungen, Polwanderungen und Vorzeitklima im Lichte paläomagnetischer Meßergebnisse (Naturw. Rdsch. 12, 1959).
- Flohn, H. : Klimaschwankungen und großräumige Klimabeeinflussung (Arbgem. Forsch. Nordrhein.-Westfalen, Natur.-Ing.-u. Ges.-Wiss. H. 115 Köln/Opladen 1963).
- Gentilli, J. : Present-day volcanicity and climatic change (Res. Rep. No. I, Univ. Western Austr. Nedlands 1949).
- Gradmann, R. : Die geographische Bedeutung der postglazialen Klimaschwankungen. (Verh. Wiss. Abh. 23. Dt. Geogr.-Tag Magdeburg 1929).
- Huntington, E. u. St. S. Visher. Climatic changes, their nature and their causes. (New Haven 1922)
- Jacobs, J.A., R.D. Russel u. J.T. Willson. : Physics and geology (New York, Toronto, London 1959).
- Kerner-Marilan, F. : Das akryogene Seeklima und seine Bedeutung für die geologischen Probleme der Arktis (Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl. I. Bd. 131, 6, 1922).
- Kerner-Marilan, F. : Paläoklimatologie (Berlin 1931).
- Kinzel, H. : Die Gletscher als Klimazeugen (Wiss. Abh. Dt. Geographentag Würzburg 1957, Wiesbaden 1959).
- Klute, F. : Verschiebung der Klimagebiete der letzten Eiszeit (Petermanns geogr. Mitt. Erg. -H. 209, 1930).
- Klute, F. : Eiszeit und Klima (Frankf. Geogr. Hefte 11, 1937).
- Klute, F. : Rekonstruktion des Klimas der letzten Eiszeit in Mitteleuropa auf Grund morphologischer pflanzengeographischer Tatsachen (Geogr. Rdsch. 1, 1949).
- Klute, F. : Das Klima Europas während des Maximums der Weichsel Würm-Eiszeit und die Änderung bis zur Jetztzeit (Erdkunde 5, 1951).
- Knoch, K. : Klima und Klimaschwankungen (Wiss. u. Bildung 269, Leipzig 1930).
- Komarow, A.G. : Polwanderung in der Erdgeschichte (Priroda 1960).
- Köppen, W. u. A. Wegener. : Die Klimate der geologischen Vorzeit (Berlin 1924).
- Köppen, W. : Die Schwankungen der Jahrestemperatur im westlichen Mitteleuropa von 1936 (Ann. Hydrogr. marit. Meteor. 65, 1937).
- Kraus, E.B. : Synoptic and dynamic aspects of climatic change (Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 86, 1960).
- Leighly, J. : On continentality and glaciation (Geogr. Annaler 31, 1949).
- Lieberoth, I. : Ein Beitrag zum Klima und zur Chronologie des Jungpleistozäns (Forsch. u. Fortsch. 36, 1962).
- Machatschek, F. : Zur Klimatologie des Eiszeitalters (Vortr. Ver. Verbr. naturwiss. Kenntn. 75, Wien 1935).
- Milankowitsch, M. : Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen (Berlin 1930).
- Milankowitsch, M. : Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem (Acad. R. Serbe, Berglad. Ed. spec. 133, 1941).
- Mortensen, H. : Heutiger Firnrückgang und Eiszeitklima (Erdkunde 6, 1960).
- Mortensen, H. : Temperaturgradient und Eiszeitklima am Beispiel der pleistozänen Schneegrenzdepression in den Rand- und Subtropen (Z. Geomorphol. 1, 1957).
- Morawetz, S. : Gletschergang und Klimafaktoren (Peterm. geogr. Mitt. 93, 1949).
- Müller-Annen, H. : Über die Schwankungen der Zonal-Zirkulation (Meteor. Rdsch. 13).
- Nairn, A.E.M. (Hersg.). : Descriptive Palaeoclimatology (New York 1961).
- Öpik, E.J. : Secular changes of stellar structure and the Ice Ages (Monthly Not. Roy. Astr. Soc., 110, 1950).
- Penck, A., & Brückner, E. : Die Alpen im Eiszeitalter. 3Bd. Leipzig 1901~1909).
- Penck, A. : Das Klimader Eiszeit (Verh. III. Int. Quatär-Konf. Wien, 1936).
- Penck, A. : Die Strahlungskurve und die geologische Zeitrechnung (Z. Ges. Erdkunde Berlin, 1938).
- Penck, A. : Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel (Sitz. Ber. Kgl. Preuss. Akad. Wiss. 1913).



- Penck, A.: Paläoklimatologie (Geogr. z. 38, 1932).
- Petterson, O.: Changes in the oceanic circulation and their climatic consequences (Geogr. Rev. 19, 1929).
- Flass, G.N.: The carbon dioxide theory of climatic change (Tellus 8, 1956).
- Pöcher, H.: Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit (Erdkunde 2, 1948).
- Pöcher, H.: Zur Rekonstruktion der spätglazialen Luftdruckverhältnisse in Mittel und Westeuropa auf Grund der vorzeitlichen Binnendünen (Erdkunde 4, 1950).
- Rathjens, C.: Das Problem der Gliederung des Eiszeitalters in physisch-geographischer Sicht (Wiesbaden 1954).
- Ramsay, W.: Orogenesis und Klima (Overs Finska Vet. Soc. Förh., 52, 1910; vergl. Geol. Magazine, 61, Cambridge 1924).
- Rodewald, M.: Stand und Perspektiven der jetzigen Klimaschwankung (Wiss. Abh. Dt. Geogr.-Tag Würzburg 1957, Wiesbaden 1958).
- Schostakowitsch, W.B.: Periodische Schwankungen der Naturerscheinungen und Sonnenflecken (Meteor. Z. 45, 1928).
- Schwarzbach, M.: Das diluviale Klima während des Höchststandes einer Vereisung (Z. Deut. Geol. Ges. 92, 1940).
- Schwarzbach, M.: Klima und Klimagürtel im Alttertiär (Naturwiss., 33, 1946).
- Schwarzbach, M.: Fossile Korallenriffe und Wegeners Drifthypothese (Naturw., 36, 1949).
- Schwarzbach, M.: Orogenesen und Eiszeiten (Naturw., 40, 1953).
- Schwarzbach, M.: Eine Neuberechnung von Milankowitschs Strahlungskurve (Neues Jahrbuch f. Geol. u. Pal., 1954).
- Schwarzbach, M.: Das Klima der Vorzeit. Eine Einführung in die Paläoklimatologie (Stuttgart 1961).
- Schapley, H. (Hrsg.). Climatic change. Evidence, causes and effects. (Cambridge/Mass. 1953).
- Simpson, G.C.: World climate during the quaternary period (Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 60, 1934).
- Spitaler, R.: Die Bestrahlung der Erde durch die Sonne und die Temperaturverhältnisse in der quaternären Eiszeit (Abh. Dt. Ges. Wiss. u. Künste Prag, Math.-naturwiss. Abt. 3, Prag 1940).
- Soergel, W.: Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion (Berlin, 1921).
- Soergel, W.: Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters (Fortschr. Geol. Pal., IV, 13, 1925).
- Soergel, W.: Die Vereisungskurve (Berlin, 1937).
- Soergel, W.: Das diluviale System (Fortschr. Geol. Pal., XII, 39, 1939).
- Soergel, W.: Die eiszeitliche Temperaturminderung in Mitteleuropa (Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., 31, 1942).
- Stokes, W.L.: Another look at the Ice Age (Sci., 122, 1955).
- Spitaler, R.: Die Bestrahlung der Erde durch die Sonne und die Temperaturverhältnisse in quaternären Eiszeit (Abh. Dt. Ges. Wiss. u. Künste Prag, Math.-naturwiss. Abt. 3, Prag 1940).
- Troll, C.: Methoden, Ergebnisse und Ausblicke der geochronologischen Eiszeitforschung (Naturwiss. 13, 1925).
- Viète, G.: Über die allgemeine atmosphärische Zirkulation während der diluvialen Vereisungsperioden (Tellus 2, 1950).
- Wagner, A.: Untersuchungen der Schwankungen der allgemeinen Zirkulation (Geogr. Ann. 11, 1929).
- Wagner, A.: Klimaänderungen und Klimaschwankungen (Die Wissenschaft, Bd. 92, Braunschweig 1940).
- Wallen, C.C.: Changes of climate (WMO-Bull. 1962).
- Willett, H.C.: Solar variability as a factor in the fluctuations of climate during geological time (Geogr. Ann. 31, 1949).
- Willett, H.C.: Extrapolation of sunspot-climate relationships (J. Meteor. 8, 1951).
- Wundt, W.: Das Reflexionsvermögen der Erde zur Eiszeit (Meteor. Z. 55, 1938).
- Wundt, W.: Die Mitwirkung der Erdbahnelemente bei der Entstehung der Eiszeiten (Geolog. Rdsch. 34, 1944).
- Wundt, W.: Strahlungskurve, allgemeine Zirkulation und Eiszeiten (Polarforschung 4, 1959).
- Zeuner, F.E.: The pleistocene period. Its climate, chronology and faunal successions (London, 1945).
- Zeuner, F.E.: Dating the past. A introduction to geochronology (London, 1952).
- Zeuner, F.E.: Das Problem der Pluvialzeiten (Geol. Rdsch. 41, 1953).