

國立中央研究院

---

地質研究所  
集刊

---

第陸號

古生代以後大陸上海水進退的規程

李四光著

地質研究所印行

十七年十一月

## 目 錄

	頁 數
概 說	1-5
II. 地層學上事實的分析	
A. 三疊紀	5-11
B. 侏羅紀	11-21
C. 白堊紀	21-35
D. 舊建紀	35-44
E. 第四期初北冰洋海水的泛濫	44-45
III. 結 論	46-50
引證文件	51-57
英文摘要	

# 古生代以後大陸上海水進退的規程

李 四 光

## I. 概 說

Eduard Suess 在他的名著 'Das Antlitz der Erde' 的第二卷中,曾經論過過去各地質時代中海水向大陸侵入或從大陸退出的規程。他的意見以爲海岸線的升降,乃至海水的侵入或退出,從原因上說,可分爲兩項: 第一項是屬於宇宙的。假如地球自轉的速率增加,海洋表面的形狀比陸地的形狀變到更扁的時候,兩極的方面,就要從海水中隆起,而赤道的方面就要被淹沒。反之,陸地的形狀比海洋表面的形狀變到更扁的時候,兩極的方面,就要沉沒;而赤道方面的陸地便要隆起。據 Suess 的意見,這種屬於宇宙的變形,祇能發生局部的影響。如北冰洋一帶海岸線下降的遺痕和赤道方面屢次被海水淹沒的事實,都可從此解釋。第二項是屬於地質的。這一項的影響,普遍全球 (eustatisch), 或者使全海洋面上升 (positive), 或者使全海洋面下降 (negative)。Suess 以爲海底受泥土的淤塞,足以使全般的海面增高; 而陸地的崩陷,可以使全般的海岸下降。關於地球的速率變更所發生的影響, Suess 說的極爲含糊,也不曾從地史學上作充分的論證,所以一般地質家 (恐怕連 Suess 自己) 都把那所謂“宇宙的原因”混在潮汐的影響一道; 再不深究了。關於泥土淤塞海底或地殼大規模陷落使海面全般升降一層,從理論和事實兩方面,可以證明無成立的理由。

Suess 以後,對於本問題作比較的有系統的討論者,有 Emile Haug, Charles Schuchert 兩氏。Haug 反對 Suess 的立論。他說在過去

各地質時代中，無所謂海面全般的升降，亦無所謂兩極或赤道各方面各同時升降。據 Haug 的意見 [51]：海水的移動，完全是各地方互為消長的。比如同一時代，一個地域漸漸被海水淹沒，而另一個地域却漸漸變成陸地。Schuchert 的意見，大致和 Suess 類似。他的同事 Joseph Barrell 并說明地球因自身收縮，旋轉加速，在某種情況之下，可使海洋面的形狀變更。Barrell 從 Chamberlin 的 “The Tide and Other Problems” 一書的表中 (p. 59, 67) 尋出幾個數目，作他計算的根據。假如地球全體的密度，在速率變更以後，仍受 Laplace 法則的支配；換言之，如果  $U$  為重力場位的函數，速率變更以後，仍是

$$\frac{d^2U}{dx^2} + \frac{d^2U}{dy^2} + \frac{d^2U}{dz^2} = 0$$

那末，地球的半徑從 4,060 英哩縮到 3,960 英哩的時候，每天的時間，應該減少 4,419 秒；每天的時間減少 14,990 秒的時候，半徑的縮短，可從前書 67 頁表中前兩行尋出。依據這些數目，可得地球的平均半徑縮短一英里的時候，赤道的半徑便比兩極的大 950 英尺。這種的結果，當然以收縮的部分限于地球的中央或其他部分為條件。平均起來，我們可以說每一英里的平均半徑縮短，赤道的半徑，就要增 90 至 100 英尺。在兩極海面降下 60 尺；赤道上增加 35 尺；在緯度 35 度的地方，海面不升不降 [113a]。

Haug 的意見，近來經過 Hans Stille [115] 的詳細討論，似乎不能認為正確。本文中所舉的事實，也多與 Haug 的結論相反。假如我們照 Haug 的意見，把太平洋區域也當做一塊過去的大陸，那如許浩蕩的海水，我們將把他攔在什麼地方？過去大陸上的淺海，分明是不夠容量的。

在討論“地球表面形象變遷的主因”一文中，著者曾嘗試的引伸到海水的侵入與退出，應該在時代上和造山運動有一定的關係 [69]。當造山運動發生以前，地球的自轉速率增加，赤道方面的海面，應該隨而增高，全時兩極方面的海面隨而變

低；反之，在造山運動盛行的時期，或造山運動方了的時候，地球自轉的速率，應該稍稍減小；於是兩極方面沉沒，而赤道方面海面降低。引伸的結果，非做到十分妥當，當然不足為憑。本文的用意，就是用歸納的方法，廣羅事實，試看從事實上所得的結果，究竟與引伸的結果是否相符。

不過在入手節節討論以前，我們不能不注意幾件重要的問題。第一件就是海面運動 (hydrocratique) 與陸地運動 (géocratique) 的區別和關係。從大陸塊 (shield) 和陸沉帶 (geosyncline) 的構造看起來，大陸的各部分時升時降，是極明顯的事實。這種運動，簡直是對地心的運動，並不是因為海面的升降而表見出來的。但是從地層學上的事實，我們不能直接斷定任何地域在任何時期，對於地心，曾經移動。我們所知道的祇是某一地域在某時代曾被海水淹沒，或曾從海底而變為陸地，所以就一般說：這種的運動，可以完全因為海面的升降；也可以完全因為陸地的升降；又可以為兩項原因相消或相加的結果。

我們雖然沒有絕對的方法證明究竟是那一種原因使某時某處的海面發生變動，可是也有相當的方法來間接的斷定那一種原因與事實最相符合。如果在某一時代大陸各處海水的進退，完全是陸地各部分發生相對運動的結果，換一句話說，如果是陸地各部分因為構造上的變動而發生升降的結果，那末，同一時代各地方海水的運動，應該參差不齊；下降的地方被海水淹沒，上升的地方露出海面，是必然的趨勢。如果在某一時代大陸各處海水的進退，完全因為海面的升降，那末，在海面升高的地域以內，無論何處，祇要與海水連接，必定祇發生海水侵入的現象而不發生退出的現象；在海面下降的地域以內，無論何處，祇要與海水連接，必定祇發生海水退出的現象而不發生海水侵入的現象。海面的升降，受局部的影響極小。所以我們可以說：海面對地心果真有了升降，那種影響，必定不限於局部；如果海陸兩方面同時發生變動，那就要看那一方面移動較

大。比如在一個地域，海面往下降同時陸地也往下降；如若海面比陸地下降的少，那時便要發生海水侵入的現象；如若海面下降的程度比陸地下降的程度大，那時便要發生海水退出的現象。在後項情形之下，海面的下降，仍然與海水退出現象一致，與陸地不動，結果相差不遠；但在前一項情形之下，海面雖然下降，海水反而侵入，那便與陸地不動，海面單獨運動的結果大兩樣了。其他海面和陸地兩方面并動的種種關係，可由此類推。

第二件就是照 Clairaut 的定理，海洋表面的形狀和地球全體的形狀，不能相差很多。因為 Clairaut 的方程式明白表示地球的扁度是重力和地球旋轉力的函數；二者之中，又以重力的關係最為重要，所以在地球全體的質量沒有發生變更的時候，換一句話說，陸地方面還未發生運動而變更扁度的時候，即令因為地球旋轉速率增減，海水首先感應，即時增減他表面的扁度，然而必竟為重力的場位所限制；赤道或兩極方面海面的升降，決不能超過一定的程度。究竟能到什麼程度？那便要看地球表裏各部分抵抗這種變形的力量有多大。從此將要涉及地球全體構造和強弱的大問題，除非我們設了許多假定，至少現在無法解決。如此，我們現在祇好換一個方法，從事實方面，那就是從過去海水的遺跡上研究。

第三是地球旋轉軸移動的問題。現在所謂旋轉軸的移動，并非指短期的變動，如 nutation 之類；乃是指地質時代大規模的移動，亦即對地表各部分長距離的遷移。簡單的說：就是地球的兩極和赤道在地面變更位置的問題。關於兩極和赤道的地位，在過去各地質時代中，曾經大為變遷一說，主張最力者，近年來要首推 Alfred Wegener。據 Wegener 的意見，兩極的地位既然移動，地球的最大直徑和最小直徑的方位，也不能不移動。海洋為流體，立刻可以變形。但是陸地的變形，極為緩慢，所以就兩極移動的方向說，在兩極前面的地方，海面應該下降，海水退出；反之，在兩極的後面的地方，海面應該上升，海水侵入。Wege-

ner 并約略的舉然由下泥盆紀到下石炭紀,又由下石炭紀到上二疊紀兩個時期中,大陸上各處海水進退的情形以爲例證 [135]。驟然一看, Wegener 的推論,似乎頗有道理;不過他的議論過爲簡略,我們不能承認他的意見有了充分的根據。

總之地球旋轉軸究竟曾經幾度大規模的移動與否,問題太大,牽涉的太多,困難也不少。因爲要避開那些難關,最好我們簡直不作那種假定,試看過去各地質時代中,海水的進退,是否有一定的規程。如果有一定的規程,究竟那種規程是怎樣的?同時我們也不假定地球的旋轉軸絕對的不移動。在本文討論的範圍以內,就是赤道的地位,就非洲大陸說,曾落在現今的北緯度 10 至 15 度的地方,同時兩極的地位,在現今的緯度 82 度以上的範圍內移動,於我們的結論,並沒有多大的關係。

關於古生代中海面的變遷,著者在前文中已約略的討論。本文討論的範圍,祇限於古生代以後各時期海水在陸上出入的情形。可惜一直到今天,南半球各地方地層學上的事實,還未十分明瞭;就是北半球北冰洋一帶的地層層次,也還要大費研究。所以我們現在的討論,祇能限於北半球;而在北半球中,又祇能着重幾個已經有詳細地層調查的地方。這是就地域上說。若就時代上說,在造山運動頗劇烈的時期—比如第三期的後半期—大陸各處發生運動,地面各處升降不一。因此海洋面的形狀,卽令有了變更,也不容易從海水的侵入或退出的遺迹上推測出來。所以我們可以預料到第三期後半節海水進退的情形,也和古生代末造一樣,極不規則,沒有討論的必要。

現在我們從事實上去找中生和新生兩時代北半球大陸上海水進退的規程。

## II. 地層學上事實的分析

### A. 三疊紀

從上石炭紀的末造一直到中生世的初期,世界各大陸上都發生了很劇烈的運動,是已經確定的事實,在此無庸論列。這

一回地殼運動的結果,有的地方造山作用極其顯著;例如北美的 Appalachian 山脈,歐洲的 American 或 Variscische 山脈。亞洲的天山,崑崙,南山乃至中國的泰嶺,歐亞間的烏拉嶺,在當時,似乎都經過造山運動。其餘還有許多地域,受了擠壓,整個兒升高,發生所謂造陸運動。所以在三疊紀的時代,大陸的表面,平均起來,離海面頗高。於是大陸上淺海所占的面積,比較也不甚大。就北半球說: 當時陸上的淺海,有所謂烏蘇里海股,由西伯利亞的極東北部一直伸到海參崴以南;又有所謂大地中海 (Tethys), 從中國的西部經過喜馬拉雅陸沉帶再經過中亞細亞一直到歐洲的南部。這一條大地中海也許有一分支從現今的裏海附近往北,沿着烏拉山一直通北冰洋 [45]。在北美方面,僅僅北冰洋一帶和北美的西部以及墨西哥,有若干地域沉沒在海裏。

北美的西部,當時顯然是一個陸沉帶,和太平洋岸平行。猶之乎喜馬拉雅陸沉帶在亞洲一樣。在這種大陸沉帶中,陸地自身免不掉發生運動,所以在那種地方海水的進退,不能絕對的表示海洋面的升降。至於北冰洋一帶海水的出入,在討論本問題中,的確極為重要。可惜北美洲靠北冰洋一帶的三疊紀地層層序,至今還未見有詳細的攷察。不得已,我們現在祇好把歐亞方面的情形,當作標準。

從歐亞大陸上南北兩方面三疊紀地層發育的情形看起來,在三疊紀中,海面的升降,似乎有兩次循環。第一次循環,到 Ladinien 時代為止。第二次循環,到 Norien 時代終結。從歐亞大陸南北兩部分三疊紀地層發育的情形,我們可以得着關於這兩次循環的若干證據。

先說歐洲南部,亦即阿爾魄士陸沉帶中及其附近三疊紀岩層的層序。詳細的講起來,阿爾士魄士陸沉帶中各處三疊紀岩層的發育,當然不是完全一致;不過就大概說,通歐洲的南部,極相類似。Haug 將歐洲南部的三疊紀地層,作了一番比較,得下列普遍的結果 [52a]:



4. Norien 時期。 極普遍的灰質停積。
3. Carnien 時期。 除了陸沉帶的中部有相當的深水停積以外,其餘各處都是湖水停積,多含鹽類和植物的碎片。
2. 中三疊紀時期。 普遍的灰質停積; 在許多地域,停積毫無間斷。
1. 下三疊紀時期。 破碎岩石的停積。

從上述普遍的地層層序看來,可以知道南歐一帶在下三疊紀的時期,海水退出;中三疊紀的時期,海水侵入;在上三疊紀的初期,即 Carnien 時期,海水又退出;到上三疊紀的後半期,即 Norien 的時期,海水又侵入。這種情形,不獨適合於阿爾卑士陸沉帶的本處及其附近;并且適合於歐洲極東南部分的 Karpath [35, 128] 和 Crimea 等處。在這些地方,往往有人說 Ladinien 時代的地,不曾發育。然而仔細攷查的結果,已經證明了 Ladinien 的岩層,大半都是一種缺乏化石,或絕無化石的鎂灰岩 [47]。

喜瑪拉雅陸沉帶,自古生代的末造經過三疊紀全紀,似乎始終都淹沒在海水裏。從 *Otoceras* 石灰岩的發育看來,在三疊紀還未曾開幕的時候,那地方的海水已經不淺。換一句話說: 那地方的地面必定是很低。在那種極低窪的陸沉帶裏,即令海面發生升降的運動,除了海岸附近的地方,不會受多大的影響。就是海邊當時發生了海水進退的痕迹,到了今天,保存的機會,是很少的。這並不是說我們將來在喜瑪拉雅一帶,絕不會發見三疊紀中海水進退的遺痕。現在事實上我們就知道在 Byans 地方的 *Tropites* 石灰岩中,層序確有間斷。那一個間斷的時期,大約與上 Carnien 或下 Norien 相當 [22]。在歐洲的南部,也差不多是這一個時期,海水曾經退出,前已說過。

在喜瑪拉雅陸沉帶的本處,因為前述的原因,不容易找出海水進退的證據;然而到了這個陸沉帶的東北方,那就是中國

的西南部,我們就可以得着明顯的事實,證明歐洲南部以至中部的 Muschelkalk 海水侵入的現象,在亞洲的南部也曾經發生過了。關於這個問題, E. Koken 曾有詳細的論述,現在不必贅說。我們應該注意的就是: 這 Muschelkalk 時代的海水侵入,與以前說過的中三疊紀時的海水侵入,大致就是一回事。如此看來,通過三疊紀,歐洲南部海水進退的情形,與亞洲南部的情形,在大體上,沒有多大的不同。

南部的情形,大致如此。現在我們說到北冰洋方面。爲簡單而便於比較起見,我們最好是利用 W. A. Obrutchew 最近搜集的材料。據 Obrutchew 的研究,西伯利亞東北部三疊紀地層發育的情形,可概括如下 [87a]:

上三疊紀:

6. Rhætic. 缺乏。
5. Norien. 泥質岩,砂岩或礫岩,砂岩中往往含植物碎片,泥頁岩中含斧足類甚多, *Pseudomonotis ochotica* 一種猶夥。其他尚有若干腕足類及頭足類。屬於這一期的岩層,多分布在 Ochotsk 海的南北兩岸, Werchojansk 山脈, Jana 盆地,新西伯利島以及 Olenek 流域。
4. Carnien. 頁岩及石灰岩,含 *Halobia fallax*, *H. Zitteli*, *Pseudomonotis*, *Schizoneura* 等種族化石;多分布在 Ochotsk 海的北岸, Jana 盆地以及 Kotelny 島一帶。

中三疊紀:

3. Ladinien. 缺乏。
2. Anisien. 屬於本期的岩層,在西伯利亞發展的範圍甚小。由黑龍江一直到 Jana 河的下流, Anisien 的地層,大約完全缺乏。唯有西伯利亞極東北部的 Olenek 河口, Jana 河下游, Kullar 山等處,有泥灰質或泥砂質的岩層,其中含有 *Hungarites*, *Beyrichites*, *Parapopanoceras* 等類化石,大約屬於本時期。又在海參崴附近,出一種

黑色的泥灰岩,砂質頁岩及砂岩,其中含有*Xenodiscus*,  
*Monophyllites*,*Ptychites*,*Pseudomonotis*等類化石,大約也  
是屬於這個時期。

下三疊紀:

1. Scythien. 屬於本期等岩層,在西伯利亞的東部占相當的面積。概括可分為南北兩部分:在南部的多屬砂岩,礫岩及頁岩;其中含有*Meekoceras*,*Myophoria*,*Myalina*等下三疊紀的特殊化石。從 Russki 島到黑龍江流域都有這種岩層。總厚一千多公尺,大約代表下三疊紀的全部。在北部的多屬頁岩砂岩;礫岩極少。分布在 Olenek 下游, Kotelny 島以及 Ochotsk 海北岸一帶。這些岩層含 *Meekoceras*, *Xenodiscus*, *Monophyllites*, *Olenekite*, *Keyserlingite*, *Czekanowskite*, *Sibirite*, *Hedenstromites* 等類化石甚多。大約屬於 Scythien 時期的後半期。

以上所述各地層的時期的鑑定,都有相當的古生物學上的根據,我們相信無大錯誤。那末,我們可以說: 在西伯利亞的東北部,當下三疊紀的時期,海水曾一度侵入,以致喜瑪拉雅海中的生物羣,如 *Meekoceras*, *Xenodiscus* 等族,流徙到西伯利亞北部的海中。當中三疊紀的時期,西伯利亞的東北部,因為海水退出,大部分成了陸地,所以 Ladinien 的地層完全缺乏, Anisien 的地層,發展也極小。當 Carnien 的時期,有石灰岩頁岩發生,表示海水頗深,海水侵入的現象;而到 Norien 的時期,發生了許多礫岩,砂岩,且含植物的破片,這顯然是海水退出的結果。在此我們應該注意西伯利亞東北部海水進退的情形,就時代上說,完全和歐亞大陸南部的情形相反。

關於烏蘇里海股在三疊紀中的變遷,大致是如此。現在的問題是沿着烏拉山的那一條海水,在三疊紀中,曾經發生過何種的變化。據 A. W. Grabau 的意見,當三疊紀時代,烏拉嶺的旁邊有一條南北的地中海,聯絡北冰洋和 Tethys。從當時生物羣分

布的情形着想, Grabau 的意見,似乎有充分的理由,可以成立。不過到中三疊紀的時代,這一條南北的地中海,完全乾涸了。在上三疊紀中,海水是否重新侵入,現在沒有地層學上的事實可攷。然而再往西北去一點,便又有了證據:J. G. Andersson 曾在 Bear Island 發見了一種含 *Myophoria* 的地層 [2]。這一種地層中有 *Clinolites*, *Dawsonites* 等類化石;顯然表示 Carnien 時代海水侵入的結果。Spitzbergen 的三疊紀,也含着兩段海底的停積。最下一段是一種煤性的石灰岩,在 Isfjord 層上。其中有 *Posidonomya minor*, *Meekoceras furcatum*, *Monophyllites spitzbergenisis* 等種化石。屬於 Virglorien 即下三疊紀的後期,沒有問題 [75]。這一層石灰岩上就是一種黑色的頁岩。其中有 *Daonella linstromi*, *D. arctica*, *Ptychites* 以及 *Parapopanocerus* 等種類化石。這些生物,顯然和西伯利亞東北部的 Anisien 時代的地層中所含的生物層相當。在上一段是煤性的頁岩。其中含着 *Halobia Zitteli*; 顯然和西伯利亞東北部的 Carnien 相當。上部的這一層頁岩,雖然不厚,然而是一種海底的停積,沒有疑問。

把以前所說南北兩方面海水進退的情形總合起來,我們可以得以下的結案:

在下三疊紀的時代,海水從阿爾魄士陸沉帶退出,而同時西伯利亞的東北部, Spitzbergen 和烏拉嶺的旁邊各地方,有若干處所被海水淹沒,到了中三疊紀的後期,南方各處的海面擴大的時候,而北冰洋方面的海却從大陸上退出,在上三疊紀的前半期,即 Carnien 時代,阿爾魄士一帶海水低涸,湖沼出現的時候,在北冰洋的 Spitzbergen 地方,却短時的被海水淹沒,西伯利亞東北部的內海也變深了;所以當時在那一方面的停積物,多是灰質或者泥質;淺水中的砂礫,並不常見。最後到了 Norien 時代,南方海面的擴張,極為明顯,而在北部所見的停積物,不是停積在淺水中的粗砂礫,就是停積在陸上的岩石破片。

北美北部的海成岩層,至今還不甚明瞭。就大概的情形看

起來,北美的東北部,海成的三疊紀岩層,似乎完全缺乏。唯有西南部的 California, Nevada, Oregon 以及 Idaho 諸州,海成三疊紀的岩層,特別的完全。由此往西北去,經過 British Columbia, Alaska 的東部,一直通北冰洋一帶的地域,斷斷續續,都有一部分三疊紀的海成岩層。照這一方面的情形看來,當下三疊紀的前半期, California 和 Idaho 一帶,淹在海裏,正與亞洲的喜瑪拉雅陸沉帶相當;因爲 *Meekoceras* 也是在這個海中主要的生物。過了這個時期,南方的海面縮小,海水從 Idaho 退出。到中三疊紀的前半期,海面又擴大了。海水從 California, Nevada 等處,侵到 Oregon。這一次侵入的海水,却與前次不同,其中帶着有一羣北冰洋來的生物,如 *Parapopaneoceras*, *Hungarites* 等族,大致和 Spitzbergen, 及西伯利亞東北部的 Anisien 時代的生物羣是一樣的。到中三疊紀的後半期,這一個北美西南部的內海,似乎更有擴大的形式;其中的生物羣,類如 *Ceratites trinodosa* 一種,完全和歐亞南部的 *Muschelkalk* 一樣。從此可以證實 *Muschelkalk* 時代,北美的南部,海面也有擴大的現象。從此以後,火山爆發,海水似乎從 California 部份的退出,漸漸向北方移動,經過 British Columbia, 直通北冰洋,所以北冰洋的生物,如 *Dawsonodites*, 又出見了。當時 California 的地面大約很低,所以始終沒有完全升出海面;因之有許多生物,如 *Halobia*, *Tropites* (特別 *Tropites subculatus* 一種) 等類,可以在歐亞北美三洲南部的海中任意流徙。從這些生物可以知道此次海水稍向北移的現象,正發生在 Carnien 時代。這又與歐亞方面海水移動的情形,適相符合。最後到了 Norien 時代,南北美西部的海水,從 Alaska 到秘魯,大見擴張,有分布甚廣的 *Pseudomonotis* 地層爲證。

## B. 侏羅紀

因爲侏羅紀的地層,在世界上各處,特別在歐洲方面,頗有詳細的研究,所以關於侏羅紀中海面形狀變更的情形,我們可

以作比較稍確一點的討論。通過侏羅時代，海面形狀變更有兩次循環：其一屬於 Lias，其二屬於 Oolite。當上侏羅紀的末造，也許有其他比較短期的或局部的循環，不過那種循環遠不如前述兩期循環的重要。

#### (甲) Lias 循環

爲便利起見，我們先討論南部海水進退的情形。地中海一帶，Lias 地層的發育，頗不一致。在幾個低窪的地域，如葡萄牙的 Tage 地方，法國南方的 Digne 附近，Dauphiné 盆地，Lombard 阿爾魄士，以及 Dinarid, Appennin 陸沉帶，通過 Lias 時代，自始至終，淹在海裏；所以在這些地方的 Lias 地層中，向來不曾發見間斷。在 Aquitaine 和 Rhône 兩盆地中，Lias 的地層，差不多可以算是完全，唯下 Lias 的上部，稍有缺欠。這些地域，都是很低，所以長久沉在海底；可算是幾個特例。至若其餘一般的情形，便大不同。就一般的情形論，我們可以說：歐洲南部的 Lias 海，自從 Domerien 時代起，便漸漸的擴張。例如在西班牙北部的 Teruel 省，Domerien 時代的淺水石灰岩，或者直接覆在最下層 Lias 的 Hettangien 鎂灰岩上面，或者在比較高一點的 Lias 地層上面，顯然表示 Lias 的前後兩期中海水曾經退出，侵入 [23]。在 Rhône 盆地亦即“Golfe des Causses”的北口，Domerien 時代的砂質石灰岩，超過其下 Sinemurien 層分布的範圍，並且與 Sinemurien 的關係不定，或者有礫岩間隔，或者爲一種泥灰質的石灰岩所隔斷 [104]。Basse-Provence 等處，情形正與此相類，不過在那一方面，海水的侵入時期，也許稍早一點。在 Venetien 阿爾魄士 [79] 以及 Transylvania 等處，Domerien 上部分的地層，也有擴張的現象。

再遲一點，到 Toarcien 和 Aalenien 的初期，地中海一帶的海面，更爲擴大；意大利有名的 Rosso Ammonitico 石灰岩，正是這時代發生的 [3, 76]。還有許多與 Rosso Ammonitico 同時代的海成岩層，分布到 Lombard 阿爾魄士，西班牙的南部，以及摩洛哥的

Traras Massif, Benisnassen 等處 [42]。在意大利極南部的 Calabrie 地方, Toarcien 和 Aalenien 的岩層,往往直接落在在一種已受侵蝕的花崗岩上;下 Lias 的上部和中 Lias 的地層,完全缺乏 [44]。法國東南的 Briançon 地方,在 Domerien 時代,還露在海面;到 Aalenien 的初期,連他兩旁的盆地,一齊都淹沒到海裏去了。

再往東南方去,在 Cracow [105], Donetz 盆地,巴爾幹, Crimea [4], 非洲東部,以及喜瑪拉雅等處,至今都留下 Toarcien 或下 Aalenien 時代海水侵入的遺跡。在喜瑪拉雅,俾路芝一帶,有極厚而分布甚廣的 Kioto 石灰岩。這一層大海停積物,明白表示上 Lias 時代,海水在亞洲南部擴大的事實。更有趣味的是: 馬來半島附近的 Rotti 島上,曾經因火山爆裂,衝出許多 Lias 時代的岩石。從那些岩石破片中所含的化石看來,祇有下 Lias 和 Toarcien 時代的地層,埋在地下;而中 Lias 時代的地層,似乎缺乏 [106]。由此可知亞洲的東南部也有上 Lias 時代海水侵入的痕跡。

北美洲的南部,在 Lias 的時代,祇剩下 California, Oregon, Nevada 三州的若干部分,仍然沉在海中。關於這一帶海水在 Lias 時代進退的情形,至今還不甚明瞭。可是有兩件事,很可以注意: 第一是 California 北部的 Taylorville 地方有一種海成的砂岩名 Hardgrave 砂岩 [54]。這一層砂岩在屬於 Bajonien 時代的 Thompson 石灰岩之下; Trail Formation 之上。Trail Formation 含植物化石,顯然非海中的停積;並且也是屬於 Lias 時代。從這種地層上的關係,我們敢斷言 California 的北部,在上 Lias 時代曾被海水淹沒。在 Nevada 西部的 Humboldt 山派一帶,有 1500 至 2000 英尺厚的石灰岩代表 Lias; 在墨西哥灣的 Puebla 及 Vera Cruz 等處, [5] 也有 Lias 時代的黑板岩。這些岩層和他們上下的岩層,似乎都不是連續的。從這些岩層分配的情形推測,前述上 Lias 時代 California 北部海水的侵入,似乎不是局部的現象。第二是這些 Lias 時代岩層中所含的化石,如 *Arietites* 等類,與北冰洋一帶

當時的生物毫無關係；而與南美及地中海一帶當時的生物，都有相當的聯絡。這也可以說是上 Lias 時代，南部海面擴大的一種間接的徵象。

綜合前述的事實，我們可以說：當中 Lias 時代，海水由歐亞北美三洲南部的若干地域退出；而當上 Lias 的時代，這三洲的南部，發生了普遍的海水侵入現象。南方的情形，大致如此；現在來說北方的情形。

在北冰洋一帶，Lias 的地層，不甚發育。而向來在這一方面所發見的化石，都是七零八落，不足以確定地層的序統。在 Chatanga 與 Lena 兩河之間，Toll 和 Tolmatchew 兩氏，曾採集了若干種化石。據 Pavlow 的鑑定，那些化石，都屬於中 Lias 時代 [91]；上部和下部的 Lias 地層，都形缺乏。唯在 Wilui 河畔，有一種泥砂質的岩層，其中含 *Harpoceras murchisonæ*，應該是屬於 Aalenien 時期。這一層上下的岩層，都是淡水停積物 [59]。Jana 盆地中，傳述也有 Lias 時代的海成岩層；但是層位至今還不明瞭。

最近據 L. Koch 的調查，格林蘭的東北部，也有含海洋化石極豐富的 Lias 地層；單在一層中，化石有 200 餘種之多。究竟屬於 Lias 中的何時期，不久大概可以決定 [61]。

北美靠北冰洋方面，一直到現在，祇知道兩處有 Lias 時代的海成岩層：一是 Alaska 二是 Prince Patrick Land [113f]。Alaska 的 Enochkin 層的下部，究竟是否有一部分代表 Lias，尚屬疑問；Prince Patrick Land 雖然出了 *Harpoceras macclintocki* 和 *Monotis septentrionali* 兩種化石，然而這兩種化石，都是新種，不能確定時代。

照這樣看來，北冰洋一帶，在 Lias 時代，被海水淹沒的地方很少。祇有 Chatanga 和 Lena 兩河中間的地域，確實有海水侵入；所占的面積，比較的也不小。所可注意的就是海水侵入此地的時期，恰在中 Lias 時代，也就是海水由歐亞南部的若干地域退出的時代。Wilui 流域的含 *Harpoceras murchisonæ* 岩層，代表上



Lias 時期的最後一期,嚴格的講起來,比南部各處上 Lias 時代海水侵入的時期稍晚一點。即令假定是同時的,這種局部的侵入,決不能與南部普遍的沉沒并論。總而言之,不管北方局部海面變動的情形何如,當 Lias 時代的末造,北半球南部的海面,大為擴張,是無可疑的事實。

### (乙) Oolite 循環

照前回的辦法,我們先來討論南部海水移動的情形。在西班牙北部的 Teruel 省,由 Bajocien 到 Callovien 時代的地層,都很完備。在 Aragon 地方,從 Argovien 到 Kimmeridgien 時代的地層,也很完備。再上就是一種不含化石的砂質石灰岩,大約屬於 Portlandien 時代。在這些地方, Oxfordien 時代的地層缺乏 [23]。Aquitaine 盆地的情形,與此類似,所不同者,就是 Callovien 地層不甚發育;而 Portlandien 地層中含有化石,證明屬下 Portlandien 時期,亦即 Bononien。

法國中部高原的旁邊,特別東北邊,不獨 Oxfordien 的地層完全缺乏; Bajocien 地層,也祇有上部,其餘屬於 Oolite 時代的地層,都很整齊 [52b]。

Rhône 盆地的周圍,由 Bajocien 到 Callovien 的岩層,都極完備;在“Golfe des Causes”一帶,有由 Argovien 到 Kimmeridgien 上部的地層,繼續出現;在“Vocontien 槽地”有 Tithonien 時代的停積物掩覆在 Kimmeridgien 之上;再上就到白堊紀的範圍了。通過 Rhône 盆地的四週,除了幾個有數的地點,如 Ardèche 的附近略有 Oxfordien 的地層外,其餘各處,大都無 Oxfordien [52c]。

Dauphiné 盆地的 Oolite 地層,較 Rhône 盆地為完整;各時期都有相當的停積物。可是屬於下 Argovien 的地層,岩質變異,隱約表示當時海岸綫的變遷或海水深淺變換。至於 Tithonien 的地層,在這一帶,顯然有擴張的形式。例如在 Embrunais, Ubaye, Briançon, Basse-Provence 等處, Tithonien 的地層,直接覆在 Lias 上面 [60]。再往北去,一直到瑞士的阿爾魄士一帶,情形大致相同。

在東南歐 Tyrol 地方的南部 [94] 以及 Karpath 的西部 [80, 129], 下 Oolite 的地層, 甚為完全; 從 Bajocien 到 Oxfordien, 每一時期, 都有海成岩層, 以為代表。而從 Argovien 到 Kimmeridgien 的地層, 都付闕如。可是再往東方及東南方去, 到 Karpath 的東部, Podolia, Galicia 的東部, Transylvania 的東部, Dobrudscha, Armenia 等處, Kimmeridgien 的地層, 發育甚廣, 並且大形擴張, 或者超越其下的岩層, 或者直接落在比較很古的岩層上面。

在意大利中部的 Appennin 一帶, 有含 *Reinekeia*, *Perisphinctes* 等類化石的石灰岩, 代表 Oolite 的下部。這種石灰岩之上就是那有名的 *Aptychus* 頁岩。與 *Aptychus* 頁岩相當的一種灰質岩層, 在 Toscana 的 Mont Serra 地方, 出產 Kimmeridgien 的化石, 並且直接覆在 Lias 地層之上 [14]。Tithonien 的地層, 在意大利的中部和 Sicily 島等地方, 也呈極顯著的擴張現象。

在高加索, Crimea (Sondak), Trans-caspian (Manguychlak) 以及 Donetz 盆地等處, 下部及中部 Oolite 的地層, 都有相當的發展。但是在高加索無 Kimmeridgien 上部的地層 [81]; Tithonien 或 Volgien 與 Kimmeridgien 的下部接觸。在 Crimea 地方, Tithonien 有時以礫岩作底, 掩覆在曾經摺皺的下侏羅紀岩層之上 [107], 有時直接與片麻岩相接。下侏羅紀岩層與 Tithonien 之間, 並無 Kimmeridgien 的代表。

當 Argovien 時代非洲北部的 Tunisie 北部, Constantine 州以及 Uarsenis massif 等處, 顯然受過海水的侵入; 因為這些地方的 Argovien, 多直接覆在 Lias 的上面; 祇有少數地方, 現在還遺下若干 Sequanien 時代的岩層。到 Atlas 山脈以南, 祇有 Bajocien 和 Bathonien 的地層存在; 而到 Tunisie 的極南部, 由 Bathonien 至 Kimmeridgien 的地層, 似乎都很完全, 並且都是石灰岩或鎂灰岩。在這一帶地方, 雖然不能看出海水在 Oolite 時代進退的痕跡, 然而到了 Algerie 和 Oran 的南部, 就可以看見 Argovien-Kimmeridgien 時代的地層直接落在三疊紀的火山岩流上。同時這

些岩層。又被其上的 Tithonien 超過 [52d]。這顯然證明 Argovien-Kimmeridgien 和 Tithonien 兩時代中,那一方面海水的擴張,

在非洲東北部的 Abyssinia 及 Somaliland, 兩處, Bajocien 和 Bathonien 兩時代都有海成的地層; 這些地層之上, 就是 Kimmeridgien [24, 27, 38]; 其間 Oxfordien 各時代的地層, 大都缺乏。亞刺比亞的西南部和 Palestine 等處的情形, 大致也是如此。前德領的東非洲有 Tendaguru 一層海成的岩石, 屬於 Kimmeridgien 時代, 直接覆在一種麻岩上面。這些事實, 都證實非洲東部和亞洲東南部, 有許多地方, 當 Oxfordien 時代, 海水退出; 到 Kimmeridgien 時代, 却又被海水淹沒了。

下部 Oolite 的地層, 在 Himalaya 一帶代表極少。那有名的 Spiti 頁岩的下部, 也許屬於 Kimmeridgien; 然而就其中所含化石的種類而論, 似乎全屬於 Portlandien。在 Cutch 地方, 下 Oolite 的地層, 頗見發育; 有 Patcham 層和 Chari 層的下部爲之代表。Chari 層的上部和再上的 Katrol 層代表 Argovien 及 Kimmeridgien, 毫無疑義; 因爲 Katrol 層中的化石, 與阿爾魄士一帶 Kimmeridgien 時代的化石, 關係甚爲密切。

墨西哥的 Sierras de Mazapil 地方, 無 Oolite 前期的地層。在那一方面最低的 Oolite 地層, 大約從 Sequanien 起。反之, Kimmeridgien 和 Portlandien 的海成岩層却甚發育。前者所含的化石與中歐類似; 後者所含的化石, 有一部分似乎來自北冰洋, 如 *Aucella*。又有一部分與海中一帶當時的生物羣, 關係頗見密切 [6]。

南方的情形大致如前所述; 現在說北方的情形。格林蘭的東北部, 如 Khum 島, 有 Bajocien 和 Bathonien 的地層。迤南在 Cape Stewart, Jameson Land 等處, 不獨有 Bajocien 和 Bathonien 的地層, 并有 Callovien 下部的地層。再南, 又有 Volgien 的岩層 [77]。

最近據 L. Koch 調查的結果, 在格林蘭的東部, 除了 Lias 以外, 還有 Callovien 和 Portlandien 的地層, 都甚發育。又在 King Wilhelm Land, Callovien 和 Kimmeridgien 兩時代的地層分佈很廣。在

此極北的地方,有 Kimmeridgien 的地層分布甚廣,頗不容易解釋。然而那些 Kimmeridgien 的地層,究竟屬於 Kimmeridgien 中的那一個時期,岩層的性質何如,至今還未見詳細的報告。所以在地史學上的關係我們現在還不能決定 [61]。

在 Franz Josef Land 的 Cap Flora 地方 (緯度北 80°), Bajocien, 上部 Callovien 以及下部 Oxfordien 的地層 [82], 都因為受了玄武岩流的保護,遺留至今。那種玄武岩流中夾有含植物的岩層,證明火山爆裂的時期在上侏羅紀時代 [95]。在 King Charles Land 方面,情形亦與此相同 [96]; 不過在 King Charles Land 和 Spitzbergen 兩處,有下 Volgien 的地層。

那威西北 Lofoten 羣島中的 Andö 島上,有海成的 Oxfordien 地層。Oxfordien 層之下,就是一種含煤的岩層,和 Spitzbergen 的下部 Oolite 含煤層相當 [67]。由此可知 Andö 一帶,當下 Oolite 時代尚為陸地;到 Oxfordien 時代,乃有海水侵入。

歐俄平原的東南方,如 Saratof, Kief 及 Lithuanie 等處,有 Bathonien 的地層;但在歐俄平原的中部,下 Oolite 的地層完全缺乏。比如在莫斯科附近,屬於上 Callovien 時代的一種頁岩,直接落在中石炭紀的岩層上面;Callovien 之上就是 Oxfordien, Argovien, 一直繼續到下部 Kimmeridgien。上部 Kimmeridgien 缺乏。再上又有 Volgien 層,其中含 *Pavlovia* 和極大的 *Perisphinctes* 等類化石。其層位當屬於下部 Volgien。由此可見當 Kimmeridgien 的後半期,海水由歐俄平原的中部北部撤退;到 Volgien 時代,重新又侵入了。

再往北方去,由 Petchora 盆地到 Novaja-Semlja 島,一帶,從下 Callovien 到最上 Oxfordien (*Cardioceras atternans* 層) 各層,都極完備;Kimmeridgien 缺乏;Volgien 有相當的代表。這種 Volgien 層,往東展布很遠:Liapin 地方 [56], Sygwa 盆地,乃至烏拉嶺以東的 Soswa 流域,都有 Volgien 的地層。

在 Riazan 地方,Volgien 的地層和其下的 Kimmeridgien 也不

連續；因爲那一方面的 Kimmeridgien 地層，多含化石，證明他屬於 Kimmeridgien 的下部。上部 Kimmeridgien 的地層，祇發見於歐俄平原的東南邊境。例如在 Simbirsk, Samara, 以及 Orenburg 諸省，Kimmeridgien 和其上的 Bononien, 層層繼續，毫無間斷。至若上部 Volgien, 亦即 Aquilonien, 大部分都發生在 Volga 河流域；從 Moscow 到 Kachpur, 以及 Soswa 河流域，Aquilonien 的地層，展布更廣，在 Soswa 的支流 Lipsia, Nyansa, Uolja 等河流域，據 Fedorow 的研究，Volgien 底下的 Kimmeridgien 地層中，有海底的生物化石，同時又有木材的化石和陸上動物的遺骸。此地的 Kimmeridgien 地層，都是砂泥；顯然表示一種淺水的停積，Kimmeridgien 之下，就是 Oxfordien 的泥土 [87 b]，大約純粹是海成的。

Jenissei 與 Lena 兩河之間，沿北冰洋海岸一帶以及 Lena 河流域，有一種海成岩層，分布甚廣；其中含 *Inoceramus* 和 *Aucella* 甚多。從前俄國的地質家都以爲此層屬於 Volgien 的上部。經過了詳細的研究，現在纔知道屬於白堊紀的最下部。

由 Chatanga 河口到 Lena 河口 Tolmatchew 曾採集了多種侏羅時代的海洋化石。據 Michailski 和 Pavlow 的研究，[91]，那些化石，有一部分屬於 Portlandien 的下部；還有一部分屬於 Oxfordien 和 Callovien。Kimmeridgien 時代的化石完全不見。Chatanga 海灣裏的小島上，也有 Callovien, Oxfordien 以及下部 Volgien 的地層；但是 Kimmeridgien 完全缺乏 [109]。Kotelny 島上所發見的侏羅紀地層，祇有 Sequanien 層，含海底生物的化石，如 *Aucella bronni*, *A. kirghisensis*；其餘各層或缺乏，或爲陸成岩層。在新西伯利亞島上的 Wyssoki 角所發見的侏羅時代海底生物化石，似乎都屬於 Callovien [91] 時代。

Toll 在 Jana 河流域 Tynghehei 地方發見一種含 *Gryphaea cf dilatata* 的頁岩 [123]。顯然與英倫的 Oxford Clay 相當。這種頁岩分布的範圍很大；Jana 盆地的大部分大約都有此種頁岩。此頁岩之上，就是一種砂岩，大約屬於 Neocomien。

Ochotsk 海南岸的 Brandscha 河口,有若干 Bajocien 和 Bathonien 的地層;岩質大都是色黃而粒粗的砂岩;其中有 *Oxytoma munsteri* 等化石。Elga 河流域,傳聞有上 Sequanien 的地層,但還不能確定。

北美方面,由 Alaska 到 British Columbia 以南,都有中 Oolite 時代的地層。Alaska 的 Enochkin 層的上部和 Naknek 的下部,大約代表 Callovien 至 Oxfordien; 有 *Cadoceras doroschini*, *Cardioceras alternans* 等化石為證。與下部 Naknek 同時代的岩層,不但遍布於 Great Plains 區域,並且往南伸展,到 Wyoming 的北部,名 Sundance 層。據 Stanton 的意見, Sundance 層與歐洲的 Oxfordien 相當;其下一部分或者與 Callovien 相當,亦未可知。Volgien 的地層,在 Alaska 和 British Columbia, 直接落在 Callovien 或 Oxfordien 上面。Kimmeridgien 在美洲的西北部,大約完全缺乏;縱有海成岩,其展布的範圍,必定極為狹隘。

綜觀前述南北兩方面的情形,我們如果從大處着想,不難得一個極重要的結案:除了歐洲東南和非洲北部及東部幾個極低的地域以外, Oxfordien 和一部分 Callovien 的地層,在南方不可多見;反之,這 Oxfordien 和一部分 Callovien 的地層,通歐,亞,北美的北部,到處都有代表。當時海水侵入的範圍,比現今這兩時代的地層分布的範圍,當然還要廣大;因為有許多地方,當時雖有海底的停積,迨到出水以後,難免不因為侵蝕作用消失掉了。比如在北美的西北部, Callovien 和 Oxfordien 的地層,現在雖不成一整片;而就岩質和古生物學上的理由判斷;北美的西北部當時實為一片浩淼的大海,美國的地質家稱這一個海為 Logan 海 [68, 114]。格林蘭現在缺少 Oxfordien,大約也是因為 Oxford 時代以後,海水退出,以致 Oxford 時代所造的地層剝削盡淨了。

北方的海水,過了 Oxford 時代,大部分從大陸上撤退,而南方的海水,從 Argovien 時代起,便漸漸的擴張;到 Kimmeridgien 時

代,南方海水擴張的範圍愈加大了。同時北方有許多曾經淹沒在海裏的地域,變成了陸地。Kimmeridgien 的海成岩層,雖然在北冰洋方面,有相當的發育,但無海水擴大的痕迹。比如 Soswa 流域的 Kimmeridgien 地層,顯然是淺水或大陸式的停積;而歐俄平原中部的 Kimmeridgien,祇有下部的一部分,和上面的 Volgien 并不連續,

現在說到地殼運動的問題。據各處調查的結果,從 Aalenien 到 Bathonien 時代,地殼頗不安定;許多地方都有微弱造山運動的痕迹。但是侏羅時代的主要造山運動,到 Kimmeridgien 以後,纔大規模的發動。關於此問題, H. Stille [115] 和 J. Lewinski 兩氏討論極詳,無庸再述。不過我們應該注意 Kimmeridgien 以後的造山運動,并不限於歐洲及亞洲西南部;亞洲東部的燕山運動和北美西部的 Sierra Nevada 運動,顯然是屬於同一時期的。

然則我們可以說:Lias 末造至 Oolite 初期的地殼運動將要發動而未發動的時候,北半球南部的海面擴大。自從此次運動發生以後,南部的海面收縮,而北部的海面擴大,過了 Oxford 時代,北部的海面又收縮,同時南部的海面又擴大;於是又發生二次造山運動名曰第一次新 Kimmerische 運動。這第二次運動發生以後,有一部分海水退往北方,留下所謂 Volgien 時代的地層。此後南部的海面繼續擴大,一直到第二次新 Kimmerische 運動發生,海水又往北方移動;這時侏羅紀已告終局,而白堊紀開始了。

### C. 白堊紀

從北半球各處地層看起來,通過白堊紀時代,大陸上大小共有六次海水的侵入。其中有三三次在北部;其餘三次在南部。從時期上說: 北部最大的侵入,發生於 Neocomien 的初期。其餘兩次,範圍都不甚大;一次在 Albien 時代,再一次在 Senonien 的初期。南部第一次的侵入,發生於 Neocomien 的末造;其餘兩次,一在

Cenoman-Turon 時代,一在 Senon 的後期,即 Maestrichtien 時代。其他局部海面的變動,比較的都不甚重要。

#### (甲) Neokom 循環

當 Neokom 開幕的時期,北冰洋一帶,有許多地方都被海水淹沒。格林蘭的 Khun 島上,有 Valanginien 和 Barremien 的海成地層 [92]。在 King Charles Land 有一種泥灰質的岩層含着 *Aucella crassicolis*, *A. Keyserlingi*, *Belemnopsis*, *Cylindroteuthis* 等類化石;直接覆在 Volgien 之上 [96]。Spitzbergen 大約也有 Valanginien 的海成岩層,但是現在還不能確定。歐俄北部的 Petchora 盆地,除了 Hauterivien,其餘 Neocomien 時代各期的岩層,都很完全 [93]。烏拉山的東麓,如 Lepsia 的北部及 Sygwa 河流域的 Tolja 及 Liapin 等處有含 glauconite 的泥砂質岩層,屬於 Neocomien 的下部;其中有很大的 *Exogyra* 及 *Belemnite lateralis* 等化石 [56]。此層以下,便是侏羅紀的 Volgien 層。其間無有間斷,現在還不可知。再往東去,到 Jenissei 河下流的 Prilutschnoje 地方附近,又有含 glauconite 的灰質砂岩;其中曾發見 *Inoceramus neocomensis*。Dudino 地方以下曾發見灰色石灰岩及砂岩的塊礫,其中也有 Neocomien 的化石。從這些事實推測, Jenissei 的下流,當 Neocomien 的時期,必有很大的地面,沉到海裏去了 [37c]。

更往東去,到 Taimyr 半島,又有許多白堊紀的岩層露出。那些岩層的性質和 Jenissie 下流的 Neocomien 層相類;其中含 *Aucella*, *Astarte veneris* 等化石甚多。當然也是屬於 Neocomien 的下部, Tolmatschew 在 Chatanga 和 Anabara 兩河之間,曾經發見 Neokom 的海成岩層;其中并夾有食鹽,石膏和劣質的煤層;化石也不少; *Simbirskite* 族特別的多。據 Pavlow 的研究,那些化石,屬於下部 Neocomien [91]。Chatanga 灣內的 Begitschew, Preodraschenie 諸島上,都有 Valanginien 時代的地層。



Olenek 和 Lena 河下游之間, Neokom 頗見發育。此處的 Neokom 可分為上下兩層: 上層名 *Inoceramus* 層, 多含 *Inoceramus retrorsus* [70] 及 *Aucella crassicolis* [71]; 岩層大都是淺灰色或綠色的砂岩; 下層名 Surak 層, 大都是黑色或深灰色的頁岩, 其中結核極多。這些岩層, 大約展布到 Olenek 的源地; 足見其分布的範圍很廣。

由 Lena 的下流, 通過 Chala-uloch 山脈一直到 Jana 盆地一帶, 含 *Inoceramus* 及 *Aucella* 的頁岩砂岩, 分布極廣。那些砂岩頁岩都屬於 Neocomien; 其中大都是海成的; 有時海成的岩層漸漸變為淡水或陸上的停積。

Anadyr 的上游 [98] 和 Pokulnei 山一帶, 有 Neocomien 的砂岩和頁岩, 含 *Aucella crassa*, *A. kerserlingi*, *A. Volgensis*, *A. bulloides* 等種化石, 據 Pavlow 的研究, 這些化石, 都是 Neocomien 時代的特產。往南去, 到 Bureja 盆地, 最低的 Neocomien 層 (Berrias) 夾在一種含煤的岩層中。其中砂岩頁岩層中有 *Inoceramus cf ambiguus*, *I. retrorsus*, *Belemnites* 等化石。據 Schmidt 的研究, 此層應與 Olenek 下游的 Surak 層相當 [110]。

黑龍江下游的 Gorin 河口, 有一種黑色的頁岩; 其中有 *Aucella keyserlingi*; *A. inflata*, *A. cf volgensis*, *Inoceramus ambiguus* 等化石。此種黑色頁岩, 顯然與 Surak 層相當, 屬於下部 Neocomien 毫無疑義。

照前述的事實看起來, 當 Neocomien 的初期, 北冰洋一帶, 有極大一塊地方, 沉在海底。這一個大陸上的海, 沿着烏拉山的兩旁以及 Jenissei, Lena, Jana 諸河的流域, 往南方伸張。西伯利亞的東北部, 也有一部分淹在海裏, 這一道淺海分布的區域, 大致和上侏羅紀的淺海相同; 不過到 Neokom 時代範圍更擴大了。

北美方面, 當 Neokom 的時代, 也有一片大海佔住 Alaska 的一部分, British Columbia 的邊境 [25], Queen Charlotte 島一帶, 一直通南部的 California 海。在這一個淺海中, 北冰洋的生物, 特別

*Aucella crassicolis*, 非常的繁殖。據 Stanton 說：一直到 Knoxville 時代的末期, 恐怕那個海底完全給這一種貝類占領了 [112]。在 Knoxville 層的上部, 北方的生物勢力仍然很大。比如 *Simbirskite* 一族, Queen Charlotte 島上一直到 California, 常常發見。在這一帶地方, 這種生物的化石往往與 Tithonien 在一道發生。由此可知 Neokom 的岩層, 或者停積在上侏羅紀時代遺下來的淺海中, 或者在那些淺海的附近, 經過了新 Kimmerische 運動以後, 纔沉沒到海裏去了的。

在南方這種情形很多。例如葡萄牙的西部, 西班牙的北部, Tunisie 和 Algerie 的北部, Rhône 盆地, 阿爾卑士的西部 Appennin 的中部, Sicily, Bavaria, Karpath, Panat, Serbia, Dobrogea, Crimea Caucasus 的北部, 裏海附近, 俾路芝的西部, 印度的鹽嶺, 英屬的東非洲, 以及墨西哥等處, 在 Neokom 時代, 都沉沒海在海裏。不過這些地方的 Neocomien 海, 大概都是侏羅紀末造, 遺留下來的。所以在這些海中停積的岩層, 大都和最上的侏羅層相連續, 而甚少擴張的痕迹。即偶然有海水侵入的現象發生, 如在墨西哥一帶 [114 a], 而那侵入的方向, 全是向北的; 并且這種局部的侵入, 決不能與當時北冰洋一帶大規模的侵入可比。Neokom 最低的一層—Berrias—在北方頗見發育, 而在南方則常缺乏。

南方的 Neocomien 地層, 雖然有相當的發育; 然而在許多地域, Neokom 的下部并不完全。比如法國 Rhône 盆地的南部, 最低的 Neokom 爲 Hauterivien; Valanginien 完全缺乏 [116]。到 Gard 及 Hérault 等地方以北, Barremien 的地層, 纔漸漸出現 [99]。在 Flysch Zone 的中間, 裏海附近的 Manguychlak 地方, 意大利的東南部 [117], Sicily 的西北部, Valanginien 時代的地層, 或者部分的或者完全的缺乏。在 Rhône 盆地的邊境, 法國東南部的 Basse-Provence 以及 Crimea [65] 等處雖然有 Valanginien 的地層; 然而那些岩層的質料, 都是淺水中的停積物, 與侏羅末造的 Tithonien 大不相同。這種的情形, 固然可以說是經過了新 Kimmeri-

sche 運動以後,一部分地面起落的結果;可是我們并無證據證明如 Haug 所言,從那些地方撤退的海水,同時侵入其附近的地域;反之,北冰洋一帶,如前所述當時都發生了大規模的海水侵入現象。然則我們不能不相信 Neocomien 的初期,北半球上的海水,一部分往北方去了。

假如把南方各處 Neocomien 的層序再詳細的比較一番,我們又可以發見 Neocomien 時代,海面的變形,適成一小循環。這一次小循環,在歐俄平原的東部,看得最清楚。當 Neokom 的時候,歐俄平原的東部,有一帶低窪的地域,北自 Petchora 盆地起,南至 Crimea 止。當 Valanginien 的初期,因為海水北去,所以這一帶低窪的地方,為海水所淹沒造成一條直通南北的淺海;如果不是這一條海道通了,北冰洋特產的 *Aucella crassicolis* 決不會流徙到 Crimea 一帶去了。到 Hauterivien 時代,此海大部分乾涸;最後到 Barremien 的時代,南北海道交通,似乎又恢復了;因為 Crimea 一帶又有北方特產的海洋生物 *Simberskite* 發生。

Rhône 盆地的情形,也與此相類。當 Valanginien 時代,深海所占的區域甚狹;除所謂 'Fosse vocontienne' 而外,少見有深水停積。其中主要的生物,如 *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Duvalia*, *Pygope* 等族,是地中海一帶的特產。到 Hauterivien 時代,海水變淺,但同時表面擴大;於是北歐的生物,也流徙到 Rhône 盆地一帶。到 Barremien 時代,海水又變深了;並且範圍也擴大了,同時北歐的生物滅迹,而他海中一帶的生物羣又進來了,從 Aptien 的初期起,海水又由 Rhône 盆地撤退。同時在法國的北部和英倫的南部發生海水侵入現象,造成 Greensand 地層。

從前述兩方面的情形看來, Neocomien 初期,海水往北移動,大約到 Hauterivien 時代的末造為止。過此時期,海水又由北往南;於是北方的地域漸漸乾涸,南方的海面漸漸擴大。一直到 Barremien 的末期,或 Aptien 的初期,亦即所謂 Urgonien 時代,南方的海面,繼續的擴張。這一次南方的海面擴張,決不是一種局部

的現象；從 Urganien 石灰岩純淨的性質和他分布的遼遠，便可看出。例如在阿爾卑士的西部，Flysch Zone，高加索南部以及意大利等處，都有 Urganien 石灰岩或其相當的岩層；而在意大利 Urganien 石灰岩，尤其發達，並且常常超過其他岩層。在墨西哥灣一帶，Neocomien 海最擴大的時候在 Fredericksburg Stage。此層岩石中含有 *Requienia*, *Monopleura*, *Radiolites* 等類化石；顯然與歐洲 Urganien 時代的 Schraffen Kalk 相當 [113 c]。

前述各項事實，雖然足以證明 Neocomien 的末期，近赤道一帶，海面澎漲；同時我們不能不承認這一次海水擴大的範圍，遠不及 Neocomien 初期，北方海水擴大的範圍；也不及 Cenoman 時代南方海面擴大的範圍。所以我們可以把 Neokom 循環，看做 Neocom-Cenoman 大循環中的一小循環。

### (乙) Cenoman 循環

Cenoman 循環，可以說是從 Aptien 的後半期開始；因為從 Aptien 的後半期一直到 Albien 的末期，海水似乎有往北方移動的趨勢。在南方各處，Aptien 和 Albien 的地層，往往不甚完備。例如 Rhône 盆地的南部，Aptien 和 Albien 的地層中，常有間斷 [52e]。在 Savoy 和 Jura 山的西部，Aptien 的一部分，或全部，缺乏 [52 f]。在西班牙的南部，Albien 祇出現於 Andalusie 以東。在 Bavaria，由 Valanginien 到 Cenomanien 的地層，都很完整；唯有 Aptien 一層缺乏 [130]。其他諸如此類的事實甚多。不過象這一類地殼運動甚烈的地方，海水的出入，也許是因為 Austrische 運動發生以後，地形變動的結果；不足以證明海面全體的升降。

要避開前述的困難，最好是找一塊地盤安定的地域，看那種地方，當 Albien 時代，海水有什麼變遷。歐俄平原恰好就是那種地方。在歐俄平原中，Albien 地層的分布，祇限於北方，如 Moscow, Vladmir, Simbirsk 等處。到了平原的南部，如 Pologue, Podolie

等處, Albien 完全缺乏。就是在 Crimea, 有無 Albien, 現在還是問題。如果這種現象祇限於歐俄平原。也許可以說是局部的陸地運動所致; 實則不然。當時英倫方面的海水, 也大見擴張; 所謂 Gault 層, 正是在這時候造成的。不但北歐的海面擴張, 就是北美方面的海水, 同時也有擴大的遺迹。據 Schuchert 說 [114 b]: “當下白堊紀的末造 (Blairmore-Albien), 北冰洋的海水, 沿着落基陸沉帶擴大。但是這一股海水彷彿未曾超過 Alberta 的 Peace River 以南; 從此以後, 海水又往北方撤退了”。最堪注意的就是: 此次海水往北方撤退的時候, 美洲西南部的 Dakotan 海又擴大起來了。這就是 Cenoman 時代的侵入。

Suess 曾經說過: Cenoman 時代的海水侵入, 在北半球上, 祇限於南部。當時北部還有極大的地域, 大部露在水面。Suess 以後, 地層學上的發見更多; 愈加證明 Suess 的意見正確。例如由非洲西北部的 Atlas 山脈以南, 一直到 Gurara, Muidir, Issuan 等處, Cenoman 的地層, 甚為發育。Tademait, Tinghert [124] 等高原上以及 Tripoli 的 Hamada-el-Homrah 地方, 都有 Cenoman 的海成岩層。確實表示當時海水侵入的痕迹。在這一帶地方, Albien 的地層, 甚為缺乏。

在 Algeria 和 Tunisie, Cenoman 的岩層, 大都是泥灰和石灰岩, 常常超過其下的岩層; 例如在 Oran 省的 Seressu, Lehu 等處, Cenoman 顯然直落在侏羅紀岩層之上。Albien 在北非洲的近地中海一帶, 常與其下的 Aptien 地層連續; 但是到 Oran 高原的北麓, 却有超過其下岩層的形勢。Tunisie 的北部, 似乎無 Turon 的地層; 但在摩洛哥 Meseta 方面, Turon 不獨完整, 並且有侵陵的形勢 [52 g]。非洲北部的情形是如此。非洲西部, 當 Cenoman 的時代也有很大的地面淹在海裏; 例如 Soudan [43] 和 Angola [15] 兩處, 由 Vraconnien 到 Turonien 的地層, 都很整齊。

埃及的 Nubien 砂岩 [39], 常有 Cenoman 的岩層。前者實為一種海濱的停積; 在北部的層位較低, 愈到南部, 層部愈高; 顯然

證明中白堊紀時代海水往南擴張的現象。Turonien 在埃及不甚發育；在 Sinai 地方，向未聞有 Turon 的地層。亞刺比亞東南部 [26]，Palestine 及 Syria [7] 等處的情形，與此相似。

現今的地中海以北，被 Cenomanien 海淹沒的地方也不少；靠地中海北岸的西部，尤其顯者。例如葡萄牙的西部，Cenoman 的地層，甚為完全；並含有各種海洋生物化石。不過那一方面，海水侵入的時期略早；大約在 Albien 的後半期 [16]。西班牙的南部，Cenoman 也甚完全；而 Albien 到 Andalusia 以東纔出現。

Rhône 盆地及其周圍，Cenoman 層的底層，往往是一層粗粒的砂岩，其中含有薄煤層，表示海水初步侵入的情形 [48]。Albien 有時缺乏，例如在 Gard 及 Ardèche 附近僅時有紅色砂岩。

迤東到 Savoy, Jura 山西部 [9]，Albien 和 Cenoman 兩層都表見侵陵的形勢。後者岩質不定，可見其停積的地位，離海岸很近。

阿爾魄士的東部及波斯北部諸山脈的東部，Albien, Cenoman 乃至 Turon 的地層常常缺乏，或者發育極不完全。例如在 Flysch Zone 中，祇有薄層的 Seewerkalk 代表 Cenoman，在 Albien 砂岩之上。從這一方面 Cenoman 缺乏的情形看來，Haug 的意見，似乎不無幾分道理。然而最近 H. Stille 對於此問題已有詳細的討論；據 Stille 的意見，這一帶地域缺少 Cenoman 層的原因，並非是因爲 Cenoman 時代，海水從這些地方退出，乃是因爲 Neokom 以後，Cenoman 以前，阿爾魄士東部地面隆起，本來就不曾爲海水所淹到。這是一說。還有一說，就是：在上白堊紀的初期，因爲海水從南部退出，所以把 Cenoman 和 Turon 時代所造的地層，大部分剝削去了。即令這兩說都不對，這局部的海水退出，決不能與當時南部大規模的泛濫，正負相消。所謂大規模的泛濫，不獨指前述的非洲各處和阿爾魄士的西部的汪洋大海，就是阿爾魄士以東被淹沒的地方還是不少。例如 Bavaria 北境的 Cenoman 層，有石灰岩，泥灰岩，礫岩等項海底停積，直接覆在三疊紀，侏羅紀岩層之上。意大利的 Florence 地方的西部，以及 Calabrie 的南

部,海成的 Cenoman 層,竟與一種極古的片麻岩相接。在 Transylvanie, Cenoman 或在 Neokom 之上,或直接和古代的片麻岩相接 [83]。在 Karpath 山脈的內部, Cenoman 層超過侏羅紀的地層。巴爾幹高原的西部,也有海成的 Cenoman 分布在 Donau 河與巴爾幹之間。Crimea 有一層白堊質的岩層,大約是代表 Cenoman 時代的。在俄國南部的 Podolie [125] 及高加索 Cenoman 的岩層是由一種泥質的石灰岩造成,落在 Albien 砂岩之上。裏海以南的 Munguychlak 地方,有 Cenoman 的頁岩,在含石膏的 Albien 砂岩之上 [118]。波斯南部的 Luristan 地方,有石灰岩代表 Cenoman 和 Turon 兩時代 [28]。在喜瑪拉雅的 Hazara 地方, Vraconnien 的石灰岩在 Giumal 砂岩之上 [78]; 在 Spiti 地方, Giumal 砂岩之上就是 Chikkim 石灰岩。這種 Chikkim 石灰岩雖不甚厚,但是分布極廣; 由印度北部的 Kashmir, Hazara 處一直到 Afghanistan, 波斯, 都有露頭。其層位屬於 Cenoman 似無可疑。由此往北,在西藏高原的南境,含 *Acanthoceras* 的 Cenoman 地層,曾見發見於 Kamnatsong-Tuna 的向斜中 [53]。由此往南,在南印度半島上也有 Cenoman 的岩層,加入 Utatur 層的上部。Utatur 層有時在陸成岩層 Radj-mahal Group [26] 之上,有時和麻岩相接; 其侵陵的形勢,極為瞭然。

再往東南方去,到馬來半島的 Arrakan 地方,爪哇以及婆羅洲的 Kapua 盆地,都有海成的 Cenoman 岩層。

在北美方面,大約 Dakota Group 的上部,或者 Washita 的上部,又或者 Benton 層的下部,屬於 Cenoman 和 Turon 時代。據 Schuchert 說: 從下白堊紀的末造起,落基陸沉帶的內海,往南方移動; 到 Benton 時代,從這北方來的一股海水與擴大的墨西哥海完全混合而為一。由此可見中白堊紀的時候,亦即 Cenoman 的時候,北美南部的海面也大為擴張 [114a]。

北冰洋方面,沉在 Cenomanien 海中的地域,就現在所知道的祇有三處。一處是落基陸沉帶的北端,所謂 Arctic-Mackenzie

海；二是格林蘭的北部；三是西伯利亞東北方的 Anadyr 盆地。第一處既然是落基陸沉帶的一部分，所以那一方面海水之所以侵入，一定是因為地面下降的關係。第二處。現在情形雖然不十分明瞭，然而就 Cenoman 分配的情形判斷，也似乎正落在一個和 Appalachian 平行的陸沉帶中。第三個區域，新近纔調查出來。據 Polevoi 的報告 [87 d]，Anadyr 盆地的白堊層甚厚，大約不下 4690 m.。那些白堊紀地層的中部有泥砂層，其中含 *Helioceras venustum*, *Stoliczkaia disper*, *Lytoceras timotheanum* 等化石，與印度南部 Utatur Group 中的化石羣極相類似。Jenissei 河的下流，曾經發見 *Microbacia coronula*。此種化石的鑑定，如無錯誤，Jenissei 的下流也許有 Cenoman 的海成層；不過現在還不能確定。以上各處的 Cenoman 層大都是因為局部地面下降，然後海水侵入所產生的；所以不能認為海面上升的證據。況且西伯利東北部 Anadyr 盆地的海成層，究竟是否屬 Cenoman 還是問題。照他與 Utatur Group 下部的關係看起來，也許是屬於 Albien 的最後一期。如果真是屬於 Albien，那不獨不與一般的原則相反，並且還可為 Albien 時代海水向北移動的證據。再退一步說：即令當 Cenomanien 時代，北方的海面，也有上升的傾向，而與當時南方大規模的泛濫比較起來，那幾個小小地域的沉沒，可謂區區不足道矣。

### (丙) Senon 循環

就一般的情形而論，當 Senon 的時代，北半球上的海水，似乎有繼續的向南方移動的趨勢。例如埃及的 Nubien 砂岩，愈到南方去層位愈高；又如墨西哥灣一帶，繼續的沉沒；Colorado 海的海岸綫不斷的往南方邊動；這都表示海水南進的情形。大致的趨向，雖然是如此；但是在 Senon 的初期，南方的海水，有暫時撤退的模樣；而北方的海水也有暫時擴大的痕迹。



Senon 初期,海水往北方移動,雖是暫時的局面;然而較之 Albien 時代的變動,範圍較大。形勢亦較顯著。當 Santonien 和 Campanien 的時候,北冰洋方面,有幾個地域,確有海水泛濫的痕跡。例如在 Soswa 河的支流 Manja 的下流(緯度北 60° 與 65° 之間),有海成頁岩,其中含有 *Baculites* 和 *Scaphites* [40] 等類化石。Kransnopolski 在 Tobol 河的支流 Ajat 河附近(緯度北 53°),曾發見過下部 Senon,即 Santonien 和 Campanien 時代的化石 [49],如 *Belemnitella lanceolata*, *Exgyra decustata*, *E. auicularis*, *Ostrea vesicularis* 等種。在烏拉山的南部,含 *Belemnitella lanceolata* 的地層,顯然覆在一種曾受侵蝕的古代岩石之上。

在西伯利亞的東部,海成的 Senon 岩層,分布於 Ochotsk 海北岸的 Tingenei 山 [119] 及 Kamtchaka 的 Tigil 河一帶。那一方面的 Senon,大都分都是屬於 Senonien 的下部。

庫頁島上,白堊紀的岩層,甚為發育。據 Kryshthofovitch [65] 的調查,此島上的白堊地層可分為三段:最下一段名 Aino 層,其中含植物化石,為陸成層,與格林蘭的 Kome 層相當,應屬於 Neokom 的上部。居中一段名 Gilyak 層,含煤并含有植物化石,與格林蘭的 Athanee 層相當,應屬於 Cenoman 及 Turon 的下部。最上一段名 Orotschon 層,由灰色或綠色的灰質砂岩造成,含海中生物的化石甚多;最著的有 *Phylloceras velledæ*, *Pachydiscus perampus*, *Gaudriceras sacua*, *Tetragonites timotheanus*, *Puzosia planulata*, *Inoceramus elegans*, *I. Orientalis*, *I. lobiatatus*, *Helcion giganteus* 等種。這一層化石層,在上段的上部,夾在兩層含植物化石層之間。據 Kryshthofovitch 的研究,這兩層植物化石層,和格林蘭的 Patut 層相當;然則其層位應該在 Senon 的下部,或有一部分與 Turon 的上部相當亦未可知。至若動物化石,流品極雜;其中一部分為北冰洋的特產。而另一部分顯然與南方的生羣關係密切。最奇的是其中的 Ammonite 簡直和南非洲 Zululand 地方的 False Bay 層以及印度南部的 Utatur Group 中的生物羣完全一樣。Inoce-

*ramus lobatus* 一種在北美的 Colorado 層中極其普遍,而在 Utatur Group 的上部,也甚普通。如果以上各種化石的種類鑑定可靠,那麼 Orotschon 層應該屬於 Turon。可是 Sokolow 曾將前述的化石,詳細研究一次 [111]; 據他的意見,其中 Ammonite 當屬於 Emscher,即最下的 Senon; 而 Inoceramus 屬於 Campanien,尤其是 Campanien 的最上一層。此層以上再無白堊紀的海成岩層。

照前述的情形看來,庫頁島的海成白堊紀岩層,究竟屬於何時代,現在還不能定奪。不過從我們的立論點說,并不甚重要; 因為我們從地層構造上確知庫頁島正在一個陸沉帶中; 在那種大陸邊上的一個陸沉帶中,地面的高低,隨時可生變化,不一定要北方海面全體升高,海水纔會侵入。況且在西伯利亞的東部地面低窪的地方,如果海水的侵入,比他處稍早,與我們所主張的原則,并不十分刺謬。

實際上講起來,我們說 Senon 初期,北方海面擴張的證據,并不在西伯利亞的東北部,而在烏拉嶺的東面。當 Senon 的時期,沿着烏拉山的東麓,有一條長海,將歐亞大陸劃分為二,正與 Colorado 海將北美劃分為二,是一樣的故事; 就時代上說,兩海存在的期間,也大致相同。

北方的情形是如上所述,現在說南方的情形。從比較以上所得的結果,我們可以說南方當時海水的運動,大致與北方相反。北方絕對無 Senon 後半期的海成層,而南方則 Senon 前半期的海成層極不完備,或竟缺乏; 至於 Senon 後半期的岩層,在南方分配極廣,并且常常有超越其下岩層的形勢。這是地層學上再明瞭沒有的事實,祇要隨便舉出幾個例來,便夠證明了。

在西班牙的南部, Maestrichtien 和 Danien 的地層,甚不完全,而 Senon 下部,是否有地層為之代表,現在還是疑問 [52 h]。Rhône 盆地的北邊, Languedoc 以南, Danien 的地層,直接覆在 Neokom 之上。在 Basse-Provence 一帶, Senon 下部,常帶一層紅焦土 (laterite); 而此層紅焦土,直向北方伸展。在西部阿爾魄士的

Savoy 地方, Santonien 和 Campanien 常常缺乏,唯在 Devoluy 地方以南,微有發展;但是 Senon 的上層,即 Maestrichtien 地層,超過其下一切的地層。

Tunisie 和 Algerie 兩處,似乎自白堊紀開始以來,始終都是在深水的盆地裏面;所以這兩處的白堊紀地層,極爲完全。Sahara 的 Atlas 山脈以南, Senon 的地層,大部分都剝削去了;當時停積的情形,無法找出。但是在非洲的西部,白堊紀的地層,分布頗廣 [73]。從 Adar-dutchi 等處發見的化石看來,那一方面的白堊紀地層至少有一部分是屬於 Maestrichtien 和 Danien。在埃及, Syria, Palestine 以及亞刺比亞的西南部,都有 Maestrichtien 和 Danien 時代的海成岩層;而在埃及 Maestrichtien 顯然有往南方侵陵的形勢 [84]。至若 Santonien 和 Campanien 時代的地層,在埃及或者完全缺乏,或者僅有大陸式的停積以爲代表。

阿爾魄士東部一帶,有 Vienna 砂岩, Gosau 層等淡水或半鹹水停積,代表 Senon 的前半期。這些岩層之上,就是 Maestrichtien 層,其中含着許多海洋生物的化石。Gosau 層的形質不定;有時直接覆在三疊或侏羅紀岩層之上。就他產生的方式看來,似乎不僅是停積在海水或進或退的地域,乃是發生在地殼經過變動的地方。在那種地殼變動劇烈的地方,局部海水的進退,是應有之事;所以阿爾魄士東部當時海水的進退,不足以表示全體海面的升降。

再往東去,到巴爾幹 [126], Dobrogea, Karpath [83, 100], Crimea [17], 高加索 [1], Manguychlak [118], 波斯南部 [28] Baluchistan [28] 等處, Senon 的下部,或者一部分或者全部缺乏;可是在這些地方, Cenoman Turon 和 Maestrichtien 的地層,都極發育;其中 Maestrichtien 展布尤廣,常超過其下的岩層。

在印度的鹽嶺一帶,一直到現在,還沒有聽說有 Senon 下部的地層;然而 Maestrichtien 在西藏高原的南境和 Sind 地方展布極廣。印度地質家所謂的 Hippurites 石灰岩就是指這一層。在

印度南部,有 Trichinopoly 層代表 Senon 的下部;又有 Ariyalur 和 Nininyur 兩層 [131] 代表 Senon 的上部。前者祇見於 Trichinopoly 地方,在 Utatur Group 之上;後者分布較廣,不獨見於 Trichinopoly 地方,亦且展布到 Pondicherri 地方 [63]。在這個地方,上部的 Senon 似乎直接落在很古的岩石上面。

東半球北部的 Maestrichtien 泛濫,大約與北美的 Pierre 或 Bearpaw 亦或 Ripley 時代的海水擴張相當;因為那時代海水的擴張也是限於北美南部的 Colorado 和墨西哥灣一帶 [113d, 114c]。

現在把以上所述的事實綜合起,我們可以做一個簡單的結束如下:—

當 Neocomien 的初期,一大部分的海水移到北冰洋一帶。到 Neocomien 的末期,海水又有向南方移動的趨勢,於是發生 Urgonien 的泛濫。到 Albien 的時期海水又少許的向北方移動。過此以後,北半球上的海水便大規模的南走,形成 Cenoman-Turon 時代的泛濫。經過了這一次大泛濫,到 Senonien 的初期,海水又有一部分撤回北方去了。最後纔發生所謂 Maestrichtien 的大泛濫,淹沒了北半球南部許多的區域。

以上是海水運動的情形。現在說到白堊紀中地殼運動的時期。據 H. Stille 及其他地質構造專家比較世界各處地質構造的結果,我們可以說通過白堊紀有四次地殼運動。第一次在白堊紀將要開幕的時候發生,即 Stille 所說的新 Kimmerische 運動。這一次運動說他屬於侏羅紀也可,說他屬於白堊紀也可。第二次名曰 Austrische 運動。Stille 把他發動的時期列在 Albien 的終期。但是從地層學上看來,當 Aptien 的時代,歐洲南部的海水已經發生了變化;而在英倫方面, Gault 層與其下的 Greensand,實成不整合的接觸。所以 Austrische 運動必是 Albien 將要開幕還未開幕的時候發生的。第三次名曰 Subhercynische 運動,發生在

Turon 與 Senon 之間。最後纔發生所謂 Laramide 運動；白堊紀於是終局。

照這樣看來，白堊紀海水的運動與地殼運動的關係，差不多完全和我們預期的一樣。質言之就是造山運動以前，海水向南移動；而造山運動以後，海水向北方移動。

#### D. 舊建紀\*

從白堊紀以後，一直到第三期的中葉，地殼中所受的各種力量，一天加緊一天。因此，大陸的平均高度增加，而局部的運動也不斷的發動了。因為地殼太不安定，局部的運動無常，所以當舊建紀的時代，海水運動和陸地運動的關係，大不如侏羅和白堊兩紀中那樣明瞭。然而比較各處地質史的結果，我們還可以認識兩次的循環。第一次名 Lutetien 循環；第二次名 Tongrien 循環；因為在兩個時代，南部的海水，大有擴張的形勢。最可注意的是：Lutetien 的海水侵入，正發生在 Pyrenees 運動之前；而 Tongrien 的海水侵入，恰在阿爾卑士及喜瑪拉雅運動將要發生而猶未發生的時候。

#### (甲) Lutetien 循環

為避誤解起見，我們在此不可不重申本文中所謂循環的意義。本文中所謂一循環者，指海水初向兩極，繼而又向赤道方面的運動期間而言。普通地質學上的 Palaeocene 和 Eocene 兩時代，與此意義，不相符合。所以現在講到循環，不能不另有時代上的區別。照地層學上和質構造學上的事實看起來，從 Palaeocene 的初期到 Eocene 的初期，即 Lutetien 時代，海水的運動，適成一循環；因為當 Lutetien 的時代，南方的海水泛濫到了一個最大的範圍。接着便發生了 Pyrenees 造山運動。

\* Palaeocene 的暫時譯名

據 Wysozky [50] 和 Obrutschew 的研究,西伯利亞的西部有第三期下部的海成岩層,分布頗廣。那些岩層大都是粗粒灰綠色的砂岩,其中含 *Pholadomya*, *Cyprina*, *Ostrea*, *Lamna* 等化石。俄國的地質家都把那些岩層當做 Eocene 時代的產物。着實講起來,上述的化石羣,不獨不能積極的證明屬於 Eocene, 并且不能證明不屬於 Palaeocene。況且在 Tobol 河上流的 Ajat 支流流域,同樣的地層,與其下的泥砂層連續不斷,而在此種泥砂層中,曾發見白堊紀最上部的化石。照這樣看來,西伯利亞西部的所謂 Eocene 岩層者,即令不是全部,至少也有一部分屬於 Palaeocene 時代。

從 Turgai 陸沉帶(在烏拉山以東,大致與烏拉山平行)一直到 Kirghiz Steppe 以南,到處都有 Palaeocene 時代的砂岩。那些砂岩,至少有一部分是海成的;因為其中含有綠泥粒 (glauconite) [66, 101]。這些 Palaeocene 的岩層上便是 Eocene 時代的海成砂泥質岩石 [102]。

根據前述的狀況和 Tobol, Ob, Irtysch 諸河流域以及 Semipalatinsk 附近第三期岩層分布的情形, Obretchew 說: 當第三期的初期,西伯利亞西部的南北兩方面都被海水淹沒;更有一條直通過南北的海水,屯積在烏拉山以東,名曰 Turgai 海峽,聯絡前述南北兩方面的淺海。北方面的淺海,又分為南北兩部分;中間有一條陸地,連亘在北緯度  $54^{\circ}$  至  $60^{\circ}$  之間,向東東南方伸展,一直到 Kusnezki Alatau 及 Salair 諸高地為止。如果 Obrutschew 的這種意見 [87e] 不錯,那麼,當第三期的初期,西伯利亞西部海水泛濫的情形可想而知了。

至於西伯利亞的東北部以及北美的北部,當時的情形,現在還不甚明瞭。大約經過白堊紀終局時 Laramide 造山運動以後,這兩塊大陸,受了擠壓,高度大增,即令海面稍稍增高,也不夠淹沒其中任何區域。

歐洲西北部,當時地盤頗低,有特別注意的價值。就大概的

情形而言,歐洲西北部有兩個低窪的區域:一處就是所謂英法比盆地。其範圍包括英倫南部,巴黎盆地,荷蘭,比利時以及德國沿海各省。第二處就是所謂俄波海灣。這一股海水,從英法比盆地的東邊起,一直往東伸展,經過現今的波羅的海,再往東去,橫斷俄國平原,與 Turgai 海峽的北端相連。當 Palæocene 開幕的時期,這一帶低窪地方中,祇有幾個小小的區域,如比國的 Mons 附近,沉在海裏。所謂“Cibly Tufa”等層,就是在這些局部的海灣中產生的。A. W. Grabau 曾經論過 [46], Montien 時代的建造,在法比方面,自下而上由海成層而漸變為淡水停積。並且此層的表面,有時還有 Thanetien 時代以前的侵蝕遺痕。Montien 時代以後,西北歐的海水,大為擴張;到 Palæocene 的中葉,海面最大。於是英法比盆地完全淹沒,俄波海灣,也就是成了汪洋大海。這些海水中的生物羣以 *Cyprina* 族最著,顯然是由北冰洋方面流徙過來的。格林蘭的 Cape Dalton 地方所發見的 Palæocene 地層,不用說,也是這一次北冰洋方面海面升高的結果 [108]。

以上所述的事實,可算是 Palæocene 的初期和中葉海水往北方撤退的證據。要澈底了解這種證據的價值,我們還得想一想當時海陸分配的情形。我們要知道前說的英法比盆地和俄波海灣,祇與北冰洋相通,往南沒有出路。所以當最初(即 Montien 時代)海水往北撤退的時候,那些在北緯度  $50^{\circ}$  至  $60^{\circ}$  一帶的海灣海股中的海水,也一齊向北冰洋方面流徙;於是前說的小海,不獨不擴張,反而縮小,或甚至乾涸。迨到大股的海水到了北方,一般的海面,纔一齊擴大;於是乃發生所謂 Thanetien 泛濫。這正是英法比盆地和俄波海灣中海面擴張到最大的時候。

根據上說各項事實,我們似乎不能不承認, Palæocene 時代北方海面的擴大。至於南方的情形恰與北方相反。有下列的事實,可以為證:—

在 Pyrenees 的北部一帶和 Aturien 盆地的南部, Palæocene 完全缺乏; Lutetien 的上部含有 *Nummulites lxxvigatus*, *N. biarrit*

*zensis*, *N. aturicus*, *Orthophragmina stella* 等化石,直接落在白堊層之上;其底并有一層礫岩表示海水初次侵入的狀況。在這一帶地方,由 Lutetien 到 Rupelien 的岩層,都很完備,總厚有 1500 m. 之多;其中大部分,是海成岩層 [29]。往東方去,到 Bayonne 地方,上下兩部分都甚完備。下部 Lutetien 并含有 *Alveolina elongata*, *Nummulites murchisoni*, *Orthophragmina archiaci* 等種化石。Palæocene 的地層却完全缺乏。在 Saint-Sever 地方 [58], Lutetien 的地層都是石灰岩; Lutetien 石灰岩之下,又有一層砂質的石灰岩,其中有 *Nummulites planulatus*, 顯然屬於 Palæocene 最末的時期。在 Pau 及 Pyrenees 高山等處,海成的 Lutetien 岩層之下,便是不整合的上白堊紀地層;而 Lutetien 之上,便是那有名的 Poudingue de Palasou。這一種礫岩,在 Haute-Garonne 及小 Pyrenees [72] 等處,極其發育,其為 Lutetien 以後,因地殼運動而產生之物,毫無可疑。

通過 Sub-Pyrenees 陸沉帶全部,祇有 Haute-Garonne, Foix, Corbières, Aude 乃至 Hérault 等處,時有 Palæocene 的岩層發生;而那些 Palæocene 的岩層,大半不是湖水停積,就是半淡水和半鹹水中的停積;更有一部完全是陸成的岩層。其上的 Lutetien, 通常都是海成的。

在 Pyrenees 的南面一帶,如 Huesca 及 Lerida 諸省, Lutetien 頗為完全,其岩質或者是泥灰岩或者是石灰岩。至於 Palæocene 向未發見;大約缺乏 [18]。

阿爾魄士陸沉帶的西部和北部,也無 Palæocene 的地層。在這一方面, Eocene 的上部,即 Auversien, Priabonien, 往往直接落在古代的岩層上面。Lutetien 有時出見於陸沉帶的中央,如 Delp-hino-Provençal 阿爾魄士, Savoy 阿爾魄士的內部,瑞士阿魄士的東部以及 Helvetique, Prealpine 等處。在 Prealpine 的衝動地盤一帶,有所謂 Wildflysch [10] 代表 Lutetien。在此等衝動激烈的地域,地層原來的關係,雖然不容易明瞭,而在 Maritime 阿爾魄士及 Savoy 等處, Lutetien 的地層,超過白堊紀,侏羅紀,三疊紀的地層



的情形，極其明顯。再往東去。沿着 Flysch Zone 的外部，一直到 Salzburg [41]，海成的 Lutetien 岩層，頗見發育。

東部阿爾卑士一帶，如 Carinthie, Trentin 等處，有時有甚薄的 Palæocene 海成層。其層位當在 Palæocene 最上的一部分 [52] 而在 Vicentin 地方，Londinien 亦有相當的發展，局部名曰 Spilecco 層，直與 Maestrichtien 的 Scaglia 相接。這些 Palæocene 的地層展布都不甚廣；常常為其上的 Lutetien 所超過。其他如 Istrie, Dalmatie [120], Albanie, Tyrol 南部, Bosnie 東部, Appennin 的北部和中部, Calabrie, Sicily [19], Syrie, Transcaucasia [36], 小亞細亞 [121], 以及波斯 [12] 等處，都有 Lutetien 海擴大的遺迹。

在 Karpath 的 Beskide 及 Subbeskide 兩帶地方，Palæocene 仍是缺乏；而含 *Orthophragmina*, *Lithothamnium*, 及 *Nummulites* 的地層，發育極盛。後者至少有一部分屬於 Lutetien 似無可疑 [128]；因為在 Moldavie 地方，曾經發見過 *Nummulites aturicus*。巴爾幹的東部和 Crimea, 也祇有海成的 Lutetien 岩層，直接落在白堊紀岩層之上；Palæocene 完全缺乏。

匈牙利的中部和 Transylvanie 有若干 Palæocene 的岩層，那些岩層，大半是湖沼或陸上的停積，間或為河口的停積。其上的 Lutetien 地層，都是海成的。有時呈初步侵陵的形式 [30]。

埃及的 Libyan 層和其下的白堊紀地層之間，處處整合，似無間斷。Libyan 的下部由厚 200 m. 左右的泥灰岩及石灰岩造成。其中含有 *Operculina libyca*, *Assilina minima*, *Nummulite deserti* 等種有孔蟲；當屬於 Palæocene 時代。Libyan 的上部含有 *Fabularia zitteli*, *Alveolina oblonga*, *Orbitolites complanatus*, *Nummulites biarrizensis* 等有孔蟲；多少與 Lutetien 時代的生物羣有點關係。Libyan 之上，便是 Moqattam 層。這層的下部含有 *Nummulites gizehensis*, *Conoclypeus corriodeus*, *Velates schmiedelianus* 等化石，都是 Lutetien 時代的特產 [8, 89]。

在 Atlas 方面, Palæocene 有時不見,而 Lutetien 直接落在較古的岩層上,例如 Tell 山脈及 Atlas 的中央,都是這種情形。有時 Palæocene 與其下的白堊紀岩層繼續不斷;其上的 Lutetien 或者一部分或者全部,經剝削而消失了。在 Saharan Atlas 及 Atlas 的高原等處,便是這種情形 [57]。Palæocene 出現的時候,其中常露一層磷質岩層,名 Gafsa 層。此層的層位,不出 Palæocene 的中部。Grabau 說這一層的產生,可為海水撤退的證據 [47]。就時期上說,這一個海水撤退的時候,恰和北歐的 Thanetien 時代的海水泛濫相當。

非洲東部也有若干地域沉沒在 Lutetien 海水之中;如 Somaliland [85], 前德領東非洲 [122] 以及 Madagascar [31] 等處,都有海成的 Lutetien 地層;而 Palæocene 的岩層,在這些海方,從來不曾有人看見過。

印度西部的 Sind 地方有所謂 Ranikot 層者,代表 Palæocene。Ranikot 層的下部,乃河床停積,由砂土而成;厚 300-450 m.。其上部主要的岩層,為海成的石灰岩,其中間有砂岩和頁岩層;厚 210-540 m.。最上部分,產 *Operculina*, *Assilina micella*, *Nummulites planulatus* 等化石。其層位大約屬於 Palæocene 的最上部,即 Londinien [132]。Ranikot 層之上,就是 Laki 和 Khirthar 兩層。Laki 層中有 *Nummulites atacicus*, *N. irregularis*, *Assilina granulosa*, *Operculina orbitoides*, *Alveolina* 等化石。Khirthar 層中有 *Nummulites lævigatus*, *N. aturicus*, *N. gizehensis*, *N. Millecaput*, *Assilina exponens* 等化石。以上諸種,都是 Lutetien 時代的生物,毫無疑問。Laki 和 Khirthar 兩層分布的範圍,遠迢過於 Ranikot 層。例如在 Baluchistan 的內部,西藏的拉薩附近以及印度河以南都有 Lutetien 的地層;而 Ranikot 則不可見。再往南去,一直到南印度半島的 Cutch, Gujarat, Travancore 等處,似乎都 Lutetien 的海成岩層 [134]。

在婆羅洲的東南部,曾經發見 *Nummulites birritzensis*; 爪哇曾發見 *Assilina spira* [133]。這兩種有孔蟲,都是 Lutetien 時代

的特產。足見南洋一帶,至少有一部分當時也被海水淹沒了。

北美方面,舊建紀的海成層不甚發育。已經發見的都限於墨西哥灣及 California 的海岸一帶。在這一帶地方, Palæocene 的海成層尤其不多。在 California 的中部不過有 Martinez Formation, 而在墨西哥灣方面,不過有 Midwayan 代表 Palæocene。至於 Lutetien 不獨出現於 California 和墨西哥灣一帶 [33], 并且發展到 Maryland [20] 及 Carolina 州的南部等處 [21]。

綜括前述的事實,我們可以說:北半球南部, Palæocene 的地層往往缺乏。即令有 Palæocene 的地層發生,而那些地層,不是停積在白堊紀的殘餘淺海中,就是產生在海水正在撤退的地方。到 Lutetien 時代,局面大變;南方各處;都有海水泛濫的遺迹。不過這一次的泛濫,有的地方,也許從 Londinien 的時代,已經開始了。

英法盆地和 Turgai 陸沉帶兩處,當 Eocene 的時代,海水也略有擴大的趨勢。但是其他極北的地域,絕無 Lutetien 海侵入的遺痕。所以這兩處海面之所以擴大,大約是因為局部地面的下降;換言之,其原因在 géocratique 的變化,而非 hydrocratique 的變化。況且這兩處的海面擴大,祇限於英法盆地的西南邊及 Turgai 陸沉帶的南端,如 Donetz 和 Dniepr 等處;所以說他們是受南方海面漲高的影響,也未始不可。最後還有一層極重要的關係:這就是英法盆地的海面漲到最大的時期在 Lutetien 的中葉及後期;而在 Turgai 陸沉帶, Eocene 海面的擴大。正在 Auversien 和 Priabonien 的時代。這時候 Pyrenees 運動已經發動,海水已經應該往北方撤去。

### (乙) Tongrien 循環

Pyrenees 運動發生以後;南部的海水,逐漸的撤退;北部的海水,逐漸的擴張。換言之,北半球上的海水,大致往北方移動。這種情形,在埃及和俄國兩方面,最為明顯。因為埃及的 Eocene 地層,層位愈高者,愈往北方展布;同時 Turgai 海峽的面積,從中 Eocene 到上 Eocene 的時代,確有擴大的模樣。

非洲北部的 Atlas 一帶, Eocene 的上部和 Tongrien 的地層, 或者因剝削而完全消失, 或者 Eocene 的上部, 原來就缺乏; 而 Tongrien 超過其下的地層 [55 j]。地中海北岸的附近一帶, 到處都有 Tongrien 海泛濫的遺迹; 不過範圍不及 Lutetien 海之大。在 Sub-Pyrenees 陸沉帶中, Eocene 的地層, 甚為發育; Oligocene 的下部和中部, 也有海成岩層, 為之代表。有 *Nummulites intermedius-fichteli*, *Operculina ammonica*, *O. complanata* 等種有孔蟲為證。在這一帶陸沉帶的中央, 如 Biarritz 地方, Oligocene 的地層, 絕無侵陵的痕迹; 但是到 Gass [13] 及 Gamarde 等處, Eocene 的上部, 即 Priabonien 不見; 而 Rupelien, 即 Oligocene 的中部, 直接覆在 Auversien 之上。

阿爾卑士陸沉帶的北部, 如 Basse-Alps 的 Barrem 地方 [11], Savoy 的 Bauge Massif 的北邊 [34], 瑞士的 Gemmi 和 Surenen 地方之間 [10] 以及 Bavaria 等處, 都有 Tongrien 海擴大的證據。在 Bavaria, Oligocene 的地層, 名曰下部 Marine Mollasse。

阿爾卑士的東部和 Appennin 山脈一帶, Tongrien 地層侵陵的形式, 也很明顯。例如在 Verone 及 Vicence 等處, Lattorfien 底下帶着一層礫岩, 直接覆在 Priabonien 之上 [90]。Liguria 的 Turin 山中 Oligocene 的岩層, 頗見發育; 其中化石有 *Nummulites*, 同時又有 *Lepidocyclina*。前者是地中海方面的特產; 後者是太平洋方面的特產。二者既然同出於一處, 可為當時太平洋與地中海勾通的明證。到 Scrivia 流域以西, 前述的 Oligocene 層, 直接落在 Permien 上。意大利南部和 Sicily 島上 Oligocene 地層與其下地層的關係, 也是如此。

Dinaride 北邊的 Styria, Carinthia 等處, 有 Lattorfien 而無 Eocene。那一方面的 Lattorfien 顯然成侵陵的形勢 [127]。迤東, Karpath 北部的 Pausram 地方, 有泥質的海成層, 屬於 Oligocene; Karpath 南部有一種含 *Nummulites* 的礫岩大約是 Oligocene 海初侵入時候的停積。巴爾幹的 Burgas 附近及 Crimea 的 Alma 流域, 傳聞都

有海成的 Oligocene 地層；但其層位，現在還未曾確定。

以上所說的各處，都屬於地中海盆地，或其擴大的區域。除了這一個盆地，當 Oligocene 時代，歐洲還有一個內海。這一個內海，與地中海不通；大致與地中海平行。從比利時起，經過德國北部，匈牙利中部，一直往東伸展，與 Turgai 海峽的南端相接。這一條海裏的生物，大都來自北方，並且都是生長在淺海裏的。從緯度上說，這一條海，不能算屬北，亦不能算屬南，而且是 Pyrenees 運動以後，逐漸發生的；所以這種地方海水的運動，與我們所要研究的問題，無多大的關係。

亞洲大陸上 Oligocene 的海成層甚小。我們現在所知道的，祇有印度 Nari 河流域的 Nari 層 [134]。這 Nari 層的展布，常常超越其下的岩層。其為海水擴大的產物，毫無可疑。婆羅洲也有中部及上部的 Oligocene 岩層 [32]；其展布的範圍，現在雖然不甚明瞭，但是我們可以說南洋一帶，至少有一部分地域被 Oligocene 海淹斷，否則 *Lepidocyclina* 無法可以流徙到印度的 Nari 河流域和意大利的南部。

北美方面，海成的 Oligocene 地層也不多見。但是在墨西哥灣及其鄰近的地方，Oligocene 頗見發育。Alabama 和 Floride 等處等 Vicksburgian 層，就是這個時代的建造 [21]。Great Antilles 諸島上，也有含 *Lepidocyclina mantelli* 的岩層。從這一類岩層在北美南部分布的情形看來，當 Oligocene 時代，中美一帶，被海水淹沒的範圍可以想見。

往北方找去，我們現在祇知歐亞大陸的北部有兩塊鄰近的地域，受 Oligocene 海水的影響。一塊地域在西伯利亞的極西北部；沿着烏拉山的東麓。一直展布到 Kirghitz Steppe 的北境。其他一塊地域名叫 Turgai 海峽；從烏拉山的東南方起，往東南伸展，一直到 Kirghitz Steppe 以南。

在極西北方面，傳聞有舊建紀最低的岩層，由泥砂而成；其中含 *Cyprina*, *Ostrea*, 及 *Lamna* 的牙齒等化石。這些岩層，前已說

過,或者屬於 Palæocene, 或者屬於 Eocene 的下部。這一段岩層以上就是一種含砂泥的砂岩;其中有 *Arca*, *Modiola* 及 *Botroclorium spasskii* 等化石。不獨 Kirghitz 的山上谷底,都為這種岩石佔住,就是烏拉山山麓的極古岩石上也有這一層的代表。當時海面的擴大,由此可見 [78 e]。這一層當然不屬於 Oligocene; 觀其中的生物,也不象 Lutetien 時代的產物。然則其層位必與中部或上部 Eocene 相當。

前述的 Eocene 以上還有 Oligocene 的岩層。其岩質大半都是泥土和富於鐵質的砂岩; 其中并夾有石膏層。從其中所產的 *Meletta* 魚鱗看起來,其產生的時代為 Oligocene 可無疑問。據俄國地質家的報告,這些岩層愈到上部,露頭離烏拉山愈遠; 而且含石膏甚多,顯然為海水撤退時的一種停積物。此層以上便為大陸式岩層; 其中含有煤渣。由此可以知道南方的 Tongrien 海擴張的時候,北方的 Tongrien 海從大陸上撤退。

Turgai 海峽和 Kirghitz 南部海水運動的情形,至今還不甚明瞭。那一方面 Eocene 和 Oligocene 兩個時代的地層,似乎都有相當的發展。可是有一件事可以注意,那就是: Oligocene 的地層中夾着石膏層,表示海水乾涸的結果。

以上所舉的事實,雖然近於零細,然而總合起來,似乎可以證明從 Lutetien 以後到阿爾魄士運動發生以前,海水的運動,仍是守普通的規則。質言之: Pyrenees 運動發動以後海水北向移動; 繼而又向南移動,造成 Tongrien 時代的泛濫,淹沒了南方許多地域。過此以後,阿爾魄士,喜瑪拉雅的大改造,便排山倒海的發動起來了。

#### E. 第四期初北冰洋海水的泛濫

從 Oligocene 的末期到 Pliocene 的末期,世界上到處都發生極劇烈的地殼運動,因為這一次的大改造,世界各部分,無分南北,形勢大變。海水出入陸地,當然不能守一定的規則。可是有一件重要的事實,極可注意,那就是: 此次大改革將告終結,北冰

洋的海水浩浩蕩蕩的淹沒了歐亞大陸的北部。這正是第四期開始的時候。

據俄國地質家的調查,從 Ob 河灣,沿着北冰洋海岸往東去,一直到 Chatanga 河口,隨在都可遇見第四期海水侵入大陸的痕跡。侵入的範圍,大小不等。沿着 Jenissei 河流域,海水曾到過北緯度  $67^{\circ}$  的地方在 Wilui 河流域,到過北緯度  $62^{\circ}$  的地方。其餘在新西伯利亞諸島上, Bering 海岸, Ochotsk 海岸,以及烏蘇里,庫頁等處,隨地都有第四期的停積;其中含有 *Astarte*, *Yoldia*, *Fusus*, *Mya*, *Tellina* 等類北方生物的化石。西伯利亞的西北部更有一大塊地方,爲第四期的泥砂所掩蓋。那些泥砂屬,有時厚到五六十尺;原來的厚度,還不止於此。由此可知當時海水泛濫的情形。

從地層和化石的證據看起來,第四期的海水侵入,似乎有兩次。第一次發生在第四期開幕的時候; Jenissei 和 Wilui 兩河流域,受影響最大。第二次大概在冰期以後,或冰期中氣候較暖的時期。新西伯利亞島上, Taimyr 半島, Anadyr 盆地等處的停積,就是這一次發生的。第二次侵入的範圍比較第一次小;大約是氣候變暖,冰融的結果 [87 f]。

歐洲北部的波羅的海附近,在第四期的時代也是一片汪洋大海,名 Yoldia 海;北與白海相聯,南邊淹沒了芬蘭瑞典等地域。Yoldia 海之所以發生,也許與積冰多少有點關係;可是同時我們並沒有理由說當時海面絕未上升。無論 Yoldia 海的成因何如,我們總不能說西伯利北部的 Chatanga 流域和 Wilui 流域等處的海水泛濫,與冰期有什麼關係;因爲那一方的泛濫發生在冰期以前。

第四期中南方海陸的形勢,與現今相去不遠。祇有地中海沿岸偶有局部被海水淹沒的痕跡。裏海及死海,當時面積不小,不過已經不若新建紀\*中那樣的浩大,而且與黑海已經隔絕了。

然則我們可以說:第三期大改革以後,北半球的海水,往北方撤退;因此演成第四期初北冰洋海水泛濫的局面。

\* Neogene 暫時的譯名

## III. 結 論

現在我們把三疊紀以來,北半球上南北兩方面大規模海水的泛濫和最重要而最顯著的地殼運動,按時代的次序排列起來;他們的關係,自然更容易明瞭了。

時 代	海水泛濫中所產生的岩層		主要的地殼運動
	北 方	南 方	
			古生代末造的大改革如 Hercynian
Scythien	西伯利亞東北部的頁岩,砂岩及礫岩;北美的 ?Thaynes 石灰岩		中三疊紀運動?     舊 Kimmerische 運動
Virglorien—Ladinien		歐洲東南部 Ramsau-dolomit, Wettersteinkalk; Karpath, Crimea 及中國西南部的 Muschelkalk	
Carnien	西伯利亞東北部的頁岩石灰岩; Alaska 的 Chitistone 層		
Norien		阿爾卑士及喜瑪拉雅陸沉帶及其附近的石灰岩和鎂灰岩	
Lias 中期	Chatanga 與 Lena 間的海洋停積		
Aalenien		歐洲南部與非洲北部的 Rosso Ammonitico 石灰岩; 喜瑪拉雅的 Kioto 石灰岩; California 北部的 Hardgrave 砂岩; 墨西哥灣的泥板岩	



時 代	海水泛濫中所產生的岩層		主要的地殼運動
	北 方	南 方	
Oalovo—Oxfordien	歐亞大陸北部和格林蘭的泥頁岩; Alaska的 Enochikin 層的上部和 Naknek層; British Columbia 的 Fernie 頁岩; Wyoming的 Twin-Creek 層	歐洲東南部的石灰岩	Lias 末造的運動
Argovo-Kimmeridgien	烏拉山北部有泥砂; 格林蘭有海成岩層 (是否超越下層, 還不能定)	地中海一帶的 Argovien 石灰岩和 Aptychus 頁岩; 阿爾魄士西部 亞洲西南部以及墨西哥的 Kimmeridgien 海成層; 東非洲的 Tendaguru 層; 印度的 Katrol 及? Tal 層	新 Kimmerische 運動 (第一次)
Bononien	北冰洋一帶的 Volgien 層		
Aquilonien	Volga 流域的 Volgien 層	阿爾魄士一帶的 Tithonien 層; ? 喜瑪拉雅的 Spiti 頁岩; 古巴西部, 墨西哥以及 Texas 的海成 Portlandien 層	新 Kimmerische 運動 (第二次)
Berrias-Valanginien	歐亞北部和格林蘭的泥砂; Alaska 的 Anaktuvuk 層; 美的國 Knoxville 層		
Barremien-Aptien		地中海一帶的 Urganien 石灰岩; 俾路芝的 Parh 石灰岩; 墨西哥灣的 Fredericksburg 層	

時 代	海水泛濫中所產生的岩層		主要的地殼運動
	北 方	南 方	
Albien	英倫的 Gault; 歐俄平原北部的海成岩層; 西伯利亞東北部 Anadyr 盆地的海成白堊紀岩層?; 北美的 Blairmore 層	Oran, 葡萄牙西部及 Savoy 等處有局部的侵陵停積	Austrische 運動
Cenoman-Turonien	格林蘭有海成的岩層(是否超越下層, 尚不可知)	非洲的西部北部, 阿爾魄士的西部歐洲的東部, 亞洲的西南部, 波斯的南部, 都有此時期的海成層分布極廣; 印度南部的下部 Utatur Group; 北美 Dakotan Group 的上部	Subherzynische 運動
Senonien 前期	西伯利亞北部及東北部的泥綠頁岩和砂岩		
Maestrichtien-Danien		阿爾魄士, 非洲北部, 埃及, 歐洲東南部, 亞洲西南部, 波斯南部, 及俾路芝等處, 此時代的海洋停積分布很廣; 印度北部的 Hippurites 及 Chikim 石灰岩; 印度南部的 Ariyalur 及 Nininyur 層; 北美的 Pierre 或 Ripley 層	Laramide 運動
Palæocene	西伯利亞西北部的泥綠砂岩; 俄波海灣的 Thanet 層		

時 代	海來泛濫中所產生的岩層		主要的地殼運動
	北 方	南 方	
Lutetien		阿爾魄士, 東南歐, 小亞細亞, 波斯等處的海成層; 埃及的 Moqattam 層; 印度及俾路芝的 Laki 層; 北美的 Venericardia 層	Pyrenees 運動
Auversien-Priabonien	烏拉山以東及 Kirghitz Steppe 諸地的海成砂岩		
Tongrien		地中海及 Karpath 北部的海成層; 印度的 Nari 層; 墨西哥灣的 Lepidocyclina 及 Vicksburgian 層	第三期中葉及末期的運動
Quaternary 初期	西伯利亞西北部及歐洲北部的第四期停積		

前表中所列舉的“海水泛濫中所產生的岩層”，或者依岩層自身的性質和展布，或者依其與較古岩層的關係，皆可以確實證明其所屬時代及地域海水的擴大。其他停積於殘餘海水中的岩層，例如喜馬拉雅陸沉帶中的 *Otoceras* 石灰岩，Lias 初期地中海附近的停積，Neokom 初期阿爾魄士及喜馬拉雅一帶的停積，埃及的 Libyan 層，印度的 Ranikot 層等地層雖成於海中，然無超越其下岩層的痕迹，與海水泛濫中所產生者，當然不能相提并論，故未列入。

有時候南北兩方面似乎同時有海水侵入。但詳細的比較起來，我們不難發見同一時代南北兩方面海水泛濫的範圍，決

不相等。實言之，不是北方泛濫的範圍遠超過南方，就是南方泛濫的範圍遠超過北方。例如當 Oxfordien 和 Albien 時代，北歐和北美的泛濫，比地中海附近局部的海水侵入，範圍大多了。Kimmeridgien 和 Cenomanien 兩時代，雖然南北兩方面各有海水侵入；然而在這兩個時代，南方的泛濫，却比北方局的侵入又大多了。

總觀前表，我們似乎不能不承認地球上每一次大革改以前，北半球上的海水，都有往赤道方面移動的趨勢；而當革改進行的時期或改革以後，海水又有往北極方面流注的趨勢。南半球方面地層繼承的狀況，現在還不明瞭；所以這個原則，是否適用，現在還不能斷言。單就北半球說，除了造山運動的前後，地球旋轉的速率變更，似乎沒有其他的原因，能讓成如此的結果。

1. Anthula, D. J. Ueber die Kreidefossilien des Kaukasus, etc., *Beit. z. Pal. Oesterr.-Ung. u. d. Orients*, XII, pp. 53-159, 1899.
2. Böhm, Joh. Ueber die obertriadische Fauna der Bäreninsel. *Kungl. Svenska Vetensk.—Akad. Handl.*, XXXIII, pp. 1-76, 1903.
3. Bonarelli G. Osservazioni sul Toarciano e l'Aleniano dell' Appennino centrale. *Boll. Soc. Geol. ital.*, XII, pp. 195-254, 1893.
4. Borissjak. A. Die Fauna des Donetz-Jura. I. Cephalopoda. *Mém. Com. Géol. N. S. No. 37*, 1908.
5. Böse, E. Ueber Lias in Mexico. *Zeit. d. d. geol. Ges.*, L., pp. 168-175, 1908.
6. Burckhardt, C. La faune jurassique de Mazapil, etc., *Bol. del. Insti. geol. di Mexico.*, No. 23, 1906.
7. Blanckenhorn, Max. *Beit. zur Geol. Syriens: Die Entwicklung des kreidesystems, etc., Eine Geognotisch-paläontologische Monographie*, Cassel, 1890.
8. ——— Neues zur Geologie und paläontologie Egyptens. II. Das Paläogen. *Zeits. d. d. geol. Ges.*, LII, pp. 403-479, 1900.
9. Baumberger, E. Ueber Facies und Transgressionen der unteren Kreide am Nordrande der Mediterraneo-helvetischen Bucht im westlichen Jura. *Wiss. Beilage zum Berg. d. Töchterschule in Basel*. 1901.
10. Boussac, J. Distribution des niveaux et des facies dans le Nummulitique dit autochtone de la Suisse orientale, *C. R. Ac. Sc. CL*, pp. 1272-1274, 1910; Nummulitique helvétique et Nummulitique préalpin dans la Suisse centrale et orientale, *Ibid.*, CL, pp. 1555-1557, 1910; Observations sur le Nummulitique des Alpes suisses. *Bull. Soc. géol. France.* 4<sup>e</sup> sér., IX, pp. 178-196, 1910.
11. Boussac, J. Revision du Nummulitique alpin. *Bull. Serv. Carte géol. France.* XX, pp. 548-553, 1910.
12. Bogdanowitch, C. Notes sur la Géologie de l'Asie centrale, I. Description de quelque dépôts sédimentaires de la contrée transcaspienne et d'une partie de la Perse septentrionale. *Verh. d. k. russ. Miner. Ges.*, 2<sup>e</sup> sér., XXVI, pp. 1-192, 1890.
13. Benoist, E. l'Etage oligocène moyen dans la commune de Gass (Landes). *Bull. Scient. de la Soc. de Borda à Dax.*, pp. 54-61, 1883.
14. Canavari, M. La fauna degli strati con *Aspidoceras acanthicum* di Monte Serra presso Camerino. *Palaeontogr. Ital.*, II-IV, VI, LX, 1896-1908.
15. Choffat, P. Contribution à la connaissance des colonies portugaises d'Afrique. I, Le Crétacique de conduica; II, Nouvelles donnés sur la zone littorale d'Angola. *Commis. du Serv. Géol. Portugal.*, 1903, 1905.
16. ——— Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal. *Direct. des Serv. géol. du Patugal.*, 1885-1900.
17. Coquand, H. Note sur la Craie supérieure de la Crimée, etc. *Bull. Soc. géol. France.* 3<sup>e</sup> sér., V, pp. 86-99, 1877.
18. Carez, L. La Géologie des Pyrénées francaises. *Mém, Carte Géol. dét. France.* 6 fasc., 1904-1909.

19. Cechia-Rispoli, G. La Seria nummulitica dei dintorni di Termini-Imerese. Giorn. di Sc. Nat. ed Econom. di Palermo., XXVII, pp. 53-137, 1909.
20. Clark, W. B. and Martin, G. C. The Eocene deposits of Maryland. Maryland Geol. Surv., Eocene, 1901.
21. ——— Correlation Papers, Eocene, Bull. U. S. Geol. Surv., No. 83, 1891.
- 31A. Chudeau, R. Recherches sur la tectonique de l'Afrique occidentale; Bull. Soc. géol. France, Vol. 18, pp. 59-87, 1918.
22. Diener, C. Fauna of the Tropite Limestone of Byans. Palæontologia Indica. Ser. XV, V, I, 1906.
23. Dereims, A. Recherches géologiques dans le Sud de l'Aragon, Annales Hébert, II., 1898.
24. Dacqué, E. Beiträge zur Geologie des Somalilandes. II, Ober Jura. Beit. z. Palæont. Österr.-Ung., XVII, pp. 119-159, 1905.
25. Dawson, G. M. On the earlier Cretaceous rocks of the north-western portion of the Dominion of Canada. Amer. Journ. Sc., 3rd Ser., XXXVIII, pp. 120-127, 1889.
26. Duncan, P. M. A description of the Echinodermata from the strata on the south-eastern Coast of Arabia. Q. J. G. S. XXI, pp. 349-363, 1865.
27. Douvillé, H. Examen des fossiles rapportés du Choà par M. Aubry. Bull. Soc. géol. France. 4<sup>e</sup> sér. VIII, pp. 144-151, 1908.
28. ——— Mission scientifique en Perse par J. de Morgan. IV. paléontologie, pp. 191-380, 1904.
29. ——— Le Terrain nummulitique du bassin de l'Adour. Bull. Soc. géol. France. 4<sup>e</sup> sér., V, pp. 9-55, 1905.
30. ——— Sur quelques gisements à Nummulites de l'Est de l'Europe. Bull. Soc. géol. France. 4<sup>e</sup> sér., VIII, pp. 266-267, 1908.
31. ——— Paléontologie de Madagascar. II, Sur quelques Gisements nummulitiques de Madagascar. Annales de Paléont., I, pp. 61-68, 1906.
32. ——— Les Foraminifères dans le Tertiaire de Bornéo. Bull. Soc. géol. France. 4<sup>e</sup> sér., V, pp. 435-464, 1905.
33. Dall, W. H. A Table of the North American Tertiary Horizons, Correlated with one another and with those of western Europe, with Annotations. 18th Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., II, pp. 323-348, 1898.
34. Douxami, H. et Révil, J. Note sur les terrains tertiaires du plateau des Déserts, près Chambéry. Bull. Serv. Carte. Géol., X, pp. 309-329, 1898.
35. Frech, F. Arthaber, G. V. Lethæa Geognotica. II, Das Mesozoicum I, Trias.
36. ——— Ueber das Paläozoicum in Hocharmenien und Persien. Beit. z. pal. Österr.-Ung., XII, pp. 161-308, 1900.
37. Frech, F. Geologie kleineasiens.
38. Futterer, K. Beiträge zur Kenntniss des Jura in Ost-Afrika, Zeits. d. d. geol. Ges. XLVI, 1-49, 1893; XLIX, pp. 568-627, 1897.
39. Fourteau, R. Contribution à l'étude de la faune crétacique d'Égypte, Bull. de l'Inst. Egyptien. 4<sup>e</sup> sér., IV, pp. 231-349, 1904.
40. Fedorow, E. Die Kreide- und Geschiebelehmablagerungen am Ostfusse des nördlichen Ural. Isw. Geol. Kom., 1887.

41. Fugger, E. Das Salzburger Vorland. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., XLIX, pp. 287-428, 1899.
42. Gentil, L. Recherches stratigraphiques sur le Maroc oriental. C. R. Ac. Sc., CXLVI, pp. 427-430, 1908.
43. Gautier, E. F et Chudeau, R. Missions au Sahara, I, Sahara algérien. Paris, 1908.
44. Greco, B. Il Lias superiore nel circondario di Rossano Calabro. Bull. Soc. geol. ital., XV, pp. 92-121, 1896.
45. Grabau, A. W. Stratigraphy of China. Part II, 1928.
46. ——— Summary of Cenozoic and Psychozoic Deposits. Bull. Geol. Soc. China, Vol. VI, No. 2, pp. 157-158, 1927.
47. ——— Summary of Cenozoic and Psychozoic Deposits. Bull. Geol. Soc. China, Vol. VI, No. 2, p. 160, 1927.
48. Grossouvre, A. Recherches sur la Craie supérieure. Mém. Carte Géol. dét. France; I, Stratigraphie generale, 1901.
- 48A Gregory, J. W. The Rift Valley and Geology of East Africa.
49. Geologische Untersuchungen und Schürfungen längs der Sibirischen Eisenbahn. Ausgabe des Bergdepartment. Lieferung 22, St. Pet.
50. *Ibid.* L. 5, 1896.
51. Haug, E. Les Géosynclinaux et les aires continentales, contribution à l'étude des transgressions et des régressions marines. Bull. Soc. géol. France. 3<sup>e</sup> sér., XXVIII, pp. 617-711, 1900.
52. ——— Traité de Géologie. a, p. 897; b, 1015; c, p. 1021; d, pp. 1068-1069; e, pp. 1250-1251; f, p. 1194; g, pp. 1268-1275 et 1278-1279; h. p. 1332; i. pp. 1486-1487; j, p. 1507.
53. Hayden, H. H. The Geology of the Provinces of Tsang and U in Central Tibet. Mem. Geol. Surv. India, XXXVI, pp. 1-80, 1896.
54. Hyatt, A. Trias and Jura in the Western States. Bull. Geol. Soc. America, VI, pp. 395-434, 1894.
55. Illovisky, D. l'Oxfordien et le Séquanien des gouvernements de Moscou et de Riazan. Bull. Soc. Natur. Moscou, N. S. XVII, pp. 222-292, 1903.
56. ——— Das Ljapinland. Skizze der Geographie und Geologie. Arb. d. Geol. Abt. d. Mosk. Ges. d. Liebh. d. Nat., Ant. u. Ethno., L. I., 1915.
57. Joleand, L. Sur les faunes d l'Eocène inférieur et moyen du sud algérien et tunisien. Bull. Soc. géol. France, 4<sup>e</sup> sér., VIII, pp. 295-297, 1908.
58. Jacquot et Munier-Chalmas. Sur l'existence de l'Eocène inférieur dans la Chalosse, etc., C. R. Ac. Sc., VII, pp. 1261-1264, 1886.
59. Jahresberichte des Russ. Geol. Komit. für die Jahre 1912-1919; Isw., Geol. Komit, 1913-20.
- 59A. Koken, E. Übertriadische Versteinerungen aus China; N.J.f.M.G.P., 1900, Bd. I, pp. 186-215.
60. Kilian, W. et Révil, J. Contributions à la connaissance de la zone du Briançonnais. Série suprajurassique. Ann. d. l'Univers. Grenoble, XV, pp. 533-559, 1903.
61. Koch, L. Stratigraph of East Greenland, American Journal of Science, Vol. XII, 5th Ser., No. 88, pp. 346-349, 1928.

62. Kossmatt, F. Untersuchungen Über die südindische Kreideformation. *Beit. z. pal. Österr.-Ung.*, IX, pp. 97–209; XI, pp. 1–46; 1895–1898.
63. ——— The Cretaceous Deposits of Pondicherri. *Rec. Geol. Surv. India*, XXX, pp. 52–100, 1897.
64. Karakasch, N. I. Le Crétacé inférieur de la Crimée et sa faune. *Tr. Soc. Natur. St. Pétr.* XXXII, Sect. géol. et Min., 1907.
65. Kryshstofovitch, A. Jahresberichte der Sibirischen Abteilung des geol. Komit. für die Jahre 1919 bis 1923. *Isw. Sib. Geol. Tomsk*, 1918; Über die Kreideflora von russisch-Sachalin. *Isw. Geol. Kom. St. Pet.* 39, 1920.
66. Kassino, N. Hydrogeologische Untersuchung in S. W. Teil des Bezirks Irgis. *St. Pet.*, 1914.
67. Lundgren, B. Anmärkningar om Faunan i Andöns Jurabildningar. *Christiania Vedensk. Selsk. Forth.*, No. 5, 1894.
68. Logan, W. N. A North American Epicontinental Sea of Jurassic Age. *Journ. Geol.*, VIII, pp. 241–273, 1900.
69. Lee, J. S. The Fundamental Cause of Evolution of the Earth's Surface-features. *Bull. Geol. Soc. China*. Vol. V, No. 3–4, 1926.
70. Lahusen, J. Die Inoceramenschichten am Olenek und der Lena. *Mém. Ac. So. VII S.*, 33, Nr. 7, 1886.
71. ——— Ueber russische Aucellen. *Tr. Geol. Komt.* VIII, Nr. 1, 1888.
72. Leymrie, A. Description géol. et paléont. des Pyrénées de la Haute-Garonne. *Toulouse*, 1881.
73. Lemoine, P. Afrique occidentale, *Hundb. d. Regionalen Geologie*. Vol. VII, 6A, part 14, 1913.
74. Mojsisovics, E. V. Die Hallstätter Entwicklung der Trias. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-Naturw. kl.* CI, I, pp. 769–780, 1892; Ueber den Chronologischen Umfang des Dachstein-Kalkes; *Ibid.* CV, I, pp. 7–40, 1896.
75. ——— Arktische Triasfaunen. *Mém. de l'Acad. Imper. de Sc. St.-Pét.*, 7<sup>e</sup> Sér. XXIII, No. 6, pp. 1–159, 1886.
76. Meneghini, J. Monographie des Fossiles du Calcaire rouge ammonitique de Lombardie et de l'Apennin central. *Paléont. Lombarde*, 4<sup>e</sup> Sér., 1867–1881.
77. Madsen, V. On Jurassic Fossils from East Greenland. *Meddelelser om Grönland*. XXIX, pp. 157–210, 1904.
78. Middlemiss, C. S. The Geology of Hazara and the Black Mountain. *Mem. Geol. Surv. India*, XXVI, 1896.
79. Neumayr, M. Über den Lias in südöstlichen Tirol. u. in Venetian. *N. J. f. M.*, 1881, I, pp. 208–226.
80. ——— Jurastudien. *Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst.* XX, pp. 549–558, 1870; XXI, pp. 297–378, 450–536, 1871.



81. Neumayr, M. et Uhlig, V. Ueber die von H. Abich in Kaukasus gesammelten Jurafossilien. Denkschr. d. math.-naturw. kl. d. k. Akad. d. Wiss., LIX, pp. 1-122, 1892.
82. Newton, E. T. Notes on a collection of rocks and fossils from Franz Josef Land, made by the Jackson-Harmsworth Expedition during 1893-1896. Q. J. G. S. LIII, pp. 477-518, 1897.  
for 1920, 1922.
83. Nopca, Baron Franz. Zur Geologie der Gegend zwischen Gyulafehérvár, Déva, Ruszkabánya und der Rumänischen Landesgrenze. Mitt. a. d. Jabrb. d. k. Ungar. Geol. Anst., XIV, pp. 93-279, 1905.
84. Newton, R. B. On some fossils from the Nubian Sandstone Series of Egypt. Geol. Mag., pp. 388-537, 1909.
85. ——— The Tertiary Fossils of Somaliland. Q. J. G. S. LXI, pp. 155-180, 1905.
86. Noetling, F. Fauna of Baluchistan. 1. 3. Fauna of the Upper Cretaceous (Maestrichtian) Beds of the Mari Hills. Palaeont. Indica, Ser. XVI, 1897.
87. Obrutschew, W. A. Geologie von Sibirien, Fortschritte der Geologie und Palaeontologie, Heft 15, Berlin, 1926. a, pp. 268-269; b, pp. 293-294; c, pp. 337-338; d, p. 343; e, pp. 356-378; f, pp. 381-386.
88. Oppenheim, P. Ueber einige alttertiäre Faunen der Oesterr.-Ung. Monarchie. Beit. z. pal. u. Geol. Oesterr.-Ung., XIII, pp. 141-277, 1901.
89. ——— Zur Kenntniss alttertiärer Faunen in Egypten, Palaeontographica, XXX, 1903-1906.
90. ——— Beit. z. Kenntniss des Oligacän und seiner Fauna in der venetianischen Voralpen. Zeits. d. d. Geol. Ges., LII, 1900; Das Alttartiär der Colli Berici in Venetian, die Stellung der schichten von Priabona und Oligocäne Transgression im alpinen Europa. *Ibid.*, XLVIII, pp. 27-152, 1896.
91. Pavlow, A. Die Cephalopoda des Jura und der Unterkreide des nordlichen Sibirien. Mém. Ac. Sc., VIII S., XXI, Nr. 4, 1914.
92. Pavlow, A. P. et Lamplugh, G. W. Argiles de Speeton et leurs équivalants. Bull. Soc. Natur. Moscou. N. S. V., pp. 455-570, 1892.
93. Pavlow, A. P. Enchainement des Aucelles et Aucellines du Crétacé russe. Nouv. Mém. Soc. natur. Moscou, XVII, 1907.
94. Piaz, G. D. Le Alpi Feltrine, 1907.
95. Pompeckj, J. F. The Jurassic Fauna of Cape Flora, Franz Josef Land. The Norwegian North Polar Exped., 1893-1896, Scientific results. I, No. 2; A. G. Nathorst. Fossil Plants from Franz Josef Land. *Ibid.* No. 3, 1900.
96. ——— Marines Mesozoicum von König-Karls-Land. Ofvers. af K. Vetensk.-Akad. Förhandl., 1899, No. 5, pp. 449-464.
97. ——— Jura-Fossilien aus Alaska. Verh. d. k. Russ. Min. Ges., 2 Ser., XXXVIII, pp. 239-278, 1900.
98. Polevoi, J. Das Anadyrland. Die Wichtigsten Resultate der Anadyrexpedition. Tr. Geol. Komt. NS. 140, 1915.

99. Pellat, E. et Cossmann, M. Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Bronzet-lez-Alais (Gard). *Mém. Soc. géol. France*, No. 37, 1907.
100. Popovici-Hatzeg, V. Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie. *Mém. Soc. géol. Fr. Paléont.*, No. 20, 1900.
101. Prigorowski, M. Über einige Sedimentfolgen westlich und östlich vom Mugoschgebirge. *Isw. Geol. Kom.*, 1912, Nr. 8.
102. ——— Zur geologie des westlichen Teils der Kirgisensteppe. *Geol. Wiest.* IV, 1918–1921.
103. Pareto, L. Note sur les subdivisions que l'on pourrait établir dans les terrains de l'Appenin septentrional. *Bull. Soc. géol. France*, 2<sup>e</sup> Sér., XXII, pp. 210–277, 1865.
104. Roman, F. Note sur le Jurassie inférieur et moyen des environs de Saint-Ambroix (Gard). *Annales Soc. Linn. de Lyon*, LVI, 1909.
105. Raciborski, M. Flora kopalna ogniotrwalych gliniek krakowskich. I, Rodniowce. *Umiejtnosci w. Krakowie*, XVIII, pp. 143–243, 1894.
106. Rothpletz, A. Die Perm-, Trias-, und Juraformation auf Timor und Rotti im indischen Archipel. *Palæotogr.*, XXXIX, 1892.
107. Retowski, O. Die Tithonischen Ablagerungen von Theodosia. *Bull. Soc. Naturw. Moscau*. N. S. VII, pp. 206–301, 1894.
108. Ravn, J. P. The Tertiary Fauna at Cape Dalton in East-Greenland. *Meddelelser om Grönland*, XXIX, pp. 93–140, 1904.
109. Sokolow, D. N. Mesozoische Versteinerungen von den Inseln Preobradshenie und Begitschew. *Tr. Geol. Mus.* IV, 1910 I. 3; VIII, 1914, L. 9.
110. ——— Ueber Akad. F. Schmidts Fossilienammlung aus dem Amurland. *Tr. Geol. Mus.* VI, 1912, L. 6.
111. ——— Die kreide-Inoceramen des russischen Sachalin. *Tr. Geol. Kom.*, NS., 83, 1914.
112. Stanton, T. W. A Comparative Study of the Lower Cretaceous formations and faunas of the United States. *Journ. of Geol.*, V, pp. 579–624, 1897.
113. Schuchert, Ch. Paleogeographie of North America. *Bull. Geol. Soc. America*, Vol. 20, 1910. a, p. 505 et seq.; b, p. 583; c, pp. 584–585; d, pp. 587–597.
114. ——— Sites and Nature of the North American Geosynelines. *Bull. Geol. Soc. America*, Vol. 34, 1923. a, u. 191; b, 194; c, p. 229, map. 17.
- 114A. ——— The Theory of Continental Drift, pp. 116–117, 1928.
115. Stille, H. *Grundfragen der Vergleichenden Tektonik*, 1925.
110. Sayn, G. et Roman, F. L'Hauterivien et la Barrémien de la rive droite du Rhône et du Bas-Languedoc. *Bull. Soc. géol. France*. 4<sup>e</sup> Sér., IV, pp. 607–640, 1904. XI, pp. 677–682, 1893.
117. Di-Stefano, G. Sulla presenza dell' Urganiano in Puglia. *Bull. Soc. geol. Ital.*, XI, pp. 677–682, 1893.

118. Semenow, W. P. Faune des dépôts crétacés de Manghychlak, etc. Trav. Soc. Natur. de St.-Pét., Géol. et Minér., XXVIII, pp. 1-178, 1899.
119. Schmidt, F. Mitt. über paläont. Sammlungen von Sljunin von der Küste des Ochotsdmeeres. Sap. Min. Ges., XXXVIII, L. 2, 1900.
120. Schubert, R. Zur Stratigraphie des istrisch-norddalmatinischen Mitteleocäns. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, LV, pp. 153-188, 1905.
121. ——— Kreide und Eocänfossilien von Ordu am Schwarzen Meere (Kleinasien). Verh. k. k. geol. Reichsanst., 1907.
122. Scholz, E. Beit. z. Kenntniss der deutsch-ostafrikanischen Tertiärablagerungen. Monatsber. d. d. geol. Ges., 1910.
123. Toll, E. Skizze der Geologie der Neusibirien Inseln und die Wichtigsten Aufgaben der Erforschung der polarländer. Mém. Ac. Sc., VIII, S., 9, Nr. 1, 1899.
124. Thomas, P. Essai d'une description géol. de la Tunisie. II Stratigr. d. Terrains paléoz. et Mésoz. Exp. Scient. Tunisie. Paris, 1907, 1909.
125. Teisseyre, W. Der paläozoiche Horst von Podolien und die ihn umgebenden Senkungsfelder. Beit. z. pal. u. Geol. Cesterr.-Ung., XV, pp. 101-126, 1903.
126. Toula, F. Geologische Untersuchungen in centralen [und östlichen] Balkan. Denks. d. math.-naturw. Cl. d. k. Akad. d. Wiss., LV, 2, pp. 1-108, 1889; *Ibid.*, LVII, 2, pp. 323-400, 1892.
127. Teller, F. Oligocänbildungen im Feistritzthal bei Stein in Kraim. Verh. d. k. k. geol. Reichsanst., 1885, pp. 193-200.
- 127A. Ulrich, E. O., Major. Causes of Land and Sea Oscillations. Smithson, Report
128. Uhlig, V. Bau und Bild der karpaten, 1903; Ueber die Tektonik der karpaten, Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien., Math.-Naturw. kl. CXVI, pp. 871-982, 1907.
129. ——— Ueber die Fauna des rothen Kellowaykalkes der penninischen Klippe Babierzówka bei Neumarkt, in West-Galizien. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. XXXI, pp. 381-422, 1881.
130. ——— Zur Kenntniss der Cephalopoden der Rossfeldschichten. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., XXXII, 1882; Ueber Neocome Fossilien vom Gardenzazza in Südtirol, etc. *Ibid.*, XXXVII, 1887.
131. Vredenburg, E. W. The Cretaceous Orbitoides of India. Rec. Geol. Surv. India, XXXVI, pp. 171-213, 1908.
132. ——— The Stratigraphy of the Ranikot Series, Pal. Indica. N. S. Vol. III, pt. I, 1909.
133. Verbeek, R. D. M. et Fennema, R. Description géologique de Java et Madoura. Amsterdam, 1896.
134. Wadia, D. N. Geology of India, pp. 206-209, 211-224, 1926.
135. Handbuch der regionalen Geologie.

## THE CANON OF MARINE TRANSGRESSION IN POST-PALÆOZOIC TIMES<sup>1</sup>

BY J. S. LEE

(Abstract)

This paper is a sequel to the writer's attempt to trace the "Fundamental Cause of Evolution of the Earth's Surface-features" already published in the Bulletin of the Geological Society of China, Vol. V., No. 3-4. It deals with the spatial distribution of the various extensive floods in the Northern Hemisphere, and the temporal relation between those floods and the intervening tectonic movements. Discussion has not been extended to the Southern Hemisphere largely because of the fact that the available data from that part of the globe have not yet, in general, attained the necessary refinement for a systematic treatment.

The writer opens this discussion with a brief review of the leading hypotheses concerning the problem at issue. The doctrine of eustatic movement as well as of equatorial and polar oscillation of sea-level as advocated by E. Suess is rejected by E. Haug who maintains compensatory transgression and regression in the neighbourhood of a geosyncline. Haug's theme is in turn rejected by H. Stille who stresses on the contemporaneity of the advance or recession of marine waters. C. Schuchert and J. Barrell dealt at some length with the possibility of oscillatory transgression due to alteration of the earth's rotational speed, and arrived at a conclusion that seems to be rather in favour of it.

From analyses of the stratigraphical data available to the writer, it is held to be more probable that, as far as the Northern Hemisphere is concerned, prior to an episode of widespread tectonic movement, marine water *generally* transgresses in the low latitudes being accompanied either by a regression from the high latitudes or a transgression in the high latitudes to an incomparably lesser extent; whereas, during or immediately after the tectonic disturbance, the condition as to the movement of marine water is *generally* reversed. This leads to the conception of a geological cycle as consisting of a series of events which starts with a marine invasion in the high latitudes or regression from the low latitudes, followed by a transgression in the low latitudes, and finally by a tectonic movement. The movement of marine water in nine of such cycles is discussed; namely, Muschelkalk, Norian, Lias, Oolite, Neocomian, Cenomnian, Senonian, Lutetian and Tongrian. These are regarded as minor cycles. Some of

<sup>1</sup> An English version of the full paper will appear in Bull. Geol. Soc. China; Vol. VII, No. 1.

these minor cycles combine to form a grander one. For instance, the Lias and Oolite combine to form the Jurassic cycle; and the Neocomian, Cenomanian and Senonian combine to form the Cretaceous cycle which was concluded by the grand Laramide Movement. Such grander cycles, then, roughly conform with geological periods in their usual sense, but not always.

The fundamental cause of these alterations of sea-level is attributed to the concentration of the earth's mass and consequent alteration of its rotational speed. Emphasis is, however, laid upon the limitation of the effect of the variation of rotation because of the more important factor of gravitational potential in determining the form of the oceanic surface. Local or regional deformation of land-surface, such as due to the development of a geosyncline or geanticline is also to be considered, for the variation of land-form must obviously play an important part in the local distribution of sea water.

Owing to the inadequacy of data, the several cases relating to the minor cycles are presented merely as working hypotheses. As to the grander movements, both geocratic and hydrocratic, the writer is inclined to believe that the rule more or less holds. Thus, the late Jurassic or Young Kimmerian movement was preceded by an extensive invasion in the south, and accompanied or followed by the Volgian or early Neocomian invasion in the Arctic; the Post-Cretaceous or Laramide movement was preceded by a still more extensive flood in the south, and followed by a decisive, though not equally widespread, palæocene invasion in Siberia and north-western Europe; and lastly, the Lutetian and Tongrian invasions in the south foreshadowed that series of mighty movements which involve the uplifting of the Pyrenees-Alps-Himalayan mountains. This is followed by an extensive Pleistocene transgression in the Arctic.

In recent years raging discussions are rapidly exchanged between the opposing camps of the more enterprising geologists. On the one side, there is a strong school that faithfully dwells on the old doctrine of contraction or the foundering of some segments of the earth's shell; on the other, very little is admitted in the mechanism of tectonic movements other than horizontal shifting. The writer fails to see any irreconcilable cause for this battle, for the process of contraction or segmentary foundering virtually amounts to the concentration of the earth's mass. If so, there seems no way to escape the physical consequence that the earth will increase its speed of rotation which, under admissible conditions, will give rise to a force for horizontal displacement of the land-masses. The present discussion is deeply involved in the co-adaptation of these apparently opposing views, and is therefore presented in spite of its incompleteness.

J. S. L.

NATIONAL RESEARCH INSTITUTE OF CHINA

---

# MEMOIR

OF THE

INSTITUTE OF GEOLOGY

---

NUMBER VI.

---

## The Canon of Marine Transgression in Post-Palæozoic Times

BY

J. S. LEE

PUBLISHED BY

— THE INSTITUTE OF GEOLOGY —

SHANGHAI

NOVEMBER, 1928