

コリア半島の造構運動の概略

星野 一 男 (燃料部)

Kazuo HOSHINO

1. まえがき

コリア半島には先カンブリア紀から第三紀までの地層が分布しているが 主体を構成するものは先カンブリア界と古生界 中生界である。カンブリア紀以後の地史を大きくみるとカンブリア紀から石炭紀に至る地向斜性海成層の堆積と中生代における一連の地殻変動とが大きなエピソードである。

日本の地史と対応してみるとコリア半島ではカンブリア紀からオルドビス紀にその中部が地向斜化し その後古生代後半においては無堆積 (陸化?) の時間が長かったのに対して西南日本では古生代の大半は海成層が全域を覆っていた時代であった。二疊紀 三疊紀にはコリア半島は陸化し 内陸性の堆積層が部分的に堆積していたが西南日本の大部分は未だに海中であった。このように古生代までの地史をみると すでにアジア大陸の1部であったコリア半島に対して 少くとも陸地としての日本列島はまだ成立していなかったと言える。日本列島が確実にコリア半島と地史を共有するのは 中生代後期にコリア半島南東部と西南日本北西部一帯にわたって共通の堆積盆地が形成された時期である。しかし 第三紀以降 この地域もいくつかの堆積盆地に分化して行ったようである。中生代はコリア半島も日本列島も地質的に活動的な時期であったが新生代に入るとコリア半島は平穏となり それに対して日本島弧は世界で最も活発な活動地の1つとなっている。

コリア半島から日本列島を含む地域は大陸と島弧というある意味では対立する2つの地質構造が連なった地域であり 両者を同時に比較研究することは 韓国 日本 いずれの国の地質を正確に理解する上で非常に重要なことである。

幸に 筆者は1980—82年 ITIT プロジェクトの1つとしてリモートセンシング技術による地質構造解析に関する研究というテーマの下に共同研究を行うことができた。本研究については ITIT 報告書として報告済み (HOSHINO, KANG ほか1984) であり 更に Geological Relation between Korea and Japan として執告するように執筆中であるが ここでは上記期間中に調査した事項を中心に造構運動の概略についてまとめた。

カンブリア紀以後におけるコリア半島の造構運動は中

生代に集中している。これらの造構運動が隣接していた日本島弧に対して全く無関係であったとはまずないであろう。中生代の地質構造については日本列島よりもコリア半島の方が簡単であり コリア半島の資料から日本を眺めることは複雑な日本の地史を考える上で非常に良い方法ではないだろうか。新生代については 逆に資料の豊富な日本からコリア半島を眺めることが有効であろう。従って本編のタイトルはコリア半島の造構運動であるが 新生代については日本および両国間の海域が主たる対象となっており 本編はむしろコリア半島から西南日本を含む地域の中生代以降の造構運動の時期と応力系について考察が内容となっている。これについては日本海の生成時期や日本列島の移動など大きな問題が深く関係している。小論の内容について各位の御叱正を頂ければ幸である。

上記プロジェクトのメンバーであった韓国 KIER の PIL-CHONG KANG, SUNG-WOO KIM, JEONG LIM, CHIL-SUP SO, MIN-JOE CHO, KWAN-HOON CHI, 日本の地質調査所の井上英二 鈴木尉元 衣笠善博 長谷敏和 村岡洋文の諸氏には野外調査および本編作成についていろいろお世話になった。厚く感謝の意を表します。

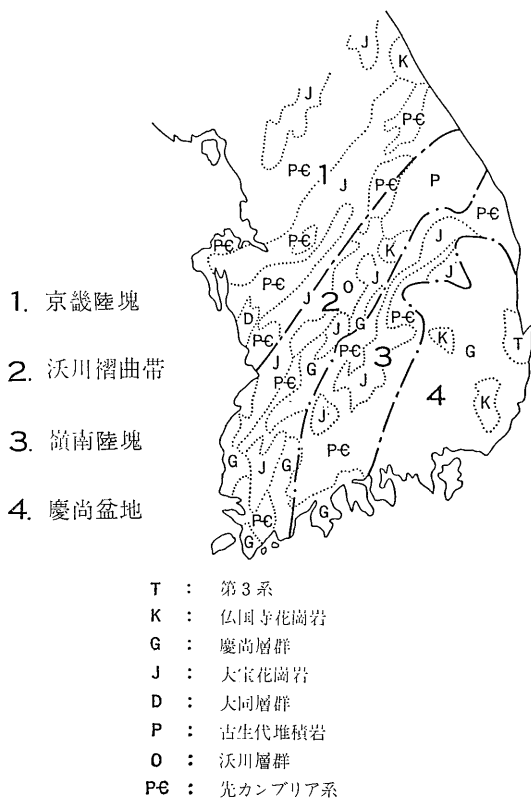
2. コリア半島の主要な造構運動時期

韓国の主要な造構運動の時期は KIER の論文にも述べられているように大宝造山運動と仏国寺変動である。

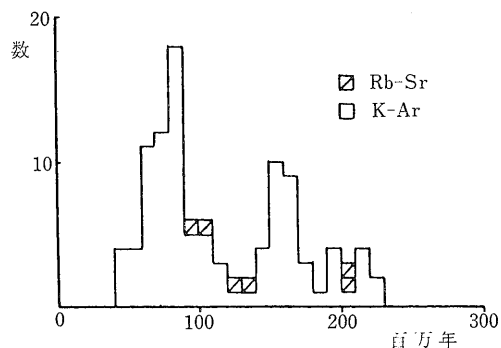
大宝造山運動はジュラ紀中期から白亜紀の初期にかけて主としてコリア半島中部に起った運動であり 所謂大宝花崗岩類の貫入 大規模な褶曲作用および変成作用を伴っている。

仏国寺変動は白亜紀末から第三紀初期のもので 主としてコリア半島南部において起り 火山活動 大宝花崗岩類に匹敵する大規模な花崗岩類の貫入が特徴である。これは仏国寺花崗岩類と呼ばれている。

大宝造山運動が起るまでのコリア半島は中国大陸に連なる安定地塊として比較的平穏であり 単なる造陸運動を繰り返したに止まっていた。朝鮮累層群と平安累層群との間にはオルドビス紀末期に始まり シルル・デボン紀を経て 石炭紀中期に至る 長期間の無堆積 (欠層) 時代



第1図 韓国の主要地質单元 (KANG, 1981)



第2図 韓国の花崗岩年代 ヒストグラム (津末, 1983)

は以下大宝造山運動を単に大宝運動と書くことにする。

古生代以降の花崗岩類は1960年頃までは一口に新期花崗岩類とよばれてほとんどが白亜紀後期のものと考えられていたが 最近花崗岩類の放射年代の資料が蓄積されるにつれて以上の地殻変動期に対応する花崗岩の存在が明らかになってきた。 TSUSUE (1983) によるとコリア半島の花崗岩類の放射年代の頻度分布は第2図のようである。 3つのピークがあり それぞれ約220百万 160百万90百万年前である。 それぞれのピークを構成する群の活動時期は三疊紀 ジュラ紀 白亜紀であり それぞれ松林変動期 大宝運動期 仏国寺変動期に対応すると思われる。

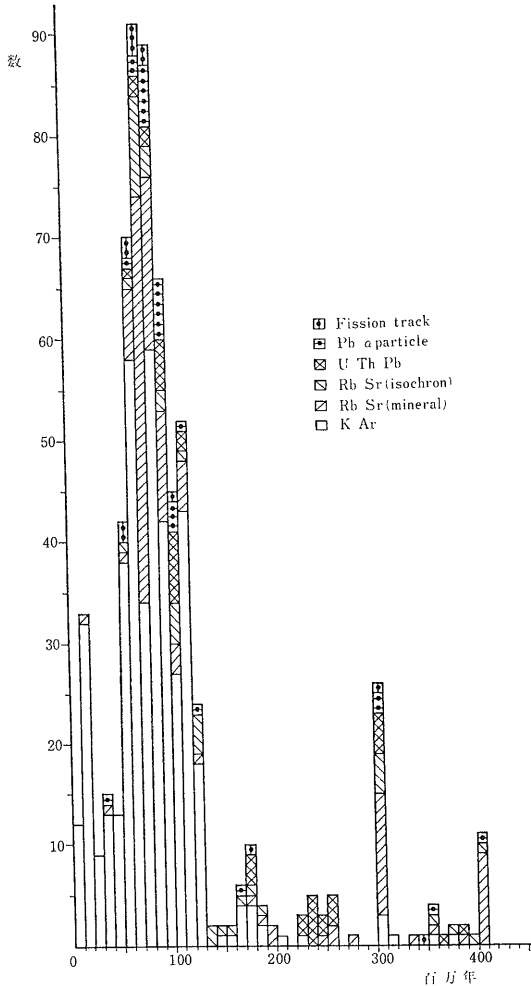
一方 日本における花崗岩の放射年代に対する頻度分布は第3図の如くである (NOZAWA, 1977)。 200百万年前以後から50百万年前までにおけるピークは180—170 90—70百万年前であり コリア半島とほとんど一致している。 200百万年から300百万年間のピークは260—220百万年のところにあり 二疊紀から三疊紀に亘ってやや古い時期にピークがある。

コリア半島で最も古い地層である先カンブリア紀から古生代に至る時期の堆積物は 沃川堆積盆地と呼ばれる韓国中央部の 北東—南西方向に伸びるトラフ状の堆積盆に堆積した。 沃川盆地は現在のソウルを含む京畿陸塊と 日本列島に最も近い慶尚盆地の北西部にある嶺南陸塊の間に発達した沈降帯である。 原生代末期の堆積物は礫を含むマール 泥岩 砂岩 石灰石であり 沃川層群と呼ばれる。 この時期の堆積盆は現在の沃川 (大田の東方) 周辺およびその西南方に発達していたが 次の朝鮮累層群が堆積する時代には更に東北方に伸びて 現在の太白山附近にまで発達するようになった。 朝鮮累層群は沃川層群と同じく海成層で大量の石灰質岩と頁岩 砂岩より成っている。 さきに述べたようにこのあと シルル紀から石炭紀中期までは欠層時代で沃

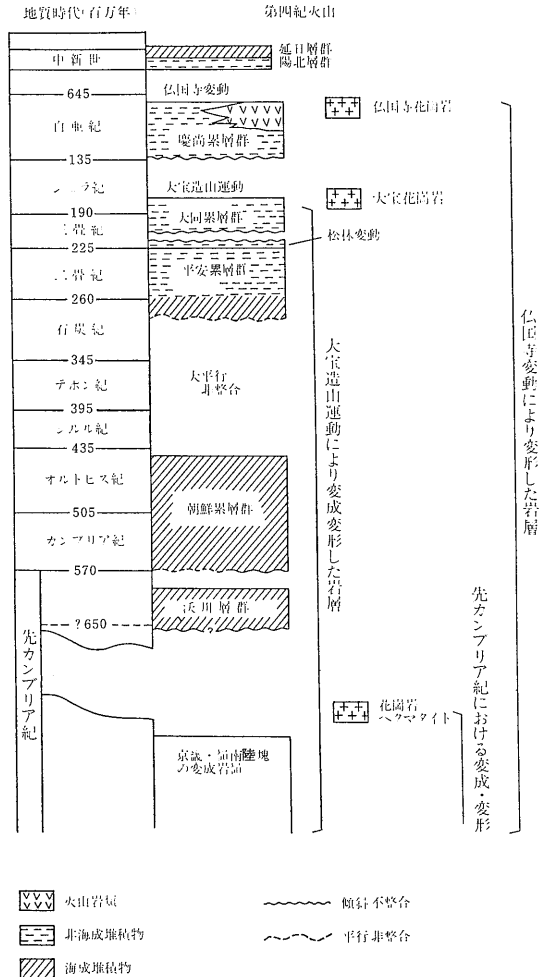
があるが両累層群の堆積岩は平行不整合関係で接しており この間に大きな地殻運動はなかったと考えられている。 平安累層群は堆積後の松林変動によって変形しているが 松林変動そのものはそれ程大きな地殻運動ではなかったようでコリア半島北部の平安累層群は褶曲作用を受けたが南部の太白山附近の同累層群は単なる撓曲あるいは傾動をしているにすぎない。

古生代以降のコリア半島においては このように三疊紀から古第三紀初期までの松林変動 大宝造山運動 および仏国寺変動が大きな地殻運動の時期である。 この時期は 大きくは 中国大陸でインドシナ造山運動 (三疊紀中期—ジュラ紀初期) と燕山造山運動 (ジュラ紀—白亜紀) が起った時期に対応している。 また 我国においても造山運動の活発であった時期である。

中生代はアジア大陸で一連の造山運動が活発な時期であったが コリア半島においては このうち大宝造山運動が最も活発であった。 KIER の韓国の地質の原文では大宝造山運動は Daebo orogeny と書かれているが松林変動および仏国寺変動はいずれも Songrim disturbance, Bulgusa disturbance である。 本文で



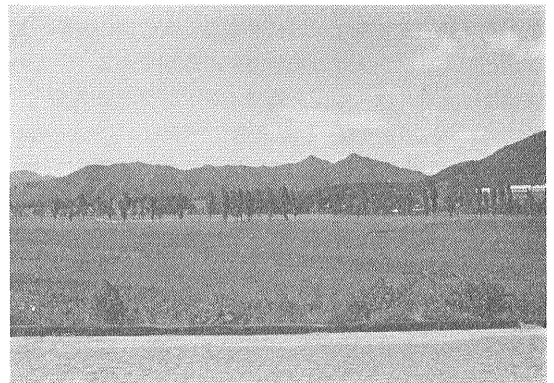
第3図 日本の花崗岩年代
ヒストグラム (Nozawa, 1977)



第4図 韓国の層序と造構運動概念図 (KANG, 1981)

川盆地も含めコリア半島域は陸化していたと考えられている。石炭紀後期に至り 沃川盆地の更に北東延長部が沈降し始め 再び海成堆積物が堆積した。地層はその後海成から陸成に変わったがこの一連の地層が平安累層群である。第4図に示されるように平安累層群は二疊～三疊紀を通じて陸成層であり 砂泥互層 礫岩より成り 韓国で可稼中の石炭層を挟有している。平安累層群の岩相は全体を通じて均一的である。そのために もとの堆積面はほぼ平坦であったと考えられている。

平安累層群以後に起った松林変動は中国大陸のインドシナ造山運動とほぼ同時期であるが コリア半島においてはそれ程の激しさはなく 主に半島の北部において花崗岩貫入を伴う褶曲運動であり 南部においては傾動を伴う程度の運動であった。平安累層群の堆積と松林変



第5図 忠清北道原州附近、この一帯は大宝花崗岩より成る



第6図 原州附近. この一帯は京畿陸塊に属する.

動の運動によってコリア半島の大部は陸化し 三疊紀には互いに分離した内陸盆地が京畿陸塊と沃川堆積盆の中に部分的に残されることになった. これらの内陸盆地を埋めたのが大同累層群に一括される藍浦 金浦 盤松層群である.

大宝運動はおそらく大同累層群堆積時から活動し始めたと考えられる. というのは大同累層群の堆積物および堆積構造は構造的に不安定な環境によって生成されたことを示しているからである.

先に述べたように大宝運動は中生代における造山輪廻の中で クライマックスに達した運動であった. その運動は沃川盆地およびその南 北両側の古期岩類を含む京畿および嶺南陸塊を激しく変形させた. 両地塊はすでに松林変動による変形を受けた上に更に大宝運動の変形を受けることになった.

大宝運動では断層・褶曲など地層変形と共に花崗岩貫入と変成作用が大規模に起っている. この時期の花崗岩貫入は KIER の論文および第2図でみるようにほぼ135から 180百万年のジュラ紀に集中している. 大宝

花崗岩類は沃川褶曲帯の方向に平行に 北東—南西方向に貫入しており その分布は沃川褶曲帯を中心にその両側の先カンブリア系岩石にまで拡っている (第1図). この花崗岩類は褶曲の背斜軸に沿って長い帯状分布をしていること 周辺の片麻岩類と漸移的变化を示していることから同時造山性のものと見られている.

沃川盆地に堆積した地層のうち沃川層群は変成して綠色片岩などになっているが 朝鮮累層群とその上位層は一部を除いては変成していない. 沃川地向斜が反転して隆起を始めたのは松林変動あたりであろうが その造山運動の最高潮時期がこの大宝運動のときである. 沃川褶曲帯 (第1図) の主要構造はこの時に形成された.

大宝運動が終ると やや平穏な時期が到来した. 堆積盆地の中心はコリア半島の南方に移り 東南部に大きな沈降部が生じ慶尚累層群が堆積を始めた. この堆積盆地は現在の対馬海峡を越え 日本の山口 福岡県下にまで拡っていたことが地層の類似性から認められている. 慶尚累層群は白亜紀の堆積岩であり コリア半島における分布地域は古代史に有名な古都 慶州を含む慶



第7図 慶尚南道慶州にある仏国寺. 石垣 階段などは 仏国寺花崗岩の由来となったこの地の花崗岩である.



第8図 慶州は古代新羅の都. 当時文武に研鑽を積んだ若者は“花郎”と呼ばれ称えられた. 慶州市の中心に建つ花郎碑.

尚盆地である。 我国では関門層群が慶尚累層群に連なる地層である。 白亜紀における慶尚累層群—関門層群の堆積した1大堆積盆地はコリア半島の南東部と九州西北および中国地方東部を含んで両国の間の海域に拡っていた大きな湖であったことが慶尚層群の堆積物および化石から判明している。 ただし その一部は外海と連結していたと思われる。 慶尚堆積盆地の周辺のたとえば西端および北東端では扇状地および河川はんらん堆積層が発達しており 大きな河川が注ぎ込んでいたことが推定される。

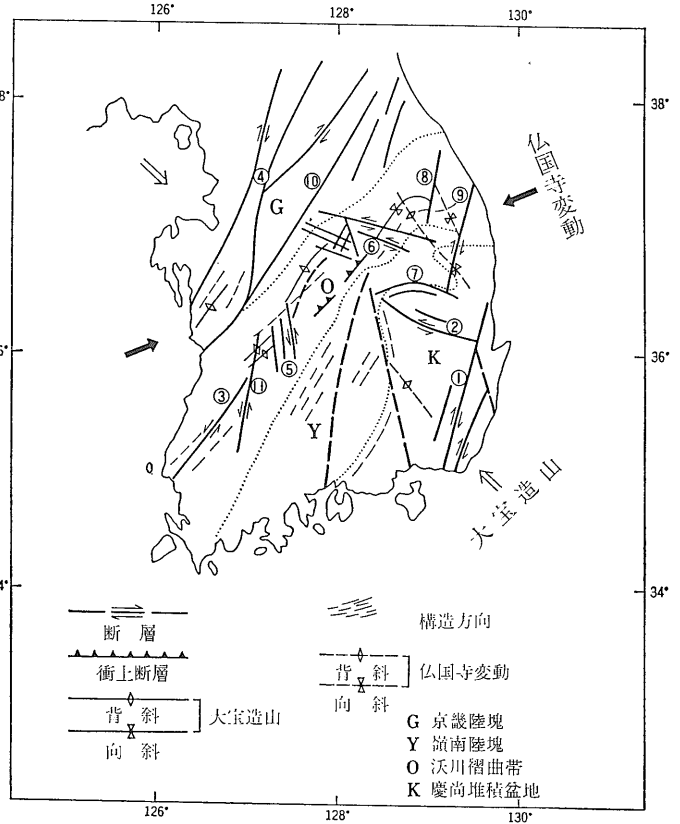
慶尚累層群は下位から新洞層群 下陽層群 柳川層群の3層群に分類されている。 中部の下陽層群になると多くの火山堆積物を含むようになり そのなかには溶岩流もみられるので白亜紀中期には盆地内で火山活動が行われたことが認められる。 我国の下関亜層群はほぼ下陽層群に相当するとされており 同様に安山岩質火山岩類を含む淡水成堆積岩から構成されている。 上位の柳川層群はほとんどが火山岩類であり この時期 白亜系後期にはさらに活発な火山活動が行われるようになった。 柳川層群に相当する我国の地層は周南 阿武層群であり 主に石英安山岩質・流紋岩質火山岩より構成されている。 この時期より仏国寺花崗岩の貫入が始まったと思われる。 仏国寺花崗岩は慶尚盆地を中心とする岩株状の大規模な火成活動であった。

一部は東海岸に沿って沃川帯の内部およびその北部にも分布している。 慶尚累層群は仏国寺花崗岩の貫入活動により全体に硅化作用を著しく受けている。

このような 白亜紀後半（その一部は古第三紀初期にずれ込んだかも知れない）における火山活動と深成岩貫入など 火成活動を主とする地質変動が仏国寺変動と言われているものの実態である。

仏国寺変動に伴って慶尚盆地を中心に断層運動および傾動運動が行われた。 この結果 コリア半島南部は隆起し 全体としてやや東に傾いている。

コリア半島陸上部における地殻変動は仏国寺変動をもってほぼ終息したらしい。 東海岸に沿う海岸地帯の南部に第三紀層が分布するが これは日本海西部に拡がる第三紀堆積盆地の周縁部と理解すべきである。 第三紀以降における活動域はむしろコリア半島の南方海域およ



- | | |
|--------|---------|
| ① 梁山断層 | ② 花山洞断層 |
| ③ 光州断層 | ④ 楸岾嶺断層 |
| ⑤ 大田断層 | ⑥ 丹陽断層 |
| ⑦ 安東断層 | ⑧ 三陟断層 |
| ⑨ 英陽断層 | ⑩ 洪川断層 |
| ⑪ 全州断層 | |

第9図 韓国の構造概念図(KANG, 1981)

び日本島弧である。 コリア半島もある程度その影響をうけるが これについては後章に述べる。

3. 地質構造と応力系

コリア半島における大きな造構運動 松林 大宝 仏国寺は中生代に集中し 互いに関連を持った1つの造山運動として解釈されており しばしば中生代の多重輪廻造構運動と呼ばれている。 コリア半島における主要な地質構造要素の大部分はこれらの運動のいずれかによって誕生しており あるものは複数の運動の影響を受けている。 衛星映像は広域的な地質構造を認識する上で有力な手段である。 映像上では新期の地質構造要素程明瞭に現われるので目につきやすいし 判読し易い。 この意味で まず 慶尚盆地の地質構造を調べてみよう。 慶尚盆地の中央部では北西—南東の褶曲がみとめられる

(第9図). 一方 梁山断層によって代表される北北東—南南西の断層と花山洞(第9図の②)によって代表される西北西—東南東の断層が非常に顕著である. 前者は右ずれであり 後者は左ずれ断層である. 両者は互いに共役であると思われる. 慶尚盆地にはまた多くのリニアメントが見られるが大部分はこの2方向に平行している. この共役断層構造は下の理由で仏国寺変動により生成したと考えられている. (1) 断層は白亜系の堆積後に生成されているが (2) 第三紀層にはこの種の断層は見当らない. 断層の傾斜は通常急角度であり 水平ずれの成分が大きく 横ずれ断層であると考えられる. これらについては後章で再び触れるが 本号の村岡および玉生論文に詳細な記述がある.

このような北北東—南南西方向右廻り横ずれの断層はこのほかに大白山地域(英陽断層⑨)と京畿陸塊(楸哥嶺断層④)などに見られる(第9図). 大白山地域には西北西—東南東方向左廻り横ずれの断層(第9図⑥丹陽断層)も発達している.

2方向の共役断層から導かれる地殻応力方向は北東—南西ないし東北東—西南西であってこれが最大圧縮応力の方向である. すなわち 白亜紀末 仏国寺変動のときの地殻応力はほぼ北東—南西方向に作用した圧縮応力であることが推定される.

慶尚盆地についてみると北北東—南南西の梁山断層群は仏国寺花崗岩類を切っているので 断層活動はこの花崗岩類の貫入後にも行われている. 貫入前あるいは貫入時にすでに北北東—南南西の断層が活動していたかどうかについてはまだよく分らない. しかし 概観的に次のような経過が推定できるであろう. 慶尚累層群の堆積時 とくに中期から後期にかけて慶尚堆積盆地に火山活動が活発化し 次いで深部に花崗岩が貫入した. このような火成活動が活発であった時期には当然 鉛直応力が増大する傾向にあり 水平のある方向には張力が作用していたであろう. 花崗岩体は梁山断層群と平行する方向に沿って 同断層群の両側に分布する傾向があり 従って おそらく 花崗岩貫入時にすでにその位置に古梁山断層というべき弱線帯が形成されていた可能性が強い. したがって北東—南西の水平圧縮応力は仏国寺変動の当初から働いていたと思われるが 火成活動の時期は鉛直力が水平圧縮力を上廻った時期である.

中部の沃川褶曲帯やその周辺の先カンブリア系地塊における地質構造はやや複雑である. 沃川帯はすでに述べたように北東—南西方向に発達しており その内部は同方向の褶曲 小構造で占められている. このような北東—南西方向の褶曲は沃川帯内部のみならず周辺の古期岩層中にも発達しているが慶尚盆地の白亜系慶尚累層

群中には見られない. 従ってこの褶曲運動の時期は慶尚累層群の堆積前であることは明らかである.

沃川褶曲帯の断裂系についてみると北北西—南南東と西北西—東南東の2断層および褶曲軸に平行する北東—南西方向の断層がある. KANG(1981)の研究によるとこの北北西—南南東方向の断層のうち 先白亜系中にあるものは見かけ上左廻りのずれを示しており これに対して白亜系中にあるものは右廻りのずれを示している.

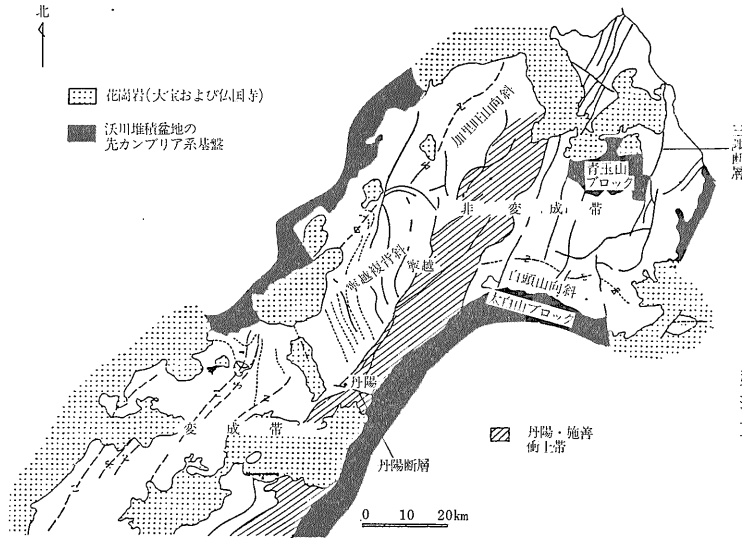
これに対して西北西—東南東断層は すべて左廻りである. すなわち この褶曲帯ではまず古期の運動があり その上に仏国寺変動時の運動が重ねられたのである(第9図).

沃川地向斜は三疊紀後期からジュラ紀初期にかけて造構運動を始めジュラ紀における大宝運動によって現在の沃川褶曲帯の原構造を形成したことはすでに述べたがこの造構運動はかなり激しい北西よりの圧縮応力を伴うものであったことは沃川褶曲帯の内部には北東—南西方向の褶曲構造および衝上断層が数多く発達していることから窺われる.

大宝運動期の北西—南東方向の圧縮応力によって上記の断裂系が活動したとすれば北北西—南南東方向の断層は左廻り 西北西—東南東方向の断層は右廻りの変位を行うはずである. 第9図において先白亜系の北北西—南南東断層(たとえば大田断層⑤など)が左廻りのずれを持っていることはこの予想と一致しているが 西北西—東南東断層がすべて左廻りのずれであるということは予想と異なるものである.

第9図の沃川褶曲帯北部において丹陽断層群⑥と誌されている西北西—東南東の断層の一部は竹嶺断層として古くから知られていた. 竹嶺峠は大白山脈の北部にあり 忠清北道と慶尚北道を分つ境界でもある. 竹嶺断層は竹嶺峠を通過して丹陽市まで西北西—東南東方向に発達している. 竹嶺—丹陽間には北北東—南南西方向に伸びる 幅約7~8 kmの丹陽—施善衝上帯(第10・11図)が発達し 朝鮮系 平安系 大同系の地層がインプリケイト(鱗片)構造を呈し 多くの北北東—南南西衝上断層が発達する構造帯である.

竹嶺断層はこの構造帯を切る断層であって戦前の調査によると 左廻りに約2 km 変位させている(第12図)(立岩, 1976). 竹嶺峠附近には数多くのコル(小丘)が西北西—東南東方向に分布し 横ずれ断層に特有の地形を示している(第13図). 現在は竹嶺断層の大部分は断層破砕部を埋めて流れる河川堆積物に覆われており 特に丹陽附近の中 古生界分布域では断層そのものを見ることはできないが峠に近づくとき先カンブリア系分布域があり その附近で平行する副断層と思われるものが道路

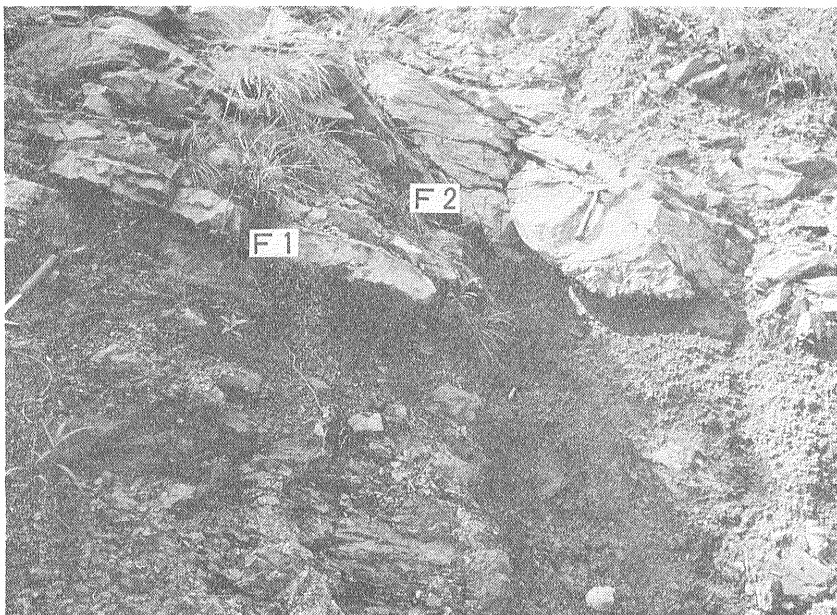


第10図
沃川褶曲帯北部の地質構造 (UM and REEDMAN, 1975).

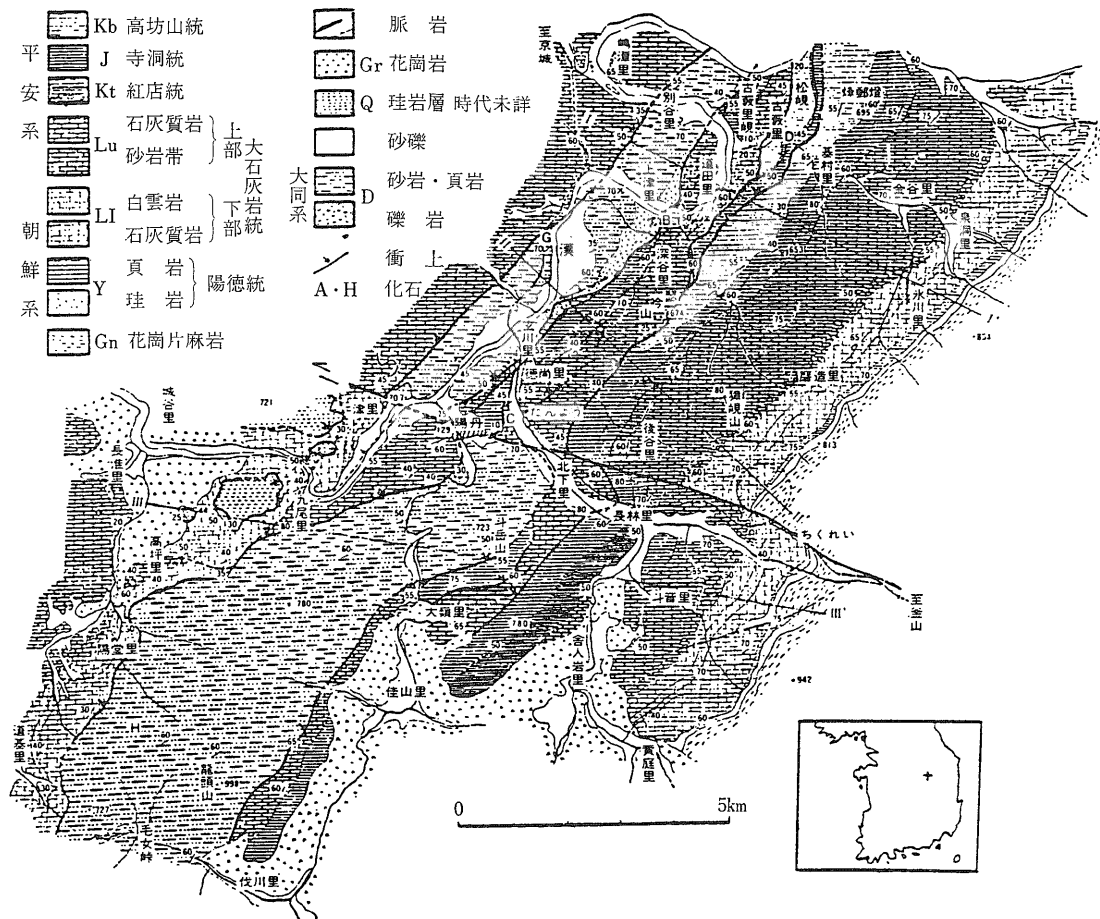
上で観察できる。ここでは花崗片麻岩が幅20~30mにわたって破碎されており その内部には N70°W 方向で垂直の小剝離面が無数に発達している。この場所では竹嶺断層はジュラ系大同層群より以前の地層をすべて変位させているが白亜系が分布していないので断層活動時期はジュラ系以降としか判らない。しかしこの附近を調査してみると 大宝運動期の北東-南西方向の断層に切られている西北西-東南東断層もあり 後者がすでに大宝運動期に生成していると見ることができる。西北西-東南東断層に沿って大宝運動期に生じた

管の右廻り変位は 仏国寺変動時の左廻り運動によって消えてしまったのであろう。

丹陽断層群より北東の 大白山から東海岸に至る地域の沃川褶曲帯においては 褶曲構造が大白山の周辺を繞るように半円状に形成されている (第10図)。丹陽以東では大同層群までの地層が西北西-東南東方向の大きな1つの向斜構造を形成しているが この向斜構造の内部にも 丹陽-施善衝上と同じ性格の北北東-南南西断層によって東南東方向に衝上するインブリケート構造が生まれており 更に一部の向斜北翼では向斜軸に平行す



第11図
丹陽-施善衝上断層。
下側ジュラ系大同層群泥岩 上側朝鮮層群石灰岩。N30°E20°Wの緩傾斜衝上断層 (F₁) が更に N30°E50°Wの後期衝上断層 (F₂) で切られている。忠清北道寧越附近。



第12図 竹嶺断層の左横すべり (立岩, 1976)

る衝上断層によって南方に衝上する運動をしており 全体としてかなり複雑な地質構造を持っている。しかし この地域の平安層群は豊富な石炭層を含み コリア半島で有数の石炭地帯となっているために 非常に詳細な地質調査がされている。このインプリケイト運動によって作られた1部の凹みに白亜系が堆積している。白亜系の層厚はほぼ数百米で 薄い赤色頁岩を含む。大部分が礫岩 砂岩よりなる凝灰質の陸成層であって 先白亜系が褶曲 インプリケイト構造を呈しているのと対照的に ほとんど水平の構造を保っている。

三陟断層 (第9図⑧) に沿った狭長な断層帯は 本来大宝運動による断層運動によって形成されたものであるが 仏国寺変動に再び活動を行っている (第14図)。現在白亜系がこの断層の西側に沿って分布しており 白亜系が直接断層と接する露頭は見出されていないが 西側の白亜系が三陟断層の活動によって落込んだと思われる。

第14図は古生層 (おそらく平安系) 砂岩を切っている三陟断層であり 嶺東線大白駅北方 500m の場所である。ここではほぼ $N30^{\circ}E$ $60^{\circ}W$ 落ちの断層があり その上に約 $20^{\circ}N$ 落ちの断層条痕が観察される。ここで見る



第13図 竹嶺峠における断層地形



第14図 嶺東線太白駅附近より見る三陟断層谷

限り 水平ずれの要素が大きい。 断層線両側の白亜系の分布 西北西—東南東向斜構造のずれが本断層の水平ずれによるものとするとその変位は約 1~2 km の右廻りである。

このように 沃川褶曲帯の地質構造を追跡すると 目立った地質構造要素の主要形成期は大宝運動の時期であり その時の応力系は北西より加えられた圧縮応力であったことが結論されるが 沃川褶曲帯の東部 すなわち 大白山—東海岸の地域が当時 同じような応力下にあったかについては同地域の複雑な地質構造のために速断し難い面も残されている。これは 上には述べたように褶曲帯の褶曲軸がこの地域では東—西から西北西—東南東に変化しており 衝上断層もこの方向に発達しているからである。これについては本来沃川褶曲帯の一般方向と同じく 北東—南西方向であったものが仏国寺変動時の北東—南西方向圧縮応力のために大白山附近が隆起し 現在のような位置に変ったという見方もある (KANG, 1981)。しかし 西北西—東南東の褶曲構造が大宝運動時期にそのままの位置にありこれに対して北あるいは北北東からの圧縮応力が働いたとも考えられる。いずれにしてもこの時期は大陸側からの圧縮力が作用していた時期と考えられる。

大宝花崗岩の殆んどは沃川褶曲帯の周辺に同褶曲帯の構造方向に平行して分布している。大宝花崗岩の主な活動は約100から50百万年の間であるが KIER の論文によれば3つの時相に分かれる。前2者は大宝造山運動と同時性のものであり第3の時相が造山運動以後であって大規模なパソリス花崗岩の貫入である。仏国寺変動と同じく 大宝運動においても 北西—南東の圧縮応力下に鉛直応力の増大する時期があり この時期が花崗岩侵入の時期である。

白亜紀末における仏国寺変動はコリア半島における最後の地質変動である。第三紀においてもある程度の構造

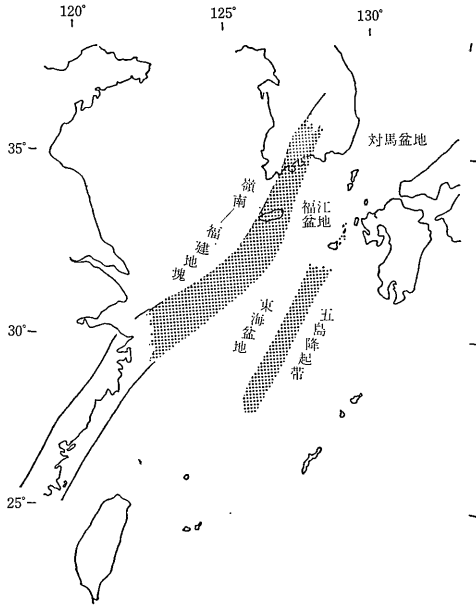
運動があったに違いないが この時期の舞台は専ら半島の南部に移っている。

ここでコリア半島でこのような構造運動が行われていた頃の日本はどうだったかを見てみよう。

コリア半島における先白亜紀の基盤は先カンブリア系古生代の朝鮮累層群 平安累層群 および中生代の大同累層群より構成されるが 朝鮮 平安の両累層群は主に沃川褶曲帯の狭長な所に堆積し 大同累層群の分布も局限されている。慶尚累層群の堆積した基盤は先カンブリア系を主とする嶺南陸塊である。

これに対して日本の西南日本内帯において白亜系が堆積するときの基盤の地質および地質構造を想定することは簡単ではないが 白亜系の分布 構造は内帯の三疊系以前の地層の配列や地質構造に対して大きく斜交していたことが認められている。地理的にコリア半島にもっとも近い中国地方と北九州は構造地質学的に三郡帯あるいは山口帯もしくは中国帯と呼ばれ 三郡変成岩類と古生界・三疊系よりなる地域である。後者は石灰岩 泥質岩 チャートなどよりなる地向斜堆積物で古生代層を主体とするが 最近の研究によれば上限の時代は三疊紀の前期あるいは中期まで遡るようである。

西南日本内帯のジュラ系は全般的に陸成層であり 山口県西部や近畿 中部地方北部に散在している。山口県西部のジュラ系は内湾性堆積岩を主とする豊浦層群とこれを不整合におおう浅海性堆積岩の豊西層群である。豊浦層群はジュラ紀前期から中期の地層であるが 豊西層群の時代はジュラ紀末から白亜紀初期にまで達している。このような陸成堆積盆は部分的には三疊紀後期から発達し始めたものでこの時代の堆積岩は山口県西部の美祿郡岡山県北部の成羽層群として残っている。これらは石炭層を含む砂岩 礫岩 頁岩層よりなる非海成層である。三疊紀後期からジュラ紀に至るこのような陸成堆積盆の発達コリア半島とよく似ている面が多



第15図 韓国南方の新生代堆積盆地

いていたことになる。

5. コリア半島南方の堆積盆地と梁山断層

白亜紀以降の堆積盆はコリア半島南部から日本の中国地方東部および北九州 および両国間の海域を含む広い地域に発達した。

西南日本の内帯では以上の地域を含み 更に飛騨山地などに白亜系が散在しているが これらは非海成層であり いくつかの不整合面や無堆積間隙を持っている。福岡県および山口県に発達している関門層群は下位が砂岩 頁岩 礫岩よりなる湖成層(脇野亜層群) 上位が礫岩 砂岩 頁岩よりなる淡水成層(下関亜層群)よりなる。下関亜層群は安山岩 流紋岩などの火山岩類を多く含んでいる。脇野亜層群は時代的にジュラ紀末期から白亜紀初期の豊西層群 ジュラ系 および古生層上に不整合で直接重なっている。脇野 下関両亜層群の境は1部は整合であるが1部は不整合である。関門層群の上には これを不整合に被って酸性火山岩を主とする周南層群 阿武層群などの地層が重なる。北九州および中国地方の他地方における白亜系もその岩相が関門層群と類似している。関門層群の層序および岩相は慶尚層群のそれとよく似ており また両者に産出する貝化石も一致するものが多い。また周南 阿武層群は韓国の柳川層群と対比され 岩相が非常に類似する。

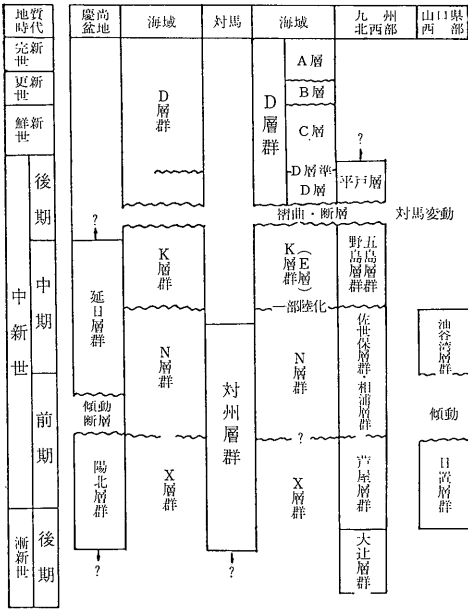
このように韓国の白亜系と西南日本内帯の白亜系は非常に類似する点が多く この時期には西南日本は地質的に大陸と連結していたと思わざるをえない。白亜紀のこの堆積盆は一括して対馬堆積盆地と呼ばれている(井上, 1982など)が 第三紀の対馬堆積盆地(第15図)と区別するために ここでは慶尚・対馬堆積盆地と呼ぶ。

第三紀に入ると コリア半島側の資料は非常に少なくなる。第三紀層堆積の中心は海域および日本である。陸域の古第三紀層は対馬 福岡 佐賀 長崎の各県下 天草 甌島 および山口県西部などに発達する。これらの地層は日本で有数の稼行炭層を含み 一連の海湾—河川堆積層と見做されている。地層の走向はほぼ北東—南西方向で上位の地層に移るにしたがって順次北あるいは北西に移行する傾向がある。山口県西北部から北九州 佐世保炭田地域 五島列島では古第三系の上に新第三系が発達する。

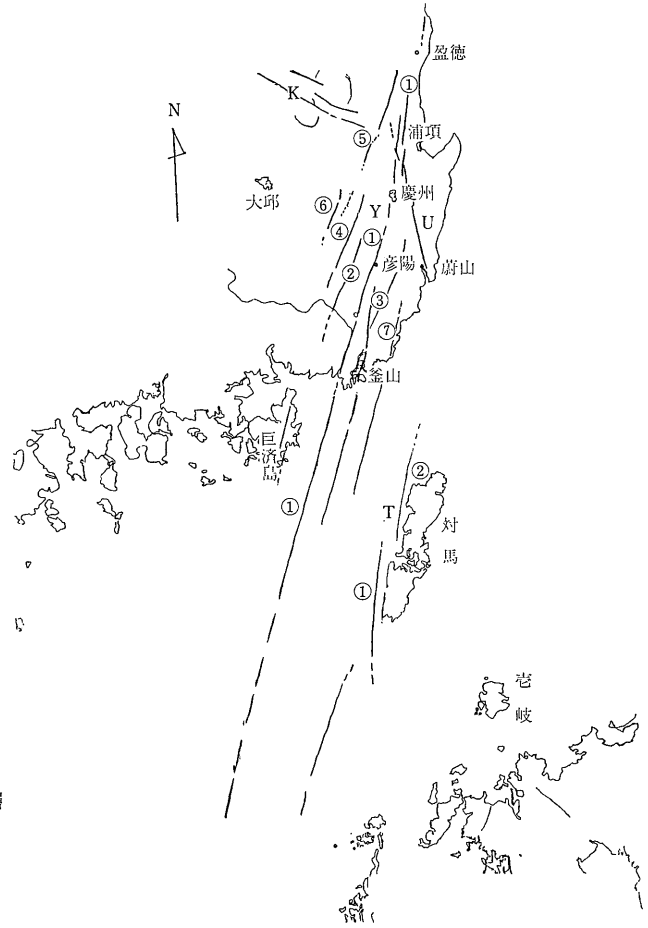
一方 海域には第三紀層が広く発達している。ここ10余年の間に海域の第三紀層に対しては 石油探鉱のために多くの調査が行われ 地質的知識も多くなった。その多くは企業秘密として外部に出ることはないが 全般的な資料は少しずつ学会誌などに公開されつつある。また海底の浅層地質は 地質調査所の海洋地質図として

い。

すでに見たようにコリア半島においては 石炭紀から二畳紀に移るころに陸化し 造構運動のピークは大宝造山運動による沃川褶曲帯の形成であり その時期はジュラ紀後半とされている。これに対して 西南日本(内帯)では二畳系はなお海成層であり 三畳紀の後半になって一部の地域に陸成層が堆積するようになった。三郡帯 舞鶴帯における海成の古生層および下部中生層の構造方向は 東西ないし東北東—西南西であり 山口県玖珂地域などでは北方より押上げる衝上覆瓦構造を形成していることが報告されている(豊原, 1976)。西南日本においても 韓国において松林変動 大宝運動がおこった時期とほぼ同じ三畳紀からジュラ紀に内帯の地向斜堆積岩が衝上断層を伴う褶曲運動を行い 隆起陸化を始め 幾つかの内陸盆地を形成したと見ることができる。これらの造構運動は我国において言われている古生代末から三畳紀・ジュラ紀にかけての秋吉(本州)造山 およびジュラ紀から白亜紀にかけての佐川造山の中の一環である。すなわち 韓国において沃川褶曲帯が形成されたジュラ紀後半ごろ あるいはそれ以前に日本列島にも褶曲山脈が形成されていた。コリア半島の応力方向は沃川帯の褶曲方向から北西—南東圧縮を考えたが 西南日本内帯に対しては東西ないし東北東—西南西の現在の構造方向が中生代前半のこの時期にもそのままであったとすれば北—南ないし北北西—南南東の圧縮応力が働



第16図 対馬海峡附近第三系対比図(井上, 1982)と対馬変動



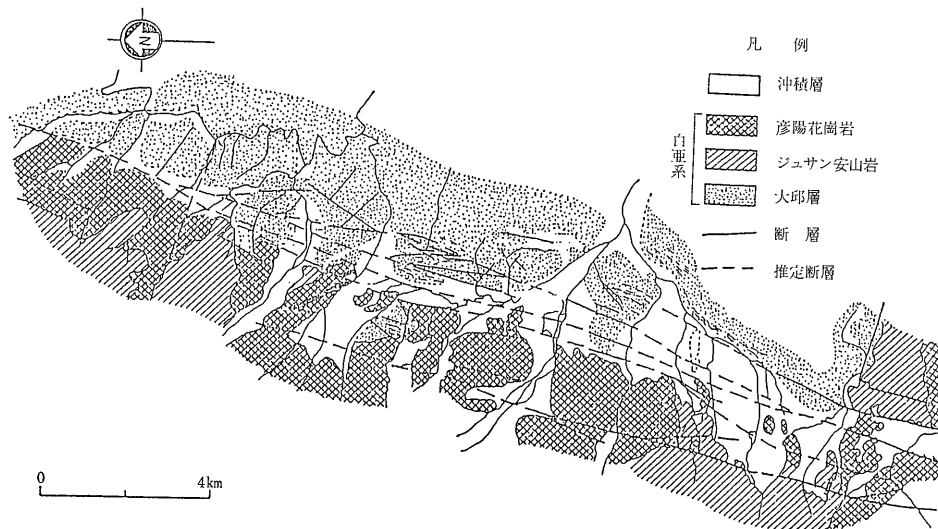
第17図 対馬海峡周辺の断層
 Y: 梁山断層群 T: 対馬断層
 U: 蔚山断層 K: 花山洞断層

発表されている。これらの資料を総合すると 海域の新第三系は以下のような分布 地質構造としている(第15図)。五島列島の南延長は陸上の五島列島から 南南西方向に伸びる海底隆起帯 五島隆起帯を形成している。ゴリア半島南部の嶺南陸塊も南西の海域に伸びて済州島の基盤を含み中国大陸の揚子江河口(舟山列島)において中国大陸の福建地塊と連なる嶺南—福建隆起帯である。両隆起帯の間は堆積層が厚く発達する 東海(堆積)盆地である。

対馬海峡では対馬の東西に厚い堆積層を持った対馬および 福江堆積盆地が発達する。南(1979)は対馬堆積盆地の堆積層を下位よりX N KおよびD層群に分けています。X層群は古第三紀後期から中新世初期の地層で陸成から浅海成の堆積物よりなり 一部に石炭層も含まれる。N層群は これに対して深海成泥岩よりなり 一部にタービダイト堆積物および火砕岩を含んでいる。地質時代は中新世 初期から中期(Blow の N4~10)である。K層群堆積時には対馬堆積盆の南縁は

陸化しており 堆積盆の南部では陸棚浅海性堆積物であるが北東方向に向って堆積面深度が増加し 深海成堆積物が見られるようになる。K層群の時代は中新世中期の後半(Blow のN11~15)である。現在の対馬附近を中心とする隆起はおそらくN層群の堆積末期 からすでに始まり この頃には対馬堆積盆は古日本海の一部となっていたことが浮遊性有孔虫の変化によって窺われる(南, 1979)。K層群の堆積末期に造構運動があり北東—南西から東北東—西南西の褶曲構造が形成された。これは東南方よりの圧縮運動により生じたものであり一部には衝上断層が形成された。D層群はこのようなして褶曲したK層以下の地層を削剝した平坦面に堆積した沿岸性堆積物で最下部は中新世後期である。これより上位の鮮新世~現世の地層は全般に薄い浅海成の堆積物である。K層群と同じように北東に向ってより深い堆積環境に移り層厚も厚くなる。

対馬海峡周辺の第三紀層の対比は井上(1982)によれば第16図のように要約される。



第18図 彦陽附近における梁山主断層 (HOSHINO, KANG, et al, 1984).

さてここで第三紀にいたる地質構造の発展をみてみよう。今までみたようにジュラ紀まではコリア半島から西南日本の地域を通じて北東—南西方向の構造要素が多い。詳しく言えばコリア半島ではむしろ北北東—南南西に近い方向でこれに対して現在の西南日本では東北東—西南西である。一方白亜紀の終り頃からコリア半島から九州にかけて南北性の構造要素が目立つようになる。コリア半島南部の東海岸に沿った浦項から釜山に至る一带には梁山断層と呼ばれる断層が発達している。従来梁山断層は慶尚堆積盆地の東縁部に発達する断層で仏国寺変動の時に活動した最も顕著な断層として知られていた(例えば UM and REEDWAN, 1975)がこの断層は衛星映像ではコリア半島で最も目立った構造要素であり対馬海峡海域における最近の石油探鉱調査資料と照合すると南方海域にまで伸長し第三紀にも活動した非常に大きな地質構造単位であることが判明しつつある。

衛星映像による解析および地表ルート調査を総合すると陸上地域の梁山断層の実態は次のようにまとめられる(第17図)。

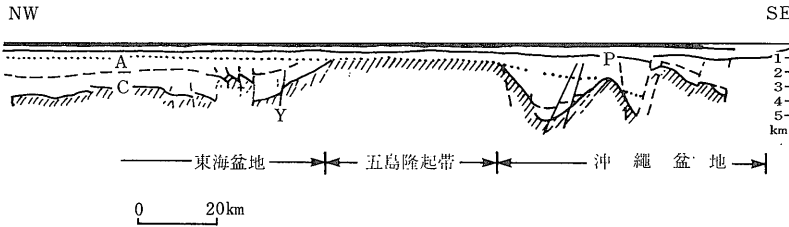
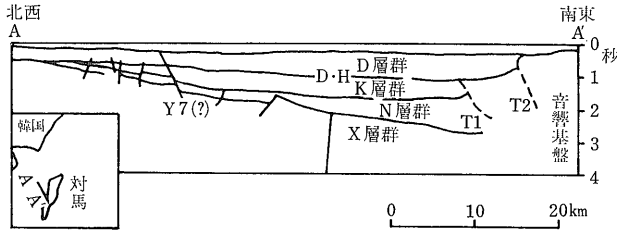
陸上の梁山断層(群)は平均N25°Eの方向に発達する数条の平行断層より成りその幅は約45kmである。各断層はあるいはエシェロン状に断続しあるいは隣接断層と交差したりするので平行断層の数を1義的に決めるのは難しい。映像上では6ないし7本の断層をかぞえることができる。主断層と思われるものはほぼ中央に在って最も距離が長く発達している第17図でY-①と符号した断層である。Y-①は東海岸の盈徳か

ら約15km北方の小邑城内洞に発し迎日湾奥の浦項市の西方約10kmあたりを2条の断層に分かれて通過し曾っての新羅の古都慶州市で再び1条の断層に戻りそれにより蔚山市の西約20kmに位置する彦陽釜山市の北方約25kmに位置する梁山(Yangsan)などの都市を通過して慶尚盆地最大の河川である洛東江の河口に達し海中に没する延長約170kmの大断層である。これまで梁山断層と呼ばれていたものはY-①断層である。以下Y-①断層を梁山主断層と書くことにする。

梁山主断層をよく調べると慶州附近を境に2つの部分に分けられる。洛東江河口から梁山彦陽を経て慶州の南約15kmの活川里という村落附近まではN25°Eの方向で断続なく直線状に発達するがその北方では雁行状となり方向もN5°Eに変わる。南部部分が本来の断層の形跡を保持しているものと思われる。衛星映像上で見ると多くの場所で梁山主断層は非常にみごとな断層谷を形成している。断層谷の幅は数100から1000mであるが彦陽や慶州附近では2000mに達することがある。彦陽附近で主断層の地上調査を行ったKIERの報告によると主断層は2～3本の平行断層に分かれ最大幅1000mの破碎帯を形成している(第18図)。

梁山断層群は白亜系慶尚層群中を通過しており岩石を著しく破碎させている。断層主部に特に破碎の激しい部分は数10mでこの中の割れ目は傾斜はほぼ垂直で断層粘土を挟み剪断性割れ目を伴う。断層面にはしばしば水平の滑りあとが見られる(星野村岡 1982)。

このような特徴は梁山断層(群)が横ずれ断層であることを示している。梁山断層群は地上部分では白亜系



第19図

(上)対馬西方の地震記録断面
(南 1979; 井上 1982 断
層記号加筆)
(下)五島列島南方の地震記録
断面(相場 関谷 1979; 石
和田 1981 一部加筆 原区
の沖縄堆積盆は一部省略)

および仏国寺花崗岩を変位させているが直接に第三系に接している所は発見されていない。浦項付近で梁山主断層に近接して非常に軟質の礫岩 砂岩 泥岩よりなる新第三紀層(迎日層群)が慶尚層群砂岩に断層にほぼ平行した走向で不整合で重なっているのが観察される。迎日層群の地質構造はほぼ水平の単純な構造で断層活動の影響はうけていない。陸上部に関する限り梁山断層群の主活動時期は仏国寺変動時であったと思われる。梁山主断層は右横ずれであることが個々の断層でも観察されているが 白亜系の地層分布から右横ずれ変位はかなりの量になることが推定される。慶尚累層群最上部の柳川(Yucheon)層群および仏国寺花崗岩は彦陽附近ではほぼ 20km 盈徳附近で同じくほぼ 20km の“変位”をしている。

梁山主断層を中心とする梁山断層群は北北東—南南西の方向を保持したまま南方海上に伸長して行くことが南(1979) 相場・関谷(1979) NASH(1979) など石油会社調査資料によって推定できる。これらの資料によると梁山主断層は陸上部と同じ走向のまま対馬西方を通り五島列島北西方まで発達していると見られる(第17-19図)。五島列島西方で一度消滅するが五島列島南西から再び五島隆起帯の西縁に沿って発達する。釜山西南の巨済島には梁山断層群の②あるいは④の延長と見られる北北東—南南西断層が見られる。主断層より東側には陸上部の③および⑦に相当する諸平行断層が南方に伸びる。従来対馬構造線とか五島構造線とかの名前で呼ばれ 最近井上(1982)によって対馬—五島構造線とまとめられたものはこれら梁山主断層東側の断層群に相当すると思われる。

対馬の西海岸沖合にはほぼ南北に走る大きな断層(第

17図T)が想定され対馬沖断層(富田ほか 1975)などと呼ばれている。対馬沖断層は梁山断層群の1部と考える見方もあるが後述するように梁山主断層と横ずれ変位が逆である。

海中部の梁山断層(群)は五島列島北西まででも約200 km 五島隆起帯に沿う部分までを同断層群に入れると数 100km にも及ぶ大断層であり陸上部と合計すると総延長はほぼ 1000km に近い。附近にこれに似た規模のものを求めるとすると日本の中央構造線に匹敵する。

対馬海峡および東シナ海(東海盆地)に発達する梁山断層の活動に関しては資料の全部が公開されていないため不明確な部分もあるが中新世前・中期層を変位させていることは確実である。第19図Bは相場 関谷(1979) 石和田(1981)による五島列島南方における地震断面であり Yが梁山断層群に相当する。図のA面で示される不整合面があり梁山断層などの活動を含む大きな地質変動がこの時期に行われたことを示している。Aはおそらく東シナ海全体に及んでいる広域不整合面で中新世中・後期に出現した(石和田 1981)ものである。Cは音響基盤で白亜系(および古第三系)に対比されている。A面以上の地層は後期中新世(BlowのN16以降)および鮮新世を主とする。A面は第16図におけるKとD層群間の不整合・変動に相当する可能性が強い。

対馬海峡周辺には対馬沖断層のほか北九州の小倉—田川断層などの南北方向断層 および蔚山断層などの北北西—南南東方向断層が発達する。対馬沖断層は対馬層群の変形により左ずれが推定されるが南(1979)による地震断面図によると同断層は対馬側が上昇する急傾斜の衝上断層であり断層の1つ(T①)はD層群に被覆されているが対馬に近い他の断層(T②)はその後

も活動している (19図A)。

陸上部の梁山主断層の北半分はすでに述べたように方向が北に転じているが この原因として浦項の西で梁山主断層に合流する蔚山断層が関与していることが考えられる。蔚山断層も現在は東方部分が上昇した形である。これらのことは南北性断層に左ずれを起させあるいは東から西に衝上するような東南よりの営力が中新世後期以降に対馬東方地域に起ったことを示している。これはK層群堆積末期に北東—南西の褶曲構造した連動と同じものである。

最後に梁山断層群の活動とその周辺の地質変動の地史を整理してみよう。

梁山断層群の発生 あるいは最初の活動は白亜紀末から古第三紀の初期である。これはコリア半島の陽北層群 延日層群の分布が梁山断層群の東側にしか分布していないこと 同層群が梁山主断層の近傍にありながら白亜系岩石中の断層露頭から想定されるような激烈な変形をしていないことから結論される。したがってこの活動時期は慶尚累層群の堆積および仏国寺花崗岩の貫入以後で陽北層群の堆積前であり 韓国で言う仏国寺変動の時期に相当する。この時期に北東—南西の圧縮力が作用し 梁山断層は右横ずれの連動を行った。最近明らかにされつつある中央構造線の地史については 市川 (1980) によれば白亜紀前期に第1期の活動 (主として左横ずれ) を行った中央構造線は白亜紀末から古第三紀初期にかけて第2波の左横ずれ連動を行った。中央構造線にこのような変位を起させる応力方向としては同様に北東—南西の圧縮力が考えられる。同じ時期に同じ程度の規模の構造線が応力方向を共有していることは両者が同一の応域応力場で活動を行った共役の断層であった可能性を示唆しており興味深い。いずれにしても白亜紀に共通の慶尚—対馬堆積盆を持ち 連結していたコリア半島と西南日本北西部は仏国寺変動による梁山断層の活動によって断層群より東部が下降し 且つ南方に移動したために 対馬附近から九州西域に広い沈降域を生じそこに古第三紀の堆積盆が形成された。

新第三紀に入るとコリア半島南方域では海進が進行し 全般に海成層が堆積した。しかし 中新世中期から後期に移るにつれて浅海性堆積物が多くなった。この間 中新世前期および中期に部分的不整合があり (第16図) 一部では傾動連動が行われた。

梁山断層群東方の地域は中新世後半から隆起を始めおそらく東南方よりの圧縮によって対馬沖断層などに沿って左ずれの変位が行われ また東側が上昇する逆断層連動も行われた。これらの連動は中新世中期から後期にそのピークに達した。すなわち コリア半島南方域

において新第三紀最大の変動は 中新世中期から後期のある時期に行われた。この時期に対馬海峡および東シナ海に起ったと思われる広域地殻変動をかりに対馬変動と呼ぶこととする。これを第16図の層序図にあてはめると K D層群間の不整合に相当する。この間 梁山断層群より東の対馬盆地では大局的に島弧に平行する北東—南西方向の褶曲が形成される一方 西の福江盆地 東海盆地では断層群に平行する北北東—南南西の断層地壘構造が形成されたという興味ある対立が見られる。

梁山断層群の主部はこの時は水平ずれよりも垂直ずれが大きかったと思われる。以上の地質構造から見ると 対馬変動における東南方よりの圧縮は梁山断層群の東側 日本海西部に強く働き 西側ではむしろ伸張力が作用している。

D層群 (第16図) は一般に対馬変動前の地質構造を削し ほぼ水平に堆積している。しかし中新世後期に一つの不整合が考えられている (ほぼ6・3百万年前 南, 1979) ほか D層群中にいくつかの部分的不整合があるようである。対馬の東方海域では陸上に見られる北北西—南南東の断層は海底に現われていないようである。おそらくD層群に被覆されていると思われる。対馬および五島列島の南方では北西—南東方向の断層ないし構造線が井上 (1982) などにより推定されている。

コリア半島および周辺においては 第四紀に入ると大きな造構運動は姿を消したように見られる。しかし楸哥嶺断層に沿う火山活動および済州 浦項市周辺の玄武岩活動など第四紀の火山活動が所々に見られるように 第四紀における断層連動がなおある地域で行われている。玉生 (1984) は済州島および慶尚盆地における地熱活動から 第四紀にコリア半島南部に東北東—西南西あるいは東—西方向の圧縮力が働いていると考えている。第19図Aでは梁山断層群の一つと見られる断層 (Y③?) がD層群の最上部まで切っている様子が見られる。これは梁山断層群の最も新しい時期の活動を示すものと考えられる。

いずれにしても梁山断層群は白亜紀以後のコリア半島と日本列島との地質構造関係を決定する上で最も重要な役割を演じたと思われる。日本海の誕生あるいは大陸からの日本列島の分離についていろいろな説が述べられているが 梁山断層群の運動を上記のように考えることが認められたとすると 分離の時期は白亜紀後期から古第三紀初めの仏国寺変動時が最も可能性が高い。中新世はむしろ日本列島がコリア半島の方向に動き 対馬海峡に隆起連動が起った時期である。中新世の前期ごろ すでに対馬附近の隆起によって日本海が閉塞されたであろうことが浮遊性有孔虫の突然の変化により示され

ている(南 1979)。

仏国寺変動以後に日本列島がコリア半島より遠ざかるような運動が起つたとすれば その可能性があるのはむしろ更新世である。上記のような新期の東北東—西南西あるいは東—西方向の圧縮力が対馬海峡附近に作用したとすれば これは梁山断層群に再び右ずれの変位を生ぜしめる営力となり得る。しかし コリア半島陸上部においては更新世の断層運動を示す何等かの証拠はまだ見出されておらず この点に関しては今後も調査が必要であろう。

6. ま と め

コリア半島における主要な造構運動は次のようにまとめられる(第4 16図)。

松林変動 三疊紀 主に北部に起つた。

大宝造山運動 ジュラ紀中期～白亜紀初期 主に中部に起つた。大宝花崗岩類の貫入があり沃川褶曲帯が形成された。北西—南東の圧縮力により北北西—南南東および西北西—東南東の断層が作られた。

仏国寺変動 白亜紀末から第三紀初期 主として南部に起つた。仏国寺花崗岩類の貫入を伴った。北東—南西の圧縮力による北北東—南南西 右横ずれおよび西北西—東南東 左横ずれの共役断層の形成。とくに東南部における北北東—南南西性断層である梁山断層(群)の最初の活動があった。

対馬変動 中新世中期から後期 コリア半島南方域に起つた。梁山断層群東側(日本海西部)における南東—北西の圧縮力による褶曲と隆起。

コリア半島東南の梁山断層群は対馬海峡を通り おそらく五島列島南方にまで延びる非常に大きな構造線であり 仏国寺変動時に東側が南に動くかなり大きな変位をしたと思われる。日本海と東シナ海では第三紀層の地質構造に対照的な相違が見られるが この変化は梁山断層群を境界として形成されている。

文 献

相場博一・関谷英一 1979; 南西諸島周辺海域の堆積盆地の分布と性格 石油技誌 44巻5号 p. 329-340.
 星野一男 1981; いわゆる梁山断層(Yangsan, 韓国東南部)

の石油地質学的意義について(演旨) 石油技誌 46巻 p. 271.

星野一男・村岡洋文 1982; 韓国南部梁山断層 地質ニュース No. 332. 口絵

星野一男・村岡洋文 1982; LANDSAT 映像よりみた韓国の地質構造 地調月報 33-8 p. 420-421.

星野一男・姜必鐘 1983; 済州島 対馬周辺堆積盆地の性格に関する考察 石油技誌 48巻 p. 315.

Hoshino, K., Kang, P. C. et al, 1984; Research on interpretation of geological structure by remote sensing technique, ITIT Report (Project No. 8014) 45p.

石和田靖章 1981; 東シナ海の広域不整合について 月刊海洋科学 Vol. 13. No. 3. p. 175-179.

市川浩一郎 1980; 概論: 中央構造線 月刊地球 Vol. 2 No. 7, p. 487-494.

井上英二 1981; 対馬海峡をめぐる白亜系・第三系の地質学的問題 その1 陸域部の地質比較 地質ニュース No. 328, p. 23-36.

井上英二 1982; 対馬海峡をめぐる白亜系・第三系の地質学的問題 その2 地質ニュース No. 340.

Kang, P. C., 1981; Geological evolution of Korea and structural analysis of SEATAR Korean transect area, CCOP Bulletin, Vol. 14. p.31-51

Kang, P. C., 1979; Geological analysis of Landsat imagery of South Korea: Jour. Geol. Soc. Korea, Vol. 15, no. 2 and 3.

李商万 1983; コリア半島の地質とテクトニクス 岩波講座地球科学: 世界の地質 p. 355-384.

南明 1979; 山陰・対馬沖の堆積盆地の分布と性格 石油技誌 44巻5号 p. 321-328.

Nash, D. F., 1979; The Geological Development of the North Okinawa Trough Area from Neogene Times to Recent, Jour. Jap. Ass Petrol. Tech., Vol. 44 No. 5, p. 341-351.

Nozawa, T., 1977; Radiometric age map of Japan, scale 1: 2,000,000. 1. Granitic rocks. Geol. Surv. Japan.

立岩巖 1976; 朝鮮—日本列島地帯地質構造論 654p. 東京大学出版会.

津末昭生 1983; 日本及び韓半島の花崗岩類について 島弧と大陸との関連から見た九州の構造発展史 日本地質学会西日本支部編 p. 51-59.

豊原富士夫 1976; 山口県東部の三郡 山口帯—領家帯の地質構造, 地質雑 82巻 p. 99-111.

Um, S. H. and Reedman, A. J., 1975; Geology of Korea, Geological and Mineral Institute of Korea, 139p.