

## 北海道空知-エゾ帯白亜系~第三系深部に見られる スラスト・ナップ構造

The thrust and nap structure of the Cretaceous and the  
Tertiary sediments in the Sorachi-Yezo Belt, Hokkaido

小椋伸幸\*・葉葦真宝\*\*・川田耕司\*\*\*

Nobuyuki Ogura\*, Shinho Habuki\*\* and Koji Kawada\*\*\*

**Abstract:** Two types of shortening tectonics related to two episodes of crustal collision are identified in the southern part of the central Hokkaido. Low angle thrust sheets of Cretaceous sediments formed an antiformal duplex from Oligocene to early Middle Miocene time in the Tomiuchi-Nioi area. This low angle thrusting is associated with the volcanic activity and uplifting in the Hidaka Belt. After this event, thick marine sediments deposited and filled the trough in front of the thrust belts in Middle Miocene time. Upper detachment between the Middle Miocene sediments and the thrust sheet of Cretaceous sediments became steeper during the deposition of the Middle Miocene sediments since the shortening may have continued under the upper detachment. The second episodes of shortening caused relatively high angle reverse faults and buckling folds which are identified in the Tertiary basin of the Hidaka area. Combination of surface and subsurface data reveals that those folds were formed as fault propagation folds after late Middle Miocene time.

### はじめに

北海道は、白亜紀以降2回の異った衝突テクトニクスが起ったことがKimura et al (1983), Okada(1983)により推定されている。最初の衝突はユーラシアプレートの北米プレートへの衝突(保柳ら, 1986, 木村・宮下, 1986)であり、衝突の時期を、Kimura(1983)は50Ma以降

Okada(1983)は中期中新世と推定した。保柳ら(1986)は、中期中新世に中央北海道にトラフ状の堆積盆地帯と上昇帯が近接して形成されたことから、15Ma前後には衝突状態になっていたとしている。また、2回目の“衝突”は、後期中新世以降千島弧が西進することにより生じ(Kimura, 1981)、中央北海道では東傾斜逆断層および東緩西急型の非対象褶曲(藤井・曾我

1993年12月1日受付。1994年2月16日受理。

\*石油資源開発(株)探鉱部。現在エムジェイシー石油

Japan Petroleum Exploration Co., Ltd (JAPEX) Exploration Department (NOW M.J.C. Petroleum Co., Ltd.)

\*\*カンボジア石油(株)

Cambodia Petroleum Exploration Co., Ltd (CAMPEX)

\*\*\*石油資源開発(株)札幌鉱業所

Japan Petroleum Exploration Co., Ltd (JAPEX) Sapporo Division Office

部, 1978)を形成させたと考えられている(宮坂・松井, 1986).

この北海道における衝突テクトニクスは, 主に火山活動・堆積作用及び地表に見られる地質構造に基づいて考察されており, 炭田地域での詳細なデータ(例えば, 下河原, 1963)を除き, 地下深部の地質構造に与えた影響については十分に検討されていないのが現状である.

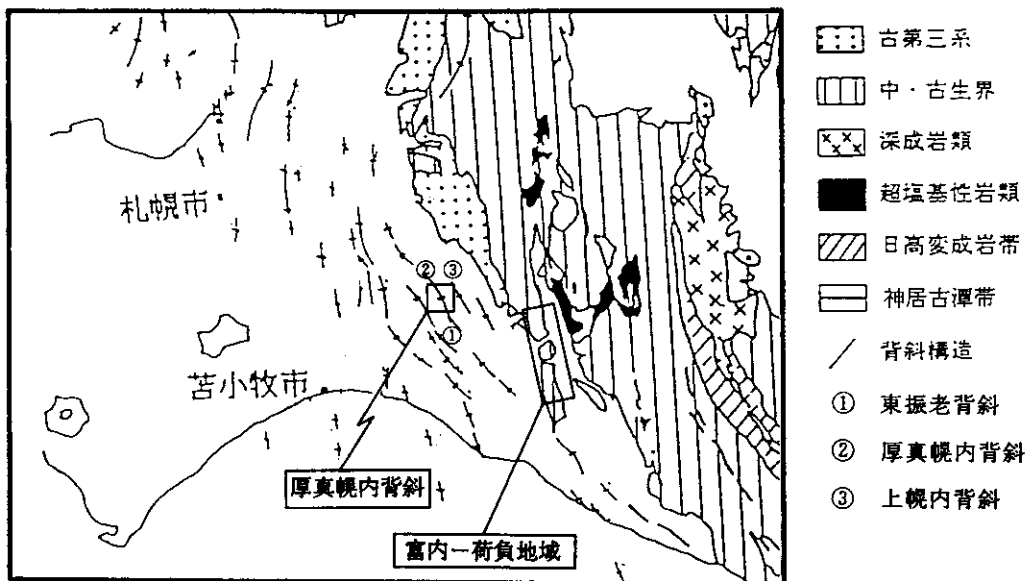
本論では, これら2つの“衝突”の影響を受けていると推定される2地域(第1図)の地下深部の地質構造解釈について報告する. 対象は, 石狩炭田地域南方の富内-荷負地域に見られる白亜系デュプレックスの形態と, 第三系に見られる背斜構造の1つである厚真幌内背斜の深部の地質構造形態である. 両地域において, 地下深部の詳細な地質構造形態の推定を行うとともに, 2度の衝突が地下深部の地質構造に与えた影響について考察する.

## 富内-荷負地域の白亜系に見られるデュプレックス

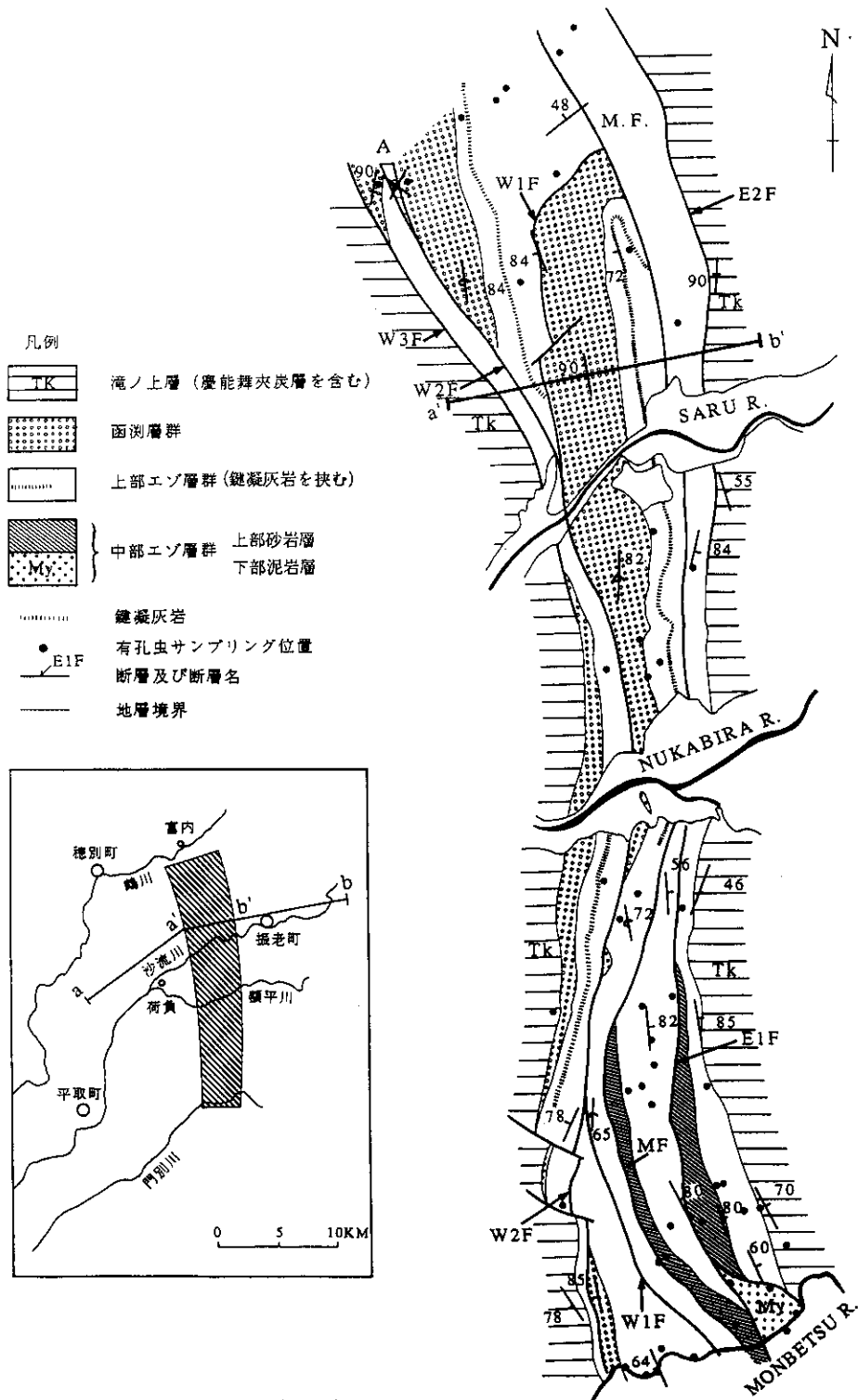
### A. 層序

北海道穂別町富内から平取町荷負地域には,

白亜系が2~5 Kmの幅で南北に細長く分布している. また, 白亜系の東西両側に新第三紀滝ノ上層が分する. これら地層は, 下位より白亜紀中部エゾ層群, 上部エゾ層群, 函渕層群および新第三紀滝ノ上層よりなる(第2図). 白亜紀中部エゾ層群は額平川以南に分布し, 下部泥岩層と上部砂岩層に細分される. 上部エゾ層群は主として泥質岩よりなり, 上部に酸性凝灰岩の鍵層を挟む. 函渕層群は, 砂岩を主体として泥岩, 凝灰岩を挟む. 滝ノ上層は, これら白亜系の東西に分布する. 泥岩, シルト岩および砂岩互層よりなり, 額平川以南では基底部に礫岩を伴う. また, 額平川では白亜系と滝ノ上層の間に亜炭層を挟む砂岩・泥岩互層が分布し, 慶能舞夾炭層に対比されるが, 本報告では滝ノ上層として一括している. 白亜系の岩相層序区分は, 猪間(1965)に従ったが, 次の点について修正を加えた. 猪間(1965)は, 額平川~門別川地域において, 東側に分布する滝ノ上層に接する白亜紀泥岩層を, アンモナイト化石から中部エゾ層群に対比し, 西上位で分布すると解釈した. 筆者らの調査において, 猪間(1965)のアンモナイト化石に, Maiya & Takayanagi(1977)に基づ



第1図 位置図



第2図 富内-荷負地域地質図

き分帯した有孔虫化石データを加えて検討した。その結果、中部エゾ層群下部泥岩層(セノマン階)の分布は、門別川沿いに断層に挟まれて分布しており、北側の泥岩は、上部エゾ層群(チューロン階～サントン階)に対比され、東傾斜で分布することが明かになった

## B. 地質構造

白亜系は、ほぼ南北走向の急傾斜(一部逆転)で露出する。中央断層(M.F.)と名付けた断層を境に、東側は東上位で、西側は西上位で重なる。また、白亜系は中央断層の東側で、中央エゾ層群～上部エゾ層群が、断層により繰り返し分布し、西側では、上部エゾ層群～函淵層群が、断層により繰り返し分布する。この繰り返しから推定される南北性の断層を、中央断層の東側では東第1断層(E1F)と名付け、また同様に西側の断層はそれぞれ西第1断層(W1F)西第2断層(W2F)と名付けた。また、東西性の横ずれ断層が、4条存在する。

新第三紀滝ノ上層は、白亜系の東西両側に白亜系とはほぼ同じ走向・傾斜で分布する。滝ノ上層は、額平川以南では基底部に礫岩を伴い、不整合で白亜系と接する。沙流川以北では、滝ノ上層の基底部の礫岩を欠くこと、調査地域の北方の鷗川ルートで滝ノ上層と白亜系が西落ち断層で接していることが確認されたことから、滝ノ上層と白亜系は断層で接していると推定される。これらの断層を東第2断層(E2F)、西第3断層(W3F)と呼ぶ。

## C. 地質構造解釈

白亜系と滝ノ上層の境界付近における両者の走向・傾斜はほとんど差が認められず、現在見られる中央断層を境にした東西両翼の急傾斜帯の形成は、滝ノ上層堆積以降と推定される。中央断層を除いた南北性の断層の走向は、地層の走向とはほぼ一致する。また、沙流川の北側において、中央断層と西第1断層に挟まれた上部エゾ層群および函淵層群は鼻状構造を呈しているが、西第1断層の西側に接する上部エゾ層群も、同じ構造形態を示している。この西第1断層は、

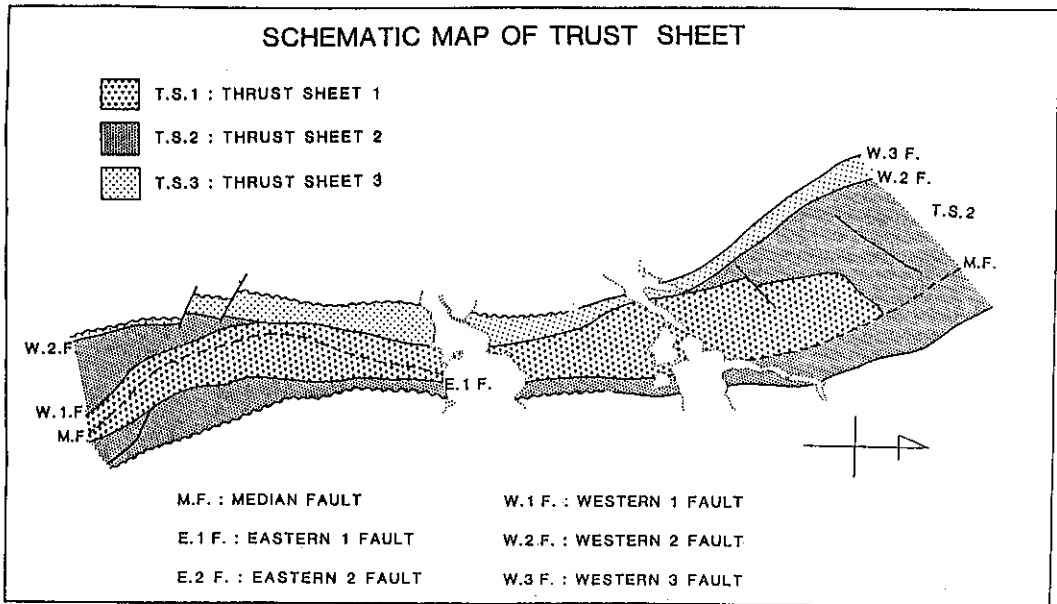
中央断層で切られていることから、ここに見られる鼻状構造は、急傾斜帯を形成した中央断層と同時に形成され、これら変形の前に、西第1断層の形成が行われたと推定される。また、その他の南北性断層も、断層の走向と断層上位の地層走向はほぼ同じであり、断層下位では地層と斜交する部分がある。このように、同じ地層が、断層により繰り返し出現しすること、これら断層は下位の地層と斜交し、上位の地層に整合的であることは、これら断層は、下位の地層を切り、地層が断層面に沿って褶曲(fault-bend 褶曲)を生じさせた低角スラストであることを示唆する。

この地域に推定される、低角スラストの形成およびその後の中央断層を伴う急傾斜帯の形成について最初に考察したのは猪間(1965)である。猪間(1965)は、額平川～門別川地域において、中央断層東翼で滝ノ上層に接して分布する白亜紀泥岩層を西上位で分布すると解釈した。その結果、現在東上位で分布している滝ノ上層とは大きな構造差があり、滝ノ上層堆積前に白亜紀層が水平に近いまでに変形したと解釈している。しかし、前述したように、筆者らの調査においてこの白亜紀層は上部エゾ層群(チューロン階～サントン階)に対比され、東傾斜で分布することが明かになった。したがって、額平川以南では、中央断層東翼に中部エゾ層群上部砂岩～上部エゾ層群よりなる2枚のスラストシートが存在することと、滝ノ上層とは構造差が少いことが明らかになった。

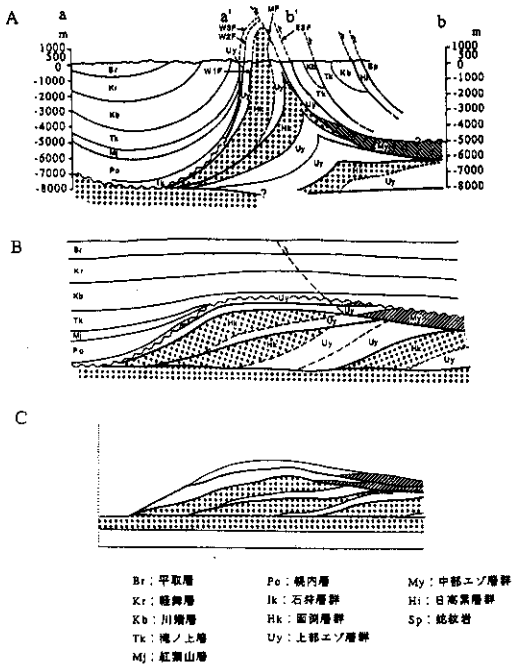
調査地域では、中央断層東翼に2枚のスラストシートを、西翼に3枚のスラストシートを認める。東西に分かれて分布する滝ノ上層と接する白亜系スラストシートを、同一のものと解釈すると、当地域の地表に3枚のスラストシートが存在する(第3図)。

## D. 第一次変形の復元

スラストによる地層変形を第1次変形、中央断層の形成を伴う地層変形を第2次変形と定義する。第4図Aは、調査地域を東西に切る断面図である。白亜系の西側の第三系は、基礎試



第3図 スラストシートの分布



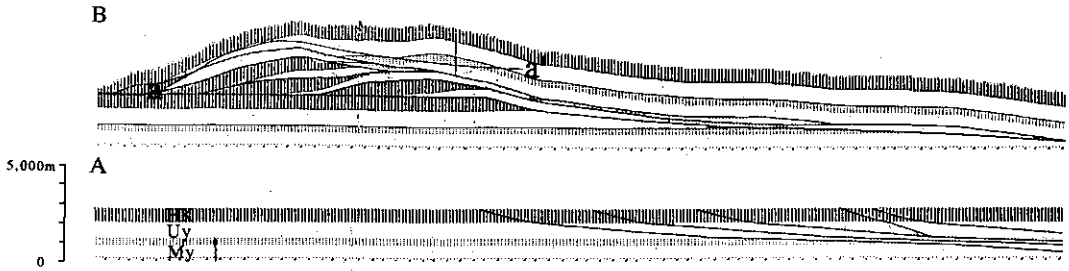
第4図 断面図及び復元断面図  
 A.地質断面図 B.中央断層変形前の復元図。  
 C.コンピューターモデルによる再現図。

錐「軽舞」および平取SK-9などの坑井から、層厚は7000～8000mに及ぶと推定した。地表に見られる白亜系のスラストシートは3枚であるが、さらに深部に同じ規模の2枚スラストシートの存在を仮定している。

第4図Bは、第4図Aをもとに復元した第2次変形前の断面図である。この断面図を、Fault-Bend 褶曲を仮定したスラスト形成コンピュータモデル(APPENDIX)により再現したのが、第5図および第4図Cである。スラストの形態および移動量は、スラスト形成後の地質構造に一致するように、試行錯誤の結果決められた。上述したように、地表で認められた3枚のスラストシート下に、2枚のスラストシートの存在を仮定している。この復元結果から、白亜系はアンチフォームルデュープレックスを形成したと推定される。

**E. 第1次変形の形成時期**

デュープレックスは、白亜紀函館層群、上部エゾ層群、中部エゾ層群のスラストによる繰り返しからなる。デュープレックスの両翼では、



第5図 コンピューターモデルによるデュプレックスの復元  
 A. スラスト形成前の断面図。スラストの位置が示されている。  
 B. スラスト変形後の断面図。a-a'で削割した断面図は図3C.にします。  
 HK: 函濁層群, UY: 上部エゾ層群, MY: 中部エゾ層群

古第三系を欠いて、滝ノ上層が不整合または断層で接している。スラストシートは、調査地域の北側(A地点、第2図)で滝ノ上層を断層で挟むことが、有孔虫化石およびビトリナイト反射率から明かになった。当地域の白亜系のビトリナイト反射率は、0.64～0.74%を示すのに対し、第三系のそれは0.51～0.52%と低く、両者の熟成度に大きな差がある。滝ノ上層が、スラストシートに挟まれることから、スラストの形成は白亜系堆積後から滝ノ上層堆積後と推定される。当地域北方の夕張炭田地域では、低角スラストにより変形している地層は白亜系～古第三紀幌内層である。下河原(1963)は、白亜系堆積後および古第三紀石狩層群堆積後の構造運動は小さく、幌内層堆積後の“後幌内地変”が、白亜系の逆転構造を形成したと指摘している。また、調査域東方の平取町振内周辺に分布する滝ノ上層から、蛇紋岩砂岩が報告されており(松本ほか, 1963; Okada, 1964)、滝ノ上層堆積時かその直前に、神居古潭帯の蛇紋岩の進入・移動が行なわれ、地表付近でナップの形成が行なわれたことが推定されている(新井田, 1987; 新井田・福井, 1987)。

調査地域では古第三系を欠くために、スラスト形成の時期は特定できないが、これら周辺地域の構造運動を考慮すると、幌内期堆積後～滝ノ上期(前期漸新世以降～中期中新世初期)に、神居古潭帯の活動時期と密接に関連して、低角スラスト運動により、デュプレックスが形成

されたと推定される。

## F. 第2次変形の時期

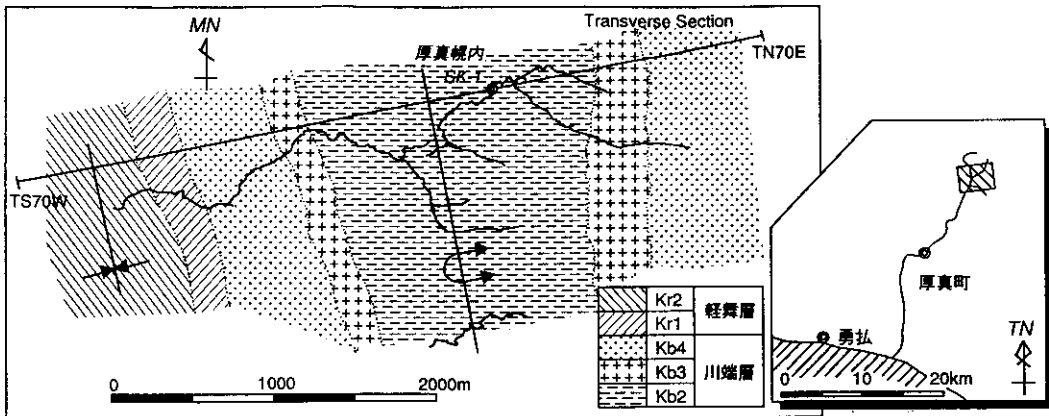
白亜系を主体とするアンチフォーマルデュプレックスは、中央断層の形成により、両翼が急傾斜である現在の構造形態をなしたと推定される。その時期については、少なくとも川端層までは白亜系と同じ変形を受けているので、川端層堆積以降と考えられる。

## 厚真幌内背斜

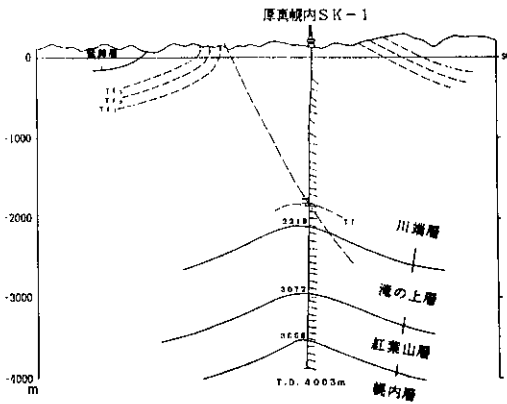
### A. 地質概略

厚真幌内背斜は、上述した白亜系の分布域から、約20km西側に位置する(第6図)。本背斜は、日高地域の新第三系分布域に発達する西急東緩を示す背斜群の1つある。本背斜については、昭和52年に石油資源開発(株)により厚真幌内SK-1号井が掘削され、掘り深度4,003mで古第三紀幌内層に達している(第7図、北海道鉱業振興委員会, 1979)。

地表及び坑井における層序は、下位より幌内層、紅葉山層、滝ノ上層、川端層および軽舞層である。第7図は、厚真幌内SK-1掘削後の断面図である。坑井の1,900m付近に、地層傾斜の変化からスラストの存在を認めている。すなわち、1,900m以浅では、およそ45°の傾斜で東に傾いているが、1,900m以深では、数度程度の緩傾斜となる。坑井は、1,900mのスラスト



第6図 厚真幌内背斜周辺地質図。



第7図 厚真幌内背斜東西断面図(厚真幌内SK-1掘削後、北海道鉱業振興委員会、1979)

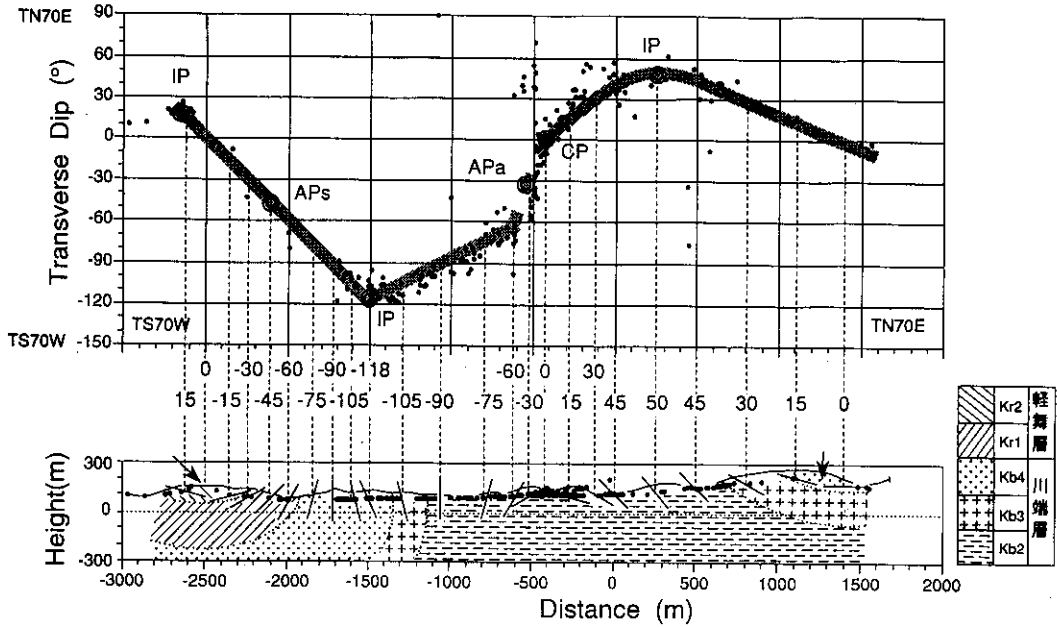
下盤に存在する背斜構造の軸部から、わずかに東へ寄った位置に掘削したと解釈されている。

### B. 地質構造再解釈

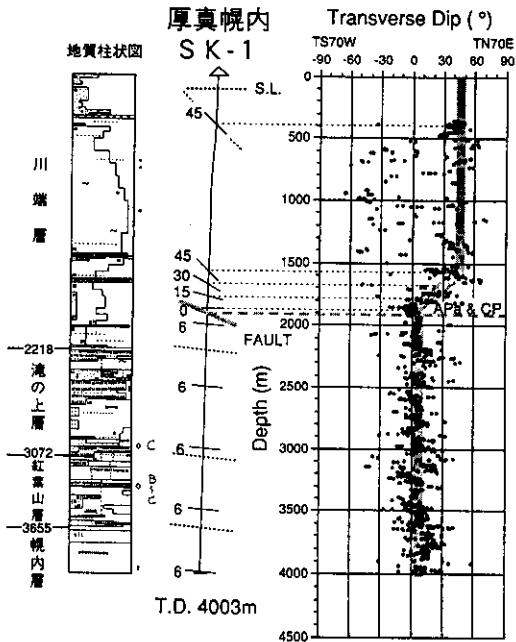
この背斜構造の地表及び坑井における地層の走向・傾斜を見直し、SCAT法(Statistical Curvature Analysis, Bengston, 1981, 1982)やDip isocline法を用いて構造再解釈を行った。SCAT法とは、デップデータの表現法の一つである。つまり、ある断面図において、デップデータ(位置, 走向, 傾斜)を、見かけの傾斜

と距離(もしくは深度)とのクロスプロットで表現することにより、構造解釈を容易にする。この手法により、横方向(地表)および縦方向(坑井)における地層傾斜の傾向を知ることができる。また、Dip isocline法により断面を作成した。この図法を用いた理由は、地層傾斜の傾向が横方向および縦方向で得られているので、等傾斜線を容易に認定できるためである。第8図は、厚真幌内背斜の横断面の地層傾斜のプロットである。地層傾斜は、滑らかな変化を示し、冠位置(Crestal point)、軸位置(Axial point)、変極点(Inflection point)が読み取れる。図9は、坑井での地層傾斜から大局的構造をみたものである。1,600m以浅と1,900m以深は各々45°東傾斜、6°東傾斜と安定しており、1,600m～1,900m間は、東傾斜で45°から0°まで変化する。冠および軸位置は、主逆断層の推定される1,900mに位置する。

坑井の地層傾斜の小スケールの検討では、1,900m以浅には断層の両側でdrag褶曲により地層が緩傾斜となるflattening dragが見られ、何条かの東傾斜の逆断層の存在が推定される。第10図Aはこれらの逆断層の1例である。これに対し、1,900m以深では、断層の両側でdrag褶曲により地層が急傾斜となるsteepening dragが見られ、西落ちの低角スラスト存在が推定される。第10図Bは、これらのスラスト



第8図 SCAT法を用いた地表地層傾斜の解釈  
 IP: 変曲点, APs: 向斜軸, APa: 背斜軸, CP: 冠位置



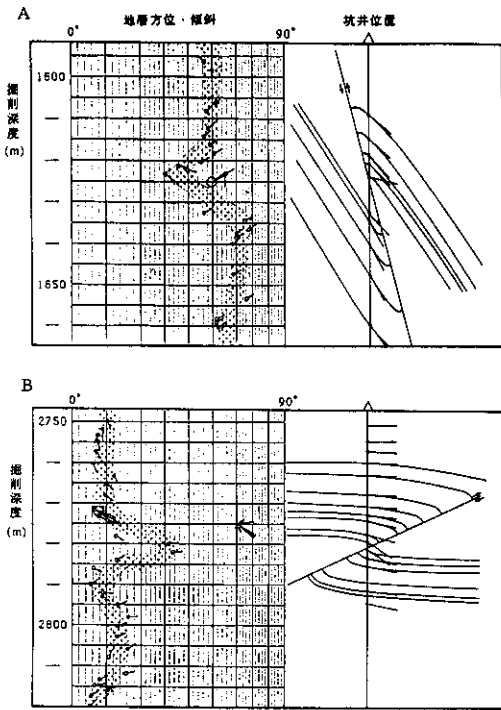
第9図 SCAT法を用いた厚真幌内SK-1の地層傾斜,  
 川端層で地層傾斜がばらつくのは泥質岩の影響。

の1例である。

厚真幌内背斜周辺の地表に分布する川端層の上部層(Kb3, Kb4層, 第6図)は砂岩・礫岩卓越層よりなり, 比較的コンピーテントな地層と考えられる。また, その上位の軽舞層は硬質頁岩よりなり, コンピーテント層と考えられる。これに対し, 背斜軸部に分布する川端層下部(Kb2層)より下位では, 泥岩・シルト岩が卓越する。地表と坑井の地層傾斜に基づいた dip isocline 法から, この地層は平行褶曲と相似褶曲の中間の褶曲形態をしていることが明らかになった(第11図)。上位の, よりコンピーテントな地層である川端層上部層と軽舞層は, 平行褶曲を仮定して作図を行った。また, 川端層の層厚変化をこの地域周辺のアイソバックデータから内挿している。

地層面が比較的コントロールされている川端層下部(Kb1)の上面の褶曲から, ボリュームバランス法(Dahlstrom, 1990, Fig.1)でディタッチメント深度の推定を行うと, 主逆断層のやや下位に位置する(第11図)。また, dip isocline





第10図 厚真幌内SK-1に見られる断層ドラッグ褶曲。  
 A.1,900m以浅に見られる flattening drag は東落ち逆断層によるドラッグ褶曲と推定される。  
 B.1,900m以深に見られる Steepening drag は西落ち低角スラストによるドラッグ褶曲と推定される。

が同断層付近で収束することは、地表付近に見られる厚真幌内背斜が主逆断層で解消されていることを示し、この主逆断層が川端層～滝ノ上層の境界付近で層内スリップしたディタッチメントへと変わることが推定される。

この厚真幌内背斜の南翼を通る地震探鉱記録断層では、この地域の東振老背斜、厚真幌内背斜、上幌内背斜(第1図)は、いずれも往復走時1.4秒以浅の浅部のみ認められ、それ以下では大局的に東傾斜の単斜構造をしているのが捕らえられており(小椋ほか, 1993), これらの推定が正しいことを示している。1,900mの主逆断層以深は、小規模な低角スラストが何枚か推定されるだけで、地質構造変形はほとんど見られない。

### C. 厚真幌内背斜の形態

厚真幌内背斜は、褶曲とスラストが関連して形成されたと推定される。スラストに伴う褶曲形態として、fault-bend 褶曲, fault-propagation 褶曲, ディタッチメント褶曲の3つの形態が知られており(Suppe, 1983; Jamison, 1987; Dahlstrom, 1970, 1990), それぞれの褶曲形態とスラストの関係について考察されている(第12図)。厚真幌内背斜は、坑井で1,900m付近にランプを形成する主逆断層の存在が認められる。褶曲(背斜)構造はランプ上に形成されており、比較的閉じた褶曲形態を取る(interlimb角が小さい)。また、背斜の西翼を固定したバランスクロスセクション法で容積バランスも線バランスも行なわれることから、同背斜は滝ノ上層にディタッチメントを持つ断層が、川端層を途中まで比較的高角に切って形成したfault-propagation 褶曲により形成されたと結論付けられる。

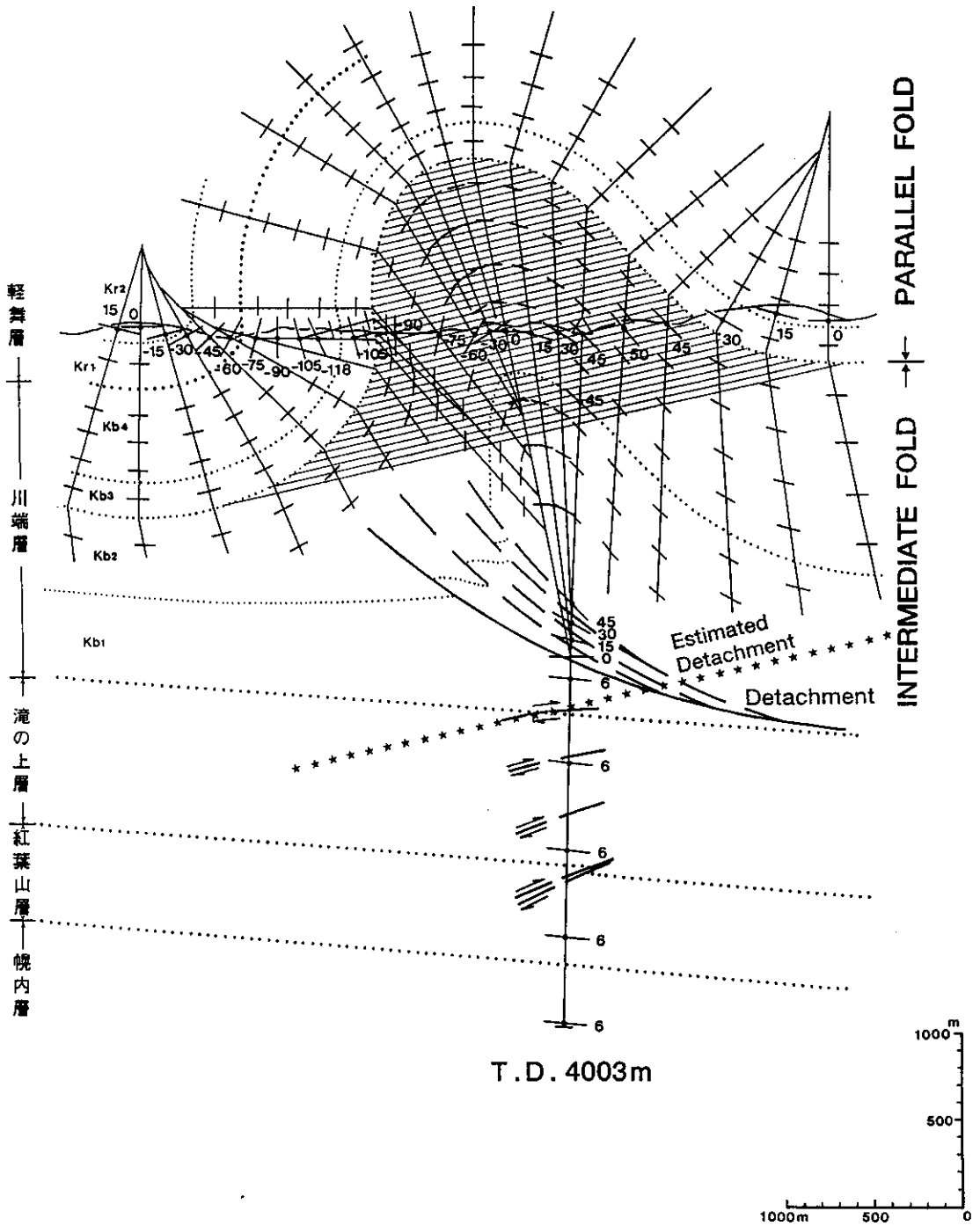
### D. 構造形成時期

宮坂・松井(1986)は、この地域に見られる断層・褶曲構造の形成を吾妻(1962), 今井・角(1957), 湊・浦野(1950)のデータに基づいて、後期中新世以降と推定している。また、当地域南方の鶴川沖背斜, 春日背斜, 平取背斜の形成は、平取層・軽舞層堆積(後期中新世)以降であることが、復元断面図から推定されている(国安ら, 1990)。

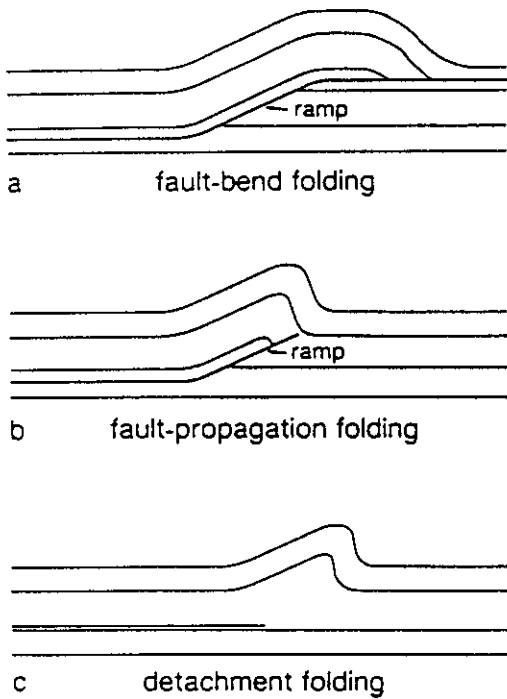
厚真幌内背斜では、川端層以降の地層を欠いているので、背斜形成時期は特定できないが、川端層まで断層褶曲構造により下位層と同じ変形を受けており、川端層堆積以降おそらくは周辺の背斜構造と同様に後期中新世以降と考えられる。

### 2回の衝突の深部構造に与えた影響

北海道における白亜紀以降の衝突テクトニクスの影響は、中部中新統に見られる粗粒堆積物の広く厚い分布からこの時期にピークを迎えたと推定されている(Okada, 1983, 宮坂ら,



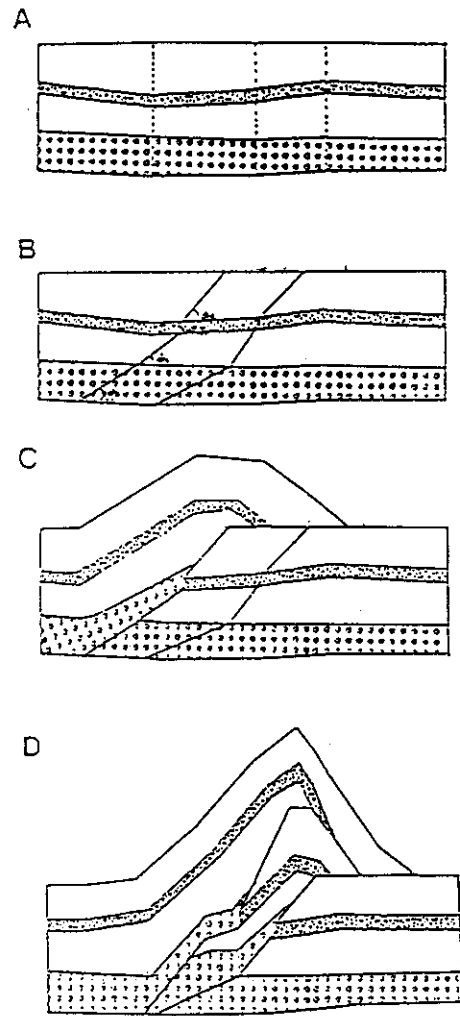
第11図 厚真幌内背斜総合再解釈断面図。斜線はボリュームバランス計算の面積，星印は計算されたディタッチメントの位置。



第12図 スラストに関連した3つの褶曲タイプ (Jamison, 1987). A.fault-bend 褶曲 B.fault-propagation 褶曲 C.ディタッチメント褶曲

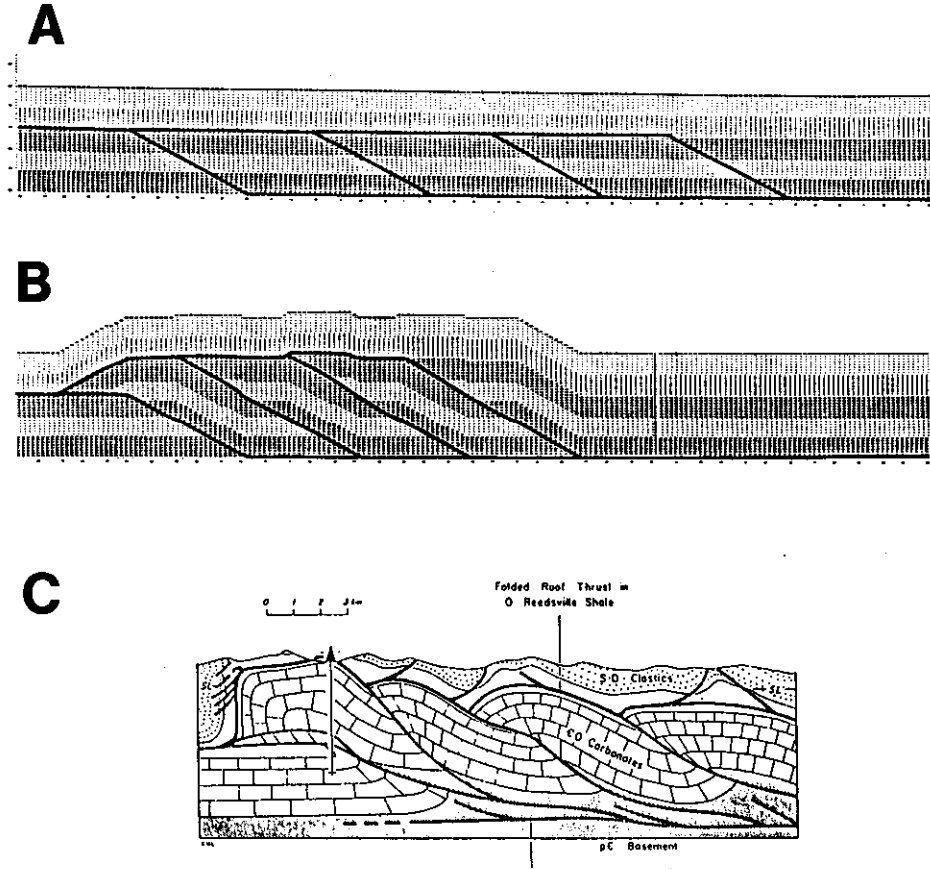
1986). 富内-荷負地域や石狩炭田地域に見られる低角スラストは、これらの粗粒堆積物をもたらした日高山脈の上昇・削剝の起こる以前の、初期中新世～中期中新世初期に形成したと推定される。宮坂ら(1986)は農屋層、上支湧別層など中期中新世最初期の地層は基底礫岩が発達し、その礫種構成は不整合で接する中生代基盤岩類を反映したものであることを示し(宮坂・菊地, 1978; 保柳ら, 1985; 宮坂ら, 1984), この時期には地形起伏が増大し、枝幸-日高帯形成の初期段階を示すと考えた。

低角スラストの形成メカニズムとして、側応力、重力滑動、重力スプレディング (Gravitational Spreading)などが提案されている (Prince & Cosgrove, 1990). Smith (1981)は北アメリカコルディレラにおいて、火山弧での火山活動の量と時期が、前地盆でのスラストと



第13図 スラスト形成コンピュータモデルの作業手順。説明は本文中に示す。

密接な関係があることを示し、進入した火山岩による圧力 (Fluid Push)により、低角スラストの形成が行なわれたとするメカニズムを提唱した。日高山地では43-15Maの火成活動が知られているが、後期の活動は、19-15Maに集中している (小松, 1986). すなわち、初期中新世～中期中新世初期に起った、日高山地での火山活動による圧力 (fluid push)およびそれに関連した上昇 (重力滑動, 重力スプレディング)により、低角スラストが形成されたと推定される。



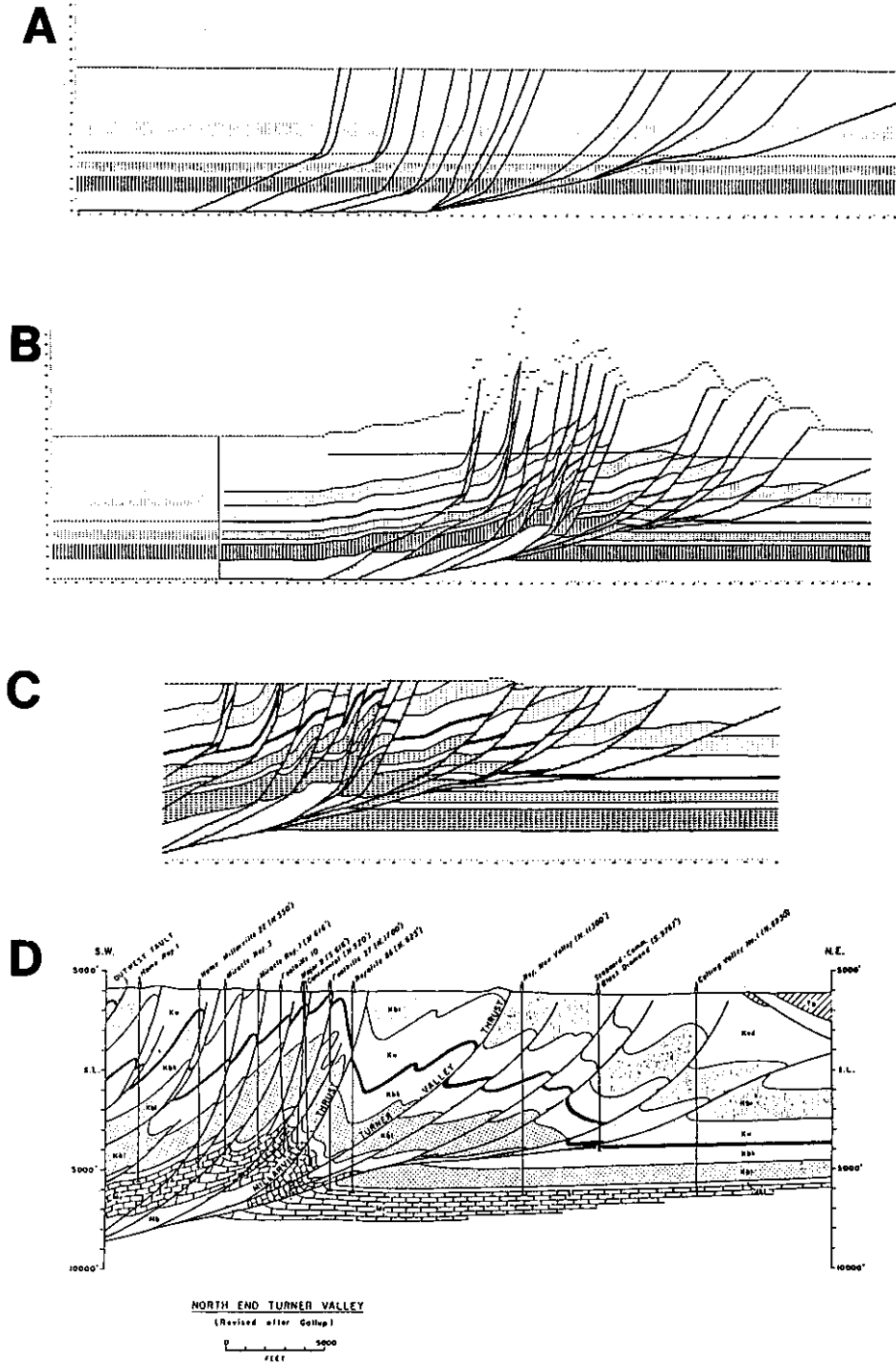
第14図 デュプレックスのコンピュータモデル  
 A.スラスト移動前の地層とスラストの位置 B.スラスト形成後の褶曲形態 C.  
 米国西バージニア州のデュプレックス(Perry, 1978)。

富内一荷負地域の白亜系の2次変形及び厚真幌内背斜の形成は、第2の“衝突”テクトニクスにより形成されたと推定される。この短縮テクトニクスは、比較的高角の逆断層と座屈褶曲を伴うことで特徴付けられる。厚真幌内背斜周辺に存在する背斜は、逆断層を伴う Fault-propagation 褶曲形態を示し、ディタッチメント以深は地質構造に大きな変形は見られない。

富内一荷負地域から北方の石狩炭田地域まで、古第三系あるいは白亜系と接する新第三系は、一般に急傾斜帯を形成している。富内一荷負地域の白亜系とその西側で接する第三系(滝

ノ上層)は急傾斜の断層で境されているが、この断層は第1次変形により形成されたスラストが第2次変形により急傾斜となったものである(猪間, 1965)。このような断層は、多くのスラスト褶曲帯の“モラッセ”との境界に見られるものと同じ(Banks and Warburton, 1986)で、passive-roof thrustとかアッパーディタッチメント(Jones, 1982)と呼ばれているものに相当すると考えられる。一次変形で形成されたスラストシートの前面に“モラッセ”である粗粒の川端層の堆積が行なわれ、同時またはその後、アッパーディタッチメント下で地層のスラスト

北海道空知-エゾ帯白亜系～第三系深部に見られるスラスト・ナップ構造



第15図 インプリケートファンのコンピューターモデル  
 A.スラスト移動前の地層とスラストの位置 B.スラスト形成後の地質構造 C.  
 削剝後 D.カナダフットヒルのインプリケートファン(Fox, 1959)。

運動や褶曲運動が続き、アッパーディタッチメントはその上位の地層とともに急傾斜となったことが考えられる。

## APPENDIX 一スラスト形成コンピュータモデル

このモデルはスラスト形成前の地層状態とスラストの移動量を仮定し、fault-bend 褶曲の考えに基づき、スラスト移動後のスラストシートの重り方を推定するフォワードモデルである。

Jones(1982)は同じ原理のモデルを用い、カナダのフットヒル等でその有用性を確認している。また、小椋(1986)は、南海トラフの付加帯のスラストの再現を行っている。以下にその手順を示す。(1)スラスト形成前の地層状態を仮定する(第13図A)。(2)断層を仮定する。断層下端の位置及び各地層を切る角度を与える(第13図B)。(3)スラストの変位量をそれぞれの断層について与え、垂直剪断褶曲を仮定しスラスト上盤側を変形させる(第13図C)。(4)2枚目のスラストシート変形後(第13図D)。(5)(1)~(4)の操作をデータを変えながら繰り返し、現在の断面に近いものを作製する。垂直剪断褶曲は、スラストが低角の時は、スラストシートの重なり方及びその全体の構造形態を復元するに際し、良い近似となっている。第14図と第15図はそれぞれデュプレックス及びインプリケートファンを復元した例である。

## 謝 辞

本論文の公表を許可していただいた石油資源開発(株)片平忠實専務取締役、猪間明俊取締役に感謝いたします。本論文では石油資源開発(株)が昭和59年と平成4年度に実施した地表調査のデータを使わせていただいた。これらの調査班に筆者らとともに参加した古屋京氏、林義幸氏、有賀康人氏、濱嶋多加志氏にお礼申し上げます。昭和59年実施の富内一荷負地域の調査は、故木幡信弘氏の協力による所が大きく、改めてお礼申し上げますとともに御冥福をお祈り申し上げます。また、スラストコンピュータモデル

のソフト開発で協力いただいた同社地熱開発部赤工浩平氏、北スマトラ石油開発(株)山本純治氏、構造解釈の一部について助言いただいたJAPEX US. Corp. 掃部満氏、石油公団佐藤隆一氏、日頃の討論を通じて多くの適切な助言をいただいた石油資源開発(株)探鉱部、技術研究所、札幌鉱業所の方々に厚く感謝致します。

## 参考文献

- 吾妻讓, 1962, 石狩低地帯の地下構造. 石油技術協会誌, **7**, 345-382.
- Banks, C. J. and Warburton, J., 1986, 'Passive-roof' duplex geometry in the frontal structures of the Kirthar and Sulaiman mountain belts, Pakistan. Jour. Struc. Geol., **8**, 229-237.
- Bengston, C. A., 1981, Statistical curvature analysis techniques for structural interpretation of dipmeter data. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **65**, 312-332.
- , 1982, Structural and stratigraphic uses of dip profiles in petroleum exploration. In Halbouty, M. T., eds., *The deliberate search of subtle traps*. Mem. 32, Amer. Assoc. Petrol. Geol., 31-45.
- Dahlstrom, C. D. A., 1970, Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. Bull. Can. Soc. Petrol. Geol., **18**, 332-406.
- , 1990, Geometric constrains derived from the law of conservation of volume for detachment folding. Bull. Amer. Asso. Petrol. Geol., **74**, 336-344.
- Fox, F. G., 1959, Structure and accumulation of hydrocarbons southern Foothills, Alberta, Canada. Amer. Asso. Petrol. Geol., **43**, 5, 992-1025.
- 北海道鉱業振興委員会, 1979, 北海道石油・天然ガス資源—その探査と開発(昭和43~51年)—. 205p.
- 藤井敬三・曾我部正敏, 1978, 北海道における

- 後期中新世から鮮新世にみられる構造運動。地質調査所月報, 631-644.
- 今井功・角靖夫, 1957, 5万分の1地質図幅説明書「富川」, 北海道開発庁.
- 猪間明俊, 1965, 北海道山門別付近地質と荷負油徴の地質構造的解釈. 石油技術協会誌, **30**, 289-296.
- 保柳康一・三戸望・吉岡正俊・宮坂省吾・渡辺寧・松井愈, 1985, 石狩-天塩帯南部の中新統層序と堆積環境-受乞層海底扇状地の復元. 地球科学, **39**, 393-405.
- ・宮坂省吾・渡辺寧, 木村学, 松井愈, 1986, “衝突帯”のタービダイト相形成とテクトニクス-中期中新世・中央北海道の例. 地団研専報, **31**, 265-284.
- Jamison, W. R., 1987, Geometric analysis of fold development in overthrust terranes. *Jour. Struc. Geol.*, **9**, 207-219.
- Jones. P. B., 1982. Oil and gas beneath east-dipping underthrust faults in the Alberta Foothills. In Powers, R. B., eds., *Geological Studies of the Cordilleran Thrust belts*, Rocky Mountain Association of Petroleum Geologists **1**, 61-74.
- Kimura, G., 1981, Abashiri tectonic line-with special reference to the tectonic significance of the southwestern margin of the Kurile Arc. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser. IV, **20**, 95-111.
- , Miyashita, S. and Miyasaka, S., 1983, Collision tectonics in Hokkaido and Sakhalin, In Hashimoto, M. and Uyeda, S. eds., *Accretion tectonics in the Circum-Pacific Regions*, Terra Scientific Pub.Co., Tokyo, 123-134.
- 木村学・宮下純夫, 1986, 海溝-海溝-斜め衝突帯の三重会合点と日高変成帯. 地団研専報, **31**, 451-458.
- 小松正幸, 1986, 日高変成帯のテクトニクス. 地団研専報, **31**, 441-450.
- 国安 稔・根岸 悟・小玉喜三郎・加藤 進, 1990, 北海道苫小牧沖海域の地質構造形成過程の特性. 地質学論集 no. 34, 187-197.
- Maiya, S. Takayanagi, Y., 1977, Cretaceous foraminiferal bio-stratigraphy of Hokkaido. In Matsumoto, T., eds., *Mid-Cretaceous events-Hokkaido symposium*, 1976, Palaeo. Soc. Japan, Spec. Paper, **21**, 41-51.
- 松本達郎・岡田博有・折田行亘・菅野三郎, 1963, 蛇紋岩砂岩. 地質学雑誌, **69**, 239-241.
- 湊正雄・浦野竜一, 1950, 日高国静内町近傍第三紀層及び三石断層の意義について. 新生代の研究, **6**, 86-93.
- 宮坂省吾・菊池昂哉, 1978, 新第三紀における日高変成帯の上昇運動. 地団研専報, **21**, 139-153.
- ・紺谷吉弘・君波和雄・木村学・保柳康一・高橋功二・山口昇一・松井愈, 1984, 北部日高帯北見滝ノ上地域における中新世造構史. 地球科学, **38**, 119-131.
- ・保柳康一・渡辺寧・松井愈, 1986, 礫岩組成から見た中央北海道の後期新生代山地形成史. 地団研専報, **31**, 285-294.
- ・松井愈, 1986, 中央北海道新生代末期テクトニクス. 地団研専報, **31**, 333-344.
- 新井田清信, 1987, 神居古潭帯の構成. 松井愈教授記念論文集, 203-214.
- ・福井敏之, 1987, 北海道富内北方地域の堆積性蛇紋岩. 穂別町立博物館研究報告, **4**, 33-48.
- 小椋伸幸, 1986, コンピューターシミュレーションによる南海トラフ付加体の再現-スラスト形成の現世モデル. 日本地質学会第93年学術大会講演要旨, 263.
- , 濱嶋多加志・川田耕司・古屋京,

- 1983, 石狩-日高地域新第三系の深部構造について. 第58回石油技術協会春季講演会要旨集, 61.
- Okada, H., 1964, Serpentine sandstone from Hokkaido. *Mem. Fac. Sci., Kyusyu Univ., Ser. D*, **14**, 23-38.
- , 1983, Mesozoic arc-trend systems in Hokkaido. *In*. Hashimoto, M. Uyeda, S., eds., *Accretion tectonics in the Circum-Pacific Regions*, Terra Scientific Pub. Co. Tokyo, 123-134.
- Perry, W. J., 1978, Sequential deformation in the Central Appalachians. *Amer. Jour. Sci.*, **278**, 518-542.
- Price, N. J. and Cosgrove, J. W., 1990, *Analysis of geological structures*. Cambridge University Press, Cambridge, 502p.
- Rich, J. L. 1934, Mechanics of low-angle overthrust faulting as illustrated by Cumberland thrust block, Virginia, Kentucky, and Tennessee. *Bull. Amer. Asso. Petrol. Geol.*, **18**, 1584-1596.
- 下河原寿男, 1963, 夕張炭田の形成とその地質構造の発達. 石炭地質研究 5, 北海道炭鉱技術会地質部会, 244p.
- Smith, A. G., 1981, Subduction and coeval thrust belts, with particular reference to North America. *In* McClay, K. R., Price, N. J., eds, *Thrust and Nappe Tectonics*, Geol. Soc. London, 111-124.
- Suppe, J., 1983, Geometry and kinematics of fault-bend folding. *Amer. Jour. Sci.*, **283**, 684-721.