平成４年３月20日発行　ISSN 0289-9116

日韓トンネル研究

JOURNAL OF THE NIKKAN TUNNEL STUDY GROUP NO.12-1992

特集：第18回「科学の統一に関する国際会議」

No.12

1-
0312
-00

国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル研究会

日韓トンネル研究

第12号－1992.3

目　次

■巻　頭　言　日韓トンネル建設に寄せて……1
黒田　晃

■メッセージ　「絶対価値と現代世界の再評価」……2
文　鮮明

■特　　集　第18回ICUS
「日韓トンネル（国際ハイウェイ）について」……6
持田　豊

■提　　言　国際ハイウェイの意義と日韓トンネルの使命……22
谷藤　正三

■調査と研究

①東北アジア経済圏の長期的最適成長に資するアジア高速道路網……28
河野　博忠

②各種施工法に対応した地質調査項目の検討……64
田中壬子也

③微化石による対馬・壱岐の古第三紀層の年代決定……70
酒井　治孝

④長崎県対馬西沖TWD－01の微化石層序と古環境……78
新期堆積層小委員会

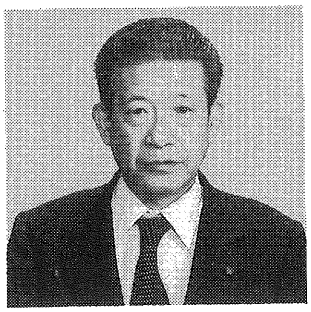
⑤道路トンネル計画に関する調査……84
道路トンネル小委員会

⑥東中国海の波浪特性……94
磯崎　一郎、斎藤　勝也

■『日韓トンネル研究』既刊号　目次一覧……113

巻　頭　言

日韓トンネル建設に寄せて



日韓トンネル研究会参与　　黒　田　　晃*

一九八一年に「国際ハイウェイ・プロジェクト」として文鮮明師によって提唱され、一九八三年に「日韓トンネル研究会」が民間有志によって設立されて、その実現性について技術的研究は勿論のこと、社会、経済問題についても真摯な研究が行なわれております。このハイウェイプロジェクトは日本と大陸を結び、更に東洋と欧州諸国を高速道路網で結び、未来の理想世界を実現するための具体的な計画の一部であり、世界の平和に貢献し、新しい世界関係を創造しようとするものであって、戦前の植民地政策に基づく計画とは根本的に異なるものであります。

現在世界の情勢は大きく変革し、東西の緊張は緩和されつつあり、北朝鮮と韓国との関係も統一に向かって一歩が踏み出されるという状況下にあります。また我国の経済は大幅な貿易黒字となり、経済的に各国から批判されており、貿易よりも内需振興による経済発展が強く要請されている現状であります。一方、十年にわたる日韓トンネル研究会の調査・研究の成果も厖大な量となっております。日韓トンネルの実現に向けて諸条件は整ってきたといえましょう。

奈良時代、シルクロードを通じて西欧・東洋文明の恩恵を受けて今日までに発展してきた我国は、今や逆に国際ハイウェイを通じて世界の先端をゆく日本の技術力・経済力をアジアをはじめとして世界の国々に移転すべきであります。その意味においてもハイウェイの重要な部分を占める日韓トンネルの早期実現が強く望まれます。実現に一歩近づけるためには、

一、国際プロジェクトであるため、韓国をはじめ関係国の充分な理解と協力を得ることが必要と考えます。

一、事業主体をどうするかの問題は別として、国のプロジェクトとして取り上げていただいた上で、グローバル・プロジェクトとして認知されることが必要と考えます。日韓トンネルほど調査が進んでいないジブラルタル海峡トンネルがグローバル・プロジェクトの一つとして既に認知されていることを考えなければなりません。

一、技術的調査を更に進めると共に走体を決める時期と考えます。

等々が必要であります。

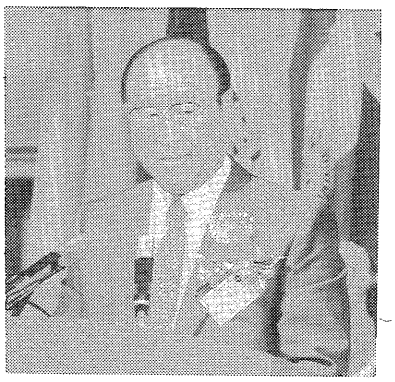
青函トンネル・本四架橋を建設した我国の技術は、世界一流のレベルであり、日韓トンネルの実施に何の不安もありません。昨今、国土第二幹線軸の必要が叫ばれておりますが、日韓トンネルはこれ以上に価値あるプロジェクトであると確信いたします。新春にあたり、国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル構想が一日も早く世界に認知され、実現に踏み出すことを期待してやみません。

＊日本工営㈱代表取締役副会長　　元北海道開発庁事務次官

メッセージ

絶対価値と現代世界の再評価

Absolute Values and The Reassessment of the Contemporary World



国際文化財団創設者　文鮮明師

尊敬する議長、分科会委員長、著名なる学者の皆様、そして紳士淑女の皆様。

私の祖国であります韓国で皆様に再びお目にかかれるようになりましたことをとてもうれしく思います。皆様と共にこの地韓国で、「未来の世界文明」に対して論議しましてからもう10年が過ぎました。

その時、私は東アジアから始めまして全世界を連結する国際ハイウェイ・プロジェクトを提案しました。また、我々は皆様の学問的研究成果を出版して、全世界の新しい世代に肯定的な影響を及ぼすようにしようとする計画に着手することにしました。

10年前には、このような計画が夢のように思われました。けれども今は、その輪郭が定まりつつあり、基台が既に造成されました。日本と韓国をつなぐトンネルの基本設計図が既に製作されましたし、調査トンネルが建設されている最中です。

今、我々は皆様の論文と著作を出版して出すパラゴン・ハウス出版社を保持し、雑誌『世界と私』を出版しています。昨年に提唱して、皆様に案内状を発送したことがあります「世界平和連合」と「世界平和宗教連合」の創設が今回、皆様の参観下に成されるのです。

再評価を要する現代世界

尊敬する世界の碩学の皆様！

我々は再評価を要する転換期の現代社会に生きております。価値問題を重要視した我々の会議の主題が以前には、予言的なことのみとしてみなされうることもありましたけれども、今日では各所で新しい価値に対する要求が起きており、現実の重要課題になりました。東ヨーロッパとソ連で劇的に起きました変革以後に、さらに普遍的にこれを実感するようになりました。

人々は共産圏の没落以後、西欧社会の既存価値と体制の優秀性を語り自慢心をもったりします。しかし共産圏と対決してきた自由主義陣営を含んだその他の世界はどうなっているでしょうか？人類の幸福を保障する希望的な前進をすると思いますか？現代世界が直面している問題は、共産陣営の没落のみによって治癒されるのではなく、根源から原因を解明し、解決しなければなりません。

現代社会は全ての体制と生活方式が根本的に再評価されなければなりませんし、覚醒された人類の新しい心でもって適当に適応することが要請さ

れています。

結論から申し上げるならば、今日の混乱した価値体系は根源的に神と人間との本然的な縦的秩序がくずれたことから由来します。正しい軸を失い、横的に立てた人為的な秩序、すなわち世界の中の様々な体制と価値が方向なしに揺らぎ相衝しています。

理想世界は真の愛が基盤

宇宙は、個々の物質だけを基盤として存在するのではありません。世界は孤立、独存した個体の単純な集合体ではありません。物質は関係性を通じて現われる一次的エネルギーによって存在します。社会は個体間の授受と相関関係の中で生存、繁栄、発展します。二つの物質の関係の背後に、また二つの個体の授受関係の背後で、共同の動因と目的性を付与する高次元の縦的秩序が先在しています。

例えば、人間には神と人間自信のために至高なる喜びと愛を感ずることができるように自由が与えられています。人間がその存在目的を成そうとするならば、先ず神の真の愛を相続しなければなりません。

人間の生活で「為に生きる」、真の愛が全ての相関関係の基本ですが、これは父母の真の愛を動機として体恤するのです。神の愛を根とした父母の真の愛は、人間個体の人格を完成させるようになります。完成した個体が真の愛の理想的な夫婦を成した家庭で彼らの子女に真の愛を伝授するようになるのが、創造の秩序です。

地上の理想世界は完全な一人の人から最も貴い真の愛の秩序を離れた、真の愛によった家庭、社会、国家、世界へ拡大されていくのです。現世界はこのような理想世界とは、その出発を異にした世界です。人間が神の創造の原則中、最も貴い真の愛の秩序を離れた堕落の結果が拡大されてきた世界です。神の創造秩序を度外視したまま、人為的な組織形態とか法的秩序のみを重視する現世界は、理想的個人、家庭、そして民族を養成して輩出することができません。人類の真実なる明るい明日がどこで保障されるでしょうか。

目前に来た地球家族世界

尊敬する碩学の皆様！

皆様は自然界と社会の発展に対して誰よりも、ご存知のはずです。我々の自然と社会は日々、暴力と毀損が絶えずにいます。我々が日常呼吸する空気、飲食物が日々、汚染されています。我々の社会は科学の発展と生活の便益が増すごとに、絶望的現象が加重されています。

21世紀の人間は、宇宙を創造した神の根本原理を離れては、これ以上、地球の主人として存在することができないのです。誰もが、人類の未来はもっと密接な人間関係を要求します。今や人々が地域と民族と人種を超越して、更に近くから見つめ合って生きていくしかない「地球の一家族」時代が近づいてきています。

多様な宗教と文化・伝統、そして、互いに異なった生活意識を、理解の次元を通り越して互いに調和し合って、受容するしかない世の中が来ています。個人であれ、如何なる集団であれ利己的な選択により、自分だけの分別された逃避所を所有することができなくなりました。人間は、自然、万物をこれ以上、利己的な目的だけで占有することができないし、全体と後孫のために、もっと大きな目的の下に活用し、開発しなければなりません。

このように近づいてくる新しい時代、新しい社会の基本秩序がなんであり、その社会の主人は、どのように養成されなければならないでしょうか？ それは、神の創造秩序、真の愛の秩序を基本の軸としてのみ、その解答が得られます。

絶対価値こそ諸学問の中心

尊敬する世界の学者の皆様！

生涯を捧げて神のみ旨を実践することに一貫してまいりました私が、20年間に18回も「科学の統

一に関する国際会議」（ICUS）を続けて開催してきました理由を、この点から理解していただくことができると思います。数十年前に既に到来する未来社会を予見した私は、周辺の無理解のなかでも、確信をもち、この国際会議のために物心両面の声援をしてまいりました。

1972年、本会議が初めて開催された時から、慣例をはずれた構成でもって、自然科学者と人文、社会科学者を一つの場に招請し、諸学問間の調和・統一を強調して参りましたことも、未来の人類に対する一念からでした。

諸学問の分野別特性や、研究の専門化が重要ですが、学問研究が相互協力・補充されなければなりません。その研究成果が善なる目的でもって総合され、活用されなければなりません。科学者たちが願わない「絶対価値」を主題に入れて、価値問題を強調してきたこともこのゆえでした。

今や皆様を含めまして世界の多くの学者たちが私のみ旨に共感し、協力して会議を組織し、継続して研究してくれましたことに感謝致します。

世界の若者に新ビジョンを

絶対価値を軸として、総合的な学問研究をするICUSは、今やその研究成果を積極的に教育、実践しながら人類の将来に寄与する段階へ飛躍しなければなりません。ICUSが母体となって、世界90か国に組織された世界平和教授アカデミー（PWPA）も、文化世界を成す仕事に各地の学者たちが積極的に参与するように働きかけて参りました。

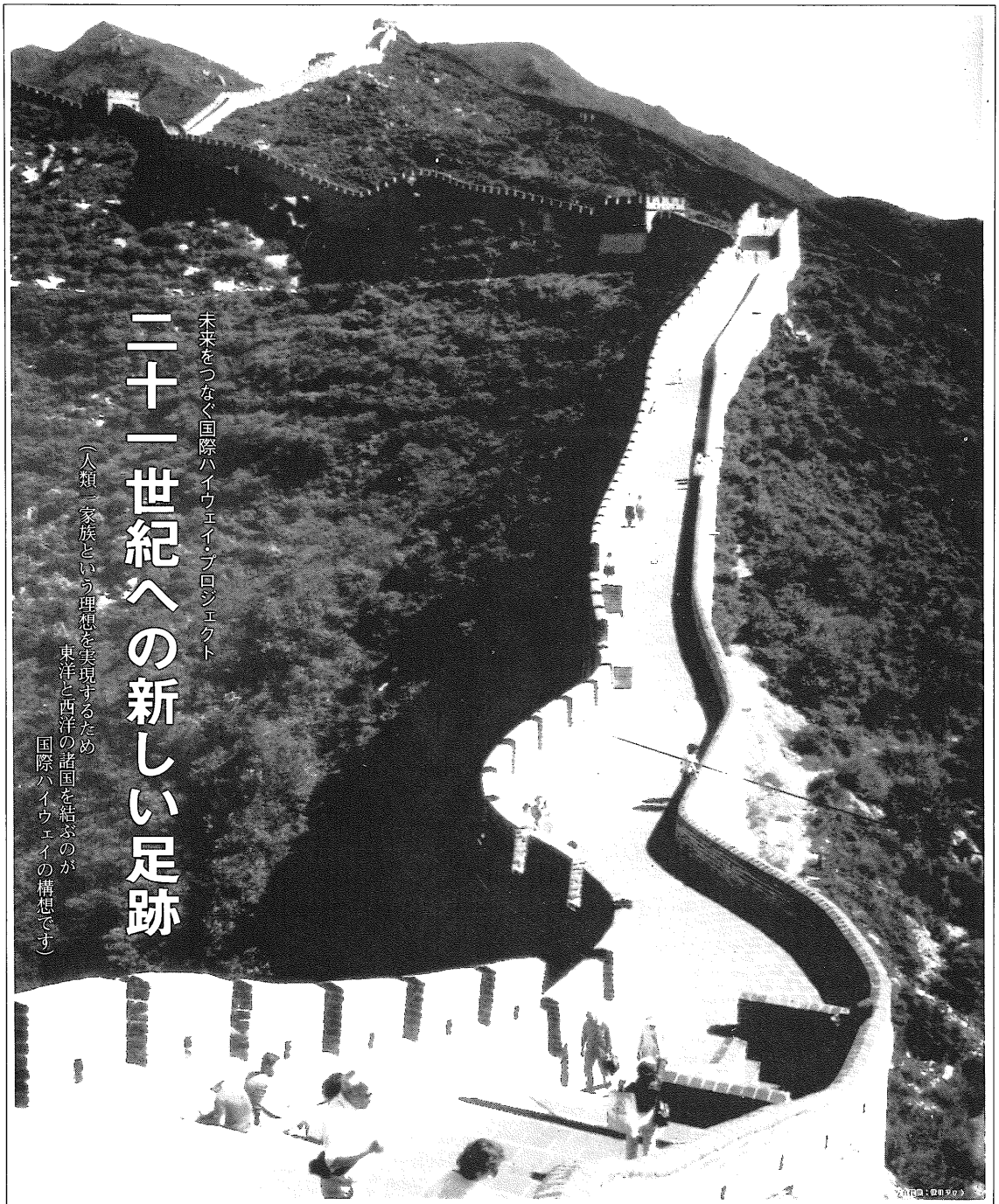
多くの人たちは良心的な碩学たちの実践運動に期待を集めています。私たちの社会で一番尊敬される知性人たちが率先して次世代の若者たちに正しい価値観と世界観を伝授する仕事こそ、専攻分野の教授に劣らず重要であると思われます。既に韓国と日本で実施して良い結果をあげた通り、世界の学者たちがチームを構成して各国を巡訪しながら、幅広く指導する仕事も重要です。

現代人、特に若者たちを麻薬と享楽、暴力と戦争の罠から保護し、彼らにビジョンを植付ける運動に学者たちの汎世界的な参与が要請されています。私は、ICUSを母体とした皆様の創意的な実践が新しい文化世界を創建し、遂げることを確信します。

最後に、わたくしの祖国で開催されます今回の会議で有益な討議と良い結論が沢山吐き出されますことを期待します。私は韓国が受難の歴史の中でも、家庭の伝統をはじめとして美しい文化遺産を保って参りましたことを、誇らしく思います。そして連続した戦禍の中から立ち上り、急速な繁栄を成した韓国の経済基盤も誇らしく思います。

皆様が、この地にとどまられる間、韓国を訪問された価値を捜し求められることを願ってやみません。神様の加護が皆様と皆様の家庭に共にありますことを祈りながら私の話を終えます。

（1991年8月23日、第18回「科学の統一に関する国際会議」における基調演説、韓国・ソウル、ウォーカーヒル・ホテル）



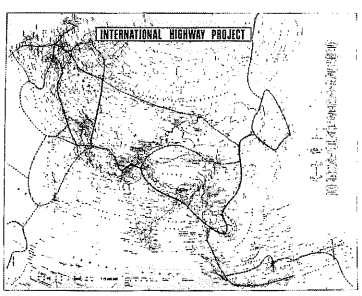
未来をつなぐ国際ハイウェイ・プロジェクト

二十一世紀への新しい足跡

（人類一家族という理想を実現するため
東洋と西洋の諸国を結ぶのが
国際ハイウェイの構想です）

祝 国際ハイウェイ構想、提唱10周年

（1981年～1991年）



かつて大陸の文化は韓半島を通り、壱岐・対馬を経て日本に流れ込んだ。いま、この海の下を通る日韓トンネル 計画か着実に進められている。やがて日本がハイウェイで海を越え、大陸と一つとなる日もこよう。

日韓トンネル・国際ハイウェイの早期実現に期待します

日韓トンネル研究会役員一同

特 集

第18回「科学の統一に関する国際会議」

テーマ「絶対価値と現代世界の再評価」

(Absolute Values and The Reassessment of the Contemporary World)

韓国・ソウル 1991年8月23－26日

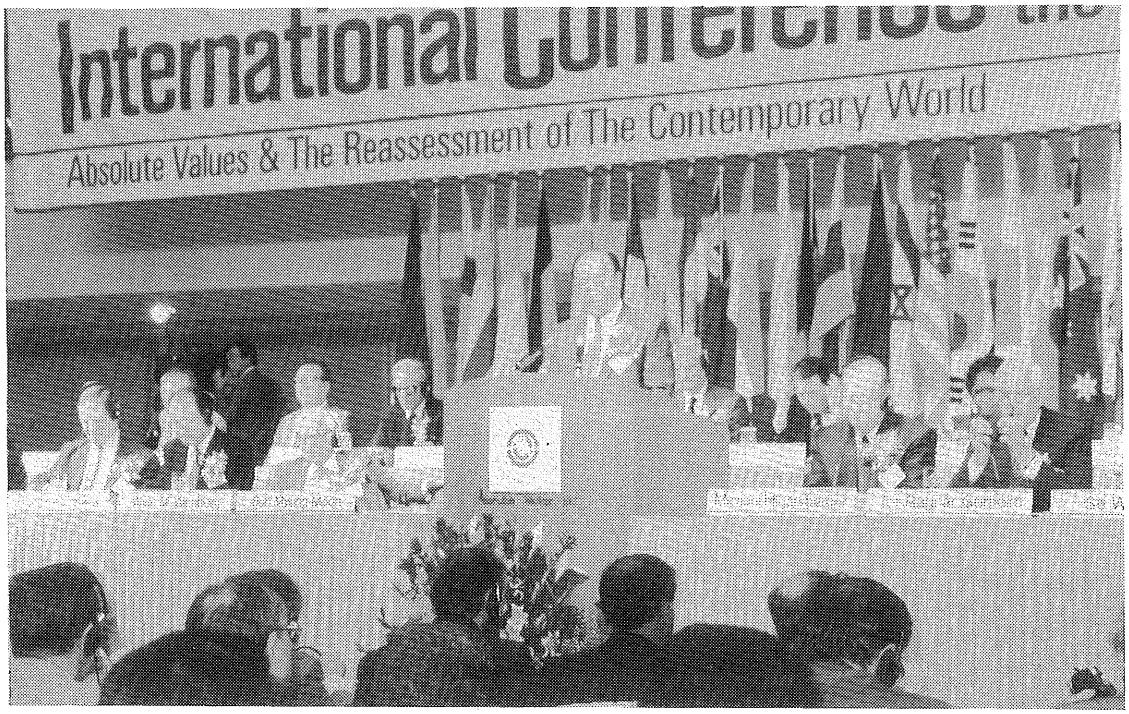
「絶対価値と現代世界の再評価」をテーマとした第18回「科学の統一に関する国際会議」(ICUS、国際文化財団主催) が8月23日から26日まで韓国・ソウル市内のウォーカーヒル・ホテルで34か国、約200人の科学者を集めて開催された。今回の会議は、1981年11月10日、同じく韓国で開催された第10回ICUSで文鮮明師によって提唱された『国際ハイウェイ構想』の、提唱10周年記念にも当たり、主催者のICUS事務局より、同プロジェクトに対する発表の場が提供され、国際ハイウェイ建設事業団ならびに日韓トンネル研究会の関係者らが現状報告をなした。

開会式では初めにニール・サローネン、国際文化財団会長による壇上の主催者、来賓らの紹介。続いて、郭錠煥・国際文化財団理事長による祝辞が述べられた。その後、会議の創設者であり、国際ハイウェイ構想の提唱者でもある文鮮明師 (統一教会・創始者) が基調演説 (2面～4面に掲載) に立った。その中で文師は、今から10年前に提唱した東アジアから始めて全世界を連結する国際ハイウェイ・プロジェクトに触れ、「10年前にはこのような計画が夢のように思われましたが、今は、その輪郭が定まりつつあり、基台が既に造成され」たと、同構想を集まった世界の学者、著名人に披露した。また、昨年提唱した「世界平和宗教連合」と「世界平和連合」が今回のICUSに続いて行われる世界宗教者会議、世界平和サミット協議会など、一連の会議を通じて創設されることを明らかにした。

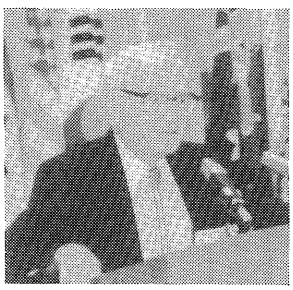
さらに、人類が「再評価を要する転換期の現代世界に住んでいる」とし、「価値問題を重要視してきたこの会議の主題が、以前には予言的なものとしてのみ感じられたが、今日至る所で新しい価値に対する要求が起こっており、現実の課題となっている。東欧、ソ連で劇的に起こっている変革以後、さらに普遍的にこれが実感されるようになった」と述べ、今日まで同会議が提唱してきた価値問題が真剣に取り上げられなければならない状況になってきていることを指摘した。

そのうえで、文師は、「今日の混乱した価値体系は根源的に神と人間との本然的な縦的秩序が崩れたところに起因している」と結論づけ、「正しい軸を失い、横的に立てた人為的な秩序、すなわち世界のなかのさまざまな体制と価値が方向なく揺れ動き、衝突している」と指摘。絶対的価値を追求してきた同会議の使命について、「今やその研究成果を積極的に教育、実践しながら、人類の将来に寄与する段階に飛躍しなければならない」と強調した。

続いてあいさつに立った全体議長の米オークリッジ大学エネルギー分析研究所のアルビン・ワインバーグ所長 (核物理学) は、「先回の会議が開か



第18回ICUS開会式（韓国・ソウル、ウォーカーヒル・ホテル）



アルビン・ワインバーク議長
（米オークリッジ大学エネルギー分析研究所所長）

セルゲイ・カピッツア博士
（モスクワ物理技術研究所）

第18回ICUS開会式

（基調演説）

8月23日　ソウル

れてから3年の間に、世界は多くの変化を体験した。東西冷戦が終わり、大規模な核拡散の脅威、共産主義、全体主義は衰退している。湾岸危機では、国際連合が前例のない機能を発揮した。しかし、我々の前には温室効果などの地球的な環境問題、エイズ、新興民主主義国における民族問題など未解決な問題が山積みしている。これらの問題を解決し、人類がよって立つ価値体系を明確化していく努力を継続しなければならない」とICUSの意義を強調した。

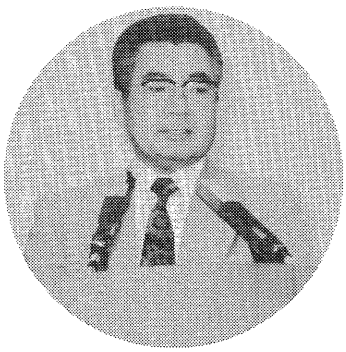
その後、6つの分科会に別れて、熱心な討論が交わされた。①第1分科会－科学の限界（議長、ジョージ・マックス）②第2分科会－遺伝工学と社会（議長、クロード・ビリーJr）③第3分科会－民族主義と統一世界：21世紀の教育（議長、クラウス・シュライチュ）④第4分科会－多民族文化における現代家庭（議長、ノージ・ウィンフェド・ジェロム）⑤第5分科会－科学と精神に関する東西の見方（議長、パウロス・グレゴリオス）⑥第6分科会－統一思想と意識の世界的変化（議長、李相憲）

翌、24日には国際ハイウェイプロジェクトの発表（主催・国際ハイウェイ建設事業団、名誉会長

国際ハイウェイ発表会

(8月24日)

世界34ヵ国から約200名の科学者が参加



梶栗玄太郎
(国際ハイウェイ建設事業団理事長)

佐々保雄
(日韓トンネル研究会会長)

持田　豊
(日韓トンネル研究会常任理事)

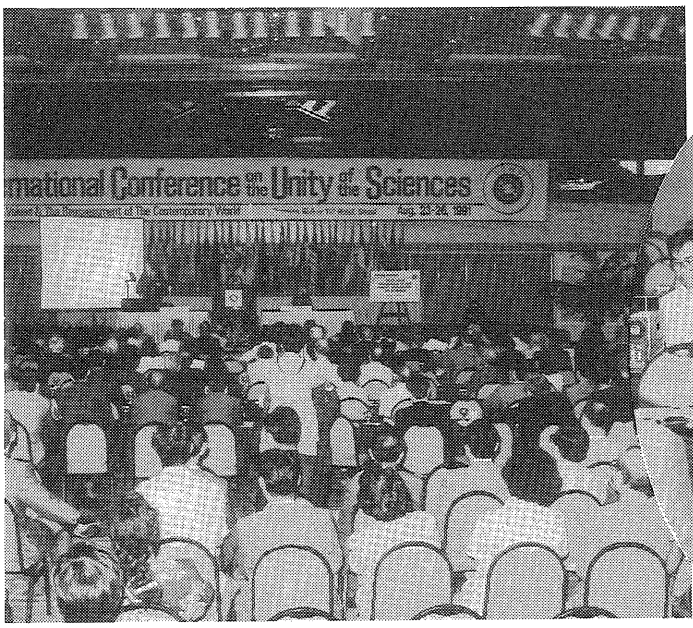
=久保木修己) の場がもたれた。初めに司会のジェームズ・バーフマンICUS事務局長 (米国統一教会会長) の同プロジェクトに関する紹介が行われ、続いて佐々保雄・日韓トンネル研究会会長が英語であいさつ、会場の喝采を浴びた。

その中で同会長は、「今晩このようにして、皆様とお会いし、日韓トンネルプロジェクトについてお話しできますことを大変光栄に存じます。このプロジェクトは今から10年前に、文鮮明師によって、韓国・ソウルにおける第10回「科学の統一に関する国際会議」(ICUS) の席上、国際ハイウェイ構想として提唱されました。それを受けて1983年5月、日韓トンネル研究会が正式に発足し、今日に至るまで建設関係者、学者、地元の方々など、各界各層から多大なるご支援、ご尽力をいただきまして、着実な研究・調査活動をなしてまいりました。

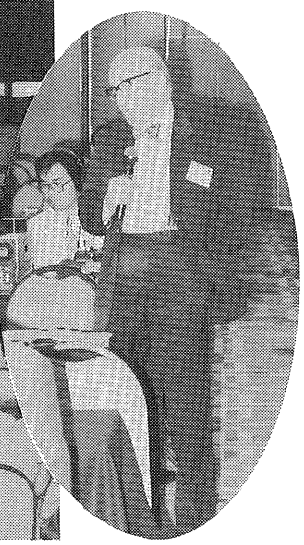
研究会では4つの部会に別れ、これまでに多岐にわたって論文が発表されてまいりました。現在、調査斜坑トンネルが佐賀県の唐津から韓国側に向けて掘削されております。また、壱岐、対馬の両島では、陸上と海上からの地質調査のための

分科会

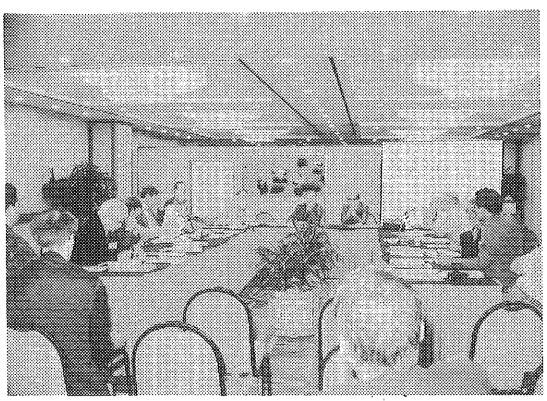
（8月24～26日）



スライドを使っての国際ハイウェイのプレゼンテーション



参加者から活発な質問が出される



第6分科会

第5分科会

ボーリングがほぼ終了しました。近い将来、日韓海底トンネルのルートが正式に決定されると思います。そして、このプロジェクトに関するすべての建設が完了するには15年から20年ほどと考えています。今後とも皆様方の厚いご支援、ご鞭撻を心よりお願い致します」と述べた。

その後、梶栗玄太郎・国際ハイウェイ建設事業団理事長によるこれまでの経過報告がなされた。その中で同理事長は「昨年の盧泰愚・韓国大統領の日韓海底トンネル構想への言及、それに対する海部首相の答礼など、今日、本格的な政府レベルでの受け入れを歓迎するようになってきたように思われます」と述べた。

さらに中国においても、丹東から北京までの調査活動も進み、今やルートの選定がほぼ固まりつつある現状であることが報告された。また、ソ連からも「是非、わが国を通してほしい」との要請があったことが報告され、このハイウェイ・プロジェクトもいよいよ本格的な段階にきたことが披露された。その後、持田豊氏（日韓トンネル研究会常任理事）が、「日韓トンネル（国際ハイウェイ）について」と題して講演（次頁掲載）を行った。

特 集

日韓トンネル（国際ハイウェイ）について

Prospects for the Japan－Korea Tunnel
(The International Highway Project)

日韓トンネル研究会常任理事
ユーロトンネル上級技術顧問
持 田 豊*

1991年６月28日英仏海峡のほぼ中央の海底下で、３本目のトンネル（英仏海峡トンネルはサービストンネル１本＋単線鉄道トンネル２本で成っている）が貫通した。前年12月にサービストンネルが貫通した時と同様に、英仏両国旗、両国歌のみだれ飛ぶ中、この大プロジェクトの中でのリスキーな部分であるトンネル（50.5Km×３）はすべて貫通し、英国とヨーロッパ大陸とは陸路で堅く結ばれた。現在、鉄道による大量自動車輸送と鉄道本来の客貨サービスの開始（1993年予定）に向け輸送設備の建設が進められている。

青函トンネルは開業してすでに３年余を経過し、予想を上回る輸送需要で有効に稼動している。輸送時間の短縮が良い結果をもたらし、特にコンテナによる生鮮食料品の輸送は予想を２倍も上回っている。一方ではデンマーク内のグレートベルト海峡連絡トンネルも掘削が始まり、1993年完成を目指している。これは引き続いて、デンマーク～スウェーデンとの連絡も計画されており、ＥＣ全体が陸路でつながることになる。

青函トンネルの完成に触発されて各地での海峡連絡が計画、調査されている。これらを日韓トンネル～国際ハイウェイ計画との関連で考えてみたい。

最近の実際に得た経験（私自身が青函トンネルには職員として約30年間、調査から建設までを完全に内部で経験した。）として、英仏海峡トンネルでは、Senior Technical Adviserとして約７年間従事し、さらにGreat Belt やジブラルタル海峡トンネルでも、案の審査や評価をするAdviserとして約５年～10年関係している。青函トンネルについて技術的な問題はすでに1985年のICUS(Washington)で発表したので、今回は英仏海峡トンネルをも含めて日韓トンネルについて考えてみたい。

Ｉ－１．　それぞれの海峡トンネルは調査～建設までには長い歴史を持っている。特に英仏海峡トンネルでは希望や構想のみの段階を除いても約200年の歴史がある。その間に多くの組織によって調査され設計されてきた。そして1985年の両国合意（サッチャー首相とミッテラン大統領）の後に設計コンペに至るまでには、非常に数多くの案が提案され、試掘も1870年代と1970年代の２度にわたって行なわれた。これらを基礎として多くの案の中で現在進行中の案が最終コンペで採用され、今までのどのプロジェクトよりも速い速度で建設が進んでいる。青函トンネルでは、調査によって悪い地質条件が想定されたので、割合少ない案の中で技術開発が広く検討され、それに多くの時間が費やされた。日韓トンネルでは、現在多く

＊サンコーコンサルタント㈱代表取締役副社長

5の案が出て（私自身はさらに多くの案が出ることを望んでいる）、それをFOCUSする段階に入りつつある。

I－2.　自然条件その他の条件でいうと、青函トンネルの場合は世界最初の長大海底トンネル（図－1 a参照）へのチャレンジという一種の手探りの状態、それに加えて水深(140m)が大きく、かつ悪い地質条件（断層や亀裂が多く水を透しやすい火山岩の存在や軟岩の存在）が事前の調査によってわかっていた。施工開始時の1960年代では直ちに利用しうる技術がなかったために、海底トンネルを掘るための新技術の開発を行わなければならず、建設は長期間を要した。

一方英仏海峡トンネルでは、水深は60mで比較的浅く、透水性が低くかつ均一で掘りやすいチョークマールという地層が英仏の海底に連続して存在していることが、長年の調査によってわかっていた。この良好な条件であるチョークマールをその後も種々の調査手段によって追求し、トンネルは、忠実にチョークマールの中を通るように設計、施工された。そのため少し勾配を変えたり、曲線を入れたりしたが、結果的に非常に短い期間で掘削が終わったのである。つまり良好な自然条件を徹底的に利用したことが成功の原因である。

日韓トンネルの場合は自然条件の概要は判明したが、まだ必要なデータがすべて揃っているとはいえない。

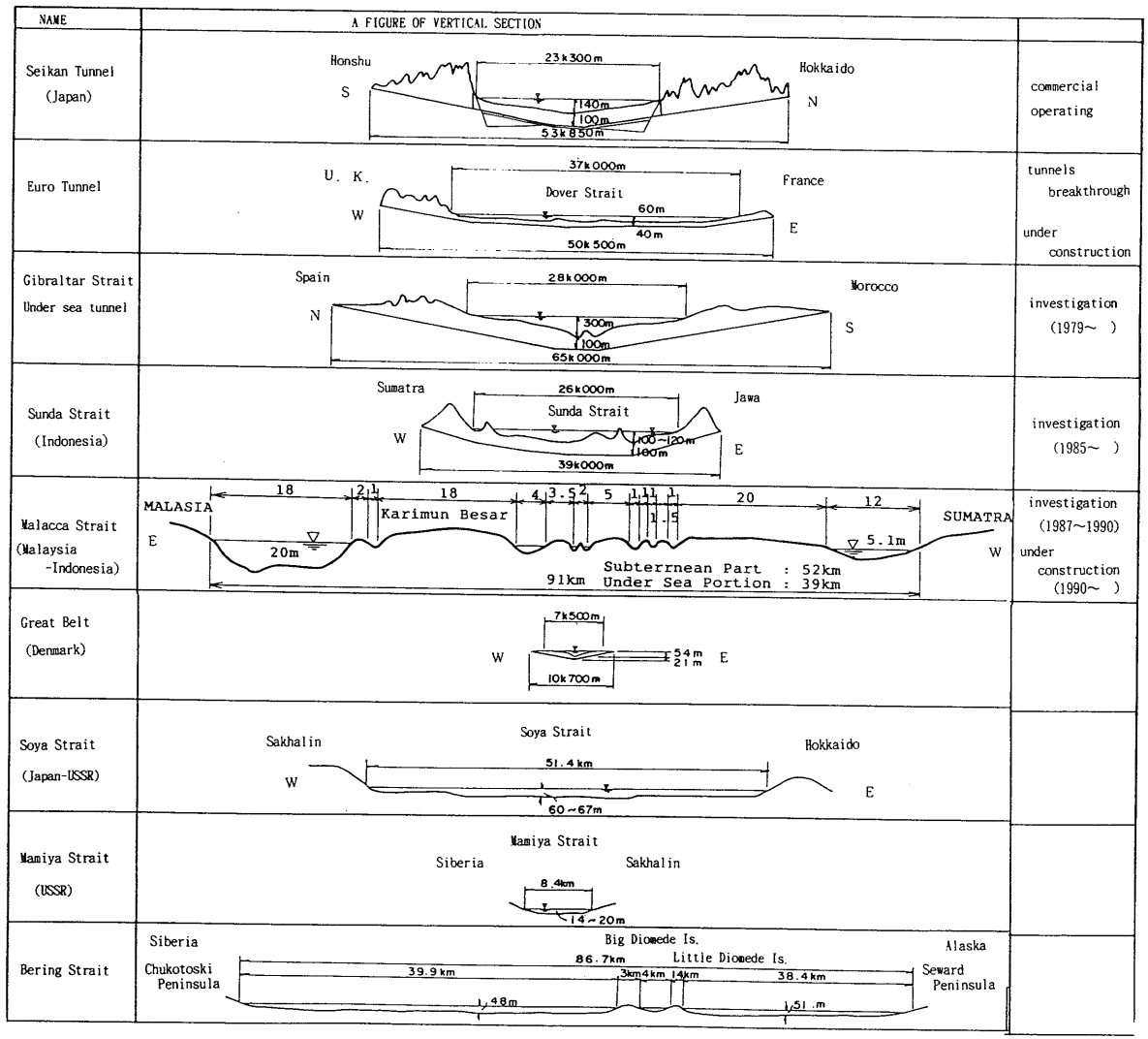
I－3.　施工条件を比較すると、先に述べたように青函トンネルの場合は、新しい技術開発が必要であったが、英仏海峡トンネルの場合は自然条件が難しくないので、すべてを既存の実績ある技術で計画し施工して、安定した結果を得ることができた。若干の問題点があるとすれば従業員の訓練（機械を含めて）であったといえよう。日韓トンネルの場合はまだそれをいえるデータが不足しているので論議できる状態ではないが、できるだけ実績ある技術を使用できるように指向すべきである。

I－4.　青函トンネルが、日本国内でのトンネル建設であるのに比べて、英仏海峡トンネルでは2国間のプロジェクトである点で大きく異なる点が出てくる。すなわち輸送設備については、まず安全性の確保が何よりも交通機関として優先される。この安全性に対する考え方は、多くの部分がそれぞれの国の歴史や文化、習慣等に影響されている（幸いに両国間に宗教的な大きい違いはないのであるが）。そのため輸送設備を決める段階で、安全に対する考え方の違いによる無用の時間を費やしているように見える。日韓トンネルもまさに2国間プロジェクトであり、予めこの考え方の相互理解が無いと、終わりの方の段階で思わぬ時間と経費を要することになるので注意すべきである。

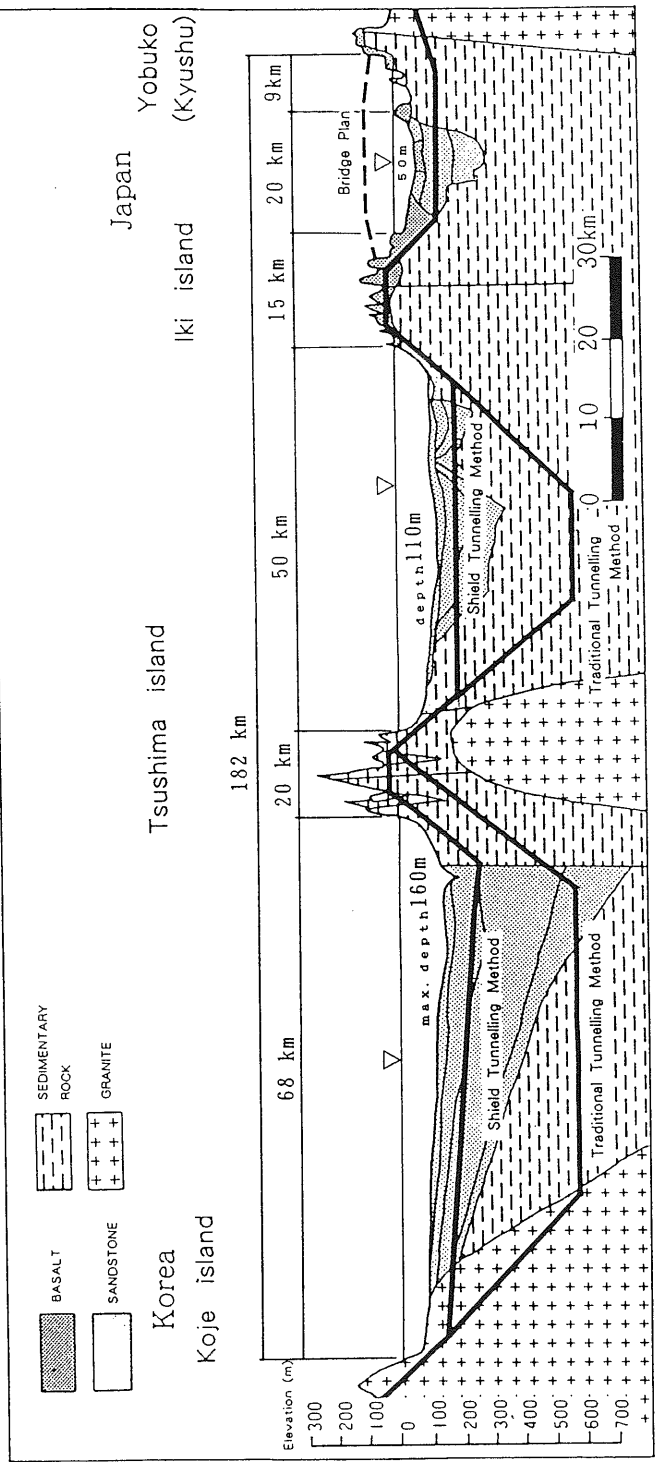
I－5.　青函トンネルの場合は、政府保証の形で資金が集められたが、現在は未だ政府機関の手によって借金のまま（約1兆5000億円）残っている。英仏海峡トンネルは、その良好な立地条件で予想される大きい輸送需要予測により、民間資金による形で行なわれつつある。色々な問題はあったが、民間資金である故に政府の政治的経済的な干渉なしで進められていると言えよう。

日韓トンネルの場合は未だ不透明であるが、これは2国間（これが第一に必要だが）のみならずもう少し広い地域で考える必要があるであろう。そのための一つの考え方として次のことを述べたい。

II－1.　今まで述べた青函トンネル、英仏海峡トンネル、日韓トンネルの他、図－1 a，bのように多くの海峡について一部は計画や調査が行なわれている。規模としては日韓トンネルより大きいものはない。詳細は避けるが、それぞれに問題がないわけではないが、これらの海峡を連絡するとほぼ世界の大陸（ユーラシア、南北アメリカ、アフリカおよび南アジア）はすべて連結され、オセアニア大陸も大きい水深に対する水中式等のト



図－1a　世界の海底トンネル



図－1b　日韓トンネル計画案

ンネルで連結することは可能であると考えられる（図－２参照)。これをグローバル・アンダーグラウンド・トランスポーテーション・システムと仮に名付けておく。

現在または将来にかけてボーダレスの時代に入ろうとしている。個々の地域の持つ個性は大切にしながらも“世界は一つ”になろうとしている。そのためには、人、物、エネルギー、情報等の輸送が安全で正確、迅速（ハイ＜スピード＞ウェイ）で、かつ快適に（環境を含めて）行なわれることが望ましい。そしてそれが現在直面している東西問題、南北問題、人口、食糧、そして環境保全等々の解決に寄与すべきであると思われる。言うまでもなくこのプロジェクトには大きいハードルが数多くあることは、現段階ではやむを得ない。しかし、上記の各種問題を解決していく過程の一つとして段階的に取り除かれていくことになると思われる。青函－英仏海峡－日韓トンネルの動きの中にも一つづつ問題解決の手がかりがあると考えられる。少し具体的な点を簡単に述べてみることにしたい。

II－２．　基本的には地震、強風等の天災に強いトンネルまたはそれに類した構造が望ましい。エネルギー的にも１万メートルを越える超高空を飛ぶことはあまり効率的ではない点もある。

図－３に概念図（設計図ではない）を示すが、原則は大小のチューブをトンネル内に入れて人、物（水を含む）、エネルギー、情報の輸送をそれぞれすることである（表－１参照)。高速交通としては、チューブ内を減圧し（超高空と同様な状態）0.１～0.２気圧程度は実用的に可能な範囲であるので、その中を高速リニアモーターによりマッハ４～５程度の速度の走体を通す。これによると世界の主要都市、地域はすべて２～４時間程度の時間で往来が可能である（表－２参照)。

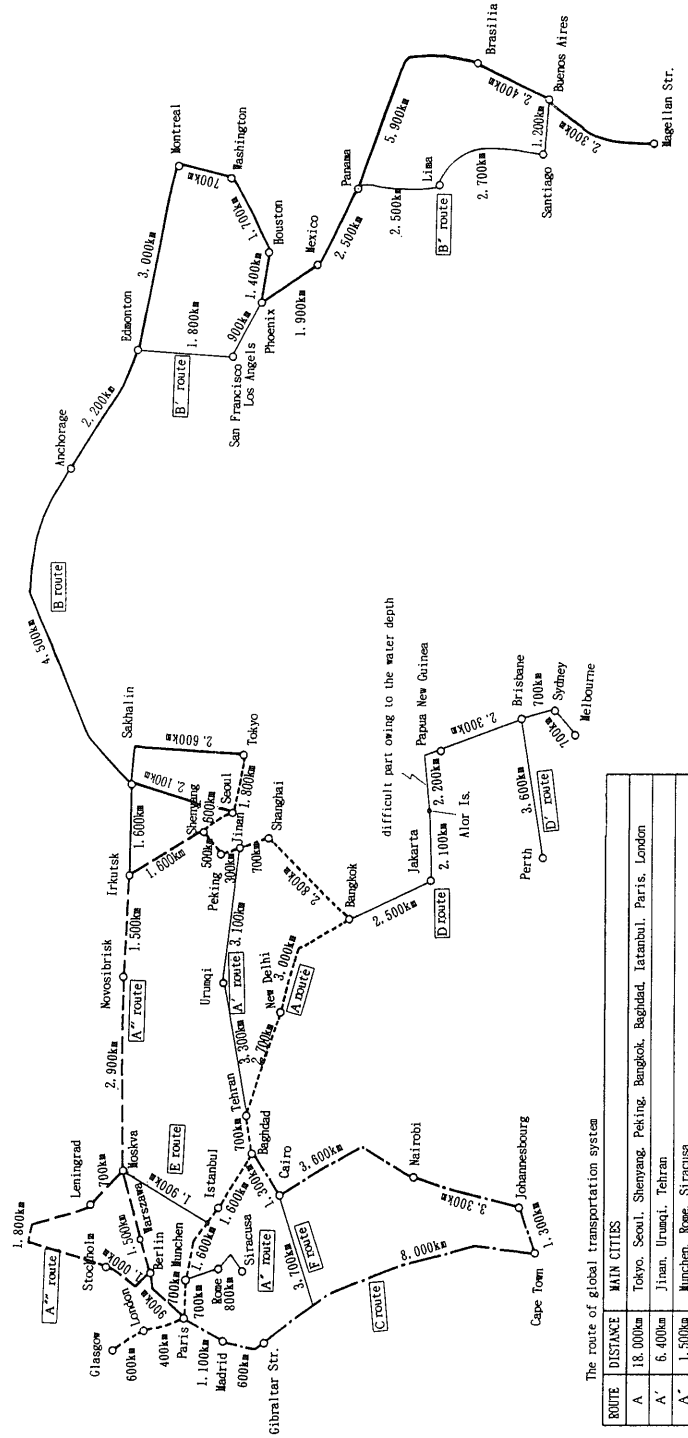
チューブにかかる外圧力は最大でも１気圧をこえることはないし、コンコルドでもマッハ2.5程度の速度は人間の乗り心地にさほどの影響がないことは実証済みである。駅部は扉等による段階的な与圧によって通常の１気圧にすることは可能である。文書や生鮮食料品（花等を含む）等で特に急ぐ貨物も同様に輸送は可能である。またさほど急がない物はカプセル輸送（鉱石等バルク）やパイプライン輸送（スラリー等）によって別のパイプ内を通ることになる。

II－３．　エネルギーに関しては、現在のような化石燃料による発電には地球環境上多くの問題が指摘されている。一方では余剰する深夜電力の利用も発電能力の開発をセーブする意味で重要である。

a）　超電導状態にあっては電気抵抗はほとんどゼロになるため、長距離の送電によっても電力ロスは極めて少ない。この点を利用して各地域の時差による深夜電力を互いに融通し合うことによって（例えば日本（深夜）－ヨーロッパ（夕方))、つまり東西型の深夜電力交換により、総発電力の抑制ができる。結果的には火力発電量の抑制によるCO_2等の増加防止をすることによって環境を保護することができる。

b）　図－４に見られるように亜熱帯高気圧帯つまり砂漠地帯での日照率の高さに着目し、それら地帯での太陽発電所でクリーンな電力を得て、各地にネットワーク（図－２）を通じて送電することができる（南北型エネルギー利用)。これによって北では、火力または原発などの発電所増加抑止による環境保全とエネルギー利用料の南への還元により南の経済レベルを上げ、教育環境を整備することができる。亜熱帯高気圧帯は東西に時差毎に存在するのでいつでも発電可能である。

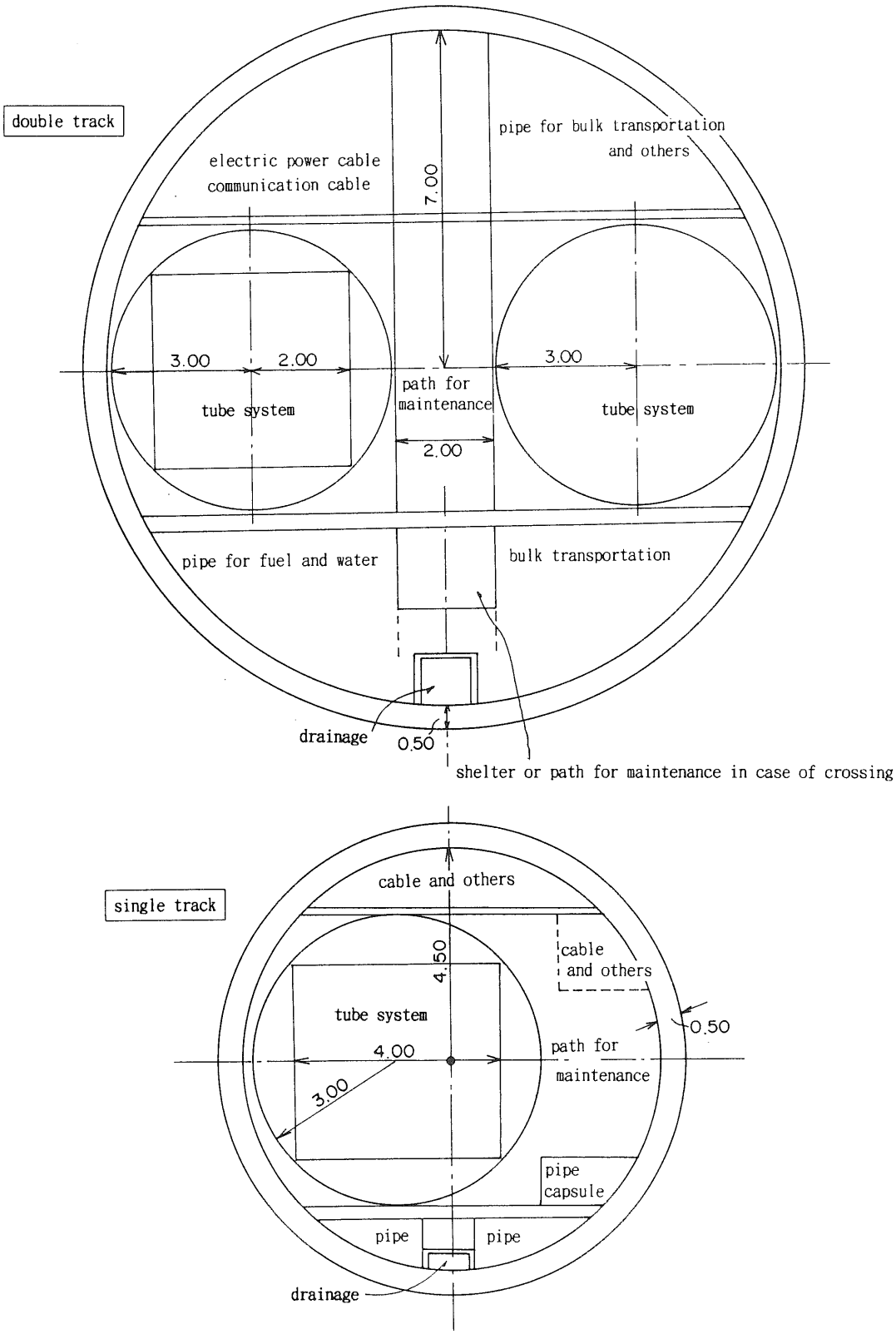
c）　ただし超電導の極低温（現在ヘリウム利用）は、できるだけ高い温度、つまり液化窒素（N_2）程度まで上げることが資源的にも望ましい。無論他の発電方式、例えば長江ダムや潮流による水力発電、核融合等も充分な開発の余地がある。これらによってCO_2等の増加を抑止する。



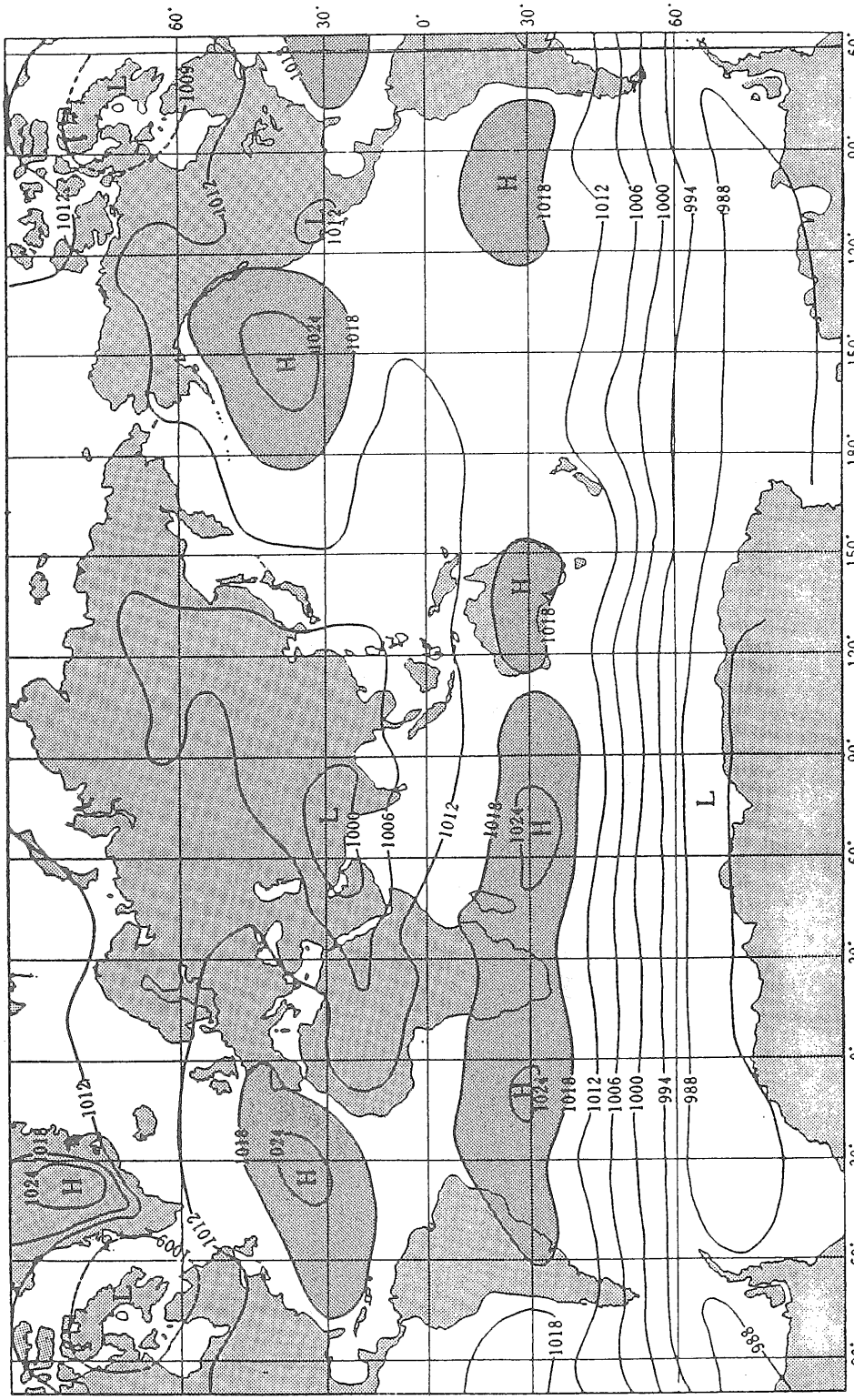
The route of global transportation system

ROUTE	DISTANCE	MAIN CITIES
A	18.000km	Tokyo. Seoul. Shenyang. Peking. Bangkok. Baghdad. Istanbul. Paris. London
A'	6.400km	Jinan. Urumqi. Tehran
A''	1.500km	München. Roma. Siracusa
A'''	8.400km	Shenyang. Novosibrisk. Moskva. Berlin. Paris
A''''	3.500km	Moskva. Leningrad. Stockholm. Berlin
B	31.100km	Tokyo. Anchorage. Washington. Panama. Magellan Str.
B'	2.700km	Edmonton. San Francisco. Phoenix
B''	6.400km	Panama. Lima. Santiago. Buenos Aires
C	19.200km	Baghdad. Nairobi. Johannesbourg. Gibraltar. Madrid. Paris
D	10.500km	Bangkok. Jakarta. Sydney. Melbourne
D'	3.600km	Brisbane. Perth
E	1.900km	Moskva. Kiev. Bucharest. Sofiya
F	3.700km	Cairo. Sahara
TOTAL	116.900km	

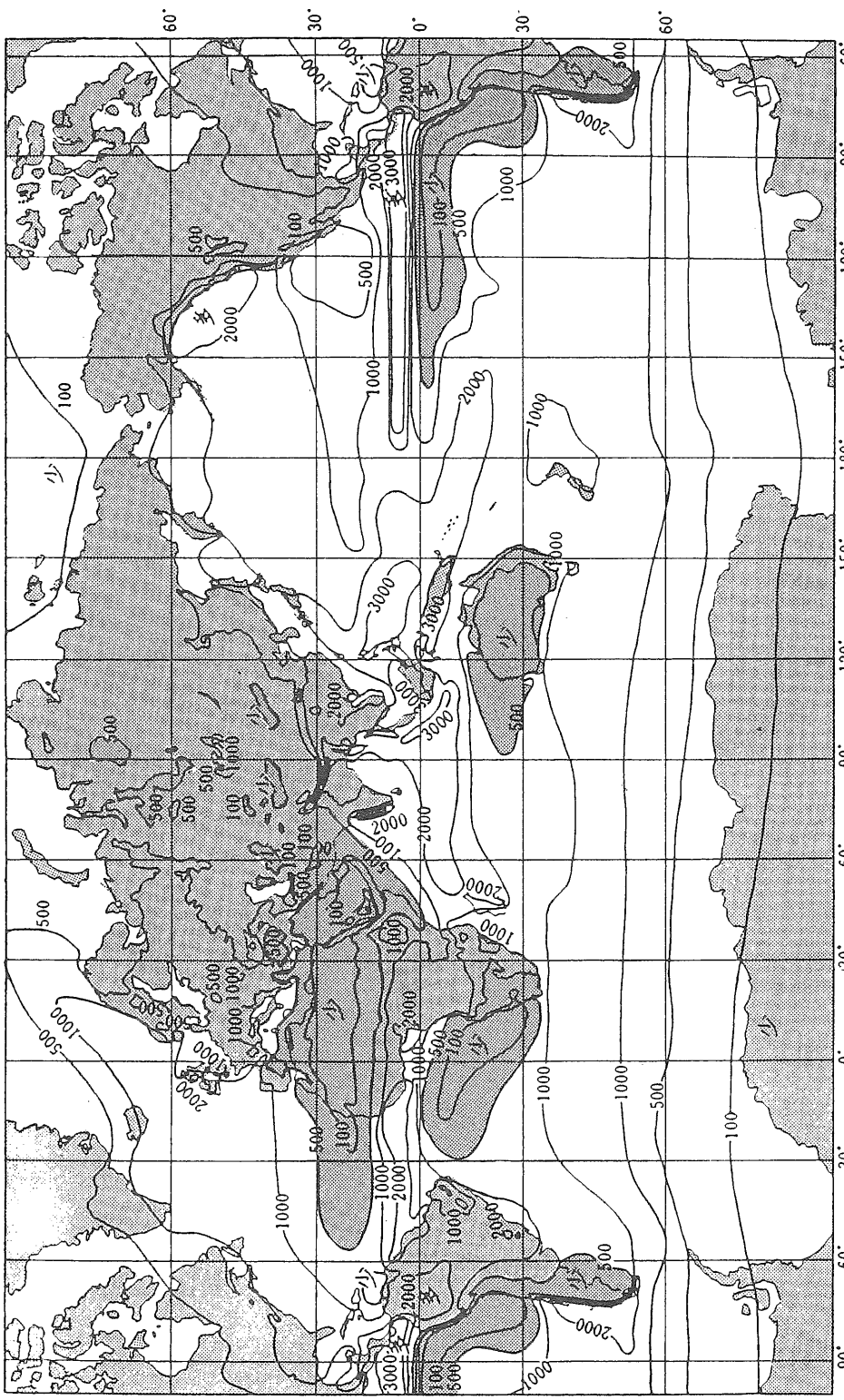
図－２　グローバル・トランスポーテーション・システムのルート図



図－３　グローバル・トランスポーテーション・システムの概念図



図－4　世界の気圧分布図（mb）〈７月〉



図－5　世界の降水量分布図（mm）〈年〉

表－1　グローバル・トランスポーテーション・システムの内容およびルート

ROUTE	passenger	freight(capsule)	freight(general)	slurry transportation for fuel	pipe for drinking water	pipe for water	electric power cable	communication cable	EXTENDED DISTANCE	MAIN CITIES
A	○	○	○	○	○		○		18.000km	Tokyo, Seoul, Shenyang, Peking, Bangkok, Baghdad, Iatanbul, Paris, London
A ′	○	○	○		○		○		6.400km	Jinan, Urumqi, Tehran
A ″	○	○	○	○	○		○		1.500km	Munchen, Rome, Siracusa
A ‴	○	○	○	○			○		8.400km	Shenyang, Novosibrisk, Moskva, Berlin, Paris
A ⁗	○	○	○	○			○		3.500km	Moskva, Leningrad, Stockholm, Berlin
B	○	○	○	○			○	○	31.100km	Tokyo, Anchorage, Washington, Panama, Magellan Str.
B ′	○	○	○			△	○	○	2.700km	Edmonton, San Francisco, Phoenix
B ″	○					△	○		6.400km	Panama, Lima, Santiago, Buenos Aires
C	△	△	○	△	△	△	○		19.200km	Baghdad, Nairobi, Johannesbourg, Gibraltar, Madrid, Paris
D	△	○	○	○			○		10.500km	Bangkok, Jakarta, Sydney, Melbourne
D ′	○				○		○		3.600km	Brisbane, Perth
E	△	○	○	○		△	○		1.900km	Moskva, Kiev, Bucharest, Sofiya
F					○	○	○		3.700km	Cairo, Sahara
TOTAL									116.900km	

表－2　主要都市間の距離

km

MAIN CITIES	London	Paris	Moskva	Baghdad	Bangkok	Melbourne	Johannesbourg	Peking	Seoul	Tokyo	Montreal	Washington	Panama	Buenos Aires	Antarctica
London	－	400	2,800	4,300	10,700	21,200	11,400	9,300	9,400	11,200	18,500	19,200	22,600	30,900	34,900
Paris	400	－	2,400	3,900	10,300	20,800	11,000	8,900	9,000	10,800	18,100	18,800	22,200	30,500	34,500
Moskva	2,800	2,400	－	3,500	9,900	20,400	20,000	6,500	6,600	8,400	15,700	16,400	19,800	28,100	32,100
Baghdad	4,300	3,900	3,500	－	6,400	16,900	8,200	7,400	8,500	10,300	20,300	21,000	24,300	32,600	36,600
Bangkok	10,700	10,300	9,900	6,400	－	10,500	14,600	3,800	4,900	6,700	17,500	18,200	21,500	29,800	33,800
Melbourne	21,200	20,800	20,400	16,900	10,500	－	25,100	14,300	15,400	17,200	27,900	28,600	32,000	40,300	44,300
Johannesbourg	11,400	11,000	20,000	8,200	14,600	25,100	－	15,600	16,700	18,500	29,200	29,900	33,300	41,600	45,600
Peking	9,300	8,900	6,500	7,400	3,800	14,300	15,600	－	1,100	2,900	13,600	14,300	17,700	26,000	30,000
Seoul	9,400	9,000	6,600	8,500	4,900	15,400	16,700	1,100	－	1,800	13,500	14,200	17,600	25,900	29,900
Tokyo	11,200	10,800	8,400	10,300	6,700	17,200	18,500	2,900	1,800	－	12,300	13,000	16,400	24,700	28,700
Montreal	18,500	18,100	15,700	20,300	17,500	27,900	29,200	13,600	13,500	12,300	－	700	8,200	16,500	20,500
Washington	19,200	18,800	16,400	21,000	18,200	28,600	29,900	14,300	14,200	13,000	700	－	7,500	15,800	19,800
Panama	22,600	22,200	19,800	24,300	21,500	32,000	33,333	17,700	17,600	16,400	8,200	7,500	－	8,300	12,300
Buenos Aires	30,900	30,500	28,100	32,600	29,800	40,300	41,600	26,000	25,900	24,700	16,500	15,800	15,800	－	4,000
Antarctica	34,900	34,500	32,100	36,600	33,800	44,300	45,600	30,000	29,900	28,700	20,500	19,800	19,800	4,000	－

※ Antarctica ～ Antarctic Pole － 2,700km

II－4.　図－5のように穀物の生育（年間降水量500 mm以上と言われる）に足るような灌漑用水または飲料水の輸送。これにはかなり大きい水路用トンネルが必要であるが、食糧問題の解決の一助としたい。別にバイオテクノロジー的なアプローチも考えねばならない。

II－5.　光ファイバー等高能力の通信線を組み込んで全世界的なネットワークが現在の100万倍以上のものとなる。これにより情報の充分な利用、教育レベルアップ、これらによって“世界は一つ”という基盤を創出することができ、かつ東西、南北問題の解決の一助ともなる。

II－6.　ただしこれらの実現には、いくつかの問題があることは言うまでもない。

a.　先に英仏海峡トンネルで述べたように、2国間、多国間の文化、歴史にまつわる点

b.　地域特性や宗教の違いによるコンセプトの違いの調和

c.　外交、軍事、既得権益等の問題

d.　建設費のコストダウン。トンネル、チューブ輸送、超電導、太陽発電等々

e.　各々の建設技術のハードルを乗り越えレベルアップをすること（d. にも関連する）。

f.　輸送コスト、輸送需要の予測

g.　上記諸問題を考えながら、建設資金について国際的合意を得ること。

これはコストダウン（恐らく総額300～500 兆円＜2～3trillion dollar ＞程度）となるので、増加するエネルギーコストの低下、環境保全費さらに輸送収入等により総合的にグローバルな視点に立つと不可能な数字ではないと考えられる。

これらのネットワークは部分的にしか建設が進まないのであろうし、その一つとして日韓トンネルが考えられる。しかし完成したものは事故等を考慮して、図－2のように2重系3重系のリンクネットワークであることが必要である。

以上はOut lineのみの一例であり、今後さらに検討をしていかねばならない。

― 参考文献 ―

1）　日本機械学会誌　1988年5月号

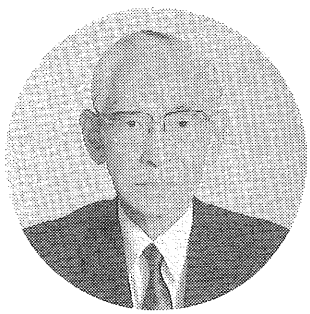
2）　持田豊　「英仏を結ぶ海峡トンネル」1990年12月 ｾﾒﾝﾄ・ｺﾝｸﾘｰﾄ

3）　Y. Mochida 「Undersea Tunnel」 ICUS 1985

提 言

国際ハイウェイ建設の意義と日韓トンネルの使命

Significance of the International Highway and the Mission of the Japan－Korea Tunnel



国際ハイウェイ建設事業団
中国ハイウェイ調査特別委員会委員長
（日韓トンネル研究会顧問）
谷藤正三

資本主義と社会主義というイデオロギー闘争の時代はすでに終わり、やっと平和な時代の到来と喜んだのも束の間、多くの国々の内に存在する多種多様な民族がそれぞれ自主・自決の道を歩もうと画策し始めている。ところが、その歩き方をみていると、多岐にわたって異なる政治・経済・教育水準の中で、いたずらに民族自決の正しさのみ強調され、確固たるダイアグラムもないままにいたずらに衝突ばかり激しくなるような社会現象を巻き起こしている。平和を求めた国民に与えられたものは、単に利己的・紛争多発型の不安定世界の絵図に過ぎないようにも見える。特に最も激しく揺れているのは東欧・西アジアの諸国であろう。冷戦融解後の圧力の弛みは民族自決の流れが高まる方向に動いていった。

これはレーニンの民族自決権に由来するものであるが、彼は積極的に民族自決を認めようとしたものではなく、各民族国家が自由意志に基づいて真に民主的国家として大国家の中にとどまっていてくれるものとして考えていたのである。中央集権的巨大国家を形成していても、権力行使による抑圧体系ではなく、お互いに平和に仲良く存立していけるものとして期待していたのである。ところが、過去における抑圧の歴史は一挙に自由・自主・自決へと後先を考えさせる暇もなく走らせてしまったのである。しかもその錦旗は民族自決という言葉である。

グローバル化とボーダレス時代

ところが、最近。情報の発達や陸上交通機関の進歩によって、世界中の各地域の経済事情・政治情勢・生活環境がマスコミを通して伝播され、国連機関の誘導等を通して他地域への移動が比較的容易になったために、民族混住の地域が非常に増えてきているのである。

特に大国家であればある程、民族混住度が進んでおり、ある領域について単一民族自決国家と決めることなど不可能といっていいぐらいになってしまっているのである。したがって、民族自決という大義名分だけでは、政治的に解決不可能な時代になってしまったのである。特にごく最近の情報革命はそれぞれの国の知識層を通して、他国の豊かさ、生活水準の高さを直視できる機会を拡げ、自国の貧困感の火に油を注ぐ結果となっている。国民は国民としての努力を忘れて権力者に不満をもつようになり、眼に見えて改善されないとさっ

＊元北海道開発庁事務次官、国土政策研究会会長

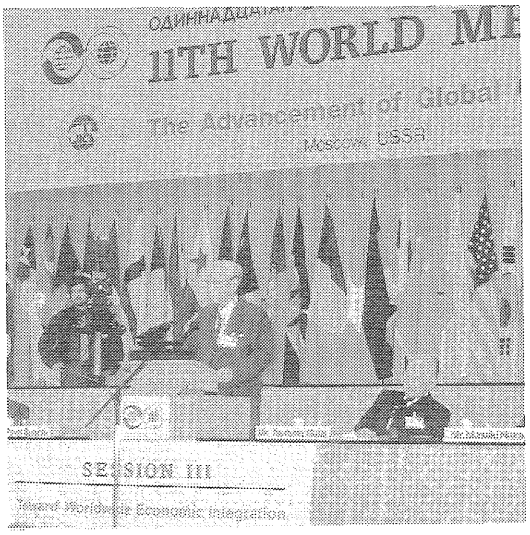
さと国境を越えて難民となって流動し、ますます民族の混在化を激化させている。

一方では、国家の権力者が自分の権力にこだわって、国民大衆を忘れた冒険行動に走ることさえも起きている。経済のグローバル化が進み、世界の民族が相互依存度を深めている中で、特定の地域の国民が誤った情報の下でとんでもない紛争を起こすことさえ起きているのである。

世界のグローバル化の進展・経済統一、ボーダレス時代を迎えて、しかも民族混在時代に入っている今日、もっと正しい情報が世界の全国民に伝達できるように努力し、経済的にも政治的にも自主・自立を困難とする小国家のみが幸福な生活社会を形成できるかのような誤解をさせないように世界の人類を誘導していく必要があるのである。広域的大国家連邦の中で広域経済圏を構成し、それぞれの地域特性を活かしつつ、自由で平和な連合国家組織を保持しながら、次第に大同団結への道を進んでいくことが必要であろう。「今こそ世界に新しい窓を明けるチャンス」ということで、今年五月末、国連軍縮京都会議が開催され、湾岸戦争で世界各国がかなりの一致行動を取ったことに対する成果を強調していた。

相互不信と猜疑心が渦巻く世界

現在、地球上で明るい見通しを立てられるものは西欧ぐらいで、アフリカの安全保障・第三世界への武器拡散・南米の経済不安等、どうすれば解決できるのか問題は山積みしていると言っていいだろう。特にアジア世界は歴史も文化も多様で混沌とした政治経済不安の中で、相互不信と猜疑心が克服できないでいる。これに低教育水準での宗教闘争までからんでいる。ジョン・ミーアースハイマー、シカゴ大学政治部長の言葉をかりれば「冷戦とはただの長続きした平和のことだった」と皮肉な表現が許されるような時代をいつまでも許すわけにはいかないだろう。平和にも大きな費用がいるのである。戦争で破壊と無をつくるか、平和によって人類にストックを残すかの違いである。異質の価値観や文化・宗教が混在するのが人間社会の現実である。



第11回「世界言論人会議」の席上、国際ハイウェイ構想を報告する著者（1990年4月、モスクワ）

"世界は一つ"という命題は文鮮明師が強く主張しつづけ、そのために特に、成長率の低い国々に対して経済的・政治的連繋を強めることによって、逐次理解度を高めようと世界大会を通して精魂を傾けておられるが、世界の動きは思うように動いてくれていない。冷戦融解によって力の世界が除かれて民主的社会が安定すると思ったのに、思わざる民族間の独立闘争というミクロ的問題で闘争が激しさを増している。毎年、政治経済問題・宗教問題などについて世界大会が開かれ、世界融和の大目標に向かって立派な決議が出されているにもかかわらず、国家間・民族間・部族間の闘いは逆行の一途をたどっているように見える。

特に、力によって押えられてきた植民地経験をもつ国家は今の時代になって、その膿が出てきたかのような感じでさえある。理性と感情が混線してしまったようである。もっと教育水準・生活水準が上がれば理解も反省も早まるであろうが、そこまで到達することは容易なことではない。

交通機関活用し、"世界平和"実現

世界の情報を最も迅速に伝えるには視聴覚に

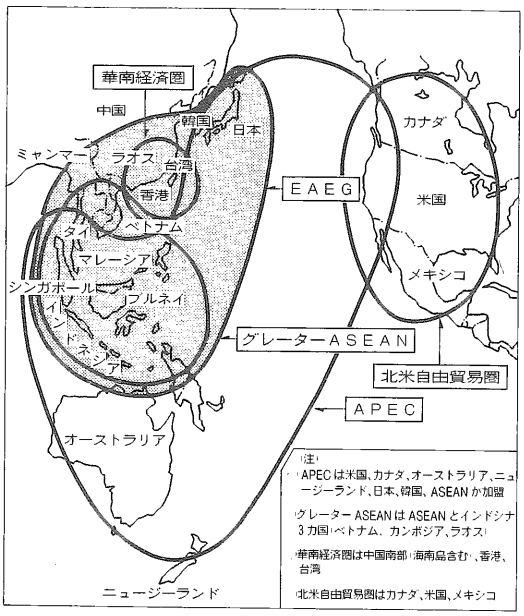
訴える衛星通信による方法である。政治・経済・芸術・文化あらゆるニュースは地球上どこでも同じ価値観の上にたっている。つまり、情報通信の世界は完全に“世界は一つ”の実現を見ているのであるが、受ける側では経済的格差がこれを空間において拒絶させている。したがって、これに代わるものとしては、地上交通機関を活用するしか残されていない。これらの中で、飛行機も鉄道も点を中心として情報を拡散する。道路は線に従って面積的に情報拡散が行われる。しかも人間のいるところ、どこへでも最も経済的に拡大していくことができる。最近のモータリゼーションの波は地球の隅々まで押し寄せ、情報伝達の大役を果たしている。

ドイツのアウトバーンを皮切りに汎アメリカン・ハイウェイ、アジア・ハイウェイが大きな波を打って前進している。国際ハイウェイ建設事業団の存在価値もこの歴史的流れの中に基礎をおいているのである。“世界は一つ”という大目標の前に高速自動車体系を完成した西欧諸国によって、EC統合という大事業を果たした現実がわれわれの将来を明るくしてくれているのである。

交通の発展がもたらす相互均衡

“世界は一つ”という構想は一挙に達成されるものではない。現在いろいろ計画されている経済圏構想について十分調査して、可能な領域を強化しながら逐次拡大していく手法が必要であろう(図－1)。太平洋経済協力会議(PECC)がまとめた91年版経済概況報告は、実質経済成長率を予測している。これによると91年の平均経済成長率は米国の景気後退などを反映して実質の4.8％から4.3％に下がるが、今年後半から景気は回復し、92年には5.2％になるという明るい見通しをたてている。

これらの経済圏領域の諸国はどちらかといえば、最近中進的経済力をもってきた国々以上であるから、国際協力も行いやすく、これを中核として政治的・経済的に混乱している環インド洋圏の

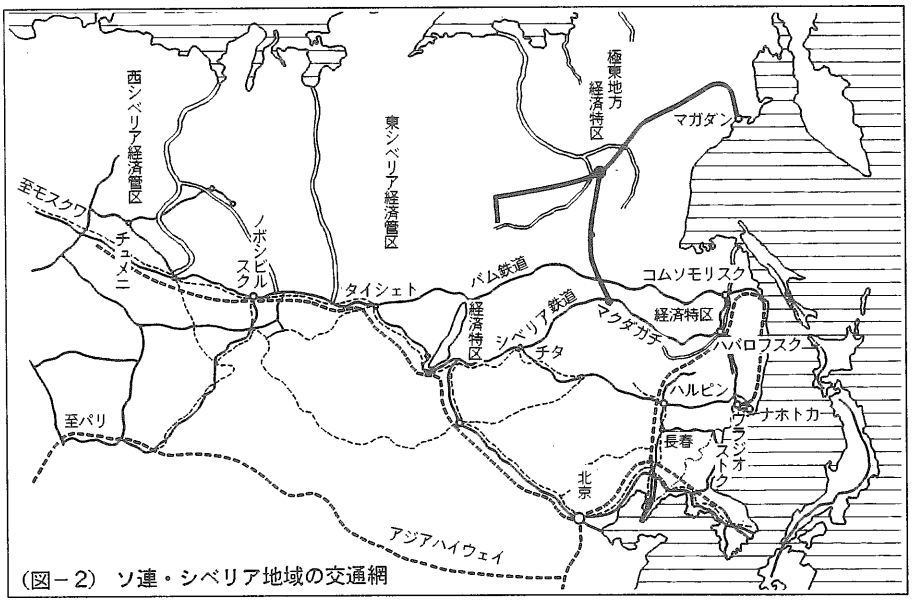


(図－1) アジア太平洋地域の主な経済権構想

国々に向かってアジア・ハイウェイの建設、東欧諸国に向かってシルクロード・ハイウェイの建設、大国ソ連の経済安定に向かってシベリア・ハイウェイの建設などを進めていく必要があるであろう。

今世紀の大半の間、世界を分裂させてきたイデオロギー対立が衰退したとはいえ、新たに南北問題としての富める国と貧しい国との不均衡が争いの最も大きな原因となっている。富める国では問題とされない民族問題でも、長期にわたる緊張の原因となり得るのも貧しさがゆえの闘争である。交通の発達によって情報が的確に伝達され、国境なき世界の時代への前進目標が理解されれば次第に争いは緩和されていくであろう。人材を最も必要とする低開発国ほど逃避によって人材を失っていく現在社会の現象を少しでも早く解消することが大事なことである。

一方、アジア地域での戦後処理の一環ともいうべき戦後46年間の敵対関係にあった日ソ両国が4月中旬のゴルバチョフ来日を境にして、善隣友好関係に向かって動き出している。しかし経済大国日本といわれ、資金力・技術力において世界の頂点にありながら政経不可分の原則にこだわって困窮しているソ連に救いの手を差し伸べることを躊



(図－2) ソ連・シベリア地域の交通網

躍しているように見える。

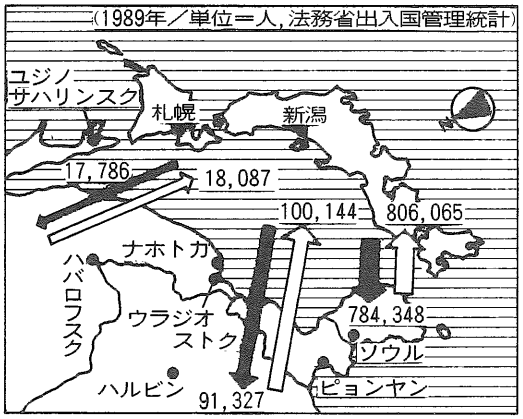
共同声明における四島返還交渉問題を明記し、無査証枠組を提起し、共同の互恵的経済活動の開始・軍事脅威の削減など将来に対する明るい見通しを示唆している点などを考えれば、互恵の雰囲気の中で、政治・貿易経済・科学技術・資源開発などの分野での建設的な協力を積極的に進めることが、隣人としての愛情であるべきでないだろうかとも考えられる。ゴルバチョフ大統領の経済協力問題に対する提案は石油・ガス・石炭等のエネルギー資源の開発、運輸、通信網整備とそれに関連する金融・経済協力関係の整備展開であった(図－2)。

今や、環日本海経済圏の時代到来

日本で最も望ましい提案が隣人からなされているのである。経済大国日本がこの協力によって大きな利益を得るということだけではなく、世界のリーダーとしての日本が既に述べてきたようにアジアの安定という大目標のために活用するという大望の下に大きな活動をすべきではないだろうか。現在、アジア全体にバラ撒いている海外協力という名の資金を効率的に回転をはかるための一手法としても考えられることであるとも思われる。

6月9日の日経新聞に北京の自由市場にソ連・東欧から日用品を求めて買い出しに来るという写真が載っていた。隣人の困窮状態をただ見ていることが日本人に許されていいのだろうかと思わざるをえなかった。これまで45年間にもわたって軍事的脅威者としてみてきたソ連が急に普通人になったからといっても疑いの眼でみることもやむを得ないと考えるのも常識であろう。がしかし、今、ソ連改革派が民主的国家として生まれ変わろうとしている時、中央支配に執着する既存勢力にモミクチャにされようとしている政治的大混乱のさ中において、改革派を勝利に導く決定打は経済援助であることは理の当然である。近視眼的思考はやめるべきであろう。財政均衡・価格改革・民業活性化を助け、資源開発に協力する必要があるのである。

資源開発は極東地方が主体となるであろう。極東7自治体(ハバロフスク、沿海、サハリン、カムチャッカ、カガタン、アムールの各州およびヤクート自治共和国)は昨年11月、地域経済の相互間調整・地元経済の育成を目的とする極東経済協会を正式発足させ、直接貿易権も与えられるようになっている。日ソ間での協力が行われるとすれば、森林資源・漁業とその関連産業の開発、石油・石炭等のエネルギー開発、鉄道・道路・港湾などの輸送システムの整備、開発関連機械工業、食料



(図－3) 環日本海の3カ国から日本への出入国者

生産・肥料工業、など多くの業種に技術協力が可能であるはずである。かくして環日本海経済圏が現実の姿を現わし、日本海内海化時代を迎えることになるであろう（図－3)。

環日本海経済圏としては沿海州地方、ハバロフスク地方、サハリン州、アムール州が中心となるソ連側の極東部と中国の東北3省（黒竜江・吉林・遼寧)、それに北朝鮮と韓国及び日本で構成される。これらの関連する地域の国民総生産は現在5兆ドルに達しているが、これが順調に開発されればさらに拡大されるであろう。潜在能力は非常に大きいものがある。これを促進させるには通信、交通等のインフラストラクチャーの整備が重要なポイントとなっている。

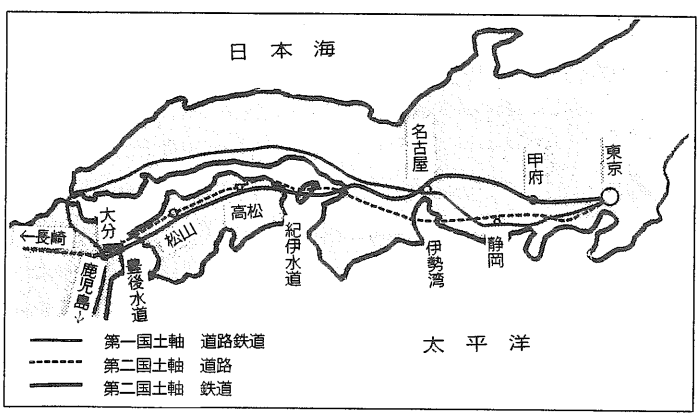
このように考えてくると世界は一つという大目標に向かう方向には政治的、社会的安定を促進する側からの高速道路建設とともに経済安定という側面から促進するための高速道路建設も考えておく必要があるようにも思われる。

日韓トンネルの使命

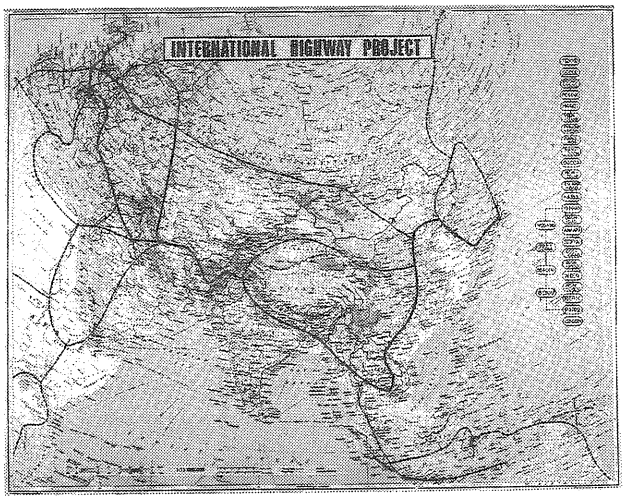
日本は経済大国としての海外協力に大きな貢献を行うとともに、西欧諸国に比べて遅れていた社会資本整備に力を尽くし、島国としての特性の故に世界的な大型プロジェクトを完成させてきた。青函トンネル、本州四国架橋、東京湾横断道路等技術的に見ても革新的な栄与を担ってきた。しかも21世紀初頭には総て完成を見るところまで来ている。さらに進展すべきプロジェクトとして第2国土軸の建設が叫ばれている。これは現在の道路・鉄道の主幹線に対して東京から伊勢湾口、紀伊半島、紀淡海峡、四国、豊予海峡を経て熊本（長崎）に至る主幹線軸を造ろうとするものである（図－4)。

道路体系は第2東名に連結されて、時速140キロ規格となり、鉄道はリニアシステムとなり時速500キロラインとなるであろう。その時には伊勢湾口架橋、紀淡海峡トンネル、豊予海峡トンネルは大規模プロジェクトとして浮上してくることとなり、現在保有する技術陣営の断絶を防ぐことができよう。しかし、これらのプロジェクトは今後の基本調査となるから着工時期についてはかなりの時差は避けられないものと考えられる。

一方、日韓トンネルを含み、朝鮮半島、中国・東北省経由北京に至る高速自動車道は既に基本調査が順調に進められており、21世紀初頭には完全に着工態勢が整っているはずである。しかもこのルートはそれぞれ世界の主要経済圏を貫通するはずの、①シベリアに至る高速道路②外蒙経由モスクワに至る高速道路③シルクロードを逆行するパリに至る高速道路④アジアハイウェイ幹線⑤バンコックで分岐する南アジアハイウェイ幹線、の5路線（図－5）の要になるものであるから、各関連国の協力によってできる



(図－4) 第一、第二国土軸を中心とする主幹線



（図－5）ユーラシア大陸を縦横無尽

だけ早期に完成する必要にせまられている路線である。しかもこのルート中での日韓トンネルは技術的にも経費的にも或は工期的にも“世界は一つ”という大目標へ進むための生命線となっているのである。あらゆる努力を集中して、この20世紀末には総ての調査事業を完了して何時でも着工可能な態勢になる必要があると思われる。

1990年末の日米構造協議の結果、今後10年間の公共投資額は総額430兆円と決定された。これはフローの投資とストックへの投資を考えれば必ずしも十分ではないであろう。日本の現在の経済成長率をもってすれば、さらに充当すべき余裕をもつであろう。日本の技術は今や水素燃料飛行機、リニアカートレーン、電磁推進船時代に突入している。必ずや科学的合理的工法も開発されていくであろう。もう一頑張り、日韓トンネル研究会の方々に奮起を期待し、成功を祈る次第である。

（『本郷路』紙、1991年7、8、9月号に掲載）

研究会会員募集

本会は国際ハイウェイ構想の一環である日韓トンネル計画の調査・研究を内外の専門家の協力を得て、情報・資料の収集、講演会、シンポジウムの開催、さらには国際交流や刊行書として『日韓トンネル研究』、『本郷路』（月刊紙）の発行を通して、会員の皆様との連帯を深めています。

本会を具体的に推進するために幅広く会員の募集を致しておりますので、何卒宜しく御加入下さいますようお願い申し上げます。

【会　費】正会員　年額5、000円
賛助会員　年額
個人一口10、000円
法人一口50、000円
（一口以上）

国際ハイウェイプロジェクト
日韓トンネル研究会
〒150 東京都渋谷区宇田川町37-13
スリーエスビル1F
TEL03（3481）6977
FAX03（3481）6295

調査と研究①

東北アジア経済圏の長期的最適成長に資するアジア高速道路網（その一）

Asia Highway Network to contribute to the effective Long-Term Growth of the North-East Asian Economic Region

河野博忠*

1. 課題設定

アジア高速道路網が建設・供用された場合の社会経済効果を非線形動学的多地域多部門離散型最適計画編成モデルに依拠して計測し、評価を与え、かつ東北アジア経済圏の将来に定量的展望を与えて、その「長期的繁栄と恒久平和」に貢献する処方箋を導出することを意図するものである。

ここで東北アジア経済圏（広義の東北アジア経済圏）とは中国、大韓民国、北朝鮮、ソ連邦の極東地方および日本でもって構成されるこれからの経済圏域をさす。ソ連邦の極東地方とはヤクート自治共和国を含むバイカル湖以東の広大な地域（ただし、ブリヤード自治共和国とチタ州は除く）をいう。すなわち、プリモルスキー地方（沿海州）、ハバロフスク地方、アムール州、カムチャッカ州、マダガン州、およびサハリン州でもって構成されている（図4.1）。

また、これから頻出する「狭義の東北アジア経済圏」（むしろこれをここでは「東北アジア経済圏」とする」）とは、中国北部の河北省・山東省・山西省、遼寧省・吉林省・黒龍江省、ソ連邦の極東地方のうちの沿海州とハバロフスク地方の最南部（ハバロフスク市を含み、バム鉄道の東の終着駅であるコムソモリスクナ・アムーレ市以南の地域）および「ウラジオストク・図們江（豆満江）・清津ゴールデンデルタ開発構想」に関係する北朝鮮の最東北部（清津周辺地域）でもって構成される経済圏をさすことにする。

ここでは、東北アジア経済の将来、あるいはその長期的繁栄と恒久平和を予測するのではなく、長期的経済政策、すなわち経済計画の課題としてこれを捉え、アジア高速道路網をそれを実現するための重要な政策手段の一つとして位置づけ、これを駆使してアジアを最適成長せしめることを考えるのである。この最適成長政策は、はじめから東北アジアの各国を均等発展させることを意図せず、初期の段階ではむしろハーシュマン型の不均等発展方策が採択され、開発速度をより促進することに重点を置く。すなわち、「狭義の東北アジア経済圏」（中国北部諸省、沿海州、ハバロフスク地方の最南部および北朝鮮の最東北部）の資源賦存量、人口規模、工業生産における規模の経済性等に着目し、とにかく当該地域の経済を早期に「離陸（take－off）」せしめ、もってアジア全体の経済成長の牽引者としての役割を果たさしめようという筋書きである。これは回り道をして結局は目標に速く到着する、ないしより効率的に達成するという「高速道路の定理（Turnpike Theorem）」

＊筑波大学教授

に依拠する最適経済成長理論の定石の具現化、応用を意図しているのである。中国が繁栄の経済成長軌道に乗り、現在、ないし少なくとも10年前の日本の生活水準と同じそれを近隣諸国民が実感し、アジアが政治の厚い壁を超越して融和し、経済交流することによって成長していくことは一つの望ましい発展経路といえよう。

ところで、東北アジア経済圏諸国が、離陸して経済成長の軌道に乗るということはこれまでの原料・資源供給、製品輸入、日本からみれば資源輸入、製品輸出という貿易パターンから長期的には製品の相互輸出入を主体とする本格的な水平貿易の可能な体制に変換してゆけることを意味する。これは国際貿易論における古典的な「比較生産費原理」を持ち出すまでもなく貿易に関係する相方の国々の経済厚生の増大に寄与する。現在、日本とこれらの地域、たとえば中国の間の貿易実績が日本の輸出に占める順位は第2位であり、同じく輸入では第6位の取引相手である。韓国と中国の間の貿易も近い将来非常なる発展が確実に予想される。このようなわけで、高速道路幹線網が供用されれば、また日本と韓国の間では日韓トンネルが出来れば、これらの国々の経済交流が飛躍的に増大することは計測するまでもなく明白である。このような産業構造の変換、経済成長、市民生活の向上のために、高速道路網は最も効率的な政策手段である。

さて、このような巨大プロジェクトへの資金手当は如何になされるべきであろうか。ドーバー海峡にかかる「英仏海峡連絡路」についてはすでに日本の13銀行を含む世界31銀行からなる大融資団が結成され軌道にのっている。しかし、日韓トンネルを含むアジア高速道路網へのファイナンシングは英仏海峡連絡路の比ではなく、超巨額の融資となる。

日本では現在貿易黒字の蓄積と内外の金利差の間隙をぬって多額の余剰資金が投機的資金としてただよっている。それはバブル経済が崩壊したとはいえ実物的資本財建設の実態のない投機活動である。21世紀をむかえるにあたりわれわれは実物資本財建設に情熱をもやしたい。これについては中島正樹氏の提唱による投資総額5000億ドルの「世界公共投資基金」構想がある。また、つい最近はロバート・V・ローザによって「世界中央銀行」設立構想が提唱されている（Robert V. Roosa、"G5体制から世界中央銀行創設へ"、「近代経済学シリーズ」No.76、「週刊東洋経済」No.4726、東洋経済、1987.5.22、pp.13－15)。

問題は如何にすれば、現在短期的で投機的な対象にむかっている余剰資金が、アメリカ等で国債、株式に投資するより、アジア高速道路網等の世界的なインフラストラクチュアへの投資により魅力を感ずるように出来うるかということである。

本調査の最大の意図はアジア高速道路網の社会的便益を計測して長期的かつ国民経済的観点からすれば、十分に採算性のあるプロジェクトであるということを論証し、世間および関係方面の方々に理解をいただき、アジア高速道路という人類の夢、超巨大社会的基盤に投資すべきであるという気運を醸成する一助となればということである。

このためには、投資のリスクの負担を公共当局ないしそれに相当する機関が肩代りする、つまり国民経済にひろくリスクを分散させること、債権の流動化、証券化を高めること等によってアジア高速道路網への投資を民間投資対象の中で有望なそれにしてゆくことであろう。

2. 開発の経済理念

東北アジアの超長期の抜本的な離陸を意図して策定される Asian Expressway Project は経済政策の中でも長期の経済政策、すなわち本格的な経済計画である。また、このような経済政策の目標は経済理念とも呼ばれている。

東北アジア発展の経済理念を直截に表現すれば「東北アジアの長期的繁栄と恒久平和」となろう。計画視野を、アジア高速道路網計画の準備期間10年、建設期間20年、経済効果発生・浸透期間20年の計50年（少なくとも）として、この期間アジア

諸国がどのように経済発展し、完全雇用が達成され、資源配分の最適化がなされるのか。また、どのように所得分配の公正、すなわち各国間の経済格差の解消と各国内の貧富の差の解消が達成されればよいか。これらの現実的解明はきわめてむずかしい課題である。α）一国産業構造の中に「軍備」がある場合の「最適資源配分」；β）国際連合方式、つまり各国の均等発展と経済構造の中に規模の経済、マーシャルの外部性を形成せしめこれを結果的に各国がより速く成長することに利用することを意図する不均衡発展との間のトレード・オフ；開発資金をアジア外部からも調達するか、等々もあわせ考察してゆかなければならない課題である。アジア高速道路網体系に係る政治的、技術的（日韓海峡横断トンネル）困難性に対しては、とりあえず、規模の経済性が存在し、その地域の早期における離陸が東北アジアないしアジア全体の長期的発展の契機となりうる狭義の東北アジア経済圏を中心として公共投資の先行投資を外生的におこない、機の熟した段階で、中国⟷大韓民国間の国際ルートを完結する、すなわち北朝鮮（朝鮮民主主義人民共和国）にも幹線高速道路をレイアウトさせてもらうという現実的な方法もある。日韓トンネルについても同様に考えられる。

われわれのアジア開発の経済理念に則る経済政策、経済計画への処方箋は：各国に賦存する人的・物的資源を最大限有効利用しつつ、アメリカ、西欧、日本の経済発展にも遅れず、追い付き、かつ場合によっては追い越しながら、アジア内部では規模の経済性、技術的外部効果、さらにマーシャルの外部効果が最大限発現されるようにして、これからの50年間各国の国民の厚生（幸福、満足）の合計が最大化するように最適成長するためには、東北アジア各国の総合交通体系、とりわけ Asian Express－way 網は（各国内で）地域別、期間別に如何にレイアウトされるべきであろうかという問に答えることとなろう。このような処方箋を導出するに最も有効な技法が、ここで開発された非線形動学的多地域多部門離散型最適計画編成モデルである。

3. 巨大プロジェクトの公共投資規準論的考察

3.1 世界の経済政策の潮流

昨年の総会でも取り上げたように、社会主義的計画経済体制の崩壊によって、世界には今や「市場経済化」という経済政策が間違いのない唯一の政策原理となっている。これは取り引きすること、貿易をすることによってその当事者双方に便益が形成されたこと、この無から有の創出にも等しい便益を形成し享受すべきであるということ、個人の主体性（利己心）にゆだねて生産効率を向上させるという活性化の成果を最大限引き出すということとを企図するものである。

ところで、この市場経済化は多くの国で「規制緩和政策」という形をとって施行される。これまでの多くの諸規制を緩和することが市場経済化につながるのである。

この規制緩和政策を抜本的に実施しようとするとこれは「分割・民営化」政策となっている。

ところが、巨大プロジェクトの古典的な公益事業理論的帰結は非分割・非民営で180度の違いがある。この点を項をあらためて検討しておこう。

3.2 公益企業の特質

高速道路、新幹線、水力発電所、等の公益事業施設（ストック）ないしそれから形成されるフローとしてのサービスにはその物的特質に由来して生産費的特質（経済的特質）、需要特質の双方があり、これらを受けて社会的特質としての非分割・非民営が帰結されている。

ここでは水力発電所を主体としての電力サービス会社、高速道路の建設・管理・運営会社、等の典型的な「公益事業（Public Utility）」の特質を考察しよう。

まず、物的特質として、①その施設の非移転性(Immobility)、つまり非可塑性（Non－Malleabil－ity）；②非分割可能性（Indivisibility）；③固塊性（Lumpiness）があげられる。たとえば、佐久間ダムを念頭におき考えれば、佐久間ダムは佐久間ダムとして1つの塊りとして用をなすのであり、これが公共施設、公共投資の大きな特質である。また、普通の町工場での歯ブラシ製造工程のように、分割して工場を分けてもさして問題が生じないケースと異なり、佐久間ダムを分割してどこか別の渓谷に移すことを考えればそれの取壊しと廃棄処分費用は建設費用以上にかかるかもしれない。つまり、移転は不可能なのである。

このような物的特質を受けて、当該サービスの供給面での生産費的特質が得られる。まず、④固定費の割合が圧倒的に高い；⑤そのための平均費用がどこまでも逓減的もしくはやがて一定となる；⑥その結果、生産水準の下限制約が禁止的に割高となり、よほど大きな需要が存在しない限り、つまり経営規模が大きくない限り損益分岐点に達しない、という諸性質がある。

この生産費的特質から、経済的特質として ⑦大規模生産の利益；⑧外部経済効果発生装置としての効率が得られ；⑨その結果著しく巨大な施設が採択されることになるのである。

一方、需要側の特質としては、⑩このサービスに対する市民の主観的評価がその平均費用に比べて非常に大きい；⑪消費者余剰が大きい；⑫需要の価格弾力性が低い（サービスの必需品的特質）があげられる。これら3特質は需要曲線の傾斜が急であるということの別々の表現である。

これらの供給特質と需要特質とを受けて、次の社会的特質が導出される。まず、供給特質から⑬二重投資の社会的損失回避のために、地域的独占化が許容される、そして需要特質から⑭私企業的独占利潤回避のために、それが公企業として許容されるという社会的実践的特質が導出されるのである。この前者の「地域的独占化が許容される」ということは「独占」すなわち「非分割」ということであり、後者の「公企業として許容される」ということは「公企業」すなわち「非民営」ということである。

すなわち、古典的公益企業理論の帰結は「非分割」、「非民営」ということになるのである。つまり、現代経済政策の大綱としての「分割」「民営化」ということは古典的公企業政策の帰結と全く逆なのである。

この経済政策の大きな流れをどのように解釈すべきであろうか。供給サイドに関しては、現今においても古典的公益企業理論の帰結は厳存する技術的特質、技術的定理と考えてよいと判断される。ところが、古典的公益企業理論では施設に対峙する人間、人的組織について「性善説」を暗黙理に仮定していた。しかし、ソ連邦70年の計画経済の崩壊が実証するように、人的組織の活性化、効率運営は各個人の利己心に依拠する組織以上に効率的なそれではないのである。つまり、性悪説が妥当するということである。

公益企業の施設は建設し、供給する段階までは大規模生産の有利性をどこまでも追求すればよいのであるが、管理運営の段階になると、人的組織効率の成否が全面に出てくる、否これがより重要となってくるので、たとえ規模効果を少し断念してでも人的組織の活性化誘因を醸成する方向に物と人とを、施設と人的組織とを総合運営するのが最適編成につながるということである。

ちょうど、この話は、物の製造工程（トヨタのカンバン方式、等）で部品の搬入、製品の搬出という輸送だけに着目すれば大型トラックで搬出入すれば、輸送費だけを近視眼的にみれば小型トラックでその都度用をたすより効率的であるが、しかし製品組立の全体的な流れの中においてはjust in timeに機能的に部品が持ち込まれる方がより効率的なのである。つまり、より上位の総合的な運営がより重要ということである。

公益企業の場合も、物的施設効率だけでなく、それと人的組織効率を一緒にした総合的運営の最適編成ということが最も重要なことがらとなる。

3.3 公益企業サービスの公共財的特質

高速道路輸送サービスは典型的な公益企業サービスの1つである。公益企業サービスには公共財的特質があり、これがあると公益企業施設の最適編成は「市場失敗（Market Failure)」するのである。つまり、いくら市場経済化の時代だからといって民間の市場に委ねていたのではその最適編成は達成できないのである。ここに、公共投資規準論の登場ということになるのである（後述)。

公共財の定義を述べるのにあたり、われわれを取り巻く宇宙（経済的宇宙）における財（ストック)、より正確にはそれから得られるフローとしてのサービス、これを総括して環境財（広義）(environmental goods）としておこう。これには〔Ⅰ〕大気、陽光、湖沼、海洋、森林、湿原、天然観光資源のような無料の天然環境財（natural e. g.)、これが狭義の環境財であると；〔Ⅱ〕国防、消防、砂防、国立公園、歩行者用道路のような無料の人工的環境財、（これが純粋公共財（public goods))；〔Ⅲ〕鉄道、新幹線、幹線道路、高速道路、電信、電話、ガス、上水道、下水道のような有料の公益事業サービス；そして〔Ⅳ〕みかん、りんご、VTRのような有料の民間の私的財との4つのグループに分けられる。

これらのうち、〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、の財の範疇では、みんな一緒に消費できるという財の性質がある。これを

(1) 消費の集団性特性

といい、これはさらに 1）非競合性（non－rivalness）と 2）等量消費性（equality of consumption）という2つの特質に分けられる。この消費の集団性特性（＝group consumption goods）が公共財の第1の特徴である。

次に、〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕の財のグループだけに妥当する特質として、

(2) 非排除性特性

があげられる。このnon－excludability特性には、1）排除費用の方が料金収入より大きい；2）サービスの対価を支払わない者を排除しえない；3）真の需要を隠すことができるという特性がある；4）不特定多数ゆえに料金支払を特定しえない、等の属性がある。この他、

(3) 需要の社会的必需性

という特性を強調する説もある。

通説としては、(1) 消費の集団性、(2) 非排除性の二大性質が公共財サービスの特性といわれているものである。

さて、高速道路輸送サービスのような公益事業サービスは公共財なりやという設問に対する答であるが、一応「公共財的特質を有するサービスが当局によって私的財（有料ということ）として供給されているもの」と規定できよう。つまり、(1) の消費の集団性はあてはまるが、(2) の非排除性はないのである（有料で対価を徴収しているから)。

ところで、この消費の集団性特性があると、公益事業サービスの市場での最適供給は市場失敗するのである。いくら時間をかけてもどうしても市場的には失敗する。私的財の市場均衡の場合、消費の側での各個人の任意の2財の限界代替率＝限界効用の逆比と供給側での各企業の限界変換率＝限界費用の逆比＝限界生産物の比とが相対市場価格比を媒介として均等化するという最適編成の技術的必要条件（これを第1式）が、公共財の場合、各個人の限界代替率を構成員全員について集計した値が各企業の限界変換率に相対価格比を媒介として均等化するという形に変形する（これを第2式）ので、市場で成立するのは前者の第1式で後者の第2式ではない。それ故、公共財の最適供給は市場的には失敗することになるのである。

この定理の意味するところは要するに、公共財的特性を有する公益事業サービス、つまり高速道路輸送サービスを市場だけに委ねて最適供給しようとすると市場失敗するということである。何らかの形で、公共当局ないしこれに匹敵する機関、組織が意図的に供給をしないかぎりそれの最適編成の達成は望めないということである。つまり、分割民営化の論理が全てではないのである。分割民営化がほぼ必ず妥当するのはその運営面におい

てだけである。建設・供給面では、公益事業の論理だけでなく、さらにこのように公共財の理論の観点からも別の論理が展開されるのである。

ここに、国際ハイウェイ建設事業団の社会的存在のレーゾン・デートルがあるのである。

3.4 やさしい公共投資規準論
～便益－費用分析～

やさしい公共投資規準論（investment criteria）として便益－費用比規準、便益－費用差規準、内部収益率規準があげられる。しかしこれさえもただ闇雲に便益－費用比率、等を計算すればよいというものではない。

まず、公共投資規準論的枠組として、1）計画視野（planning horizon）としてどれくらいの期間を考えるか、20年か30年か50年か；2）将来便益をどれくらいの社会的割引率で割り引くか、年率6.0％か7.2％か4％、0％か；3）便益として直接便益だけか間接便益をも考慮するのか；4）資金制約を明確にすること、つまりどれくらいの資金が現実に利用可能なのか；5）公共投資特有の固塊性を明確に定式化に取り入れているか、等が考慮されねばならない。

通常の経済ベースで現在全く有望でないプロジェクトでも 1）の計画期間を比較的長く、ないし超長期にとり、2）の社会的割引率を2.0％以下のほとんどゼロに近いところに設定することが出来れば、不定の将来に形成されるであろう開発便益を便益計算に組み込むことができることによって有望なプロジェクトに変えられる。つまり、計画期間と社会的割引率の想定は優れて政治的意思決定なのである。この計画期間をより長期にとり、社会的割引率をゼロ化すればするほどそのプロジェクトは経済分析の責任外となるのである。

開発可能性評価（feasibility study）において、このことは便益の計測に劣らず重要なファクターである。

また、公共投資の固塊性に無配慮な分析はそれを全く無意味なものとする（それなしでは公共投資の優先順位が逆転するケースが頻出するのである）。特に、便益－費用比規準を適用しようとするときにはそうである。

内部収益率規準の適用にも、それが2期間以上にまたがる計画期間の場合、解が複数個導出されるとか、途中期の便益の措置が不明確だとかの問題点がある。結局、上述の3つのやさしい（単純な）便益－費用規準の場合、便益－費用差規準が最も望ましいということになっているのである。

この便益－費用規準において最も難しい問題は便益、特に間接便益を如何に計測するかということであり、これは本項の範囲を越えているので別のところで詳述することにする。

3.5 地域開発投資の三因子

高速道路網という一大社会的基盤（インフラストラクチュア）が整備、供用されることになった地域において、地域開発投資は如何に進められるであろうか。アルバート O. ハーシュマンは『経済発展の戦略』（厳松堂、昭和36年7月10日、pp. 1－394）の中で、投資活動の三因子として「投資機会」、「企業者機能」、「資金」をあげている。これらのうち、なんと言っても最近までは資金が最も重要因子とされていた。投資機会も高速道路というインフラストラクチュアが配備されると新規の投資機会は比較的多く存在するようになろう。それで小さな地域において、問題はやはり企業者機能、有能で進取の気性にあふれる創造性豊かな企業家が存在するかどうかが当該地域が高速道路開通のメリットを生かして成長するかどうかの決め手となるわけである。

最近においては、これらの三因子に加えて、「需要の確保」ということがあげられる。小さな地域で三因子がすべて得られ新企業が発足したとしても、それが成功するかどうかは販路の確保ができるかどうか、つまり大都市でその当該新製品を引き取ってもらえるかどうかということである。製作すれば必ず売れるという保証が得られれば、むしろ他の三因子は容易に達成できるといってもよ

い。

4. 東北アジア経済圏の資源開発と産業開発

4.1 極東地方（ソ連邦のうちの）の経済構造

ここで、極東地方とは、ソ連邦の中のロシア連邦共和国を構成する多くの地域のうちの東側に位置するウラル地域、西シベリア地域、東シベリア地域に続く東端の極東地域である。われわれが通常いうシベリアは西シベリア、東シベリア、および極東地方の漠然とした総称であったようである。

ソ連の行政区分での極東地方（7,941〈単位千人、以下同様〉）とはヤクート自治共和国（1,081)、プリモルスキー地方（沿海州）(2,260)、ハバロフスク地方（1,824)、ユダヤ自治州（216)、アムール州（1,058)、カムチャッカ州（466)、コリヤーク自治管区（39)、マダガン州（343)、チュコート自治管区（158)、およびサハリン州（709）で7,941千人（1989年センサス）を擁する地域である（住民の80－90％はロシア人）([2] pp.746－7、p.151)。

極東地方の中では南部地域を構成する沿海州、ハバロフスク地方、アムール州がそれぞれ226万、182万、106万と人工構成においても他の州、自治管区をはるかに越えている。また、この極東地方の面積は622万平方キロメートルでソ連国土の実に4分の1を占めている（人口密度は1平方キロメートル当たりわずか1.3人で、しかもそれが鉄道の沿線に集中している)。しかし、この地方の90％は永久凍土である。

この地方の産業構造は資源依存型の産業構造であり、サービス業はいまだ発達せず、農業は気象条件の関係で全く振るわないという状況である。したがって、鉱工業が約6割も占めて、そのうちで豊富な天然資源に依存している木材加工工業、非鉄金属工業および水産加工業が主要な産業であり、これら3部門で極東の鉱工業の50％余を生産している。

次にあげるべきは機械・金属加工工業で工業生産の23％を占めてはいるが、地元の資源を活用し、高度化する形には成長していない。この中で最も発達しているのは造船・船舶修理およびディーゼル機器・ケーブル・農業機械・工作機械の製造であるが、鋳造設備の70％余り、輸送・運搬機器の56％、ディーゼル機器の56％は域外に供給されている。地元でこれらが十分活用されていない（この2パラグラフは“極東経済の現状”[1]⑦、参照)。

次に、極東地方に豊富に賦存している天然資源を州別に、産品目別に列挙してみよう（表4.1(1)、表4.1 (2))。これらの推定埋蔵量（確認埋蔵量）（ストック表示）あるいは現在の稼働水準（フロー表示)、および各州における開発拠点もピックアップしておこう。これらが研究の後段でわれわれの動学的開発計画編成モデルに組み込まれる。

これらの天然資源は当該地域での比較優位な立地産業の原材料投入になる場合もあり、また直接原材料のまま資源輸出される場合もある。

次に、極東地方各州の地場産業として、現に立地しているか、ないし緊急性の高いものであるか、あるいは有望な立地業種といわれているものを列挙しておこう。

もちろん、市場経済化が本格化すれば、このような片寄った業種だけで住民のニーズに対応できるわけではなく、膨大な消費財産業の育成、ないし消費財、特に家庭電化製品、ハイテク産業の製品、マイクロ・エレクトロニクス製品等の輸入が考えられねばならないことは自明のことである。

これらの地域に対する国家計画委員会主導の長期国家計画として、「長期極東総合計画」が策定されている（計画の全文は発表されていない）これは、①2000年までに極東地域の発展状況を示す諸指標をソ連の他の地域のそれに劣らないように均等化し、格差是正する；②極東の産業構造を改善する；③太平洋地域の分業体制の中に極東地域を組み入れる、こと等を目標としている。このため

の資金見積は総額2,000億ルーブルとされている。
1 Ruble（ルーブル）＝85.22円として17兆4400億円である（これの見通しについては後述予定）（[1] ⑧）。

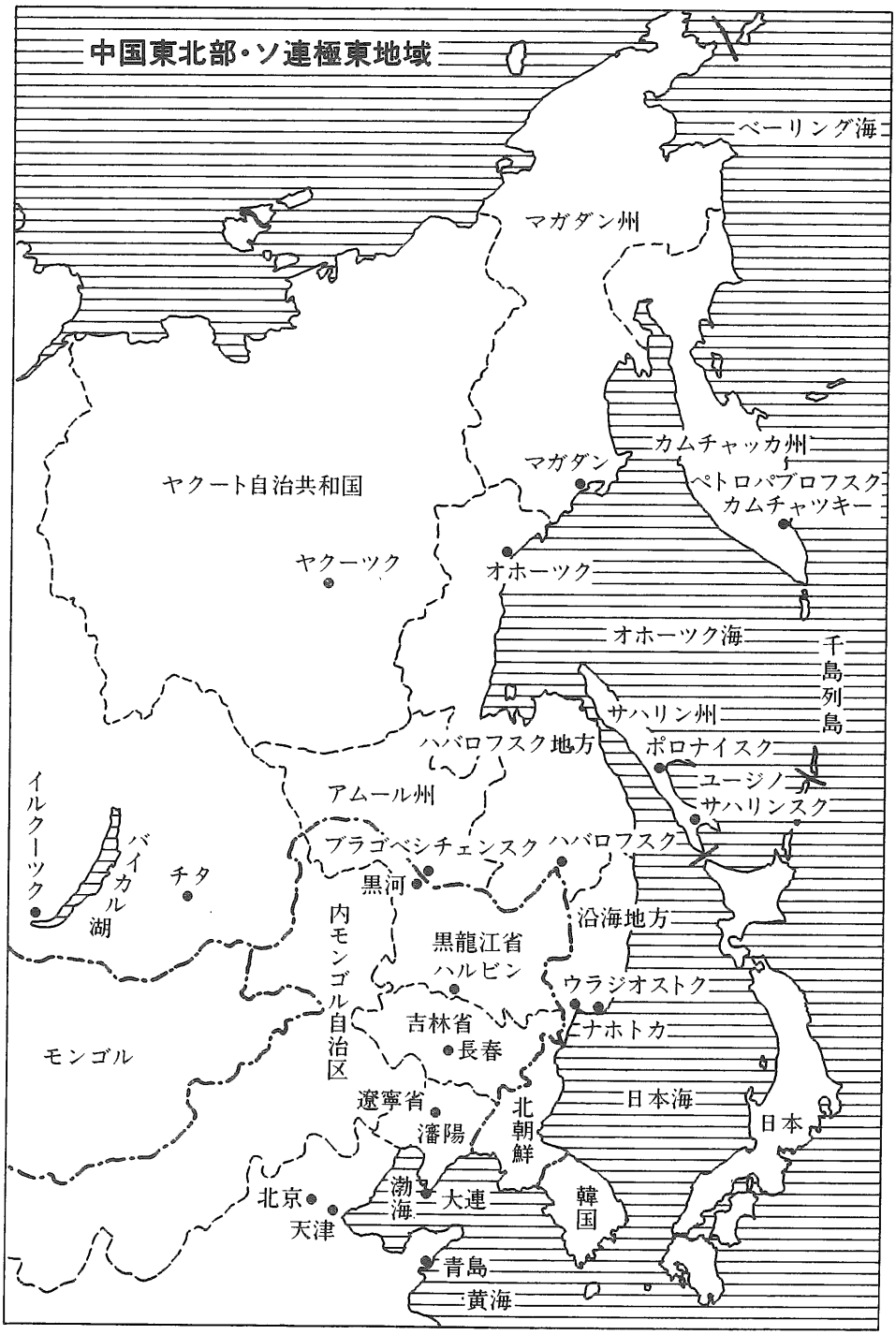


表 4.1 極東地方の地域別品目別資源開発可能性（1）

	品目			操業水準（フロー表示）	埋蔵量（ストック表示）	地点
マダガン州	非鉄金属	金 錫 タングステン			150トン／年間 0.30全生産量	コリマ川上流
	エネルギー	水力発電				コリマ川
ヤクト自治共和国	非鉄金属	金 ダイヤモンド 錫 アンチモニー 燐灰石			12,000万カラット 0.15全生産量 （埋蔵量最大）	ネラ金鉱 ウリユイ地区
	エネルギー	石炭　＊1 石油 天然ガス 水力発電			43億トン （探査済） 9,000億m3	南ヤクート炭田 レナ・ウリユイ ネバ・ボトオビン
	木材	（針葉樹） カラマツ ベニマツ エゾマツ　＊2 トドマツ アカマツ （広葉樹） シラカバ			0.5＊0.6／ 全立木／極東	
沿海地方	非鉄金属	鉛 亜鉛				
	木材	ベニマツ エゾマツ トドマツ アカマツ		50％／伐採 許容量		
	漁業					
	インフラ整備	ナホトカ港 ボストーチヌイ港 ウラジオストック港				ソーネチヌイ

＊1 製鉄用コークス燃料
＊2 これまでの外国向け

表 4.1 極東地方の地域別品目別資源開発可能性（2）

	品目			操業水準（フロー表示）	埋蔵量（ストック表示）	地点
ハバロフスク地方	非鉄金属	錫				
	木材	(針葉樹) ベニマツ エゾマツ トドマツ アカマツ (広葉樹) シラカバ		50％／伐採許容量		
	インフラ整備	ワニノ港 ＊3 経済特区 ＊4				
	エネルギー	石油 天然ガス			 3500億㎥	チャイウオ鉱床 オドプド鉱床 ルニスコエ鉱床
	漁業	(遠洋) タラ （スケソウダラ） イワシ ニシン (沿岸)		340万トン／年間 70万トン／年間 16万トン／年間	0.9／極東地方	
アムール州	エネルギー	水力発電				
	木材	(針葉樹) ベニマツ エゾマツ トドマツ アカマツ (広葉樹) シラカバ		100％／伐採許容量		

＊3 バイカル・アムール鉄道のターミナル
＊4 自由企業地帯とユダヤ人自治州

4.2 中国東北３省の経済構造

中国東北３省における資源開発可能性は以下にリストされたようなものである（表4.2）。また、現在および将来にわたって望ましいとみなされている鉱工業の業種は表4.3に示されている。

ここで企図する動学的地域間産業間の最適編成は現在におけるこれらの特性、比較優位性をさらに助長するような形で進展するであろう（[1] ～24)。

次に、東北3省の日本、ソ連等への輸出と輸入についてまとめたのが表4.4である（[1])。

X 1		農業機械
X 2		輸送機械
X 3		建設機械
X 4		工作機械
X 5		木材加工機械
X 6		水産施設
X 7		造船・船舶修理業
X 8		水産貯蔵施設
X 9	=	水産加工工業
X 10		木材加工工業
X 11		非鉄金属工業
X 12		大豆
X 13		米
X 14		小麦
X 15		ソバ
X 16		トウモロコシ
X 17		米

図 4.2 極東地方で望ましい立地産業

表 4.2 中国東北３省における資源開発可能性

	品　　目	操業水準／年	埋 蔵 量	地　　点
黒龍江省	木材 石炭 銅 水力発電 大慶油田 ┐→吉林省、遼寧省 石炭 ┘ 原料炭　→吉林省、遼寧省 [石炭ガス化 三江平原の重点農業総合開発]	7千万トン 5,500万トン	15億㎥ 60億トン	
吉林省	木材 扶余油田	800万トン	15億㎥	
遼寧省	鉄鉱石 遼河油田　←電力 火力発電	800万トン 4億kwH	123億トン	松花江　遼河
河北省	一般炭（火力発電用）→吉林省、遼寧省			
山西省	一般炭（火力発電用）→吉林省、遼寧省			

表 4.3 中国東北３省の望ましい鉱工業

	品目		操業水準／年	埋蔵量	地点
遼寧省	採掘工業	石油 石炭 建材			
	化学 金属 非鉄 大連造船所				大連
吉林省	トウモロコシ 大豆 豆粕 冷凍牛肉 ニンジン 牛肉缶詰 飼料 木材加工 コークス・ガス 化学 医薬化繊（アパレル） 製紙業 長春第一自動車工場				長春
黒龍江省	大慶油田 大慶石油化学コンビナート 石油加工 石油ガス化 木材加工 建材部品工業 フラルキー大型機械工場				チチハル
	飼料作物	大豆 トウモロコシ 三江平原の重点農業総合開発			

表 4.4 東北３省の輸出

（1989年、単位：億ドル）

輸出入／省別	日本	ソ連	その他	世界へ	世界から
遼寧省	16.03	1.18	27.75	44.46 (0.72)	8.86
吉林省	2.08	1.58	3.05	6.71	2.60
黒龍江省	1.60	3.65	5.02	10.27 ＊5	3.85
東北三省計	[0.32] 19.71	6.39	35.34	[1.00] 61.44 ＊6 (1.00) 〈14.00〉	15.33 〈2.60〉
中国全体				438.86 〈100.00〉	538.62 〈100.00〉

注）『中国対外経済貿易年鑑』（1990年版）[1]

＊5 大慶油田の輸出を除く
＊6 原油、石炭、その他の鉱物の輸出

5. 東北アジア諸国間の貿易連関関係

5.1 東北アジア諸国の資源・産業と交流の潜在的可能性

日韓トンネルの開通を前提にアジア高速道路網が建設された場合、直接的に恩恵に浴するのは東北アジア4国、すなわち日本、韓国、北朝鮮（朝鮮民主主義人民共和国）、中国であろう。また、より広範囲には、ソ連、東南アジア各国をはじめとする近隣諸国にも多大な影響を与えると思われる。上記4国間を中心として、交易関係は飛躍的に改善されるであろう。本章では、日韓トンネルのフィージビリティ・スタディ（企業化調査）に資する基礎的考察として、東北アジア4国を中心とした交易関係について述べる。

朝鮮半島の南北分断が続き、中国と韓国、中国と台湾、北朝鮮と日本、北朝鮮と台湾など、東北アジアにおいて、相互の交流が40年近く途絶えてきた事態は、これら諸国にとって非常に不幸なことであった。このような状況の中で、日本は先進国の一員として世界経済に影響を与えるほどの力をもつようになり、韓国および台湾は、開放経済体制のもとで高い経済成長を実現している。また、中国も近年、対外開放政策をとり、日本をはじめとする西側先進諸国からも技術を積極的に導入して、生産性の向上に努めている。北朝鮮については、経済統計をはじめとする基本的資料が乏しいため、はっきりした国家の状態は把握しづらいが、数年にわたる経済発展計画を幾次にも策定し、社会主義体制のもとで自立経済の確立をめざして発展に努めているようである。

今後、アジア高速道路網が供用され、東アジア諸国の関係がより密接になれば、資源をはじめ中間生産物、最終生産物について、これまで以上の相互依存関係が生じてこよう。しかし、これまで東北アジア4国間には、体制上の相違から、十分な交易関係があるとはいえなかった。各国は、それぞれの政治体制、政策のもとで、独自の発展過程を歩んできた。その結果、自由主義国家である日本と韓国は資源の大半を輸入によって補い、良質な労働力を用いて製品を生産し、輸出することによって高度経済成長を遂げてきた。社会主義国家である中国と北朝鮮は、地下資源に恵まれているにもかかわらず、技術開発・導入の遅れから産業の発展が遅れている。したがって、東北アジア4国は、自由主義開放経済国である日本・韓国と社会主義計画経済国である中国・北朝鮮という非常に極端な2つのグループに類別される。しかも、日本と中国の間を除き、両グループ間の交流は実質的にほとんどないというのが現状である。

これまで上記両グループは、資源あるいは製品の市場を互いに求めず、これら以外の諸国に求めてきたといえよう。日本の対中輸出が第2位（125億ドル、1985年）、輸入が第6位（64億ドル、1985年）である点を除き、両グループ間の輸出入は非常に低いレベルにある。これに対し、両グループ内では、韓国の輸出に占める日本のシェアは第2位、輸入は第1位であり、北朝鮮における対中輸出入は共に第2位である。アダム＝スミスは『国富論』のなかで、生産性の向上は分業によってもたらされるが、分業は市場の規模に依存すると述べている。両グループは同一体制内における国際的分業に、程度の差こそあれ、組み込まれてはいるものの、体制の違いを超えて東アジアにおいて国際的分業・相互依存関係を確立すれば、経済発展の大きな原動力となろう。アダム＝スミスはさらに、市場の規模を規定するのは「交通」であると論じている。すなわち、制度上の相違をこえて交易関係が樹立され、日韓トンネルを含む東アジア高速道路網の建設によって近隣に巨大なマーケットが出現すれば、各国の生産性向上に大きく貢献することになろう。

事実、韓国と中国は相互に交易のメリットは大きいと言われている。中国でおこなわれている借款等をベースとした大型プロジェクトの多くは、石炭および石油の生産に伴う輸送上の隘路の打開（山西省など内陸部と沿岸工業地帯の間の輸送など）および積み出し港拡充（秦皇島港、連雲港、青

島港など）に集中している。中国がエネルギー資源輸送に関連したプロジェクトに主力を注いでいるにもかかわらず、世界的には省エネルギー技術の発展、景気の低迷によって原油の需給が緩んできており、借款の返済に向けて楽観視することは難しい。日本の対中輸入総額の約4割は原油輸入が占めているが、中国原油が重質油でもあり、かつ競合するその他産油国との関係から、輸入量は頭打ちとなっている。ここで注目されるのが韓国の存在である。韓国は中国の生産する石炭、石油の輸出対象国として重要である。中国原油が輸入できれば、韓国におけるエネルギーの安定供給に大きく寄与することになる。さらに韓国は買い手の少ない無煙炭の大消費国でもある。中国からのエネルギー輸入が実現すれば、わが国の例に鑑みて、中韓貿易は一挙に大規模なものとなる可能性がある。また、大豆、トウモロモシ等の農産品についても輸入対象品目となろう。逆に、韓国から中国に輸出することのできる品目としては、良質で日本製に比べ安価な電気製品（テレビ、ラジオ等）、自動車、機械などを挙げることができよう。また、日本等からの供与に比べ、より中国の現況に合致した産業技術の提供や合弁事業などが可能であると思われる。

また、北朝鮮においては、自国の資源、技術に基づく自主経済路線を原則としているが、経済開放が仮に進展すれば、北朝鮮のみならず、周辺諸国に与える効果は測り知れない。小牧によれば、「北朝鮮は地下資源の種類が多いことでは世界有数で、確認されている鉱産物は360種にも及んでいる。タングステン、モリブデン、黒鉛、重晶石、金、銀、雲母、蛍石などの希少資源も多く、とくにマグネサイトの埋蔵は世界的に有名である。また、石炭、鉄鉱石、銅、鉛、亜鉛などの重要地下資源にも恵まれているので、朝鮮半島の北部地域は日本統治期から「東洋のトランスバール（Transvaal）」とか「地下資源の標本室」などと呼ばれて、世界の鉱物学者の高い関心を集めてきた。北朝鮮最大の地下資源は石炭で、その埋蔵量は130億トンに達すると推定されて」おり、鉄鉱石の埋蔵量も多く、年産数百万トンに達すると言われている（小牧輝夫　編「朝鮮半島　開放化する東アジアと南北対話」アジア経済研究所、昭和61年8月）。埋蔵資源が最適配分されれば、北朝鮮のみならず、東アジア経済全体が格段に発展するであろう。また、北朝鮮は唯一石油資源に恵まれておらず、中国からの原油あるいは石油製品の輸入が輸送体系の改善によって現在以上に促進されれば、北朝鮮にとってもメリットが大きい。

南北交流、日朝、中韓関係の改善等、東アジア諸国における障害は小さくないが、それを超越して融和できれば、東アジア4国が互いに補完的に機能できる素地は十分にあると思われ、またその機能を発揮することによって生じる相乗的効果は相当なものと予想されよう。

5.2 東北アジア4国間の貿易連関

日韓トンネルを含むアジア高速道路網建設の事業化可能性を知る上で、東北アジア4国と近隣関連諸国における相互輸出入関係を知ることは重要である。表5.1には、日本、韓国、北朝鮮、中国を中心として、ソ連、台湾、香港を含めた広域東アジア圏諸国の1985年における交易マトリックスが示されている。基本的にFOB価格（輸送費や保険支払等を含まない財貨の価額）にて集計されている。

日本の年間総輸出額の約19.4％が東アジア圏向けとなっている。中国はそのなかの36.6％、125億ドルを占め、日中関係復興後わずかにしてその伸びには目を見はるものがある。次いで、韓国、香港、台湾へ70－50億ドル程度の輸出実績をもつ。台湾および香港を除いた各国と日韓トンネルを通じて交易をおこないうるので、日本を起点としたトンネルの潜在的利用量は金額ベースで226億ドルにのぼる。また、CIF価格（輸送費、保険支払を含む）で評価された輸入額総計に対して算定された日本の年間総輸入額に占める東北アジア諸国の割合は12.8％である。過小評価になってはいるものの、輸出の占める割合に比べ明らかに小さ

い。国別にみると、中国が最も多いものの、圧倒的に輸出超過になっていることがわかる。以下、韓国、台湾と続く。日本を終点としたトンネルの潜在的利用量は金額ベースで119億ドルであり、日本を起点とする場合の約半分となる。

日本と北朝鮮は民間ベースでの取引がおこなわれているが、注目すべきは、現在国交の樹立されていない中国と韓国間においても、香港を経由した間接貿易が実施されている点である。中国➡韓国が約2.5億ドル、韓国➡中国が3.5億ドルと金額的には低いものの、日朝関係を上回る実績を上げている。これは、日本と北朝鮮の貿易が朝鮮戦争終了後に民間レベルで開始されたときの状況とよく似ている中韓関係が改善され、日本の総輸出入額に中国の占める率と同割合の交易関係に発展したと仮定した場合、韓国➡中国、中国➡韓国相当の貿易量が見込まれよう。

日本、韓国、北朝鮮、中国の4カ国だけに焦点を絞ってみよう。輸出面で特筆すべきは、中国への輸出量の急速な伸びと韓国への輸出の安定的継続であろう。中国へは、化学品を除き、5年間で2倍を超える輸出増加率を達成している。機械機器、金属品を中心に、中国において産業の発達の遅れている産品の輸出が目だつ。輸入では、中国からの原燃料、軽工業品および原料品、韓国からの軽工業品などが顕著である。また、北朝鮮からは、食料品、金属品、原燃料、原料品などを輸入しているが第1次産業の比率は非常に高い。次に、4カ国相互間の主要品目のシェアにポイントをおいてながめてみよう。

(1) 日本対韓国

両国の貿易総額は1985年で、日本からの輸出が71億ドル、日本への輸入が41億ドルで、日本からの輸出のうち52.4％（37.21億ドル）が機械類で、次に金属品14.8％（10.52億ドル）、化学品14.1％（10億）、軽工業品13.4％（9.5億）、等となっている。

韓国からの輸入については軽工業が18億ドルで全輸入額の43.5％を占め、その中で繊維製品が9.38億ドルである。次に、食料品が7.8億ドルで19.2％のシェアであり、魚介類・肉類が中心。第3位は原燃料（石油精製産業）の13％（5.3億）である。

(2) 日本対中国

日本と中国の貿易総額は1985年で日本からの輸出が125億ドル、中国からの輸入が65億ドルで

表5.1 広域東アジア圏諸国間交易マトリックス

1985年　単位：100万米ドル FOB価格評価

	日本	韓国	北朝鮮	中国	ソ連	台湾	香港	小計	その他世界各国	総計
日本		7,097	247	12,477	2,751	5,025	6,509	34,106	141,532	175,638
韓国	4,091		-----	(354)	-----	196	1,566	6,207	24,076	30,283
北朝鮮	179	-----		244	482	-----	18	923	207	1,130
中国	6,482	(248)	239		1,054	(116)	7,220	15,359	11,970	27,329
ソ連	1,111	-----	776	932		-----	48	2,867	28,297	31,124
台湾	3,461	254	-----	(988)	-----		2,540	7,243	23,474	30,717
香港	1,279	544	51	7,857	66	716		10,513	19,624	30,137
小計	16,603	8,143	1,313	22,852	4,353	6,053	17,901	77,218	249,160	326,378
総計	129,539	31,136	1,430	42,534	38,650	20,107	31,312	294,708		

注）1. 通商白書、外国経済統計年報、アジア太平洋統計年鑑、JETRO資料、各国貿易統計等より作成。
2. 東アジア圏諸国の交易マトリックス、その他世界各国への輸出額および輸出総計は基本的にFOB価格にて集計。最下行の輸入総計のみCIF価格
3. ( ) 内の中国↔韓国、中国↔台湾数字は香港を通じた間接貿易で、中国↔香港の数字に含まれる。

ある。機械機器の輸出が71億ドルで57％を占めている。次いで、金属品の35.3億ドルが28.3％で第2位である。以下、軽工業品8.9億ドル（7.1％）、化学品7.1億（5.7％）と続く。

中国からの輸入では、原燃料（重質油）が29.7億ドルで45.8％を占める。次に、軽工業品が15.2億ドル（23.5％）、第3位は原料品で8.3億ドル（12.8％）である。

(3) 日本対北朝鮮

日本と北朝鮮との貿易総額は、日本からの輸出が2.5億ドル、北朝鮮からの輸入が1.8億ドルである。日本からの輸出としては、機械機器が12億ドルで46.6％を占め、次に軽工業品（合成繊維織物、等）が5億ドルで21.1％、第3位は金属品（鋼管、鋼板、住宅等の建設用のアルミニウム製品）で0.34億ドル（13.8％）である。

北朝鮮からの輸入では、金属品が0.65億ドル、26.3％で、鉄鋼（銑鉄）や、亜鉛、鉛などの製品が中心である。第2位は魚介類、まつたけなどの食料品で0.47億ドル、25.7％となる。原燃料は0.11億、6.1％で無煙炭が中心となる。

(4) 中国対北朝鮮

中国と北朝鮮との貿易総額は1985年で中国から北朝鮮への輸出は2.3億ドル、北朝鮮からの輸入は2.7億ドルで中国の入超である。中国からの輸出のうち概ねを占めているのが原燃料（原油）で1.92億ドル（83.3％）、次が機械機器0.13億ドル（5.7％）等となっている。

一方、中国の北朝鮮からの輸入では金属品が0.77億ドル（28.4％）、軽工業品0.67億ドル（24.7％）、原燃料0.53億（119.6％）等である。これらの輸入は、中国国内の輸送隘路に起因して、資源の効率的配分が滞っていることを地理的に近い地域から補うという役割を果たしている。

しかし、中国と北朝鮮とは政治体制が同じにもかかわらず、それほど交易額が大きくならないのは非常に類似な経済状態に起因して交易のニーズが盛り上がらないという点がある。ここに、政治体制を超えた国際分業体制構築の重要性が浮かび上がる（以上については［4］参照）。

6. バイカル・アムール鉄道の公共投資規準論的考察

6.1 バム鉄道の概要

東シベリアから極東地方へと東西に貫通するバイカル・アムール鉄道（Baikalo－Amurskaya Magist－ral ＝ BAM）は、レナ川の上流のウスチ・クートからニジネアンガルスク（バイカル湖の北岸）、チンダ（ここでシベリア鉄道への連絡鉄道が通じており、これは小バム鉄道といわれている）を経てアムール川下流のコムソモリスク・ナ・アムーレまでの全長3,145kmの新鉄道線である（図6.1）。1974年着工され、84年にレール敷設を完了した。一方、シベリア鉄道は1916年に開通し、全長7,416kmである。

このバム鉄道は東の終着駅、コムソモリスク・ナ・アムーレからさらに鉄道が太平洋岸のソビエツカヤ・ガバニ（さらにサハリンまでフェリーで連絡）に通じ、一方西側は終点のウスチ・クートからブラーツクを経てタイシェトでシベリア鉄道と接続している。

このバム鉄道はシベリア鉄道の北方180～500kmのところを走り、ヨーロッパ・ロシアと沿海州などの極東とを数百km短く結ぶことができている。

これは89年営業運転開始予定であった。なお、85年にはヤクーツクまで延びる支線のアムール・ヤクーツク鉄道（アヤム鉄道といわれる）に着工している（1,050km、91年完成予定）。このバム鉄道は、従来、シベリア鉄道の各所から支線という形で北に延びていたが、これらを連絡し、資源開発をより効果的に進めるべく建設されたもので、1）レナ川流域の森林資源、2）バイカル湖北部の多種の鉱物資源、3）ウドガン地区の銅鉱など、多様な開発が企図されていた（［2］p.458）。

6.2 バム鉄道の公共投資規準論的考察

このバム鉄道（第二シベリア鉄道）については、

つい数年前までは「世紀の幹線」ともてはやされていたが、最近になって「ソビエト文化」紙と「社会主義工業」紙とからブレジネフ時代の「停滞の象徴」ときめつけられ批判されはじめている（1988年10月11日付）。これはゴルバチョフ書記長によるクラスノヤルスク視察（1988年9月）の際に、投資効率や環境保護を無視した「巨大開発マニア」を厳しく戒めたことに触発された批判の流れのようである。

ソビエト文化紙の論評は、バム鉄道は「停滞の時代の最長の記念碑」だと決めつけ、経済的に採算がとれるのは、今後最大限の投資をつぎ込んだとしても2017年に、しかし最もシビアに見積もると21世紀後半になるまで採算ベースにのらないという見通しである。

バム鉄道の建設が本格的に始まったのは、ブレジネフ時代の1974年であるが、論評では「当時建設の必然性は全くなかったし、広く議論がおこなわれていれば、全く違った結論になったはずである」としている。

その建設の根拠、目的とされたものへの評価として、第1は石油であるが、太平洋向けといわれた石油について、輸出する石油がなかったということ；第2にウドカン銅鉱床などの鉱物資源についても、そのウドカン銅鉱床の開発が先送りされ、唯一具体化している南ヤクート炭は、付随して建設されている小バム鉄道（シベリア鉄道のバム駅から北上し、バム鉄道とはチンダで交叉し、さらに北上し、現在チュリマンあたりまで延びている）で十分運べるものであったこと；第3に、残る可能性は木材だが、これもイルクーツクとハバロフスクの支線の改良で十分だったこと等が指摘されている。

建設が終わり、運転が開始されても、交通省から年間2億ルーブル（170.44億円、1ルーブル＝85.22円）もの補助金をもらわねばならない状況である。いま、トウインダから西の西部区間では幹線列車は石炭用の2便だけであり、小バム鉄道も北行きが南行きの半分の貨物しかない。計画でも西部区間の西行きが年間900万トン、東行きは同600万トンで、これの採算がとれるのは年間2000億トン・キロといわれており、この天文学的な厖大な開発貨物量の達成など夢のまた夢のようである。これの採算は、シベリア鉄道の貨物を少し振り向ける程度の彌縫策で糊塗できるものではない（この項は［3］参照）。

ところで、このバム鉄道の考察から得られる教訓は、巨大プロジェクトが常に妥当であるというわけではないということであり、feasibility study（企業化調査）ないし本格的な公共投資規準論的検討を怠れないということである。

このバム鉄道の失敗は軍国主義、帝国主義の時代の価値観、国家計画では正当化され得ても市場経済の原理には合わないこと、つまり、短時日での軍隊、軍備の移動、傾斜生産方式の経済計画では経済計算を無視して事が進められうるが、市場経済の中では、主観的なニーズ（需要）を根源的な拠り所として、市場での需要供給の均衡、そしてこれが最適編成になるという市場経済の鉄則が貫徹せざるを得ない。

この鉄則のもとでは国土、用地が厖大であるとか、潜在的資源が豊富であるとか、労働力が豊富であるとかはさして重要ではなく、むしろ、

1）需要地と供給地の間の距離がそれほど離れていないこと

2）大需要地（消費地）の近くであること

3）豊富で良質な労働力があること

4）熟練労働力（技術革新性の高い）があること

5）鉄道、道路、港湾、空港、上下水道、電力、ガス、電信、電話等の社会的基盤（インフラストラクチュア）が十分に整備されていること

等が重要なのであり、進出する産業、企業はこれらを考慮し、さらに他の地域との比較優位性、絶対優位性を見極めた後、はじめてその進出が決定される。

巨大プロジェクトという公共投資をするためには、たとえ現在は需要も小さく、進出する企業の供給も微々たるものであったとしても、20、30年の後には幼稚産業保護政策的政策効果が実を結

び、当該地域の経済構造が十分に成熟し、離陸(take－off) するという望ましい開発経路の後段が得られるものでなくてはならない。このような成果の得られない、ないしこれを見極めることなしに巨大プロジェクトに着手すべきではないのである。

第4節の考察での公共投資規準論的考察の拠り所としての、計画視野、社会的割引率、公共投資の固塊性等を考慮すれば今、慌しく莫大な公共資金を投入すべきプロジェクトでは少なくともなかったように判断される。

このバム鉄道は、たとえ計画視野を不定の将来

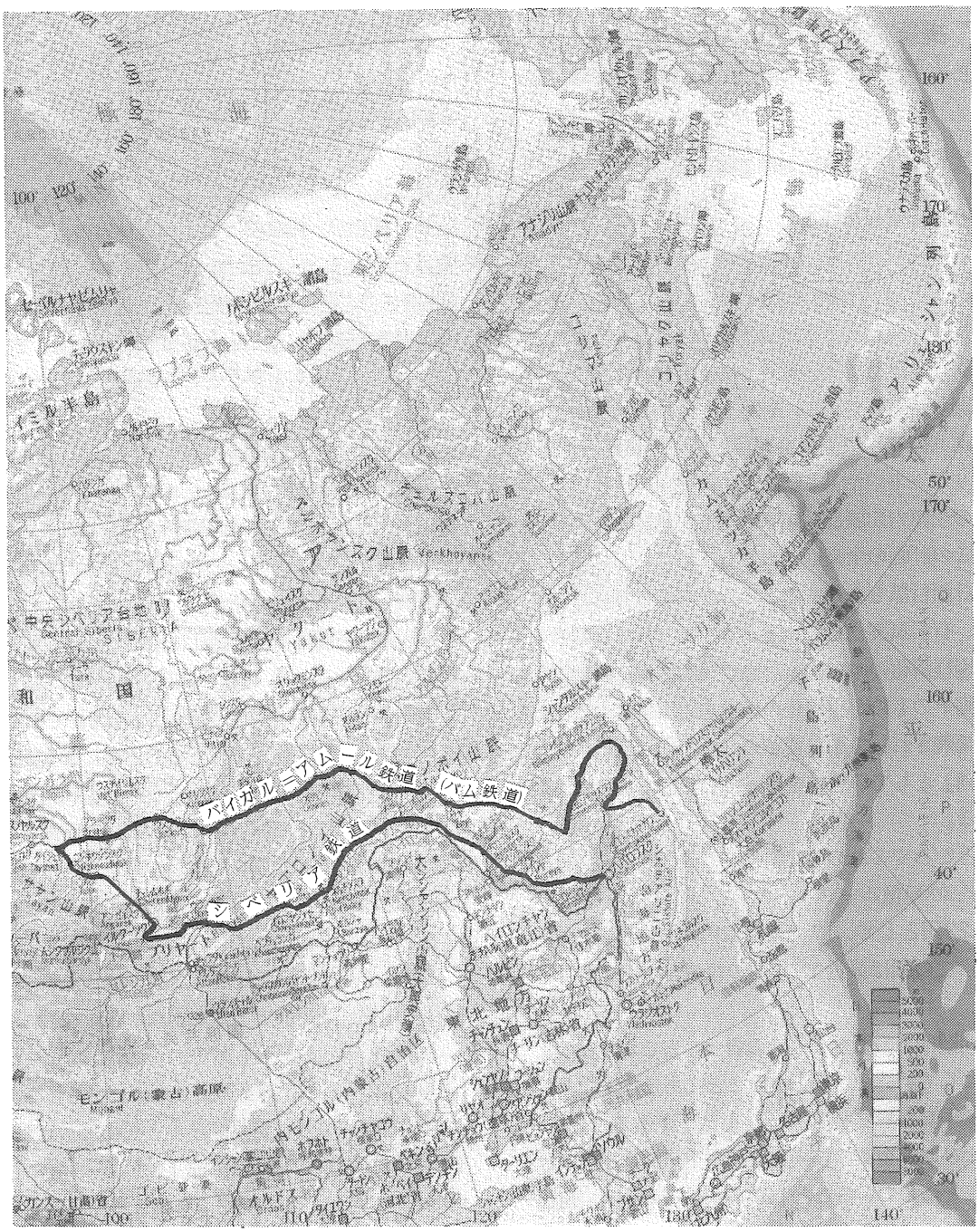


図6.1 バイカル・アムール鉄道の位置

に延長し、社会的割引率も2%前後、ないしその以下にしたとしても正当化し得ないほど形成される社会的便益は少なく、一方投入される公共投資資金の稀少性はきわめて高く、その機会費用は莫大であるということであろう。

7. 提案されている諸巨大プロジェクトと東北アジア高速道路網の必要性

7.1 東北アジアにおける諸巨大プロジェクト

長期極東総合計画

これは1986年7月末にウラジオストクでゴルバチョフソ連大統領によってなされた演説であるが、「極東の長期的な発展構想」を策定し、総合プログラムとして具体化させる必要性があることを強調したもので、これを受けて翌1987年7月にはソ連共産党中央委員会政治局で「極東経済地域、ブリヤート自治共和国およびチタ州の2000年までの生産力発展長期国家計画」が承認された。

この計画の全文は発表されていないし、部分的な計画目標もあらゆるところからの批判にさらされ、有名無実化しているようであり、また昨今の市場経済化の中で国家計画委員会主導の長期国家計画そのものが市場化の促進を阻害するものとして論難され、急激な変革のなかで「長期極東総合計画」としての意味を失っている面もあるようである。

ところでこれの資金計画では2000年までに総額約2000億ルーブルとなっている（1ルーブル＝85.22円として、17兆440億円）ということである。この額は最近15年間の投資額の2.2倍である。

問題はこの厖大な巨額の資金をどこからどのようにして調達するかということである。まず、1）国家予算から：巨額の赤字財政下であることと、および既存企業の技術再装備に重点的に振り向けることにしていること；2）極東地域の企業の自己資金：中央官庁が強い権限をもっているために内部保留が少なくせいぜい必要投資額の20%をカバーできる程度；3）外国の国家および企業：現状ではこれだけの資金を投入するだけの魅力を感じていない。しかも、極東地域ではインフラストラクチュアへの投資負担割合が多く外国企業が二の足を踏むことになる、という現状である（[1]⑧）。

図們江（豆満江）デルタ総合開発計画

中国東北三省のうち1つの吉林省の中の北朝鮮と隣接する延辺朝鮮族自治州の延吉とソ連のウラジオストク、および北朝鮮の清津（セイシン）とを結ぶ大デルタ地帯を国際協調の下で開発しようという構想が、1990年7月中国吉林省の長春で開催された北東アジアに関する国際シンポジウム「北東アジア経済発展国際会議」で提案され、北朝鮮も賛意を表明したことから事態が動き出している。ソ連はもともと望むところであるからである（[1]（29））。

これに対するそれ以前の動向としては、1989年の天安門事件直前に訪中したゴルバチョフソ連大統領が手土産にもってきた図們江（豆満江）の国際航行権が発端であり、これ以降このような方向で進展しているといえよう。

延辺の経済圏はほぼ図們江に沿って延吉、図們、琿春（コンシュン）、敬信、防川と伸びているが、中国側としては防川から図們江の河口までの15キロが朝ソ国境で河口まで下ることができなかったという地勢的問題があった。この海を利用して日本海への出口を確保できれば、吉林と新潟との距離は地図上でも大連を経由していたこれまでに較べて、およそ半分の800kmに短縮されることになる。

この大デルタ開発予定地の交通事情：まず、図們江の川幅は300mであるが水深が3mでこれからの開発に未知の部分もある。

1990年の5月には琿春の東20kmにある長嶺子が吉林省唯一の対ソ貿易開港地として開放され、10月に付属施設の建設が完了した。敬信から40kmの距離にある沿海州のクラスキノ港も同年9月に開放され、かつ琿春との間でトラック輸送

線も開通し、吉林省としての東方への出口がほぼ開通された。

また、同年8月には延吉・図們間にトンネルが完成し、図們・琿春間の道路、62kmも開通し、同区間に鉄道建設も進んでいる。このように大デルタ開発予定地帯の後背地の交通網も次第に整備されている。

しかし、この地域全体の総合開発の総資金計画のようなものはいまだ提示されていない。その段階には達していないようである（[1]（21））。

三江平原の農業開発

1988年に全国重点農業開発区に指定され、90年までの第1期工事で7億元余りを投入し、91年から第2期工事がスタートすることになっており、整備が完了する2000年までの総投資額は34億元にもなるビッグプロジェクトである（891.14億円、ここで1元＝26.21円）。これまで120の区域を開発し、コメを中心に315万トンの穀物を生産している。黒龍江省の穀物生産に占める比率は39％にもなっている（[1]（22））。

東北地域には農産物の輸入余力があるのであるが、さらに三江平原の土地改良を主体とした巨大な農業開発プロジェクトをおこして、飛躍的な発展を企図しようとする構想であり、多国間経済協力に発展する可能性もあるといわれている（[1]③）。

この他、第1～第3次極東森林開発プロジェクト、南ヤクート原料炭開発プロジェクト、ヤクート天然ガス採鉱プロジェクトなどは1970年代の日ソ間の貿易拡大をもたらし、また80年代に成熟した第3次森林開発プロジェクトでは2000億円もの資金をソ連に供与してきている。

極東地域を一言でいえば、資源は豊かだがインフラはまったく未整備で、開発を進めるには巨額な先行投資が欠かせないという特性をもっている。

7.2 社会的基盤整備（インフラストラクチュア）の必要性

1）東北アジア高速道路網の必要性

前項のような巨大な総合開発プロジェクトは多数存在し、これらを所与として、この上に個別企業の進出が計られてゆくのであるが、先立つものは高速道路、港湾、鉄道、空港のような社会的基盤整備である。高速道路に関して言えば、アジア・ハイウェイのような超長距離のスルーの高速道路だけでなく、比較的近距離の地域間相互交流の促進に寄与するであろう高速道路網が何にも増して、何よりも優先して導入すべきことこそ、ことの外肝要なのである。

東北アジアの総合的発展、特に狭義の東北アジア、つまり中国東北地域3省と狭義の極東地方（沿海州、ハバロフスク地方、アムール州、ヤクート自治共和国、ユダヤ自治州）の総合的、経済的発展に資する高速道路体系として、図7.1のような高速道路網体系を提示する。

総延長は12,940kmで、ヤクーツク（ヤクート自治共和国首都）、コムソモリスク・ナ・アムーレ（バム鉄道の東終着駅）、ハバロフスク（ハバロフスク地方首都、極東地方全体の中心地）、ナホトカ（貿易港）、ウラジオストク、延吉、図們江、清津（大デルタ開発予定地帯）、ハルピン（黒龍江省首都）、吉林（吉林省首都）、瀋陽、大連（遼寧省）、北京、青島（中国北部）、平壌、ソウル、プサン、（韓半島）、等を経由する高速道路網である。

区間別キロ程は次のようである（ただし、100万分の1地図上からのキルビメーターによる測定故、概数である）。

以上の1）～31）までの総延長12,940kmについて、半分の6,470kmを2車線から4車線への段階建設方式で建設費はkm当たり5億円、他の半数を4車線建設でkm当たり10億円と想定して、総建設費用を積算すると前者が3兆2,350億円、後者が6兆4,700億円で両者を合計して9兆7,050億円となる。

このようなインフラの整備があってはじめて、資源開発、垂直貿易、そしてやがて水平貿易へという進展、離陸が望めるのである。これからも広大な土地というものの本質的なハンディを理解せねばならない。

1) ヤクーツク↔チンダ …… 940km
2) チンダ↔スコボロジノ …… 170km
3) スコボロジノ↔ハバロフスク ……1,150km
4) ハバロフスク↔コムソモリスク‥ 360km
5) ハバロフスク↔ウラジオストク‥ 680km
6) ウラジオストク↔ナホトカ …… 140km
7) ウラジオストク↔図們江河口 …… 270km
8) 図們江河口↔清津 …… 110km
9) 図們江河口↔延吉 …… 150km
10) 延吉↔吉林 …… 300km
11) ウラジオストク↔牡丹江 …… 320km
12) 牡丹江↔ハルピン …… 450km
13) ハバロフスク↔ハルピン …… 900km
14) ハルピン↔チチハル …… 290km
15) チチハル↔満州里 …… 670km
16) 満州里↔チタ …… 440km
17) チタ↔スコボロジノ …… 950km
18) ハルピン↔長春 …… 240km
19) 吉林↔長春 …… 120km
20) 長春↔瀋陽 …… 290km
21) 瀋陽↔天津 …… 750km
22) 天津↔青島 …… 750km
23) 天津↔北京 …… 100km
24) 北京↔チーニン …… 400km
25) 瀋陽↔丹東 …… 200km
26) 丹東↔平壌 …… 200km
27) 平壌↔ソウル …… 200km
28) 清津↔元山 …… 300km
29) 元山↔ソウル …… 200km
30) 元山↔プサン …… 500km
31) ソウル↔プサン …… 400km

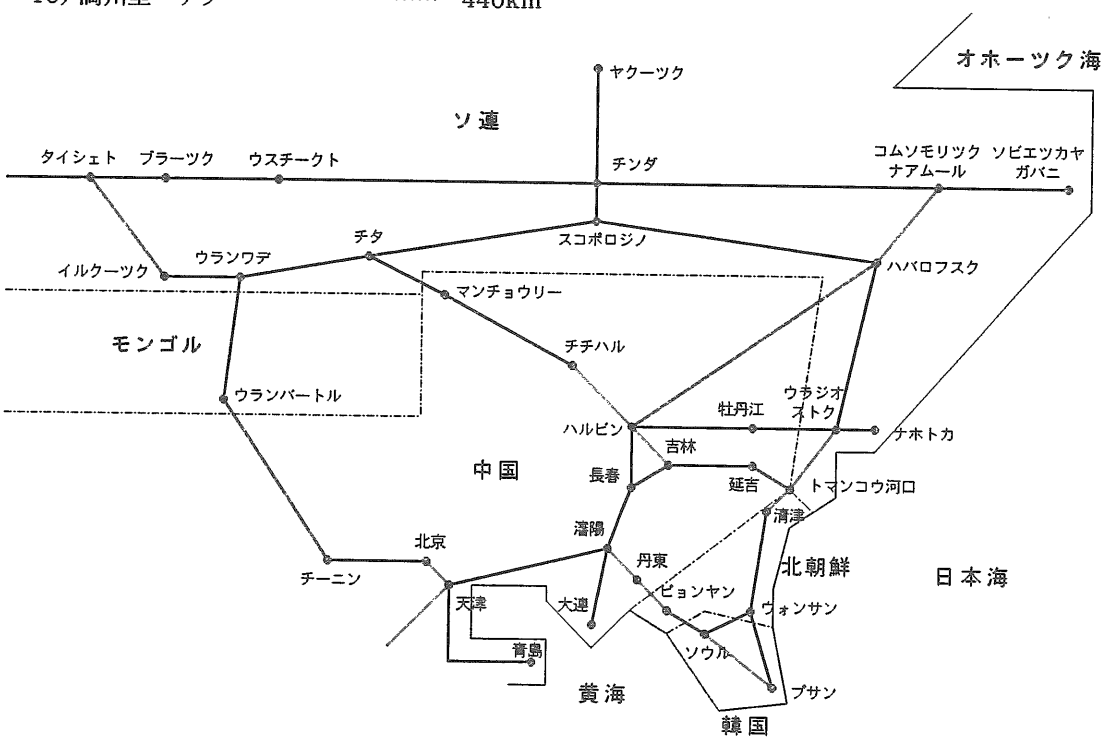


図 7.1 資源開発に資する東北アジア高速道路網試算

2) 東北アジアの港湾整備

ソ連の極東地方には多くの港があるが、外国船が自由に出入りできるわけではなく、1989年現在で15港が開港されているが、そのうち重要な貿易港はナホトカ港と日ソシベリア開発協力プロジェクトの1つとして進められたボストーチヌイ港で

ある。また、ウラジオストク港とワニノ港の開港も期待が寄せられている。これらには50億ルーブル以上の設備投資が必要であるとされている（[1]（7））。

中国東北3省については、遼寧省の大連における大連旧港とともに15カイリ東に離れた大窯湾港区の開発が中国の16の主要港湾に含まれている。大連港の1989年の貨物取扱量は5,092万トンで全国の10.4％を占め第3位であり、89年時点で係留施設数は75、うち万トン級以上の船舶をつなげる能力のある施設が28もある。

8. 日韓トンネルの交通量想定 ～最適編成モデルからの導出～

8.1 国際貿易統計よりの推計（その1）

1）重量ベースの交易関係

前節では、東アジア4ヶ国間の交易関係について、金額ベース（ドル単位）による解説を加えた。各国の貿易収支等の状況はこれによって把握された。ここではさらに、交易が物理的な重量ベースにおいてどれほどの大きさをもつのかを明らかにする。東アジア高速道路網が建設された場合に、各国から発生する交通量を推定するデータとしては、金額ベースの交通量よりも重量ベースの交易量が有用であろう。

現在利用可能な諸統計において、輸出入数量を網羅した資料は、日本に関するものを除き存在しない。国連資料等では、代表的な品目の一部について取引数量が判明するものの、全体を網羅していない。したがって個別データの積み上げによって品目別輸出入量を推計することは不可能である。

そこで本調査では、品目別の輸出入統計のうち、金額と数量がともに判明している項目に注目し、それに基づき、各年度ごとに輸出入先別、品目別の換算原単位を作成した。この原単位は、2ヶ国間の交易額を数量（重量）ベースに変換する役割をもつ。1例として、1985年の換算原単位を示せば表8.1のようになる。これに基づき1985年における数量ベースの交易マトリックスを作成した。表8.2は、品目別の交易マトリックスである。ただし、機械機器は重量換算が困難であるため、省かれている。

日本から韓国への輸出は、金属品を中心に、推計されているだけでも約410万トンに達する。輸入量は原燃料を中心に約600万トンにのぼる。実際には、推計から漏れている機械機器等を含めれば、相当な量となろう。北朝鮮への輸出量は絶対的に小さく、20万トン程度である。輸入量は原燃料、原料品を中心に約64万トンで、輸出量の約3倍となっている。中国との交易量は3ヶ国中最大で、輸出は1354万トン、輸入は6222万トンに達する。輸出の85％を金属品が占め、輸入の93％を原料が占める。また、日本からの輸出を金額ベースでみると、機械機器は金属品の約2倍（1985年）であることから、特に輸出総量は実際には大幅に上回ることが予想される。また、アジア全体でみた場合、機械機器を除いた1トン当りの価格は輸出498ドル、輸入149ドルとなり、日本からの輸出産品は輸入品の約3.3倍もの高い価値が付けられている。

2）日本－韓国－北朝鮮－中国ルートにおける交通量換算

日韓トンネルあるいはアジア高速道路網の1ルートである日本－韓国－北朝鮮－中国にどの程度の交通量が潜在的に存在するかを知るために、1985年の年間交易量をトラックによる輸送に換算してみよう。機械機器の輸出量を考慮にいれずに、10トン車換算すると、潜在的な日平均交通量は、以下のようになる。

日本 ⟹ 韓国 ⟹ 北朝鮮 ⟹ 中国

4,900台／日　3,800台／日　3,700台／日

日本 ⟸ 韓国 ⟸ 北朝鮮 ⟸ 中国

19,800台／日　17,200台／日　17,000台／日

表8.1 貿易量・金額換算係数

−− 食 料 品 −−　　単位：トン／千$

	日 本	韓 国	北朝鮮	中 国
日 本		1.447(A)	0.101(B)	0.059(A)
韓 国	0.401(A)			
北朝鮮	0.783(A)			
中 国	5.234(A)			

−− 軽 工 業 品 −−　　単位：トン／千$

	日 本	韓 国	北朝鮮	中 国
日 本		0.715(A)	1.023(A)	1.342(A)
韓 国	0.322(A)			
北朝鮮	------			
中 国	0.048(A)			

−− 化 学 品 −−　　単位：トン／千$

	日 本	韓 国	北朝鮮	中 国
日 本		0.833(A)	0.584(A)	1.002(A)
韓 国	1.459(A)			
北朝鮮	------			
中 国	0.960(A)			

−− 原 燃 料 −−　　単位：トン／千$

	日 本	韓 国	北朝鮮	中 国
日 本		0.724(A)	10.884(A)	0.907(A)
韓 国	3.896(C)			
北朝鮮	22.374(A)			
中 国	19.471(A)			

−− 金 属 品 −−　　単位：トン／千$

	日 本	韓 国	北朝鮮	中 国
日 本		2.247(A)	1.634(A)	3.275(A)
韓 国	3.588(A)			
北朝鮮	3.377(A)			
中 国	1.204(A)			

−− 原 料 品 −−　　単位：トン／千$

	日 本	韓 国	北朝鮮	中 国
日 本		------	------	------
韓 国	1.360(A)			
北朝鮮	6.576(A)			
中 国	4.869(A)			

(A)：各国データより推計
(B)：共産圏データより推計
(C)：東南アジアデータより推計

表8.2 日本と韓国、北朝鮮および中国との品目別貿易量

1985年　単位：千トン

輸 出	韓 国	北朝鮮	中 国	合 計
食料品	19.2	0.2	1.2	20.6
原燃料	154.4	76.4	80.5	311.3
原料品	---	---	---	---
軽工業品	679.5	53.5	1,183.7	1,916.7
化学品	885.1	14.4	714.7	1,614.2
金属品	2,364.5	55.4	11,560.3	13,980.2
機械機器	*	*	*	
合 計	4,102.7	199.9	13,540.4	17,843.0

輸 入	韓 国	北朝鮮	中 国	合 計
食料品	314.3	36.6	4,892.3	5,243.2
原燃料	3,017.2	259.0	57,828.5	61,104.7
原料品	196.7	127.9	4,026.8	4,351.4
軽工業品	572.5	0.0	73.2	645.7
化学品	295.1	0.0	289.8	584.9
金属品	1,523.0	220.8	5.5	1,749.3
機械機器	*	*	*	
合 計	5,918.8	644.3	67,116.1	73,679.2

注（*）：機械機器の重量、台数への換算にはいろいろ問題があるので掲載を保留する。

以上の数値は、1985年度の輸出入量を単純にトラック交通量換算したものであり、現行の輸送手段（船舶、航空）からの転換率などを考慮に入れた数値ではない。

日本からの輸出に関連する交通量は、比較的輸送ロットの小さい工業製品が主であるので、現行の輸送手段（船舶、航空）からの転換率は高いと思われる。しかも、日本からの輸出の半分以上を占める機械機器を含めれば、日本からの交通量は上記数値の倍以上となる可能性があろう。逆に日本への輸入に関連する交通量は、日本を起点とする交通量の４倍程度潜在的に存在するが、その内容は農産物、鉱物資源、原油等が中心であるので、高速道路への転換率は低いと予想される。精緻を期すためには、英仏海峡トンネルプロジェクトにおいて実施されたような交通量推計をおこなわねばならない。

そこでは当然、本研究に含まれていない旅客流動（観光、ビジネスetc.）についても考慮にいれなければならない。いずれにしても非常に概数的な

推計ではあるが、日本を起点および終点とする産業ベースの日平均交通量は、それぞれ数千台の規模を有することが理解できる。また、上記数値は1985年度における貿易額に基づくものであり、実際に日韓トンネルあるいはアジア高速道路網が建設された場合の誘発効果（韓国対中国の輸出入も含めて）を考慮に入れれば、相当の規模となろう。

8.2 国際統計よりの推計（その2）

シミュレーション結果の分析に入る前に、日本、中国を中心とする国際貿易の現況を簡単にみてみよう。モデルのゾーン分割に従って、1982年の全品目について集計したものが表8.3である。中国の対日輸出入品目構成比は、1984年の値で表8.4のようになる。これをウエイトとして、表8.5の品目別物流発生原単位から中国貿易に関する全品目物流発生原単位が輸出について184.1万t／億＄、輸入について14.4万t／億＄と推定される。この発生原単位を使って、1982年の中国輸出額を物量表示に換算すると表8.6のようになる。また、輸入額について同様に表にすると表8.7のようになる。また、同様の類推から、日本の輸出入を物量で中国を除いて表にすると表8.8のようになる。

以上、三つの表に示された数値に限定して、アジア高速道路網関連でいくつかの集計をしてみよう。まず、日本―韓国の断面（日韓トンネル）では、日本の輸出入額の対韓国、欧・ソ、東南アジア・オーストラリア（12ゾーン～14ゾーン）の和、104,500万tと中国の対日本輸出入額の和、9,380万tの合計、113,880万tは、アジア高速道路の4車線断面の日容量184.32万t／日の169％に相当する。このことは、これらの貿易の60％がアジア高速道路網へ転換してくるならば、1982年時点で4車線容量に匹敵する交通量が発生することを意味している。

中国―欧・ソ断面では、日本対欧・ソ、中国対欧・ソについての輸出入額の和、32,250万tは、同様の日容量の48％に相当する。このことは、日中の対欧・ソ貿易額のすべてがアジア高速道路網に転換したとしても、1982年時点では日容量の半分に満たないということを意味している。東南アジア・オーストラリア対欧・ソ間でかなりの転換量と、これらの貿易額が大幅に成長することが中国―欧・ソ間での日容量を満たすために必要となってくるであろう。また、逆にこのような条件が満足されるときにこの断面で建設需要が発生することになる。

中国―東南アジア断面についても同様に対日容量比率を集計してみると127％となる。これは、1982年時点の貿易規模で考えた場合に、この断面での日容量を満たす交通量を中国および日本の対東南アジア・オーストラリア貿易から得るためには、その貿易額の80％弱がアジア高速道路網利用に転換することが必要であることを示している。

これからの数値の示唆するところをまとめると次のようになろう。すなわち、現在の貿易規模、パターンを前提とする限り、たとえ非現実的な高転換率を想定したとしてもアジア高速道路網への転換物流量はその建設需要を引き起こすのには日本－韓国断面は別として不十分である。したがって、中国経済のテイク・オフによる中国中心の貿易規模の飛躍的拡大を単に意図するばかりでなく、中国経済の発展経路をアジア高速道路網を積極的に活用する方向で位置付ける必要があろう。そして既に述べたように、中国経済の既存交通体系を前提とする中国経済の成長ポテンシャルはかなり高いものであるが、その離陸加速効果においてアジア高速道路網は特にその優位性を示し得るのである。

8.3 動学的多地域多産業の最適編成モデルから導出された日韓トンネルの交通量

1）国際貿易

表8.9を使って、ケース2、ケース5、ケース7について国際貿易がらみの物流が、第5期2005－2009：t＝4）でアジア高速道路網へどのくらい転換してくるかを分析してみよう。

瀋陽―平壌の断面に転換する可能性のある物流は、日本の対中国、欧・ソ、東南アジア・オーストラリア貿易の和であり、これを表8.5の原単位を用いてケース2、ケース5およびケース7について求めると、それぞれ24,880万t／5年（1,178億$×14.4万t／億$＋43億$×184.1万t／億$）、262,550万t／5年（1,178億$×14.4万t／億$＋1,334億$×184.1万t／億$）および262,550万t／5年（1,178億$×14.4万t／億$＋1,334億$×184.1万t／億$）である。第5期における瀋陽－平壌間の投資需要は、ケース2、ケース5およびケース7について、それぞれ0万t／日、18.4万t／日および 18.4万t／日であるので、それぞれ関連物流の0％、12.8％および12.8％がアジア高速道路網へ転換している。

各ケースについて、広州－北海断面の物流を求めると、それぞれ433,700万／5年である。広州－北海断面の投資需要が18.4万t／日であるので、これは関連物流が7.7％転換していることを示している。

2）日韓トンネル・韓半島断面の高速道路交通量

ところで、本研究では中国内部をスペイシャル（7地域で）に分析することに主眼がおかれ、他の地域（中国からみた諸外国）との交易については、交易の全額がモデルによって内生的に導出されるランクAの取り扱いではなく、内生化のきわめて不十分なランクB、ランクCとか、全くモデル化されていないランクDである。要するに世界計量モデルになっていない（文献［4］の4.1.1参照）。

つまり、本研究での主眼は「東アジア高速道路の中国経済離陸加速化効果」であったので、もう一つの目的である「日韓トンネルの計量分析」については不十分な結果しか得られていない。

特に、中国を中心とした東アジアの発展が日韓トンネル上の「交通量」に結果する計量分析についてはきわめて不十分である。

そこで、この点をとりあえず補正する「補正作業」を試みよう。上述のように、第5期（2005～2009：t＝4）での韓半島断面での交通量は20トン車換算で0.92万台／日、10トン車換算で1.84万台／日、また5トン車換算で3.68万台／日となる。

このように1台当たり何トン車として換算するかで高速道路上交通量は大きく変わってくる。効率化を求めての大型化傾向と重厚長大から軽薄短小へという世界的な産業構造の再編に対応しての適度な大きさの精密車両化（冷凍、無振動、高速、低騒音化等）との間の兼ね合いで、将来何トン・トラックが主流となってゆくだろうかの予測はかなりむずかしい。

現在の「トン数別トラック保有台数（昭和58年度）」を加重平均すると正しくぴったり5.00トン車／台と算出された。つまり、自動二輪車とか軽自動車等を除外した純然たるトラックの平均トン数は現在5トン車であるといってよい。自動二輪等を除いてあることによって、これは同時に現在における高速道路上の平均的な車両の大きさと見なせよう。

一方、中国等からの原材料搬出とか、アジア高速道路の国際幹線路としての将来の使命からすれば20トン車換算が妥当な面もある。4車線（往復）の完全に本格的な高速道路の交通容量は都市間で日平均で48,000台／日（乗用車換算）といわれ、これがトラック混入率35％の場合には修正率0.74を乗じて、48,000台／日×0.74＝35,520台／日≒36,000台／日となる。ここでのトラックの大きさはもちろん上述のように5.00トン車と考えてよい。

ところで、本研究では20％の乗用車混入を先決外生して計測している。つまり、トラック混入率は80％で、現状とはかなり異なっている。 20年先の東アジアの高速道路上でのトラック混入率が幾らになるかはまた別のむずかしい問題である。もし、トラック混入率が50％を超すようだと高速道路交通量は上述の36,000台／日をかなり下回ることになろう。

このように諸条件を配慮してみると、東アジア高速道路での5トン車換算かつトラック混入率35％以上の場合、36,800台／日という交通量はすでに十分高速道路容量を超えているのである。

もし高速道路容量前後の交通量が確保できれば、これは同時に採算性条件も満たされることになろう。なんとなれば、トラックの通行料金は乗用車のそれよりかなり高くすることができるのが通常の料金体系であるからである。

さて、本研究での第5期について導出された「地域間物量表（t＝4）」のケース7は表8.9に示されている。

一方、現状での東アジアの交易は表8.3 貿易マトリックス（1982）と表5.1広域東アジア圏諸国間交易マトリックス（1985）に示されている。この両表の数値に依拠して、現状での国際間交易量の相対比を算出し、このシェアを勘案して、本研究での計量分析から導出された「地域間物量表（t＝4）」のケース7（表8.9）の関連交易量を補正したのが表8.10「補正された地域間物量表」である。

この物量表の交易量（これが高速道路への転換母体）に上述の計量分析から導出された転換率：

表8.3 貿易マトリックス（現況）

1982年（単位：百万$）

i＼j	中国 j＝1 2 3 4 5 6 7	中国計	日本 11	韓国 12	欧・ソ 13	東南ア・オセアニア 14	米・加・南米 15	北朝鮮	その他計	計
i＝1 2 3 4 5 6 7 中国										
中国計			4,791	― ― ―	3,195	6,975	2,569	282	3,095	21,807
日本 11		3,887		4,881	26,057	30,097	48,277	313	29,206	142,718
韓国 12		― ― ―	3,253		3,987	3,496	8,260	― ― ―	2,143	21,139
欧・ソ 13		3,784	11,992	2,123						
東南ア・オ 14		3,295	36,744	3,722						
米・加・南米 15		6,367	34,889	7,409						
北朝鮮		304	152	― ― ―						
その他計		1,289	44,901	4,919						
計		18,826	136,722	23,054						

［出所］ 中国←→各国・各地域に関しては、1984年版『中国経済便覧』（財）日中経済協会）の『相手国別貿易額』より集計
日本←→各国・各地域に関しては、58年度版『通商白書』（大蔵省印刷局）の『日本と各国・各地域との輸出入額一覧』より集計（ただし、日本←→中国は除く）
日本←→各国・各地域に関しては、1985年版『ECONOMIC STATISTICS YEARBOOK』（THE BANK OF KOREA）の『主要国別輸出・輸入』より集計（ただし、韓国←→日本は除く）
注 1）1$＝1.9元　　注 2）空欄及び斜線部は集計していない

表8.4 中国の対日輸出入品目構成比

k	構成比 % 輸出	輸入
1	15.4	0.0
2	51.9	0.0
3	31.6	11.1
4	1.1	88.9

［出所］通商白書、昭和60年版、各論より推計

表8.5 品目別物流発生原単位（g_i^k, $k \in I_1$, $i \in MM$）

単位：万t／億$

k＼i	1 高速道路	2 鉄道	3 海水運	4 一般道路	5 港湾
1 農業	29.46	29.46	29.46	29.46	29.46
2 鉱業	344.25	344.25	344.25	344.25	344.25
3 軽工業	2.203	2.203	2.203	2.203	2.203
4 重工業	15.96	15.96	15.96	15.96	15.96

［出所］中国統計年鑑、1984年より推計
注 I_1＝非サービス産業指数、MM＝交通基盤施設モード指数

表8.6 中国の輸出額
（物量表示）

（1982年、単位：万t）

相手国		輸出額
日本	11	8,820
韓国	12	−
欧・ソ	13	5,860
東南ア・オ	14	12,760
米・加・南米	15	4,730
北朝鮮		520
その他		7,440
計		40,150

表8.7 中国の輸入額
（物量表示）

（1982年、単位：万t）

相手国		輸入額
日本	11	560
韓国	12	−
欧・ソ	13	540
東南ア・オ	14	450
米・加・南米	15	920
北朝鮮		40
その他		190
計		2,700

表8.8 日本の輸出入額
（物量表示）

（1982年、単位：万t）

相手国		輸出額	輸入額
韓国	12	700	5,990
欧・ソ	13	3,750	22,080
東南ア・オ	14	4,330	67,650
米・加・南米	15	6,950	64,230
北朝鮮		50	280
その他		4,200	82,660
計		19,980	242,890

注）原単位　　14.4万t　184.1万t/億$

12.8％を適用して日平均台数を想定してみると次の表8.11 中国－韓半島－日本の高速道路交通量試算（t＝4）のようである。

これによると、日本－韓国断面（日韓トンネル）で6.4万台／日、および中国－韓国断面で6.0万台／日となっている（5トン車換算で）。表8.11の日当たり台数では20トン車換算でのそれが示されている。（念のため）。

表8.11に示されているように、もし日本→欧州・ソ連と日本→東南アジア・豪州等の交通量も高速道路上に若干転換してくるものと想定すればかなり大幅な交通量の増大が予想される。

高速道路網全体についての図8.1「アジア高速道路網期間別最適投資配分」での韓半島断面、日韓トンネル断面での「交通流」表示は本項で補正されたケース7の数値について図化したものである。

ここで、本研究での交通量予測と伝統的な交通工学（Traffic Engineering）的な交通量予測との違いについて一言ふれておこう。

後者では、リンク、ノードからなる交通網について詳細なネットワーク・シミュレーションをおこない交通量を予測する。この場合、転換母体としての将来O.D.表については簡単に外生とするか、適当な伸び率を適用してそれを求めるという手法である。

一方、前者では、何よりも経済全体の「経済成長」に力点がおかれる。つまり、将来の経済構造の把握が最も重要であり、これが判明すれば、交通量はそれの派生需要として正して求められるという立場である。この場合、リンク、ノードの詳細な予測をそれほど重視しない。

両者に一長一短があるが、後者は通例、高度に発展している経済について、新しい交通手段に対するニーズが大きく、すでに建設が実質的に決まっているような場合に採択するに適当であり；一方、前者は経済がそれほど成熟段階に達せず、高速道路を建設するかどうかについて実質的な検討を要する場合に採択に適する手法といえよう。

本研究での理論モデルは両者を融合せしめているのであるが、その適用において中国中心の作業であっていまだ多国間モデルとしての計量が十分でなかった面があるので本項の若干の補正を試みたわけである。ただし、現在の段階の計量結果でもすでに5トン車換算で36,800台／日の交通量が導出されているのである。

9. アジア高速道路網の社会的便益
～離陸加速化効果～

9.1 巨大プロジェクトの外部経済効果
～基礎的考察～

(1) 意図された外部経済効果発生装置

National Project いな国際超巨大プロジェクトが創設、供用された場合、それがもたらす社会的、経済的な直接、間接の伝播・拡散・波及効果を計

表8.9 地域間物流表

*** A1B1C2:CC *** Case 2 * t=4 *

単位；億$

＼	華北東	華北	華北西	華中	華東	華西	華南	中国計	日本	韓国	欧・ソ	東南ア・豪州	米・加・南米	合計
華北東	6,085	470	0	0	72	0	0	6,627	0	0	0	0	0	6,627
華北	298	1,906	127	1,681	5,611	1	0	9,624	43	0	813	2,262	0	12,742
華北西	0	212	819	0	1,057	46	1	2,135	0	0	0	0	0	2,135
華中	0	2,844	0	305	3,882	18	152	7,201	0	0	0	0	0	7,201
華東	0	260	805	1,973	3,942	806	0	7,786	0	0	0	0	0	7,786
華西	0	0	0	0	1,956	195	17	2,168	0	0	0	0	0	2,168
華南	0	198	0	504	0	151	1,869	2,722	0	0	0	0	0	2,722
中国計	6,383	5,890	1,751	4,463	16,520	1,217	2,039	38,263	43	0	813	2,262	0	41,381
日本	0	730	0	0	133	0	315	1,178	0	0	0	0	0	1,178
韓国	0	0	0	0	0	0	736	0	0	0	0	0	0	0
欧・ソ	0	0	0	0	0	0	0	736	0	0	0	0	0	736
東南ア・豪州	0	0	0	0	1,199	0	0	1,199	0	0	0	0	0	1,199
米・加・南米	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	6,383	6,620	1,751	4,463	17,852	1,217	3,090	41,376	43	0	813	2,262	0	44,494

*** A1B1C2:GNP *** Case 5 * t=4 *

単位；億$

＼	華北東	華北	華北西	華中	華東	華西	華南	中国計	日本	韓国	欧・ソ	東南ア・豪州	米・加・南米	合計
華北東	9,903	948	0	0	0	0	0	10,851	66	0	0	0	0	10,917
華北	14,812	643	0	0	0	0	0	15,455	32	0	1,834	2,262	134	19,717
華北西	174	638	448	12	841	321	0	2,434	0	0	0	0	0	2,434
華中	1,783	1,499	0	233	1,766	0	109	5,390	0	0	0	0	0	5,390
華東	193	4,995	956	1,843	697	882	0	9,566	1167	0	0	0	1	10,734
華西	573	0	0	539	876	0	0	1,987	0	0	0	0	0	1,987
華南	249	984	0	396	0	0	1,157	2,786	69	0	0	0	0	2,855
中国計	27,686	9,707	1,404	3,023	4,180	1,203	1,266	48,469	1,334	0	1,834	2,262	135	54,034
日本	1,178	0	0	0	0	0	0	1,178	0	0	0	0	0	1,178
韓国	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
欧・ソ	0	1,163	0	0	0	0	77	1,240	0	0	0	0	0	1,240
東南ア・豪州	1,199	0	0	0	0	0	0	1,199	0	0	0	0	0	1,199
米・加・南米	0	0	0	0	1,721	0	221	1,942	0	0	0	0	0	1,942
合計	30,063	10,870	1,404	3,023	5,901	1,203	1,564	54,028	1,334	0	1,834	2,262	135	59,593

*** A1B1C2:GNP-A *** Case 7 * t=4 *

単位；億$

＼	華北東	華北	華北西	華中	華東	華西	華南	中国計	日本	韓国	欧・ソ	東南ア・豪州	米・加・南米	合計
華北東	4,916	0	0	0	0	0	0	4,916	0	0	0	0	0	4,916
華北	1,171	1,393	8	860	4,454	2	0	7,888	0	0	790	474	0	9,152
華北西	15	338	869	8	1,975	53	0	3,258	0	0	0	0	0	3,258
華中	267	2,243	0	330	2,306	481	131	5,758	0	0	0	0	0	5,758
華東	1,043	415	1,018	1,552	4,724	495	0	9,247	961	0	0	1,788	0	11,996
華西	0	0	0	115	1,940	175	0	2,230	0	0	0	0	0	2,230
華南	0	655	0	433	0	167	1,194	2,449	373	0	173	0	0	2,995
中国計	7,412	5,044	1,895	3,298	15,399	1,373	1,325	35,746	1,334	0	963	2,262	0	40,305
日本	1,178	0	0	0	0	0	0	1,178	0	0	0	0	0	1,178
韓国	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
欧・ソ	0	278	0	0	0	0	333	611	0	0	0	0	0	611
東南ア・豪州	0	0	0	0	1,199	0	0	1,199	0	0	0	0	0	1,199
米・加・南米	232	0	0	0	1,334	0	0	1,566	0	0	0	0	0	1,566
合計	8,822	5,322	1,895	3,298	17,932	1,373	1,658	40,300	1,334	0	963	2,262	0	44,859

量的に捉えることが意図されている。ナショナル・プロジェクト、国際巨大プロジェクトの場合、その莫大な長期設備投資資金から、ほとんど例外なくそれはフロー表示で公共投資（public investment)、あるいはストック表示で公共施設、社会的基盤（infrastructure）の整備という形をとる。公共資金で公共施設が創出される場合、一応独立採算性原則によって、料金収入≧資本費＋運営費となっているが、この公共施設によってもたらされる便益が料金収入に等しいわけではない。民間企業の提供するサービスについても、便益（消費者余剰）≧支払った対価という不等式が常に成立している。まして公共施設のもたらす社会的便益は、名目的に支払う対価としての運賃・料金・手数料に比すべくもなく厖大である。

このように対価以上に受け取る便益は「消費者余剰プラス外部経済効果（external economies)」と言われている。巨大プロジェクトの社会的意義は公共当局がこのような外部経済効果を意図的に市民（消費者）および企業に享受せしめるべくこれを創設しているというところにある。

稀少資源としての公共資金を集約してその資金を、社会的限界機会費用規準（social marginal opportunity cost criteria）に依拠して投資することによって無から有（すなわち社会的便益）が創出され得るのである。

(2) 私的収益性と社会的有用性の乖離

すなわち、公共施設は創出されれば、「社会的有用性（social usefulness)」が十分存在するのである。私的財の場合、私的収益性がある、すなわち正の利潤が形成されれば、これすなわち社会的有用性もあるといえようが、公共サービスの場合、さらにたとえ私的収益性がない、すなわち正の利潤が形成されず赤字となっても社会的有用性は十分あるというケースが多い。

このように、私的収益性と社会的有用性が乖離するケースは、公共施設のもたらす社会的便益に対価を付し、その便益の一部を公共当局に還元せしめる操作、措置が十分作動せず、料金収入≧費用となる料金収入を保障しえないという場合であるが、しかしこのような場合でも補捉しえない社会的便益が伝播、拡散、波及してゆき社会の隅々の市民、企業に帰着していっているのである。これが帰着ベースの間接経済効果といわれているものである。これが存在しているかぎり、私的収益性の如何にかかわらず、社会的有用性はあることになる。社会的有用性のあるものに対してそれ相応の対応をすべきなのである。

(3) 公共投資の経済効果計測の必要性

ところが、公共投資、就中高速道路網によってもたらされる、対価としての料金相当分を上回る社会的便益は相当に大きいのである。みかんやりんご、ビデオのような私的財とは異なり、non－marketable な財で必需品（necessaries）の場合、

表 8.10 補正された地域間物流表

単位；億＄

＼	中国	日本	韓国	欧・ソ	東南ア・豪州
中　国	35,746	1,334	955	963	2,262
日　本	1,178	0	1,560	7,897	9,121
韓　国	590	948	0	1,208	1,060
欧・ソ	611	3,339	591	0	0
東南ア・豪州	1,199	1,231	1,036	0	0

表 8.11 中国－韓半島－日本の高速道路交通量試算

日本－韓国	日本－韓国〈＋欧・ソ・東南ア・豪〉
平均総物流：4,554.71億＄／5年	平均総物流：35,142.8億＄／5年
平均総物流：446,976万t／5年	平均総物流：3,190.270万t／5年
平均物流：31.3496万t／日	平均物流：55.86万t／日
平均車両：1.56748万台／日	平均物流：2.793万台／日
中国－韓国	**中国－韓国〈＋欧・ソ・東南ア・豪〉**
平均総物流：3,839.62億＄／5年	平均総物流：38.323億＄／5年
平均総物流：426.218万t／5年	平均総物流：3,501.790万t／5年
平均物流：29.8936万t／日	平均物流：62.9574万t／日
平均物流：1.49468万台／日	平均物流：3.14787万台／日

注）t＝4；2005～2009、かつ20トン車換算台数表示

それへの需要曲線は垂直的に立っており対価として支払う額を大幅に上回る消費者余剰が形成されているのである。一方私的財の場合にはそれへの需要曲線は水平に近く、社会的粗便益と販売額（市場価格×数量）とがほぼ等しく、すなわち限界評価便益と市場価格とがニァリー・イコールであるから市場価格を限界便益率の代理指標として取り扱うことが可能となることにより、もし公共当局が「みかん」の販売をしている場合に、改めて社会的便益（経済効果）を計測するに及ばない。

しかし、非市場サービスについては、何ら既存の指標は存在しない。それ故、公共当局は改めて社会的便益を計測しなければならないのである。これが公共投資のもたらす経済効果の計測問題である。特に、このサービスが必需性のある公益事業サービスの場合には、需要曲線がシャープとなり厖大な消費者余剰を形成するので、それを私的収益性（力）でもって判断してはならないわけである。

社会的便益、経済効果は実務の世界では

社会的便益＝直接効果＋間接効果

として捉えられているが、第一次接近として直接効果は前述の私的収益性に対応するとみなすことができよう。

(4) 間接経済効果の重要性とその計測の必要性

しかし、プロジェクトによって直接効果対間接効果の比率が一定ではない（氷山のように海面上と海面下のそれが1：9のように判明していれば別であるが）。それ故、私的収益性ないし直接効果だけに依拠して公共投資規準を策定することは本来絶対に許されないことなのである。ここに公共投資のもたらす間接経済効果計測の必要性がある。

(5) 直接経済効果に比しての間接経済効果の厖大さ

直接効果に対する間接効果の大きさ、比率は交通施設によって地域によって時代によって千差万別であろうが、一般に直接効果に比して間接効果が予想以上に大きいことは古くより知られた事実である。J. Tinbergen の Review of Economics and Statistics 誌上（1957年8月）での論文 “The Appraisal of Road Construction: Two Calculation Scemes” で示された間接効果は直接効果の3.8倍であるといういわゆる古典的な Tinbergen Multiplier はあまりに有名である。

この例が示すように新設交通施設の経済効果は単にユーザーの走行費の節約、所要時間の短縮等で表わされる直接効果だけではなく、これらの技術革新効果による直接ユーザーの限界費用曲線の下方シフトによって得られる直接効果を引き金として、当該財の市場価格の下落、均衡数量の増大、これの市場全般への伝播、拡散、波及によって結局経済全般の再調整の過程が終わるまで継続してゆく。このようにして、直接効果に比して数倍、数十倍の間接経済効果を形成してゆくのである。

(6) 直接経済効果と間接経済効果の内包

直接経済効果としては、まず走行費の節約効果と輸送時間の短縮効果がよく人口に膾炙しているという意味で大宗を占める。しかし、真に経済効果が大きいかどうかということとは別問題である。とにかく教科書的でわかりやすい。表9.1における運転者の疲労度の軽減と交通快適度の増大は個人ベースの効果である。

これらとは対照的に、荷傷みの減少は直接走行者に関係のない、荷主便益である。これは積荷の価値が高く、特に生鮮食品、精密機器等壊れ易いものについてその荷傷み減少効果は計りしれないほど大きくなる。梱包費の節約効果は走行費節約と類似の特性をもつ。

次に、大量輸送処理の効果はこれまで、2トン車、4トン車体制であったものが20トン車体制が可能となることによって、これを前提・与件としての各企業の工場、倉庫の段階で、大量生産、大規模生産体制に転換することによる、費用曲線の大幅な下方シフトによる合理化効果によって、経済構造そのものの再編成、一段と高次の効率編成をもたらすことになる。日本経済の国際競争力の

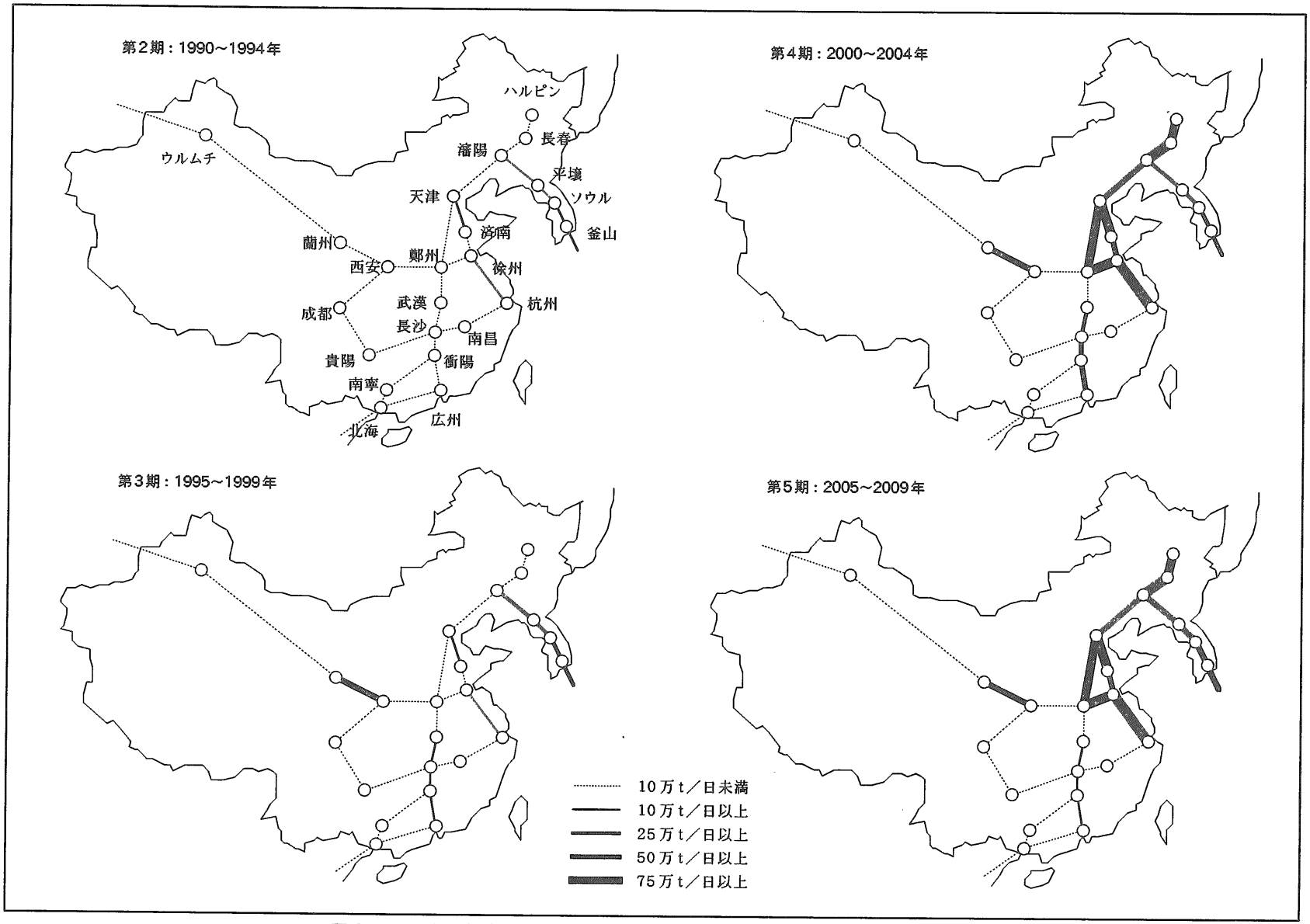


図 8.1 アジア高速道路網期間別最適投資配分（両側４車線が51.2％稼働するとして、18.4万t／日の断面容量）

強化はこのような効果に起因するところが多いといえよう。

不確定性の減少効果は、定時定速が可能で到着時刻が正確に予定できることによる輸送体制の合理化効果である。

以上の中で潜在的に最も大きな効果を形成しているのは、「大量輸送処理の効果」であると推測されている。しかし、これは、荷主便益以上に補捉しがたい、一般企業の主体的意思に基づく工場・倉庫の改良・拡張および大規模化によって始めて形成されるものであり、高速道路の存在は単にそれへのinitial impact、利用期待可能性を付与しているだけともいえる。あるいはこの改良・拡張、大規模化への伝播・拡散はフライパンの温度が一定以上になるとパッと油に火が燃え移る状況と同じであるとも例えられよう。このような効果は原因→結果において納得的でない点もあるが、やはり高速道路存在の経済効果なのである。ここでは、これこそ経済効果、間接経済効果としたいのである。つまり、高速道路がなかりせば絶対に生起しえない工場の大規模化措置であったという意味でそれは正に高速道路の経済効果なのである。

以上のような直効果に依拠して、ないしこれらとある程度重複しながら、より長期的には、生産・輸送・工業開発効果、流通経済の合理化効果、市場圏の拡大効果、および既存道路上の交通混雑緩和効果等の間接経済効果が形成されてゆくのである。

ここでの直接効果と間接効果とには厳密にはもちろん、漏れと重複が存在する。しかし、それにもかかわらず、これら現象的効果項目を積み上げて計る個別的経済効果項目が多く用いられるのは、提案されたプロジェクトの予備検討の目的に十分そう程度の、利便性、妥当性、正確性を兼ねそなえているからである。

(7) 間接経済効果の完全転移説
～ハーバート・モーリング等～

ところで、世に言われている間接経済効果なるものは、これすべて直接経済効果が転移したものに過ぎず、真に存在するのはユーザが本人自身直接に高速道路上を走行して走行費節減、所要時間の短縮効果を原始的に形成したものだけであるというシカゴ・スクール的考え方がある。この説に従えば、発生ベースの直接効果だけを把握すればこれでよしということになる。

しかし、この説では、既存道路上における混雑緩和効果や、規模の経済によるマーシャルの外部経済効果等に説明がつかなくなるという致命的欠陥を露呈する。

(8) 間接経済効果の独立存在説

完全転移説に対するわれわれの反論は、間接経済効果の独立存在説である。これは、間接効果のなかにはもちろん完全転移説の妥当する効果が認められるが、これとは別に独立に間接経済効果が存在しているというのがわれわれの主張である。

これに依拠すれば、既存道路上の混雑緩和効果にも、マーシャルの外部経済効果にも十分説明がつき、包摂可能である。

名神東名高速道路開通20年間でのこれらの周辺の開発の急進展は、単に走行費の節約、所要時間の短縮効果ないしそれの転移・帰着した間接効果だけに負うものではなかろう。

直接走行しなくても、高速道路が出現、供用されることによって、結局その地域のノン・ユーザとしての住民にも多大の社会的便益をもたらしていることに対して統一的な説明が与えられるのはマーシャルの外部経済効果論である。

(9) マーシャルの外部経済効果

これは例えば、高速道路の出現、供用によって、ある地域が通勤可能となり、大住宅団地が形成されたとする。ここで、パン販売業というその地域における1産業を考えると爆発的な需要の増大によって、パンに対する市場需要曲線は大きく右にシフトすることになる。ここにおいて既存の市場供給曲線との相対において均衡価格は上昇する。

これに対して、個別のパン製造販売業ではまず既存の設備をフル操業して供給を増加させ短期的

な利潤を獲得する。これに刺激され、さらに設備を拡張して、より有利にこの高価格に対応しようとする。この設備の拡張は長期平均費用、長期限界費用曲線に依拠してなされるので産出活動はより多くの利潤をもたらしそうである。

ところが、このような行動をとるパン製造販売業者は他にも多数存在するので、これらが集められてやがて市場供給曲線も右にシフトすることになる（図9.1）。

この場合、産業の規模が大きくなることに起因して、"原材料の購入、輸送とかのサービス、情報の伝達、労働力の訓練"などの点で、個別企業にとっての便宜は増えそれによって費用が低下するようなケースが発生する。このような産業の規模の増大によって構成要素としての個別企業の努力なしに便益が増大することがマーシャルの外部経済効果と呼ばれている。

結局このようなプロセスを経由して、当該地域の原住民でかつ高速道路のノン・ユーザにもパンの販売価格の著しい低下という形で便益を享受可能ならしめるのである。これはまぎれもなく高速道路の出現によって結局形成された便益なのである。

このような効果はいたるところ無数に存在するのである。これらが積み重なって結局、間接経済効果は厖大であるということになる。

間接経済効果は、発生ベースの直接経済効果から転移して伝播拡散して帰着ベースの間接効果となった間接効果以上に、これとは別に高速道路の効果を受益する産業の規模が大きくなったことによって発生する上記のようなマーシャルの外部経済効果の形成されることによって長期にわたって社会全体に帰着する間接経済効果は莫大なものとなるのである。高速道路が建設・供用されれば、20年後まさに社会は激変しているのである。

これを経済効果用語で表現すれば、間接経済効果は厖大であるといえるのである。

(10) 経済効果の総合的計測手法

以上のような個別的経済効果計測手法に内在する本質的な問題点、いわゆる'漏れと重複'問題を回避すべく登場するのが経済効果の総合的計測手法である。これには実証的（ポジティブ）アプローチによる計量経済学的モデル分析と規範的（ノーマティヴ）アプローチによるプログラミング（計画編成）モデルによる分析とがある。いずれの方法も効果は G.N.P. のような内生変数ないし目的関数値によって一元的なスカラー表示となる。それ故、個別的経済効果計測手法による場合のような血の通った具体的、個別的効果ではなく、隔靴掻痒の感は免れえない。

われわれの今回採択している経済効果計測モデルはこの総合的計測方法をさらに発展せしめたものである。すなわち、動学的多地域多部門最適編成モデルにおいてそれの最適編成がなされたあかつきに得られる目的関数の比較という形が取られる。

(11) With and Without 比較手法による経済効果の計測

個別的経済効果計測手法であろうと総合的計測手法であろうと、われわれの意図にとっては結局アジア高速道路のある場合（With）とアジア高速道路のない場合（Without）とについての With and Without Test をおこない動学的成長過程における差額便益を算出することによってはじめて正しい経済効果が得られる。

このような社会的便益（Social Benefits）は建設＆維持管理費用（会計的費用）の機会費用（Opportunity Cost）を考慮してもそれとは比較にならないほどの厖大な純便益を形成してゆくことが数量的に立証される。

9.2 アジア高速道路の社会的便益

(12) 離陸加速化効果

ここでは、アジア高速道路網の東北アジア経済圏（狭義）の経済離陸加速化効果という観点から、あるいは分析する前に、巨大プロジェクトの経済離陸加速化効果という点について一般的に触れて

おこう。

巨大プロジェクトの特徴は、当該プロジェクトに係わり生産され供給される財貨、サービスが直接的に生み出す価値（ほとんど私的なもの）も大きなものであるが、これにもまして当該財貨・サービスの生産、供給によって触発され、誘発されて間接的に生み出される価値（ほとんど社会的なもの）も厖大なものであるということである。したがって、投資規準論的に当該巨大プロジェクトの有用性を検討する場合には、その直接的に生み出される価値、すなわち直接効果（走行経費節減便益、所要時間短縮便益、等）を計測するばかりでなく、間接的に生み出される価値、すなわち間接効果をも計測して、プロジェクトの費用と比較する必要がある。この触発され、誘発されて伝播拡散する間接効果は、多数の相互連関的な市場の旧い均衡が新しい均衡へ移行することによって発生する市場的なものと、マーシャルの外部経済効果のように伝播拡散する過程で市場を経由せずに転移してゆく技術的なものとに分類される。

何れの効果も、当該プロジェクトの供給する財貨・サービスに関連する市場の分析ばかりでなく、これと有機的に関連する複数の市場、あるいは特にそれが巨大なものであればあるほど、多数の市場を分析する経済効果計測モデル、すなわちより包括的な社会・経済モデルによってこれを計測しなければならない。さらに、この途中いくつもの市場を経由して、市場的あるいは技術的に伝播拡散していく間接効果は、当該プロジェクトが巨大であればあるほど地域的により遠隔地へ及び、時間的にも包括的なものであることが要求される。

アジア高速道路網は、この巨大プロジェクトの最も代表的なもの、その特質、特徴を体現する最も典型的なものである。本計測モデルが、多地域多部門の動学的計画編成モデルに依拠する所以である。

巨大プロジェクトの効果は厖大なものであるが、そのために必要とされる資金量もまた莫大な

表 9.1 高速道路の経済効果

分類			個別経済効果項目	関連
直接効果	輸送サービス産業	既存産業	1) 走行経費の節減 2) 所要時間の短縮 3) 走行者の疲労軽減 4) 快適性の増大 5) 事故率の減少 6) 荷傷みの減少と梱包費の節減 7) 輸送ロットの容量上限制約緩和 8) 不確実性の減少	
間接効果	輸送サービス産業	既存産業	9) 既存道路上における交通混雑の緩和 10) 輸送の合理化 11) 輸送車輌の規模拡大	 ←1)、2)、&8) ←7)
間接効果	一般業産 非輸送	既存産業	12) 生産の合理化 13) 工場・倉庫の規模拡大 14) マーシャルの外部経済 (産業の規模拡大)	 ←7) ←1)、2)、&7)
間接効果	一般業産 非輸送	新規開発産業	15) 工業開発 16) 自然・観光資源の開発 17) 都市人口の分散 18) 市場圏の拡大	←1)、2)、&7) ←1)、2)、&7) ←8) ←6)

ものとなる。その資金を東北アジア経済圏内の諸国の経済で自給的に調達するか、またはこの経済圏以外に依存するかの何れにしても、多くの資源、労力をこのプロジェクトに投入することとなる。

アジア高速道路網のようなプロジェクトの場合には、間接効果がその効果のほとんどを占め、それはかなりの時間的な遅れを伴って具体化することになる。したがって、アジア高速道路網がなかりせば、そのための資金を他の既存交通施設、あるいは当該既存施設対応の産業資本蓄積へ投下することによって、むしろ初期の段階では（短期的には）より高い投資効果、より高い成長軌道が得られることも十分にあり得ることである。

しかし、時の経過とともにアジア高速道路網対応の産業の再編成、資本蓄積が進み、これによる厖大な間接効果を享受するようになるとやがて当該高速道路網が無い場合の成長軌道に追いつき、これを追い越すことになる。

(13) 地域開発における高速道路と鉄道との優位性比較

地域における面開発にとっての高速道路の優位性を見直しておこう。一見、鉄道の方が 1) 一度に大量の貨物が運べる；2) 輸送コストが安い；3) 公害が少ない、等のメリットがあり、これが絶対条件であるかの如く受け取られがちであるが、しかし高速道路輸送は a) 生産工程に最適な輸送ロットで荷捌きができる；b) 時刻表に縛られずに任意適宜に機能的に配車できる；c) 何よりも鉄道輸送における最大のネックである操車場における方向別操車を必要とせず、10トンから20トンの最適輸送ロットで高速道路上で連結離脱が完全に自由で自動化されており、効率的にトラック（貨物自動車）単位で方向別（O.D.別）が即座に処理可能である。これこそ夢の弾丸列車の実現ともいえよう；d) 派生的輸送需要の75％が50km圏の地場、近距離輸送であり、鉄道では対処しえない、等といったメリットがある。これらの理由によって鉄道よりも高速道路の方が総合的に考えて、より有利であるという点はいくら強調してもし過ぎることはないのである（つまり、経済学的な機会費用原理（opportunity cost criterion）が貫徹しているということである）。

(14) 大規模拠点開発とアジア高速道路網との一体性・補完性

水平交易へのニーズの発生：

このような大規模拠点開発においてかなりグローバルに全産業を配備して自己完結型の都市・地域開発計画を立案しようとも全製品にわたって生産工場を配備・誘致することは不可能に近い。したがって、必然的に、国際的には比較優位な製品製造工場だけが、また国内的には、絶対優位な製品製造工場だけが立場することになり、当該地域での生産・消費・交易に必要な他の製品は他の地域と交易することにより搬出入されることになる。すなわち、産業内（の各製品）の水平貿易の必要性が発生するのである。ここにおいて、交易の相手地域との製品・半製品の搬出入の輸送需要が発生する。これらの輸送需要は派生的な輸送需要（derived demand for the transport service）であり、観光的なドライブ走行ではないので上述したように出来るだけ近距離からの調達を意図する。この理由も高速道路の raison detre を決定的にする。

「点」と「線」との拠点開発から「面」開発へ：

このような諸々の理由で、近未来においては「点」と「線」の開発を主軸として広大な中国大陸の開発が押し進められていくことになる。ただし、ここで「点」といっても160k㎡、350k㎡といった経済特別区、経済開発区ないしこれらと同類の開発地域が高速道路網で連担していくことになるのである。

しかも、この「点」と「線」と「点」とを高速道路で媒介しておけば、機が熟しさえすればいつでも「面開発」へと発展させることができるという大きなメリットがあるのである。

大規模拠点開発とアジア高速道路網との補完性：

このようなわけで、高速道路網なしでは大規模

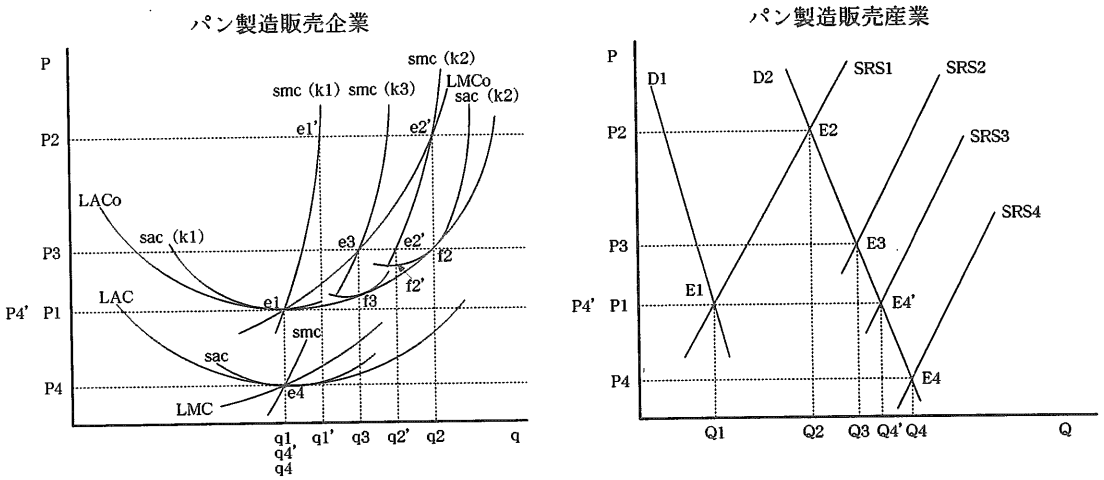


図9.1 完全競争下の企業・産業均衡

拠点開発地域の高度経済成長は保証されえず、またかかる拠点開発の便益なしでは高速道路の意義；すなわちこの公共投資を正当化する社会的便益形成の保証はえられない。つまり、これら双方はお互いに補完的機能（complementarity）を果たしているのである。

東アジアの長期的発展理念：

このようにして中国が経済的に離陸して本格的な経済成長の軌道にのれば、近隣諸国、先進国と交易、特に水平貿易が可能となり、東北アジア、東アジアの諸国民の所得の増大につながり、長期的な繁栄と恒久平和の達成が可能になり、社会厚生関数の最大化という最終目標が満たされることになるのである。

参考文献（第9章の）

[1] 河野博忠、“交通投資の経済効果”、岡野・山田編『交通経済学講義』、青林書院、1974年 2月 pp.179 − 231

[2] 河野博忠、「公共投資の間接経済効果」、「日交研シリーズ」A − 33、日本交通政策研究会、1976年10月、pp.1 − 52

[3] 河野博忠、“社会的便益”、今野・岡野編『現代自動車交通論』、東京大学出版会、1979年 8月、pp.108 − 132

[4] 河野博忠、“外部経済・不経済”、『現代経済学入門』、住宅新報社、昭和52年 3月、pp.187 − 212

[5] 河野博忠、“公共投資のもたらす地域開発効果”、「地域学研究」第13巻、昭和58年12月、pp. 57 − 81

[6] 河野博忠、“本四架橋の経済効果〜渡海便益の機会費用原理的解釈〜”、「海洋架橋調査委員会議事録」、財団法人 海洋架橋調査会、昭和59年12月、pp.1 − 37

[7] 河野博忠・氷鉋揚四郎、“現代的課題の解明”、「日本における地域学：回顧と展望」、「地域学研究第11巻、1981年10月、pp.221 − 330

[8] A.M. Levenson and B.S. Solon, Outline of Price Theory, Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1964. [伊藤久秋・榎本弘訳『現代の価格理論』 勁草書房、1986年5月

調査と研究②

各種施工法に対応した地質調査項目の検討

Examination of Geological Surveys Dealing with Different Tunnelling Methods

田中 壬子也*

はじめに

田中ゼミは、1989年5月26日の第1回委員会以来8回に亘る委員会を開催してきた。この委員会の目的は、対馬海峡西水道、東水道の新期堆積層における設計施工に必要となる土質定数の取得と評価であり、特に調査対象が海域にあるため海洋掘削システムや検層システムの再検討を行って、今後の対馬海峡調査の指針となる様に検討してきた。

今回、これらの委員会検討内容を取りまとめて報告する。

1. 計画輸送の目的・規模について

日韓トンネル計画は、道路・鉄道両輸送手段を包括する高次の文明施設として、旅客輸送を始め、1次原料の輸送、2次製品は勿論、3次商品に到るまですべての経済対象物資の輸送を可能ならしめるものであることを目標として進められねばならない。

従って、本トンネルの機能は道路トンネルとして、トラック輸送、乗用車・バスの運行をはじめ、鉄道輸送としての旅客輸送、貨物輸送などのすべての形態を満足するものである点において、ユーロトンネルにおける計画と同様の条件下にあるものと考えられ、接続両端が2国家に亘っている点も同様である。

ユーロトンネル計画においては、この目的のために鉄道輸送を基幹とするシステムを完備して、まず換気問題の難点を回避するため、トレーラー方式によってすべての道路輸送対象物を搭載輸送し、システム両端に乗せ替え、基地並びに駅を完備する方式を採用している。本研究においても、当面この方式を基礎として進めることが最善の途と考える次第である。

トレーラー方式の主なる難点は、搭載車両の大きさに制約を受けることで、それらが必要とする輸送規模より、トンネル計画の基本的な構想も決定される。即ち、現在海運用として多用されている大型船用コンテーナーの寸法規格を援用するとトンネル規模の大型化は避けられず、更にモーター台車の寸法・ゲージ等も一般道路を基準としているので大きすぎてそのままの利用は適切でなく、新たな規格の立案が必要となろう。従って、それらの検討を進めるにはユーロトンネルにおける搭載ゲージを重要参考数字とすることになろう。

また、急速乗せ替えステーションの能力規模に

＊日本シールドエンジニアリング㈱顧問

よってトレーラー方式の輸送能力も決定され、道路・鉄道両輸送システムの単一化が計られよう。

更に、現在世界の話題となっている磁気浮上方式による高速運転システムは、既に独・米・日等諸国で実用化時代に入ろうとしているのに対し、新幹線方式も最高速度を300km／hrにおいてTGV にせまろうとしている。いずれにしても音速以下での運転において、空気抵抗の問題はひとつの制約条件として登場していることは否めない。空気抵抗問題解決のために、双設単線＋空気バイパス方式か複線トンネル方式かの比較検討もまた大きな課題として取り上げねばならない重要な問題である。即ち、バイパストンネル構築は主トンネルの建設と比較して、決して軽視できない繁雑な問題でもあり、建設工法・止水技術と共に維持管理上の3者3点を含めて、計画発足時点で解決してかからねばならない問題である。

駆動方式上、新幹線方式の問題点として運転勾配の制限（12‰）が挙げられるが、いずれにしても実際の最大海深度（－160m）と所要土被り（100～300m？）、即ち約260～460mを現行の勾配1.2％で突破するのに、21.7～38.3kmの距離を必要とすることより、少なくとも5％（5.2～9.2km）程度までの向上は必要最小限と考えられ、機関車駆動より連成駆動方式（多モーター方式）を必要とするのは明白である（西水道の場合）。しかし、これは磁気浮上方式の高速性（500km／hr）、加速性（20％）を要求するものではない。

2. 土木構造物に課せられる課題

以上のような計画上の要請、即ち、鉄道方式を基本とするトレーラー方式道路車輌輸送を実施するための土木構造物を建設する場合の施工可能性と経済性をNATM工法・沈埋工法・シールド工法について包括的に考察すると、大略次のようになる。

(A) NATM工法による場合

本工法の特質は、地山条件がトンネル周辺の地山に発生を予期される応力に充分に耐え、なおかつ遮水性が充分満足されるならば、その総体的建設費は完成空間当り5～8×10^4 円／㎥と極めて安価であることが、多数の実績によって示されている。

$$[\ qu > 3\ (\gamma\omega\, h\omega + \gamma\, h)\ fs\ ]$$ (1)、(2)

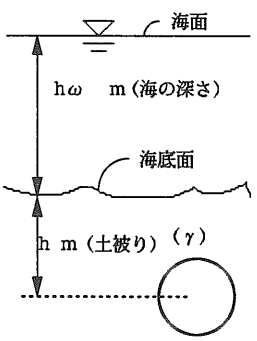
《補足説明》‥〖この考え方は文献（1）、(2) に詳述しているように、地山の強度（qu）がそこに発生しているトンネル内の応力より大きくなければならないので、quの方が大きいことを条件としている。即ち、発生応力の源はトンネルの上にかかっている海水の重さと、地山の重さが基礎となっている。即ち

$\gamma\omega$	海水の比重
$h\omega$	海の深さ
γ	地山の比重
h	土被り深さ
fs	工学的に確信のもてる安全係数で本件の場合1.5～2が妥当な数字と考えている。

から求められるトンネル中心線上の重力によって発生する応力、即ち

$\gamma\omega\, h\omega + \gamma\, h$

によって求められる応力が直接作用する（図-1）。例えば、$h\omega$ = 120m $\gamma\omega$ = 1.03（T／m³） h = 100m、γ = 2.5（T／m³）とすれば、トンネル中心付近での作用力（垂直力）は、



図－1

$\sigma_v = 120 \times 1.03 + 100 \times 2.5$

$= 123.6 + 250$

$= 373.6\ T/m^2\ (= 37.36\ kg/cm^2)$

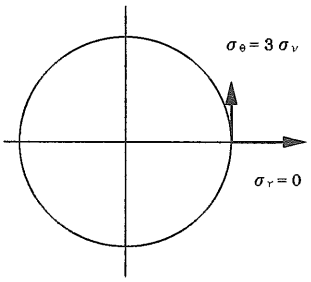
となる。これによってトンネルの周辺に発生する応力は約3倍となることが理論的に論証されているので

$\sigma_{\theta=0} \fallingdotseq 3 \times 37.36 = 112.08\ kg/cm^2$

なる力がトンネル周辺の側壁（$\theta = 0°$）に発生す

る。

これに対して地山の強さがqu＝112.08 kg/cm²しかなければトンネルは崩壊するので、幾らかの安全率を見た地山の強さが要求される訳である。即ち、fs＝2～1.5が必要である。fs＝2とすればqu＝224.16 kg/cm²が必要な強さの限界とされる。この状態を示したのが図－2である。



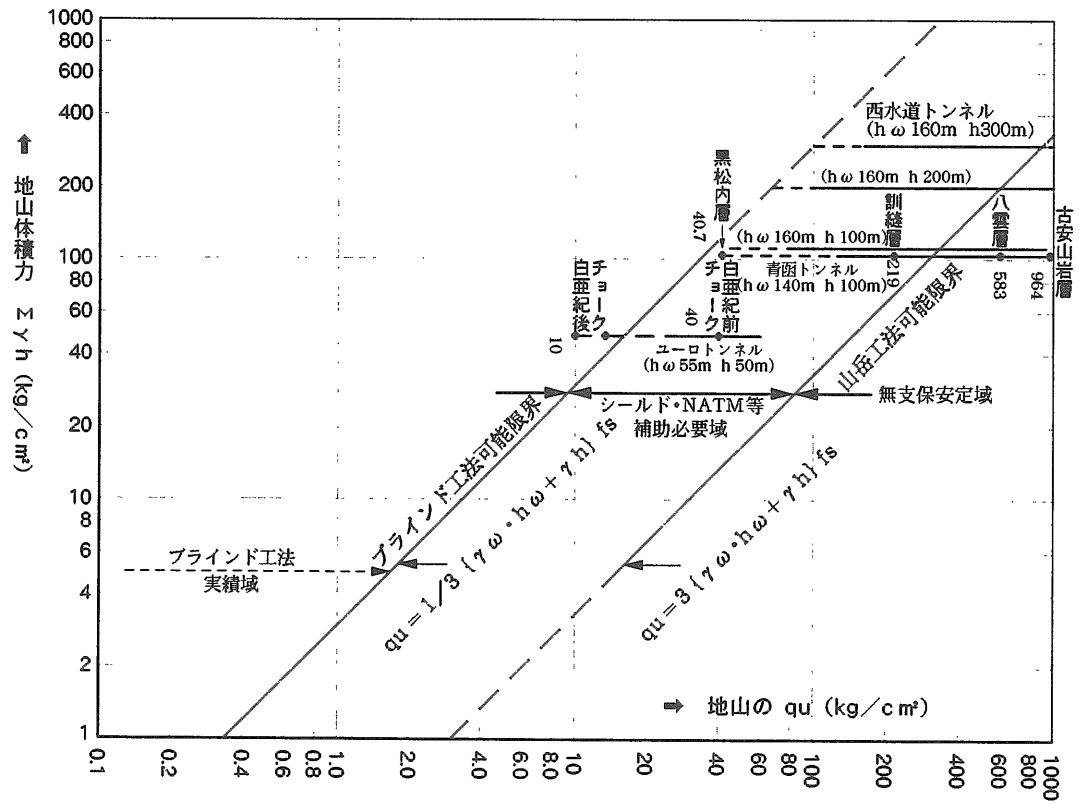
図－2

このように最終的には、その地山の強さｑｕがどの程度あるかが問題なので、これを正確に調べることが必要である。】

この工法の特長は、地山自身の強さによって、開削された周辺空間に発生する応力に耐えるようにする工法であるから、この条件が満足されるためには、堆積性地山の場合、充分な圧密と粘着力の存在が必要である（図－3参照）。

しかしながら、青函トンネルの実績において示されるように、黒松内層の突破が注入工法によって可能となり、なおかつ二次覆工の完成によって、その脆弱性が完全に克服されたことが示すように、海底部23km中、僅か5kmの黒松内層突破に全知全能が投入されたことは、関係者全員の周知する処である。

この部位の力学的条件は、西水道の場合土被り100mにて計画された場合に酷似することは、図－3の示す通りである。しかし西水道の場合、更新世堆積層が全長の90％を占めているので、NATM手法の援用によって地山の改善を計るか、或はルートを深めて自然条件の向上に期待するか、凝視の的となっている。地山改善の注入工が



図－3　NATMとシールドの境界

この工法の経済的有効性を損なう結果となり、シールド工法ないしTBMに有効性が移ることとなる。

即ち、地質条件がこの問題の決定条件となるため、B,C,D層の物理、ならびに力学性状の解明が、これらの問題を解く鍵となってくる。

《補足説明》‥【地山改善の注入工としたが正確には、地山改善のための薬液注入工法の意味である。

P65の補足説明と同じ条件の場合、自然状態での地山の強さがqu = 200 kg/cm²しかなかったとする。安全率2を確保されるためには、quが約24.16 kg/cm² 足らないので、薬注によってこれを240.16 kg/cm² にまで増強する必要がある。これを実現するためは薬液注入工－（九州支部・花田氏<佐藤工業>の研究）－が必要であって、これによって地山強化が実施され必要強さに達したるが検証されれば目的は達せられることになるが、これには費用を必要とするのは勿論である。これがためにNATM工法自体は経済的であるのだが薬液注入工が加わることで全工費増大を来すのである。】

(B) シールド工法による場合

シールドを使用して施工する場合、トンネル周辺に発現する外力に対して、シールド本体が対抗し、またシールド掘進後は組み立てられたセグメントがこれに代わって永久構造物となるもので、山岳工法成立の条件が満足されないqu ≦ 3(γ ω h ω + γ h) fs の場合でも、単独あるいは、ブラインド工法や、泥水工法で対応可能となる。しかし、土被りの少ない場合では、切羽は安定し、周辺土圧にも充分対応出来ても、かえってそれらが小さいため、地山連行現象なる特殊状態を発現して、必要な土被り厚さが要求されることがある。

シールド工法は、NATMに比して、シールドそのものの製作費、セグメント費が必要で、15～20 ×10⁴円／m³ (NATMの3～4倍) と経済性は悪いのが通例である。

即ち、本件の場合、軟弱地山ではなく新期堆積層であることから、上記諸条件を検討するため、深さに対する、γ、qu、φ、Eo、Cv、e、ω、kω等の調査が望まれる。然して、これらの確認に総合検層システムの活用が有効である。

施工法上の問題点としては、テールシールの耐圧性・面盤回転軸シールの耐圧性等に対しては30kg／c m²程度までの対応は既応の技術で対応出来、ズリ出しサイクル、セグメント輸送サイクルについても本線なみの信号・車輌・軌道システムの採用により、急速ズリ出しを可能ならしめることの可能性について既に見通しを得ている。

一番問題視されているセグメントの耐圧性については、寸法精度の向上、プラスティックコーティングによる遮水性能の改善、目地止水性の完全を期する技術も充分な見通しを得ているとはいうものの、敢えて高圧を好むわけではない。20～30kg／c m²の範囲内で止まるものなら、この程度で対応したいというのが本音である。

(C) 沈埋工法の場合

この工法は今世紀の初めより、欧州・米州で実施され、ハンブルグのE3ルート・エルベトンネルや、サン・フランシスコのBART、に代表されるもので、プレハブ函体を予めヤードなどで製作し、これを曳航・沈設・接続する工法である。函体の製作にも問題なしとしないが、この工法は静穏海域・河川横断等で試みられ、安定海域での実績が大部分で荒海・深海での実績はない。最も深い実績は、シアトル市下水放流管で－73mであるが、これもただ海中での管接続作業程度であった。

本件のような巨大プロジェクトでは、長さ200mのチューブを使用したとしても400本余を必要とし、製作サイクルも20本×20回などと超大型作業となり、20年に及ぶ工期が予想される。問題はむしろ海峡潮流の中で、深さ160mの海底掘削は超大型バケットを使用しても時間あたり作業サイクルは、数回に落ち[3]、更に沈設埋め戻しなど、工事の困難さに加えて環境・漁業・航行へ与

える影響については計り知れないものがある。更に作業海域での稼働率は、冬期の荒天、春の霧、台風期の風に加うるに、各漁期での制約で年間120日程度に落ち込むことも予想される（鳴門橋及び瀬戸大橋では145日程度）。

深海底作業の困難さを解決するための方策として考えられる方法は、水中トンネル工法である。この工法は、荒天時波浪の影響のない水域－即ち最大波浪（12m）の影響圏（10×12／2m）以下に水中トンネルを設置し、浮体構造としてアンカー固定する案である。通過車輌の重量の5倍程度の浮力が浮体に要求され、更に接続時のスラスト（断面積×水圧）に対応するための軸力対応アンカーが必要となり、チューブ構造は、スラスト接続・スラストアンカー等の複雑な課題の解決が要求される。しかし、この工法は沈設工法より更に安定した工法で、海底作業はアンカー設置のみで実施の可能性は高い。

然しながら、国際自由航路である西水道の水中に浮体が宙づり状態で存在することは、深さが仮に－50mであって大型艦船に影響はなくても、潜水艇にとっては極めて邪魔物であることは否定出来ない。そればかりか、50m～100m毎のアンカーの存在は、海峡全域に亘るものであるから、これを避けて航行するには特殊な警報システムに依らなければならない。国内水路の通過なら、法的にも技術的にも安全が保証されようが、公海上で他国の艦船の航行に対して、今日の国際条件下で航行制限を求めることは極めて困難と言わざるを得ない。西水道で巨済島に揚陸するルートは、殆ど全域が－50mより深いことからも、水中トンネル案には難問が待ち構えていると言わざるを得ない。

(D) 深海人工島案について

検討が進められた各工法には、何等かの目的のために人工島の設置を一つの柱として、その工法が検討されて来た。また、実績としても現在東京湾横断道路人工島が施工の途次にある。北海油田採掘人工島は現在深海200mに建設され、稼行中に火災事故を見ている。

本計画案中でも、道路トンネル計画案としては、換気を目的とした換気縦坑としての人工島計画が不可決のものとして検討が進められて来た。

その工法として推奨されているものは、北海油田で完成稼働しているジャケット工法である。一万屯に及ぶジャケットはスリップバージで設置海域に曳航投下され、アンカー固定された後、ロータリーボーリング機により足付けを行ない固定されて、作業基地とし、本ボーリング機（φ7～10m）の搭載作業を行なうもので、我が国でも既に鳴門橋主塔基礎でφ7mのロータリーボーリングが実施済である。ただ、現場条件の相違（深さ100m、気象条件等）はあるものの、実施の可能性は充分あるものとの観点については、各方面とも一致した見解が示されている。

しかしながら、人工島の使用状態における作用荷重の想定については必ずしも確定的な条件が認識されているわけではなく、繋留アンカーの有効性、波と風との重複条件など、不確定要素の存在を認めざるを得ない。

また、実績においても原油貯蔵設備（白島など）でこれらの重複条件の見方の甘さから破壊を見た実績もあることから、人工島の設置は避けられるものならば、これを避けたいとする見解を必ずしも怯懦（きょうだ）とする訳にはいかない。回避出来るものなら、回避した計画であることが望ましい。

即ち、トレーラー輸送がユーロトンネルでも現実のものとして進行中で、また縦坑設置の構想が現実に着工されない事情についても不明瞭な点が多いが、走体による誘導空気被圧とバイパストンネルのバイパス効果との間で極めて微妙な換気量の検討が行われていると聞き及んでいるが、結論的な見解については詳らかでない。

ユーロトンネルの運転が開始されて40kmのトンネルが中間換気塔なしに運転出来ることが証明されれば、本件の場合、中間（40km付近）の人工島一つあるいは、これなしでも運転の可能性が認められるようになろう。

3. より真実な計画案を進めるために

地質調査は、既に第一期の500mに及ぶボーリングをはじめとして、殆ど全海域に亘って音波探査が進められてきた。今後は、既に触れたような各工法の利点を最大限に発揮せしめる条件を求めるため、より精緻な調査が進められることが必要と考えられる。

即ち、音波探査及び陸上調査の結果、明確となった地質構造より新期堆積各層の力学的性状ならびに物理性状についての詳細情報を得るため、基本及び精密調査を進めるに当たって、NATM工法についてはC,D,E層について、シールド工法についてはB,C層について、沈埋工法についてはA,B,C層について特に関連することが予想される。

本調査の実施に当たっては、海洋作業船・投錨船等による作業基地の確保とボーリング・サンプリングの実施ならびにボーリング孔内利用による各種試験の実施、PS検層・採取されたサンプルについての各種試験によって必要と考えられるデータの総てが入手されるが、ボーリング実施の地点の数及び位置の選定については、韓国側の実情を考慮し（巨済島臥峴里）対馬側は特に牛崎線上案が環境的にもまた阿連沖海溝通過の条件としても最も有効と判断される。

第2期ボーリング調査の実施に当たっては、旧第2部会による「海域部試錐調査計画書」によることが望ましい。

参考文献

(1) 土を測る－現場計測と施工管理の実施例（土と基礎）
(2) シールド工法選択のポイント（建設大学講義、S59）
(3) 海底地盤掘削（橋梁と基礎、Vol.6、No.10）

iC ISSEI CREATE CO.,LTD.

—社会の美化に奉仕する—

株式会社 一成クリエイト

■トータルクリーニング　■養生工事　■ガラスコーティング　■イシノール施工
【主な業務内容】　（長期撥水防汚剤）

〈本　　社〉〒168 東京都杉並区宮前1－7－7　松木ビル4F
TEL 03(5370)3171（代）　FAX 03(5370)3175
〈大阪営業所〉〒563 大阪府池田市荘園2－6－7　TAハウス102
TEL 0727(63)1367（代）　FAX 0727(63)1368

調査と研究 ③

微化石による対馬・壱岐の古第三紀層の年代決定

Age Determination of Paleogene System in the Tsushima and Iki Islands by means of Microfossils.

酒井治孝*

1．はじめに

日韓トンネルが予定されている呼子と韓国の巨済島を結ぶルートのうち、約３分の２を占めている地層が古第三紀（約6600万年前から2400万年前までの地質時代）の対州層群と勝本層である（図－１）。対州層群は対馬全島とその周辺の海底に、勝本層は壱岐の湯ノ本－筒城を結ぶ断層以北の陸上および周辺海域に広く分布している（図－２）。対州層群も勝本層も3000～4000mの膨大な厚さの泥質岩主体の単調な岩相の地層であり、上部で砂岩が卓越する。緩やかに褶曲し、多くの断層で分断され、多数の火成岩体により貫入され、周辺の岩石はホルンフェルスとなっている。また対州層群の泥岩には劈開と節理が非常に発達し、風化され容易に細片化する。化石の産出が散点的に報告されているが、正確に細かく時代を決定し、広域対比を行うには至っていない。対州層群や勝本層は大陸と日本列島の中間地点に分布する地質学的に重要な地層でありながら、このような幾つかの悪条件のため、その地質については充分な研究がなされておらず、地質時代や構造など基本的な事柄について未解決の問題が残されている。

このような地域にトンネル、特に海底トンネルを掘削するにあたって、事前の地質調査で是非把握しておかないといけないことは、１）断層破砕帯の位置と規模、性状、活動度　２）掘削に適当な、岩質・構造が安定な地層・岩盤の空間的広がりであろう。断層によって掘削に適当な地層が、どの方向に、どれだけ変位し、どの程度の破砕帯を伴っているかを事前の調査で把握しておくことが必要である。そのためには、岩相・岩質上特徴をもった“鍵層”（図－３Ａ参照）を多数発見しておくことが不可欠である。もし単調な同じ岩相の泥岩層が断層によって食い違っていても、断層を挟んだ両側の地層がどれだけ変位しているのかを推定することは極めて困難である。したがって事前調査の段階で、できる限り広域に広がる鍵層の発見に努め、広域対比を正確に行うことが重要である。ところが対州層群も勝本層も非常に単調な岩相の、しかも厚い地層であり、これと言った決め手になる鍵層が無い。そこでこの地域に広がる鍵層を発見し、広域対比を行う目的で、２つの点に着目し調査を行った。１つは対州層群中に挟在される凝灰岩層であり、もう１つはこれに含まれ

＊九州大学助教授

る微化石である。本稿では、微化石による対州層群と勝本層の年代決定の結果（Sakai & Nishi, 1990）について報告する。

2．方法と試料

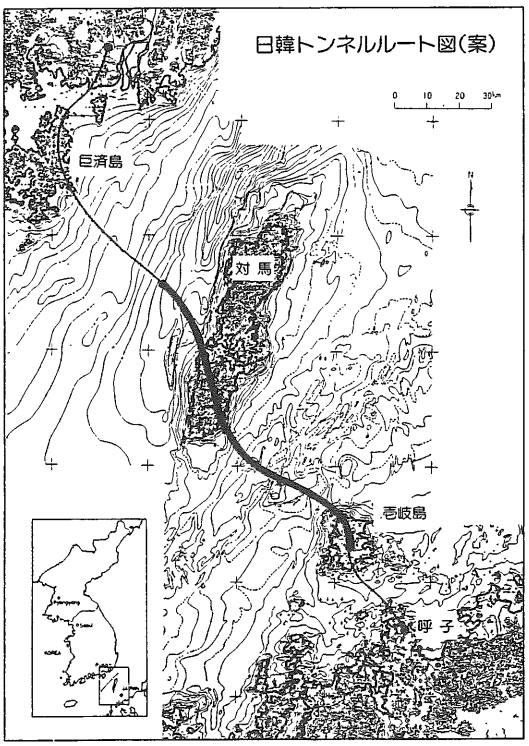
今回調査の対象としたのは、対比の基礎となる微化石[1]層序の国際的スタンダードが確立されている浮遊性有孔虫である。

対州層群については、地表露頭の様々な層準から24個の泥岩サンプルを採取した。勝本層については、勝本町北部の海岸の泥岩露頭から８サンプルを、勝本町新城(88ID-07）と芦辺町住吉(88ID-01）のボーリングコアから14個の泥岩サンプルを採取した。なお、サンプル採取にあたっては、風化しておらずまた、熱の影響を受けていないことに留意し、１地点で１～２kgのサンプルを採取した。ただしボーリングコアについては 0.5～１kgに限った。これらのサンプルを２～４cm大に砕石後、５％の沸酸で溶かし、その残渣の中から有孔虫化石を拾い出した。

1)‥微化石とは数ミクロンから数 100ミクロンの顕微鏡又は電子顕微鏡下で観察することのできる微小生物の化石のことである。30億年以上前から現在に至るまで、様々な種類の動物・植物の微細な遺骸が岩石中に微化石として残っている。大型の生物と同様、発生・絶滅を繰り返し進化しているので、微化石の生存期間又は各種の微化石の生存期間を組み合わせることにより、微化石を産出した岩石の年代を決めることができる。又、ある特徴的な種が産出する地層は一種の鍵層として利用できる（図３－Ｂ）。微化石は大型化石に比べ、少量の試料で多量の化石を得ることができるという利点をもつ。したがって小さなボーリングコアから数千～数万個体の微化石が産出することもある。

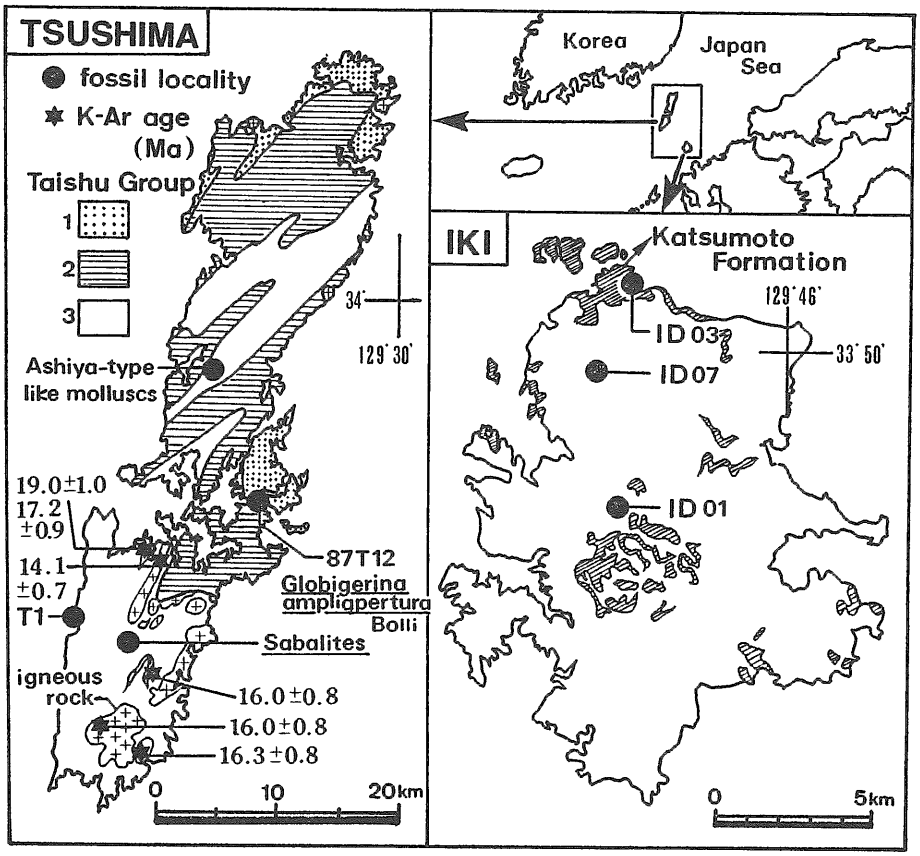
3．結果と地質時代

対馬の対州層群の２つのサンプルから有孔虫が産出した。１つは小茂田の北の海岸の露頭から採取したもので（図－２のT1）、*Cyclammina, Dorothia, Haplophragmoides, Bathysiphon* など

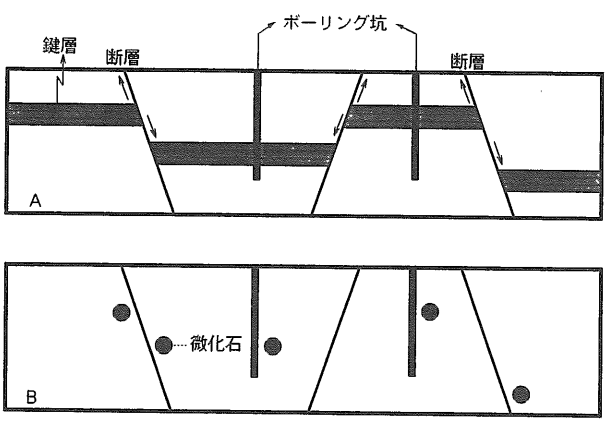


図－１　日韓トンネル予定ルートの３分の２は対州層群と勝本層からなる（太い実線の部分）

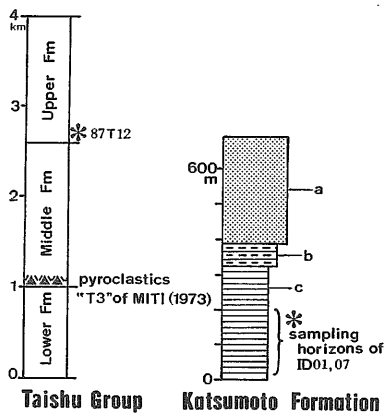
の底棲有孔虫が産出した。もう１つは芦ヶ浦の小学校横の道路沿いの露頭から採取したもので（図－２の 87T12）、*Globigerina ampliapertura* Bolli （図版－１）を産出した。この種はBlowの浮遊性有孔虫の分帯（Blow, 1969 ）ではZone P 20で絶滅している。Zone P 20の上限の年代は前期漸新世の後期31.6Maである(1Ma=100万年前)。87T12を採取した層準は対州層群上部層の最下部なので、それより下位の中部層・下部層の年代は前期漸新世またはそれより古いと考えられる。壱岐の勝本層から得られた試料は、何れも貫入岩や噴出岩の熱の影響が強く、微化石の検出には不適当な岩石であった。特にボーリングコアには多数の微細な黄鉄鉱結晶ができており、黄鉄鉱結晶の集合体が数cm大のボール状を呈している部分もあった。したがって、微化石の多くは黄鉄鉱により置換されていることが予想された。ところがこれらのサンプルから多数の有孔虫化石が産出した（図版－２）。その一覧表を表－１に示す。このうち、*Globigerinatheka index*(Finlay)と



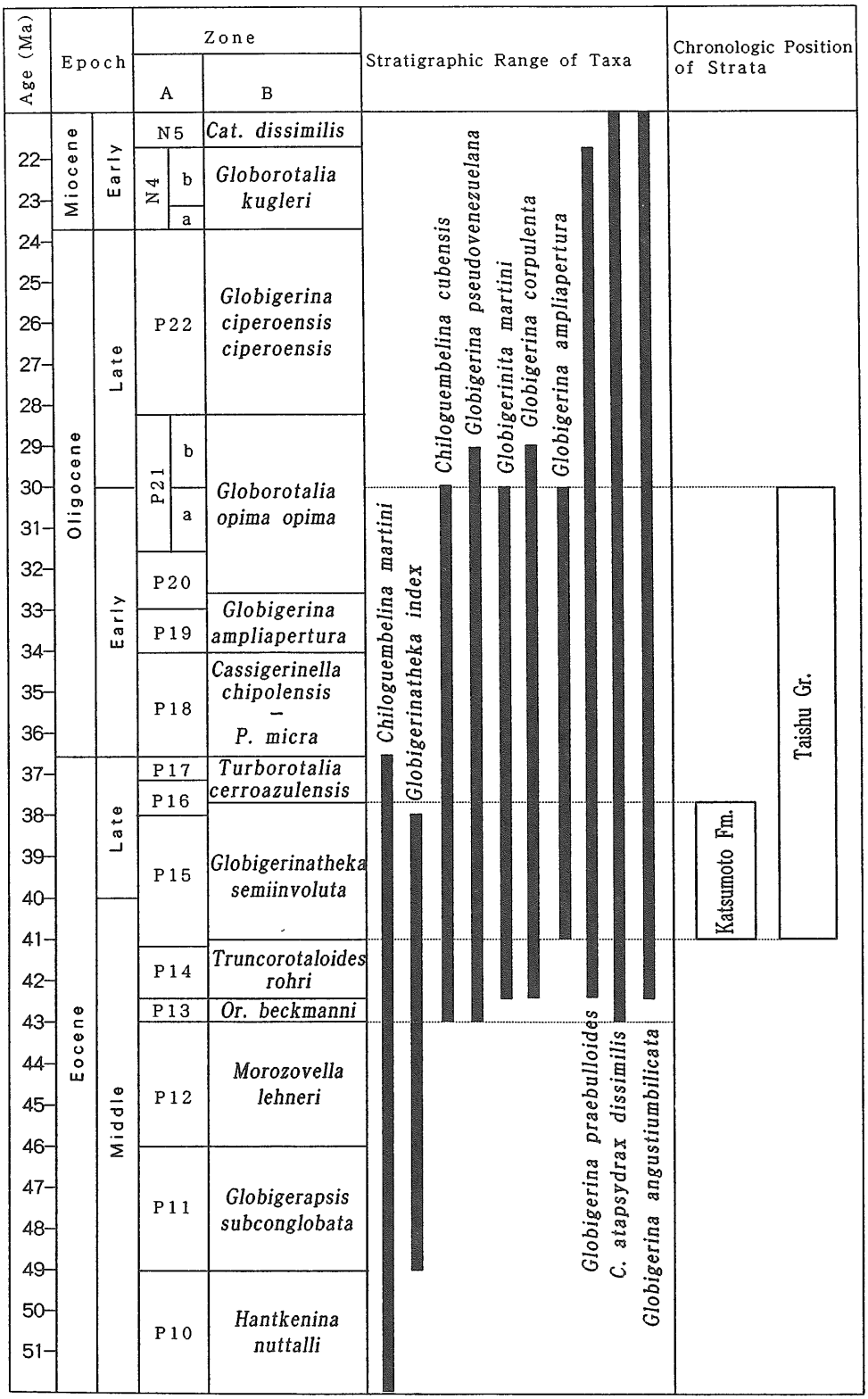
図－２　対馬の対州層群と壱岐の勝本層の分布図。有孔虫化石、植物化石、芦屋型貝化石産出地点及び貫入岩のK-Ar年代を示す。１．上部層　２．中部層　３．下部層



図－３　A．鍵層を使って、断層の変位量を推定する。B．微化石を使って、断層の変位量を推定する。



図－４　対州層群と勝本層の柱状図と浮遊性有孔虫産出層準。
a：砂岩　b：砂岩・泥岩互層
c：泥岩



図－5　勝本層と対州層群から産出した浮遊性有孔虫化石の生存期間とそれから推定される地層の年代

表－1　勝本層のボーリングコアから産出した浮遊性有孔虫化石のリスト

ID-07-(7)　378.30-378.50 m
Chiloguembelina cubensis (Palmer) *Chiloguembelina martini* (Pijpers) *Globigerina angustiumbilicata* Bolli *Globigerina praebulloides* Blow
ID-01-(1)　283.15-283.68 m
Catapsydrax cf. dissimilis (Cushman and Bermudez) *Globigerina pseudovenezuelana* Blow and Banner *Globigerinatheka index* (Finlay)
ID-01-(1)　304.55-304.80 m
Globigerina aff corpulenta Subbotina *Globigerina aff. praebulloides* Blow
ID-01-(5)　364.08-364.32 m
Globigerinita martini Blow and Banner
ID-01-(6)　379.25-379.60 m
Globigerina angustiumbilicata Bolli *Globigerina corpulenta* Subbotina

Chiloguembelina martini(Pijpers)は後期始新世で絶滅する（図－5）。一方その他の種は中期始新世後期に出現し、漸新世まで生存している。両者がともに産出することから、勝本層のボーリングコアの年代は中期始新世の後期から後期始新世の間であると判断される（図－5）。なお、地表露頭のサンプルからは底棲有孔虫は産出したものの、年代決定に有効な浮遊性有孔虫は産出しなかった。また勝本町北部海岸の波食台からは、植物化石の*Metasequoia occidentalis*(Newb.) Channeyとウニの化石が見つかった。

4．考　察

対州層群とそれに対比されてきた勝本層は、産出した浮遊性有孔虫化石から、少なくとも中期始新世から前期漸新世の地層であることが明らかになった。この結果は、従来から対州層群から産出することが知られていた植物化石*Sabalites taishuensis*(Takahashi, 1958) や芦屋動物群に似た貝化石（高橋・西田, 1974）の示す年代とも調和的である。ただし、対州層群、勝本層の両者ともに、その上限の年代は不明であり、新第三紀層を含むか否かについては言及できない。

一方、対州層群中部層基底の斜長石ラピリ層灰岩中のジルコンのフィッション・トラック年代[2)]は30.5±2.5Maから18.7±1.2Maを示す（高橋・林, 1985, 1987）。この年代値は化石の示す地質時代とは矛盾する。その原因は恐らく、対州層群に迸入した斜長流紋岩（ジルコンのフィッション・トラック年代値は18.7±1.03Ma）の熱によって層灰岩中のジルコン粒子がアニーリングされ、若返ったことによるのであろう。

2)‥フィッション・トラック法（FT法）を使って算出した年代。238Uの自然核分裂の際に生じた飛跡を酸処理で拡大し、顕微鏡下で飛跡数をかぞえ、年代を求める。

今回の微化石による年代の検討は、まったく予察的に、試験的に行ったものである。しかし幸いにも対州層群、勝本層から初めて有孔虫化石を検出することができ、地質時代の大枠を決めてやることができた。特筆すべきは、貫入岩の熱の影響で相当変質していたボーリングコアから多数の浮遊性有孔虫化石が産出したことである。ボーリングコアは地表露頭のように風化しておらず新鮮なため、微化石が溶けずに残っていたのであろう。今後、組織的に微化石年代決定作業を行い、ボーリングコアを有効に利用することによって、精確な年代決定とそれに基づく広域対比を行うことができるであろう。

謝　辞

本報告のために九州大学、山崎達雄名誉教授か

らは種々有意義な御意見を頂いた。また、山形大学理学部、西弘嗣博士は浮遊性有孔虫化石の鑑定をして頂いた。記して深く感謝する。

参考文献

Blow, W. H., 1969: Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brronnimann, P. and Renz, H. H., eds.: 1st Inter. Conf. Plankton. Microfossils, 1, 199-422, Brill Leiden.

Sakai, H. and Nishi, H., 1990: Geologic ages of the Taishu Group and the Katsumoto Formation in the Tsushima and Iki Islands, off Northwest Kyushu on the basis ofplanktonic foraminifers. Jour. Geol. Soc. Japan, 96, 389-392.

Takahashi, K., 1958 *Sabalites* aus den Wakata Schichten von Tsushima, Nordkyushu-Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan, N. S., no. 30, 185-188.

高橋清・西田民雄, 1974：対馬上県地域の対州層群下部層の軟体動物化石について. 長崎大学教養部紀要, 自然科学, 15巻, 15－21.

高橋清・林正雄, 1985：対馬の火成岩類のフィッション・トラック年代（I）. 長崎大学教養部紀要, 自然科学, 25巻, 9－19.

――――――, 1987：対馬の火成岩類のフィッション・トラック年代（II）. 長崎大学教養部紀要, 自然科学, 27巻, 19－31.

図版説明

図版－1　対馬の対州層群上部層最下部から産出した浮遊性有孔虫化石

Globigerina ampliapertura Bolli

1a. spiral side. 1b. umbilical side.

スケールは0.1mm サンプルNo.87T12

図版2　壱岐の勝本層産出の浮遊性有孔虫化石。スケールは0.1mm

1, 2, 5: ID07; 3, 4, 6, 7: ID01 から産出

1．*Globigerinatheka index*(Finlay)
1a. spiral side. 1b. side view.
1c. umbilical side.

2．*Catapsydrax dissimilis*(Cushman and Bermudez)
2a. spiral side. 2b. side view.
2c. umbilical side.

3．*Chiloguembelina martini*(Pijpers)
3a. lateral view. 3b. edge view.

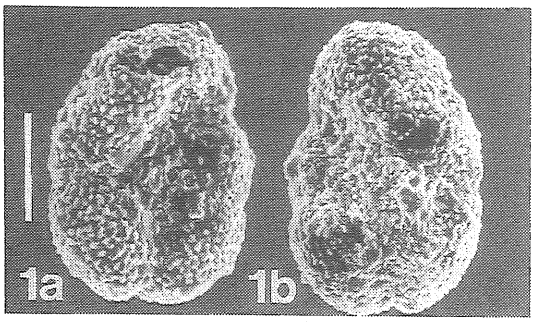
4．*Chiloguembelina cubensis*(Palmer)
4a. lateral view. 4b. edge view.

5．*Globigerina pseudovenezuelana* Blow and Banner
5a. umbilical view. 5b. spiral side.

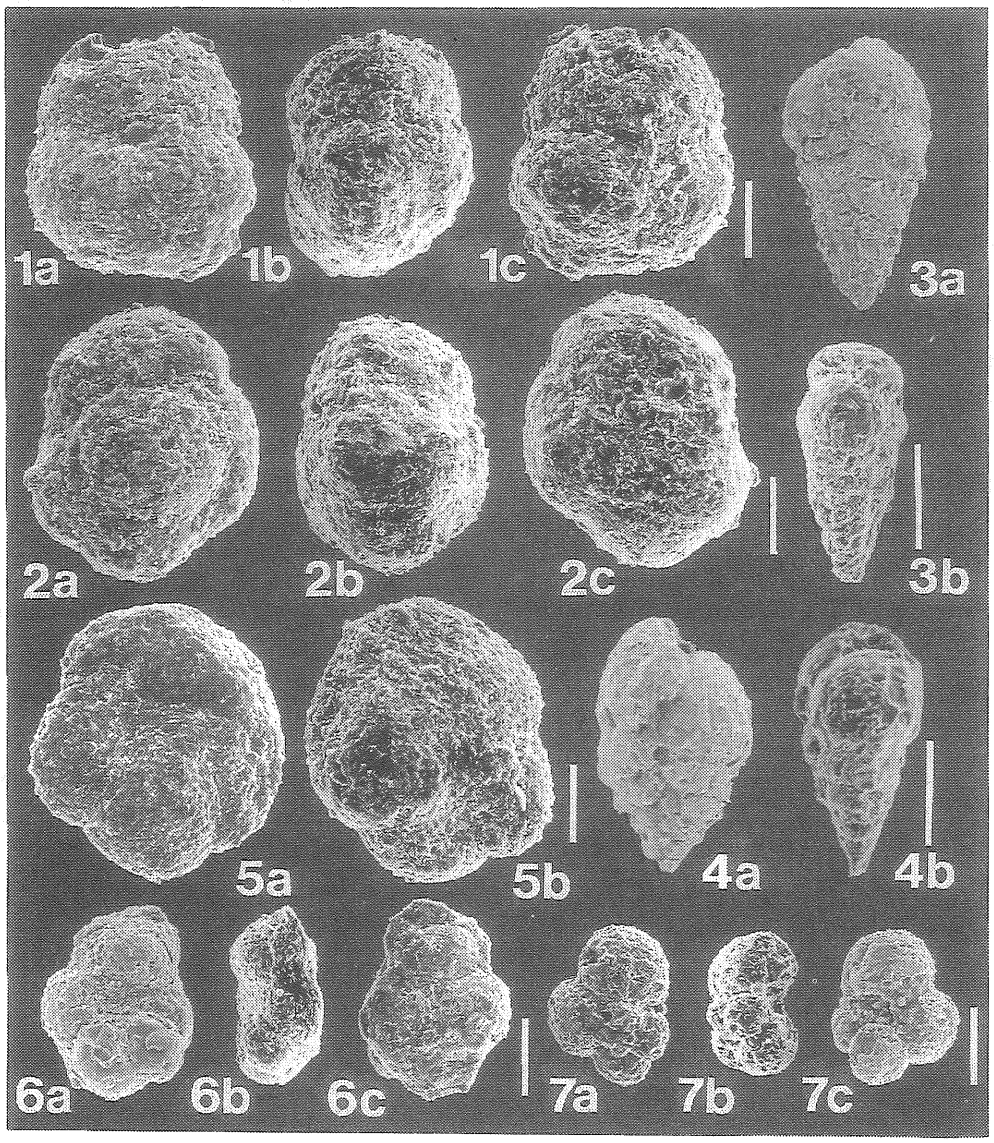
6．*Globigerina angustiumbilicata* Bolli
6a. umbilical side. 6b. side view.
6c. spiral side.

7．*Globigerina praebulloides* Blow
7a. spiral side. 7b. side view.
7c. umbilical side.

▽ 図版－1



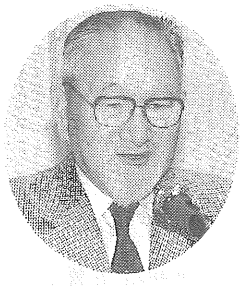
▽ 図版－2



会員入会募集

国際ハイウェイ・プロジェクト

日韓トンネル研究会会員入会のお願い



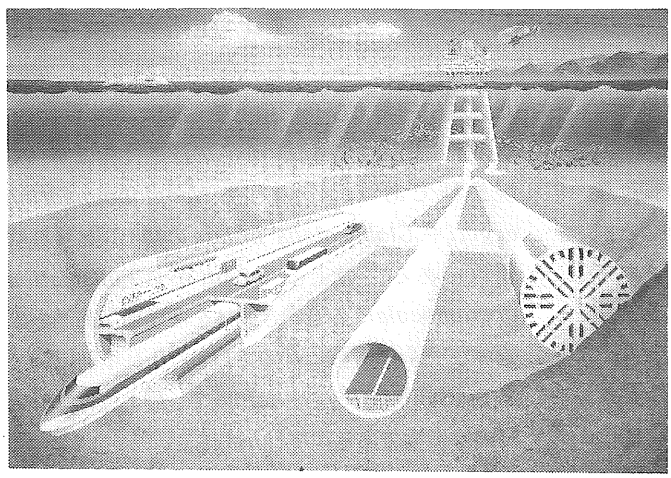
会長　佐々保雄

（北海道大学名誉教授）

≪趣旨≫

「国際ハイウェイプロジェクトは日本と大陸を海底トンネルで結び、さらに東洋と西洋の諸国を高速道路網で連結する壮大なプロジェクトで、未来の理想世界を実現するための具体的な計画の一部であります」。本計画は一九八一年十一月十日、科学の統一に関する国際会議（ＩＣＵＳ）の第十回ソウル大会において、国際文化財団創設者・文鮮明師によって提唱され、会議に参席した一〇九カ国、七七〇名の科学者により決議された「国際ハイウェイ構想」です。この構想は人類が直面している南北問題、東西問題、さらには人種、宗教問題などを解決し、新しい世界文明をつくるという理念に基づく極めて具体的な提案です。

現在、研究機関として一九八三年の五月二十四日に設立した、「日韓トンネル研究会」（会長・佐々保雄）と調査工事の推進母体としての「国際ハイウェイ建設事業団」（理事長・梶栗玄太郎）の両団体によって運営され、日韓トンネル実現に向けて満七年間数十億円を投入し、幅広い分野における調査・研究が積み重ねられ、その結果、日韓トンネル計画地域と予想されている区域（東松浦、壱岐、対馬）の陸上部及び海上部の概略調査はほぼ完了しています。佐賀県東松浦郡鎮西名護屋では地質調査の為の調査斜坑が四百十メートルまで掘削されており、貴重なデータが収集されています。



つきましては、以上の趣旨をご理解頂き「国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル研究会」の会員としてご承諾願えれば誠に幸甚に存じ上げます。

何卒宜敷くお願い申し上げます。

入会案内

●正会員
年額　１口　5,000円

●賛助会費
年額　個人１口　10,000円以上
年額　法人１口　50,000円以上

【お問い合わせ・お申し込み】

国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル研究会

〒150　東京都渋谷区宇田川町　37－13　スリーエスビル１Ｆ

ＴＥＬ03(3481)6977　ＦＡＸ03(3481)6295

（パンフレット等の資料のご請求は上記までお問い合わせ下さい。）

調査と研究④

長崎県対馬西沖TWD－01の微化石層序と古環境

Stratification and Historic Environment of Microfossils in the TWD－01 Boring in West Off Shore of Tsushima in Nagasaki Pref.

新期堆積層小委員会
委員長　青柳宏一*
委員　生路幸生**

対馬海峡西水道には対馬西海岸線にほぼ平行する対馬トラフと呼ばれる海底谷が知られている。海深は最大約250mで、西方は韓国の大陸棚に連なり浅化する。この海底下には更新統の地層と推定される軟弱層が厚く広く分布すると予想されていた。対馬西方沖合10kmで掘削された対馬西沖TWD－01号井により、固結度の低い砂・シルト層およびその互層が海底下500.94mまでコアによって確認された。そのコア試料を用いて年代層序の確認を目的とした有孔虫化石、石灰質ナンノ化石、花粉・胞子化石分析を行ったのでその結果について報告する。

Ⅰ.有孔虫化石分析

有孔虫化石は浮遊性種と底生種とを別の試料を使って鑑定・同定したのち計数を行った。

Ⅰ-1. 浮遊性有孔虫化石による層序区分

浮遊性有孔虫化石の産出状況により大きくA帯とB帯に2区分でき、B帯は上・下部に細分できる。

(1) A帯；64～221m：浮遊性種は普遍的に産出し、底生種および介形虫も普遍的に認められる。この帯に相当する4試料からの浮遊性種はすべて現生種であり、そのうち*Neogloboquadrina eggeri*や*Globorotalia inflata*の初出現は後期鮮新世である。最上位の64mから*Pulleniatina obliquiloculata*の右巻き個体を産する。右巻きの個体が完全に優勢になるのは約70万年前以降である(Saito,1976)。したがって、最上位はそれ以降の堆積物である可能性がある。

(2) B帯上部；283～433m：底生種は産出するが浮遊性種は全く産しない。

(3) B帯下部；481～500m：底生種は普遍的に産出し浮遊性種を伴う。浮遊性種は日本周辺において初出現が後期鮮新世にある*Neogloboquadrina eggeri*や*Globorotalia inflata*を産する。したがって、本井の堆積物はすべてそれ以降に堆積したと考えられる。

また、B帯下部およびA帯からの浮遊性有孔虫化石群集は、日本海南部対馬暖水域の表層堆積物中から得られる群集組成に類似する。つまり、対馬暖水を特徴づける*Globigerinoides ruber*が連続的に産出し、また、*Neogloboquadrina eggeri,*

*㈱地球科学総合研究所　**石油資源開発㈱

Globigerinoides sacculifer 及び *Pulleniatina obliquiloculata* などの暖海性種群が散在する（尾田・池原,1987）。特にA帯資料からは熱帯～亜熱帯性の *Globotalia menardii* をも産出し、最も暖流の影響が強かったと結論される。

I－2. 底生有孔虫化石による分帯と古環境

底生有孔虫化石の産出状況により3つの分帯に区分できる。

(1) α帯；65～221m：暖海性浅海種が普遍的に認められる種数も多い。全般的に浅海種が卓越するが、下位から上位に向かって内湾群集から陸棚群集へ変化が認められ、暖流の影響をより濃く反映している。

(2) β帯；243～394m：種数、個体数が極端に小さい。外洋の影響の少ない浅海域、例えば遠浅な内湾に生息していた群集である。

(3) γ帯；418～491m：浅海種の *Buccella frigida*, *Elphidium excavatum clavatum*, *E. advenum* を卓越する。上位のα帯に比較して暖海性浅海種が非常に少ないことより暖流の影響が小さい沿岸域に生息していた群集である。

II. 石灰質ナンノ化石層序と堆積速度

本井の石灰質ナンノ化石調査の結果、産出した時代決定上重要な層位分布を見てみると、第四紀の特徴種とされるGephyrocapsa属は、287.05m以浅に産出する。そのうち、長径が6μmを越す大型の *Gephyrocapsa* は、159.47m～195.98m間に *Gephyrocapsa parallela* は、111.79m以浅にそれぞれ産出が限られる。第四紀初期に絶滅するとされる *Helicosphaera sellii* は159.47m、第四紀後期に絶滅するとされる *Pseudoemiliania lacunosa* が111.79mをそれぞれ上限とし、それより上位には全く産出しない。また、*Calcidiscus macintyrei* も時代決定上重要な種とされているが、本井では433.77mにわずかに産出したのみで、その上限は指摘できない。産出種の層位分布から本井ではSato & Takayama (1991) および、Sato, Kameo & Takayama (1991) が指摘した12の第四紀石灰質ナンノ化石対比基準面のうち9基準面が指摘できる。そのうち、鮮新統／更新統境界の基準面⑫*Gephyroapsa caribbeanica* の出現は287.05m／350.70mの間にあり、これより上位が更新統に、下位が上部鮮新統に対比される。また、調査結果に基づいて堆積速度を求めると、深度150m前後を境に堆積速度が急変している。すなわち、深度役150mを境に上位では11.8cm／1.000年と極めて遅い堆積速度であるのに対し、それより下位では35.1cm／1.000年とほぼ3倍の堆積速度に急変しており、更新世中期に環境の変化があったと推定される。

III. 花粉・胞子化石分帯と古気候

本井は4つの局地花粉群集帯に分帯できる。すなわち、

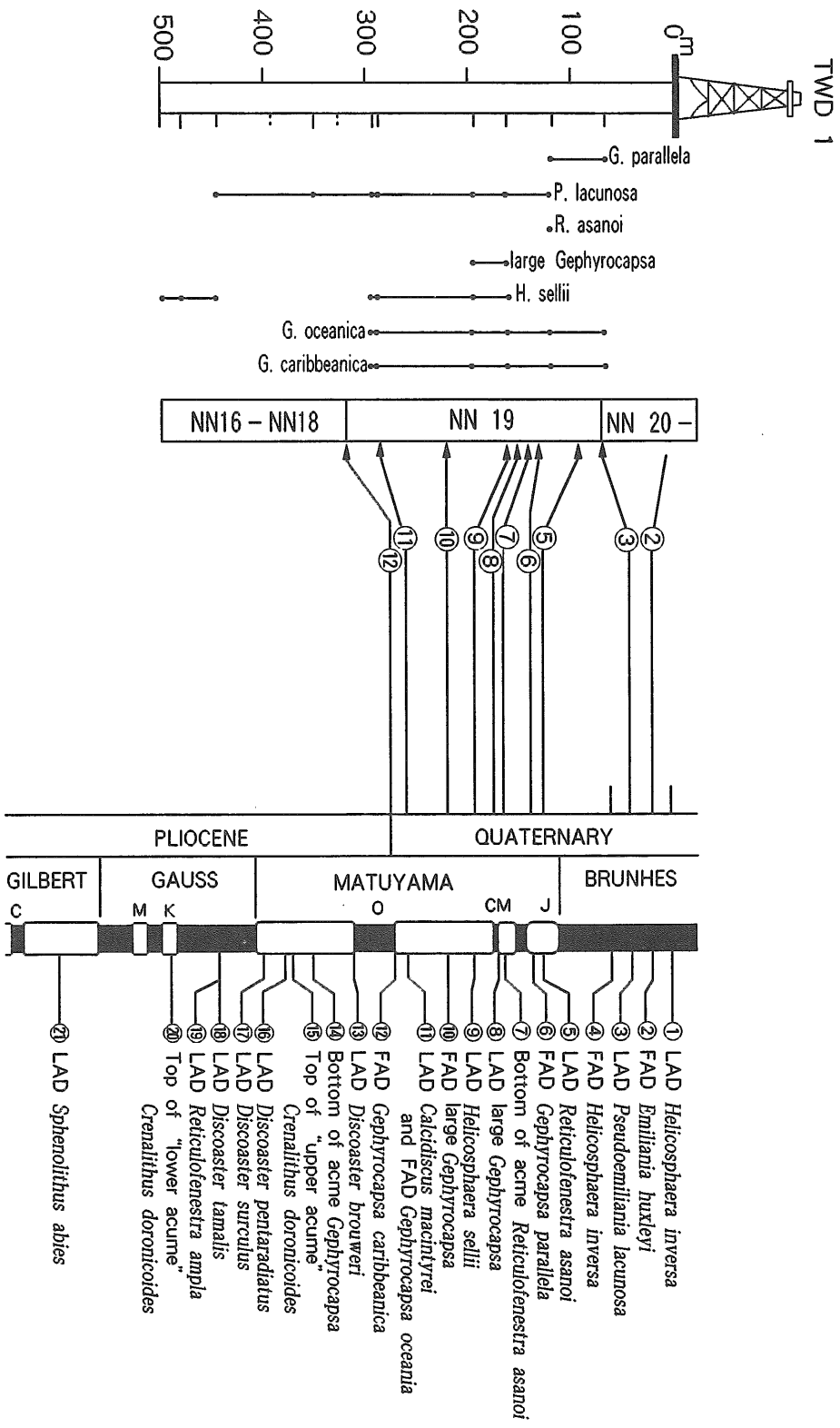
IV帯；65～168m：*Lepidobalanus* が高率で、*Carpinus-Ostrya・Cyclobalanopsis・Alnus・Ulmus-Zelkova・Fagus・Pinus* と *Liquidambar・Carya・cf. Metasequoia* などを伴なう。

III帯；192～222m：*Pinus* が高率に出現し、*Alnus・Lepidobalanus・Ulmus-Zelkova・Abies・Picea・Cyclobalanopsis* などを伴ない *Liquidambar・cf. Metasequoia* が散見される。

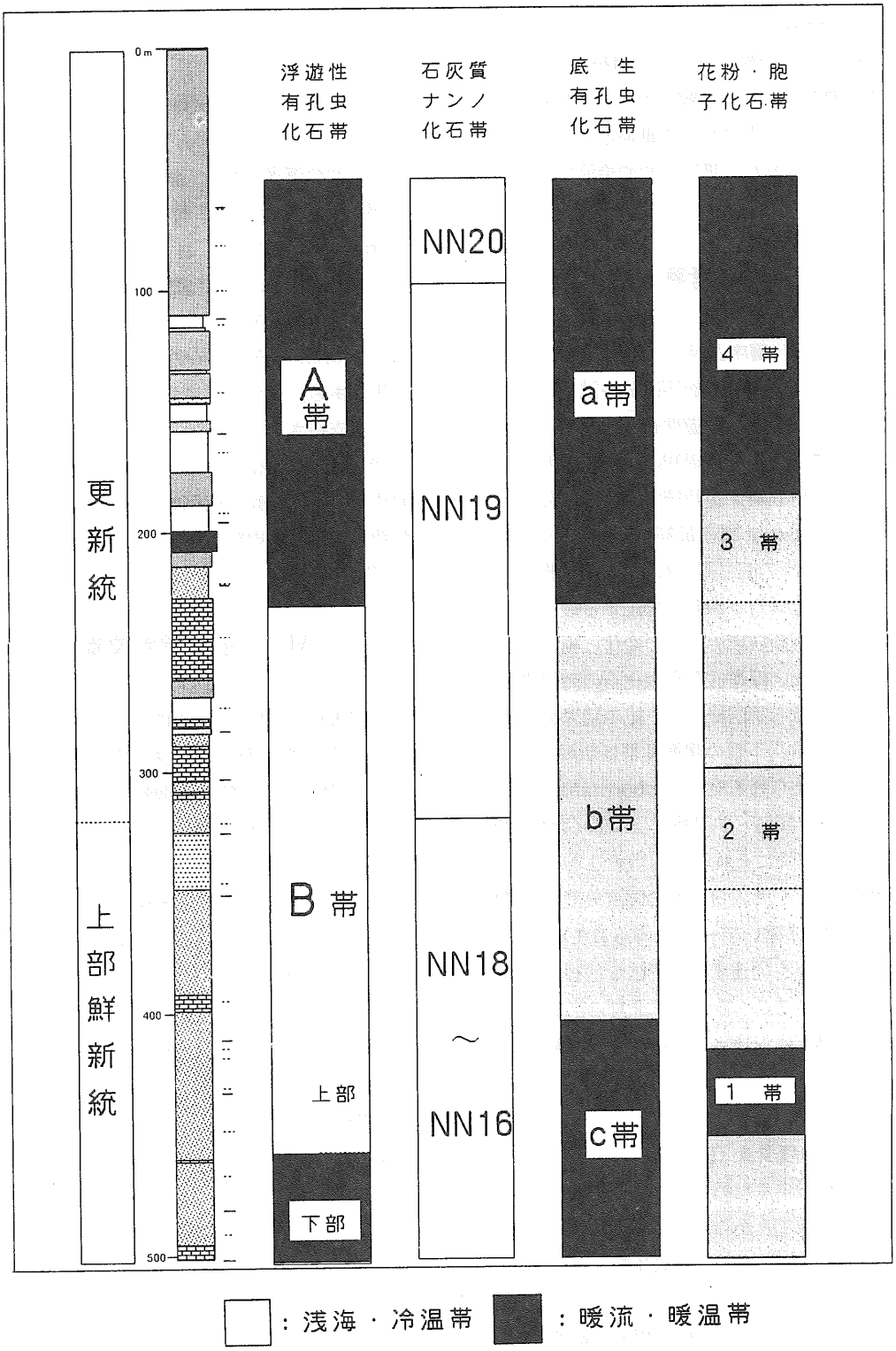
II帯；303.70～347m：*Alnus* が高率で *Liquidamber・Ulmus-Zelkova・Fagus・Carpinus-Ostrya・Pinus* などを伴ない *Liquidamber・cf. Metasequoia* が散見される。

I帯；418.50～450m：*Lepidobalanus* の高率な出現と *Alnus*・、*Carpinus-Ostrya・Pinus・Fagus・Cyclobalanopsis* などが随伴し、*Carya・Liquidamber・cf. Metasequoia* をわずかに伴なう。

この調査結果に基づいて古気候を推定すると、亜熱帯～暖帯の気候を示す分類群としての



図－1 TWD 1号井における主要石灰質ナンノ化石種の層位分布と各基準面の対比



図－2 対馬西沖TWD－01の微化石層序と古環境

Carya ・ *cf*. *Metasequoia* ・ *Liquidamber* ・ *Cyclobalanopsis* はⅠ,Ⅳ帯にやや多く見られ、寒冷な気候を示す分類群としての *Abies* ・ *Tsuga* ・ *Piceah* はⅢ帯において比較的多く見られる。したがって、Ⅰ帯とⅣ帯においてⅢ帯と比べて比較的温暖な古気候であり、Ⅲ帯はやや冷涼な古気候であったと考えられる。

Ⅴ. 考察

Ⅴ-1. 本井の年代層序と対比（図.1）

各種微化石分析による層序区分を試みた結果から石灰質ナンノ化石、浮遊性有孔化石が年代層序区分に有効であることは周知のとおりである。本井においても鮮新統／更新統境界は石灰質ナンノ化石 *Gephyrocapsa* 属の最初の出現である287.05m／350.70mの間に置かれることが判明した。この群集の変化は日本海側に発達する最上部新生界の鮮新統／更新統境界付近の変化と極めてよく一致する。また、浮遊性有孔虫化石の時代決定に有効な種の産状も第四紀／第三紀の境界を支持する。すなわちB帯下部の暖海種群は新潟～秋田・山形地域に認められる№3 *Globorotalia inflata* bedに、A帯の暖海～熱帯種群は№2 *Globotalia inflata* bed以降にそれぞれ相当すると考えられ対馬海峡を北上した古日本海の暖流の消長を考察するうえで興味深いデータが得られている。また、海底下に厚く発達する未固結な地層の大部分が鮮新統とされることから対馬北部の海老島に分布する海老島層に対比される可能性が濃厚となった。

Ⅴ-2. 本井の堆積環境（図.2）

古環境を解析するためには大なり小なり古生態学的法を用いることからすべての古生物は有効であるといえるが、一般的には底生有孔虫化石、花粉胞子化石を用いた成果が非常に多い。本位においても水深つまり離岸路距離と暖流の影響を反映する底生有孔虫の群集変化と古気候を反映する花粉組成変化がうまく対応していることから、大局的な海水準の変動に伴なう堆積相の変遷ととらえることができる。

Ⅵ. まとめ

①本井の浮遊性微化石調査の結果、産出した石灰質ナンノ化石の層位分布からSato & Takayama（1991）およびSato, Kameo & Takayama (1991) が指摘した12の第四紀石灰質ナンノ化石対比基準面のうち、9基準面が指摘でき287.05m／350.70mの間に鮮新統／更新統の境界がある。これは浮遊性有孔虫化石群集の変化からも支持される。

②底生有孔虫化石群による水深変化と花粉組成変化による古気候変化が対応することから、後期鮮新世後期から更新世初期にかけての海水準変動の影響が反映されているものと考えられる。

Ⅶ. 主な参考文献

1. 尾田太良、池原研（1987）
：山陰北部海域における浮遊性有孔虫群集. GH86－2次航海地調報告書,P162－164

2. Saito,T（1976）
：Geological significance of coiling direction in the planktonicforaminifera Pullenia-tina,Geology,4 p.305－309

3. Sato,T and Takayama,T（1991）
：On the stratigraphically sigificant new species of calcareous namnofossil, Reticulofenesta asanoi Prof.Y. Takayanagi Memorial Val.(Terra Pub)

4. Sato,T, Kameo,K. and Takayama,T.(1991)
：Coccolith biostratigraphy of the Arabian Sea. Prell,W.L,Niitsuma,N,et al. Proc ODP. Sci Results,117：College Station,TX (Ocean Drilling Program),115, 37－54

ㄷ皆様のしあわせづくりに奉仕する総合建設業ㄱ

一成綜合建設株式会社

本　　社　〒281 千葉県千葉市千種町107番地の1
☎0472(59)7744（代表）　FAX 0472(50)0723
東京支店　〒154 東京都世田谷区北沢5－3－4
☎03(3465)8811（代表）　FAX 03(3465)8876
福岡支店　〒812 福岡市中央区舞鶴1－3－31
ハイラーク舞鶴616号
☎092(716)1212　FAX 092(716)1282

こんな方におすすめします
・OA機器を使用する人
・自動車を運転する人
・不規則な生活をする人
・読書の機会の多い人
・中高年の人

定価 15、000円

鯉人蔘
コイジンA（エース）

働き盛りの保健食品

唐の時代の孫思邈の配合をもとに高麗人蔘・鯉・真珠を始めとして数種の成分を含んでいます。明日から「健康を見る目」が違います。

一和

ご注文・お問い合わせは

フリーダイヤル　0120－000991

調査と研究⑤

道路トンネル計画に関する調査

Survey on Tunnel Road Planning

道路トンネル小委員会
㈱ロード・エンジニアリング

まえがき

日韓トンネルを道路トンネルとする計画については、昭和59年度より、まず換気問題が検討され、それに引き続き昭和60年度からは、道路トンネルとしての全般的な問題について、項目ごとに検討が進められてきた。ところで、当初、研究会第3部会では、山岳トンネル工法を基本に検討が進められ、そのため海底の深部を通過する案が取り上げられた。しかし、地質調査結果や推定などにより、軟弱な堆積層が海峡部に存在することが予測され、山岳工法による施工は困難が多いことが推測された。またその案では、対馬・壱岐等での地上部への連絡は別途アプローチトンネルが必要とされた。

今回は、こうした問題点を解消する手段として、現在、わが国で計画中の東京湾横断海底トンネルの例を参考とし、シールドトンネルとすることで検討を行った。その結果、海底部のかなり浅い所を通過することなどから、延長は長くなるものの、地上への連絡も、別途アプローチを必要としなくなり、実用的なルートとなった。

上記観点に立ち、下記項目について検討を進めた。

①道路トンネルルート
②道路トンネル断面（リニアカー通過部を含む）
③換気量の計算
④集塵冷却設備配置
⑤人工島（換気塔）建設法
⑥トンネル内の空気冷却
⑦海底トンネル部の工程および全体工費
⑧有料道路制
⑨シールドトンネル工法

※なお、以下の報告における二、三の図面については原図が極めて大きいため、ここでは極めて縮小、簡略化した図を掲載している。また各調査計算結果等についても紙面の都合上、各々代表的なもののみを一例として報告している。

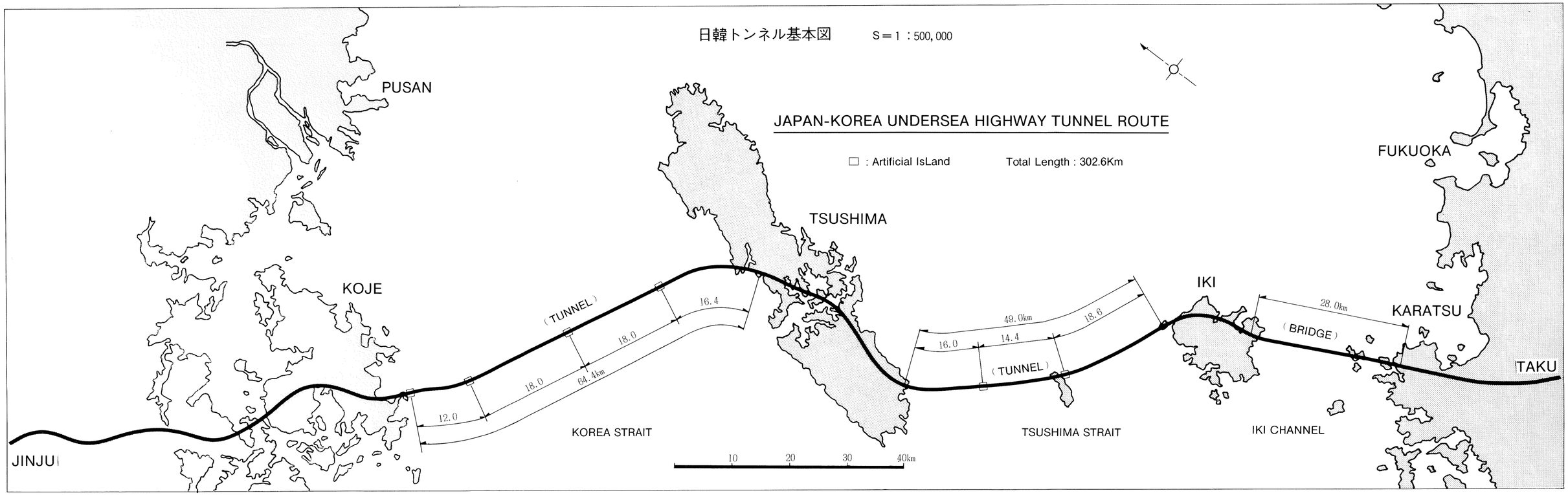
1. 道路トンネルルート（図－1、2）

1.1 ルートの計画条件

1.1.1 韓国側ルート

韓国内高速道路に接続し、巨済島の振興に寄与するルートとする。

1.1.2 公海国境ルート



図－１　日韓海底高速道路トンネルルート図

巨済島～対馬間のルートは、シールド工法を前提として、最短、最小水深、人工島等を考慮し選定する。

1.1.3 日本側ルート

九州本土～壱岐間は、橋梁、トンネル案を比較し、壱岐～対馬はシールドトンネル案とし、1.1.2 と同様に選定する。

1.2 ルートの検討条件

1.2.1 平面線形

自動車の安全高速走行およびリニアモーターカーの最小半径等を考慮して、平面曲線半径：R＞6000mとした。

1.2.2 縦断線形

換気量低減のためにはできるだけ水平にすることが望まれるが、ここでは一応、2％を最急勾配とした。

1.2.3 ルートの始点、終点

韓国、日本共に高速道路に接続する。

始点：韓国側

晋州市インターチェンジ付近

終点：日本側

多久市内（九州横断高速自動車道）

1.2.4 その他

ルートの選定に当たっては、海峡部ではできるだけ浅い部分を通るようにし、海上に突出した岩礁等は立坑位置に利用する。またシールドトンネルより海底までの土被りはおよそ2D（約25m）以上になるようにする。

2.道路トンネル断面（図－3、図－4参照）

3. 換気量の計算（図－5、図－6参照）

4.集塵・冷却設備配置

日韓トンネル本線部に電気集塵機および空気冷却設備を設置する場合に、路面下部を設置スペースとした場合の配置検討結果は、図－7に示すとおりである。この場合の処理風量は、図－7に示すように1カ所当たり22.5㎥/secであり、冷却能力は30－50Kcal/sec程度である。

一集塵、冷却室の長さは、７６m程度を必要とする。

所要電力は次のとおりである。

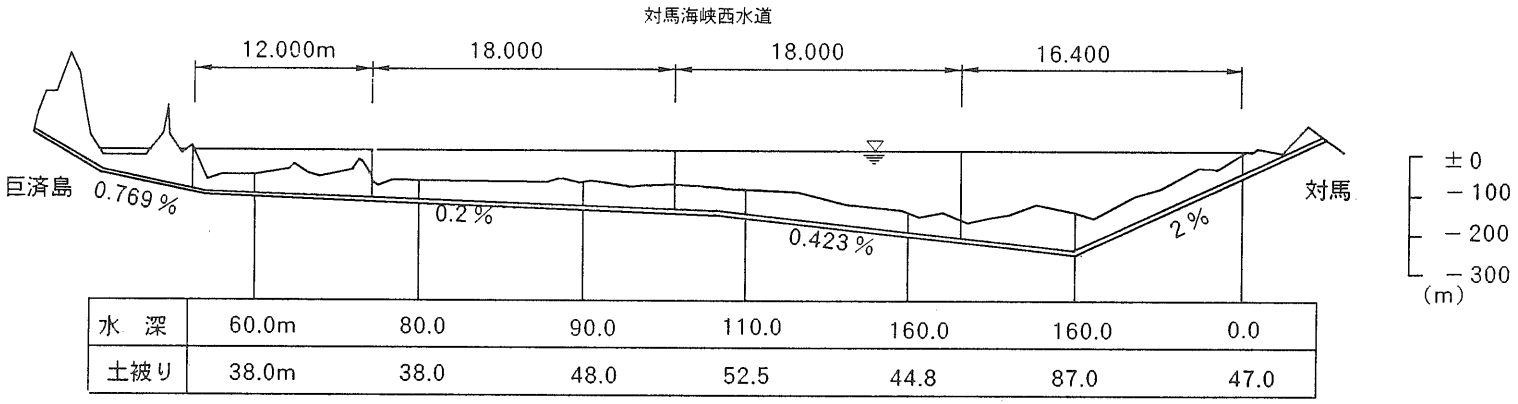
送風機	75	KVA
集塵機（高圧発生を含む）	2.5	KVA
吸引ファン	14	KVA
エアブローコンプレッサ	43	KVA
その他	16.3	KVA
合　計	150.8	KVA

機器価格

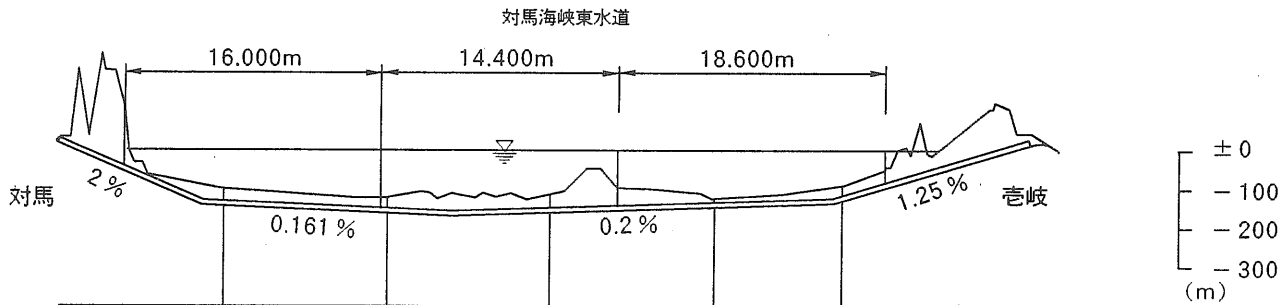
集塵機 22.5㎥/sec	1台	21,200（千円）
送風機22.5㎥/sec,140mmAq	1台	10,000
集塵用補機	1式	25,765
冷却機	1台	3,700
補機、電気室空調機	1台	2,800
受配電盤	1式	19,000
制御盤類	1式	44,080
合　計		126,545（千円）

以上の配置検討は、利用可能スペースに対して、電気集塵機等を最大限に収容することを考えて配置したものであるが、トンネル内空気の吸引、送出は監査路部に設けるとしても、機器の搬入、搬出をどのようにして行うか、その場合、路面下部のリニアカー部を利用しうるか等については、今後の検討課題である。

前記の価格は機器本体価格であり、取付け工事



水　深	60.0m	80.0	90.0	110.0	160.0	160.0	0.0
土被り	38.0m	38.0	48.0	52.5	44.8	87.0	47.0

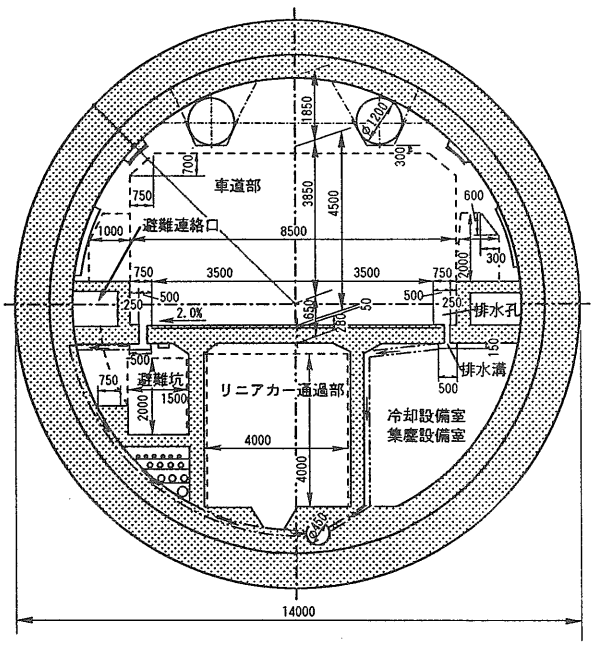


水　深	100.0m	120.0	120.0	110.0	80.0
土被り	39.5m	35.5	30.0	30.0	19.5

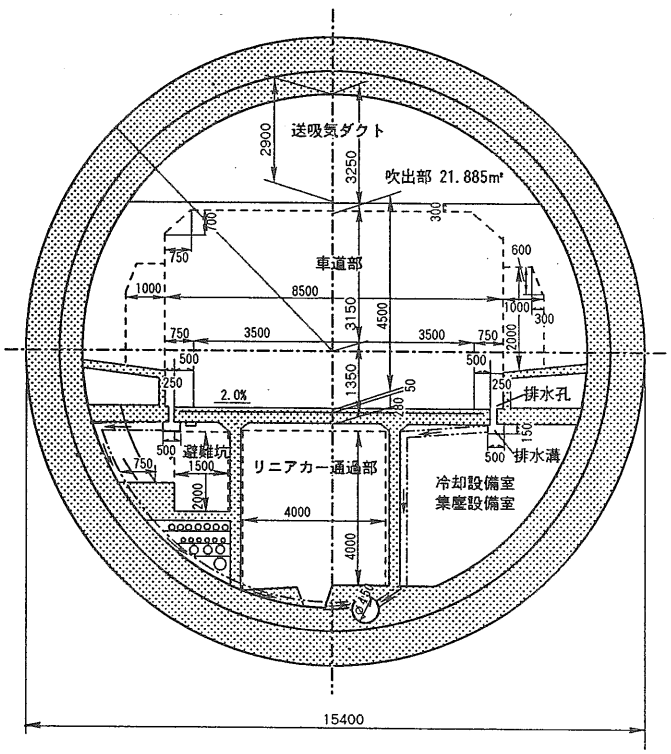
図－２　日韓海底道路トンネル縦断図（部分）

工種別延長調書

区間名 / 項目			晋州市 I.C. 固城郡～巨済島	巨済島 巨済島～対馬	対馬	対馬～壱岐	壱岐	壱岐～加唐島	加唐島 加唐島～唐津	唐津	九州横断道路接続	合 計
区間長			65.7km	79.4km	24.6km	61.3km	8.5km	18.0km	18.5km	26.6km		302.6 km
土工区間			32.2km	－	14.6km	－	5.2km	－	8.0km	13.97km		73.97km
構造物区間	トンネル		0.6km 0.7 1.3 1.4 2.4 3.0 2.7 1.2 1.0 1.8 1.5 2.2 0.6 6.2 0.8 0.8 1.3 計29.5km	79.4km （海底トンネル） 計79.4km	2.3km 0.3km 1.2km 計3.8km	61.3km （海底トンネル） 計61.3km	1.3 計1.3		2.1km 2.4 計4.5km	1.45km 2.2 1.1 0.8 0.5 1.8 1.1 3.6 計12.55km		192.35km
	橋梁		2.5 1.5 計 4.0km	－	1.4 0.6 1.8 2.4 計6.2km	－	1.0 1.0 計2.0	18.0km 計18.0km	3.0km 3.0 計6.0km	0.02km 0.02 0.02 0.02 計0.08km		36.28km

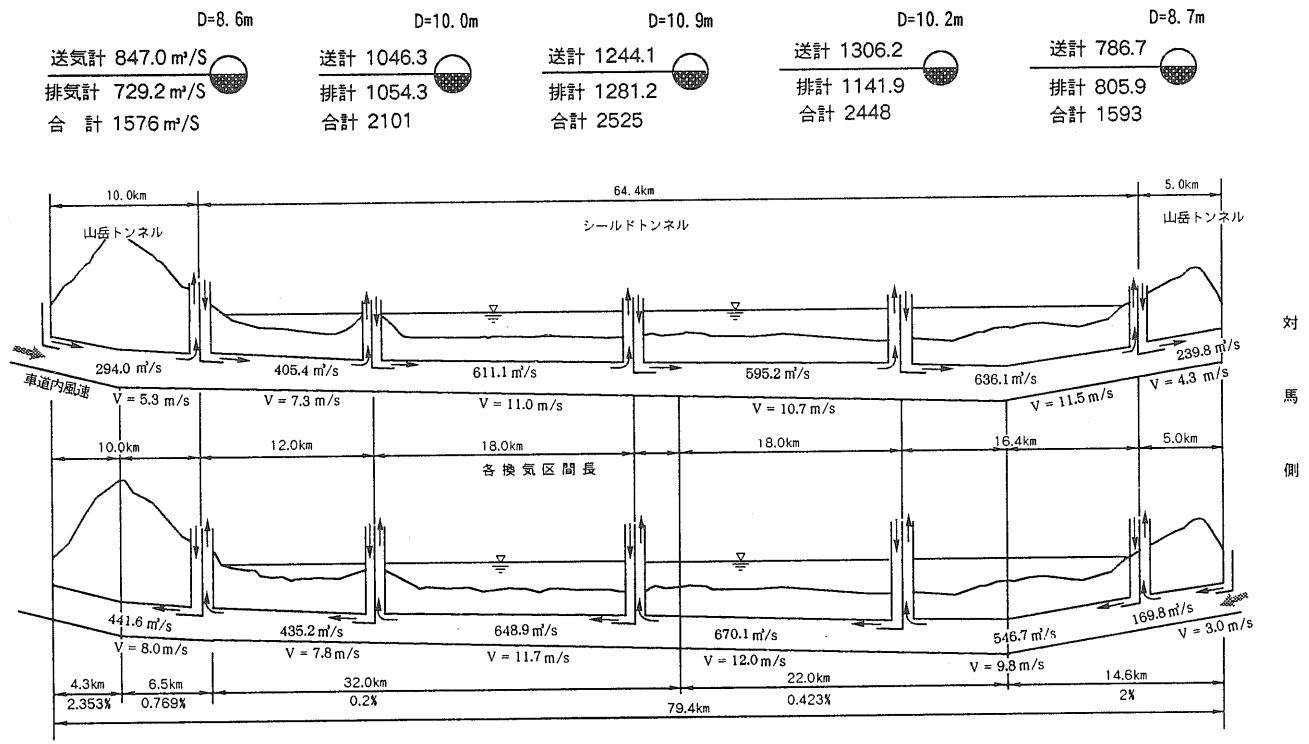


図－３　日韓トンネル海底部標準断面図（案）〔シールド工法〕



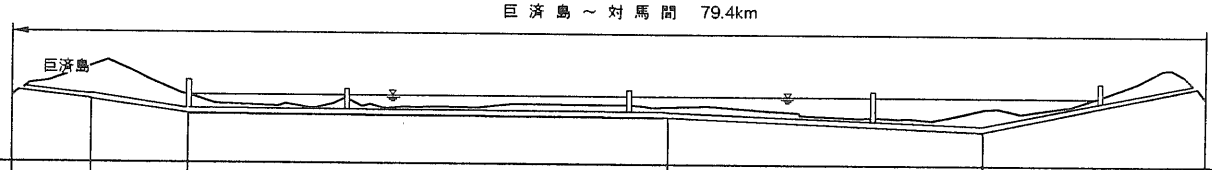
道路部内空断面積
＝74.345㎡
（吹出口含む）
＝52.460㎡
（吹出口除く）

図－４　日韓トンネル海底部立坑下吹出部断面図（案）〔シールド工法〕



図－5　換気概要図（例）〔巨済島～対馬間〕

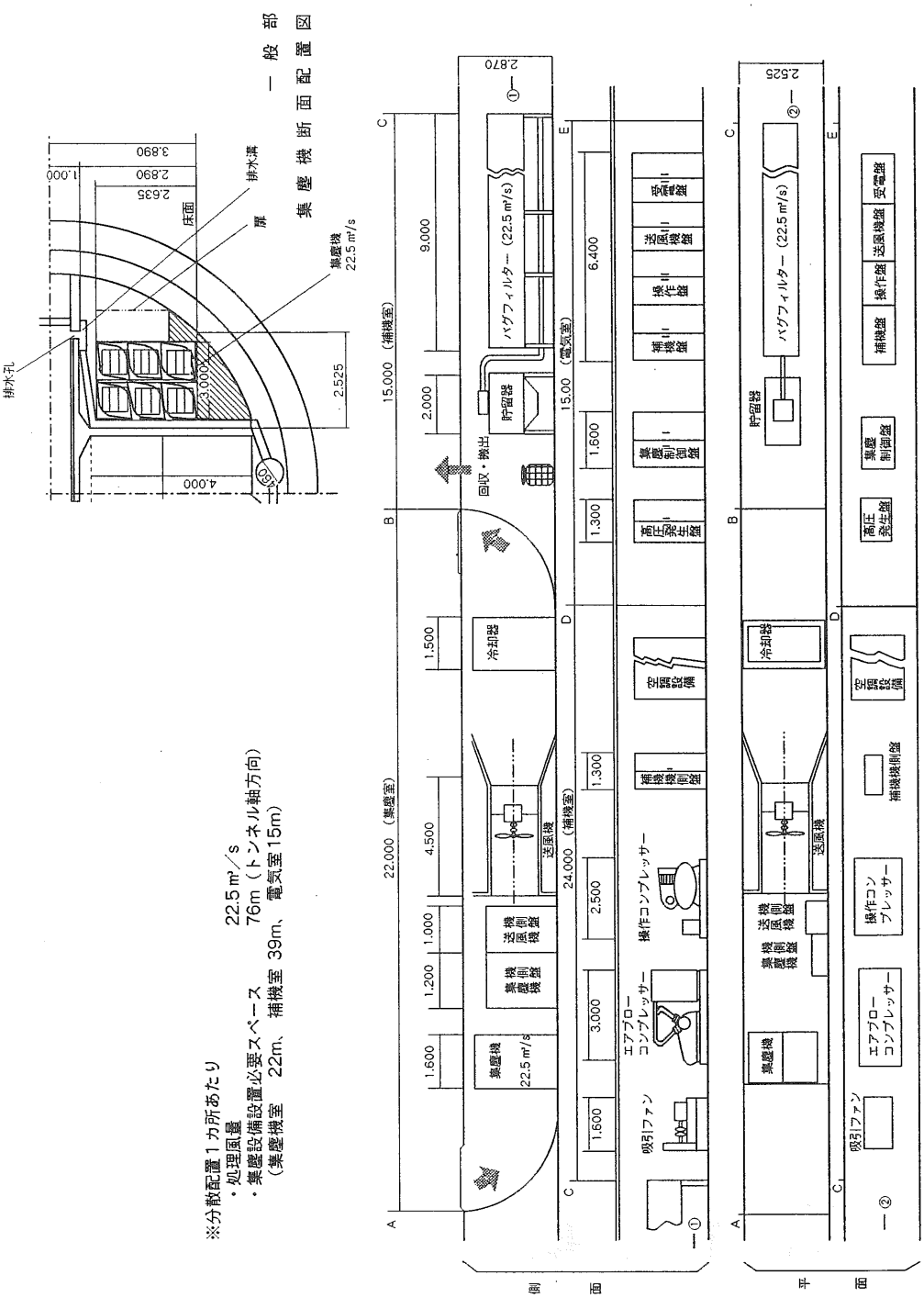
交通量　2000台／時
大型車混入量　15％



断面図								
区間長：km		4.3	6.5	32.0	22.0	14.6		
縦断勾配：％		2.353	0.769	0.2	0.423	2.0		
立坑間隔：km		10	12	18	18	16.4	5	
Aライン	換気量 ㎥/s	294.0	405.4	611.1	595.2	636.1	239.8	
	大口径 φ1030	–	63台	※423台	※390台	※436台	–	
	超大口径 φ1530	–	29台	192台	177台	198台	–	
Bライン	換気量 ㎥/s	441.6	435.2	648.9	670.1	546.7	169.8	
	大口径 φ1030	79	88台	※507台	※558台	※273台	–	
	超大口径 φ1530	36	40台	230台	253台	124台	–	

※印は、ミキシング効果を得るのに十分な設置間隔140mを確保できない。

図－6　ジェット台数計算結果（例）



図－7　日韓トンネル集塵設備配置図（一般部）

費等については、搬入方法等と関係して、ここでは推定困難である。

冷却機の冷熱源は、海水温度10℃程度が利用しうるものとするが、そのための循環ポンプ等は除いている。

(冷却設備配置の検討)

上記の集塵設備とは別に、坑内空気の冷却のみを目的として、冷却設備を140mごとに配置し、1カ所あたり10㎥/secの風量で120Kcal/secの冷却を行う場合は、図－7の送風機と冷却機および電気設備のみとなるので、設備全体での長さは約30m程度となり、所要電力は110KW程度となる。

1カ所あたりの処理風量	10 ㎥/sec
冷却水量	20 l/sec
冷却コイル	8列×2段

(海洋温度差発電について)

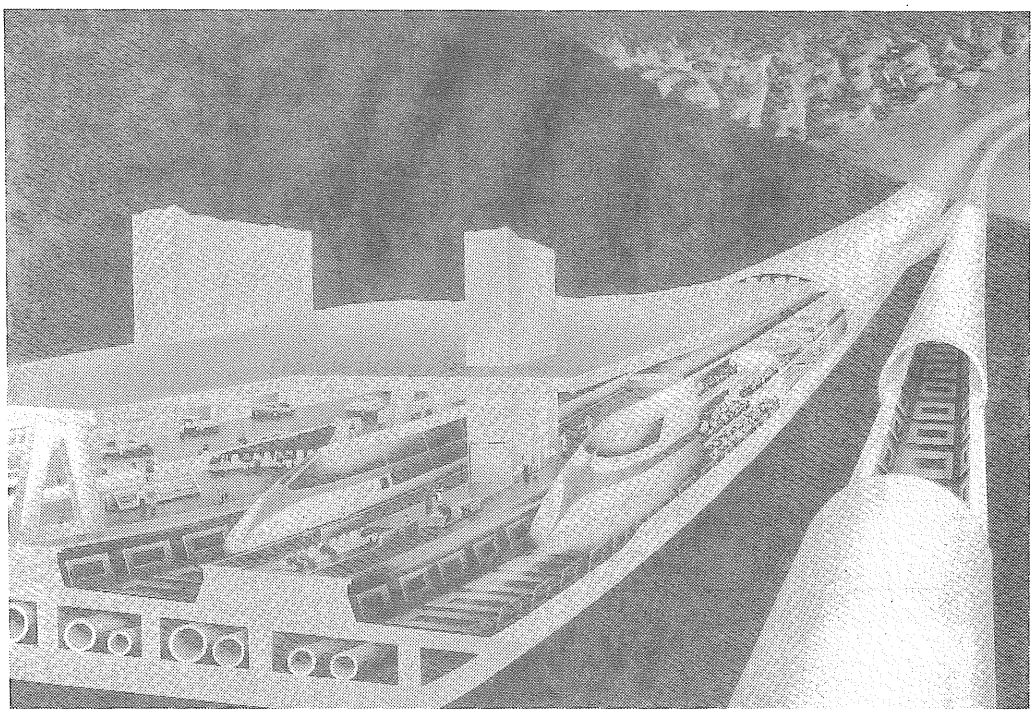
日韓トンネル計画においては、対馬西北方の対馬海峡海底部の水温が5℃以下が期待しうることから、表層水との温度差を利用して海洋温度差発電を行い、トンネルの換気、照明その他の電力をこれにより賄うことができないかとの考えが提起された。

これについて現段階において概略の検討を行ったが、トンネルルートが対馬からやや西南方の巨済島寄りのルートとなり、海底部での深層水温が10℃程度しか期待できないために、効率的にみて優れた方法とは考えられない。

わが国の海洋温度差発電の開発はサンシャイン計画の一環として、電子技術総合研究所、佐賀大学等で進められているが、基礎研究からようやく実験プラント段階に入った段階であり、実用には多くの課題が残されている。

日韓トンネルの場合には、換気立坑に発電プラントを設置するので、設置条件としては有利であるが、前記のように温度差が大きく取れない不利がある。対馬西北方の低温深層水を利用しようとする場合には、プラントの支持方法や取水方法、送電方法等に問題が残されており、現段階では、具体的な提案を得るには至らなかった。

広告掲載　のお申し込みは、
研究会事務局まで
TEL.03（3481）6977
FAX.03（3481）6295



投稿原稿 を受け付けています。

当研究会では、日韓トンネル計画の向上発展を図るために、次の要領で広く有益なる原稿を募集しております。

(1) 原稿の類別は論説研究・地質・設計・施工・環境などの技術面に関する新工法紹介、または連載講座・随筆・紀行文などや文化・経済・政策などのソフトに関するものとし、ニュース的写真・工事写真・設計図表なども募集しています。

(2) 原稿用紙は既製の四百字詰原稿用紙を使用し、できるだけ新しい資料を採用し、かつ現代的な用字用語で書いてください。なお原稿の枚数は所定用紙で20枚以内（但し図・写真のスペースは別）とします。

(3) 事務局で多少記事の体裁や用語を改める点、また編集の都合により一部省略させていただく場合のあることなど、あらかじめご了承いただきます。

(4) 原稿には題名（英文題名付記）、勤務先名、勤務先(自宅)住所、氏名（ローマ字付記）、電話番号を明記してください。

なお、ご不明な点や、当研究会に関するご意見・ご感想などありましたら、研究会事務局宛にお寄せください。

国際ハイウェイプロジェクト
日韓トンネル研究会
〒150 東京都渋谷区宇田川町37－13
スリーエスビル 1F
TEL 03（3481）6977

調査と研究⑥

東中国海の波浪特性

Wave characteristics of East China Sea

磯崎一郎*・斎藤勝也**

Abstract

Wave climate of East China Sea is investigated by use of wave data obtained at Ocean Data Buoy No. 22001 and several coastal stations. High wave are caused in the sea by strong winter monsoon and gale winds associated with typhoons passing through the sea from south to north. The former waves progress mainly toward southeast and the latter waves progress mainly from southwest to northeast. Accordingly, the waves on the northern coast
of islands have different climatological features from the waves on the southern coast.

Behaviors of high waves over whole East China Sea in cases of a typhoon and a winter monsoon are investigated numerically by means of a wave model. High wave area associated with a typhoon is distributed zonally to the right along the typhoon path. On the other hand, high waves caused by winter monsoon heve maximum values over the central part of East China Sea, and high waves over western part of Japan Sea influence on East China Sea through Tsushima Strait.

1．はじめに

東中国海は古来，中国と日本を結ぶ海上交通路として重要な役割りを果たしており，また良好な漁場として漁業活動は極めて活発である。この海は三方が陸地で囲まれているとは言え，面積が大きいことと，低気圧が発生し易い場であること，台風や冬季の季節風などによって強風が卓越することなどから，高波が急速に発達して大きな災害が生じたことは枚挙にいとまがない。それにもかかわらず，東中国海の波浪についてはあまり多くのことが知られていない。この報告では主として気象庁の海洋気象ブイ及び気象庁と港湾局の沿岸波浪計の観測値[1)~6)]に基づいて東中国海の波浪の気象学的特性を明らかにし，特異な高波については数値シミュレーションによってその挙動を解明する。この結果は海運，漁業活動の防災に役立つ

＊財団法人日本気象協会主任技師　＊＊財団法人日本気象協会

ばかりでなく，大陸棚開発事業にも貢献するであろう。

2．波浪観測網

日本では港湾局，気象庁，建設省，水産庁および地方自治体がそれぞれの行政目的のために波浪観測網を展開しており，東中国海周辺にも多くの観測所が存在する。その中で，比較的大きい水深で長期間連続的に観測を継続している代表的なものを(Fig. 1) および(Table 1) に示す。これらの中で，中城湾と喜屋武岬は沖縄本島の太平洋岸に面した海岸にあり，その他は東中国海の波浪を観測できる場所にある。沿岸の観測所では水深約50mの海底にセンサを設置した超音波式波高計を用いているので浅海変形をほとんど受けない沖波を記録しているが，センサ位置が陸地の風下側になる場合には遮蔽効果を受けて波はあまり発達しない。

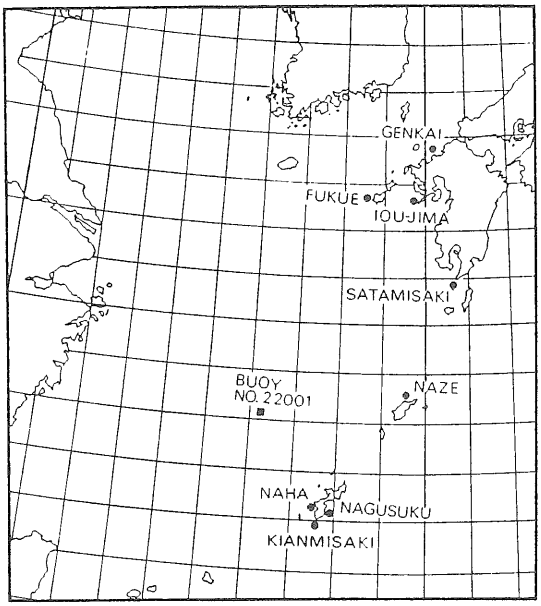


Fig. 1 Location of wave observing stations.

海洋気象ブイNo. 22001では加速度式波高計を用いている。陸地による遮蔽効果を受けないので東中国海の代表的な波浪データが得られるが，酷しい環境にあるためデータ測得率があまりよくない。また，電源経済の関係で各観測時間の初めから引続いた20個の波を観測し，その平均波高と平均周期を報ずるようになっている。従って，ここでは報じられた波高を 1.6倍して有義波高とし，周期は 1.1倍して有義波周期とする。

Table 1 Data of wave observing stations

Station name	Location		Water depth at sensor position	Bigining of observation	Type of wave gage *	The competent authoritics **
	Lat. (N)	Long. (E)				
Kianmisaki	26° 04′ 28″	127° 42′ 50″	−51 m	Feb. 1983	USW	JMA
Satamisaki	31° 02′ 35″	130° 44′ 53″	−45	Mar. 1982	USW	JMA
Fukue − jima	32° 45′ 13″	128° 37′ 46″	−51	Apr. 1980	USW	JMA
Naha	26° 15′ 19″	127° 38′ 56″	−51	July 1973	USW	PHB
Nakagusuku − wan	26° 14′ 15″	127° 58′ 10″	−50	Jan. 1973	USW	PHB
Naze	28° 27′ 00″	129° 31′ 35″	−50.7	Mar. 1977	USW	PHB
Iou − jima	32° 43′ 09″	129° 45′ 07″	−50	Dec. 1974	USW	PHB
Genkai	33° 48′ 28″	130° 16′ 49″	−45	Aug. 1980	USW	PHB
Buoy No. 22001	28° 10′	126° 20′	−140	Sep. 1974	AD	JMA

* USW : Ultra sonic wave gage , AD : Acceleration type wave gage

** JMA : Japan Meteorological Agency, PHB : Port and Harbor Bureau

3．波浪の気候学的特性

3.1 波高の季節変化

代表的な観測地点における月平均有義波高の季節変化を(Fig. 2) に示す。統計期間は各観測点で異なり，ブイでは1986，1987年の２カ年，喜屋武岬が６年，中城湾が11年，那覇が12年，名瀬が８年である。

ブイでは季節風による強風が卓越する冬季に波が高く，２月の月平均有義波高は2.24mにもなっている。３月以降，季節風が弱まるに従って波高は低くなり，５月が最低で1.20mとなっている。６月以降は台風の影響が次第に現れて南寄りの風波とうねりが卓越するようになる。特に８月には東中国海に入る台風の数が最も多く，波高も極大値を示している。11月以降は再び冬の季節風によって波が高まる。以上が東中国海の波浪の典型的な季節変化で，沿岸で陸地の遮蔽効果や浅水変形によって地域的に異なった特性を持つ。

名瀬では冬季に波高が高く，１月に1.66mであるが，夏季は穏やかで７月は0.71mである。８月以降は次第に波が高まっている。那覇も同じ傾向を示している。ブイの季節変化と比べると，台風による南からの風波とうねりが陸地で遮蔽されて卓越しないことがわかる。

一方，太平洋側の海岸にある中城湾と喜屋武岬では陸地の遮蔽効果で冬季に波が低く，暖候期に進むに従って波高が増している。特に８月に顕著なピークが現れているのは東中国海に侵入する台風の数が増すためである。

陸地による遮蔽効果のため，沿岸における観測値はブイにおける観測値より小さい。年平均の有義波高は名瀬が1.13m，那覇が0.99m，喜屋武岬が1.06m，中城湾が1.04mであるのに比べてブイでは1.74mで，約70ｃｍ位大きい値となっている。

3.2 波高と周期の結合分布

有義波高と有義波周期の結合分布を用いると実際の波の統計的性質がよく理解できる。ブイおよび那覇について，個々の有義波高と有義波周期の観測値の組が，周期を１秒間隔，波高を 0.5m間隔に分けた小さい区分の中に入る個数を勘定してプロットしたものを(Fig. 3) に示す。図中に示す曲線は波形勾配を表わすパラメータ（$2\pi Hy_3 / g Ty_3^2$）の代表的な等値線を描いたものである。有効波形勾配1/10は外洋で測定される波浪の中での実際的な最大値であると考えてよい。

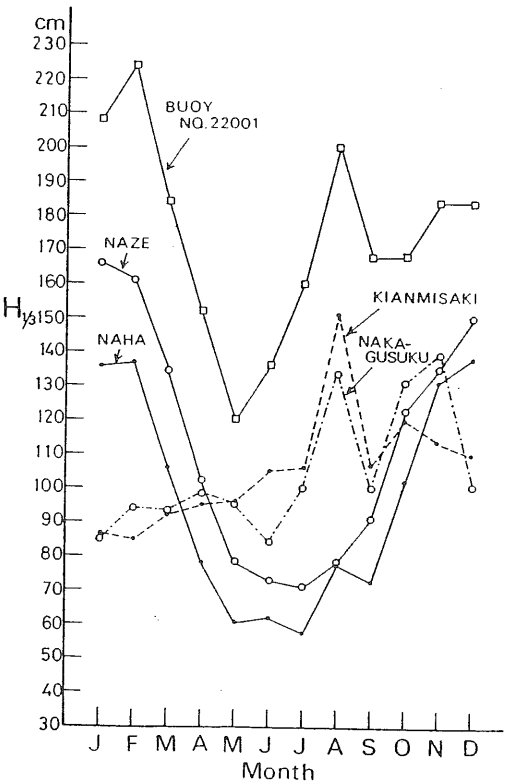


Fig. 2 Seasonal variations of monthly mean significant wave height at Buoy No. 22001, Naze, Naha, Kianmisaki and and Nakagusuku－wan.

ブイの場合を見ると，有効波形勾配が1/20と1/50の中間で頻度が高くなっている。1/100に沿っても高い頻度が見られるが，これはうねりに対応するものである。波高１m未満で見られる長周期の波は係留系の動揺や器械誤差に基づく見かけの現象である。那覇の場合もブイと同様の分布をしているが，風波に相当する波は有効波形勾配1/50の線に近い所に分布しており，ブイに比べて波形

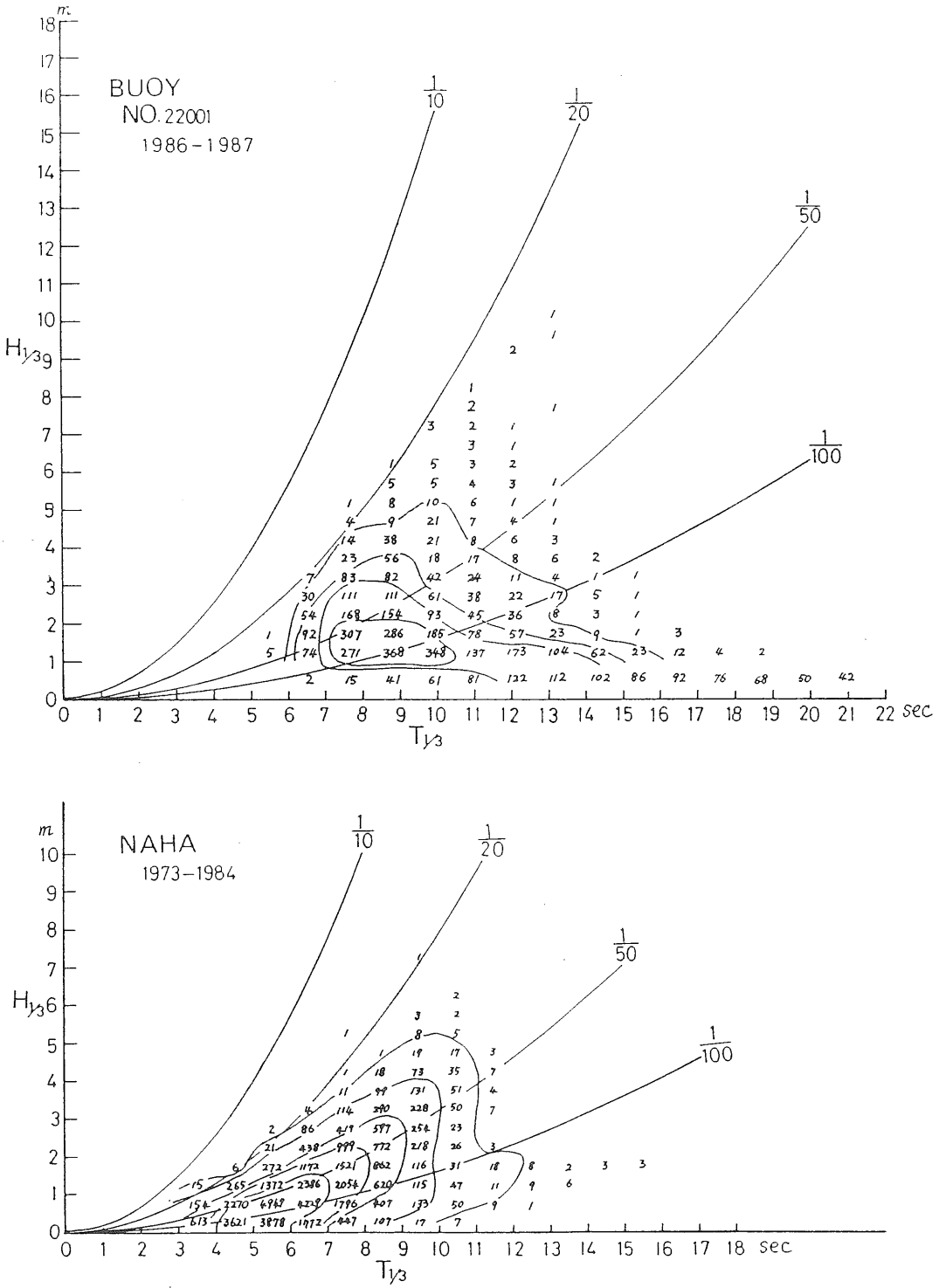


Fig. 3 Relations between significant wave heights and periods obtained at Buoy No. 22001 and off Naha – harbor. Numerals are the number of times appeared in each wave height – period subgrids, and curves indicate some of representative wave steepness parameter, $2\pi Hy_3 / gTy_3^2$.

勾配がやや緩やかである。1/100より緩やかな勾配の所にうねりに対応する波が分布している。風波に対応する観測値に比べてうねりの個数は少ない。

3.3 波高の未超過確率

(Fig.3) において，波高の生起回数を周期について加え合わせると各波高範囲内の観測回数が得られる。これを全体の観測個数に対する比で表し，波高の低い方から順次加えてゆくと，それぞれの波高に対する未超過確率が得られる。(Fig. 4) はこうして得られた累積頻度分布である。この図でも那覇よりブイの方が波が高いことがわかる。例えば，作業可能な限界を有義波高 2.0m以下とすると，ブイでは全体の期間の70%しかこの条件を満たさないが，那覇港の沖では約90%がこれを満たす。

4．異常な高波

ブイ No.22001 に於て，1978年から1987年までの10年間に観測したデータの中での高波の記録を (Table2) に示す。この表によると，観測された有義波高の最高値は台風8613(Vera)によって起こった1986年８月26日15時の17.8m (周期13.0sec) である。表示した12例中，９例が台風によって生じた高波であり，３例が低気圧通過後の強い冬季季節風によるものである。

4.1 台風によって生じた異常高波

(Table2) の中に示された台風の経路を(Fig. 5) に示す。これによると，ブイの西側を 100～250Km位離れて北上する台風が最も多く，７例となっている。ブイの近傍を通過したのは台風8712 (Dinah) の１例であり，他の１例は南西諸島の南部を西北西に進んで中国大陸に上陸した台風8511 (Nelson)である。

ブイに最接近した頃の台風の中心気圧は 940～960mbの範囲にあり8712号の 938mbが最も低かった。台風の移動速度はブイ最接近時に20～30ｋｍ／ｈで，徐々に加速していることが多い。台風の進行方向と高波域の卓越波向が一致した時，高波の平均群速度と台風速度が同じ位になると，実効

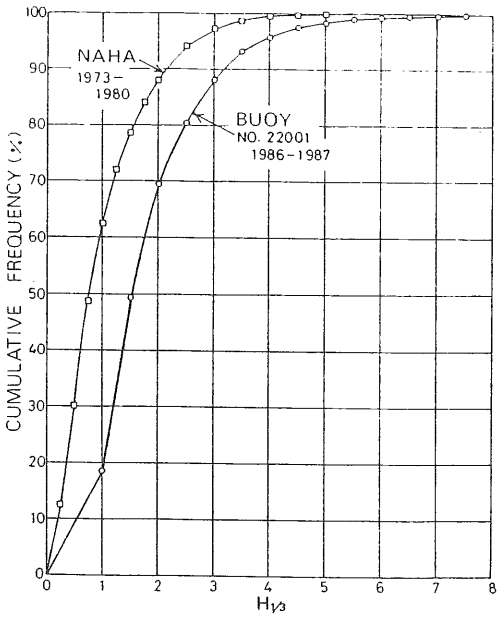


Fig. 4 Cumulative frequency of significant wave height at Buoy No .22001 and off Naha－harbor.

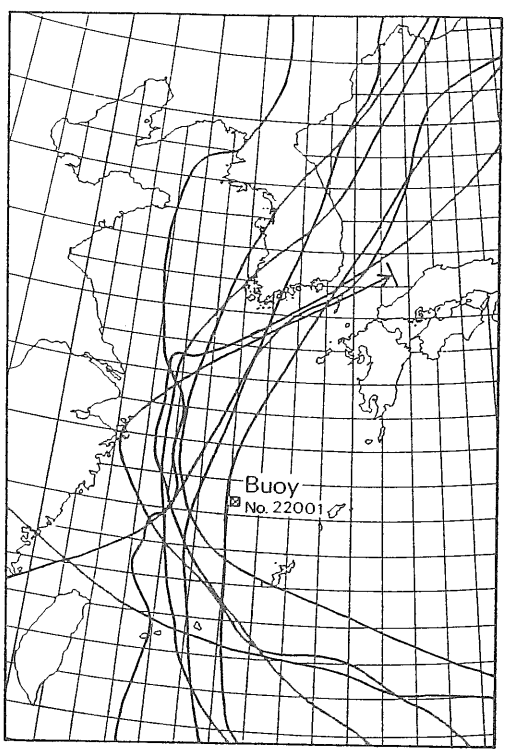


Fig. 5 Tracks of typhoons which caused abnormally high waves at Buoy No. 22001.

的に吹走距離と吹続時間が増大して波が著しく発達することができる。これが東中国海で大波が発達する機構の1つである。

1例として，台風8712(Dinah) に伴って観測された高波について述べる。この台風は1987年8月29日から30日にかけて東中国海を北上し，海洋気象ブイ22001の近傍を通過した後，向きを北東に変えて朝鮮海峡，日本海中部を通過して北海道北部へ進んだ。ブイでは最低気圧 938.7mb，最大風速39.4m／s (SE)を記録している。(Fig.6) はこの台風の通過に従って，日本周辺各地で観測された有義波高の最大値，およびその最大値が起こった時の台風の位置を細線で結んで示してある。ブイ22001 では台風の最接近より約3時間前に最大有義波高12.3m(12.1sec)，を記録したが，これに次いで日本海のブイ21002の10.6m(13.2sec)，喜屋武岬の9.30m(16.3sec)，北海道の松前における8.70m(14.1sec) などが観測された顕著な高波である。

ブイ 22001，喜屋武岬および中城湾で観測された有義波高の時間変化を(Fig.7) に示す。ブイでは8月30日6時に12.3mを観測しているが，3時から6時までの3時間に波高が 4.3mも増している。また，9時から12時までの3時間には波高が4mも低くなっており，10m以上の高波は3～4時間継続したに過ぎない。

この台風の高波によって，長崎県下の水産関係施設を中心に総額 980億円という甚大な被害が生じ，とりわけ漁業については 100港234件282億円という未曽有の額となった。巨大な大波が沿岸に作用した時間は，30日23時～31日3時の約4時間の短い時間であった [7]。このことは(Fig.7) で見られるブイの観測値の変化とよく似ている。

4.2 冬季の季節風による高波

(Fig.2) に見られるように，東中国海は1月および2月に最も海が荒れる。これは季節風によって波が発達するためで，(Table2) の高波の記録

Table 2 Records of high waves observed at Buoy No. 22001

Order	Max. of $H_{1/3}$ ($T_{1/3}$)	Date	Remarks
1	17.8m (13.0s)	12 h 26 Aug. 1986	T 8613 (Vera)
2	15.8 (14.0)	15 31 Aug. 1981	T 8118 (Agnes)
3	13.0 (11.8)	03 16 Aug. 1979	T 7910 (Irving)
4	12.3 (11.0)	06 30 Aug. 1987	T 8712 (Dinah)
5	10.4 (12.0)	00 15 July. 1987	T 8705 (Thelma)
6	9.0 (10.0)	03 5 Oct. 1985	T 8520 (Brenda)
7	8.5 (10.8)	00 25 Aug. 1979	T 7911 (Judy)
8	7.8 (9.0)	18 11 Aug. 1982	T 8211 (Cecil)
〃	7.8 (10.0)	21 3 Feb. 1987	Winter monsoon
10	7.7 (9.0)	12 22 Aug. 1985	T 8511 (Nelson)
〃	7.7 (9.0)	00 5 Jan. 1986	Winter monsoon
〃	7.7 (12.0)	12 13 Jan. 1987	Winter monsoon

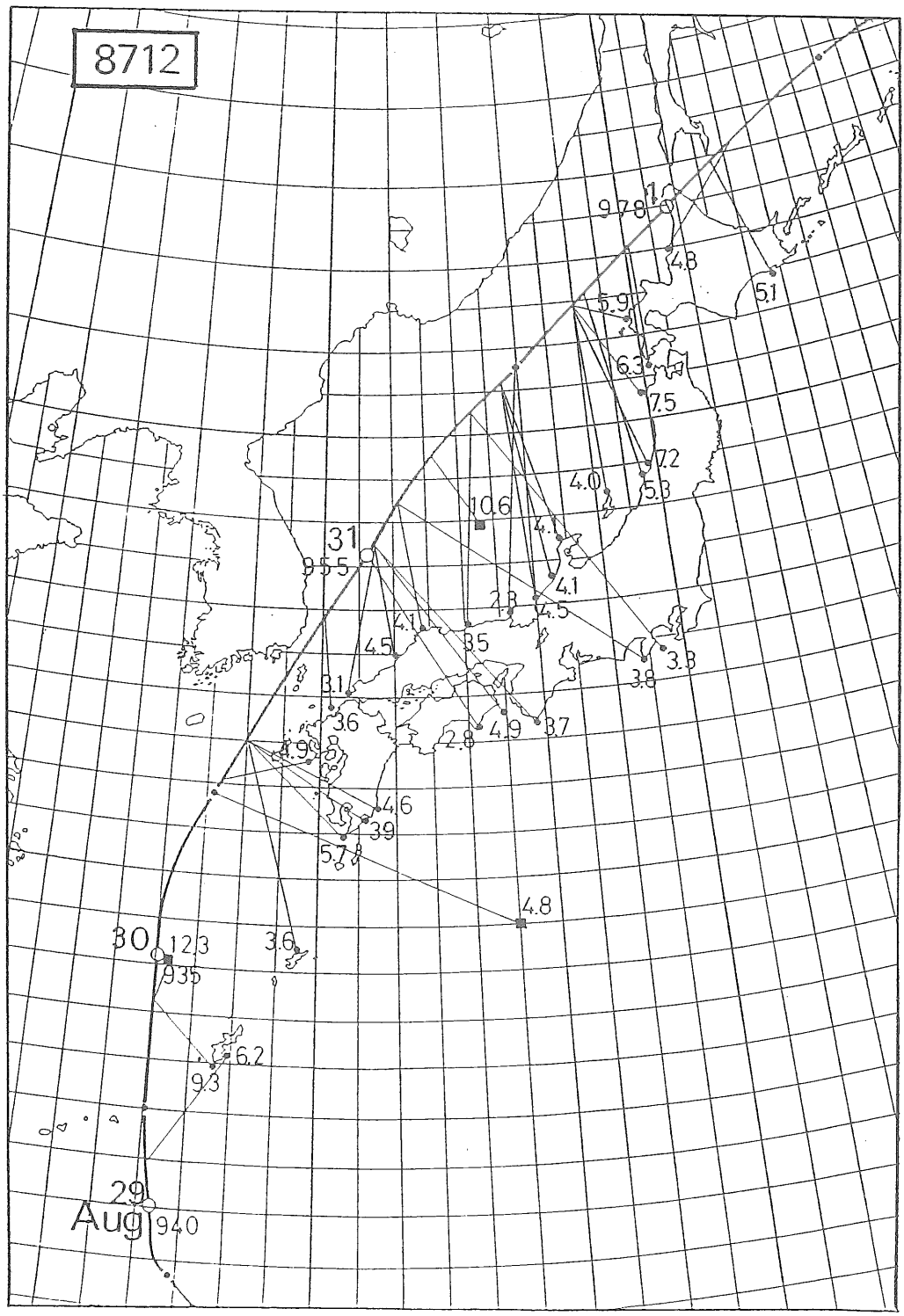


Fig. 6 Track of Typhoon 8712 (Dinah), and maximum significant wave height observed at respective wave observing stations. Thin lines connect station positions to the typhoon locations when the maximum significant wave height is reached at respective stations.

の中にも３例が見られる。これらは有義波高7.8mおよび7.7mで，台風による異常な高波に比べると低いが，高波の継続期間が長く，台風より頻繁に起こるので影響が大きい。

１例として1987年２月２～５日の高波について述べる。(Fig.8) には２月１日から４日までの毎日９時の天気図を示す。１日には東中国海は移動性高気圧に覆われており，中国東北部から南西にのびる気圧の谷があった。２日には移動性高気圧は三陸沖に進み，気圧の谷は速い速度で東中国海を通過し，日本海西部と四国沖に低気圧が発生した。東中国海では北部から次第に北西の季節風が強まってきた。３日には低気圧が日本の東海上で発達し，東中国海は全般に北西の季節風が卓越し，日本海では北北東ないし北の強風が吹き荒れた。４日には低気圧は東方海上で発達し，東中国海から日本周辺全般に強風が継続したが，低気圧が東に遠ざかるに従って風も次第に弱まった。

(Fig.9) にはブイ 22001，名瀬および那覇の有義波高の時間変化，およびブイにおける風向風速の変化を示す。ブイでは３日18時に西北西の風21m／ｓを記録し，21時には有義波高 7.8m(10.0sec) を観測した。名瀬では３日18時に波高 6.8m(10.3sec)，那覇では４日２時に 5.3m(11.0sec) を観測している。

波の発達をみると，３地点とも２日12時に突然的に波の発達が始まっている。これはブイにおける風速が10m／ｓを越えた時刻に相当する。また，３地点ともほとんど同じ位相で波高が変化している。これらのことは，東中国海南部で広い面積にわたって同時的に強風が吹き始め，波が風の吹続時間の制約のもとに発達したことを意味している。

(Table2) に示した1986年１月４～５日，および1987年１月12～14日の高波の場合にも，比較的に穏やかな海面状態から突然的に波の発達が始まっている。前者の場合にはブイと那覇で波の発達の始まりに約６時間の遅れが見られ，有義波高が

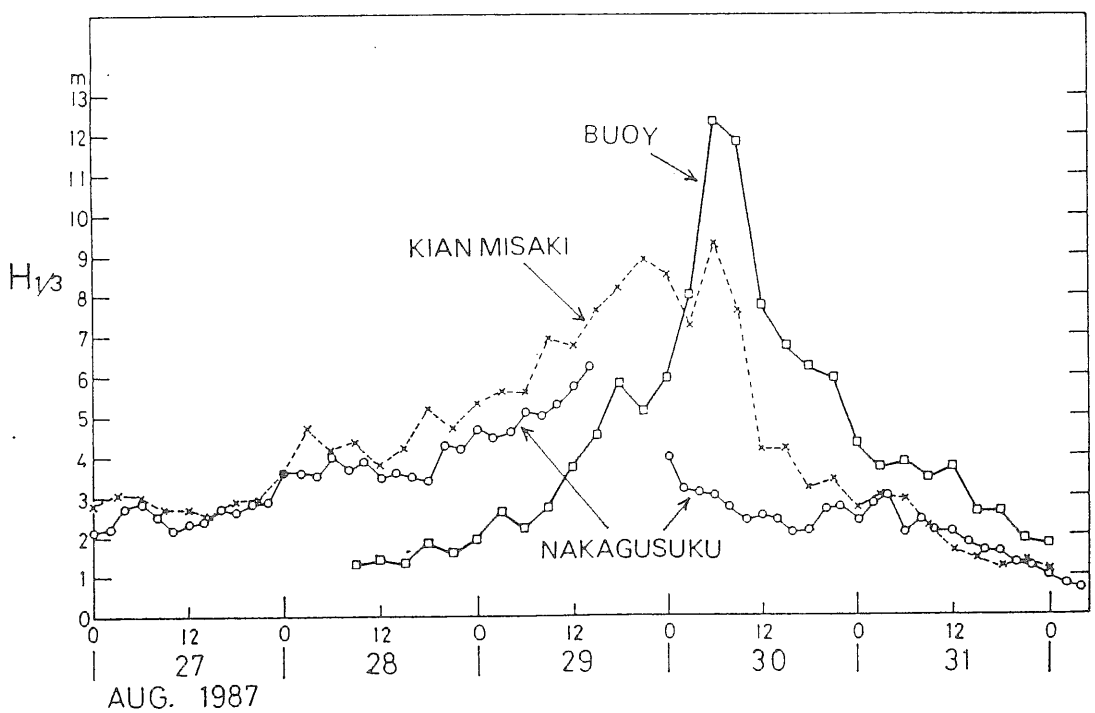
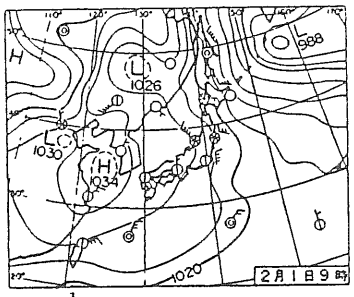
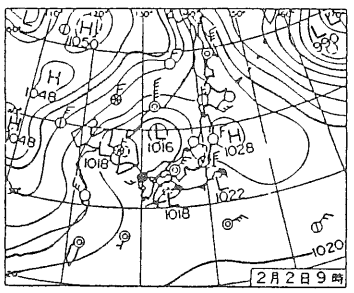


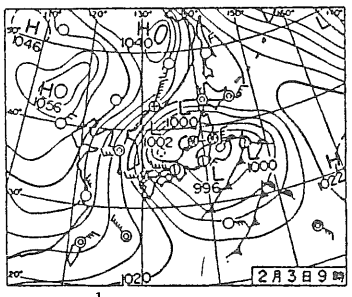
Fig. 7 Time variations of significant wave height observed at Buoy No. 22001, Kianmisaki and Nakagusuku－wan during the passage of Typhoon 8712 (Dinah).



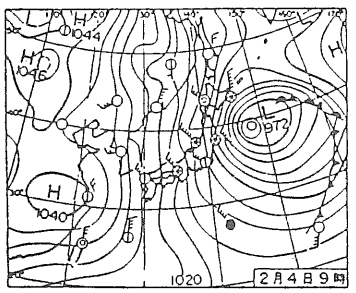
09h Feb. 1st, 1987



09h Feb. 2nd, 1987



09h Feb. 3rd, 1987



09h Feb. 4th, 1987

Fig. 8 Weather maps at 9h in respective days from 1st to 4th Feb. 1987.

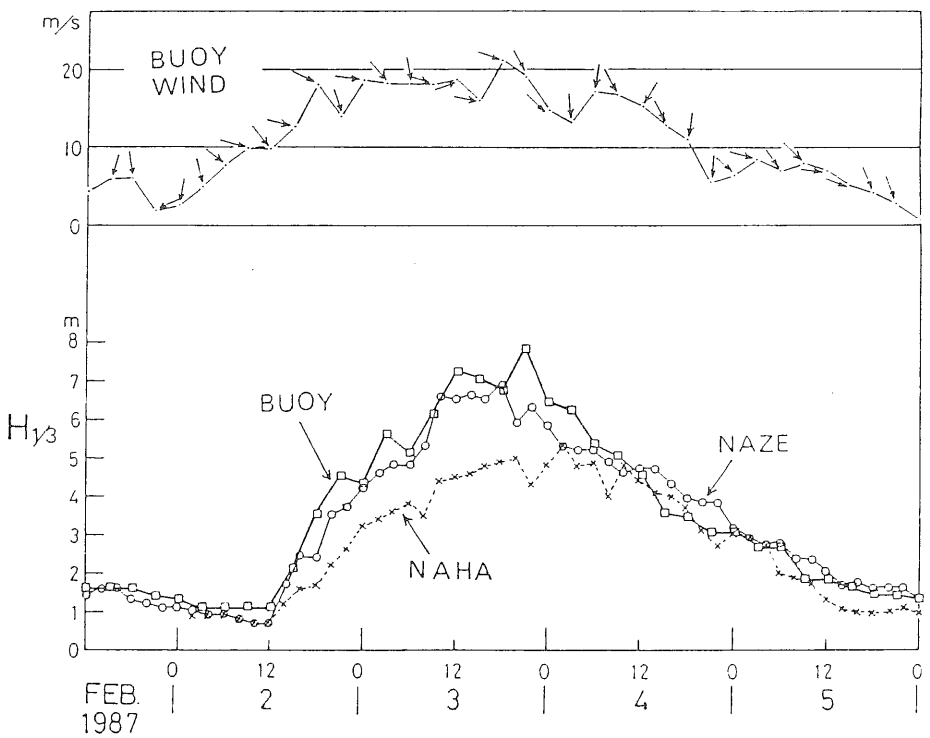


Fig. 9 Time variations of significant wave height observed at Buoy No. 22001, Naze and Haha during the severe winter monsoon winds from 1st to 5th Feb. 1987. Variation of winds obtained at the Buoy is also shown in the upper part of the figure.

最高に達した時刻にも約6時間の遅れがある。後者ではブイと名瀬で波の発達の始まりに約4時間の遅れがあるが，波高の時間的変化傾向および大きさはよく似ている。

以上のことからわかるように，冬季の季節風による東中国海の高波は，突然的に波の成長が始まり，それが北から南に向かって広がる傾向があるが，短時間の間に全域で高波が卓越するようになる。特に，操業中の漁船は波浪予報に注意し，遭難を未然に防止するよう心懸けねばならない。

5．異常高波のシミュレーション

前節で異常高波の特徴について述べたが，本節では数値モデルを用いて，東中国海全域についての高波の挙動を解明する。用いた数値モデルは海上風モデルと波浪モデルとから成る。

5.1 海上風モデル

海上風の計算にはカルドン[8]の理論に基づいて磯崎・宇治[9]が開発したモデルを用いる。これは非中立，バロクリニックな大気境界層2層モデルで，上空の自由大気中では傾度風を仮定する。エクマン層の風に関してはエクマンの解を用いる。地表層の風に関しては，水温・気温差から求めた大気安定度を考慮した対数分布法則を用い，エクマン層と地表層の境界面で連続性が保たれるように風速の鉛直分布を定めるモデルである。なお，台風域内に関しては気圧分布モデルを用いて計算される風の場を挿入するようにしている。

5.2 波浪モデル

波浪の計算には，スペクトルの概念に基づいたモデルMRI[10] 10)を用いる。このモデルはエネルギー平衡方程式

$$\frac{\partial S}{\partial t}+\vec{Cg}\cdot\nabla S=Sin+Sds$$

に基づいている。ここで，S(f, θ, χ, t)は成分波のエネルギー密度であり，f, θ, χ, tはそれぞれ周波数，方向，位置，時刻を表す。Cg (f) は成分波の群速度である。SinとSdsはそれぞれ風からの入力およびエネルギー消散を表すソース関数で，5つのエネルギー輸送過程を含んでいる。すなわち，時間に関して線形的な成長，指数的な成長，砕波によるエネルギー消散，内部摩擦による消散および逆風による消散である。

波の伝播の計算に関しては，成分波が周波数的にも方向的にも有限幅を持っていることを考慮して，速度分散および角分散が合理的に表現できるように工夫されている。波が発達しきった飽和状態に関してはピアソン・モスコビッツ[11]のスペクトルを採用する。

$$SpM(f)=\alpha g^2(2\pi)^{-4}f^{-5}$$
$$=\exp\{-0.74[g/(2\pi Uf)]^4\}$$

ここで，$\alpha=0.83\times10^{-2}$, Uは風速である。スペクトル成分は周波数については0.04Hzから0.25Hzまで0.01Hz間隔に22成分であり，方向については22.5° 間隔に16成分である。

基本方程式は次第で表され，計算はこれを周波

$$\frac{\partial S}{\partial t}=-Cg\cdot\nabla S+(A+B\cdot S)\{1-(\frac{S}{SpM})^2\}\Gamma(\theta),$$

$$S\leq\sqrt{2}SpM,\ \theta\leq90°$$

$$\frac{\partial S}{\partial t}=-\vec{Cg}\cdot\nabla S-D\cdot f^4 S,$$

$$S>\sqrt{2}SpM,\ \theta\leq90°$$

$$\frac{\partial S}{\partial t}=-\vec{Cg}\cdot\nabla S-\{B\cdot\Gamma(\theta)+D\cdot f^4\}S,$$

$$\theta>90°$$

数および方向別に時間に関して積分する方法で行われる。

ここで，AとBはそれぞれ線形的および指数的成長率，Dは減衰係数，Γ(θ)は方向分布関数であり，θは風向の方向から測った成分波の方向である。

計算領域は(Fig. 12)以降の図と同じで，格子間隔は50km，タイムステップは1時間とした。

5.3 計算結果(1) 台風8712号の場合

海上風モデルで計算したブイ 22001地点の風の推算値と観測値の比較を(Fig. 10)に示す。ブイの風速計高度は水面上約8mであるから，観測風速は20m高度の値に調整してある。この図で，観測値の最大が30日9時の44m／sであるのに対して推算風は35m／sで，やや小さい値となっているが，全体的に見れば推算風は風向，風速とも観測値とよく一致している。

ブイ 22001地点における波高と周期の推算値と観測値の比較を(Fig. 11)に示す。この図で，8月27日から28日前半までの約36時間は不自然な初期条件の影響が残っているので捨て去らねばならない。28日後半以降を見ると，波高，周期とも推算値と観測値が合理的な一致を示しており，推算された有義波高の最大値13.1m(13.0sec) は観測値12.3m(12.1sec) に近い値である。詳細に見ると，波高の時間的変化は観測値が急激な発達と減衰を示しているのに対して，推算値の変化は緩やかである。これは推算モデルの時間的，空間的分解能が粗いことによる。

(Fig. 12)は台風がブイ地点に接近した30日9時の有義波高と波向きの分布であるが，台風中心の北東数10kmの所に波高13.1mが見られ，波向きは南東から北西に向いている。

各格子点について，計算期間中の最大の波高を(Fig. 13)に示す。波高13mの等値線を見ると，台風経路の右側に沿って約70kmの幅で帯状に伸びており，ちょうど長崎県に行きあたる形になっている。九州の中でも長崎県に集中して甚大な沿岸災害が生じたのはこの高波域の効果にほかならない。

5.4 計算結果(2) 1987年2月2～4日の場合

冬季の季節風による東中国海の高波の挙動を解明するため，1例として1987年2月2～4日の場合の波浪推算を行った。

ブイ地点における有義波高，周期，海上風の推算値，および有義波高の観測値を(Fig. 14)に示す。推算値では3日15時に最大風速22m／s(NW)が現われており，19時30分に最大の有義波高6.26m(11.3sec) に達している。これに比べて，観測値の最大は21時の 7.8m(10sec) であり，推算値よりやや大きい。また観測値では2日12時頃突

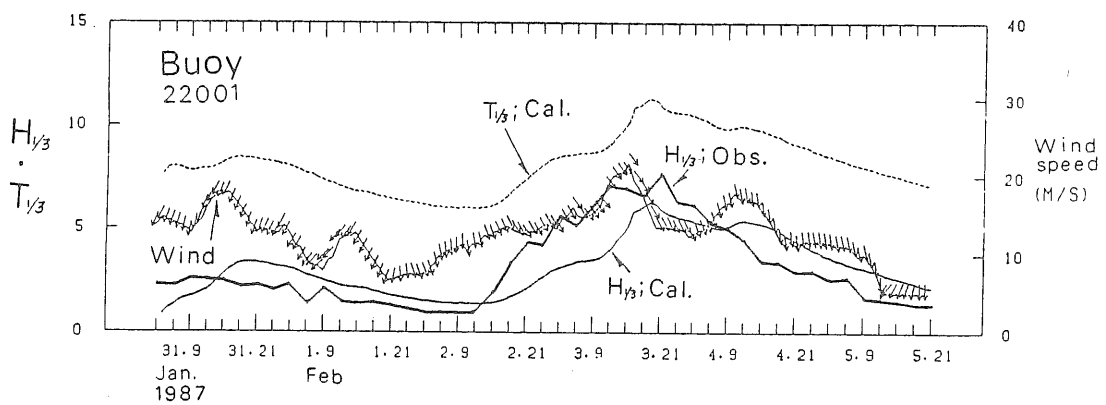


Fig. 14 Comparison of significant wave heights estimated at Buoy No. 22001 with the observations during the severe winter monsoon from 1st to 5th Feb. 1987. Estimated significant wave periods and winds are also shown in the figure.

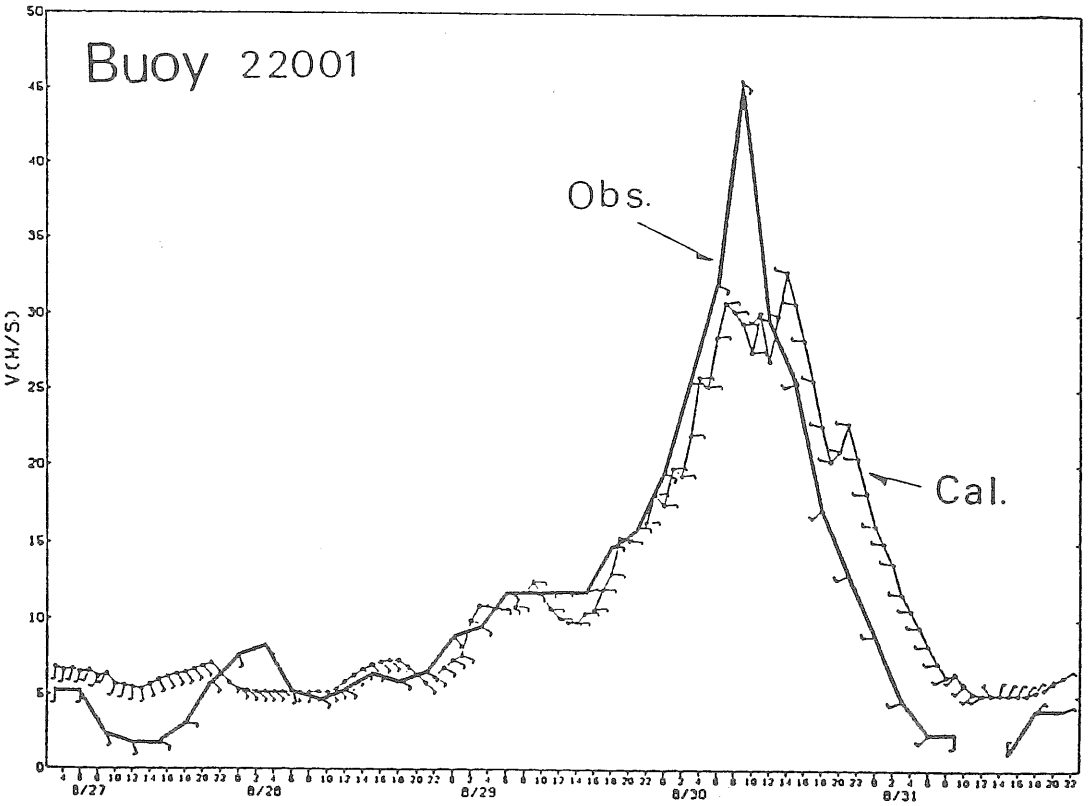


Fig. 10 Comparisons of wind speeds and directions estimated at Buoy No. No. 22001 with the observations during the passage of Typhoon 8712 (Dinah). Observed wind speeds are adjusted to 20m – height.

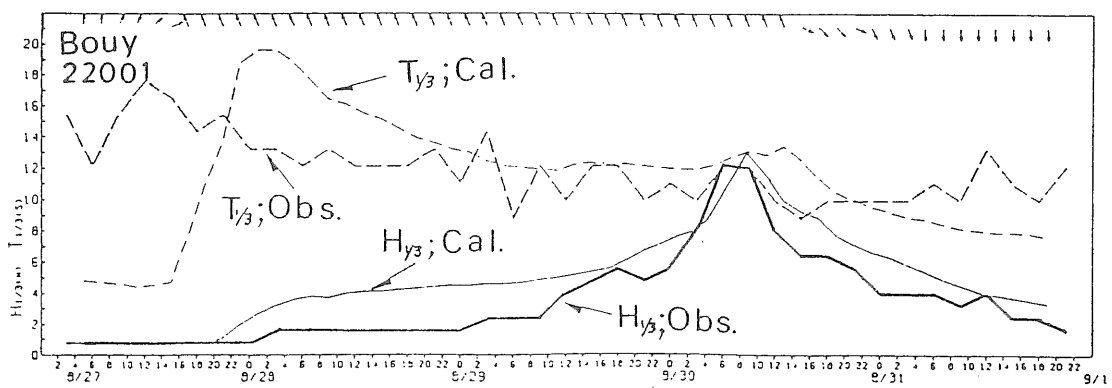


Fig. 11 Comparisons of significant wave height and wave perids estimated at Buoy No. 22001 with the observations during the passage of Typhoon 8712 (Dinah)

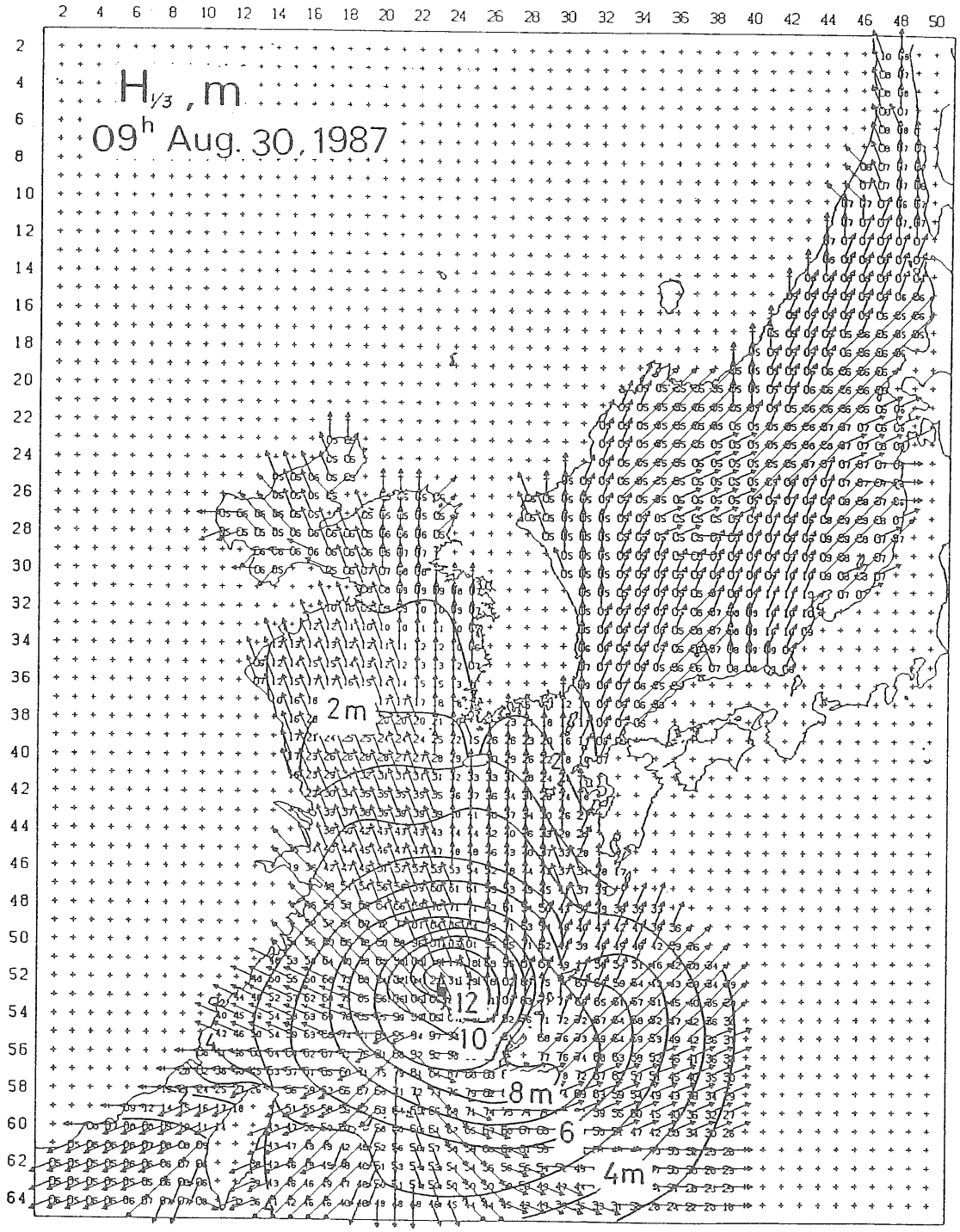


Fig. 12 Distribution of significant wave heights and wave directions estimated at 9h Aug. 30, 1987 when the Typhoon 8712 (Dinah) is situated near the Buoy.

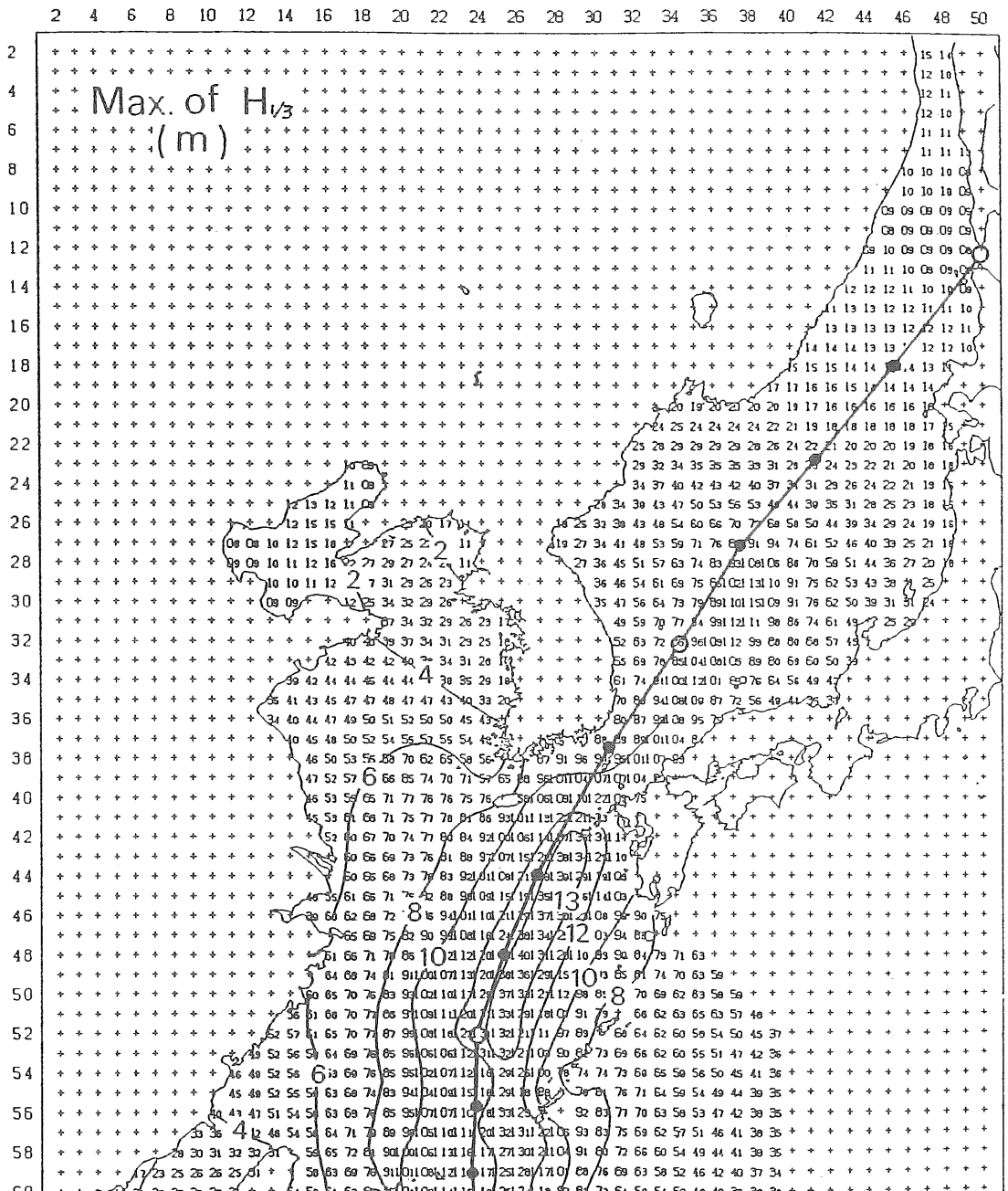


Fig. 13 Distribution of maximum significant wave heights estimated at respective grid points during the passage of Typhoon 8712 (Dinah).

然的に急速に波が高まっているが，推算波高の発達は緩やかである。このような差異があるにしても推算値は観測値を近似的に表現していると言えよう。

２月４日00時の波高と波向の分布を(Fig. 15)に示す。東中国海の中央部に有義波高６ｍの高波域があり，波向は北北西から南南東に向いている。南部では波が放射状に広がって伝播する様子が見られる。

日本海西部には波高６ｍの別系統の高波域があって波向は北から南に向いている。対馬海峡周辺はこれらの２つの系統の高波の影響を受け，複雑な荒れた海面状態を呈することが想像される。奄美大島と沖縄本島の風下側に低波高域が見られる。

計算で得られた各格子点における最大の有義波高の分布を(Fig. 16)に示す。東中国海中央部に７ｍの高波域が見られ，北西から南東方向に伸びている。一方，日本海西部には８ｍの高波域があり，南に伸びて九州北部の海岸に襲来している様子がうかがえる。

６．結　論

海洋気象ブイおよび沿岸波浪計の観測値の解析から次の特性が明らかになった。

(1)　冬季には季節風による高波が卓越し，８月および10月，11月には台風による高波が卓越する。前者の波向は北西から南東に向かい，後者では南西から北東に向かう。

(2)　従って，海岸における観測では島の遮蔽効果を受けて北側と南側の海岸で気候学的特性が異なる。北側では冬季に波が高く夏季に穏やか，南側では８月および10月，11月に波が高く冬季に穏やかである。この遮蔽効果のために，平均波高はブイに比べて海岸の方が60～70ｃｍくらい低い。

(3)　波形勾配は比較的急峻である。

(4)　ブイで観測した異常な高波は東中国海の西部を北上する台風によって起こるものが多く，最大値は台風8613(Vera)に伴った17.8mである。冬季の季節風による高波の記録は1987年２月３日の 7.8mであった。

異常な高波の２例について数値シミュレーションによって東中国海全域の波浪の挙動を調べ，次の知見を得た。

(1)　台風の進路に沿って右側に高波域が帯状に分布する。

(2)　冬季の季節風による波浪は東中国海中央部で高く，南下すると波高は減ずる。日本海西部の高波が対馬海峡を通して東中国海に影響をおよぼしている。

以上で指摘した東中国海の波浪特性に関する知見は漁船の安全対策，大陸棚開発，漁港等沿岸施設の防災に有効に活用されるであろう。

参考文献

1)　気象庁（1978～1988）：気象庁海洋気象ブイロボット観測資料，第１号～第11号

2)　気象庁（1978～1988）：気象庁波浪観測資料第１号～第11号

3)　高橋，他（1972～1981）：波浪に関する拠点観測年報，昭和45年～昭和54年港湾技研資料 Nos. 137, 158, 178, 209, 233, 258, 286, 311, 332, 373

4)　高橋，他（1982～1983）：沿岸波浪観測年報，昭和55年～昭和56年港湾技研資料 Nos. 417, 445

Fig. 15 Distribution of significant wave heights and wave directions estimated at 00h Feb. 4, 1987.

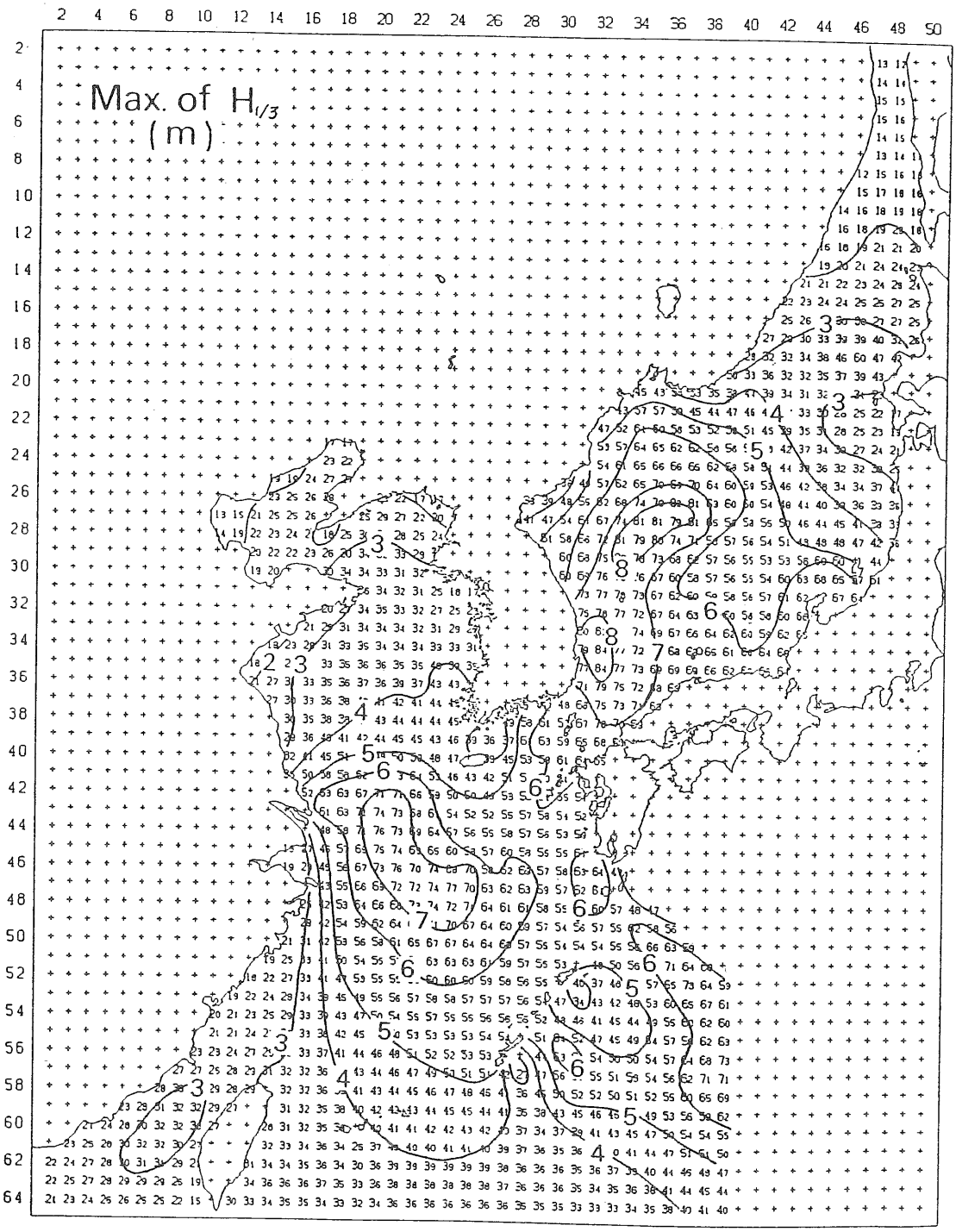


Fig. 16 Distribution of maximum significant wave heights estimated at respective grid point during the severe winter monsoon from 1st to 5th Feb. 1987.

5) 菅原, 他 (1984～1986) : 沿岸波浪観測年報, 昭和57年～昭和59年港湾技研資料Nos. 480, 517, 545

6) 小舟, 他 (1987～1989) : 沿岸波浪観測年報, 1987年～1989港湾技研資料 Nos. 574, 612, 642

7) 長野, 他 (1989) : 1987年12号台風による沿岸災害の概要沿岸海洋研究ノート, 27(1), 11～20

8) Cardone, V. J. (1969):Specification of the wind distribution in the marine boundary layer for wave forecasting. New York Univ. School of Eng. and Sci., Rept. GSL-TR69-1, 131p

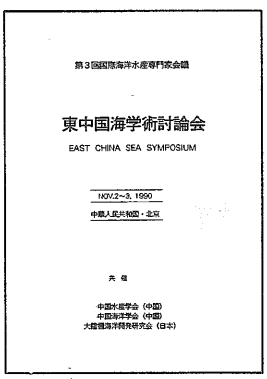
9) 磯崎・宇治(1974): 海上風数値モデルの波浪予報への応用気象研究所研究報告, 25, 197～231

10) Isozaki, I. and T. Uji(1973): Numerical prediction of ocean waves. Papers in Meteorol. and Geophy., 24, 207-232

11) Pierson, W. J. and L. Moskowitz (1964): A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S. A Kitaigorodskii, J. Geophy. Res. 69, 5181～5190.

東中国海の海洋水産専門家が一堂に執筆

第３回国際海洋水産専門家会議
『東中国海学術討論会』
(EAST CHINA SEA SYMPOSIUM)
大陸棚海洋開発研究会編



【特　長】
●東シナ海の水産資源と環境特性について33編を掲載
●全文中国語（日本・韓国両国専門家の論文については日本語を併記）
●東シナ海の水産資源、漁業、赤潮、環境汚染、気象など、多角的に言及

B5判 260頁
定価 5000円（本体4850円）

【お問い合わせ】　編集発行　大陸棚海洋開発研究会　TEL 03(3481)6989, FAX 03(3481)6295
〒150 東京都渋谷区宇田川町37－13　スリーエスビル3F

【編集後記】

◆日韓トンネル研究会が発足して、早や満9年になる。当初、手探りの状態であったものが、日韓、中国、旧ソ連極東地域を取り巻く政治経済状況の一変、そのなかでも、とりわけ環日本海経済圏構想の浮上など、にわかに本プロジェクトも脚光を浴びるようになった。かつて唱えられていた環太平洋経済圏構想も、その思想的バックボーンの欠如により関心が示されなくなった。

◆それに変わる構想として、東北アジア経済圏構想が登場してきた。今回、誌面にも紹介する「東北アジア経済圏の長期的最適成長に資するアジア高速道路網」と題した研究論文がある。それによると、東北アジアの各国を均等発展させることよりも、むしろハーシュマン型の不均等発展方策を採用。それによって、当該地域の経済を早期に離陸（take－off）することが望ましいと述べている。

◆バブル経済の崩壊によって、内需の不振をもたらし、経常収支で大幅黒字を計上しようという今日のわが国。再び批判の矢面に立たされそうである。その解決策としても東北アジアの発展は重要である。投機的に使われてきた多額の余剰資金を今こそ、アジア高速道路網のような世界的なインフラストラクチャーへの実物的資本財建設へ用いる時代でもあるようだ。（M・H）

【広告目次】

- 国際ハイウェイ建設事業団　表紙－2
- ケイアンドケイ工業㈱　PR－1
- ㈱一成クリエイト　P－69
- 一成綜合建設㈱　P－83
- ㈱一和　P－83
- 日本シールドエンジニアリング㈱　PR－2
- サンコーコンサルタント㈱　PR－2
- 日本工営㈱　表紙－3
- 東亜建設工業　表紙－3
- ㈱ハッピーワールド　表紙－4

【事務局よりお知らせ】

国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル研究会の第10回通常総会が、6月15日（月）東京・千代田区半蔵門のダイヤモンドホテルで開催されることとなりました。今年度は特別企画として、「東北アジアの将来と国際ハイウェイ・日韓トンネルの役割」と題した日韓中シンポジウムを予定しています。皆様のご参加を心よりお待ちしています。

『日韓トンネル研究』編集委員会

編集委員長
佐久田昌昭（日本大学教授）

編集委員
大塚　茂（日本工業技術振興協会理事）
宮崎　政三（日本物理探鑛㈱技術顧問）
久保村圭助（芝浦工業大学教授）
村上　良丸（日本シールドエンジニアリング㈱常任顧問）
彦坂　繁雄（三洋水路測量㈱常任顧問）

日韓トンネル研究

第12号 1992年（No.12－1992）
1992年3月20日発行

編集発行：国際ハイウェイプロジェクト
日韓トンネル研究会
監　　修：財団法人　亜細亜技術協力会
日韓トンネル研究専門委員会
発 行 者：佐々保雄
製作印刷：㈱ユニバーサル企画

©無断転載を禁ず

会員頒布：非会員 2,000円（送料別）
事 務 局：東京都渋谷区宇田川町37－13
〒150　スリーエスビル1F
TEL. 03（3481）6977
FAX. 03（3481）6295
振込口座：三菱銀行渋谷支店
普通口座 5986474
郵便振替：東京8－143133
日韓トンネル研究会