

国際協力事業団
中華人民共和国
上海市 科学技術委員会

上海浦東国際空港基本計画調査

最終報告書

1995年8月

JICA LIBRARY

J 1126058(5)

日本工営株式会社
株式会社日建設計

社調一

CR(2)

95-103



1126058 [5]

国際協力事業団
中華人民共和国
上海市 科学技術委員会

上海浦東国際空港基本計画調査

最終報告書

1995年8月

日本工営株式会社
株式会社日建設計

通貨換算率 (1995.1.30)

1元=12.12円

100円= 8.25元

序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国の上海市浦東国際空港基本計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団が、この調査を実施いたしました。

当事業団は、平成6年7月から平成7年6月までの間3回にわたり、日本工営（株）の佐伯登志夫氏を団長とし、日本工営（株）及び（株）日建設計から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、中国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つものを願うものです。

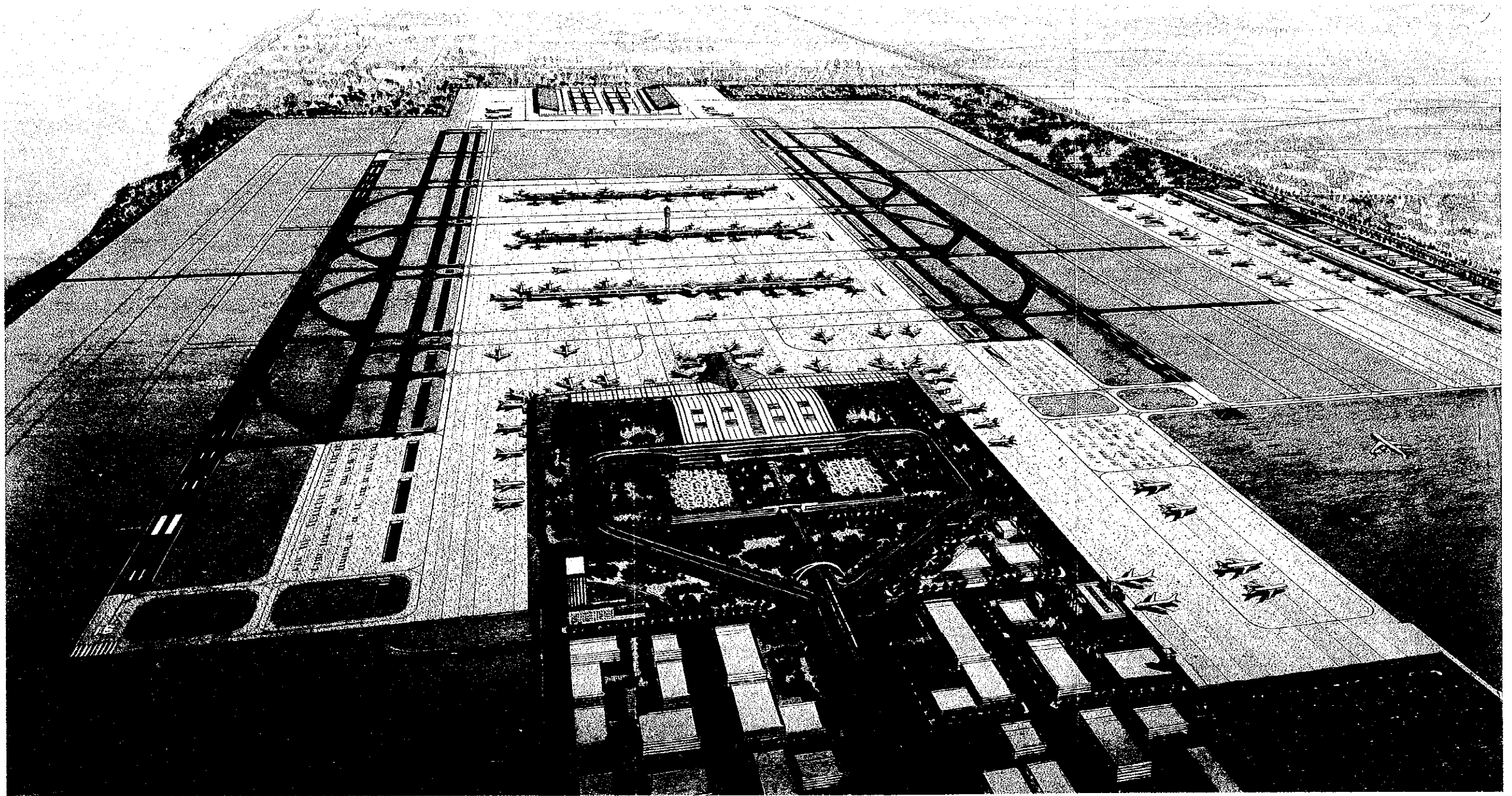
終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成7年8月

国際協力事業団

総裁

藤田 公郎



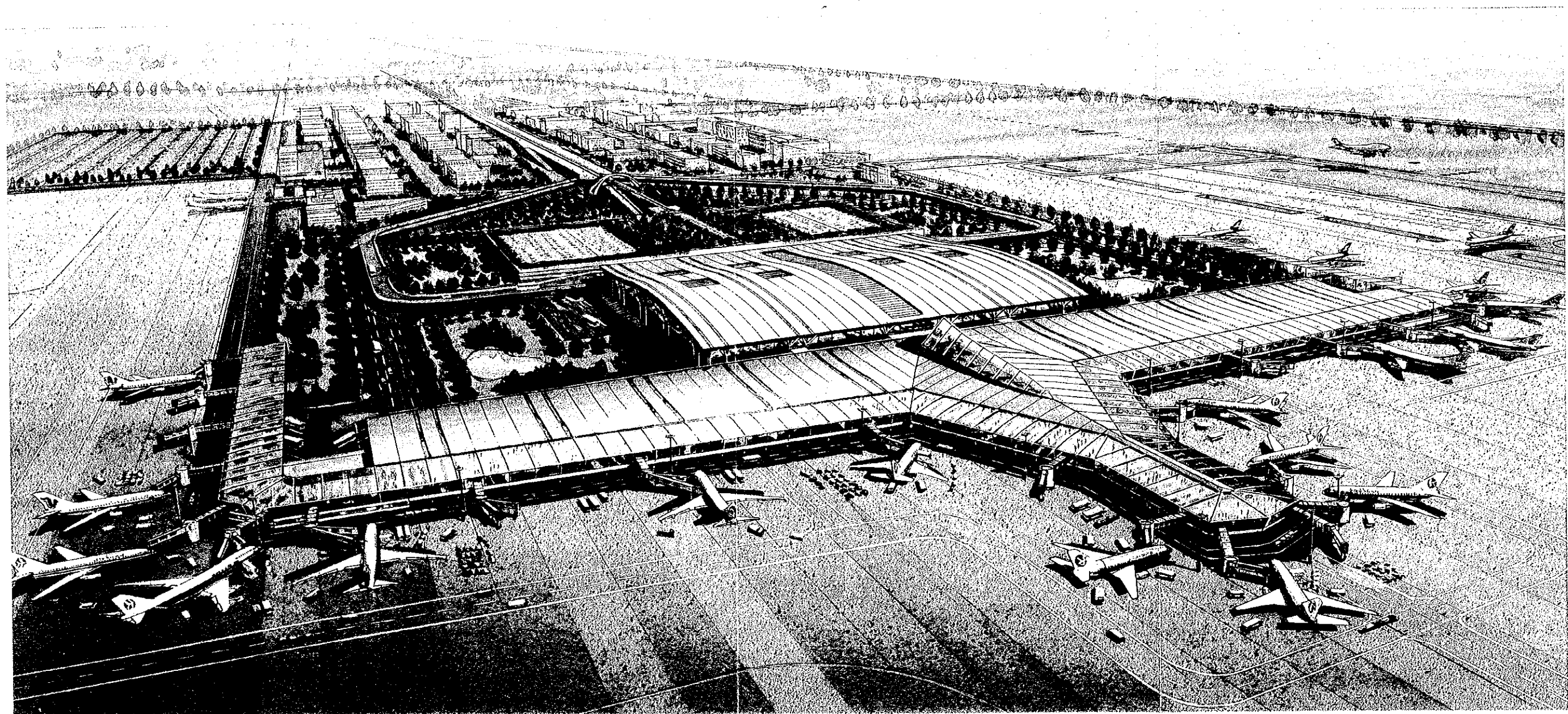
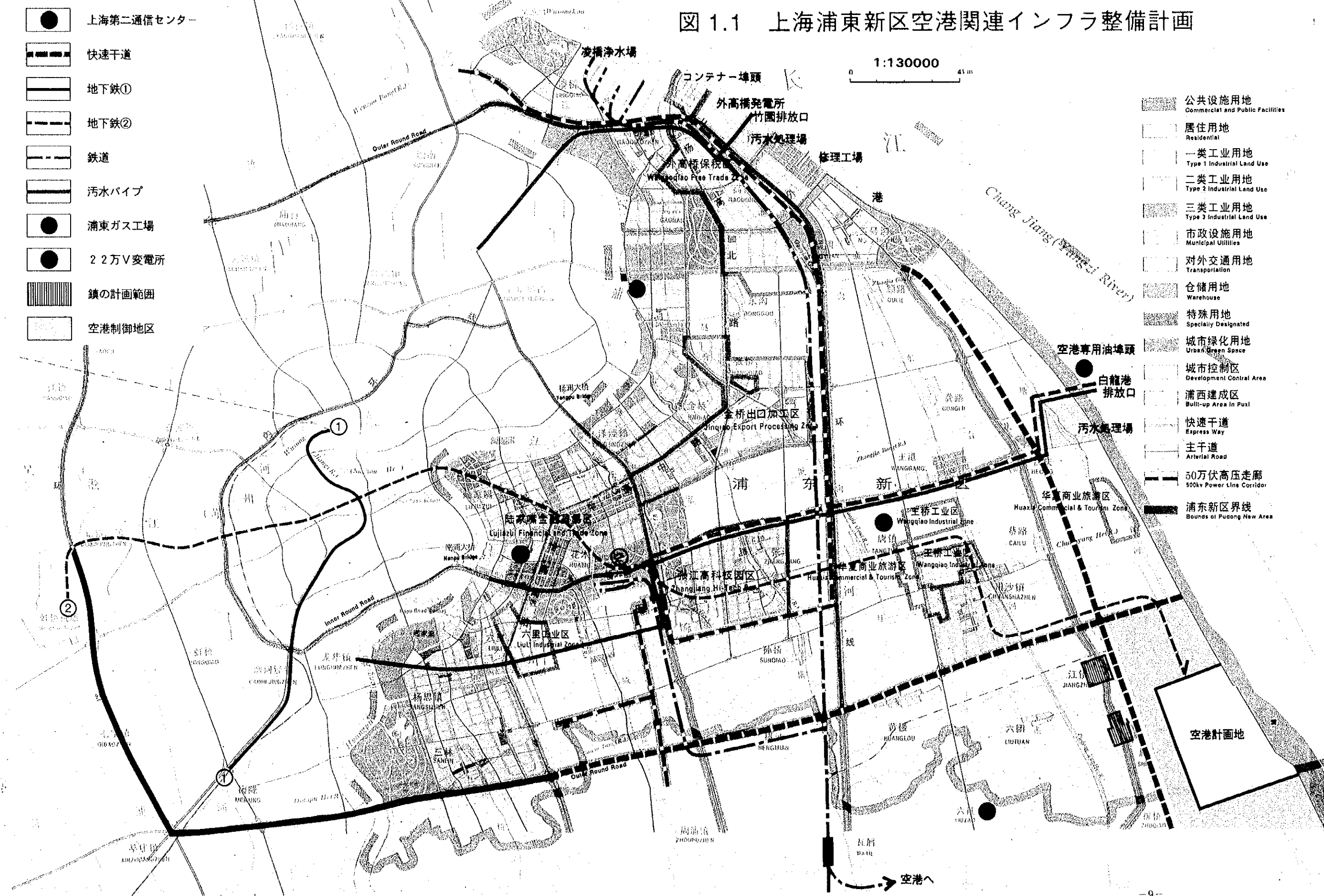


図 1.1 上海浦東新区空港関連インフラ整備計画



- 上海第二通信センター
- ▬ 快速干道
- ▬ 地下鉄①
- ▬ 地下鉄②
- ▬ 鉄道
- ▬ 污水パイプ
- 浦東ガス工場
- 22万V変電所
- ▬ 鎮の計画範囲
- ▬ 空港制御地区

- 公共施設用地
Commercial and Public Facilities
- 居住用地
Residential
- 一类工業用地
Type 1 Industrial Land Use
- 二类工業用地
Type 2 Industrial Land Use
- 三类工業用地
Type 3 Industrial Land Use
- 市政施設用地
Municipal Utilities
- 対外交通用地
Transportation
- 倉庫用地
Warehouse
- 特殊用地
Specialty Designated
- 城市緑化用地
Urban Green Space
- 城市制御区
Development Control Area
- 浦西建成区
Built-up Area in Pudong
- 快速干道
Express Way
- 主干道
Arterial Road
- 50万伏高压走廊
500kv Power Line Corridor
- 浦東新区界线
Bounds of Pudong New Area

最終報告書 目次

序章 調査結果の概要	1
1. 調査の背景	1
2. 調査の目的と範囲	1
2.1 調査の目的	1
2.2 調査の範囲	2
2.3 調査対象地域	2
3. 調査団の構成	2
4. 調査結果	4
第 I 編 現状分析	
第 1 章 関連開発計画	7
第 2 章 航空輸送実績	11
2.1 航空旅客数	11
2.2 航空貨物量	14
第 3 章 自然条件調査	16
3.1 地勢・地形	16
3.2 風向・風速	19
3.3 雲高・視程	27
3.4 水文	29
3.5 その他の気象	35
3.6 地震	37
3.7 地質および土質	39
3.8 地下水位	53
第 4 章 現空港の現況	54
4.1 現空港施設概要	54
4.2 土木施設	54
4.3 ターミナル施設	57
4.4 航空保安施設	60
4.5 供給処理施設	67
4.6 維持、管理、運営	72
第 5 章 新空港予定地の評価	73
5.1 新空港決定の経緯	73
5.2 社会的条件	74
5.3 自然条件	75
5.4 空域条件	77
5.5 総合評価	79

第II編 開発基本計画マスタープラン

第1章	計画基礎条件	85
第2章	需要分析	86
2.1	予測作業の概要	86
2.2	旅客需要の予測	88
2.3	貨物需要の予測	94
2.4	離着陸回数	97
2.5	需要予測結果	99
第3章	機能分担の設定	101
3.1	機能分担の前提条件	101
3.2	機能分担の種類と特徴	101
3.3	機能分担の方針	103
3.4	機能分担案	103
第4章	長期整備方針	109
4.1	計画の基本理念	109
4.2	空港の位置付け	110
4.3	計画目標年次と計画規模	110
第5章	空域利用／運航計画	112
5.1	中国案の照査・検討	112
5.2	空域利用計画の基本方針	114
5.3	航空交通量の処理計画	115
5.4	空域の設定	117
5.5	航法施設の配置	119
5.6	出発及び到着方式	121
5.7	計器着陸方式	122
5.8	就航率	125
第6章	建設代替案の検討	126
6.1	滑走路方位の検討	126
6.2	滑走路配置	131
6.3	ターミナルコンセプト	141
6.4	ゾーニング	153
6.5	ターミナル地区計画	156
6.6	施設レイアウト	163
第7章	予備的概略設計	166
7.1	エプロンスポット配置	166
7.2	土木施設計画	170
7.3	ターミナル施設計画	198
7.4	航空保安施設計画	222
7.5	供給処理施設計画	232

第8章	空港周辺開発計画	247
8.1	空港周辺地域の位置づけ及び開発方針	247
8.2	機能導入メニュー	248
8.3	周辺開発計画案	250
第9章	事業化計画	255
9.1	概略工事費	255
9.2	事業実施計画	257
9.3	概略経済・財務分析	261
9.4	事業評価及び優先プロジェクトの選定	266
第Ⅲ編	環境配慮	
第1章	環境配慮の方法	269
1.1	環境関連法規	269
1.2	環境影響評価の手順	270
1.3	環境影響要因と環境対象項目	270
第2章	環境予備調査(IEE)	276
2.1	空港予定地周辺環境現況調査	276
2.2	スクリーニング、スコーピングの結果	281
2.3	住民移転	285
第3章	環境影響評価(EIA)	290
3.1	自然生態への影響	290
3.2	社会環境への影響	292
3.3	大気汚染予測	295
3.4	航空騒音予測	303
3.5	水質汚濁予測	312
3.6	廃棄物予測	313
3.7	住民移転	313
第4章	総合的環境評価	315
第Ⅳ編	第1期計画	
第1章	計画の条件の設定	317
1.1	整備方針	317
1.2	需要予測	317
1.3	機能分担	317
1.4	空域/運航計画	318
第2章	施設計画	328
2.1	施設規模の設定	328
2.2	施設レイアウト	332

第3章 概略設計	335
3.1 土木施設計画	335
3.2 ターミナル施設計画	350
3.3 航空保安施設計画	371
3.4 供給処理施設計画	400
第4章 空港維持・管理・運営計画	406
4.1 概要	406
4.2 建設段階	406
4.3 空港運用段階	407
第5章 施工計画	410
5.1 仮排水計画	410
5.2 工事用道路計画	410
5.3 掘削計画	410
5.4 資機材計画	410
5.5 総合建設工程	412
第6章 概略事業費の積算	415
6.1 単価の設定	415
6.2 工事数量	415
6.3 施設別工事費および事業費	415
第7章 経済・財務分析	418
7.1 分析条件の設定	418
7.2 財務分析	420
7.3 経済分析	432
第V編 総合評価及び提言	
第1章 総合評価	439
第2章 提言	441
添付 事業実施計画	
1. プロジェクトの背景	445
2. プロジェクトの目的	445
3. 事業主体	445
4. 全体工事費	445
5. 実施作業	446
6. 実施工程	447
添付資料	
中国側需要分析に対する検証	449

航空関係用語解説

ACC (Area Control Center)

航空路管制機関のことで、管轄する管制空域内を飛行する航空機に対して、航空路管制業務、進入管制業務等を実施する機関である。

AGT (Automated Guideway Transportation System)

旅客輸送システムのこと。

AIP (Aeronautical Information Publication)

航空路誌のことで、国が発行する出版物であり航空機の運航のために必要な恒久的情報を収録する。

ASR (Airport Surveillance Radar)

空港監視レーダーのことで、出発・進入機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等ターミナルレーダー管制業務に使用される。

ARSR (Air Route Surveillance Radar)

航空路監視レーダーのことで、レーダーサイトから約370km以内の空域にある航空機の位置を探知し、航空機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等レーダーを使用した航空路管制業務に使用される。

CIQ (Customs・Immigration Quarantine)

税関業務・出入国管理業務・検疫業務のことで国際線が離発着する空港には必ず置かれている。

DME (Distance Measuring Equipment)

距離情報提供装置のことで、電波の伝搬速度が一定であることを利用し、時間的経過から地上局までの距離を連続測定できる。

FANS (Future Air Navigation System)

衛星及びデジタル通信技術を中核とした新しい航空交通管理システムである。

FIR (Flight Information Region)

飛行情報区のことで、各国が航空交通業務を担当する区域を示、ICAOで決定される。

GSE (Ground Service Equipment)

地上支援車輛のこと。

IATA (International Air Transport Association)

国際航空運送協会のことで、1945年、各国定期国際航空会社を会員として結成された

団体である。

ICAO (International Civil Aviation Organization)

国際民間航空機関のことで、1944年の国際民間航空条約（シカゴ条約）に基づいて設立された国連の専門機関の一つである。

ILS (Instrument Landing System)

計器着陸装置のことで、着陸する航空機に対して空港に設置されたILS地上施設から、進入方向と降下経路を示す二種類の誘導電波を発射し、所定のコースにそった安全な着陸を可能とする着陸援助施設である。

LOM (Locator)

アウターマーカー上に設置させるロケータのことである。

NDB (Non Directional Radio Beacon)

無指向性無線標識施設のことで、航空路の要所又は空港に設置される。中長波帯の無指向性電波を発射し、航空機上で方向を探知できるようにする施設である。

R/W (Runway)

滑走路のこと。

SID (Standard Instrument Departure)

標準計器出発方式のことで各滑走路から離陸して航空路に合流するまでの方式である。

SSR (Secondary Surveillance Radar)

二次監視レーダーのことで、ARSRまたはASRと組み合わせて使用する。

STAR (Standard Terminal Arrival Route)

標準到着経路のことで航空路から計器進入方式のアプローチ・フィックスに至るまでを定めた経路である。

T/W (Taxiway)

誘導路のこと。

TMA (Terminal Control Area)

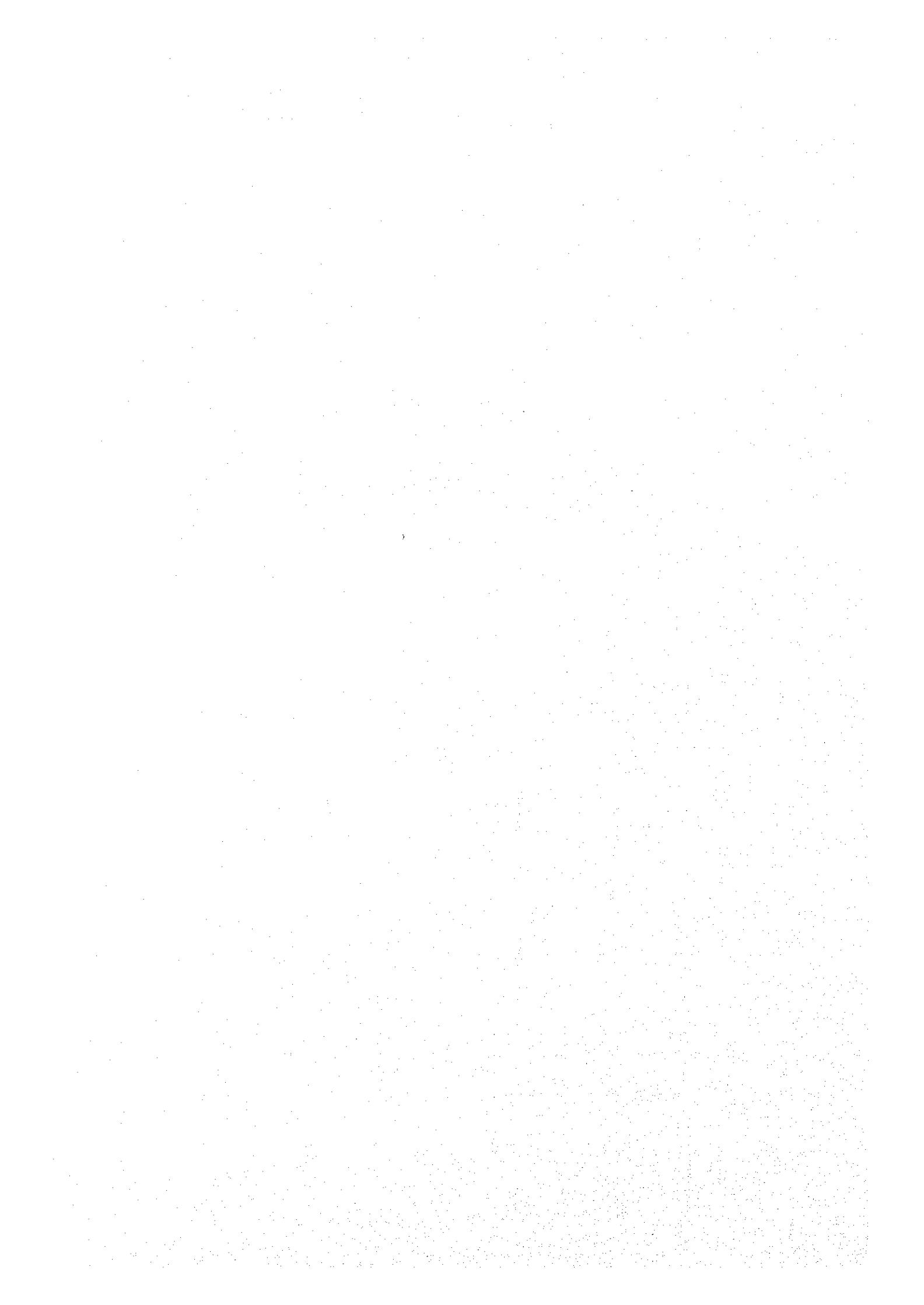
ターミナルレーダー管制の空域（進入管制区）のことで航空機の安全確保が図られる。

VOR (VHF Omnidirectional Radio Range)

超短波全方向式無線標識施設のことで、超短波を用いて有効到達距離内のすべての航空機に対し、VOR施設からの磁北に対する方位を連続的に支持することができる。

序章

調査結果の概要



1. 調査の背景

中国政府は「体制は堅持、経済は改革開放」という路線を掲げて、経済改革と対外開放路線を強力に押し進めるため、「市場経済」を発展させてきた。一方、上海市は人口1,300万人を有する中国屈指の都市で、19世紀以降中国の経済をリードしてきたが、近年、過度の人口集中、産業構造のアンバランス、都市インフラ施設の不備など、さまざまな問題を抱え、他の沿海部の都市の成長に反し、国内での経済的地位が相対的に低下するようになった。このため、上海市政府は上海を再生させることを目的とした「浦東開発」の方針を打ち出し、1986年、中央政府により「中国十大経済建設」の最上位にランクづけされるに至っている。また、上海市が市場経済へと発展をとげるためには輸送及びエネルギーの改革が最重要であるとし、新空港建設は浦東開発計画の中でも最上位に位置付けられている。

これは、社会主義市場経済の推進と一層の改革解放に伴い、現空港の貨客輸送は急速に増大し、特に最近の数年間の伸び率は年率25%にも達しているため、現空港の拡張計画をもってしても早い時期に対応できなくなることが予想され、複数の空港で航空輸送を分担してゆくことが必要であると判断したことによる。このような複数の空港による航空輸送の分担は上海の人口規模、都市規模から考えても、世界の大都市の趨勢である。

この結果、新空港の建設にかかわるマスタープランの作成および選定された優先プロジェクトに対するフィージビリティスタディを、日本政府の支援のもとに実施することとなった。

2. 調査の目的と範囲

2.1 調査の目的

本調査は上海虹橋国際空港（現空港）と機能分担しうる上海浦東国際空港（新空港）の空港施設を対象として、

- ① マスタープランの策定（目標年次2020年）
- ② 優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査（目標年次2005年）

を実施することを目的とする。

なお、調査業務を通じて中国側カウンターパートに対し技術移転を図ることも本調査の重要な目的の1つである。特に空港の巨大性に対応できる施設とするための計画論、軟弱地盤対策、施設の運用・維持管理面等についてのノウハウの移転に努める。

2.2 調査の範囲

本件調査は1994年2月2日に日中政府間で合意された実施細則及び協議議事録に基づき、現地における中国側関係者との協議を通じて新空港のマスタープランを策定し、事業評価の結果選定された優先プロジェクトに対して、フィージビリティ調査として最適な施設の概略設計を行ない、新空港の基本計画案を作成する。

2.3 調査対象地域

上海虹橋国際空港、新空港建設予定地及びそれら周辺地域

3. 調査団の構成

調査団は、11名の専門家により構成されており、中国側より選出されたカウンターパートと協力して作業を実施した。

なお、JICAによって構成された本調査の実施に関するアドバイスを行なう調査作業監理委員会の構成メンバーは下記のとおりである。

総括	岩見 宜春	運輸省航空局飛行場部建設課 市場アクセス推進室長 (人事異動のため 月 日付で渡辺氏に交代)
	渡辺 正道	運輸省航空局飛行場部建設課 市場アクセス推進室長
空港施設計画	三上 圭一	運輸省航空局飛行場部建設課 専門官
航空保安施設	鈴木 正一	運輸省航空局管制保安部無線課 品質管理係長
空域利用/ 航空管制計画	奥 啓永	運輸省航空局管制保安部空域調整整備室 管制調査官
管理・運営計画	長谷川 武	運輸省航空局飛行場部計画課 専門官

また、中国側指導グループのメンバーは下記のとおりである。

徐貫華	上海市科学技术委员会	副主任
張惠民	上海市计划委员会	副主任
凌保杰	上海市交通办公室	副主任
譚企坤	上海市建设委员会	副主任
夏麗卿	上海市城市规划管理局	局長
黃奇帆	上海市浦东新区管理委员会	副主任
刘观昌	华东民航管理局	副局长

調査団の編成は次に示すとおりである。

- (1) 日本国側調査団 : 日本工営株式会社 共同企業体
株式会社 日建設計

佐伯登志夫	総括	団長
是枝孝	空港計画／維持・管理・運営	団員
田村文重	航空管制／空域利用計画	団員
谷口友孝	航空保安施設	団員
劉武君	環境配慮	団員
福本和泰	経済・財務分析／需要予測	団員
棚橋栄次郎	自然条件／土木施設設計(1)	団員
石黒昌信	土木施設設計(2)	団員
赤司博之	建築設計	団員
橋浦良介	設備設計	団員
小林紳也	積算／施工計画	団員

- (2) 中国側の協力体制

中国側は、浦東国際空港建設準備所を設け、その下に専門家グループを編成して、本プロジェクトへの協力体制を敷いた。

上海浦東国際空港建設準備所：

主任：許澤成

副主任：陳振綱 尹承林 高全建

専門家グループ：

陳振綱	総括
尹承林	空港管理
高全建	空港計画
周繼选	空港計画、需要予測
哈治安	航空管制、空域利用
虞生荣	空港維持管理
李德	環境配慮、自然条件
王聡	都市計画
金忠民	都市計画
劉信义	財務分析、融資資金
李金良	設備、土木
管式勳	建築設計
朱曉煜	交通計画
魯民川	浦東新区都市計画

4. 調査結果

調査の結果をとりまとめると、以下のようになる。又、計画諸数値等は表－Iに示した。

- (1) 上海市が近代的国際都市へと生まれかわるためには、高規格な国際空港の建設は不可欠であり、改革開放を強力に押し進めるための必要条件である。
- (2) 上海と日本、韓国、他のアセアン諸国との距離はいずれも2,000km内外であり、アジアのハブ空港として理想的な場所である。
- (3) 上海市の航空輸送の近年の伸びは、年率約25%にも達し、将来の年間旅客数は2010年で4,000万人、2020年には7,500万人になると予想された。
- (4) この需要増に対応するため、浦東新区開発規模、及び上海市と同程度の人口を持つ世界の大都市の趨勢を考え、複数の空港で将来の航空輸送を分担してゆくことが必要である。
- (5) 新空港は上海市浦東新区の東南側、揚子江南岸に位置し、浦東新区都市施設に対する都市問題、特に航空機騒音の影響は小さい。また、予定地は浦東開発区周辺の田園地帯であるため、住民移転の問題は少ない。なお、現空港である虹橋空港とは直線距離で約40km離れており、両空港間の相互干渉はない。
- (6) 新空港予定地は、風、雨、霧、雷などの気象条件の上からは、大きな問題は無く、ウィンドカバレッジを諸外国のそれと比べても遜色はない。基礎地盤は揚子江デルタの堆積物から成っているが、細砂分が主なため残留沈下量は比較的小さく、プレロードによる地盤改良で、十分対応できる。
- (7) 新空港予定地は、地形的には障害物件となるようなものは無い。又、空域の設定については、現空港と分離することが十分に可能であるが、軍当局との調整が必要であろう。
- (8) 現空港と新空港の機能分担案は、前提条件の異なる典型的な案を提示したが、上海を核とする国際・国内航空ネットワークの現状と将来の見通し、中国国内航空会社の上海を中心とするネットワーク、現空港の能力限界、中国の航空行政上の政策、上海市の考え方、航空会社の営業戦略等、様々な要素について議論が進められ、多方面の関係者の意見を取り入れながら、供用開始時期までに決定されてゆくことになろう。

(9) 計画目標年次と計画規模

- 第1期計画 : 2005年の需要を計画目標として2000年前までに滑走路1本とそれに関連する施設を建設する。
- 第2期計画 : 2020年の需要を計画目標として2010年までにオープンパラレルの2(マスタープラン)本目の滑走路とこれに関連する施設を建設する。
- 将来計画 : 2本の平行滑走路の外側にクローズパラレルの3本目、4本目の滑走路とこれに関連する施設を建設する。

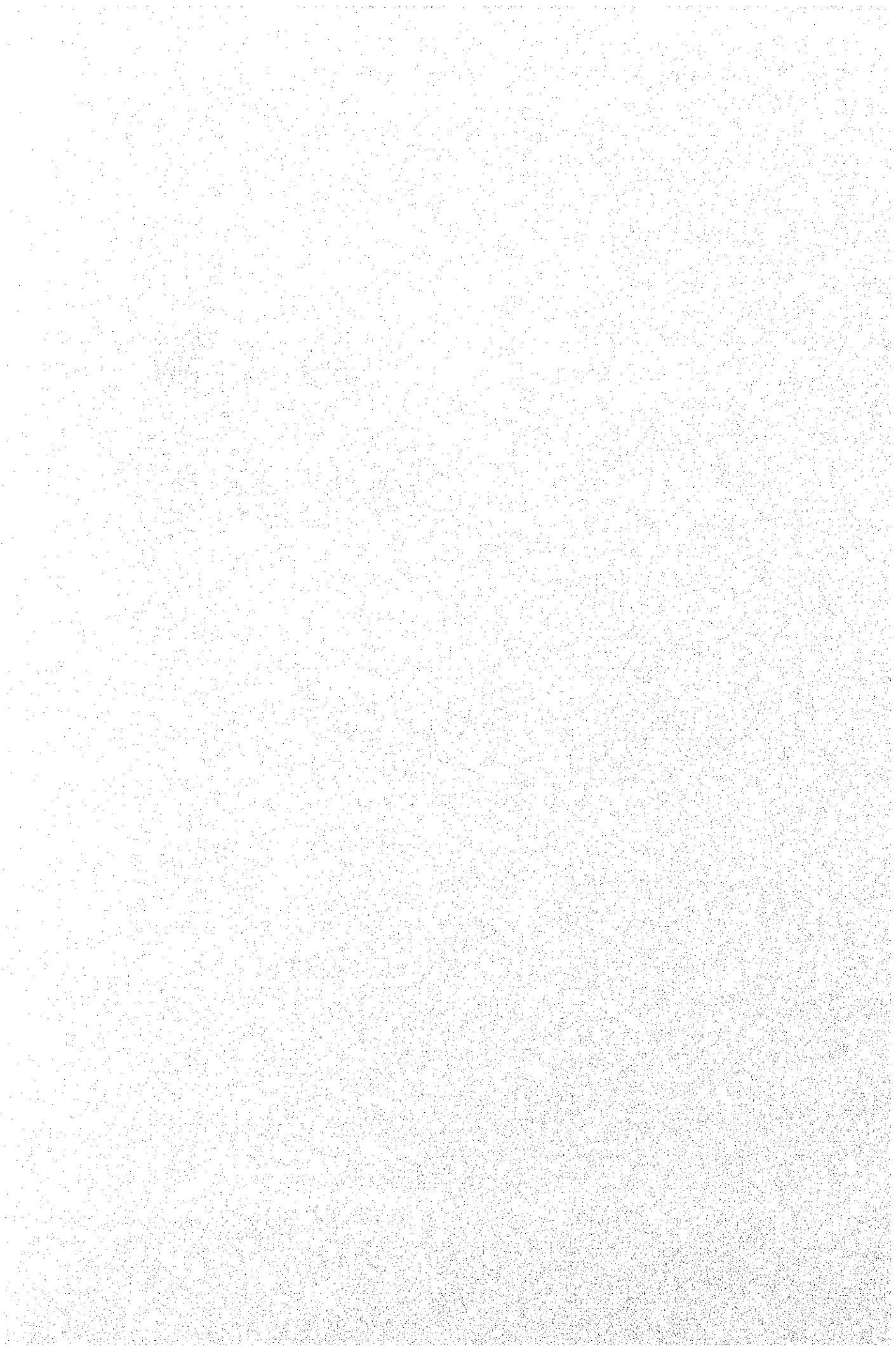
- (10) 滑走路配置は、施湾、江鎮の東側に郊外道路が計画されており、その東側で、かつ江鎮河、六火港河に挟まれた範囲に滑走路を設置することとし、真方位 162° と設定したが、実測地形図の上で、微調整することが必要である。
- (11) ターミナルは、集中ターミナル+サテライト方式、ユニットターミナル方式、大規模分散方式の三つのコンセプトを検討し、巨大ハブ空港に適した集中ターミナル+サテライト方式を選定した。
- (12) 空港施設設置については、北側を旅客地区、南側を整備地区、西側の郊外道路との間を貨物地区とし、旅客地区、貨物地区、整備地区が各々独立した拡張性を有するよう配置した。
- (13) 第1期計画の建設期間は、施工面積、工事数量および施工の順序を検討した結果、約4年の工期が必要となり、1996年より着工することができれば、2000年には完成することになる。
- (14) 予備費、エンジニアリング費用、用地費等を含んだ全体事業費は約370億元と見積もられた。その内訳は、外貨が1/3の110億元、内貨が約260億元である。又、第1期工事についての事業費は、約220億元、そのうち外貨分は70億元と見積もられた。
- (15) マスタープランにおけるEIRRは28.0%と非常に高い値を示したが、FIRRは7.4%であった。また第1期計画におけるEIRRは29.1%、FIRRは4.3%と、マスタープランとほぼ同様の傾向を示した。これはプロジェクトの経済効果は非常に高いが、プロジェクトを遂行してゆく上で財務的には若干苦しいことを示しており、政府などからの公的資金の導入が望まれる。

表-I 上海浦東国際空港施設概要表

No.	項目	単位	数量(規模) 2020年	数量(規模) 2005年	備考
1.	空港諸元 性格 位置 座標値 等級 使用機材 敷地面積	 級 ha	国際・国内併用 浦東揚子江河口岸 N 31° 09' E121° 48' 4E (4F) Fタイプ機材以下 2,500	国際・国内併用 浦東揚子江河口岸 N 31° 09' E121° 48' 4E B747-400以下 1,300	
2.	計画基礎数値 年間旅客数 ピーク時旅客数(片側) 年間離着陸回数 年間貨物取扱量	万人 人 万回 万トン	 5,000 11,250 { 国際: 6,647 国内: 4,603 25 265	 1,600 4,183 { 国際: 1,845 国内: 2,338 9 130	
3.	基本施設 滑走路(幅60m) 誘導路(幅30m) 旅客エプロン 貨物エプロン 整備エプロン	m " m ² " "	4,000m×4本 35,000 3,600,000 780,000 1,500,000	4,000m×2本 19,000 1,700,000 310,000 280,000	
4.	ターミナル施設 国際線旅客ターミナルビル 国内線 サテライト 特殊設備(F1, AGT, BH) 道路・駐車場 地下鉄施設 貨物施設 格納庫(大2+中1) 整備工場	m ² " " 式 m ² 式 m ² " "	245,000 159,000 255,000 1 350,000 1 268,000 35,000 15,000	154,000 99,000 85,000 1 250,000 1 139,000 35,000 10,000	
5.	航空保安施設 航空通信システム 航法システム 航空監視システム 保守情報処理システム 気象観測システム 管制塔 電源システム	 式	VHF音声/データ SSRモードSデータリンク GNSS, DVOR/DME, ILS SSRモードS, ASMGC スポットコントロール 監視・制御、自動計測、データリンク、保守・障害統計分析、プログラム管理・開発 ウィンドシア、雲高、視程等の観測 VFR室、スポット管理室 H=80m 1	VHF音声通信 DVOR/DME, ILS ASR/SSRモードA/C, ASDE スポットコントロール 監視・制御、自動計測、データリンク ウィンドシア、雲高、視程等の観測 VFR室、スポット管理室 H=80m 1	
6.	その他 消防・救難施設 供給処理施設 管理運営施設 情報通信施設	式 " " "	1 1 1 1	1 1 1 1	

第 I 編

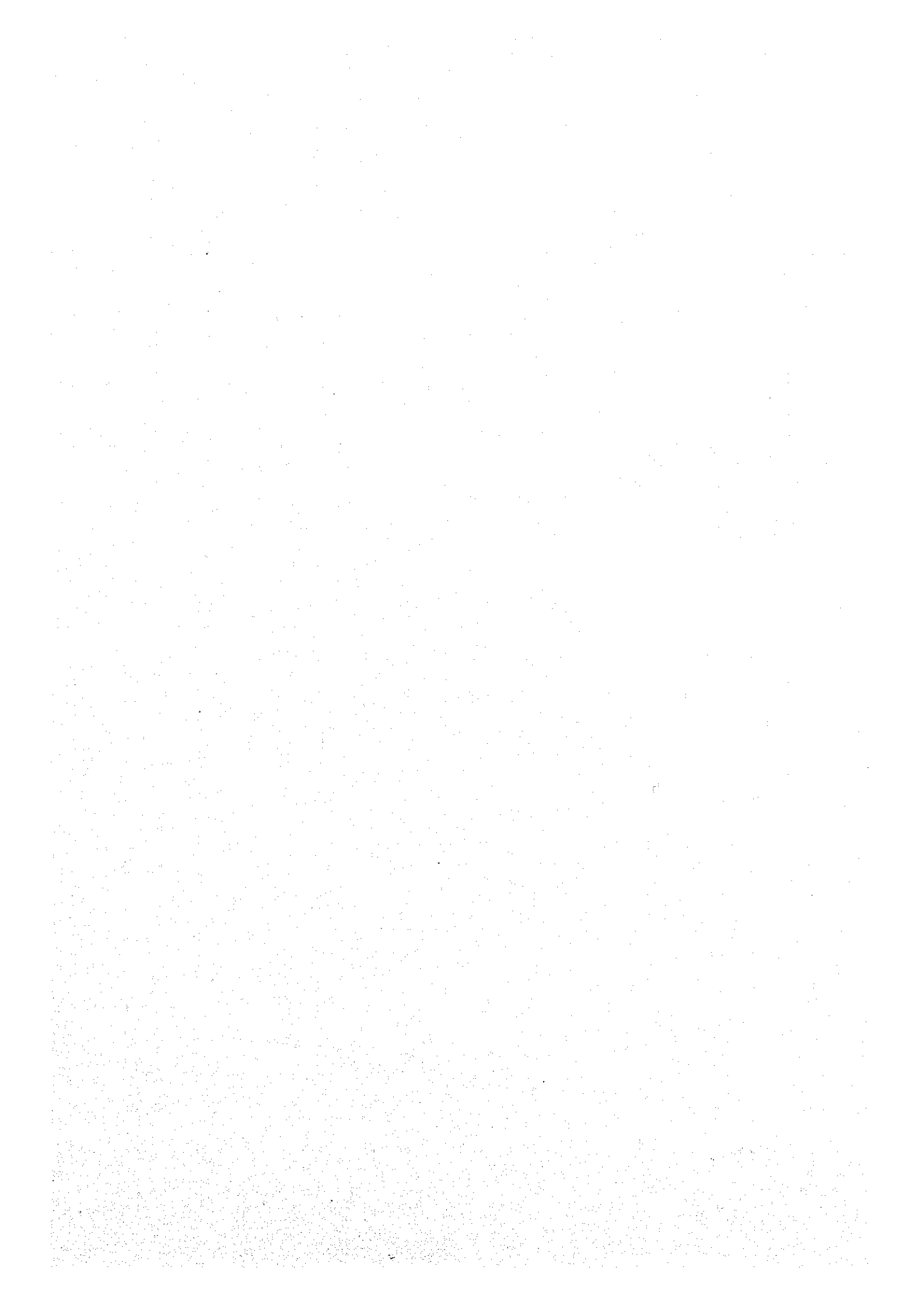
現 狀 分 析



第1章 関連開発計画

浦東地区は長江の最下流部に位置し、上海中心部とは黄浦江でへだてられてはいるが、地理的にも経済的にも中心部に近いため、早急な開発が推進されている地域である。ここは黄浦江の東の三角形をした約522km²の面積をもつ地域で、その中心部約200km²の地区に人口約200万の都市が計画されている。浦東新区開発計画では、この地区に外高橋自由貿易区、金橋輸出加工区、陆家嘴金融貿易区、張江ハイテク区等の5つの開発区を設定し、これらの各開発区の計画の進展にあわせて、道路・鉄道・電力・上下水・電話等の都市ハイテク、住宅、商業施設、文化、医療、スポーツ、リクリエーション及び緑地等の整備を順次進めている。

上海浦東国際空港に関する道路、地下鉄、通信、エネルギー供給、上下水道等インフラに関する整備について計画図に取りまとめたものが図1.1である。それぞれの施設ごとの詳細については以下関係する各章で説明する。



第2章 航空輸送実績

上海虹橋国際空港（現空港）は、上海市の中心部の西約12kmに位置し、北京首都空港に次ぐ中国第二の規模をもつ空港であり、中国東部の海外との交流の玄関口として、また国内航空輸送の拠点として機能している。本空港は1934年軍民共用の空港として開港したが、1964年に中国民用航空局が管理する民間用となり、現在に至っている。

2.1 航空旅客数

上海虹橋国際空港の旅客取扱数は、広州・北京に次いで中国内で第3位の空港であり、1993年には国内46、国際16の路線で国内外と結ばれており、1日当たり平均便数は、国内国際あわせて約140便、乗降客は約760万（うち約1/4が国際線旅客）、貨物約23万トンを取り扱っている。

本空港の航空旅客取扱量の推移を見ると、天安門事件等での一時的な停滞はあるものの中国の改革開放政策の進展につれ、以下に示すように飛躍的に増加しており、最近では年率約25%の伸びを見せている。

表 2.1.1 虹橋空港における航空旅客数

(単位：千人／年)

年	旅客数 (伸び率%)	国際線旅客数 (%)	国内線旅客数 (%)
1976	259.1	-	(6.33)
1977	303.6	17.2	(5.76)
1978	423.9	39.6	(9.46)
1979	567.7	33.9	(14.29)
1980	705.6	24.3	(20.99)
1981	884.5	25.4	(31.25)
1982	1,004.0	13.5	(33.09)
1983	1,026.0	2.2	(39.16)
1984	1,454.9	41.8	(37.54)
1985	1,889.0	29.8	(41.29)
1986	2,508.0	32.8	(25.00)
1987	3,148.0	25.5	(25.00)
1988	3,548.0	12.7	(26.35)
1989	3,030.3	-14.6	(24.06)
1990	4,014.2	32.5	(27.48)
1991	4,939.3	23.0	(21.72)
1992	6,152.4	24.6	(21.10)
1993	7,594.3	23.4	(24.17)

(単位名：千人／年)

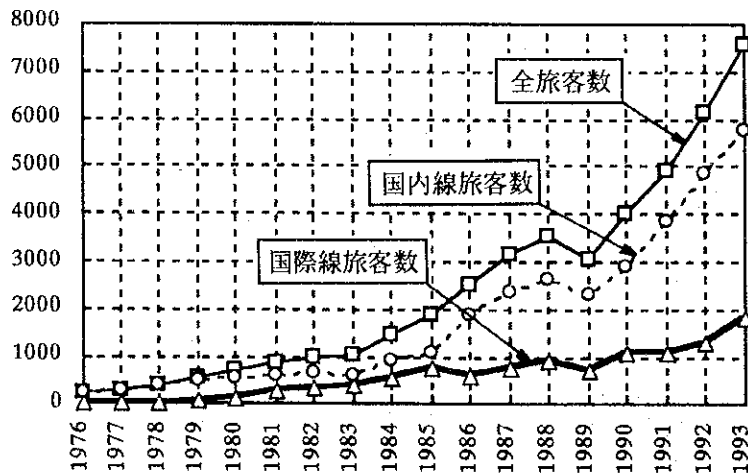


図 2.1.1 虹橋空港における航空旅客数

国内線、国際線のいずれにおいても約5年で倍増しており、中国経済の成長とともに、今後も当分の間、順調な成長を遂げるものと期待される。

また、これを路線別に見ると、表2.1.2のとおりであり、広州、北京、厦門、深川の経済成長の著しい都市との路線で旅客数は大きくなっている。

表 2.1.2 国内線路線別旅客数、及び便数

路線	1990		1991		1992	
	旅客数	便数	旅客数	便数	旅客数	便数
広州			656,396	3,530	899,686	4,440
北京	390,022	2,558	451,068	2,423	686,741	3,370
厦門	140,042	1,165	163,825	1,408	348,627	2,555
深川					339,454	1,944
福州	117,692	1,089	162,943	1,555	237,112	1,875
汕頭	85,873	646	132,135	963	148,991	1,107
沈陽	82,941	741	122,988	1,050	139,990	1,137
西安	100,823	1,030	119,037	991	214,918	1,680
成都	106,493	933	114,136	922	158,598	1,153
大連	75,384	684	107,264	872	147,174	1,226
武漢	83,600	977	95,602	1,039	145,266	1,512
温州			50,898	492	99,159	784
杭州			86,847	1,188	95,528	970
桂林	86,496	1,319	85,050	1,426	189,528	2,016
哈爾濱	61,091	553	84,916	737	100,108	803
昆明	47,358	373	75,071	686	129,182	982
南京	55,222	730	70,852	698	80,693	745
青島	47,582	429	68,113	557	96,099	747
海口	58,683	581	66,106	508	111,233	769
重慶	42,934	471	59,700	521	92,749	767
長沙	41,792	397	52,201	405		
烏魯木齊	39,919	338	51,347	361		
長春			43,018	363		

国際線を路線別に見ると、東京、大阪、福岡、長崎の日本の各都市に加え、ヨーロッパ、北米との間に路線があり、いずれの路線も経由の組み変えがない限り、増加傾向を示している。

表 2.1.3 国際線路線別旅客数、及び便数

路線	1990		1991		1992	
	旅客数	便数	旅客数	便数	旅客数	便数
北京-上海-東京	31,435	216	47,012	165	94,270	352
北京-上海-大阪	82,805	291	96,243	314	116,953	312
北京-上海-ロサンゼルス	14,514	52			6,866	20
北京-上海-サンフランシスコ					5,627	27
北京-上海-サンフランシスコ-ロサンゼルス	11,019	62				
北京-上海-サンフランシスコ-ニューヨーク			62,798	206		
北京-上海-東京-サンフランシスコ	37,205	177	30,887	118		
北京-上海-バンクーバー-トロント	17,902	101	45,844	190	57,680	192
北京-上海-ハノーファー-パリ	18,225	99	31,444	91	40,964	104
上海-東京	17,522	736	137,213	752	155,059	794
上海-大阪	53,221	319	66,650	310	72,638	316
上海-福岡	29,502	255	39,077	368	57,816	492
上海-長崎	7,197	170			12,030	194
上海-ロサンゼルス		14,858	91			

2.2 航空貨物量

虹橋空港における貨物取扱量は表2.2.1のように推移している。

表 2.2.1 虹橋空港における貨物取扱量
(単位：万トン/年)

年次	貨物取扱量
1981	2.02
1982	2.24
1983	4.05
1984	4.98
1985	6.80
1986	8.08
1987	9.59
1988	11.26
1989	10.63
1990	12.68
1991	15.56
1992	18.50
1993	23.56

(単位名：万t/年)

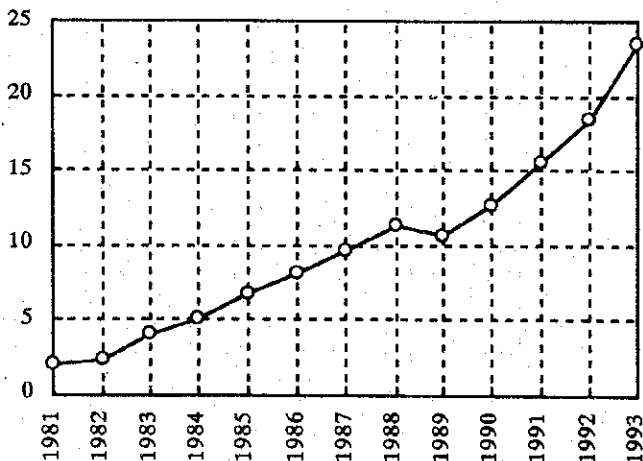


図 2.2.1 虹橋空港における貨物取扱量

貨物についても、旅客同様、高い成長率を示している。

これを路線別に整理すると表 2.2.2、表 2.2.3のとおりとなり、国内線では広州、北京、国際線では東京が最も多くなっている。

表 2.2.2 国内線路線別航空貨物料

(単位：トン/年)

路線	1990	1991	1992
広州		18,352.6	24,016.2
北京	7,083	8,488.8	14,864.4
厦門	2,834	2,978.0	5,238.6
深川			4,635.7
福州	2,321	2,678.0	3,671.1
汕頭	2,383	3,119.5	3,159.2
沈陽	1,638	2,234.9	2,473.5
西安	2,345	2,734.2	3,785.3
成都	3,754	3,334.6	3,568.4
大連	1,137	1,624.4	1,863.4
武漢	1,140	1,405.6	1,863.4
温州		344.3	754.4
杭州		783.3	680.2
桂林	1,241	1,046.5	2,259.7
哈爾濱	1,211	1,696.5	1,850.8
昆明	908	1,301.8	2,189.6
南京	749	1,179.7	1,036.0
青島	1,071	1,494.9	1,955.0
海口	1,040	1,203.6	1,838.6
重慶	1,225	1,500.5	2,102.1
長沙	604	771.4	
烏魯木齊	858	840.2	
長春		766.1	

表 2.2.3 国際線路線別航空貨物量

(単位：トン)

路線	1990		1991		1992	
	貨物量	便数	貨物量	便数	貨物量	便数
北京-上海-東京	4,602	216	4,639.8	165	7,746.7	352
北京-上海-大阪	5,636	291	8,660.8	314	7,590.4	312
北京-上海-ロサンゼルス	1,259	52			320.8	20
北京-上海-サンフランシスコ					829.1	27
北京-上海-サンフランシスコ-ロサンゼルス	1,748	62				
北京-上海-サンフランシスコ-ニューヨーク			6,127.1	206		
北京-上海-東京-サンフランシスコ	5,772	177	4,982.9	118		
北京-上海-バンクーバー-トロント	1,210	101	3,386.4	190	4,325.5	192
北京-上海-ハノーファー-パリ	2,648	99	2,848.8	91	3,282.9	104
上海-東京	8,019	736	8,422.4	752	10,463.7	794
上海-大阪	3,546	319	3,674.8	310	4,422.0	316
上海-福岡	1,736	255	2,294.2	368	4,749.3	492
上海-長崎	235	170			230.1	194
上海-ロサンゼルス			1,248.0	91		

今後、諸外国との間で直行便が充実してくると、東京での乗越貨物の比率は徐々に減少するが、量的には増加傾向が続くものと予想される。

第3章 自然条件調査

3.1 地勢・地形

浦東国際空港は、上海市中心部から東南方向に約30km離れた浦東地区の川沙縣江鎮郷、施湾郷及び南匯縣に跨がり計画されている。(図3.1.1参照)

計画地は、揚子江が形成した三角洲の東南端に位置し、その地盤面は海拔標高4m程度の平坦地であり、海沿いには天端標高約6.5mの堤防が2重、3重にも構築されている。

これは毎年、揚子江からの流送土砂によって20m程度沖出しされることに伴い堤防が何重にもなり、特に南に行くに従い堆積範囲は多くなっている。

また、空港予定地は大小の河川が縦横に交錯している水路網地帯で、南北方向には中心河、随塘河、東西方向には江鎮河、施湾港等がある。

このなかで主要河川である随塘河(底高±0m、底幅12m、法勾配1:2)、江鎮河(底高-0.5m、底幅6m、法勾配1:2)については運河としても利用されている。

なお、空港予定地周辺にある建築物、構造物等障害物の内容は、表3.1.1のとおりで、その位置を図3.1.2に示す。

表 3.1.1 空港周辺の障害物

No.	種類	物件の高さ(m)	備考
1	給水塔	2.5	
2	川沙大厦(24階建)	9.0	面積約3000m ²
3	給水塔	2.5	
4	給水塔	2.0	
5	郷政府役所(5階建)	2.0	
6	給水塔	2.5	
7	住宅(6階建)		五棟(内二棟は工事中)
8	煉瓦工場煙突	1.0~2.0	
9	木材工場煙突		
10	化学工場煙突		
11	染化工場	2.0	
12	給水塔	3.0	
13	給水塔	3.0	
14	煙突	3.0	
15	ビル(6階建)	—	
16	製鉄工場煙突	3.0	
17	煉瓦工場煙突	6.0	



图 3.1.1 空港予定地の地勢

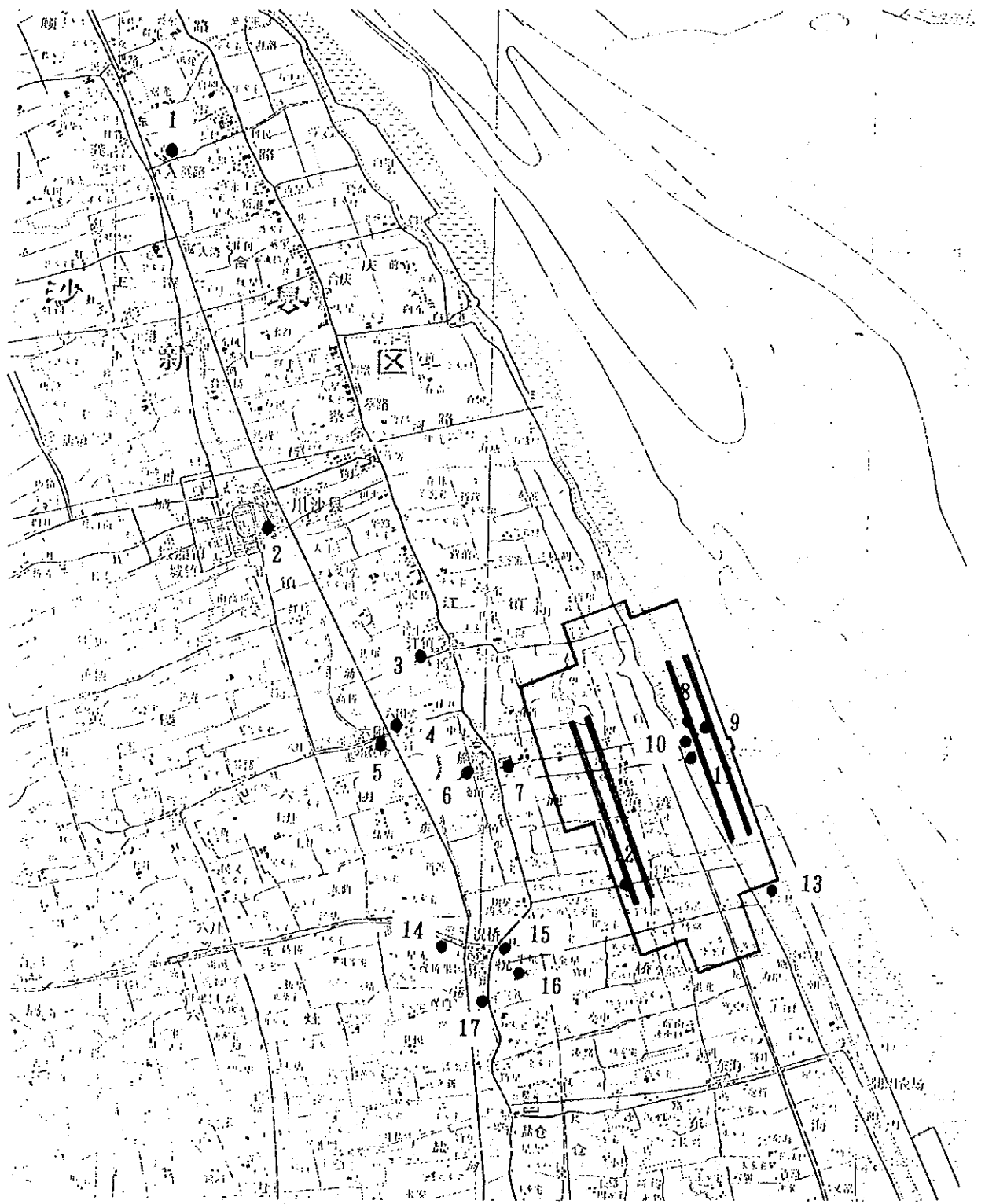


图 3.1.2 障害物位置图

3.2 風向・風速

上海市の気象観測は、図3.2.1に示すように市中心城区の龍華にある国家基本観測所をセンターとして現虹橋空港及び各縣、市等に設置されている気象観測所とネットワークされている。

上海気候センターがまとめた「浦東国際空港予定地気象条件評価書(1993.8)」においては、国家基本観測所の龍華と川沙縣、崇明縣陳家鎮、宝山区の3ヶ所の観測所及び川沙縣の合慶簡易測定所の計5ヶ所を選定し、各観測所の風向・風速データを分析している。

川沙縣は空港予定地の西5kmにあり最も近く、陳家鎮は川沙の北35kmの崇明島のなかに位置し、合慶は予定地の北北西で揚子江の西側の沿岸にあり、宝山区は呉淞口に位置し、そして上海市龍華は浦西にある。

このなかで川沙縣、宝山区、上海市龍華の観測所については1960年からの気象記録があり、陳家鎮は浦東開発に関連して設置されたため1983年から観測を始めている。

また、合慶については簡易測定所になっているため観測期間が1980~1986年間の短い記録しかない。

上述の気象条件評価書には風向・風速の出現頻度を現したウィンドローズが図3.2.2のとおり算定されており、これによれば、各観測所ともにはっきりとした卓越風は見られない。

図3.2.2から風速7m/s(13kt)以上の出現頻度及び横風制限を7m/s(13kt)とした時に最も大きくなるウィンドカバレッチ、方向角をまとめると表3.2.1のとおりになり、風速7m/s(13kt)以上の出現頻度は各々10%以下と少なく、ウィンドカバレッチが大きくなる恒風方向は観測所により異なっているが、概ねSE-NW方向になっている。

表 3.2.1 各観測所の風向・風速分析結果

観測所名	風速7m/s以上の出現頻度(%)	ウィンドカバレッチ(%)	方向角(度)	備考
川沙縣	7.3	96.3	113.0	1961~1990の記録
宝山区	7.9	95.8	102.0	"
上海市龍華	3.6	98.7	113.0	"
陳家鎮	6.7	98.3	135.5	1983~1992の記録
合慶	3.3	98.2	180.0	1980~1986の記録

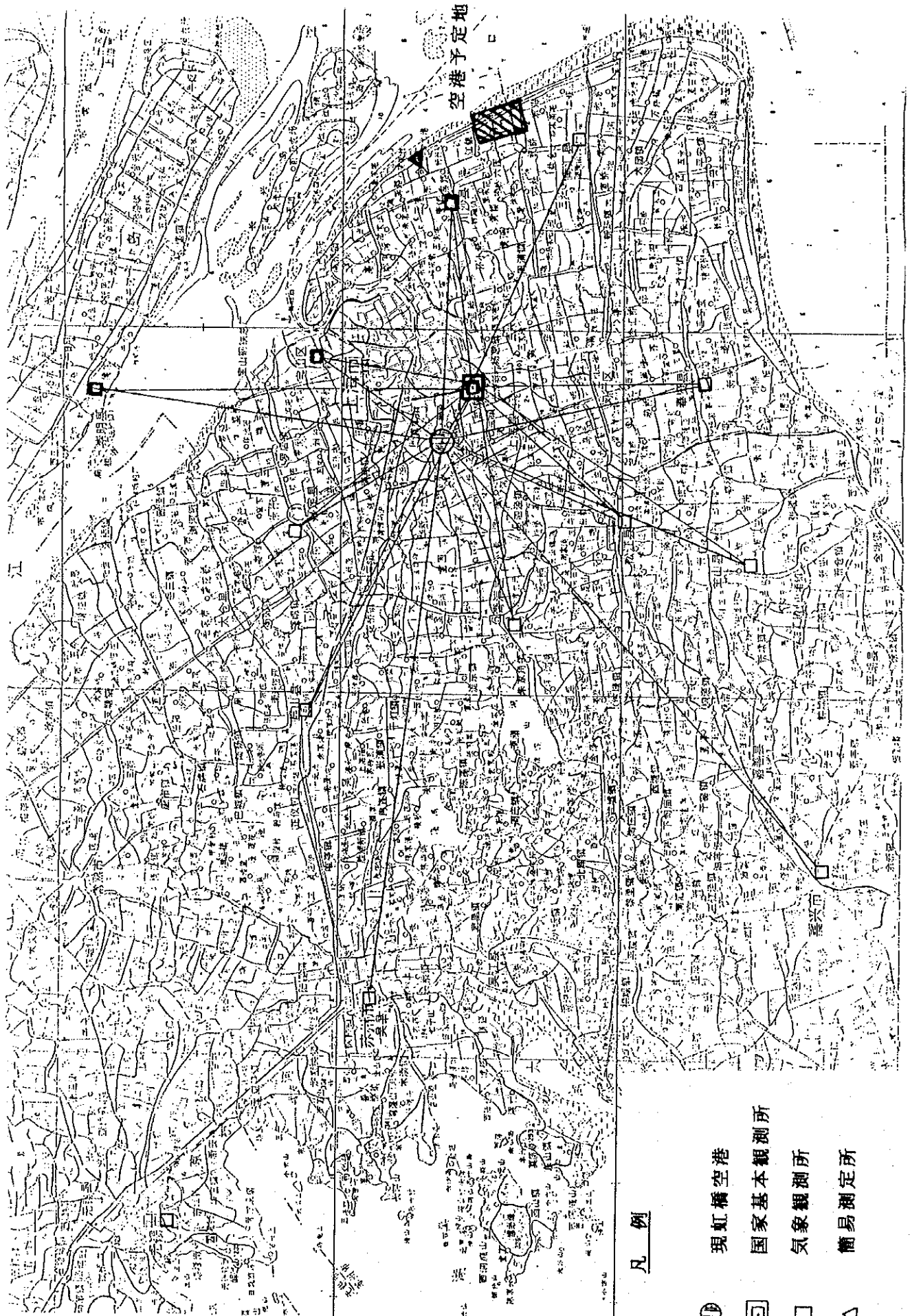
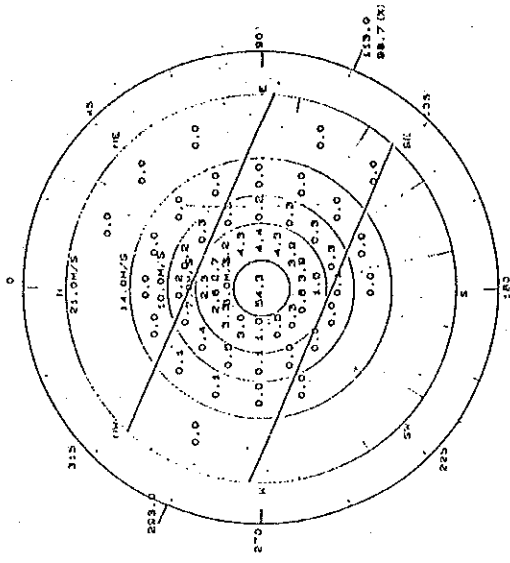


图 3.2.1 气象观测所位置图

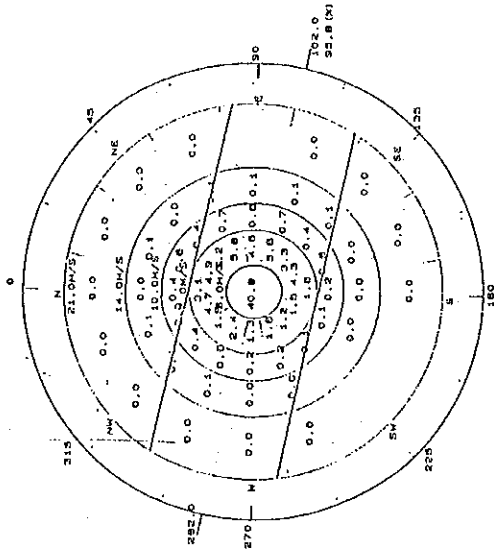
(龍華国家基本観測所)

58367 1961-1990 054784TIMES YEAR



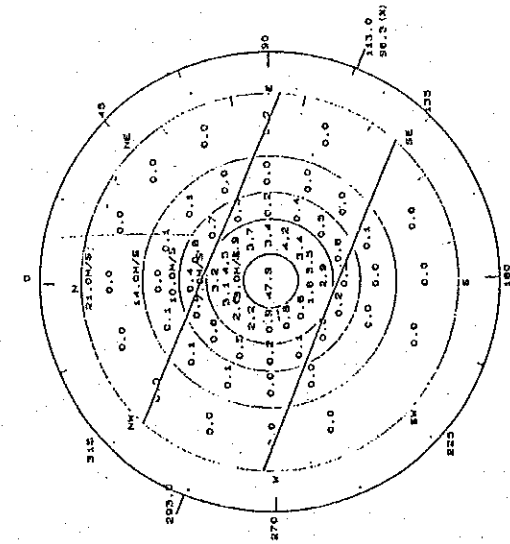
(宝山区観測所)

58382 1961-1990 046003TIMES YEAR



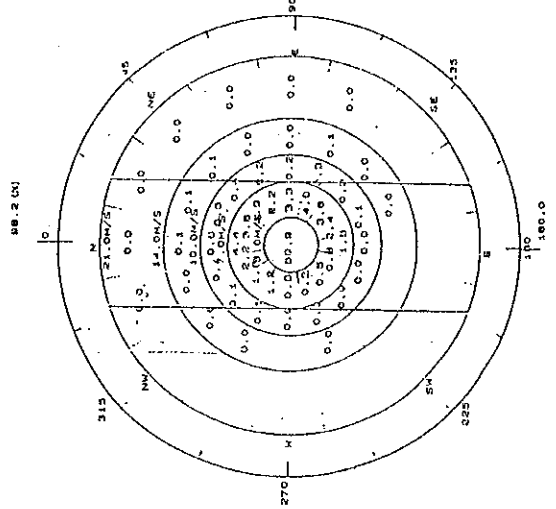
(川沙縣観測所)

58364, 1961-1990 046741TIMES YEAR



(合慶簡易測定所)

58465 1980-1995 059746TIMES YEAR



(陳家鎮観測所)

58374 1983-1992 054792TIMES YEAR

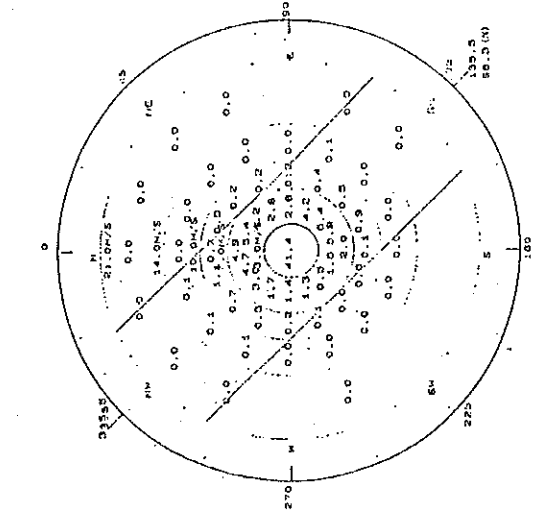


図 3.2.2 各観測所のウィンドローズ

ここで気象条件評価書による風向・風速の分析結果は、使用されているデータが2時、8時、14時、20時の1日4回（陳家鎮は1日15回）と少なく、また通年で取りまとめられているために季節による変化等が判断し難いため、これから新空港の滑走路方位を検討する資料とするには問題が多い。

ICAO.ANNEX-14によれば、少なくとも5年以上にわたる1日8回の等時間間隔による信頼性のある観測データを使用すべきとしている。

よって、空港予定地に最も近く、観測記録が長期間にわたり整っている川沙縣観測所を代表とし、月別のウィンドローズを作成して検討を加えることにした。また、参考までにデータ量は少ないが予定地の近傍である合慶簡易測定所についても同様に月別のウィンドローズを作成することにした。

使用するデータは、精度を上げるために毎正時ごとの1日24回を基本とし、川沙縣観測所については1日24回の観測データが整理されている1973年以降の記録を用いる。

なお、川沙縣観測所における平均風速の経年変化は、図3.2.3に示すとおりバラツキがあるため、出来る限り長い期間のデータを選択するものとして1973年以降の20年間のデータと最近の10年間のデータの2ケースとした。

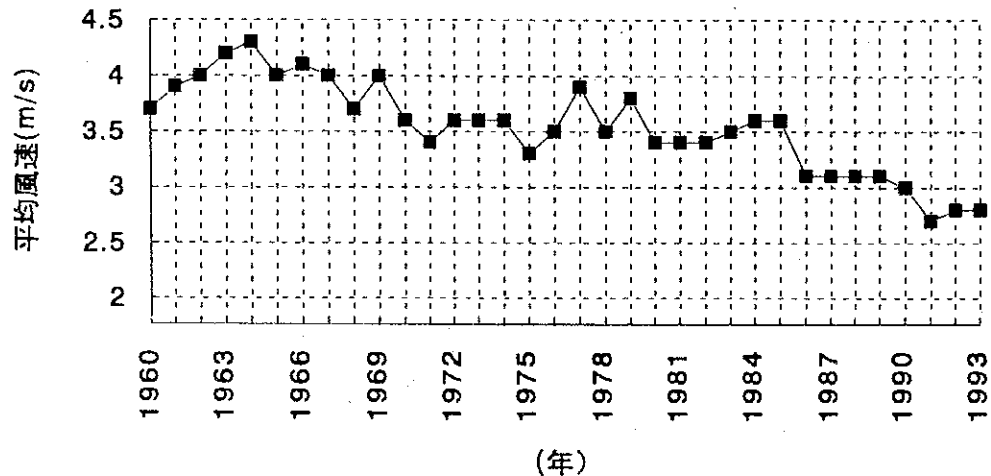
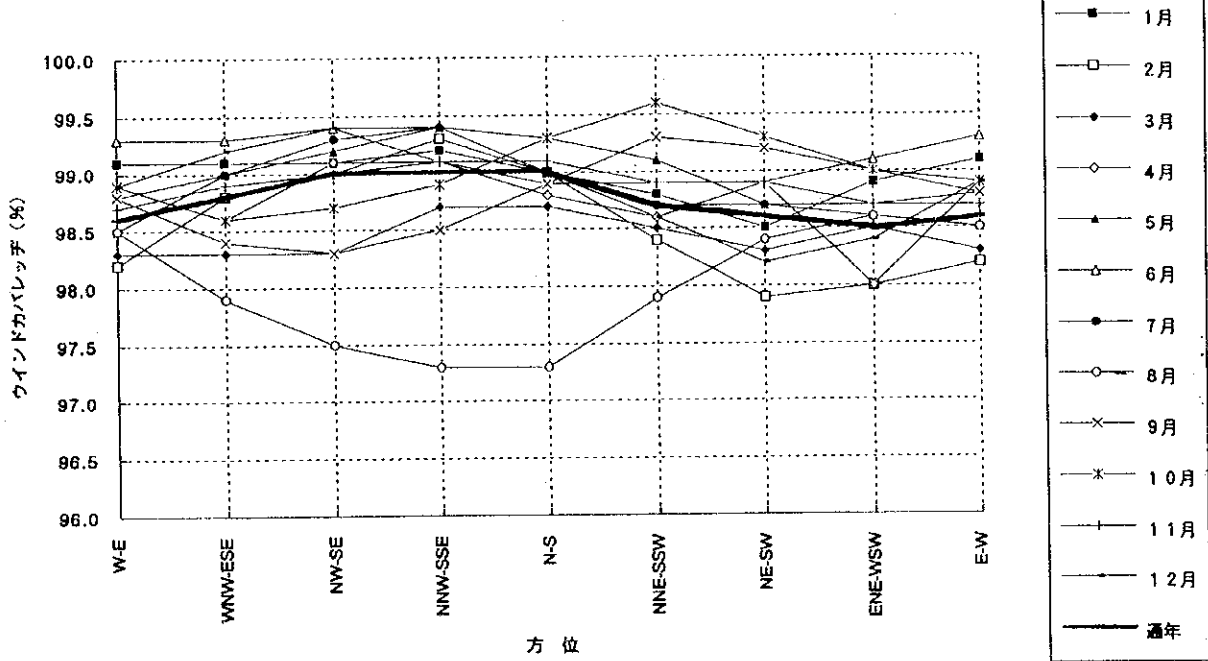


図 3.2.3 平均風速経年変化（川沙縣観測所）

以上、川沙及び合慶観測所のデータを用いて追加整理・分析した結果の月別ウィンドローズは、資料編に添付したとおりである。

この月別のウィンドローズにより後述の滑走路方位を検討する資料として、方向毎（8方向）のウィンドカバレッチを横風制限7m/s(13kt)と10m/s(20kt)について算定した結果を図3.2.4～3.2.6に示す。

川沙観測所 (1973~1992) 7m/s(13kt)



川沙観測所 (1973~1992) 10m/s(20kt)

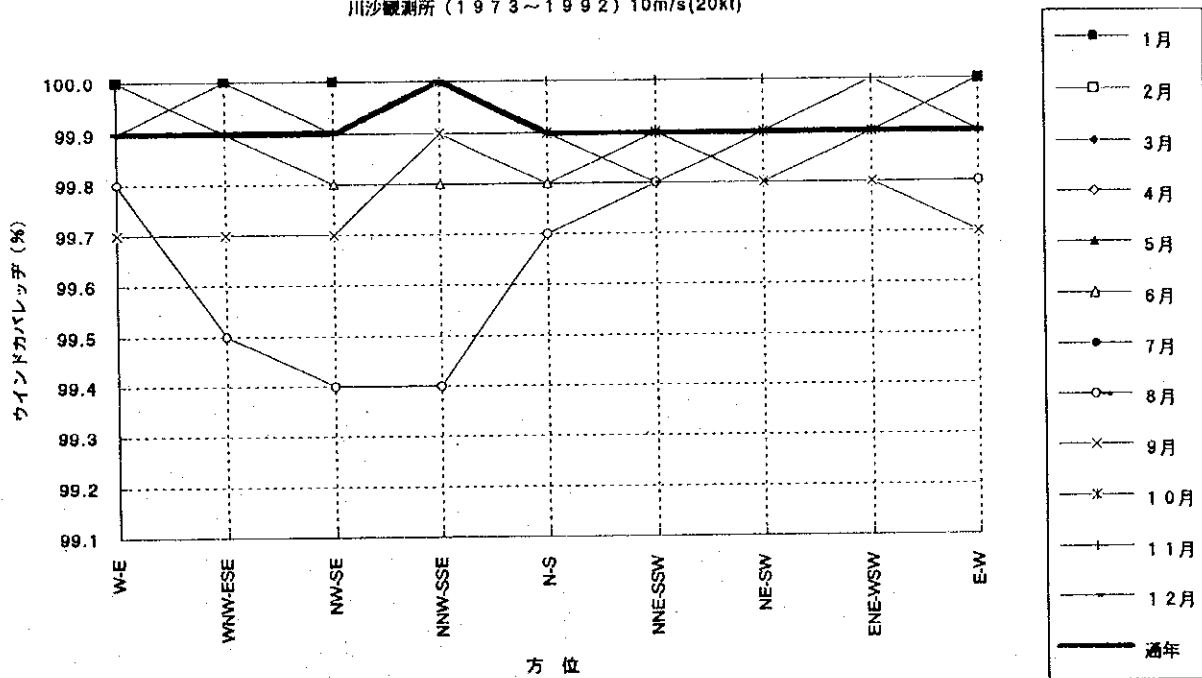


図 3.2.4 川沙観測所 (1973~1992) 方向別ウィンドカバレッジ

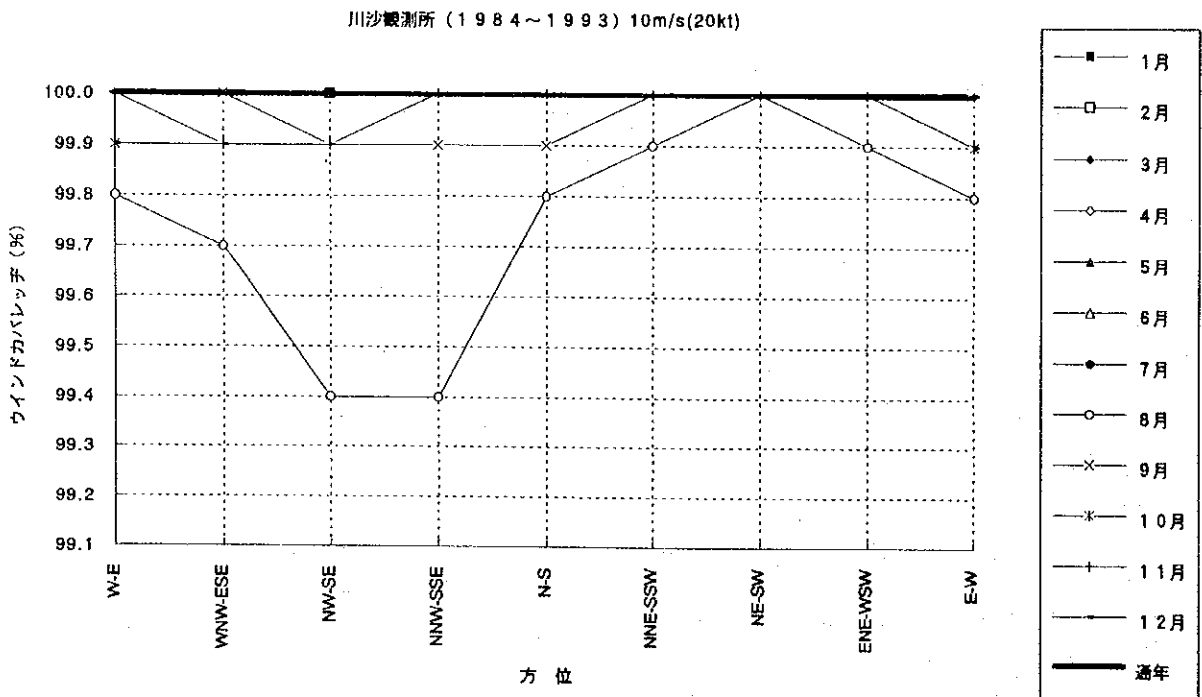
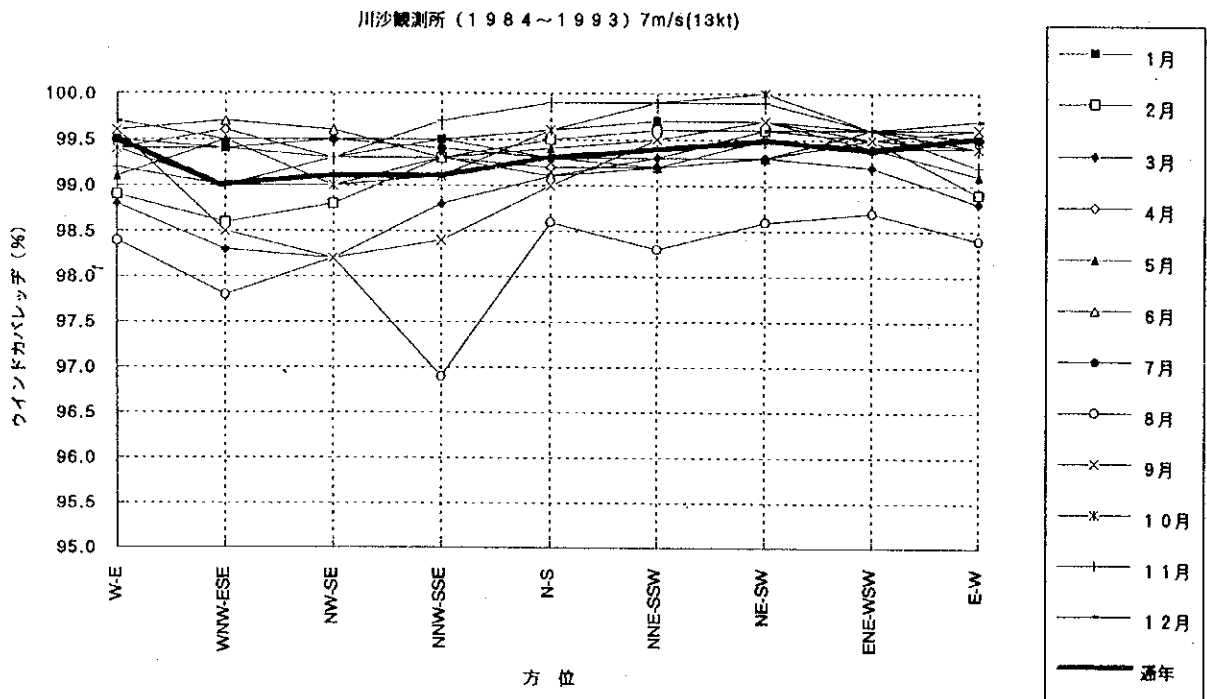
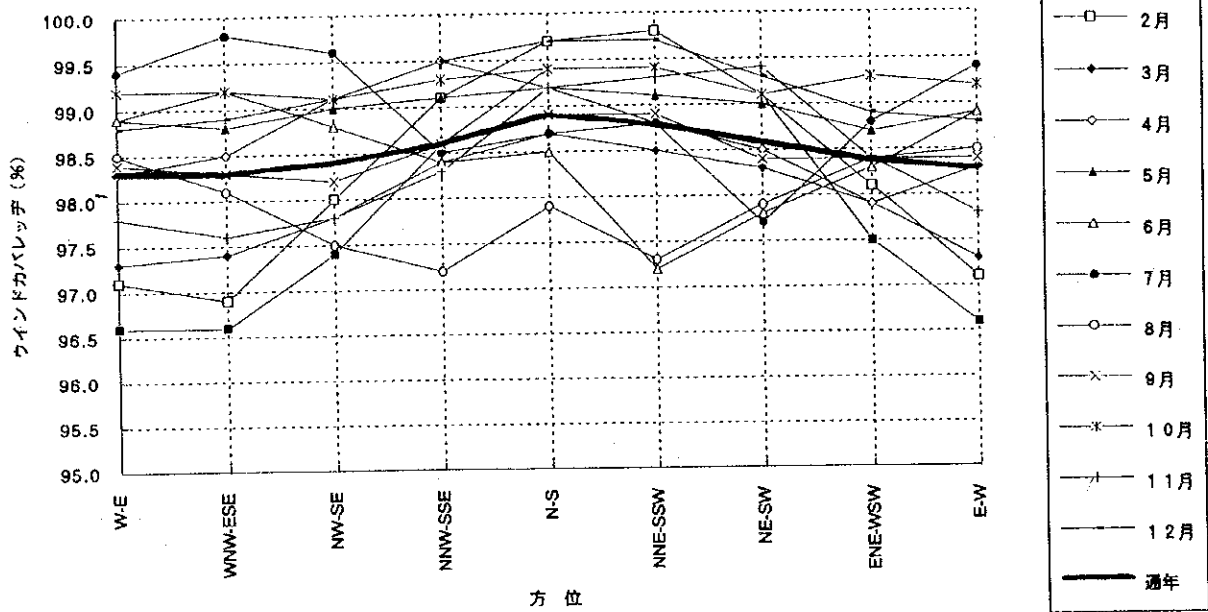


図 3.2.5 川沙観測所 (1984~1993) 方向別ウィンドカバレッジ

合慶観測所 (1980~1986) 7m/s(13kt)



合慶観測所 (1980~1986) 10m/s(20kt)

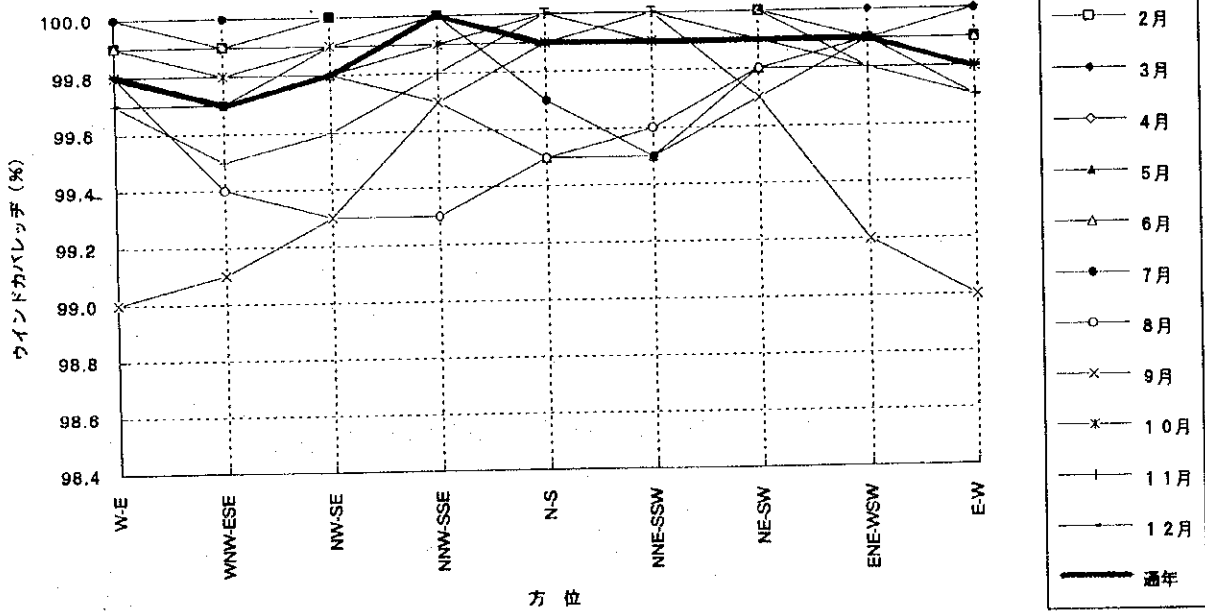


図 3.2.6 合慶観測所 (1980~1986) 方向別ウィンドカバレッジ

これより、毎正時ごと1日24回の観測データを用いたことにより、川沙及び合慶観測所のウィンドカバレッチ（通年）は横風制限7m/s(13kt)でどの方向でも98%以上（月別では96%以上）確保出来ることが判明し、方向の優劣はほとんどない。

また、季節別（月別）による変化については、川沙では8月のみが他の月に比べ傾向が異なっており、合慶は全体的にバラツキがある。

これらは、図3.2.7に示した月別の風速7m/s(13kt)以上の出現頻度からも推定出来るが、川沙は8月に強風が多く、合慶は年間を通じ強風があるために横風を受ける割合が高くなりそれぞれカバレッチが低下している。

さらに、合慶については簡易測定所であるためにデータの信頼性の面からも要因として想定される。

川沙の20年間データと10年間データの差についても同様に強風が多い20年間データの方が全体的にカバレッチが低い結果になっている。

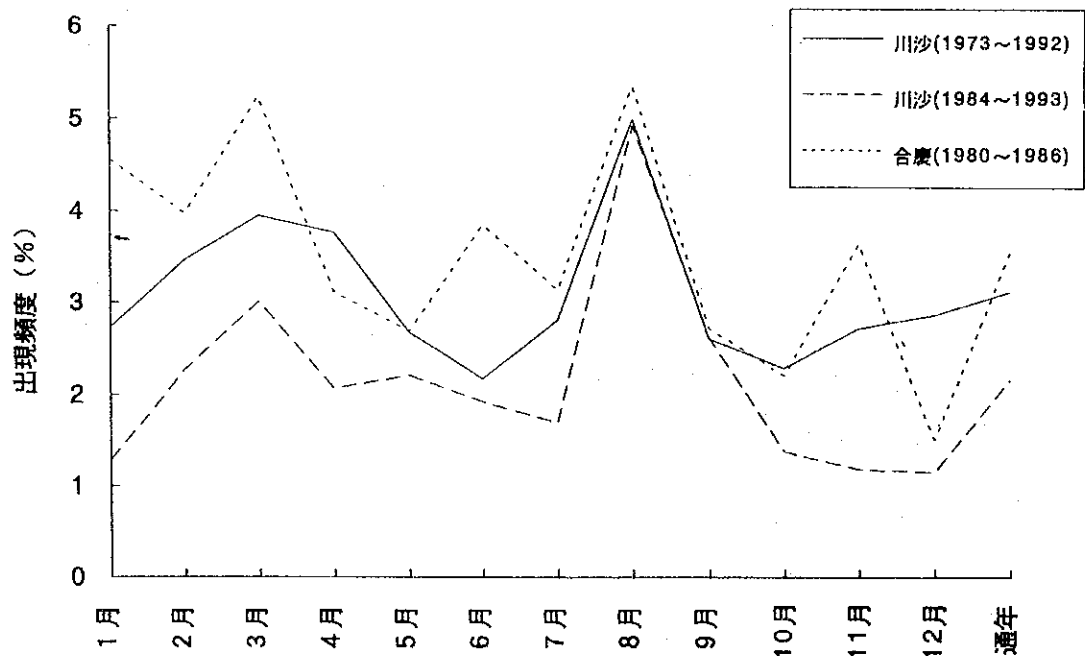


図 3.2.7 月別風速7m/s(13kt)以上出現頻度

3.3 雲高・視程

雲高・視程の観測は、前述の「気象条件評価書」（上海気候センター）によれば、雲高の測定は陳家鎮のみ、視程については陳家鎮の他、上海市龍華、川沙縣、宝山区において測定されている。

観測方法はいずれも目視測定で行われ、回数については陳家鎮は毎日朝7時から夜21時まで毎正時1回の計15回、上海市龍華は毎日4回（2時、8時、14時、20時）、川沙縣と宝山区は毎日3回（8時、14時、20時）である。

陳家鎮は、航空専用の観測所で雲高と視程のデータが揃っていること、観測回数も多く空港予定地と同じく海辺に位置し、上海気候センターも陳家鎮は空港予定地に比べてさらに悪い条件と考えられていることから、当観測所のデータを基本とすることにした。

各観測所における視程400m,1Km以下についての出現頻度を月別に整理してみると図3.3.1のとおりで陳家鎮のデータは他の観測所に比べて悪視程の出現頻度が多いことから、当観測所のデータを用いれば安全側と考えられる。

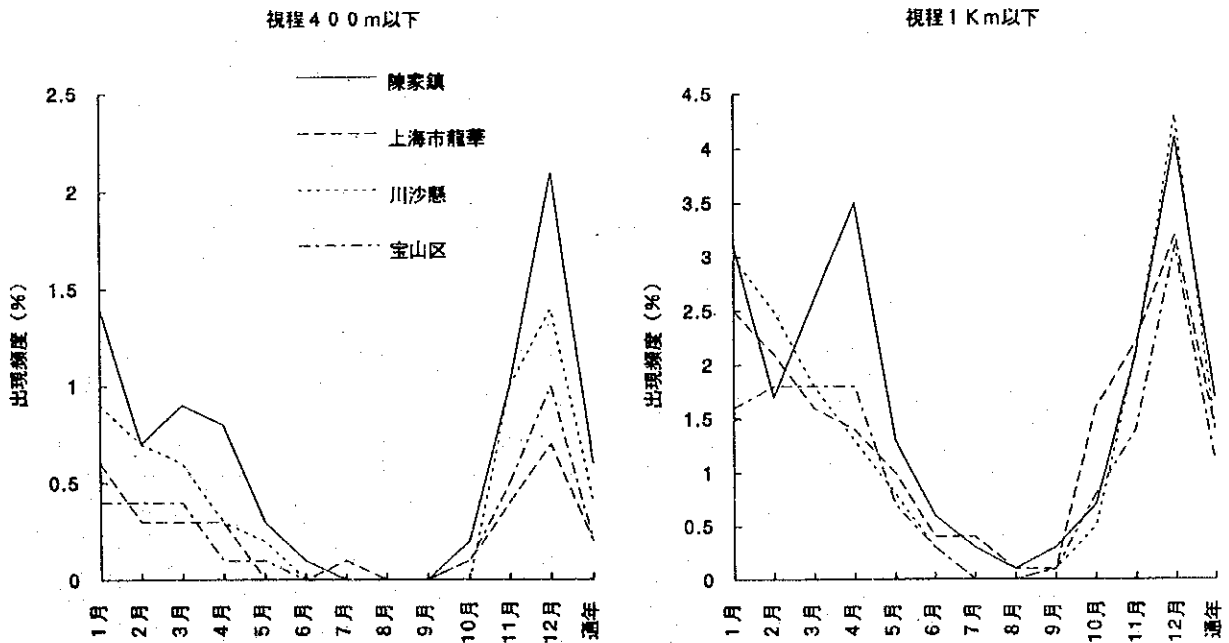


図 3.3.1 悪視程の出現頻度

これより、新空港の就航率を推定するための雲高と視程の相関を陳家鎮における1983～1992年のデータを用いて算定した結果は表3.3.1に示すとおりである。（なお、月別の相関表については資料編に記載した）

ILSの最低気象条件を視程400m以下とした場合は約0.5%の影響がある。

表 3.3.1 雲高と視程の相関表

云 高 (米)	能 見 度 (公里)										合 計
	0.0 } 0.3	0.4 } 0.7	0.8 } 1.1	1.2 } 1.5	1.6 } 2.3	2.4 } 3.1	3.2 } 4.9	5.0 } 7.9	8.0 } 9.9	10.0 } 以上	
0～ 100	10	21	15	13	8	13	14	29	8	22	153
100～ 200	29	53	41	48	23	47	99	188	59	203	790
200～ 300	10	56	49	48	87	145	169	401	162	581	1708
300～ 400	1	26	62	95	116	243	296	716	325	1410	3290
400～ 500	0	5	13	41	46	152	197	539	319	1938	3250
500～ 600	0	5	5	21	39	93	111	414	223	2521	3432
600～ 700	1	1	7	14	19	78	146	478	311	6330	7385
700～ 800	0	1	3	7	12	27	34	240	154	4417	4895
800～ 900	2	2	11	6	18	26	36	160	84	1829	2174
900～ 1000	1	6	8	7	13	21	17	82	35	581	771
1000～ 1200	3	9	24	22	24	45	58	154	74	868	1281
1200～ 1500	7	24	42	46	44	76	106	298	153	1203	1999
1500～ 2000	1	4	16	36	29	100	145	393	194	1636	2554
2000～ 3000	0	5	13	34	43	92	106	316	152	1430	2191
3000～ 5000	4	8	38	104	108	254	283	957	460	4543	6759
5000～10000	4	4	22	45	46	117	182	644	310	3996	5370
10000以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
天空无云	215	42	79	134	138	280	394	889	436	4185	6792
合 計	288	272	448	721	813	1809	2393	6898	3459	37693	54794

3.4 水文

3.4.1 降雨

空港予定地に最も近い川沙縣観測所における降雨記録は、図3.4.1に示すように月平均降水量は30～150mmで6月と9月が多く、年平均降水量及び年平均降水日数はそれぞれ1109.4mm,130.9日となっている。

また、短時間の暴雨（1時間雨量16mm以上または24時間雨量50mm以上の雨を言う）については、浦東地区が雨量の多い地域に属していることもあり、川沙の24時間平均暴雨量は93mmで最大が300mmにも達している。

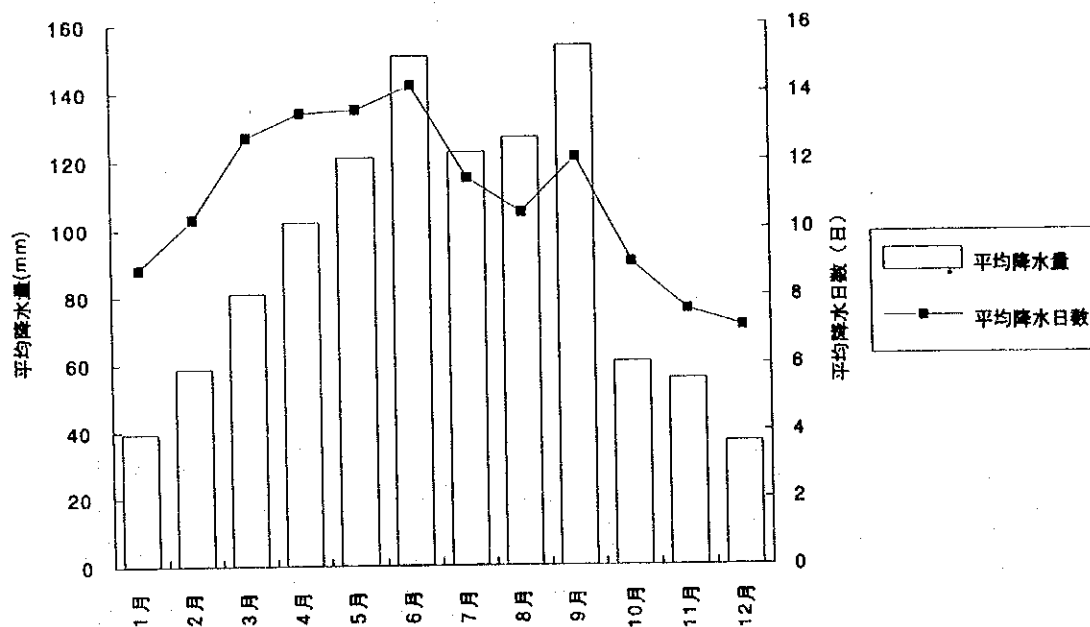
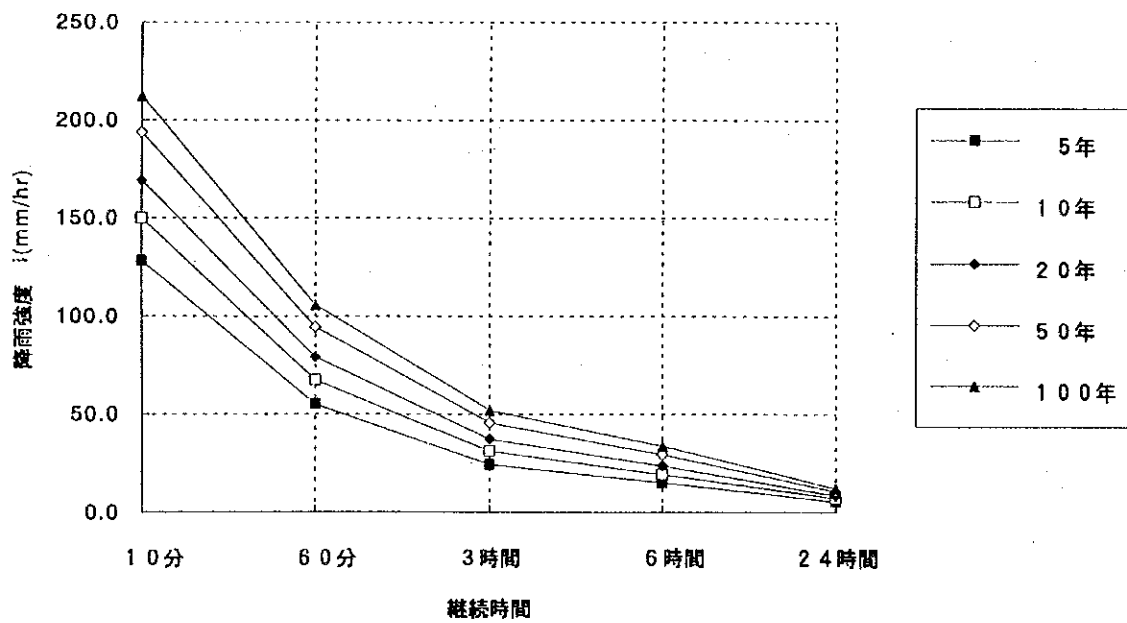


図 3.4.1 川沙縣観測所の降雨記録

次に空港の排水計画に用いる確率降雨強度は、上海市水利局が高橋、川沙、南匯、閘港観測所について30年以上の降雨データを用いて確率解析しており、このなかから川沙の確率降雨を時間強度に換算してみると図3.4.2のとおり表される。なお、水利局の確率解析は、ピアソンⅢ型分布に当てはめた経験頻度式に基づいている。



継続時間	5年	10年	20年	50年	100年
10分	128.4	150.0	169.2	193.8	212.4
60分	55.0	67.2	79.0	94.5	105.8
3時間	24.4	31.0	37.2	45.5	51.9
6時間	15.2	19.4	23.8	29.4	33.8
24時間	5.6	7.2	8.7	10.7	12.2

図 3.4.2 確率降雨強度曲線 (川沙縣観測所)

3.4.2 河川水位

河川の水位測定は、図3.4.3に示す観測所で行われており、空港予定地近辺では川沙縣城鎮北に位置し、東西に流れる川楊河（底高-1.6m、底幅20~30m、法勾配1:3）がある。

川楊河は灌漑・排水・水運を主用途とする主幹水路で、揚子江に入る三甲港水門から黄浦江に通じる西の楊思港水門までの全長28.7kmで1978年11月から1980年1月にかけて開削された水路である。

川楊河における両水門の内側での既往水位が表3.4.1のとおり報告されており、これによれば河川の水面勾配はほとんどない。

表 3.4.1 川楊河の既往水位

測定位置	年平均水位	年最高水位	年最低水位
楊 思	2.56m	3.91m	1.27m
三甲港	2.57m	3.69m	1.42m

また、上海市水利局では新空港の計画に伴い、川沙縣城鎮付近において1990年1月から1993年12月までの月最高水位と月最低水位を観測しており、その結果は図3.4.4に示すとおりである。

観測期間中での最高水位は1991年8月の3.24m、最低水位は1992年6月の2.31mで、河川水位の制御により季節の変動はそれほどない。

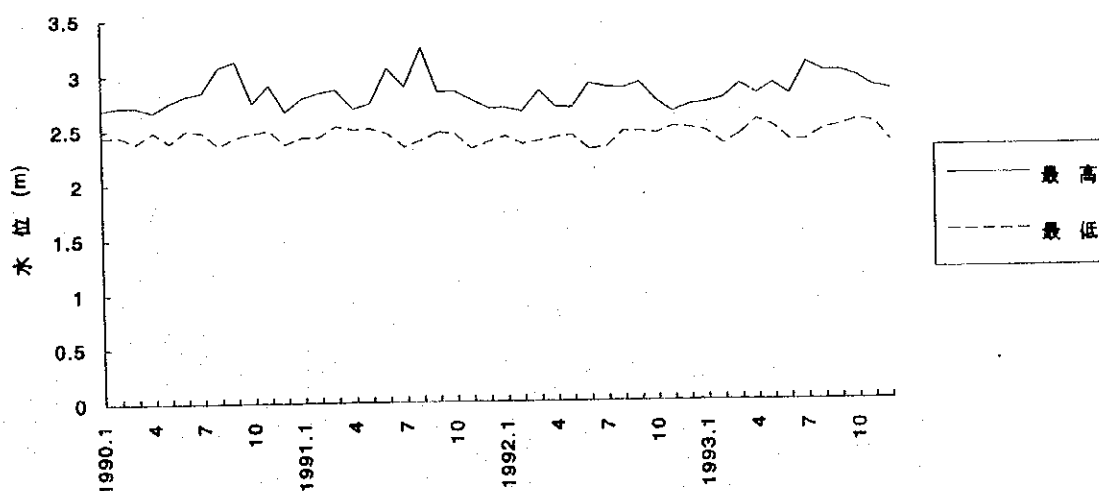


図 3.4.4 川沙縣城鎮付近の水位観測

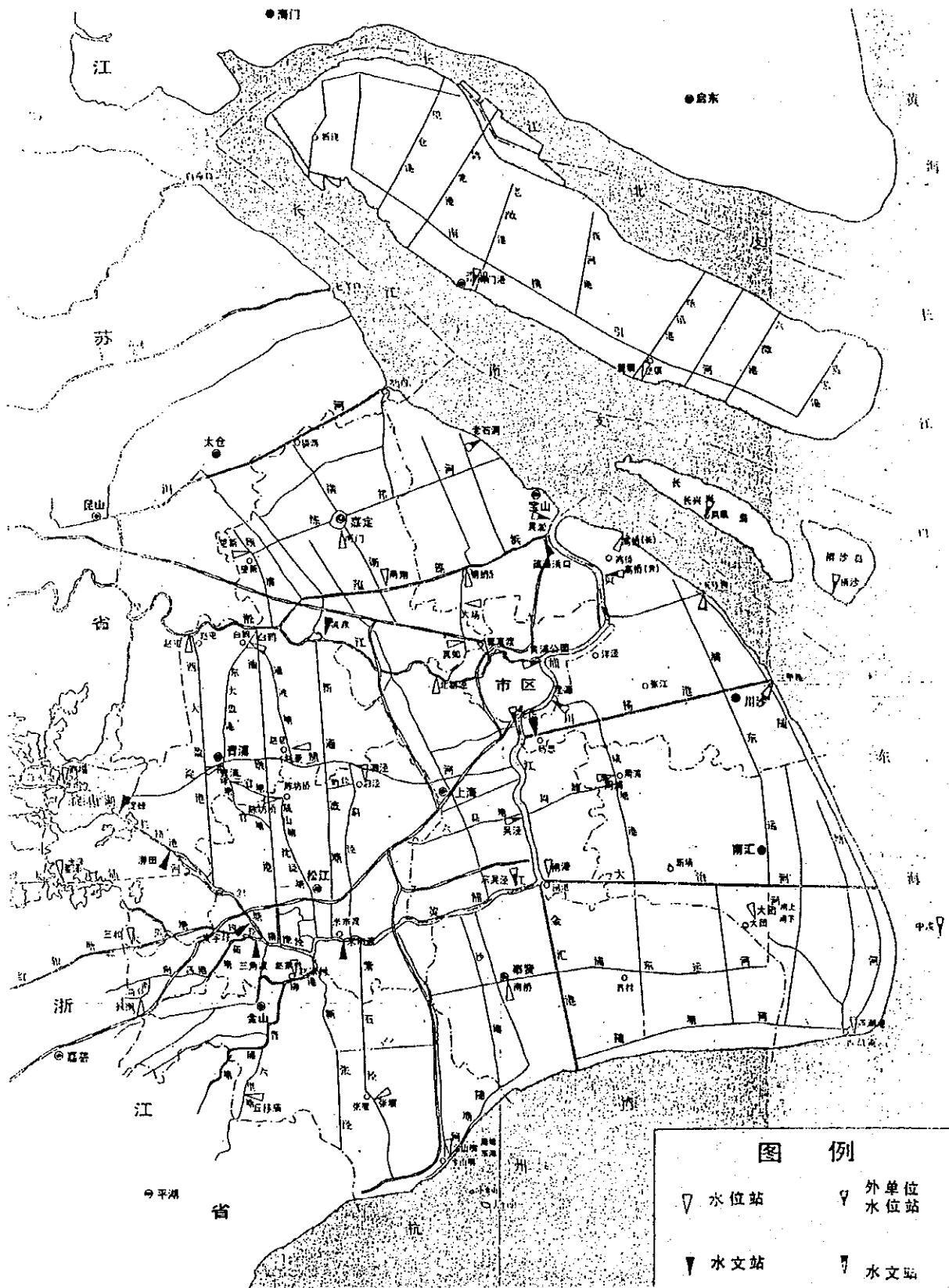


图 3.4.3 河川水位测定位置图

浦東地区の河川水位制御については、「上海市主要水利制御区域における水位制御とゲート運用方法（暫定）」（上海市水利局）により、河川水位の状況に応じて次のとおり実施されている。

- ・水位2.4m以下の場合
主要ゲートの1日の取水回数を1～2回とし、その他は状況に応じて取水する。
- ・水位2.4m～2.6mの場合
取水ゲートは1日または1日置きに1回取水、排水ゲートも1日または1日置きに1回排水を行う。
- ・水位2.6m～2.8mの場合
主要ゲートは1日2回排水、その他は状況に応じて排水する。
- ・水位2.8m以上の場合
全てのゲートで1日2回排水、その他も状況に応じて水運を停止し排水する。

3.4.3 潮位・波浪

川楊河から南匯縣大治河にいたる沿海部で潮位観測を行っているのは、川楊河河口に設けられた三甲港観測所だけである。

当観測所において、1981年9月1日の台風時に高潮位5.69 mを記録（手動観測）しており、その後、1985年から自記水位計を設置し連続的に記録しているが、データについては整理中とのことで入手出来ていない。

上海市水利局ではデータ量としては不十分であるが三甲港データを基に確率計算を行っており、50年確率高潮位は5.47 mと報告している。

また、波浪については大治河東部の近海で1989年8月の台風時に波高が4 mを越える大波が観測（自動波浪測定ブイ）されている。

現在、上海市水利局は浦東の呉淞口から三甲港に至る35 kmの防潮堤の嵩上げ・強化に関連する潮位・波浪分析を実施中であり、さらに1993年8月初めから新空港に関連して三甲港水門外に波浪測定ブイを設置し、データの蓄積を行っている。なお、空港予定地周辺の海図を図3.4.5に示す。

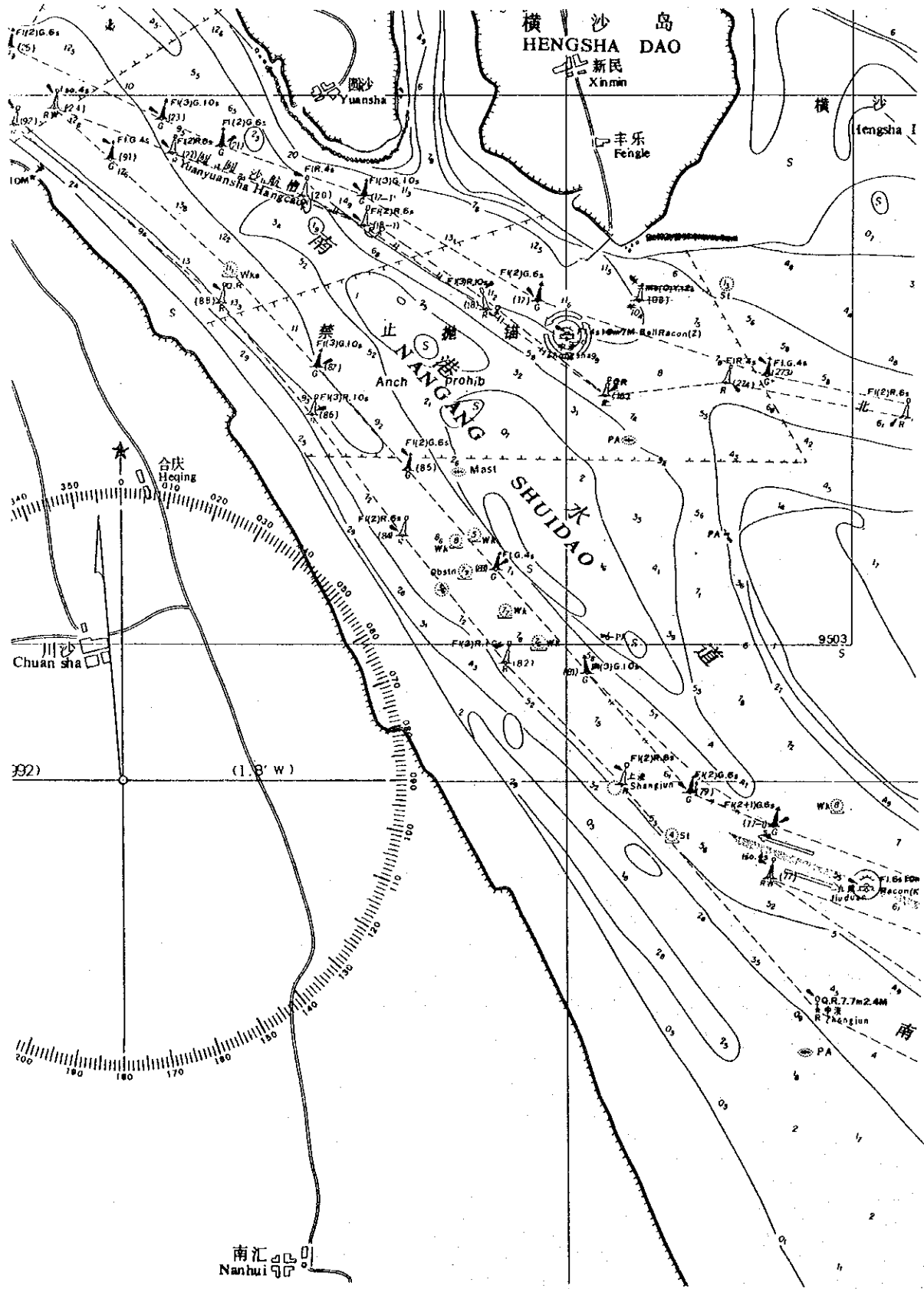


图 3.4.5 空港予定地周辺海图

3.5 その他の気象

3.5.1 気温

気温は、川沙縣、宝山区及び上海市龍華のデータがあり、各観測所の気温概要及び川沙縣についての月平均気温を表3.5.1、図3.5.1に示す。

表 3.5.1 各観測所の気温概要

観測所	年平均気温	最高気温	最低気温
川沙縣	15.5℃	8月 38.0℃	1月 -9.6℃
宝山区	15.7℃	7月 38.1℃	1月 -9.4℃
上海市龍華	15.8℃	7月 38.4℃	1月 -10.1℃

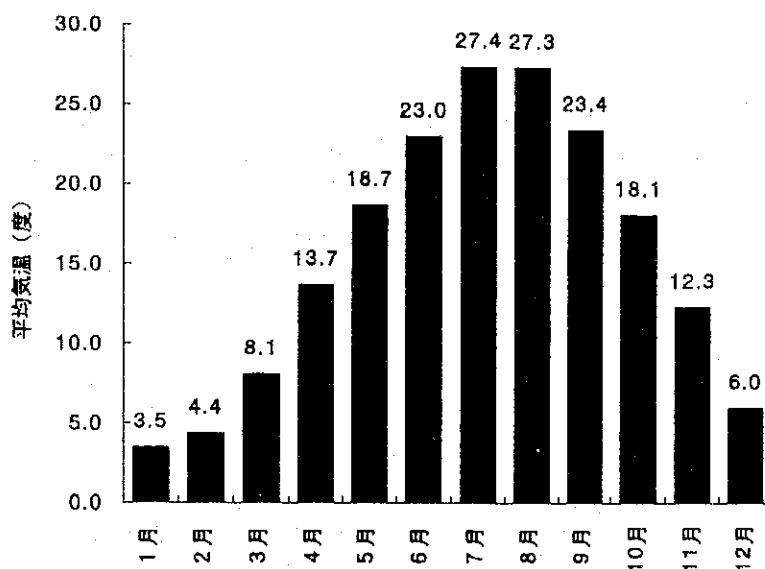


図 3.5.1 川沙縣月平均気温

3.5.2 雷

雷の発生は、川沙縣、宝山区及び上海市龍華で観測しており、各観測所における雷の発生状況を表3.5.2に示す。

表 3.5.2 各観測所の雷発生状況

観測所	年平均日数	最多年間	最多月間
川沙縣	29.1日	46日	8月 18日
宝山区	29.4日	48日	8月 18日
上海市龍華	27.8日	48日	7、8月 18日

3.5.3 雪

最大積雪深度は、川沙縣15cm、宝山区11cm、上海市龍華14cmでそれぞれ1月に観測されている。

このうち川沙縣では5cm以上積雪した日数が最も多いのは1977年の5日で、1980年以降で5cm以上積雪した日は1日もない。

3.5.4 台風

川沙縣観測所において浦東及び沿海海上の台風による強風の観測は、1915～1990年の間に最大風速が25m/s以上のものが10回、このうち3回は風速30m/s以上で最大は1915年の33.1m/sであった。

竜巻については幅50～150m、長さ5～15kmで1951～1990年の間に浦東を通過したものは18回あった。

3.6 地震

浦東新空港建設予定地の周辺には図3.6.1に示すように、5組の異なる方向の断層線がみられ、それぞれ等距離に配列されたような規則性がみられる。このうち、新空港建設において主として注目すべき断層線は北西西方向断層と北東東方向断層の2つの断層であり、新空港予定地はこの2つの断層線の交差する位置にある。

北西西方向断層と北東東方向断層の詳細は以下のとおりである。

① 北西西方向断層

一本は葛隆-南翔から市内の南市蓬萊路を經由して、断続的に新空港付近にまで伸びている可能性がある。もう一本は、沙浜から瀏河-宝山を經由して高橋の北の揚子江沿岸に至っている。この二本の主要な北西西方向の断層は、断層帯を形成し、断続的に江蘇省の盱眙、安徽省嘉山などに至っている。これらの構造帯の発達を歴史を分析し、同時に既存の物理探査・リモートセンシング・地形などの資料の総合的分析を行った結果、この構造帯はかなり長い歴史を持ち、現在も地震活動と揚子江河口地区の地形区分に影響力を持っていることを基本的に確認している。外高橋沿岸の水中の堤防状の地形も、この断層の新しい活動によって生じたずれと関連があるかと思われる。しかし、この断層は新空港建設予定地からかなり遠いので、空港用地にずれを生じる可能性は少ないものとする。

② 北東東方向断層

主な一本は楓経付近から発して東に向かい、松江の南側を経て川沙県城（県政府所在地）付近に至る。その南約15キロの所にもう一本、張堰から南匯にいたる断層があり、両方で北東東方向に伸びる断層構造帯を形成している。この断層帯は、航行磁気異常資料でも、ブーゲー重力異常資料でも、かなりはっきりと反映されており、前者では二本の断層の間に低磁力帯があり、後者では高重力帯がある。その分岐線は断層の位置にほぼ一致している。そして、断層帯は莘荘の付近で、莘荘から泥城にいたる北西西方向の断層にさえぎられる。しかし、ここを越えてからも、この楓経-川沙断裂の痕跡は重力異常図ではっきりと分かり、新空港予定地の北部も通過しているものと考えられる。

ところで、上海とその近隣地域は地震活動が比較的多い地域であることが分かっている。つまり、上海およびその周辺地域では、揚子江河口、船山群島付近などで比較的多くの地震活動があり、南通、昆山、平望、上海市街地などでも中程度の地震が比較的多い。これらの地震はいずれも上記の西北西方向と東北東方向の二つの活動型断層と関連があると考えられている。また、最近では1990年2月に常熟-太倉一帯でマグニチュード5.1の地震が発生した。これは上海行政区から十数キロ以内で起こった中～強度の地震であるが、この地震は北西方向の断層と関連していることが指摘されている。

以上のことから、上海市地震局では、上海市の基本烈度を7度（日本の震度=5程度）とする結論に達しており、国家の「烈度区画図」にも既に採用されている。したがって、浦東新空港においても烈度=7度程度（震度=5）を想定して耐震設計を行うことが必要

となる。なお、上海「建築抗震設計規程」には、表3.6.1に示すような烈度と水平震度の関係が示されていることから、構造物設計に対しては水平震度を $K_h=0.08$ とすればよいが、国際空港としての重要性を考慮して地盤の液状化等の検討には $K_h=0.10\sim 0.15$ 程度のものを想定して検討する必要があるものとする。

表 3.6.1 烈度と水平震度の関係

烈度	6	7
水平震度 (K_h)	0.04	0.08

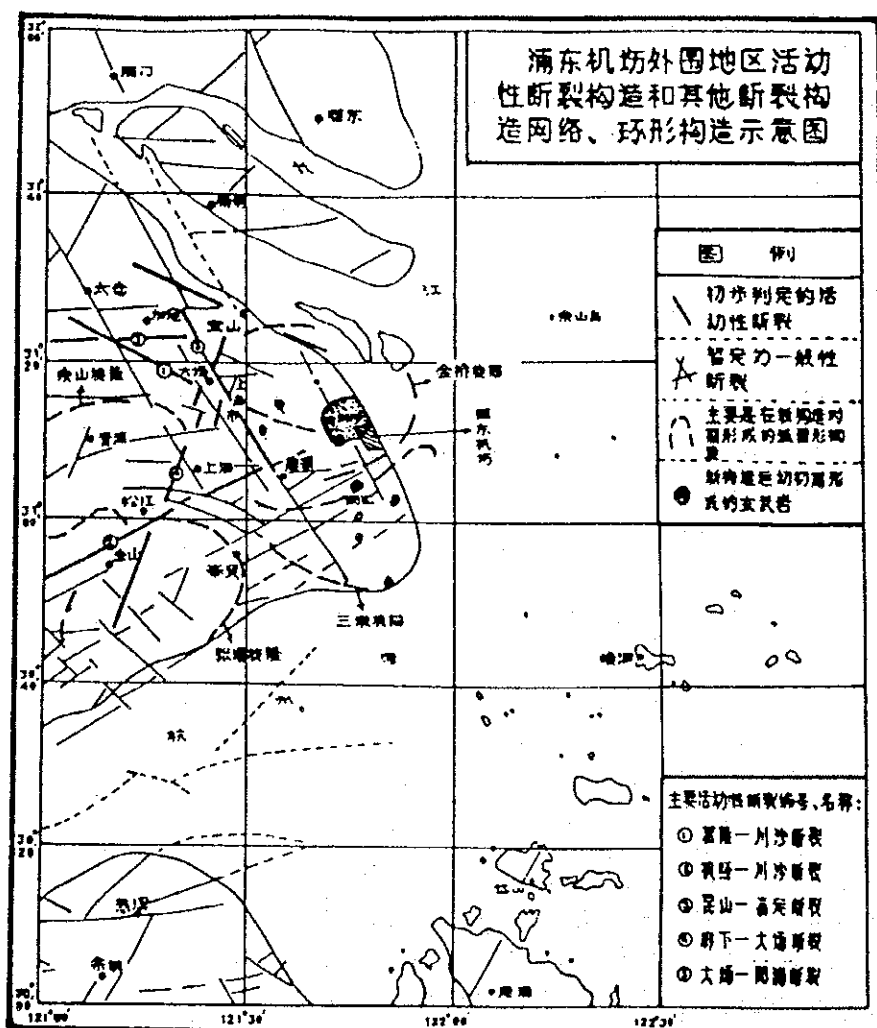


图 3.6.1 浦东新空港周辺の活動性断層構造

3.7 地質および土質

3.7.1 地質概要

浦東新空港建設予定地は、図3.7.1に示すように、金橋火山岩盆地と呼ばれる火山岩盆地上に位置しているが、この金橋火山岩盆地は新構造運動によって沈降を続け、現在はこの上が厚い被覆土層によって覆われている。図3.7.2に新空港周辺区域の被覆土層の等層厚線図を示すが、被覆土層の厚さは、一般的には100～300mであるが、沈降が激しく行われたところでは400m以上になっている。新空港予定地の大部分では被覆土層の厚さが100～300mと思われるが、新空港予定地の北側に接する地域は、400m以上の厚さになっていることが知られている。

ところで、空港造成設計において問題となる基礎地盤の地層はせいぜい30～40m程度である。既存ボーリング調査（G1～G13およびPG125～PG135）および今回追加して実施したボーリング調査（G2-1～G2-4）の調査位置を図3.7.3に示すが、これらのボーリング結果をもとに11断面の地質断面図が作成されている。これら地質断面図の代表断面として、A-A'断面を図3.7.4に、Ⅲ-Ⅲ'断面を図3.7.5に示す。これらの地質断面図から、新空港建設予定地域においては、南北方向（A-A'）、東西方向（Ⅲ-Ⅲ'）ともに地層が比較的均一で、著しい層厚の変化はみられないことが分かる。

地質層序および層相を整理して表3.7.1に示す。新空港建設予定地の地質は大きく7層（①層～⑦層）に分けられるが、高含水比で圧縮性の高い粘土層としては②-1層、②-2層、③層、④層、⑤-1層、⑤-2層、⑤-3層、⑥層が挙げられる。一方、シルト～砂層としては②-3層、⑦-1層、⑦-2層が挙げられる。

なお、①層は根や茎を多く含むため、基礎の沈下や支持力等を考えると空港造成基盤としては不適當であるものと判断される。

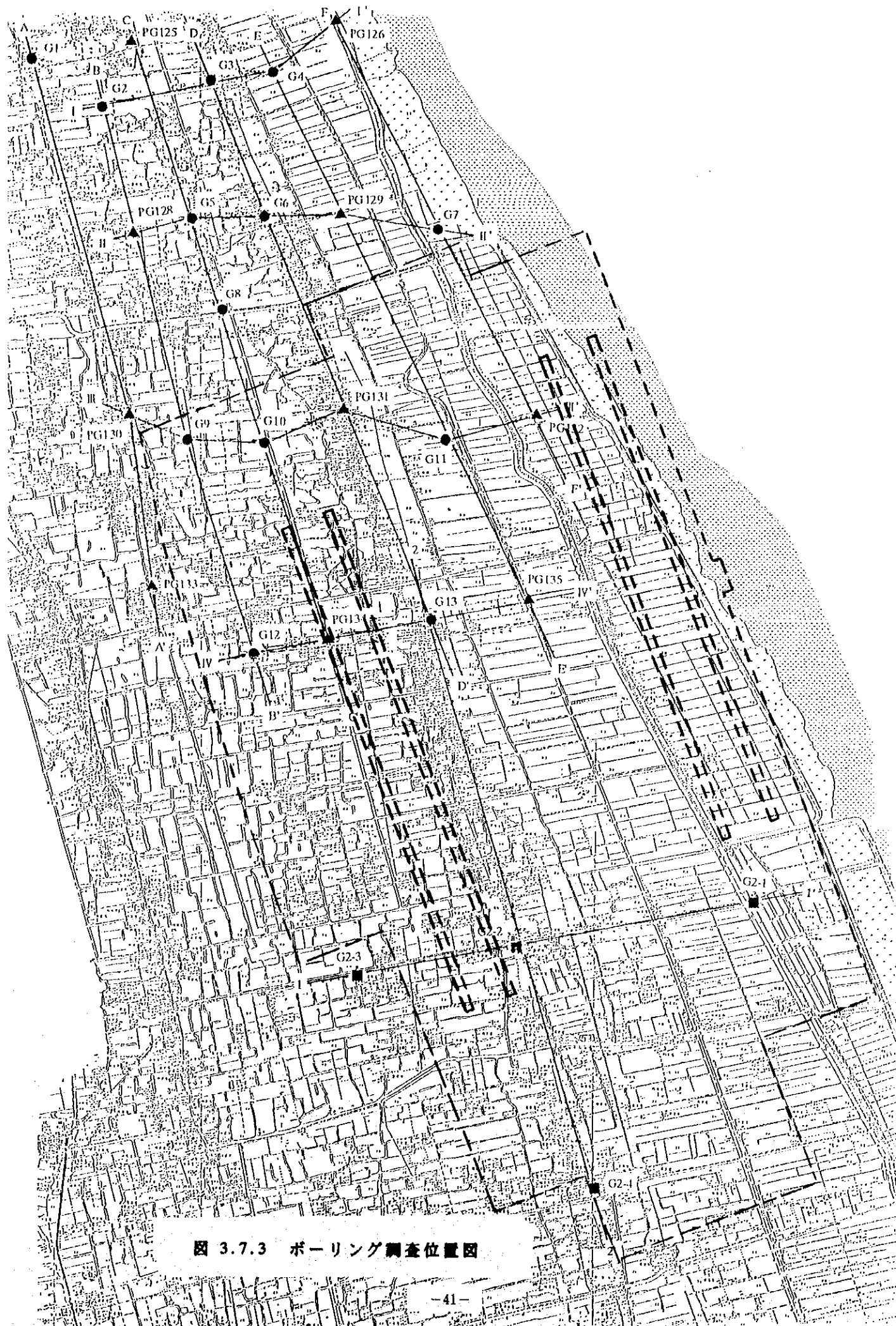


図 3.7.3 ボーリング調査位置図

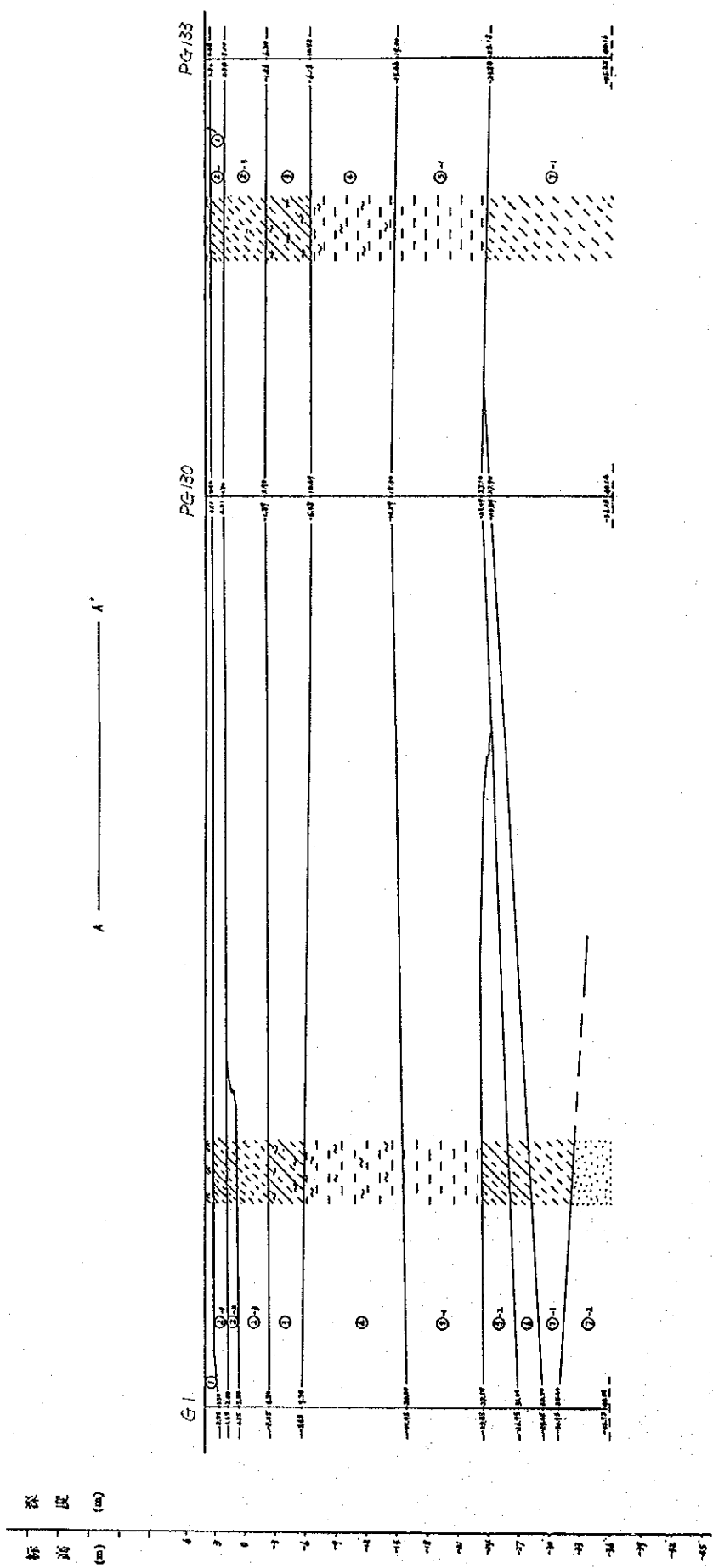


图 3.7.4 代表地質断面图 (A-A')

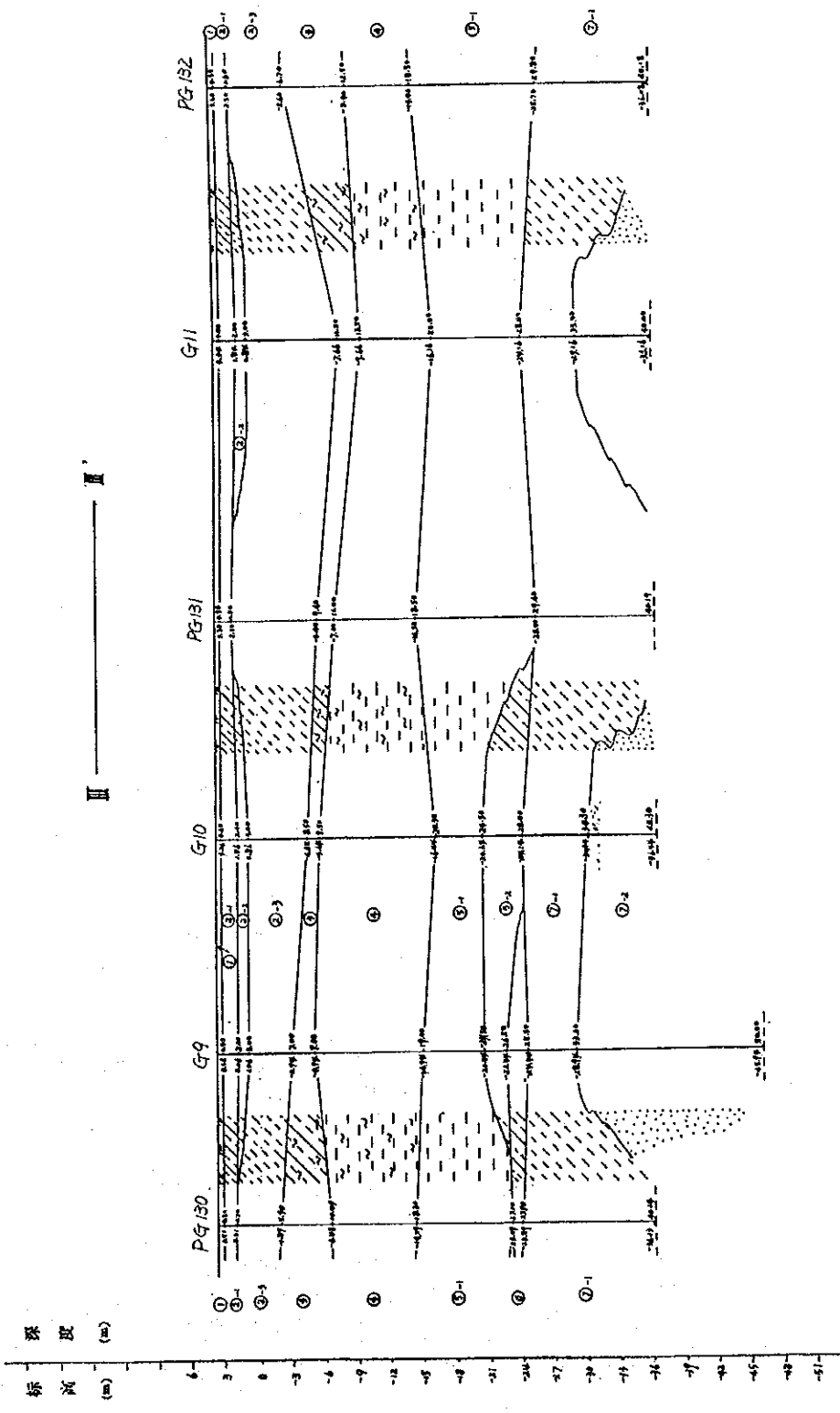


图 3.7.5 代表地質断面图 (III-III')

表 3.7.1 新空港建設予定地域における地質層序と層相

地層名	層底標高 (m)	層厚 (m)	色および土質	特記事項
①層	4.00～ 2.05m	0.30～ 1.80m	褐黄色および灰黄色 粘土	・全区域に分布する。 ・作土および農耕機械用道路のための盛土。 ・植物の根や茎を混入している。
②-1層	2.84～ 0.94m	0.80～ 2.60m	褐黄色粉質粘土層	・一部粉性土の薄層を交え、粉性土の量は上から下 にいくにつれて多くなっている。 ・中度圧縮性土壌に属する。
②-2層	1.84～ -0.97m	0.30～ 3.02m	灰黄～灰色粘質粉土 層	・土質は不均質で、一部の地域では淤泥質粉質粘土 および砂質粉土と互いに層をなしている。 ・層厚は薄く、存在しない地域もある。 ・中度圧縮性土壌に属する。
②-3層	-1.86～ -7.66m	1.13～ 8.50m	灰色砂質粉土層	・やや密で、雲母のかけらを含む。 ・中度圧縮性土壌に属する。
③層	-4.27～ -9.66m	1.00～ 5.80m	灰色淤泥質粉質粘土 層	・全区域に分布する。 ・高含水比で飽和状態、流動的塑性、粉砂の薄層を 交える。 ・高度圧縮性土壌に属する。
④層	-14.29～ -17.48m	6.00～ 11.70m	灰色淤泥質粘土層	・全区域に分布する。 ・高含水比で飽和状態、流動的塑性、粉砂の薄層を 交え、層底には貝殻が見られる。 ・高度圧縮性土壌に属する。
⑤-1層	-17.77～ -26.45m	1.80～ 11.30m	灰色粘土層	・高含水比、軟塑性、灰白色泥質結塊や半腐食状植 物根茎を含む。 ・土質は均質で高度圧縮性土壌に属する。
⑤-2層	-22.27～ -37.61m	2.00～ 19.45m	灰色粉質粘土層	・軟塑性、層内に泥質結塊、植物根茎、有機質斑点 を含む。 ・高度圧縮性土壌に属する。
⑤-3層	-28.28～ -41.41m	2.90～ 3.80m	暗緑色粉質粘土層	・この層は⑥層の欠損地区の溺れ谷沈積土壌である。 ・可塑性。色は黒灰色、灰緑色、暗緑色など。 ・有機質を含み、圧縮性は中度である。
⑥層	-23.89～ -29.45m	0.80～ 4.10m	暗緑色硬土層	・主に粉質粘土で一部粘土に変わっている。 ・硬塑性～可塑性、鉄マンガン質結塊と鉄マンガン 質斑点を含む。 ・圧縮性は中度。
⑦-1層	-28.34～ -45.81m	1.50～ 20.62m	草黄色砂質粉土層	・やや密～中密、雲母片と鉄質浸透すじ状紋を含む。 ・圧縮性は中度。
⑦-2層	-62.03～ -67.36m	16.22～ 25.95m	草黄色粉砂層	・中密度、鉄質斑点と雲母片を含む。 ・圧縮性は中度。 ・この層は上海地区の第一帯水層である。

3.7.2 土質概要

表3.7.2は、既存ボーリング試料および追加ボーリング試料による室内土質試験結果の平均値を整理したものである。

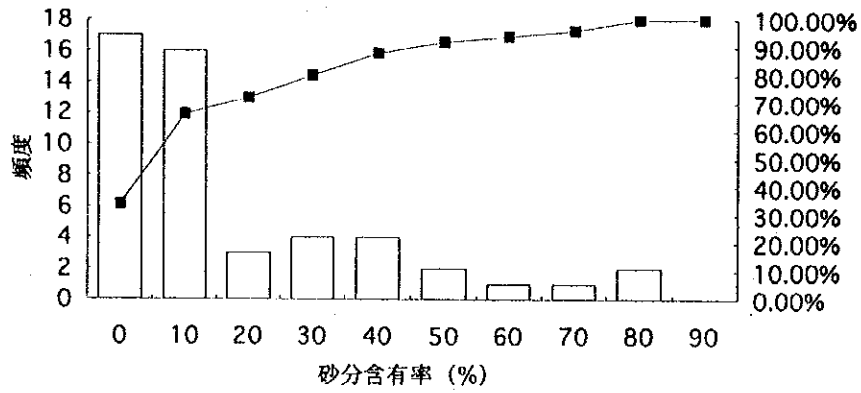
②-1層、②-2層、③層、④層、⑤-1層、⑤-2層、⑤-3層、⑥層は粘土層に分類されるが、自然含水比が $W_n = 25 \sim 50\%$ 程度で、体積圧縮係数は $mv = 1E-02 \sim 5E-02$ (cm^2/kgf)程度となっており、日本における軟弱地盤の土質特性と比べると比較的圧縮性の土質である。液性指数 (IL) については $IL = 0.38 \sim 1.27$ の範囲にあり、液性指数が1以上の土層については人為的な攪乱により著しく強度低下する可能性があるものといえる。したがって、このような土層は、地盤改良工法としてバーチカルドレーン工法等を行う際に、地盤が乱れて強度低下あるいは圧密係数 (Ch) の低下が発生する可能性があることを示唆するものである。

一方、②-3層、⑦-1層、⑦-2層はシルト～細砂に分類される土層である。図3.7.6は各層の砂分含有率をヒストグラムで表したものである。②-3層では砂分含有率が概ね20%以下、⑦-1層では砂分含有率が50%以下であるが、⑦-2層では概ね50%以上あることが分かる。したがって、⑦-2層が圧密沈下の排水層として機能する地層と考えられる。

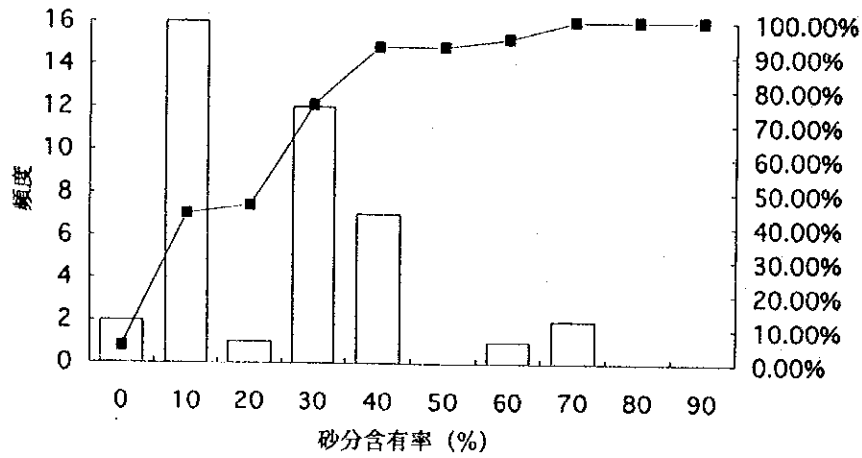
表 3.7.2 各地層の土質定数

地層	自然含水比 W_n %	湿潤密度 γ t/m ³	乾燥密度 γ_d t/m ³	比重 G_s	間隙比 e	塑性指数 Ip	液性指数 IL	砂分含有率 %	体積圧縮係数 mv cm ² /kgf	内部摩擦角 ϕ	粘着力 C kgf/cm ²
②-1層	30.7	1.93	1.48	2.72	0.891	13.3	0.84		1.99E-02	14.5	0.14
②-2層	31.9	1.92	1.46	2.71	0.902	13.7	1.03	5.8	1.77E-02	21.8	0.06
②-3層	28.9	1.94	1.50	2.70	0.835	18.5	1.44	22.1	9.52E-03	24.9	0.03
③層	39.5	1.83	1.31	2.73	1.127	15.1	1.33	10.0	3.35E-02	14.5	0.06
④層	49.5	1.74	1.17	2.75	1.405	21.7	1.22		4.52E-02	7.2	0.10
⑤-1層	41.0	1.82	1.29	2.75	1.169	20.1	0.93		3.07E-02	7.9	0.11
⑤-2層	33.0	1.88	1.42	2.73	0.968	14.9	0.86		2.45E-02	12.5	0.11
⑤-3層	23.6	2.03	1.63	2.72	0.691	13.3	0.50	11.5	1.26E-02	17.0	0.14
⑥層	25.0	2.01	1.61	2.72	0.727	14.9	0.43	8.5	1.23E-02	16.4	0.20
⑦-1層	30.4	1.92	1.47	2.70	0.875			27.6	9.14E-03	24.4	0.02
⑦-2層	27.3	1.95	1.53	2.69	0.793			60.9	6.90E-03	23.9	0.02

砂分含有率のヒストグラム (②-3層)



砂分含有率のヒストグラム (⑦-1層)



砂分含有率のヒストグラム (⑦-2層)

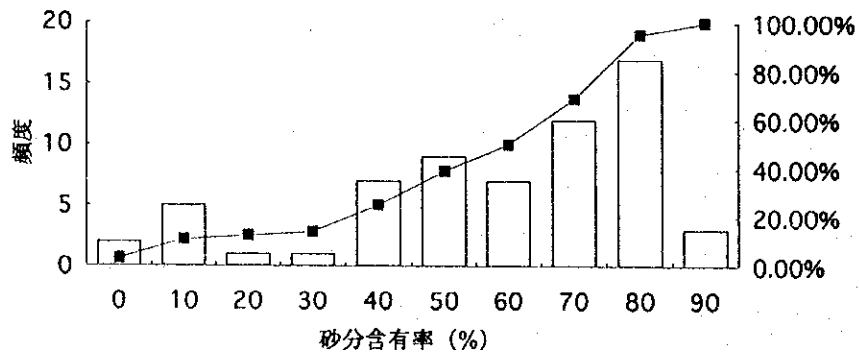


図 3.7.6 各地層の砂分含有率のヒストグラム

3.7.3 圧密特性

基礎地盤の沈下解析を行う際に必要な圧密定数としては体積圧縮係数 (mv) と圧密係数 (Cv) がある。体積圧縮係数は基礎地盤の最終沈下量を予測するために必要な定数で、圧密係数は沈下の進行程度を予測するために必要な定数である。

表3.7.3は、圧密試験より得られている体積圧縮係数および圧密係数を整理して、各地層の沈下解析に用いる圧密定数を設定したものである。

粘土層 (②-1層、②-2層、③層、④層、⑤-1層、⑤-2層、⑤-3層、⑥層) は、体積圧縮係数が $mv = 1E-02 \sim 5E-02 (cm^2/kgf)$ 、圧密係数が $Cv = 1E-03 (cm^2/sec)$ の土質である。日本における軟弱地盤の土質特性と比べると、体積圧縮係数が小さいことから、基礎地盤のトータル沈下量は比較的小さいものと考えられるが、圧密係数が小さく、しかも粘土層の層厚が30m程度もあることから、沈下の進行速度は比較的遅いものといえる。

一方、シルト～細砂層 (②-3層、⑦-1層) は、体積圧縮係数が $mv = 9E-03 (cm^2/kgf)$ 、圧密係数が $Cv = 2E-02 \sim 8E-02 (cm^2/sec)$ の土質で、粘土層に比べ沈下量が小さく、沈下速度が速いことから、沈下に対してはそれほど問題はないものといえる。

表 3.7.3 各地層の沈下解析に用いる圧密定数

地層	自然含水比 Wn %	湿潤密度 γ tf/m ³	乾燥密度 γ_d tf/m ³	比重 Gs	間隙比 e	圧縮係数 av cm ² /kgf	体積圧縮係数 mv cm ² /kgf	圧密係数 Cv cm ² /sec	備考
盛土		2.20							盛土層
①層		1.93	1.48	2.72	0.891				掘削置換層
②-1層	30.7	1.93	1.48	2.72	0.891	0.036	1.99E-02	1.00E-03	沈下対象層
②-2層	31.9	1.92	1.46	2.71	0.902	0.033	1.77E-02	1.00E-03	沈下対象層
②-3層	28.9	1.94	1.50	2.70	0.835	0.018	9.52E-03	8.00E-02	沈下対象層
③層	39.5	1.83	1.31	2.73	1.127	0.069	3.35E-02	1.00E-03	沈下対象層
④層	49.5	1.74	1.17	2.75	1.405	0.103	4.52E-02	1.00E-03	沈下対象層
⑤-1層	41.0	1.82	1.29	2.75	1.169	0.064	3.07E-02	1.00E-03	沈下対象層
⑤-2層	33.0	1.88	1.42	2.73	0.968	0.047	2.45E-02	1.00E-03	沈下対象層
⑤-3層	23.6	2.03	1.65	2.72	0.691	0.021	1.26E-02	1.00E-03	沈下対象層
⑥層	25.0	2.01	1.61	2.72	0.727	0.021	1.23E-02	1.00E-03	沈下対象層
⑦-1層	30.4	1.92	1.47	2.70	0.875	0.017	9.14E-03	2.00E-02	沈下対象層
⑦-2層	27.3	1.95	1.53	2.69	0.793	0.012	6.90E-03	1.00E-01	排水層

3.7.4 透水特性

前述したとおり、②-3層、⑦-1層、⑦-2層はシルト～細砂に分類されるが、どの層も砂分が十分卓越したものであるとは言い難く、圧密沈下の排水層として十分機能するかどうかの検討が必要となる。

圧密沈下の排水層として十分機能するかどうかを判断するには、各地層の透水係数を検討する必要がある。透水係数を算定する方法としては、直接透水試験を実施する方法（室内透水試験あるいは現場透水試験）が最も良いが、これまでに対象となる②-3層、⑦-1層および⑦-2層の透水試験は実施されていないことから、今回の検討においては、クレーガーによる方法を用いて、各地層の20%粒径（ d_{20} ）から透水係数を算定することとした。

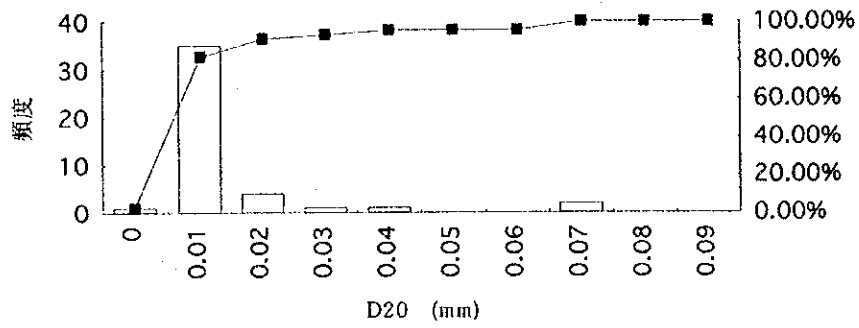
②-3層、⑦-1層、⑦-2層の20%粒径のヒストグラムを図3.7.7に示す。②-3層および⑦-1層は概ね $d_{20} = 0.01$ (mm)程度である。⑦-2層は $d_{20} = 0.01 \sim 0.09$ ばらつきがあり、平均的には $d_{20} = 0.04$ 程度である。これらの試験結果を表3.7.4のクレーガーによる d_{20} と透水係数の関係に当てはめると、②-3層および⑦-1層の透水係数は $k = 1.05E-05$ (cm/sec) で、⑦-2層の透水係数は $k = 1.75E-04$ (cm/sec) 程度であるものと推定される。

表 3.7.4 クレーガーによる d_{20} と透水係数の関係

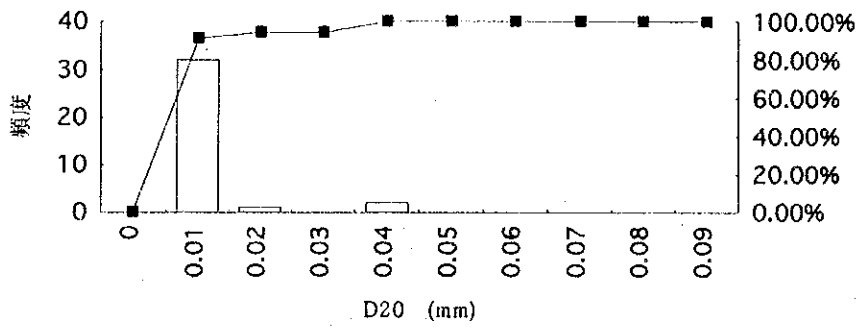
d_{20} (mm)	k(cm/s)	土質分類	d_{20} (mm)	k(cm/s)	土質分類
0.005	3.00×10^{-6}	粗粒粘土	0.18	6.85×10^{-3}	微粒砂
0.01	1.05×10^{-5}	細粒シルト	0.20	8.90×10^{-3}	
0.02	4.00×10^{-5}	粗粒シルト	0.25	1.40×10^{-2}	
0.03	8.50×10^{-5}		0.30	2.20×10^{-2}	
0.04	1.75×10^{-4}		0.35	3.20×10^{-2}	
0.05	2.80×10^{-4}		0.40	4.50×10^{-2}	中粒砂
0.06	4.60×10^{-4}	極微粒砂	0.45	5.80×10^{-2}	
0.07	6.50×10^{-4}		0.50	7.50×10^{-2}	
0.08	9.00×10^{-4}		粗粒砂	0.60	1.10×10^{-1}
0.09	1.40×10^{-3}			0.70	1.60×10^{-1}
0.10	1.75×10^{-3}	0.80		2.15×10^{-1}	
0.12	2.60×10^{-3}	微粒砂	0.90	2.80×10^{-1}	
0.14	3.80×10^{-3}		1.00	3.60×10^{-1}	
0.16	5.10×10^{-3}		細礫	2.00	1.80

以上のことから、②-3層および⑦-1層は圧密沈下の排水層としては不十分であるが、⑦-2層は排水層として機能するものと判断される。ただし、⑦-2層の d_{20} についてはかなりのばらつきがあり、クレーガーによる方法から透水係数を算定することは精度的に若干問題があることから、今後、室内透水試験あるいはボーリング孔を利用した現場透水試験により、⑦-2層の透水係数を確認する必要がある。

D20のヒストグラム (②-3層)



D20のヒストグラム (⑦-1層)



D20のヒストグラム (⑦-2層)

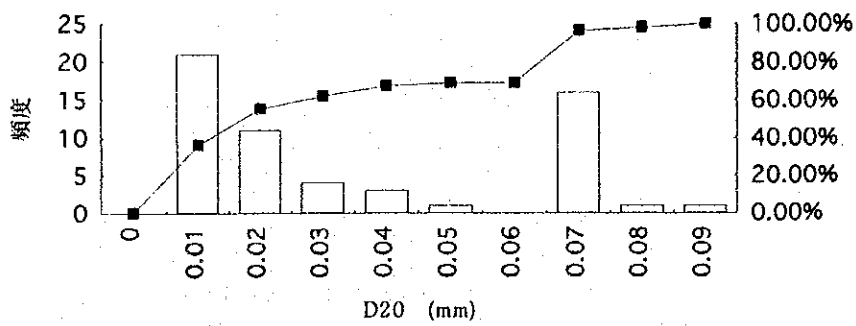


図 3.7.7 各地層の20%粒径のヒストグラム

3.7.5 液状化の検討

追加ボーリング調査の試験報告書（1994年9月18日）によれば、『②-3層は、砂質粉土層で、深度が15m以浅、標準貫入試験値が $N = 4 \sim 12$ 、静的貫入値が $P_s = 3.12 \sim 4.99$ (MPa)であり、これらの定数を上海市の「地基基礎設計規範」に適用すると、②-3層は烈度7（日本の震度5に相当）の地震に対しては液状化する可能性がある。』と、述べられている。

しかしながら、前述のとおり、②-3層は砂分含有率が概ね20%以下であり、細粒分がかなり卓越した砂質粉土層であることから、日本の液状化判定基準に当てはめて検討を行うこととした。

日本における液状化検討のための判定方法にはいくつかの基準があるが、ここでは、最も一般的に用いられているFL値法によって検討を行った。この方法は、地盤内のある深さの液状化強度比 R とその土に地震時に加わる繰返しせん断応力比 L を地盤の N 値、粒径および地表最大加速度などから推定し、両者の比をとって液状化に対する安全率FL値とするものである。そして、 $FL \leq 1$ なら液状化の可能性があり、 $FL > 1$ なら液状化の可能性が少ないと判断する方法である（図3.7.8参照）。

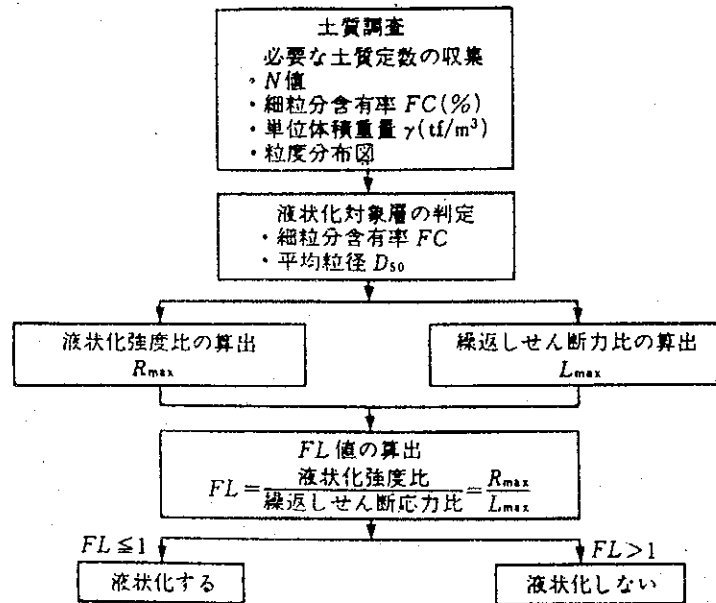


図 3.7.8 FL値法による液状化判定法

解析結果を表3.7.5に示す。地震時せん断応力比Lについては、第1編の3.6で述べたように浦東新空港においては水平震度を $K_h=0.08$ とすればよいことが明らかとなったが、国際空港としての重要性を考慮して、液状化の検討においては設計水平震度を $K_s=0.10$ と 0.15 の2ケースについて検討した。解析の結果、最もFL値が小さい場合でも $K_s=0.15$ で $FL=1.147$ となり、②-3層はかなり大きな地震に対しても液状化する可能性が少ないものと判断される。

表 3.7.5 ②-3層の液状化の判定結果

ボーリング孔 No.	G2-1	G2-2	G2-3	G2-4
深度 (m)	5.55~5.85	5.55~5.85	4.55~4.85	4.55~4.85
N値 (回)	4	14	4	12
σ_v (kgf/cm ²)	1.1007	1.1028	0.9044	0.909
σ'_v (kgf/cm ²)	0.5623	0.8301	0.4658	0.7171
D50 (mm)	0.076	0.036	0.03	0.028
細粒分含有率 F_c (%)	45	77	90	91
動的せん断 強度比 R	R1	0.157	0.266	0.163
	R2	0.149	0.19	0.19
	R3	0.002	0.148	0.2
	R	0.308	0.604	0.553
低減係数 γ_d	0.9145	0.9145	0.9295	0.9295
地震時せん断 応力比 L	$k_s=0.10$	0.179	0.1215	0.1805
	$k_s=0.15$	0.2685	0.1822	0.2707
FL値	$k_s=0.10$	1.721	4.971	3.063
	$k_s=0.15$	1.147	3.315	2.042
液状化の危険性	無	無	無	無

3.7.6 支持力特性

② - 1層の路床支持力を把握するために、今回追加調査として平板載荷試験と室内CBR試験を実施した。

室内CBR試験結果を表3.7.6に示すが、CBR値は4.6~19.8(%)で、平均値は12.2(%)であった。「空港アスファルト舗装構造設計要領(運輸省航空局監修、1990)」に基づいて、これらの試験結果から設計CBRを求めると、設計CBRは7.2(%)となる。

平板載荷試験結果を表3.7.7に示すが、K30は6.7~16.1(kgf/cm²)で、平均値は10.3(kgf/cm²)であった。また、K30をK75に換算すると、2.7~6.5(kgf/cm²)で、平均値は4.1(kgf/cm²)である。なお、換算式は $K75=K30/2.5$ を用いた。「空港コンクリート舗装構造設計要領(運輸省航空局監修、1990)」に基づいて、これらの試験結果から設計支持力係数を求めると、設計支持力係数は2.8(kgf/cm²)となる。

これら7.2%、2.8kgf/cm²という値は、路床支持力としては十分な値である。

表 3.7.6 室内CBR試験結果

調査位置	No.1	No.2	No.3	No.4	平均
CBR値(%)	No.1	21.0	19.1	4.6	4.8
	No.2	20.0	18.5		7.9
	No.3	18.3	16.4	4.6	5.8
	平均	19.8	18.0	4.6	6.2

設計CBR=各地点CBRの平均 - (最大のCBR) - (最小のCBR) / d2'	
d2'	=3.089
設計CBR	=12.2-(19.8-4.6)/3.089
	=7.2

表 3.7.7 平板載荷試験結果

調査位置	No.1	No.2	No.3	No.4	平均	
K30(kgf/cm ²)	No.1	6.4	8.0	19.2	8.4	
	No.2	7.6	13.2	16.0	6.0	
	No.3	6.0	12.8	13.2	7.2	
	平均	6.7	11.3	16.1	7.2	10.3
K75(kgf/cm ²)	平均	2.7	4.5	6.5	2.9	4.1

設計支持力係数=各地点の支持力係数の平均 - (最大の支持力係数) - (最小の支持力係数) / d2'	
d2'	=3.089
設計支持力係数	=4.1-(6.5-2.7)/3.089
	=2.8

3.8 地下水位

地下水位については長期的な観測資料がないが、1991.3.12～1991.4.20にかけて実施されたボーリング（PG125～PG135）においてボーリング孔内水位が観測されている。表3.7.8はこれらの観測結果を整理したものであるが、ボーリング孔内の水位から判断すると、浦東新空港建設予定地における地下水位は概ね②-1層内にあるものと判断される。

また、近くの南匯島の芦潮港水位観測所では浅層地下水位の観測が実施されている。この観測資料を図3.7.9に示すが、4～7月に若干地下水位は高くなるものの、大きな変化はみられず、概ね、平均地下水位は標高3m（①層あるいは②-1層内）、最高地下水位は標高4m（①層内）、最低地下水位は標高2m程度（②-1層内）である。

以上のことから、平均地下水位では①層あるいは②-1層に地下水位があり、最高水位の場合には地表面にまで水位が上昇する可能性があるものといえる。

したがって、②-1層を路床とした場合、地下水位が路床支持力になんらかの影響を及ぼすことも考えられるため、地下水の排水処理については十分な検討が必要である。

表 3.7.8 ボーリング孔内の地下水位

ボーリング孔	施工日期	ボーリング孔水位		
		深度 (m)	標高 (m)	地層
PG125	91.4.16～91.4.20	1.13	2.71	②-1層
PG126	91.3.28～91.3.29	1.45	3.30	②-1層
PG127	91.3.12～91.3.13	0.84	3.11	②-1層
PG128	91.3.14～91.3.16	0.82	3.18	②-1層
PG129	91.3.22～91.3.24	0.65	3.36	②-1層
PG130	91.3.17～91.3.18	1.18	2.83	②-1層
PG131	91.3.18～91.3.19	0.40	3.60	①層
PG132	91.3.20～91.3.22	1.05	3.05	②-1層
PG133	91.3.16～91.3.17	0.50	3.84	②-1層
PG134	91.3.20～91.3.27	0.80	3.06	②-1層
PG135	91.3.18～91.3.19	1.38	2.89	②-1層

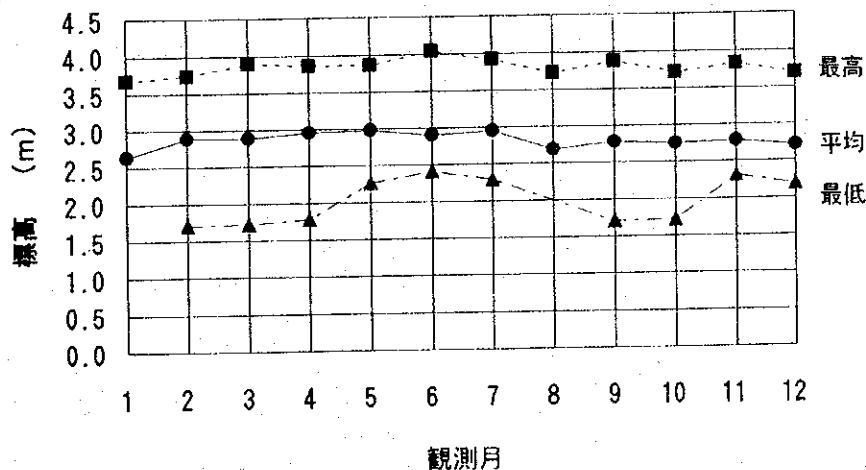


図 3.7.9 芦潮港における浅層地下水位の経時変化