

関西国際空港の建設について

関西国際空港(株) 正会員	前	田	進
〃	〃	古土井	光 昭
〃	〃	森	好 生

はじめに

関西国際空港は、世界で初めての本格的な海上空港であり、我が国初めての24時間運用可能な空港である。海洋開発という観点に立てば、その規模や施工技術という面から沖合人工島のさきがけということができ、その意味で21世紀に向けて海洋空間利用の新たな頁を拓くものと考えられる。

大阪国際空港の騒音問題の解決を図るとともに、航空輸送需要の増加に対処するために、新空港の調査に20年近い年月を費してようやく昨年10月、事業主体として関西国際空港株式会社が設立された。空港の建設については、その緒についたばかりであり、これからも調査、計画の段階と同様に、社会、経済上のさまざまな制約を克服するために、山積する技術課題を解決しつつ、61年度末着工、67年度末開港を目差して進めるものである。

ここでは、関西国際空港計画及び空港の建設計画について、大阪湾泉州沖が最適であるとの航空審議会答申以来10年間にわたって実施されてきた調査を加えながら紹介する。

1. 関西国際空港計画

(1) 空港計画に係る調査

空港の位置について、泉州沖、神戸沖、播磨灘の3候補地を総合的かつ客観的に評価した結果、泉州沖の海上が最も望ましいとする旨の昭和49年8月の航空審議会答申を受けて、運輸省により、昭和51年度から、泉州沖候補地について、公害がなく地域社会と調和がとれかつ機能的にもすぐれた新しい空港の計画を策定するための調査が行われた。調査にあたっては、大阪府、兵庫県及び和歌山県と協議のうえ、昭和51年9月、調査は空港の建設を前提とするものでないこと、空港の計画は関係府県の合意を得て決定することなどを骨子とする「関西国際空港の計画に係る調査の実施について」が定められて今後の調査に取り組む基本的な姿勢が明らかにされ、翌52年2月「関西国際空港調査の全体計画」が公表された。この全体計画に従い、関係府県の協力を得ながら、空港候補地の海上およびその対岸の陸上に気象海象観測施設が設置され、昭和53年1月からの通年観測など自然条件、社会条件、空港条件及び環境影響に関し、広範な調査が実施された。環境影響に特に重点をおいて実施され、これらの調査が地元の人々の新空港に対する不安をぬぐい去るのに大きな力となった。

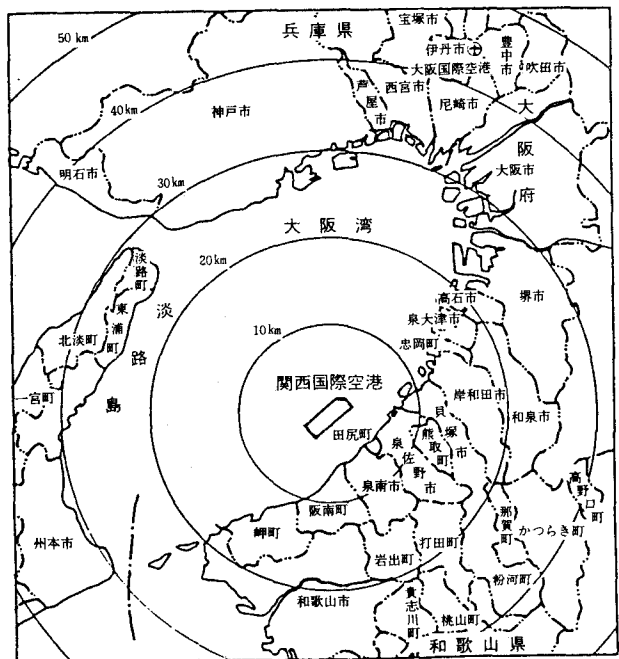
これらの調査成果に基づき、昭和55年9月航空審議会の第二次答申が出され、これを受けて運輸省は、「関西国際空港の計画案」、「関西国際空港の環境影響評価案」及び「関西国際空港の立地に伴う地域整備の考え方」（一般に三点セットといわれている）をとりまとめ、関係府県に提示した。

その後、空港計画に関してさらに具体的な検討を行うための技術調査が実施され、これらの成果は関西国際空港株式会社に引き継がれている。

(2) 運輸省の関西国際空港計画

運輸省は、関西国際空港の計画について、航空審議会の二つの答申を尊重しつつ、公害がなく、

関西国際空港位置図



地域社会と調和がとれ、かつ、機能的にも優れた空港とするため、以下の方針に基づいてとりまとめた。

① 国際航空輸送及び国内航空輸送の拠点として設置し、運用する。

② 海上空港という優れた立地条件及び国際空港路線の特性を考慮し、24時間運用の空港とする。

③ 大阪湾及び周辺地域における公害の防止と自然環境の保全に十分配慮して設置し、運用する。

④ 開港に必要な最小限度の施設の整備を終えた時点で供用を開始し、以降、航空輸送の動向に応じ、逐次施設の拡張を図る。

全体構想の概要は次のとおりである。

- ① 位置 大阪湾南東部の泉州沖の海上(陸岸からの距離約5 Kmの沖合)
- ② 最終規模

滑走路	主滑走路	4,000m×2本
	補助滑走路	3,400m×1本
面積	約1,200 ha	
- ③ 最終能力 年間離着陸数 約26万回

これを基礎に、第一期計画についての運輸省案が作成され、さらに関西国際空港会社に示された基本計画が策定された。

(3) 関西国際空港株式会社の空港計画

関西国際空港についての、空港島形状、空港施設配置などに係る具体的な計画は、運輸大臣が定めた基本計画に適合する範囲内で、関西国際空港株式会社が決定することとなっており、現在、会社において鋭意検討されている。

空港計画(第一期計画)の概要は次のとおりである。

- ① 位置 大阪湾南東部の泉州沖の海上(陸岸からの距離約5 Kmの沖合)
- ② 規模

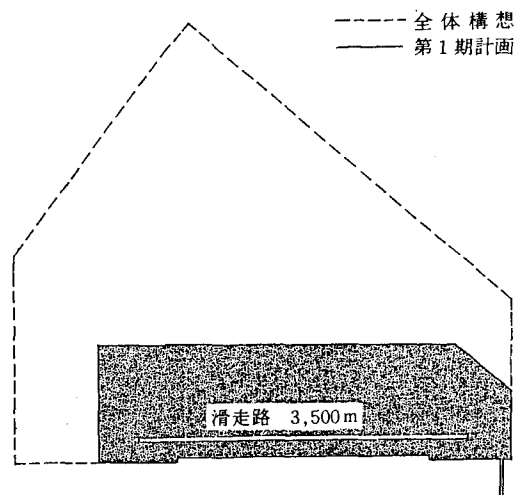
滑走路	3,500m×1本
面積	約500 ha
- ③ 能力 年間離着陸回数 16万回
- ④ 開港目標年度 昭和67年度末
- ⑤ 事業費 約1兆円(58年度価格)

資金計画の概要は次のとおりである。

- ① 出資金

国	約800億円
地方公共団体	約200億円
民間	約200億円
- ② 借入金等 約8,800億円
(財政投融资、民間からの借入)

空 港 計 画



2. 空港の建設計画

(1) 空港建設の概要

関西国際空港は海上空港である。このため、空港の建設としては、新たな空港用地の造成(空港島の建設)、空港島に設置される滑走路等の空港基本施設及びターミナル施設等の機能施設、利便施設の建設、並びに空港島と陸岸とを結ぶ長さ5 Kmに及ぶ連絡橋等の建設等がある。

建設工事費は、約8,000億円(58年度価格)であり、その内訳はおおむね次のとおりである。

- | | |
|------------------------|----------|
| ① 護岸、埋立等空港島の建設 | 約4,400億円 |
| ② 滑走路、誘導路、ターミナル等諸施設の建設 | 約2,400億円 |
| ③ 連絡橋等の建設 | 約1,200億円 |

建設工程としては、空港島を6年間で、全体について7年間で完成させることを予定しており、建設開始から開港まで息つく間もない急速施工の建設工事である。

現在、61年度末着工、67年度末開港をめざして、飛行場設置許可申請、公有水面埋立申請、環境影響評価などの手続きの準備と調査、設計などの工事準備を進めている。

このほか、空港建設に関連する重要な工事である空港島の造成に必要な埋立土砂の採取運搬については、土取場所、事業主体についての調整を行っている。

また、空港が機能を発揮するために必要な道路、鉄道、船舶等のアクセス施設、空港従業員はじめ空港に関連した人口増、企業立地に必要な関連公共施設の整備が必要であるが、これらについては、国土庁、建設省をはじめとする関係省庁及び地方自治体において検討が進められている。

(2) 空港建設に係る調査

関西国際空港が沖合の大水深、厚い軟弱地盤の海域を埋立てて造られる空港であり、さらに事業の緊急性等から短い工期で建設されることとなるため、人工島の建設、埋立土砂の採取運搬、連絡施設の建設等にあたっては、これまでの港湾整備で培われてきた技術を結集するとともに、さらに高度化が要請される場所である。このため、昭和56年度以降においては、空港建設のための調査に重点が移され、空港予定海域についてのボーリングによる地盤調査、深層混合処理工法(DM工法)、サンドコンパクションパイル工法(SCP工法)、サンドドレーン工法(SD工法)による地盤改良施工実験、並びに土砂採取実験、土砂運搬実験、具体的な山地を対象にしての土砂採取運搬計画調査、工事管理システム調査などが実施された。

これらのうち、空港建設にとって最も重要な調査のひとつと考えられている地盤調査について、以下に概要を記す。

空港島を経済的かつ確実に建設するためには、地盤の構造と土質特性を的確に把握することが必要である。関西国際空港の建設予定地は、軟弱な沖積粘土層の下に洪積粘土層と砂層が数百mの厚さで堆積している。このため、掘進深さ100m～400mの大深度ボーリングが行われ、原位置試験、室内試験をもとにした土質工学的な検討と、微化石分析などの地質学的な検討が加えられ、約1200haの広範な地域について、ボーリング孔の対比が行われ地盤の層準層序が設定され、地盤の特性が明らかにされた。

1) 土質調査の概要

昭和52～57年度にかけて、空港建設予定海域で合計65本のボーリングが行われた。水深18m程の海域で掘進深さ100～400mのボーリングを行うことから、大型で強固なやぐらと、剛性の大きい大口径のケーシングロッドが用いられ、乱れの少ない良質の試料が採取された。また、港研式ワイヤーライン方式のボーリングも使用され、質の向上と能率化が図られた。実施した土質試験、原位置試験の中で特殊な試験としては、洪積層の比較的深度の大きい粘土層の圧密沈下量を推定するための高圧圧密試験、長期間における圧密沈下量の推定精度を高めるための二次圧密試験、圧密後の、しかも現位置に近い条件での圧縮強度を把握するための三軸圧縮試験、耐震性の検討のための動的試験、地層の境界深度をより正確に算出できるマルチチャンネル方式の音波深査などがあげられる。

(3) 空港島の建設

1) 概要

空港島は、沖合5Km、水深18mの海域に建設される、護岸延長11Km、面積500haの人工島であり、埋立に必要な土砂量は約1億5千万 m^3 と見積られている。空港島の建設工程としては、まず護岸を地盤改良を含めて約2年で概成させ、その後の4年間で埋立を行い、合わせて6年間で空港島を完成させることとしている。

空港島建設海域の海底地盤は、上部に厚さ20mの軟弱な沖積粘性土層があり、下部に粘土層と砂、砂礫層の互層からなる洪積層がある。このうち、沖積粘性土層と海面下150m程度までの洪積粘性土については、圧密による地盤の沈下を考慮する必要がある。空港島建設の急速施工のためには、軟弱な沖積粘性土層の地盤改良が必要であり、その工法としては、サンドドレーン工法(SD)、サンドコンパクションパイル工法(SCP)、深層混合処理工法(DM)が考えられる。各工法とも、現地への適用性、経済性及び施工性の向上並びに環境影響の確認をはかるために、施工実験が実施され、設計、施工、環境影響等についての実証確認が行われた。

護岸の構造形式としては、消波機能、係船機能の必要性などと、地盤改良工法との組み合わせで、緩傾斜石積護岸(SD)、ケーソン護岸(SCP、DM)、鋼型セル護岸(SCP)の採用が想定される。構造形式の決定は、工期内の完成、海砂、石材等の大量資材の調達、地盤改良のための作業船の調達、環境影響および経済性についての総合的な評価に基づいてなされる。護岸の施工は、綿密な施工計画に基づいて資材及び作業船の調達、作業船間の保安距離の確保など護岸工事全体との調整を図って進める。緩傾斜石積護岸(SD)については、これに加えて、圧密による地盤の強度増加に必要な期間を確保しつつ、段階的に盛砂、捨石などを施工することとなる。

埋立地の沖積層の圧密沈下量は5m強と推定されており、工事期間中に沖積層の圧密、沈下を完了させて、開港後の不同沈下を防止するため、埋立地全面にわたりサンドドレーン工法により地盤を改良することとしている。埋立の施工は、地盤改良後、圧密による地盤の強度増加に必要な期間を確保しつつ、底開式土運船による直投方式で水深-3mまで埋め立て、その後リクレーマー船などの揚土機を用いて、所要の施工地盤高になるまで造成する方法で行う。また、本工事では、1億5千万 m^3 の大量の埋立土砂を数か所の土取場から安定的、効率的に運搬するとともに、埋立地の沈下量に大きな差を生じないように、埋立地盤ができるだけ均一になるよう、直投位置の設定と埋立工事中の出来形管理を行う必要がある。

2) 建設工事の特徴と課題

空港島建設工事の特徴を一口に言えば、大水深、軟弱地盤、大量急速施工を同時に解決する必要があることであろう。おのおのについてはもっと厳しい条件下における施工例はあるが、これら3つの条件が同時に求められる巨大工事例はこれまでにない。この大工事を計画的に円滑かつ安全に実施するためには、工程管理、作業管理、船舶機械管理、運行管理、沈下安定管理、水質監視などの工事管理が重要である。

人 工 島 の 建 設 工 事

区 分	関西国際空港	神 戸 港			
	第1期計画	ポートアイランド	六甲アイランド	大阪港南港	長崎空港
埋立面積 (ha)	約 500	436	580	930	136.5
埋立土量 (百万 m^3)	約 150	80	120	103	25
護岸延長 (km)	約 11	13.7	12.5	26.7	6.9
平均水深 (m)	約 -18	-12	-12	-5.5	-15
建設期間 (年度)	60-67	41-55	46-65	33-55	46-50

2) 地盤特性

従来、ボーリング相互間の対比は岩相の類似性によって行なわれ、主として粗粒堆積層の連続状態により地盤の層序の想定がなされてきた。今回のボーリングではボーリング間隔が1 Km程度にも及ぶため従来の考え方に加えナンノプランクトン化石の産出頻度の特徴を識別することにより層序が設定された。ナンノプランクトンは、大きさが10～数ミクロンで石灰質の殻をもち海洋環境のみ生息するものであり、その産出層準ごとに特徴的な産出頻度曲線がみられ容易に対比が可能であった。

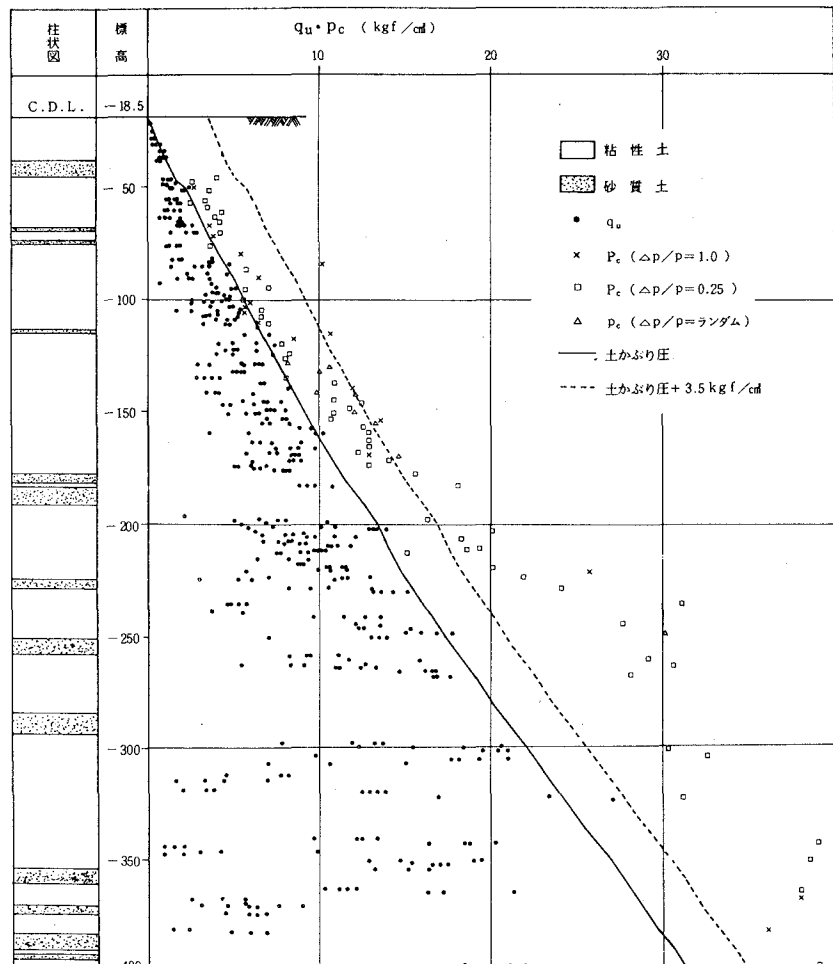
建設予定地の海底地盤は北西方向に均一な傾きを持っており、面の傾斜は下位のもの程大きくなっている。また、少くとも建設予定地域における地層群(泉南沖層群)は全体として一つの傾動地塊の上に堆積したものであり、顕著な構造運動は認められなかった。

ボーリングNo56-9において、-200m程度の深さから陸域に分布する大阪層群中の最も重要な鍵層であるアズキ火山灰層が確認された。

下図にボーリングNo56-9での圧密試験結果を示す。泉南沖層群の下部は、上部に比べると圧密降伏応力がかなり大きく、現在の有効土被り荷重に想定される埋立荷重を加えても、なお過圧密領域であると考えられ、空港建設に当って圧密沈下の対象となる地盤は上部(Ma6層より上部層)のみであると考えられる。また、同図には一軸圧縮強度を図示しているが、洪積粘土のばらつきは大きく、この傾向は深度が増加するほど大きくなっており、サンプリング及び試験上の困難さを示している。

沖積粘土の物理特性は、近畿、中国、四国地方の港湾周辺の粘土とほぼ同様であった。

今後、建設計画の具体化に伴いさらに詳細な土質調査を実施するとともに、本工事に際しては、沈下観測その他の現地観測を実施することを予定している。



また、要因別の、特徴と課題は次のとおり考えられる。

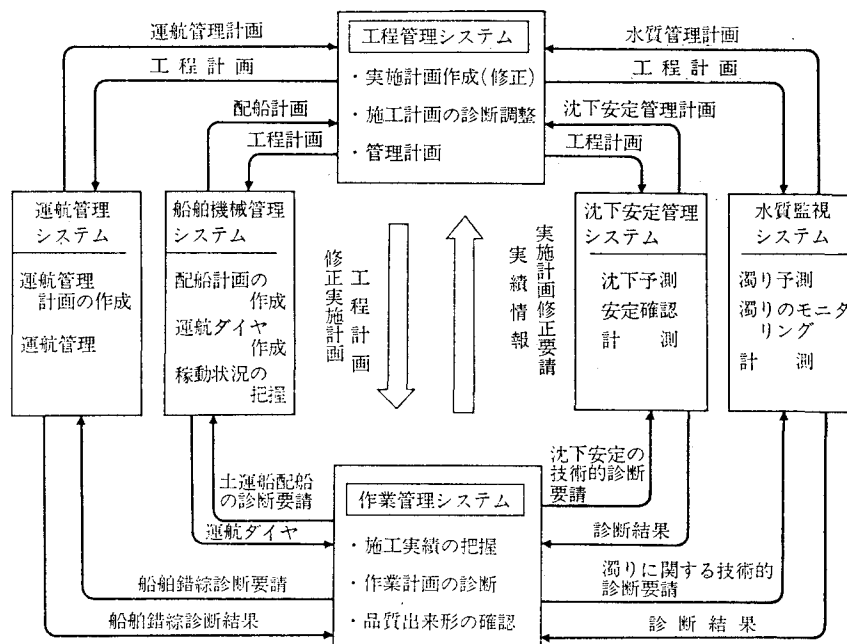
① 空港島の建設は厚い粘性土層の上に30mに及ぶ厚さの石や土砂を積み上げるものであり、工事途中の出来形及び沈下量の確認、圧密による地盤の強度増加の確認など、地盤の沈下、安定管理を適確に行う必要がある。

② 建設地点は内湾とはいえ陸岸から5Kmの沖合にあり、工事の効率性、安全確保については十分配慮する必要がある。このため、的確な気象、海象予測、避難場所の確保、海上作業基地の整備等が求められる。

③ 空港島の建設は、連絡橋建設工事、空港施設建設工事及び関連工事と併行して行われることから、これら工事に必要な土運船、ガット船、杭打ち船、クレーン船、台船などの作業船等についての利用調整、安全確保のための水域調整、運搬土量等の作業調整等が必要である。さらにこれら作業船が一般船舶の航行の安全を妨げないように留意する必要がある。

④ 空港の設置および運用が周辺環境に与える環境について事前に十分な環境影響予測を行うが、施工中についても、水質、濁り等について環境の監視を行い、環境に悪影響を与えることのないよう管理する必要がある。

⑤ また、短い工期で効率的な施工を行うために、結果として大量急速施工となるが、できる限り既存の作業船を効率的に使用することによって経済性を高め、海砂、山砂、石材等の大量資材についても需要を一定にすることにより供給の安定化と単価の低減をはかり、施工の確実性と経済性を満足させるよう努める必要がある。このためにも、綿密な資機材調達計画を含む適切な建設計画の作成及びそれに基づく適確な工事管理が必要である。



工事管理システムの構成