

浜名湖における潮汐特性の経年変化 に関する研究

Recent change in tidal response in HAMANA Lake

有田守¹・青木伸一²

Mamoru ARITA and Shin-ichi AOKI

¹正会員 博(工) 豊橋技術科学大学教務職員 建設工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

²正会員 工博 豊橋技術科学大学教授 建設工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

Influence of artificial topographic change of an inlet on the tidal response of Hamana Lake is investigated. The lake has a narrow inlet to the ocean that has been stabilized by constructing a pair of jetties before 1980. Although detailed observation of tide had not been carried out since 1980, some reports say that amplitude of tide has become higher recently. In this study, tidal responses were measured at 13 points in HAMANA Lake from October to November in 2003. The present situation of tidal wave propagation was investigated and discussed comparing with the old data.

Key Words : tide, tidal response, inlet, wave propagation and HAMANA Lake

1. まえがき

浜名湖は、今切口と呼ばれる水路を介して太平洋とつながる非常に閉鎖的な汽水域である。この今切口は、1953年の台風による被害を契機に水路を200mの幅で固定する大規模な土木工事が行なわれた。この固定化工事により今切口での潮汐による海水流動の速度が増加し、今切口の底部が洗掘され、工事開始後から約20年で今切口の平均断面積は約2.5倍に増大した。これによって海水の流入量が増加し、湖内の平均塩分量が増加したことも知られている。1980年以降、今切口工事による浜名湖の環境影響は減少し現在では潮汐、水質特性等は安定した状態にあると考えられている。

図1に示すように浜名湖は、複雑な地形特性を有しており平面的なスケールは、およそ15km×15kmである。湖奥から湖口に向かって幅が狭くなり最終的に幅200mの今切口で外洋と接続している。水深は、湖央から湖口にかけて平均水深約2.5mの浅海域が広がっており、湖奥では水深10m前後となっている。これらの平面的、鉛直的に複雑な地形の特性によって潮汐の伝播時間が湖口と湖奥で2.5-3.0 hour遅れる。また、潮汐の振幅は湖口と湖奥で50%減衰することが松田¹⁾によって示され

ている。

今切口固定化工事によって浜名湖内部の潮汐伝達特性は大きく変化し上記のように1980年までに安定したとされているが、近年潮汐振幅の増加やアサリの生息場所の移動等、潮汐現象が大きく変化したと考えられることが指摘されている。

潮汐変動は、汽水域での生態環境を支配する主要な因子であり、汽水域での環境を論じる際に重要であるが、浜名湖の潮汐特性や水環境については1980年以降、筆者の知る限り詳細に調査、研究されていない。

そこで本研究では、潮汐の現状の伝播特性を把握するために浜名湖13地点で約1ヶ月間の潮汐を観測し現状の把握を行い、過去に観測された潮汐変動特性と比較することにより経年変化について考察を行った。

2. 潮汐観測

潮汐の観測は、2003年9月19日-10月28日まで、図1に示す浜名湖全13カ所に圧力式波高計(アレック電子 COMPACT-WH, TD)を設置し、計測サンプリング60sで観測を行った。解析に用いたデータは、2003年9月27日16:00-10月20日10:07までの32768個のデータを対象として行った。

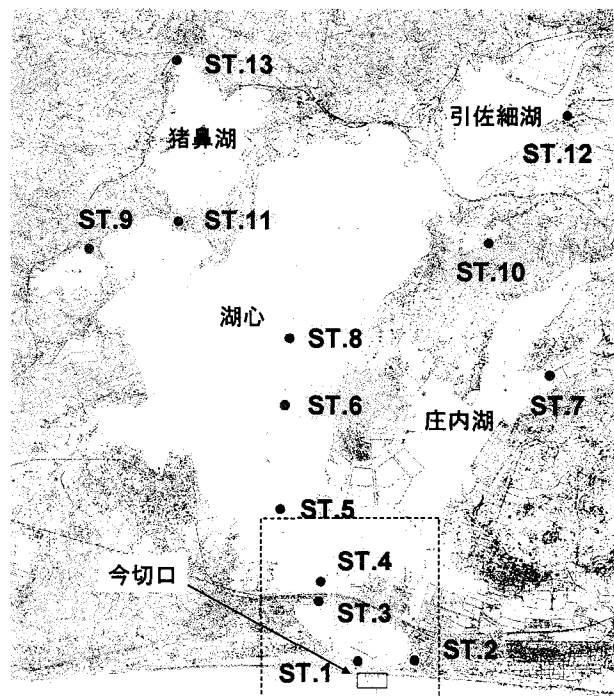
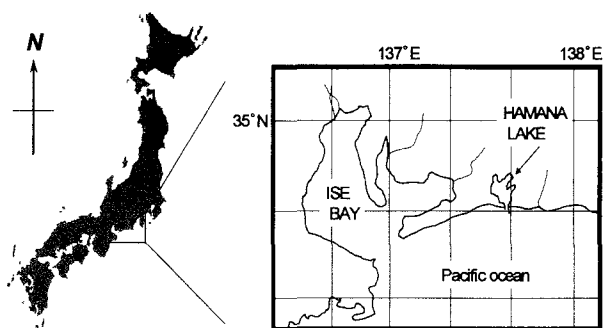


図1 潮汐観測地点

潮汐観測データは、観測機器が設置海底面に作用する圧力（水圧と大気圧）の変動を計測するため大気圧のみを観測期間中に測定し各潮汐観測データから大気圧を差し引いたデータを解析に用いた。また、観測機器は任意の水深に設置しているため各観測地点で設置水深の違いによるデータのシフトが見られる。本研究では、潮汐の振幅を解析することを目的としたため水深分に相当する成分については除去し潮汐の振幅のみについて解析を行った。

図2にST.2の観測データの処理前（実線）と処理後（破線）の解析結果を示す。観測データには、高次のノイズ成分が含まれているため $3 \times 10^{-4} \text{ Hz}$ （波周期9.5h）以上の高周波成分についてはフーリエ変換を用いてノイズの除去を行った。

図2の10000min付近にスパイクノイズと若干のデータのシフトが見られるが、これは観測期間中に計測機器の動作確認のために機器を引き上げ時の物でありこれらについては前後のデータによって修正を加えた。

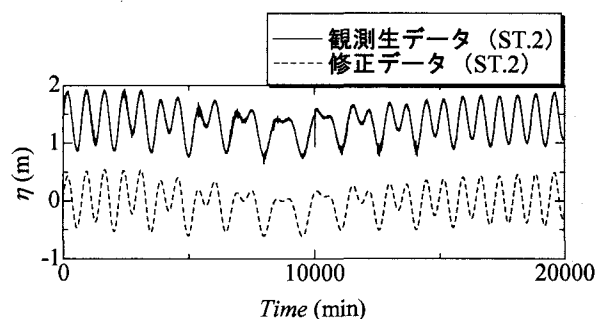


図2 潮汐データの処理前と処理後

図3にST.2における潮汐観測結果の時系列を示す。フーリエ解析結果より、一般的に汽水域等で観測される主要4分潮の O_1 , K_1 , M_2 , S_2 の4分潮が確認できた。スペクトル解析による各分潮の周期は、26.0hr., 23.7hr., 12.4hr., 11.9hr.であった。また、今回の観測で計測されたすべてのデータに同様の解析を行った結果、分潮成分の特性はST.2と同様の結果であった。

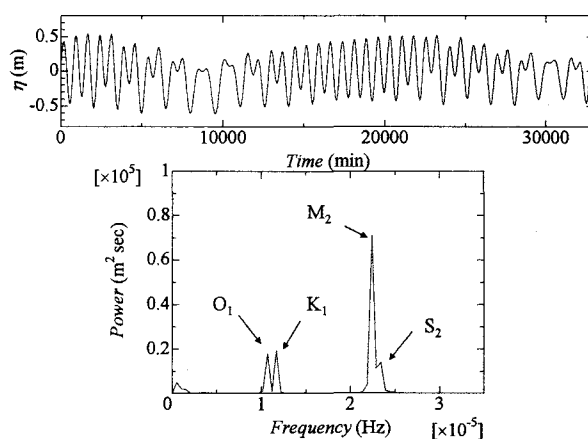


図3 潮汐の時刻歴とFFT解析によるパワースペクトル

図4にST.2, 3, 13の潮汐観測データを示す。ST.2, 3, 13は図1に示すとおり、潮汐が伝播する順に数字が大きくなっている。今切口から伝播した潮汐は湖奥に進むにつれて時間遅れが生じ、潮汐振幅は減衰することがわかる。

図5－8に各分潮の振幅の減衰と遅れ時間を示す。図5－8の横軸は、ST.2を基準として各観測地点ST.3-13までの直線距離を示す。

浜名湖の潮汐伝達は、今切口より外洋からの潮汐成分が入射し湖奥部に向かって北上する。浜名湖は、図1に示すように東と西の部分が分割されており潮汐は東側の庄内湖と、西側の湖心に伝播する2つに分けられる。今回の潮汐観測では、主に湖心部に伝播する潮汐について観測を行ったが、ST.7については庄内湖に伝播する潮汐について観測

している。図5-8中で横軸7km地点にプロットされた各点はST.7を示している。湖心と庄内湖では、緯度が同じ場合は庄内湖で1.5hr、湖心で2.5hrと庄内湖に伝達する潮汐が1hr早いことがわかる。また、振幅の減衰も庄内湖は若干ではあるが小さい。

湖心部のある浜名湖本湖についてM2分潮に対する潮汐振幅の減衰、遅れ時間を整理すると浜名湖に侵入した潮汐は、ST.2から5km以内の範囲で振幅が50%に減衰し、同様に5km以内で2.5hr遅延されることがわかる。

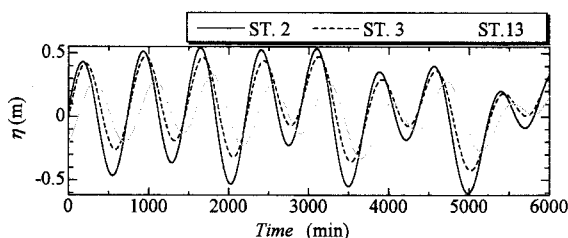


図4 各地点による潮汐伝播の比較

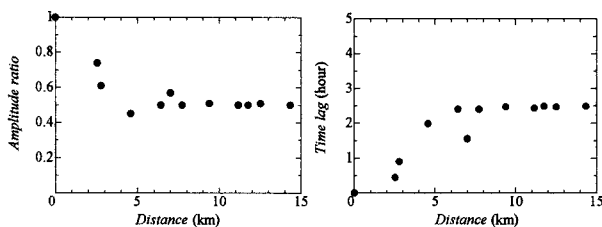


図5 ST.2を基準としたM2分潮の振幅変化と伝達時間の遅延

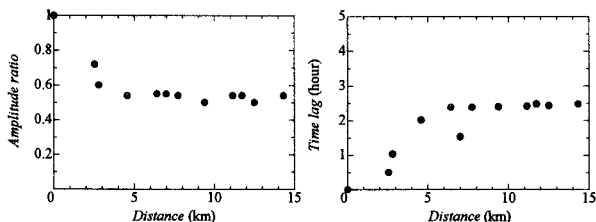


図6 ST.2を基準としたS2分潮の振幅変化と伝達時間の遅延

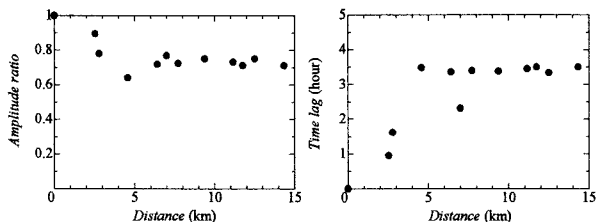


図7 ST.2を基準としたK1分潮の振幅変化と伝達時間の遅延

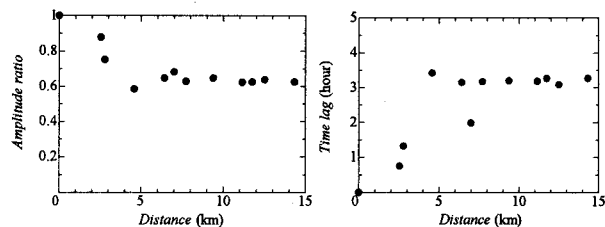


図8 ST.2を基準としたO1分潮の振幅変化と伝達時間の遅延

3. 今切口周辺の構造物と断面積の経年変化

浜名湖今切口は、図9に示すように従来は、自然の河口砂州の形状を有していた。しかし、1953年9月に台風5313号の襲来によって大きく決壊し湖口幅は800mに拡大し周辺地域は大きな被害をうけた。これを受けて1954年に湖口（今切口）を幅200mに固定する大規模な土木工事が行われた。固定化工事後には、図11に示す東西の導流堤（east, west-side jetty）が建造され、続いて今切口内側の導流堤（inside east, west jetty）も建造された。

図12に今切口固定化工事にともなって建造された導流堤および今切口断面積を示す。今切口断面積は、静岡県浜松土木事務所深淺測量図より図11に示す断面積解析地点について1963年以降の解析を行った。また、松田によって行われた断面積調査結果も記載した。

今切口固定化工事、導流堤の延長を行うに従って今切口断面積が増加する傾向にある。これは、導流堤工事によって水路の長さが延長され、湖内と外洋の水位差が増大することによって今切口を通過する流速が早くなり、水路の低質を洗掘し断面積が増加したと考えられる。

今切口の固定化工事で人為的な掘削はなされておらず、固定化工事と導流堤の建造により物理条件が変わったことによって自然の力によりこのような応答が起こったと考えられる。

この洗掘は、導流堤の建造が終わった1970年から10年後の1980年頃には今切口断面積が安定したと考えられていたが、内部の導流堤が建造されるに従ってまた洗掘が起こり内部導流堤の建造後には比較的、短い期間において洗掘が収まっているように考えられる。

いずれにしても今切口固定化工事前は400m²だった断面積が、40年後には2400m²と6倍に拡大されたことがわかる。



図9 1946年今切口周辺



図10 1997年今切口周辺

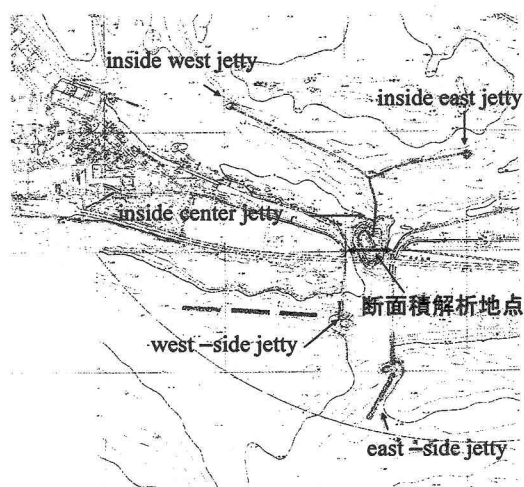


図11 今切口周辺の地形

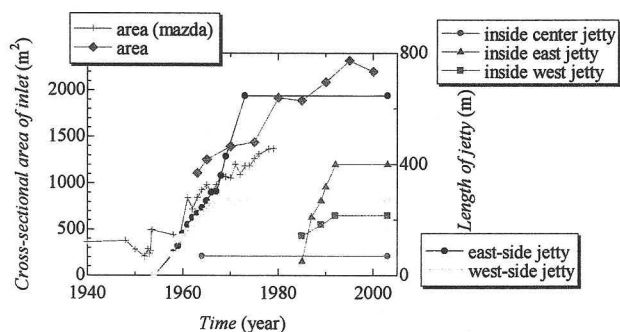


図12 導流堤と今切口断面積の経年変化

図13-15に1965, 1984, 2000年の今切口周辺の地形コンター図を示す。今切口から流入した潮汐は、東西方向に内部導流堤によって分割され湖奥に伝播する。図13と14を比較すると西側のミオ筋広がり深くなっているこ

とがわかる。

図14と15を比較すると地形変化は、ほとんど見られない。本研究で今切口断面積として扱った部分については、図12で示すように1980年から現在に至るまで、断面積の変化が見られるが、図に示す周辺地形は1980年ごろから安定していると考えられる。

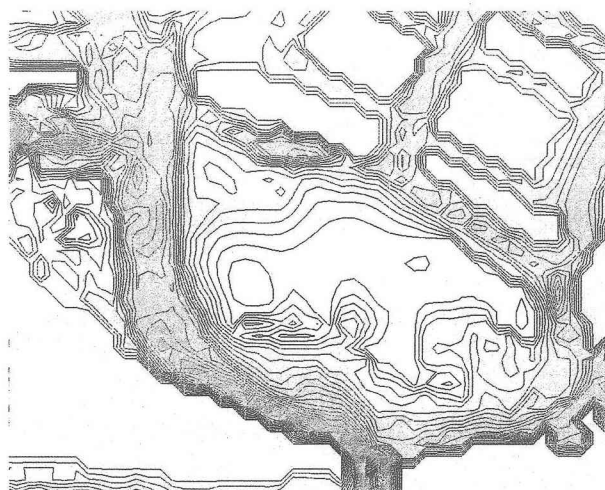


図13 今切口周辺の地形1965年



図14 今切口周辺の地形1984年

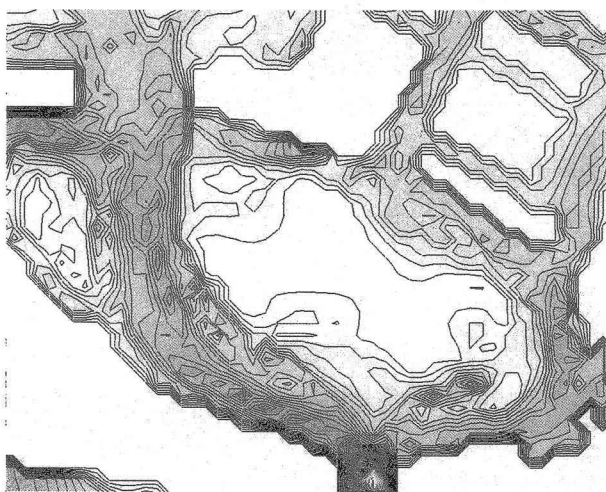


図 15 今切口周辺の地形 2000 年

4. 浜名湖潮汐経年変化

浜名湖に伝播する潮汐応答の経年変化を潮汐の振幅減衰と遅れ時間について図 16, 17 に示す。2003 年以前の観測結果は、松田によるものである。観測結果は、 M_2 分潮について ST.2 を基準としてそこからの直線距離を横軸にプロットしてある。

図 16 は、 M_2 分潮の振幅減衰特性を示す。今切口固定化工事以前は、今切口周辺の水深が非常に浅く ST.2 から 3km 以内で潮汐が 50% 以下に減少する。

1965 年は固定化工事から経過時間がさほどないことから、振幅の減衰特性は工事以前とあまり変わらない。今切口固定化工事開始から 20 年以上経過した 1979 年は、周辺の水深が深くなったことで潮汐振幅の減衰は ST.2 から 5km の範囲で徐々に行われるようになっていっていることがわかる。また、浜名湖内部での潮汐振幅は 1949 年では 20% にも減衰するのに対し、現在では 50% にしか減衰しないことがわかる。1980 年と現在を比較すると差は 2% 程度であり、地形変化の潮汐伝播への影響は小さいことがわかる。

潮汐伝達時間の遅れについて図 17 に示す。伝達時間の ST.2 に対する各観測地点の遅れは、ST.2 から 5km 地点でほぼ一定になる。この傾向は、経年の変化には顕著に見られない。5km までで遅延された潮汐はそれ以降ではほぼ一定でありこの傾向は、振幅の減衰と同じ傾向である。固定化工事以前の湖口部と湖奥の遅れ時間は、3.5hr 程度であり工事後にかけて遅れ時間は短くなり 2003 年の観測では 2.5hr と 1hr 短くなっている。

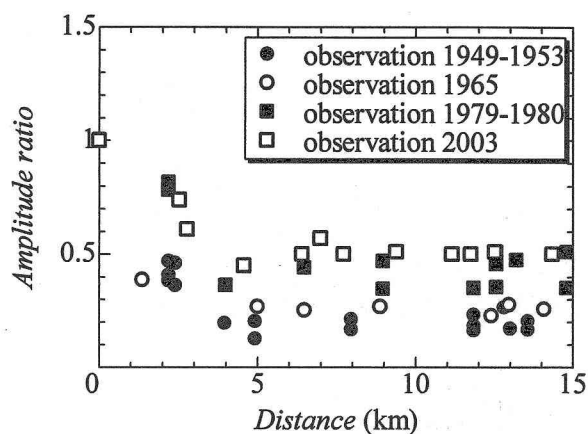


図 16 ST.2 を基準とした M_2 分潮の振幅の経年変化

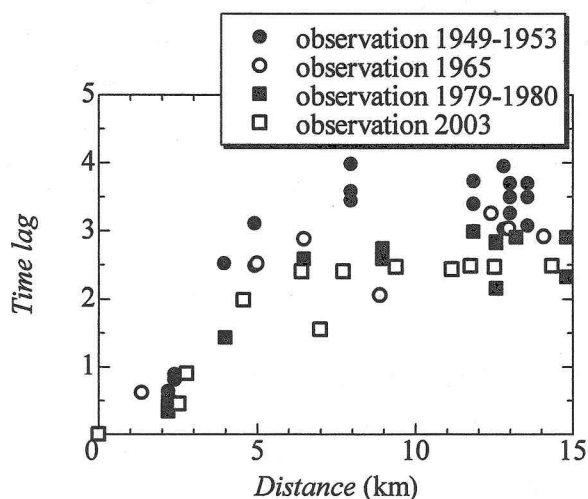


図 17 ST.2 を基準とした M_2 分潮の伝達時間の経年変化

次に今切口固定化工事によって湖内に侵入する潮汐に変化が生じているかを調べた。図 1 に示す ST.2 の近くに位置する舞阪検潮所がありその潮汐データを解析することで今切口工事により ST.2 に伝達する潮汐の経年変化を解析した。潮汐振幅に着目するために 1 年間の平均値をゼロとして、年ごとに潮汐振幅を求めた。図 18 には、2000, 1951 年の約 1 年間分のデータを示す。潮汐振幅は、1951 年と 2000 年を比較すると 2000 年の潮汐振幅が明らかに大きいことがわかる。これは、今切口断面積変化によって今切口での潮汐伝達率が上がったためと考えられる。

図 19 に 1951, 2000 年の時刻歴のスペクトル解析結果を示す。1951 年当時は 4 分潮以外の成分エネルギーが大きい。これは今切口の砂州の消長に対応して湖内への潮汐の伝達が変化していたためと考えられる。

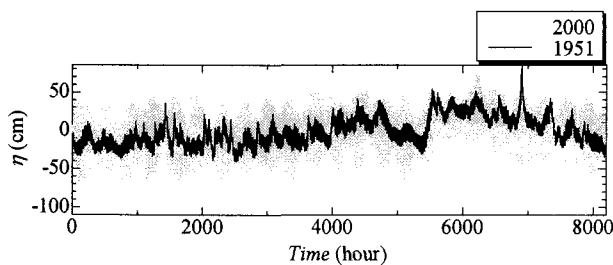


図 18 舞阪検潮所での潮汐観測時刻歴

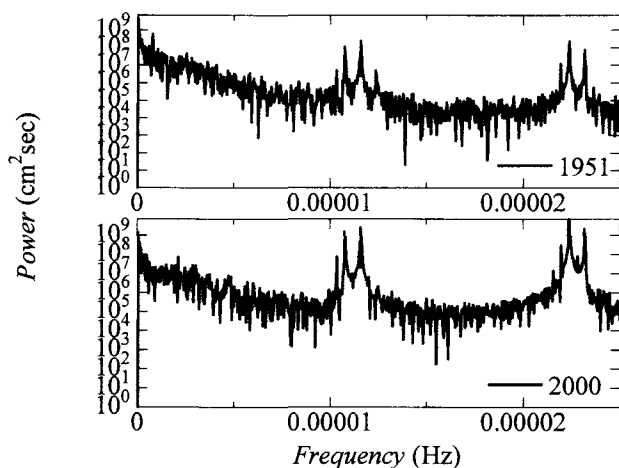


図 19 潮汐スペクトル解析結果

図 20 に各分潮の振幅の経年変化を示す。これより M_2 分潮は、1965 年以前で急激に振幅が増加し、それ以降では振幅の大きな増加は見られない。

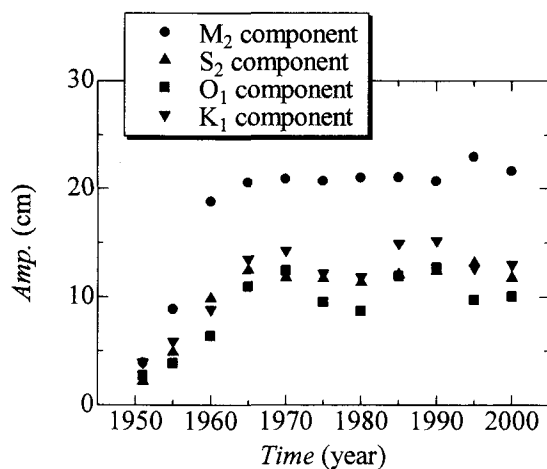


図 20 各分潮の舞阪検潮所潮汐データ経年変化

図 21 には、 M_2 分潮の振幅と今切口断面積の変化を比較して示す。今切口断面積は 1970 年まで年々増加する傾向にあるが、潮汐の伝達に大きく影響しているのは 1965 年までで、1985 年からの断面積の変化は、 M_2 分潮にはさほど大き

な影響を与えていない。

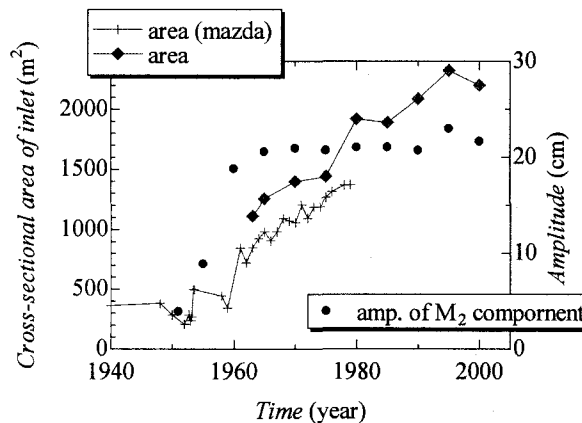


図 21 舞阪 M_2 分潮の振幅と今切口断面積の経年変化

5. 結論

潮汐データと地形データをもとに今切口固定化工事による浜名湖の潮汐特性の変化を調べた。以下まとめると次のような結論が得られる。

- 1) 今切口固定化工事以前は、主要 4 分潮よりも砂州の効果による長周期の成分が卓越していたが、現在の浜名湖の潮汐は主要 4 分潮と言われる M_2 , S_2 , O_1 , K_1 が支配的である。
- 2) 浜名湖に伝達する潮汐は、湖口から湖奥に伝達するにしたがって減衰、遅延する。現在の潮汐伝達特性は、振幅は 50%、遅れ時間は 2.5hr. である。これらの遅延、減衰は湖口から約 5km の範囲で生じることから、湖口から 5km までの地形の形状が潮汐伝達に大きな影響を及ぼしていると考えられる。
- 3) 1954 年から行われた今切口固定化工事とそれに伴う導流堤の建造は、その周辺の地形を大きく変化させ、潮汐の伝達に大きく影響を及ぼした。局所的な地形変化は現在も少しずつ進行しているが、1954 年に行われた固定化工事の潮汐伝達特性への影響は 1980 年頃までに安定したと考えられる。

謝辞： 本研究は、文部科学省の 21 世紀 COE プログラム「未来社会の生態恒常性工学」研究活動費の助成を得て行った。また、静岡県浜松土木事務所様には貴重なデータを快く提供して頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松田義弘：浜名湖の海洋環境－湖口地形変化による湖内潮汐の経年変化－，沿岸海洋研究ノート 第 20 巻，第 2 号，pp.178-188，1983。