

海風循環の発生時の一形態*

中 田 隆 一**

要旨

海風が最初に顕在化する時の形態を、瀬戸内海西部での海面付近の気象や波の状態についてのボートによる移動観測結果を利用して調査した。

その結果、海陸風の交替期で陸風から海風に変わる場合は、海岸線から沖へ1 km くらいの範囲内で海岸線とほぼ平行した位置にさざ波の発生が認められ、これが海風の顕在化に関連していることが分かった。このさざ波の存在位置より更に沖では風穏やかな区域がみられたことから、まず海岸付近の海上で最初に海風小循環が形成され、その後成長するにつれてその前面は海風前線となって陸上へ移動し、一方後面は沖へと広がりながら、やがて大きな海風循環が形成されることが確かめられた。

1. はじめに

海陸風については、古くから観測・解析や理論面での研究が行われ、海陸風循環に関する理論モデルや数値シミュレーション等も進められて、「海風は海岸付近から始まる」と言うことも既に指適されている。

ここでは海風が開始するときにあられる特徴を詳細に調査するため、船を使って海面付近の気象や波等を観測して、海風が最初に始まる時の位置関係や状況を広島空港と松山空港とのそれぞれ沖合の海域を中心にしてまとめたものについて述べる。

2. 調査資料

海上についてはモーターボートで、水温・気温・海面状態を移動観測した。水温・気温(海面上1 m)は二重管温度計、風は携帯型微風計、風見(吹流し)を用いて観測し、海面状態については写真撮影を行った。

陸上については空港および気象台での地上観測資料のほか、気象台の構内で行われた低層ゾンデ資料を使用した。

3. 調査結果

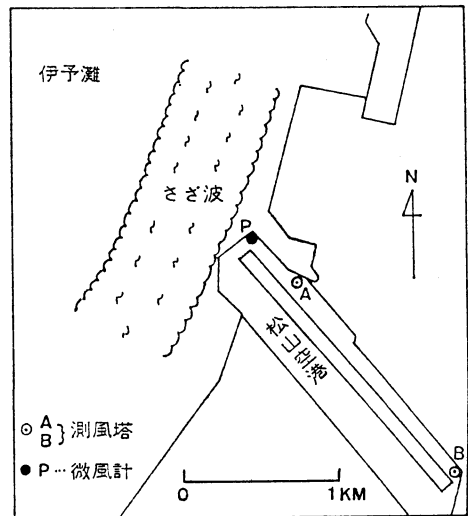
瀬戸内海の松山空港付近と広島空港付近の海域におい

* Some Observed Features for the Beginning of Sea Breeze Circulations.

** Takakazu Nakata, 広島地方気象台.

—1984年9月7日受領—

—1985年1月21日受理—



第1図 松山空港の観測点と海上におけるさざ波の位置。

て、海陸風交替時(陸風→海風)に行った9回の観測例を示し、そのうちの3例について詳しく述べる。

3.1. 松山空港付近での調査

1981年8～10月の間で海陸風の卓越する日を選び、空港北端P点と測風塔A、B点(第1図)の風資料のほか、海面付近の観測結果を用いて調査をした。

陸風から海風に変化する時期には、P点から海上を見た場合、海面はなめらかで鏡のような状態となってい

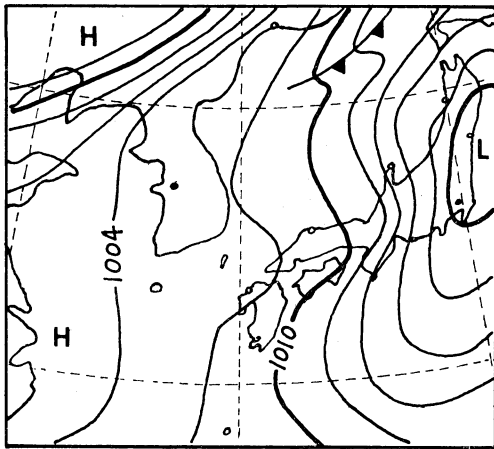
第1表 さざ波が観測された海上位置（松山空港）.
海陸風（陸風→海風）交替時に空港北端か
ら目視で観測したもの.

(1981年)

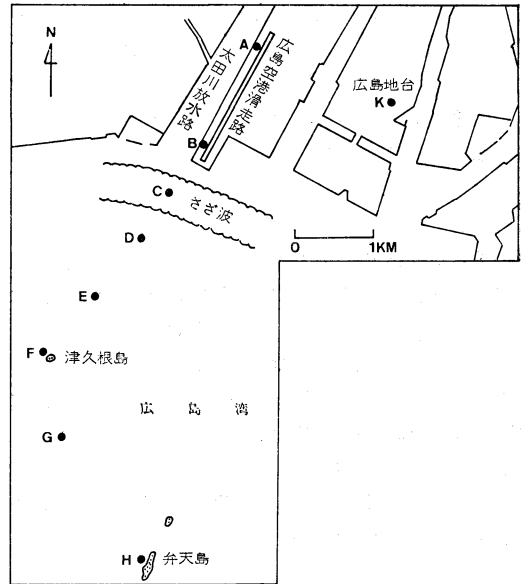
月 日 時分	空港北端海上～沖合 (m)		
9. 18. 0805	500	～	1,000
9. 27. 0830	200	～	600
9. 30. 0850	200	～	500
10. 11. 0920	100	～	400
10. 17. 0920	100	～	400

第2表 さざ波が観測された海上位置（広島空港）.
海陸風（陸風→海風）交替時に海上でモー
ターボートにより確認したもの.

年 月 時分	空港南端海上～沖合 (m)		
1983. 5. 22. 0825	300	～	700
1983. 8. 6. 0815	600	～	900
1983. 10. 2. 0945	600	～	1,000
1984. 6. 12. 0838	600	～	1,000



第2図 地上天気図 1981年8月27日09時.
(图中1004は1014の誤り)



第3図 広島空港付近の観測点及び海上におけ
るさざ波の位置.

るが、海風循環の顕在化が始まる時点で空港北端沖100～1,000m間の海面にさざ波が見られ、それから10数分後にP点に設置した微風計で海風が観測された（第1図および第1表参照）。

ア. 1981年9月27日の例

当日、松山空港は第2図のように西から高気圧におおわれて気圧傾度もゆるみ一般場である北寄りの風も弱く、快晴であった。

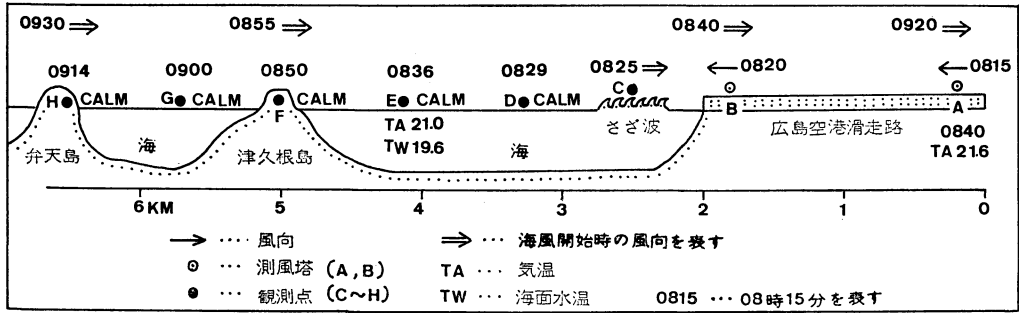
P点では08時42分（SE 0.6 m/s）ごろまで陸風が吹いており、これより先08時30分にはP点から沖合200～600m間の海上に海岸線にはほぼ平行してさざ波が発生した。P点での風は08時45分海風（NW 1.1 m/s）に変化

し、その後次第に風速が強くなり（NW 2.4 m/s 09時10分）、海上に発生したさざ波の領域がさらに沖合へと広がって行った。海風の上陸後P点から自動車で2,000 m滑走路に沿って海風前線を追跡したところ、移動速度は3.3 km/hであった。

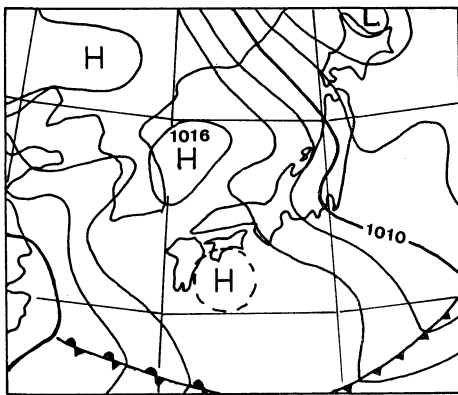
3.2. 広島空港付近での調査

空港付近の海域についても、海風が顕在化し始めるころ、海岸線にはほぼ平行してさざ波の発生が観測された。このさざ波の実態を解明するため、空港南端から沖合5 kmにかけて海上観測を行って調査した（第3図および第2表参照）。

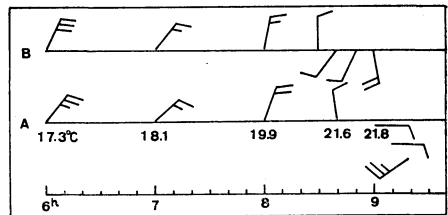
ア. 1983年5月22日の例



第4図 広島空港付近における海風開始時前後の気象・海象 1983年5月22日。



第5図 地上天気図 1983年5月22日09時。



第6図 広島空港の観測点A, Bの風 (m/s) と気温 1983年5月22日。

第4図は、広島空港の滑走路にある測風塔 (A, B) と、広島湾の海上における観測点 (C~H)、観測時刻および観測値を示したものである。

5月22日、西日本は移動性高気圧におおわれたため広島は快晴で気圧傾度もゆるく、一般風は弱い北西であった (第5図)。滑走路では08時15分陸風を観測し、太田川放水路から海上に向かうにつれて陸風は弱まり、08時22分滑走路南端沖100m付近では静穏であった。このため海面は鏡のようにおだやかな状態であったが、これより更に沖へ200~300m出たところでさざ波が発生しており、08時25分さざ波の中のC点で海風 (SSW 風力1) を観測した。さざ波の区域は海岸線とはほぼ平行して延びていたが、これを横切って更に沖へ300~400m進むと再び風は静穏となり、海面も鏡のような状態となった。静穏状態はD・E・F点まで続き、F点 (津久根島) では08時55分になって海風 (S 風力1) に変化した。これよりH点 (弁天島) に向かったがその途上とH点はまだ静穏であり、H点での海風 (S 風力1) への変化は90時

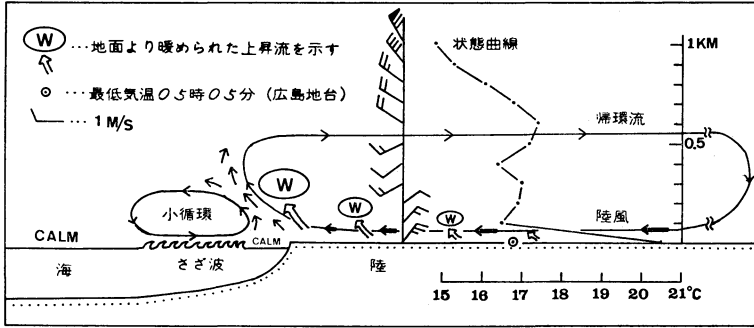
30分であった。

一方、空港のB点では08時40分 SW1.0 m/s、A点では09時20分 SW 2.5 m/s の海風にそれぞれ変化した (第6図参照)。

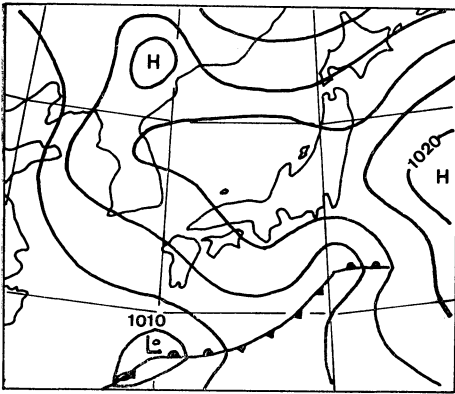
また、22日08時20分に気象台構内で行われた低層ゾンデ資料によると、陸風循環は明瞭な逆転層内に形成されていることがみられ、陸風の高さは250m、その上の帰還流は厚さ300mくらいであって、接地層付近では既に日射の影響で昇温しているため、地上から高度100mまでが超断熱となっていた (第7図)。

イ. 1984年6月12日の例

西日本は第8図に示したような高気圧におおわれており、広島付近での一般場の風は東寄りであった。風は太田川に沿って吹いていたが (第9, 10図)、低層ゾンデ資料で上層に帰還流がみられないことから、これは陸風循環の形成が認められない場合の例である。他の観測例では海風の顕在化の始まりは空港沖合500m付近であるとの目安から、C点で観測を行った (第9図)。ここでは08時30分ごろまで1~2 m/s の陸風が吹いており、



第7図 海風循環が始まる初期状態モデル (1983年5月22日08時20分ごろ)。但し、高層(風・気温)資料は低層ゾンデによる実況値。



第8図 地上天気図 1984年6月12日09時。

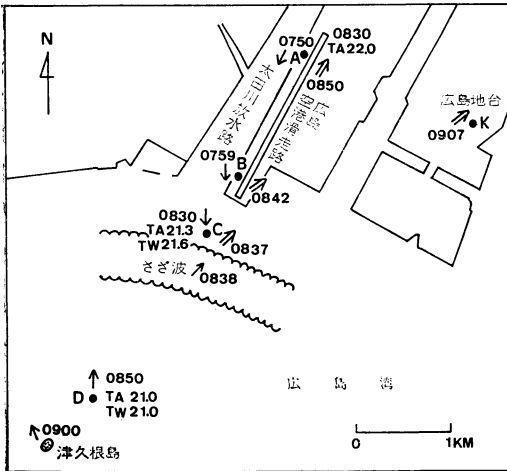
海面には小さな波が立っていた。陸風はその後次第に弱くなって08時35分静穏となり、海面の波立ちもおさまった。08時37分弱い南西の海風が吹き始めたころ、C点の南100mから沖方向にかけて海岸線とほぼ平行してさざ波が発生した。この波の中に入ると南西の海風がやや強く吹いており、さざ波の幅を沖に向かって測ったところ400mくらいであった。さざ波の南端から更に沖はごく弱い南の海風となっていた。また、C点付近から北の海面状態は鏡のおどやかであった。09時を過ぎるころに海上では海風も強くなり始め、それとともにさざ波の領域が沖方向へと拡大して行った。

一方、空港滑走路B点での海風への変化は08時42分、A点では08時50分であったが、A点と比べてC点からの距離がほぼ等しいK点(气象台)では、A点の約2倍時間がかかっている(第10図参照)。この日は一般場の影響によりNE~ENEの上層風がやや強かったため、海風の高度が押さえられてK点の高さ50mの測風塔に達するまでに時間を要したものと推察される。

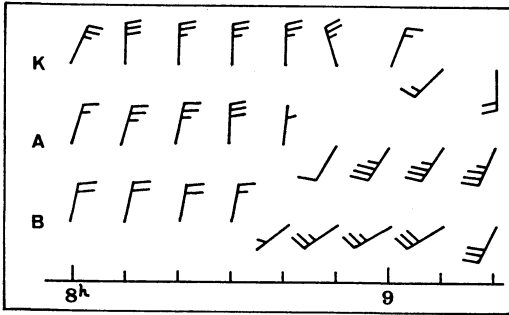
次に当日海風の顕在化が始まるころの海上と陸上の水平温度傾度をみると(第11図)、08時30分では陸上のA点が海上のC点に比べて0.7°C、08時40分では1.2°Cそれぞれ高い。これは前に第4図で示した5月22日08時40分ごろの陸上A点と海上E点の気温差0.6°Cに比べてやや大きくなっている。

5. 考察

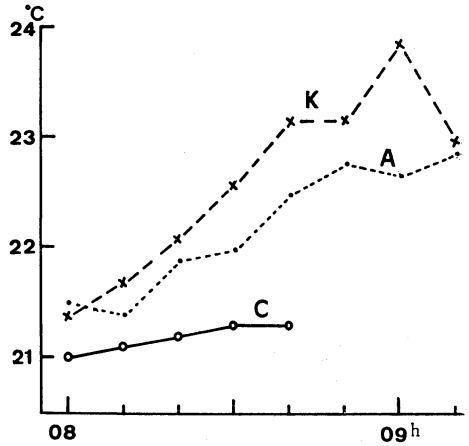
海陸風交替期で海風循環が開始する時期を中心とした特別観測を行って、海岸付近の海上に発生するさざ波の動静を観察し、これが海風循環の開始・発達と関係が深いことが確かめられたので、これについて若干の考察を試みた。



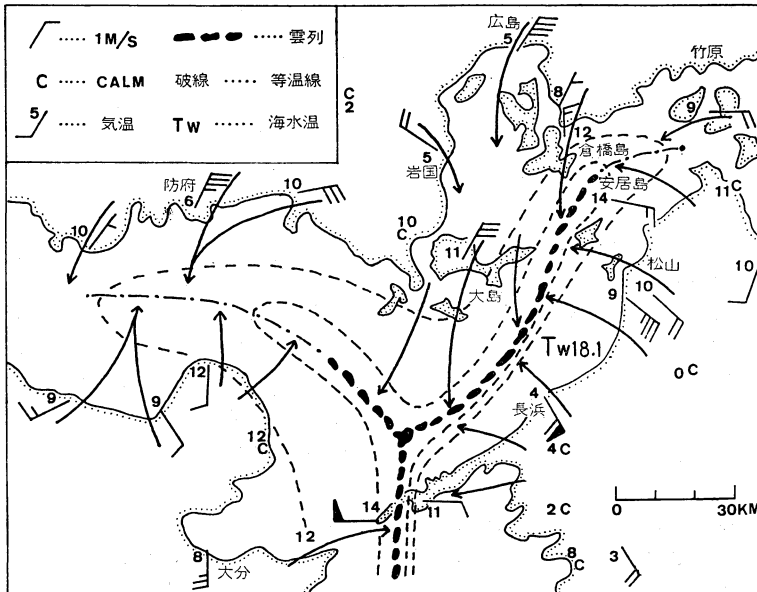
第9図 海風開始時前後の気象・海象 1984年6月12日、→風向、⇨海風開始時の風向を表す。



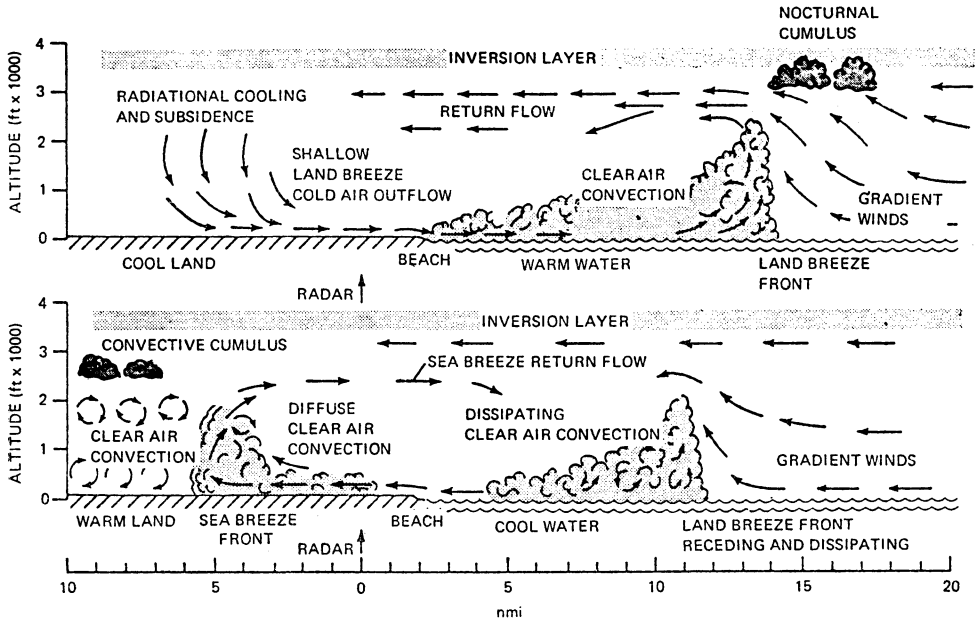
第10図 各観測点における風 (m/s) の時系列変化
1984年6月12日, 観測点K, B, Aは第9
図参照.



第11図 海風(海陸風)開始時前後の陸上と海上の水平温度傾度 1984年6月12日,
K:広島地方気象台気温, A:広島空港
気温, C:海上気温, K, A, Cの
観測点は第9図参照.



第12図 陸風収束雲「雲の三叉路」 1981年11月19日07時 地上のデータは
09時のもの, 海水温と陸上の最低気温の差が大きくなる10~12月,
瀬戸内海西部沖合に陸風の収束によって出現するとみられる積雲列,
雲底500~600m, 雲頂は1,200m くらいである.



第13図 陸風前線付近の循環の模式図 (Meyer 1971). 上側は日の出前後の状況を, 下側は陸地の方に向かって後退し消滅しつつある状態を示す. この例は著しい安定層がある場合のものである.

ここでの観測結果では、初期の海風によって発生するさざ波が、海岸線から沖合 1 km くらいまでの海域に存在したことから、これに関連すると思われる海風小循環は、朝方はこの位置に形成されるものと考えた (第 7 図)。これはまず夜間になってから海陸の温度差が昼間とは逆転することにより陸風循環が生じ、このため下層では陸地から海上に向けていわゆる陸風が沖合まで吹走する。朝になって日の出後太陽放射の影響が強まるにつれて、海陸の温度差が次第に顕著になり、陸風循環が弱体化して海風循環へと移行する。この過程において陸風循環の海側に隣接して形成される海風小循環によってさざ波が発生するものと考える。

更に日中にかけて海風循環が水平・鉛直方向にその規模を増すのに関連して、さざ波の区域も拡大して行く様子が観測によって確かめられた。

海風の開始に伴うさざ波の発生については観測対象 12 例のうち 9 例について発生が確認された。観測を実施するにあたっては、当然のことながら晴天で気圧傾度の小さい日を選んでいるが、観測中に上層雲の Ci 等が急に広がって日射量を減少させるような場合があり、このような時にはさざ波の発生は見られなかった。

夜間に形成される陸風循環の海側にのびる前面は、瀬戸内海西部に発生する「陸風収束雲」第 12 図 (中田, 1983) や、陸風循環の模式図第 13 図 (Meyer, 1971) のように、はるか沖合 (20~25 km) まで達する場合があることが確認されている (1981年10月11日, 17日の例でさざ波と同時に陸風収束雲を観測, 第 1 表)。

海風循環の顕在化は、陸風収束雲が存在するような場所ではなく、もっと海岸線に近い海域で発生している。海陸の温度傾度と総観場の一般風によって海岸付近の海上に新たに現れる小循環が発達して、海風循環を形成するものと考える。

6. まとめ

今回の調査結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 海陸風交替期で海風循環が開始するころには、海岸付近の海上に海岸線とほぼ平行に、300~500 m の幅でさざ波が発生するのが観測された。
- (2) さざ波は海風小循環の形成と同時に発生する。
- (3) 海風前線付近では数 100 m 程度の幅の狭い上昇流域となっているようである。
- (4) 海風小循環は日中にかけて次第に規模を拡大す

る。

(5) 海風循環が始まる最初の位置は、今回の観測例では海岸線から沖方向へ1 km くらいの範囲内であった。

謝 辞

この論文執筆にあたり助言をしていただいた広島地方気象台長 中沢全一氏に対して謝意を表します。

文 献

Meyer, J.H., 1971: Radar observations of land

breeze fronts, J. Appl. Meteor., 10, 1224-1232.

中山 章, 1975: 海陸風の現象の概要と問題点, 気象研究ノート, 125, 1-19.

中田隆一, 1983: 瀬戸内海西部に発生する陸風収束雲について, 天気, 30, 476-482.

大阪管区気象台, 1972: 瀬戸内海の高陸風, 2-5.

内田英治, 1976: 複雑な地形下における海陸風構造の研究, 研究時報, 28, 25-37.

Wallington, C.E., 1965: Gliding through a sea breeze front, Weather, 20, 140-144.

日本気象学会における日本学術会議第13期会員候補者等の選考経過及び選考結果

日本気象学会 理事長

1. 選考経過

(1) 昭和59年10月24日の理事会において会員候補者の選出及び推薦人の指名方法を決定した(「天気」昭和59年11月号参照)。

(2) 同時に、学会内の推薦委員会の委員として、浅井富雄、岸保勘三郎、竹内清秀、増田善信、山元龍三郎の5名を選出した。

(3) 昭和59年11月号の「天気」で告示した学術会議会員候補者として対象とすべき会員に関する募集の結果、2名の会員がそれぞれ2名の会員から推薦された。

(4) 昭和60年1月25日の常任理事会で、学会内の推薦委員会委員として、松本誠一を追加した。

(5) 昭和60年2月2日、学会内の推薦委員会を開催した。委員6名のうち、出席4名、欠席2名。互選により山元龍三郎を推薦委員会の委員長とした。

(6) 推薦委員会での審議経過は、次のとおり。

① 客観情勢として次のことを再確認した。

a. 地球物理学からは2名の学術会議会員が選出されることになっている。

b. これを選出する推薦人は合計19名であり、そのうち気象学会には4名が割り当てられている。

c. 上記の情勢からすると、当学会から2名の学術会議会員が選出されることは考えられないので、当学会から選出する候補者数は1名とする。

② 会員候補者を選考するにあたっては、年齢、業績、知名度、企画・立案・調整などの経験等一般的事項のほか、とくに地球物理学の他の分野との関連度、当学会からの被推薦者が学術会議会員に選出される可能性について留意した。

これら留意点を中心に、学術会議会員候補者を1名にしぼるための審議を行った。会員から推薦された2名の被推薦者以外に適任者がいるかどうかについても議論があったが、最終的に、会員から推薦された澤田龍吉会員を候補者として選定した。

③ 推薦人については地球物理学の他分野との関連度などを重視して、選考した。

(7) 推薦委員会の選考結果

① 会員候補者(1名)

澤田龍吉(前福岡教育大学学長)

② 推薦人(4名)

浅井富雄(東京大学教授)

竹内清秀(気象研究所長)

松野太郎(東京大学教授)

山元龍三郎(京都大学教授)

2. 決 定

上記(7)の結果が理事長に報告された。これについて全理事の可否を問うたところ、会員候補者、推薦人いずれも多数により可とされたので、常任理事会は所定の手続きにより日本学術会議に届けた。