

## 4. まとめ

### 4-1. 分析装置の性能

表4-1には大気混合比レベルの標準ガス(容器番号記号 CPB-20805, CFC-11: 259.7ppt, CFC-12: 540.1ppt, CFC-113: 81.98ppt)を1次標準ガスで10回測定を行ったときの各クロロフルオロカーボン類の測定値, 平均値および標準偏差を示す。10回の繰り返し分析による繰り返し精度は0.25% (CFC-11), 0.14% (CFC-12), 0.26% (CFC-113)であった。最近の大気における各クロロフルオロカーボン混合比の変化率は, これまでに比べて小さく, およそ0.5%であるから, その変化を検出するには十分な分析精度をこのシステムは有しているといえよう。

表4-2にはより濃度の低い標準ガス(CPB-26039, CFC-11: 50.38ppt, CFC-12: 51.09ppt, CFC-113: 25.07ppt)の繰り返し測定の結果を示す。なおこの標準ガスの分析で得られるピークエリア面積は海水濃度にして, 約0.3pmol/kg (CFC-11, CFC-12), 約0.15pmol/kg (CFC-113)に相当するものである。繰り返し精度は先に述べた大気レベルのもの測定に比べればやや落ちる(0.29% (CFC-11), 0.29% (CFC-12), 0.30% (CFC-113))が, それでも最近の大気混合比の変化を読みとるには十分な精度である。

海水中クロロフルオロカーボン類に対するシステムの分析精度を評価するために, 以下の2つの方法がよく用いられている。

表 4-1 大気濃度レベル標準ガスの繰り返し分析

CPB-20805			
	CFC-11	CFC-12	CFC-113
1	259.4	540.3	82.00
2	259.4	540.2	81.92
3	259.9	540.9	81.89
4	260.4	538.9	81.99
5	258.9	541.6	82.19
6	259.1	540.6	82.25
7	258.9	541.0	81.97
8	260.2	540.0	82.04
9	260.5	540.8	81.59
10	258.8	539.6	82.34
Average	259.55	540.39	82.02
Std.	0.65	0.77	0.21
(%)	0.25	0.14	0.26

単位はppt

表 4-2 低濃度レベル標準ガスの繰り返し分析

CPB-26039			
	CFC-11	CFC-12	CFC-113
1	50.36	51.06	25.04
2	50.29	50.96	25.07
3	50.34	51.11	25.21
4	50.46	51.05	25.10
5	50.75	51.01	25.09
6	50.46	51.06	25.06
7	50.59	51.04	25.10
8	50.38	51.10	25.09
9	50.29	50.60	25.11
10	50.50	51.00	24.91
Average	50.44	51.00	25.08
Std.	0.14	0.15	0.07
(%)	0.29	0.29	0.30

単位はppt

1. 同一水深で閉じられた2本のニスキン採水器からそれぞれ試料水を分取し、分析した結果を比較する
2. 1本のニスキン採水器から2本の注射筒に海水を分取し、それぞれの試料水を分析した結果を比較する

ここでは、気象庁凌風丸RF-0110航海におけるそれぞれの結果を示す。

表4-3には亜表層において2本の採水器により同一深度で得られた海水試料のCFC-11とCFC-12の分析結果と差を示す。CFC-11、CFC-12ともに2本の間の相対誤差は0.8%であった。

表4-4には1本のニスキン採水器から連続して2本の注射筒に分取した海水の分析結果と2本の差（1本目・2本目）を示す。相対誤差はCFC-11で0.3%、CFC-12で0.4%で先の2本のニスキン採水器から得た場合より小さくなっていた。また、1本目と2本目の結果では有意な差は見られなかった。

#### 4-2. 観測例

図4-1には凌風丸RF-0004およびRF-0006航海において海洋大気とバケツ採水により得た表面海水試料のCFC-11、CFC-12、CFC-113の南北分布を示す。ここでは、海水の値を、水温と塩分から計算した分圧の形で表現している。これによると南側では、大気と海洋表面のCFC-11、CFC-12、CFC-113ともにほぼ平衡状態にあるのに対して、北に向かうにつれて非平衡の度合いが大きくなっていることがわかる。なお、大気混合比の平均値264.1ppt (CFC-11)、541.6ppt (CFC-12)、81.4ppt (CFC-113) は、NOAA/CMDLによる2000年の北半球における平均値とよく合っている。

表 4-3 同一深度で採取した2本の採水器から得た海水の比較

	Pressure (dB)	CFC-11 (pmol/kg)			CFC-12 (pmol/kg)		
				Difference			Difference
18° N	3.5	2.161	2.169	0.008	1.314	1.346	0.032
19° N	3.1	2.021	2.033	0.012	1.346	1.364	0.018
20° N	4.4	2.338	2.326	0.012	1.473	1.533	0.060
21° N	4.8	2.411	2.421	0.100	1.593	1.577	0.016
22° N	3.1	2.468	2.518	0.050	1.598	1.580	0.018
23° N	2.8	2.437	2.431	0.006	1.604	1.600	0.004
24° N	3.8	2.599	2.629	0.300	1.684	1.726	0.042
25° N	2.7	2.710	2.770	0.060	1.643	1.625	0.018
26° N	2.7	2.864	2.884	0.020	1.700	1.666	0.034
27° N	1.8	2.875	2.861	0.014	1.704	1.712	0.008
28° N	4.0	2.553	2.583	0.030	1.504	1.430	0.074
29° N	2.6	2.842	2.878	0.036	1.705	1.705	0.000
30° N	2.3	2.901	2.957	0.056	1.769	1.741	0.028
31° N	0.9	2.876	2.874	0.002	1.740	1.750	0.010
32° N	2.0	2.785	2.831	0.046	1.687	1.709	0.022

表 4-4 同じの採水器から2本の注射筒に得た海水の濃度の比較

	Pressure (dB)	CFC-11 (pmol/kg)			CFC-12 (pmol/kg)		
				difference			difference
18° N	13.6	2.206	2.204	0.002	1.439	1.425	0.014
19° N	28.0	2.096	2.092	0.004	1.402	1.380	0.022
20° N	52.4	2.180	2.186	-0.006	1.209	1.231	-0.022
21° N	79.8	3.153	3.167	-0.014	1.949	1.943	0.006
22° N	101.5	3.376	3.374	0.002	2.041	2.005	0.036
23° N	127.3	3.669	3.643	0.026	2.047	2.051	-0.004
24° N	203.9	3.819	3.817	0.002	2.164	2.170	-0.006
25° N	253.9	3.949	3.963	-0.014	2.064	2.088	-0.024
26° N	303.5	3.941	3.913	0.028	2.119	2.091	0.028
27° N	404.1	3.914	3.958	-0.044	2.053	2.057	-0.004
28° N	505.1	3.316	3.290	0.026	1.753	1.767	-0.014
29° N	604.7	3.149	3.175	-0.026	1.495	1.521	-0.026
30° N	706.1	2.740	2.694	0.046	1.344	1.338	0.006
31° N	805.5	1.794	1.778	0.016	0.824	0.826	-0.002
32° N	908.0	1.152	1.164	-0.012	0.469	0.471	-0.002

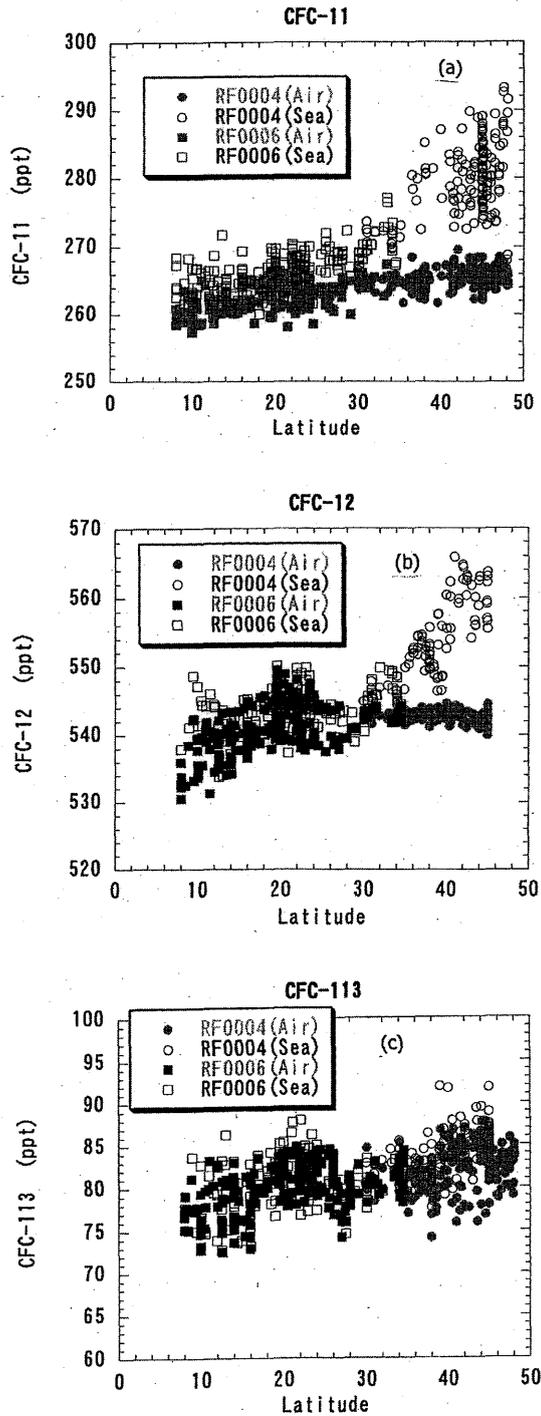


Fig. 4-1 Disequilibrium of CFCs, CFC-11 (a), CFC-12 (b) and CFC-113 (c), between atmosphere and sea surface water

4-3. 最後に

地球化学研究部では、大気および海水中のクロロフルオロカーボン類を高精度に測定できる装置を開発してきた。この装置を用いて大気の特種フロンとして規制されているクロロフルオロカーボン類のモニターを行うとともに、海洋においては海水流動の化学トレーサーとして測定をこれからも行っていく予定である。

装置の開発とともに、気象研究所クロロフルオロカーボン類標準ガス (MRI/GRD CFCs Calibration Scale) を確立すべく実験を行ってきた結果、安定な標準ガスを観測の現場で使用できる体制を確立した。現在はまだ我々のスケールは他のクロロフルオロカーボン類を測定している機関のスケールとの相互比較は行えてはおらず、一日も早く相互比較

を実施したいと考えている。

最初にも述べたが本論はクロロフルオロカーボン類や他の超微量気体成分の分析者のためのガイドとなることを目指して作成したものであるため、研究・技術の報告としては若干不適當な表現を用いているかもしれないがお許しいたきたい。

観測の現場で分析を行う人の手によって本論に手が加えられよりよいガイドとして頂ければ幸いである。

## 謝 辞

凌風丸でのクロロフルオロカーボン類観測を行うにあたって気象庁気候海洋気象部根本和宏氏、中館明氏（現舞鶴海洋気象台）、延与和敬氏にはガスクロマトグラフの貸与、ニスキン採水器の洗浄、採水作業等でご協力をいただいた。

本論で述べたクロロフルオロカーボン類分離濃縮システムの作成に際し、ジーエルサイエンス株式会社互井康弘氏には大変お世話になった。

また、標準ガス作成にあたっては、大陽東洋酸素株式会社赤間功氏、森脇保志氏、巴商会阿部哲久氏にお世話になった。

伏見克彦博士（現気象大学校）、廣田道夫博士はじめ地球化学研究部の皆さんには有意義な議論をして頂いた。

この場をお借りしてお礼申し上げます。

## References

- AFEAS, 1997: Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study.
- Anderson, J., D. Tooney and W. Brune, 1991: Free radicals within the Antarctic vortex: The roll of CFCs in Antarctic ozone loss. *Science* 251, 39-46.
- Bullister, J. L. and R. F. Weiss, 1988: Determination of CCl<sub>3</sub>F and CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub> in seawater and air. *Deep-Sea Res.* 35, 839-853.
- Carbon Dioxide Information Analysis Center: Current Greenhouse Gas Information,  
[http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/current\\_ghg.htm](http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/current_ghg.htm).
- Doney, S. C. and J. L. Bullister, 1992: A chlorofluorocarbon section in the eastern North Atlantic. *Deep-Sea Res.* 39, 11/12 1857-1883.
- Kitani, K., 1973: An oceanographic study of the Okhotsk sea — Particularly in regard to cold waters. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 9, 45-77.
- Lovelock, J. E., 1971: Atmospheric fluorine compounds as indicators of air movements. *Nature* 230, 379.
- Molina, M. J. and F. S. Rowland, 1974: Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature* 249, 810-812.
- Reid, J. L. Jr., 1965: Intermediate waters of the Pacific Ocean. *John Hopkins Oceanogr. Stud.*, 2, 85pp.
- Roether, W., B. Klein and K. Bultsiewicz, 2001: Apparent loss of CFC-113 in the upper ocean. *J. Geophys. Res.*, 106, 2679-2688.

- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson and R. H. Fleming, 1942: *The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York, 1087pp.
- Talley, L. D. and Y. Nagata, 1991: Oyashio and mixing water regions as a formation area of the North Pacific Intermediate Water. *Umi to Sora*, 4, 65-74.
- Vollmer, M. K. and R. F. Weiss, 2002: Simultaneous determination of sulfur hexafluoride and three chlorofluorocarbons in water and air. *Mar. Chem.*, 78, 137-148.
- Walker, S. J., R. F. Weiss and P. K. Salameh, 2000: Reconstructed histories of the annual mean atmospheric mole fractions for the halocarbons CFC-11, CFC-12, CFC-113, and carbon tetrachloride. *J. Geophys. Res.* 105, 14285-14296.
- Warner, M. J., J. L. Bullister, D. P. Wisegarver, R. H. Gammon and R. F. Weiss, 1996: Basin-wide distributions of chlorofluorocarbons CFC-11 and CFC-12 in the North Pacific: 1985-1989. *J. Geophys. Res.* 101, 20525-20542.
- Warner, M. J. and R. F. Weiss, 1985: Solubility of chlorofluorocarbons 11 and 12 in water and seawater. *Deep-Sea Res.* 32, 1485-1497.
- Watanabe, Y. W., K. Harada and K. Ishikawa, 1994: Chlorofluorocarbons in the central North Pacific and southward spreading time of North Pacific intermediate water. *J. Geophys. Res.* 99, 25195-25213.
- Wisegarver, D. P. and J. D. Cline, 1985: Solubility of trichlorofluoromethane (F-11) and dichlorodifluoromethane (F-12) in seawater and its relationship to surface concentrations in the North Pacific. *Deep-Sea Res.* 32, 97-106.
- Wisegarver, D. P. and R. H. Gammon, 1988: A new transient tracer: measured vertical distribution of CCl<sub>2</sub>FCClF<sub>2</sub> (F-113) in the North Pacific subarctic gyre. *Geophys. Res. Lett.*, 15, 188-191.
- Yamanaka, G., Y. Kitamura and M. Endoh, 1998: Formation of North Pacific Intermediate Water in Meteorological Research Institute ocean general circulation model 1. Subgrid-scale mixing and marginal sea fresh water. *J. Geophys. Res.*, 103, 30885-30903.

## 概 要

大気中および海水中のクロロフルオロカーボン類を高精度に分析するため、分析装置および分析方法の検討を行った。その結果、大気レベルの標準ガスについてCFC-11で0.25%、CFC-12で0.14%およびCFC-113で0.26%の繰り返し精度で測定を行えた。また、同一水深において2本のニスキン採水器に採取した海水の分析結果は平均相対標準偏差がCFC-11およびCFC-12についてともに0.8%であった。

気象研究所クロロフルオロカーボン類標準ガス (MRI/GRD CFCs Calibration Scale) を確立すべく実験を行ってきた結果、安定な標準ガスを観測の場で使用できる体制が確立した。

## 気象研究所技術報告一覧表

- 第1号 バックグラウンド大気汚染の測定法の開発 (地球規模大気汚染特別研究班, 1978)  
Development of Monitoring Techniques for Global Background Air Pollution. (MRI Special Research Group on Global Atmospheric Pollution, 1978)
- 第2号 主要活火山の地殻変動並びに地熱状態の調査研究 (地震火山研究部, 1979)  
Investigation of Ground Movement and Geothermal State of Main Active Volcanoes in Japan. (Seismology and Volcanology Research Division, 1979)
- 第3号 筑波研究学園都市に新設された気象観測用鉄塔施設 (花房龍男・藤谷徳之助・伴野 登・魚津 博, 1979)  
On the Meteorological Tower and Its Observational System at Tsukuba Science City. (T. Hanafusa, T. Fujitani, N. Banno, and H. Uozu, 1979)
- 第4号 海底地震常時観測システムの開発 (地震火山研究部, 1980)  
Permanent Ocean-Bottom Seismograph Observation System. (Seismology and Volcanology Research Division, 1980)
- 第5号 本州南方海域水温図-400m (又は500m) 深と1,000m深- (1934-1943年及び1954-1980年) (海洋研究部, 1981)  
Horizontal Distribution of Temperature in 400m (or 500m) and 1,000m Depth in Sea South of Honshu, Japan and Western-North Pacific Ocean from 1934 to 1943 and from 1954 to 1980. (Oceanographical Research Division, 1981)
- 第6号 成層圏オゾンの破壊につながる大気成分及び紫外日射の観測 (高層物理研究部, 1982)  
Observations of the Atmospheric Constituents Related to the Stratospheric ozone Depletion and the Ultraviolet Radiation. (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1982)
- 第7号 83型強震計の開発 (地震火山研究部, 1983)  
Strong-Motion Seismograph Model 83 for the Japan Meteorological Agency Network. (Seismology and Volcanology Research Division, 1983)
- 第8号 大気中における雪片の融解現象に関する研究 (物理気象研究部, 1984)  
The Study of Melting of Snowflakes in the Atmosphere. (Physical Meteorology Research Division, 1984)
- 第9号 御前崎南方沖における海底水圧観測 (地震火山研究部・海洋研究部, 1984)  
Bottom Pressure Observation South off Omaezaki, Central Honsyu. (Seismology and Volcanology Research Division and Oceanographical Research Division, 1984)
- 第10号 日本付近の低気圧の統計 (予報研究部, 1984)  
Statistics on Cyclones around Japan. (Forecast Research Division, 1984)
- 第11号 局地風と大気汚染質の輸送に関する研究 (応用気象研究部, 1984)  
Observations and Numerical Experiments on Local Circulation and Medium-Range Transport of Air Pollutions. (Applied Meteorology Research Division, 1984)
- 第12号 火山活動監視手法に関する研究 (地震火山研究部, 1984)  
Investigation on the Techniques for Volcanic Activity Surveillance. (Seismology and Volcanology Research Division, 1984)
- 第13号 気象研究所大気大循環モデル-I (MRI・GCM-I) (予報研究部, 1984)

- A Description of the MRI Atmospheric General Circulation Model (The MRI · GCM - I). (Forecast Research Division, 1984)
- 第14号 台風構造の変化と移動に関する研究—台風7916の一生— (台風研究部, 1985)
- A Study on the Changes of the Three · Dimensional Structure and the Movement Speed of the Typhoon through its Life Time. (Typhoon Research Division, 1985)
- 第15号 波浪推算モデルMRIとMRI-IIの相互比較研究—計算結果図集— (海洋気象研究部, 1985)
- An Intercamparison Study between the Wave Models MRI and MRI-II -A Compilation of Results-. (Oceanographical Research Division, 1985)
- 第16号 地震予知に関する実験的及び理論的研究 (地震火山研究部, 1985)
- Study on Earthquake Prediction by Geophysical Method. (Seismology and Volcanology Research Division, 1985)
- 第17号 北半球地上月平均気温偏差図 (予報研究部, 1986)
- Maps of Monthly Mean Surface Temperature Anomalies over the Northern Hemisphere for 1891-1981. (Forecast Research Division, 1986)
- 第18号 中層大気の研究 (高層物理研究部 · 気象衛星研究部 · 予報研究部 · 地磁気観測所, 1986)
- Studies of the Middle Atmosphere. (Upper Atmosphere Physics Research Division, Meteorological Satellite Research Division, Forecast Research Division, MRI and the Magnetic Observatory, 1986)
- 第19号 ドップラーレーダによる気象 · 海象の研究 (気象衛星研究部 · 台風研究部 · 予報研究部 · 応用気象研究部 · 海洋研究部, 1986)
- Studies on Meteorological and Sea Surface Phenomena by Doppler Radar. (Meteorological Satellite Research Division, Typhoon Research Division, Forecast Research Division, Applied Meteorology Research Division, and Oceanographical Research Division, 1986)
- 第20号 気象研究所対流圏大気大循環モデル (MRI · GCM - I) による12年間分の積分 (予報研究部, 1986)
- Mean Statistics of the Tropospheric MRI · GCM - I based on 12-year Integration. (Forecast Research Division, 1986)
- 第21号 宇宙線中間子強度1983-1986 (高層物理研究部, 1987)
- Multi-Directional Cosmic Ray Meson Intensity 1983-1986. (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1987)
- 第22号 静止気象衛星「ひまわり」画像の噴火噴煙データに基づく噴火活動の解析に関する研究 (地震火山研究部, 1987)
- Study on Analysis of Volcanic Eruptions based on Eruption Cloud Image Data obtained by the Geostationary Meteorological satellite (GMS). (Seismology and Volcanology Research Division, 1987)
- 第23号 オホーツク海海洋気候図 (篠原吉雄 · 四竈信行, 1988)
- Marine Climatological Atlas of the sea of Okhotsk. (Y. Shinohara and N. Shikama, 1988)
- 第24号 海洋大循環モデルを用いた風の応力異常に対する太平洋の応答実験 (海洋研究部, 1989)
- Response Experiment of Pacific Ocean to Anomalous Wind Stress with Ocean General Circulation Model. (Oceanographical Research Division, 1989)
- 第25号 太平洋における海洋諸要素の季節平均分布 (海洋研究部, 1989)
- Seasonal Mean Distribution of Sea Properties in the Pacific. (Oceanographical Research Division, 1989)

- 第26号 地震前兆現象のデータベース (地震火山研究部, 1990)  
Database of Earthquake Precursors. (Seismology and Volcanology Research Division, 1990)
- 第27号 沖縄地方における梅雨期の降水システムの特性 (台風研究部, 1991)  
Characteristics of Precipitation Systems During the Baiu Season in the Okinawa Area. (Typhoon Research Division, 1991)
- 第28号 気象研究所・予報研究部で開発された非静水圧モデル (猪川元興・斉藤和雄, 1991)  
Description of a Nonhydrostatic Model Developed at the Forecast Research Department of the MRI. (M. Ikawa and K. Saito, 1991)
- 第29号 雲の放射過程に関する総合的研究 (気候研究部・物理気象研究部・応用気象研究部・気象衛星・観測システム研究部・台風研究部, 1992)  
A Synthetic Study on Cloud-Radiation Processes. (Climate Research Department, Physical Meteorology Research Department, Applied Meteorology Research Department, Meteorological Satellite and Observation System Research Department, and Typhoon Research Department, 1992)
- 第30号 大気と海洋・地表とのエネルギー交換過程に関する研究 (三上正男・遠藤昌宏・新野 宏・山崎孝治, 1992)  
Studies of Energy Exchange Processes between the Ocean-Ground Surface and Atmosphere. (M. Mikami, M. Endoh, H. Niino, and K. Yamazaki, 1992)
- 第31号 降水日の出現頻度からみた日本の季節推移-30年間の日降水量資料に基づく統計- (秋山孝子, 1993)  
Seasonal Transition in Japan, as Revealed by Appearance Frequency of Precipitating-Days. -Statistics of Daily Precipitation Data During 30 Years- (T. Akiyama, 1993)
- 第32号 直下型地震予知に関する観測的研究 (地震火山研究部, 1994)  
Observational Study on the Prediction of Disastrous Intraplate Earthquakes. (Seismology and Volcanology Research Department, 1994)
- 第33号 各種気象観測機器による比較観測 (気象衛星・観測システム研究部, 1994)  
Intercomparisons of Meteorological Observation Instruments. (Meteorological Satellite and Observation System Research Department, 1994)
- 第34号 硫黄酸化物の長距離輸送モデルと東アジア地域への適用 (応用気象研究部, 1995)  
The Long-Range Transport Model of Sulfur Oxides and Its Application to the East Asian Region. (Applied Meteorology Research Department, 1995)
- 第35号 ウインドプロファイラーによる気象の観測法の研究 (気象衛星・観測システム研究部, 1995)  
Studies on Wind Profiler Techniques for the Measurements of Winds. (Meteorological Satellite and Observation System Research Department, 1995)
- 第36号 降水・落下塵中の人工放射性核種の分析法及びその地球化学的研究 (地球化学研究部, 1996)  
Geochemical Studies and Analytical Methods of Anthropogenic Radionuclides in Fallout Samples. (Geochemical Research Department, 1996)
- 第37号 大気と海洋の地球化学的研究 (1995年及び1996年) (地球化学研究部, 1998)  
Geochemical Study of the Atmosphere and Ocean in 1995 and 1996. (Geochemical Research Department, 1998)
- 第38号 鉛直2次元非線形問題 (金久博忠, 1999)  
Vertically 2-dimensional Nonlinear Problem, (H. Kanehisa, 1999)

第39号 客観的予報技術の研究 (予報研究部, 2000)

Study on the Objective Forecasting Techniques (Forecast Research Department, 2000)

第40号 南関東地域における応力場と地震活動予測に関する研究 (地震火山研究部, 2000)

Study on Stress Field and Forecast of Seismic Activity in the Kanto Region (Seismology and Volcanology Research Department, 2000)

第41号 電量滴定法による海水中の全炭酸濃度の高精度分析および大気中の二酸化炭素と海水中の全炭酸の放射性炭素同位体比の測定 (石井雅男・吉川久幸・松枝秀和, 2000)

Coulometric Precise Analysis of Total Inorganic Carbon in Seawater and Measurements of Radiocarbon for the Carbon

Dioxide in the Atmosphere and for the Total Inorganic Carbon in Seawater (I.Masao, H.Y.Inoue and H.Matsueda,, 2000)

第42号 気象研究所/数値予報課統一非静力学モデル (斉藤和雄・加藤輝之・永戸久喜・室井ちあし, 2001)

Documentation of the Meteorological Research Institute / Numerical Prediction Division Unified Nonhydrostatic Model(Kazuo Saito, Teruyuki Kato, Hisaki Eito and Chiashi Muroi, 2001)

# 気象研究所

1946年(昭和21)年 設立

所 長 : 理 博 藤 谷 徳之助

予報研究部	部長 :	工 藤 達 也
気候研究部	部長 :	理 博 青 木 孝
台風研究部	部長 :	竹 村 行 雄
物理気象研究部	部長 :	理 博 青 木 忠 生
環境・応用気象研究部	部長 :	理 博 佐 藤 康 雄
気象衛星・観測		
システム研究部	部長 :	理 博 大 野 久 雄
地震火山研究部	部長 :	理 博 濱 田 信 生
海洋研究部	部長 :	農 博 大 山 準 一
地球化学研究部	部長 :	理 博 廣 田 道 夫

## 気象研究所研究報告

編集委員長 : 青 木 忠 生

編集委員 : 大 関 誠 黒 田 友 二 北 畠 尚 子  
楠 研 一 清 野 直 子 中 里 真 久  
山 本 剛 靖 中 野 俊 也 石 井 雅 男  
事務局 : 鈴 木 修 井 上 卓

気象研究所技術報告は、1978年(昭和53)年の初刊以来、気象研究所が必要の都度発行する刊行物であり、原則として気象研究所職員及びその共同研究者による気象学、海洋学、地震学その他関連の地球科学に関する技術報告、資料報告および総合報告(以下報告という)を掲載する。

気象研究所技術報告の編集は、編集委員会が行う。編集委員会は原稿の掲載の可否を判定する。

本紙に掲載された報告の著作権は気象研究所に帰属する。本紙に掲載された報告を引用する場合は、出所を明示すれば気象研究所の許諾を必要としない。本紙に掲載された報告の全部又は一部を複製、転載、翻訳、あるいはその他に利用する場合は気象研究所の許諾を得なければならない。個人が研究、学習、教育に使用する場合は、出所を明示すれば気象研究所の許諾を必要としない。

気象研究所技術報告 ISSN 0386-4049

第43号

平成16年3月 発行

編集兼  
発行者

気 象 研 究 所

〒305-0052 茨城県つくば市長峰1-1

TEL (029) 853-8535

印刷所

前田印刷株式会社

〒305-00336 茨城県つくば市東新井14-3