

八戸地域における降水の安定同位体比の動態に関する研究

佐藤 久佳

要 旨

近年、環境に関する関心が高まっている。これは、異常気象や、地球温暖化など、ここ数年で体感している現象であり、社会的な問題となっている。例えば日本では2003年は冷夏であり、2004年には異常に多い10個の台風が上陸、新潟県において豪雨のため河川が氾濫など、気象に関係する災害が多い事が環境に関する関心の高まりの要因の一つである。このような現状の中、地球環境の変化を把握するため様々な研究がなされている。その中で、安定同位体比を用いた物質循環に関する研究は独自の情報をもたらすと期待され、窒素同位体比および炭素同位体比の測定より動植物中の物質循環把握、硫黄同位体比による大気循環の研究、などの研究が行われている。

水循環に関しては、降水は循環の重要な要素の一つであり、降水中の安定同位体比である水素・酸素安定同位体比（以下 δD ・ $\delta^{18}O$ ）は蒸発・凝縮時の温度に関する情報を含む事が知られている。したがって降水の安定同位体比は地球規模の又は地域の温暖化現象によってその値が変化しうる可能性があることから、環境指標として重要な役割を果たすと考えられる。そのため、降水中の安定同位体比の変動を知るべく日本でも各地で測定が行われ、温度効果、緯度効果、内陸効果、高度効果、雨量効果などの報告がなされている。しかし、それらの試料採取地域は中部日本に集中しており、北東北、太平洋側の報告は無いのが現状である。また、試料水採取期間は、月ごとあるいは週に1度の報告が多く、1日毎に採取測定された報告は、数少ない。

そこで我々は、八戸地域における降水の水素安定同位体比の季節変動および年々変動を明らかにするために、2000年1月から2004年12月までの5年間にわたり降水を一日ごとに採取し、 δD の測定および解析をおこなった。2003年の降水については、 $\delta^{18}O$ も測定し、 $\delta D-8\delta^{18}O$ で定義される d 値の季節変動を解析した。

第1章は緒論で、研究背景と研究目的を述べている。

第2章は水循環系における水素、酸素安定同位体比の変動の要因について述べている。2.1節では、水素・酸素の安定同位体組成について、2.2節では安定同位体比の定義について、2.3節では標準試料について、2.4節では同位体効果について平衡系における同位体効果と、動的同位体効果について、2.5節では現在まで分かっている降水中の同位体分別について説明した。2.6節は δD と $\delta^{18}O$ の関係について述べた。2.7節は第2章のまとめである。

第3章は測定技術に関する章で、3.1節に試料採取方法を、3.2節に δD 測定に関する前処理方法を、3.3節に $\delta^{18}O$ 測定に関する前処理方法を、3.4節に安定同位体比質量分析計での測定原理を、3.5節に得られたデータの補正方法と $\delta^{18}O$ 値を求めるための検量線について述べた。3.6節は第3章のまとめである。

第4章では測定結果と考察に関する章で、季節変動を取り上げ、4.1節に他地域における降水の安

学位記番号と学位：第30号，博士（工学）

授与年月日：平成18年3月18日

授与時の所属：大学院工学研究科機械システム専攻博士後期課程

定同位体比の季節変動について、4.2節に八戸地域における2000年1月～2004年12月までの測定結果について述べ、4.3節では、 -10% 付近の降水は、春の4月、5月と秋の10月、11月に多い事を明らかにした。4.4節では八戸で観測された高い δD を持つ降水を多段同位体分別モデルによって説明した。4.5節では、1月～3月の降水の δD 変動について述べ、既述の d 値から、この季節の降水は2つのグループに分類できることを明らかにした。1つは日本海側から、もう1つは太平洋側からもたらされる。2003年の降水における $\delta^{18}O$ の季節変動、 δD 値と $\delta^{18}O$ 値の相関が、それぞれ4.6節と4.7節に論じられている。4.8節に台風による降水の δD の変動について論じ、台風の勢力が強いときは、台風による降水の δD 値は環境水の δD 値に似た値をとる。しかし、台風が減衰すると δD の値は低下すると言う特徴を明らかにした。4.9節は、それらのまとめである。

第5章は、測定結果と考察に関する章で、年々変動を取り上げ、5.1節に2000年～2004年の各年の気象状況を、5.2節にこれら各年の降水の δD の年々変動が季節変動として示され、5.3節に4月、5月の降水中 δD の平均値とその年の8月、9月の平均気温が強い相関を示すことを述べ、その結果、4月、5月の δD 測定から8月、9月の平均気温予測ができる可能性があることを示唆した。5.4節にそれらのまとめを記載した。

第6章は結論である。本論文の主な結論は、

1. 八戸地域の降水の δD は、1月～3月にかけて δD 値がばらつき、4月、5月頃に重く、6月、7月頃に軽くなり、8月、9月頃に重くなり、10月から12月にかけて軽い方へシフトするという季節変動を示す事を明らかにした。
2. 冬季（1月～3月）の降水は日本海起源の降水と太平洋起源の降水がある事が確認された。
3. -10% 以上の降水は春、秋と季節の変わり目に多く降り、近海起源の霧の影響であると考えられる。
4. 降水モデルより -10% 以上の重い降水の降る可能性は十分にある事、そして、そのような降水は、海水温が高く、陸上の気温が低い気象条件の場合に起こりやすいことが示された。
5. 台風による降水は、勢力が強いうちは近場海水の影響を受け同位体比が高く、勢力が衰えるにしたがい大気中の残留水蒸気の影響で同位体比が軽くなる傾向を示し、降水の同位体比が短い時間単位で変動する場合があることを示した。
6. 降水の4月、5月の δD を測定する事により8月、9月の平均気温を予測できる可能性を示した。

以上のように本研究は八戸地域における降水の安定同位体比の動態に関する知見を提供すると共に、環境計測研究分野における安定同位体比の有効性を開拓した。

主指導教員 村中 健

A Study on the Variation of Stable Isotope Ratio in Precipitation at Hachinohe Area

Hisayoshi SATOU

Abstract

Recently people come to be more sensitive to the climate variation in the earth because meteorological accidents continued to happen to show the sign of extraordinary weather. For example, in Japan, it was cold in summer in 2003, extraordinary large number of typhoons, ten typhoons were landed in 2004, the rivers flooded by heavy rain in Niigata prefecture in 2004 and so on.

Various approaches are tried to grasp the global change in environment. Among these researches, stable isotope research is expected to get unique information on the global material cycle such as carbon cycle, nitrogen cycle and sulfur cycle in the earth.

Concerning to water cycle, precipitation is one of the important element of the cycle and the hydrogen stable isotope ratio (δD) and oxygen stable isotope ratio ($\delta^{18}O$) in the precipitation are known to contain information on the evaporation temperature to make water vapor from the sea and the condensation temperature from the vapor to cloud. The stable isotope in precipitation seems to play an important role as an environmental indicator because the value of δD and $\delta^{18}O$ will vary by the global or regional warming.

Therefore the variations of the stable isotope in precipitation are investigated here and there even in Japan and several isotope fractionation effects such as temperature effect, latitude effect, inner land effect, altitude effect and precipitation effect are known.

Although many observations on the stable isotope ratios in the precipitation are reported, the sampling site concentrates to central Japan. No observation has ever been done in Pacific Ocean side of northeast Japan. And the sampling interval are monthly or weekly in most cases and it is rare that the sampling interval is daily.

Thus δD in precipitation have been observed at Hachinohe in the blank zone sampling once a day after precipitation for five years from January 2000 to December 2004 to clarify the seasonal and annual variation of δD in precipitation in the area. $\delta^{18}O$ in precipitation is also observed in 2003 and seasonal variation of the d value defined by $\delta D - 8 \cdot \delta^{18}O$ is analyzed.

The chapter 1 is the introduction of this study. The background of this study and the purpose of this research are described. The chapter 2 is concerned with the origin of the variation of hydrogen isotope ratio and oxygen isotope ratio in water cycle. The session 2.1 is on the stable isotope composition of hydrogen and oxygen in water. The session 2.2 is on the definition of stable isotope ratio. In session 2.3 standard sample for the measurement of

stable isotope ratio is introduced. Isotope fractionation effect in equilibrium system and dynamic isotope effect are described in session 2.4 Isotope fractionation effects in precipitation known until now are explained in session 2.5. The relation between δD and $\delta^{18}O$ in precipitation is described in session 2.6 The session 2.7 is a summary in chapter 2. Chapter 3 is an experimental. Sampling is described in session 3.1. Pretreatment method to measure δD and pretreatment method to measure $\delta^{18}O$ are indicated in session 3.2 and session 3.3 respectively. In session 3.4 described the principle of stable isotope ratio mass spectrometer. The method to correct instrumental drift of δD data is showed in session 3.5 together with the regression line to get $\delta^{18}O$ value. The session 3.6 is the summary in chapter 3.

Seasonal variation of δD in precipitation is treated in chapter 4 as the results and discussion. Seasonal variation of stable isotope in precipitation reported in other area is summarized in session 4.1. δD data in precipitation collected at Hachinohe from 2000 to 2004 are discussed in session 4.2. The precipitation having δD value more than -10‰ is noticed in session 4.3 and it was clarified that such a high- δD precipitation primarily occurred from April to May (spring), and from October to November (autumn). In session 4.4 high- δD precipitation observed in Hachinohe area is interpreted by the multi-step fractionation model. δD and $\delta^{18}O$ variation in precipitation from January to March are discussed in session 4.5. It was clarified from the above mentioned δ value that the precipitation in the season can be classified into two groups. One comes across the Sea of Japan and the other comes from the Pacific Ocean side.

The seasonal variation of $\delta^{18}O$ and the correlation between δD value and $\delta^{18}O$ value in precipitation in 2003 are discussed in session 4.6 and in session 4.7 respectively. The variation of δD in precipitation by typhoon is described in session 4.8. δD value in the precipitation by typhoon has resemble value of δD with that of the environmental water when the typhoon has strong power. But the value of δD becomes lower after the power of the typhoon decreased. Such a character was clarified concerning to δD value in precipitation by typhoon. Section 4.9 is summary in chapter 4.

Annual variation of δD in precipitation is treated in chapter 5 as the results and discussion. The meteorological situation from 2000 to 2004 is summarized in every one year in session 5.1. Annual variation of δD in precipitation for these five year is described as monthly variations in session 5.2. In session 5.3 it was clarified that averaged δD value in April and May, and the averaged temperature in August and September show strong correlation with one exceptional year. This conclusion indicates the possibility to predict the tendency of the temperature in August and September from δD in precipitation in April and May in the year. Section 5.4 is the summary in this chapter.

The chapter 6 is the conclusion of this study. The main conclusions of this study are as follows. (1) seasonal variations of δD in precipitation at Hachinohe area are clarified. That is, δD values in precipitation are scattered from January to march, become higher in April and May, lower in June and July, higher again in August and September and shift to be lower from October to December. (2) Precipitation from January to March in winter was classified in to

two groups. One comes across the sea of Japan and the other comes from the Pacific Ocean side. (3) High- δD precipitation primarily occurred from April and May in spring, and October and November in autumn. (4) High- δD precipitation observed in Hachinohe area is interpreted by the multi-step fractionation model. The High- δD precipitation is caused by the initial part of the precipitation in the vapor evaporated near seashore. (5) δD value in the precipitation by typhoon is resemble with that of the environmental water when it has plenty of power. But the value of δD becomes lower after the power decreased. (6) This study indicates the possibility to predict the tendency of the averaged temperature in summer from δD in precipitation in spring of the year.

Professor (Chairperson) Takeshi MURANAKA