

洞爺湖中島におけるエゾシカ (*Cervus nippon yezoensis*) の 個体群崩壊と気候の関係

馬場賢治¹⁾・金子 命²⁾・稲場愛実³⁾

Relationship between sika deer (*Cervus nippon yezoensis*) population collapse
and climate on Nakajima Island in Lake Toya

Kenji BABA¹⁾, Mikoto KANEKO²⁾ and Manami INABA³⁾
(Accepted 30 June 2021)

1 はじめに

北海道の南西部に位置する洞爺湖内の中島では、梶 (2006) の報告によれば、1957~1966 年の間に雄 1 頭と雌 2 頭のエゾシカが人によって持ち込まれ、その後、同個体数は爆発的な増加と減少を繰り返している。1980 年から 1983 年までの急増が生じ、翌 1984 年には自然死亡によって個体数が減少し、且つ、森林保護の観点から 95 頭の間引きが行われた。2000 年には個体数のピーク (推定個体数 456 頭) があり、2001 年には 106 頭の間引きが実施された。2004 年には 100 頭以上の大量死が生じていた (Fig. 1)。2 度の大量死の原因として、1984 年はササ類や稚樹の減少や消失、2004 年はハイイヌガヤ消失等を挙げていた。また、餌不足によりエゾシカの体のサイズは小型化した報告 (Kaji *et al.*, 1988) もあり、本来の体重は雄で 90~140 kg、雌で 60~80 kg であるが、個体数が増加していた 1982 年頃の体重と比べ、1984 年崩壊時の体重は、オスが 25%、一方メスは 12% 減少していた (梶 1986)。小型化により、性成熟年齢が上昇した可能性があり、妊娠しても難産に耐えられず死亡してしまう例が報告されている (Takahashi *et al.* 2005)。

エゾシカと気候との関係とは先行研究より、積雪深が考えられている (例えば、南野・明石 2011)。積雪深はササなどの食糧利用可能量の減少や移動の疲

労増大など、シカの生態の分布や移動の制限要因となる可能性が大きいためである。しかしながら、先行研究によれば、洞爺湖中島は下層の植生は既にほとんどない。そこで本研究では積雪深をはじめ、他の気候因子とエゾシカの個体群崩壊の関係性について言及する。

2 対象地域

洞爺湖は北海道南西部に位置し (Fig. 2)、面積は東西約 11 km、南北 9 km のほぼ円型のカルデラ湖であり、約 11 万年前の大規模火砕流噴火後に陥没して形成された。その後、洞爺カルデラ中央でおおよそ 5 万年前から火山活動が起こり、Fig. 3 の様な大島、観音島、弁天島、饅頭島からなる中島群が出来上がった (例えば、日本第四紀学会 1987)。同面積は 4.98 ha (McCullough *et al.* 2009) であり、最も高い西山 (トー・ノシケ・ヌプリ) は標高 455 m、一方、洞爺湖湖面はおおよそ標高 84 m なので、標高差は 370 m 程度ある。その他、東山 (376 m)、北山 (279 m)、および、南山 (243 m) などの山々がある。

3 データと解析法

3.1 大気データ

洞爺湖近隣の大気データは、1980 年以降連続的に同じ位置で観測されている気象庁 AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition

¹⁾ 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類気象・気候学研究室

Laboratory of Meteorology and Climatology, Department of Environmental Sciences, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

²⁾ 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類

Department of Environmental Sciences, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

³⁾ 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科環境気象学研究室

Laboratory of Atmosphere-Ocean Environmental Science, Department of Biosphere & Environmental Sciences, Faculty of Environment Systems, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

所属学会：日本気象学会、日本生気象学会、日本電気学会、AGU、地学教育学会

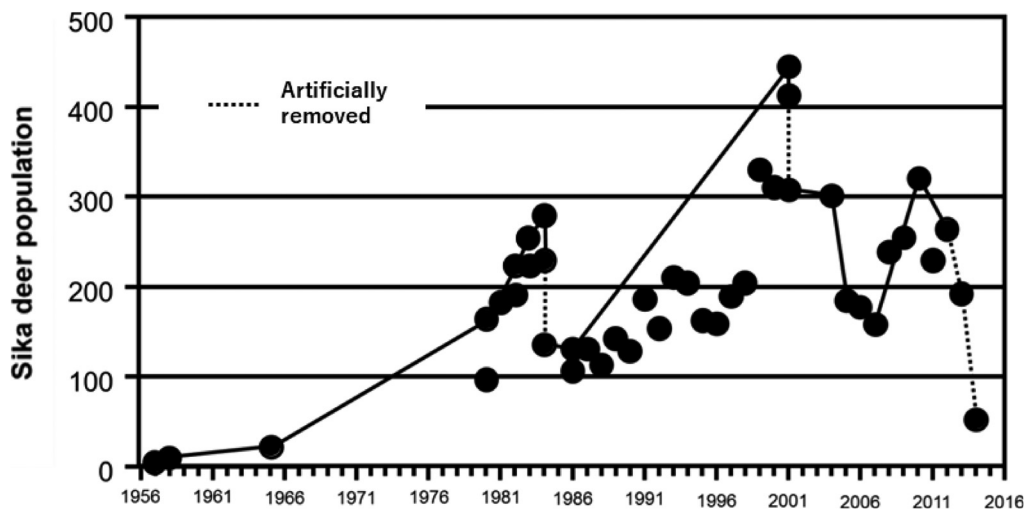


Figure 1 Population changes of the sika deer on Nakajima Island in Lake Toya, Hokkaido, Japan, 1957–2014 (Referred to Uno (2006), Yoshida (2013), and Takeshita *et al.* (2015)).

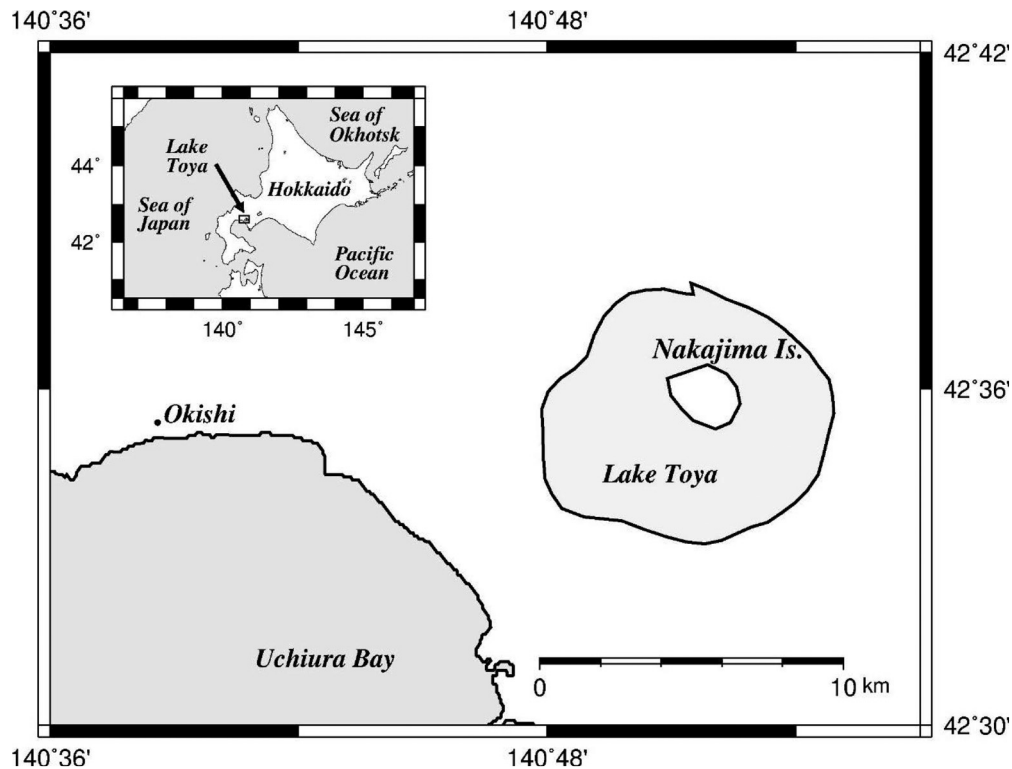


Figure 2 Location of Nakajima Island in Lake Toya, Hokkaido.

System) の大岸 (Fig. 2) より, 平均気温, 平均風速, 降水量, 降雪量, および積雪深の日別値を用いた。各月を上旬・中旬・下旬に分けた。本研究の平年値は, 1981~2010 年を使用した。

また, 総観規模の大気場の把握のために気象庁の天気図, および同発表の北海道太平洋域の平均気温平年差, 降水量平年比, 日照時間平年比, および, 降雪量平年比を使用した。

3.2 エゾシカ個体数

エゾシカの個体数は, 宇野 (2006), 吉田 (2013), および Takeshita *et al.* (2015) で示されている数値をそれぞれ参考とした (Fig. 1)。

エゾシカの個体数は 3~4 月に調査されているため, 本研究では, 4 月から翌年 3 月迄を 1 単位として, 100 頭前後の変動のある年を選定し, 1985 年 (1984 年 4 月~1985 年 3 月), および 2005 年 (2004

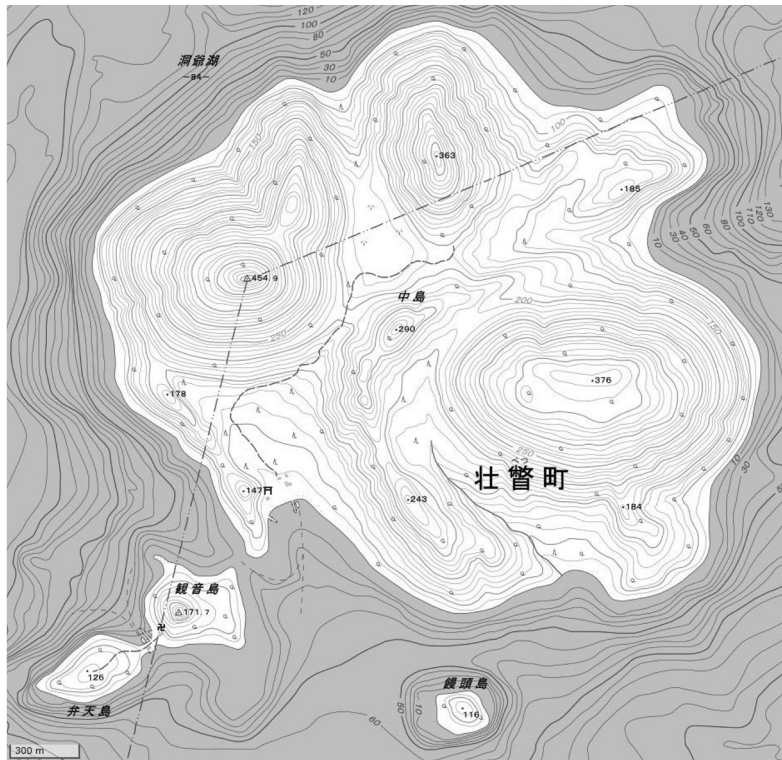


Figure 3 Topographic map of Nakajima Island (Geospatial Information Authority of Japan).

年4月～2005年3月)の減少年を対象として解析を行った。

3.3 wind-chill (体感温度)

Siple and Paasel (1945) は、気温 (T_a) と風速 (V) を用いて wind-chill (体感温度) という指数 (I_{wc}) を以下のように表現した。

$$I_{wc} = (\sqrt{100V} + 10.45 - V)(33 - t_a)$$

この後、wind-chill に関しては様々な指数が表現されているが、基本的には気温と風速の関数で表されている。これは肌からの水分の蒸発を考慮した指数ではない。動物を対象とする場合は、 I_{wc} に加えて、水分が蒸発する際の潜熱移動 (気化熱) を考慮しなければならない。一般的な潜熱フラックス (IE) は、蒸発効率 β (evaporation efficiency) を用いて、

$$IE = \rho\beta L C_E U_{10}(q_{sat}(T_s) - q_2)$$

と表し、 β は水面であれば1であり、完全に乾燥した地面であれば0である。ここで、 ρ は大気密度、 L は水の凝結熱、 C_E は潜熱フラックスに関するバルク係数、 U_{10} は10 mでの風速、 $q_{sat}(T_s)$ は地表面温度 T_s に対する飽和比湿、 q_2 は2 mにおける比湿を示す。この潜熱フラックスから、風速 (U_{10}) と蒸

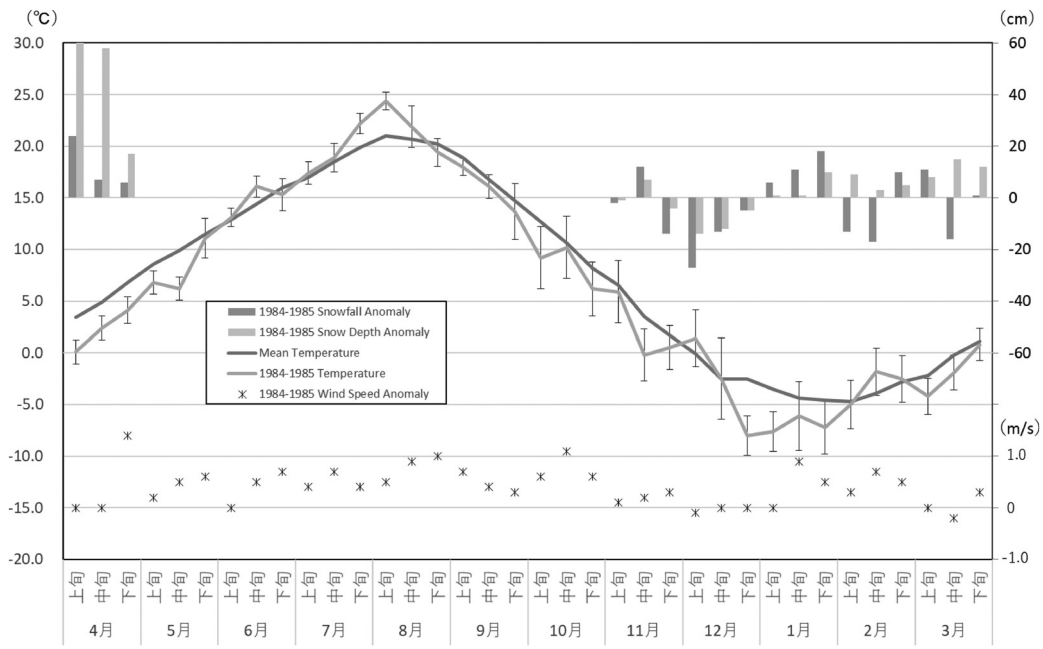
発効率 β が寄与していることが分かる。つまり、風速が大きいこと、湿っていること、若しくは風速が大きい且つ湿っていることが、潜熱移動が大きくなる要因である。

4. 結 果

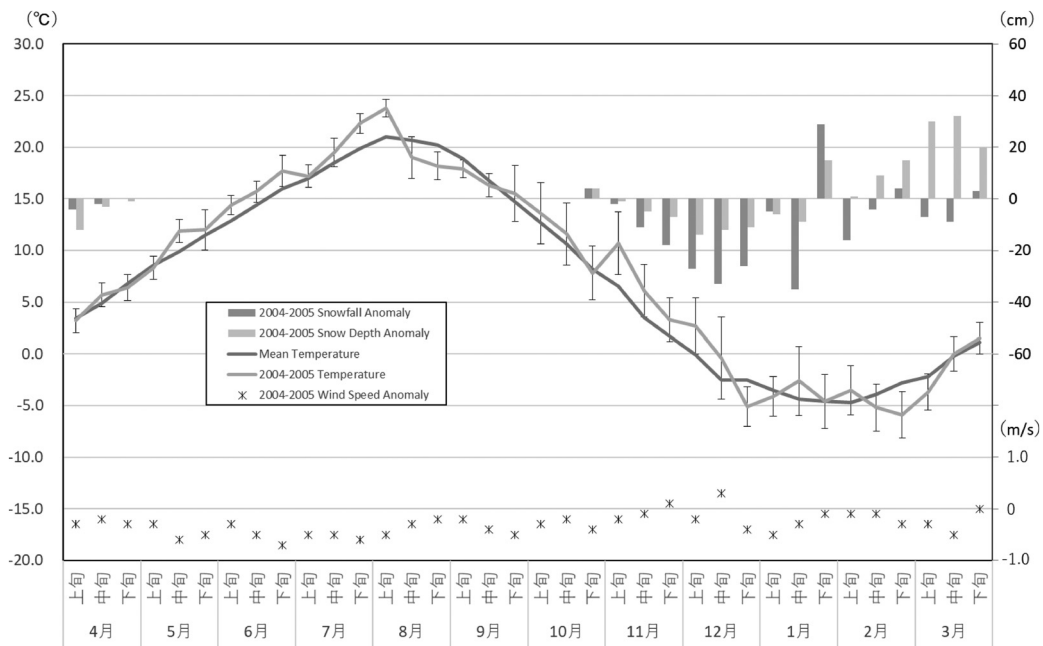
洞爺湖中島におけるエゾシカの減少年の4月から3月までの旬ごとに年平均気温、気温、平均風速偏差、降雪量偏差、および積雪量偏差を Fig. 4 に示す。尚、気温のバーは日々のデータを用いた旬標準偏差 (σ) を表している。また、冬季に関しては、気象庁が取りまとめた北海道太平洋域を Table 1 に示す。

4.1 1985年 (1984年4月～1985年3月)

大岸アメダスにおける平均気温の変遷は、5月までは2～4℃ほど低めに経過したが、7月から8月上旬には2～3℃高めになり、10月頃までは平常並みに推移した (Fig. 4a)。12月下旬から1月には2～5℃程度低めになり、2月には平常並みとなったが、3月も2℃程度低めの傾向が示された。降雪量は4月に20 cm程度多くなり、この影響と気温の負偏差から積雪深も20～60 cmの正偏差となった。冬季の低温期には、平常より10～20 cmほど多くなり、併せて、積雪深も10～15 cm多めに推移した。風速



(a) 1984/85



(b) 2004/05

Figure 4 Climatological average temperature, temperature, snowfall anomalies, snow depth anomalies, and wind speed anomalies every 10 days at Okishi AMeDAS. The standard deviation error bars were calculated from the daily mean temperatures.

は、通年正偏差の場であり、特に低温期の4月は+1.4 m、1月中旬以降から2月の低温期に平年より+0.5~0.9 m/s 大きい傾向を示した。

天気図等の解析から対象地域の冬季は、1984年12月下旬からは西高東低の気圧配置が続き、寒気が流入しやすい状況であった。この影響や小低気圧の

通過により、2015年1月からは降雪量も増加し、積雪深が平年より多くなった。2同月下旬から3月に再び西高東低の気圧配置になり易く、寒気の流れやすい大気場となり、積雪の融解が進まない状況であった。

対象地域付近を含む気象庁発表の北海道太平洋地

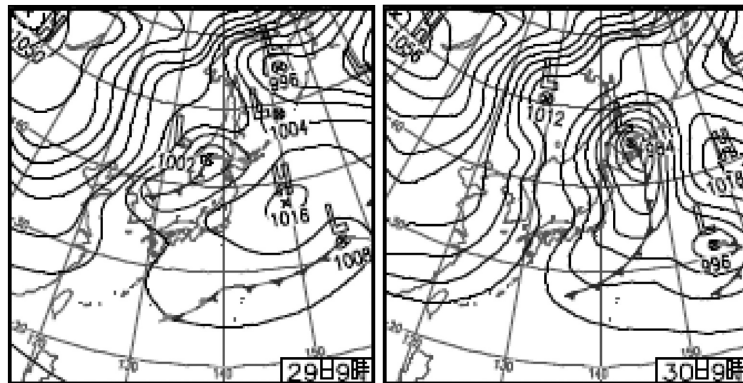


Figure 5 Synoptic surface weather charts generated by the Japan Meteorological Agency at (a) 0900 JST on 29 January 2005 and (b) at 0900 JST on 30 January 2005.

域において気候の傾向をみると (Table 1), 気温偏差 (平均差) は, 12月に -1.1°C , 1月には -3.2°C , 2月で $+0.5^{\circ}\text{C}$ および3月には -0.8°C であった。降水量は1月と2月で例年より多く, 12月と3月で少なかったが, 降雪量は12月を除き140%を超えていた。降水量に比べて降雪量が多いことから, 3月を中心に降雨ではなく降雪として記録されていることが分かる。

4.2 2005年 (2004年4月~2005年3月)

大岸アメダスでは, 4月から5月上旬までの平均気温は平年並みであったが, 5月中旬から8月上旬は $1\sim 2.8^{\circ}\text{C}$ と正偏差で推移した (Fig. 4b)。8月中旬から9月上旬までは, $-1\sim -2^{\circ}\text{C}$ の負偏差であった。11月上旬から12月中旬までは, 変動が大きいながらも $+1.6\sim 4.2^{\circ}\text{C}$ の正偏差が続いた。12月下旬には一気に -2.6°C の負偏差となり, 厳冬期の1月から2月上旬は変動が大きいながらも概ね平年並みに経過し, 2月中旬から3月上旬は $-1.3\sim -3.1^{\circ}\text{C}$ の負偏差になった。降雪量は1月下旬に $+30\text{ cm}$ の正偏差となり, それ以降の降雪量はほぼ平年並みであるが, 積雪深は正偏差で推移し, 3月でも $20\sim 30\text{ cm}$ の正偏差であった。冬季の風速偏差はやや弱めに推移した。

冬季の総観規模の推移は, 12月中旬には前線を伴った温帯低気圧が北海道付近を通過後に一時的に西高東低の冬型の気圧配置になり寒気流入が生じることが幾度もあり, 同下旬から1月上旬かけて西高東低の気圧配置が長続きし, 寒気流入が継続的に続いた。1月中旬には温帯低気圧が北海道付近に近づき, 一時的に暖気を流入させ易い場となり, 正偏差であった (Table 1)。同下旬以降は, 平年並みとなったが, 1月中旬以降は前線を伴った温帯低気圧が北海道の南部を通過し, その後西高東低なることが繰

Table 1 Temperature anomaly, precipitation ratio, sunshine duration ratio, and snowfall ratio in the Pacific region of Hokkaido (Japan Meteorological Agency).

年	月	平均気温 平年差 ($^{\circ}\text{C}$)	降水量 平年比 (%)	日照時間 平年比 (%)	降雪量 平年比 (%)
1984	12	-1.1	44	94	64
1985	1	-3.2	110	113	162
1985	2	0.5	146	92	165
1985	3	-0.8	69	98	146
2004	12	0.1	194	102	142
2005	1	0.6	98	93	100
2005	2	-0.7	133	91	141
2005	3	-0.2	123	108	124

り返し起こり, 暖気流入後に寒気流入も併せて生じていた (Fig. 5)。

前節同様に北海道太平洋域の平年偏差 (Table 1) からは, 冬季の前半の12月から1月の気温は正偏差であったが, 2月以降は負偏差となり, 2月に平年より -0.7°C , 3月に -0.2°C を記録している。降雪量は1月の平年並みを除き, 2~4割程度多めの傾向を示している。

5. 考 察

洞爺湖中島のエゾシカの自然死が多い1985年と2005年について, 洞爺湖に近い大岸アメダスと北海道太平洋域の平年比や平年差等を用いて気候場から解析を行った。1984/85に関して, 5月中旬までの気温は $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ の負偏差であり, 特に4月は降雪が多く, 積雪深も平年より $20\sim 60\text{ cm}$ の正偏差となったため, 植生の発芽や生育に影響が見られた可能性がある。また, 風速も正偏差の場であることから, 体

感温度を下げた可能性がある。8月下旬以降は低温傾向（およそ1~4℃の負偏差）であったため、秋が早くに始まったことが推測できる。12月下旬~1月下旬にかけて、気温は約2~5℃の負偏差であり、降雪量や積雪深は正偏差、また風速も正偏差であるので、エゾシカにとっては体力を奪う期間となったことが推測できる。その後も小低気圧接近による湿った降雪の後に、冬型の気圧配置へ変化し、寒気流入と共に降雪が記録されており、体力を奪う気候が続いた。その他の要因として積雪深がエゾシカの採餌行動に影響を及ぼした可能性も考えられる。当該年は、積雪深の正偏差が1985年4月まで続いていた（一部図省略）。2月以降は寒暖の差が大きくなり、降雪と凍結・融解が繰り返され、雪の密度が増した状態（例えば、松下2018）になったことが予想される。海岸に近い大岸（標高4m）と比較して、洞爺湖中島は湖面でも標高80mであり、且つ中央火口丘群の山間部（Fig. 3）であるため、降雪量は更に多く、積雪深も大きいことが予想され、エゾシカにとってはさらに生育環境条件が悪い。また、中島島内では、1980年頃からエゾシカの高密度化に伴う、樹皮剥ぎによる枯死木の増加や不嗜好性植物の増加などが顕著になったことが報告されている（梶1993；助野・宮木2007）。以上のことから、1984/85のエゾシカ大量死は、採餌可能な植物種の減少に加え、密度の増加した雪が林床に堆積することにより、雪を掻き出して下層の採食可能な植物を得難くなったことによる食糧不足が原因であったと考えられる。

一方、2004/05では、8月上旬までは、気温は平年並みからやや高めに推移しており、植生にとっては例年より条件が良かった。8月中旬以降は9月上旬までは、約2℃の負偏差となったが、それ以降は高温傾向が12月中旬まで続いた。少々、季節進行を早めた感じはあるが、大きな影響は考え難い。12月下旬以降の気温は負偏差に転じ、同月中旬から5℃の低下となった。この頃から、前線を伴った温帯低気圧による湿った雪の後に、冬型の気圧配置による乾いた雪が降り、量を増やしていたことが推測できる。特に2月中旬以降は、気温が低かったことから積雪深が10~30cmの正偏差のまま経過し、4月上旬まで続いていた。この年代には既にシカが好む広葉樹稚樹などの嗜好性の植物のほとんどは島内から消失し、フッキソウやハンゴンソウといった不嗜好性植物が優占する状態である。実際に1990年代の時点で、落葉樹林内のシカ不嗜好性植物の現存量が99.9%占めるのに対して、採餌可能な一部のイネ科

やツメクサなどの植物種は僅か0.1%程度しか存在していないことが指摘されており（Miyaki and Kaji 2004）。このような状況の中で、島内におけるシカのリター食がみとめられており、特に冬期の食糧は樹皮や小枝、リターなどに大きく依存していることが明らかとなっている（Takahashi and Kaji 2001）。上述の気候場によって、地表に雪が積もること物理的にリターを採食することが困難になり、食糧不足が起きたことが推測される。

6. 今後の展望

金子（2006）においては、エゾシカは保温効果や防風効果のある針葉樹林を越冬地として利用することを指摘している。今後、中島島内におけるエゾシカ個体群と気候因子との関係性をより詳細に把握していくためには、島内に存在するトドマツなどの針葉樹が優占するエリアのエゾシカ利用実態を明らかにする必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり本学吉田剛司教授には有益なコメントを頂きました。また、本稿の改訂に際して貴重なご意見を2名の校閲者に頂戴致しました。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 梶 光一, 1986: 洞爺湖中島のエゾシカの個体群動態と管理. 哺乳類学会, 53, 25-28.
- 梶 光一, 1993: シカが植生をかえる一洞爺湖中島の例一. 生態学からみた北海道, 東 正剛, 阿部 永, 辻井達一編, 北海道大学図書刊行会, 242-249.
- 梶 光一, 2006: エゾシカの個体数変動と管理. 世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学, 湯本貴和, 松田裕之編, 文一総合出版, 40-64.
- Kaji, K., Koizumi, T. and Ohtaishi, N., 1988: Effects of resource limitation on the physical and reproductive condition of sika deer on Nakanoshima Island, Hokkaido. *Acta Theriol.* 1988; 33: 187-208.
- 金子正美, 2006: 土地利用と積雪からみたエゾシカの生息地. エゾシカの保全と管理, 梶 光一, 宮木雅美, 宇野裕之編, 北海道大学出版, 63-71.
- 気象庁, 2021: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (2021.5.5 閲覧).
- 松下拓樹, 2018: 温度条件を考慮した雪過重算定のための積雪密度推定について. *雪氷*, 80, 441-

- 450.
- McCullough, D. R., Takatsuki, S. and Kaji, K., 2009: Sika Deer, Springer, 666pp.
- 南野一博, 明石信廣, 2011: 北海道西部におけるエゾシカの冬期の食性と積雪の影響. 哺乳類学会, 51, 19-26.
- Miyaki, M. and Kaji, K., 2004: Summer forage biomass and the importance of litterfall for a high density sika deer population. Ecological Research, 19, 405-409.
- 日本第四紀学会, 1987: 日本第四紀地図解説. 東京大学出版, 119pp.
- Siple, P. A. and Pasel, C. E., 1945: Measurements of dry atmospheric cooling in sub-freezing temperatures. Proc. Amer. Philos. Soc., 89, 177-199.
- 助野実樹郎, 宮木雅美, 2007: エゾシカの増加が洞爺湖中島の維管束植物相に与えた影響. 野生生物保護, 11, 43-66.
- Takahashi, H. and Kaji, K., 2001: Fallen leaves and unpalatable plants as alternative foods for sika deer under food limitation. Ecological Research, 16, 257-262.
- Takahashi, H., Matsuura, Y., Ueno, M., Shima, E., Tanaka, Y., Tanaka, J. and Kaji, K., 2005: Dystocia in free-ranging sika deer *Cervus nippon* under food limitation. Mammal Study, 30, 77-81.
- Takeshita, K., Ishizaki, M., Mitsuya, R., Takahashi, H., Yoshida, T., Igota, H., Ikeda, T., Kubo, M. O. and Kaji, K., 2015: Temporal changes in molar wear speeds rate of a sika deer population under the density dependent food limitation. Journal of Zoology, 297, 139-145.
- 宇野裕之, 2006: 高密度化がエゾシカに及ぼす影響. エゾシカの保全と管理, 梶 光一, 宮木雅美, 宇野裕之編, 北海道大学出版, 43-62.
- 吉田剛司, 2013: 平成 25 年度 環境研究総合推進費 終了成果報告集「4D 1103 支笏洞爺国立公園をモデルとした生態系保全のためのニホンジカ捕獲の技術開発」. 環境省 104pp.

Abstract

The population collapse of sika deer (*Cervus nippon yezoensis*) on Nakajima Island in Lake Toya was analyzed from a climatological viewpoint. The climatological characteristics from winter to early spring of the collapse year were the following three points: First, the 10-day average temperatures had negative anomalies of 2 °C to 5 °C. Second, the amount of snowfall was climatological normal, however, the snow depth had a positive anomaly of 10 - 60 cm. Third, the temperature difference was extreme when the extratropical cyclone passed. The positive anomalies of the snow depth were maintained since the snow density increased due to temperature differences during and after the extratropical cyclone. Also, melting did not proceed under long-term low-temperature conditions. Studies assert that the population collapse in 1985 was consequent to a decrease in food plants due to increased population density, difficulty in obtaining bottom plants due to the densified snow, and lack of physical strength due to the cold climate. In 2005, deciduous litter was the main food, so the densified snow may have hindered predation. Additionally, the range of activity may have been limited due to the long-term effects of the positive anomaly of snow depth, resulting in food shortages.