

昭和基地観測棟で35年間使用した構造ガスケットの硬さ調査

高橋弘樹^{1*}・半貫敏夫²・鮎川 勝³・武智義加⁴・大塚 徹⁴Study on hardness of the 35-year-old structural gasket
used at the observation hut in Syowa StationHiroki Takahashi^{1*}, Toshio Hannuki², Masaru Ayukawa³, Yoshika Takechi⁴ and Tohru Ohtsuka⁴

(2013年12月27日受付; 2014年1月20日受理)

Abstract: A structural gasket at the observation hut in Syowa Station has been in use for 35 years. We studied the hardness of the original structural gasket during the 43rd Japanese Antarctic Research Expedition. We tested that of the new article, and the results are assumed to be an initial value. The structural gasket at the northwest section of the station deteriorated to a greater extent than did the structural gasket at the southeast section, because of the former's exposure to ultraviolet radiation. The exterior and interior components of the northwest structural gasket show similar degrees of degradation. This structural gasket has hardened by 10% relative to the new structural gasket. The 35-year-old structural gasket contains no large cracks, indicating its suitability for continual use.

要旨: 第43次日本南極地域観測隊越冬隊において、昭和基地の観測棟で35年間使用された構造ガスケットの硬さ試験を行った。新品の構造ガスケットを用いて硬さ試験を行い、その結果を初期値とした。紫外線が多く当たる北西面の構造ガスケットは、南東面の構造ガスケットに比べて劣化が進んでいた。屋外側と屋内側の劣化の程度は、ほぼ同じであった。観測棟で35年間使用した構造ガスケットは、新品の構造ガスケットに比べて、硬さが1割増加した程度であり、大きな亀裂などは見られなかった。これらより、この構造ガスケットは今後も昭和基地で継続して使用可能であると考えられる。

1. はじめに

南極の昭和基地で1967年に建設された観測棟の木質壁パネルの開口部には、複層ガラスを保持するため構造ガスケットが使用されている。構造ガスケットとは、建物の開口部に取

¹ (現所属 present affiliation): 労働安全衛生総合研究所 (元国立極地研究所, 元日本大学理工学部). National Institute of Occupational Safety and Health, 1-4-6, Umezono, Kiyose-city, Tokyo, 204-0024.

² 日本大学理工学部. College of Science and Technology, Nihon University, 8-14, Kanda-Surugadai 1, Chiyodaku, Tokyo 101-8308.

³ (元所属 formerly affiliation): 情報・システム研究機構国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho, 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

⁴ 株式会社タケチ. Takechi Co., Ltd., 15-2, Asahigaoka-cho, Suita-city, Osaka 564-0083.

* Corresponding author. E-mail: takahah@s.jniosh.go.jp

り付け、ガラスなどを直接支持し、水密性及び気密性を保持するための定形材料のことである。構造ガスケットの「硬さ」そのものが力学的な考察の対象となることはあまりないが、他の引っ張り強さなどの力学的性質や経年による劣化などの物理的状態との相関関係を持つことが多く、これらを管理・評価するときの代替値として硬さが用いられる（明石，2006）。これまでに南極で使用された建物を対象としたガスケットの硬さに関する調査としては、1997年に解体して日本に持ち帰った第10居住棟（1969年建設）の環状ガスケットの硬さ試験（田中ほか，2002）と2001年に解体して日本に持ち帰った食堂棟（1967年建設）の構造ガスケットの硬さ試験（大塚ほか，2003）がある。しかし、南極の昭和基地で現在使用中の建物を対象にした調査は行われておらず、寒冷地でのガスケットの硬さに関する資料も少ない。そこで、第43次日本南極地域観測隊越冬隊（以下、第43次越冬隊）において、南極昭和基地観測棟の構造ガスケットの硬さに関する調査を実施した。

2. 観測棟と構造ガスケットの概要

観測棟は、木質パネルによる壁構造のプレハブ建築で、長辺方向をほぼ北東—南西方向に向けた箱型の高床式建物である。観測棟の外観を図1に示す。外壁パネルは図2に示すような基本寸法が幅997mm×長さ2345mm×厚さ100mmの木質サンドイッチパネルである。この外壁パネルに開口部が設けられ、複層ガラスが構造ガスケットによって支持されている。観測棟の開口部の写真を図3に、開口部の縦断面を図4に示す。構造ガスケットの主な材料はクロロプレングムである。

3. 構造ガスケットの硬さ試験の概要

試験は、JIS K 6253（日本規格協会，2005）に基づいて行った。試験には、図5に示すスプリング式硬さ試験機を使用した。スプリング式硬さ試験機の押針と加圧面がガスケットの表面に押し付けられると、押針はスプリングの力で押し込まれて、スプリングの力とガスケッ



図1 観測棟

Fig. 1. The observation hut.

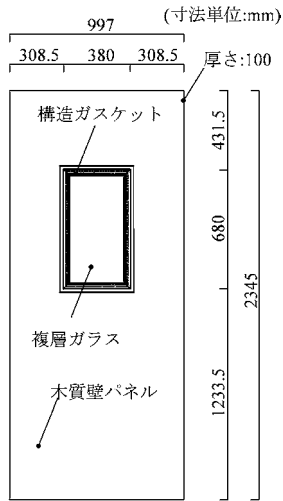


図 2 観測棟の木質壁パネル

Fig. 2. Wooden wall panel in the observation hut.



図 3 観測棟の開口部

Fig. 3. Opening of the observation hut.

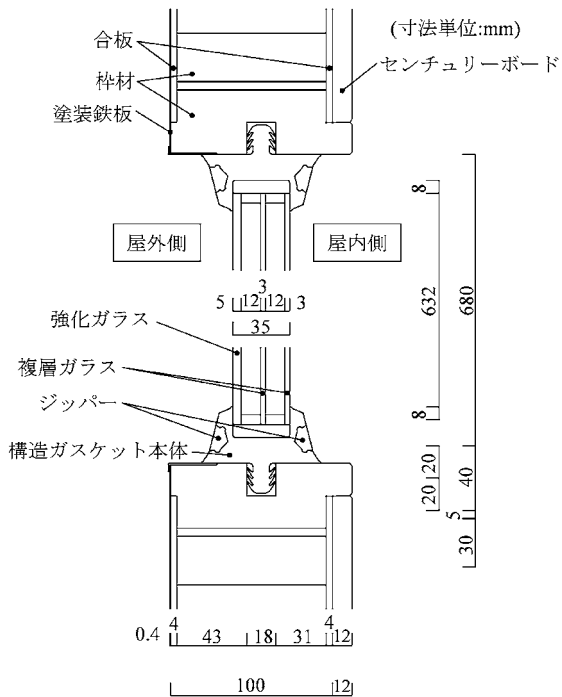


図 4 開口部縦断面

Fig. 4. Vertical section of the opening.



図 5 試験に用いたスプリング式硬さ試験機

Fig. 5. Hardness tester employed in this study.

トの弾性による力がバランスして停止する。このときの押針の移動量が、そのガスケットの硬さを表す。この押針の移動量をダイヤルゲージで拡大し、ダイヤル上の指針で目盛りの最大値を読み取る。このときの値が「硬さ」となる。

JIS のゴム硬さ試験法は、JIS K 6301 に規定されていたが、国際規格 (ISO) との整合化の流れに沿って、1993 年に JIS K 6253 として新たに制定され、JIS K 6301 は 1998 年に廃止された。JIS K 6253 では、デュロメータと呼ばれる硬さ試験機を用いて測定することが定められ、この試験機を用いて得られた硬さを「デュロメータ硬さ」と呼んでいる (日本規格協会, 2005)。しかし、今回、硬さ試験に用いたスプリング式硬さ試験機は JIS K 6301 に規定されていた試験機で、この試験機を用いて得られた硬さは「スプリング式硬さ」と呼ばれていた。スプリング式硬さ試験機はデュロメータ硬さ試験機と構造原理は同じであるが、スプリングの力と押針寸法が若干異なっている。スプリング式硬さ試験機は、試験片の硬さに応じて A 形と C 形の 2 種類のタイプがあり、タイプごとに押針の形状、スプリングの力が規格で定められていた。今回使用したスプリング式硬さ試験機は A 形と呼ばれるもので、測定対象の硬さとしては、JIS K 6253 で規定されているタイプ A デュロメータと共通である。しかし、スプリングの力と押針寸法が若干異なっているため、測定値もわずかに差が見られる。ただし、タイプ A デュロメータ硬さの測定値は、スプリング式硬さ A 形の測定値に比べ 30-90 の範囲で 1, 2 高くなる程度である (明石, 2006)。そのため、本論では、JIS K 6301 で規定されていたスプリング式硬さ A 形の単位の表し方である「Hs JIS A」を用いず、JIS K 6253 で規定されているタイプ A デュロメータ硬さの単位の表し方である「A」を用いた。

構造ガスケットの硬さ劣化の原因として、日射による紫外線の影響が挙げられる。観測棟では建物の南東面と北西面に構造ガスケットが使用されているが、南東面と北西面では日射時間が異なり、北西面の方が日射時間は長い。この日射量が構造ガスケットの硬さに与える影響を考慮して、図 6 に示す建物の南東面と北西面の各 1 地点で試験を行った。また、屋内

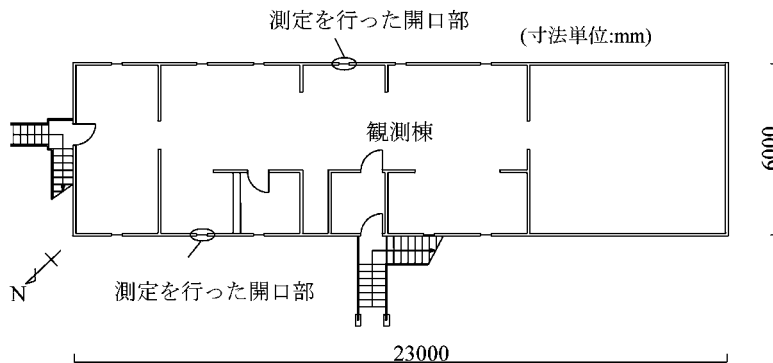


図 6 観測棟の配置方位と硬さ試験を行った開口部の場所

Fig. 6. Layout of the observation hut and position of the opening in the hardness tests.

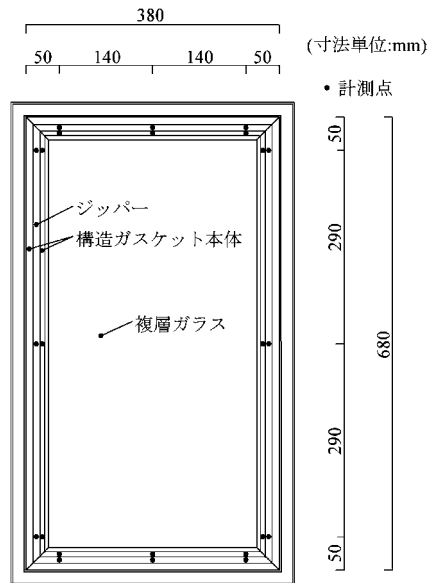


図 7 開口部の立面図と硬さ試験を行った位置
 Fig. 7. Elevation and position of the opening in the hardness tests.

では気温が 17℃と一定であるのに対し、屋外では平均気温で 0～-20℃程度の温度差がある(国立極地研究所, 2003)。その他、屋外ではブリザードによる風荷重を直接受け、雪・砂などが構造ガスケットに付着することが考えられ、屋外と屋内では自然環境が異なる。この自然環境の影響を調べるため、それぞれの地点の屋外側と屋内側を測定した。測定は、1面につき 24カ所で行い、構造ガスケットの本体とジッパー部分を測定した。構造ガスケットの測定位置を図 7に示す。構造ガスケットの硬さは気温によって変動することから、この気温の影響を調べるため、計測は 3ヶ月おきに 5回行った(2002年 1月 28日, 4月 22日, 7月 22日, 10月 22日, 2003年 1月 13日)。

4. 試験結果と考察

構造ガスケットの硬さ試験の結果を表 1に示す。表中の気温は、硬さ試験を行った時の気温で、屋外側の気温は気象棟で観測された 1時間の平均値で、屋内側の気温は手持ちの温度計で測定した値である。

建物建設時の初期値がないため、観測棟で使用している構造ガスケットと同じ材料で制作した同じ形状の構造ガスケットを用いて硬さ測定を行い、この結果を初期値とした。新品の構造ガスケットの試験結果を表 2に示す。温度が硬さに与える影響を調べるため、温度を 17, 0, -13, -20, -30℃と設定して測定した。計測は、図 4に示す構造ガスケットの本体とジッパー部分の 2カ所で行い、その平均値を求めた。新品の構造ガスケットの硬さ増加

表 1 観測棟の構造ガスケットの硬さ試験結果

Table 1. Results for the hardness test on the structural gasket in the observation hut.

| 計測日 | 計測場所 | 気温 (°C) | 硬さ | | | |
|-------------|--------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | | | 最小値 (A) | 平均値 (A) | 最大値 (A) | 変動係数 (%) |
| 2002年 1月28日 | 屋外側北西面 | 5.3 | 72 | 81.9 | 88 | 5.5 |
| | 屋外側北西面 | -13 | 80 | 85.0 | 90 | 3.7 |
| 2002年 4月22日 | 屋外側南東面 | -13 | 78 | 80.9 | 86 | 2.2 |
| | 屋内側北西面 | 17 | 78 | 81.4 | 86 | 2.9 |
| | 屋内側南東面 | 17 | 76 | 80.1 | 84 | 2.5 |
| | 屋外側北西面 | -13.3 | 80 | 85.0 | 90 | 4.0 |
| 2002年 7月22日 | 屋外側南東面 | -13.3 | 80 | 83.1 | 88 | 2.9 |
| | 屋内側北西面 | 17 | 78 | 82.0 | 88 | 3.3 |
| | 屋内側南東面 | 17 | 76 | 79.9 | 84 | 2.9 |
| | 屋外側北西面 | -12.2 | 78 | 85.0 | 90 | 4.4 |
| 2002年10月22日 | 屋外側南東面 | -12.2 | 76 | 79.8 | 84 | 2.2 |
| | 屋内側北西面 | 17 | 76 | 81.0 | 86 | 3.5 |
| | 屋内側南東面 | 17 | 72 | 78.3 | 84 | 3.9 |
| | 屋外側北西面 | 0.6 | 72 | 78.3 | 82 | 3.3 |
| 2003年 1月13日 | 屋外側南東面 | 0.6 | 72 | 77.6 | 86 | 4.3 |
| | 屋内側北西面 | 17 | 76 | 83.3 | 88 | 3.7 |
| | 屋内側南東面 | 17 | 74 | 79.8 | 86 | 3.7 |

表 2 新品の構造ガスケットの硬さ試験結果

Table 2. Results for the hardness test on the new structural gasket.

| 温度 (°C) | 硬さ | | |
|------------|------------------|--------------|------------|
| | 構造ガスケット本体 (A) | ジッパー部 (A) | 平均値 (A) |
| 17 | 75 | 71 | 73 |
| 0 | 72 | 70 | 71 |
| -13 | 80 | 75 | 77.5 |
| -20 | 79 | 76 | 77.5 |
| -30 | 87 | 80 | 83.5 |

率と温度の関係を図 8 に示す。図に示した新品の構造ガスケットの硬さ増加率の値は、常温である 17°C の硬さを基準にして求めた。また、図中の直線は、測定値の最小 2 乗近似線で、次式によって表される。

$$h = -0.3T + 1.9, \quad (1)$$

ここで、 h : 17°C の硬さを基準にした新品の構造ガスケットの硬さ増加率 (%), T : 測定温

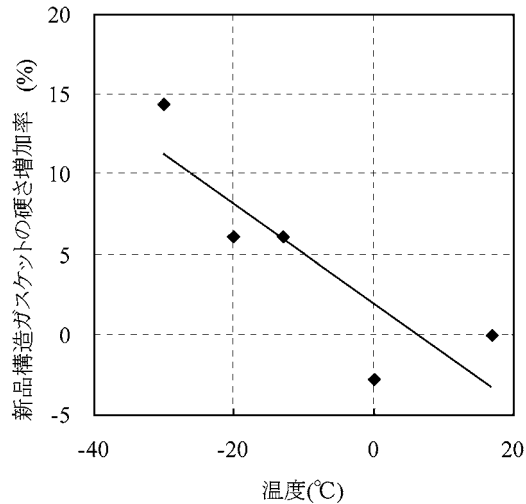


図 8 17℃の硬さを基準にした新品の構造ガスケットの硬さ増加率と温度の関係
 Fig. 8. Relationship between the rate of increase in hardness of the new structural gasket (determined using a hardness of 17℃ as basis) and temperature.

度(℃)である。

新品の構造ガスケットの硬さ増加率の値は、多少ばらついているが、温度が低くなるに従って徐々に高くなっており、-30℃で約14%となった。

この新品の構造ガスケットの平均値を基準に、観測棟で測定した構造ガスケットの硬さ増加率(%) (= (表1の構造ガスケット硬さの平均値 / 表2の構造ガスケット硬さの平均値 (表1の気温の±1℃以内に対応する値)) × 100 - 100) を求めた。

観測棟の構造ガスケットの硬さ増加率と気温の関係を図9に示す。図の横軸は、昭和基地で測定した時の気温を示す。構造ガスケットの硬さ増加率は、ほとんどが6-14%の範囲に分布し、平均値は9.4%であった。-13~17℃の範囲では、温度による硬さ増加率の変動はほとんど見られなかった。南東面と北西面を比較すると、南東面では6-10%の範囲に分布することが多かったが、北西面では9-14%の範囲に分布することが多く、南東面よりも北西面の方が硬さ増加率が高かった。これは、南東面よりも北西面の方が日射時間が長いことから、紫外線を多く受けたため劣化が進んだと考えられる。大塚ほか(2003)は、東京都内に建てられた建物(1970年建設)に30年間使用された構造ガスケットの硬さを測定しており、その硬さ増加率は14.5%であった。構造ガスケットの材料や構造が若干異なるため単純な比較はできないが、昭和基地で使用されている構造ガスケットは、東京で使用されている構造ガスケットよりも、やや劣化は進んでいないと言える。

観測棟の屋外側構造ガスケットの硬さ増加率と屋内側構造ガスケットの硬さ増加率の関係を図10に示す。同じ日に測定した同じ開口部の屋外側と屋内側の構造ガスケットを比較し

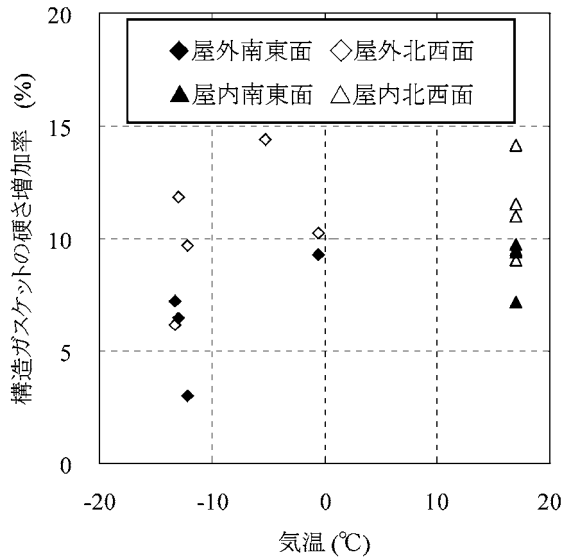


図 9 新品の構造ガスケットを基準にした観測棟の構造ガスケットの硬さ増加率と気温の関係
 Fig. 9. Relationship between the rate of increase in hardness of the structural gasket in the observation hut (relative to the hardness of the new structural gasket) and temperature.

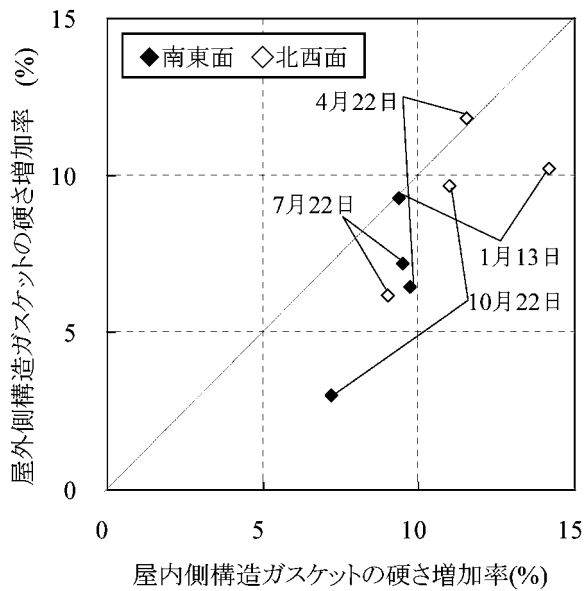


図 10 屋外側と屋内側の構造ガスケットの硬さ増加率の関係
 Fig. 10. Relationship between the rate of increase in hardness of the structural gasket's exterior and interior.

た. 図中の日付は測定日を示し, 図中の点は南東面と北西面で色分けして示した. 総体的に屋内側の構造ガスケットの方が硬さ増加率が高くなった. しかし, 屋外側と屋内側の硬さ増

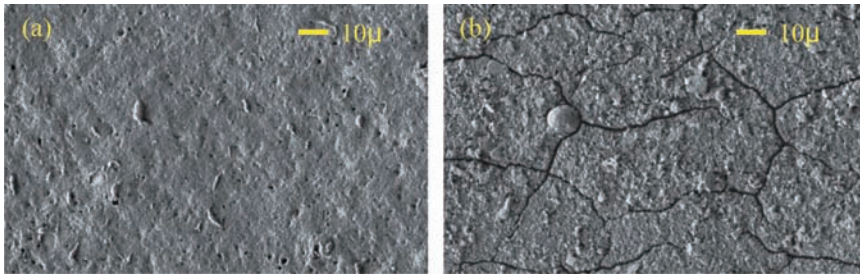


図 11 走査電子顕微鏡で撮影した構造ガスケットの表面（大塚ほか（2003）撮影）。
 (a) 新品, (b) 食堂棟。

Fig. 11. Scanning electron microscope image of the surface of the structural gasket (from Ohtsuka et al. (2003)):
 (a) new article, (b) the restaurant hut.



図 12 観測棟の構造ガスケットの表面。

Fig. 12. Surface of the structural gasket in the Observation hut.

加率の差が最も大きいもので4%程度の差（10月22日測定 of 南東面）であるので、測定誤差も含めて、屋外側と屋内側はほぼ同程度の劣化であると考えられる。気温の変化、ブリザードによる風荷重、雪・砂の付着などは構造ガスケットの硬さにほとんど影響を与えないことがわかった。

参考のため、新品の構造ガスケットと昭和基地食堂棟で使用されていた屋外側の構造ガスケットの表面を走査電子顕微鏡を用いて撮影した写真（大塚ほか，2003）を図11に示した。食堂棟は観測棟と同じ年に建設され、昭和基地で34年間使用された建物で、構造ガスケットの表面の状態は観測棟とほぼ同程度であると考えられる。図11bから食堂棟で使用されていた構造ガスケットに亀裂が見られた。しかし、この亀裂は微細なものであり、観測棟で使用されている構造ガスケットを肉眼で観察した限りでは、大きな亀裂などの損傷は見られなかった（図12）。観測棟に使用されている構造ガスケットは、実用的にはまだ使用に耐えられるものと思われた。

5. ま と め

昭和基地の観測棟で35年間使用された構造ガスケットの硬さ試験を行った。構造ガスケット

トの硬さの初期値が存在しなかったので、観測棟で使用されている構造ガスケットと同じ材料の新品の構造ガスケットを用いて硬さ試験を行い、その結果を初期値として使用した。その結果、観測棟で使用されている構造ガスケットの硬さ増加率は平均で9.4%となった。構造ガスケットの硬さ増加率は、南東面よりも北西面の方が高かった。これは、南東面よりも北西面の方が日射量が多いことから紫外線の影響により劣化が進んだためであると考えられる。また、屋外側と屋内側の硬さ増加率はほぼ同程度で、外気温の変化、ブリザードによる風荷重、雪・砂の付着などは構造ガスケットの劣化にほとんど影響を与えないことが確かめられた。

観測棟の構造ガスケットは大きな亀裂などはなく、異状な形状は見られなかった。硬さ増加率も1割程度であり、日本で現在使用中の30年間使用された構造ガスケットよりも硬さ増加率がやや低かったことから、観測棟の構造ガスケットは、まだ昭和基地で継続して使用可能であると考えられる。

謝 辞

昭和基地での測定にあたって、第43次日本南極地域観測隊越冬隊の方々には、測定することを快く了承していただきました。この紙面を借りて御礼申し上げます。

文 献

- 明石好平(2006):硬さ試験, ゴム試験法, 日本ゴム協会「ゴム試験法」編集委員会, 第3版, 東京, 丸善, 194-206.
- 国立極地研究所(2003):気象, 基地要覧, 国立極地研究所, 2003年(第15版), 東京, 国立極地研究所, 3-6(内部資料).
- 日本規格協会(2005):加硫ゴム及び熱可塑性ゴムの硬さ試験法, ゴムI, 日本規格協会編集, 2005年版, 東京, 日本規格協会, 461-472(JISハンドブック28(1)).
- 大塚 徹・半貫敏夫・高橋弘樹・武智義加(2003):南極昭和基地食堂棟の構造ガスケットの耐久性能. 日本建築学会四国支部研究報告集, 3, 95-96.
- 田中亨二・清水市郎・須田祐子(2002):南極昭和基地第10居住棟の油性コーキング材及びゴム環状ガスケットの経年変化と耐久性. 南極資料, 46, 518-524.