

冬期交通確保に向けた除雪の効率化について

能登 眞澄

近畿地方整備局 滋賀国道事務所 管理第二課 (〒520-0803滋賀県大津市竜が丘4-5)

滋賀国道事務所管内の雪害対策の実態を基にして、降雪等による冬期交通の課題を抽出し、効率的な除雪を行うことを目的とした、除雪機械による除雪計画、配備計画を検討した。また、除雪機械の現在位置の把握を行うシステムの試行を行い、有効性の検討を行った。

キーワード 冬期交通確保, 雪害対策, 機械除雪

1. はじめに

滋賀国道事務所（以後、滋賀国道とする）は、滋賀県内の国道1号、8号、21号、161号の約271kmにかかる道路延長を管理している。冬期においては、北部の福井県との県境峠道では降雪量が多く、南部の三重県・京都府との県境峠道では降雪量は少ないものの路面凍結が懸念されるなど、多数の積雪による車両の立ち往生（以後、スタックとする。）やスリップ事故が発生するおそれがある。

また、今後、滋賀国道ではバイパスなどの事業により交通量の増加などが予想されることから、冬期交通の確保には確実かつ効率的な除雪が求められている。

2. 滋賀国道管内の除雪状況について

現在、滋賀国道では道路管理延長271kmを3出張所で6工区（各出張所毎に2工区）に分け、38台の除雪機械で凍結防止剤散布及び除雪作業を行っている。また、降雪が多い北部の国道8号と国道161号において、道路勾配が急な区間は消雪のための散水融雪設備を設置している(図2-1)。

一般的に路面の凍結及び積雪に対しては、凍結防止、初期除雪、圧雪除雪、拡幅除雪の流れで除雪作業を行なっている(表1-1)。

表1-1 除雪機械の用途一覧表

除雪内容	除雪機械
凍結防止	凍結防止剤散布車
初期除雪(新雪除雪)	除雪トラック、除雪グレーダ
圧雪除雪	除雪グレーダ
拡幅除雪	ロータリー除雪車

路面の凍結に対しては凍結防止剤散布車による凍結防止剤の散布を行い路面凍結の防止を行う(凍結防止)。降雪初期においては、除雪トラックおよび除雪グレーダによって、路面に降り積もった新雪の除雪を行うとともに

に、凍結防止剤の散布により凍結防止・融雪を行う(初期除雪)。降雪中期以降は降り積もった雪が通行車両のタイヤ荷重によって繰り返し圧縮された状態(圧雪)になる。圧雪は凍結防止剤や除雪トラックによる除雪が困難となるため、除雪グレーダにて圧雪を掻き取る除雪を行う(圧雪除雪)。除雪により路側へよせられた雪により発生した雪堤に対しては、ロータリー除雪車により車道幅員の拡幅を行う(拡幅除雪)。また、橋梁部、曲線部等の凍結しやすい部分に対して凍結防止重点区間を指定し重点的に凍結防止剤の散布を行っている。



図2-1 滋賀国道管内図



写真2-1 除雪状況(左:凍結防止, 右:新雪除雪)

3. 冬期交通確保における課題及び分析

(1) 降雪による交通への影響

近年、強い降雪により大規模な通行止めが発生している。近畿において降雪による大規模な通行止めの事例としては、2011年1月30日から31日にかけて、福井県の敦賀市から越前市（旧武生市）にかけての豪雪が挙げられる。この短時間の集中的な降雪により、国道8号においてスタックが発生した。このスタックにより、通行不能となり、上下線ともに約19時間程度、通行止めとなった。



写真3-1 滞留状況（国道8号南越前町大谷）

滋賀国道管内においては、国道161号福井県境付近の国境地区（以後、国境地区とする）（図2-1）で2013年2月23日に、大型車両のスタックによって約2時間の通行止めが発生した。

同じく国道161号志賀バイパス（図2-1）においても、2013年1月18日に、大型車両が1車線を塞ぐような状態でスタックし、交通に大きな影響を与えた。



写真3-2 スタック対応状況（国道161号国境地区）

(2) スタック発生原因の分析

滋賀国道管内におけるスタックは、2011年度と2012年度において、合計24件発生しており、主に国境地区と志賀バイパスで発生している。本分析においては、通行止めが発生したスタックに着目し、スタック要因の分析を行った。

スタック発生の要因として、①道路縦断勾配、②路面の積雪状況、③車種が大きく影響していると推測される。

①縦断勾配については、4%以上の箇所スタックしている（図3-1）。これは、道路構造令の解説と運用において、凍結路面では4%を超えると大型車で登坂不能車両が増加する¹⁾との記述と一致している。

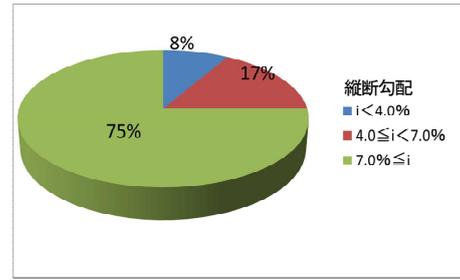


図3-1 道路縦断勾配によるスタック発生の割合

②路面の積雪状況については、スタック発生時の降雪状況に着目すると、ある程度積雪した後に、強い降雪が生じ、散水融雪設備の設計降雪強度を超えた場合にスタックが発生している（図3-2）。これは、降雪により生じた積雪が除雪もしくは消雪が不十分な状態で、強い降雪が降ったことが要因として考えられる。

③車両については、大型車両がスタックにより通行止めを引き起こしている（表3-1）。これは、大型車両が一旦スタックすると自力では動くことが出来ず、除雪・牽引車両が到着するまで脱出することが困難になるためと考えられる。

以上より、スタック対策としては、スタック発生後に対応するのではなく、スタック発生を回避するように管理することが重要となる。縦断勾配が急な箇所を速やかに除雪するとともに、短時間で集中的な降雪に対しても新雪の状態を除雪を行う。そのためには、効率的な除雪機械の配備と運用が必要となる。

表3-1 スタックによる通行止め状況（2013, 2014年）

路線・箇所	車種	年月日	路面状況	タイヤ	縦断勾配	散水施設
R161国境	トラック	H25.2.23	積雪 10cm	スタッドレス	7.6%	有り
R161国境	トラック	H25.2.23	積雪 10cm	スタッドレス	7.6%	有り
R161国境	トレーラー	H25.2.23	積雪 10cm	スタッドレス	4.2%	有り



図3-2 スタック発生時における降雪量

(2) 降雪・凍結による事故の分析

前述で説明したスタック以外に降雪による交通への影響として、スリップ事故等への影響が考えられる。一般的には橋梁部や曲線部などの道路条件で発生することが

多いとされていることから、橋梁部及び曲線部等を主に降雪による事故への影響の分析を行った。

滋賀国道管内において、過去6年間に発生した事故のうち、冬期における積雪・凍結が原因と推定される事故を下記の条件で抽出した。

- ・発生時期が冬期（11月～3月）である。
- ・路面状態が積雪もしくは凍結である。
- ・交通事故を起こした当事者の法令上の違反が、ハンドル操作・ブレーキ操作・安全速度に関する安全運転義務違反に分類される。

6年間の総事故件数11,716件のうち、上記の条件に該当する69件について、①縦断勾配、②道路構造（橋梁部）、③平面線形に着目して分析を行った。

①縦断勾配については、スタック発生の境である4%未満と4%以上で比較したところ縦断勾配による事故の違いの傾向は見られなかった。これは縦断勾配が急な区間は散水設備を設置しており、その効果により事故率の違いがないと推測される（図3-3）。

②道路構造（橋梁部）については、コンクリート橋の事故率が低く、土工部と鋼橋が同程度の事故率の傾向となっていた。コンクリート橋および鋼橋については、凍結防止重点区間として、重点的に凍結防止剤を散布しているため、事故率が土工部と同等もしくは低くなっていると推測される（図3-4）。

③平面線形が急な曲線部についても、事故率が高い傾向は見られなかった。これも橋梁部と同様に事故の危険性が高いと思われる曲線部は、凍結防止重点区間として、凍結防止剤の重点的な散布が行われており、その効果であると推測される（図3-5）。

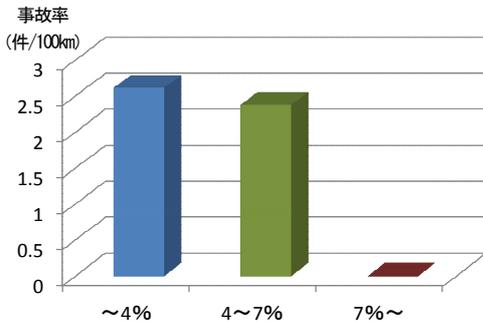


図3-3 単位距離あたりにおける縦断勾配と交通事故率

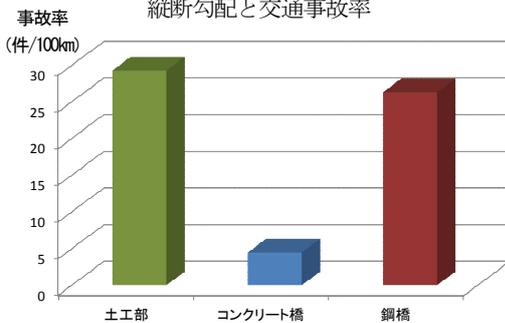


図3-4 単位距離あたりにおける道路構造(橋梁・土工)別の交通事故率

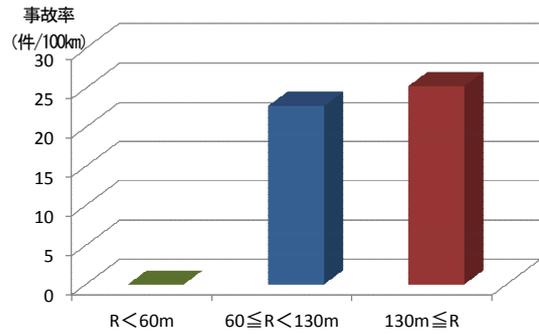


図3-5 単位距離あたりにおける平面曲線半径と交通事故率

また、散水融雪設備の切れ目についても、一般的に事故が多いと言われているが、事故は発生しているものの、データ数が少ないため事故が多いとは言い切れなかった。

以上より、一般に冬期の事故等が多いと言われている勾配部、橋梁部、曲線部等において、事故の発生が多い傾向が見られなかった。これは、散水設備の融雪効果や重点的な凍結防止剤散布の効果と推定できる。

(3) 除雪体制現状の分析

除雪作業は、滋賀国道が保有する除雪機械を除雪作業受注者に貸与し除雪作業を行っている。

除雪作業に使用する機械は①除雪トラック、②除雪グレーダ、③ロータリー除雪車等の特殊機械であり、この操作には、特殊な操作技術や豊富な経験が必要となる。



写真3-3 除雪状況(除雪グレーダ)

①除雪トラックは、除雪機械の中で最も機動性が高く、新雪除雪の主な機械として使用されている。一般のトラックをベースとした車両であり、走行は操作しやすい。しかし、車体前部に装備されたフロントプラウは、横幅が広い対向車線へのはみ出しや、民家への排雪を回避するためのプラウの角度の調整が必要となり、その調整には経験が必要である。

②除雪グレーダは、除雪トラックに比べて機動性に劣るが路面整形(圧雪除去)能力が高い機械である。土工用グレーダをベースとした建設機械であり、操作が複雑であり操作に熟練を要する(写真3-4)。また、除雪の操作は土をならすグレーダとは違い、圧雪をブレードにより掻き取るため、ブレードの圧力操作や、圧力による車両の浮き上がりを制御するなどの操作が必要であり、

特殊な操作技術を要する。

③ロータリー除雪車は、走行しながら雪堤を切り崩し、掻き込んだ雪を遠方へ投雪する機械である。土工用には無い機械のため、除雪作業の豊富な経験を要する。

除雪作業においては、前述のような特殊操作や経験が必要となるが、特殊機械を操作できるオペレータの高齢化、若手オペレータの技術力不足により、今後オペレータの減少することが懸念される。特に除雪グレーダの運転オペレータの減少が危ぶまれている(図3-6)。これらの懸念を取り除くには、除雪機械操作の自動化や、運転を行いやすい除雪機械への機種変更が考えられる。



写真34 除雪グレーダ運転席

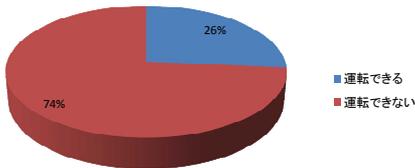


図3-8 全オペレータ内の除雪グレーダ運転可能オペレータの割合

4. 効率的な除雪の検討

(1) 効率的な除雪に向けての検討

効率的な除雪を考える上で、①除雪作業の実態把握、②スタック対策の検討、③事故の発生回避の検討が重要となる。

①除雪作業の実態としては、除雪機械位置情報把握システム(「5. (1) システム概要・試行内容」にて詳述)より、除雪機械の実走速度を把握した。また、除雪オペレータへのヒアリングを実施し、実際の除雪工程を確認、「オペレータの人数不足」や、「交差点や家屋連担区間に雪を路肩に置くことができない」等の除雪作業の課題の抽出を行った。

②スタック対策は、降雪強度が強く道路勾配が4%以上の箇所において多く発生していることから、初期除雪の重点化および豪雪時における急勾配区間の除雪運用体制(実作業体制)の見直しを検討した。

③事故の発生回避に関しては、現状でも事故回避のために凍結防止重点区間を設定した除雪運用を行っている

ため、現時点で発生箇所や要因を明確に特定することは困難である。よって、本検討では考慮せず、現在の運用を引き続き行うこととした。

(2) 除雪計画の立案

スタック発生回避及び除雪作業における課題を解決するため、除雪計画の見直し、配備計画の見直し、豪雪時のスタック対策の検討を行った。

a)除雪計画の見直し(初期除雪の重点化)

除雪作業は通常、凍結防止剤の散布、初期除雪(新雪除雪)、圧雪除雪、拡幅除雪の順で行われる。

凍結防止剤の散布は前述のとおり現在の運用で行うこととし、初期除雪・圧雪除雪に関しては、路面に積雪した場合にすぐに除雪し、極力圧雪を発生させない運用が理想である。この運用を実施するためには、車両速度の速い除雪機械による除雪を行わなければならないことから、除雪スピードの向上を図る必要がある。

初期除雪は、除雪トラック及び除雪グレーダにて行っている。これら除雪機械の実走速度は計測により、除雪トラックの機動性が高いことが判明していることから(表4-1)、現在配備されている除雪グレーダの一部を除雪トラックに機種変更し、初期除雪をスピード向上し、初期除雪の重点化を行う計画とした。

表4-1 除雪機械の平均車両速度(実走速度)

	凍結防止剤 散布車	除雪 トラック	除雪 グレーダ
平均車両速度 (km/h)	31	25	15

ただし、除雪グレーダを除雪トラックに変更した場合、除雪グレーダの台数が減るため圧雪除去への能力低下が懸念される。特に路面整正装置(トラックグレーダ)の装着されていない除雪トラックでは、圧雪除去機能そのものが無く、圧雪除去への対応ができない。



写真4-1 除雪トラック(路面整正装置)

そのため、除雪トラックに路面整正装置を装着し(写真4-1)、新雪除雪とともにこまめな圧雪除去を行う事で、圧雪路面の発生を少なくし、圧雪除雪の作業を最小限に抑える計画とした。

また、路面整正装置の操作に関しては、自動制御（オートトラックグレーダ）とすることにより、除雪グレーダに比べて容易に操作できるため、減少傾向にある熟練オペレータに対する対策としても効果が期待できる。

b) 配備計画の見直し（適切な機械の配備）

現況の除雪運用体制・機械の配備状況の確認を行い、除雪機械の配備計画の見直しの検討を行った。一例として長浜工区の配備計画の見直し内容の説明を次に行う。

現在、長浜工区（工区延長L=43.8km）は、工区を2区間に分けた除雪運用を基本としており、回送区間（除雪作業を行わずに走行するのみの区間）による作業ロスが発生し、除雪機械による除雪で10cm程度の積雪が路面に残る配備計画となっていた（図4-1 上図）。

現在の配備計画を次の4項目の内容を中心として見直しの検討を行い、5cmの残雪以内で路面管理が行える配備計画の立案を行った。（図4-1 下図）

- ① 初期除雪を重点とし、除雪トラック2台を除雪トラック2台に機種変更 → **除雪速度の向上**
- ② 作業ロスの解消のため、除雪ルートの変更 → **ルート最適化**
- ③ 圧雪除雪の対応として、除雪トラックに路面整正装置を装備 → **圧雪発生防止**
- ④ 交差点や家屋連担区間への対応として、除雪トラックにアングリングプラウを装備 → **地域条件に合った除雪作業**

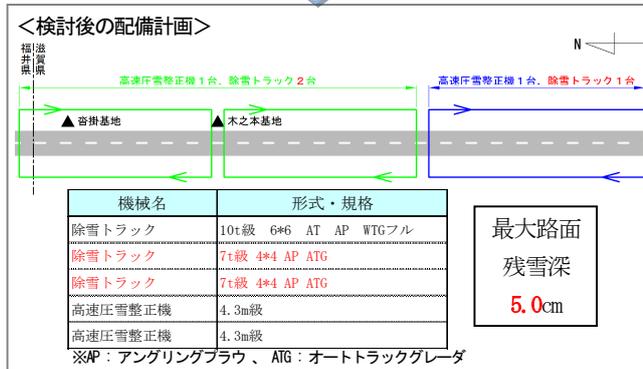
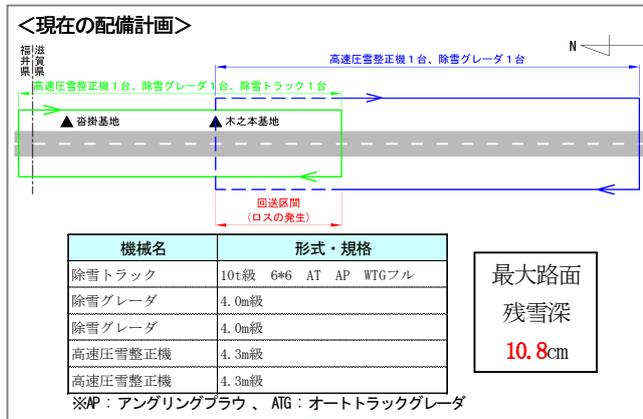


図4-1 除雪機械配備計画および除雪効果の比較（長浜工区）

(3) 豪雪時のスタック対策（集中的な除雪）

国道161号高島工区は福井県へアクセスするための主要な路線である。特に国境地区は降雪量も多く8%以上の急勾配区間がありスタック発生箇所である。これらことから豪雪時のスタック対策の検討を行った。

現在、高島工区は今津基地から北部、南部の2区間に分け除雪運用を行っている（図4-2 上図）。これは、国境基地には大型の除雪機械の転回スペースが無こと、凍結防止剤の積込み装置が高島工区では今津基地のみに有り国境基地には無いことから、国境基地が活用出来ない状態であるため、高島工区の中央付近にある今津基地を主とした配備計画としていた。

しかし、スタック対策のため急勾配区間の集中的な除雪を行う必要から、国境基地に大型除雪機械の転回スペースの確保及び、凍結防止剤の積込み装置を設置する改修を行うこととした。このことにより、除雪機械の常時配備と凍結防止剤の積込みが可能となり、豪雪時においても急勾配区間の集中的・迅速な除雪作業が可能となった（図4-2 下図）。

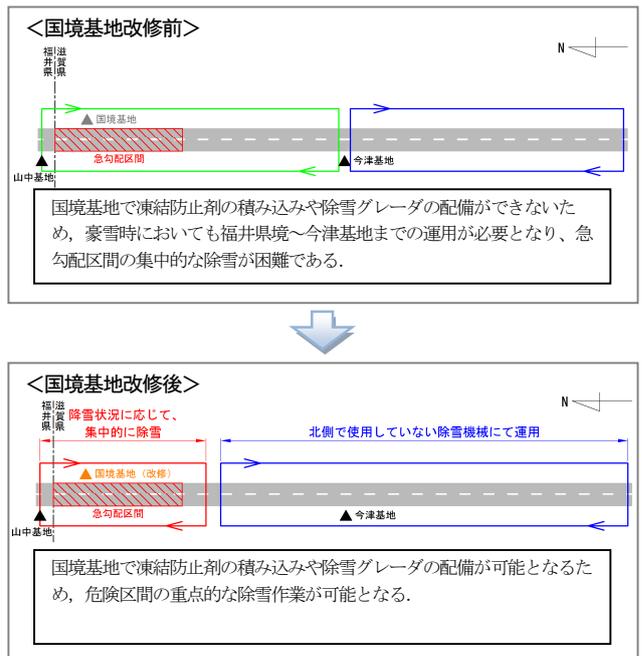


図4-2 集中的な除雪運用（高島工区）

5. 除雪機械位置情報把握システムの試行について

(1) システムの概要と試行内容

除雪機械位置情報把握システム（以後、位置把握STとする）は、GPSの位置情報により、稼働している除雪機械の位置情報及び進行方向を一般 http の地図上で閲覧できるシステムであり、位置情報が3～5分おきに自動更新される（図5-1）。また、各除雪機械の稼働履歴の確認も可能な、市販のシステムである。GPS位置情報取得のための車載端末機器はリースで、車体に簡単に

取り付けが可能である(写真 5-1)。

2013年度の冬期間において、28台の除雪機械に位置把握STを設置し、除雪作業の高度化と効率化について検討を行った。



図5-1 位置把握ST画面



写真5-1 位置把握ST車載端末機器

(2) 位置把握STに対する意見

位置把握STについて、道路管理者および除雪作業受注者にアンケート調査を実施した。アンケート結果は、次の通りである(図5-2)(図5-3)。

a)道路管理者

- ・現在位置が一覧で把握でき、除雪指示の参考になる。
- ・今までは除雪作業受注者に除雪機械の位置を電話にて確認をしていたが、その手間が無くなった。

b)除雪作業受注者

- ・今までは除雪機械オペレータへ電話し位置を確認していたが、その手間がなくなり除雪作業に専念できる。
- ・現在位置が地図上でわかるため、基地への帰着時間が予想でき、散布剤の積込み準備が事前にでき作業がスムーズになった。

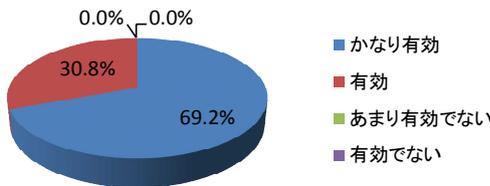


図5-2 位置把握STの有効性のアンケート結果

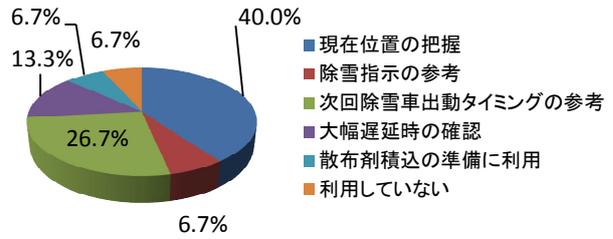


図5-3 位置把握STの活用方法のアンケート結果

(3) システム試行の考察

試行では、システムの安定性は位置情報の消失(通信切断)等の問題もなくリアルタイムで位置把握が出来た。

システムの活用と効果としては、除雪機械の現在位置や移動時間の把握により、除雪機械の位置確認の電話が省力化となり除雪作業上での効率化や安全面の向上が図れた。また、除雪の指示時の判断材料としての活用や、凍結防止剤積み込み準備が事前にでき時間の短縮を図ることができた。

今後の活用の可能性として、急な局所的な降雪に対して、各除雪機械の位置情報から、除雪機械の配備、除雪ルート等の指示が適切に行うことができ、効率的で迅速な除雪が行え冬期路面管理に有効に活用が可能と考える。

6. おわりに

滋賀国道管内における効率的な除雪を目的とした除雪計画及び配備計画の検討を行った。積雪を速やかに除雪する初期除雪の重点化、除雪グレーダから除雪トラックへの機種変更、作業ロスを解消するための除雪ルートの見直しを行い、適切な除雪計画・配備計画の検討を行った。

今後、この検討内容を実際の除雪作業で運用し、除雪効果の確認を行うとともに、この計画の運用で新たに抽出される課題について、配備計画にフィードバックを行い、さらなる効率化を検討する必要がある。

除雪機械の位置情報の活用については、今後も試行を続けて行い、効率化の検討を行うべきと考える。

また、今回除雪に関するコスト縮減についても検討を行ったが、確実なコスト縮減項目が見つからなかった。今後は管理レベルをどこに設定するのかを現地で試しつつコスト縮減の検討を行う必要があると考える。

参考文献

- 1)道路構造令の解説と運用, 社団法人日本道路協会, H16.2
- 2)2005 除雪・防雪ハンドブック(除雪編), 社団法人日本建設機械化協会, H16.12
- 3)除雪機械技術ハンドブック, 社団法人日本建設機械化協会, H19.12
- 4)岩崎工業株式会社HP <http://www.iwasaki-kogyo.co.jp/>