

鍵・錠技術の解錠

Presented by Working Group Zero

学生編集委員会 WGO では、学生が主体となって企画を立て、取材を行い、1月号と6月号の2回にわたる記事の執筆活動を行っています。今回は、誰もが必ず1つは持っている“鍵”と、それと対になる“錠”についての話をひも解いてみようと思います。学生の視点から描いた本記事をとおして、他分野の知見を少しでも増やしていただければ幸いです。

◆◆◆はじめに◆◆◆

古来より鍵は、管理の象徴として大きな存在感を示してきました。それは、財力を示すものであるとともに、管理者としての権力を示すものでもあったからです。大事なものを他人から守るために、自分にしか開けられない方法で封印するという工夫の中から鍵と錠が生まれ、今や私たちの生活になくてはならないものとなりました。鍵と錠の技術は、私たちの生活における安心と信頼を守る優れた技術のひとつです。

本記事では、鍵・錠の始まりから、現代の最先端の鍵・錠のメカニズムなどの話を紹介していきます。また、鍵師および製造者の両視点から、鍵・錠に関するインタビュー記事をまとめています。これらの技術紹介をとおして、読者の皆様の精密工学研究分野における新たな創造力の糧にいただければと思います。

錠前の基本用語

私達は日常生活の中で戸締りをするを「カギをかける」と表現しますが、実は、この表現は正しくありません。本来、扉などに取り付けられていて戸締りをする機器は『錠』と呼び、その錠を操作して扉を開閉する道具のことを『鍵』と呼びます。また、『錠前』というのは錠と鍵のセットのことを指します。したがって、冒頭の戸締りについては「錠をかける」という表現が正確です。また、これを『施錠』といいます。開ける場合は2通りの呼び方があり、合鍵によって錠を開けることを『解錠』、ピッキング等の本来とは異なる方法によって開けることを『開錠』と使い分けます。また、無理に錠を破壊して開けることを『破錠』と呼びます。

錠は「締まり機構」と「鎖錠機構」から構成されています¹⁾。締まり機構とは、扉などの開閉を阻止する役割のことで、門にかける門（かんぬき）が例として挙げられます（門という文字は、門に横棒を挿して戸締りをしている状態を表しています）。一方、鎖錠機構とは、錠を操作できる資格を持つ者かどうかを鍵によって判別する役割のこと

で、鍵穴の形状もその1つです。合鍵でのみ錠を動かすことができ、その他の鍵（鍵違い）では動かないようにするために、錠には多くの工夫がなされています。

錠前の歴史

錠前の歴史は非常に長く、諸説あるものの、古くは紀元前にまでさかのぼるといわれています。錠は鍵によって“外側から開閉することができる”ことで、はじめて錠としての機能を果たします。したがって、門に棒を挿しただけの門は内部からの操作しかできないため、錠とはいえません。この門を外側から操作するために、ひもを使って門を引っ張って戸締りをする方法が考案され、さらに、特殊なL字状の鎌のような器具を用いて錠を開けることを可能にしました。図1に示す『ホメロスの錠前』と呼ばれるものです。

さらに、現代のピンシリンダー錠の原型ともいえる『古代エジプト錠』も紀元前の時代に開発されています（図2参照）。これは門に穴が開いており、錠に設置された上下に可動なピンが落ち込む設計になっています。この門の内部にパスタをすくう道具のような鍵を挿入し、ピンを押し上げることで門が自由に動くようになる機構です。木製でありながら精巧に作られており、このような高い技術が当時存在したということに驚かされます。

金属製の錠前は、冶金技術の発達とともに各地で誕生し

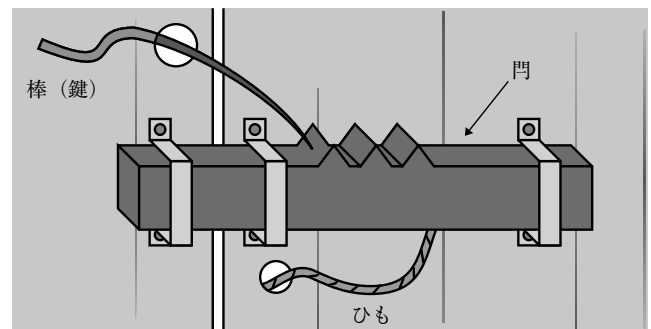


図1 ホメロスの錠前

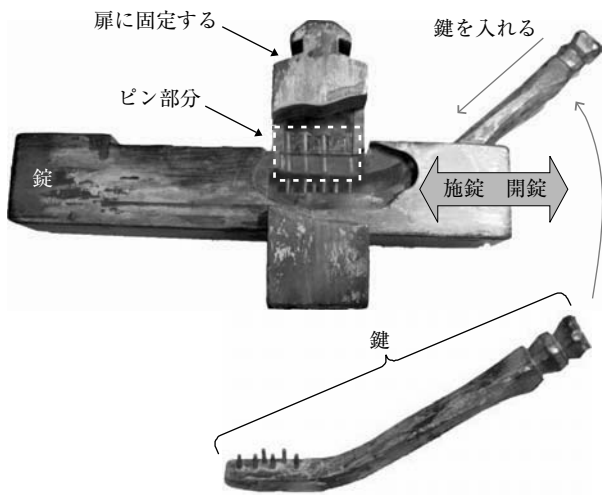


図3 海老錠



図3 海老錠

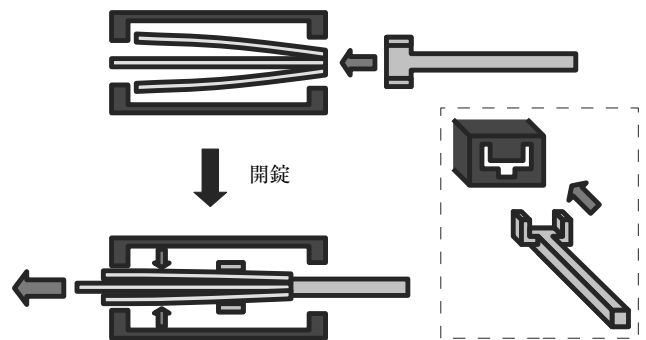


図4 海老錠の仕組み

(上：施錠時の門の内部構造と鍵，下：鍵挿入時の門)

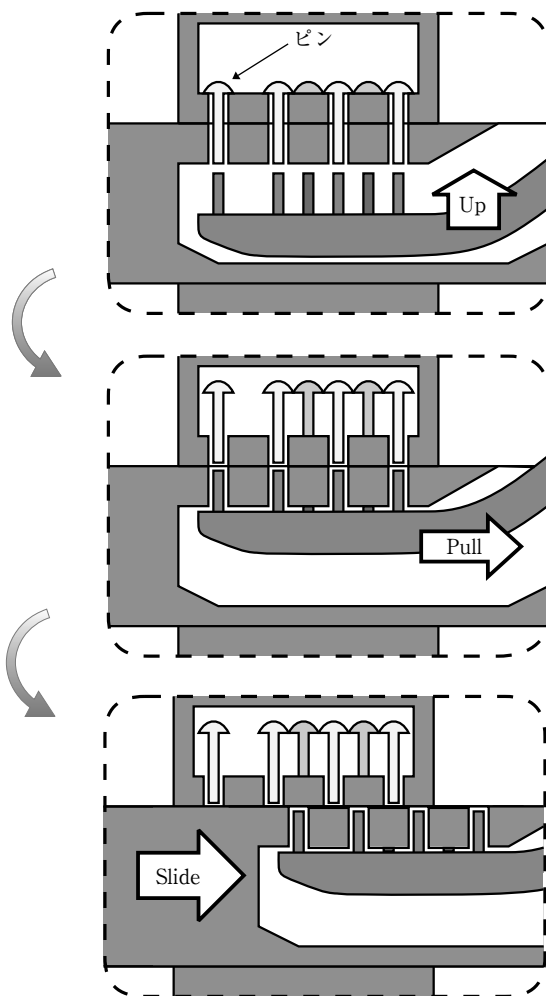


図2 古代エジプト錠

ました。中国では『海老錠』と呼ばれる南京錠が紀元前に作られていました(図3参照)。日本でも似たような形状の錠前として『和錠』が知られていますが、おそらく中国から持ち込まれた技術であると思われます。海老錠は錠内部で板ばねが広がっていて、門をスライドさせることができないように引っかかることで施錠しています。ここに鍵を差し込むことによって錠の内部で広がっているばねを挟

み、門を抜き取れる状態にします(図4参照)。このタイプの錠前は鍵穴の形状や内部に設置された障害物によって合鍵かどうかを判別する鎖錠機構をもっており、その複雑さを増すことによって鍵違いを増やしてきました。さらに、からくり箱のようにいくつかの手順を踏まないと鍵穴が表に出てこないものや、鍵を挿入するのに知恵の輪のような工夫が必要なものなど、鍵の所有者でなければ知りえない開錠方法を仕込んだ防犯性の高い錠前もありました。また、装飾の施された美術品のような錠前が多いことも特徴の1つです。

一方、ヨーロッパでは『ワード錠』と呼ばれる、鍵を錠に差し込んでから回して操作する錠前が誕生しました。ワード錠も海老錠と同様に、鍵穴や内部の障害物による鎖錠機構であり、鍵違い数は数百通りがせいぜいでした。

現代の主流となっているシリンダー錠が誕生したのは19世紀に入ってからです。アメリカでピンタンブラー方式のシリンダー錠が開発されて以降、鍵違い数は飛躍的に増加し、工業製品として世界中に普及するようになりました。現在ではピンシリンダー錠以外に、ディスクシリンダー錠など様々なタンブラー方式のシリンダー錠が開発され、鍵違い数は多いもので約1000億通りにも及びます。

シリンダー錠の仕組み

今日、世界各地で使用されているシリンダー錠について、その基本ともいえるピンタンブラー方式を例として解説したいと思います(図5参照)。

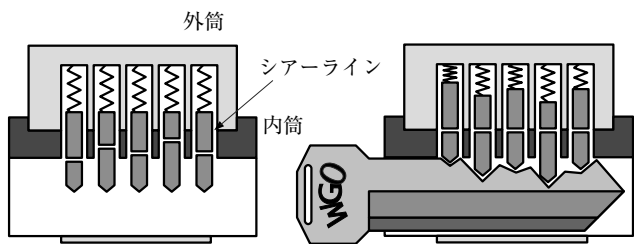


図5 ピンシリンダー錠の仕組み
(左:施錠時のピンの状態, 右:合鍵挿入時のピンの状態)

シリンダー錠は外筒と内筒に分かれていて、タンブラーと呼ばれる障害物とその境界（シアーライン）に存在することで内筒の回転を阻害しています。合鍵を入れるとタンブラーが鍵山の形状に応じて移動し、シアーラインに整列します。これによって内筒が回転できるようになり、開錠することができます。このタンブラーの形状の種類とシリンダーに組み込まれる個数、配置の仕方によって鍵違いを生み出すことができます。計算上求めることができる鍵違い数を『理論鍵違い数』といい、その中からあまりに単純なもの（全て同形状のタンブラーなど）や極端に鍵山が違いすぎてしまうものなど実用に耐えない組合せを除いたものを『実用鍵違い数』といいます。

ピンシリンダー錠は、タンブラーがピンになっている方式のもので、ピンが途中で分断されています。合鍵を差し込むと全てのピンの切断面がシアーラインに整列し、内筒の回転を可能にします。ピンシリンダー錠の鍵違いはピンの本数とピンの切断面の高さを変えることで生み出すことができます。例えば、切断面の高さを変化させたピンが4種類あるとします。このピンを列に5本並べたシリンダーを考えると、その組合せは4の5乗（=1024）通りになります。この組合せ数が理論鍵違い数となります。ピンの分断面の段階をより細かくすれば、より多くの鍵違いを得ることができますが、要求される加工精度が非常に高いものになってしまいます。そのうえ、鍵山の摩耗などで段差が潰れてしまった場合、合鍵で開錠することができなくなり、逆に別の鍵が合ってしまう危険性もあります。また、ピンを増やして鍵違いを得る場合、一列に並べて本数を増やすとシリンダーが長くなってしまいます。それに伴って、鍵も長いものになり、曲げに弱くなってしまいます。そこで、ピンの配置を円周上に増やすことで複雑なシリンダーを実現しています。ただし、シリンダーと鍵の加工が非常に技術を要するものとなります。現在生産されているピンシリンダー錠は鍵違い数が多いものでは100億通りを超すものもあります。

ちなみに、『マスターキー・システム』というのは錠側に仕組みが隠されています。ピンシリンダー錠の場合、ピンが3つに分断されており、一対一で対応する合鍵で整列するパターンとマスターキーで整列するパターンの2通りのピン整列が存在します。そのため、2種類の鍵で開錠できるようになっているのです。一般的にシリンダー方式にマスターキー・システムを組み込んだ場合、鍵違い数は大

きく減少してしまいます。

また、マンションの玄関等に用いられる『逆マスター・システム』も錠に仕組みが隠されています。その建物に使用されている鍵のすべてに、ある共通の鍵山が存在し、その共通部分のみでタンブラーを作動させる構造ですので、こちらも鍵違い数は減少します。

博物館でのインタビュー

鍵屋の視点から、金庫解錠の専門家である杉山泰史氏（有限会社 杉山金庫店主、金庫と鍵の博物館館長）に話をお伺いしました。

Q 解錠の仕事をするには何か特別な資格が必要なのですか？

A 日本では登録も必要ないです（アメリカは要資格）。アメリカでは、犯罪者と区別するためジャケットを着用して仕事をします。日本でも将来、登録制になるかもしれません。

Q 今までで困った解錠の依頼、一番大きな解錠の依頼は何ですか？

A 人間関係のもつれなどで、他人の家の錠を開けてほしいという依頼があり、技術的に開けられないと言って断ったことがあります。技術的に大変な仕事と報酬の大きさは必ずしも比例関係にはありません。他の同業者が手に負えなくなった仕事のうちに来たり、警察からの依頼もあります。

Q 鍵・錠の寿命はどの程度なのでしょう？

A 使用環境〔使用者、湿度や粉塵など（日本では雨風が当たる）〕によります。エンジンや機械のように、逆に全く使っていないと駄目になってしまいます。永久にということはないでしょうが、10年や20年で駄目になるというものでもありません。鍵と錠前とのお互いの相性などもあります。

Q 鍵・錠の技術が進んでいる国・地域はどこでしょうか？

A 民族性の違いがとても反映されます。犯罪多発地域、危険地域はセキュリティ技術が発達しています（ex. プラスチック爆弾でも破壊されない金庫など）。ただし、錠・鍵に関してはTPOに合わせたものが必要になるので、その環境に合わせた鍵・錠作りができなくてはいけません。イスラエルやスイスの鍵は日本のものより複雑ですが、それは日本が外国に比べて劣っているという意味では決してありません。

Q 「合鍵が作れない」という売り文句の複雑な鍵などが開発されていますが、町の鍵屋さんのなどの設備で本当に複製は不可能なのでしょう？職人さんの

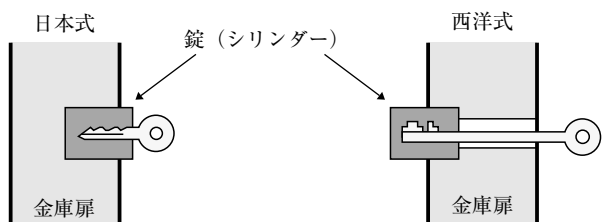


図6 金庫扉における錠の位置の比較

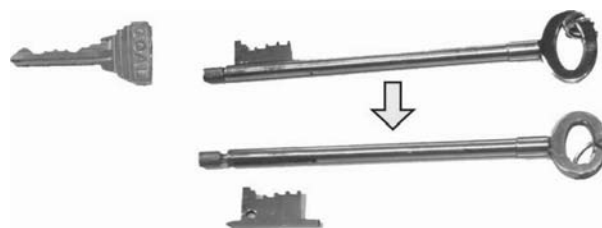


図7 日本式金庫と西洋式金庫の鍵

技術力次第では可能なのですか？

A. メーカーとして合鍵を作らせたくない鍵というものがああります。合鍵が作られすぎのを防ぐことが目的ですが、わざわざメーカーに作ってもらわなければならないため、ユーザーとしては非常に手間です。鍵屋の立場から見て良い錠前とメーカーのそれには違いがあるのでしょう。

Q. 解錠の技術は常に犯罪と隣り合わせであると思われるのですが、倫理的な観点からどのような考えをお持ちですか？

A. 大事なものを守るためにかける錠であるから、鍵屋も信用のあるところを選ばなければならないでしょう。

Q. 鍵・錠前の将来はどのようになると考えていますか？

A. 必要に応じて、どんどん複雑に進化していくと思います。

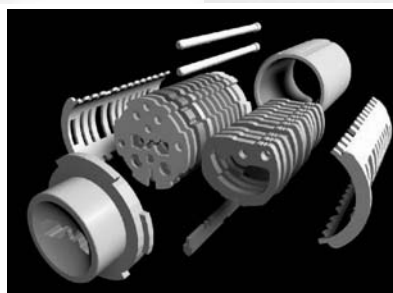
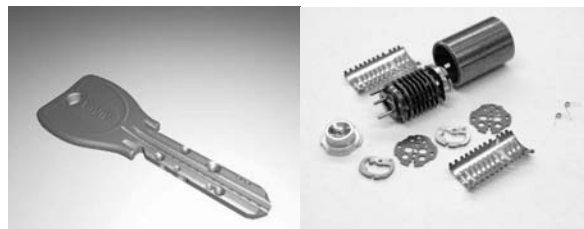


図8 ロータリーディスクシリンダー錠 (上：鍵および製品分解時、下：内部構造モデル図)

西洋の金庫の鍵を示しています。西洋の金庫は、金庫内部まで鍵山が届くように日本のものに比べて非常に長くなっています。しかし、これでは持ち運びに不便なため鍵が分離できるようになっているのです。棒の部分は金庫の近くに置いておき、鍵山部分だけを取り外して持ち運びできるようになっています。ちょっとした工夫で大きな利便性を…、これこそ工学の原点ではないでしょうか？

最近の鍵・錠の仕組み

現在、最新のシリンダー錠として注目を集めている錠前として、ロータリーディスクシリンダーと呼ばれる方式があります(図8参照)。前述のピンシリンダー錠と比較すると、鍵違い数、生産性などの点でより優れた性質をもっています。

ロータリーディスクシリンダーの特徴として、タンブラー部分が積層構造であることが挙げられます。これまでの錠前の生産では、プレスや穴加工などの成形加工による均一な部品の製造だけでなく、ピンや軸部において高精度の切削加工が必要でした。しかしながら、ロータリーディスクシリンダーの場合、形状の異なるディスク状のタンブラーをそれぞれプレス加工によって生産し、組合せを変えて重ねていくだけの構造なので、加工時間を短縮することができます。かつ安定した部品供給ができます。これによって量産効率を大きく向上することができました。また、タンブラー同士の高硬度部品を挟むことによって、耐破壊性を

Topic

処かわれば金庫も変わる？

～西洋の金庫と日本の金庫の相違～

金庫は、「錠の付いた鉄の箱」というシンプルな製品です。この単純な構造の中にも地域の環境や立地条件に合わせた構造が隠されているのでしょうか？ここでは、日本の一般的な金庫と西洋の金庫における錠の位置や各地域の風土との関係を紹介しします。

まず、錠の取り付け位置は、日本製では金庫の扉前面、西洋のものでは金庫の扉背面に設けられています(図6参照)。扉背面に錠が設けられた西洋の金庫は、錠自体を厚い鉄の壁の中に隠し、破錠(鍵の破壊)されることを防止しています。これは防犯意識の高い地域ならではの対策といえます。これに対して比較的防犯意識の低い日本では破錠までは考慮せず、むしろ金庫の容量を大きくすることを重視しており、錠を金庫外部に出すことで外形形状に対する内部容量を大きくしています。これは、狭い土地、限られた材料を有効に使おうとする意識の表れといえるでしょう。このように、金庫には各地域に応じた特色が現れています。処かわれば金庫も変わるようです。

つぎに、西洋の金庫の鍵には面白い工夫がされているものがあるので併せて紹介しします。図7の左に日本、右に

高くすることができます。さらに、ディスクシリンダー錠はピンシリンダー錠に比べて、タンブラーの数を増やしやすいので、鍵違い数を膨大にすることが可能です。そのうえ、マスターキーなどのシステムを組み込んでも鍵違い数が比較的減少しにくいという特性をもっているため、今日の機械式の錠前として十分な実用性を備えているといえます。

美和ロックでのインタビュー

製造者の視点から、錠前の大手製造会社である美和ロック株式会社の川原 晃氏と岩田圭司氏に話をお伺いしました。

Q. メーカーでは、どのような目標の下で錠前の開発を行っているのですか？

A. 人の生命や財産を守る器具であるため、防犯性と耐久性などに基準を設け、その基準をクリアするために品質を保持しつつ、ニーズにあった製品をいち早く提供していくことです。

Q. 錠の製作や開発における面白話や苦労話などを聞かせて下さい。

A. シリンダーの開発は、要素研究から製品化まで約2年間の開発期間を要します。この開発期間では課題が多く、課題を解決しながら製品化を達成することは非常に多くの苦労があります。しかし、この苦労を乗り越え製品化するため、最終的に大きな達成感を感じられて、開発担当で良かったといつも感じています。

Q. メーカーの想定する錠前の耐用年数はどの程度ですか？

A. 耐用年数は取り決めていません。取り付け場所・使用用途により、使用頻度・環境がばらつくためです。お客様に対しては、目安の使用頻度をご説明して、メンテナンス対応をして頂くようお願いしています。

Q. 錠前の価格の違いには（加工費、材料費、開発費など）、いったい何が一番影響しているのでしょうか？

A. メカニクな錠前においては販売数量、製品仕様、構成部品点数で異なりますが、最近は電子部品を組み込んだものが多くなってきており、専用の電子部品の場合には開発費がかなりの比重を占めてきます。

Q. 錠前の材料や加工方法は基本的にどの錠前でも同じなのでしょうか？

A. 製品毎に、価格や性能（防犯性能や耐久性など）を考慮し、最適な材料や加工方法を選択します。錠



図9 ピンシリンダー錠とピッキングツール



図10 CPマーク

に求められるものは、第1に防犯性、第2に機能性、第3に意匠性です。材料や加工方法は、時代により少しずつ改良されてきました。意匠性については、新素材の登場や金属のメッキ方法や塗装の仕方によって、上記に比べて比較的变化（技術革新）が速いのではないかと思います。建物や船舶に使う錠、机やロッカー、自動販売機等に使う錠は目的によって違いがあります。

Q. 錠前のメーカーから見て、街の鍵屋の存在をどのように考えているのでしょうか？

A. 日本の鍵屋さんのうち約1000店が美和ロックサービス代行店（SD）として認定されており、それぞれの地区で防犯のために活動しています。常にエンドユーザーのニーズや苦情などが美和ロックに寄せられており、その声は弊社の製品の開発・改良に活かされています。

Q. 鍵・錠前の将来はどのようになると考えていますか？

A. 一般家庭にも電気式の錠前が普及するようにしていきたいです。ただし、停電時に動作不能などの欠点があるため、機械式の錠前は併用せざるを得ません。

Topic

ピッキングとの戦い

かつては鍵屋さん間でマスター制度的に継承されてきたピッキング技術、海外でも各メーカーと社会はそれを許してきたという時代的背景がありました。しかしなが

ら、そのノウハウが「鍵の学校」の名のもとお金で取り引きされ、鍵屋さんしか持ち得なかったピッキングツールがインターネットで販売されたことで、ピッキングによる犯罪が急増したという背景があります。図9に錠と合わせてピッキングツールの一例を示します。図中の錠は机などの引き出しに用いられているもので、この程度の鍵ならば図に示すツールのみで比較的容易に解錠できてしまいます(現在では鍵屋さんなど特定の人を除き、ピッキングツールを所持しているだけで違法となります)。

現在、多発するピッキング被害に対して日本の鍵メーカーでは警視庁等と協力して情報収集を行い、一定時間内に開錠できない錠を製造することで対策を講じています。ピッキングを行う犯罪者の多くは通行人の目撃などによる発見を恐れ、5分を超える作業を避ける傾向にあるようです。したがって、鍵メーカーは開錠に5分以上かかる鍵の開発に取り組んでいます。開発においてはピッキングに対する防犯性だけでなく、利便性・耐久性といったユーザーに対する気遣いも欠かすことはできません。そのため、錠の開発には2年という月日が費やされます。このようにして開発された錠は警察の協力のもと、様々な破錠・開錠方法で複数回試験が行われます。その結果、破錠・開錠に一定以上の時間を要すると判断された錠には「CPマーク」と呼ばれる言わば国家のお墨付きを与えられます(図10参照)。読者の皆様も錠の取り替えなどの際には、この「CPマーク」の有無に注意を払ってみてはいかがでしょうか？

◆◆◆おわりに◆◆◆

学生編集委員がお送りした「鍵・錠技術の解錠」、いか

がでしたか。小さな錠前の中には精密で複雑な技術が盛り込まれていて、なおかつ過酷な環境での使用に耐えうる強さをもっています。さながら私たちの生活を守る小さな巨人といったところでしょうか。

錠前の発達には、破壊や窃盗などの犯罪によって人々の生活が危険に脅かされてきたという背景があります。外的な脅威から身体や財産を守るためには、信頼のおける錠前を開発し続ける必要があります。一方で、そのような脅威がなければ錠前など必要ない、という考え方もできます。そういった意味において、私たちには錠前を進化させない努力も必要なのかもしれません。

さて、今回の学生編集委員会 WG0 の記事は2007年6月号に掲載の「印刷技術のおはなし」です。原稿や学会誌とは切っても切れない関係にある印刷について、その一連の工程と印刷機械の技術について迫ります。

◆謝 辞◆

最後になりましたが、お忙しいところ快く取材にご協力いただきました、杉山金庫 杉山泰史氏ならびに美和ロック株式会社 川原 晃氏、岩田圭司氏に深く御礼申し上げます。

添付のCD-ROMに「錠前の歴史」で紹介した、ユニークな海老錠、リモートコントロールによる施開錠と扉の開閉を可能にしたスマートキー・システムを収めたムービーが収録されています。

参 考 文 献

- 1) 美和ロック株式会社、赤松征夫：錠と鍵の世界—その文化史とプラクティカル・テキスト—、彰国社、(1995) 17-18.

会誌編集委員 WG0 メンバー (平成18年度)

秋元俊成 (東洋大 D2), 長谷亜蘭 (千葉大 D1), 榎田諭 (横国大 M2), 丸山裕 (埼玉大 M2), 小島彰 (農工大 M1), 道畑正岐 (大阪大 M1), 飯田文明 (東京大 B4)