

都市の安全と安心を科学する技術広報誌

2015
Vol. 6

G&U

Ground and Underground

G&U Vol.6 Ground and Underground

Prologue

暮らしと社会を 支えてきた鋳物

Close UP

安全への知恵と工夫

浸水被害の軽減に貢献する鋳物

G&U技術研究センター

G&U Ground and Underground
2015. Vol.6

発行 2015年7月
発行人 松井 正樹
発行所 株式会社G&U技術研究センター
〒350-0164
埼玉県比企郡川島町大字吹塚 732-157
TEL : 049-299-1028 FAX : 049-299-1026
URL : <http://www.gucenter.co.jp/>

G&U技術研究センター

CONTENTS

Prologue

3 暮らしと社会を支えてきた鋳物



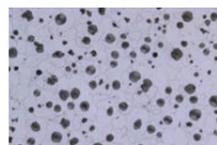
5 太古から現代に至る進化の歩み

Part1 鋳物の発見から近代まで

Part2 現代を生きる鋳物たち



9 鋳物を代表する鋳鉄の特性と進化



11 INTERVIEW

オーソリティーに聞く鋳物の展望

早稲田大学名誉教授

中江 秀雄氏



Column

33 鋳物の仕事師

小田部鋳造株式会社 御鋳物師
小田部 庄右衛門氏



37 Storytellers ～マンホールふたの語り部たち～ 路上の“目立たない造形美”を追って

イラストレーター・エッセイスト・路上観察学会会員

林 丈二氏



Close Up

15 安全への知恵と工夫

浸水被害の軽減に貢献する鋳物

17 豪雨の実態と影響

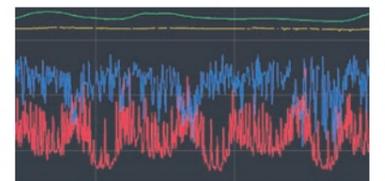
19 Part1 落ち葉詰まりに着目した 雨水ますふたの排水性能評価と 活用事例

CASE1: 排水性能を可視化する

● 株式会社G&U 技術研究センター

CASE2: 雨水ますふたによる浸水対策

● 横浜市環境創造局 下水道計画調整部 下水道事業調整課



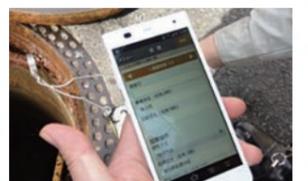
23 Part2 ICTを活用した浸水対策

● 株式会社明電舎

26 Trend watching

■ 豪雨時におけるマンホールふたの安全対策技術

■ IC タグを活用した管路管理の効率化技術



27 特別寄稿

ストックを活用したきめ細かな都市浸水対策のための研究

国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部流域管理官付 流域下水道計画調整官

小川 文章氏

41 G&Uインフォメーション





暮らしと社会を 支えてきた鋳物

写真でご覧いただいている橋は、イギリスの中西部、シュロップシャー州のセヴァーン川にかかるアイアンブリッジ。全長50m、高さ20m、1779年に完成した世界最初の鋳鉄製の橋です。

川の右岸にはイギリス最初の溶鉱炉、鋳物工場、圧延工場、機械工場などの跡が点在しており、このアイアンブリッジのかかっている地区が、1709年に始まった産業革命の発祥の地だったことを示しています。

産業革命は、イギリスの繁栄のみならず、多くの国の人間生活の近代化に大きく貢献しました。そしてそれは、鋳物の進化にも強い影響を与えたのです。高炉の燃料としてコークス、送風動力として蒸気エンジンを使うなど、鋳物の世界に当時の先端技術を積極的に導入する端緒をつくり、これを起点に、鋳物は、土木建築や産業機械の素材として広く利用されるようになっていきました。アイアンブリッジは、産業革命の象徴であるとともに、鋳物の進化の象徴でもあるのです。

それから約1世紀遅れて、19世紀末にはわが国にもこの波が押し寄せ、日本の鋳物づくりも近代科学工業として大きく変貌していきました。現在は、その変貌をさらに進化させ、鋳物工業という一大工業に発展しています。

●

鋳物は産業の担い手であり、人の暮らしのさまざまな場面に浸透しているにも関わらず、それが果たしている役割について、あまり詳しく知られていないようです。本号では、鋳物の歴史から、幅広い活用用途、さらには浸水対策への応用にいたる現代の最新技術まで、広い範囲から探っていきます。

太古から現代に至る進化の歩み

溶けた金属を鑄型に流し込んで成形する鑄物技術を人類が発見したのは紀元前3600年のこと。そのような最古の技術が、5600年の時を経た現在でも機械工業の基盤として幅広い用途を持つとともに、美術品や日用品などの形で、人の暮らしとも深く関わり続けていることは注目に値します。鑄物技術は、誕生から現在まで絶え間なく進化してきました。本章では、その歩みをダイジェストにしてたどっていきます。

Part I 鑄物の発見から近代まで

偶然に導かれた人類と鑄物との出会い



鑄物の技術は、紀元前3600年頃、メソポタミア地方で始まりました。この地に住んでいた古代人が、炊事などに使う炉の中で薪を燃やしていたとき、近くに置かれていた銅鉱石が木材の燃焼によって精錬され、溶銅が流れ出したという偶然の発見がきっかけだったといわれています。

人類が金属を発見したのは紀元前5000年頃のことです。はじめは山で採取した自然の金や銅、隕鉄^(※)などを叩いたり延ばしたりして形をつくり、模様を彫刻して装飾品や生活道具、武器などをつくっていましたが、この発見によって、金属を溶かして型に流し込み、いろいろな器物をつくるという鑄物技術を知ること

になったのです。当初の材料は、融点の低い銅と錫の合金である青銅でした。

鑄物技術は、中央アジアの西南部から、のちにシルクロードと呼ばれる経路を通して東アジアに広がりました。中国大陸から朝鮮半島を経て日本に伝わってきたのは、弥生時代中期(紀元前100年～紀元100年頃)のことです。

※ 隕鉄＝隕石のうち主成分が鉄(90%)とニッケルの合金

わが国での鑄造の始まり

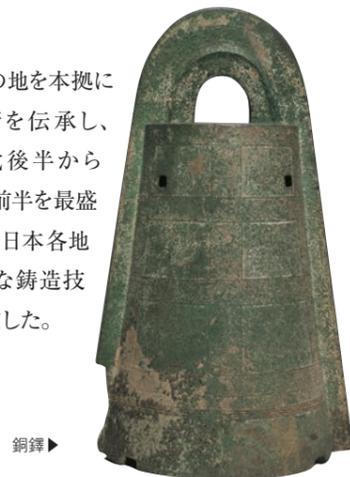
わが国の鑄物づくりは、中国や朝鮮から渡来した銅利器的の模倣から始まりました。初めは形状の単純な銅剣や銅戈といった刀剣類や、銅鈎(腕輪)などの装飾品がつけられていましたが、紀元1世紀になると、銅鐸や鏡など、表面に複雑な模様を鑄出した鑄物がつくられるようになりました。

銅鐸のルーツは、朝鮮の騎馬民族が戦闘の折、音で敵を威圧するために使った

馬鐸^{ばたく}という鈴だといわれています。銅鐸は出土品も多く、出土地も広範囲に及んでいます。

この頃の鑄物の製造は、九州から中国地方、近畿地方にわたって各地で行われていましたが、いずれも小規模で長続きしなかったようです。その中でただひとつ、後世にまで名を残したのが、河内国丹南(現在の大阪府南河内郡)という地域です。河内鑄物師と呼ばれる鑄造の技術者

たちがこの地を本拠に鑄物技術を伝承し、平安時代後半から室町時代前半を最盛期として、日本各地に先進的な鑄造技術を広めました。



銅鐸▶

仏教の伝来による鑄物文化の栄え

6世紀の中頃になると仏教が伝来し、寺づくりや仏像づくりが盛んになりました。現存する最古の鑄造仏は、安居院にある飛鳥大仏(606年)です。法隆寺の釈迦三尊像、夢違観音、鶴林寺の聖観音、薬師寺の薬師三尊像、東大寺大仏前の八角燈籠火袋の音声菩薩など、主として蠟型でつくられた鑄造の像が白鳳から天平にかけて数多くつくられました。

仏教の布教の場である寺院には、梵鐘や燈籠、その他いろいろな仏具類が備えられます。

梵鐘が中国からわが国に伝えられたの

は7世紀頃で、最も古いのは京都の妙心寺鐘(698年)とされています。

奈良東大寺鐘(752年)、京都方広寺鐘(1614年)、京都知恩院鐘(1636年)の3鐘は重量約26トン～83トンという大きさで、日本の3大梵鐘と呼ばれています。



▲ 飛鳥大仏

▲ 東大寺大仏殿前の八角燈籠

▲ 薬師寺東塔の相輪

また、仏具類も、舍利容器、舍利塔、経筒、法具、荘厳具などに鑄造技術から見て注目すべきものも多くあり、薬師寺東塔の美しい水煙を持つ相輪などもこの時代の鑄物の代表例でしょう。

鑄物量産化のきっかけとなった貨幣の鑄造

中国での鑄造貨幣の歴史は古く、紀元前11世紀～前8世紀の周の時代の蟻鼻銭や魚幣が始まりだといわれていますが、わが国で鑄造貨幣が登場したのは奈良時代のことです。和同開珎が708年に発行されました。

その後、平安時代に至る250年くらいの間は、皇朝十二銭と呼ばれる12種類の銅銭が発行されましたが、958年に発行された乾元大宝を最後に、600年ほどの間、中国の宋銭、明銭、永樂銭などを通貨

として使っていました。

時を経て、豊臣秀吉が天下を統一すると、天正通宝(1587年)、文禄通宝(1592年)が発行され、さらに、江戸時代にかけて慶長通宝(1606年)、寛永通宝(1636年)、天保通宝(1835年)などの銅銭が数多く鑄造されました。中でも天保通宝は、明治に入っても、しばらくの間、通貨として流通していました。鑄造貨幣は、鑄物が量産される大きなきっかけをつくっていったのです。



▲ 寛永通宝

▲ 天保通宝

▲ 和同開珎

鑄鉄鑄物を中心とした近代化の推進

1543年(天文12年)にポルトガル船が鉄砲を伝えたことをきっかけに、17世紀に入ると青銅製の鉄砲の砲身が鑄物でつくられるようになりました。さらに、1844年～54年頃の江戸末期になると、国防の必要から青銅製よりも頑丈な鑄鉄製の鉄砲がつくられるようになり、その溶解炉として登場したのが反射炉です。

反射炉は、それ以前のこしき炉に比べ大量の溶鉄を一度につくることができる、また、炭素を低減して強い鑄鉄ができるといった利点があり、各地に建設されてきました。

その後、徳川幕府は、浦賀と長崎に造船関係の工場を建設し、水戸藩に委託

して、1853年(嘉永6年)に石川島造船所を開設しました。長崎では、1861年(文久元年)に長崎製鉄所が稼働を開始し、この中の溶鉄場に日本で初めて12基のキューボラが設置されました。鑄鉄の溶解炉であるキューボラは、製鉄に使う高炉を小型化したような構造で、わが国の鑄物技術近代化の推進力となりました。

こうした近代化の背景には、その約1世紀前にイギリスから始まった産業革命が大きく影響しています。その象徴として、冒頭に紹介したアイアンブリッジがあり、産業革命以降、鑄鉄鑄物が土木建築や産業機械の素材として用途を広げていき、鑄物の中枢を担うようになっていったのです。

日本でも、1884年(明治17年)頃、生野鉱山(兵庫県)の鉱石運搬道路に架けられた神子畑と羽淵の鑄鉄橋が現在も残っています。



▲ 神子畑の鑄鉄橋



▲ 大砲(山口県の萩にあった郡司鑄造所の遺構)

1854年に建造された▶ 葦山の反射炉(静岡県)



▲自動車エンジン

どのような形にも加工可能な自在なる鋳物

鋳物技術の誕生から現代まで、5600年以上もの長い歴史の中で、鋳物はいつの時代も重要な役割を果たし、文明や産業の進化を支えてきました。

鋳物がさまざまな形で用途を広げ、数限りなく多くの鋳物製品が生み出されてきた理由は、鋳造という加工法が多くの優れた特性を備えているからです。

まず、第1にあげられるのは、形状を

自由にデザインできる優れた造形性です。鋳造では粘度の低い液体金属が成形の母体であるため、鋳型の形状に制約を受けることがほとんどなく、機械部品というような複雑で独特な形状のものづくりにも応じることができます。また、複数部品を一体成形でき、単品生産から大量生産まで可能であることも、鋳造の大きな利点です。

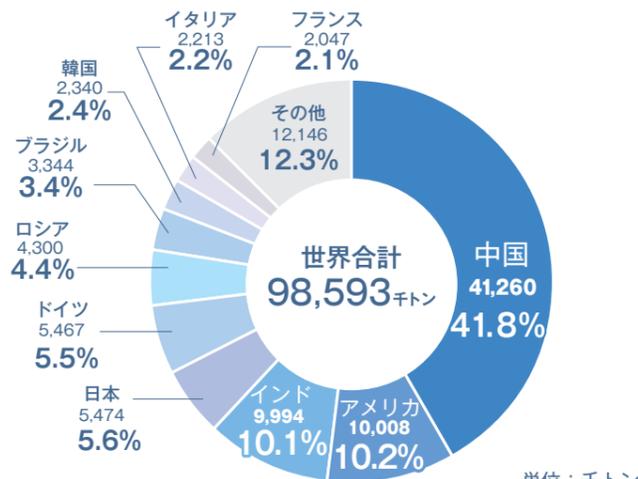
第2は、複数の素材を混合する、すなわち合金にして優れた性質を持つ新たな素材をつくり出せるという利点です。優れた性質とは、強度、耐摩耗性、被削性、耐熱性、振動吸収性などのこと。また、鋳物製品は、鉄やアルミなどのスクラップを主原材料としているため、都市資源のリサイクルを担うという環境面への貢献も大きく果たしています。

規模に見る世界と日本の鋳物産業

次に、現代の鋳物産業の状況に目を移してみよう。

現在、鋳物の用途で最も多いのは工業への応用です。中でも、その過半が自動車向けで、エンジン部品、駆動部品、足回り部品などの重要部品に鋳物が使われています。また、工作機械、建設機械などの産業機械、船舶部品、電気・電子機器などの重要部品としても多く採用されており、まさにわが国のものづくりの基盤を担っています。

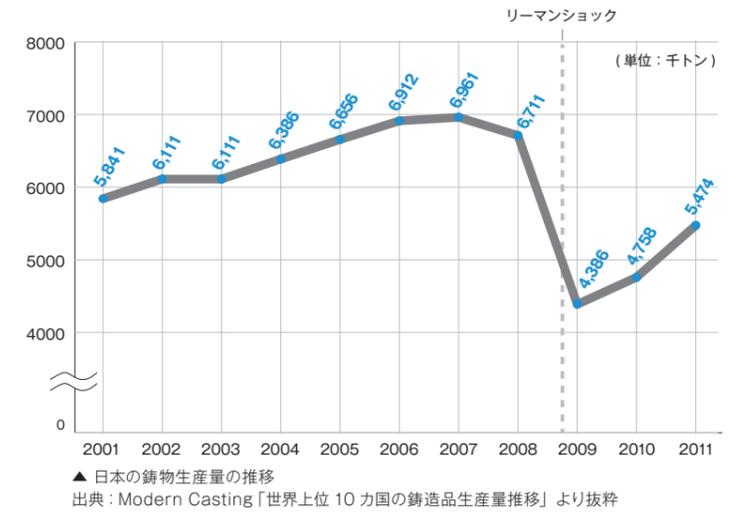
日本の鋳物産業は、1990年の生産額2.5兆円をピークに、その後長く減少傾向を続けていましたが、近年は増加に転じ、2008年にはピークに並ぶ2.4兆円まで回復しました。以降、リーマン・ショックや、2011年の東日本大震災



▲世界の鋳物生産量と上位10カ国(2011年)
出典: Modern Casting「第46回世界鋳物生産量調査」

の影響による低迷はありましたが、現在は需要が持ち直し、再びの回復基調にあります。

アメリカの鋳物専門誌「Modern Casting」がまとめた世界鋳物生産量調査(2011年発表)によると、世界の鋳物製品の生産量は約9,860万トンで、日本の生産量は世界で4位の547万トンとなっています。ちなみに、1位は中国の4,126万トン、2位はアメリカの1,000万トン、3位はインドの999万トンです。



▲日本の鋳物生産量の推移
出典: Modern Casting「世界上位10カ国の鋳造品生産量推移」より抜粋

暮らしや社会の中に溶け込む鋳物

鋳物の用途は、産業向けだけではなく、私たちの身の回りを見ても、いかに多くの鋳物製品が暮らしや社会の中に溶け込んでいるかがわかります。

日用品としての鋳物では、古くは鉄瓶や茶釜などが使われ、現代では、その名残りのあるすき焼き鍋のほか、最新の鋳物技術を使ったフライパンや鍋なども人気を集めています。水道の蛇口やガス器具、ゴルフのクラブにも鋳物は使用されています。

外に目を転じてみると、美術鋳物や景観鋳物としての街路灯やモニュメント、門扉、ベンチ、フェンス、橋や歩道橋の

一部などがあり、身近なところでは、マンホールふたや郵便ポストなどがあります。

日本の鋳物製品は、独自の風合いや芸術性が見直され、海外で南部鉄瓶に人気が集まっているなど、世界的に注目されるようになっています。

日本橋の獅子 ▼



▲ランプ



▲門扉



▲マンホールふた



▲南部鉄器



▲フライパン



▲ガス器具 ▶

鋳物を代表する鋳鉄の特性と進化

これまで、太古からの歴史をたどりながら、鋳物の多様かつ広範囲な使われ方を紹介してきましたが、鋳物の素材となる金属も、青銅、鋳鉄、鋳鋼、アルミニウムなど、さまざまです。中でも、全鋳物の生産量の80%近くを占めているのが鋳鉄鋳物。ここからは、その素材である鋳鉄の進化に触れていきます。

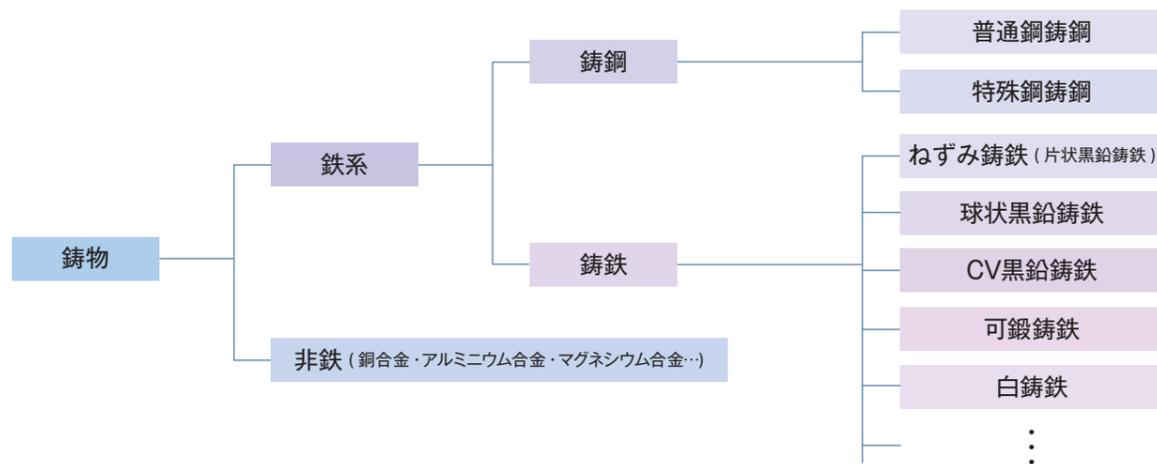
まずは鋳鉄と鋼の違いから

鋳鉄鋳物の素材である鋳鉄は、炭素(C)、珪素(Si)、マンガン(Mn)および微量の燐(P)と硫黄(S)を含んだ合金(Fe-C系合金)です。同じく鉄を基盤とした合金に鋼がありますが、鋳鉄と鋼の違い

は炭素の含有量にあり、Fe-C系合金では、炭素量が0%~2.1%が鋼、2.1%~6.7%が鋳鉄というように分類されています。

炭素量の多い鋳鉄は、融点が低いため鋳造しやすく、複雑な形状を持つ部材や

製品づくりに適しています。さらに、強度、硬さ、耐摩耗性、被削性、耐熱性などの面でも優れた性質を持っており、しかもコストが安いということで用途も広範囲にわたっています。



黒鉛の形状や分布で決まる鋳鉄の種類

鋳鉄には、ねずみ鋳鉄(片状黒鉛鋳鉄)、球状黒鉛鋳鉄、CV黒鉛鋳鉄、可鍛鋳鉄、白鋳鉄^(※)などの種類があり、それぞれの特性は、鉄基地中に存在する黒鉛の形状や大きさ、分布などによって異なっています。ここでは、片状黒鉛鋳鉄と球状黒鉛鋳鉄の違いについて説明していくことにしましょう。

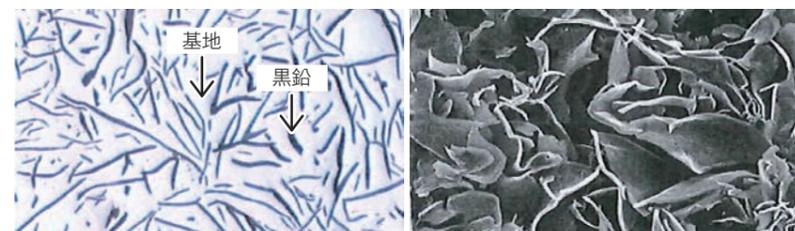
片状黒鉛鋳鉄は、1300年頃にドイツで生産が始まったポピュラーな鋳鉄です。写真は、片状黒鉛鋳鉄による鋳物の断面を磨き、その組織を顕微鏡で見たものですが、細長く線状(全体的にはSEM画像のように薄片状)に晶出しているのが黒鉛です。この黒鉛は溶けた鋳鉄が鋳型に注入されて凝固を開始してから完了するまでに生成されます。

鋼は凝固時に収縮しますが、鋳鉄の凝固では密度の小さい黒鉛の晶出により収縮が抑えられるために型通りの鋳物に

なるなど、片状黒鉛鋳鉄では黒鉛の生成が重要な役割を果たしています。片状黒鉛鋳鉄は、このように鋳造性に優れているほか、切削性、耐摩耗性、振動吸収性などにも優れ、日用品から重工業材料まで幅広い用途に使われています。

ただし、その一方で延性がなく強度も低いというのが片状黒鉛鋳鉄の弱点です。鋳鉄は黒鉛と、フェライト、パーライトという基地組織から形成されており、その強度は、黒鉛を除いた基地組織の強度と

連続性で決まります。鋳鉄中の黒鉛は、基地組織と比べて極めて強度が小さいために鋳鉄材料としての強度に寄与せず、黒鉛部分は空洞とみなされます。片状黒鉛鋳鉄の黒鉛組織は顕微鏡で見ると、片状に不規則につながっているため、基地組織の連続性が低く低強度となります。したがって、一定以上の強度や延性が求められる材料としては不適ということになります。



▲片状黒鉛鋳鉄の顕微鏡写真(左)と黒鉛だけのSEM画像(右)

※ 白鋳鉄=黒鉛を含まない鋳鉄

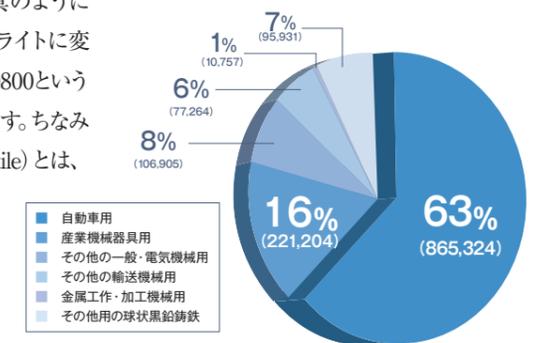
球状黒鉛鋳鉄というイノベーション

このような片状黒鉛鋳鉄の脆さを克服するため、1945年~1948年頃、イギリスのH.モローやアメリカのK.D.ミリスらによって開発されたのが球状黒鉛鋳鉄で、ダクタイル鋳鉄とも呼ばれています。

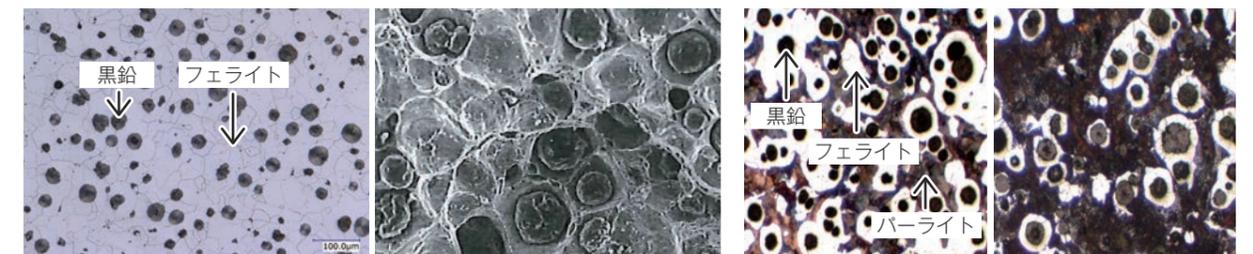
溶かした鋳鉄にマグネシウム(Mg)やセリウム(Ce)などを微量添加することで、黒鉛が球状化することを発見したもので、黒鉛が球状に晶出し、独立して存在することで基地の連続性が高くなり、強度と延性が飛躍的に向上したのです。ちなみにダクタイルとは、英語のDuctileのことで、「延性がある」という意味の形容詞です。下の写真は、球状黒鉛鋳鉄の基地組織

を示したものです。黒鉛、フェライト^(※)、パーライト^(※)からなっており、その強度と延性は、基地組織を調整することでコントロールできます。例えば、下の球状黒鉛鋳鉄の2つの顕微鏡組織写真のように基地組織をフェライトからパーライトに変えていくことで、FCD400~FCD800というように、特性をつくり分けています。ちなみにFCD(Ferrum Casting Ductile)とは、球状黒鉛鋳鉄の強度を示す鉄鋼記号のことで、数値は引張強さ(N/mm²)のことで、強度と延性を飛躍的に高めることで、「鋳物は割れやすい」

というイメージを大きく変えた球状黒鉛鋳鉄は、グラフでご覧いただくように、自動車分野を中心としたさまざまな産業分野で活躍しています。



▲球状黒鉛鋳鉄の生産量内訳 出典：経済産業省生産動態統計(2012年)



▲球状黒鉛鋳鉄FCD400の顕微鏡写真(左)と引張試験片破断面のSEM画像(右)

※ フェライト=引張強さ200~400N/mm²/ブリネル硬さHB90~150程度の軟質組織
※ パーライト=引張強さ800~900N/mm²/ブリネル硬さHB200~240程度の強靱組織

社会インフラの進化にも大きな影響を与えた

球状黒鉛鋳鉄の普及にともない、インフラ分野では、鋳鉄管にその技術がいち早く導入されました。ダクタイル鉄管は、1954年に生産が開始され、1957年からは大量生産されるようになりました。強度や延性に非常に優れ、写真のように大きな変形状態でも容易に壊れません。水道管をはじめ、下水道、ガスなど幅広い分野に使用され、社会の重要なインフラになっています。

もう一例としてあるのが、私たちG&U

技術研究センターの研究と関わりの深い、マンホールふたの進化です。

1950年~60年代のマンホールふたは片状黒鉛鋳鉄製で、増え続ける車両の通行に耐えられず破損して事故につながるものがしばしばありました。強い材質のマンホールふたが求められるようになり、そのニーズに対応して1965年に球状黒鉛鋳鉄製のマンホールふたが開発されました。強度の向上によりふたの変形を防止するとともに、耐摩耗性や耐腐食性も格段に向上され、ふた単体の重量も80kgから40kgへと大幅な軽量化を実現するなど、わが国のモータリゼーションに

大きなインパクトを与えました。このマンホールふたの専用材質は、(公社)日本下水道協会規格(JSWAS G-4)で規定されており、過酷な道路環境にも耐えるため、JIS(日本工業規格)に規定されている球状黒鉛鋳鉄の材質の基準値よりも、硬さや伸びが厳しく設定されています。ふたにはFCD700という材質が使用されていますが、同じFCD700でも、JIS規格では伸び2%、ブリネル硬さHBW180~300であるのに対し、JSWAS G-4では、伸び5%~12%、ブリネル硬さHBW235以上となっています。



▲ダクタイル鉄管の外圧試験 (写真提供：日本ダクタイル鉄管協会)



▲片状黒鉛鋳鉄製(左)から球状黒鉛鋳鉄製(右)へと材質進化したマンホールふたの比較(断面写真)

INTERVIEW

オーソリティーに聞く 鋳物の展望

早稲田大学名誉教授 中江 秀雄氏

●略歴

1964年：早稲田大学理工学部金属工学科卒
1970年：工学博士（早稲田大学）
1971年：株式会社日立製作所機械研究所入所
1977年：同研究所主任研究員
1983年：早稲田大学理工学部金属工学科教授
1984年：早稲田大学鋳物研究所
（現：材料技術研究所）研究員
1989～
90年：ケンブリッジ大学客員研究員
2002年：日本鋳造工学会 会長
2004年：早稲田大学材料研究所 所長
2012年：早稲田大学 定年退職

現

早稲田大学 名誉教授（2012年4月～）
公益財団法人日本鋳造工学会名誉会員
国立科学博物館 産業技術史資料情報センター
主任調査員（2012年4月～）

●受賞歴

日本金属学会論文賞（2回）
国際鋳物学会（CIATF）優秀論文賞（1回）
日本鋳造工学会論文賞（5回）
日本鋳造工学会優秀論文賞（1回）
発明協会奨励賞（1回）
日本鉄鋼協会三島賞（1回）
日本鋳造工学会大賞（2009年5月）
文部科学大臣賞 研究部門（2012年4月）



聞き手

株式会社G&U技術研究センター

代表取締役 **松井 正樹**

先頃、ユネスコ世界遺産委員会が、萩反射炉と葦山反射炉を、明治産業革命遺産として世界文化遺産に登録することを決定したように、わが国の産業の近代化を支え、現代も多様な用途がある鋳物。しかしながら、球状黒鉛鋳鉄の発見以来、鋳物の世界でイノベーションの声が聞こえてこないのも事実です。この先、鋳物に進化をもたらす鍵となるものは何なのか？
鋳物研究で著名な早稲田大学名誉教授の中江秀雄氏に、当センター所長の松井正樹がインタビューしました。

日本の名立たる製造業の多くが、 鋳物を原点に育っていった

松井：先生は、鋳物分野のオーソリティーでいらっしゃるわけですが、そもそも鋳物に関心を持たれたのは、どのようなきっかけからだったのでしょうか。

中江：早稲田の理工学部を志望しまして、そこで金属工学の勉強をしようと思ったんです。それで、早稲田の金属工学で最も研究が盛んなのは何だろうと調べたら、鋳物だったんですね。鋳物研究所までありましたから。「どうせやるなら早稲田の中で一番強いもの」という理由で始めたわけで、最初から好きではなかったんです（笑）。まあ、やっていくうちに好きになっていったわけですけど。

松井：私の父親も製鉄会社の職員だった人で、いまの新日鐵住金ですが、とにかく鉄一筋で生きた人でした。そういった縁もあって考えてみますと、日本の有名なメーカーでも、原点は鋳物をきちんとやっていたという会社がたくさんありますね。

中江：おっしゃるとおりですね。三菱重工の造船事業は、1857年（安政4年）に徳川幕府が設立した長崎鋳鉄所が起源ですし、久保田鉄工は1890年（明治23年）に鋳物メーカーとして創業しています。私が12年働いていました日立製作所の話で言いますと、1910年（明治43年）に鮎川義介という人が日立金属の前身である戸畑鋳物を設立しました。この人は、東大の機械科を卒業して芝浦製作所（現在の東芝）に入り、ここで鋳物の重要性を認識しました。そこで、1905年に単身アメリカに渡り、鋳物工場に工具として働きながら鋳物技術を体得していったんです。そうした経験のもとに設立したのが戸畑鋳物で、わが国で初めて黒心可鍛鋳鉄の製造を開始しました。ですから、日立製作所も鋳造に端を発していると言っているでしょう。また、戸畑鋳物は日産自動車のルーツでもあります。

松井：鋳鉄の中の黒鉛を晶出させた黒心可鍛鋳鉄は、工業化に影響をもたらした材料だと思いますが、鋳鉄の歴史の中では、球状黒鉛鋳鉄の誕生がひとつの大きな変わり目だと思っています。先生はいかがお考えでしょう。

中江：ねずみ鋳鉄と呼ばれている片状黒鉛鋳鉄は、割ってみるとほとんど黒鉛なんですね。7割が黒鉛で、鉄の割合は3割しかない。つまり3割しか強度がとれないということになります。これを球状黒鉛鋳鉄にしてやると、鉄の割合が9割になります。この3割と9割の差が大きいと私は思っています。

松井：当社は、マンホールふたの性能評価も行っておりますが、現在のマンホールふたの多くは球状黒鉛鋳鉄でできていますので、それらは片状黒鉛鋳鉄と比べると非常に強度に優れてい

ます。以前は、鋳鉄鋳物は割れやすいとか脆いという意識が一般にありましたが、そうではなくて、鋼に匹敵するような強度があるということをもっと社会に知ってもらわなければいけないと思っています。

中江：強さの面から言うと、黒鉛が球状になっているというのは、理想の形なんですね。片状黒鉛鋳鉄は黒鉛がとんがっているから弱いんです。あとは、強靭さを求めようとするなら可鍛鋳鉄の白心可鍛という方法がありますが、これは製法が難しくて大きなものはつくれません。

松井：ただ、片状黒鉛鋳鉄もまだ生産されていますね。

中江：非常に多く生産されていますね。全世界で言うと、約7割が片状黒鉛鋳鉄で、3割が球状黒鉛鋳鉄というのが現状です。ただし、先進国では50：50くらいの比率になっています。

松井：片状黒鉛鋳鉄はどのようなものに使われているのでしょうか。

中江：例えば、車でブレーキが効くと“キー”という音が出ますが、あのブレーキ鳴きは共振現象で、ブレーキから出るんです。鋼とか球状黒鉛鋳鉄を使ったらブレーキ鳴きだらけになってしましますが、片状黒鉛鋳鉄でつくるとそれがありません。

松井：吸音効果があるんですね。そういえばスピーカーのスタンドにも使われています。不要な振動を吸収するので、クリアな音が出るということですね。

中江：私も日立の時代に音響ブランド「Lo-D」の共振トーンアームをつくっていたことがあります。さて、話を自動車に戻しますと、ブレーキドラム以外では、シリンダーブロックに片状黒鉛鋳鉄が使われていますね。乗用車は軽量化のためにアルミダイカスト化されていますが、トラックやバスなどの大型車のシリンダーブロックは、現在でも鋳鉄製です。なぜなら、アルミダイカスト品では耐熱性が不十分だからです。先ほど、所長の話にも出てきましたが、鋳鉄は落とせば割れるとか、脆いといったイメージが強すぎるんですね。このように耐熱性に優れているとか、鋳鉄を使う利点はたくさんあるんです。もっとトータルな形で、鋳物の良さを伝えていく必要があると思っていますね。

インフラ素材として 鋳物の用途を提案していきたい

松井：まったく同感です。鋳物の構造物として、18世紀にイギリスで建設されたアイアンブリッジは世界遺産としても有名ですが、この橋がつけられたのは、球状黒鉛鋳鉄以前の時代ですから、片状黒鉛鋳鉄でつくられています。産業革命の時代には、鋳物にこんな用途まであったとは、正直、驚いています。



思っていますし、また、それが、世界的な流れになっていってくればと願っています。

松井:環境調和型社会の実現に向けては、素材のリサイクルシステムが確立されることはとても重要なことだと思います。

中江:例えば、車でも電化製品でも、そのままどりサイクルするのが難しいですね。色々な部品の材料が混ざって溶け込んでしまいますから。そうしないためには、部品にばらすしかないわけですが、日本でばらすとコストが合いません。

中江:この頃は大きな鍛造機がないから、鉄の橋なんてできなかった。それが、産業革命でコークス燃料の高炉ができ、蒸気機関ができて、初めて鉄製の大型建造物をつくることになったのです。それでつくられたのがアイアンブリッジですね。私も行ったことがあります、非常に美しい橋です。

松井:こうした鉄橋は日本にもありますか。

中江:神子畑や羽淵の鉄橋などいくつかありますね。ただ、アイアンブリッジを含めたこれらの橋は、おっしゃったように片状黒鉛鉄製で圧縮荷重でもたせていたから、引張荷重には弱かった。それで、現在のワイヤー吊り橋や瀬戸大橋のように、引張荷重でもたせる橋に変わっていったのです。

松井:これが、現在のマンホールふたに使われているような球状黒鉛鉄製の鉄橋だったら、どうだったでしょう。

中江:規模にもよりますが、各地で採用されていた可能性はあります。

松井:私共では、鉄というものを再評価して、インフラ素材としての鉄の用途を社会により積極的に提案していきたいと考えています。自由成形ができ、溶接ではない一体ものの良さが魅力だと思います。最近、精密化の技術も進んでいますし、そう捉えれば、鉄を再評価していく材料はたくさんあると思います。そうした観点からの先生のお考えはいかがでしょう。

リサイクル社会の構築に向けて 鉄への正しい評価を

中江:近年は、リサイクルに社会の目が大きく向けられています、実は、鉄が一番リサイクルに向いているんですね。鉄、鉄鋼も、アルミも9割がスクラップから再生されたものです。プラスチックはリサイクルが非常に難しい。特に、エンブレ(エンジニアリング・プラスチック)はほとんど不可能です。私は、このリサイクルという切り口が鉄の再評価のきっかけになればと

東南アジアなどに中古で輸出して使い切ってもらい、そのあとで現地でもばらしてリサイクルするというのが理想的です。これからは、世界全体でそういうことを考えていかなければいけないと思います。スクラップというのは、鉄物メーカーが注文してつくられるわけではありません。自然に出たものがスクラップです。自動車から亜鉛メッキ鋼板が出てくるとか、機械から鉛快削鋼が出てくるとか、色々な材料が出てきますが、そういうものがすべて鉄物に回ってくるんです。つまり、時代時代で、鉄物に使われる材料が変わっていくんです。時代に合った材質で、安定した性質の鉄物をつくるという点で、鉄物の研究の題材は無限だと思っています。

松井:これからはリサイクルの観点から鉄物研究が脚光を浴びていく可能性もありますね。

中江:鉄物のリサイクルということをグローバルに進めていけば、この先にどのような発見があるかもしれません。

松井:心強いお話です。わが社も研究開発の分野で、鉄物のリサイクルなども課題にしながら企業価値を高めていければと思います。

他に学び、新しい発想を取り入れる ことがこれからの進化の鍵

松井:一方で、精密化ですとか高付加価値化というような、日本の強みを生かしていくという観点での見解はいかがでしょう。

中江:鉄物の生産量に関して言うと中国が世界のトップで、今後もこの傾向が続いていくと思われれます。これに対して日本は高付加価値化ということで差別化を図っていますが、いまある技術の差も、進化が止まればすぐに中国に追いつかれてしまいます。ですから、研究開発にお金をかけるのが厳しい時代ではありますけども、鉄物メーカーさんには進化を止めて欲しくないわけですね。そのためには、もっと視野を広げて、新しい発想

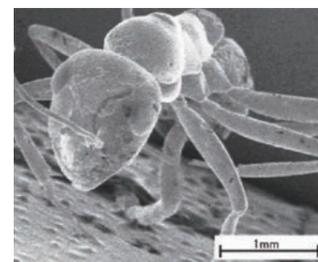
で鉄物を捉えていくことが大事ですね。

松井:先生は、「水泳選手の水着から考える」というテーマで、薄肉鉄物の湯流れ(溶けた鉄を型に流し込む際の流れ)についての研究をされていますが、これも相当に新しい発想だと思います。

中江:2008年の北京五輪で話題になって、その後に禁止になってしまいましたが、高速水着と呼ばれた競泳水着がありましたね。これを見て、「水着で速く泳げるのならば、この技術を鉄物に応用できないか」と考えたわけです。高速水着の水の抵抗性を低減させるテクニックを鉄物に使ったら、湯流れを速くできるんじゃないかと。そうすれば鉄物をもっと薄く加工できて軽量化につながれるわけです。まだモデル実験の段階で、実用化までには課題が多いですが、こんなふうには、いつも新しいテーマを探してきました。

松井:そうした研究活動の一環だとは思いますが、これからの鉄物の方向性として、マイクロ製造の必要性も説いておられますね。

中江:日本が今後、超先進国化を目指していくための鍵を握る技術のひとつにマイクロマシン技術がありますが、このマイクロマシンを普及させるには、微小部品を安価につくるという製造法が求められます。マイクロマシンの部品をつくるには、切削加工では刃物の大きさに限界があり、形状も限定されます。そこで私が提唱してきたのが、その部品を製造法でつくってしまうというマイクロ製造です。安部先生



▲蟻の鉄物
出典: 安部新一、野口裕之、村川正夫 / 精密工学会誌論文集

らの研究室で行ったことですが、蟻を模型にして蟻の鉄物をつくるという面白い実験をやって成功させました。ただし、この製法で工業部品を製造しようというのは容易ではないと考え、インクジェットプリンターの原理を応用した鉄型の製造法に発想を転換させました。インクの代わりにセラミックスラリーを用いるという方法です。現在のところ、50μm

程度の板まで製造できることを確認しています。

松井:それは素晴らしい研究成果ですね。ところで早稲田大学で教えられていたときは、どのようなご指導をされていたのですか。

中江:大学では、これまでの話に出てきたように中江研究室という研究の場を設けていただいて、凝固工学と固液界面工学の研究をしていましたが、学生には、毎年新しいテーマを与えていました。古いテーマだとデジタルで簡単にコピーできてしまうので、頭を使わなくなります。新しいテーマだとコピーするものがないから、自分で考えないとはいけません。それによって学生は育っていくんです。いまの大学教育で懸念しているのは、ものづくりでの実験離れが進んで、シミュレーションに行ってしまうということです。実験をしないから手も汚れないし、お金もかからない。でも、シミュレーションからは新しいものは生まれてきません。日本の技術者の特徴は、手を汚すという点にありました。そして、その実体感のある研究からイノベーションが生まれていったわけです。ですから、若い人にはいかに実学を教えるかが大事だと思っています。

松井:試験研究の分野で実際に体感することは極めて重要なことで、当社にも共通して言えることだと思います。われわれも頭の中で考えるだけでなく、実証していくことをとても重要視しています。先生のお話をうかがっていて、その考えに確信が持てました。

中江:鉄物はローテクだから、これ以上研究をする必要はないという考え方も一部にあるようですが、実は研究すべきことは山ほどあるんです。鉄物の進化のためには、鉄物だけを見てはだめです。例えば、私は、「チョコレートは鉄物の究極の加工法である」という話をよくするのですが、このように他から学び、新しい発想を研究開発に取り入れていくことが、イノベーションを生み出すために必要なことだと考えています。

松井:私共も、研究・検査をするという立場からではありませんが、鉄物のイノベーション誕生に貢献していきたいと思っています。本日は、大変有益なお話を聞かせていただき、ありがとうございました。これからも鉄の分野で当センターをご指導願えればと存じます。



安全への 知恵と工夫

浸水被害の軽減に貢献する鋳物

ここ数年、雨の降り方が確実におかしくなっている。
誰もがそんなことを感じているのではないのでしょうか。
気候変動の影響に、都市部ではヒートアイランド現象も
関係して、梅雨や台風の時期でなくても、
激しい集中豪雨が日本各地を次々に襲い、
それにとまなう浸水被害が市民生活に大きなダメージを与えています。

こうした状況を踏まえ、

下水道が担うべき役割があらためて見直されています。

国土交通省が事務局を務める

「ストックを活用した都市浸水対策機能向上検討委員会」は、

下水道による浸水対策の基本的枠組みとして、

「ストックの評価・活用という新たな思想の原則化」を唱え、

ハードとソフトの両方を組み合わせた既存ストックの

新しい活用法を提示しています。

下水道には、マンホールふたをはじめとした鋳物製品も深く関わっており、

その技術の進化にも期待が寄せられているところです。

本章では、浸水被害の軽減に貢献する鋳物を

事例を取り上げて紹介していきます。

Part 1

落ち葉詰まりに着目した 雨水ますふたの排水性能評価と活用事例

CASE 1

排水性能を可視化する

株式会社G&U技術研究センター

実際の道路を再現した実験装置を使い、
雨水ますふたの排水性能を
さまざまな角度から評価



CASE 2

雨水ますふたによる浸水対策

横浜市環境創造局

下水道計画調整部 下水道事業調整課

「開口部を小さくすることで詰まりを防ぐ」
という逆転の発想

鋳物の自由な造形性が生んだ

矢印型デザインの雨水ますふた



Part 2

ICTを活用した浸水対策

株式会社明電舎

下水道管きょ内の状況を正確にリアルタイムで伝える、
ICTを活用した多機能型マンホールふた



Trend watching

- 豪雨時におけるマンホールふたの安全対策技術
- IC タグを活用した管路管理の効率化技術

「バケツをひっくり返した」を超える集中豪雨が増加傾向にある

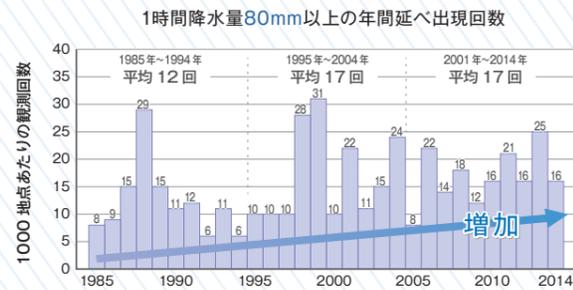
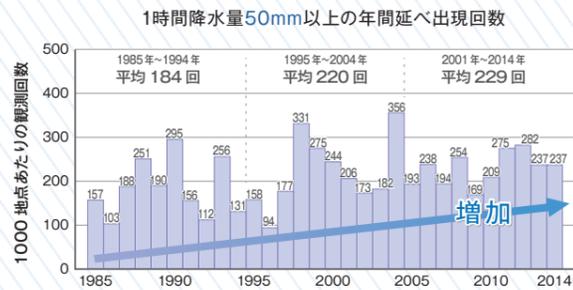
近年の気候変動の影響や、都市部でのヒートアイランド現象など関係して、局地的な豪雨が増加傾向にあります。気象庁では、人の受けるイメージとしての「バケツをひっくり返したような雨」は、1時間あたりの降水量30mm以上～50mm未満と定義していますが、近年では、このレベルを上回る豪雨が多発しています。

下のグラフは、全国のアメダス地点データの観測結果をもとに、1時間降水量50mm以上、80mm以上の年間観測回数を示したものです。年ごとにばらつきはあるものの、10年ごとに分析すると増加傾向にあることがわかります。全国で50mm/h以上の豪雨が発生した回数は、1985年～1994年の10年間で見ると平均184回ですが、2005年～2014年の10年間は229回で、

1.24倍になっています。同様の比較をすると、80mm/h以上の豪雨が発生した回数は、1985年～1994年に12回、2005年～2014年で17回となっており、1.37倍もの増加傾向を示しています。

最近では、100mm/h以上の豪雨の発生も珍しくなく、2015年4月30日には、鹿児島県肝付町内之浦で、125mm/hという観測史上第1位の猛烈な雨が降りました。

■ 降雨規模別発生回数の推移



出典：気象庁「アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について」

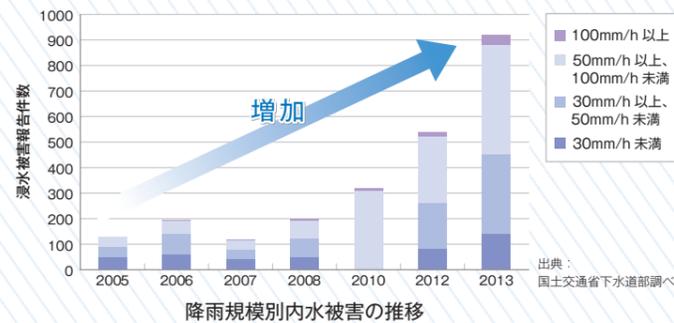
都市生活で見られる「内水氾濫」

浸水被害には、外水氾濫と内水氾濫によるものがあります。外水氾濫とは、川の水が堤防を越えてあふれ出す、あるいはそれによって川の堤防が破堤されたことによって起こる洪水のことをいいます。一方の内水氾濫は、市街地に降った雨が地表にあふれることで、近年の集中豪雨

の被害は主に都市部での内水氾濫が要因となっています。

内水氾濫は、下水道管きよの能力不足で河川や海などに雨水を放流できなくなることで発生し、排水しきれなくなった水が道路上にあふれることで、道路冠水などの浸水被害が発生します。下のグラフ

は内水氾濫による浸水被害報告の推移を降雨規模別に示したのですが、その報告件数はここ数年で急増しています。



出典：国土交通省下水道部調べ



▲道路冠水

排水能力を超える豪雨で起こる「被害例」

都市化が進み、路面に水が浸透しにくくなったうえ、下水道設計の想定を超えた近年の豪雨の頻発で、下水道本管の排水能力を超えてしまうことがあります。

2つの写真は、実際の被害例です。集中豪雨で大量の雨水が一気に下水道管へ流入すると、下図のように逃げ場を失った水や空気が唯一の出口であるマンホールに急激に集中し、ふたからあふれ出します。最悪の場合は、その水圧や空気圧によりマンホールふたが

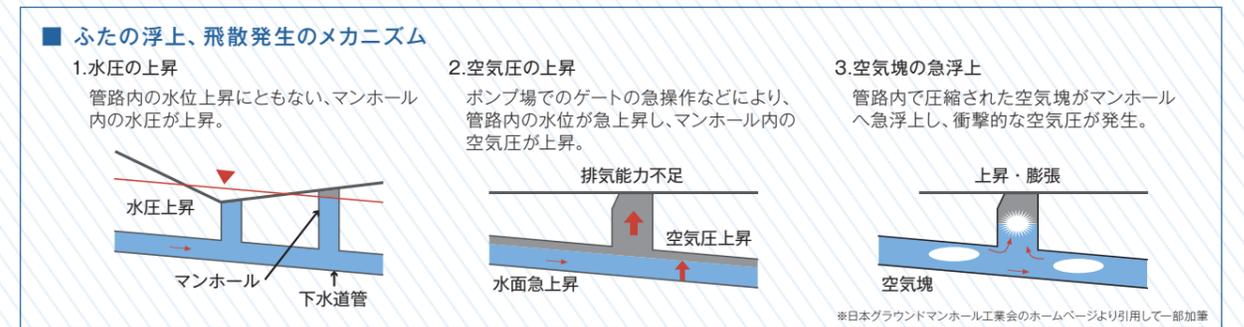
飛散する事例や、周辺舗装ごと隆起する事例も出てきており、転落や交通への障害などのリスクが増大しています。



▲外れたマンホールふた



▲マンホールが土台ごと吹っ飛ぶ (写真提供：河北新聞)



※日本グラウンドマンホール工業会のホームページより引用して一部加筆

排水性能低下による「浸水被害」

一方で、下水道本管の流下能力に余裕があるにもかかわらず、排水施設が要因で道路冠水被害が発生する事例も顕在化しています。

下の写真は、道路冠水の要因となっている雨水ますの写真です。雨水ますふたの表面や雨水ます内に落ち葉やゴミなどが堆積することで排水能力が低下し、計

画通りの排水ができない事態が発生しており、その対策についても検討が必要となっています。



▲路肩に堆積した落ち葉



▲落ち葉が詰まった雨水ますふた



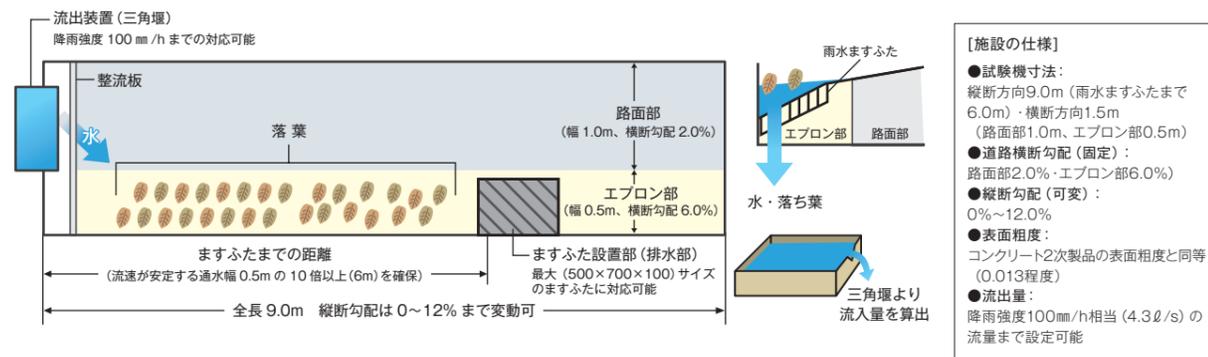
▲閉塞したます内の取付管吐き出し口

落ち葉詰まりに着目した 雨水ますふたの排水性能評価と活用事例

雨水ますは、街きよますとも呼ばれ、公道上の降雨を集めて下水道本管へ排水する役割を果たしています。その反面、雨水ますは、ふたの表面や雨水ます内の取付け管吐出し口周辺に堆積した落ち葉やゴミなどが詰まることによって下水道本管への雨水の流入を阻害し、道路冠水を引き起こすリスクも抱えています。G&U技術研究センターでは、このリスクの軽減につなげるための試験として、実際の道路を再現した実験装置を使って落ち葉などの堆積を再現し、雨水ますふたの排水性能を実態に即した形で可視化するという取り組みを続けています。最近では、落ち葉詰まりに配慮した雨水ますふたが登場するなど、既存ストックを活用した落ち葉詰まり対策が進行しています。Part1では、まずCASE1として、G&U技術研究センターにおける排水性能評価方法事例を紹介し、続くCASE2では、鋳物の自由な造形性を活用した、新たなコンセプトの雨水ますふたを誕生させた横浜市の事例を紹介します。

CASE 1 排水性能を可視化する

株式会社G&U技術研究センター



■ 雨水ますは道路排水を担う重要ストック

雨水ますは道路の重要な排水施設のひとつであり、(公社)日本道路協会の「道路土工要綱」に基づいて雨水ますの設計間隔などが設計されています。この要綱では、雨水ますの能力は「ふたの構造によって支配される」とされ、ふたから流入する雨水の排水能力(=落下率)について記述されています。これは、1995年に独立行政法人土木研究所が行った「道路排水ますふたの雨水の落下効率に関する

実験的検討報告書」の実験結果を参考値としたものですが、この実験は、構造(形状)の違う複数の種類のふたが用いられたものの、落ち葉やゴミなどが詰まることの影響の評価方法は、今後の課題とされていました。

■ 排水性能評価を起点とした総合的なソリューションへ

「落ち葉詰まりによる道路冠水被害に悩んでいる自治体があっても、その改善を図るための指針がない」。G&U技術研究センターは、こうした状況に着目して、落ち葉詰まりのメカニズムの解明や、雨水ますふたに求められる排水性能の評価を客観的・公平な立場で検証を行うべく、2013年、「雨水排水試験機」(左の写真)を導入しました。前出の土木研究所の既往実験を参考に製作したもので、これにより、落ち葉などのゴミの影響を考慮した雨水ますふたの「排水性能の可視化」を可能としました。これまで、メーカーや排水性能を規定化している事業者などからの

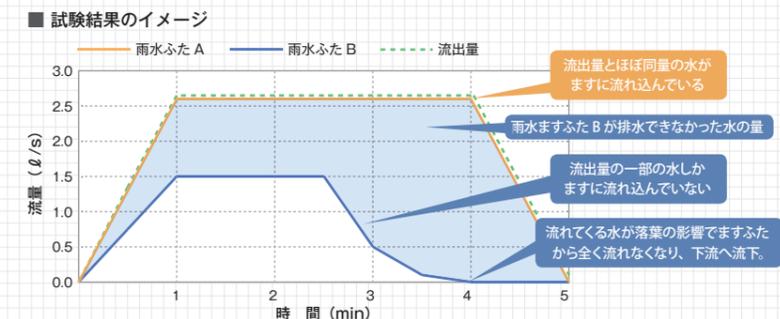
依頼があり、的確かつ公平な評価へのご支持をいただいています。今後は、雨水ますふたの排水性能の検証にとどまらず、流入する落ち葉がます本体や本管に与える影響についても評価を行い、総合的なソリューションを目指します。

REPORT: 雨水ますふたの排水性能評価 モデル事例

実験の目的 落ち葉の堆積の影響を考慮した雨水ますふたの排水性能の定量的評価
実験の方法 雨水を想定した水を流出させながら一定量の落ち葉(初期条件としてエプロン部に0.5kg配置し、0.5kgを随時追加)を投入し、雨水ますふたから流入する水量の計測を行う。落ち葉の種類は、イチョウ、ケヤキ、プラタナスなど(地域性に依りて変更可能)。



落ち葉詰まり対策を施した雨水ますふた A は、流出してきた水がおおむねふたから流入する。落ち葉詰まり対策を施していない雨水ますふた B は、落ち葉が詰まることで排水性能が低下し、排水できなかった雨水(グラフの網掛け部分)は下流へ流れ出てしまった。



CASE 2 雨水ますふたによる浸水対策

「開口部を小さくすることで詰まりを防ぐ」という逆転の発想 鋳物の自由な造形性が生んだ矢印型デザインの雨水ますふた

取材協力：横浜市環境創造局 下水道計画調整部 下水道事業調整課

横浜市では、内水ハザードマップを活用した新たな浸水対策の一環として、落ち葉による浸水被害が問題になっていた雨水ますふたの改良に着手。これまでになかったコンセプトでの改良型を完成させた背景と経緯について、横浜市下水道事業調整課の黒羽根計画担当係長に取材しました。その誕生の背景には、鋳物ならではの技術が大きく息づいていました。



黒羽根 能生 計画担当係長

■ 「予測対応型」の浸水対策計画を

横浜市では、大雨に強いまちづくりを目指し、管きょ・ポンプ場などの排水施設や貯留、浸透などの雨水流出抑制施設の整備といったハード対策を進めるとともに、ゲリラ豪雨に対応するためのソフト対策の強化を推進してきました。大雨時に想定される下水道や水路に起因した浸水区域や水深などの情報をまとめた「内水ハザード

マップ」の策定や、横浜市区と周辺地域の雨の強さや範囲などを表示する雨量監視システム「レインアイよこはま」などによる情報サービスを提供しています。

とくに、内水ハザードマップの作成で得られたシミュレーションモデルを基に浸水被害箇所の予測が可能になったことから、これを用いて既存ストックを再評価、

最大限に活用し、事前の対応を図る「予測対応型」の浸水対策を今後の取り組み方針としています。

一方、シミュレーションモデルの正確な運用や、既存ストックの能力を最大限発揮させるためには、雨水の入り口となる雨水ますふたの改良など、きめ細かな観点から問題を解決する必要があります。

■ 落ち葉が詰まらないますふたが欲しい

そこで課題となったのが、落ち葉による浸水被害を解消することでした。右下の写真は、以前に撮影された横浜市内某所の道路冠水の事例。雨水ますふたに詰まった落ち葉が管きょの排水能力を阻害するため、このような浸水被害が多数発生していました。市内18区の土木事務所が、降雨時の事前清掃とパトロールで対応していたものの、公園や街路に樹木が無数に存在することや、ゲリラ豪雨の頻発などで対応には限界があり、それぞれの現場から、「落ち葉が詰まら

ないますふたが欲しい」との要望が強くなっていました。

加えて、現行の製品には、開口部にハイヒールがはまり込むなどの苦情や、ふたのガタつき、耐荷重性能の不足というような問題も表面化していたため、市はこれらの解決に向け、2011年度より、雨水ますふたの改良に民間メーカーと共同で着手しました。

「雨水ますふたには、雨水排水施設としての役割のほかに、自転車走行帯としての役割も求められます。そのために目指し

たのが、浸水被害の解消とバリアフリーの両方に有効なますふたの開発で、コンセプトは“多機能型ますふた”でした。あわせて、車両荷重 T-25 対応へのグレードアップも図りました」（黒羽根能生氏）。



■ 「開口部を減らす」という逆転の発想

約1年間の研究期間を経て、改良された雨水ますふたのポイントは、開口部を矢印型にしたことと、歩車道境界ブロックに切り込みを入れたことの2点です（図1）。

「ますふたの排水性能を確保するには、開口部を大きくすることが効果的というのがこれまでの常識でした。しかし、ふたの開口部をさまざまな形状にして実験

していくうちに、開口面積と排水性能は比例しないということがわかったんです。形状の決定をするため、全面開口タイプを含め5つの開口タイプを比較検討した

ところ、矢印型がベストという結果になりました」（図2）

その仕組みは、開口位置を限定して落ち葉の堆積箇所を中央部に設け、堆積した落ち葉を利用して境界ブロック側に設けた切り込み口に雨水を導いて効率的に排水を促すというもの。ますふたが詰まるのは、雨水が開口部からます下に落ちようとする水力でふたに貼り付くのが原因（図3）。それを解消するため、ふたの中央部だけに開口をつくって意図的に落ち葉を集め、他の部分を塞ぐことで雨水の流路を確保するという考え方です。詰まりを防ぐためにあえて塞ぐという、逆転の発想が功を奏しました（図4）。

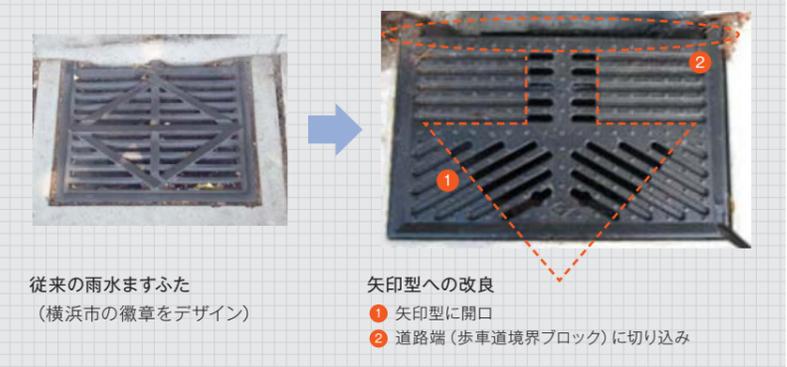
また、バリアフリー対策として、耐スリップ対策と、タイヤのはまり防止に改良を加えたほか、ますふたの飛散防止対策として、受枠にヒンジ構造の採用、開口部の目詰まり対策として、開口断面を改良するなど、随所に工夫を凝らしています。

2012年度には、市内4箇所の道路冠水の実績がある箇所や、近くに公園のある道路などに計47基設置し、落ち葉詰まりの解消など良好な結果が得られています。

この結果を踏まえて、横浜市では性能規定および試験方法に関する仕様書を作成し、2014年度末から本格導入を開始しています。下水道管轄だけで市内に約50万基ものストックがあり、これらを改良型に取り替えるだけでも、既存ストックを活用しての浸水対策が大きく進むとしています。

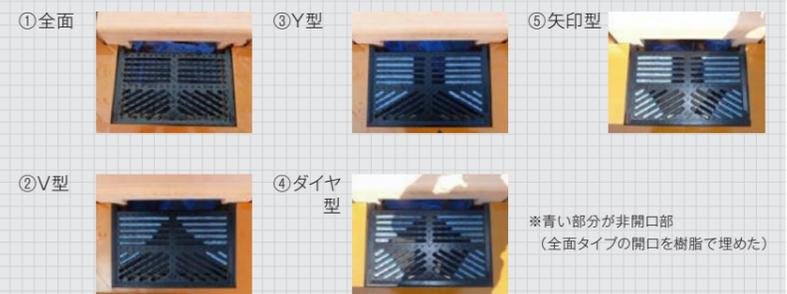
「T-20対応からT-25対応にしましたが、リブ構造を採用したので重量に変化はありません。また、清掃の維持管理性を向上させるために開口断面をハの字型にしていますが、このように強度を指定すればそれに合わせることができたり、形状の自由度が高いというのが鋳物のメリットですね。ステンレスなどではできない技術だと思っています」

図1 従来品との比較



従来の雨水ますふた（横浜市の徽章をデザイン）
 矢印型への改良
 ① 矢印型に開口
 ② 道路端（歩車道境界ブロック）に切り込み

図2 模型実験で5つの開口タイプを比較検討



※青い部分が非開口部（全面タイプの開口を樹脂で埋めた）

図3 落ち葉が詰まる原因（従来品で検証）

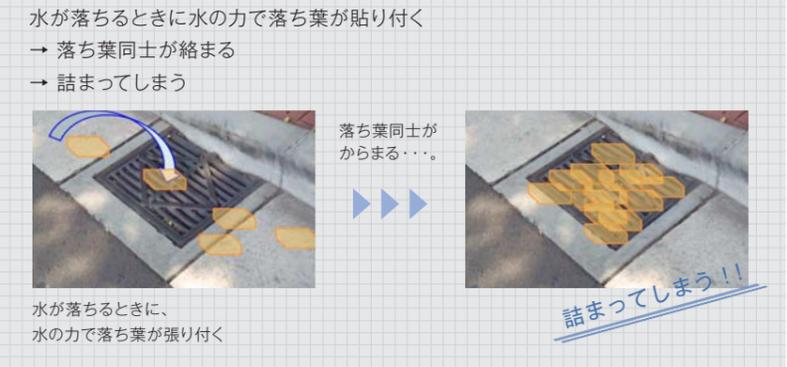
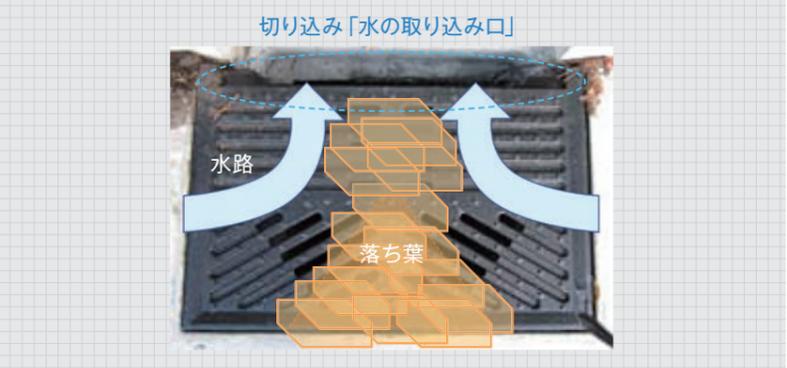
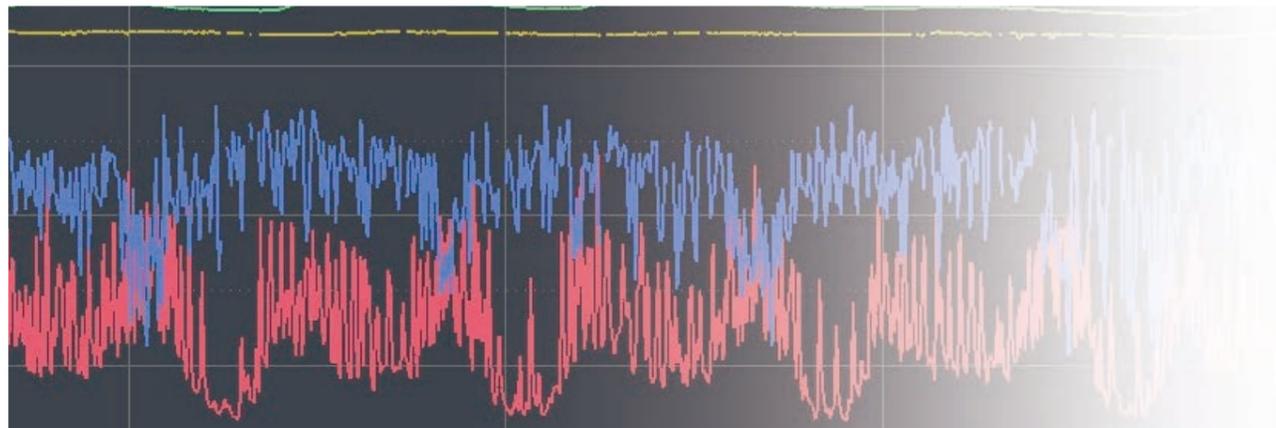


図4 改良のポイント



ICTを活用した浸水対策



▲クラウド監視画面

管きよ内の水位やpH値のリアルタイムでの管理を可能にした、多機能型マンホールふた

取材協力：株式会社明電舎

管路延長約46万km、マンホール約1,400万基（推定）、処理場数約2,200カ所という

膨大な下水道の既存ストック。その能力を評価して新たな浸水対策を図るには、

管きよ内の水位データを体系的、時系列的に検証したうえでのモデル構築が必要となります。

しかし、いつ降雨があるのか予測できない中で、公道に埋設された下水道管内で水量水位を調査するには制約が多く、また、費用もかかるため、これまで十分なデータの蓄積がされてきませんでした。

こうした状況を背景に、2012年から開発が進められてきたのが、「多機能型マンホールふた」です。

この製品は電機メーカーである株式会社明電舎、下水道施設の維持管理業者である

東京都下水道サービス株式会社、マンホールふたメーカーである日之出水道機器株式会社による

共同開発製品です。下水道のランドマークともいえるマンホールふたに水位などの測定器と

通信用アンテナを組み込むことで、管きよ内の状況をインターネットを通じてリアルタイムに把握できる

計測ツールです。バッテリーを内蔵しているため

電源工事が要らず、電源が無い場所でも

測定・通信が可能。マンホールふたという

鋳物技術とICTの融合によって、

下水道既存ストックの活用に新たな展望が

開かれようとしています。

取材に協力いただいた水・環境システム事業部の方々



副部長兼企画開発課長
森 竜也氏

企画開発課 主管技師
中島 満浩氏

企画開発課
齋藤 千穂さん

■ ふたとしての性能は一般のマンホールふたと同等

多機能型マンホールふたは、右の写真にあるように①マンホールふた②アンテナ部③計測通信装置部④計測器部の4つの基本部で構成されています。

写真で見ると、ふたの表側に組み込まれているのが通信用アンテナ。通常、携帯電話通信用に使われているアンテナは、鉄塔やビルの屋上に水平方向の指向性を有する空中アンテナとして設置されますが、多機能型マンホールふたの場合は、地表面かつ鉄に覆われて設置されるため、アンテナ形状は平面型であり、かつ電波特性はドーム型に広がる必要があります。そのために開発したのが、「無指向性平面アンテナ」という独自の平面式アンテナ。携帯電話で利用される800MHz帯のアンテナで、防湿性、

防食性、防振性、恒温性および耐衝撃性などを確保するために、密閉型のボックスに収納されています。

裏面には、マンホールふたの井桁構造を利用して計測通信装置とバッテリーが組み込まれており、計測器は、センサー直結の変換器と変換器に必要なバッテリーを納めた拡張BOXにつながる仕組みとなっています。

マンホールふた自体の耐荷重性能は、マンホールふたの公的規格である「下水道用鋳鉄製マンホールふた（JSWAS G-4）（公益社団法人 日本下水道協会）」に準拠したφ600、荷重区分 T-25の強度を基本に設計されており、一般的なマンホールふたと同等の性能を有しています。

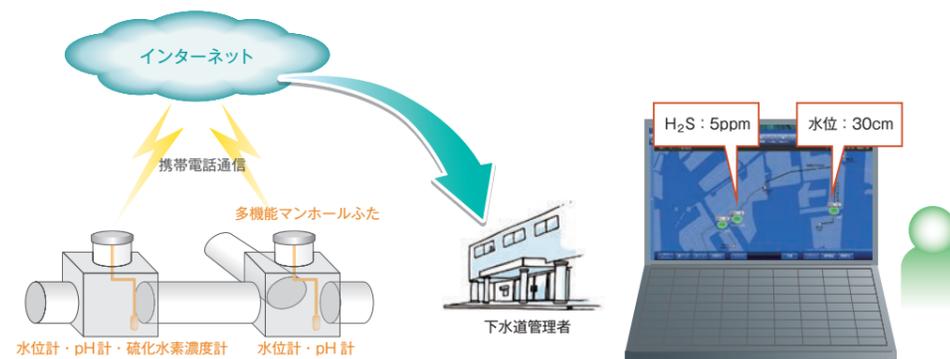


▲表面



▲裏面

多機能型マンホールふたを使ったリアルタイム送信のイメージ



■ リアルタイムでの管きよ内の“見える化”を実現

多機能型マンホールふたは、さまざまな測定器の装備が可能で、下水道管きよの水位や流量測定のほか、pHや硫化水素濃度測定、臭気測定などの環境測定にも活用することができます。

開発がスタートしたのは2012年。局地的な豪雨などによる浸水被害の増大や不明水対策などに対応していくには、下水道管きよ内の実態を的確に、リアルタイムに把握できる仕組みが必要だというニーズが、事業体の現場レベルで高まってきたからだといいます。

従来の管きよ内の状況把握の方法は、手分析やログで計測値を記録し、後日データを吸い上げるという方法が主体で、この方法では管きよ内の“いま現在”の状況を把握することができませんでした。

「下水道管路はほぼ遮へいされた空間で、いままでは、電波がうまく飛ばないなどの課題がありました。地上に接しているマンホールふたを活用することで、無線通信が可能となりました」（齋藤千穂さん）

多機能型マンホールふたは、最短10秒間隔での測定を可能とし、リアルタイムで

の管きよ内の“見える化”を実現。さらに、データ通信処理時の電力消費量を抑えるため、測定データを複数回分まとめて送信可能とするとともに、降雨状況に応じて測定周期と通信周期を任意にオンラインで変更できるようにしてあります（上図参照）。例えば、局地的な豪雨などの緊急時に管きよ内の状況をリアルタイムで知りたい場合には10秒周期で測定、一方、晴天時で急を要さない場合には1時間周期で通信というように、降雨に応じて測定・通信頻度を変更できる仕組みです。

また、管きょ内は無電源のため、電源はバッテリーに頼らざるをえませんが、この省エネ化を図るために、専用の超低消費

電力型マイコンを開発。これにより、計測や通信を行わない待機時のエネルギーの省電力化を図り、通信周期 10 分で 10 ヶ月、

通信周期 60 分なら 5 年ものバッテリーの長寿命化に成功しています。

● 多機能マンホールふたの仕様

	仕様
用途	平常時および降雨時の水位測定 pH や硫化水素濃度の測定による臭気対策など
マンホールふた強度	JSWAS G-4 φ 600 荷重区分 T-25 と同等以上
測定周期	10 秒～ 24 時間
通信周期	1 分～ 24 時間
バッテリー寿命 (通信装置のみ)	通信周期 1 分 = 1 カ月 / 通信周期 10 分 = 10 カ月 / 通信周期 60 分 = 5 年
遠隔地からの周期変更	可能 (測定・通信の周期は独立)
測定対象	水位 (pH / 硫化水素濃度も測定可能)
拡張 BOX の接続	無線または有線

■ フィールド検証でも高い評価

フィールド検証については、開発途上の段階から、東京都をはじめ地方の各都市で、進めてきました。

東京都の事例では、2013 年 9 月～ 2014 年 3 月にかけて、江東区の 2 カ所で実施。この調査は、水位と臭気と水質の 3 つの切り口から、多機能マンホールふたの実用性を確認したもので、浸水対策が必要な場所以外に臭気が問題となる圧送管路やビルの地下の排水槽 (ビルピット) などの悪環境に設置して、リアルタイムでの硫化水素のガスモード

計測を行ったほか、pH 値が高くなる工場の排水路にも設置して、水質調査への効果を確認しています。

「事業体の方からは、不明水の挙動を知りたい、合流管の雨対策工事後の効果を測定したいなどのニーズがあり、実際に北陸や九州の都市でも検証実績があります。管路情報の遠隔からのリアルタイムでの収集と、幅広い用途について高い評価を得ました」(中島満浩氏)

今回取材した明電舎は、1897 年 (明治 30 年) 創業の電機メーカー。1922 年

(大正 11 年) に東京都の三河島污水処分場に電気設備を納入したのを起点に、90 年以上にわたり、下水道施設内の受変電設備、監視制御設備などを中心とした電気設備製品および関連サービスを事業体向けに提供しています。

「当面は管路施設での適用を進めてまいります。将来的には施設運用での活用も視野に入れて技術改良を継続していく考えです」(森竜也氏)

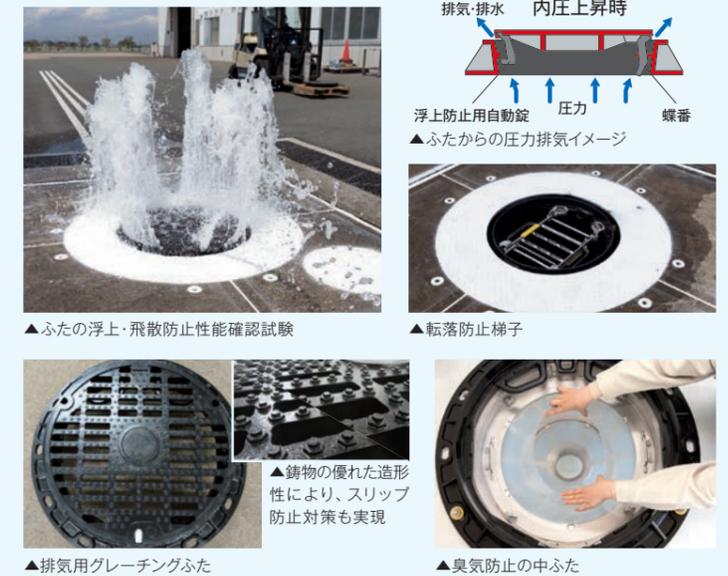


豪雨時におけるマンホールふたの安全対策技術

多発する局地的豪雨などにより大量の雨水が一気に下水道管に流れ込むと、マンホール内の水位が急激に上昇し、その水圧や空気圧でふたが浮上・飛散する現象が起こります。これらを未然に防ぐための対策技術の動向についてご紹介します。

マンホールふたの浮上・飛散対策として、「ふたを一定の高さまで浮上させ、そのすき間から圧力を開放することで飛散を防止する構造」が標準規格となっています (JSWAS G-4「下水道用鋳鉄製マンホールふた」)。また、万が一、ふたが外れた時の対策として、「転落防止梯子」を装着することで人の転落を防ぐ対策も行われています。

一方、より大きな水圧や空気圧の発生により、ふた周辺の舗装の持ち上がりや、損壊減少なども発生しています。こうした大きな排気能力が求められる箇所においては、ふた表面に開口部を広く設けた排気能力の高いふたの設置や換気口の設置などが有効となっています。また、ふたの開口部を広くすることで発生する臭気への対策として、中ふたも登場しています。



IC タグを活用した管路管理の効率化技術

マンホールふたに IC タグを内蔵させ、施設情報を記録させることで、維持管理の効率化を図る取り組みが行われています。この技術は、スマートフォンなどに専用アプリをダウンロードして利用できる仕組みで、従来のような情報を読み取るための専用端末が不要なため、広く活用が期待されている技術です。今後の維持管理のあり方を変える可能性を秘めた IC タグを活用した技術についてご紹介します。

本技術は、現地のマンホールふたに取り付けた IC タグにスマートフォンなどの端末をタッチするだけで管路情報を簡単に読み書きでき、作業結果を USB ケーブルや SD カードを介してオフィスのパソコンに取り込んで管理できるシステム。日常の巡視点検業務の効率化が図れ、災害時の現状把握もスムーズ&スピーディに行える仕組みです。

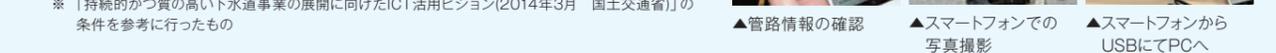
この新技術は、(公社)日本下水道管路管理業協会の新技術支援制度のもと、福岡県春日市をフィールドに実証を行い、新技術 (認定第 11 号) に認定されています。

● 新技術の実証結果 (維持管理業務でのコスト削減効果)

実フィールド検証結果をもとにしたシミュレーション^(※)において、従来の下水道管きょ調査手法に対して、下記の効果が確認されています。

- ① 日常点検において約 16% のコスト削減効果があった
- ② 災害時の緊急一次調査ではコスト・工期とも約 1 / 2 になった
- ③ ミス防止や調査の利便性向上、住民サービス向上につながる

※ 「持続的かつ質の高い下水道事業の展開に向けた ICT 活用ビジョン (2014 年 3 月 国土交通省)」の条件を参考に行ったもの



ストックを活用した きめ細かな 都市浸水対策のための研究

都市浸水対策における「既存ストックの評価・活用」に対する国の現在の取り組みと、今後の新たな展開について国土交通省の小川様より寄稿いただきました。

国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部流域管理官付 流域下水道計画調整官
(前 国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室長)

小川 文章氏



小川 文章 (おがわふみあき)
兵庫県出身。京都大学大学院修了。平成5年建設省(現 国土交通省)入省。国土交通省下水道事業課課長補佐、福山市建設局参事、近畿地方整備局都市調整官、国土技術政策総合研究所下水道研究室長を経て平成27年5月より現職。

1.はじめに

近年、時間最大50mmを越える局地的豪雨が全国各地で頻発しており、これによる浸水被害も各地で多く発生しています。筆者は中国地方の中核都市に出向していたことがありますが、その間に時間雨量100mm前後の豪雨を3度経験したことがあります。そのうち一度は明け方に発生し、大きな雨音で目が覚め、服を着替えて自宅を出て役所に着く頃にはピークが過ぎ小降りになっていました。その直後から役所の電話は鳴りっぱなしになり、市民対応に追われました。

私が子供の頃は局地的豪雨は「夕立」と呼ばれ、上昇気流の強まる真夏の午後には発生するものでしたが、最近では未明

から明け方にかけて比較的気温の低い時間帯でも発生するようになってきました。中には排水区内の管路内流下に沿って雨域が移動する場合もあり、管内の流量が急激に増加してポンプ場の操作が間に合わず、都市内の中小河川はあふれてしまいます。さらに各世帯では土のうの準備が間に合わず、自家用車などを避難させる間もないため、昼間に発生する豪雨に比べて被害額が大きくなる傾向にあります。最悪の場合、就寝していたため逃げ遅れて人命にかかわることにもなります。近年の豪雨の頻発原因については、地球温暖化や都市のヒートアイランド化による上昇気流の活発化などが挙げ

られていますが、まだ研究途上です。

また、都市浸水被害の頻発の原因として、貯留機能を有していた田畑などの減少や土地利用の変化による流出率増加なども挙げられます。昨夏には三鷹市の周辺で大粒の雹が降り、木々の葉を落として道路側溝の雨水ますのグレーチングふたを閉塞させ、大きな浸水被害をもたらしました。TVニュースの録画では、1mほど浸水した道路において、人が手探りで側溝をふさいだ落ち葉を取り除いた瞬間、溜まった雨水が側溝のますの中に流入していく様子が映っており、実現象を詳細に把握することができました。

2.ストックを活用した都市浸水対策機能向上のための新たな基本的考え方

本格的な維持管理の時代を迎えた今後の下水道事業における浸水対策では、整備された雨水幹線等をストックとして捉えた上で、最大限活用していくことが重要です。さらには他事業の施設と連携することにより、計画を上回る降雨に対して、限られた財源の中で大きな効果を粘り強く発揮し、早急に被害を軽減する

という新たな思想を導入する必要性が生じています。このため、平成25年夏に「ストックを活用した都市浸水対策機能向上検討委員会(委員長:古米弘明 東京大学大学院教授)」が設置され、筆者も委員として参加し、平成26年4月に基本的考え方(以下、「考え方」)をとりまとめました。「考え方」では、まず、下水道事業に

おける浸水対策の現状の課題として、全国的に局地的豪雨(いわゆるゲリラ豪雨)が発生する可能性があるにもかかわらず、十分な浸水対策事業が実施されていないと述べています。そして、事業を実施していくためには、限られた財源の中で既存ストックを活用しつつ、下水道管理者がスムーズに導入可能な新たな

思想を構築し、展開していく必要があるとしています。その上で、浸水対策の計画、設計、施工、維持管理、災害対応のそれぞれをつなげるマネジメントを体系化し、施設情報や観測情報を蓄積し分析することにより、既存の施設ストックを最大限活用す

るという思想への転換を強調しています。具体的には、「合理式等に基づく計画雨水量を管路内において自由水面より自然流下させる」という従来の計画手法を活かしつつ、ストックの弱みと強みを評価した上で、計画を上回る降雨に対して、

きめ細やかな対策による被害の軽減を図ることを提案し、その際の留意事項と取組事例について示しています。詳しくは下記ホームページをご覧ください。

<http://www.mlit.go.jp/common/001035462.pdf>

3.国土技術政策総合研究所における関連研究

国土技術政策総合研究所下水道研究室(以下「国総研」)では、2で述べた「考え方」も踏まえ、本省、地方公共団体、他関係機関等と連携し、以下のような都市浸水対策に関する研究を行っています。

3-1 近年の研究成果

(1) 不定流解析モデルを用いた浸水解析のキャリブレーション手法に関する考察

不定流解析を行う際に用いるパラメータ(流出係数、流入時間等)が、施設設計時の重要な値である流量項目値(総流量、ピーク流量、ピーク発生時刻など)に与える影響度、パラメータの誤差が施設規模や対策効果に与える影響度等について分析するため、実際の排水区をモデルとして、2ケース(バイパス管接続、

貯留施設設置)の対策を行った場合の感度分析を行いました<図1>。その結果、両ケースとも、流量項目値のうち総流出量とピーク流量については流出係数のパラメータの影響が大きいこと、ピーク発生時刻については流入時間のパラメータの影響が大きいことがわかりました。また、パラメータの誤差が施設

規模や対策効果に与える影響が最も大きいのは流出係数でした。このことから、下水道のように比較的狭い排水区において施設設計を行う場合には、流出係数の正確な設定が重要であることがわかりました<図2>。

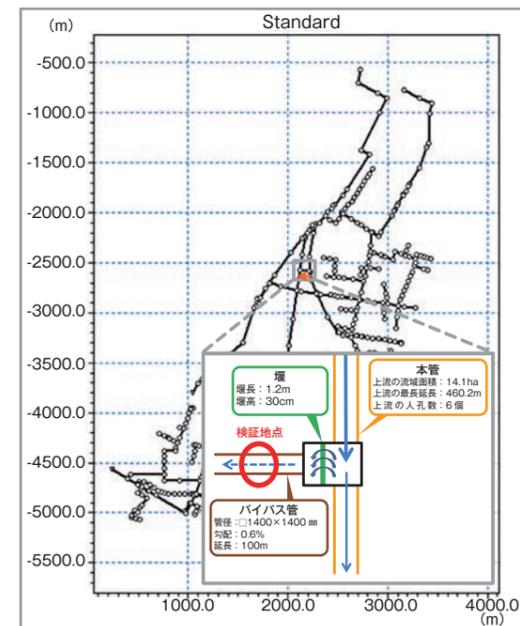


図1: 分析に用いた排水区モデル(バイパス管接続のケース)

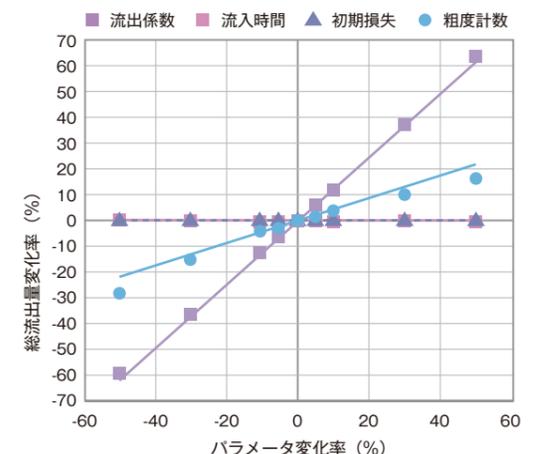


図2: 総流出量変化率(バイパス管接続のケース)

(2) 豪雨の増加が都市雨水対策に与える影響に関する研究

降雨特性の変化に伴い、既存の対策だけでは豪雨による浸水に対応できなくなる可能性があることから、気象庁の降雨データを用いて、今後50年間に

おける全国的な最大降雨量の変化率を推測するとともに、10分間最大降雨量、60分間最大降雨量の将来的な増減傾向を分析しました。また、シミュレーション

により、降雨強度の増加が既存の浸水対策に及ぼす影響について調べました。その結果、50年後の5年または10年確率の10分間・60分間降雨強度は、

現在の強度に対して、最大で1.3~1.4倍程度増加する可能性があることがわかりました<図3>。また、下水道の幹線と枝線では、必要な排水性能が異なってくるのがシミュレーション結果から明らかとなったため、今後の雨水管の設計・整備においてはその点に留意する必要があります。

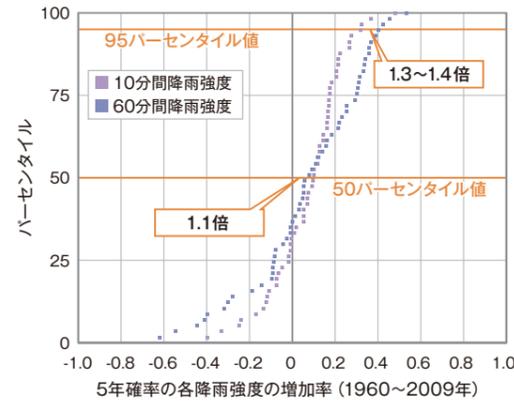


図3: 全国57気象台における10分・60分間降雨強度の増加率(5年確率)

(3) 豪雨強度増加時における効果的な都市浸水対策に関する研究

上記(2)の成果をもとに仮想排水区を設定し、浸水シミュレーションを行い、降雨強度の増加が既存の浸水対策に与える影響について分析しました。面積の異なる2タイプの仮想排水区に、(2)の研究で得られた将来降雨強度(最大1.3~1.4倍増加)の雨を3パターンで降らせ、ポンプ施設、浸透施設、貯留管などを整備する場合の費用対効果や整備期間を定量化し、総合的に評価しました<図4/表1>。

評価の結果、将来降雨強度が増加した場合でも、降雨特性や排水区特性によって

とるべき対策が異なってくるという結論が得られました<図5>。このことは、効果的な浸水対策を実施するためには、将来の降雨や排水区の変化をできるだけ正確に予測することが重要であり、降雨の時空間分布や管内の水位情報を継続的に計測し蓄積していくことが重要であることを示唆しています。

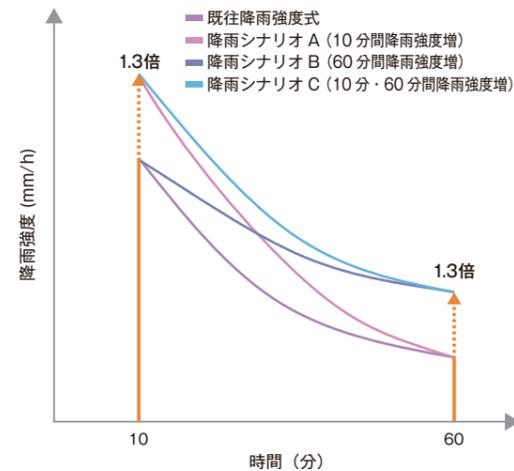


図4: 降雨シナリオのイメージ(3パターン)

シナリオ	内容
浸透施設の設置	浸透施設の設置面積割合 75%
	浸透施設の設置面積割合 50%
	浸透施設の設置面積割合 25%
	浸透施設の設置面積割合 0%
貯留管及び流下管の設置	貯留管負担率 100%、流下管負担率 0%
	貯留管負担率 75%、流下管負担率 25%
	貯留管負担率 50%、流下管負担率 50%
	貯留管負担率 25%、流下管負担率 75%
	貯留管負担率 0%、流下管負担率 100%

表1: 施設設置シナリオ(20通り)

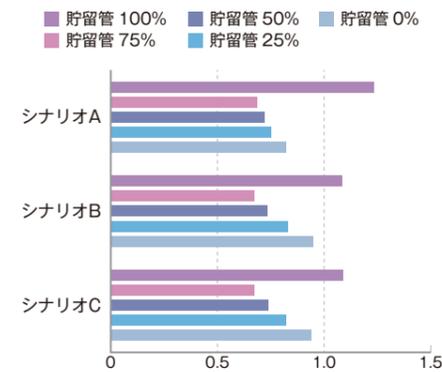


図5: 評価結果の例(浸透施設の設置面積割合25%の場合)

(4) 効率的な都市雨水対策推進に関する研究

既存のストックを最大限に活用した浸水被害軽減手法が求められていることから、既存計画が持つ能力や特性を評価し、既存施設の効率的活用による被害軽減手法を提案するための研究を開始しました。具体的には、全国の26都市を対象として、降雨の発生要因(雷雨性・台風性等)別に降雨強度式を

作成し、既存の計画降雨強度式(既存計画)と比較することにより、現計画の能力や特性を分析しました。

分析の結果、近年の降雨特性も考慮して作成し直した降雨強度式が既存計画に用いた式を上回って(グラフでは上方に位置)おり、特に雷雨性降雨の強度式が既存計画の式に近似して

いる場合、局部的豪雨に対する排水能力に余裕が少ないこととなります<図6/図7>。この場合、浸水被害発生可能性が高くなることから、追加対策について検討する必要があると考えられます。当該研究は、今後も継続する予定です。

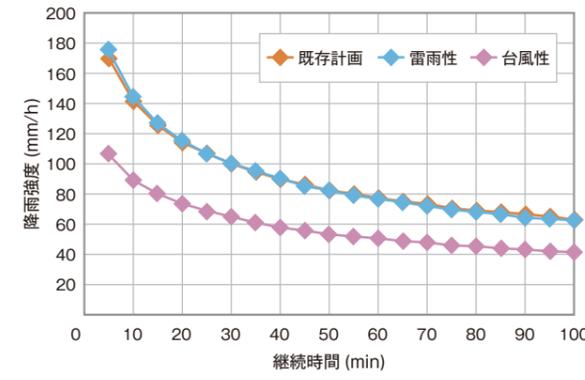


図6: 降雨要因別降雨強度式との比較(M市)

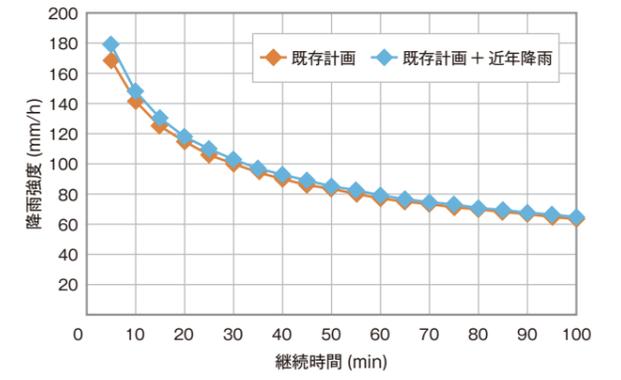


図7: 近年降雨を加えた降雨強度式との比較(M市)

(5) 改良型雨水ます及びふたに関する排水性能調査

2.で述べたストックを活用した都市浸水対策機能向上検討委員会では、委員の一部から「雨水管の流下能力には余裕があるにもかかわらず、雨水ますの位置や大きさ、落葉等によるますふたの閉塞等により、降雨が管内に入らずに浸水する事例が散見される」との指摘がありました。冒頭で触れた三鷹市の事例もその一つと言えます。

国総研においても、平成26年から雨水ます及びふたの排水性能に関する現地実験を行っています。実験では、通常の鋼製グレーチングふたと落葉対策を施した改良ふたを実際のますに設置し、同一条件で雨水の流入性能を比較しました。さらに、ます本体についても、落葉などのゴミ類が堆積し、取付管接続部が閉塞するプロセスを実験で再現し、新開発したインパートの設置効果について検証しました<写真1>。



写真1: 新開発したインパートの設置状況



写真2: 鋼製グレーチングふたと改良型雨水ますふたの堆積状況(流出量ピーク値 2.6ℓ/s)

実験の結果、改良ふたは鋼製グレーチングふたのような閉塞が生じないため、流下阻害がほとんど起きず、流量比で2.5~3.2倍の排水能力が得られることがわかりました<写真2/図8>。また、新開発したインパートの設置により、取付管接続部が閉塞せず、排水能力を維持できることもわかりました。

このように実際の現象を詳細に観察

し、適切な方法を採用することにより、大きな費用と時間をかけなくても、効果的な対策を実現できる可能性があることがわかりました。国・地方とも財政状況が厳しく、既存ストックを最大限活用した効率的な事業実施が求められていることから、このような低コストな技術についても、設計指針の中に位置付け、積極的に採用していくべきと考えます。

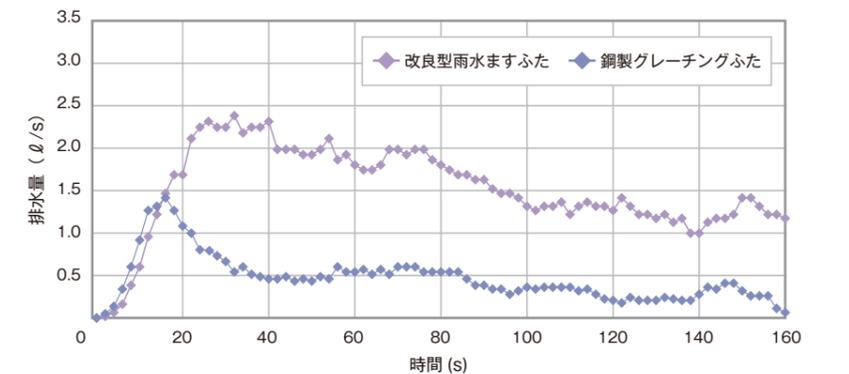


図8: 流出量ピーク値2.6ℓ/sでの排水量の比較

3-2 下水道革新的技術実証研究(B-DASHプロジェクト)

(1) ICTを活用した浸水対策施設運用支援システムに関する技術実証

近年、ICTが著しく進歩し、社会インフラ分野においても積極的な導入が

図られています。都市浸水対策分野においても、これまでに高精度レーダー、

高速流出解析ソフト、センサー類などが開発されてきており、コストも低減して

いることから、今後一層の導入促進が期待されているところです。国では、革新的技術実証研究（B-DASHプロジェクト）の一環として、平成26年度から浸水対策技術の実証を行っており、第1号として広島市江波地区において研究を実施しています（図9／図10）。

本研究では、全長約4kmの光ファイバーを下水管内に布設し、光水位計、光ファイバー雨量計、光給電カメラを接続し、リアルタイムの雨量情報提供システムを構築することにより、降雨・水位等の検知、情報の伝達、情報の分析と判断などを行い、既存の浸水対策

施設の能力を最大限に生かした運転管理を実施しようとしています。平成26年度は施設設置と試運転を行いました。平成27年度は通年観測を行い、実際の降雨や浸水現象を捉えることにより、システムの実用性評価を行い、ガイドラインを策定する予定です。



図9: 実証箇所（広島市江波地区）

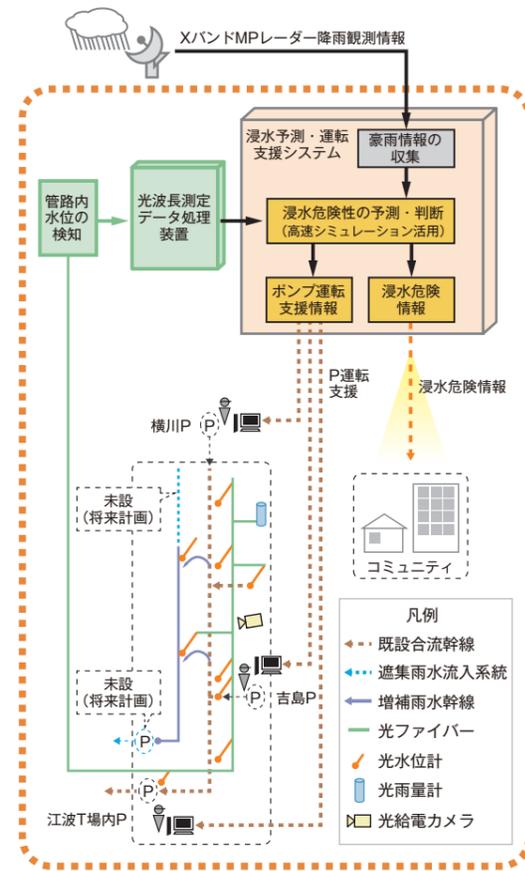


図10: 実証技術のシステム図

(2) 都市域における局地的集中豪雨に対する雨水管理技術の実証

下水道のような比較的面積の小さな排水区では、豪雨が排水能力に及ぼす影響が大きいと考えられていますが、この点を確認するための観測・予測手法や減災手法の体系化・システム化は十分ではありません。このため、平成27年度の革新的技術実証研究（B-DASHプロジェクト）では、浸水対策技術の2つ目のテーマとして、小型レーダーを用いた豪雨の予測技術、短時間降雨予測技術、高速

流出解析によるリアルタイムでの浸水及び管内水位予測技術等を組み合わせた情報配信システムの実証を行い、降雨・浸水予測精度の向上と自助共助活動の支援の可能性について評価することとしました（図11）。

本研究では、福井市と富山市の2都市において、XRAINで用いられているレーダーよりも小型かつ安価で観測メッシュの細かい市販レーダーを複数台用い、

降雨予測や流出解析を行い、その情報を広く提供したり、施設の運転操作を支援することによる被害低減効果について評価し、ガイドラインを策定する予定です。

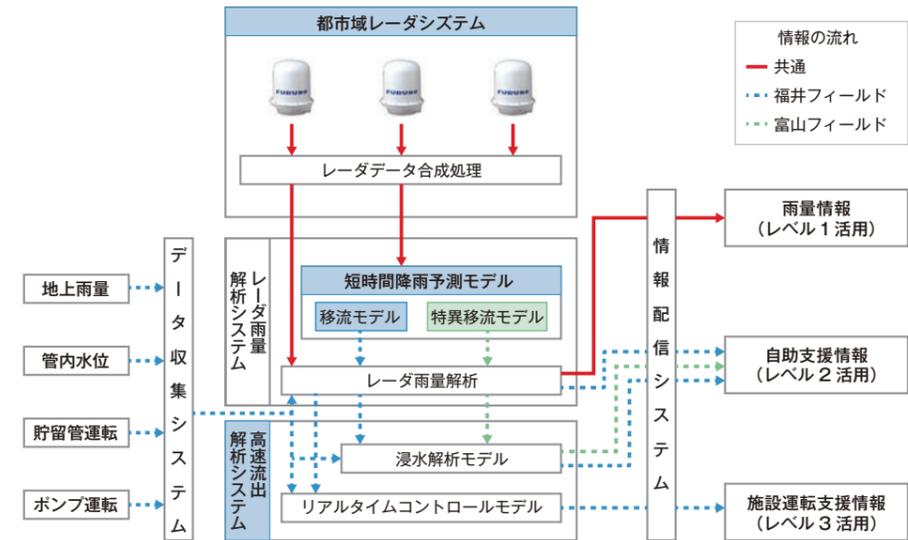


図11: 実証施設のシステム図（福井市、富山市）

4. 今後の下水道事業における都市浸水対策の新たな展開

国土交通省では、昨今の社会経済情勢の変化に対応した管理運営時代の新たな下水道の政策体系を示すため「新下水道ビジョン」（以下、「新ビジョン」）を策定することとし、（公社）日本下水道協会と共同で、平成25年10月に「下水道政策研究委員会」（委員長：花木 啓祐 東京大学大学院工学系研究科教授）を設置しました。委員会での審議及びパブリックコメントの結果を踏まえ、平成26年7月に新ビジョンが公表されました。新ビジョンにおいても浸水対策は重要な柱の一つとされており、特にICT時代を意識して「雨水管理のスマート化」が強調されています。

具体的には、ビジョン達成のための中期目標として、「ハード」「ソフト」「自助」を組み合わせて浸水被害を最小化するため、効率的な事業の実施を目指しています。その上で、国は、浸水リスクの高い地区の対策を早期に実施するため、制度や費用

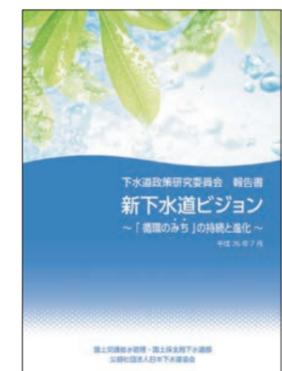
負担制度について検討するとともに、新技術や計画策定手法について開発研究すべきとされました。

さらにこれを受け、国土交通省では平成26年度後半から「社会資本整備審議会河川部会下水道小委員会」を開催し、平成27年2月に「新しい時代の下水道政策について」答申がなされました。答申では、今後概ね5年以内を目途に実施すべき施策として、都市部における浸水被害の軽減が挙げられており、具体施策として、民間による雨水貯留浸透施設の設置、下水道管理者による民間雨水貯留施設の管理の促進、内水浸水想定

の作成や管内水位情報を水防管理者等に周知する制度の導入、雨水排除に特化した公共下水道の実施、管内水位の観測データ等の情報基盤の整備推進などが掲げられています。

平成27年5月、答申に盛り込まれた施策を反映させた水防法等の一部改正案が

国会で審議され成立しました。本改正では、水防法に新たに内水浸水である「雨水出水」を定義付け、浸水想定区域や水位情報の提供について規定されました。また、下水道法においては、雨水事業単独で実施可能な雨水公共下水道の新設や民間貯留施設への補助を実施できるようにするとともに、日本下水道事業団法も改正し、地方公共団体の補完組織として雨水事業も広範囲に実施することができるようになりました。



5. おわりに

わが国において近年急激に顕在化してきた局地的豪雨による都市浸水被害に対処するためには、より幅広い知見と技術開発が必要です。既に政令指定都市などの大都市を中心に実施されている対策

事業は一定の効果を上げていますが、今後はより規模の小さな都市においても同様に効果的な対策を実施できるよう、既存ストックを最大限活用したり、ICTの活用や既製品の改良などによる低コストな

技術を研究開発していくことが必要であると考えます。このためには、産学官が連携し、降雨や浸水現象を正確に把握分析した上で、研究開発や事業を進めていく必要があると思います。

鑄物の仕事師

小田部鑄造株式会社 おんいものし 御鑄物師
小田部 庄右衛門氏



日本で唯一、菊の紋章の使用を許された 800年続く梵鐘製造元の37代目

茨城県の筑波山麓、桜川市真壁町にある小田部鑄造株式会社は、鎌倉時代の建久年間から800年も続く梵鐘の製造元。

現在は、37代目となる小田部庄右衛門さん（代々襲名）が、「勅許御鑄物師」という特別な称号を与えられた家業を引き継ぎ、伝統の技を、工夫で進化させながら現代に伝えています。

梵鐘づくりは、1本1本が多く工程を要する手づくり作業で、同じものはありません。

小田部さんは、「年に4~5本の受注が限度」という丁寧な仕事で、発注元である全国の寺院に、美しい鑄肌と音色にこだわった、小田部鑄造ならではの梵鐘を届けています。

小田部 庄右衛門 こたべしやうえもん

1971年、茨城県生まれ。国立高岡短期大学（現富山大学）金属工芸科卒業。3人兄妹の長男だったため、小さな頃から先代の梵鐘づくりを手伝っていた。高校2年のときに先代が死去し、家業を継ぐ意思を固めた。短大卒業後、岩手県盛岡市の鉄瓶工房で修業し、小田部鑄造に戻る。25歳で37代目となり、現在にいたる。



▲ 小田部鑄造の風格ある佇まい。180年ほど前の天保3年の築とのこと

「勅許御鑄物師」の称号を37代にわたり継承

わが国の鑄物業の発祥の地は、河内国丹南（現在の大阪府南河内郡）といわれています。中世の頃、この地には「御鑄物師」と呼ばれる鑄造の専門集団が定住し、高度な技術・技能を親から子へ、子から孫へと引き継いでいました。

小田部家の祖先は、御鑄物師の中でも、「勅許御鑄物師」の称号を与えられた特別な存在でした。この称号を持った鑄物師たちは、今から850年ほど前に宮中の魔除けの吊り燈籠の製造に携わり、公用の鑄造が許された108人の技術者集団だったと伝えられており、そのため小田部家は、現在も勅許鑄物師として日本で唯一、菊の紋章の使用が許されています。

御鑄物師は、その後だいに各地に移住するようになっていき、小田部家も、河内国で鑄物業を統括していた真継家の命を受けて建久年間に真壁町に移ってきました。源頼朝によって開かれた鎌倉幕府の新興武家政治の兵備の一端を担えとの命で、それ

関東地方では唯一の梵鐘の製造元

幕末の頃には、黒船撃退のための大砲も鑄造していたという小田部鑄造ですが、家業として受け継がれてきたのは梵鐘づくり。この他に半鐘や天水鉢も手がけており、いずれも関東地方では唯一の製造元となっています。

ご存じのとおり、梵鐘は寺院の大鐘のこと。梵とは印度語音訳で、神聖・清浄という意味があり、神聖な仏事に用いる鐘ゆえに梵鐘と名づけられています。

梵鐘の大半のものは銅と錫の合金の青銅鑄物で、上端に竜頭と呼ばれる環が設けられ、その下に笠形、乳の間、池の間、撞座、草の間、駒の爪といった部位があります。乳の間の“乳”と称される突起は、煩惱の数である108個が手作業で一つひとつかたどられます。池の間の天女の絵姿は、37代目がオリジナルで考案したもの。台湾のお寺から天女を入れたいと注文があったのをきっかけに、こだわりの

から800年にわたって、真壁の地に創業した小田部鑄造の伝統を守り続けてきたのです。

「私の憶測ですが、初代が真壁に移ってきた年代は、平安時代末期に真壁城が築城された年（1172年）とほぼ一致するんです。その城下町を形成するうえで、鑄物師の力が必要だったのではないのでしょうか。兵器はもちろんですが、神社仏閣に納める燈籠だったり、庶民が使う鍋釜だったり、色々なものをつくっていたと思われます。実際、茶釜をつくったという記録も残っていますので」

梵鐘の鑄造には、良質な砂と粘土が欠かせませんが、筑波山の麓にある真壁町は、その良質な砂と粘土に恵まれた土地だそうで、初代がこの地に創業したのも、それがあったからではないかと、37代目は思いを巡らせます。



デザインを考えていきました。また、草の間に見えるのが、小田部鑄造ならではの菊の紋章です。

写真の梵鐘は、工場に置いてある見本の梵鐘で、口径2尺6寸（約78cm）、重さ160貫（約600kg）。小田部鑄造では、口径2尺4寸（約72cm）のものから約1寸きざみの割合で3尺5寸（約1.06m）までの梵鐘を製品として提供しています。過去最大のものとしては、口径6尺1寸（約1.84m）、高さ10尺6寸（約3m20cm）、重さ2,000貫（約7,500kg）の大鐘もつくったことがあるそうです。



▲ 小田部鑄造の梵鐘が納められた寺院
法要寺(埼玉県鴻巣市)
2007年製造



▲ 椎尾山薬王院(茨城県桜川市)
1976年製造

着色は納めた土地の風土にまかせる

小田部鑄造では、梵鐘に着色しないことを大きな特色としています。その「お化粧しない梵鐘」は、最初は赤銅色をさらに明るくしたようなオレンジがかった色。それが年月を経て、赤みや紫、青緑を帯びていくのだそうです。現在、梵鐘の製造元は日本全国に7社ほどありますが、この製法をしているのは小田部鑄造だけです。

「時を重ねるごとに、収めた土地の風土に染まった、深みのある色合いに変化していきます。自然に付く色はとても風合いがよく、どのような色に変化していくか、先々に楽しみがあります」

着色しない梵鐘は、鑄肌が命になるだけに誤魔化しがききません。

砂と粘土で鑄型をつくり、1200度の銅と錫を流し込む(鑄込み)。その2日後、型をばらし、砂と汚れを取ると、残る作業は磨きだけとなります。鑄型が雑だと荒れた肌の梵鐘になるので、小田部鑄造では、この鑄型づくりをとて大切にしています。

「仕事のほとんどは型づくりですね。熟練の職人でも4ヶ月ほどかかります。鑄肌のきれいさではどこにも負けないという思いは強くあります」

細かな装飾部分である竜頭、池の間の天女の絵姿、碑文の文字も、精緻な手作業で丹念にかたどっていきます。ちなみに碑文の

文字は、梵鐘を納める先のご住職の直筆のものが使用されるそうで、鑄型が完成した後の鑄込みも、ご住職がお経を唱える前で行うのが慣例となっています。

「鑄込みのタイミングや型の位置が少しでもずれると、鐘の厚みが均等でなくなり鐘の音色が狂ってしまいます。型を外して、ためし撞きをしてみるまでは安心できません」

小田部鑄造の梵鐘づくりのペースは年に4本~5本で、1つの梵鐘を4ヶ月~半年、ものによっては1年かけてじっくりと仕上げていきます。こうした手間を惜しまない姿勢と仕上がりが評価され、仏具屋を通さない完全受注生産にもかかわらず、口伝えや紹介で引き合いは絶えないそうです。また、全国の製造元と比較された結果として、小田部鑄造が選ばれるケースも少なくありません。その中で、こんなエピソードを語ってくれました。

「北海道のお寺に初めて納めた時のことですが、その副住職さんが全国の製造元をすべて訪ね歩かれ、写真を撮って、音色を聴いてということをやリ、その資料を持ち帰って檀家さんの会議にかけたんです。その結果、うちの梵鐘が満場一致で選ばれて、非常にうれしかったことを今でもよく覚えています。決め手は仕上げの質と音色でした」

長く余韻が残るこだわりの音色

この話からもわかるように、小田部鑄造では梵鐘の音色にも強いこだわりを持っています。鐘の音は通常、サイズが大きいほど低く、小さいほど高くなりますが、これに加え、銅と錫の配合比、厚みのとり方も音色の違いの大きな要素だといえます。

「これが小田部の音色という目安はあります。以前、全国の梵鐘の音色を計測されている方がおられて、うちの鐘も計測してくださいましたが、その専門家が言うには、小田部の鐘の音は低くて余韻が長い、都会にはちょっと向いていないかな、と(笑)。都会では余韻が短いほうが好まれるのだそうです」

銅と錫の配合比は、先代の教えを基本に、発注先の要望に応じて自分なりにアレンジしているとのこと。他の金属を混ぜれば鑄込みはしやすくなりますが、音色が変わってしまうため、銅と錫

のみを使用しています。また、厚みもすべてが均一ではなく、厚くする部分と薄くする部分を、職人の手の感触で微妙に調整することで響きの良さを出すのだそうです。

「味に好みがあるように、音にも好みがありますので、すべての人を満足させるのは難しいですが、それでも、10人が聴いたら10人に近い人に納得していただけるような、小田部独自の音づくりを、試行錯誤しながら目指しています」

取材時に、見本の鐘を檜とシュロの木でできた鐘木で撞かせてもらおうと、鐘の響きは音が小さくなっていったから続き、1分以上も余韻が残りました。梵鐘の命は永遠と思われがちですが、やはり金属のため、撞くことで金属疲労を起こし劣化していきます。心を打つ鐘の音は、まさにその命の音なのです。

梵鐘づくりの工程 >>

① 型づくり



小田部鑄造の梵鐘の型は現代では珍しくなった砂型。梵鐘の半分の大きさの木型を回転させて砂と粘土で外型をつくり、その内側に撞座や池の間の天女の絵、文字を凹型にした鑄型などをはめ込んでいく。上部には「乳」と呼ばれる突起を108個付ける。

② 鑄込み



梵鐘づくりで最も緊張するという、型に銅と錫の合金を流し込む鑄込み。このタイミングや型の位置が少しでもずれると鐘の厚みが均等でなくなり音色も狂ってしまう。

③ 型ばらし



鑄込みの2日後、鑄型を取り外す。土でつくった型を壊してしまうため、同じ梵鐘がつかれることはない。

④ ためし撞き

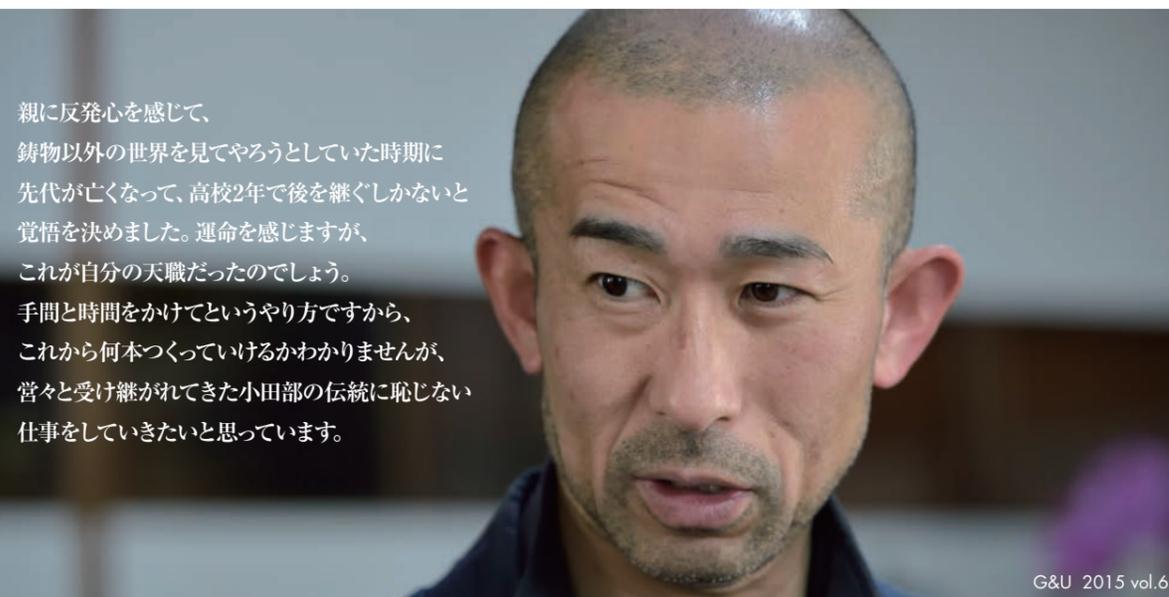


まだ土が着いているうちに音色を確認するために行う。

⑤ 完成



ためし撞きの10日後に土や汚れを取り除き、「お化粧しない梵鐘」として完成品に。



親に反発心を感じて、
鑄物以外の世界を見てやろうとしていた時期に
先代が亡くなって、高校2年で後を継ぐしかないと
覚悟を決めました。運命を感じますが、
これが自分の天職だったのでしょう。
手間と時間をかけてというやり方ですから、
これから何本つくっていくかわかりませんが、
営々と受け継がれてきた小田部の伝統に恥じない
仕事をしていきたいと思っています。

Storytellers

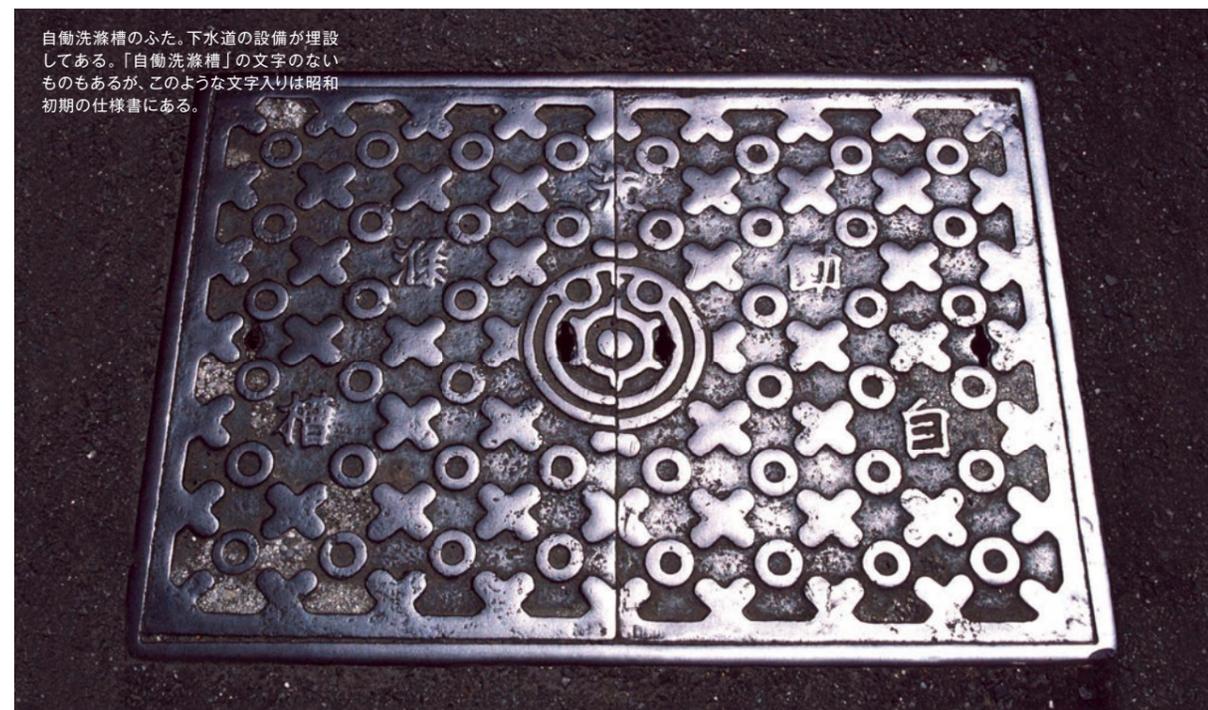
マンホールふたの語り部たち

路上の “目立たない造形美” を追って

日本のマンホールふたは、下水道だけでも1,400万個あるといわれています。最近では、マンホールふたの表面をデザイン化したデザインマンホールふたも登場し、マンホールふたのファンが増えています。これより遥か以前の1970年代初めにその存在に魅力を感じ、以来、国内はもとより欧米にまで足を伸ばし、観察と研究を続けてきた林丈二さん。多くのマニアが認めるマンホールふた研究の第一人者です。



芝浦分譲地のふた。大正8年にこのあたりが埋め立てられ工場や倉庫の用地として分譲された際に設置されたと考えられる。



自働洗滌槽のふた。下水道の設備が埋設してある。「自働洗滌槽」の文字のないものもあるが、このような文字入りは昭和初期の仕様書にある。

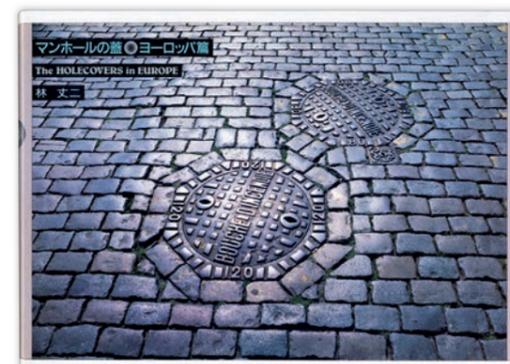
日本全国と欧米を歩いて3万種近くをコレクション

林さんがマンホールふたに興味を持つようになったのは、武蔵野美術大学でデザインを勉強していた1970年のこと。古本屋で買った「インダストリアル・デザイン」という雑誌にマンホールふたが特集されているのを見たのがきっかけだったそうです。

「デザインの勉強の一環として、街の中にデザインされているものを片っ端から見るという作業をやっていて、知らず知らずのうちにマンホールふたも意識するようになっていたんです。そんなときに目にしたのがこの特集でした」

それからはマンホールふたを写真で記録するというコレクションに没頭。面白いマンホールふた、珍しいマンホールふたを求めて日本全国津々浦々、さらには欧米にまで足を伸ばし、これまでに3万種近くの写真を撮りためてきました。

▶初出版となった「マンホールのふた」。母上の死をきっかけに、一生のうちに1冊は本を出したいとの思いにかられて出版を決意したそうです。



▲2年後の1986年に出版された「マンホールの蓋 ヨーロッパ篇」(サイエンティスト社)。日本のマンホールふたは、欧米の影響を受けながら発展してきた経緯がある。1984年に日本篇を出版したのち、自宅でヨーロッパ篇の写真の映写会を開いたことで人の輪が広がり、路上観察学会が発足した。

マンホールふたをきっかけに「路上観察学会」が誕生

そんな林さんが、学生時代からのコレクションを一冊にまとめて世に出したのが、「マンホールのふた・日本篇」(サイエンティスト社/1984年発行)という本です。

この本に興味を示した編集者の依頼で書評を書いたのが、随筆家、作家として著名だった赤瀬川原平さん(2014年10月没)で、これがきっかけとなって人のつながりを生み、2年後の1986年に結成されたのが、「路上観察学会」です。

赤瀬川さんを中心に、林さん、藤森照信さん(東京建築探偵団)、南伸坊さん(イラストレーター・ハリガミ観察家)、松田哲夫さん(編集者)の5人で発足し、その後、とりみきさん(漫画家)、荒俣宏さん(作家・博物学研究者)などのメンバーを増やしてきました。それまで孤高のコレクターだった林さんが、自らが確立したマンホールふたというジャンルで、一躍世間に知られるようになったのです。

「路上観察学会とは、あちこちの路上を歩いて、その周辺にあるものを何でも面白がったり、不思議がったりしようという集団

です。私がマンホールふたの観察を始めたのもそうですが、路上観察には宝探しの感覚で、隠れた貴重な文化遺産の発見者になる楽しみがあります」

ちなみに、林さんのマンホールふた探しは、昔の資料調べから始まるそうです。

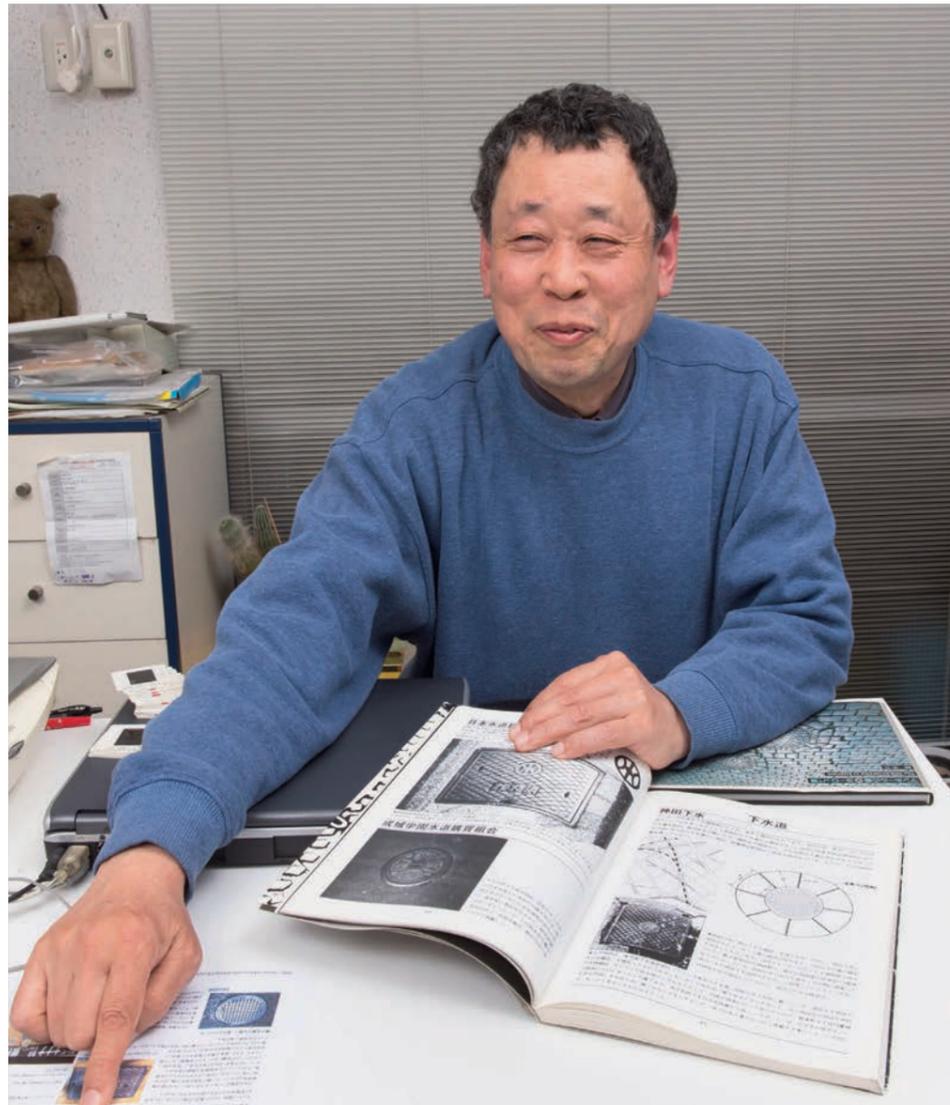
「例えば下水道なら、行きたいと思う都道府県の下水道史を探します。それで歴史を調べたり、地図で場所を調べたりして向かうんです。資料を探す作業からがすでに面白いんですね」

Profile



イラストレーター・エッセイスト・路上観察学会会員

林 丈二氏



林 丈二

(はやしじょうじ)

1947年、東京生まれ。武蔵野美術大学卒業。1972年、大学卒業後にサンリオに入社し、スヌーピーのキャラクター・デザインを担当。1977年退社し、フリーとなる。子供の頃から調査マニアで、穴開きブロックのパターン、都内各駅切符のパンチ屑など、瑣末なことにも探究の目を向ける。マンホールふたの研究、絵葉書収集をはじめ、看板、装飾、彫刻、狛犬などのデータを独自の視点で捉えた文章と写真・イラストの作品を次々と発表。デビュー作となる「マンホールのふた」(サイエンティスト社)のほか、「目玉の散歩ノート」(河出書房新社)、「街を転がる目玉のように」(筑摩書房)、「路上探偵事務所」(毎日新聞社)、「イタリア歩けば」(廣済堂出版)、「がらくた道楽」(小学館)など著書多数。明治文化研究者としての顔も持ち、明治の新聞記事から動物の珍事件を収集・分析した「東京を騒がせた動物たち」(大和書房)の著書もある。

目立たないものが放っている光に気づくことが大事

読者の方々の役に立てばと、林さんに路上観察の楽しみ方を聞いてみました。

「街の中には、目立つものと目立たないものがあります。目立つものは強い光を放っていますからすぐ目に飛び込んできますが、目立たないものは微かな光しか放っていませんから、それに気づいてあげないといけません。実は、そういうものの中にこそ、面白いものが多いんです。マンホールふたも地味で目立たない存在ですが、じっと観察していると、ふたからのメッセージを感じることができるんです。先ほどの歴史の話もそうですが、デザインにも、例えば“すべりにくくする”ための、意味のある工夫がいろいろとされています。そのデザインを考えた職人さんの愛情が伝わってくるんです」

最近では、その都市の名物や観光名所などをデザイン化した、目立った形のマンホールふたが多く登場して、熱心なファンを集めているそうですが、林さんはこうした風潮に対して、こんな持論を語ってくれました。

「私がマニアになった頃のマンホールふたは、なるべく目障りにならないようにつくってあって、そういう控えめな職人技で勝負しているところが好きでした。環境デザインの面から考えても、路面の一部としてさり気ないものであるべきではないでしょうか。目立つふたがすぐに飽きられるようなものだったら、逆に目障りになってしまう心配があります」

林さんのもうひとつの心配は、古き時代のマンホールふたが、新しいものに世代交代していること。2003年にマンホールふたの耐用年数の目安が車道部で15年、その他で30年に設定されたからです。

「安全のためには仕方のないことですが、やはり寂しさを感じますね。愛着あるマンホールふたの貴重な歴史を、後々に残していかなければいけないとの使命感がありますね」

右ページで紹介しているのは、膨大なコレクションの中から、和洋を問わず、ご本人に選んでいただいた「お宝」の9点。1枚1枚からのメッセージを感じ取ってください(解説も林さん)。



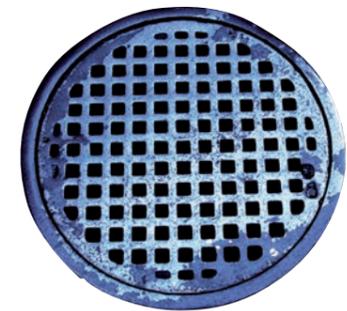
「荒玉水道消火栓」
北区田端新町三丁目にて

それまでデザインにだけ注目していたところ、この「荒玉水道」のふたに出会い、ふたのことから、それらをつかさどる事業体の歴史にも興味を持つようになったきっかけになったふた。



「京都市下水道、大正二年」

出来たばかりの路上観察学会、最初の合宿で見つけた「大正二年」の年号のあるふた。おそらく日本のふたで年号のあるものでは、今のところ一番古い。



「神田下水の格子蓋」

拙著「マンホールのふた(日本篇)」発行までに見つからなかった「神田下水」のふた。実際そうであれば、東京で最古のものだったと思うが、下水道局に報告をしようともたもたしているうちに撤去されてしまった。



「上海のふた」

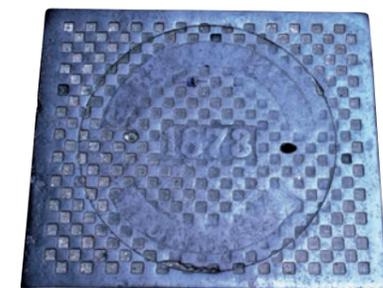
長崎市大浦町「旧イギリス領事館」内

下水道敷設初期の時代は、外国から直接、ふたが輸入されていたようだ。これはイギリス仕様の上海製。



「石炭孔蓋」
ロンドン

イギリスでは建物の暖房用に石炭を使用していたので、家の前の舗道に、地下室に直結する管のふたがある。業者はここから石炭を流し込むようになっている。ガラスは地下室の明かり取りの用を足している。



「1873年の年号」
ハイデルベルク(ドイツ)

外国には設置した年号のあるふたがある。



「木煉瓦埋め込み」
ミラノ

経費節減のため、一部に木煉瓦を埋めてある。現在ならばコンクリートを充填するのが一般的である。そういう意味で、そうとう古いものと思われる。



「電球型」
パドヴァ(イタリア)

形が円形や四角でないのがヨーロッパにある。そのうちのお気に入りの一枚。



「変形その二」
ロンドン

変形ふた、お気に入りの一枚。

i G&U インフォメーション

G&U技術研究センターについて

G&U技術研究センターは、グラウンドマンホールとその周辺の道路までを含めた地上空間と、マンホール本体および管路までを含めた地下空間を主たる研究領域として、これからの時代に向けて必要とされる「都市空間における高度な安全環境の創出」を目指しています。

Photo diary ～ 私たちの日常～

G&U技術研究センターは、路面と地下空間に視点を据え、そこにあるマンホールふたや本体、周辺管路を対象とした研究・試験業務に、日々取り組んでいます。

■ 試験検証

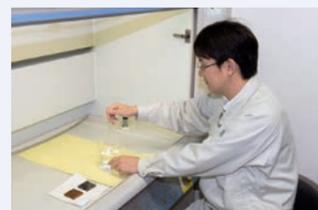
鋳鉄材（マンホールふたなど）をはじめ、プラスチック管材やコンクリート材の耐久性試験などの専門的な試験検証を行っています。当センターは、国際MRAに対応したISO/IEC17025に適合した登録試験所（JNLA080255JP）です。

プラスチック材試験では、（公社）日本下水道協会の「管きょ更生工法の設計・施工管理に関するガイドライン（案）」に準拠した機械・物理試験や耐薬品試験、管材の性能試験（粗度係数測定・追従性試験等）などを評価・検証するとともに、お客様の実情に合わせたソリューションもご提案しています。



■ 研究開発

公的研究機関や大学などの学際との共同研究や意見交換、蓄積された各種データを基盤とした研究を通じて現象メカニズム



の解明を行い、リスクを未然に防止するために必要となる技術の研究開発を推進しています。

◀化学試験室での耐薬品試験



▲荷重試験



▲輪荷重走行試験



▲プラスチック材引張試験



▲モルタルの流動性試験

■ コンサルティング

お客様が抱えておられる課題や問題解決に向け、研究開発によって蓄積した技術データやフィールドデータを基盤とした



最適なソリューションをご提案しています。

◀雨水ますふた排水性能検証

お客様のニーズの多様化、高度化に対応できますよう、日々スキルの向上に努めております。お困りのことがございましたら、お気軽にお問い合わせください。



G&Uレポート

■ 「マンホール改築・修繕工法」に関する共同研究について

2014年12月、日本下水道新技術機構と民間企業計14社の共同研究により、「下水道用マンホール改築・修繕工法に関する技術資料」が取りまとめられました。この共同研究では、改築工法と修繕工法の位置づけや要求性能を明確化し、調査診断・設計などに関する統一基準を示しています。下水道用マンホールの調査診断・計画・設計・施工管理までの一連の流れを網羅したマンホールの長寿命化対策手法がモデル化されたことで、すでに考え方が整理されている管きょやマンホールふたとともに、将来的にはストックマネジメントの観点から管路施設全体の長寿命化計画策定につながると期待されています。

既設マンホールの老朽化対策は、これまで公的および業界団体指針などのさまざまな調査基準が運用されてきており、改築や修繕の工法も、その選定のための設計や性能評価方法などが統一されていませんでした。そのため全国的にも、マンホール

本体を対象とした長寿命化対策計画の策定事例が少ないのが実情です。

本共同研究では、調査診断方法については「下水道維持管理指針」（日本下水道協会）を参考に、設計方法のうち更生工法に求められる要求性能については「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン（案）」（日本下水道協会）、防食工法に関わる腐食環境や工法規格などについては「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食マニュアル」（日本下水道事業団）などの既存資料の考え方を参考に、「下水道施設の耐震対策指針と解説 — 2014年版 —」（日本下水道協会）などの最新の知見も取り入れています。また、要求性能として耐久性能（接着安定性、遮断性、耐硫酸性）、水理性能、維持管理性能などを定めています。



◀共同研究の報告書「下水道用マンホール改築・修繕工法に関する技術資料」（左）と新技術研究成果証明書（右）



▲交付式に出席した14社

■ マンホールふたの腐食に関する課題と研究状況

近年、インフラの老朽化が社会問題となっており、下水道分野においても腐食などによる施設の老朽化が全国的に問題になっています。

コンクリート構造物については、硫化水素ガスに起因する硫酸による腐食メカニズムが明らかになっており、その対策についても「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」（2012年4月、日本下水道事業団）に示されています。しかし、マンホールふたの腐食については、硫酸による腐食に加え、水と酸素が存在するだけでも腐食が発生するなど、そのメカニズムが複雑です。腐食劣化の事象としては、ふたの肉厚の減少による強度低下にともなう破損、ふたと枠の嵌合部の劣化によるガタツキや段差の発生、錠と蝶番の脱落によるふたの飛散などの安全機能の劣化が発生しており、そのようなふたについては取り替えが行われています。

ふたの取り替えについては、実際に安全機能の低下したふたを対象とするだけでなく、ふたの寿命予測に基づいた更新計画を立案しておく必要があります。しかし、ふたの腐食は、そのメカ

ニズムが十分に解明されておらず、現状では設置環境ごとに異なる腐食速度を考慮した寿命予測手法が確立されていません。各ふたメーカーで、腐食対策を施したふたが開発されているものの、メーカー独自に実施した試験検証に基づく性能となっており、性能評価が統一されていないのが現状です。

当センターでは、ふたの更新計画の策定や、適切な腐食対策技術の選定に資するべく、腐食状況の現地調査および室内実験による腐食メカニズムの解明、ふたの寿命予測につながる適切な維持管理手法の検討、さらに、腐食対策技術の選定基準となる評価手法の確立に取り組んでいます。



▲腐食したマンホールふた



見学会のご案内

G&U技術研究センターでは、マンホールふたに求められるさまざまな安全性能を明らかにする性能検査をはじめ、当センターが取り組んでいる試験研究の状況を体感いただくことを目的として、毎月2回の見学会を実施しています。

この見学会には、事業者や業界関係者だけでなく、JICA（国際協力機構）を通じて海外の方々や、一般の方々も多数来場され、「マンホールふたの奥深さを体感でき、そのリスクを身をもって知ることができた」などのご意見をいただいています。

見学会では、マンホールふたに関わるリスクなどを模擬実験（デモンストレーション）と、映像や模型を併用して説明を

行っています。実際に見て、その音を聞いて、迫力や危険性を感じていただくことで理解が深まるよう配慮しているほか、一般の方々には専門用語を使わずにわかりやすく説明するよう心がけています。中でも好評なのが、普段は地下に埋まって見ることができない下水道管路施設を忠実に再現している「水理シミュレーションモデル」と、豪雨時の下水道管路内の現象を実際のマンホールふたで再現する「浮上試験機」です。

読者のみなさまもぜひ、体感なさってください。詳しい内容やお申込みの方法は当社ホームページをご覧ください。

<http://www.gucenter.co.jp/topics/kengaku.html>



▲2015年度ミス日本「水の天使」の柴田美奈さんによる展示場での模擬体験
※ミス日本「水の天使」：生命の豊かさを支える美しい水のための人々の努力と、世界の水インフラの発展に貢献できる日本の素晴らしい経験と技術をわかりやすく伝える役割を担う。



▲JICA（国際協力機構）を通じて海外のみなさまをお招きして



▲地域の小学生の社会科見学として

アクセスマップ

G&U技術研究センターは、埼玉県川越市の北側、埼玉県の中央部に位置する川島町に拠点を置いており、都内からは車で2時間程度の場所にあります。

アクセス

川越駅、桶川駅、鴻巣駅から車で約30分、
圏央道「川島IC」より車で約7分



■ 技術広報誌G&Uバックナンバーのご紹介



第5号 (2011年)

■ 「東日本大震災」におけるマンホール及びその周辺の「液状化」の被害について

2011年3月に発生した「東日本大震災」における被害を、マンホールおよびその周辺の「液状化」の観点にて取材。地域別の被害状況を写真で詳細に描写し、今回の震災における液状化の特徴や今後の対策などを考察する。



第4号 (2010年)

■ 安全性の第三者評価について考える

近年発生した耐火材の偽装事件などは、性能評価の問題点を暴露する大きな事件であったが、その背景には、意図的な不正行為を行う企業があるだけでなく、性能評価の制度上の不備があったともいえる。これらを教訓に、安全性を評価する仕組みはいかにあるべきか、性能検証を行う試験機関はいかにあるべきか、第三者評価について考える。



第3号 (2008年)

■ 長寿命化 次世代につなぐ安全

「長寿命化」を取り上げて、社会生活の基盤を支える都市、道路、下水管路、マンホールふたの視点から、「寿命」という不確定要素が多く介在する現象を、それぞれの現状や取り組み、今後の技術的な課題や展望などを考察する。



第2号 (2006年)

■ なぜ、すべるのか？道路環境の安全を考える

二輪車のスリップ事故や、歩行者の転倒事故など、クローズアップされる道路の「すべり」。その原因とメカニズムを探り、すべてに関係するそれぞれの現場で分析を行って、これからの道路環境の安全を考える。



創刊号 (2006年)

■ 性能規定化の動向とマンホールふた

より高度な「安全」を求める市民の要望が高まるなか、あらゆる分野で性能規定化への動きが加速し、さまざまな取り組みが行われている。あらためて「市民の安全」の視点から、あるべき姿の性能規定を探る。

■ 出版物



マンホールの博物誌 ■ 水と道路と人々の交差点

マンホールふたの歴史、過去、現在、そしてこれからの問題・課題。その変遷をたどるとともに、さらに進化を続ける次世代技術の胎動をわかりやすく紹介する。

ダイヤモンド社（税抜2,800円）

バックナンバーは当センターのホームページからダウンロードいただけます。 <http://www.gucenter.co.jp/publication.html>

編集後記

第6号となった広報誌は、私たちG&U技術センターの試験領域のひとつである「鑄物」を軸として、その歴史、特性、幅広い活用用途を紹介し、特に近年多発している局地的豪雨による浸水被害の軽減対策に貢献する事例について紹介しました。本誌を通して、鑄物について理解を深めて頂くとともに、親近感を持って頂けると幸いです。

今号の制作にあたっては、編集体制を新たに、試行錯誤しつつも協議と熟考を重ねて、わかりやすく親しみやすい広報誌を目指しました。本誌の制作にあたっては、多くの方々に多大なご協力を頂きました。この場を借りてお礼を申し上げます。

● 編集事務局U