

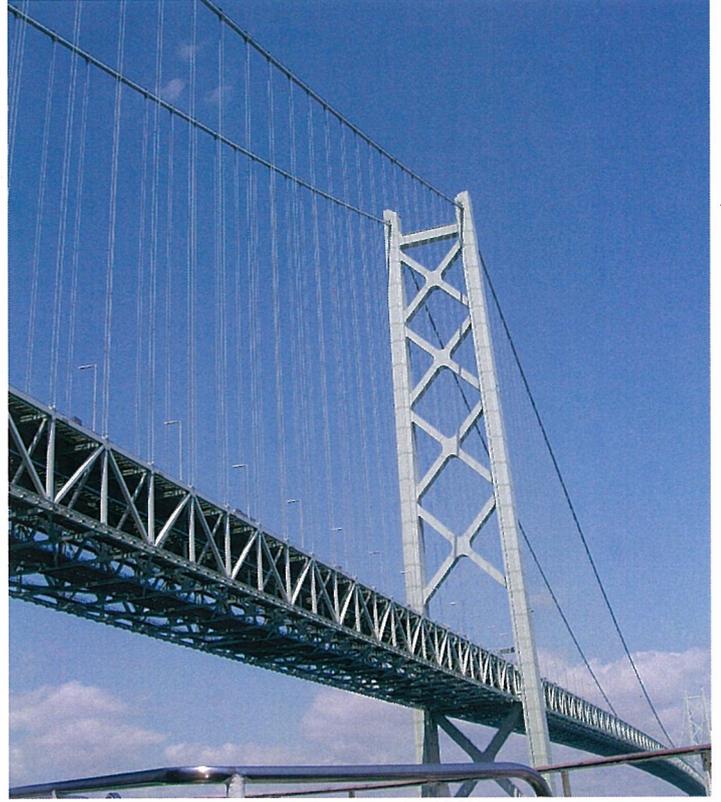
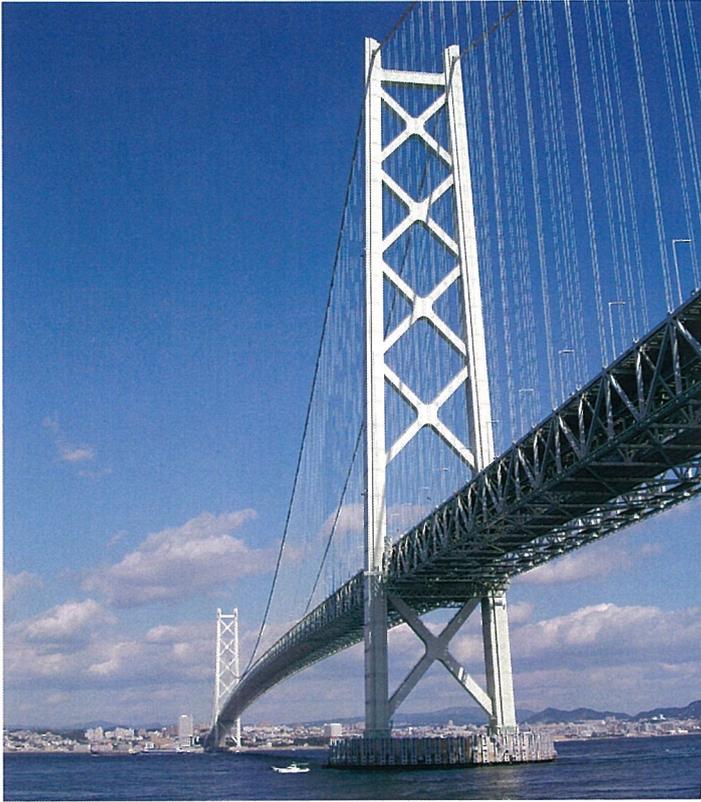
# CENTER NEWS

2011.1



KG&ERC

No.293



# 目 次

|                             |                  |    |
|-----------------------------|------------------|----|
| 年頭のご挨拶                      | 高村 勝年            | 1  |
| 11月定例理事会                    |                  | 3  |
| 第31期臨時総会報告                  |                  | 4  |
| 技術者紹介コーナー(第82回)             | 澤木 康志            | 6  |
| 病気(入院)をして思ったこと              | 田中 政憲            | 8  |
| 【シリーズ:不確かさのすすめ⑦】            |                  | 10 |
| 日本材料学会「第9回 地盤改良シンポジウム」に参加して |                  | 12 |
| 創立30周年記念式典・祝賀会を終えて          |                  | 19 |
| 創立30周年特別表彰を行いました            | 中小企業人材確保推進事業コーナー | 20 |
| 【アフター5 ワイガヤ広場】開催報告(No.13)   | 本田 周二            | 21 |
| 編集後記                        |                  | 22 |

## 表紙説明

今月の表紙は11月15日に運航休止になった、たこフェリーから撮影した明石海峡大橋です。

明石海峡大橋は、神戸と淡路島を結ぶ、明石海峡を横断して架けられた全長3,911m、中央支間1,991m、主塔の高さは海面上298.3mで世界最長の吊り橋です。

週末には、淡路パーキングエリア内でUターンすることが出来るので橋の通行料が往復1,000円となり大変お得です。また、隣接する県立淡路公園にもパーキングエリアに車を駐車して入園(無料)出来るので、小学校位までのお子様連れの家族で楽しめます。是非、今度の週末にドライブしてみてはどうでしょうか。

(山岡 記)



## 年頭のご挨拶

協同組合 関西地盤環境研究センター  
理事長 高村 勝年

新年明けましておめでとうございます。本年も宜しくお願い申し上げます。

昨年は、豪気大胆の五黄の寅年でしたので好景気を期待しておりましたが、記録的な暑さの気象異常が起こっただけで、私達の建設業況はまだまだ長期停滞に陥ったままで芳しくありません。今年は兎年ですので、社会・経済が好景気へと大きく飛び跳ねて、皆が潤える一年になる事を熱望しております。

先ず皆様と昨年11月26日に創立30周年記念式典を迎えられた事を共に慶びたいと存じます。“おめでとうございます”

来賓といたしまして近畿地方整備局 山本技術調整管理官・全地連 瀬古会長・関西地質調査業協会 柳浦理事長・大阪府中央会 山口専務理事・地盤工学会 霜上支部長様の5名と業界や組合員の方130余名のご臨席を賜り、滞りなく式典を終える事が出来ました。建通新聞にも掲載され、業界内外にセンターの存在を大いにアピールする事も出来ました。これもひとえに関係各位の暖かいご支援・ご協力の賜物と心から感謝申し上げます。

30年と言う節目の式典を、厳しい情勢のなかで執り行うこととなり、規模を縮小したために、現役・現職の組合員代表者と各委員会委員の参列者が中心になりました。過去に功績のあった方々をご招待することが出来ず、大変申し訳なく思っております。次は盛大に開催されます事を願いつつ、皆様方のご協力を宜しくお願い申し上げます。

私が代表の(株)関西地質調査事務所が組合員に加えて頂いたのは、平成元年、創立10周年の時でした。38歳の若輩者を快く受け入れて下さり、技術交流訪台旅行にも参加させて頂きました。台湾の地質・水文について地元の2名の先生に講演して頂き、“国土東側の海岸山脈断層は「左横ずれ断層」で60年間に300cm横ずれが生じている”の言葉が印象に残っております。夜の交流会では、錚錚たるメンバーに交じり、大変緊張いたしました。お酒を飲みながら、親睦を深める事ができました。その時の印象的な一人が、昨年から来て頂いている佐藤専務理事であり、有意義な楽しい旅行でした。

創立20周年は、平成12年にホテル阪急インターナショナルで300余名が集い盛大に執り行われ、私は理事1年生で祝賀会の司会をさせて頂きました。準備等で忙しくて大変でしたが、皆さんの大変満足された様子を見て感激は一入でした。大舞台で次に繋がる貴重な体験をさせて頂き感謝しております。

さて業界のことですが、政府の建設投資額が平成10年を境に下降し続けており、現在も止まりません。ここ10年間は公共事業削減の影響もあり、組合員10数社が経営破綻し倒産いたしました。その中には昭和40年前後に設立された歴史のある企業も数社含まれており、非常に残念な事です。会社は従業員・経営者・株主のものではありますが、一方では社

会の公器としての役割を背負っている側面もあります。経営者は、会社を絶対に潰さないとの強い信念と熱意を持って精進するべきものだと思っております。

この仕事を維持する上で重要なことは、人材の活用と活性化です。私の会社は、平成 13 年に“現場技術が継承出来る社員を育てる会社を作る”をスローガンに社員を増やし続けており、今は総勢 45 人になりました。増えた社員のおよそ半数は倒産を経験した技術者です。給料は下がっているかと思いますが、全員明るく生き生きと仕事をしています。厳しい情勢が続いているので経営判断が難しく、同僚の倒産の煽りを受けた時などには艱難辛苦もありましたが、全員付いて来てくれるのでやり甲斐もあります。代表就任以来 33 年間、なんとか目標を達成しつつ、次を担う社員も育ててきております。あと数年は、私を育ててくれた業界に恩返しのつもりで、少しでも貢献できることを探しながら働かせて頂きます。

当センターは、今後も組合員が減少する事が予測される状況の中で、新たな時代における組合の役割として、①過去に築いてきた「信頼」と未来に向けての「先見性」をさらに進化させる。②地質調査の重要性を社会にアピールする。③組合員や業界の人々を元気にする。の 3 つを重点課題として、皆で協力しながら取り組んでおります。

具体的には、広報誌や新聞広告等を通じての広報及び講演会や交流会を積極的に展開する事などを実践しております。内部の効率化、活性化も進めながら、次の 10 年に向けて明るく元気に頑張るつもりですので、これからも皆様方のより一層のご支援・ご協力を宜しくお願い申し上げます。

各企業の益々のご発展と皆様方のご健勝を祈念いたしまして、新年の挨拶に代えさせて頂きます。

## 技術者紹介コーナー（第 82 回）



所 属：株式会社 関西地質調査事務所  
氏 名：澤木 康志（さわき やすし）  
生年月日：1987 年 6 月 24 日  
出 身 地：富山県

株式会社ダイヤコンサルタント関西支社の尾山さんからご紹介頂きました、株式会社関西地質調査事務所の澤木と申します。入社一年目のまだまだ右も左もわからない新入社員です。尾山さんは去年のセンターのワイガヤで一緒させて頂き、酔いつぶれた私を家に泊めていただいた恩人であります。

私の簡単な自己紹介をさせていただきます。富山に生まれてから 18 年、大学進学という大きな進路の選択を迎え、自分が長男で父が測量会社を経営しているということもあり、当時漠然と自分の将来を考えていた私は土木学科を目指しました。地元の大学には土木を学べる学科がなかったため、県外にある土木が学べる学校を探すことにしました。その頃、姉が大阪の大学に進学していたので、ゆかりのある関西で土木を学べる学科に志望校を絞りました。そして運良く志望校である関西大学に入学することができ、希望に満ちた思いで大学生活に望みました。しかし順調に進んでいた大学生活もつかの間、僕が大学二回生に進級する時に父が廃業してしまい、将来の道を閉ざされた思いになりました。それからというもの大学の講義にも身が入らず、アルバイト（餃子専門店）に没頭し遊びに専念する、典型的な駄目な大学生活を送っていました。

そんな大学生活の中で私が経験した最大の遊びは、『世界一周一人旅（12 カ国 55 日間）』です。出発するまでにアルバイトで貯めた 80 万円をまるまる使い切った、壮大な旅は今までの人生で最高の思い出になりました。



そしていよいよ就職先も未定のまま卒業を迎えようとしていた頃、地盤防災研究室に所属していた私は、担当教官である西形先生のお誘いで、去年の12月に実施された協同組合関西地盤環境研究センター主催のリフレッシュフォーラムに参加させて頂きました。フォーラムの内容は、大学の講義では学ぶことが出来なかった、希望に溢れた土木の将来性についての講演でした。当時、マスコミや大学の友人の影響もあり土木業界の将来性に希望を見いだせなかった私にはとても斬新なものでした。講演会の後、研究室時代にお世話になった株式会社ダイヤコンサルタント関西支社の鏡原さんや、センターの中山所長のお誘いもあり懇親会に参加することになりました。

懇親会の終盤で、参加していた学生たちがステージに上がってフォーラムの感想を述べる機会があり、学生たちは自分の所属と就職先と感想を順に述べていました。就職先が未定で困り果てていた私は、中山所長の後押しもあり、思い切って、「まだ就職先は決まっていますが、将来は土木を志し、社会に貢献したいと考えております。どなたか雇って頂けないでしょうか。」と申したところ、今の会社に就職が決まりました。

就職してからもうすぐ一年を迎えようとしております。就職してから感じたこの業界の印象は、学生の頃想像していたよりも、地道で緻密なものでありました。ボーリング1つをとってみても、ほんの数メートル離れた所で地質の状態は変わってきますし、見た目は同じ砂や粘土の層でも、強度や特性には様々なものがあります。また、ボーリングに加えて様々な原位置試験や室内土質試験を行うことにより、ようやく地盤の支持力、透水係数、変形特性を求める事が出来ます。まだまだ、地盤の特性を把握することが出来ない私ですが、一つ一つ現場を経験しながら日々勉強して、一人前の土木技術者になれるように成長していきたいです。そして、この業界のやりがいや面白さを他業界の人たちにもアピールしていきたいです。

今回の技術者紹介コーナーは、当社の福川さんを紹介いたします。



## 病気（入院）をして思ったこと

・・・健康が一番・・・

復建調査設計(株)大阪支社

田中 政憲

「初期の前立腺癌です」、精密検査結果主治医の一言。

健康診断で再検診を受診し、精密検査を受診しなければならないと聞き、いろいろ想像はしていましたがまさか癌、この一言を聞き一瞬目の前が真っ白。

物心ついてから約 60 年、病気で入院した事は無かった。「健康診断も毎年受診している者が何でや、直るんか、癌を取らんとあかんのやろな、手術痛いやろな、ゴルフ等運動できるんか」と想像をめぐらせていた。

主治医は私のえらい動揺を知ってか知らずか、淡々と処置方法のいろいろ、各処置の方法、その後遺症等説明をしてくれました。一番確実なのは癌を除去することだそうです。天皇陛下と同じ病気だそうです、そういわれても何もありがたくはなく、いろいろ説明を受けて帰り、家族と相談。これもまた手術のことを心配しているかと思えばさにあらず、家内いわく「一番確実な方法をすれば」、また、どこで聞いたか「天皇陛下もしたそうやし」冗談ではないぞ、痛い目をするのはお前らではないぞ（これは当たり前のこと怒るわけにも行かず、確実な処置を望んでいるからとあきらめ）。

家族の意見を聞き入れ後遺症にもいろいろあるが、男たる機能ほぼ確実消滅等厳しい現実を腹に含んで癌の摘出手術を敢行することにしました。

私は、関西医大香里病院に入院をしましたが、（この病院を選んだ理由は、通院しやすいことであった）入院をして思ったのは、入院患者の多いこと。お年寄りから若い人まで、今更と思いましたがこの年になるまで何事もなく過ごせたのも健康であったことと、本当に感謝をしました。

さて手術の2日前に入院し、主治医・看護師から手術の事前説明がありましたが、本人は、痛い等症状は何もないため、手術は痛いやろな、手術するの嫌といったらどうなるのやろ等入院しているにも関わらず往生際が悪いと自分でも思いながら想像をしていました。想像する時間がありすぎて気の滅入ること滅入ること。

手術後、麻酔からさめて顔の前に家族の心配そうな顔があったが、あれ？切ったはずの腹部が全然痛くない、もっとも両手に点滴、背中にも、したがって身動きが出来ない状態ではあったが、本当に手術したのかいな、ただし、手術をして24時間たった途端、看護師が来て、「ベット上に座ってください、ベット傍で立ってみて、歩いてみて」両手に点滴、尿袋をぶら下げ、冗談ではないよベットに寝ている状態では痛くないが座ったりするのに体を少し動かすだけで痛いこと痛いこと。看護師もえらく若くて・やさしい？が、患者に

させることは厳しい。(医療科学の進歩すごいと感心)

そうして毎日、朝・昼・晩と院内を散策し20日弱でめでたく退院、自宅療養に入り、機能復旧に向け、散歩等運動に明け暮れ、11月末めでたく仕事に復帰できました。

この間、センター30周年記念事業等忙しい時期に皆様には、大変ご迷惑をお掛けし、またご心配をおかけしましたが復帰しましたので、これから元気にワイガヤ広場等積極的に参加させていただきますのでよろしくお願ひします。

やっぱ、健康が一番。皆様、仕事が忙しくて体が疲れると1週間でもいいから入院したい(私は、若い頃本当にそう思ったことがたびたび)と思ったことはありませんか。冗談じゃないですよ(健康で入院させてくれるそんなことある分けないが)、健康だから思うのであって、手術・入院は非常に辛い、リハビリも辛いし、動けるようになってもすることはないし、テレビを見ても昼間の内容はいまひとつ。本を読んでも疲れるし、時間が経つのが遅い。一日が長く特に夜が長い。初めて入院しての感想です。

皆様、仕事・遊び何をするにしても体が基本です、定期的な健康診断はきちんと受診し、病気の早期発見に努めてください、健康診断のPRではなく、私からのメッセージです。

・ ・ ・ ・ 健康が一番、本当にありがたい ・ ・ ・ ・

### <トピックス>不確かさに関する最近の論議（その3）

10月19日に産総研の「不確かさクラブ第2次事例研究会第2回会合」が開催された。機械、電気、化学、土木、医療などの分野から9件の事例研究の計画書が提出された。センターからは萩家正次品質管理課課長代理と筆者が参加し、第1回会合において提出していた「粒度試験の不確かさ評価方法」の計画書に基づき具体的な実験計画を提示し、意見交換を行った。

11月12日に地盤工学会関西支部の「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2010」が開催され、センターからは中田有美地盤技術課職員と筆者が参加し、「土質試験結果の精度・不確かさ評価の意義とその地盤工学的応用」と題して発表した。この内容については本シリーズにおいて採り上げ、解説する予定である。

#### 4.2 含水比試験結果の合成標準不確かさの算定

今回の試験結果の目的量である含水比  $w$  (%) は、容器に入れた湿潤土質量  $m_a$  (g)、それを乾燥させた質量  $m_b$  (g)、容器の質量  $m_c$  (g) という3つの測定量から求められる。この3測定量の真値を  $\mu_a$ 、 $\mu_b$  及び  $\mu_c$  とし、天秤による質量の偏差を  $\delta_{ma}$ 、 $\delta_{mb}$  及び  $\delta_{mc}$  とすると、各質量のモデル式は次のようである。

$$m_a = \mu_a + \delta_0 \quad m_b = \mu_b + \delta_0 \quad m_c = \mu_c + \delta_0 \quad (4.10)$$

一方、含水比試験結果に影響する各要因による偏差を、測定者の違い： $\delta_{MN}$ 、試料の量の違い： $\delta_{SM}$ 、乾燥炉内の位置の違い： $\delta_{PS}$ 、乾燥時間の違い： $\delta_{DT}$  及び試験の繰返しと試料の違い（均質性）： $\delta_{SQ}$  とすると、含水比のモデル式は次のようである。

$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100 + \delta_{MN} + \delta_{SM} + \delta_{PS} + \delta_{DT} + \delta_{SQ} \quad (4.11)$$

第2話において、含水比の数学的モデル式として式(4.11)の第1項を示していたが、誤差・偏差を加味したモデル式としては式(4.10)や式(4.11)の様に表現されることが多い。

含水比の合成不確かさ  $u_c(w)$  を求めるには、すべての要因による標準不確かさを加算（合成）する。この場合、前節で説明した誤差の伝播則を用いて二乗和の平方根を求めることになる。すなわち、式(4.10)に誤差の伝播則を適用すると、質量  $m_a$ 、 $m_b$  及び  $m_c$  の標準不確かさ  $u(m_a)$ 、 $u(m_b)$  及び  $u(m_c)$  は、天秤の標準不確かさ  $u_0(m)$  に等しい。

$$u(m_a) = u(m_b) = u(m_c) = u_0(m) \quad (4.12)$$

式(4.11)に誤差の伝播則を適用すると、含水比の合成不確かさは次のようである。

$$u_c(w) = \sqrt{\left(\frac{\partial w}{\partial m_a}\right)^2 \cdot u^2(m_a) + \left(\frac{\partial w}{\partial m_b}\right)^2 \cdot u^2(m_b) + \left(\frac{\partial w}{\partial m_c}\right)^2 \cdot u^2(m_c) + u_{MN}^2(w) + u_{SM}^2(w) + u_{PS}^2(w) + u_{DT}^2(w) + u_{SQ}^2(w)} \quad (4.13)$$

ここに、 $u_{MN(w)}$ 、 $u_{SM(w)}$ 、 $u_{PS(w)}$ 、 $u_{DT(w)}$  及び  $u_{SQ(w)}$  は測定者の違い、試料の量の違い、乾燥炉内の位置の違い、乾燥時間の違い及び試験の繰返し・試料の違い（均質性）による含水比の標準不確かさである。また、 $\frac{\partial w}{\partial m_a}$ 、 $\frac{\partial w}{\partial m_b}$  及び  $\frac{\partial w}{\partial m_c}$  は質量  $m_a$ 、 $m_b$  及び  $m_c$  の感度係数と呼び、質量の不確かさを含水比  $w$  の不確かさに換算する係数であり、式(4.13)の第1項の偏微分より求められる。

第3話では、含水比試験結果の不確かさに与える要因ごとの標準不確かさを、秤の校正結果および検証実験により求めた。それらをまとめると次のようである。

- ① 天秤による質量の標準不確かさ： $u_0(m) = u_0(m_a) = u_0(m_b) = u_0(m_c) = 0.0065$  (g)  
 ② 測定者の違いによる含水比の標準不確かさ： $u_{MN}(w) = 0.3592$  (%)  
 ③ 試料の量の違いによる含水比の標準不確かさ： $u_{SM}(w) = 0.0000$  (%)  
 ④ 乾燥炉内の位置の違いによる含水比の標準不確かさ： $u_{PS}(w) = 0.0964$  (%)  
 ⑤ 乾燥時間の違いによる含水比の標準不確かさ： $u_{DT}(w) = 0.1212$  (%)  
 ⑥ 試験の繰返しと試料の違い（均質性）による含水比の標準不確かさ： $u_{SQ}(w) = 0.3112$  (%)

これらの数値を式(4.13)に代入して合成標準不確かさを求める経緯は、表-4.3 のバジェットシートに示す。

表-4.3 含水比試験結果のバジェットシート

| 番号 | 要因                                       | 標準不確かさ<br>$u(x_i)$ | 感度係数<br>$c_{xi}$ | 標準不確かさ<br>$ c_{xi}  \cdot u(x_i)$ |            |
|----|--|--------------------|------------------|-----------------------------------|------------|
| ①  | 天秤の校正                                    | $m_a$ 用            | 0.0065 (g)       | 3.575 (%/g)                       | 0.0232 (%) |
|    |  | $m_b$ 用            | 0.0065 (g)       | -5.127 (%/g)                      | 0.0333 (%) |
|    |  | $m_c$ 用            | 0.0065 (g)       | -1.552 (%/g)                      | 0.0101 (%) |
| ②  | 測定者の違い                                   | 0.3592 (%)         | 1                | 0.3592 (%)                        |            |
| ③  | 試料の量の違い                                  | 0.0000 (%)         | 1                | 0.0000 (%)                        |            |
| ④  | 乾燥時間の違い                                  | 1.7321 (時間)        | 0.07 (%/時間)      | 0.1212 (%)                        |            |
| ⑤  | 乾燥炉の位置の違い                                | 0.0964 (%)         | 1                | 0.0964 (%)                        |            |
| ⑥  | 試験の繰返し・試料の違い                             | 0.3112 (%)         | 1                | 0.3112 (%)                        |            |
| ⑦  | 合成標準不確かさ $u_c(w)$                        |                    |                  | 0.5016 (%)                        |            |
| ⑧  | 拡張不確かさ $U(w) = k \cdot u_c(w)$ ( $k=2$ ) |                    |                  | 1.0 (%)                           |            |

①の天秤の校正結果に基づく標準不確かさの算定に用いる感度係数は、測定者の違いによる検証実験結果を参考にして、 $m_a = 68.62$  (g)、 $m_b = 56.19$  (g)、 $m_c = 27.46$  (g) から次のように求める。

$$m_a \text{ の感度係数： } c_{ma} = \frac{\partial w}{\partial m_a} = \frac{100}{m_b - m_c} = \frac{100}{56.19 - 27.46} = 3.575 \text{ (%/g)} \quad (4.14a)$$

$$m_b \text{ の感度係数： } c_{mb} = \frac{\partial w}{\partial m_b} = \frac{-100 \times (m_a - m_c)}{(m_b - m_c)^2} = \frac{-100 \times (68.62 - 27.46)}{(56.19 - 27.46)^2} = -5.127 \text{ (%/g)} \quad (4.14b)$$

$$m_c \text{ の感度係数： } c_{mc} = \frac{\partial w}{\partial m_c} = \frac{-100 \times (m_a - m_b)}{(m_b - m_c)^2} = \frac{-100 \times (68.62 - 56.19)}{(56.19 - 27.46)^2} = -1.552 \text{ (%/g)} \quad (4.14c)$$

②、③、⑤、⑥は検証実験においてそれぞれの要因が与える含水比の標準不確かさを示しており、感度係数は1である。また、④は乾燥時間の標準不確かさを示しており、検証実験結果から求まる乾燥時間と含水比の線形近似式の勾配より感度係数を求めている。要因ごとの標準不確かさの単位は要因により異なるが、感度係数を掛けることにより含水比の不確かさに換算して、最右欄のように含水比の単位(%)で求められることになる。この意味で、感度係数は標準不確かさの単位を測定目標値の単位に統一する換算係数と考えても良い。

⑦は含水比の合成標準不確かさの欄であり、式(4.13)に基づき①～⑥の標準不確かさの二乗和の平方根として合成している。合成標準不確かさに及ぼす各要因の標準不確かさを比較すると、②測定者の違いと⑥試験の繰返し・試料の違いの2要因の影響が大きく、この両方で全体の約90%を占めていることが分かる。試料の量の違いは標準不確かさ0であるが、別の土では乾燥炉内の位置の違いと同程度の影響を示す結果もある。

⑧は拡張不確かさであり、試験結果の不確かさを表示する最終指標である。拡張不確かさの意味やその程度については次号において解説する。

## 日本材料学会「第9回 地盤改良シンポジウム」に参加して

環境技術課 阪部 秀雄

平成22年11月18日～19日、福井県県民ホールにて（社）日本材料学会主催の「第9回地盤改良シンポジウム」が開催されました。2日間で67編の論文が発表され、約120名の参加者があり、大変盛況な会となりました。

当センターからは、中山所長が1つのセッションの座長を務めました。また、私、阪部が「セメント系改良土などからの六価クロム溶出の現状と傾向 —過去3年間の溶出試験データに基づく分析—」と題し、論文発表をいたしました。（次ページ以降に掲載）

当センターでは、平成19年度から平成21年度の3年間で2168試料もの数の六価クロム試験を行っており、その結果を照査し、対象工事の種類と経時変化・溶出量の程度などを分析し、改良土や再生コンクリート砂からの六価クロム溶出の現状と傾向を探りました。興味深い内容となっているので、ぜひともご一読願います。

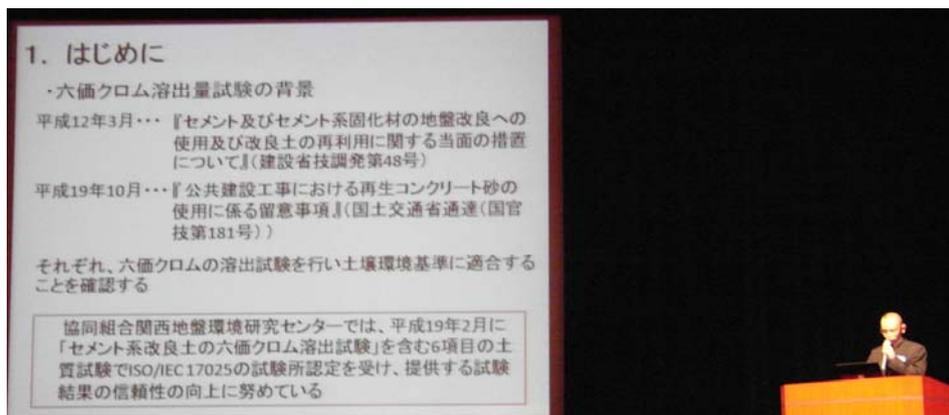


写真1…発表する阪部課長代理

また、特別講演「恐竜の進化と移動 —アジアの恐竜発掘調査から—」では、福井県立恐竜博物館の東 洋一 館長が講演され、さすが“フクイ竜”で有名な県であると感じました。



写真-2：座長の中山所長



写真-3：東 館長の特別講演

# セメント系改良土などからの六価クロム溶出の現状と傾向 —過去3年間の溶出試験データに基づく分析—

○阪部 秀雄<sup>1</sup>・澤 孝平<sup>1</sup>・中山 義久<sup>1</sup>・白木 音信<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 協同組合 関西地盤環境研究センター

## 1. はじめに

平成12年3月、セメント及びセメント系固化材による地盤改良土から溶出する六価クロムが土壤環境基準値(0.05mg/L)を超えるおそれがあるとして、旧建設省は所管の工事について以下の調査をするように通達した<sup>1)</sup>。すなわち、①セメント及びセメント系固化材により地盤改良する場合、現地土壌と使用予定の固化材による六価クロムの溶出試験を実施する。②事前の溶出試験で六価クロムの溶出量が土壤環境基準を超過した場合は、溶出が少ない固化材の使用など配合設計の変更や工法の変更を行う。③セメント及びセメント系固化材を使用した改良土を再利用する場合、六価クロム溶出試験を実施し、溶出量が土壤環境基準値以下であることを確認する。

平成19年10月に「公共建設工事における再生コンクリート砂の使用に係る留意事項」が国土交通省より示された<sup>2)</sup>。透水性を有し、浸透した水が土壌または公共用水域へ拡散するおそれがある箇所に工作物の埋戻し材料として再生コンクリート砂を使用する場合には、六価クロムの溶出試験を行い土壤環境基準に適合することを確認する必要がある。

協同組合関西地盤環境研究センターでは、平成19年2月に「セメント系改良土の六価クロム溶出試験」を含む6項目の土質試験でISO/IEC 17025の試験所認定を受け、提供する試験結果の信頼性の向上に努めている<sup>3), 4), 5)</sup>。

本報告は、上記のような背景のもとに当センターが実施した過去3年間の六価クロム溶出試験の結果を照査し、対象工事の種類と経時変化、溶出量の程度、再生コンクリート砂中の六価クロムの状況などを分析し、改良土や再生コンクリート砂からの六価クロム溶出の現状と傾向を明らかにする。

## 2. 地盤中の六価クロムの弊害とその試験・評価方法

### 2-1. 六価クロムとは

遷移元素であるクロムは24個の電子を持っており、その電子配置は、 $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^5, 4s^1$ である(表-1参照)。この最外殻にある $3d^5, 4s^1$ の6個の対電子を供給し、6個のプロトンを与えることができるブレンステッド・ローリー酸を六価クロムと称する。

六価クロム化合物は強酸化剤であり、有機化学実験室ではガラス器具洗浄にクロム硫酸を使うことが多い。また、酸化染料の製造ラボ実験では、二酸化マンガンの5倍の酸化強度を示している。

表-1 原子の電子配列 (一部抜粋)

| 原子番号 | 元素 | K殻 |    | L殻 |    | M殻 |    |    | N殻 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|      |    | 1s | 2s | 2p | 3s | 3p | 3d | 4s |    |
| 23   | V  | 2  | 2  | 6  | 2  | 6  | 3  | 2  |    |
| 24   | Cr | 2  | 2  | 6  | 2  | 6  | 5  | 1  |    |
| 25   | Mn | 2  | 2  | 6  | 2  | 6  | 6  | 2  |    |

### 2-2. 地盤中の六価クロムの弊害

六価クロムは先に示したとおり強酸化剤であり、皮膚障害、気管支障害を起こし、さらに六価クロムの粉末を長期間に亘って鼻腔から吸収し続けた工場労働者が鼻中隔穿孔を罹り、肺や消化器に多量に吸収すれば肺がん・胃がんなどの原因となる発がん物質でもある。従って、工場跡地や鉱滓の放置場所では多量の六価クロムが問題となることがある。

一般に、低濃度で少量の六価クロムは酸化剤として周りの有機物を酸化して自身は還元され、無害の三価クロムに変わる。そのため、自然地盤中に六価クロムが含まれているのはクロム鉱石ぐらいであり、環境汚染の原因となる六価クロムは人為的なものが多い。例えば、地盤改良に使うセメント系固化材が代表的なものであり、固化材の原料に含まれている三価クロムが、高温で燃焼されることにより六価クロムとなる。このセメント系固化材を添加して作られる改良土からは六価クロムが溶出する可能性があり、地下水を汚染し、経口摂取による人の健康被害にもつながる。

### 2-3. 地盤中の六価クロムの試験・評価方法

土中の六価クロムは、土壤汚染対策法において規制されており、平成15年3月6日環境庁告示第18号溶出試験(図-1)及び同19号含有量試験により試験する。この試験法は、各検液を作成後JIS K 0102:2008の65.2クロム(VI)により測定する。測定方法は複数あるが、当センターでは上記JISの65.2.1ジフェニルカルバジド吸光度法(図-2)を採用している。この方法は、検量線の直線性が良く、発色が非常に安定しているのが特徴で、実際に発色して1時間後の吸光度が発色直後と変わらないことを確認している。

The Actual Situation and Tendency of the Elution of Hexavalent Chromium from Improved Soil by Cement

- Analysis based on Elution Test Data of Three Years in the Past -

Hideo Sakabe<sup>1</sup>, Kohei Sawa<sup>1</sup>, Yoshihisa Nakayama<sup>1</sup>, Otonobu Shiraki<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Kansai Geo-Environment Research Center)

土壤汚染対策法での六価クロム溶出量の評価基準としては、溶出量0.05mg/L以下、含有量 250mg/kg以下の濃度であれば人の健康に影響することがほとんどないとされている。この濃度を超えた場合は、汚染土の入替えまたは不溶化などの処理をするのが一般的である。

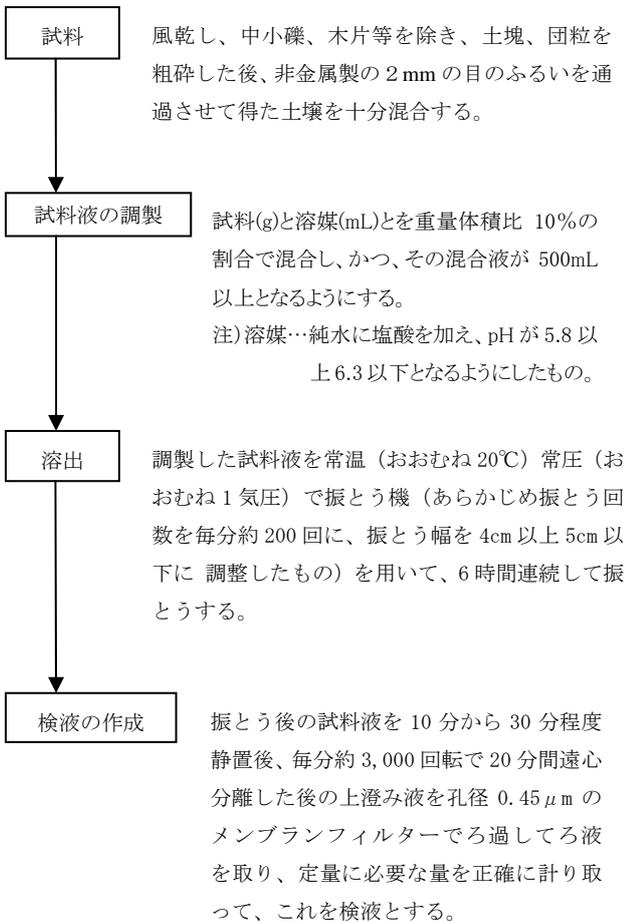


図-1 環境庁告示第18号（検液作成方法）

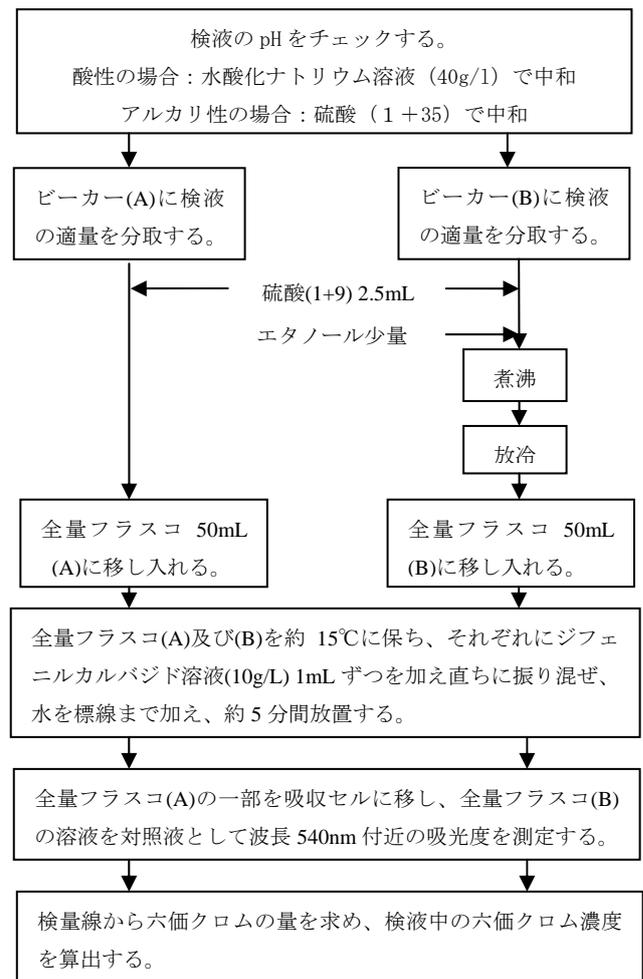


図-2 JIS K0102:2008 65.2.1（六価クロム溶出量測定方法）

### 3. 六価クロム溶出試験結果の照査

#### 3-1. 対象工事の種類

当センターにおいて実施した六価クロム溶出試験は、平成19年度から平成21年度までの3年間で、依頼件数916件、試験試料数2168試料である。1件あたりの試料数は1~36試料、平均2.4試料である。これらの依頼された試料の対象となっている工事の種類を表-2の10種類に分類し、それぞれの依頼件数の割合を求めたものが図-3である。図-3(a)(b)(c)に平成19年度、20年度、21年度の割合を示し、図-3(d)に3年間の合計件数の割合を示す。

各年度別の工事種類別の割合の傾向は、平成19年度から平成20年度、平成21年度と経過するごとに、道路工事が減り（43%→36%→28%）、建築基礎工事が増えている（16%→22%→29%）。これは、この間に公共事業が減少し、民間の建築事業の需要が増えたことに関係している。

平成19年度から平成21年度の3年間全体の工事種類別の割合では、道路工事と建築基礎工事の2工事種類が全体の58%を占めており、セメント系固化材を使用した地盤改良工事がこの2種類に使用されることが多いことが分かる。河川・池、下水・管渠、整備・開発工事がその次に多く、それぞれ10数%の割合である。造成、港湾、トンネルの割合はそれぞれ5%以下である。

表-2 対象工事の種類

| 工事の種類 | 工事名の例       |
|-------|-------------|
| 道路    | 国道〇〇号道路改良工事 |
| 建築基礎  | 〇〇センター新築工事  |
| 河川・池  | 〇〇ため池改修工事   |
| 下水・管渠 | 公共下水道管渠築造工事 |
| 整備・開発 | 〇〇地区整備工事    |
| 造成    | 〇〇宅地造成工事    |
| 港湾    | 〇〇沿岸壁改良工事   |
| トンネル  | 〇〇トンネル工事    |
| 再生砂品質 | 再生砂RC-〇〇試験  |
| 品質管理  | 社内品質管理試験    |

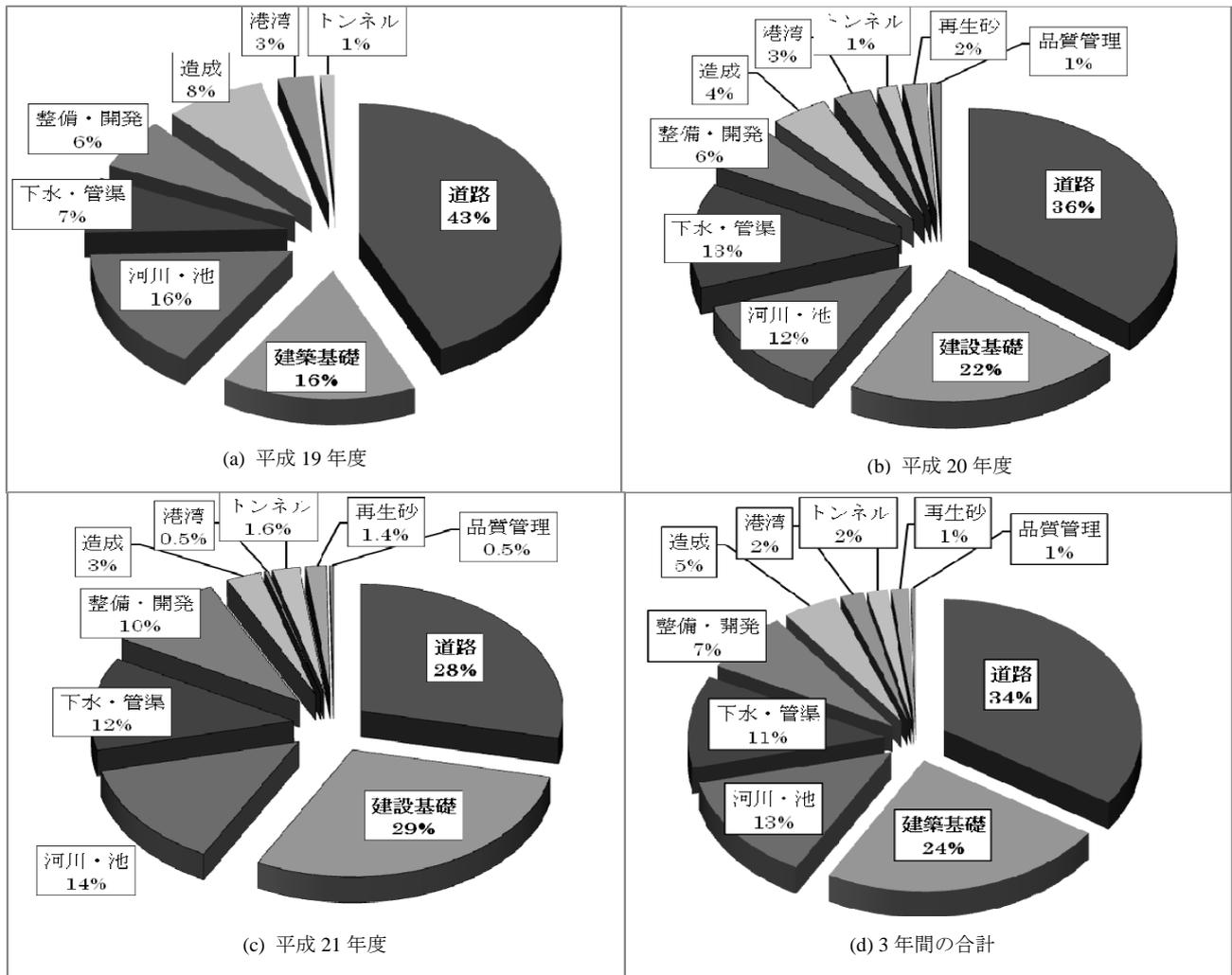


図-3 対象工事の割合

### 3-2. 年度・月別依頼件数と試料数の推移

六価クロム溶出試験の依頼件数及び試料数を年度・月別に示したものが図-4と図-5である。

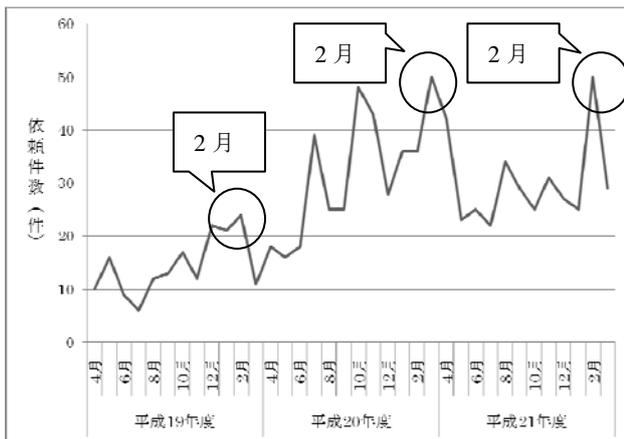


図-4 年度・月別依頼件数の推移

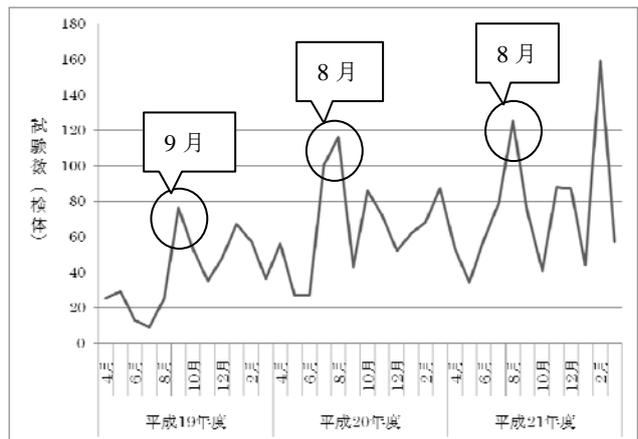


図-5 年度・月別試験数の推移

年度・月別の依頼件数・試料数ともに増減を繰り返しながら、この3年間で徐々に増加している。依頼件数は各年度とも年度末の2月が増えている。これは、年度末の公共事業の集中によるものであり、当センターの他の試験でも同様な傾向がある。一方、試験数で見ると各年度とも8月あるいは9月にピークが見られる。これは、夏季に大きな規模での地盤改良が実施され、試験数が増えていることが推測される。逆に、年度末の冬季には、小規模な工事が多く行われていると言える。

### 3-3. 六価クロム溶出量の状況

#### (1) 六価クロム溶出量の分布

3年間で試験した試料全体について、土壤汚染対策法における六価クロム溶出量の土壤環境基準値である0.05mg/Lとの関係を示したものが図-6である。当センターの六価クロム溶出量試験の定量下限値は0.01mg/Lであり、それ未満の溶出量は「不検出」と評価している。従って、溶出量の範囲を「不検出」・「0.01～0.05mg/L」・「0.05mg/Lより大」の3つに分けている。

今回の全試料の内、六価クロム溶出量の土壤環境基準値を超える試料は13%であり、六価クロム溶出量の最大値は0.76mg/Lである。不検出の59%を含み、全体の約9割近くが土壤環境基準を達成していることが分かる。

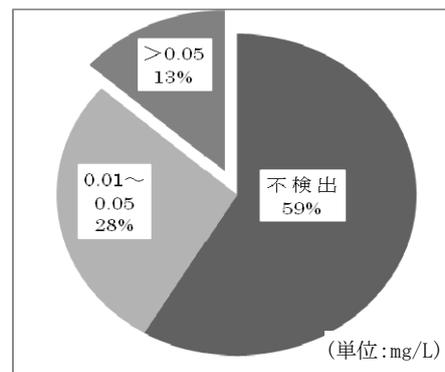


図-6 六価クロム溶出量の分布

#### (2) 対象工事別の六価クロム溶出量の違い

表-2に示した10種類の工事種類別に六価クロムが不検出の試料、土壤環境基準値を超える試料及びその中間(0.01～0.05mg/L)の試料の割合を示したものが図-7である。

「再生砂品質」及び「品質管理」において、30～40%が土壤環境基準値を超えている。この両者は図-3では全体に占める件数の割合が少ないが、再生コンクリート砂製造時の品質や改良土施工時の品質に問題がありその確認試験として搬入された試料と考えられ、他の工事種類のものより土壤環境基準値を超える割合が大きく出たものである。次いで、「整備・開発」(約30%)、「道路」と「造成」(約20%)が多い。

一方、「港湾」と「トンネル」では土壤環境基準値を超える試料は無かった。また、「河川・池」では土壤環境基準値を超える試料の割合が、他の工事種類より少ないことから、飲料水などの水源として利用する可能性のある場所では、六価クロム溶出量に対して注意が払われていると考えられる。

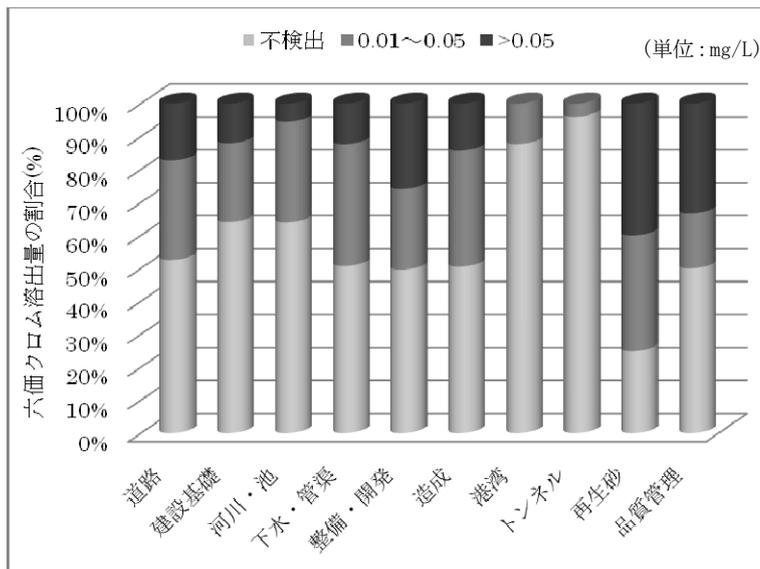


図-7 工事種類別六価クロム溶出量

#### (3) 固化材添加量と六価クロム溶出量

セメント系固化材を添加した改良土の配合設計あるいは品質管理において、六価クロム溶出量を試験している試料の内、固化材の種類や添加量が分かっているものは1142試料である。これらについて、固化材添加量と六価クロム溶出量の関係をプロットすると、図-8のようである。この図では、使われている固化材を六価クロム対応型(841試料)と非対応型(301試料)に分けて示している。さらに、六価クロム溶出量を図-6と同様に「不検出」・「0.01～0.05mg/L」・「0.05mg/Lより大」に区分し、六価クロム対応型と非対応型別にそれぞれの試料数の割合と固化材添加量の関係を示したものが図-9である。

図-8によると、固化材添加量100～300kg/m<sup>3</sup>において六価クロムの溶出量が多く、土壤環境基準値を大幅に超える試料が特に非対応型の固化材において目立つ。逆に、固化材添加量が100kg/m<sup>3</sup>未満や500kg/m<sup>3</sup>より多い改良体では六価クロム溶出量が減る傾向にある。ところが、図-9(a)によると、固化材添加量100～300kg/m<sup>3</sup>未満の改良体では、不検出の試料数割合が多く、土壤環境基準を超える試料数割合は少ない。そして、固化材添加量が100kg/m<sup>3</sup>未満では不検出が少なく、土壤環境基準を超える試料数割合が多い。つまり、固化材添加量が100～300kg/m<sup>3</sup>では土壤環境基準を超える試料数割合が少ないが、溶出量の程度は大きい。

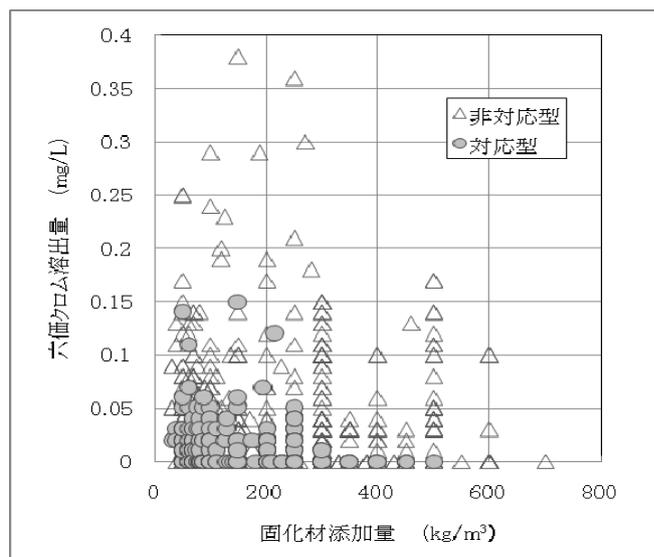


図-8 固化材添加量と六価クロム溶出量

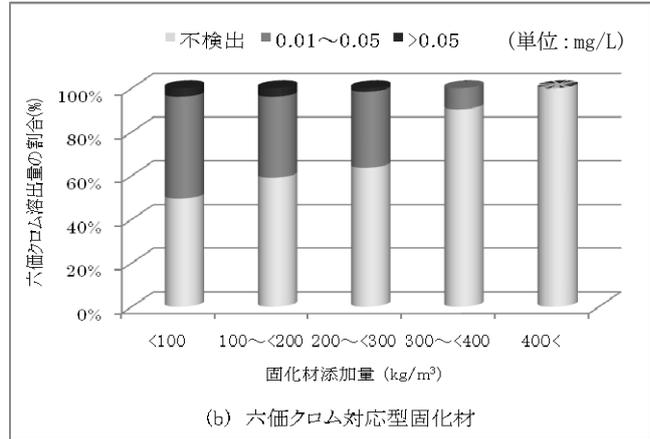
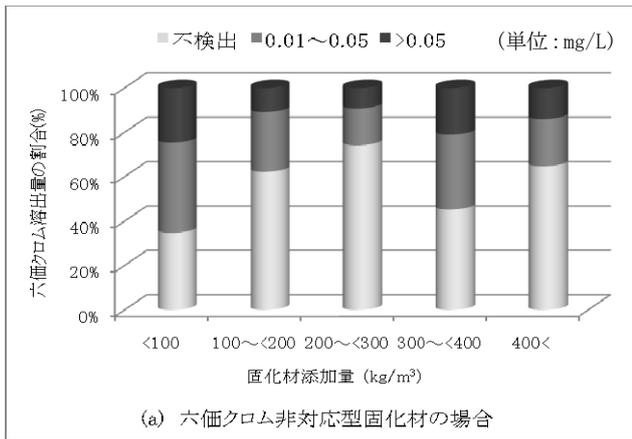


図-9 固化材添加量と六価クロム溶出量の割合

一方、固化材添加量が100kg/m³未満では、土壤環境基準を超える試料数割合が多いが、溶出量の程度は小さい。固化材添加量が増えればそれに含まれる六価クロム量は増えるが、改良体の固化強度は大きくなるため、六価クロム溶出は制限される。一方、固化材添加量が少ないと六価クロム量は減るが、改良体の固化強度は小さくなるため六価クロムは溶出しやすくなる。ここで取り扱った1142試料のデータには対象土の種類や含水比及び固化材のメーカーや種類などの違うものが混在しており、固化材添加量-改良体の固化強度-六価クロム溶出量の関係に微妙に影響していると考えられる。

また、図-8によると六価クロム対応型固化材を使用した改良体は、非対応型固化材の改良体よりも六価クロム溶出量は少ないといえる。図-9(b)では、土壤環境基準値を超える試料が少なく、六価クロム対応型固化材が300kg/m³以上添加された改良体では、土壤環境基準値を超える六価クロムは溶出されていない。

#### (4) 六価クロム対応型固化材の効果

図-8にプロットした全改良体について、六価クロム対応型固化材と非対応型固化材別に、それぞれの六価クロム溶出量の割合を示したものが図-10である。

六価クロム対応型固化材使用の改良体からの六価クロム溶出量は、土壤環境基準値を超える割合が3%であり、ほとんどの改良体が土壤環境基準を満たしており、六価クロム対応型固化材が六価クロムの溶出抑制に効果を発揮していると言える。一方、六価クロム非対応型固化材使用の改良体からの六価クロム溶出量は、土壤環境基準値を超える溶出量を示す割合が16%あり、六価クロム対応型固化材の約5倍である。

しかしながら、六価クロム対応型の固化材であっても完全に土壤環境基準値を超えないとは言い切れず、今回測定された最大値は0.15 mg/Lである。また、六価クロム非対応型固化材でも84%は土壤環境基準値以内であるので、工事に先行した室内配合試験において六価クロムの溶出量を確認することにより、安全な改良体を作ることができる。

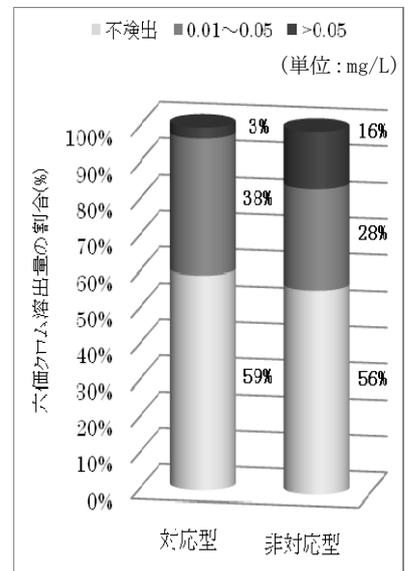


図-10 六価クロム対応型と非対応型の改良体の六価クロム溶出量

### 3-4. 再生コンクリート砂の使用状況

図-11は、再生コンクリート砂からの六価クロム溶出試験の試料数を年度ごとに示している。平成19年10月に国土交通省の通知により、再生コンクリート砂の六価クロム溶出試験を行うよう指示が出たことを受けて、再生コンクリート砂の六価クロム溶出試験試料数は平成20年度に大幅に増加し、現在も増加傾向にある。

これらの再生コンクリート砂は表-2の「再生砂品質」だけでなく、すべての工事種類で使用されている。図-12は再生コンクリート砂の工事種類別割合を示している。これによると、下水・管渠工事に使用されている割合が非常に多い。これは、前記通達が「浸透した水が土壌または公共用水域へ拡散するおそれがある箇所に工作物の埋戻し材料として再生コンクリート砂を使用する場合」に限定しているためである。実際には埋め戻し材料以外にも再生コンクリート砂

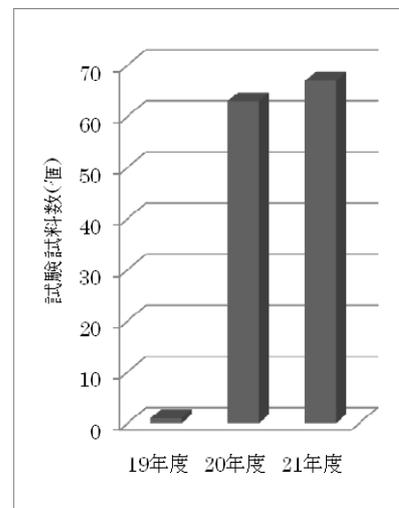


図-11 再生コンクリート砂の年度別試験数

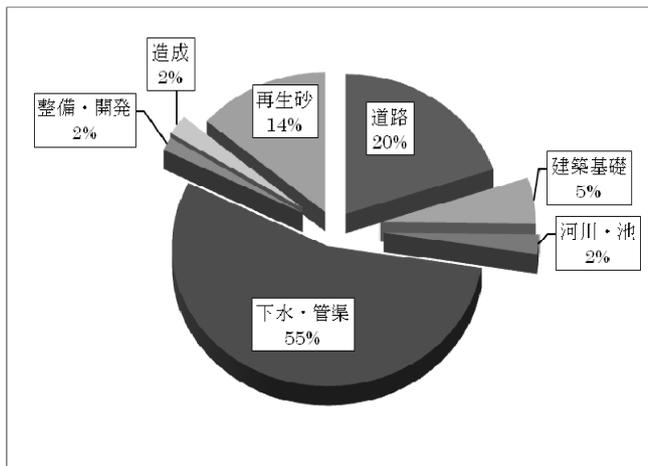


図-12 工事種別再生砂使用状況

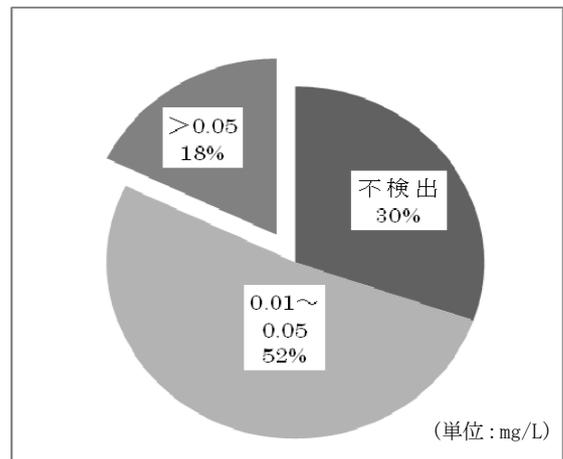


図-13 再生砂の六価クロム溶出量分布

が利用されていると考えられ、環境的な配慮から多くの工事種類において六価クロム溶出試験が必要とされるものと考ええる。

図-13は、再生コンクリート砂からの六価クロム溶出量の分布である。セメント系固化材による改良体を含んだ全試料の六価クロム溶出量分布(図-6)と比較すると、土壌環境基準値を超える割合は、再生コンクリート砂の方が若干多いことが分かる。再生コンクリート砂の六価クロム溶出量の最大値は0.16mg/Lである。また、不検出の割合は、再生コンクリート砂だけの方が少なく、0.01～0.05mg/Lの割合は、全試料よりも多い。

従って、コンクリート廃材を再生した砂中からの六価クロム溶出量は、改良体中の固化材からのそれより多いことになる。固結しているコンクリートでも再生処理のために破碎し細粒化されると、有害な六価クロムをかなり含むこととなり、環境への影響の程度は強度の低い改良体より問題があると推測できる。この観点からも埋め戻し材料への利用時以外にも六価クロム溶出の確認試験が必要である。

#### 4. おわりに

当センターの過去3年間の六価クロム溶出試験の結果を照査した結果、以下のようなことが明らかとなった。

- (1) 対象工事の種類では、道路及び建築基礎の2種類が全体の約6割を占める。過去3年間では、道路関連が減少し、建築基礎関連が増えている。
- (2) 年度・月別の依頼件数は、各年度とも年度末の公共事業の集中により2月が増える。一方、試験数は各年度とも8月、9月が増えており、夏季に大きな規模で地盤改良が実施されていることが推測される。
- (3) 六価クロムの溶出量は、全試料の約9割近くが土壌環境基準を達成しており、再生コンクリート砂も約8割以上が土壌環境基準を達成している。
- (4) 六価クロム非対応型固化材からの六価クロム溶出は、添加量の低い改良体からの割合が多い。
- (5) 六価クロム非対応型固化材を使用した改良体の六価クロム溶出量が土壌環境基準値を超える割合は、対応型固化材を使用した場合の5倍であり、対応型固化材は、六価クロムの溶出抑制に効果を発揮している。
- (6) 再生コンクリート砂の試験数は、国交省通達に触発されて平成20年度より大きく増加しており、とくに下水・管渠工事の埋め戻し材が多い。今後は他の工事分野でも六価クロム溶出量の確認試験が必要である。

#### 参考文献

- 1) 建設大臣官房技術審議官：セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び改良土の再利用に関する当面の措置について、建設省技調発第48号，平成12年，<http://www.mlit.go.jp/tec/kankyoku/kurom/pdf/1.pdf> (平成22年7月10日取得)。
- 2) 国土交通省通達(国官技第181号)：公共建設工事における再生コンクリート砂の使用に係る留意事項，平成19年，[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/recycle\\_rule/saiseisuna.pdf](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/recycle_rule/saiseisuna.pdf)，(平成22年7月10日取得)。
- 3) 稲角健・井上啓司・澤孝平・中山義久・萩家正次：土質試験結果の精度・信頼性に与える要因について，土木学会第62回年次学術講演会発表講演集，3-218，平成19年。
- 4) 阪部秀雄，澤孝平，中山義久，白木音信：六価クロム溶出試験における不確かさの算出，全国地質調査業協会「技術e-フォーラム2009(松江)」講演集，論文No.55，平成21年。
- 5) 橋本篤，澤孝平，中山義久，阪部秀雄：土質試験結果の不確かさの算定方法，地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2009論文集，地盤工学会関西支部，pp.49-56，平成21年。

## 創立 30 周年記念式典・祝賀会を終えて

所長 中山義久

去る平成 22 年 11 月 26 日、大阪キャッスルホテルにおいて催された創立 30 周年記念式典と祝賀会の報告をいたします。

第 31 期臨時総会に引き続き開催された式典には、来賓の全地連 瀬古会長、大阪中央会 山口専務理事、国土交通省近畿地方整備局 山本技術調整管理官、関西地質調査業協会 柳浦理事長、地盤工学会関西支部 霜上支部長の 5 名のご臨席のもと、招待者として各大学、高専、全国各地の土質試験協同組合と主要な取引先の方々を迎え、さらに組合員 42 社、組合職員・臨時職員を加えた総勢 130 名あまりの参集を得ました。

小路理事の司会進行により、高村勝年理事長の挨拶、来賓の方々の祝辞へと式はスムーズに流れました。厳かな中ではありましたが、今回はとくに若い方々の参加が多く、明るさを含んだ雰囲気の中で式典は執り行われました。

式典のなかで、今年度よりセンターが取り組んでいる雇用能力開発機構の人材**確保推進**事業の助成金を**活用した**表彰が行われました。この表彰の目的は組合と業界の活性化に繋がることを期待して、組合事業に貢献のあった各小委員会委員と組合員企業より推薦のあった職員を加えた合計 25 名に感謝状と記念品の贈呈が行われました。

また、祝賀会は厳かな式典とは一転し、窪田理事の軽快な司会のもと、華やかにスタートしました。式典とはうってかわって、皆さん肩の荷が降り和気藹々のムードの中で、久しぶりに友好を深める方、初対面の方と名刺交換に励む方など、おおいに盛り上がりました。そして、あっという間に中締めを迎え、祝宴は惜しまれつつ閉会となり、参加者は満足げに帰路に就かれました。



記念式典で挨拶する高村理事長



来賓の方々



祝賀会の参加者



佐藤専務理事の中締め

【労働者のモラル向上のための事業】  
**創立 30 周年特別表彰を行いました**

弊組合は本年を持ちまして、創立 30 周年の区切りの年を迎えました。この時を迎えることができましたのも、ひとえに関係各位の温かいご支援・ご鞭撻の賜と心から感謝申し上げます。

この機に、協同組合活動を通じて企業および業界等の発展に貢献された、次の方々に感謝状を贈らせていただきました。

【表彰者】

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 中央復建コンサルタンツ 株式会社      | 八谷 誠  |
| 中央開発 株式会社 関西支社        | 古田 芳彦 |
| 復建調査設計 株式会社 大阪支社      | 小田 高幸 |
| 基礎地盤コンサルタンツ 株式会社 関西支社 | 栗津 和也 |
| 川崎地質 株式会社 西日本支社       | 藤元 学  |
| 株式会社キンキ地質センター         | 脇本 修美 |
| 株式会社 ヨコタテック           | 立木 宏昌 |
| サンコーコンサルタント 株式会社 大阪支店 | 柴田 辰広 |



表彰式（受賞者代表謝辞：八谷氏）



感謝状

|                      |        |
|----------------------|--------|
| 復建調査設計 株式会社 大阪支社     | 若槻 好孝  |
| 株式会社 日建設計シビル         | 長谷川 智昭 |
| 株式会社 関西地質調査事務所       | 今西 立昌  |
| 応用地質 株式会社 関西支社       | 持田 文弘  |
| 株式会社 エイト日本技術開発 関西支社  | 中野 英樹  |
| 株式会社 ダイヤコンサルタント 関西支社 | 鏡原 聖史  |
| 日本物理探鑿 株式会社 関西支店     | 山岸 正志  |
| 東邦地水 株式会社 大阪支社       | 山岡 哲夫  |
| 株式会社 東建ジオテック 大阪支店    | 安達 和也  |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 株式会社 関西地質調査事務所  | 武藤 淳  |
| 株式会社 関西土木技術センター | 荒谷 賢一 |
| 株式会社 アテック吉村     | 稲垣 光艶 |
| 国際航業 株式会社 関西技術所 | 志賀 直樹 |
| 株式会社 興陽ボーリング    | 鳩山 英樹 |
| 阪神測建 株式会社       | 上坂 昌晴 |
| 株式会社 ソイルシステム    | 小山 綾子 |
| 株式会社 タニガキ建工     | 杉本 浩士 |



受賞者の方々

ビール片手に、ワイワイガヤガヤしませんか!?



## 【アフター5 ワイガヤ広場】開催報告 (No13)

本年最後のワイガヤ広場を12月15日に開催しました。支援サービスならびに情報化小委員会のメンバーに多数ご参加頂きました。また、Iさんが得意の手料理を振舞って下さいました。

今回は、センターの阪部さんから『セメント系改良土などからの六価クロム溶出の現状と傾向』と題して話題提供をしていただきました(写真参照)。内容は今号に記載の材料学会への投稿論文をご覧ください。阪部さんの紹介ではじめて認識した次第ですが、六価クロム溶出試験でISO17025を取得しているのは全国でも当センターしかないそうです。センターではこの三年間で2168試料の試験を実施しているとのことでした。

種々の立場の方々が集い、技術的な視点を交えて意見交換をしようという主旨でワイガヤ広場を企画してから一年が経ちました。ワイガヤが単なる飲み会にならないように原点に立ち返ることも必要ではないかと反省しています。その一方で、ワイガヤはとにかく元気が出るように現状を継承し、自慢好学会で技術的な視点を展開するという御意見も出ております。皆様方のお考えもあろうかと存じますので遠慮なくお申し出下されば幸いです。



## 編集後記

最近、夜遅く帰ると星空を眺めることが多くなりました。やっとな寒さが増してきて、鮮やかに星々が瞬いています。

星座に詳しいわけではない私でもわかるオリオン座、その横に目を移すと綺麗な半月が輝いています。さらにその横にひときわ輝いている星があります。皆さんご存知ですか？それは星ではなく、木星なんです。

以前、月があまりに綺麗なので、息子たちと3人で天体望遠鏡を持ち出してベランダで眺めてたところ、隣の明るい星に焦点を合わせてみました。すると、星に縞が見えるではないですか！よく見ると、4つの衛星も見えます。まさしくこれは木星でした。

後で調べてみると、木星には16の衛星があるが、ガリレオ衛星と呼ばれるイオ・エウロパ・ガニメデ・カリストの4つは昔から知られているとのこと。

普段は図鑑で見ている木星の姿を今、自分の目で見ているという事実に大いに感動しました。また、大昔の人は、こんなふうに星を眺めて思いを巡らし、マクロな法則を見出したのであろうと考えると、より大きな感動がありました。

いそがしいこの時期は、夜遅くまで仕事に追われ、抱えている問題が頭を離れません。そんなときに星空を眺めて木星を発見すると、ふっと落ち着いた気分になれます。

(阪部 記)