

(0075) 地盤環境に係るサンプリングのための新たな ISO 規格

－ ISO 18400 シリーズの概要－

○中島 誠¹・ISO/TC 190 部会¹

¹ 土壌環境センター

1. はじめに

地盤環境 (Soil Quality) の調査および評価に関する土壌等のサンプリングの方法等について、1987 年より、国際標準化機構第 190 専門委員会 (ISO/TC 190 (Soil Quality : 地盤環境)) の第 2 分科会 (SC2 (Sampling)) で ISO 規格化が進められてきた。わが国は、ISO/TC 190 の国際審議団体である地盤工学会の ISO/TC 190 国内委員会が中心となり、土壌環境センターの ISO/TC 190 部会が協力するかたちで ISO TC190/SC 2 (以下「SC2」という。)における ISO 規格草案の審議に積極的に参加してきている。

SC2 で審議され発行された ISO 規格としては、2001 年～2009 年に発行された ISO 10381 シリーズ (ISO 10381-1～10381-8)、ISO 18512 がある。これらの ISO 規格 (草案段階のものも含む) は、既報¹で報告したとおりであり、わが国においても土壌汚染対策法における土壌状況調査の方法を定める際や環境化学分析のための試料採取に関わる地盤工学会基準を定める際に参考にされてきている。

このように地盤環境に関わるサンプリング規格が整備されてきたなか、2007 年の ISO/TC 190 総会 (シドニー) で開催された SC 2 総会において ISO 10381 シリーズを八つの異なるパートとして残すべきか、あるいは新たな体系のもとで作成しなおすべきかという議論が出され²、2008 年の ISO/TC 190 総会 (デルフト) における SC2 総会において新たな体系として 3 レベルアプローチが議論された。そして、この 3 レベルアプローチを詳細に議論するために SC 2/WG 10 (Elaborating general aspects of sampling) が新設され、2009 年の ISO/TC 190 総会 (ソウル) 以降、毎年 ISO/TC190 総会 (2010 年 : プラヴィ、2011 年 : アデレード、2012 年 : ヘルシンキ、2013 年 : 福岡、2014 年 : ベルリン、2015 年 : ウィーン、2016 年 : パリ) での SC 2/WG 10 会議と SC2 総会、および途中で開催された中間ミーティングにおいて、3 レベルアプローチの構造やそれを構成する各 ISO 規格草案の審議が行われてきた。わが国としては、このような動きに対し、毎年 ISO/TC 総会における SC 2/WG 10 会議および SC 2 総会への出席および各段階の規格草案に対する投票・コメント提出を行い対応してきた。

ISO 18400 シリーズについて、2017 年 1 月に九つの ISO 規格が発行され、残りの五つの規格案についても発行に向けての最終段階の投票とその結果を受けての修正作業を残すのみとなっている。ISO 10381 シリーズの規格は、それぞれに対応する ISO 18400 シリーズの発行を受けて、撤回されることとなっており、既に四つの規格 (ISO 10381-2、ISO 10381-3、ISO 10381-6、ISO 10381-7) の撤回が実施されている。また、SC2 についても、一連の ISO 18400 シリーズの改訂作業がほぼ完了したことを受けて解散することとなっており、発行された ISO 規格の確認・更新等のために必要となった段階で新たな WG の設置が検討される予定となっている。

本稿では、ISO 18400 シリーズの体系とそれを構成する主な規格の概要を整理し、わが国の土壌汚染調査に係るサンプリングとの関係について述べる。

2. ISO 18400 シリーズの体系 (3 レベルアプローチ)

新たな体系である 3 レベルアプローチ (アンブレラアプローチ) では、三つの異なるレベルで規格が整理されている。図-1 は、ISO 18400-100 に示される 3 レベルアプローチのイメージである。レベル 0 と位置付けられる一つの Umbrella standard (包括的規格 (アンブレラ規格)) の下に、レベル 1 として幾つかの General standard (一般規格) が設けられ、レベル 2 として Dedicated standard (専用規格) が設けられている。さらに、個々の専用規格について、レベル 3 として方法ごとの規格が設けられる構造となっている。

レベル 1 では全てのサンプリングに共通な事項が項目ごとに規格化されており、レベル 2 では目的や対象等ごとのサンプリングに関わる事項が規格化されている。

New ISO standard for sampling on soil quality: Overview of ISO 18400 series

Makoto Nakashima¹ and ISO/TC 190 Study Group¹ (¹GEPC)

連絡先 : 〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-5 KS ビル 3F 一般社団法人土壌環境センター

TEL 03-5215-5955 FAX 03-5215-5954 E-mail info@gepc.or.jp

レベル3ではレベル2の各規格に対応する個々のサンプリング方法について規格化されることとなっているが、現在までに新規作業項目の提案が出てきていない状況にある。レベル3規格については、異なる状況や目的に即したサンプリング手順が容認されることとなっており、並行したサンプリングが隣同士でそれぞれ規格化されて存在することも許容されている。それゆえ、自国の基準をそのままレベル3のISO規格にすることも可能であるとされている。このレベル3規格の考え方は、レベル2規格の内容を満たすものであれば自国の基準や方法をそのままISO規格化し、国外でのプロジェクト等で国際的な方法として用いることを可能にするものである。レベル3規格について、今後発行していくという話がSC2会議の中で何度か出ていたが、現在までに新規作業項目の提案は出ていない状況にある。

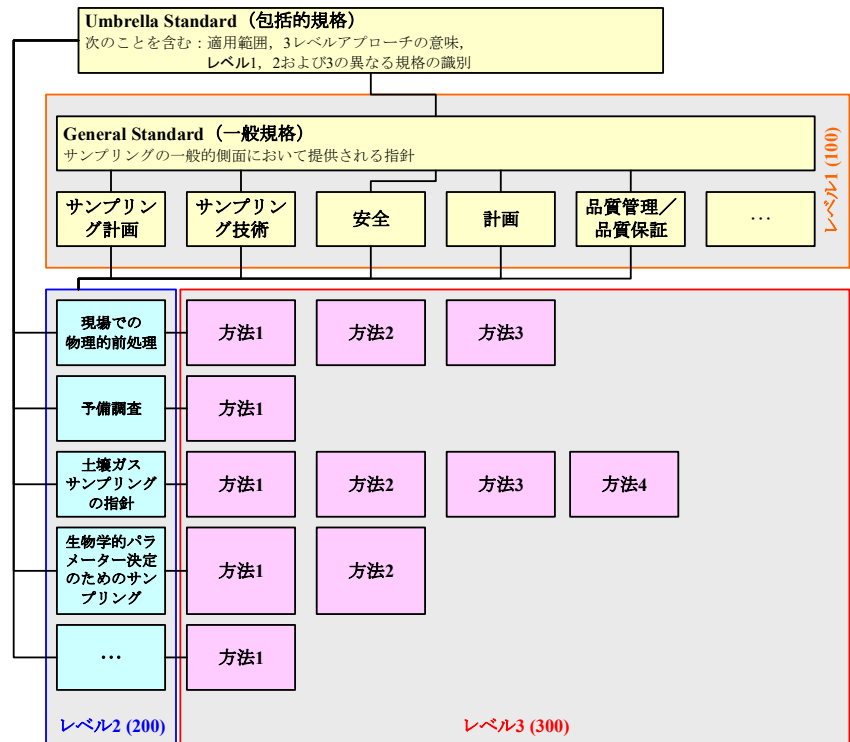


図-1 3レベルアプローチの概要 (ISO 18400-100より)

3. ISO 18400 シリーズの規格化の状況

表-1に、2018年5月現在のISO 18400シリーズの発行状況を示す。2017年1月に一つのレベル0規格、六つのレベル1規格、二つのレベル2規格が発効されており、残りの一つのレベル1規格、四つのレベル3規格についてもFDIS（最終ISO規格草案）投票を残すのみとなっている。

表-2に、ISO 18400シリーズとISO 10381シリーズの各規格の関係を示す。当初、ISO 18400シリーズで規定する内容はISO 10381シリーズの規定内容から変更しないという基本ルールが設定されたようであるが、規格草案の審議過程で新たな技術や知見の追加や規定内容の見直しも行われた。わが国からは、国内で一般的に用いられている技術の追加や土壌汚染対策法や環境省告示等で定められている内容との整合性の確保を目的として、検討過程の規格草案に対する投票時に修正意見を提出しており、一部は反映させることができた。

図-2は、地盤環境に関する調査プログラムの中でのサンプリングにおける主要な要素間の連携がフローに整理されたものであり、ISO 18400シリーズの各規格がどの部分を規定しているかを示している。図中の①～⑦は調査プログラムにおける重要な要素を示している。

4. ISO 18400 シリーズによる規定内容とわが国の土壌汚染調査に係るサンプリングとの関係

4.1 ISO 18400-101

ISO 18400-101では、調査プログラムにおける主要な要素間の連携が示され、サンプリングプロセスに不可欠な要素として重要な要素が示されている。

図-2中の①～⑦の各キーステップについて、キーステップ①（サンプリング計画の準備）では、品質保証/品質管理(QA/QC)に関する考察、関係者（例えばサンプリング実施や、分析者、客先、所有者、規制当局を含む）の相談、目標の特定と技術目標の定義、調査段階の特定、試験する構成要素と適用する試験方法の特定、バックグラウンド情報（予備（フェーズ1）調査結果、土壌や存在するおそれのある汚染物質についての既知の物理的・化学的および生物学的特性、既知の特徴的なハザード等）の特定、サンプリング実施者の健康・安全対策の特定、サンプリングアプローチの選択、サンプリング技術の選択を順に行う。キーステップ②（サンプリング）では、サンプリング計画に従って試料を採取し、必要があれば現場サンプリング前処理を行って、分析室試料を用意する。キーステップ③（梱包、輸送および配達）では、試料を分析室へ輸送し、サンプリング記録を作成する。ここまでのサンプリングプロセスを行った後、分析手順のキーステップ④～⑦を行う。

表－１ ISO 18400 シリーズの規格・規格草案と審議・発行状況

規格のレベル	提案された規格番号	作業タイトル	審議・発行状況
レベル 0 Umbrella standard (包括的規格)	ISO 18400-100:2017	Guidance on the selection of sampling standard (サンプリング規格の選定のガイダンス)	2017/1 ISO 発行
レベル 1 General standard (一般規格)	ISO 18400-101:2017	Framework for the preparation and application of a sampling plan (サンプリング計画の準備と実施のためのフレームワーク)	2017/1 ISO 発行
	ISO 18400-102:2017	Selection and application of sampling techniques (サンプリング技術の選択と実施)	2017/1 ISO 発行
	ISO 18400-103:2017	Safety (安全)	2017/1 ISO 発行
	ISO 18400-104	Strategies (計画)	投票終了
	ISO 18400-105:2017	Packaging, transport, storage and preservation of samples (サンプルの包装、輸送、保管、保存)	2017/1 ISO 発行
	ISO 18400-106:2017	Quality control and quality assurance (品質管理と品質保証)	2017/1 ISO 発行
	ISO 18400-107:2017	Recording and reporting (記録と報告)	2017/1 ISO 発行
レベル 2 Dedicated standard (専用規格)	ISO 18400-201:2017	Physical pretreatment in the field (現場での前処理)	2017/1 ISO 発行
	ISO 18400-202	Preliminary investigation (予備調査)	DIS は FDIS と して登録済
	ISO 18400-203	Investigation of potentially contaminated sites (潜在的汚染サイトの調査)	DIS は FDIS と して登録済
	ISO 18400-204:2017	Guidance on sampling of soil gas (土壌ガスのサンプリングに関する指針)	2017/1 ISO 発行
	ISO 18400-205	Guidance on the procedure for investigation of natural, near-natural and cultivated sites (自然、自然に近いおよび耕作サイトの調査のための手順に関する指針)	投票終了
	ISO 18400-206	Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of biological functional and structural endpoints in the laboratory (実験室における生物学的機能および構造的エンドポイントの評価のための土壌の収集、取扱い及び保管に関するガイダンス)	FDIS 発行済

サンプリング計画は、採取試料がサンプリング目的を達成するのに適したものであることを保証するためにいつ、どこで、誰により、どのようにして試料が採取され収集されるべきかを特定しなければならず、選択されたサンプリングアプローチの正当性が示されていないとされている。

4.2 ISO 18400-102

ISO 18400-102 はサンプリング技術の選択と適用についてのガイドラインであり、一般的な事項である予備調査、試料タイプ、サイズ、利用可能な技術について説明し、サンプリング技術選定における考え方、サンプリング技術適用にあたっての留意事項、表土や地表近くの材料およびそれより深部の土壌についての乱されていない試料および乱された試料の採取方法・手順を示している。

試料タイプとして乱された試料、乱されていない試料（スポット試料、クラスター試料、空間的（複合）試料）が挙げられており、試料採取の主な方法として診断薄層スクレイピング、試験ピット・トレンチ掘削、ハ

表－２ ISO 18400 シリーズと ISO 10381 シリーズの関係

ISO 10381		ISO 18400
規格番号	タイトル	規格番号
ISO 10381-1	Part 1: Guidance on the design of sampling program	ISO 18400-101
		ISO 18400-104
		ISO 18400-107
ISO 10381-2	Part 2: Guidance on sampling techniques	ISO 18400-102
ISO 10381-3	Part 3: Guidance on safety	ISO 18400-103
ISO 10381-4	Part 4: Guidance on the procedure for investigation of natural, near-natural and cultivated sites	ISO 18400-202
		ISO 18400-205
ISO 10381-5	Part 5: guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination	ISO 18400-104
		ISO 18400-202
		ISO 18400-203
ISO 10381-6	Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil under aerobic conditions for the assessment of microbiological processes, biomass and diversity in the laboratory	ISO 18400-102
		ISO 18400-104
		ISO 18400-105
		ISO 18400-206
ISO 10381-7	Part 7: Guidance on sampling of soil gas	ISO 18400-204
ISO 10381-8	Part 8: Guidance on sampling of stockpiles	ISO 18400-104

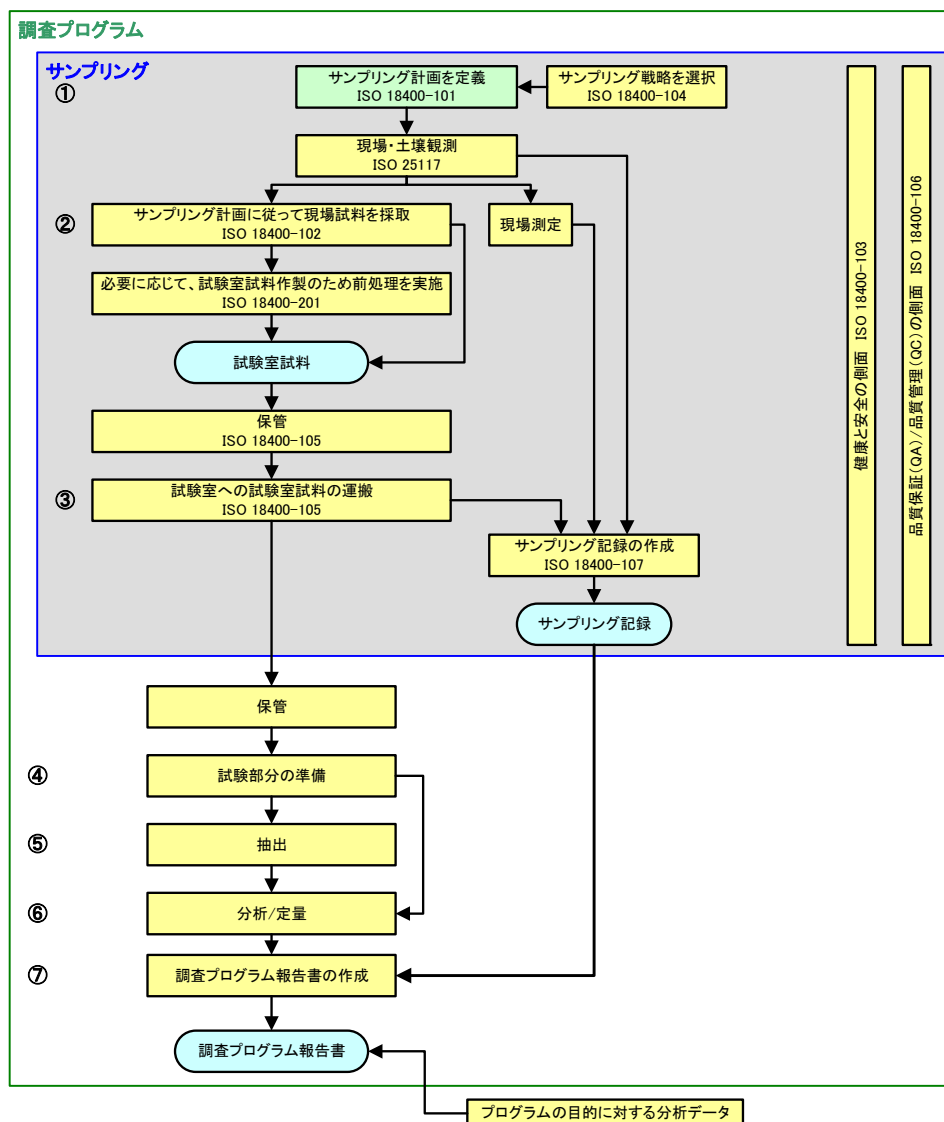


図-2 調査プログラムの主要要素間の連携 (ISO 18400-101 等より)

ンドオーガー掘削、動力駆動オーガーによるボーリング孔掘削、ホローステムオーガーによるボーリング孔掘削、ドライブチューブサンプラー、動的サンプリング・窓ありサンプリング（側面の片側に開放部のあるサンプラーによる）、窓なしサンプリング（側面に開放部のないサンプラーによる）・クローズドピストンサンプリング、ケーブル式パーカッションによるボーリング孔掘削、ソニック/ロータリーソニックボーリングが挙げられ、それらの長所と短所、適用性がそれぞれ表に整理されている。

わが国からは、地盤工学会基準（JGS 1912：打撃貫入法による環境化学分析のための試料の採取方法）があり、土壤汚染調査でもよく使用されている打撃貫入（ダイレクトプッシュ）法およびオープンチューブサンプラー、クローズドピストンサンプラーをこれらの表の中で取り上げてもらえるよう要望し、JGS 1912:2012 を参考文献として掲載することができた。

4.3 ISO 18400-104

ISO 18400-104（未発行、FDIS 段階）は、サイト調査戦略を開発する上での一般的なガイダンスと、土壤の平均的な特性、土壤特性のばらつきおよび土壤特性の空間分布に関する情報を得るときのサンプリング戦略を開発する上での詳細なガイダンスである。典型的な調査は、調査のタイプとして、予備調査（常に必要）、探索的調査（必ずしも必要ではない）、詳細調査（探索的調査で別途指示がない限りは必要）、追加調査（時々必要）を含むべきとされている。

予備調査では、出力として、初期サイト概念モデルおよび利用可能な情報に基づく予備リスク評価が含まれていなければならない。探索的調査は、限定された調査であり、予備調査で作成された汚染等に関する仮説の

妥当性その他の判断に関して不確実性を減らし、初期サイト概念モデルを洗練させて、その後の詳細な調査の設計に役立つ情報を提供するために設計されるべきであるとされている。詳細調査は、現実的な範囲で、調査全体の目的を達成するために必要なすべての情報を提供すべきであるとされている。

サンプリング戦略は、サンプリング計画 (ISO 18400-101) の基礎をなすものであり、調査の目的、それまでに作成されたサイト概念モデル、サイト固有の要因 (例えば、サイズ、地形、物理的障害物)、埋設設備の位置、ガスや地下水の移動経路の作成を避ける必要性、健康・安全および環境の保護、一時的な影響と調査結果におけるそのような影響の意味、提案された建物・インフラストラクチャーの位置と範囲、オフサイトの考慮事項、データや他の情報データの分析・提示の仕方を考慮して作成する必要があるとされている。

主なサンプリング状況としては、地中サンプリングと地上サンプリング、土壌特性の空間分布と平均的特性の組み合わせによる四つの状況が存在するとされている。空間分布を測定するための主なサンプリングアプローチとしては、判断型サンプリング (Judgement sampling) と規則的サンプリング (Systematic sampling) の二つがあり、他に便宜的サンプリング (Convenience sampling) があること、規則的サンプリングとして単純ランダム、層別ランダム、定期的、非整列の各サンプリングタイプがあることが示されている。

サンプルの種類としては、乱された試料と乱されていない試料があり、乱された試料は調査の目的に適するかたちで単一スポット試料、クラスター試料、空間複合試料とすることができること等が示されている。

空間複合試料については、広範な汚染が検出される可能性を高めることはできるが、混合過程でホットスポットの濃度が検出下限未満に希釈されてしまいサイトの汚染状況に関する情報の見逃しにつながる可能性もあるため、混合による希釈効果を考慮して汚染の存在を判断する濃度を下方に修正すべきであるということが示されている。汚染された位置の調査に空間複合試料を使用すべきかどうかについては国により見解が異なっており、幾つかの国では通常はスポット試料またはクラスター試料で調査されていること、他の国では複合サンプリングの一形態が規制やガイドラインで求められていることも注釈で示されている。

4.4 ISO 18400-105

ISO 18400-105 は、試料の化学分析を求められたときの要件を重視し、土壌および関連する材料の試料の梱包、保存、輸送、配達のための一般原則を示しており、内容的には ISO 18512 (Guidance on long term storage of soil sample) と併せて読むことを意図して作成されている。

4.5 ISO 18400-203

ISO 18400-203 は、土壌汚染が顕在化または潜在化しているサイトの調査、土壌汚染は想定されていないサイトでの地盤環境の確認 (例えば、汚染が存在しないことの確認) のための調査、汚染されている可能性のある掘削土の再利用または処分を管理する必要性を予期しての調査、リスクアセスメントや浄化措置計画作成のために必要な情報の収集におけるガイダンスである。土壌汚染調査について、予備調査、探索的調査、詳細調査の設計やサンプリング戦略、調査結果の評価、リスクアセスメントについて手順や方法が示されている。

土壌サンプリングにおけるサンプリング間隔について、通常のサンプリンググリッドの接点間隔は探索的調査の場合は 30m、詳細調査の場合は 10m または 15m が一般的であり、非常に不均一な汚染が仮定される場合はより高密度にすることが求められる可能性があることや、リスク評価結果に必要とされる信頼度の水準が高く高密度にすることが必要になる可能性もあることが示されている。また、サンプリングパターンについては、判断型サンプリング (Judgement sampling) と規則的サンプリング (Systematic sampling) が挙げられている。

分析項目については、カドミウム、クロム、銅、水銀、ニッケル、鉛、亜鉛、砒素、石油系炭化水素、揮発性有機化合物 (VOCs) および多環芳香族炭化水素 (PAHs) が都市・工業サイトで最も頻繁に遭遇する汚染物質として挙げられている。

複合試料の使用については、感覚的に明らかに性状が異なる試料や、標高の異なるまたは土壌プロファイルの異なる深度から採取した試料は混合してはならないこと等が示されている。また、複合試料を調査に用いた場合に混合による汚染物質濃度の希釈効果を考慮する必要があることも示されている。

わが国の土壌汚染対策法における土壌汚染状況調査では、単位区画 (10 m×10 m) と 30 m 格子 (30 m×30 m) が設定され、重金属等および農薬等については 30 m 格子内の土壌汚染のおそれの少ない区画 (一部対象区画) から採取される土壌試料を混合する 5 地点混合法が定められている。これらの区画の大きさは ISO 18400-203 で示されているサンプリング間隔と調和的である。空間複合試料の取扱いについて、わが国の場合は、汚染された位置の調査に空間複合試料を用いていることになり、明らかに異なる試料であっても機械的に混合し、試料の混合による希釈効果は考慮せずに評価する規定になっている。

4.6 ISO 18400-204

ISO 18400-204 は、土壌ガスサンプリングに関するガイダンスであり、直接法（直接測定法）、能動的サンプリングおよび受動的サンプリングについて、土壌中または建物下（サブスラブ）に設置した永続的または一時的なボーリング孔（試料採取孔）で適用するサンプリング計画、観測井の設置、土壌ガス試料の梱包・輸送・保管についての指針を含んでいる。対象とする物質としては、土壌ガス中の VOCs、無機揮発性化合物（例えば、水銀、シアン化水素（HCN））および永久ガス（二酸化炭素、窒素、酸素、メタン）がカバーされている。

土壌ガスサンプリングを行うときの環境条件については、試料の採取前と採取中の大気条件を記録することが重要であり、サンプリング前の約 1 週間の条件を記録すれば十分だろうとされているが、数週間前の降雨が影響を及ぼす可能性があることも示されている。記録する最も重要なパラメータとして、大気圧、降雨、屋外温度、室内温度、風向・風速、付近の地下水面の深さおよび水文地質学的な摂動（例えば、地下水揚水、掘削、潮の影響によるガスの圧力や濃度の変動等）、地上の状態（例えば、乾燥、湿潤、凍結）と異質性が挙げられている。

サンプリング計画における土壌ガスのモニタリング深度の決定では、次の点を考慮する必要があるとされている。①浅い深度での屋外空気の制御不能な影響のため、サンプリング深度は地表面下 1m 未満にすべきでない。②スクリーン部が常に地下水より上にあり、毛管水の侵入が抑制されるように、サンプリングポイントは地下水面より 1m 以上浅いところにすべきである。③観測井のスクリーン部分は 0.5m 以下とすることが推奨される。ここで、①については、VOCs に対して、サンプリング深度が地表面下 1m 未満である場合には、コンクリートやアスファルト等で地表面がしっかりと密封されていなければ、サンプリング地点の周囲直径約 5m の範囲の地表面に適切な柔軟性メンブレン（不活性材料）を敷き、空気の侵入がないように遮蔽すべきであるとされている。②について、永続的な井戸の場合は既知の地下水位の最高レベルよりも 1m 上に観測井の井戸底を設定すべきであるとされている。また、打ち込みプローブにより設置するプローブ（金属製の中空管）は直径 0.05m 未満、無孔管部 1m 以上、スクリーン部 0.05m 以上となっており、最低 1m の深さまで打ち込み、管頭をガス栓とベントナイトで密封することとされている。以上が単一深度からのサンプリングに関する事項であるが、複数深度でのサンプリングについても幾つかのデザインが示されている。

採取した試料の取扱いについては、サンプリング後の試料バッグは暗所で室温により特定の容器に保管すべきであること、採取後 24 時間以内に試料が分析室へ届けられ、試料受領後 24 時間以内に分析が完了すべきであることが示されている。

わが国では、土壌ガスサンプリングについて、平成 15 年環境省告示第 16 号および三つの地盤工学会基準（JGS 1941、JGS-1942、JGS-1943）が存在しているが、試料採取孔の掘削径および深さ、上部無孔管部分の長さ、許容される環境条件において、両者の間に差異が生じている状況にある。わが国としては、わが国の告示や基準の仕様も ISO 18400-204 で認められるようにすることを要望する修正意見を出してきたが、いずれも受け入れられず、両者の間に差異が生じている状況となっている。

5. おわりに

新たな 3 レベルアプローチの下で、地盤環境のサンプリングに関する新しい規格である ISO 18400 シリーズがほぼ完成しつつある。地盤環境のサンプリングについては、ISO/TC 190 全体の体制の変更に合わせて SC 2（Sampling）が解散となり、残りのプロジェクトが完了するまでは SC 2/WG 10 が作業を継続することとなっている。新体制の下では、発行した ISO 18400 シリーズや ISO 18512 の更新や改訂等に対応する必要性が生じた時点で、新 SC 7（Impact assessment）の中に WG を新設して対応することが想定されている。

参考文献

- 1) 中島 誠・平田 桂・角田真之・保賀康史・松村光夫・ISO/TC190 部会(2013)：土壌サンプリングに関する ISO 規格の新しい体系への変更の動き，第 19 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.295~300.
- 2) 地盤工学会 ISO 国内委員会(2010)：第 24 回 ISO/TC 190（地盤環境）総会報告（その 1），地盤工学会誌, Vol.58, No.7, p.39.
- 3) 中島 誠・保高徹生・平田 桂・角田真之・ISO/TC190 部会(2015)：ISO/TC 190/SC 2（サンプリング）における ISO 18400 シリーズの審議状況と土壌ガスサンプリング草案における日本としての課題，第 21 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.259-264.