

## (3) 実施例

埋立地コア真性細菌  
16S rRNAを対象とした  
T-RFLP解析結果のDB  
検索による各TRF帰属  
の推定結果

—— 絶対嫌気性菌

—— 硫酸還元菌？

—— 好塩性菌？

深さ	属	門・綱	%
1.5m	<i>Thermoanaerobacter</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	21
	unknown strain		7
	<i>Clostridium</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	2.7
	<i>Wolbachia</i>	<u>Alphaproteobacteria</u>	2
4.5m	<i>Acidobacterium</i>	<u>Acidobacteria</u>	7
	<i>Desulfobacterium</i>	<u>Delaproteobacteria</u>	6
	<i>Flavobacterium</i>	<u>Bacteroidetes; Flavobacteria</u>	3.8
	strain NIH		3.8
	<i>Halorhodospira</i>	<u>Gammaproteobacteria</u>	3
	clone Hstpl70		2.4
7.5m	strain CDC		2.4
	<i>Thermoanaerobacter</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	11.3
	<i>Clostridium</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	6.2
	<i>Desulfotomaculum</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	5
	<i>Methylocystis</i>	<u>Alphaproteobacteria</u>	4
	clone11-14		4
	<i>Halorhodospira</i>	<u>Gammaproteobacteria</u>	3
	<i>Desulfovibrio</i>	<u>Delaproteobacteria</u>	2.6
10.5m	<i>Desulfobacterium</i>	<u>Delaproteobacteria</u>	2
	<i>Clostridium</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	14
	<i>Thiorhodovibrio</i>	<u>Gammaproteobacteria</u>	6
	<i>Halomonas</i>	<u>Gammaproteobacteria</u>	4
	<i>Sphingomonas</i>	<u>Alphaproteobacteria</u>	3.2
	<i>Endobacterium</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	2.6
	<i>Thermoanaerobacter</i>	<u>Firmicutes; Clostridia</u>	1.6

## 2.2 海外の規格化等の動向調査

太平洋セメント（株） 田野崎 隆雄

試験検査法部会の有志で、特に欧州動向の調査結果を毎年研究発表会で報告している。14回は CEN-TC292 の動向、15回は ISO-TC190 の動向、16回は Horizontal Project 等である。特に近年 Bioavailability の概念の精密化が話題となっており、生体内における反応と生体外の環境評価を別にして、後者を Bioaccessibility とすることが合意されつつある。

欧州動向ばかりでなく、ASEAN 地域などの調査も加えワッチングを続けていく予定である。

共同担当者：

築谷 淳志	（財）岡山県環境保全事業団
中村 和史	（財）クリーン・ジャパン・センター
水谷 聡	京都大学環境保全センター
肴倉 宏史	秋田工業高等専門学校
山田 正人	（独）国立環境研究所

## 欧州規格による廃棄物のキャラクターゼーションについて (1)

(財)岡山県環境保全事業団 ○(正) 築谷 淳志、岡山大学環境理工学部 (正) 田野崎 隆雄  
京都大学環境保全センター (正) 水谷 聡、(財)グリーン・ジャパン・センター (正) 中村 和史

1. はじめに：欧州各語のキャラクタ Caractere とは「文字・記号」「特徴・性質」「指標」「性格」のことであり、キャラクターゼーションとは、これらのキャラクタを用いて「もの」「価値」「人物」「作品」を定義することである。現在進行中の EU 統合に伴う法経済体制の整合化（ハーモニゼーションという）では、このキャラクターゼーションにより、廃棄物を分類し 2005.6.16 までに加盟各国の廃棄物処理法規を共通化することが決められた。例えば欧州の埋立て処分（正確には「保管」）場所は Classe I、II、III に分類され、Classe I の有害性廃棄物（バーゼル条約付属書 H6 該当）は EN12457、Class III の不活性廃棄物は prEN14405 という各基準（standard）により判定されることとなった。これらの基準は、廃棄物のキャラクターゼーションに関する試験方法を規定するものであり、物理化学的な平衡の概念と、合わせ加盟各国の政治的合意に拠っている。

キャラクターゼーションの方法は様々であり、その中で進展しているのは「Leaching」による方法がほとんどである。その理由は既に各国で、Leaching テストを元にした法規制が実施されているためである。各国の諸規定を改変し欧州共通規格を策定するために、第三者機関 CEN（欧州標準化委員会）という組織が設立され、各国の国内法の規定を整合させることとなった。なおこの CEN などの認定機関が規格する「標準」には①法的強制力をもつ基準（standard）②地域環境の行政的対策のための指針（guideline）③地域環境の技術的対応のための目標（goal）④環境の質を判定するための条件（criteria）の 4 種があり、CEN 内で廃棄物のキャラクターゼーションを担当しているのは TC292 という委員会である。ここでは戦略的にキャラクターゼーション段階を、①基本的キャラクターゼーション（prEN14429 など）②特定の条件との適合判定を行う Compliance テスト（EN12457 など）③現場での迅速試験（パイロットで策定中）の 3 段階で設定している。

CEN-TC292 では各種共通試験プログラム（オランダ VROM など）により評価した廃棄物情報をもとに、現段階では廃棄物を「モノリス Monolith」と「塊状 Granular」に区分し、図 1,2 に示すように「pH と拡散係数及び L/S 比のパラメータ」により 廃棄物のキャラクターゼーションを可能としている 1)。この欧州における「汚染現象  $f(x)$  = (汚染源のアーベビラリティ、移動条件)」の制御により環境対策が可能という考え方は、「廃棄物」という評価対象が、「汚染の拡散場（重力場・電磁場に近い考え）」におかれた「特定条件」のもとでは如何なる特徴を示すかという、物理学的なキャラクターゼーション方法をとることで同意をみた。一方日本にあっては、「平衡状態を前提にした」化学反応に対する関心が高く、Leaching に「溶出」の訳語を与えた 2)。この考え方の差異は今後日本が環境影響評価の国際的整合性を図っていく上で極めて重要である。そこで報告者らは欧州規格による廃棄物のキャラクターゼーションの現状を把握し、今後の日本の廃棄物キャラクターゼーションのあり方を考えていく一助とするために本調査を行うものである。EN12457 に拠るバッチ試験の報告は既になされているので 3)、本報告では pH の依存性試験とカラム試験について報告する。

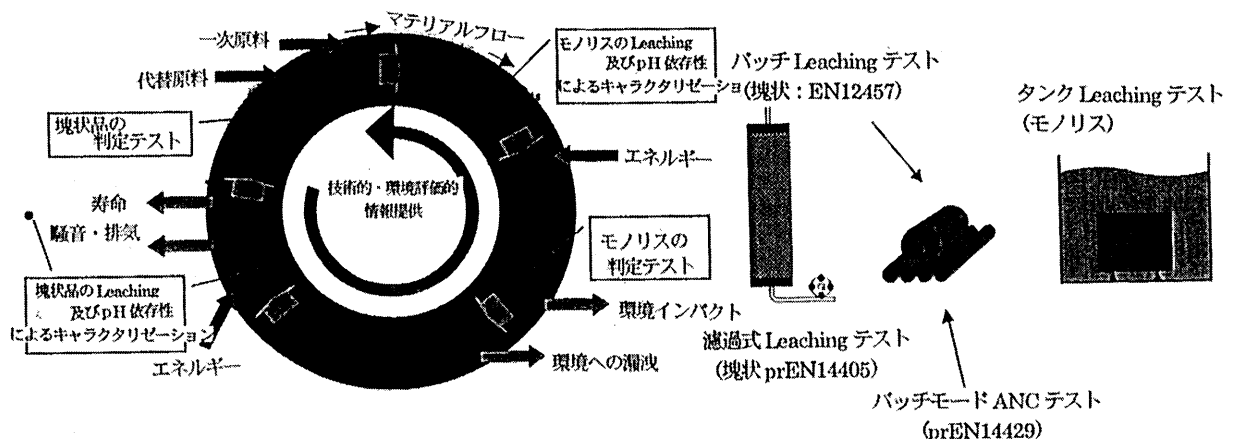


図1 建設材料のライフサイクルを例にした Leaching 評価試験の位置付け 1)

図2 各 Leaching 試験法のイメージ 1)

「連絡先」〒712-8074 倉敷市水島川崎通 1-14-1 (財)岡山県環境保全事業団 築谷 淳志 (つくたに あつし)

TEL:086-440-0666

FAX:086-298-2617

e-mail:a-tsukutani@kankyo.or.jp

キーワード：キャラクターゼーション、Leaching、pH、L/S 比、カラム試験

**2. Leaching テストの種類：** TC292 の考え方は ENV12920 にまとめられている 4)。これは特定条件において、汚染物質の拡散性、拡散モデルの設定から「シナリオ」を想定し、それに基づいた Leaching テストにより適否を判定しようという、廃棄物のキャラクターゼーションの方法を定めたものである。表 1 に示すように Leaching テストには 4 種類あり、それぞれ特徴により使い分けている。日本の環境庁告示 13 号法や EN12457 はバッチ試験に分類される。それぞれの大きな違いは L/S 比と試験時間であり、バッチ試験は他の試験法に比べ高 L/S 比、短試験時間という特徴がある。バッチ試験の振とう 6 時間あるいは 24 時間が必要十分であるという科学的な根拠はなく、過去からの慣習で決められている。そこで Hjelmars ほか(2001)は、Compliance テストによる上限値設定の考え方(POC(Point of Compliance))を図 3 にまとめ、汚染度  $C = C_0 \exp(-L/S)$  (1 式) として L/S 比の汚染パラメータの最重要性を指摘している。図 3 は、カラム試験により最適 L/S 比を把握している例である 5)。

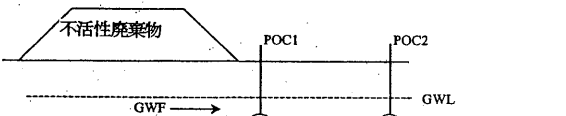
表 1 Leaching 試験方法の分類と特徴

	バッチテスト	カラムテスト	ライシメーター	フィールドテスト
L/S比	1～30	0.1～10	0.15	0.006
時間	6～48時間	10日程度	6月程度	1年程度
規格例	EN12457など	prEN14405など	策定中	—
適用	ClassI埋立て 廃棄物の判定	ClassIII埋立て 廃棄物の判定	実際の シミュレーション	実際の モニタリング
必要廃棄物量	100g	1kg	1t	—

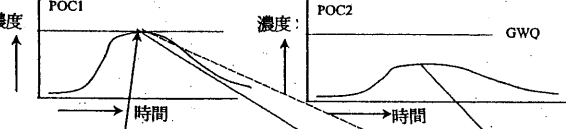
**3. prEN14429 による pH テスト：** 2003 年度中に正式投票がなされ採択見込みの本規格は、Leaching テストにおける pH 依存性テスト、別名を ANC (Acid neutralization capacity、アルカリ添加の場合は BNC) テストとして知られている。正確には Leaching テストではなく、化学的評価実験である。鉛など pH の変化に大きく影響する元素の水系移行量を評価するに前に、評価する固体-水系の pH 緩衝性を把握するために行う。試料の 95%以上の粒子を 1mm 以下として初期 L/S 比 10 が多い) 純水で接触させ、これに硝酸あるいは水酸化ナトリウム溶液を添加、pH4-12 の間で平衡に達するまでの、酸あるいはアルカリ消費量を測定する方法である。振とう方法は EN 12457 と同じ回転式である。図 4 に微粉炭燃焼石炭灰フライアッシュの、図 5 に都市ごみ焼却ボトムアッシュに関し報告者らが行った ANC テスト結果の例を示す。図 4 の石炭灰フライアッシュでは、容易に pH 4 に酸添加で達し得るのに対し、図 5 のボトムアッシュにあつては継続的にアルカリ成分が供給され、容易に pH 4 にならない状況にあると判断される。本試験法はアベイラビリティ性能に本来関係するはずであるが、同規格ではこれに言及していない。むしろ廃棄物キャラクターゼーションのひとつとして、廃棄物の長期的挙動を予想するために行うとしている。例えば ANC の大きい(すなわち長期にアルカリ性を継続する)廃棄物が一般環境中で酸性になることは考えられないので、長期的な Leaching 特性を測定する条件に適うかのチェックテストとして用いられる。すなわちその場合水系との接触を通じて pH が大きく変化しないキャラクターと判定され、カラム試験による評価が有効であるとされる。

**4. prEN14405 によるカラム試験：** これは図 6 に示すカラム装置(φ5 か 10cm、長さ 30cm のガラスもしくはプラスチック製)により、被試験物からの対象物質の長時間にわたる水系移行量を把握しようというものであり、一種のろ過試験である本方法はバッチ試験より実際の処分条件に近いものと考えられている。埋立て処分場の規定が地下水流速で区分されている欧州にあつ

A 汚染移動のシナリオ



B 判定点の濃度



C カラムテストのデータ

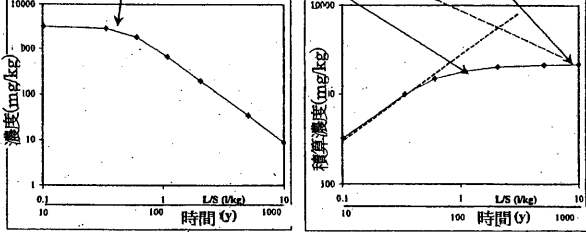


図 3 Hjelmars ほか(2001)の Compliance テストによる上限値設定の考え方

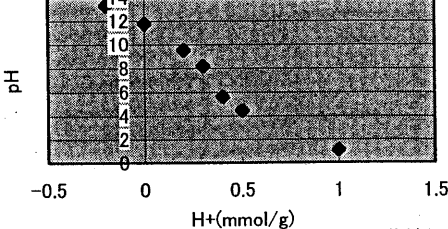


図 4 石炭灰フライアッシュの ANC 曲線例

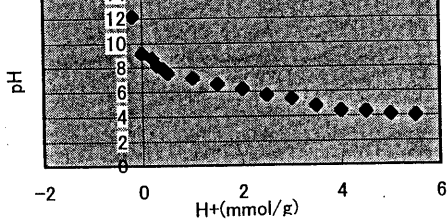


図 5 都市ごみボトムアッシュの ANC 曲線例

では、カラム試験の水速は10-7~10-8m/secを想定している。これは年間降雨量が800mm以下(東京は1400mm)の欧州の気候を反映しているものと考えられる。流れ条件はどのようにしてもよいのであるが、30cm長さのカラムを使うならば、試料径は1mm以下、流速15cm/日が最適であるとしている。水通過量を積算しL/S比=0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0に達した時点で検液を採取して電気伝導度を測定する。長時間測定した石炭灰フライアッシュの例を図7に示す。また検液中のカルシウム及び砒素の測定結果は図8, 9に示され、式(1)に従っていることがわかる。しかしごみ焼却ボトムアッシュの砒素の例を図10に示すが、式(1)に抛らずL/S比増加に伴い、Leaching総量が減少の傾向にある。フランスの国土環境省が2001.4に出した「不活性廃棄物」の判定ガイドラインによると、L/S=2あるいは10におけるPOC管理値で $As < 0.05 \text{ mg/l}$ とするが、それ以降も汚染成分濃度の上昇がないことを本試験で証明することと規定している。砒素で示した例では、ボトムアッシュでは判定基準をクリアしているが、石炭灰フライアッシュは不適である。フランスではボトムアッシュは、EN12457 バッチ試験でV,M,Sにカテゴリ分けされた後5)、M(条件付使用可能水準)であることの認証を本試験で行う。例えばMaturation(安定化)の間に鉱物相固定あるいは炭酸化などが進展し、不活性化したということを証明する。

##### 5. 欧州規格による廃棄物のキャラクタリゼーションの問題点:

築地ほか(2002)6)及び幸正ほか(2002)7)により日本のごみ焼却飛灰は、バッチLeachingあるいはANCテスト中に鉱物相を形成することが明らかにされた。これは欧州における廃棄物を「モノリス Monolith」あるいは「塊状 Granular」のどちらかであると捉え、「汚泥」は「塊状物+水」、「粉体」は「細かいモノリス(どこまで分割しても均質)」と捉えるモデルでは対処できない問題点である。「ごみ溶融スラグを用いたコンクリート」「自動車体あるいは家電シュレッダーダスト」「汚染土壌(バザール条約では廃棄物のカテゴリ)」などのキャラクタリゼーションもこの分類では現実的ではないように見受けられる。廃棄物の分類は、法律が制定された1970年代から各国とも大きく変更されていない。従来各国の分類では「汚泥」「燃え殻」「ばいじん」「プラスチック」とおおまかに発生経路、一般の呼称で分類し管理してきたが、環境影響評価の必要性から、共通の観点から分類し直さなくてはならない時期に差し掛かっていると思われる。廃棄物の性状は毎年変化しており、管理もそれに伴って変化していかねばならないであろう。

参考文献1) H.A.van der Sloot(2001): European Activities on Harmonisation of Leaching/Extraction test and standardization in relation to the use of alternative materials in construction, International conference on Materials for Advanced technologies(Singapore) 2) 廃棄物学会誌 Vol7, No5(1996): 特集 溶出試験 3) 田野崎ほか(2001): 欧州規格 prEN12457 の試験法について、第12回廃棄物研究発表大会要旨集 4) 田野崎ほか(2000): ENV12920 による廃棄物の評価方法、第11回廃棄物研究発表大会要旨集 5) Hjelmar et al.(2001): Development of acceptance criteria for landfilling of waste, 8th International waste management and landfill symposium(Sardinia) 6) 築地ほか(2002): 欧州規格 prEN12457 のわが国廃棄物への適用性について、

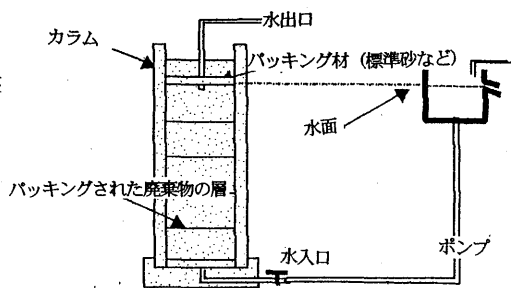


図6 prEN14405に記載されたカラム試験の概念図

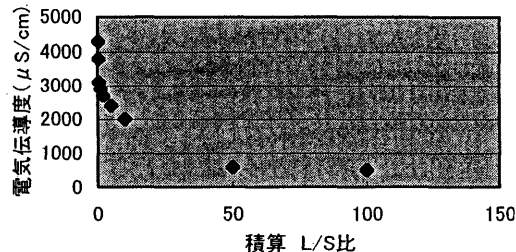


図7 石炭灰フライアッシュの電気伝導度の変化例

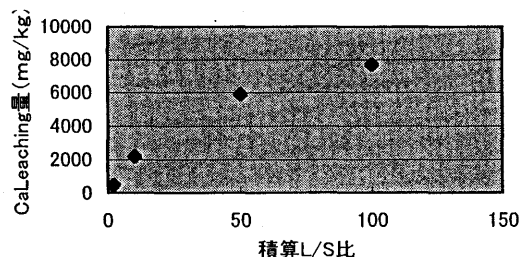


図8 石炭灰フライアッシュのカラム試験結果(Ca)例

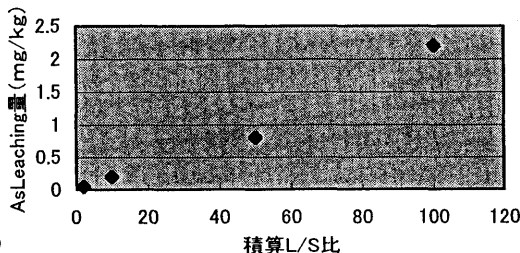


図9 石炭灰フライアッシュのカラム試験結果(As)例

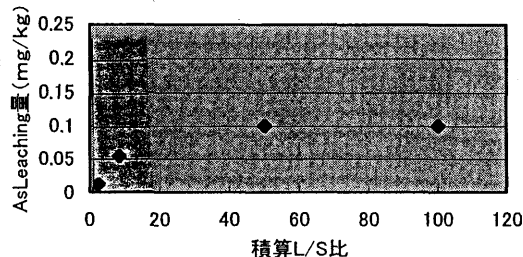


図10 都市ごみボトムアッシュのカラム試験結果(As)例

## 欧州規格による廃棄物のキャラクターゼーションについて(2)

(財)岡山県環境保全事業団○(正)築谷 淳志、(財)クリンジャパンセンター(正)中村 和史  
 新潟大学工学部 林 錦眉、京都大学環境保全センター(正)水谷 聡  
 秋田工業高等専門学校(正)肴倉 宏史、INSA-Lyon(正)田野崎 隆雄

## 1. はじめに

先に報告者らは Leaching 試験法を例に、国地域間の規格のハモニゼーションの動向を紹介した<sup>1)</sup>。表1は日本の文部科学省編の学術用語集<sup>2)</sup>を出典とする相互比較を行ったものであるが、同じ用語で異なる概念を指していることがある。学術用語は定義さえすれば使い方は自由であるが、法律・規格といった誤解の許されない用語には厳密な定義が必要である。この作業を Terminology といい、規格策定においては用語の定義がまず行われる。特に廃棄物分野の関連用語の使われ方には各国の法制度を背景に文化的な歴史がある。この種の調整作業は制度・慣習の強制といったことも生じ得るため、ハモニゼーションにおける慎重な配慮が必要である。

一方、日本では「廃棄物学」の学術用語の策定が行われておらず、表1の他分野のいずれの影響が強いかに、論者の用語の使い方は一定していない。廃棄物学会誌 Vol.7, No.5 では「溶出試験」を特集し、英語「Leaching」に「溶出」の用語を対応させた。しかし表1で明らかなように、廃棄物学以外の分野では「Leaching」相当の日本語は別語で定義され、「溶出」へも「Elution」が当てられている。また酒井ほか<sup>3)</sup>はJANPA 規格 NEN7341「Availability Test」を「最大溶出可能量」と訳し、この特集で「溶出」試験の範疇とする見解をとっている。環境庁告示13号法に代表される行政用語である「溶出」試験は、「Leaching」を指すように見受けられ、この混乱はISO-TC190の「Bioavailability」の定義においても生じ、現在議論中である<sup>4)</sup>。そこで廃棄物学会試験検査法部会の活動として、欧州における「Bioavailability」の定義に関する議論の現状を調査・検討することにより、廃棄物学分野での用語のあり方を考える一歩としたい。

## 2. Bioavailability の定義について

従来より薬学分野にあっては、薬物製剤からの効能利用性を評価する概念として「Bioavailability (バイオアベイラビリティ)」の用語が使用されてきた。その背景には「Bioavailability」とは「生体膜を通した内部での効用性」のことであり in vivo における反応を議論するものとの理解がある。「Bioavailability」とは投与された薬剤がどれだけ完全に生体に利用されるかの指標で、投与された製剤中の薬物が生体循環血液中中に到達する割合(生物学的利用率 EBA:Extent of bioavailability)とその際の速度(生物学的利用速度 RBA:Rate of bioavailability)で表現される<sup>6)</sup>。

EBA=体循環血液中に入った薬物量/投与量×100とされるが、生体循環血液中に入った薬物量は直接測定できないので、血中濃度の時間経過を表したグラフで描かれる曲線(薬物血中濃度—時間曲線)と横軸(時間)によって囲まれた部分の面積(薬物血中濃度—時間曲線下面積AUC)で代替している。量的 Bioavailability で定義されるものにも、Absolute Bioavailability (絶対量)、Relative Bioavailability(相対量:2種以上の化学物質形態がある場合にそれが変化して生じる効果)に分類される。

経路には経口ばかりでなく経皮・血管注入等も含まれ、薬剤を投与してから効果が顕れるまでの時間が重要である。一般に静脈内投与以外の経路で投与された薬物は、静脈内投与に比べて「Bioavailability」が低いという表現がされる。その原因は静脈以外の投与部位の吸収が悪いこと、そして代謝作用で別の物質に変化してしまう(初回通過効果)からである。例えば標的とする受容体への親和性が高い化合物であるほど高脂溶性になることが多く、その結果消化管吸収性が悪くなりかつ肝臓での初期通過代謝率が高くなるため極端に「Bioavailability」が低くなる。薬剤の効果を投与量でなく生物学的同等性で評価する指標がRBAで、C<sub>max</sub>(最高血中濃度)、t<sub>max</sub>(C<sub>max</sub>に達する時間)、Ka(吸収速度係数)などが参照される<sup>5)</sup>。

[連絡先]〒712-8074 岡山県倉敷市水島川崎通 1-14-1 (財)岡山県環境保全事業団 水島管理事務所

築谷淳志(ツクニアツシ) TEL:086-440-0666 FAX:086-444-2933 e-mail:a-tsukutani@kankyo.or.jp

キーワード: 欧州規格、溶出、Leaching、バイオアベイラビリティ、Bioavailability、

英語	フランス語	ドイツ語	日本語	本語	中国語	中国語
廃棄物規格	廃棄物規格	廃棄物規格	土木学術	農学学術	薬学学術	原子力学術
Waste	Déchet	Abfall	廃棄物	廃棄物	—	廃棄物
Leaching	Lixiviation	Auslaugung	溶脱	溶脱	—	溶脱
			洗脱	洗脱	—	洗脱
			浸出	浸出	—	浸出
Percolation	Percolation	Perkoration	浸透	浸透	パーコレーション	—
			浸水	浸水	—	—
			透過	透過	—	—
Extraction	Extraction	Extraktion	—	抽出	抽出	抽出
				抽出	抽出	抽出
				抽出/抽出	抽出	抽出
				抽出/抽出	抽出	抽出
Elimination	Elimination	Elimination	—	脱離	除去	脱離
Elution	Elution	Elution	溶出	—	溶出	溶離
				溶離	溶離	溶離
Available	Disponible	Verfügbar	有効な利用	有効な利用	有効な移動	—
Standard	Norm	Norm	標準	標準	標準	標準
			基準	基準	基準	基準
			規格	規格	規格	規格

表1 関連用語の比較

SETAC(Society of Environmental Toxicology & Chemistry)では、近年土壤中の金属の「Bioavailability」に関する議論が盛んである。それは標準化を指向する政策的な動きを伴う。それに伴い上記の薬学的な「Bioavailability」を環境毒性に適用するにあたり様々な問題が生じてきた。2002-2004 年度の議論<sup>6)</sup>のこれを総括すると、(1)土壤汚染の程度をLCA などの環境影響評価に用いるに当たり「Bioavailability」による定量化を行いたい、(2)汚染物質含有量と「Bioavailability」量は明確に異なり、おぼろげな浄化費用負担をさせないためにその試験方法を早期に策定する必要がある、(3)しかし生物の感受性は種によって異なり、「Bioavailability」による環境毒性評価は地域が異なると比較できないことが多くなる。更に(4)いずれにせよ最終的な判断は生体実験(まして人体実験も)が必要となり倫理的に問題がある、(5)評価結果が得られるまでに時間が短い in vitro な評価方法で代用できないか?ということに集約されてくる。この考えかたをまとめたのが図1であり、このことを背景に張ほか(2002)<sup>6)</sup>出典明記は 1M の硝酸浸漬テストから 82 種類の汚染物質の抽出が可能な図2の模擬膜装置を開発している。

この Bioavailability の用語の混乱を整理するために Kelly et. al(2002) は「Bioaccessibility」という概念を提案している。人間の胃腸内の条件を模擬した in vitro な評価方法が地域特性に係らず、リク表示に適するのではないかというものである。他方で Mayer et al(2004)<sup>6)</sup>は、従来の Bioavailability の評価にあつては移行総量のみ把握であり慢性毒性の評価には向くかもしれないが、急性毒性などには最大瞬間放出量の方が重要であるので、生体内部での物質の Fugacity 兆散度(f)を測定すべきであり、これを「Bioactivity」と呼ぶことを提案している。

一方で和田(2003)<sup>4)</sup>によると ISO-TC7-WG8 による「土及びサトの Assessment におけるバイオアベイラビリティの利用に関するガイドライン」策定は難航している。農学/土壌学分野にあつても、作物が吸収可能なリ酸の量(すなわち Bioavailable なリ酸)を評価する研究が古くから行われているがいまだ百家争鳴状態であり、定義にせよ具体的評価法にせよ合意は難しいと予想されている。2002 年に発足した同 WG の存在目的は以下の認識のもとに立っている。①汚染の判定基準や浄化目標として、土に含まれる有害物質の全量でなく生物に利用可能な量を用いる方が合理的であること。②そのような量を評価することを目的としておびたしい方法が既に開発されていることが確認されており、少なくともそれらのうちのどの方法を選択すべきか、或いは新たに開発する方法が満たすべき条件は何か、などに関する規格或いはガイドラインの存在が望ましい。

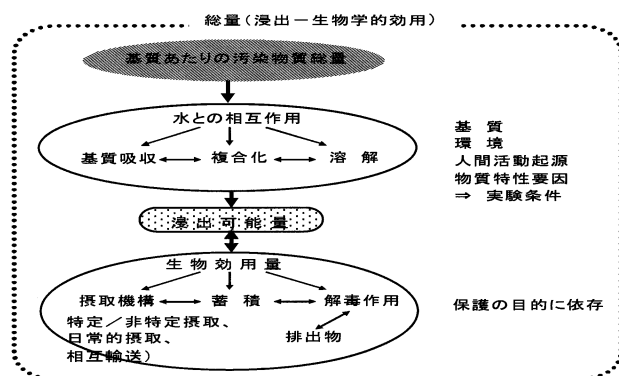


図1 汚染物質と生物側での効用量の関係

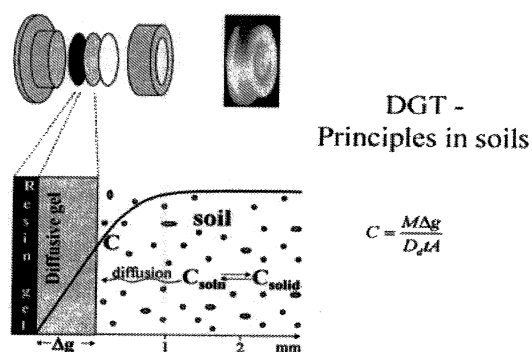


図2 模擬Bioavailability 検定装置

### 3. 関係する「溶出試験」の規格について

1995 年に制定されたワング規格 NEN7341 のワング語タイトルは Uitlog karakteristieken van bouw materialen vaste afvalstoffen(Uitlog proeven: bepaling van de beschikbaarheid voer uitloging van anorganische componenten)」となっており、Leaching テストによる建設材料及び廃棄物のキャラクターゼーション(無機成分の Leaching による供給可能性)と和訳できる。英語 Availability に相当する部分は(可能性)部分である。純水(pH7)及び 1mol/l の硝酸(pH4)による L/S=100 における水系移行量を計測するものである。注目成分は Na, Ca, Cl, Pb, SO4 等の 2 価までの元素(一部 V, As はあるが)の実績を挙げているに過ぎず、これをもってすべての元素の「最大溶出可能量」が計測可能とは述べられていない。またいくつかの酸/アルカリ溶液による石炭灰フライアッシュの Cr 移行量を評価した結果でも、必ずしもこの条件(0.1N-HNO3)ではその物質の最大溶出量(単位時間内の総溶出量)を示していないことが報告されている<sup>7)</sup>。

現行のアルカリ剤等に適用される日本薬局方の「溶出試験」は 18000 倍の水に 15 分攪拌溶解させた場合の溶出率 85% 以上を合格とするものであり、水倍率攪拌時間は被対象物により変えている。この場合の薬剤の「界面反応律速」よりも「拡散律速」が重要とされている。ISO 10993-10(日本語タイトル:医療器具の生物学的評価・感作性試験)にあつては溶解性の成分に関して成分「抽出」の上、リク・評価など行うとしている。



2002年に制定されたドイツ規格 DIN V53160 では、唾液と汗による溶解方法を規定している。また、1990年の欧州玩具の安全性指令に従い1992年に制定された EN71-3 (ドイツ語タイトル Sicherheit von Spielzeug-Teil3 Migration bestimmter Elemente 元素移行性の決定法) では、子供が誤って食した場合の胃液による作用を考慮して、0.1N 塩酸による24時間浸漬の結果に基づき各成分の水系移行率を仮定しているが、これは決め事であって最新の科学的根拠に基づくものでないと明記されている<sup>8)</sup>。これ等の方法を採用するに当たって「界面反応律速」があったとしても最終的には化学平衡に達するのであるから、反応速度は無視して結果だけ判定しようという了承条件がある。

#### 4. 溶出と Bioavailability の関係について

現在は NEN7341 が設定された1995年当時と状況が変わっており、欧州統合が進み議論により ISO 規格が定義されるに従い、原語の意味するところも変化してきている。例えば「Leaching test」の定義は近年の ISO 規格では Test during which a material is put into contact with a leachant under strictly defined conditions and some constituents of the material are extracted とされている(従来は浸出だけの意味であり The process by which the soluble components of one phase are transferred to another phase<sup>9)</sup>)。廃棄物分野で定着している日本語の「溶出」の用語概念は化学学術用語の「浸出」「浸透」「抽出」「溶離」を含んでおり、これは被対照物のキャラクタに主眼を置いた試験法であり、それなりに一貫性を主張できるように見受けられる。この立場に立てば「溶出」試験の範疇である Bioaccessibility にどのような日本語をあてるかは慎重に議論せねばならない。一方単なる「Availability」の用語は、何にとつての Availability か? が明確でないため使用すべきではない。これは「溶出」試験側の目的/方法の明示についても同様である。日本の廃棄物分野にあっては、溶出=6時間振とうするバッチ・チングテストという風潮があるが、これは日本の限られた分野の暗黙の了解にすぎない。従来の「Leaching test」は、多くの反応が「拡散律速」であろうという静的平衡条件を前提にしているが、「Bioactivity」の概念のように反応速度が重要となると「反応律速」に対応した動的平衡を前提とする試験法の策定が必要となる。

「Leaching test」にしても静止タック試験以外は何らかの「振とう」を加えており、理論的には閉鎖系ではない。その点を踏まえ prEN14429 (従来は ANC テストと称され酸アルカリ中和容量を測定) 試験は、「拡散律速」か「反応律速」かを判定する役目を担い、「Leaching 溶出」試験前に「拡散律速」モデルで算出できるかの予備判定の役目を担うようになってきた。

ここで上記「Bioaccessibility 試験」の議論と「溶出」との接点が重要である。和田によると<sup>4)</sup> ①「Bioavailability」測定法としてこれまで多く用いられてきた方法の多く(例えば 0.1M 塩酸抽出)などでは再現性が著しく低い、②規制のための判断基準を提供する科学的ツールとして、「Bioavailability」測定法が重要、③重金属類の「溶出」は pH の関数で把握でき、EcoStat のような水質内移動のモデルが適用できるはずなどの欧州事情が噴出してきている。和田<sup>4)</sup> は④EcoStat のようなモデルは好気的条件しか反映しておらず、日本の水田土壌には適用できない、⑤測定量を規定するためには物理量として次元を含めた定義が必要だ、

として、化学的 in vitro な方法(例えば Bioaccessibility 試験)は広義の Bioavailability として狭義の「Bioavailability」と区別すべきだと提案している。この和田のこの考えかたを上記「溶出」の概念と組み合わせる

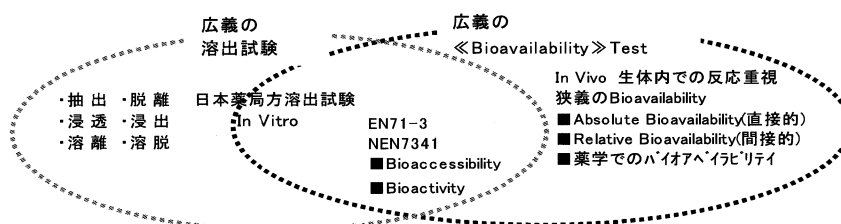


図3 溶出試験とBioavailability Testの関係についてのイメージ

と図3のようなイメージができる。Bioaccessibility 或いは Bioactivity 試験は、「溶出」と「広義のバイオアベイラビリティ」測定法の両面を有する。Bioaccessibility 或いは Bioactivity 試験は「生体内から」という見地からは、狭義の「Bioavailability」概念の延長であるが、廃棄物/土壌といった「侵入物」を中心に捕らえた「溶出」現象からの把握も必要であり、相互の発展のためには双方からの共通理解ができる用語の定義が望まれているのである。

なお prEN14405 では試験前に危険性のあるものを忌避するように記載している。アクセサビリティ試験でも有害ガスの発生などに対して留意することに努めたい。

**参考文献** 1) 築谷ほか: 欧州規格によるキャラクタリゼーションについて(1) 廃棄物学会研究発表会論文集(2003) 2) 日本化学会: 文部科学省学術用語集化学編(1986) 南江堂など 3) 酒井ほか: 溶出試験の基本的考え方 廃棄物学会誌 Vol.7, No.5(1996) 4) 和田 ISO だより 5) 斎藤ほか: エッセンシャル薬理学第2版(1996) 医歯薬出版 6) SETAC-EU 年次総会要旨集(2002, 2003, 2004) 7) 林ほか: 重金属類溶出のリスク評価を目的とした石灰灰フライアッシュのキャラクタリゼーション コンクリート工学年次論文集(2004) 8) 欧州規格 EN71-3 玩具の安全性 9) 欧州規格 EN12457-2 Leaching による廃棄物のキャラクタリゼーション

## 欧州規格による廃棄物のキャラクターゼーションについて (3)

(財) 岡山県環境保全事業団 ○(正) 築谷 淳志、国立秋田工業高等専門学校 (正) 肴倉 宏史  
 太平洋セメント(株)中央研究所 (正) 中村 和史、INSA-Lyon (正) 田野崎 隆雄  
 (独) 国立環境研究所 (正) 山田 亜矢、京都大学環境保全センター (正) 水谷 聡

## 1. はじめに

先に報告者らは、欧州を中心に進められているLeachingテスト及びBioavailabilityテストを例に、試験検査法のハーモニゼーションの動向を紹介してきた<sup>1)</sup>。国家間あるいは異分野間の試験法の統一は、使用言語に同じ語源を有すると思われる欧州ですら困難を極め、未だに合意に至っていない用語さえある。その大きな原因は、合意形成の前提となる法体系が英米法と大陸法の2種類あり、フランス・ドイツ・日本などは大陸法体系で、イギリス・北欧・オランダなどの英米法体系とは政策決定など大きく異なるためである。

客観的基準により環境質を把握して、環境政策を策定してきた大陸法諸国中心だったEECに、主観的基準を多く採用するイギリスが参加することによりEU統合は多くの点で双方に摩擦を生み、その一方で、英米起源の概念も多く大陸側で吸収されてきた。一例が環境影響評価法であり、Bioavailabilityによる汚染土壌対策の政策決定がそれに続いている。予防原則や持続可能な発展といった北欧起源の環境哲学も広く普及してきている。英米法の基礎にはプラグマティズムがあり、環境政策にはじめから経済的手法が前提とされている面も留意すべきことである。これらはOECDルールとして、まさに日本が適用を即期待されているものも多くある。

そこで本報告では、試験・検査法の個々の条件の検討という観点とは別に、欧州におけるハーモニゼーションという、適用上の面から問題点を考察してみた。

## 2. Bioaccessibility の概念

英国では産業革命の始まった17世紀から、石炭採掘を行ってきた地域で、Asなど無機物起源の土壌汚染があることが知られていたにも関わらず、その汚染程度の定量的把握ができていなかった。そこで英地質調査所が2002.12にまとめたのが、In vitro Methods for the measurement of the Oral Bioaccessibility of Selected Metals and Metalloids in Soil: A critical reviewである。このなかでRisk Based Approachの概念が示され、汚染土壌の定義、浄化程度の把握、汚染地域の設定等に何らかの測定基準が必要ということが表されている。リスクコミュニケーション上、最も説得力のある有害性判定法は生物(in vivo)試験であろう。したがって生体有害性(急性・慢性・変原異性全てを含む)のメカニズムを段階的に分解し、生体内での濃縮や食物連鎖の現象が起こる前の、ある特定したメカニズムの段階をBioavailability(生体内吸収効率: 生理学的定義)として、この数値でリスク管理を行おうとする研究が盛んになった。

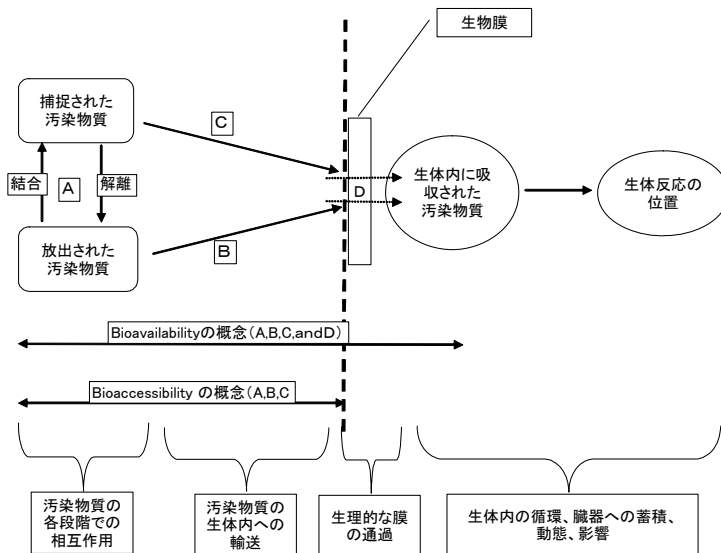


図1 汚染物質のBioavailabilityとBioaccessibilityの概念

※Bioavailability of Contaminants(by Laura J. Ehlers)の図1を筆者らが加筆

[連絡先]〒701-0212 岡山県岡山市内尾 665-1 財団法人岡山県環境保全事業団 環境調査部 業務管理課

築谷淳志(ツクテアツシ) TEL:086-298-2616 FAX:086-298-2617 e-mail:a-tsukutani@kankyo.or.jp

キーワード: 欧州規格、ハーモニゼーション、Bioavailability、Bioaccessibility、Horizontal Project

しかし、何らかの生物を用いた毒性試験との比較は不可欠であり、n=1 のデータといえども統計処理により生物実験を最小限にしようというQSARなどのプログラムも盛んとなった。そこで生まれたのがBioaccessibilityの概念である（Rubby1996）<sup>2)</sup>。Bioavailabilityが生物の細胞膜内での反応であることに對して、Bioaccessibilityは細胞膜外までの物質もしくは化学種の毒性を様々に表現しようという概念であり、Bioと冠しているが、生物試験をしない評価法である。（図1<sup>3)</sup>・図2<sup>2)</sup>参照）。

英地質調査所 A critical review では既存の試験法をBioaccessibilityの観点から分類して、

- 1) Chemical Extraction test
- 2) Gastro-Gastrointestinal test

に分類した。前者には米 TCLP 法、欧 EN71-3 法などが、後者には PBET 法、DIN 法などが属するとしている。いずれもシングルもしくは連続バッチ試験であり、特定濃度の酸あるいは人の体液模擬液に浸漬して、注目元素の移行量を測定する方法である。表1に体液条件の概要を、表2にCritical ReviewにあるBioaccessibility試験法の一覧を示す。英国、米国、オランダ、ベルギー、北欧などではこの測定法をもとに、汚染土壌の定義を行い、汚染地区の設定、浄化目標を立てるといっているが、その作業はまだ緒についたばかりの状況である。

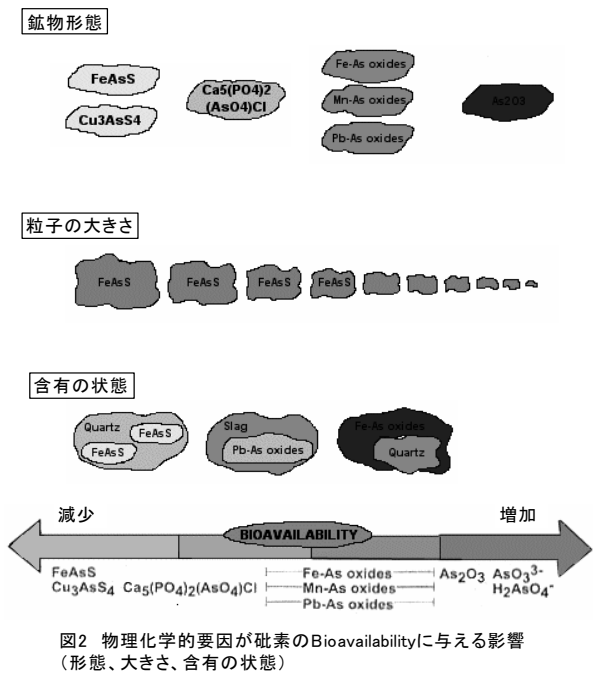


図2 物理化学的要因が砒素のBioavailabilityに与える影響（形態、大きさ、含有の状態）

表1 人の部位別体液条件の概要

No.	部位名	残留時間	pH
1	口腔	数秒～数分	6.5
2	胃	8～15分(絶食時)	1-2
		30分～3時間(食後)	2-5
3	小腸		
	i)十二指腸	30分～45分	4-5.5
	ii)空腸	1.5時間～2時間	5.5-7
	iii)回腸	5～7時間	7-7.5
4	結腸	15～60時間	6-7.5

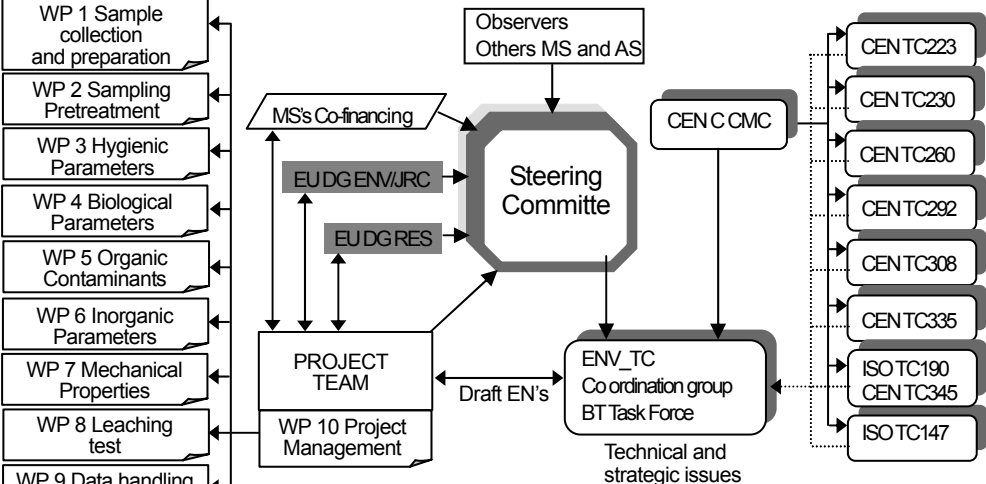
表2 Bioaccessibility試験の概要

Method	Type	Compartment	pH	T (°C)	Food	L/S ratio	Residence time	Analysis	Metals tested	Validation status
PBET	Batch	Stomach	2.5	37	n	100/1	1 hr	solution	As,Pb	Validated /swine,monkey(As,Pb)
SBET	Batch	Small Intestine	7	37	n	100/1	4 hr	solution	As,Cd,Pb	Validated /swine(As,Pb)
IVG	Batch	Stomach	1.8	37	y	150/1	nr	solution	As	Validated /swine(As)
US P	Batch	Small Intestine	5.5	37	y	nr	nr	solution	Pb, Cr, As, Cd, Ni	No Validation
MB & SR	Batch	Stomach	ca.1	37	n	1000/1	2 hr	solution	Pb, Cr, As, Cd	Compared to other bioaccessibility/human(Pb)
		Oral Cavity	ca.1	37	n	160/1	5 s	solution	Pb, Cr, As, Cd	Compared to other bioaccessibility/human(Pb)
		Small Intestine	ca.1	37	n	2160/1	2 hr	solution + solid	Pb, Cr, As, Cd	Compared to other bioaccessibility/human(Pb)
DIN	Batch	Oral Cavity	6.4	37	y	15/1	0.5	solution	As,Cd,Pb,Cr,Hg	Validated /swine(unpublished)
		Stomach	2	37	y	50/1	2 hr	solution	As,Cd,Pb,Cr,Hg	Validated /swine(unpublished)
		Small Intestine	7.5	37	y	100/1	6 hr	solution	As,Cd,Pb,Cr,Hg	Validated /swine(unpublished)
SHIME	Batch	Stomach	5.2	37	y	2.5/1	3 hr	solution	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
		Small Intestine	6.5	37	y	4/1	5 hr	solution	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
RIVM	Batch	Oral Cavity	6.5	37	n	15/1	5 m	solution + solid	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
		Stomach	1.1	37	n	37.5/1	2 hr	solution + solid	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
		Small Intestine	5.5	37	n	97.5/1	2 hr	solution + solid	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
TIM	Flow-Through	Oral Cavity	5	37	n	5/1	5m	solution	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
		Stomach	2	37	n	30/1	1.5 hr	solution	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
		Small Intestine	7.2	37	n	51/1	6 hr	solution	As,Cd,Pb	Compared to other bioaccessibility
AOAC	Batch	Stomach	1.12	37	n	150/1	16 hr	solution	Cu, Zn, Mn, Fe, Al	No Validation

### 3. 欧州の試験・検査法標準化活動（Horizontal Project）

先に英地質調査所A critical reviewにDIN19738 法がBioaccessibility試験の一例として取り上げられていたのに対し、大陸法体系を有するドイツはこれをそのような実用的な区分ではなく、統合的に標準化を行うべきだとの立場をとっている。その結果欧州内の試験方法の統一を目指し、はじまったプロジェクトがHorizontal Projectである。このプロジェクトは、10 のWP（Working Project）からなるProject Teamで構成され、CEN-TCやISO-TCも参加したSteering Committeeの調整のもとで推進するようになった（図3）。具体的な作業は、土壌、汚泥等毎のLeaching試験、PCB類の分析などの試験・検査方法を整理し、空欄を埋めていくこと（＝標準化作業）である。このように欧州における試験・検査方法のハーモニゼーションは、Leaching/Extraction試験だけでなく、様々な廃棄物・環境質の各項目を網羅するように進められている（表3）。これは、試験・検査方法の簡素化及びそれに要する費用の軽減の面で当然の流れといえよう。Horizontal Projectは、試験・検査方法そのものの標準化を目的としており、その影響は国内外を問わずグローバルスタンダードとして影響を及ぼすと考えられるため、

今後の動向に注意を要する。例えば、土壤中PCB類の既存分析方法として記されているISO/DIS10382は、ドイツ規格DINをもとにしたもので、主要 6 異性体のみでPCB類を特定するが、その前提には製品PCB中の大部分をこの 6 種が占めているという考え方があるものと見られる。この方法で廃棄物中のPCB含有量を測定した場合、製品PCBの主要 6 異性体しか測らないので、これら以外の非意図的に生成するPCB類の存在に気がつかないことが予想される<sup>4)</sup>。また、ここで対象とされた土壌は、火山性土壌を含まないなど欧州



TC=CEN Technical Committee, MS=Member States (EU), AS=Accession States

図 3 Horizontal Project 実施体制(2002 年現在)

表 3. Horizontal Project における標準化項目(抜粋)

項 目	土 壌	汚 泥	コンポスト	廃 棄 物	肥 料
サンプリング	ISO/DIS10381-1 ISO/DIS10381-4	EN/ISO5667-13	EN12579	5WI CENTC292 292001/002/017/18/19	EN1482
pH	ISO10390	EN12176	EN13037	ENV12506:2000	
PCB	ISO/DIS10382	[CD10382] WI308046	[CD10382]	WI292028	
Leaching Compliance				EN12457 (Part 1-4)	
Leaching Characterization				WI292032 WI292033 WI292034 WI292035	

の特性に沿ったものであり、国際標準というには偏ったものであるという感がぬぐえない。欧州の政策決定制度は、EC新環境情報指令 90/313/EECにより、審議過程が一般に情報公開されており<sup>5)</sup>、日本においてもこの情報は入手可能な状況である。

#### 4. おわりに

今、国際標準化活動において、分析技術を始めとする技術大国日本に求められているのは、地域を代表した正当かつ正確な情報や意見の発信であり、そこに日本の責務がある。その責任を果たし、期待に応えることが信頼につながり、日本の国際貢献が認識されるようになるだろう。その際には廃棄物学会の果たすべき役割も大きくなってこよう。

#### 《参考文献》

- 1) 築谷ほか:欧州規格による廃棄物のキャラクターゼーションについて(2)廃棄物学会研究発表会論文集(2004)
- 2) Michael V.Ruby :Estimation of lead and arsenic bioavailability using a physiologically based extraction test.Environmental Science&Technology(1996)
- 3) Laura J.Ehlers:Bioavailability of Contaminants in Soils and Sediments  
<http://www7.nationlacademies.org/wstb/Bioavailability.doc>
- 4) Yukari Ishikawa, Yukio Noma, Shin-ichi Sakai, Yoshihito Morii:Congener Profiles of PCBs and New Proposal of Indicator Congeners DIOXIN2004(Berlin), Organohalogen Compounds,(2004)
- 5) 環境政策における参加と情報的手法、環境法政策学会編、商事法務(2003)」

### 3. 今後の活動の方向

平成17年度からは、新たな3年間の活動期間に入ることになる。部会員相互の情報交流の場として、メーリングリストの活用や年会時の小集会の場での議論は引き続き行う予定である。

また、次期3年間において大きな活動の目玉は、競争的な外部資金獲得による研究活動の推進であり、故田中前会長が方針として打ち出した試験方法のアカデミックスタンダード化に向けた取り組みを開始することになった。別添参考資料1に示すように、当部会が主体となり、平成17～19年度の3年間、環境省廃棄物処理等科学研究費において「再生製品に対する環境安全性評価手法のシステム規格化に基づく安全品質レベルの合理的設定手法に関する研究」と題するテーマが採択された。目的と概要は以下のとおりである。

「再生製品の利用拡大が進まない大きな原因は安全性に対する不安感であり、安全性を科学的合理性をもって説明できる評価手法が確立、体系化されていないことによる。また、社会が要求する安全品質レベルを設定するには、国際的にボーダレス化する循環フローの社会への様々な影響を勘案しなければならない。そこで、量的に多い建設資材系の再生製品を対象とした土壌・地下水への溶出リスクに焦点をあて、その性状や多様な利用形態による影響の違いを適切に評価でき、かつ長期的な外部環境変化に伴う影響など、目的に応じた複数の試験方法を設計し、実試料を用いた実験的検討等を行って妥当性を検証し、一連の試験群を体系的なシステム規格として提案する。また、一連の試験群から得られるデータを用いた土壌・地下水への影響予測手法を確立し、科学的な不確実性と社会的影響を勘案した合理的な安全品質レベルの決定手法を構築する。」

本研究の意義は、以下のとおりである。「土壌・地下水系への環境影響を評価するための試験方法については、産業廃棄物に対する環告13号、土壌環境基準に係る同46号の画一的な溶出試験方法が使われ、廃棄物や再生製品に対するデータの蓄積はあるが、多様な性状と利用形態をもつ再生製品に応じた試験手法自体の研究はほとんど行われてこなかった。一部、廃棄物学会によるエコセメントに関する研究、溶融スラグに関する研究において、評価方法の検討が行われたのみである（その成果が環境JIS化へとつながりつつある）。一方欧州では、廃棄物や建設廃棄物及びそのリサイクル過程での安全性を評価する溶出試験方法の確立と標準化の議論が長年行われ、近年、建設資材指令に関連した体系化が進みつつあるが、日欧間では再生製品の種類や用途にも違いがあり、かつ欧州においても積み残された多くの検討課題がある。本研究の意義は、再生製品の性状や利用形態の多様性に応じて目的毎の試験手法を体系的に確立し、単なる提案にとどまらず社会に適用できるシステム規格として整備する点である。特に、まず学会規格（アカデミックスタンダード）としてスタートし、その後アジアの国々とのネットワークの下での国際的な議論を踏まえて、将来的にはアジア域の標準規格に育てていく構想である。

さらに、土壌・地下水環境への影響をシミュレーションする手法と試験データを組み合わせ、要求される安全品質レベルの設定手法をも提案していることである。試験方法は、得られるデータに科学的意味づけを行い、安全管理上の意志決定に合理的解を与えて初めて有用なものとなる。さらに、安全品質の要求レベルの決定に、試験法のシステム規格から得られるリスク情報だけでなく、社会的側面をも勘案するスキームの提示は、持続可能な生産と消費の関係における社会の要求する再生製品の品質という大きな問いかけへの野心的な取り組みでもある。」

本研究の推進にあたっては、部会員の協力が不可欠であり、研究計画等が固まった段階で部会員の方々にお諮りしたい。

（文責：当部会幹事長 国立環境研究所 大迫政浩）



## 參考資料

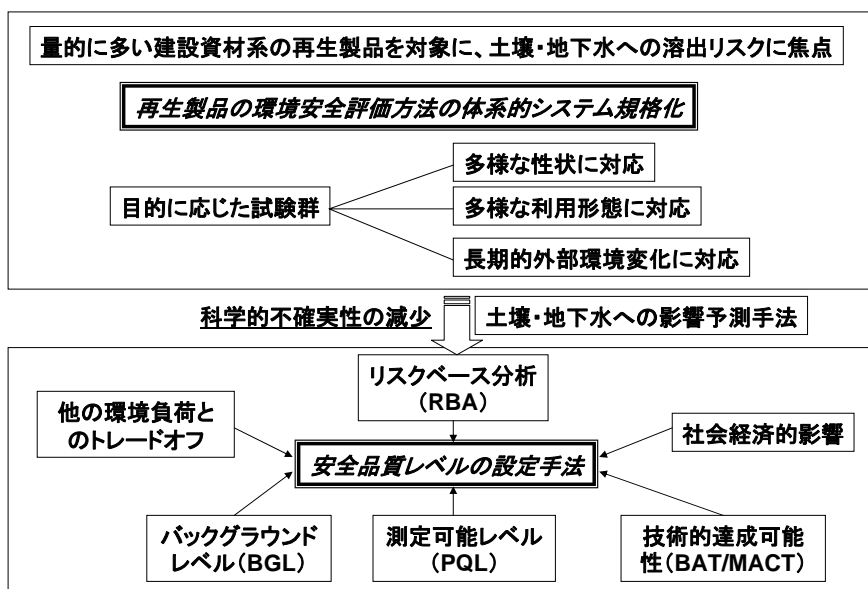




# 再生製品に対する環境安全評価手法の システム規格化に基づく安全品質レ ベルの合理的設定手法に関する研究

平成17～19年度  
環境省廃棄物処理等科学研究費採択  
研究主体：廃棄物学会研究委員会  
試験検査法部会

## 研究の目的・意義



## 研究提案の背景・必要性

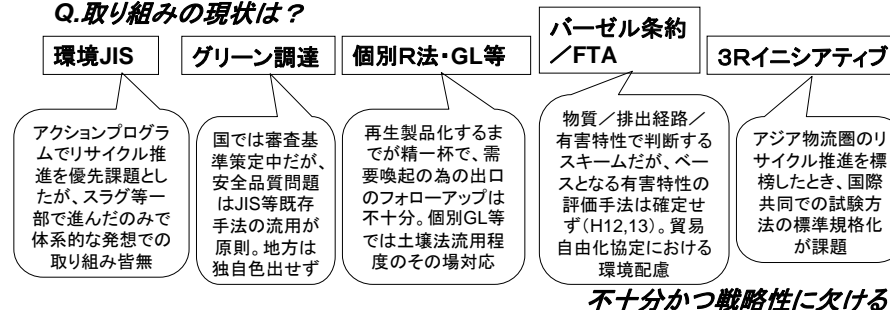
Q. 今、何が喫緊の問題となっているか？

- 再生製品は、ごみ由来というだけで忌み嫌われ、リサイクルは進まない
- アジア圏域の国際循環フロー拡大の一方で、不適正な再生製品の移動が問題化
- 安全品質レベルは、科学的な不確実性の中で、より安全側、リスクゼロが求められがち

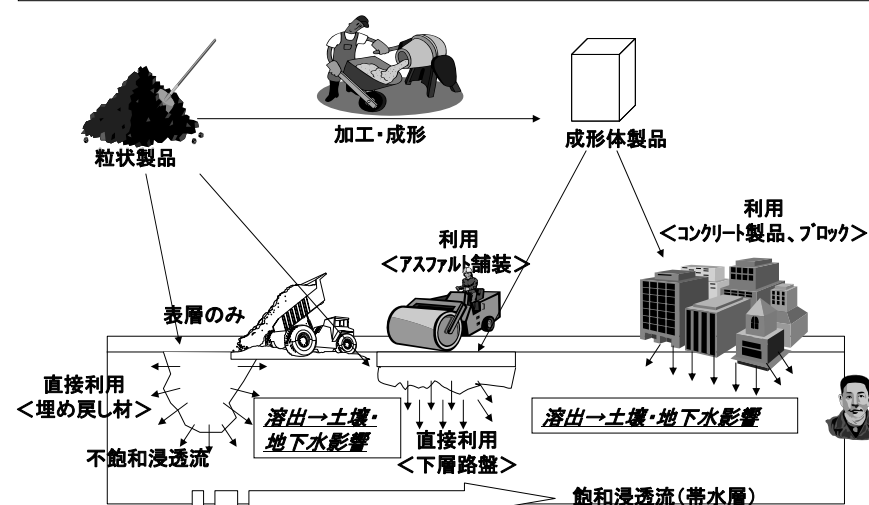
Q. 何が根本的な原因か？

再生製品の環境安全性に関する品質評価手法と安全品質レベルの合理的設定手法が確立・体系化されていないことが最大の原因

Q. 取り組みの現状は？

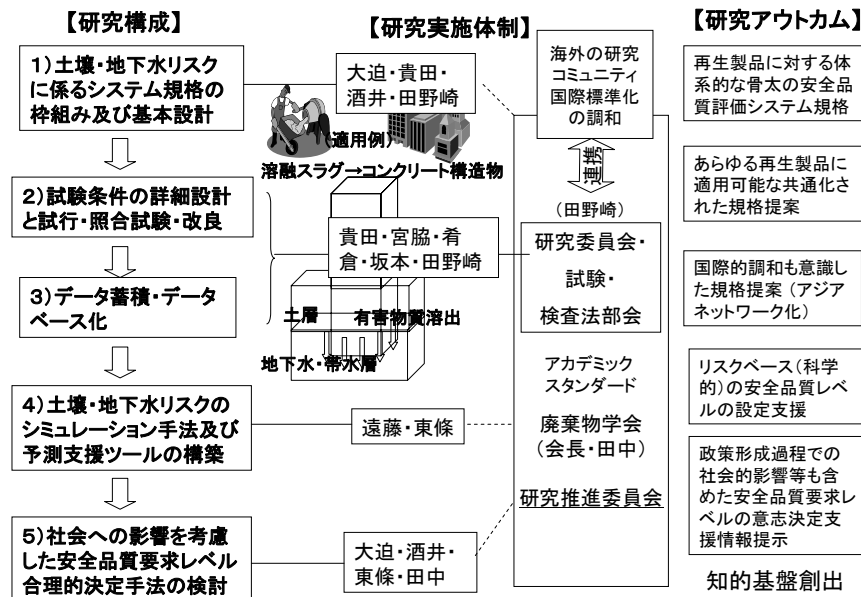


## 再生製品(建設資材系)の有効利用形態と土壌・地下水への溶出リスクのイメージ

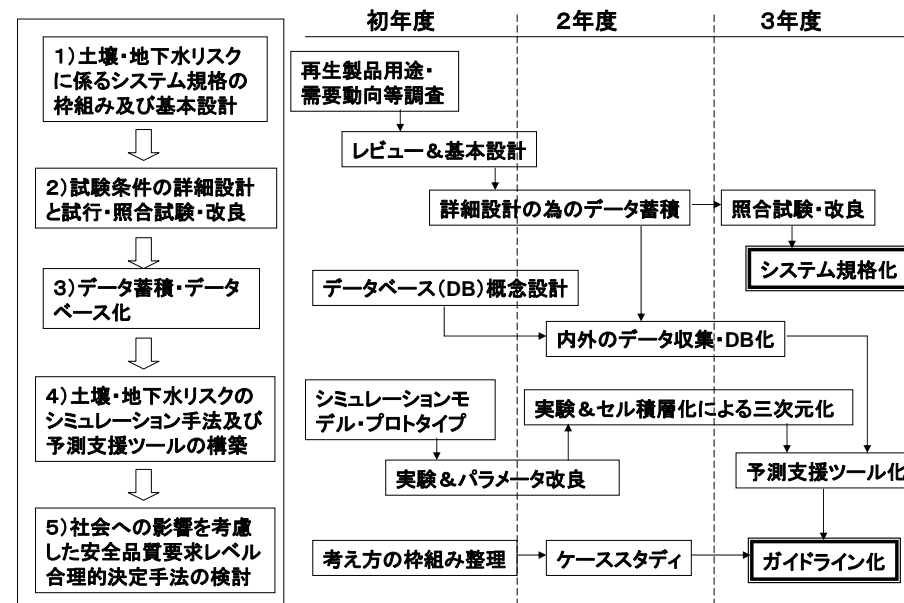


## 研究内容構成・実施体制

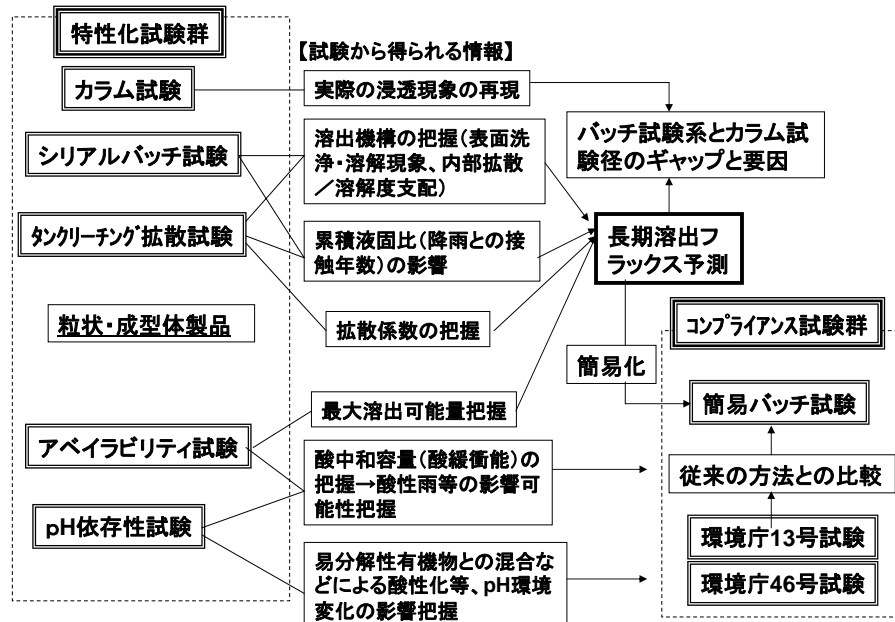
再生製品に対する環境安全評価手法  
のシステム規格化に基づく安全品質レ  
ベルの合理的設定手法に関する研究



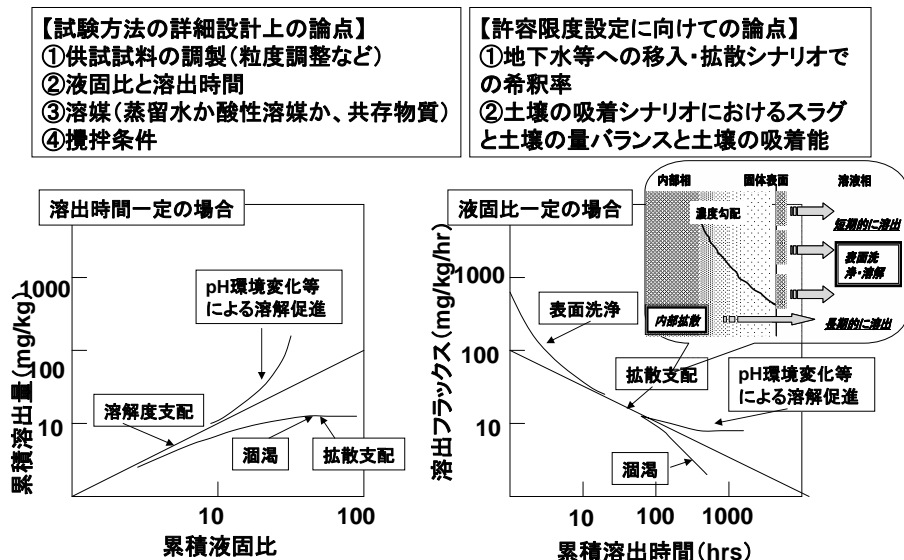
## 年次別研究計画



## システム規格の構成(基本設計)と各種試験のイメージ

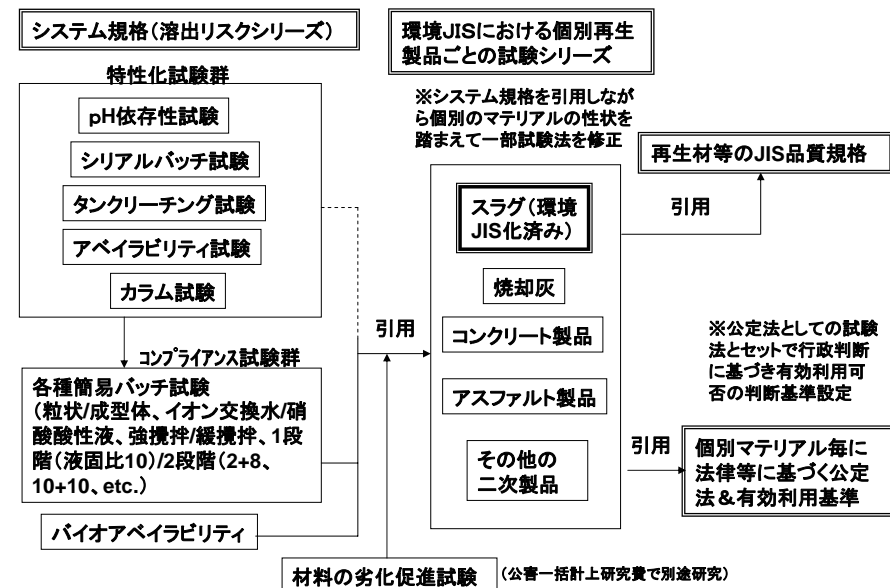


## 試験方法の詳細設計と許容限度設定に向けての論点

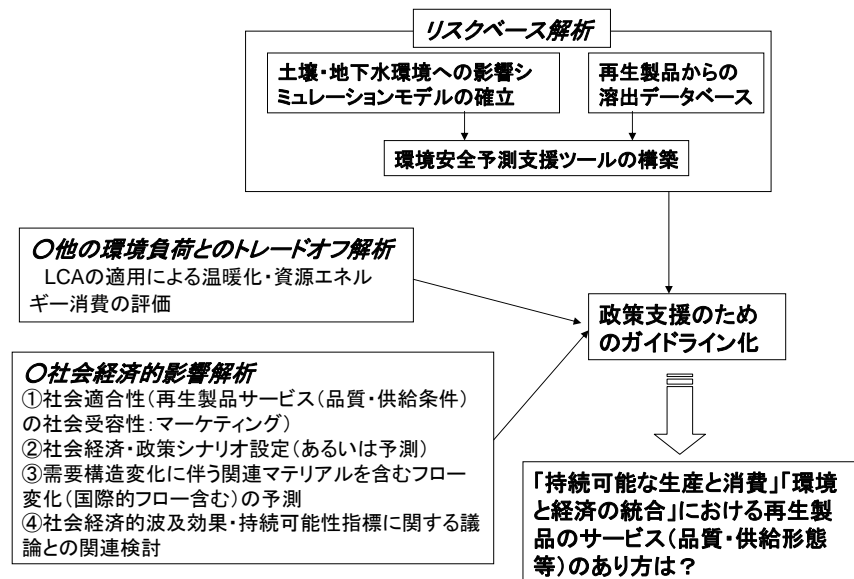


※合成樹脂製品中添加剤の溶出に関する動力学モデル研究は、ほとんど進んでいない

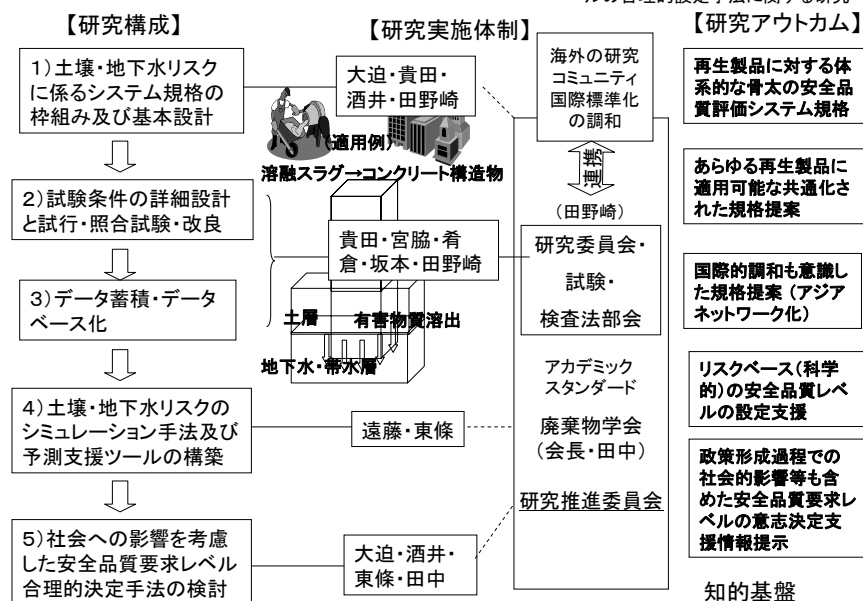
## 再生製品の環境安全性評価におけるシステム規格化と安全品質基準の枠組み



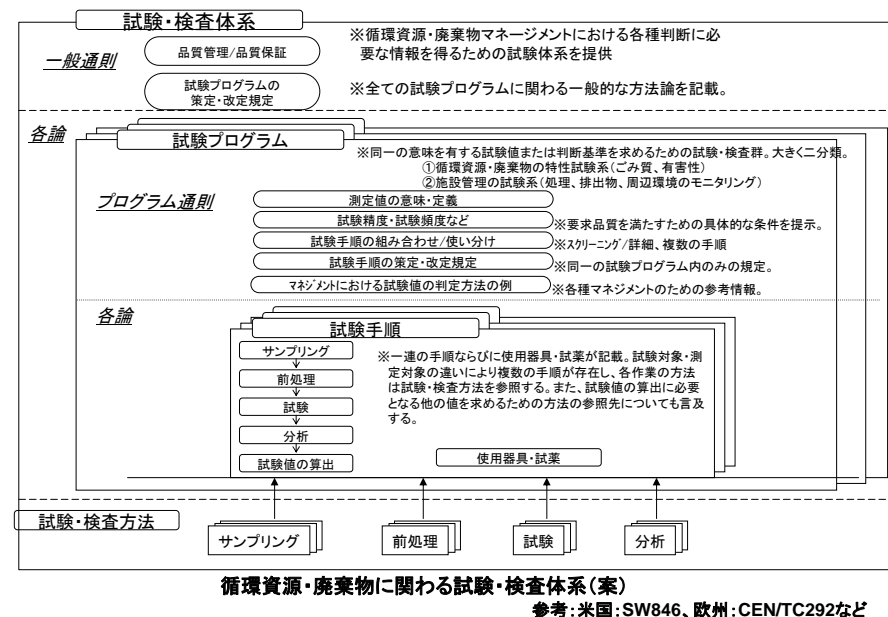
## 安全品質レベルの合理的設定手法



## 研究内容構成・アウトカム



## 循環資源・廃棄物に関する試験・検査システム規格の全体イメージ(参考)





## 試験・検査法部会の紹介と入会案内

試験検査法部会は本年度で8年目にあたり、廃棄物分野における試験・検査法として、一般廃棄物のごみ質分析や産業廃棄物を含めた溶出試験、バイオアッセイ試験などについて、様々な観点から議論してきました。議論の過程では、試験法の標準化（共通化）なども意識し、共同試験なども実施してきました。昨年度から開始した第3期の活動においては、循環管理や国際的調和をも意識した試験・検査法の体系化に係るソフト面とハード面の両方についての検討活動を行っており、平成14年3月現在で会員は41名で、部会のメーリングリストを活用して情報交換、意見交換などを行っています。

このような趣旨に賛同され、廃棄物の試験・検査法に関心をもたれる方の入会をお待ちしております。一緒に試験・検査法のより一層の発展を目指そうではありませんか。

入会の連絡は、山田幹事（myamada@nies.go.jp）まで。

なお、廃棄物学会の会員であれば、入会に制限はありません。