報 文

広域下水汚泥処理計画に関する検討

Estimation of the optimum plan and design
with the areawide sewage sludge treatment

福 井 経 一 *

ABSTRACT

The success of the areawide sewage sludge treatment and disposal will depend upon not only the cost of the sludge treatment but also the kind of transport method and the distance.

The important factors with the sewage transportation are the range, the means and the distance.

Few papers described this theme with the areawide sewage sludge, which proposed the efficient technique between the transport distance and means.

This paper came into existence that the optimum range and scale with the areawide sewage sludge treatment and disposal was estimated by means of the conventional method.

The optimum solution can not be generalized because the affairs with the each area were remarkably different.

So, the fundamental model between two sewage treatment plants was considered by way of example with the areawide scale and economical merit, and between the treatment method and the range.

要 旨

下水汚泥を広域処理するためには汚泥処理の費用のみならず、汚泥を収集する範囲や方法等の要素が関係してくる。しかしながら、広域汚泥処理に適した輸送距離と輸送方法を論じたものは極めて少ない。そこで本論文では先ず広域汚泥処理事業の最適な収集規模を一般的な表現方法で表すことにした。次に、この最適化の解は地域の事情によって著しく異なるので一般化することは不可能である。そこで、その最も基本的モデルとなる二つの下水処理場の問題について汚泥収集規模とその経済的範囲について考察し、次に、処理方法と収集規模の関係について考察した。

1. は じ め に

下水汚泥処理に用いられるシステムは、多くの単位操作とその組み合わせ方法により多岐である。そのため、数多くの代替案の可能性が生じるが、最も適したシステムを選択する手法が必要である。

処理システムの最適設計を行う場合の主観点¹⁾としては

(1) 各単位操作は処理システムの一部であり、トータルシステムの概念に従って評価する。

(2) 処理システム全体での運転及び処理費の最適化の評価なしに局部の単位操作等の選定が先行してはならない。

(3) 処理システムの建設費と運転及び処理費との最適性を考慮すべきである。

以上の他に経済性のようには数量化し得ない消費エネルギー量、処分可能性、環境上の課題、処理の信頼性等の重要な要素が加わる。

下水汚泥処理処分に関する計画の最適性については、基本計画段階、概念設計段階、詳細設計段階の各々の

* 日本下水道事業団理事 Tsunekazu FUKUI

1993年8月27日受理

異なる段階での検討が必要である²⁾。

図-1のように計画設計は基本計画段階、概念設計段階、詳細設計段階の3フェイズに大別される。フェイズ1は広域的汚泥処理を行う適切な定め方についての議論であり、本論文の主題である広域汚泥処理事業についてのものである。フェイズ2はフェイズ1で与えられた条件で下水汚泥処理システム設定のための評価条件を予め定めた上で、システムを構成する単位操作の組み合わせを選定していく。フェイズ3はフェイズ2で定められた下水汚泥処理システムの各单位操作の最適化をはかる段階となる。本論文では主に広域汚泥処理での広域化の規模と経済性の関係を定量的に検討する。下水汚泥処理システムの最適問題として、単位操作の組み合わせあるいは運転条件の最適化をSmith等^{3~14)}が研究した。

これらでは建設費、償還費及び維持管理費を最小とする最適問題を扱っている。

汚泥処理と水処理は基本的に相互に密接な影響を持つ。汚泥発生量及び汚泥性状は水処理系の処理方法や運転操作に起因する。従って、汚泥処理の単位操作の

組み合わせは水処理系の設計要因となる。また、汚泥処理系から発生する返流水は通常の処理場では濃度と負荷量が流入水の1割前後¹⁵⁾になるため水処理系に大きな影響を与える。水処理系と汚泥処理系の相互作用を含めたシステムの設定も最適問題の要素となる。また、広域汚泥処理場では汚泥処理のみの場合があり、このときの返流水処理は技術的にも最重要課題¹⁶⁾となる。

このような汚泥処理だけではなく、陸上処分費まで含めた最適問題はBowden 他(1976)が研究している。また、Dick 他(1982)はトラック輸送と土壌還元を含めた最適問題を扱っている。Hasit 他(1981)は発生汚泥量、処理能力、乾燥固形物量、処理人口、システム設計変数の関数で表現した最適問題を扱っている。処理コストはシステム設計変数から、維持管理費は施設能力及び乾燥固形物量から、また輸送費は単位距離当たりの単位体積及び重量から費用関数を求めたうえで汚泥処理費用を最小にする検討を行っている。目的関数としては、現状及び将来設置予定のシステムの最終処分まで含めた処理システムの費用と輸送費の

設計フェイズ (設計主体)

図-1 汚泥処理システム設計の基本フロー²⁾

合計としている。

下水汚泥を広域処理するためには汚泥処理の費用のみならず、汚泥を収集する範囲や方法等の要素が関係してくる。しかしながら、広域汚泥処理に適した輸送距離と輸送方法を論じたものは極めて少ない。そこで本論文では先ず広域汚泥処理事業の最適な収集規模を一般的な表現方法で表すこととした。次に、この最適化の解は地域の事情によって著しく異なるので一般化することは不可能である。そこで、その最も基本的モデルとなる二つの下水処理場問題について汚泥収集規模とその経済的範囲について考察する。次に、処理方法と収集規模の関係について考察した後最適規模決定に与える不確定要素の影響を検討する。

2. 広域汚泥処理における収集規模と経済性との関係

発生汚泥を広域的に処理する場合どの位置で処理するか、その位置への運搬方式は、その時の汚泥形状等の広域化における最適計画は多様な面を含んでいる。

下水汚泥の輸送形態としては、生汚泥、脱水汚泥、焼却灰の3形態とした。広域処理における輸送形態、処理システムは図-2のような組み合わせもしくは制約条件を与えられる。

広域汚泥処理を考える場合、汚泥処理と輸送システムとを組み合わせることでその経済性を検討することが重要課題となる。

その組み合わせの基本としては、

- (1) 各処理場で汚泥を単独処理する場合は輸送の費用がなく、各処理場での焼却等までの費用の合計が全体の汚泥処理費用となる。
- (2) 生汚泥を管路輸送する場合の全体費用は管路輸送費と受け入れ側処理場での汚泥処理費用の合計が

全体の汚泥処理費用となる。

- (3) 汚泥発生側処理場で脱水処理まで行う場合は、発生側処理場の脱水までの費用と脱水汚泥の輸送費用と受け入れ側処理場の焼却等までの費用合計が全体の汚泥処理費用となる。ただしこの場合受け入れ側処理場の汚泥処理費用は自処理場と持ち込み分との合計となる。

汚泥処理の場合は処分まで含めて検討すべきであるがここでは一応処分は省いた形で検討を進める。

広域処理が個別処理より経済的に有利であるためには個別処理費用と広域処理費用の差が汚泥輸送費を上回らなければならない。

$$\boxed{\text{汚泥輸送費}} < \boxed{\text{広域と個別との処理費用の差}}$$

汚泥輸送費用に対して影響する因子は汚泥量と輸送距離であり、量と距離によっていくつかの輸送システムが考えられる。

一般に広域化の経済性を考えるうえでの汚泥の輸送及び処理の各費用に影響を与える因子としては以下のものが考えられる。

- ① 汚泥輸送に関する因子
 - * 輸送対象となる汚泥量
 - * 汚泥処理基地及び各処理場間の距離
 - * 処理場の数
- ② 汚泥処理に関する因子
 - * 各処理場から発生する汚泥量
 - * 各処理場から発生する汚泥量の合計
 - * 処理方法
- ③ 汚泥の処分に関する因子
 - * 処分または有効利用の方法
 - * 処分または有効利用先の規模

以上より、汚泥発生から処理までの経済性についての収集規模と収集範囲について検討する。広域処理の経済性の検討因子としては、処理場数、各処理場間距離、各処理場よりの発生汚泥量の比及び汚泥量合計等が支配的になる。

まず、広域的な汚泥処理を行うことによって各処理場で個別に処理を行うより経済的に有利になる条件を検討する。

- ・汚泥処理施設は濃縮、消化、脱水、焼却
- ・一般には複数の汚泥処理施設間の集中化を検討するがシステムを簡略化するために、ここでは2処理場での場合を検討する。

検討ケースは以下の3ケースとし

図-2 下水汚泥の輸送形態と処理システムの関係

- (1) 2 処理場が独立して汚泥処理を行う個別処理の場合
- (2) 送泥側では汚泥処理を行わず生汚泥を受け入れ側へパイプ輸送する場合
- (3) 汚泥脱水まで行い脱水汚泥を受け入れ側へトラック輸送する場合

この3ケースに対して処理規模と輸送距離、送泥側の処理規模及び輸送距離を組み合わせ最も安いケースを「汚泥輸送システムに関する調査その2」¹⁷⁾で求めた。この時、建設費と維持管理費を合わせた処理原価で費用比較を行い、償却期間を土木建築構造物50年、機械電気設備15年、年利率7.5%として年価に変換した処理原価で検討した。

処理原価の計算結果から3ケースの中で最も安いケースを送泥側の処理規模をパラメータ（図中の Q_s ）にして図-3に示した。

処理場規模と適用する図の関係は、横軸に示す受け入れ側処理場の規模が処理水量で300（千 m^3 /日）以上の大規模の場合は図-3の(1)の上段の図で示されている。処理水量で100~300（千 m^3 /日）の中規模の場

合は図-3の(2)の中段の図で示されている。処理水量で100（千 m^3 /日）以下の小規模の場合は図-3の(3)の下段の図で示されている。

例えば、図中 Q_s100T/P は、

* 送泥側の処理規模 $Q_s=100$ （千 m^3 /日）

* T は脱水汚泥のトラック輸送を、 P は生汚泥の管輸送を示す。

* T/P はこの曲線の下方の輸送距離 L 、受け入れ側処理場 Q_d では生汚泥の管路輸送が最も安いことを示している。

* また、この曲線より上では脱水汚泥のトラック輸送が最も安いことを示している。

次に、 I/P の例では、

* I は各処理場での個別処理する場合である。

* I/P の曲線より下部は広域処理するより個別処理を選んだ方が経済的な場合である。

* I/P の曲線より上部は管輸送を行って広域処理するのが有利な場合である。

本解析においては処理場間の距離（ L ）、受け入れ側処理場規模（ Q_d ）、送泥側処理場規模（ Q_s ）の L 、

図-3 2 処理場間での広域処理が個別処理と比べて経済的となる規模と距離の関係

Q_s , Q_d の3つの因子が相互に係わって複雑な結果となった。

まず、受け入れ側処理場が大規模な図-3-(1)で距離との関係では以下のことが言える。

- ① 管輸送距離が短い範囲(50~70km以下)では総費用において広域汚泥処理の規模の効果が発揮できる。
- ② 輸送距離が長く(70km以上)なると脱水汚泥輸送の経費は高くなるが、焼却処理が集約して行える規模の効果による経済性が卓越しているために、遠距離であっても広域汚泥処理が成り立つ場合が多い。
- ③ 遠距離になればなるほど輸送費はトラック輸送の方が管輸送より経済的に安くなる傾向にある。
- ④ 輸送距離が長くなりその輸送費が汚泥を集約処理することによる経費減分を超える場合には、当然、個別処理(I)が有利となる。

つぎに、送泥側の処理規模(Q_s)が50(千 m^3 /日)以下で輸送距離100km以下では広域処理が常に有利と

なっている。

また、「下水汚泥広域処理処分事業調査報告書」¹⁷⁾より得られた、「2処理間での広域処理が個別処理と比べて経済的になる規模と距離の関係」を以下に示す。経済性検討の前提条件は以下のものである。

- ・汚泥処理施設は濃縮、脱水、焼却
- ・一般には複数の汚泥処理施設間の集中化を検討するがシステムを簡略化するために、ここでは2処理場の場合を検討する。

図-4に処理場間の距離(L)、受け入れ側処理場規模(Q_d)、送泥側処理場規模(Q_s)のL、 Q_s , Q_d の3つの因子による関係を示した。

- ① 送泥側処理場規模が50(千 m^3 /日)以下と小さい場合はかなり距離があっても(20~60km)、脱水汚泥のトラック輸送の方が生汚泥の管輸送よりも経済的である。

また、2処理場の規模によっては距離が100km以上ある広域であっても有利であり、管輸送が有利なのは近距離(1~5km)の場合であった。

図-4 2処理間での広域処理が個別処理と比べて経済的となる規模と距離の関係¹⁷⁾

- ② 送泥側処理場規模が中規模 (50～200千 m^3 /日) の場合も、広域処理による規模の効果は大きく、輸送距離が20～40kmであっても広域処理の方が個別処理より有利であった。また、輸送方法については、5～10km以内では管輸送、それ以上では脱水污泥のトラック輸送が経済的である。
- ③ 脱水污泥のトラック輸送であっても送泥側処理場の規模が大きくなるにつれて広域処理が個別処理より有利になる範囲は狭くなる。
- ④ 大規模処理場2カ所の場合は規模の効果はすでに達成されており広域処理による効果は少なく、一般的状況として輸送は管輸送になるために個別処理の方が経済的となっている。

以上の2つの検討における条件設定では、前者は処理システムに嫌気性消化を含んでいることと、費用算定方法に相違はあるが次のような定性的な結果を得られた。

污泥の処理規模が大きくなるに従い管輸送による集約処理が経済的に有利となるが、2つの処理場がともに大規模であれば集約処理によって得られる更なる規模の効果はあまり増加せず、むしろ、広域処理のために必要な輸送費による不経済性が上回るために個別処理の方が有利な試算結果となっている。

3. 広域污泥処理における処理規模と処理方式との関係

前章では処理方式を「濃縮－脱水－焼却」に限定して試算を行ったが、本章では「濃縮－脱水」、「濃縮－脱水－焼却」、「濃縮－脱水－コンポスト」、「濃縮－脱水－溶融」の4処理システムについて経済性の検討を行った。本検討においても対象処理場を2カ所とした基本形態で検討する。送泥側の処理場規模は100(千 m^3 /日)までとした。送泥方法については生污泥を管輸送する場合とバキュームの場合について検討した。試算では「下水污泥総合計画対策マニュアル」¹⁸⁾に示された污泥処理プロセスの費用関数(発生污泥量をパラメータとしている)を補正して用いた。

広域処理が経済的となる処理場間の限界距離を求め図-5に示す。図-5の縦軸は処理場間の限界距離(km)を示す。上段の図は小規模の場合で横軸は送泥側処理場の生污泥(濃度1%)発生量である。下段の図は大規模の場合である。

4処理システムで広域処理を行う方が個別処理に比べて経済的に有利になる場合を検討したものである。

図-5 污泥処理方式が異なる場合の広域処理と個別処理との経済性の比較

図中の曲線より上部においては個別処理が経済的に有利であることを示し、下部にあるときは広域処理が有利であることを示す。受け入れ側処理場の規模にかかわらず、処理が脱水で終わる場合より焼却、コンポストと処理度を上げていく場合の方が広域処理が経済的に有利となる距離に関する範囲が広がっていく。さらに、溶融を採用する場合には一段と範囲が広がる。

すなわち、下水污泥処理において高度な処理方式が要求される場合には広域処理が経済的に有利となる距離的な範囲は大きくなっていく。

污泥処理方式で濃縮方法を重力濃縮と機械濃縮(遠心)、脱水方法を遠心脱水とベルトプレス脱水で検討したが各条件での広域下の距離に関する範囲は処理方式による大きな影響はなく、むしろ、焼却、コンポスト、溶融の影響が大きかった。

生污泥を管輸送する場合とバキューム輸送する場合とを比較した結果を図-6に示す。受け入れ側処理場が小規模(生污泥量換算50 m^3 /日)な上段の図より明らかなように、管輸送よりバキュームによる輸送の方

図-6 汚泥処理方式が異なる場合の収集方式の相違による広域処理の経済範囲への影響

が広域処理が成り立つ範囲が拡大する。すなわち、小規模のため規模の効果がなため、管輸送に対する投資と維持費が割高となる。

一方、受け入れ側処理場が大規模（生汚泥量換算 2 千 m^3 /日）な場合は下段の図より明らかなように、規模の効果より管輸送がバキューム輸送より有利となる。

4. 広域汚泥処理における処理規模と汚泥資源化に関する経済性の検討

下水汚泥の処理形態は、下水汚泥を処理・減容・安定化して埋め立てる従来の処分方式（一過型）に委ねる場合と処理工程にコンポストや溶融を負荷して汚泥を資源化（循環型）する場合がある。地球環境時代の現在においては、下水汚泥の資源化と資源の循環利用が可能な汚泥処理方式とシステムを確立することが社会的要請である。しかし、資源化が可能な汚泥処理のためには、製造費、販売あるいは消費者までの運搬費等が必要である。また、消費者側からは従来の製品に比べて価格的に同程度以下であることが要求される。

資源化した製品は地域的な制約は生じるものの、需要量が供給量を上回ることが望ましい。資源化においては供給する地域を拡大し消費量を増大すること、地域拡大による輸送費の増加の相反する点を克服せねばならない。資源化する量を拡大することは資源化に要するシステムにおいて規模の効果が生じ製造単価を低下させることが期待できる。資源化の規模拡大運搬費と製造費のトレードオフが起こることから市場での価格の範囲内での販売規模を勘案し広域処理による資源化の促進効果を検討した。また資源化でできる製品の多品種開発と、多様化が需要量の変動や偏りを吸収する上でも必要である。

緑農地資材	① コンポスト
建設資材	② 埋め戻し材（水砕スラグ）
	③ 下層路盤材（空冷スラグ）
	④ インターロッキングブロック（空冷スラグ）
	⑤ 焼成ブロック（高分子系焼却灰）

下水汚泥より資源化した製品と市場で競合すると考えられる市販価格の単価は地域により異なる。1991年のF県での下水汚泥資源化製品価格の調査例を表1に示す。製造費は以下のようにして算出している。

- ① コンポストについてはコンポスト施設建設費と維持管理費の合計。
- ② 水砕スラグでは溶融炉施設の維持管理費は通常は汚泥処理経費に含まれているので製造費は見込まない。
- ③ 空冷スラグをインターロッキングブロック材料用に加工する運搬費及び粒調費と、インターロッキングブロックの製造の施設建設及び維持管理費を加算している。
- ④ 焼成ブロックは焼却灰のみで製作する。加圧成型する施設の建設及び維持管理費を含む。

販売価格は製造価格の他に消費地域までの運搬費と、さらに、製造費と運搬費の20%の経費を合計した。

表1 汚泥の有効利用資材の市販価格の調査例

製 品	競合資材の市販価格	備 考
コン ポ ス ト	460～780円/20kg袋	
埋 め 戻 し 材	600～1,060円/t	場所持ち込み
下 層 路 盤 材	1,420～1,550円/t	場所持ち込み
インターロッキングブロック	4,400円/ m^2	
プレス焼成ブロック	9,900円/ m^2	

製造規模と消費地までの距離を変化させて販売価格がどの程度変動するかを試算した結果を表2に示す。この表には建設にともなう年価を含む場合と含まない場合について対比して示した。

建設費を含まない場合の販売価格を消費地までの距離と製造規模（処理スケール）を変化させて求めた結果を図-7に示す。図でも明らかなように、消費地までの距離が長くなるほど、また、製造規模が小さくなるほど販売価格は高くなり市販の資材との価格競争力は低くなる。距離による影響より製造規模による影響

表2 競合力のある販売コストとするための条件

	販売コスト年価を含む		販売コストから年価を除く	
運 搬 距 離	10km	200km	10km	200km
コン ポ ス ト	—	—	2.3 t/日以上	4.2 t/日以上
水 碎 ス ラ グ	市販価格1,060円/tに対して運搬距離で5～16km			
空 冷 ス ラ グ	—	—	—	—
インターロッキングブロック	185 m ² /日以上	185 m ² /日以上	60 m ² /日以上	75 m ² /日以上
プレス焼成ブロック	—	—	6 m ² /日以上	20 m ² /日以上

の方が大きい。もちろん、供給量は地域の需要を上回らないことが前提条件であるから、規模の増大にともなって運搬距離は大きくならざるを得ない。このため、汚泥処理形態は、資源化製品の安定的な消費が維持できなければ安定しない。従って、市場価格を下回る販売価格を実現するには、消費量伸長のための輸送距離増加による経費増大より、製造規模を拡大して製造価格を引き下げることが重要である。

ま と め

本研究で得られた結果を以下に要約する。

- ① 広域汚泥処理が個別処理に対して経済的に有利になる条件は汚泥収集範囲だけではなく以下の条件に大きく影響される。その条件は、汚泥処理施設規模と処理システムのレベルである。
- ② 広域汚泥処理の処理方法が高度化する必要性が高くなるにつれて広域処理を行う距離的範囲が拡大する。
- ③ 下水汚泥資源化を推進するためには市場での資材

図-7 汚泥の有効利用を行う場合の有効利用規模と販売距離を考慮した経済性

価格と比べて競争力のある販売価格とする必要がある。この時、資源化の規模を拡大することにより市場価格において競争性がでてくる場合があることが確認された。

参考及び引用文献

- 1) USEPA, 1974
- 2) 酒井伸一「汚泥処理システムの最適設計に関する研究」京都大学学位論文 1989
- 3) Smith, R.「Preliminary design of wastewater treatment systems」ASCE, 95, Vol.95, NO. SA 1, pp.117-145, 1969
- 4) Parkin, G. F., Dague, R. R.「Optimal design of wastewater treatment systems by enumeration」ASCE, Vol. 98, NO. SA 6, pp.833-851, 1972
- 5) Middleton, A. C., Lawrence, A. W.「Least cost design of activated sludge systems」J. WPCF, Vol. 42, No. 9, pp.1589-1613, 1970
- 6) Berthouex, p. M., Polkowski, L. B.「Optimum waste treatment plant design under uncertainty」J. WPCF, Vol. 42, No. 9, pp.1589-1613 (1970)
- 7) Dick, R. I., Simmos, D. L., Hasit, Y.「Process integration in sludge management」Wat. Sci. Tech Vol. 14, pp.765-779, 1982
- 8) Dick, R. I., Simmos, D. L., Hasit, Y.「Modeling of wastewater and sludge management systems」Mathematical Modeling, Vol. 4, pp.427-438, 1983
- 9) Graig, E. W., Merdith, D. D., Middleton, A. C.「Algorithm for optimum activated sludge design」ASCE, Vol. 140, EE6, pp.1101-1117, 1978
- 10) Suidan, W. T., Sauders, F. M., Godfrey, C. S., Stewart, H. T.「Wastewater treatment: Sensivity analysis」J. Environmental Engineering, ASCE, Vol.109, pp.120-138, 1983
- 11) Tyteca, D.「Nonlinear programming model of wastewater treatment plant」ASCE, Vol. 107, No. EE 4, pp.747-766, 1981
- 12) Tyteca, D., Smeers, Y.「Nonlinear programming model of wastewater treatment plant」ASCE, Vol. 107, No. EE 4, pp.767-779, 1981
- 13) Tyteca, D., Smeers, Y.「A geometric, programming model for the optimal design of wastewater treatment plants」Operation Research, Vol. 32, No. 2, pp.314-342, 1984
- 14) Park, C. S & G. P. Sharp-Bette「Advanced Engineering Economics」Jhon Wiley & Sons, Inc., New York, NY. 1990
- 15) 建設省都市局下水道部, 日本下水道事業団「下水汚泥広域汚泥処理事業にかかる技術開発に関する調査報告書」1982年3月
- 16) 栗林宗人「汚泥系返流水を考慮した処理場設計」京都大学学位論文 1986年
- 17) 日本下水道協会「下水汚泥広域処理処分事業調査報告書」1983年
- 18) 建設省都市局下水道部「下水汚泥総合計画策定マニュアル」(日本下水道協会) 1991年
- 18) 日本下水道協会「首都圏等における下水汚泥広域汚泥処理事業調査報告書(計画調査)」1981年
- 19) 日本下水道協会「下水汚泥広域汚泥処理事業調査報告書(東京湾)」1982年
- 20) 建設省都市局下水道部「下水汚泥広域汚泥処理事業調査報告書(大阪湾等)」1982年
- 21) 建設省都市局下水道部, 日本下水道事業団「下水汚泥広域汚泥処理事業調査報告書」1984年
- 22) 建設省都市局下水道部, 日本下水道事業団「下水汚泥広域汚泥処理事業調査報告書」1985年
- 23) 日本下水道事業団「汚泥輸送システムに関する調査その2」1983年
- 24) 建設省都市局下水道部「下水汚泥の広域処理の経済性に関する調査報告書」1992年
- 25) 福島県土木部下水道課「下水汚泥有効利用総合計画策定調査」1991年

廃棄物学入門

田中 勝著

A 5 判 212頁 定価1,800円

本書は、今日大きな関心を集めている〈ごみ問題〉の入門書です。新聞連載記事を元にした読みやすい第1章と、ごみの発生から収集、処分に至る全体を記した総論に当たる第2章、そして各論の第3章以

降で構成しており、ごみ問題に初めて接する人から、さらに1歩踏み込んだ知識を求める市民・行政・企業等の方までお勧めできます。

発行・販売 中央法規出版(株) TEL 03-3379-3861