HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	産業廃棄物処理事業における平常時の搬入運搬車両の挙動解析と災害時の災害廃棄物量推定に関する研究
Author(s)	吉成, 昇
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第12941号
Issue Date	2017-12-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k12941
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68107
Type	doctoral thesis
File Information	Noboru_Yoshinari.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

産業廃棄物処理事業における
平常時の搬入運搬車両の挙動解析と
災害時の災害廃棄物量推定に関する研究

北海道大学大学院情報科学研究科

吉成　昇

目次

はじめに 1
第 1 章　序論 3
1.1　法規 3
1.2　用語 3
第 2 章　産業廃棄物処理施設の開発と運営 8
2.1　開発 8
2.1.1　関係法規 8
2.1.2　建設場所選定の留意事項 9
2.1.3　近隣関係者及び利害関係者等との合意形成 10
2.2　平常時の運営 10
2.3　災害時の運営 11
2.4　廃止 11
2.4.1　桜の植樹による集客産業の創出と地域コミュニティの創出 12
2.4.2　整備費用の算出 25
2.4.3　全体の分析と評価 26
第 3 章　廃棄物搬入運搬車両の挙動に関するモデル解析 28
3.1　応用する待ち行列理論 28
3.2　管理型最終処分場における課題 30
3.3　管理型最終処分場における運搬車両の処理業務 31
3.4　運搬車両の待ち行列モデル 33
3.5　3 ステージ直列 M/M/1 モデル 34
3.6　モデルによる計算結果と考察 35
3.7　実測データの収集と分析 38
3.8　まとめ 41
第 4 章　大規模災害時における経営継続のためのインテリジェンス活動 42
4.1　インテリジェンス研究の概要 42
4.1.1　データ，情報，知識，知恵の定義 42
4.1.2　情報とインテリジェンスの定義 43
4.1.3　インテリジェンス・マネジメント 44
4.1.4　インテリジェンス・サイクル 45
4.2　東日本大震災による仙台市被害状況 47
4.3　災害発生時から復旧までのインテリジェンス活動 51
4.3.1　仙台環境開発株式会社の概要 51

4.3.2　災害復旧時における同社のインテリジェンス活動 54
4.3.3　復旧フェーズの守りと攻めの経営戦略 68
4.4　災害復旧活動とリスクマネジメント 77
4.4.1　事業継続（BC）と事業継続計画（BCP） 77
4.4.2　BC の取組み 77
4.4.3　BCP の策定 78
4.4.4　BCP の運用 78
第 5 章　　災害廃棄物処理システムの提案と災害廃棄物発生量の推定 80
5.1　災害廃棄物処理システムの構築 80
5.1.1　発災後の時期区分とその特徴 80
5.1.2　災害廃棄物処理システムの概要 81
5.1.3　災害廃棄物発生量推定に関する提案 82
5.2　空撮画像を利用した災害による倒壊家屋の特定 84
5.2.1　背景 84
5.2.2　関連研究 86
5.2.3　目的 86
5.2.4　津波によるがれきの発生と復旧 87
5.2.5　災害廃棄物への対策 88
5.2.6　被害推定のための取り組みとして 89
5.3　画像データを利用した建造物の変化抽出とがれき量推定方法 90
5.3.1　画像処理技術 90
5.3.2　二値化しきい値の選定 91
5.3.3　多値化処理 93
5.3.4　領域の抽出 93
5.3.5　震災前後の航空写真の変化抽出 95
5.3.6　地図データの利用 96
5.3.7　変化領域内のがれき量推定 97
5.3.8　有効性の検証 97
5.3.9　考察 105
5.4　まとめ 107
第 6 章　結論 108
6.1　今後の災害廃棄物処理への提言 108
6.1.1　法制度に関する課題と提言 108
6.1.2　災害廃棄物処理システムにおける課題と提言 109
6.1.3　技術的課題と提言 110
6.1.4　産学官連携に関する課題と提言 110

6.2　まとめ 111
参考文献 113
付録 117
謝辞 130

はじめに

我が国において，事業活動で発生する全国の産業廃棄物量総数は，環境省の調査によれば，平成 26 年度で 3 億 9,284 万トン[1]，産業廃棄物を埋立て処理する最終処分場は全国で 1,880 箇所（平成 26 年 4 月 1 日現在）[2]存在する．

また，環境省は廃棄物の減量を計画的に促進させるために，平成 25 年，第 3 次循環型社会形成推進基本計画[3]を策定し，平成 32 年度を目標年次として資源生産性，循環利用率，最終処分量の目標を定めた．

産業廃棄物の処理は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」によって規定されている許可事業であり，排出事業者から委託を受けて産業廃棄物処理の一部あるいは全部を行う事業である．

本論文では，まず，管理型最終処分場の平常時の運営において主要な業務の一つである廃棄物を搬入する運搬車両の取り扱いについて，受付から廃棄物のダンピング，退去までの挙動を待ち行列モデルにより解析する方法を提案する．また，実際の処分場の実測データを収集して，モデル計算結果の妥当性を検証する．

一方，地震・津波・洪水などの大規模な災害においては，ごみ，がれき等，いわゆる災害廃棄物が大量に発生する．震災後の復旧・復興における災害廃棄物の処理対応は，災害初動から始まり，応急復旧，復旧，復興のフェーズへと進む．各フェーズにおいて，対象とする廃棄物の種類，量，処理内容が異なり，災害廃棄物は基本的に市町村（特例により都道府県）が一般廃棄物として処理する．しかしながら，その量が膨大になると，市町村のみでは対処しきれず，地元の産業廃棄物処理事業者など，民間の処理事業者の協力が必要になる．実際に東日本大震災において， 仙台環境開発株式会社（以下，同社という）は，被災地に立地する産業廃棄物処理事業者として，前例のない様々な対応策を講じる必要に迫られたが，大震災発生直後は地震や津波による被害により，事業活動に必要な情報収集の手段は極めて限られ，様々な不確実な情報が流布された．

本論文では，次に，この状況下で同社が行った風評被害対策，行政との協議等は，インテリジェンス活動の実践例となっているとの視点から，大震災発生時から約 3 ヶ月間の災害廃棄物処理の災害初動，応急復旧，復旧フェーズまでにおける同社の事業活動をインテリジェンス・情報科学の観点から分析・整理し，被災地に立地する産業廃棄物処理事業者に必要なインテリジェンスの利活用はいかにあるべきか，どのような技法が有効であるかについて分析を行った．また，その分析によって明らかになった初動活動における災害廃棄物量の推定が重要であるとの視点から，災害廃棄物量の推定システムの設計と推定手法の提案を行った．

本論文は，はじめに，第 1 章の序論，第 2 章の廃棄物処理事業の開発と運営及び第 3 章の廃棄物搬入運搬車両の挙動に関するモデル解析，第 4 章の大規模災害時における経営継続のためのインテリジェンス活動，第 5 章の災害廃棄物処理システムの提案と災害廃棄物発生量の推定，そして第 6 章の結論で構成される．

はじめにでは，研究の骨子，背景と目的，本論文の構成について述べる．

第 1 章の序論では，廃棄物処理事業の概要について，関連法規，関連用語について説明する．また，産業廃棄物処理と関連が深い「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の概要についてまとめ，一般廃棄物，産業廃棄物の相違点，廃棄物処理業や処理施設に対する規制，環境保全のための措置などについて述べる．

第 2 章では，産業廃棄物処理施設の開発から平常時と災害時の運営，そしてその閉鎖についてまとめる．まず，その事業内容の特徴から，関係法規を抽出し，開発着手にあたっての注意点を述べる．本章の最後では，最終処分場跡地の利用を含めた廃棄物処理施設を核とした地域の開発に関し，その実施，その効果等に関する研究について述べる．本事業は，同社が所有する最終処分場の創造的跡地利用と全国規模の桜の名所を創出するため，同社が地域や行政と連携することによって，関連施設の建設を含めた全国規模の観光資源創出を行い，当該地への集客・交流による地域創生を実践することを目的として計画されたものであり，経営戦略，集客による経済効果及び文化交流の観点から分析・評価する．

第 3 章では，平常時の運営における廃棄物搬入運搬車両の挙動に関するモデル解析を行う．管理型最終処分場の運営において主要な業務の一つである廃棄物を搬入する運搬車両の取り扱いについて，受付から廃棄物のダンピング，退去までの挙動を待ち行列モデルにより解析する方法を提案する．また，実際の処分場の実測データを収集して，モデル計算結果の妥当性を検証する．

第 4 章では，同社の東日本大震災における実際の災害廃棄物処理活動についてインテリジェンス活動分析を行う．情報を新しい経営資源として活用し，様々なデータを集約・分析し，ビジネスの状況を可視化するビジネス・インテリジェンス手法に関わる研究と企業での実践が，米国を中心に急速に発達している．一般にインテリジェンス活動には，守りのインテリジェンス活動と攻めのインテリジェンス活動があり，本章では，守りのインテリジェンス活動に基づく守りの経営戦略，攻めのインテリジェンス活動に基づく攻めの経営戦略について，同社の実際の復旧活動から分析を行う．

第 5 章では，災害廃棄物処理システムの提案と災害廃棄物発生量の推定手法について説明する．まず，平成 26 年環境省作成の災害廃棄物対策指針に従い，そこに東日本大震災において災害廃棄物処理に実際に携わった同社の経験と知見を加味して，最適な災害廃棄物処理システムの設計を行う，さらに，同社が，災害廃棄物処理の中で災害廃棄物発生量推定の重要性を認識したことから，新たな発生量推定手法について述べる．

第 6 章では，結論として，産業廃棄物処理事業業界への提言とまとめを行う．

第 1 章　序論

本章では，本研究の背景となる廃棄物とその処理に関する法律と制度について概観し，その後，産業廃棄物処理システムについて説明し，本研究の基本的事項の理解を深める．

1.1　法規

日本における廃棄物処理に関する法律の中で，産業廃棄物処理と関連が深い「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の概要についてまとめる．

・廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下，廃掃法という）

廃棄物処理に関するもっとも重要な法律である．廃棄物を一般廃棄物，産業廃棄物などに区分し，それぞれ自治体や排出者の処理責任について規定している他，廃棄物処理業や処理施設に対する規制，環境保全のための様々な措置について定めている．

1.2　用語

・廃棄物

廃掃法第 2 条では廃棄物とは「ごみ，粗大ごみ，燃え殻，汚泥，糞尿，廃油，廃酸，廃アルカリ，動物の死体その他の汚物または不要物であって，固形状または液状のもの（放射性物質及びこれによって汚染されたものを除く）」と定義している．尚，放射性廃棄物はこの法律に該当する産業廃棄物ではない．

・産業廃棄物と一般廃棄物

廃棄物は大きく産業廃棄物と一般廃棄物に大別される．

産業廃棄物とは，廃掃法に定められた 21 種類の廃棄物であり，一般的には，会社や工場などの事業活動に伴って発生した廃棄物を産業廃棄物としている．

一般廃棄物とは，産業廃棄物以外の廃棄物を言う．通常，一般廃棄物は市町村に，産業廃棄物は廃棄物処理事業者によって処理される．

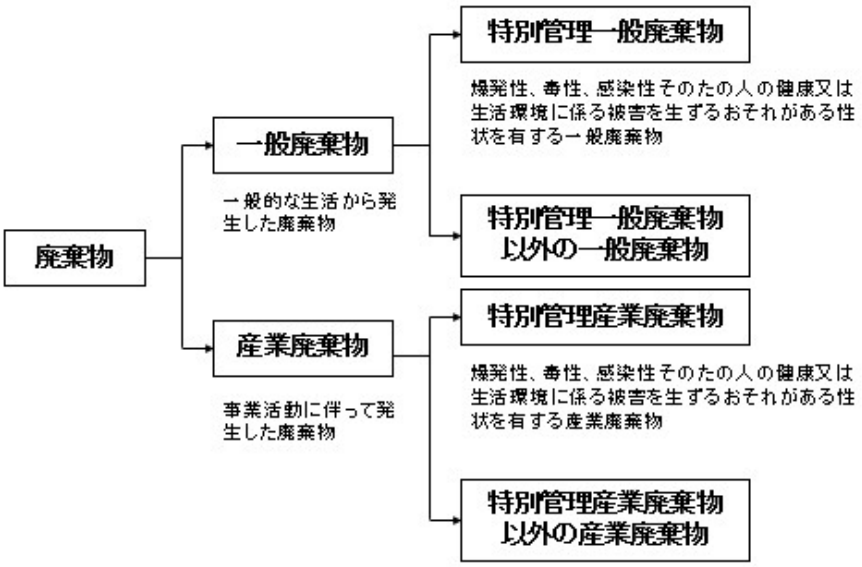


図 1-1　一般廃棄物と産業廃棄物

一般廃棄物と産業廃棄物の排出量推移を図 1-2，図 1-3 に示す．一般廃棄物は 5,000 万トン前後で推移しており，平成 13 年からは減少傾向にある．一方，産業廃棄物はほぼ 4 億トンで推移していたが平成 20 年より減少傾向にある．

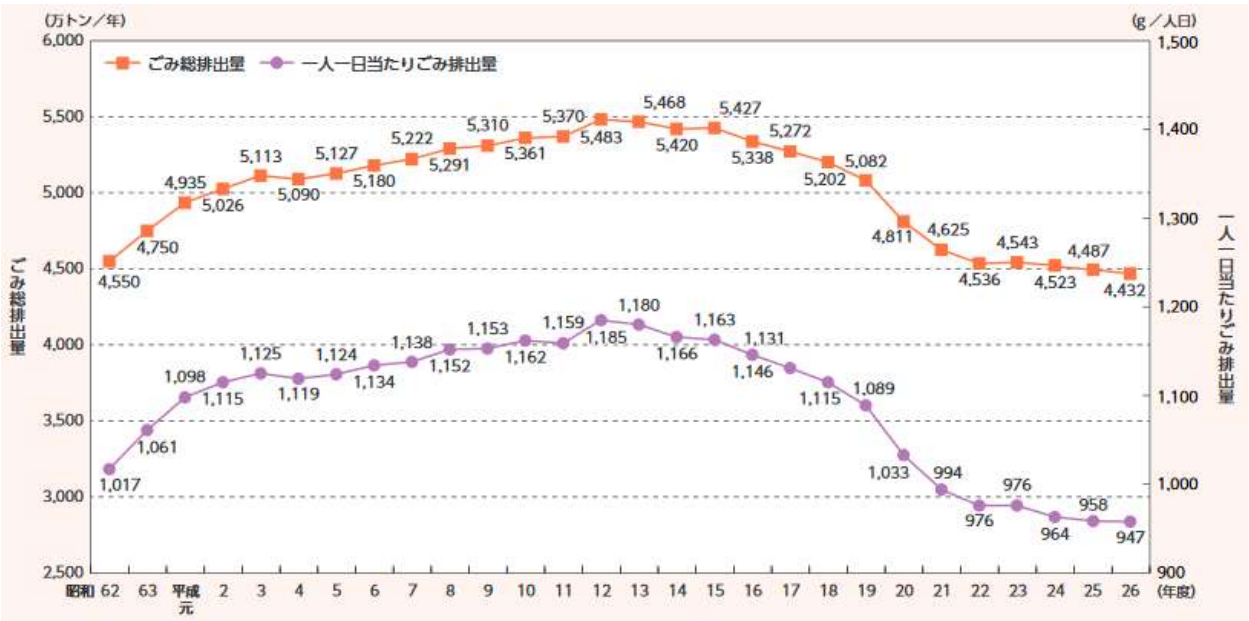


図 1-2　ごみの総排出量及び一人一日当たりの排出量[4]

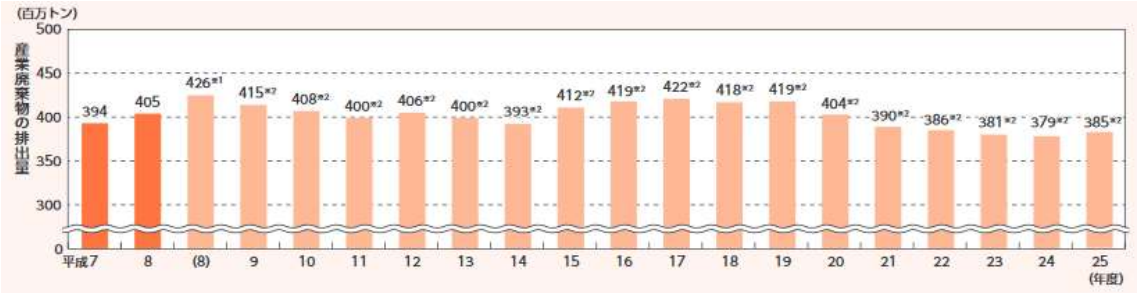


図 1-3　産業廃棄物の排出量の推移[4]

・産業廃棄物処理事業者

前述で定義される産業廃棄物の一部あるいは全部の処理を行う事業が産業廃棄物事業であり，産業廃棄物事業を行う事業者が産業廃棄物処理事業者である．産業廃棄物処理事業者となるためは，産業廃棄物収集運搬業や産業廃棄物処分業などの許可が取扱品目ごとに必要である．

・産業廃棄物処理システム

産業廃棄物の処理は，収集と運搬，中間処理，リサイクル，最終処分，水処理の各処理と処理のプロセスから構成されるシステムである（図 1-4）．

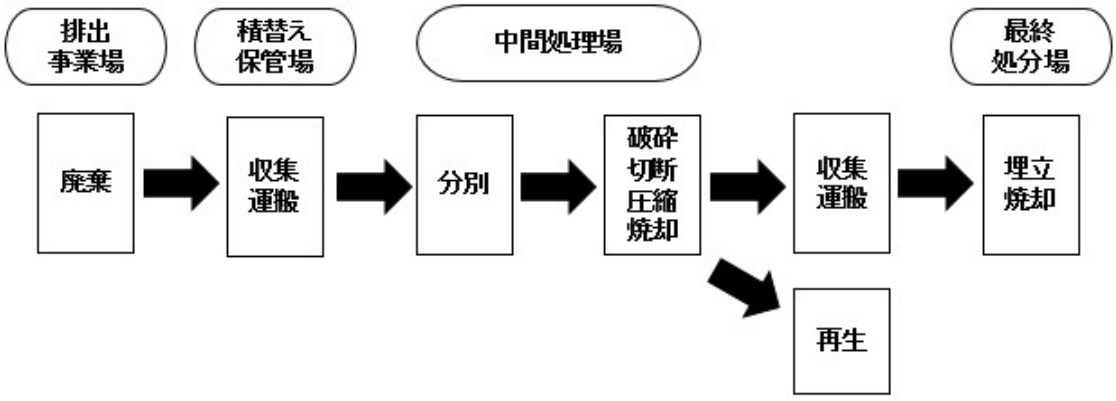


図 1-4　廃棄から最終処分までのプロセス

・収集と運搬

発生した産業廃棄物は，自社あるいは委託業者の輸送機関により中間処理場や最終処分場へ運ぶ．産業廃棄物の特性を考慮して飛散，流出，悪臭などの漏れがないように輸送機関を選択しなければならない．廃棄物の運搬に特有な車両には，ダンプ車，コンテナ専用車，強力吸引車，粉粒体運搬車などがある．

・中間処理

リサイクルや最終処分を考慮した分別・選別，破砕・切断・圧縮，焼却，溶融，脱水な

どの適正処理によって，廃棄物の減容化，減量化，無害化，安定化，資源化など目的に行う．

・リサイクル

再生利用，熱回収などにより再資源化を行う．

・最終処分

再利用が不可能な中間処理後の残渣等は，最終処分場に収集・運搬する．最終処分場は，安定型，管理型，遮断型の３つに大別される（図 1-5）．

安定型最終処分場は，廃プラスチック類，ゴムくず，金属くず，カラスくず，コンクリートくず，がれき類などの安定型産業廃棄物を埋め立て処分する．

管理型最終処分場は浸出水処理が必要な木くず，汚泥などを埋め立てる処理を行う．遮水工が設けられ，浸出水処理施設も必要になる．

遮断型最終処分場は有害な産業廃棄物を埋め立てる．

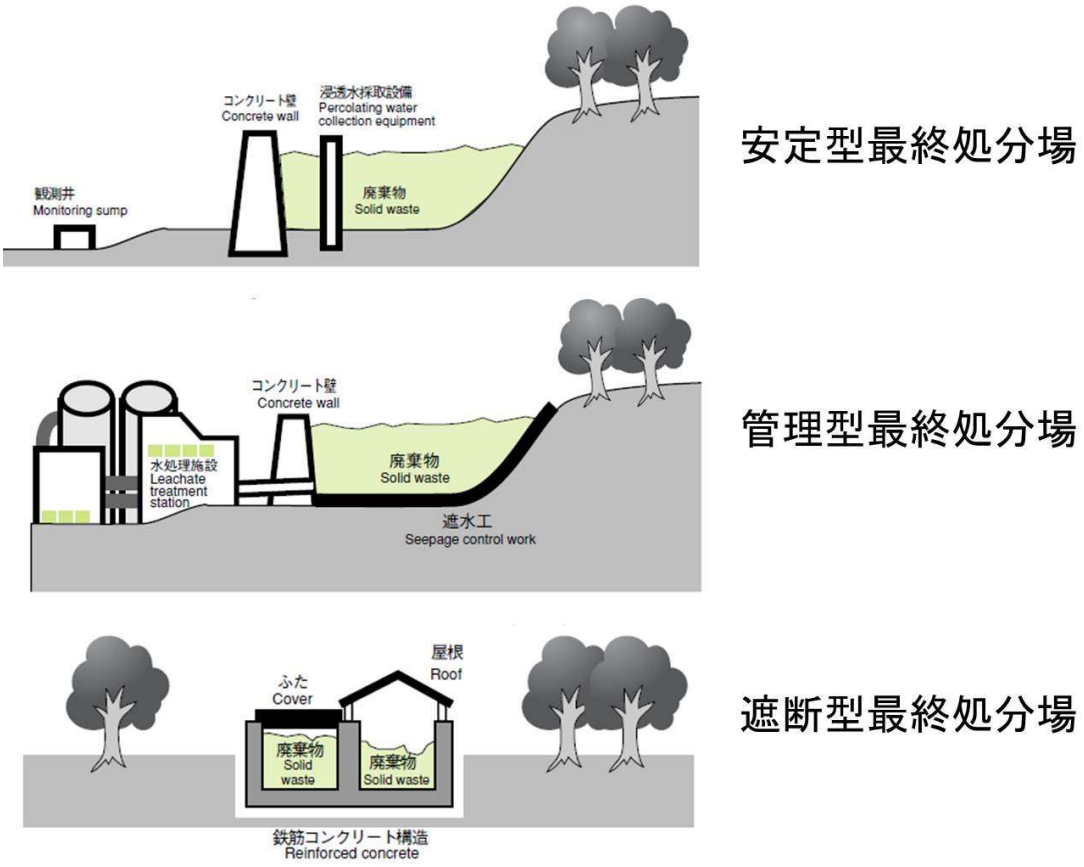


図 1-5　最終処分場の形態[5]

・最終処分場閉鎖後の利用状況

最終処分場が処分場としての使命を終えたあとの利用，すなわち，最終処分場閉鎖後の

利用状況を図 1-6 に示す．最終処分場は広大な敷地となるため，その後の利用は公園，グランド，資材置き場等が多い．しかしながら，跡地の有効利用は全体のほぼ 50%にとどまっている．本論文では，第 2 章で，その有効利用事例を考察する．

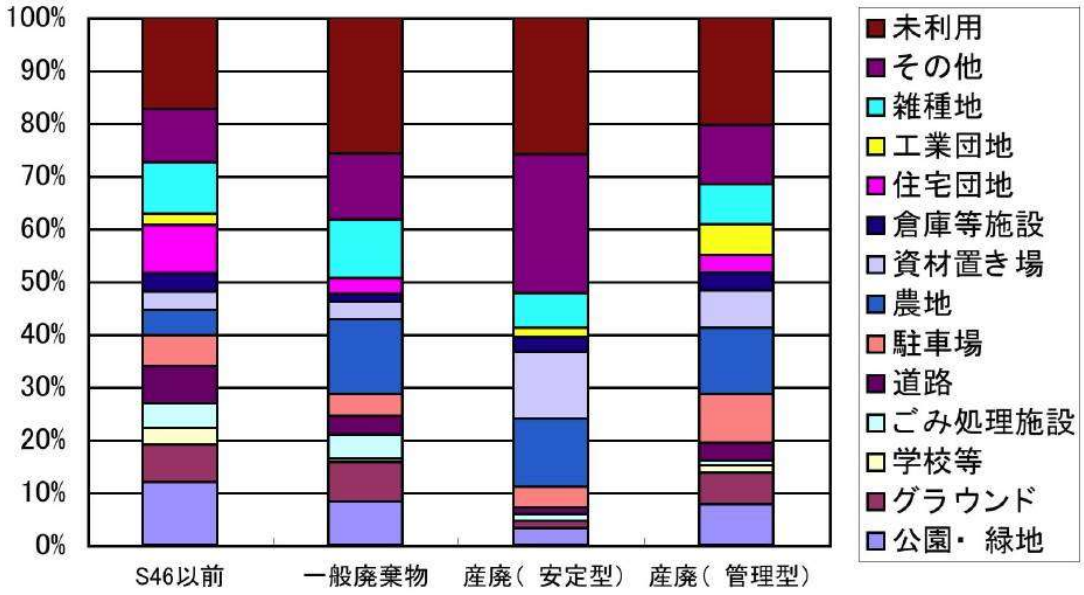


図 1-6　最終処分場の閉鎖後利用状況[6]

第２章　産業廃棄物処理施設の開発と運営

2.1　開発

産業廃棄物最終処分場の開発は，土地の取得から営業開始まで数年を要する土地開発事業の中でも大規模なもののひとつである．土地開発事業は，開発場所の選定が重要となるが，産業廃棄物最終処分場開発においては，その事業内容の特徴から，特に注意が必要となる[7].

2.1.1　関係法規

（１）都市計画法

土地開発事業の最も基本となる法規の一つである．産業廃棄物最終処分場の建設は，開発行為に該当し，原則的に，都市計画法 29 条に基づく開発許可制度の対象となる．開発行為とは，主として建築物の建築または特定工作物（コンクリートプラント（第一種），ゴルフコース（第二種）など）の建設の用に供する目的で行う土地の区画形質の変更をいう．開発許可を必要とする開発行為を表 2-1 に示す.

表 2-1　開発許可を必要とする開発行為

都市計画区域	線引き都市計画区域	市街化区域	1,000㎡以上の開発行為
		市街化調整区域	原則すべての開発行為
	非線引き都市計画区域		3,000㎡以上の開発行為
準都市計画区域			3,000㎡以上の開発行為
都市計画区域及び準都市計画区域外			1ha以上の開発行為

産業廃棄物最終処分場はその特徴から，多くは都市計画区域外あるいは準都市計画区域で開発が行われ，その規模が 1ha 以上の場合は開発許可が必要となる．

（２）農地法

土地開発を目論んだ土地が，農地の場合は，農地法の適用を受ける．農地法において農地とは，耕作（土地に労費を加え肥培管理を行って作物を栽培すること）の目的に供される土地を指す．耕作の目的に供される土地には，現に耕作されている土地の他，現在は耕作されていなくても耕作しようとすればいつでも耕作できる状態と認められる土地を含み，土地登記簿の地目のみで判定するものではないため注意を要する．

農地を耕作以外の用途で使用するときは，農地転用の許可または届出が必要となる．農地の所有者が自己の使用目的のために転用する場合は農地法第 4 条，所有者以外の者が使用する目的で転用する場合は農地法第 5 条が適用される．農地法第 5 条に係る申請は，賃貸借や使用貸借などの使用収益権の設定や売買，贈与などの所有権移転が伴うことになる．

農地転用を伴う開発の場合，農地法上の農地転用許可の他にも開発に関係する法律（都市計画法等）の許認可の要件も満たされないと農地転用は許認可されないため，他の関係する法律の許認可申請も並行して進める必要がある．

（３）農業振興地域の整備に関する法律（農振法）

農振法により，農用地区域となった土地は，農用地計画に指定された用途に供する場合以外認められないため，開発行為の制限等の措置がとられており，産業廃棄物最終処分としての開発は，原則，不可能である．やむを得ず，農用地利用計画の変更（農用地区域からの当該農地の除外）が必要と認められる場合は，まず，農用地利用計画の変更をした上で，改めて農地法による転用許可を得ることになる．

（４）森林法

森林において開発行為を行う場合，林地開発許可申請を行い，開発許可を取得する必要がある．林地開発許可制度の対象となる森林は，森林法第 5 条の規定により都道府県知事がたてた地域森林計画の対象民有林であり，保安林，保安施設地区及び海岸保全区域内の森林は，産業廃棄物最終処分場のように，民間企業が営利目的で行う開発は，事実上不可能である．

（５）河川法

産業廃棄物最終処分場は前章で述べた通り，廃掃法により規定されており，排水基準についても規定されているが，放流先は河川となるので，河川管理者との協議も必要になる．河川法の適用される河川は一級河川，二級河川であり，これら以外の河川は，準用河川（河川法の規定を準用）と普通河川（河川法の適用なし）となる．

2.1.2　建設場所選定の留意事項

産業廃棄物最終処分場の建設場所の選定に当たって，下記の土地の場合，十分留意が必要となる．

（１）水道水源上流

選定予定地が水道事業等の取水源の場合，水源流量等により希釈が不十分のまま取水源に到達する恐れがある時は，当然開発許可取得はできないが，十分な希釈が見込まれても，下流域近隣住民や近隣施設関係者との合意形成が難しい．

（２）文教施設，学校，医療福祉施設，住宅地等近接地

開発に当たって，開発区域は，既存の文教施設，学校，医療福祉施設，住宅地等から，地方自治体の条例において規定される距離以上離れていなければならない．基準を満たしていても，近接している場合は，各施設関係者との合意形成が難しい．

（３）河川近接地

前節の河川の排水基準の他に，河川の河道や流況，伏流水や地下水の水脈等に影響を及ぼす可能性があり，その回避のため，設計・建設費の増大につながる可能性がある．

（４）海岸近接地

開発により，海岸浸食等を引き起こす可能性がある．また，漁業権への補償が必要となる場合がある．

（５）地すべり地域，土石流危険渓流近接地

多額の対策工事費を要する可能性がある．さらに，長期間に亘って近接地崩壊の恐れがあ

るため，事業中も継続して崩壊に関する観測等が必要となる場合がある．

（６）地下水量が多い地域・地下水位が高い地域

地下水量が多い地域・地下水位が高い地域での開発は，工事中の排水工事，止水工事等，事業中の地下水排水設備，地下水位モニタリング等に多大な費用を要する可能性がある．

（７）平坦地または緩傾斜地が少ない地域

工事費が多大になる．近接地との緩衝地帯としての用地が確保できない．将来の事業拡張のための用地確保が見込めない．

（８）公道から用地への取り付きが悪い地域

道路確保等のため，多大な工事費を要する．

（９）周知の埋蔵文化財包蔵地

文化財保護法の規制対象となる．

2.1.3　近隣関係者及び利害関係者等との合意形成

前節でも記載しているが，開発にあたっては，行政との協議の他に，近隣住民，近隣関係者及び利害関係者等との開発及び事業に関する合意形成が必要となる．

そのために説明会を実施する．最初の説明会は，設計業務に着手する前に実施する．この説明会で最も重要な説明事項は，産業廃棄物処理施設の必要性と建設意義である．施設概要，事業スケジュール等基本構想が必要である．

第二段階の説明会は，現地調査，設計等終了し，許認可の申請手続きに入る前に実施する．説明内容は，前回の説明会からの変更点，施設詳細，詳細スケジュール，運営計画，維持管理計画等となる．その後も，必要に応じ説明会等を実施して，近隣住民，近隣関係者及び利害関係者等との良好な関係の維持に努める．

2.2　平常時の運営

廃掃法（第３条第１項）は，「事業者は，その事業活動に伴って生じた廃棄物を自らの責任において適正に処理しなければならない」と規定し，排出事業者の処理責任を明確にしている．これは排出事業者責任と呼ばれ，産業廃棄物処理の重要な原則である．

産業廃棄物を自ら処理しない場合は，産業廃棄物収集運搬業者が回収し，産業廃棄物処理業者が，前出図 1-4 で示した工程に則り，中間処理，最終処分する．

排出事業者が産業廃棄物の処理を産業廃棄物処理事業者に委託する場合，廃掃法の規定により，マニフェスト制度が義務付けられる．マニフェストは産業廃棄物管理票で，マニフェストに産業廃棄物の種類，数量，運搬業者名，処分業者名などを記入し，収集運搬業者から中間処理業者へ，産業廃棄物とともにマニフェストを渡しながら，処理の流れを確認する．それぞれの処理後に，排出事業者が各事業者から処理終了を記載したマニフェストを受け取ることで，委託内容通りに廃棄物が処理されたことを確認する．これによって，不適正な処理による環境汚染や社会問題となっている不法投棄を未然に防ぐことができる．さらに，

中間処理業者が最終処分業者へ中間処理した産業廃棄物を引き渡す時も新たなマニフェストを交付し，同様に最終処分されたことを確認する．

2.3 災害時の運営

近年頻発している大規模自然災害の復旧において産業廃棄物処理事業者が果たす役割は大きい．環境省もその事実を踏まえ，法令改正や省令変更を行い，災害廃棄物処理において，産業廃棄物処理事業者が持つ人材，スキル，施設などの活用を図る方向で進めている．[11][12][13][14]

日本において災害時に発生する廃棄物への対策については，予て平成 7 年の阪神・淡路大震災から得られた経験や知見を踏まえて平成 10 年に当時の厚生省が作成した「震災廃棄物対策指針」，平成 16 年に発生した新潟県・福井県での集中豪雨や台風 16 号，台風 23 号における水害の経験から平成 17 年環境省が作成した「水害廃棄物対策指針」があった．

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災においては，それらの指針に基づいた災害廃棄物処理計画を作成していた市町村もあったが，地震の規模が大きく，さらに津波の発生によってこれまでの災害をはるかに超えた被害が広範囲に発生したことにより，混乱が生じてしまった．

東日本大震災の経験や知見を踏まえ，平成 10 年作成の震災廃棄物対策指針を改訂し，平成 17 年作成の水害廃棄物対策指針と統合を行う形で，平成 26 年，環境省は「災害廃棄物対策指針」を作成した．

産業廃棄物処理事業者である仙台環境開発株式会社は仙台に本社を置き，東日本大震災を経験した．その後，行政と協力して復旧活動に参画したが，災害時における産業廃棄物処理事業者としての活動については，第 4 章において詳細に分析する．

2.4 廃止

最終処分場は，いずれは埋立てが終了する．廃止された廃棄物の最終処分場については，安定的な状態ではあるものの，土地の掘削その他の土地の形質の変更が行われることにより，安定的であった地下の廃棄物が攪拌されたり酸素が供給されたりすることで，その廃棄物の発酵や分解が進行してガスや汚水が発生するなど，生活環境の保全上の支障を生ずるおそれがある．平成 16 年，廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会は，「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」を公開している[15].

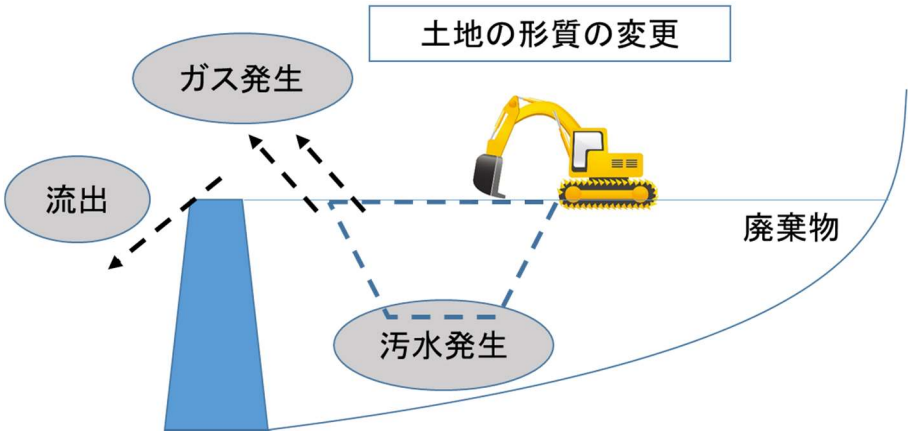


図 2-1　土地の形質の変更による生活環境保全上の支障のイメージ[15]

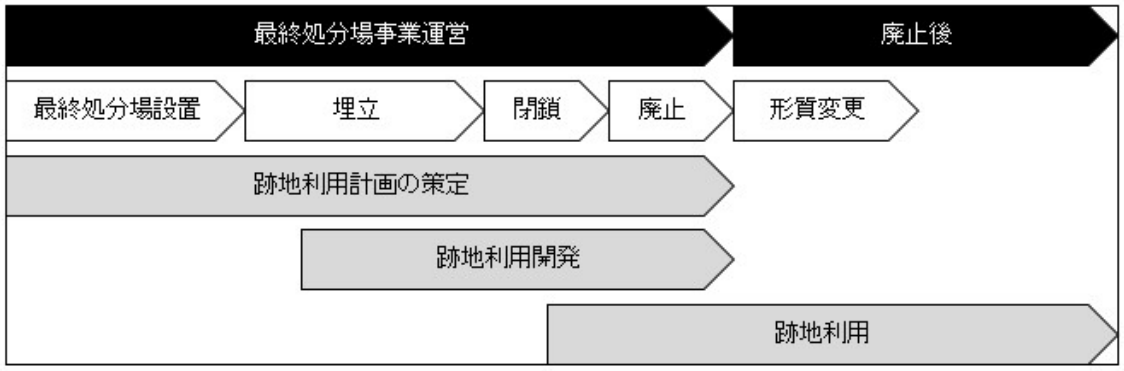


図 2-2　土地利用から見た最終処分場のライフサイクル

次節では，最終処分場跡地の利用を含めた廃棄物処理施設を核とした地域の開発に関し，その実施，その効果等に関する研究について述べる．

2.4.1　桜の植樹による集客産業の創出と地域コミュニティの創出

産業廃棄物処理事業者である仙台環境開発株式会社は，平成 13 年より仙台市郊外の芋沢青野木地域で廃棄物処理業を運営し，第 1 期（終了），第 2 期（終了），第 3 期（運用中）の最終処分場と廃棄物の中間処理，埋め立て処理や処分場からの浸出水の浄化管理を行うための施設を中心とする広大な用地を有している．

本節の対象とする桜植樹事業構想は，同社が地域や行政と連携して，同社が所有する最終処分場の創造的跡地利用と全国規模の桜の名所を創出し，合わせて関連施設を建設して，全国規模の観光資源を創出し，当該地への集客・交流による地域創生を実践することを目的として計画された構想である．既に，第 1 期事業として 2016 年 3 月までに 1,001 本の桜を植樹し，同年 11 月より第 2 期事業に着手している．

この桜植樹事業に関して，経営戦略，集客による経済効果および文化交流の観点から分析・評価する．

2.4.1.1　桜と花見

日本では，春になると桜が咲くのを心待ちにする．メディアでは，桜前線や開花予想が頻繁に報道される，桜の開花予想は，昭和 30 年から毎年 3 月～4 月にかけて，気象庁が全国（沖縄・奄美地方除く）の気象台等が観測している桜を対象として発表を行ってきたものであるが，平成 21 年の春を最後に取りやめている．現在は，一般財団法人日本気象協会，日本気象株式会社，株式会社ウェザーニューズなどの民間気象事業者が行っている．

桜の花自体を楽しみにしていることもあるが，多くは，花見を楽しみにしている．観光資源としての桜も，イベントとしての花見が対象となろう．

「日本後紀」には，812 年，嵯峨天皇の命によって神泉苑で花宴が開催されたと記されている．これが記録に残る最初の花見であろうと言われている[16]．その後，831 年には場所を宮中に移し，花宴は天皇主催の定例行事となる．

一方，農村では民俗学で「春山入り」「春山行き」と言われる花の咲き始める頃に，飲食物を携えて近くの丘や山に登って一日を過ごすといった行事があった[17].

貴族文化的要素と農耕文化的要素が入り交ざった花見は，中世に入って独立した娯楽となっていく．それが大衆化して行くのは江戸時代である．現在の花見は，春になって，桜の下で酒を飲み食事を楽しむ行為になっている．

2.4.1.2　地域特性

本構想の対象となる地域は，宮城県仙台市西部にある青野木地域（図 2-3）で，従来，稲作，畑作，酪農中心の農業地帯であり，特に酪農は，乳牛飼育を中心に営農されてきた地域であった．



図 2-3　位置図

しかし，他の農村地域と同様，近年，少子化や利便性の高い市街地への移住に伴う地域人口の減少が目立ち，現役世代の農業離れ，農業従事者の高齢化が進んできている．

この結果，コミュニティ機能の弱体化や耕作放棄地の増加，空き家問題なども含めた地域の荒廃化が進行しつつあり，いくつかの問題を抱えている．

現況と問題点は次の通りである．

（1）現況

・農業離れ：農業従事者の高齢化と担い手不足，酪農家の廃業など

・地域人口の減少：少子高齢化，市街地への移住など

・若年層の流出：進学，就職による流出，流出地での半永住など

（2）問題点

・コミュニティの無機能化

・耕作放棄地の増大

・地域の荒廃化

2.4.1.3　万本桜植樹事業構想

本構想の全体コンセプトとコンセプト実現のためのソフトウエア側面のキーワード，そしてその実現のためのハードウエアとしての施設の観点から内容をまとめる．

「人があつまる　人が住む　桜の里山に」を全体コンセプトとし，地域支援，農業支援，交流支援の 3 つのキーワードにより事業を推進する．以下にこれらのキーワードの内容を

記述する.

・地域支援

既存コミュニティを維持するためのシステムを構築する.

（1）東北一，日本有数レベルの「桜の里山」の整備

新たな名所として知名度を上げ，近隣の気軽なレジャーとして定着させる.

（2）観光客の誘致

交流施設の整備や観光農園，観光資源の発掘・整備を通し，仙台市内の新たな観光ルートの一角を担う.

泉ヶ岳・定義山・秋保・作並など，仙台市西部のレジャー拠点を結ぶ点に位置する本地域は市内にある登山やスキーなどのレジャーを楽しむことができる泉ヶ岳，定義　　如来で有名な定義山，県内きっての温泉地である秋保，作並温泉など，仙台市西部のレジャー拠点を結ぶ点に位置している.

広瀬川や田園風景など，自然に触れ合うサイクリングや散策ルートを設定．休日レジャーマップなどを製作し家族連れを呼び込む.

・農業支援

耕作放棄地を再生し，営農技術を継承する.

（1）研修の誘致

企業や学校単位の研修を誘致し，家族連れの農業体験などを提供する（植樹・田植え・収穫・酪農体験，ビオトープ学習・リサイクル見学など).

（2）地域財産の活用

農作業体験・酪農体験を通して食と農への理解を深め，また，動植物とのふれあいで癒しや命に対して考える機会を提供する.

新規営農者への営農講習や，これまで培ってきた技術の継承などを行う.

サイクリングや川・沢遊び，里山体験，天体観測など親子で楽しみ，学べる場を提供する.

・交流支援

地産，地消を目指した新しい交流拠点を整備する.

（1）地産地消

観光交流施設を設置し，地場産品・軽食・加工品の直売や観光案内などで地域を訪れた人をもてなす.

消費者と生産者のお互いの顔が見える場を設けることで，安心・安全の食品提供と生産者のやりがいを生み出す.

（2）地域雇用の創出

地域農家の法人化を支援し，大規模営農や 6 次産業化により働き甲斐のある魅力的雇用を創出する.

観光交流施設や食品加工場など，若年層や主婦，リタイア層，障害者など幅広い人々

が働くことのできる場を整備する．

（３）地域施設の設置

地域住民の集会やイベントを始め，郷土料理・芸能・資料の研究・発表会開催などに供するコミュニティセンターを整備する．

健康増進・レジャー施設（野球・ゲートボール・自転車など）を整備し，屋外での軽運動から地域対抗の試合ができるような場を提供し，新たな交流を生み出す．

野外活動施設（BBQ，芋煮，キャンプなど）を整備し，地域住民のレクリエーションを通した交流の促進する．

2.4.1.4　施設構想概要（図 2-4）

以上の内容を実現するためのハードウエアとして，以下の施設を計画する．



図 2-4　構想概要図

図 2-4 の A～F は以下のとおりである．

A. 桜の里山

昔ながらの里山を再現する．

B. 桜の丘

遠景で桜を鑑賞することができる．

C. 里山プラザ〈地産地消の交流拠点〉

桜を楽しみながら，地場農産物の直売所，農家カフェ・レストラン，バーベキューコーナーなど地産地消を中心とした安全・安心な食を提供するとともに，青野木未来ファームとの連携により，自然とのふれあいや地域性・食育などの面にも効果が期待できる．また，自然豊かな青野木地区の魅力を発信する場を設け，レンタサイクルやトレッキングコースの整備・案内，自然を満喫するレジャーを盛り込むなど，観光客を呼び込み，地域に賑わいをもたらす．

D. コミュニティパーク〈地域の憩いと交流の場〉

野球場・ゲートボール場・公民館など軽い運動や集会の開ける施設を設置し，コミュニティの維持や新たな交流の生まれる場を作る．

郷土料理や地域の風習・伝統などを継承する．

地域住民が気軽に立ち寄ることができる場を提供する．

E. 青野木未来ファーム〈自然と恵みと食の愉しみにめぐり合う場〉

地域的に盛んだった牧畜のほか，畑作や田植え，収穫などの体験型の観光農園を設けることで，家族連れのレジャーや憩いの場となる．また，会社や学校など，団体による研修・農業体験を受け入れることで，「食」を通じ，農業や自然・生態系に対する理解を深め，さらに，農業離れや農業者の高齢化に伴う農業技術の途絶を回避するため，新規就農者の研修や地域の伝統継承を実践する場となる．

F　桜トンネル

道路の両側に桜を植樹することにより，桜のトンネルを演出する．

2.4.1.5　計画の実施状況

構想の実施は 2016 年から開始した．昨年に引き続き今後の実施計画が立てられている．

（1）第 1 期事業（2015 年 12 月初旬～2016 年 2 月末）

第 1 期事業として，1 万本の桜の植樹事業のうち，1001 本の桜の植樹を行った．

施工場所は，最終処分場を造成した際の残土捨場であり，全体面積は約 11ha，そのうち植樹ができる面積は約 5.5ha，標高は頂上で海抜 295.5m，地上部から頂上までは約 25m の高さ，斜面勾配は約 27°となっている（図 2-5）．



図 2-5　第 1 期事業配置図

植樹のデザインは，複数の開花時期の異なる種類を 16 品種（図 2-6，図 2-7），合計 1,001

本，図－３の通り配置した．品種によって植樹間隔が異なるため，ソメイヨシノは平らな土地に 10m間隔で，その他の品種は 6m間隔で，早咲きのものを上から順に植樹し，遠くから眺めたときに，長期間（3 月下旬～5 月上旬）鑑賞できるように配慮した．



図 2-6　植樹品種　その１



図 2-7　植樹品種　その２

桜の植樹は，11 月から 3 月の冬季期間に限定されるため，短期間の工期で完了させる必要がある．従って，人員配置及び作業方法等は綿密に計画される．第 1 期植樹に関しては，桜の植樹本数が約 1,000 本ということもあり，掘削班と植樹班のパーティに分け，効率の良い作業方法が要求された．1 日あたりの稼働率が，掘削 7.3 箇所／日・人，建て込み 14.2 箇所／日・人，支柱取り付け 9.0 箇所／日・人，さらに，冬季作業のため，除雪等を考慮すると 1 日の平均作業員数が 40.5 人／日必要である．

植樹の経過観察として，2016 年 4 月には開花が確認された．5 月までに全体の半数弱の桜の開花が認められている．

（2）第 2 期事業（2016 年 11 月下旬～2017 年 3 月）

維持管理として，植樹した部分の草刈り等を行うと同時に，第 2 期事業のエリアの確保を行う．最終的に 10,000 本桜を植樹する計画であるが，同社が所有する土地では限界があるため，行政と協議し，仙台市の土地にも植樹できるよう調整中である．

2.4.1.6　事例調査

当該桜植樹事業の分析・評価を行うために，参考となる他の事例の調査を行う．

先ず，主なテーマパークを調査した結果を表 2-1 に示す．大規模資本による開発の成功例の他，地元資本による例も見受けられる．次に一万本の桜のある観光地[5]を調査する．調査の結果，平成 28 年 12 月現在，1 万本以上の桜のある地域は，表 2-2 に示すとおりである．

表 2-1　主なテーマパークとその内容

テーマパーク名	運営会社	施設形態	敷地面積（千㎡）	年間入込み（千人）	年間売上高（百万円）	備考
東京ディズニーリゾート	(株)オリエンタルランド	屋外型遊園地・テーマパーク	ディズニーランド 510 ディズニーシー 490	30,191（宿泊者除く）（平成 27 年度）	384,602（宿泊者除く）（平成 27 年度）	有価証券報告書より
ハウステンボス	ハウステンボス（株）	屋外型遊園地・テーマパーク	1,520	2,894（平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 9 月 30 日期）	289,602（平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 9 月 30 日期）	平成 28 年 11 月 28 日発行ニュースリリースより
ユニバーサル・スタジオ・ジャパン	(株)ユー・エス・ジェイ	テーマパーク	390	13,900[1]（平成 27 年度）	138,577[2]（平成 27 年度）	[1] 平成 28 年 11 月 1 日産経新聞より [2] 平成 28 年 7 月 15 日帝国データバンク特別企画　遊園地・テーマパーク経営企業の実態調査（2015 年決算）より
スパリゾートハワイアンズ	常盤興産（株）	屋内型テーマパーク	330	1,967（日帰り，宿泊，ゴルフ）（平成 27 年度）	13,462（日帰り，宿泊，ゴルフ）（平成 27 年度）	有価証券報告書より

表 2-2　一万本の桜のある観光地

地域	本数	種類	来場者数
五月山公園 （大阪府池田市）	35,000 本	ソメイヨシノ，ヤマザクラほか	38,000 人
吉野山 （奈良県吉野郡吉野町）	30,000 本	シロヤマザクラほか	400,000 人
狭山湖 （埼玉県所沢市）	20,000 本	ソメイヨシノ，オオシマザクラ，ヤマザクラほか	30,000 人
富士山吉田口登山道 中ノ茶屋エリア （山梨県富士吉田市）	20,000 本	フジザクラほか	5,000 人
たけべの森公園 （岡山県岡山市）	15,000 本	ヤエベニシダレザクラなど 100 種）	14,000 人
松前公園 （北海道松前郡松前町）	10,000 本以上	250 種	200,000 人
北上展勝地 （岩手県北上市),	10,000 本	ソメイヨシノ，エドヒガン，ベニヤマザクラなど約 150 種	500,000 人
桜山公園 （群馬県藤岡市）	10,000 本	フユザクラ，ソメイヨシノ	
小原 （愛知県豊田市）	10,000 本	シキザクラ	
竜王山公園 （山口県山陽小野田市）	10,000 本	ソメイヨシノ，ヤマザクラ，ヤエザクラ	10,000 人
市房ダム湖 （熊本県球磨郡水上村）	10,000 本	ソメイヨシノなど約 20 種）	70,000 人
花立公園 （宮崎県日南市）	10,000 本	ソメイヨシノ	30,000 人
熊本県野外劇場アスペクタ （熊本県阿蘇郡南阿蘇村）	10,000 本	カワヅザクラほか	

2.4.1.7　仙台の花見[18]

東北地方では，桜は 4 月中旬に咲き始める．仙台市内の桜の名所は次のとおりである．

・榴岡公園

1695 年に伊達家第四代藩主綱村公が桜など 1000 本を植えたが，文化年間の大火により桜の大半が焼失した．1928 年に昭和天皇御即位記念として桜 100 本が植樹される．その後に植えたものも含め，シダレザクラ，ソメイヨシノなど約 370 本の桜が公園内にある．

・西公園

仙台市街地のメインストリートである定禅寺通，広瀬通，青葉通の突き当たりにあり，仙台市内屈指の桜の名所として有名である．ソメイヨシノ，エドヒガン，サトザクラ，ヤマザクラなどが約 200 本ある．また公園内には，伊達政宗が朝鮮から持ち帰ったとされる臥竜梅(がりょうばい)や芭蕉句碑，著名作家の彫刻，蒸気機関車やこけし塔などがあり，見所が多く市民に親しまれている

・三神峯公園

仙台市内の公園の中でいちばん多く桜が咲く名所として知られる．仙台市街地を望むゆるやかな丘陵地にあり，ソメイヨシノ，ヤエザクラ，シダレザクラなど約 48 種約 750 本が植えられている．早咲き，遅咲きなど満開になる時期が異なる桜が混在するため，4 月上旬から 5 月上旬まで約 1 ヶ月にわたり桜を楽しむことができる．

2.4.1.8　当該地周辺の観光資源

宮城県には，仙台近郊の松島をはじめ，鳴子温泉郷，蔵王など日本有数の観光地がある（表 2-3）．平成 27 年（1 月～12 月）の入込は，6 千万人（延べ人）である．

表 2-3　宮城県平成 27 年観光客入込数[19]

（単位：人）

圏　域	地　　区	平成27年	平成26年	平成25年	前年比 (H27/H26)	増減数 (H27−H26)
仙　南	蔵　王	3,862,849	4,174,461	3,888,579	92.5%	△ 311,612
	阿武隈渓谷	625,590	621,554	571,281	100.6%	4,036
	その他の地域	1,530,987	1,564,822	1,544,799	97.8%	△ 33,835
	小　　計	6,019,426	6,360,837	6,004,659	94.6%	△ 341,411
仙　台	旧仙台市	16,513,224	14,343,640	12,547,270	115.1%	2,169,584
	松　島	5,296,932	5,482,609	5,528,459	96.6%	△ 185,677
	二口渓谷	3,396,054	3,107,383	2,752,426	109.3%	288,671
	船形連峰	2,678,969	2,595,753	3,670,803	103.2%	83,216
	その他の地域	7,686,994	7,166,799	7,066,861	107.3%	520,195
	小　　計	35,572,173	32,696,184	31,565,819	108.8%	2,875,989
大　崎	鳴子温泉郷	1,966,204	1,971,100	2,018,500	99.8%	△ 4,896
	薬莱山	1,494,544	1,517,801	1,402,574	98.5%	△ 23,257
	その他の地域	5,671,261	5,838,957	6,097,567	97.1%	△ 167,696
	小　　計	9,132,009	9,327,858	9,518,641	97.9%	△ 195,849
栗　原	全　域	1,891,606	1,543,320	1,325,331	122.6%	348,286
登　米	全　域	2,709,527	2,665,853	2,576,516	101.6%	43,674
石　巻	全　域	3,176,802	2,827,569	2,799,203	112.4%	349,233
気仙沼	気仙沼・唐桑半島	1,147,720	1,054,798	864,800	108.8%	92,922
	南三陸海岸	1,006,321	948,043	1,035,720	106.1%	58,278
	小　　計	2,154,041	2,002,841	1,900,520	107.5%	151,200
合　　計		60,655,584	57,424,462	55,690,689	105.6%	3,231,122

2.4.1.9　周辺の行事・イベント

仙台周辺には，仙台七夕まつり，SENDAI 光のページェントをはじめとして多くの行事イベントがある（表 2-4）.

表 2-4　周辺の主要な行事・イベント等の観光客入込数[19]

（単位：千人）

順位	市町村	観光地点	H27年入込	H26年入込	H25年入込	前年比	
						増減 (H27−H26)	対前年比 (H27/H26)
1	仙台市	SENDAI光のページェント	3,010	2,550	2,820	460	118.0%
2	仙台市	仙台七夕まつり	2,177	2,042	2,063	135	106.6%
3	仙台市	みちのくYOSAKOIまつり	967	980	790	△ 13	98.7%
4	仙台市	仙台・青葉まつり	960	960	960	0	100.0%
5	仙台市	定禅寺ストリートジャズフェスティバル	700	760	680	△ 60	92.1%
6	大河原市	おおがわら桜まつり	240	263	260	△ 23	91.3%
7	石巻市	石巻川開き祭り	227	172	169	55	132.0%
8	大崎市	古川まつり	219	225	227	△ 6	97.3%
9	大崎市	鹿島台互市	158	156	166	2	101.3%
10	塩竈市	塩竈みなと祭	91	69	85	22	131.9%

2.4.1.10　廃棄物関連施設の利用事例

モエレ沼公園は，札幌の市街地を公園や緑地の帯で包み込む「環状グリーンベルト構想」における北東部の拠点公園として計画され，内陸部約 100ha の周りを取り囲むモエレ沼を含めた 189ha を公園区域とする総合公園である．1982 年に着工し，2005 年にグランドオープンした．

一般廃棄物処理場として用地を取得し，一般廃棄物の埋め立て後に公園造成を行うという土地の複合利用を行う事業として整備が始まった．一般廃棄物の搬入は 1979 年から 1990 年まで続き，公共工事で発生した建築残土の有効利用により，内陸部全体に約 270 万 t のゴミが埋め立てられた．1982 年から，一般廃棄物の埋め立てが完了した部分への盛土や植樹などの公園造成事業をスタートさせた．

札幌市の北部に広がる伏籠川流域は，低平地で過去に多くの洪水被害を受けてきた．このため，モエレ沼も北海道開発局の伏古川総合治水事業の一環として浚渫工事が行われ，その結果，モエレ沼は 192 万 t の一時雨水貯留池の機能を持っている．

平成元年度から禁猟区域となり，オオハクチョウ，カモ類などの渡り鳥の飛来の見られる静かな水面が拡がっていて，野鳥観察や魚釣りなどの身近な自然とのふれあいの場所として貴重な存在となっている．

公園の基本設計は世界的に著名な彫刻家イサム・ノグチが手がけ，「全体をひとつの彫刻作品とする」というコンセプトのもとに造成が進められた．広大な敷地には幾何学形態を多用した山や噴水，遊具などの施設が整然と配置されており，自然とアートが融合した美しい景観を楽しむことができる．春にはサクラが咲き，夏には水遊び場や噴水など札幌のさわやかな夏を彩る施設がオープン，秋には紅葉，冬は一面の雪景色の中でクロスカントリー スキーやソリ遊びが楽しめるなど，四季折々の魅力を持っている．

また，屋内施設であるガラスのピラミッドに地域固有の自然エネルギーである雪を活用した冷房システムを導入している．

2.4.2　整備費用の算出

構想の実現のためには全体の費用を見積もる必要がある．現在のところ，このプロジェクトの費用の見積もりは公表されていない．そこで，著者らは独自に構想書を基に，敷地面積，建物規模・構造を想定し，整備費用を算出した．建築費は，建築単価（表 2-5）を国土交通省総合政策局「建築着工統計調査報告（平成 27 年)」の数値より，筆者らが想定して算出した．もとより，これは，あくまで著者らの独自見解であり，今後の状況，例えば，プロジェクトの参加者，自治体の参画，社会情勢の変化などにより大きく変わる可能性のあるものである．

表 2-5　平成 26 年建築工事費単価

	床面積（千㎡）	工事費（億円）	平成26年単価（円/㎡）
鉄骨鉄筋コンクリート造	3,201	8,844	276,289
鉄筋コンクリート造	27,224	62,093	228,082
鉄骨造	49,225	86,880	176,496

桜の苗木の植樹を含む造成費については，平成 26 年宮城県の積算資料（表 2-6）を参考にして，筆者らが算出した（表 2-7)．

表 2-6　平成 26 年度　宮城県の平坦地の宅地造成費単価表

工事費目		造成区分	金額
整地費	整地費	整地を必要とする面積1平方メートル当たり	500円
	伐採・抜根費	伐採・抜根を必要とする面積1平方メートル当たり	600円
	地盤改良費	地盤改良を必要とする面積1平方メートル当たり	1,300円
土盛費		他から土砂を搬入して土盛りを必要とする場合の土盛り体積1立方メートル当たり	4,600円
土止費		土止めを必要とする場合の擁壁の面積1平方メートル当たり	49,600円

表 2-7　整備費用概算

	施設	敷地面積	敷地造成費	建物延べ面積	建物構造	建築工事費	整備費計
		㎡	千円	㎡		千円	百万円
A	桜の里	100,000	50,000				50
B	桜の山	150,000	75,000				75
C	里山プラザ	3,000	1,500	3,000	SRC	828,000	830
D	コミュニティパーク	30,000	19,500	2,000	RC	456,000	476
E	青野木未来パーク	20,000	10,000	2,000	S	352,000	362
F	桜トンネル	20,000	10,000				10
	総計						1,802
	コミュニティパークの敷地造成費は野球場、ゲートボール場等の舗装工事があるので、1.3倍する.						
	桜の植樹は苗木のため造成工事費に含む.						

2.4.3　全体の分析と評価

本構想の全体の分析と評価を行う.

（1）経営戦略の観点から

最終処分場跡地の開発については，法律によって厳しく制限されており，大規模な土地の形質変更は基本的に不可能である．当該桜植樹事業において植樹する桜の木は苗木であり，工事にあたっての掘削は 1 メートルを超えない．従って，当該桜植樹事業は大きな土地の形質変更を伴わず，最終処分場の跡地利用にとって適切なものである．

また，産業廃棄物処理事業の長期的なライフサイクルにおいて，地域住民との良好な関係を構築し，それを維持することは，事業の存続に関わる優先事項のひとつであるである．同社は産業廃棄物処理事業開業当初より，地元雇用を中心とした地域貢献は実施していたが，長い事業サイクルにおいて，住民の世代交代，社会情勢の変化等から地元雇用だけでは地域貢献として十分ではなくなってきた．本桜植樹事業による桜が，壮大な景観を形成して，完全な集客施設となるには 30 年程度必要となる．この事実は，別の観点から見ると，桜植樹事業を継続している期間は，地元住民と良好な関係が継続するものと推定され，産業廃棄物処理事業の継続や新たな産業廃棄物処理事業着手への好意的な地元合意も期待される．すなわち，リスクマネジメントを通しての高度な経営戦略と言える.

（2）経済効果の観点から

仙台市内の花見の場所は，せいぜい数百本程度である．仙台に於ける 1 万本の桜は，花見の場所として地域最大級となる．全国的に見て，1 万本以上の桜を有する桜の名所は，数万人単位の集客があることから，同等の集客が見込まれる.

また，筆者らによる積算ではあるが，今後 20 億円近くの投資が見込まれ，建設業とその周辺産業への経済効果が期待できる.

有名なテーマパークの調査によるデータとの比較は，当該桜植樹事業について，筆者らの想定する施設規模・仕様と内容が合致せず，分析の対象としては不適当であった．しかしながら，里山プラザ，青野木未来ファーム等は，収益額を現時点で想定することは難しいが，定性的には，収益施設の設置により，就業による経済効果と，施設売り上げによる経済効果が期待できる.

（３）文化交流の観点から

地域の農業離れ，少子高齢化や若年層の流出からの流出による地域人口の減少などの地域の抱える問題点に対し，コミュニティパークとして，野球場・ゲートボール場・公民館などの施設を設置することにより，コミュニティの維持や新たな交流が生まれることが期待できる．同社は，産業廃棄物処理施設の第 1 期開発着手以前から，地域コミュニティと良好な関係を構築することは，主要な経営課題の一つであると考えている．

桜植樹事業に関しては，本来，最終処分場跡地の緑化の発展形であり，地元住民とって受け入れられやすいものではあるが，桜植樹事業着手にあたり，地元住民と改めてコミュニケーションを取り，「仙台万本桜プロジェクト実行委員会」を立ち上げている．構成メンバーは，同社をはじめとして，地元自治会長，近接で営業する同業者，さらに，オブザーバーとして仙台市にも参加を要請しており，地元，行政を巻き込んだ文化交流が可能となる．

第 3 章　廃棄物搬入運搬車両の挙動に関するモデル解析

廃棄物処理，とりわけ産業廃棄物処理は，我が国の工業生産プロセスに必須のプロセスである．生産と廃棄物処理は一体であり，生産プロセスを盛んにするためには廃棄物処理能力を高める必要がある．

前述のとおり，産業廃棄物の処理は廃掃法によって規定されている許可事業である．排出事業者から委託を受けて産業廃棄物処理の一部あるいは全部を行う事業が産業廃棄物事業である．産業廃棄物事業者となるためは，産業廃棄物収集運搬業や産業廃棄物処分業などの許可が取扱品目ごとに必要である．更に，産業廃棄物処理施設を設置・改良する場合は，事業の許可とは別に「施設設置許可」が必要であり，工事の着手前に必ず設置場所を管轄する行政長の許可を受ける必要がある．以上のような状況から産業廃棄物処理事業に参画し，経営を行うことは容易ではない．例え，処理施設を建設できたとしても，社会情勢や経済状況の変化など，その運用は難しい．

本章では，管理型最終処分場の運営において主要な業務の一つである廃棄物を搬入する運搬車両の取り扱いについて，受付から廃棄物のダンピング，退去までの挙動を待ち行列モデルにより解析する方法を提案する．また，実際の処分場の実測データを収集して，モデル計算結果の妥当性を検証する．

主要点は，搬入車両の場内滞在時間を導出するモデルとモデルによる計算方法の提案である．場内滞在時間の観点から，一日に対応可能な車両台数等を算出し，搬入車両の待機場の設計，作業員の人員計画，受付業務の改善等，管理型最終処分場の建設設計や施設運用に役立てる結果を導く一般的方法を提案する．

本章で応用する待ち行列モデルは，$M/M/1$ モデルを基本とする直列モデルである．この直列モデルは独立性が成立することから，モデル化及び解析が容易であり，現場担当者にとっても理解や利用が可能である．

多くの実システムを対象とする研究において，$M/M/1$モデルを採用する理由は，1 つは，最初から詳細なモデルを構築することは困難であることと，「無記憶性」からもっともランダムであるとみなされている指数分布をもちいて，待ち時間などの理論的評価値を実際よりもやや過剰に算出することにし，それを踏まえて実システムの設計に活かすということでからである．本研究においてもこのアプローチをとっている．

3.1　応用する待ち行列理論

本論文では，処分場における運搬車両の挙動をシステム化し，客を廃棄物搬送車両として対応させ，N 個の$M/M/1$ 待ち行列を直列に接続したN ステージ直列$M/M/1$ モデルとしてモデル化する．待ち行列理論に関してはすでに多くの解説書があるので，本論文に必要な部分のみをまとめる．[8][9]

本論文で対象とするモデルは，車両の到来はポアソン分布でサービス時間に指数分布を仮定する$M/M/1$ モデルであり，待ち行列長の制限や，呼び損は考えない．

（1） $M/M/1$ 単一ステージ待ち行列

以下の記号を定義する.

T：一日あたり営業時間

n：一日あたり到来車両数

λ：平均到着率(単位時間に到着する車両数の平均値)

$\lambda = n/T$

$1/\lambda$：平均到着時間間隔

μ：平均サービス率(単位時間あたり受付処理を行う件数の平均値)

$1/\mu$：平均サービス時間

ρ：サービス利用率$(= \lambda/\mu)$

以上の記号を用いると，待ち行列の諸特性は以下の式で求められる.

受付を待つ客の平均数：$L_q = \rho^2/(1-\rho)$ (3.1)

システム内の平均数：$L = L_q + \lambda/\mu$ (3.2)

平均待ち時間：$W_q = L_q/\lambda$ (3.3)

システム内平均滞在時間：$W = W_q + 1/\mu$ (3.4)

一方，リトルの公式

$L_q = \lambda \cdot W_q$ (3.5)

$L = \lambda \cdot W$ (3.6)

から以下の関係式を得る.

$W = L/\lambda = \frac{1}{(1-\rho)}\frac{1}{\mu}$ (3.7)

さらに，このシステムの出力過程については，次の Burke の定理が適用できる.

Burke の定理:到着率がλ のポアソン分布で, サービス率がμ の指数分布に従う$M/M/1$型の待ち行列システムが $\lambda < \mu$ で平衡状態であるときは，その出力過程は到着率が λのポアソン過程となる.

つまり，$M/M/1$型の待ち行列の出力が次の待ち行列の入力（到着）となる場合，次の待ち行列の到着時間間隔がポアソン分布となる. そのため, 次に続く待ち行列のサービス時間が指数分布に従うとすると，次の待ち行列も$M/M/1$型として解析可能となる.

（2） N ステージ直列待ち行列

単一待ち行列が直列にN 個続く待ち行列がN ステージ直列待ち行列である（図 3-1）.

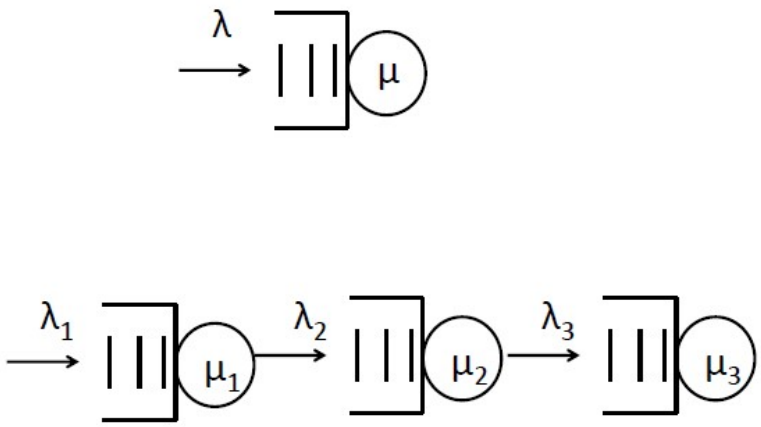


図 3-1 単一ステージ$M/M/1$ モデルと 3 ステージ$M/M/1$ モデル

ステージ $j,\ j=1,\cdots,N$ に対し，以下の待ち行列特性を仮定する：

・$M/M/1$ 型の待ち行列である．

・到着率がλ_jの Poisson 分布で，サービス率がμ_jの指数分布に従うものとする．

・$\rho_j=\lambda_j/\mu_j$をそれぞれのステージでの利用率とする．

M/M/1 型の理論により，各ステージが定常状態であるための条件は，

$\rho_j<1,\ \ j=1,\cdots,\ \ N$である．

直列型待ち行列システムで問題になるのは，各ステージへの客の到着分布である．これに関しては上述の Burke の定理が有用である．次のステージへの待ちに制限（ブロッキング）がなければ，ステージへ $j,\ j=2,\cdots,N$の客の到着はポアソン分布になる．すなわち，

$$\lambda_j=\lambda\ ,\ j=1,\cdots,N \tag{3.8}$$

と置くことができる．この場合は，N 個の$M/M/1$ 型の待ち行列システムが直列接続したモデルとして，N 個のステージを切り離して解析することができる．従って

$$W=\sum_{j=1}^{N}W_j=\sum_{j=1}^{N}\frac{1}{(1-\rho_j)}\frac{1}{\mu_j} \tag{3.9}$$

$$\rho_j=\frac{\lambda}{\mu_j},\ \ j=1,\cdots,\ \ N \tag{3.10}$$

3.2 管理型最終処分場における課題

業務担当者との議論から明らかとなった最終処分場における主な課題は以下のようにまとめられる．

(1) 運営に関する課題：　需要予測と受け入れ計画

(2) 処分場の状態監視：　安定化状態データの収集と管理

(3) 運搬車両：　搬入車両の輻輳制御と安全管理

(4) 浸出水の浄化： 安価な浄化技術の開発

本節ではこのうち，(3) の搬入車両の輻輳に関する課題を取り上げる．この課題に対して解決策を提案するためには，処分場の施設や構造，作業業務内容などに関する知識が必要である．このため詳細な業務内容の調査を行い，現場担当者と議論を重ねた．その結果，当日搬入車両の場内滞在時間の短縮が主要な課題であることが明らかとなった．なぜならば，運搬事業者は処分場事業者にとっての顧客である．顧客サービスの観点からまず第 1 に挙げられるものは，場内滞在時間の短縮であるとのことである．

従って，本項の目的を，当日搬入車両の場内滞在時間の短縮を目指すための解析方法の提案とする．最終処分場における運搬車両の処理業務をモデル化し，課題解決の方向を検討する．

3.3 管理型最終処分場における運搬車両の処理業務

（1）最終処分場の構成施設

管理型最終処分場は，外部搬入路，受付待機場，受付，トラックスケール，ダンピングヤードまでの往復移動路，ダンピングヤード，タイヤ洗浄施設などの設備から構成されるのが一般的である（図 3-2）[10].

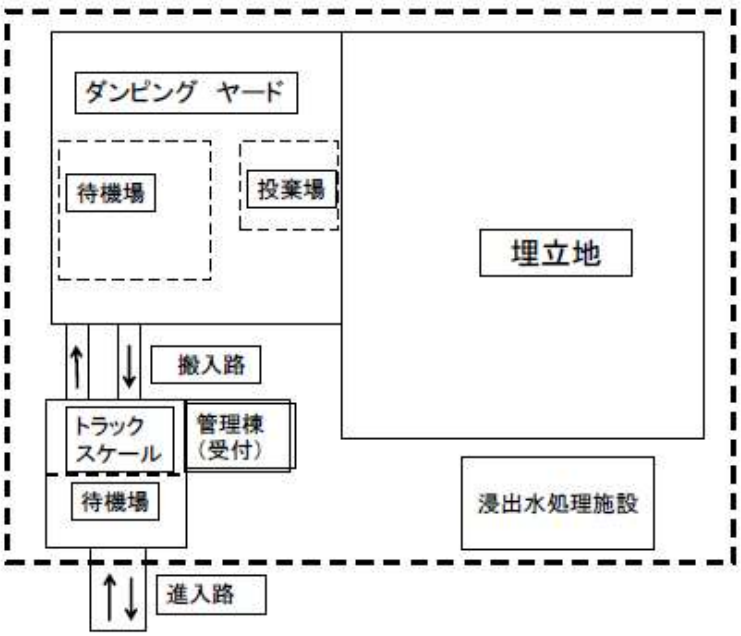


図 3-2 最終処分場の施設

その規模は事業者により様々である．代表的な例を挙げると，埋め立て面積で 5 万 m2，容積で 120 万 m3 程度であり，よく引き合いに出される東京ドーム容積 1 個分と考えてよい．また，営業日・時間は，

受け入れ曜日：月曜日～ 金曜日

受け入れ時間：9：00 ～ 12：00，13：00 ～ 16：00

休業日：土曜日及び日曜日，祝祭日，12/29 ～ 1/31

が一般的である．

（2）運搬車両の処理業務フロー

本項の目的とする搬入車両の場内滞在時間の短縮を考察するためには，運搬車両の場内における当日作業内容について熟知する必要がある．

表 1 は我が国における多くの最終処分場において採用されている廃棄物の受け入れに関する一般的な手続き内容である．その手続きは，事前処理，当日処理，後日処理に分けられる．運搬事業者は，決められている申請期限前（数週間前）までに搬入日，搬入内容等を申請して許可を得なければならない．

表 3-1 管理型最終処分場の処分依頼から処分料金納入までの業務概要

1．事前手続き
(1) 処理依頼搬入開始希望日の数週間前までに以下の書類を揃えて処理依頼を受け付ける ・産業廃棄物処分委託申込書 ・産業廃棄物性状表 ・運搬車両登録票 ・分析証明書の写し ・その他必要な書類
(2) 受入審査 ・産業廃棄物ごとの書類審査の実施 ・必要に応じて現物審査，現地調査
(3) 処分委託契締結 ・「産業廃棄物処分委託契約書」 ・（正）排出業者 ・（写）受託管理者 ・5 年間保管 ・契約者カード交付 ・その他（遵守事項等の説明など）
2．当日の廃棄物受入業務
(1) 契約者カード提示と確認 ・マニフェスト提出と確認 ・運搬車両の運搬表示版と確認 ・受入検査への協力と確認 ・廃棄物の確認（目視） ・計量（トラックスケール）

・展開検査の実施
・必要に応じて精密検査の実施
(2) 受入検査結果の通知
・適合，不適合
・搬入産業廃棄物の持ち帰り
・受入拒否（契約の解除）
(3) ダンピングヤードへの乗入れとダンピング
・産業廃棄物のダンピング投棄
・タイヤ洗浄施設を通り退出時手続き
(4) 退出処理（管理事務所）
・受入書
・計量（トラックスケール）
・書類の受取り

3 ．事後手続

(1) 処分料金請求
(2) 納付

当日作業の主要な点についてまとめる．

搬入車両の当日作業フロー

1) 受付待機駐車場： 運搬車両は処分場入口から進入し，待機駐車場において受付の順番を待つ．
2) トラックスケール： 順番が来るとトラックスケールに乗り，搬入物を積んだ実車重量を計測する．最近では計量と同時に放射線量の計測も行う．
3) 受付： マニフェスト，伝票等必要な受付事務を行う．
4) 移動： 受付処理が終わると，処分場内にある実際に埋め立てを行うダンピングヤードまで移動する．
5) ダンピング待機場： そこでダンピングの順番を待つ．
6) ダンピング： ダンピングを行う．必要に応じてダンピング後に車台の清掃なども行う．
7) 移動： 再び受付へ戻る．
8) 終了処理： 受付で，必要な作業終了手続きを終え，処分場から退去する．

3.4 運搬車両の待ち行列モデル

搬入車両は前節のフローの中で，受付窓口，ダンピング場，最終報告窓口の 3 箇所をこの順序で進み処理を行わなければならない．途中離脱，途中割り込み，飛越などはできない．更に，施設から施設への移動に際して，ブロッキングは発生しない．従って，輻輳が発生すると思われる場所は，受付窓口，ダンピング場，最終報告窓口の 3 箇所である．これらの

施設をそれぞれステージ 1（S_1），ステージ 2（S_2），ステージ 3（S_3）とすれば，3 ステージ直列待ち行列としてモデル化するのが自然である．更に，ブロッキングは発生しないことから，Burke の定理も成立する．

3.5　3 ステージ直列 M/M/1 モデル

ステージ 1（S_1），ステージ 2（S_2），ステージ 3（S_3）を定める．

S_1：　受付待機場と受付窓口から構成する．受付窓口は 1 つである．受付待ちまでの待機時間，受付事務処理にかかる時間を考察対象とする．S_1 における滞在時間をW_1 とする．

S_2：　ダンピング待機場とダンピングヤードから構成する．ダンピングヤードは 1 箇所とする．ダンピングの順番を待つ時間，ダンピングの時間を考察対象とする．
S_2 における滞在時間をW_2 とする．

S_3：　終了受付待機場と終了受付窓口から構成する．受付窓口は 1 つである．終了処理待ち時間，処理時間を考察対象とする．S_3 における滞在時間をW_3 とする．





図 3-3　上の左から順に，S_1 待機場，S_1 受付，S_2 ダンピング場

ステージ間の移動時間：　S_1 とS_2 の移動距離を$d_1$km，S_2 とS_3 の移動距離を$d_2$km とし，それぞれの間の移動速度を時速$s_1$km，$s_2$km とすると，移動時間はそれぞれ，d_1/s_1時間，d_2/s_2時間となる．往復の移動時間 W_4は，$W_4 = d_1/s_1 + d_2/s_2$時間となる．

場内滞在時間：　場内滞在時間は各ステージにおける滞在時間（3.9 式）において $N = 3$として，往復移動時間W_4 を加えて求める．すなわち，

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \qquad (3.11)$$

$M/M/1$ 型の理論により，各ステージが定常状態であるための条件は,

$$\rho_1 < 1, \rho_2 < 1, \rho_3 < 1$$

である.

3.6 モデルによる計算結果と考察

（1）モデル計算結果

前節のモデルによって待ち行列の特性量を計算し，その利用について述べる．計算に際して用いたパラメータは，実際の現場の状況を反映するため，事業者から提供して頂いた実際の処分場における典型的な値である（表 3-2）.

表 3-2 計算実験のパラメータセット

n	50, 60, 70, 80, 90, 100, 110
T	8, 9, 10, 11, 12
$1/\mu_1$	$1/\mu_1 = 5min,\ 1/\mu_2 = 5min,\ 1/\mu_3 = 2min$
d, s	$1km,\ 20km/h$

例として $n = 70$ の場合の計算結果を表 3-3 に示す．この場合，S_1 とS_2 は，平均待ち台数 2 台，平均待ち時間 19 分，S_3 は待ち台数，待ち時間はほぼ 0 であり，S_1，S_2，S_3 の滞在時間に往復移動時間を加えた場内滞在時間は 19+19+2+6=46 分となる.

図 5 には $T = 8$ の場合， $n = 50,60,70,80,90$ 台に対して，場内滞在時間の 変化を示す．括弧内は $\lambda = n/T$ の値である.

表 3-3 $T = 8,\ n = 70$ の計算例

S_j	λ	μ	ρ	L_q	W_q(分)	W (分)
S_1	8.75	12.00	0.73	1.96	13.46	18.46
S_2	8.75	12.00	0.73	1.96	13.46	18.46
S_3	8.75	30.00	0.29	0.12	0.82	2.82

（2）モデル計算結果の考察

1) 理論的最大受け入れ台数の算出

提案モデルにより，通常営業において処分場で取り扱うことができる最大車両台数は以下のようにして求めることができる.

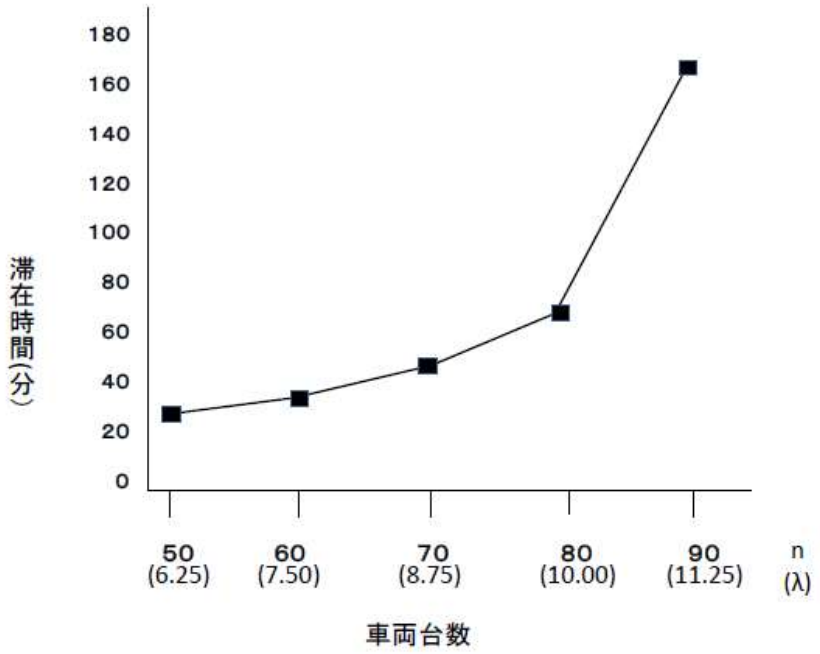


図 3-4 車両台数と場内滞在時間の関係

各ステージで定常状態が存在するための条件は, $\rho_1 < 1, \rho_2 < 1, \rho_3 < 1$である. これより, $T = 8,\ \mu_1 = 12$ とすると, $n < 96$ となる. 例えば, 1 日処理台数を理論値に近い 90 台（ $n = 90$ ）とすると, S_1, S_2, S_3 の車両待機場には平均して 14 台の車両が待機しており, 場内滞在時間はおよそ 3 時間となることが計算から導かれる.

2) 場内滞在時間の短縮に関する方策

理論的に場内滞在時間を短縮する方法は, 式(9) の窓口利用率ρ を小さくすることである. 窓口利用率は

$\rho = \lambda/\mu$, $\lambda = n/T$ で定義されるので, ρ を減少する方法は, μ あるいは, λ の減少で実現できる.

μ の増加：

・サービス率をα 倍する $\Rightarrow$ $\rho = \lambda/\alpha\mu$

・窓口をc に増やす $\Rightarrow$ $\rho = 1/(c\rho)$

λ の減少：

T を β 倍延長 λ/β $\Rightarrow$ $\rho = \lambda/\beta\mu$

以下では具体的に処分場運営の観点から, 理論に対応させて説明する.

(a) 窓口サービス時間の短縮

サービス時間の短縮のために最初に考えられる対策は, 受付窓口のサービス時間の短縮である. 業務の単純化, 情報システム導入による時間短縮などが考えられる.

(b) 窓口数の増加

c 個の窓口を持つ$M/M/c$ モデルでは，サービス利用率ρ は， $1/(c\rho)$ となり，待ち行列長や待ち時間は $1/c$ 以下になることが知られている．

$c = 2$ の場合は，ρ は窓口が 1 つの場合の$1/2$ となり，これから計算される待ち時間や待ち行列長は窓口が 1 つの場合の半分以下に短縮される．

(c) 営業時間の延長

$\lambda = n/T$ において，n は営業努の結果であるから小さくすることはできない．従って，制御できるパラメータはT である．T が長ければ車両の到来は分散し，輻輳は緩和される．逆に，T が短ければ，車両の到来が集中して輻輳は増幅される．T ，すなわち，営業時間の延長は到着率の低減につながる．

通常の待ち行列解析においては，到着率の制御は難しい場合が多い．しかし，本モデルの場合は，当日の到来車両数は数週間前に把握できることから，営業時間を適切に設定することにより，到着率を制御できる．従って，到来車両数予測に応じて営業時間を延長することが可能であれば，混雑解消のための現実的な対応方法になると考えられる．

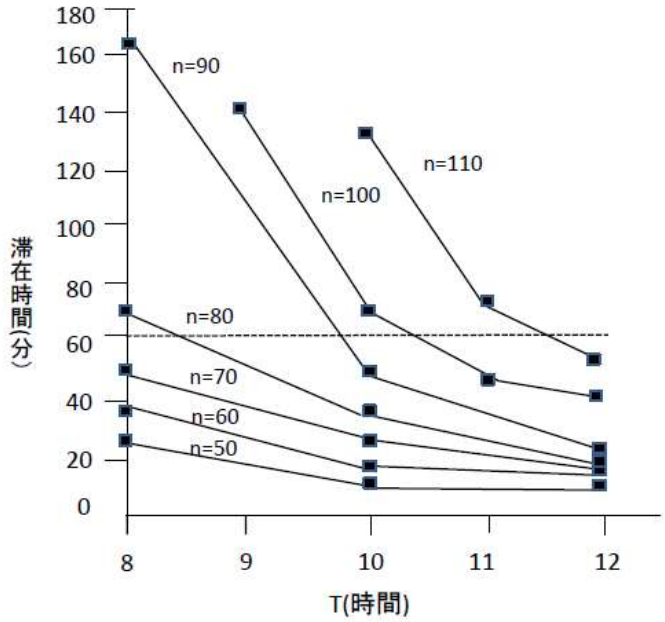


図 3-5 営業時間と場内滞在時間の関係（n パラメータ）

図 3-5 は，営業時間 Tを現在の 8 時間から $T = 8, 9, 10, 11, 12,$ と増やしたときに，車両台数の変化($n = 50,60,70,80,90,100,110$)に対して場内滞在時間がどう変化するかを示したものである． $n = 100$ 台の場合は $T = 10,11,12$ の場合のみ定常状態が存在し， $n = 110$ の場合は $T = 11,12$ に対してのみ定常状態が存在する．例えば，滞在時間を 1 時間以内にするためには $n =$ 90, 100, 110 に対し，それぞれ $T \geq 10, T \geq 11, T \geq 12$ が必要であることが図 3-5 から読み取れる．

3.7　実測データの収集と分析

次に事業者の協力で得られた現場のデータに対して，理論モデルとの関連から考察する．

（1）データ収集の方法

実際に運用している現場において，1 日を通してデータ収集することは極めて困難である．そのため，収集日 1～収集日 4 (以下，D_1～D_4）の 4 日間において，それぞれ数時間のサンプリング時間帯を設定して，その時間帯に到着した運搬車両を対象としてデータを収集した．サンプリングデータの一例として，D_3 の実測値を図 3-6 に示す．時間の計測は，S_1，S_2，S_3 それぞれのステージおける入場時間と退去時間を計測し，滞在時間を算出した．尚，紙面の関係からS_1 は待ち時間と処理時間を区別して表示，S_2 とS_3 は待ち時間と処理時間の合計を記述している．また，移動時間はS_2 の処理時間に含めてある．

収集した全データから得られた待ち行列特性を表 3-4 に示す．上段は調査日と時間帯，中段は当日 1 日の実績と前 3.3 項のモデルによる計算結果である．下段はサンプルデータとデータから計算した待ち行列特性 λ と各ステージのρ_j，及びサンプル時間帯における車両到来数である．

施設入場		計量・受付		場内入場		場内退場		施設退場	所要時間
13:00		13:00		13:03		13:08		13:13	
	0:00		0:03		0:05		0:05		0:13
13:00		13:03		13:05		13:17		13:19	
	0:03		0:02		0:12		0:02		0:19
13:02		13:05		13:07		13:17		13:19	
	0:03		0:02		0:10		0:02		0:17
13:00		13:07		13:11		13:19		13:22	
	0:07		0:04		0:08		0:03		0:22
13:07		13:12		13:15		13:24		13:30	
	0:05		0:03		0:09		0:06		0:23
13:17		13:23		13:27		13:36		13:42	
	0:06		0:04		0:09		0:06		0:25
13:30		13:45		13:48		14:04		14:06	
	0:15		0:03		0:16		0:02		0:36
13:35		13:40		13:44		13:50		13:55	
	0:05		0:04		0:06		0:05		0:20

図 3-6 サンプルデータ D3

表 3-4 サンプルデータ一覧

調査日	D_1	D_2	D_3	D_4
時間帯	8:30-10:00	10:30-12:00	13:00-15:00	13:00-14:00
実績 n	55	53	42	68
実績 λ	6.85	6.63	5.25	8.5
計算結果 W（分）	35	33	29	46
調査時 n	9	9	14	11
調査時 λ	6.0	6.0	7.0	7.3

調査時 ρ_1	0.3	0.4	0.4	0.4
調査時 ρ_2	0.9	0.8	0.7	1.8
調査時 ρ_3	0.5	0.5	0.1	0.4
調査時 W（分）	30	33	22	37

（2）処理内容と滞在時間

D_1～D_4 の調査時間帯におけるS_1, S_2, S_3 の処理の内容と処理時間を詳しく調べた．S_1，における処理はトラックスケールでの計量に関して時間がかかっており，車両種類によって，時間にばらつきがあった．また，受付窓口での処理は数分以内で完了し，ほぼ一定であった．S_2 においては，ダンピング時間よりもダンピング前後の処理，例えば，車両洗浄に時間を要しており，ばらつきが見られた．S_3 は待ち時間，終了受け付けともほとんど時間がかかっていない．上述の結果は，表 3-4 からも見て取れ得る．すなわち，調査日全体を通して，S_2の 2 が他の値と比較して大きな値となっていることから，S_2 が直列待ち行列における，いわゆる，混雑するボトルネックとなっていることが理解できる．なお，表 3-4 の下段D_4で

2 = 1:8 > 1 となっており，平衡条件を満たしていない．当日の状況をヒアリングしたところ，「当日は午前から到来車両が集中した．特にS_2 が非常に混雑したため，現場担当者を増やして，ダンピング場での整理を行い，車両を制御した」ということであった．このように，ρ の値は各ステージの混雑状況を把握する目安として利用できる．

場内滞在時間に関しては，表 3-4 上段の計算結果 Wと下段の調査時 Wを比較すると，前項 において用いたパラメータセットによる計算結果によってもおよその目安を与えることができると思われる．

また，受付事務における書類処理は情報機器の導入が進んでおり，ほぼ一定で，短時間で処理が終了している．一方，人手に依存する作業は時間も長く，ばらつきも大きい．これらは，今後の業務改善の課題となると考えられる．

（3）到着時間間隔と処理時間分布

モデルにおける到着は，ポアソン到着を仮定しており，ポアソン到着事象の到着時間間隔は指数分布となることが知られている．D_1～D_4 の調査時間帯における到着時間間隔の累積分布を調べた．一例としてD_4における累積到着時間間隔分布を図 3-7 に示す．正確な近似はできないが，図 3-7 から推測すると指数分布に近いように思われ，モデルの仮定であるポアソン到着に関しては，ほぼ妥当と考えられるため，D_1～D_4すべての到着時間間隔分布について統計的検定を行った．

まず，到着時間間隔が指数分布に従うという仮定のもと，その平均値に基づいて指数関数の母数 λを求め， λを母数とする指数分布とカイ二乗検定による適合性検定を行った．「到着時間間隔分布が指数関数に従う」との帰無仮説に対して検定を行った結果， p値が 0.19 で有意水準 5%で帰無仮説が棄却されない結果となった．

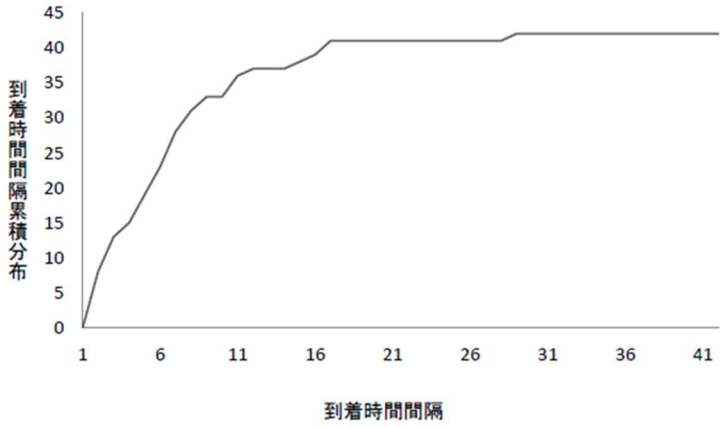


図 3-7 到着時間間隔の累積分布

一方，モデルで仮定している処理時間の指数分布について考察する．一例として，D_3におけるS_2処理時間累積分布を図 3-8 に示す．この結果を見ると，処理時間は一定分布や指数分以外の分布，例えば，正規分布などに近いようにも見える．

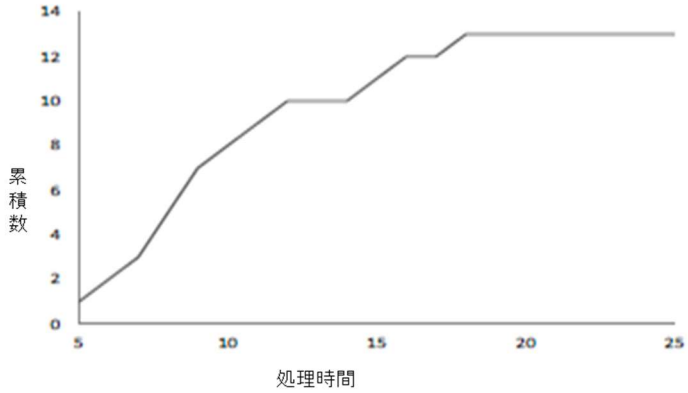


図 3-8 処理時間の累積分布

到着時間間隔と同様に，「処理時間が指数関数に従う」との帰無仮説に対して適合性検定を行った結果，有意水準 5%において，棄却されなかったのは，D_1のS_1（ p値:0.098），S_3（ p値:0.051），D_3のS_2（ p値:0.533），D_4のS_2（ p値:0.109）となった．つまり，これ以外の分布については，指数分布に従うとは言えないことがわかった．それぞれのサンプル数が少ないこともあるが，処理時間の分布は別な分布に従っていると考えられる．

本研究においては，研究の第一段階として理論的な解析を行うことを目的としたため，処理時間が指数関数に従うと仮定した．そのため場内滞在時間は実際よりもやや過剰に算出されたものの，実際の運用に資する知見を得ることができた．より実情に近い分布を仮定し，$M/G/1$モデルで分析を行うことは，本研究の重要な今後の課題である．

3.8 まとめ

本研究のまとめとして，現場担当者から出された実際の運営の観点からの意見を下記に掲載する．

(a) 日常業務のモデル化

日常の業務がこのようなモデルで考察できることは，今後の処分場運営の観点から大変参考になった．

(b) 計算結果の妥当性

日常業務で得られる場内滞在時間は，これまで実際に計測したことはなかったので，感覚的に 30 分から 1 時間と考えている．モデル計算結果は，この感覚とよくあっていると思われる．

(c) 繁忙期の到来車両台数

過去の到来車両のデータから繁忙期の到来車両台数を予測し，営業時間の延長について考えたい．

(d) データ収集これまで

運搬車両に関するデータ収集を考えたことがある．しかし，収集すべきデータに関して，内容，精度，量を明確にできなくて実施できなかった．この研究によって収集すべきデータが明確になった．しかしながら，今回のデータ収集を通して，その難しさを実感した．現場におけるデータ収集はそれ自体が研究課題ではないかと思われる．

(e) 費用対効果分析

事業経営の観点からは，多くの車両を受け入れることが望ましい．理論的観点からの提案はよく理解できる．今後，費用対効果の面からも分析を行い，根本的な改善の検討を行う必要があると考えられる．

これらの意見から，提案モデルは現場からも受け入れられるものであり，今後の普及が期待される．

第 4 章　大規模災害時における経営継続のためのインテリジェンス活動

情報化時代には多種多様な情報が氾濫している．企業において迅速で適切な意思決定及び経営判断を下すために，「正確かつ優れた情報」を収集し，組織として活用することは必要不可欠である．情報を新しい経営資源として活用し，様々なデータを集約，分析し，ビジネスの状況を可視化するビジネス・インテリジェンス[20]手法に関わる研究と企業での実践が最近急速に発達してきている．

これらの手法は米国を中心に，ビジネス研究分野の一専門領域として急速に発展してきた．また近年では，中国をはじめとするアジア諸国でもビジネスに関するインテリジェンス研究が盛んに行われており，様々な産業そして企業が積極的に活用している．日本では，企業における情報活動に対する理解度と実践度は欧米企業との格差が著しい．特に企業におけるインテリジェンス活動に関する研究は，未だに体系化されていない「新領域」としての認識もあり，経営学，経済学，情報学，軍事学など周辺分野の知識を取り込んでの発展が期待できる研究領域である．

4.1　インテリジェンス研究の概要

4.1.1　データ，情報，知識，知恵の定義

「データ」と「情報」の区別をあいまいに扱うことがよくある．また，「知識」と「知恵」についても同様である．データから有益な知見を得るためには，これらの用語を区別することが重要だと考えられる．ここでデータ，情報，知識，知恵の定義を明確にしておく．

まず，Davenport[21]らの定義を参考にして表 3-1 のように定義できる．

表 4-1　Davenport らのデータ，情報，知識の定義

	定義
データ	何事かに関する事実の集合であり，明示的な意味は与えられておらず，１つ１つの事実の間の関係付けもされていない．
情報	データと異なり明示的な意味（関連性や目的）を持っており，送り手と受け手を持つ．すなわち，情報の受け手に何らかの変化を与えることを意図して送り手により造られたものである．
知識	知識の所有者の中で，所有者の価値観，過去の経験，課題・問題意識，現在の状況認識と結びついているもので，新しい情報に対して所有者の解釈・判断・行動を生み出すものである．

知識を情報やデータ等との関連付けにより定義した研究として，Ackoff[22]による人間の思考の分類が挙げられる．人間の思考をデータ，情報，知識，理解，知恵からなる知識の分

類を定義している．ナレッジ・マネジメントの対象であるデータ，情報，知識，知恵の関係を，図 4-1 のようなピラミッド型の階層構造にまとめることができる．データから情報を抽出するのが「分析」であり，情報から知識を創造するのが「体系化」であり，知識を知恵に昇華するのが知識を実行するという「行為」である[23].「データ」→「情報」→「知識」→「知恵」へと高度化することで価値が高まるものと考えられる．

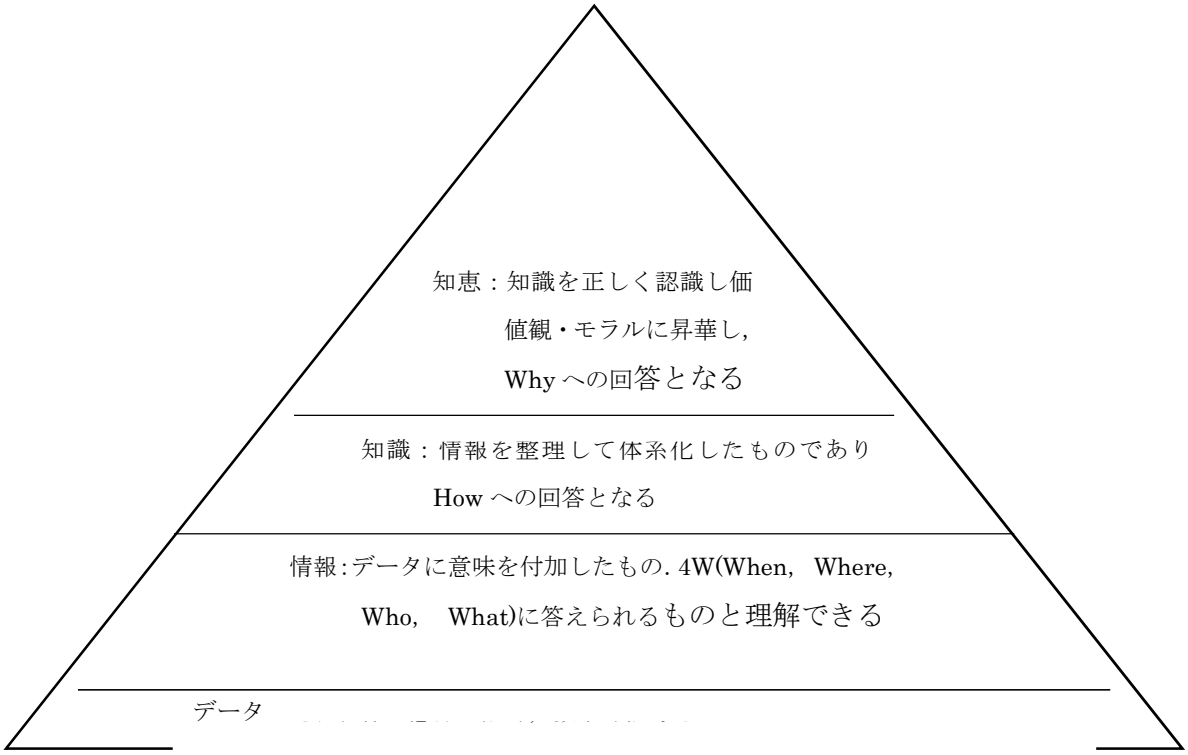


図 4-1　知的ピラミッド

Ackoff (1989 年)(DIKW モデル(Data-Information-Knowledge-Wisdom)と呼ばれ，情報工学などで用いられている)．梅本勝博（2012 年）[23]を基に筆者が作成.

4.1.2　情報とインテリジェンスの定義

情報の価値は分析から創出されるため，多くの情報を収集する必要がある．集められた多くの情報を分析することで，価値ある情報，つまりインテリジェンスの創出ができる．

日本語の「情報」は，Information と Intelligence の双方の意味を持っているので，両者を区別することが重要である．前者をしっかりと分析して，後者に高めてから判断・行動すべきである．ただ，多くの人がインテリジェンスという言葉から，スパイが集める情報のことを連想するかもしれない．しかし，ビジネスの分野においては，企業などが行う情報収集活動は厳しい倫理規定の下で行われなければならないことは当然であろう．

知識とインテリジェンスの間には，非常に曖昧な意味と解釈の違いが存在している．イン

テリジェンスの定義は,多くの研究者によりなされている.米国情報専門家Sherman Kent[24]は,「インテリジェンスとは知識である，そして組織であり活動でもある」と述べている.そのような「知識」を生み出すためには,インテリジェンスを生産する「組織」と情報収集・分析する「活動」が不可欠であると強調している.

日本人研究者が定義している「インテリジェンス」を表3-2にまとめておく.

表4-2 インテリジェンスの定義

研究者	定義
北岡　元 元政策研究大学院大学教授	インフォメーションを収集し，それを分析することで生成されるものであり，判断・行動のために必要な情報
手嶋　龍一 慶応義塾大学大学院教授	収集した情報を精査し裏を取り，周到な分析を加えたインフォメーション，それがインテリジェンスである
小谷　賢 防衛省防衛研究所教官	インフォメーションは，ただ集めただけの生情報やデータ，インテリジェンスは分析・加工された情報である
中川　十郎 元東京経済大学教授	（ビジネス）インテリジェンスとは，収集した経済情報を整理，評価，分析し，価値を高め，行動，意思決定に活用できる付加価値に付けられた情報で，競争情報はその一部とみなされ，競争情報を付加することで，ビジネス・インテリジェンスはさらに価値が高まり競争力ある情報となる
菅澤喜男 日本経済大学大学院教授	インテリジェンスとは，分析された優れた情報であり，信頼性と意味が確定した情報である

出典：菅澤喜男（2010）情報の価値とインテリジェンス[25]を基に筆者が作成.

本研究ではインテリジェンスという用語を,「分析された優れた情報，判断･行動のために必要な知識」と理解することとする．インテリジェンスは,「データ」→「情報」→「インテリジェンス」のプロセスから生成され，また情報から得られる知識を具体的な行動に結びつけることは，企業では意思決定を左右するような極めて重要なものとして，企業経営者層により活用されることとなる．そして，インテリジェンス活動は様々な競合情報を収集・分析・評価から活用までの一連の組織的な情報活動として捉えることとする.

4.1.3　インテリジェンス・マネジメント

企業における「インテリジェンス活動」について考察する．インテリジェンス・マネジメントとは，組織構成員のスキルを向上させて情報や知識を適用し活用していくインテリジェンス活動力を高めていくことである.

ビジネスを成功に有利に働く影響として，環境・規制・産業のトレンドなどから政治・経

済・社会問題までの広範囲にわたる分析的かつ洞察的情報が重要である．ビジネスにインテリジェンスを利用する場合, 様々なデータを集約, 分析し, ビジネスの状況を可視化する「ビジネス・インテリジェンス（Business Intelligence，以下 BI と略す)」手法と，競合企業あるいは競合相手に焦点を絞り込んだ情報収集・分析・評価と活用する「コンペティティブ・インテリジェンス（Competitive Intelligence，以下 CI と略す)」と呼ばれる手法がある

4.1.4 インテリジェンス・サイクル

情報における優位性を獲得するためには情報を収集・分析・評価し, 価値ある情報の創出, つまりインテリジェンスの創出が必要である．

図 4－2 はインテリジェンス・サイクルと呼ばれ，米国の CIA（Central IntelligenceAgency の略）で開発されたものである．情報サイド（情報を収集・分析の担当側）では，計画と指示・情報の収集・分析・生成・配布の五段階で，現在インテリジェンス調査を行う場合の標準的なプロセスとして利用されている．

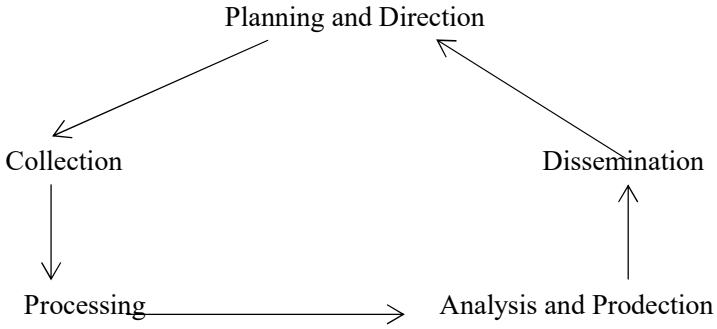


図 4-2 インテリジェンス・サイクル（CIA モデル）

企業においては，上司が「判断・行動」するために部下にインテリジェンスを要求することは，極めて日常的である．上司の指示により，部下は上司の要求あるいは命令を満たすインテリジェンスを作成するため，情報を収集，分析，評価のプロセスを経て，インテリジェンスを生成して上司に配布(報告)する．図 4-2 は，組織としてどのようなサイクルで情報収集がなされ，上司である意思決定者の要求あるいは命令に従って収集された情報から分析・評価された優れた情報をインテリジェンスとして意思決定者に伝えるかを示している．

このようなグローバルな競争背景とその問題意識に基づき，競合情報の収集そして収集された情報からインテリジェンスを生成するインテリジェンス・サイクルと呼ばれる一連の付加価値創造プロセスについて検討する．

サイクルと言う言葉に内包されている意味は，このプロセスが開始時期，頻度，応答時間を示す必要がある．開始時期は都度，日，週，旬，月などがある．また頻度はサイクルあたり何回かを決める必要がある．応答時間はプロセス全体を終了する基本時間又は日数，月数などである．通常，経営幹部層に属する意思決定者からの指示が，都度では頻度が多いため

このサイクルはアトランダムに起動する．情報を要求することによって情報循環が開始される．ここで，各ステップについて説明をしておく．

・第一ステップ:情報要求を担当者に伝え,情報活動の行動方針や時間割が内定した段階で,所用情報が定まり，情報を収集するための手段についての検討や実行するための具体的な作戦計画が策定される．

・第二ステップ:情報を収集する．情報収集とは公式または非公式の情報源などから情報を獲得することである．情報収集は収集計画に基づき，企業倫理基準の下になされなければならない．

・第三ステップ:収集された情報に基づいて分析を行い，集まった情報の信用性・正確度・適切性など情報の正確性を確認する．

・第四ステップ:情報の統合･分析･評価･解釈により，インテリジェンスを生成する．

・第五ステップ:要求サイドへインテリジェンスレポートを作成し配布することで,生のデータあるいはインフォメーションをインテリジェンスに転換することになる．

・第六ステップ:インテリジェンス活動で得た結果を意思決定者に報告することになる．ここでの注意は,意思決定者は全てを知っていることは無いので,分かり易く説明することが重要である．

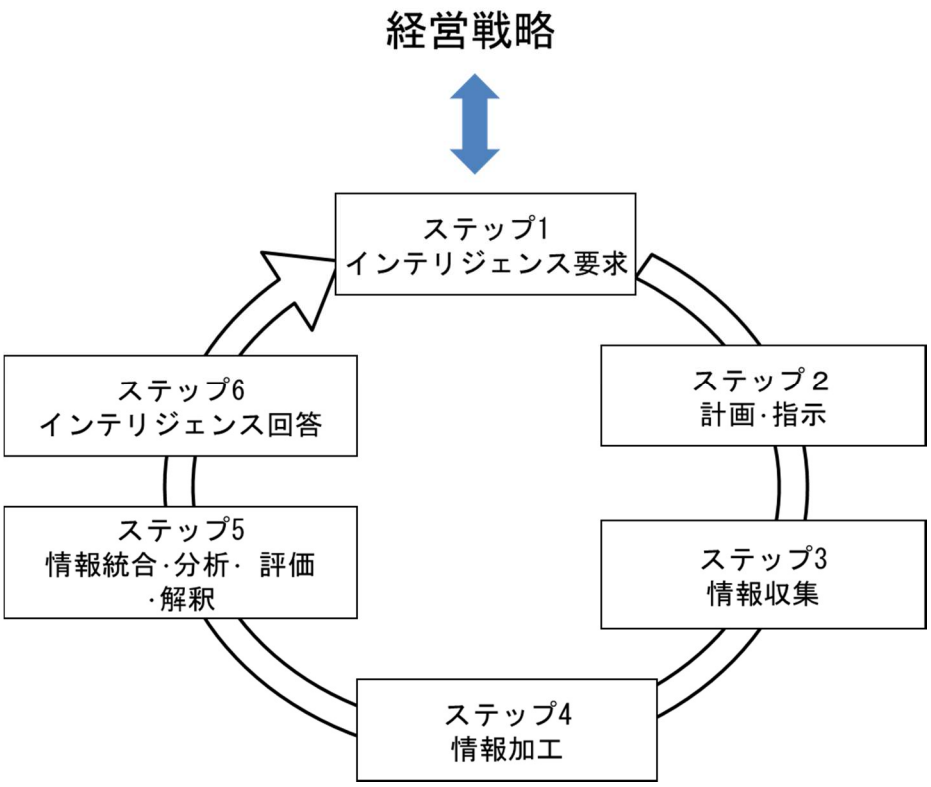


図 4-3　インテリジェンス・サイクル

4.2　東日本大震災による仙台市被害状況

■地震概要（気象庁情報）

○発生日時　　平成 23 年 3 月 11 日 14:46 頃

○震央地名　　三陸沖（北緯 38 度 06.2 分，東経 142 度 51.6 分）

○規模　　マグニチュード 9.0

○市内震度　　・震度 6 強　宮城野区

・震度 6 弱　青葉区，若林区，泉区

・震度 5 弱　太白区

○津波　　平成 23 年 3 月 11 日 14:49　太平洋沿岸に大津波警報発令

・津波の高さ仙台港 7.2m（推定値）

平成 23 年 3 月 13 日 17:58　津波注意報解除

○最大余震　　平成 23 年 4 月 7 日 23 時 32 分頃マグニチュード 7.2 宮城県沖

・震度 6 強　宮城野区

・震度 6 弱　青葉区，若林区

・震度 5 強　泉区

・震度 5 弱　太白区

仙台市の被害状況を図 4-4 ～図 4-7　に示す．また，被害の数値と過去の災害との比較を表 4-3 にまとめる．



図 4-4　避難者の状況[26])



図 4-5　荒浜沿岸部の被害状況



図 4-6　公共施設の被害状況



図 4-7　宅地の被害状況

■被害状況

○人的被害（平成 24 年 11 月 30 日現在）

・死者 979 名

・行方不明者 30 名

・負傷者 2,271 名

○建物被害（平成 24 年 11 月 25 日現在）

・全壊 29,981 棟

・大規模半壊 26,928 棟

・半壊 82,346 棟

・一部損壊 115,746 棟

○津波被害

・浸水世帯数　8,110 世帯

○農地被害　海水浸水約 1,800ha

■被害額（平成 24 年 1 月 29 日現在）

○被害推計額　約 1 兆 3,684 億円

・市有施設関係　約 3,270 億円

ライフライン関係　1,680 億円

都市基盤　1,270 億円

建築物関係　300 億円

生活衛生関係　20 億円

・その他公共施設約 1,452 億円

文教施設関係　875 億円

公共土木関係　267 億円

交通関係　259 億円

その他　19 億円

・住宅・宅地　約 6,086 億円

・農林水産業関係　約 729 億円

農地，農業用機械等 721 億円

漁業関係　8 億円

・商工業関係　約 2,147 億円

なお，ここに過去の災害における災害廃棄物発生量の比較を表 4-3 に掲載する．東日本大震災に関しては，2 年後の現在の推定量が，発生時推定量の 6 割程度となっており，かなりの相違が見られる．今後，災害廃棄物発生量の推定精度を向上させる研究が必要である．

表 4-3　過去の災害における災害廃棄物発生量の比較

名　称	東日本大震災（推定量）		阪神・淡路大震災	新潟県中越地震	能登半島地震	新潟県中越沖地震
発生年月日	平成23年3月11日		平成7年1月17日	平成16年10月23日	平成19年3月25日	平成19年7月16日
災害廃棄物量	2,490万t 宮城県…1,600万t 岩手県… 600万t 福島県… 290万t 平成23年3月時点	1,599万t 宮城県…1,046万t 岩手県…380万t 福島県…173万t 平成25年4月30日時点	1,980万t 住宅建築物系…1,430万t 公共公益系…550万t	49万t	44万t	36万t

4.3　災害発生時から復旧までのインテリジェンス活動

今回の大震災での実践事例の分析・評価を基に，今後起こりえる震災において，災害直後の混沌とした状況から復旧フェーズに至る過程で展開される企業活動再開へ向けてのインテリジェンス活動について考察する．

対象として仙台市に立地する前出の仙台環境開発株式会社の活動を詳細に分析する．

4.3.1　仙台環境開発株式会社の概要

同社は，仙台市に本社，東京に営業所，東北大学青葉山キャンパスに研究所，青野木地区に中間処理場，管理型最終処分場を置き，産業廃棄物の収集・運搬，中間処理・リサイクル，管理型最終処分を経営する産業廃棄物処理業を営む民間企業である．

同社の組織は社主を筆頭に，本社，事業本部，経営戦略室，総合技術研究所がそれぞれの責任と役割を担うことが出来るよう構成されている．経営サイドの筆頭は社主，実務部門は社長が掌握している．一方，情報サイドは，経営戦略室と総合技術研究所が担当している．

以下に同社の概要（同社ホームページ[27]より抜粋）を示す．

・設立：平成 2 年 6 月 29 日
・資本金：5,000 万円
・所在
　本社：宮城県仙台市青葉区二日町 2-27
　経営戦略本部：宮城県仙台市青葉区二日町 4-11 8F
　総合技術研究所：宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-40
　　東北大学連携ビジネスインキュベータ（T-Biz）409 号室
　中間処理場・収集運搬部・工事部・営業部：宮城県仙台市青葉区芋沢字青野木

管理型最終処分場・環境技術研究所：宮城県仙台市青葉区芋沢字青野木 460-1
中間処理場 RC プラント・営業部：宮城県仙台市青葉区芋沢字沢田下 81-22
東京営業所：東京都千代田区永田町 2-9-8 パレロワイヤル永田町 604

・事業内容

1.産業廃棄物，一般廃棄物処理の収集運搬，並びに中間処理場，最終処分場の運営，管理
2.特別管理産業廃棄物の収集運搬並びに最終処分場の運営，管理
3.製鋼原料の回収及び販売
4.再生砕石・チップ・肥料・木炭等の製造及び販売
5.建物及び構築物等の解体工事
6.廃棄物処理業に係る業務処理電算システムの開発及び販売
7.産業廃棄物関連機器の開発及び販売
8.産業廃棄物処理施設の設計，施工
9.産業廃棄物に関するコンサルタント
10.宅地の造成，分譲に関する事業
11.土木工事，建築工事その他建設工事の企画，設計，監理，施工に関する事業
12.水質，土壌，大気の検査，分析に関する業務
13.古物商
14.前各号に付帯する一切の業務



中間処理場	敷地面積　2万2853平方メートル 施設延べ面積　8020平方メートル
最終処分場	埋め立て面積　7.8ヘクタール 埋め立て容量　211万立方メートル
高度水処理施設	処理能力　約400トン／日

図 4-8　仙台環境開発株式会社施設

4.3.2　災害復旧時における同社のインテリジェンス活動

3 月 11 日，大震災が発生した時刻，同社社主，社長はじめ経営幹部は全員会合のため東京に滞在中であった．現場責任者をはじめとする経営幹部は，車でただちに仙台へ向かった．しかし，東北高速道は閉鎖されており，一般道を経由して仙台へ到着したのは 14 時間後の 12 日，午前 6 時であった．　到着次第，人的被害，設備被害など情報収集に当たった．その結果，本社と研究所の事務機材は倒れて被害があった他は，人(社員とその家族)，処理現場のすべての設備には全く被害がないことが判明した．この結果を確認して，午後には企業としての活動を再開する準備が整った．同社では日頃より，危機管理として非常時の連絡網を完備し，災害時の危機管理マニュアルを策して災害に備えていた．短時間に被害状況を把握できたことは，この成果が表れた結果と考えられる．

地震発生時から仙台環境開発株式会社が実施した活動は，

1.自社の被害状況の把握

2.風評被害対策

3.行政との協働

の 3 点である．1 は自社の被害状況を把握し，資源の稼働状況を調べる．2 は震災時に必ず起こりうる風評被害に対する企業防衛である．一方，3 の仙台市との協働は震災後の災害廃棄物を処理する産廃事業者としての社会的使命と，事業者として今後のビジネス展開を見据えた攻めの企業活動としてとらえることができる．

本研究では同社の 2 年間にわたる経営活動について関係者にヒアリングを行い詳細な情報を収集した．その後，この内容を分析し，「東日本大震災関連年表（内閣府)」，「復興の現状と取組（復興庁)」及びプレスリリースのデータを参考にして，同社の大震災時の活動を

・インテリジェント活動

・経営戦略

・災害復旧活動への協力

の 3 種類に分類した．その結果は付録に表としてまとめた（付録)．

この分析から明らかとなった復旧フェーズのインテリジェンス活動について，

- インテリジェンス要求
- 情報収集
- 情報分析
- インテリジェンス報告

の各ステップの特徴についてインテリジェンス・サイクル（図－4.3）に沿って考察する．

4.3.2.1　インテリジェンス・サイクル周期

復旧フェーズのインテリジェンス・サイクルが通常のインテリジェンス・サイクルと比較

して最も異なる点は，インテリジェンス・サイクルの周期（時間）である．すなわち，経営サイドがインテリジェンス要求を出してから，情報サイドがインテリジェンス成果を経営サイドに報告するまでに許される時間の長さである．通常時における周期は，数か月，1 年間，数年の場合が多いと思われる．これに対して，復旧フェーズのインテリジェンス・サイクルの周期は極端に短い．今回の大震災では，時間制約のスケールは 3，4 時間から 24 時間程度であった．多くは日単位と考えられる．

4.3.2.2　インテリジェンス要求ステップ

復旧フェーズにおいて経営活動を再開するために被災地に立地する企業が行わなければならない対応とそのためのインテリジェンス要求は以下のようなものがある（表 3-4 参照）．

(1)　企業の被害状況の把握の要求

自社・顧客・競合他社・業界の人的被害・設備被害等の企業活動に関する被害状況を把握する．

(2)　地域の被害状況の把握の要求

市町村レベル，県レベル，広域レベル，全国レベルでの被害状況を把握する．今回の大震災では地震による家屋倒壊の他，津波による被害が大きかった．津波による被害がもたらした災害廃棄物（がれき）の量と質の推定は，復旧計画策定の基本となるものであり重要である．

(3)　生活基盤の被害と復旧状況の把握の要求

電気，ガス，水道，交通（鉄道（在来線，新幹線），道路（普通道路，高速道路），空路，海路）等，市民生活に密着する生活基盤の被害と復旧の状況を把握することは企業活動再開へ向けて重要である．特に，同社の場合は災害廃棄物処理を担当する事業者として必要不可欠の情報である．

(4)　自社の企業活動再開計画の要求

被害部品の調達，原料の入手経路，物流手段の確保など生産ラインを復旧し，事業を再開するための計画策定を策定する要求である．

経営サイドは上記の項目を情報サイドへ要求する．通常このような要求は，非常時におけるリスク管理として普段から企業内においてマニュアル化されていると思われる．しかしながら，災害は想定を超えることが普通であるため，マニュアルを超えて臨機応変に対応することが要求される．

表 4-4　復旧フェーズにおけるインテリジェンスとしての要求事項

経営サイド		情報サイド		
要求事項	細目	情報収集	分析手法	報告
地震・津波被害状況 災害がれき量 生活環境 生活基盤	自社（人、運搬車両、中間処理場設備、最終処分場設備、本社、研究所）、関連企業、顧客、競合他社、市町村、県、広域、全国、電気、ガス、水道、通信、交通、衣食住など生活用品、ガソリン	自社連絡網 固定電話 衛星電話 ファックス マスコミ報道 関係行政のＨＰ 衛星写真被災地図 グレイゾーン情報	マクロ環境分析 イッシュー分析 シナリオ分析 画像解析 競合分析マトリックス 顧客価値マトリックス	被災マップ 競合分析結果 顧客分析結果
生活基盤の復旧 生活環境 行政の復旧計画	電気、ガス、水道、通信、鉄道（在来線、新幹線）、道路（普通道路、高速道路）、空路、海路、衣食住など生活用品、ガソリン、 がれき処理、	マスコミ報道 関係行政のＨＰ 企業のＨＰ ブログ ツィッター ＳＮＳ 衛星写真被災地図	マクロ環境分析 イッシュー分析 シナリオ分析 画像解析	復旧シナリオ
自社の企業活動再開計画	処理システムの本格稼働 関連企業との連携活動 廃棄物収集・運搬物流 営業活動の再開	部門長からの報告 関連企業の状況	イッシュー分析 シナリオ分析	再開シナリオ 災害復旧計画書

4.3.2.3　情報収集ステップ

インテリジェンス要求に対応して情報サイドが行う最初のステップは情報収集である．しかしながら，復旧フェーズの特性として

・被災・普及状況の情報（存在，所在）が不明である
・情報の信頼性が低い
・情報が短時間に目まぐるしく変わる
・情報へのアクセス手段が確保できない

等の困難がある．

最初に，このような困難のもとでの情報収集の方針について言及する．それは以下の手順のように目的志向で行うべきである．

(1)　最終的な戦略（アクション，必要項目）から，必要な情報をリスト化する
(2)　調査・分析にかける時間と費用を考慮した情報収集を行い，いくつかの分析方法を決めておく
(3)　質の良いデータの存在を確認する．「絶対必要な情報」，「あれば便利」，「周知のもの」の３つに分けて優先順位つける

(4)　間接調査で分析に必要なデータ入手
(5)　直接調査で分析に必要なデータ入手
(6)　管理部署・上司などに分析結果を発表し，弱点のブレーンストーミング
(7)　再度データ収集を行い，分析を繰り返す（分析手法の組み合わせ）

すなわち，情報を収集してから分析法を考えるのではなく，目的とする結果を得るための分析法を仮定し，そのために必要な情報を収集するものである．とりあえず情報を収集して，それから分析法を考えるやり方では目的とする結果を得ることが難しいのである．

4.3.2.4　情報分析・評価ステップ

インテリジェンス活動の分析･評価は，収集したインフォメーション（生情報やデータ）の断片をつなぎ合せてインテリジェンス（意思決定に資する情報）を生み出すための過程であると考える．

企業として競争相手を意識する競争分析は，競争相手よりも優れたパフォーマンスを継続的に向上させることができる競争優位性を築くために，必要な意思決定を行い，戦略を立て，業界と競争相手をより良く理解することである．

分析結果は実行可能である必要がある．つまり未来志向で，意思決定者がより良い競争戦略を立てるのを助け，競争相手の戦略よりも理解しやすく，現在または将来の競争相手，計画および戦略を識別できる必要がある．分析の究極の目標は，より良いビジネスの結果を生み出すことである．

災害復興時におけるインテリジェンス分析に有効と思われるものは環境分析である．中でも，情報が少ない中ではイッシュー分析，シナリオ分析が効果的である．

4.3.2.5　インテリジェンス報告

復旧フェーズのインテリジェンス要求に依存して活動内容も多様となる．情報収集のステップでは，場合によっては，多くの情報を公開情報から得られる場合もあるし，公開情報からはほとんど必要な情報を得ることができない場合もある．分析ステップも要求内容にあった適切な分析法が適用されなければならない．インテリジェンス活動から得られた各種の報告についても，定性的な報告あるいは定量的内容を含む報告もあるので，情報要求に合わせた適切な報告が必要である[28].

以上より，復旧フェーズのインテリジェンス・サイクルは通常のインテリジェンス・サイクルと比較して以下の 4 点において，特殊であることが判明した．

第 1 に，インテリジェンス・サイクルの周期（時間）が極端に短い．
第 2 に，復旧フェーズに特徴的なインテリジェンス要求である．
第 3 に，情報収集ステップが特殊である．
第 4 に，情報分析・評価ステップが特殊である．

4.3.2.6　情報化社会における復旧フェーズの情報収集ステップの特徴

復旧フェーズの情報収集ステップの在り方については 4.3.3.2 で述べた．ここでは，情報化社会における復旧フェーズの情報収集ステップの特徴について考察する．

情報収集ステップでは，現場でのデータ収集こそが価値あるデータとして収集されインテリジェンスが生成されることは言うまでもない．しかし，交通手段や通信手段が分断されている状況下での情報収集は困難を極めた．情報の存在場所を探し，可能な限り精度の高い情報を収集することが，この時点で可能な最も重要な情報収集ステップの内容であった．

この状況の中で最も有益であった情報収集方法はデータ通信網（インターネット）の活用であった．携帯電話の音声通信がプロバイダーの着信制限により不通となった一方で，データ通信はかろうじて回線が確保された．

メディアの特性として，日単位の情報はインターネット，週単位の情報は新聞，月単位の情報は雑誌から発信される．インターネット上における情報収集活動は，次のような作業の連続であった．

・インターネットの必要な情報存在サイトを探してアクセスし，それらの内容を読む．
・複数のサイトが同一の情報を発信している場合は，それらの内容を比較してより正確な情報として整理する．
・新たに立ち上がる関連する情報を提供するサイトを探す
・これらの情報を収集し，整理してまとめる．

情報源として有益であったのはインターネット上に公開された国土地理院などの被害情報[29]やこれを基に作成された e コミマップ[30]などである．

他方，インターネット上の情報発信サイトは，次のように進化する．

・最初は，個別のサイトがそれぞれ情報を提供する．
・次に，これらのサイトを紹介する記事が発信される．
・最後に，これらの情報をまとめて提供するキュレーターサイトが立ち上がる．例えば，e コミマップなどは，地理情報をベースとするある種のキュレーターサイトと考えられる．語源は英単語の「Curator（キュレーター)」である．もともとは博物館や美術館などで，展覧会を企画し，その企画テーマに沿った形で展示品を集め，順路に沿って展示品の並びを考え，多くの人に見てもらうように企画する担当者である．転じてインターネットのキュレーターは膨大な数の情報の海から，あらかじめ設定したテーマに従って情報を収集し，それらの情報を選別する．そして選別した情報に対してコメントを加えるなどして何らかの意味づけを行い，それをブログやツィッター，SNS などのサービスを使って多くの人に提供する．

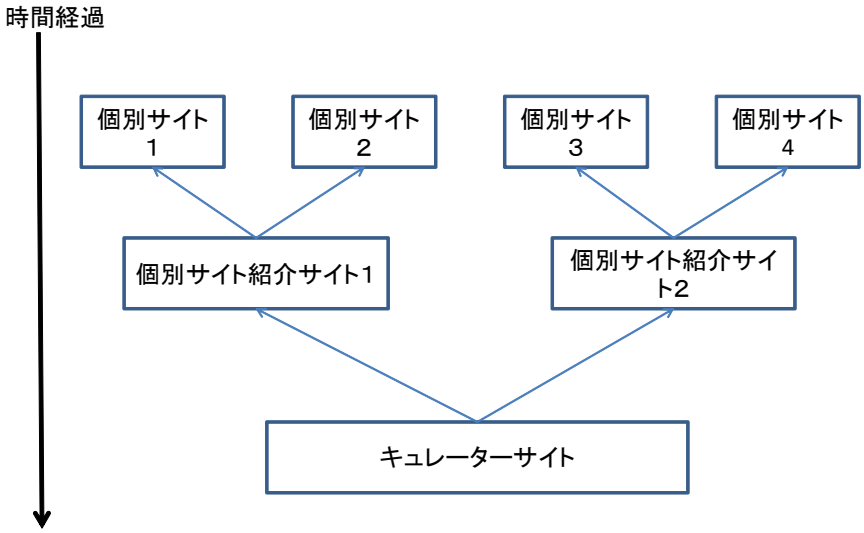


図 4-9　キュレータサイトの形成プロセス

我が国において，これらの情報基盤が整っていたことが，今回の震災において威力を発揮した原因と考えられる．このような経験は，世界的に見ても前例がないと思われる．インテリジェンス調査を実際に手がけている専門家の経験則として，「インテリジェンスの 80%は公開情報から得られる」と言われている（図 4-10）．（例えば，日本生産性本部・インテリジェンス懇話会資料，2011 年 6 月 14 日）．しかし，今回の大震災に限れば，震災後の 3 ヶ月間は情報の源はほぼ 100%，ネットワーク上の公開情報でった．

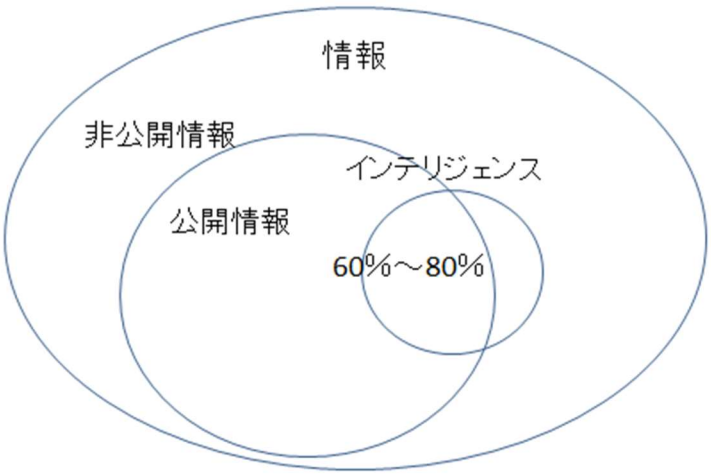


図 4-10　公開情報からの情報収集

4.3.2.7　分散システムの頑健性

災害時の音声電話の制限に見られるように公的な通信機能が破綻して，通常時におけるトップダウン的（公的，中央集権的）通信コミュニケーションルートは崩壊した．この一方で，個人の携帯電話等のモバイル機器のデータ通信機能を生かし，インターネットに接続して情報の交換を行うボトムアップ的（私的，非中央集権的）コミュニケーションルートは生き残った．

システム論では，中央集権的システムは効率的であるが，危機に際して脆弱であり，分散システムは非効率ながら危機に際して頑健であると言われてきた．はからずも今回の震災でコミュニケーションシステムにおいてこのことが実証されたように思われる．災害時におけるインテリジェンス活動として，情報収集は分散化された情報源を繋ぐ通信コミュニケーションルートの確保が重要である．

4.3.2.8　インターネット・コミュニティの形成

震災現場の身の回り情報は，被災地の人々が最も良く把握している．これまでは，これらの個人が所有する情報を発信する手段がなかった．しかし，今回の大震災時においては，前述のとおり，ボトムアップ的コミュニケーションルートが生き残り，様々な形態で個人が所有する情報を発信する手段が整っていた．インターネットを介した WWW による情報共有，電子メールによる個人間コミュニケーション，ブログ，ツイッター，ボランティアから提供されるホームページを利用した SNS 等，インターネットを介したコミュニティが形成され，個人が所有する情報が有効に活用された．情報基盤の発達・普及と共にこの傾向は今後ますます加速するものと想像される．インテリジェンス活動において，このようなコミュニティとのかかわりは今後の研究課題になると思われる．

4.3.2.9　インテリジェンス活動の中でヒューリスティクスの必要性

大震災後の急を要する状況では，詳細なインテリジェンス分析を行っている時間的余裕はない．経営サイドの経験と直感から導き出された結果で対応しなければならない．直観の原動力となるヒューリスティクス[31]は，インテリジェンスの世界では「マインドセット」とも言われる．ヒューリスティクスには，功罪相反する面がある．罪とする意見は，

・分析における直観，つまり「分析はアート」だとする大きな落とし穴でもある．モーガン・ジョーンズ，CIA 分析官によれば，ヒューリスティクスこそ，分析過程で生じるあらゆるバイアスの元凶であると指摘している[31].

逆に功とする考え方には，

・過去にいくつともなく過ちをおかしながら，少しずつ出来上がったヒューリスティクス

は，経験豊かなベテランによる，素早くかつ精度の高い分析を可能にするものでもある．
・ヒューリスティクスは「判断や評価にいたる思考のショートカットである．」我々は，一歩ずつ，こつこつと思考を重ねて，何らかの判断や評価を下すこともある．この判断や評価にいたるまでの手順をアルゴリズムと言う．しかしながら，我々は，アルゴリズムで一歩ずつ思考を積み重ねて判断･評価にいたることはあまり無い．無意識のうちに思考のショートカット，つまりヒューリスティクスにより判断･評価を下している．（デビット･ウエルチ，人間の意志決定のメカニズム研究者）

ヒューリスティクスは，上述のようにバイアスの元凶といわれることもある一方，的確な判断を生む．特に，本論文で取り上げている災害時においては，判断までの時間が短い場合は，経験と勘によるヒューリスティクスに頼らざるを得ない．

4.3.2.10　ヒューリスティクス（直観）の情報論的解釈～木グラフの枝刈り～

上述したヒューリスティクスは，情報論的には以下のように解釈される．

ある問題の解決を解決するために，多数の解決案が存在すると仮定する．多数の解決案の中から，最適な問題解決の戦略と行動を見出すプロセスは，問題解決の探索木における探索とみなすことができる．その枠組みは，

- 多数の戦略がある
- すべての戦略を演繹的に検討することは不可能
- 経験と直観に基づく最適戦略の予測
- 戦略木とその枝刈り

である．すなわち，すべての戦略を考察することはその膨大な数により不可能である．（可能であったとしても多くの時間を必要とする）この場合，問題解決者の経験と直感に基づく最適戦略の探索は，最小限の探索木を対象として，不必要と思われる枝は考察の対象としない．これを探索木の枝狩りという．

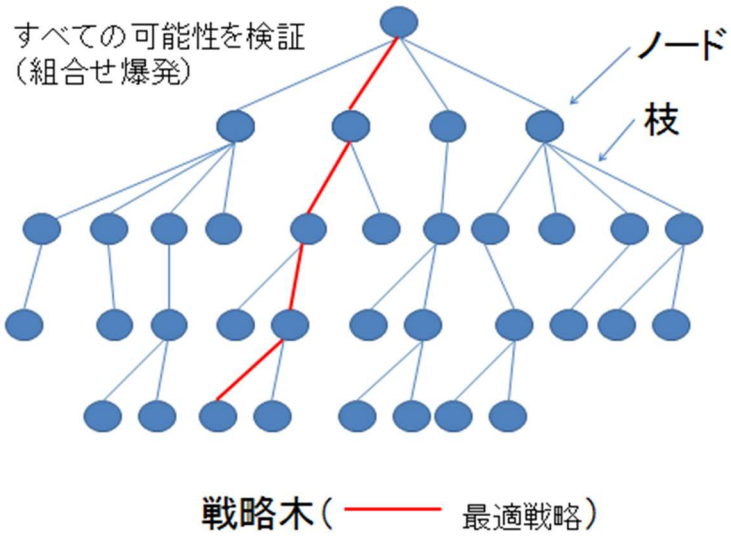


図 4-11　全探索による最適戦略の導出

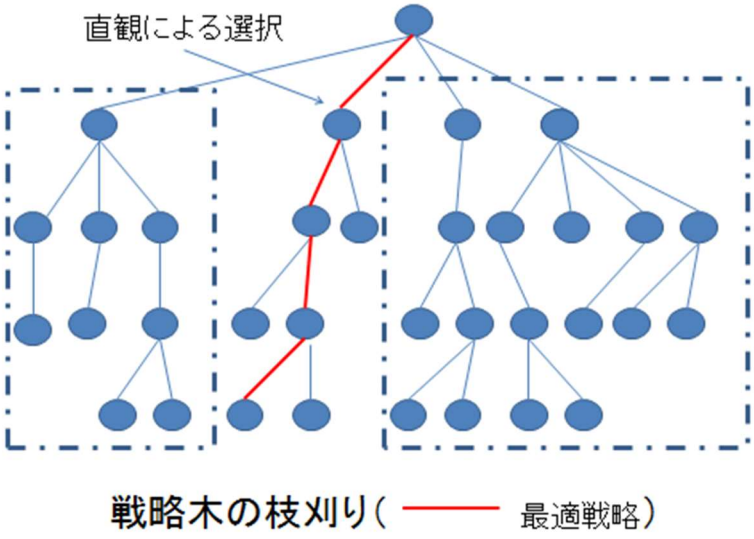


図 4-12　ヒューリスティクスによる最適戦略の導出

4.3.2.11　復旧フェーズのイッシュー分析とシナリオ分析

これまでの仙台環境開発株式会社のインテリジェンス活動を更に効果的にするための２つのインテリジェンス分析について紹介する．

4.3.2.12　イッシュー（問題）分析

イッシュー（問題）分析[32]は，組織が外部環境の変化をより予測しやすいよう，また公共政策の展開に影響を与えながら，外部環境の形成においてより積極的なプレイヤーにな

ることを目指した分析である．今回の大震災における仙台環境開発株式会社の企業行動をイッシュー分析の観点から分析すると，インテリジェンスを基本としたイッツュー分析の考え方は，実に的を射ているものであり，今後の企業におけるインテリジェンス活動に影響を与えるものであるとの実感を得ることが出来る．

以下，イッシュー分析を実施した上で，イッシュー分析が災害時には効果的な分析手法であることを紹介する．

イッシュー分析は，企業を取り巻く社会および政治環境内のトレンドや出来事の影響を受けることをインテリジェンス活動で情報収集することでより正確な分析を可能にする．欧米では，特に企業や団体など，多くの大きな組織で広く使用されている．地域調停活動，対政府関係や公共業務などの対外政策を扱う組織では，この分析は有効であると言える．

イッシュー分析は，トレンドと出来事の集中によって起こると言われている．ここでトレンドとは，イッツシューが辿る軌跡である．なぜならば，それは多くの議論を呼び起こし，そのイッシューに影響を与える社会政治的な力が加わるからである．

トレンドと出来事の集中とは，次のいずれかの方法によって明らかになる．

① 現在のポリシーが利害に反する

自分たちの利害に反すると考えられるポリシーを変えるために，ある特定なグループはイッシューを引き起こす．大震災時こそがビジネスチャンスだと考えるグループが利害関係により大きく経営方針を変えてくるなどが良い例である．

② 予期せぬ出来事

この度の大震災でもタンクからの油の流出などは，政府からのより厳しい規制につながる事故とも考えられるなど，予期していなかった事故に人々はしばしば興味を持つことがある．

③ 公の関心

一部のグループおよび個人は，一般の人も関心を持つと考える自分たちの関心事について宣伝をしたがる．大震災は，公の関心としては絶好の機会であった．被害の面から言えば，地震による家屋倒壊，地震により引き起こされた津波による被害，福島第 1 原子力発電所の事故による放射線被曝被害は世界的関心事であった．

④ 海外での発展

イッシューは，他の国で重大な問題となるために，自国の議題ともなる．今回の福島原発は，ドイツをはじめとする世界各国で，原子力発電に対して大きな影響を与える結果となった．

⑤ 政治的企業家としての考え方

政治家や政党は選挙で注目あるいは票を獲得できるよう，公の議題としてイッツューを提示するが，今回の大震災がその具体的な例で無ければ良いと考えている．

いかなる企業にとってもその環境は，多くのイッシューが存在している．企業がどのような問題を選択し行動するのか，あるいは経営資源を配分するのかを意思決定しなければな

らないための評価基準が必要となる．また，どのような企業でも経営資源は有限であり，その行動がどこで最大となるかを判断することは難しい．特に，今回のような大震災時における企業行動は難しい判断に迫られることは言うまでもない．

この様な難しい判断を迫られる中で次のような重要な問題が存在することへの正確な答えが必要となる．

・イッシューは発展のどの段階にあるか．
・政府機関がそのイッシューを取り上げて法制化し，そのイッシューが企業に具体的な影響を与えるまでに発展する可能性はどの程度あるか．
・予想される新しい公共政策は，企業の最終損益のどの程度の影響を与えるか．
・企業はイッシュー発展のプロセスに影響を与える能力，あるいは起こり得る政府の対応の範囲または性質に影響を与える能力があるか．

イッシュー分析を行うために必要な要素を今回の大震災後の企業としての対応を考えてみた場合，多くの指摘は的確になされており企業としての取り組みが必要であると考えられる．

図 4-13 は，イッシューのライフサイクル[32]を視覚的に描いたもので４つのステージがどのように発展するかを示している．放物線は社会からの注目度を示している．左側の三角形の領域は経営者の自由裁量の度合，右側の三角形の領域は企業として支払わなければならないコストを示している．

大震災発生後 3 カ月という時間は，ステージ 1 の形成からステージ 2 の政治問題化へ移る段階であった．社会からの注目度は極めて高く，行政との協働において実務的な処理はほとんど仙台環境開発株式会社の裁量に任された．

今回の結果から，イッシュー分析は震災時における企業の意思決定のあり方を考えるためには効果的な手法であると考えられる．

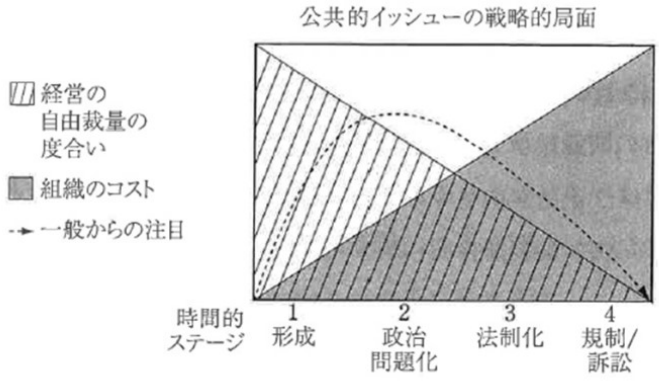


図 4-13　イッシューのライフサイクルー公的イッシューの戦略的な局面

4.3.2.13　シナリオ分析

シナリオとは，将来の予想の詳細な説明で，内部で一貫性があり，経済，産業，または技術の革新に重要な複数の想定に基づいている．シナリオの計画と分析[31][32]は，変化の過小評価あるいは過大評価を補正し，正しい方向を示すために行う複数のシナリオを構築するための体系的な方式として知られている．シナリオとしての計画を立案するための分析の全体的な目的は，戦略的な考え方を企業・組織として共有できるベースラインを構築することになる．

シナリオ分析は，不穏なそして急激に状況が変わる環境の分析をするときの予測的とも言える計画ツールとなる．規律正しいながらも創造的であるアプローチを通じて，環境の変化によって将来起こりうることをすべて想定し，その数を管理可能な数まで減らし，依存している変数の関係を判別するために感度分析などが組み込まれている．また，戦略意思決定の際に盲点をなくすために傾向やパターンを孤立させ，将来の戦略的判断の際に考えを表現するための枠組みを考慮した定量的および定性的な分析の組み合わせである．

大震災時における，予測不能な状況をどのように読み取るかに対して，シナリオ分析は最も効果的な分析ツールとなり得ると考える．

シナリオ分析と併用する分析手法として成長ベクトル分析がある(14)．成長ベクトル分析を適用するためには，企業の成長を前提として，売上高，売り上げ伸び率を丁寧に分析し，選択肢を評価して現在のサービスの利益を予測する必要がある．しかし，今回の事情の下ではこれらのことは不可能と判断して，成長ベクトル分析を併用せず，シナリオ分析を単体で実施した．

最終的には，“抽出されたシナリオ”が極めて高い精度の戦略と言うことになる．不測の事態に対処するための緊急を要する戦略構築には，短時間で可能な情報を収集し精度の高い優れた情報を収集しインテリジェンスを生成するインテリジェンス活動であることを強く意識して行うことが肝要である．

ここにシナリオ分析を実施して得られた分析に必要な３つのステップの分析結果（図 4-14　のスコープ定義，図 4-15　の基本トレンド，図 4-16　のスペース分析），そして抽出された図 4-17　のシナリオを示しておく．特に，図 4-16　から得られた抽出された図 4-17　の４つのシナリオの全てが，現実のシナリオとして採用することが可能である．

災害時などの緊急を要する戦略としてのシナリオ構築は，極めて有効であることが確認できたことは確かである．しかし，シナリオ分析で利用する情報の収集は，普段からのインテリジェンス活動の重要性を再認識する機会でもあった．

- スコープの定義
  - 時間枠：震災後3ヶ月
  - 製品(ｻｰﾋﾞｽ)：震災により生じた災害廃棄物の処理
  - 市場：仙台市を中心とする宮城県内の自治体
  - カスタマー・グループ：仙台市
  - 技術：産業廃棄物処理における中間処理、リサイクル処理、管理型処分場運営
  - 地域：仙台市、宮城県
- 主なステークホルダー
  - 国交省、総務省、仙台市など
  - サービス提供事業者（仙台環境開発㈱）
  - 災害廃棄物処理業事業者
  - 被災地の家屋、工場などの経営者、地方自治体

図 4-14　シナリオ分析（シナリオ構築プロセス）

基本的トレンド

- Social（社会的）
  - 災害廃棄物の処理は災害復興の鍵である（社に対して正）
  - 膨大な量の災害廃棄物処理が必要となる（全社に対して正）
  - 産廃事業の立ち上げは困難になってきている（全社に対して正）
- Technological（技術的）
  - 津波廃棄物の新規処理技術開発が必要（全社に対して負）
  - 震災後の廃棄物処理が出来る企業はただ1社（全社に対して正）
  - 収集運搬、中間処理、最終処分の一貫処理が可能である（全社に対して正）
- Economic（経済的）
  - 災害廃棄物処理は災害復興のための最優先課題である（全社に正）
  - 他の産業廃棄物処理事業者の参入で価格競争は激化する（全社に負）
- Ecological（環境的）
  - 廃棄物処理において環境への配慮が厳しくなる（全社に負）
  - 津波ガレキの処理における有害物質の管理
- Political（政治的）
  - 一般廃棄物取り扱いに関する特例（仙台環境開発には正）

図 4-15 シナリオ分析（シナリオ構築プロセス）

シナリオ名		可能性	公的機関からの独占指名		震災時として特令による処理		全く自由な参入	
			あり得る	あり得ない	あり得る	あり得ない	あり得る	あり得ない
1	仙台環境開発一人勝ち	Y		●	●			●
2	多くの事業者参入による激しい競争	Y	●		●		●	
3	特定企業による寡占	Y		●	●			●
4	新たな処理の時代	Y	●			●		●

図 4-16　シナリオ分析（スペース分析）

- シナリオ1：仙台環境開発㈱の一人勝ち
  - 仙台市との連携がなされており今後も特令を受けて行う
- シナリオ2：多くの事業者参入による激しい競争
  - 処理価格低減競争の激化
- シナリオ3：特定業者による寡占
  - 宮城県、仙台市との協力関係が強固な業者に集中する
- シナリオ4：新たな処理技術
  - 震災後の処理で同業他社も手一杯であり、当面、新たな処理技術も出現しない

図 4-17　抽出されたシナリオ

4.3.3 復旧フェーズの守りと攻めの経営戦略

一般にインテリジェンス活動には，守りのインテリジェンス活動と攻めのインテリジェンス活動があり[31]，守りのインテリジェンス活動に基づく経営戦略が守りの経営戦略，攻めのインテリジェンス活動に基づく経営戦略が攻めの経営戦略である．

これらの特徴としては次の内容が知られている．守りの経営戦略はデータの流れから設定されたテーマの回答を見出すことが目的となる．次のような状況について守りの経営戦略は効果的である．

- 既存の競合状況というテーマに対して，データの流れを追うことで変化を追跡することで現状の変化を察知できる．
- 例えば，競争相手の製品ミックスや価格戦略の変化，企業の地位を脅かす脅威が発見されると経営陣は，直ちに警戒態勢に入る．
- 革新的な行動をするよりは，マーケット占有率を維持するための戦略の力を入れるマーケットリーダーとなるなどが良い例である．

攻めの経営戦略は，到来する機会を見極めることが目的となる．次のような状況において攻めの経営戦略は効果的だと言える．

- 環境変化とそれに応じて変化する経営方針に沿って，データの収集方法を変えることが必要である．
- 広範囲な追跡が必要となり，精巧な情報収集手法が求められる．
- 例えば，有力な競争相手が最近の不況により研究開発部門の特定の専門家を解雇したとの事実に基づいて，経営陣に迅速な注意を促すなどである．その結果，経営陣はこの状況を好機だと判断することが出来る．

コンペティティブ・インテリジェンス(CI)においては，コンペティターの隠れた情報や兆しを察知し，収集し，分析することが重要である．今回の震災では，コンペティターである震災地域期にある他の産廃業者も被害を受けて，震災の翌日から積極的に活動が出来た企業は仙台環境開発株式会社に限られたことを確認した．

震災への対応として，守りと攻めの経営戦略について，経験を通じて得られた所見は次のようなことであった．

- 震災直後は，自社の被害状況の把握，被害の復旧の他，風評被害対策など守りの経営戦略を徹底する．
- 守りに必要なインテリジェンスを得る見通しができた段階で，直ちに競合他社の動向を見極めて攻めの経営戦略に着手する．

4.3.3.1 守りの経営戦略～産業廃棄物事業における風評被害対策～

今回の大震災において様々な業種において風評被害が話題となった．ここでは，風評被害についての正確な理解のもとに，その防止を守りの経営戦略として考察する．

（1）風評被害のメカニズム

「風評被害」が話題となったのは，原子力事故により実際には安全な食品，商品などが被る経済被害の補償問題に関連して用いられてきたものである[33]．しかしながら，現在では，原子力事故に限らず，「災害，事後，不適切あるいは虚偽の報道などによって，それらから直接被害を受けていない，または無関係の業種・業者が，生産物やサービスの質の低下の懸念によって，経済的被害を受けること」を表す言葉として幅広く使用されている．

風評被害に関する学術研究は，風評被害の歴史や事例，発生メカニズム，発生地域におけるアンケート調査など数少ない報告があるのみであり，震災時における風評被害と効果的な防止対策に関する研究は数少ない．

長尾らは，新潟県中越沖地震をはじめとする地震災害による観光業の風評被害とその対策について詳細に報告している[34]．それによると，風評被害の発生メカニズムは

- 事実ではないことを事実と誤認する
- マスメディアによる災害報道の被害の誇張
- 地理的錯誤等により起こる．更に，観光の風評被害の特徴として，
- 気兼ね，自粛ムード，交通アクセス悪化，被災ムード・行政依存ムード等の後遺症的要因がある

ことを述べている．

更に，新潟県中越沖地震と能登沖地震における報道量とその内容を調査した結果によれば，観光における風評被害対策は，前述した災害復旧のフェーズのうち，第 3 フェーズの経済復興のときに行うことが効果的である．それより早すぎると，人命軽視との批判を受けて逆効果である．社会的に経済復旧が認知される時期が第 3 フェーズである．研究対象とした震災規模の場合は，おおよそ 1 ヶ月半から 2 ヶ月後から風評被害対策を実施することが効果的であると述べている．

産廃事業における風評被害は，観光におけるそれとは本質的に異なると考えられる．

- 観光は生活に必須のものではないのに対し，廃棄物処理は日常生活に必須のものである．
- 観光における風評被害対策は，災害復興の第 3 フェーズの経済復興のときに行うことが効果的である．

に対し，廃棄物処理は第 1 フェーズからただちに開始する必要がある．すなわち，廃棄物処理事業における風評被害対策は早ければ早いほど効果が期待できる．

（2）風評被害とその防止対策

今回の地震において，最初に懸念されたことは，風評被害である．仙台環境開発株式会社が奇跡的に損害を被らなかった事実を取引先へ速やかに知らせる必要があった．震災において想定される仙台環境開発株式会社への風評被害は，主に以下の 2 点である：

1．仙台環境開発株式会社には全く被害がなかったにも関わらず，仙台市にある企業とい

うことから，仙台環境開発株式会社も地震の被害，さらには津波の被害により処分場施設が壊滅的打撃を受けて，産業廃棄物の取り扱いが不可能になった．

2．東北地域の災害廃棄物処理を優先するために，通常の産業廃棄物処理は引き受けられない．

事実，地震発生直後にテレビにより報道された映像から，取引顧客から仙台市内も津波による被害を受けたと誤解された．その後，津波の情報が精度を増すに従って，2 で示した懸念を持った顧客もあった．

地震発生の翌日 3 月 12 日から風評被害対策を実施した．

東京営業所，本社から，顧客企業へ電話，ファックス，メール等により，仙台環境開発株式会社の状況を説明し，全く被害がなかったこと，及び，従来通り顧客の荷は受け入れを続ける体制にあることを説明した．仙台環境開発株式会社からの連絡で，これまでの顧客企業は他の競争企業に流れることなく，すべて顧客契約を継続することが出来た．風評被害の防止は，いかに速やかに事実の情報を周知して，誤認を防ぐことが重要であることを認識した．

4.3.3.2　福島原子力発電事故に関する経営戦略

放射線情報に関する守りの経営戦略を記載する．

SPEEDI（System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム）は緊急事態における放射性物質の拡散予測システムであるが，原事故直後，SPEEDI のデータが公表されなかったと報道された．しかし，実際には，3 月 11 日，12 日，13 日の 3 日間だけではあったが，ウェブ上で公開されており，仙台環境開発株式会社の総合研究所では，このことを把握していた．

14 日からは SPEEDI のデータは非公開となるが，14 日以降は，ドイツ気象庁やノルウエ―気象庁から同様のデータが公開されており，それらのデータも仙台環境開発株式会社の総合研究所では収集しています．

また，その３か月後の６月には，仙台環境開発株式会社は情報収集のため IAEA（国際原子力機関: International Atomic Energy Agency）とチェルノブイリを訪問している．これも守りの戦略である．

以下に，2011 年 3 月 11 日から 3 月 13 日までの SPEEDI のデータを掲載する．

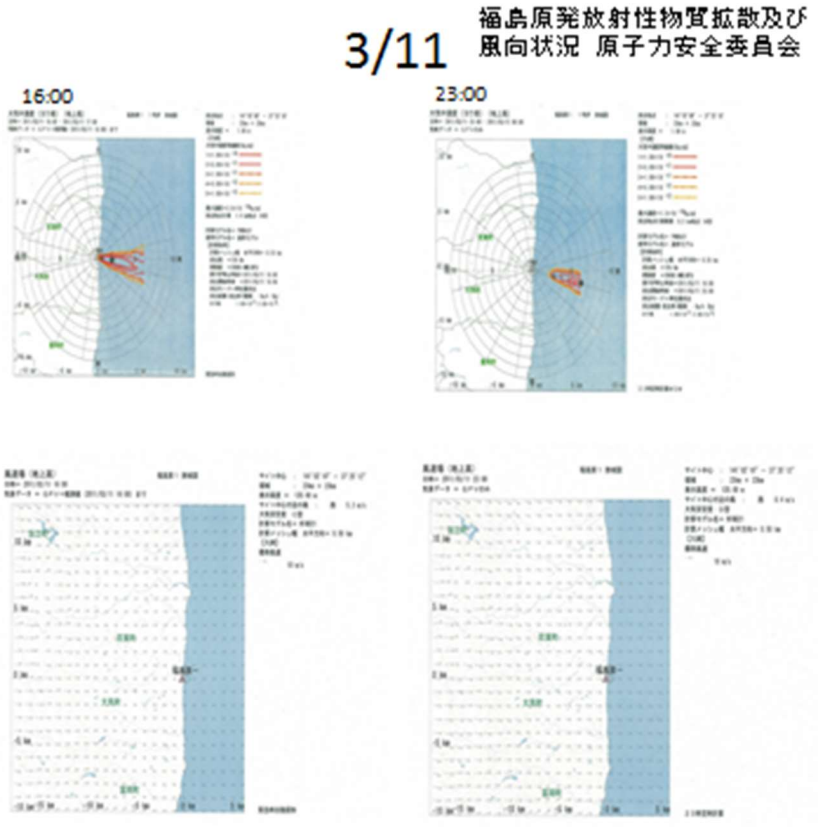


図 4-18　2011 年 3 月 11 日　SPEEDI データ

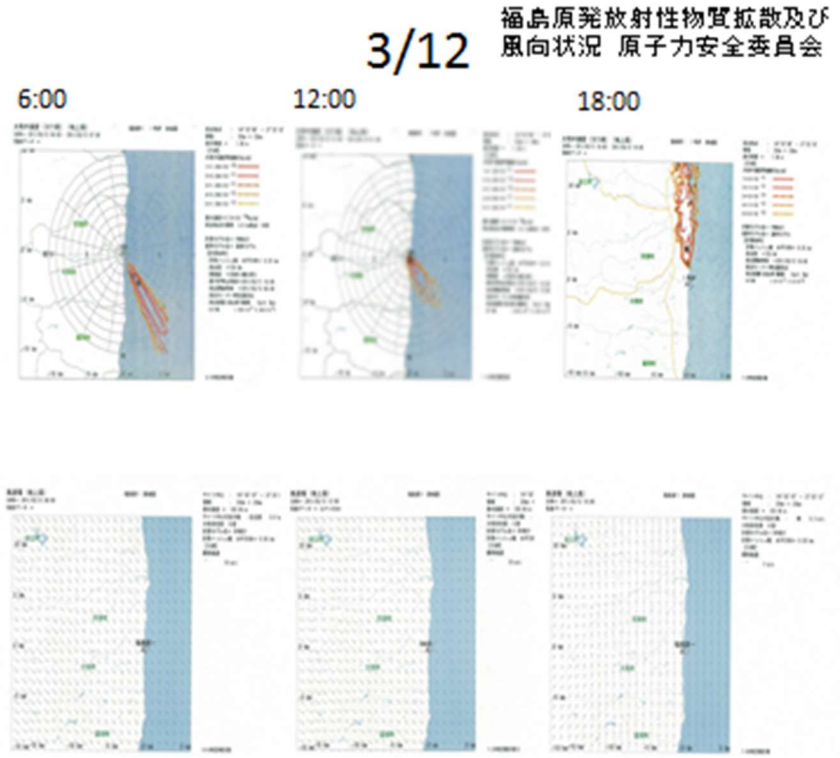


図 4-19　2011 年 3 月 12 日　SPEEDI データ

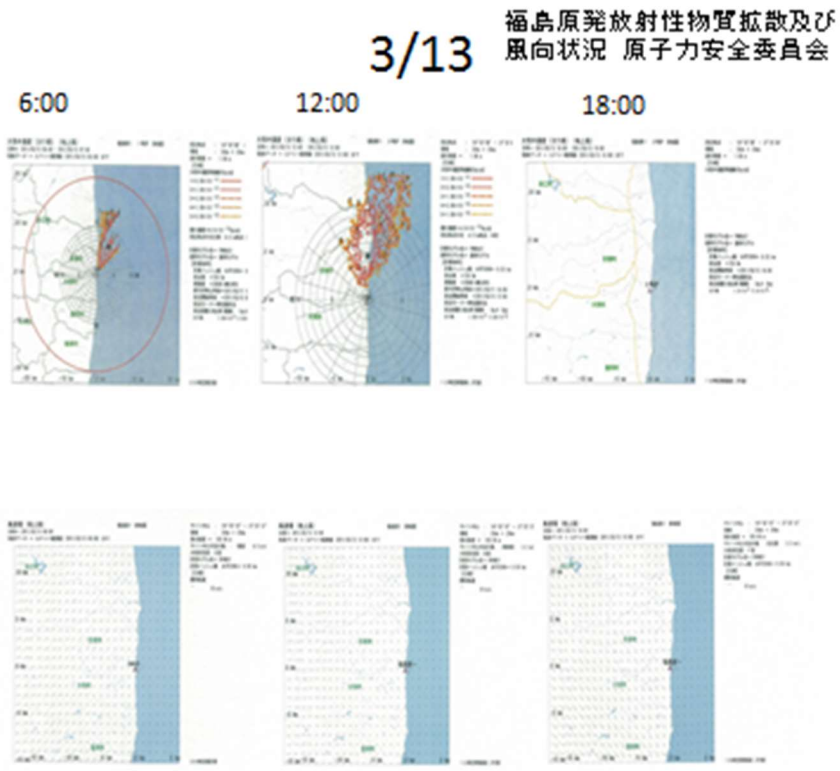


図 4-20　2011 年 3 月 13 日　SPEEDI データ

4.3.3.3　攻めの経営戦略～災害復旧プロジェクトへの参加～

災害からの復旧は産学官連携の下に協働が必要である．すなわち，行政の企画力，学の知力，そして産の実行力の三つの力の協力が必要である．特に，災害廃棄物の処理はその後の復旧活動に直接影響を及ぼす．災害普及はここから始まると言っても過言ではない．産廃事業者はかなりの負担を覚悟しなければならないが，積極的に復旧活動に参加すべきであろう．

震災翌日 3 月 12 日，仙台環境開発株式会社には被害がなかった事実を確認した上で，仙台市を訪問し，社が災害廃棄物処理に協力できる状況であることを伝えた．この状況を知り，仙台市から災害復旧に関する様々な協力要請がなされた．これらの要請を受けて仙台環境開発株式会社が実施した協力事業の中でも，仙台環境開発株式会社のプロ集団としての経験と知識を最大限に発揮できたのは，家庭ごみの仮置き場（図 4-21～図 4-22　参照）と津波により大量に発生した災害ごみの仮置き場の設置・運営・管理（図 4-23～図 4-24　参照）であった．震災から 2 ヵ月たった 5 月の連休明けまでに，震災の復興状況視察のために，政府関係者，行政関係者，学会の専門家など多くの訪問者があった．他の被災地ではがれき処理がほとんど進んでいない中で，仙台市のがれき処理は予想を超えてスムーズに進んでい

る状況から，それらの人々の中で，復興における仙台市モデルと言われている[3].

仙台市モデルは概略，次のとおりである.

○産(廃棄物処理事業者，収集運搬事業者など)：

・人員・機材などを提供し，廃棄物置場の運営・管理を担当する.

・日常の経験を生かし，実際の処理を行う.

○学（廃棄物資源循環学会など）：

・災害復旧．復興に関する知識提供を行う.

・タスクチームの結成と震災マニュアルなどによる処理に必要な知識を提供する.

・被害状況の推定方式の検討と行政や事業者へ提案を行う.

○官（地方自治体，管掌省庁）：

・産学官協働の計画策定と予算付けを行う.

・仮置場等の用地候補を確保しておく.

・行政と産廃事業者間の連携体制を構築し，災害発生時に迅速且つ効率的な対応を可能にする.

・法令改正などの必要な処置を速やかに実行する.

・緊急の予算執行を可能とする体制を構築する.



図 4-21　震災家庭ごみ仮置き場地図



図 4-22　震災家庭ごみ置き場



図 4-23　津波廃棄物集積場地図



図 4-24　井土搬入場全景

4.4 災害復旧活動とリスクマネジメント

これまで，大震災における事業活動をインテリジェンス活動として分析した．一方，視点を変えると，この活動をリスクマネジメントの観点から，事業継続（BC）の発動として捉えることができる．

4.4.1 事業継続（BC）と事業継続計画（BCP）

BCP に関する先進的な英国団体 Business Continuity Institute[35]によれば，BC は以下のように定義されている：

“BC” is the strategic and tactical capability of the organization to plan for and respond to incidents and business disruptions in order to continue business operations at an acceptable predefined level.（「BC」は，許容範囲にある事前に定義されたレベルで事業を継続させるため，大惨事や事業崩壊に対して計画を立て，それに対応するための戦略的，戦術的な組織能力をいう．）

また，BCP は以下の定義である．

“BCP” is a documented collection of procedures and information that is developed, compiled and maintained in readiness for use in an incident to enable an organization to continue to deliver its critical products and services at an acceptable predefined level. （「BCP」は，企業が大惨事での使用に備えて，重要な製品・サービスを許容範囲にある事前に定義されたレベルで重要な製品・サービスを供給し続けることを可能するために開発され，編集され，保持された手順と情報の文書化された収集物である．）

となっている．すなわち，BC を追及する計画が BCP である．

4.4.2 BC の取組み

一般に，企業は，災害や事故で被害を受けても，取引先等の利害関係者から，重要業務が中断しないこと，中断しても可能な限り短い期間で再開することが望まれている．この中で BC は企業自らにとっても重要業務中に伴う顧客の他者への流出，マーケットシェアの低下，企業評価の低下等から企業を守る経営レベルの戦略的課題と位置づけられる．

BC を追及する BCP はバックアップのシステムやオフィスの確保，即応した要員の確保，迅速な安否確認等が典型である．

BC の取組みが有効なビジネスリスクには，大きく分けて突発的に被害が発生するもの（地震，水害，テロ等）と段階的かつ長期に亘り被害が継続するもの（新型インフルエンザを含む感染症，水不足，電力不足等）がある[36].

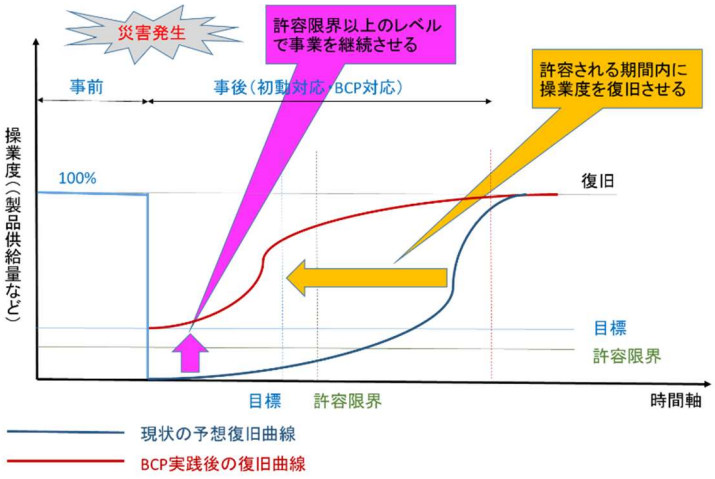


図 4-25　BCP の概念

4.4.3　BCP の策定

企業が災害時に実際に事業を継続していくためには，次の項目が特に重要となる．

（１）指揮命令系統の明確化

（２）本社等重要拠点の機能の確保

（３）対外的な情報発信および情報共有

（４）情報システムのバックアップ

（５）製品・サービスの供給

（６）BC と共に求められるもの

①生命の安全確保と安否確認

②事務所・事業所および設備の災害被害軽減

③二次災害の防止

④地域との協調・地域貢献

⑤共助，相互扶助

4.4.4　BCP の運用

BC を実践するためには，経営者をはじめとする全従業員が BC の重要性を共通の認識として持ち，「文化」として定着させることが大切である．この観点から，平時における教育・訓練を継続的に実施する必要がある．

また，定期的な点検を行いその結果を踏まえて改善点を洗い出し，BC の取組み全体を定期的に見直しする必要がある．

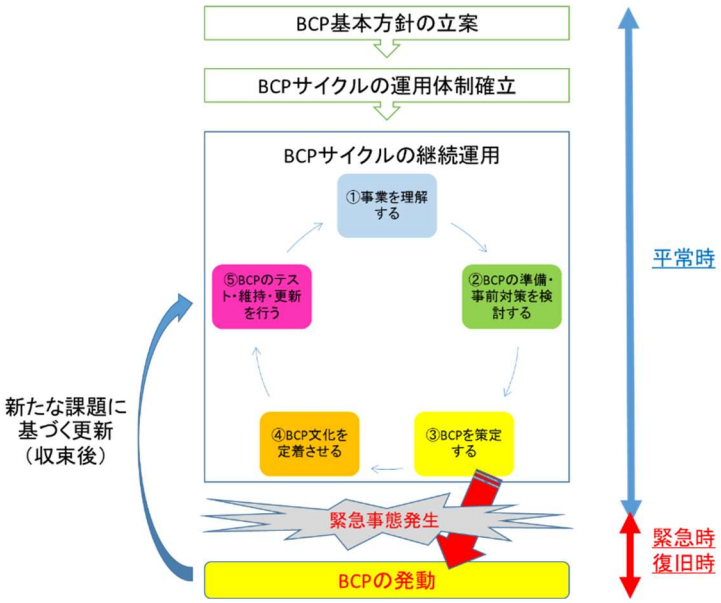


図 4-26　BCP 策定・運用，緊急時の発動についての全体像

大震災における事業活動と仙台環境開発株式会社の BC，BCP

前述のとおり，仙台環境開発株式会社では危機管理として非常時の連絡網を完備し，災害時の危機管理マニュアルを策して災害に備えていた．当初は BCP として捉えていたものではないが，大震災の事業活動において，BC の一端を担った形となった．

BC として捉えられる項目は次のとおりである．

（1）人的被害，設備被害等の情報収集を迅速に行い，本社と研究所の事務機材は倒れて被害があった他は，人(社員とその家族)，処理現場のすべての設備には全く被害がないことを確認して，企業活動を速やかに再開した．

（2）風評被害防止のため，速やかに東京営業所，本社から，顧客企業へ電話，ファックス，メール等により，全く被害がなかったこと，及び，従来通り顧客の荷は受け入れを続ける体制にあることを説明して，顧客企業は他の競争企業に流れることなく，すべて顧客契約を継続させた．

（3）仙台市から災害復旧に関する様々な協力依頼に応じて，仙台市モデルと呼ばれるすぐれた復旧モデルを構築した．

以上のことから災害時のインテリジェンス活動と BC，BCP は密接に関連していることが推測される．

第 5 章　　災害廃棄物処理システムの提案と災害廃棄物発生量の推定

本章は，平成 26 年環境省作成の災害廃棄物対策指針に基づき，さらに東日本大震災において災害廃棄物処理を実施に行った産業廃棄物処理業者の経験と知見を加味して，最適な災害廃棄物処理システムの構築を試みるとともに，新たな災害廃棄物量の算定手法の導入を提案する．

5.1　災害廃棄物処理システムの構築

日本において災害時に発生する廃棄物への対策は，予て平成 7 年の阪神・淡路大震災から得られた経験や知見を踏まえて平成 10 年に当時の厚生省が作成した「震災廃棄物対策指針」，そして平成 16 年に発生した新潟県・福井県での集中豪雨や台風 16 号，台風 23 号における水害の経験から平成 17 年環境省が作成した「水害廃棄物対策指針」に基づいて実施された．

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災においては，それらの指針に基づいた災害廃棄物処理計画を作成していた市町村もあったが，地震の規模が大きく，さらに津波の発生によってこれまでの災害をはるかに超えた被害が広範囲に発生したことにより，混乱が生じてしまった．

平成 26 年環境省は，東日本大震災の経験や知見を踏まえ，平成 10 年作成の震災廃棄物対策指針を改訂し，平成 17 年作成の水害廃棄物対策指針と統合を行う形で，「災害廃棄物対策指針」を作成した．

本研究では，平成 26 年環境省作成の災害廃棄物対策指針に基づき，さらに東日本大震災において災害廃棄物処理に実際に携わった産業廃棄物処理業者の経験と知見を加味して，最適な災害廃棄物処理システムの構築を試みる．

5.1.1　発災後の時期区分とその特徴

災害廃棄物対策指針は，地方公共団体に対して発災前における災害廃棄物処理計画の作成と発災後の災害廃棄物処理実行計画作成の必要性を謳っている．本研究は，実際の災害廃棄物処理のシステム構築を取り扱うため発災後を対象とする．

東日本大震災クラスの災害を想定した場合，発災後の時期区分と特徴は次のようになる．

（1）初動期

人命救助が優先される時期である．地方公共団体は，体制の整備，被害状況の確認，必要資機材の確保等を行う．発災後数日間が目安となる．

阪神淡路大震災をきっかけに「黄金の 72 時間，72 時間の壁」という言葉が使われるようになったが，統計によると，発災後 24 時間以内に救出された被災者生存率は 90%，48 時間以内だと約 50%，72 時間以内だと 20%～30%，しかし，72 時間以上過ぎて 96 時間になると 5％前後と生存率が激減する．従って，通常，72 時間が救命・救急のタイムリミットと考えられている．しかし，72 時間を超えてもなお生存者がいる場合も

あり，この初動期を終了するタイミングは難しい.

（2）応急対応（前半）

避難生活が本格化する時期である．主に優先的な処理が必要な災害廃棄物を処理する．発災後 3 週間程度が目安となる.

（3）応急対応（後半）

人や物の流れが回復する時期である．災害廃棄物の本格的な処理に向けた準備を行う．発災後 3 ヶ月程度が目安となる．ライフラインである電気，ガス，水道等の公共公益施設，道路，鉄道，空路等の交通・物流施設及び電話，インターネット等の通信施設等日常生活へ復帰するために必要な社会基盤が回復する.

（4）復旧・復興

避難生活が終了する時期である．一般廃棄物処理の通常業務化が進み，災害廃棄物の本格的な処理が行われる．発災後 3 年程度が目安．経済復旧，経済支援，企業活動が再開され，被災者，企業への支援等が行われる.

5.1.2 災害廃棄物処理システムの概要

災害廃棄物対策指針では，災害廃棄物処理の手順を次のとおり示している.

（1）初動期

・自衛隊，警察，消防との連携を開始し，通行障害となっている災害廃棄物の優先撤去を行う.

・有害廃棄物，危険物へ配慮する.

（2）応急対応（前半）

・災害廃棄物の発生量，処理可能量を推計する.

・収集運搬体制を確保し，順次，収集運搬を実施する.

・仮置場の必要面積を算定し，候補地を選定する．選定先と受入れの合意形成し，仮置場を確保する．順次，仮置場を設置し，管理・運営を行う.

・倒壊の危険のある建物を優先解体する.

・有害廃棄物，危険物の所在，発生量を把握し，処理先を確定して撤去作業の安全確保を行う.

・腐敗性廃棄物の優先的処理を行う.

（3）応急対応（後半）

・災害廃棄物処理スケジュールを検討し，また，その見直しを行う.

・災害廃棄物処理フローを作成し，また，その見直しを行う.

・仮置場の火災防止策，環境モニタリング，悪臭及び害虫防止対策，飛散・漏水防止策などを行う.

・解体が必要とされる建物の解体を行う.

・被災自動車，船舶等を移動する.

・港湾における海底堆積ごみ，漂流・漂着ごみの処理を行う．

災害廃棄物処理システムは，以上の手順に則り処理を進めて行くことになるが，産業廃棄物処理業者として，東日本大震災の災害廃棄物処理に携わった経験を踏まえて，システムの発生量の推定の重要性を勘案し，新たな推定手法の導入が必要と考える．

5.1.3 災害廃棄物発生量推定に関する提案

東日本大震災に代表される津波などによる大規模な家屋の倒壊を含む災害時において，被災地の早期復旧のためには，綿密な災害廃棄物処理計画を立て，廃棄物処理能力を向上する必要がある．被災地に大量の災害廃棄物が発生した場合，その処理には広域処理や仮設処理場といった災害廃棄物処理能力の向上が求められる．これらの作業を効果的に行うためには，被災地の災害廃棄物量を迅速に推定し，処理能力を向上させることが必要不可欠となる．すなわち，災害廃棄物量の推定は，被災地の早期復旧のために最も重要である．

前述の過去の震災における課題でも述べられているとおり，東日本大震災は大規模な津波被害ということもあり，津波被害による災害廃棄物の発生量の推計方法が明確でなかった．

実際に東日本大震災が起こった 2011 年 3 月時点での災害廃棄物の推定量は宮城県，岩手県，福島県の 3 県の合計で 2,490 トンと発表されたものが，2 年後の 2013 年 4 月時点では，1,599 トンに修正されている．この推定量の相違は，仮置場，運搬，最終処分等の当初各計画から大幅な変更を強いられ，最終的に大きな時間と経費の損失を与えている．

先行研究において，平山らは，地理情報システムを用いて津波浸水域を同定し，津波浸水による住家被害テーブルを用いた災害廃棄物量の推定を行っている．しかしながら，一般的に災害直後の被災地の情報取得については，被害が広域になるにつれ，被害情報の収集，および，確認に多大な時間が必要となる．

この問題を解決するため，山本・大内らは災害後に取得可能な情報である空撮画像を活用することで短時間でより正確な災害廃棄物量の推定を目指して研究を行っており，また，景山・大内らは，リモートセンシングを利用して迅速に広域の被災区域を把握するための研究を行っている．

（1）空撮画像の利用

山本・大内らは，被災地上空で撮影される空撮画像に着目し，建造物の倒壊により発生する災害廃棄物の推定手法を検討した．具体的には，被災地の空撮画像を一定地域ごとに解析し，建造物ごとに倒壊の有無を判別していくものである．

被災地におけるある建造物の被害を判別するには被災地空撮画像を解析し，何らかの特徴量をもって被害の有無を定量化する必要がある．そのため，山本・大内らは地図データ内に示される建造物の屋根に注目した．

地図データ上に建造物が描かれている場合，地震後に該当建造物が倒壊していなければ，空撮画像内の同位置に建造物の屋根が映り込むのは自明である．そこで建造物ごとにトリ

ミングした空撮画像について，屋根を示す特徴量を定義し，各建造物で屋根を示す特徴量が確認できれば，当該建造物の倒壊について判別は可能となる．

具体的には，以下に示す流れで，画像内のある建造物について，倒壊判定を行う．

a.画像データの取得

b.航空写真内の注目建造物のトリミング

c.注目建造物付近の画像特徴量の抽出

d.倒壊の有無の判定

e.倒壊判定の建造物について，災害廃棄物量の推定

被害の判別に用いる画像特徴量として，注目している建造物の屋根を特徴量として定量化する．注目建造物が震災後にも倒壊せず残っている場合，当該建造物の存在する場所には屋根が残される．そのため，建造物の屋根部分は画像内で面として構成され，屋根の境界部分が直線として存在する．

建造物の倒壊判定に屋根の境界部分を用いるため，次の処理を行っている．

まずカラーの航空写真を濃淡画像に変換する．次に，ある濃淡画像に対し，微分フィルタを施すことにより，濃淡画像は急激に明るさの変化する部分，すなわち，エッジを抽出できる．濃淡画像に対し微分フィルタを施した場合，得られる画像は多値となる．エッジの検出を行うため，得られた画像について自動閾値選定法を用いて二値化する．注目建造物が非倒壊ならば，先ほどの流れで得た画像内には屋根の境界，すなわち，エッジが描画される．

最後に，災害廃棄物量の推定は，災害発生原単位に損害建物数を掛け合わせたものの総和と定義する．さらに得られた抽出面積を被災範囲として実際の縮尺に変換する．

山本・大内らは，提案手法の正当性を検証するため，実際に東日本大震災における被災地ある範囲を撮影した航空写真，および，該当範囲の地図データを使用し，画像情報から建造物の倒壊判別を行い，面積を計算した．評価指標として，東日本大震災復興支援調査アーカイブで公開される，膨大な人手と時間をかけた調査による各建造物の倒壊情報と，提案手法での建造物の倒壊情報を比較している．

実験による結果では，災害廃棄物量を推定するにあたり，最重要な要素である「倒壊と判定した建造物が本当に倒壊していた割合」は 75%であり，精度の高い結果を示している．

（2）リモートセンシングの利用

リモートセンシングは，人工衛星から物理的な接触を持つことなく電磁波の反射・放射の強さを測定して対象物の情報を取得するものであり，広域性，瞬時性，周期性などの優れた特徴を持つ．既に，気象観測，地球環境，資源探査，土地利用等の分野で利用されている．

これを用いて高速かつ精密に災害廃棄物量の推定を行うことは，その後の災害廃棄物処理に非常に有効であるが，詳細な情報が取得可能となる高分解能のリモートセンシングデータは，撮影範囲が狭い，高コストである，天候の影響によりデータの取得が困難になる場合があるなど，いくつかの課題を持つ．

景山・大内らは，性能は少し劣る分解能が 10m～30m 程度のリモートセンシングデータ

を用いて，災害廃棄物量を推定する研究を行っている．

分解能が 10m～30m 程度のリモートセンシングデータは１枚の画像で広範囲の被災地を撮影可能であること，ならびに低コストであるといった利点を有する．しかしながら，倒壊した家屋の検出などの詳細な状況把握は困難であるため，精密な災害廃棄物量の推定を行うためには，データの地上分解能に埋もれた情報を推定する手法の開発が必要となる．すなわち，ミクセル（複数の土地被覆物が複合した DN（Digital Number）値を合わせ持つ混合画素）を推定して得られた結果を基に，ミクセルを分解し，データの地上分解能を疑似的に向上させる必要がある．

景山・大内らは，被災地における土地被覆状況の推定を目的とし，データの DN 値とテクスチャ特徴量を併用したミクセルの分解法を提案している．

領域の特徴を構成物から，建築物，海，浸水土壌，植生，土壌の５つのクラスに分類し，景山・大内らの手法でミクセル分解された画素の構成要素を検証すると，地図で示されている構成物と大局的に一致していることが明らかになっている．

すなわち，このミクセル分解法は，災害が今後発生した場合，リモートセンシングデータの分解能を疑似的に向上させる手法として，活用可能であることを示す．

以上から，リモートセンシングデータを利用することによって，迅速に広域的に被災地域を特定し，空撮画像を利用することによって災害廃棄物量を正確に推定することが可能となることを示した．これらの手法を災害廃棄物処理システムの組み込むことにより，より適切な災害廃棄物処理が可能となる．

5.2 空撮画像を利用した災害による倒壊家屋の特定

以下に空撮画像を利用した災害廃棄物量の推定の一助となる空撮画像を利用した災害による倒壊家屋の特定に関する研究の詳細を述べる．

津波の被害に代表される大規模な家屋の倒壊が起こる災害時において，被災地への交通手段が途絶えるなどが原因で被災状況を把握できず，復旧の障壁となっていることが問題となっている．特に，津波により建造物の倒壊が起こり大量のがれきが発生した場合，早急に輸送手段や仮置き場の位置や数を決定し手配をする必要がある．しかしながら，現状では被災地での被害状況の把握，被災がれき量の推定について短時間で行う手法は確立されていない．本研究では，震災直後にも比較的入手しやすい震災前後の航空写真の画像データの差分を抽出し，その画像と被災地の地図情報から家屋のある範囲を抽出，および，解析し，家屋倒壊の著しい地域を特定することで被災地のがれき量を推定する，新しいがれき量推定法を提案し，有効性を検証する．

5.2.1 背景

近年，世界各地で大規模な地震災害，および，津波の被害が報告されている．2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の際には，被災地で発生したがれき量の効果的推定手法が

確立しておらず，震災直後に推定された量と，実際の処理量に大きな乖離が生じる問題が報告されている[37]. 現在，震災後のがれき量の推計は搬入済量をもとに適宜推計値を見直し，より実態に近い推計量に置き換える経験的手法を用いている[38]．こういった手法を用いたがれき処理を行った結果，被災地の現在のがれき処理状況を表 5-1 に示す[39].

表 5-1　被災地の当時のがれき処理状況（2013 年 7 月現在）

	がれき量[×10^{3}ton]		
	推計量	処理量（達成量）	仮置き場設置数
岩手県	3,769	2,609 (0.69)	41
宮城県	10,603	9,095 (0.86)	58
福島県	1,607	925 (0.54)	29
合計	16,081	11,805 (0.74)	128

東日本大震災では，大規模な家屋の倒壊を含む災害時において，被災がれき量の推定に大きな遅延が生じたために，仮置き場の位置や数の決定が遅延し，震災後 6 ヶ月以上にわたり被災地では仮置き場が増え続けた．先述のように，がれき量の推計方法は，被災地での搬入済量から修正を重ねているため，震災直後のがれき量の推計量は実際のがれき量と大きく乖離する．そのため，処理すべきがれき量の見積もりには時間がかかるほか，震災直後の見積もりは不十分であることが多く，がれき量の推計から処理への行程がスムーズへの移行は難しい．以上の理由から，東日本大震災においても，がれき処理を平成 26 年 3 月末までに終えることが目標であるにもかかわらず，被災から 3 年以上が経過した現在でも，被災地のがれき処理が全体の 75 パーセント程度しか完了していないという問題がある．

このように，津波などの被害により被災地への交通手段が途絶えるなどの影響で，被災状況が迅速に把握できなければ，トラックなどの輸送手段の手配，仮置き場の位置や数などを適切に決定できず，早期復旧の障壁となる．それに伴い，被災がれき量の推計，および，処理に遅延が生じるため，被災地の復興が遅れる要因となる．そのため，被災直後の復旧へ向けた迅速な対応や，復旧に向けた取組みを総合的に行うためには，被災がれき量をより早く正確に推定する必要がある．

しかしながら，現状では災害直後は被災地から得ることのできる情報は乏しく，被災がれき量の推定は被災地でのがれきのトラックでの運搬を行った総量から見積もる手法が主流である．よって，現状では被災直後の被災地での被害状況の把握は困難であり，被災がれき量の推定を短時間で行う手段は確立されていない．このような背景から，被災地から得られる数少ない情報として，ヘリコプターなどで情報の入手が可能な航空写真を活用し，すばやく被害状況を把握する手段を用いることで，被災地の早期復旧，ひいては，復興の手立ての確立が望まれる．

5.2.2 関連研究

画像処理技術を応用したがれき量推定を行うにあたり，災害復興のための画像処理技術に関する研究，および，がれき量推定に関する研究を関連研究として以下に示す.

（1）画像処理技術の適用

画像処理技術の応用による被害地域の把握を目指す手法として，画像の変化抽出や欠陥領域の検出を利用した被害推定の研究がなされてきた．こういった画像処理技術の例として，異なる二枚以上の画像同士のステレオマッチングや人工衛星 SAR 強度画像の解析，プリント基板配線パターンの欠陥検査アルゴリズム[40]を応用する手法が存在する.

こうした手法を利用して，異なる時期に撮影した車載カメラから取得できる実映像を対応付けた被災地の倒壊家屋の検出や，地震災害後の道路閉鎖領域検出に応用する研究が行われている[41][42][43]．ただし，これらの手法は，高精細な画像データや赤外線衛星画像の存在を前提としている場合が多い．あるいは，データの入手までに時間がかかるため，被災地に手法が適用できるとは限らない.

また，被災地上空で撮影された空撮画像による被害推定の研究として,倒壊した建造物により堆積したがれきをトレーニングデータとして学習し,空撮画像内のがれきを補足することで倒壊した建造物を特定する研究が報告されている[44][62][63].

しかし,津波の被害などにより発生したがれきがその場にとどまらない場合は適用できず,がれき量の推定が困難となる問題がある.

（2）がれき量の推定

近年，建設現場や震災に伴い，二次的に発生するがれき量推定の研究が行われている．また，がれきの輸送手段や処理施設の配置に関する研究も存在する.

具体例として，特定の地域や倒壊した戸数に応じた発生がれき量や，処理施設の立地を考察する研究が報告されている[45][46]．ただし，これらの手法は，被害領域が抽出されていることを前提とし，該当領域で発生するがれき量を推定する手段であるため，あらかじめ被害領域を特定する必要がある.

5.2.3 目的

被災地から得られる数少ない情報を活用し，すばやく被害状況を把握する手段を用いることで，被災地の早期復旧，ひいては，復興の手立ての確立が望まれる．本研究では，その中でも比較的震災直後にも入手しやすいデータとして，被災地上空で撮影される航空写真に着目する.

また，現状では，被災地での被害状況の把握，被災がれき量の推定について短時間で行うことはほぼ不可能である．そこで本研究は，被災前後の航空写真の画像データから被災地域を特定し，被災地に生じる被災がれき量を推定する手法を検討する.

具体的には，被災前後の航空写真の画像データから被災地域を特定し，地図データとの照合による建造物の有無を考慮に入れた上で，被災地域に生じる被災がれき量の推定を行う.

5.2.4　津波によるがれきの発生と復旧

近年，地震による津波の被害が世界各地で報告されている．特に，2004 年スマトラ沖地震, 2010 年ハイチ大地震, そして 2011 年に日本を襲った東日本大震災などは記憶に新しい．これらはいずれも大規模な津波の被害を受けているが，本研究では特に津波の発生に伴う被災がれきの発生による諸問題について焦点を当てる．

被災がれきの発生による諸問題として，被災地への立ち入りが困難になること，これに伴い輸送手段の早期手配が困難となることや，これに伴う仮置き場の位置や数の決定の遅延が挙げられる．これらは現在，いずれも被災地の早期復旧への障壁となっている．そのため，被災地の早期復旧のためには，被災地に発生したがれき量を，震災後素早く推定する手法が必要となる．なお本研究では，津波によるがれきの発生，および，被害への取り組みについて，2011 年 3 月 11 日に起こった東日本大震災の詳細を以下に示す．

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災で生じた被害の一つに，津波の発生による建造物の倒壊の被害が存在する．

3 月 11 日 14 時 46 分ごろ発生したとされる東日本大震災の地震の規模は，3 月 12 日でマグニチュード 8.8，3 月 14 日にはマグニチュード 9.0 に拡大された[47][48].気象庁は地震発生から約 4 分後の 14 時 50 分ごろ，岩手，宮城，福島県で高さ 3 メートル以上の大津波警報を発令している[49].

なお，この震災での津波の被害は被災翌日，各新聞社によって報道されている[50][51].また，震災翌日の 3 月 12 日の調査では津波の被害は岩手県大船渡市から福島県相馬市周辺までの約 150 キロメートルにおよび，駅などのインフラ施設を含めた大規模な建造物の倒壊のほか，沿岸部の地盤沈下や冠水などにより被災地への立ち入りは不可能となっており，救出作業や被害調査は被災地上空からヘリコプターで行っている[52].

津波の多くは地震と併発して起こるため，様々な被害を引き起こす．代表的なものに，津波に巻き込まれることで行方不明となったり，流れてきた船や建造物の残骸との衝突で被災者が死亡する人的被害，本研究で扱う建造物の被害とそれに伴う道路や電気などのライフラインへの影響が挙げられる．首藤は，木造建築物は津波の高さが 2m 以上になると建造物は全面倒壊すると報告している[53].

東日本大震災後に気象庁が発表した津波の高さについて，以下図 5-1 に示す.
図 5-1 中の矢印は, 津波観測施設が津波により被害を受けたためデータを入手できない期間があり，後続の波でさらに高くなった可能性があることを示す.

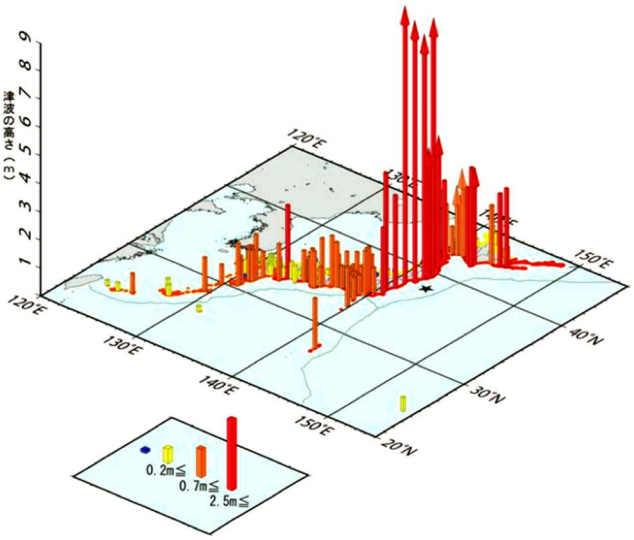


図 5-1　東日本大震災当時の津波の観測状況

このことからも，被災地では多くの建造物が津波により倒壊し，がれきとなって流されたことは自明である．また，震災当時は具体的ながれき量の推定は困難であり，東北三県の仮置き場は 2011 年 9 月まで増加していたことが知られている．例えば，震災後の 3 月 28 日に宮城県が発表した県内の推計がれき量は 150 から 180 万トン[54]，翌年 3 月 19 日に復興庁が発表した宮城県のがれき量は 156.9 万トン[55]とばらついた推計量が報じられていることからも，震災直後のがれき量推定の手法が確立していないことがわかる．

また，先述の表 5-1 の通り，震災後三年以上が経過した現在もがれき処理が終わっていないという問題が生じている．

さらに，地震のみの被害と比較して，津波によって破壊された建造物がもたらす二次的被害も問題となる．たとえば，東日本大震災では，津波により倒壊した建造物の漏電による火災や，沿岸部に集中している重油タンクの損壊から生じる大火災の発生などが挙げられる[56][57].

以上のことからも，地震に伴う津波の被害の大きさ，および，被災地の被害の推定は難しく，震災後すぐに被害を推定する手法が望まれる．

5.2.5　災害廃棄物への対策

本節では，東日本大震災により発生した災害廃棄物，とくに，がれきについて触れる．東日本大震災から約 1 年後の 2012 年 3 月 19 日から 2013 年 9 月 25 日までの期間，復興庁が発表している被災地の推定がれき量の推移として図 5-2 を示す.

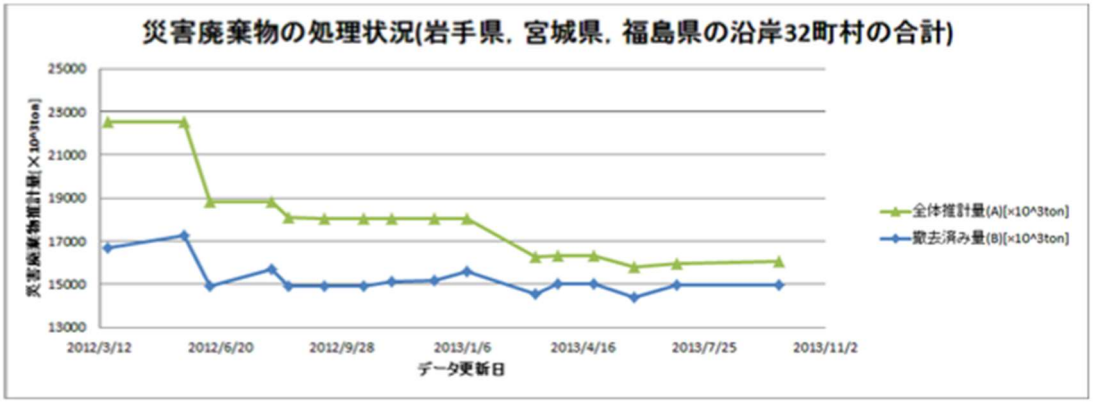


図 5-2　災害廃棄物の処理状況

このように，震災から一年以上経過していてもがれき量の推定量は大きく推移を続けている．迅速にがれき処理を行うためには，被災地だけでなく県外の既設の焼却炉や処分場を活用した広域処理を行う必要があるが，推定がれき量が定まらなければ，広域処理の利用に支障をきたす．このようながれきの推計量の大きな推移の原因として，被災地のがれき量推定の手法ががれきの運搬量に基づく経験的な手法であることが挙げられる．そのため，災害廃棄物処理，とくに，がれきの推計量を迅速に推定する手法が望まれる．

5.2.6　被害推定のための取り組みとして

被害推定のための取り組みとして，能島らは，地震動情報やフラジリティ関数などを組み合わせた早期被害推定の結果を一次情報，なんらかのリモートセンシング技術により把握された被害地域の情報を二次情報，取得画像の目視判読や被災地への巡回調査による実被害情報を三次情報として，地震直後の混乱期における被害情報の逐次更新を検討している[58][59].

リモートセンシング技術，とくに，画像の変化抽出による被害推定のための研究として，異なる時期に撮影した車載カメラから取得できる実映像を対応付けた被災地の倒壊家屋の検出や，地震災害後の道路閉鎖領域検出に応用する研究が挙げられる[43][60][61]．ただし，これらの手法は，先述の通り高精細な画像データが存在することを前提としている場合や，赤外線衛星画像の存在が必要であることを前提としている場合が多い．また，被災地を撮影した画像データの利用を考える際，現状では国土地理院などの公開している画像が 1970 年代に撮影されたものである場合もあり，報告されている手法が適用不可能となる可能性が生じる.さらに,被災直後の被災地は交通網の麻痺などから立ち入りが困難である場合が多く,データの収集に時間がかかることからも,被災後すぐに被災地の状況を予測するための手段として車載カメラを利用することは難しい.そのため，このような手法は先述の三次情報的位置づけと言え，高精度に被害状況の把握が必要となる局面で有効である．

以上のことから，二次情報の取得には，被災直後に被災地にアプローチが可能であるヘリ

コプターなどにより,被災地上空で撮影した航空写真を利用して被害状況を予測するなど,リモートセンシングによってより高精度に被害抽出する手法が考えられる.

被災地上空で撮影された空撮画像による被害推定の研究の先行研究として,倒壊した建造物により堆積したがれきをトレーニングデータとして学習し,空撮画像内のがれきを補足することによって倒壊した建造物を特定する研究が,鈴木ら,三冨らなどにより報告されている[44][62][63].

しかし,津波などの影響で地形が変化することは想定されておらず,津波の被害などにより発生したがれきがその場にとどまらない場合や,汚泥の発生によりがれきを補足できない場合は適用できず,がれき量の推定が困難となる問題がある.

本研究は,この中でもリモートセンシング技術を利用した被災地の被害情報を推定する手法である.中でも,画像の変化抽出や欠陥領域の検出を利用した二次情報の位置づけといえる.震災直後にも入手可能な画像データであるヘリコプターで撮影した航空写真から,被害に遭った建造物を特定し,発生するがれき量の推定を行う.

5.3 画像データを利用した建造物の変化抽出とがれき量推定方法

震災直後にも入手可能な画像データであるヘリコプターで撮影した航空写真から,被害に遭った建造物を特定し,発生するがれき量の推定を行う.具体的には,被災前後の航空写真の画像データから被災地域を領域として抽出し,地図データとの照合による建造物の有無を考慮に入れた上で,建造物の変化抽出を行う.また,領域の面積を実面積に変換することにより,被災地域に生じる被災がれき量の推定を行う.

5.3.1 画像処理技術

画像処理技術を応用したがれき量推定を行うにあたり,提案手法で利用する画像処理技術を以下に示す.

（1）グレースケール化

画像の領域抽出には,領域の境界を検出することが必要である.境界の検出のためには各ピクセルごとの RGB 値を参照し,隣接ピクセルの RGB 値と比較することで,領域の境界か調べることができる.

しかし画像サイズが大きくなると計算時間が膨大になるため,本研究ではあらかじめ色情報を明るさ情報に変換する.よって,対象物の抽出のための二値化の前処理として,カラーの航空写真をグレースケールに変換する.

（2）加法混色

コンピュータのモニタにおいて色を表現するには,光の 3 原色である赤(R),緑 (G),青(B)の組み合わせを利用する.このような色の表現法を加法混色 (additive color mixing) という.(図 5-3)

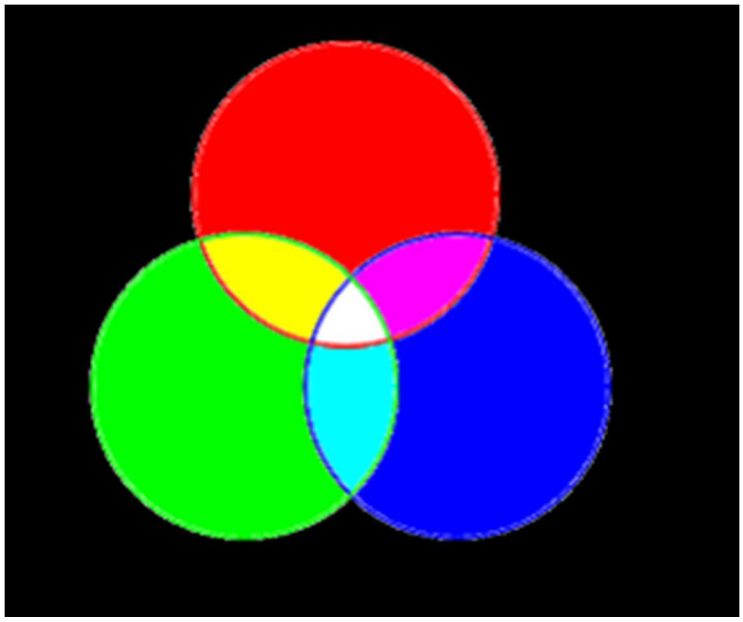


図 5-3　加法混色

通常のモニタはRGB各8bitの階調を映し出すことができ，その色の数は，256^3=16,777,216色となり，フルカラー画像とも呼ばれる．本研究で利用している航空写真および地図データは，いずれもRGB 各8bitの階調で表現されるフルカラー画像である．

（３）色の変換

本研究では，RGB 色空間を明るさY に変換するために，画像内のすべての画素について以下の式(5.1)を適用し，カラーの画像のグレースケール化を行う[64][65].

$$Y = 0.299r + 0.587g + 0.114b \qquad (5.1)$$

Y は各画素の変換後の明るさであり0から255で表される．また，右辺のr, g, b値は各画素の変換前の各画素のRGB値を示す.

5.3.2　二値化しきい値の選定

領域の抽出のためにすべてのピクセル，および，その近傍ピクセルについて，RGB 値を参照して境界を判定するには膨大な計算量がかかる．そこで本研究では，撮影時の光量といった多少の変動に対して頑健にするために，得られた震災前航空写真，および，地図データの画像について自動閾値選定法として判別分析法[66]を用いた二値化を行う．

判別分析法とは，図5-4のような画像内の画素値の分布が与えられている場合に，しきい値t で分布を左右に分け，分布の分離度が最大となるしきい値t を定める手法である．

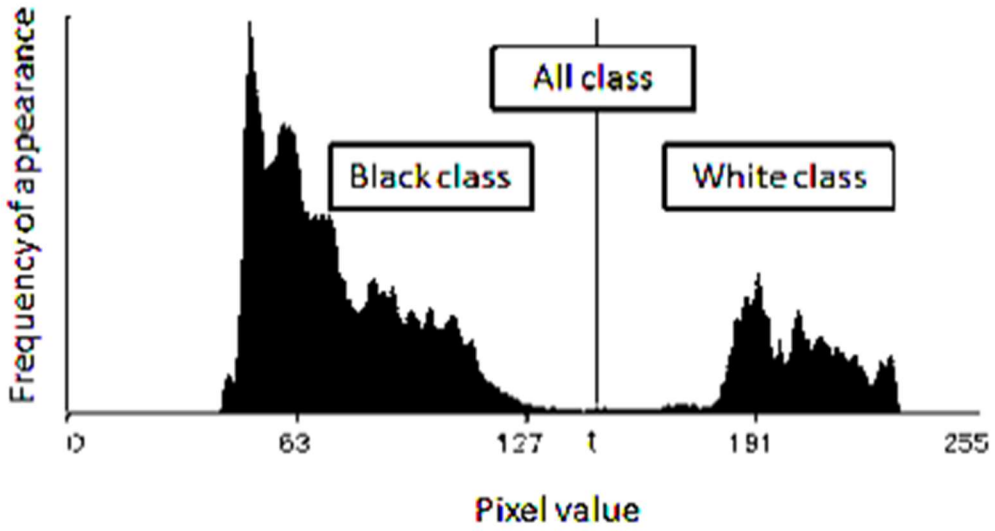


図 5-4　画素数の分散

図 5-4 のように，しきい値t より輝度値が小さい画素数を黒クラスとし，しきい値t より輝度値が大きい画素数を白クラスと定義する．以下に，しきい値を選定する手法について説明する．

（1）クラス内分散

クラス内分散とは，各クラスの分散を計算し，足し合わせたものであり，式(5.2)で表される．

$$\sigma_{\omega}^2 = \frac{\omega_1\sigma_1^2+\omega_2\sigma_2^2}{\omega_1+\omega_2} \qquad (5.2)$$

ここで，黒クラスの画素数をω_1，分散をσ_1^2，白クラスの画素数をω_2，分散をσ_2^2で表す．

（2）クラス間分散

クラス内分散に対し，各クラスの平均値の分散をクラス間分散といい，クラス間分散を式(5.3)で表す．

$$\sigma_b^2 = \frac{\omega_1\omega_2(m_1-m_2)^2}{(\omega_1+\omega_2)^2} \qquad (5.3)$$

ここで，黒クラスの画素数をω_1，平均値をm_1とし，白クラスの画素数をω_2，平均値をm_2で表す．

（3）分離度

分離度は求めるクラス間分散σ_b^2とクラス内分散σ_{ω}^2の比で定義される．

$$\sigma_t^2 = \sigma_b^2 + \sigma_{\omega}^2 \qquad (5.4)$$

全分散σ_t^2を式(5.4)で表すとき，分離度は式(5.5)で表すことができ，判別分析法ではこの分離

度を最大とするしきい値tを決定する．

$$\frac{\sigma_b^2}{\sigma_\omega^2} = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_t^2 - \sigma_b^2} \qquad (5.5)$$

ここで，全分散σ_t^2，および，式(5.3)に示すクラス間分散σ_b^2の分母はしきい値tにかかわらず一定である．そのため，分離度を最大化するしきい値tは，以下の式(5.6)を用いて決定する．

$$t = \max\{\omega_1\omega_2(m_1 - m_2)^2\} \qquad (5.6)$$

本研究では，以上の手法により航空写真を白と黒で表現し，白部分を物体領域，黒部分を背景領域として定義する．

5.3.3 多値化処理

震災後の航空写真は，土砂などの影響により建造物と地面の区別の判読が困難であるため，二値化処理のみでは建造物の抽出が困難であることが予備実験によりわかっている．そのため，航空写真を四値化し，最も明るい部分を物体領域として定義する．本研究では簡単のため，設定する 3 つのしきい値について，輝度が 0 から 255 の 256 段階で表されることから明るさを 64 ごとに区切ることとした．そのため，各階調のしきい値は 64，128，192 と設定する．図 5-5 に処理結果の例を示す．

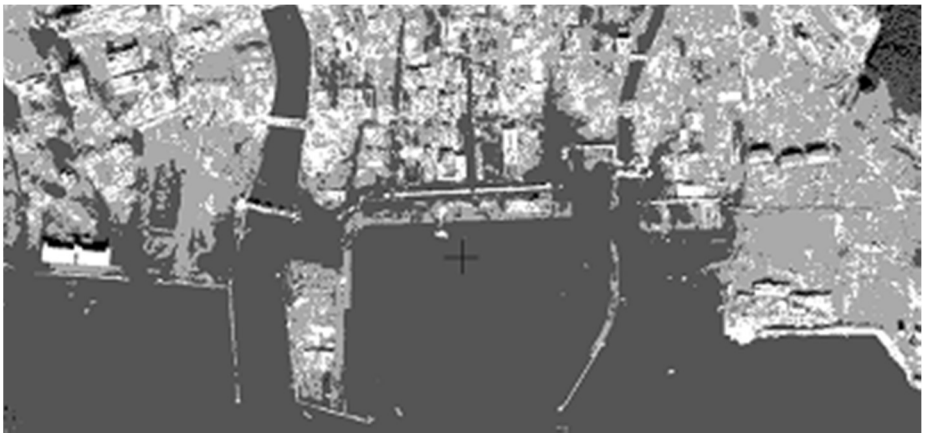


図 5-5　多値化結果の例

5.3.4 領域の抽出

領域の抽出には，以下に示すアルゴリズムを用いる．図 5-6 に領域抽出処理の流れを示す．

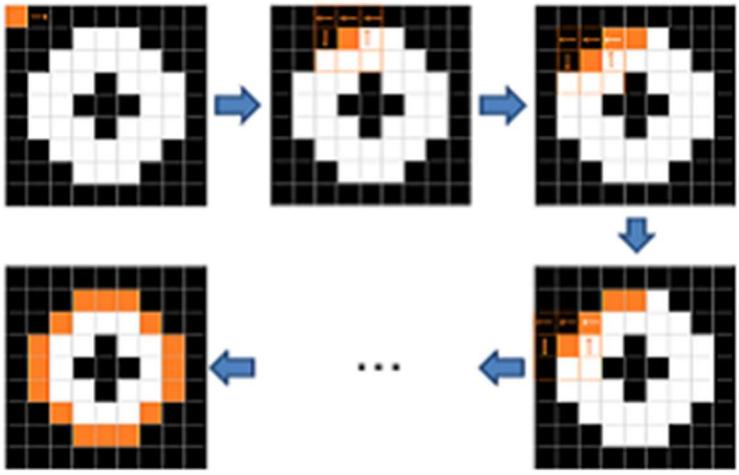


図 5-6　領域抽出の流れ

1. 入力画像の物体を白，背景を黒とした二値画像に変換
2. 入力画像を端から 1 ピクセルごとに順に走査し，最初に現れた物体領域を最初の輪郭画素に設定
3. (2)で見つけた輪郭画素と隣接する領域を左回りに調べ，先程と同様に最初の物体領域を輪郭画素に設定
4. 新たに見つけた輪郭画素に移動し，隣接領域を調べる
5. (2)で見つけた開始点に戻るまで繰り返し，得られた輪郭内の画素を同一領域とする

本研究では，航空写真の精緻化を行っていないため，抽出対象領域を陸地の部分とし，背景を海の部分と定義する．航空写真の地図データについては，区画ごとの境界が目視でもはっきり視認できるため，建造物の存在する区画，および，区画外の建造物が存在する地点を抽出対象の領域とする．

デジタル画像処理では，注目画素の隣接の定義として 4 連結方式と 8 連結方式が広く用いられる[65].

それぞれの連結方式を図 5-7 に示す．4 連結方式は注目画素の上下左右の画素を隣接画素として定義する方法である．一方で，8 連結方式はそれに加えて注目画素の斜め方向に存在する画素までを隣接画素と定義する方法である．

本研究では，領域の抽出対象が画像上の地形であるため，抽出対象領域は連続性をもつことが求められる．そのため，領域の抽出には 8 連結方式を採用する．

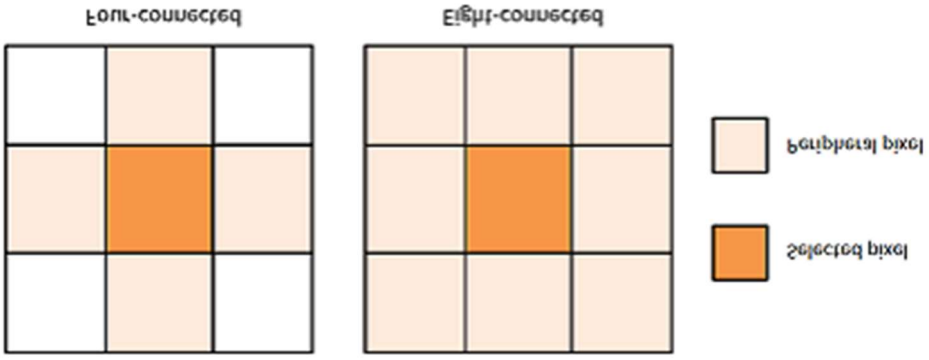


図 5-7　画素値の連結法

5.3.5　震災前後の航空写真の変化抽出

震災前後の航空写真について抽出した領域を比較し，災害による地形変化を抽出することで，被害の著しい地域の特定を行う．

また，航空写真に対応する地図には震災以前に建造物の存在した位置が示されている．本研究では，この部分に地形の変化があった場合，該当地域の建造物が倒壊し，がれきが生じたと判断する．

画像の変化抽出にあたり，あらかじめこれらの画像に対し画像を前処理として画像の色情報を明るさ情報に変換し，カラー画像をグレースケール画像に変換し，二値化を行う．ただし，震災後の航空写真については，予備実験により二値化での物体領域の抽出が不可能であることがわかっている．そのため，震災後の航空写真については多値化処理を行う．以下に変化抽出の式を示す．

震災前の航空写真が撮影されてから，震災後の航空写真が撮影されるまでの期間に埋め立て地の造成などがある可能性が十分にある．本研究では，震災以前の地形を基準として定義し，震災後までの期間に造成された地域内の建造物は，領域抽出を行うが変化抽出の際は被害の有無を問わず抽出ができない．

以上のことから，震災前に存在していた領域が震災後にも存在するならば，2 枚の航空写真を重ね合わせたとき，同じ位置に同じ領域が存在することは自明である．したがって，震災前に存在していた領域かつ震災後に存在していない領域を変化領域として定義する．

震災前の航空写真に存在する領域をL_1，震災後の航空写真に存在する領域をL_2，抽出した変化領域をTとするとき，変化領域Tは式(5.7)で求めた領域とする．

$$T = L_1 \wedge \overline{L_2} \qquad (5.7)$$

5.3.6　地図データの利用

震災前後の航空写真の比較により地形の変化抽出が可能である．しかしながら，震災後の発生がれき量は，市街地などの建造物が多数存在する地域，森林となっている地域，更地となっている地域など地域の特性に応じて変化する．そのため，がれき量の推定には，変化した領域がどのような地域であるかを考慮する必要がある．

そのため，航空写真の情報だけでは自動的に変化領域の特性の判別は難しい．そこで，変化領域の特性を判別するために，地図データを用い，震災前後の変化領域がどういった特性であるか考慮した上でがれき量の推定を行う．なお本研究では，簡単のために建造物からのみ発生するがれき量に注目してがれき量の推定を行う．

（1）　建造物が存在する地域の定義

図 5-8 に示した地図データから建造物の存在する領域を先述の手法で領域抽出し，震災前の航空写真に射影した結果を図 5-9 に示す．図 5-9 の中で塗りつぶされている部分が，建造物が存在すると判断された部分である．便宜上，本研究ではこの区画内には建造物が存在していると定義する．

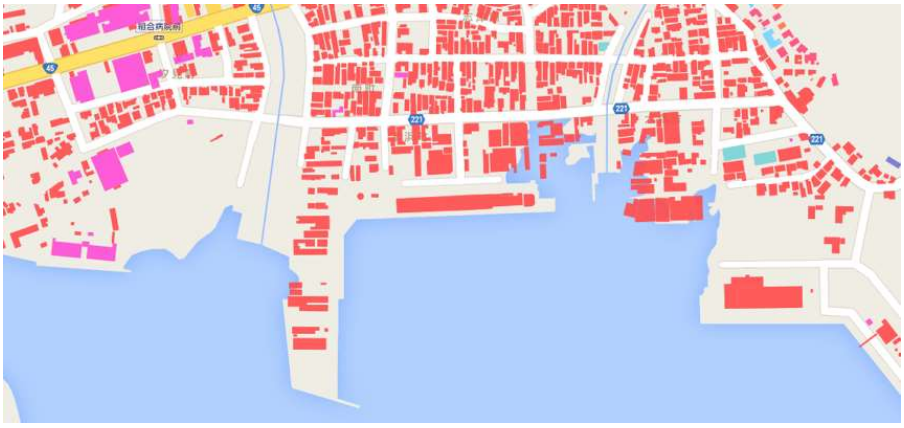


図 5-8　被災地の地図データ



図 5-9　地図データの射影結果例

（2）定式化

本研究では，震災前後の航空写真を比較によって得られる地形の変化した領域が，地図データ内の建造物領域に存在するか調べる．

震災前後の航空写真の変化抽出によって得られる領域内に建造物が存在するならば，その領域が地図データ内の建造物領域と重なり合うことは自明である．すなわち，建造物の倒壊によるがれきが発生する領域の特定は，震災前後の航空写真の変化領域と地図データの建造物の存在領域を用いて求めればよい．

したがって，建造物の倒壊によりがれきが発生する領域D は，式(5.7)と地図データ内の建造物領域E を利用して式(4.8)として定式化できる．

$$D = T \wedge E \qquad (5.8)$$

5.3.7 変化領域内のがれき量推定

がれき量の推定には次式(5.9)に示す災害廃棄物量推定方法[4-10]を用いた．災害廃棄物量(がれき量) W_Dは，災害発生原単位C_iに損害建物数N_iを掛け合わせたものの総和と定義する．また，ここでiは木造住家焼失($i = 1$)，鉄骨造住家倒壊($i = 2$)などの災害発生時の条件や材料によって変化する被害レベルを示す．

本研究では損害建物数N_iを得るために，建造物の変化領域を抽出し，得られた領域面積を被災範囲として実際の縮尺に変換し使用する．災害発生単位C_iは木造一般家屋が倒壊した場合の，単位平方メートルあたり発生するがれき量 0.62[ton]を使用する．

$$W_D = \sum_{i=1}^{M}(C_i N_i) \qquad (5.9)$$

がれきの発生要因が，津波被災が主要因の場合，津波による汚泥もがれきとなるが，本研究では建造物の倒壊が原因で発生するがれき量に焦点を絞る．

5.3.8 有効性の検証

本節では，先述の提案手法の有効性を検証するため，実際の航空写真，および，地図データに対して提案手法を適用する．建造物の変化抽出が行われた領域の面積を計算し，該当領域内で発生するがれき量を推定する．また，評価指標として，東日本大震災復興支援調査アーカイブより，被災地の建物倒壊情報を画像データとして用意した．この画像データを正答例として定義し，提案手法の抽出精度を評価する．

本研究では，入力データとして東日本大震災前の航空写真，震災後の航空写真を用いる．これらは，いずれも日本国土地理院が公開している被災地域の航空写真[67]を利用している．利用する地図データは，公開データとして，東日本大震災復興支援調査アーカイブ[68]を利用する．また，本研究が様々な地域に適用可能であるか実証するため，数値計算機実験では

撮影対象を沿岸部，山間部に対して行う．沿岸部の使用航空写真は，宮城県南三陸町を撮影した航空写真，および，地図データを利用する．また，山間部の使用航空写真は，岩手県陸前高田市を撮影した航空写真，および，地図データを利用する．

5.3.8.1　使用画像データ

（1）沿岸部の画像データ

沿岸部の画像データとして，宮城県南三陸町の志津川港を撮影した航空写真を用いる．震災前の航空写真として図 5-10，震災後の航空写真として図 5-11 を用いる[67]．震災前の画像は 1974-78 年の間，震災後の画像は 2011 年 3 月 12-13 日の間に撮影されたものであり，いずれも縮尺は 1/4500，ピクセル密度は 24dpi である．

また，地図データは東日本大震災復興支援調査アーカイブにて公開されているデータであり，画像上に表示されている矩形は建造物の存在する領域である．このデータは，東日本大震災後に復興支援団体が現地に復興支援を行った際に記録したデータである．



図 5-10　震災前の航空写真



図 5-11　震災後の航空写真

（２）山間部の画像データ

山間部の画像データとして，本研究では岩手県陸前高田市付近の航空写真，および，地図データを利用する(図 5-12，図 5-13)．震災前の航空写真の撮影時期は 1974-78 年である．また，震災後の航空写真は 2011 年 4 月 1 日に撮影されたものを用いる．この二枚の画像は日本国土地理院の公開しているデータを使用している．また，地図データは沿岸部の画像データと同様，東日本大震災復興支援調査アーカイブにて公開されているデータを使用する (図 5-14)．いずれの画像も縮尺は 1/4500，ピクセル密度は 24dpi である．



図 5-12　震災前の航空写真



図 5-13　震災後の航空写真

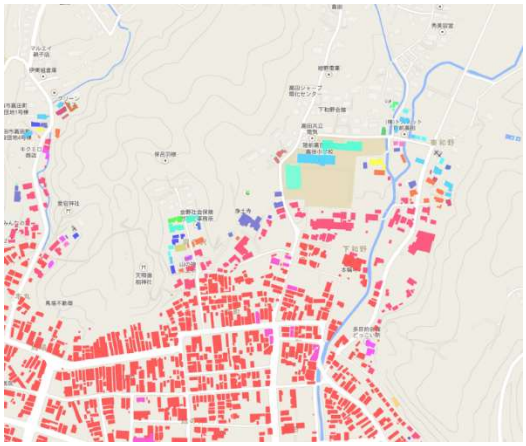


図 5-14　被災地の地図データ

5.3.8.2　実面積への変換

本研究では，提案手法により抽出画像した建造物の変化領域を端から走査し，抽出した領域が合計何画素であるか計算することで，ピクセル密度から実面積に変換を行う．
実面積を$A[m^2]$とおくとき，抽出した領域の面積$p[dot]$，撮影した航空写真の縮尺をS，ピクセル密度を$D[dpi]$とするとき，式(5.10)で表すことができる．

$$A = c^2 \frac{pS^2}{D^2} \qquad (5.10)$$

なお，ここでcは定数であり，$c = 2.54 * 10^{-2}$である．

5.3.8.3　評価指標

本提案手法の正当性の評価のため，提案手法により抽出された領域を，東日本大震災復興支援アーカイブで webGIS 上に公開されているデータを正答例として利用した[68]．このデータは東日本大震災後，被災地支援を行った復興支援団体が目視により被災地の建造物の倒壊状況を判定したデータをアーカイブ化したものである．提案手法により利用されている航空写真で撮影された領域と同じ地域の画像データを用意し，正答例として定義する．

例として，図 5-15，図 5-16 を示す．図 5-15，図 5-16 で示される凡例の通り，建造物ごとに塗り分けられている色により画像データ内の建造物の位置，および，大きさ(高さは含まない)情報と，建造物の被害レベルを照合することが可能である．なお，この凡例は原則として目視調査により面的に判定した結果であり，罹災証明の結果とは必ずしも一致しない．



図 5-15　沿岸部画像の建造物倒壊情報と凡例

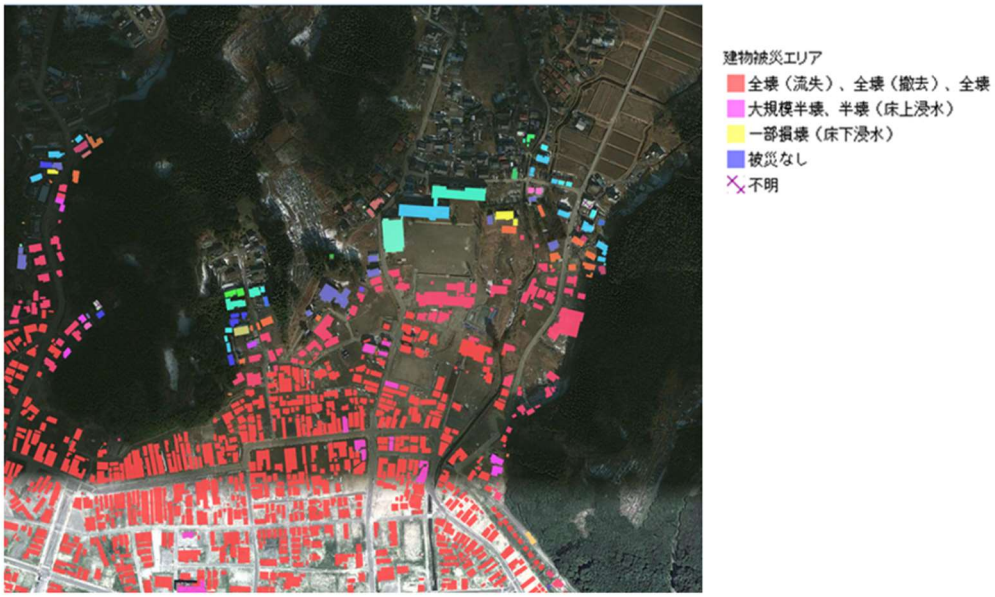


図 5-16　山間部画像の建造物

5.3.8.4　評価方法

前節の正答例と提案手法での変化領域抽出結果を比較する．本研究では建造物が存在しなくなった領域を抽出するため，被災後に建造物の形が原型をとどめていない可能性の高い．そのため，正答例での全壊，および，大規模半壊が認められる部分を提案手法が建造物の変化領域として抽出されているかを比較し，評価する．また，正答例での一部損壊，被害なしは被災後も建造物が原型をとどめて存在する可能性が高い．そのため，提案手法で建造物の変化抽出がなされなかった領域と比較することで，提案手法で建造物が変化しなかった領域に，被災後も建造物が存在しているかを評価する．

5.3.8.5　正答率の定義

（１）建造物の倒壊があった領域

提案手法で建造物の変化抽出をした領域と，正答例で建造物の倒壊があった領域(全壊，および，大規模半壊の認められる部分)が合致しているならば，合致範囲において，提案手法は建造物の変化抽出を正しく行うことが可能である．したがって，地図データ上に示される全建造物領域の中で，正しく建造物の変化抽出した領域の割合を求めることができる．

建造物の倒壊によりがれきが発生する領域，すなわち，提案手法が建造物の変化抽出をした領域Dと，正答例で建造物の倒壊があった領域C，地図データ上の全建造物領域Gを用いると，正しく建造物の変化抽出した領域の割合Q_1は以下の式(5.11)で表せる．

$$Q_1 = \frac{D \wedge G}{G} \qquad (5.11)$$

（２）建造物の倒壊がなかった領域

同様に，提案手法で建造物の変化抽出がされなかった領域と，正答例で建造物の倒壊がなかった領域(一部損壊，および，被害なしとされる部分)が合致しているならば，合致範囲において，提案手法は変化しない領域を正しく判別可能であるといえる．すなわち，地図データ上に示される全建造物領域の中で，提案手法が正しく建造物の変化がなかった領域を抽出した割合を求めることができる．

建造物の倒壊によりがれきが発生する領域，すなわち，提案手法が建造物の変化抽出をした領域Dと，正答例で建造物の倒壊があった領域C，地図データ上の全建造物領域Gを用いると，正しく建造物の変化がなかった領域を抽出した割合Q_2は以下の式(5.12)で表せる．

$$Q_2 = \frac{\bar{D} \wedge \bar{C}}{G} \qquad (5.12)$$

5.3.8.6　定式化

以上のことから，式(5.11)と式(5.12)を用いて，提案手法の正当率Qは以下の式(5.13)のように定式化できる．

$$Q = Q_1 + Q_2 \qquad (5.13)$$

5.3.8.7　誤答率の定義

正答率の場合と同様に，提案手法の誤答率は以下のように場合分けできる．

（１）建造物の変化を抽出できない場合

これは，正答例で建造物が全壊，または，大規模半壊とされている領域において，建造物

が変化なしとみなした場合である．
この場合，提案手法は該当領域において建造物の変化抽出に失敗したとみなせる．
よって地図データ上に示される全建造物領域の中で，提案手法が建造物の変化抽出に失敗した領域の割合F_1は，提案手法が建造物の変化抽出をした領域Dと，正答例で建造物の倒壊があった領域C，地図データ上の全建造物領域Gを用いると，式(5.14)として表せる．

$$F_1 = \frac{\bar{D} \wedge C}{G} \qquad (5.14)$$

（２）建造物の変化がない領域を変化抽出する場合
これは，正答例で建造物が一部損壊，または，被害なしとされている領域で，提案手法が建造物の変化した，とみなした場合である．この場合，提案手法は当該領域を誤抽出したとみなせる．よって地図データ上に示される全建造物領域の中で，提案手法が建造物の変化抽出を誤抽出した領域の割合F_2は，提案手法が建造物の変化抽出をした領域Dと，正答例で建造物の倒壊があった領域C，地図データ上の全建造物領域Gを用いると，式(5.15)として表せる．

$$F_2 = \frac{D \wedge \bar{C}}{G} \qquad (5.15)$$

5.3.8.8　定式化
以上のことから，式(5.14)と式(5.15)を用いて，提案手法の誤答率Fは以下の式(5.16)のように定式化できる．

$$F = F_1 + F_2 \qquad (5.16)$$

5.3.8.9　適合率
適合率は，検索結果の中にどの程度正解が含まれるかを示す指標である．すなわち，提案手法で被害ありと抽出した領域のなかで，正答例でも被害ありとなっている領域の割合をさす．よって，提案手法が建造物の変化抽出をした領域Dと，正答例で建造物の倒壊があった領域Cから，適合率Pは式(5.17)となる．

$$P = \frac{D}{D+C} \qquad (5.17)$$

4.3.8.10　再現率

適合率に対し，再現率は検索可能な情報全体から，どの程度正答が拾い出せたかを示す割合である．すなわち，正答例で被害ありとされた領域のなかで，提案手法も被害ありと判断している領域の割合をさす．よって，提案手法が建造物の変化抽出をした領域Dと，正答例で建造物の倒壊があった領域Cから，再現率Rは式(4.18)となる．

$$P = \frac{C}{D+C} \qquad (4.18)$$

5.3.8.11　実験結果

沿岸部で実験を行った結果を図 5-17，山間部で実験を行った結果を図 5-18 に示す．
この図では，塗りつぶされている領域の色によって意味が異なる．各色の領域A_{ij}はそれぞれ表 5-2 に示す対応関係として定義する．このとき，$i \in \{1,0\}$は提案手法で抽出した領域であるか否か，$j \in \{1,0\}$は正答例で建造物の倒壊した領域であるか否かを示す．

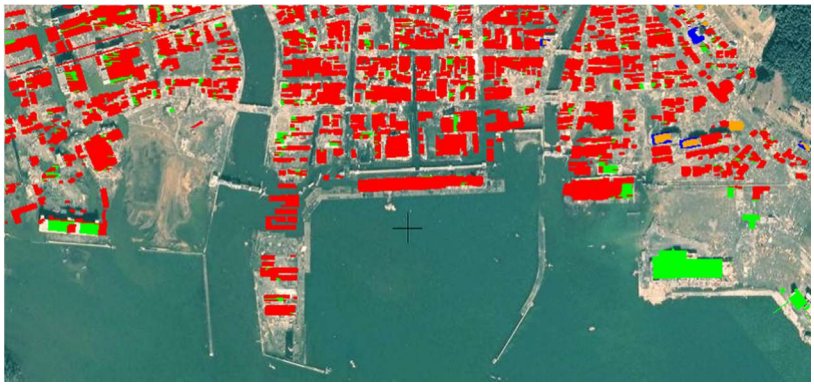


図 5-17　沿岸部画像の実験結果



図 5-18　山間部画像の実験結果

表 5-2　各領域の名称と表示色の意味

		正答例 (A_{i*})	
		1	0
提案手法 (A_{*j})	1	A_{11}(赤)	A_{10}(橙)
	0	A_{01}(緑)	A_{00}(青)

A_{11}(赤)：提案手法が変化抽出した領域　かつ正答例で建造物の倒壊があった領域

A_{10}(橙)：提案手法が変化抽出した領域　かつ正答例で建造物の倒壊がなかった領域

A_{01}(緑)：提案手法が変化抽出しなかった領域　かつ正答例で建造物の倒壊があった領域

A_{00}(青)：提案手法が変化抽出しなかった領域　かつ正答例で建造物の倒壊がなかった領域

5.3.8.12　変化抽出面積と推定がれき量

（1）沿岸部の変化抽出面積と推定がれき量

表 5-3 に，図 5-17 のうち，提案手法が抽出した領域の実面積，および，変化抽出した領域の面積より求めた推定がれき量を示す．提案手法により変化抽出した領域は，先述の表 5-2 でのA_{11}とA_{10}の部分であるため，表 5-3 に図 5-17 での領域A_{11}と領域A_{10}の部分についてそれぞれ計算した領域の実面積，および，推定がれき量を示す．

表 5-3　沿岸部の抽出面積と推定がれき量

	抽出面積[km^2]	推定がれき量[ton]
A_{11}	1.16	約 72.0 万
A_{10}	0.01	約 0.6 万
$A_{11}+A_{10}$	1.18	約 72.6 万

（2）山間部の変化抽出面積と推定がれき量

沿岸部の場合と同様に，表 5-4 に，図 5-18 のうち，提案手法が抽出した領域の実面積，および，変化抽出した領域の面積より求めた推定がれき量を示す．提案手法により変化抽出した領域として，領域A_{11}と領域A_{10}の部分についてそれぞれ計算した領域の実面積，および，推定がれき量を示す．

表 5-4　山間部の抽出面積と推定がれき量

	抽出面積[km^2]	推定がれき量[ton]
A_{11}	1.15	約 71.3 万
A_{10}	0.01	約 6.0 万
$A_{11}+A_{10}$	1.25	約 77.3 万

5.3.9　**考察**

前節では，提案手法により変化抽出した領域の実面積と，推定がれき量を示した．しかし，

現在，復興庁や各県の自治体が被災地の倒壊建造物数や推定がれき量を公開しているが[39][55][4-34]，これは県全体や市全体という単位であるものが多い．そのため，提案手法のように，被災地の一部を撮影した画像データ内の変化抽出面積，および，推定がれき量との単純比較はできない．そのため，提案手法の正当性の検証のため，正答例の画像データから得られる建造物の倒壊領域との合致率を，提案手法の正答率とすることで，提案手法の評価を行う．

（1）沿岸部における提案手法の正当性

沿岸部における提案手法の正当性の検証のため，表 4-5 で地図データ上に示される全建造物領域の中で領域A_{ij}がどの割合で比率するか示す．このとき，各比率の計算は式(5.11)，式(5.12)，式(5.14)，式(5.15)を用いる．また，表 4-5 中の$i \in \{1,0\}$は提案手法で抽出した領域であるか否か，$j \in \{1,0\}$は正答例で建造物の倒壊した領域であるか否かを示す．なお，各領域の割合を計算する際の有効数字の関係で，合計が必ずしも 1.00 とはならないことに注意する．

表 5-5　沿岸部での各領域の比率

		正答例 (A_{i*})		
		1	0	計
提案手法 (A_{*j})	1	0.87	0.01	0.88
	0	0.11	0.01	0.12
	計	0.98	0.02	1.00

表 5-5 より，提案手法の正答率は式(5.13)より，0.89 である．同様に，誤答率は式(5.16)より，0.12 である．すなわち，提案手法は沿岸部において，精度は約 90%である．また，提案手法の適合率Pは 0.99，再現率Rは 0.89 であるため，提案手法は広く適切に被害領域を抽出可能である．

（2）山間部における提案手法の正当性

沿岸部での場合と同様に，山間部における提案手法の正当性の検証のため，表 5-6 で地図データ上に示される全建造物領域の中で領域A_{ij}がどの割合で比率するか示す．各領域の割合を計算する際の有効数字の関係で，合計が必ずしも 1.00 とはならないことに注意する．

表 5-6　山間部での各領域の比率

		正答例 (A_{i*})		
		1	0	計
提案手法 (A_{*j})	1	0.77	0.07	0.84
	0	0.11	0.05	0.16
	計	0.88	0.12	1.00

表 5-6 より，提案手法の正答率は式(5.13)より，0.87 である．同様に，誤答率は式(5.16)より，0.15 である．すなわち，提案手法は山間部においても，精度は 90%程度といえる．また，提案手法の適合率Pは 0.94，再現率Rは 0.89 であるため，提案手法は広く適切に被害領域を抽出可能である．とくに再現率については，画像の撮影地域にほとんど影響を受けないことがわかった．

（3）提案手法の正当性の検証

以上のことから提案手法は沿岸部，および，山間部において，画像データから約 90%の精度で変化抽出を行い，被災がれき量を推定できることが可能とわかった．東日本大震災が起こった際，被災地で発生するがれき量の推定や，建造物倒壊情報の取得に時間がかかることが問題となった．さらに，被災地の推定がれき量において，震災から 1 年後の推計量と震災から 2 年後の推計量の差でも約 $8{,}000\times10^3$[ton]あったことからも，約 90%の精度で実際に建造物の倒壊した領域を補足でき，がれき量の推定が行える本提案手法は有用といえる．

約 10%の誤差についての原因を考察するために，誤判定領域のほとんどの部分が，正答例での建造物の倒壊領域を提案手法が抽出できなかった場合である点に注目する．はじめに，提案手法では，震災前に存在する建造物が震災後に倒壊することを想定しているため，震災前の航空写真の撮影から震災後の航空写真の撮影の間に建築された建造物を補足できない点がある．そのため，該当建造物が倒壊した場合，建造物の倒壊を補足できず，がれき量推定も不可能となる．また，領域の抽出の際に，建造物の形状を完全に再現できない場合がある点が挙げられる．そのため，同一建造物であるにも関わらず，正答例では倒壊が指摘された建造物を，提案手法は該当建造物を抽出しているものの，建造物が半分の大きさで抽出されている場合がある．そのため建造物のもう半分の部分は，提案手法では倒壊なしの建造物として認識されてしまう．この問題点の解消のために，領域の抽出方法の高度化が望まれる．

また，提案手法は画像データの入力より 1 秒以内に実験結果の出力が可能である．そのため，震災直後の迅速な被害推定が求められる場面において，被災地の航空写真，および，地図データが存在すれば提案手法を適用できる点で，本手法は有用である．

5.4 まとめ

環境省が提示している災害廃棄物処理指針をもとに，産業廃棄物処理事業者として，東日本大震災の経験から得られた知見等を加味して，災害廃棄物処理システムを提案した．

特に，災害廃棄物発生量の推定に関して空撮画像とリモートセンシングデータを利用した手法を導入することにより，災害廃棄物量を迅速に推定し，処理能力を向上させることが期待できる．さらに，今後かなりの高確率で発生することが予想されている東海・東南海・南海地震等の大規模な災害に対して，被災地の早期復旧に寄与することが期待される．

今後の研究としては，災害廃棄物の推定に関して，さらに迅速で精度の高い手法を導入していくことにより，災害廃棄物処理システムを改良して行く．

第 6 章　結論

仙台市の災害廃棄物処理は，市のリーダーシップと地元業者の強い使命感により順調に進んでいる．産業廃棄物処理事業者として災害廃棄物に関わる中で見えてきた課題とその課題に対する今後に向けての提言を述べる．

6.1　今後の災害廃棄物処理への提言

6.1.1　法制度に関する課題と提言

災害廃棄物は一般廃棄物でも産業廃棄物にも属さないが，一般廃棄物として取り扱うことが慣例により行われてきた．従って，処理責任は被災自治体にある．そのため，被災自治体の処理能力を超えた災害廃棄物は，被災自治体が他の自治体と協議して責任を持って処理しなければならない．

災害廃棄物は性状的に産業廃棄物に近いため被災自治体の近隣自治体に施設を構える産業廃棄物処理事業者が協力することは災害復旧に有効である．しかしながら，今回の大震災では，膨大な量と放射能問題等に対する自治体独自の判断もあり自治体間の協議が進まず産業廃棄物処理事業者が協力できない場合が多かった．

この課題に対して，災害廃棄物は一般廃棄物という規制を見直し，災害時には災害廃棄物としての取り扱いを宣言するなど，激甚災害の場合の災害廃棄物処理に関する法整備が必要である．

廃棄物及び災害廃棄物の処理に関して以下の法律が制定されている．

•（廃掃法第 6 条の 2）市町村は，地域内にある一般廃棄物を収集し，運搬し，処分しなければならない．

•（同第 22 条）国は，市町村に対し，災害その他の事由により特に必要となった廃棄物の処理を行うために要する費用の一部を補助することができる

•（同第 25 条）補助率１／２

さらに，国庫補助金の対象として，災害その他の事由により被害を受けた市町村が行う災害等廃棄物処理事業を以下のように規定しており，市町村の廃棄物処理事業として国庫補助対象になる廃棄物を狭義の災害廃棄物として定義している．

•市町村が災害その他の事由のために実施した生活環境の保全上特に必要とされる廃棄物処理の収集，運搬及び処分に係る事業

今回の大震災では，8 月に以下の特別処置法が公布されて，市町村の費用負担の軽減が図られた．

「東日本大震災により生じた災害廃棄物の処理に関する特別措置法」

（平成二十三年八月十八日法律第九十九号）

この法律において「災害廃棄物」とは，東日本大震災（平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震及びこれに伴う原子力発電所の事故による災害をいう．以下同じ.）

により生じた廃棄物（廃棄物の処理及び清掃に関する法律　（昭和四十五年法律第百三十七号．第四条第四項において「廃棄物処理法」という．）第二条第一項 に規定する廃棄物をいう．）をいう

6.1.2　災害廃棄物処理システムにおける課題と提言

実際に作業を行う立場から，仮置き場作業の再々委託禁止，労災は各業者の対応になる．仮置き場に設備を設置する場合，設置許可手続が必要になる等の問題が作業を遅らせる原因となっている．これらの課題に対しては，建設業法，建築基準法等の改正あるいは災害時における緩和条項の追加等により対応が可能となる．例として，仙台環境開発株式会社の調査により判明した以下の 3 点についてまとめる．

（１）市町村間協議

例えば，A 市における災害廃棄物処理を B 市の事業者 X が担当する場合，A 市と B 市の市町村間協議を行わなければならない．この協議で合意を得るためには予想以上に時間がかかり，これが災害廃棄物処理の作業を遅らせることになる．（図 6-1 ）

（２）再々委託の禁止

通常，廃棄物の処理は「排出事業者－委託－再委託－再々委託」とそれぞれの専門事業者が連携してその処理にあたるのが一般的である．今回の震災災害廃棄物の処理において，再々委託が禁止されたため，この連携スキームを組むことができなくなった．（図 6-2 ）

（３）労災の取り扱い

ある地域の災害廃棄物処理を担当する共同体において，A 社から G 社の労働災害はそれぞれの担当事業者で賄うことになった．本来，この共同体の労働災害はすべて等しく扱われるべきであろう．（図 6-3）

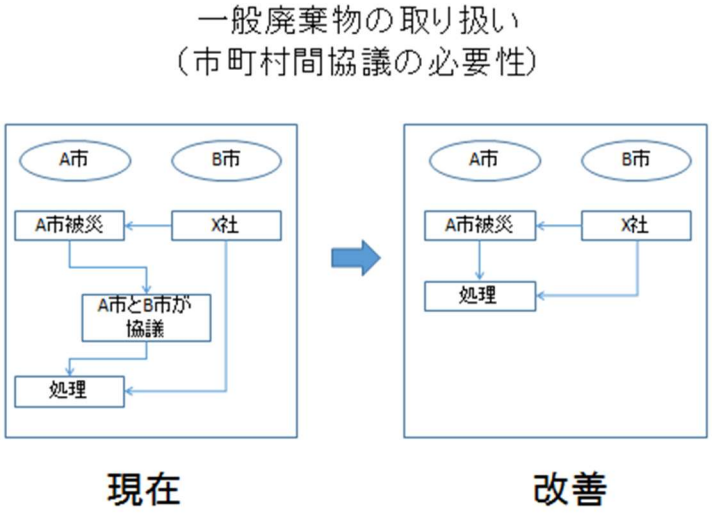


図 6-1 災害廃棄物の市町村間協議の必要性

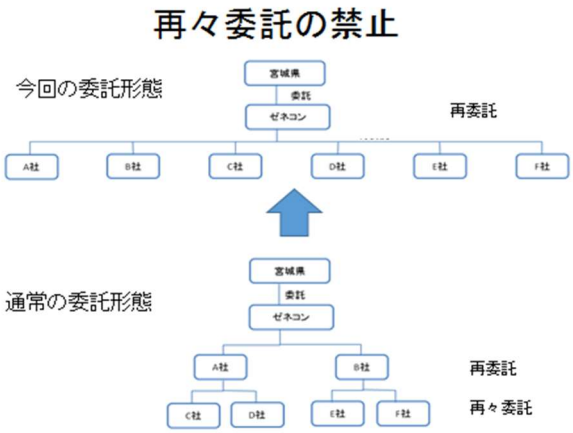


図 6-2 再々委託の禁止

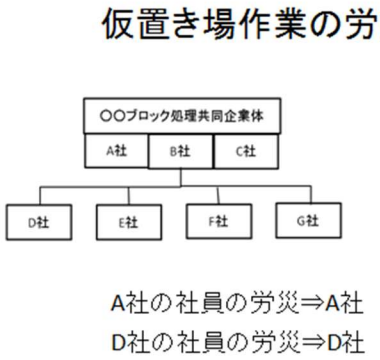


図 6-3 労災の取り扱い

6.1.3 技術的課題と提言

災害廃棄物量（分布，種類，総量）の推定，災害廃棄物のリサイクル技術，仮置き場の運営方法等に技術的観点からも課題が見える．

この課題に対しては，オペレーションズ・リサーチ(OR)的観点からの研究が有効である．

6.1.4 産学官連携に関する課題と提言

迅速な災害廃棄物処理には，産学官の連携に課題が残った．

この課題に対しては，災害復興のステークホルダーとして，産学官がそれぞれの役割を遂行することが重要である．今回の経験から，特に行政と事業者との迅速且つ緊密な協力関係を築くことが特に重要である．

(1)産(廃棄物処理事業者，収集運搬事業者など)

人員・機材などを提供し，廃棄物置場の運営・管理を担当する．（実行力）

・日常の経験を生かし，実際の処理を行う．
・自社の日頃のリスク管理・インテリジェンス活動体制を確立しておく(2).
(2) 学（廃棄物処理学会など）：災害復興に関する知識提供を行う．（知力）
・タスクチームの結成と震災マニュアルなどによる処理に必要な知識を提供する．
・被害状況の推定方式の検討と行政や事業者へ提案を行う．
(3) 官（地方自治体，管掌省庁）：産学官協働の計画策定と予算付けを行う．（計画力）
・仮置場等の用地候補を確保する．
・災害時に実働可能な事業者の存在を把握する体制を作る．
・行政と産業廃棄物処理事業者間の連携体制を構築し，災害発生時に迅速且つ効率的な対応を可能にする．
・地域・時間を限定した各種許可体制の特例法令改正などの必要な処置を速やかに実行する．
・緊急の予算執行を可能とする体制を構築する．
・処理・処分計画を策定する．

災害廃棄物量推定システム（量，分布，内容）
仮置き場設置計画策定支援システム
ワークフロー提供システム
廃棄物処理事業者との協力体制の確立
平常時からの連携体制の確認
災害時に実働可能な事業者の存在

6.2 まとめ

本論文では，まず，廃棄物処理施設の管理型最終処分場の平常時の運営において主要な業務の一つである廃棄物を搬入する運搬車両の取り扱いについて，受付から廃棄物のダンピング，退去までの挙動を待ち行列モデルにより解析を行い，実際の処分場の実測データを収集して，モデル計算結果の妥当性を検証した．研究の第一段階として理論的な解析を行うことを目的としたため，処理時間が指数関数に従うと仮定したため場内滞在時間は実際よりもやや過剰に算出されたものの，実際の運用に資する知見を得ることができた．

次に，東日本大震災発生時から約 2 年間，復旧フェーズにおける仙台環境開発株式会社の企業活動再開へ向けた実際の事業活動を，インテリジェンス活動，経営戦略，災害復旧活動への協力の観点から分析した．

まず，インテリジェンスの観点から分析に関しては被災地に立地する産業廃棄物処理事業者に必要なインテリジェンスの利活用はいかにあるべきか，どのような技法が有効かなどについて，復旧フェーズにおけるインテリジェンス・サイクルの特徴とともに提言を行った．この分野における研究成果としての新規性は大きくまとめると次の 2 点となる．

一つ目として，災害の復旧フェーズという，通常のコンペティティブ・インテリジェンスに比べて収集される情報量が極端に限られ，不確実性が増す局面においては，これまでのコンペティティブ・インテリジェンス論では過度に存拠すべきでないとされてきたヒューリスティスク手法の補完的活用が，意志決定の速度を高めるためには有効であることを明らかにした．二つ目としては，災害時のインテリジェンスには，風評被害など社会経済情勢に関するインテリジェンス領域，並びに企業間競争のための情報分析など通常のコンペティティブ・インテリジェンスにおいて出現する二つの領域が同時に存在し，それぞれの領域に適用するインテリジェンス手法を「攻めの経営戦略としてのインテリジェンス活動」と「守りの経営戦略としてのインテリジェンス活動」として明確に区別し，個別の適用手法も違えながら，同時に適用することが有効であることを明らかにした．

また，環境省が提示している災害廃棄物処理指針をもとに，産業廃棄物処理事業者として，東日本大震災の経験から得られた知見等を加味して，災害廃棄物処理システムを提案した．特に，災害廃棄物発生量の推定に関して空撮画像とリモートセンシングデータを利用した手法を導入することにより，災害廃棄物量を迅速に推定し，処理能力を向上させることが期待できる．今後かなりの高確率で発生することが予想されている東海・東南海・南海地震等の大規模な災害に対して，被災地の早期復旧に寄与することが期待される．

さらに，産業廃棄物処理事業者として災害廃棄物に関わる中で見えてきた課題について，法制度の観点，技術的観点，産学官連携の観点から課題を整理し，さらに今後に向けて提言を行った．

以上の研究成果が，今後，世界的な規模で起きることが予想されている大震災時において有効な復旧・復興対策の一助となることを期待する．

参考文献

[1] 環境省，産業廃棄物排出処理状況等（平成 26 年度実績）
(http://www.env.go.jp/press/files/jp/104386.pdf)

[2] 環境省，産業廃棄物行政組織等調査報告書（平成 25 年度実績），2015

[3] 環境省，第三次循環型社会形成推進基本計画，2013

[4] 環境省，平成 28 年度版環境白書

[5] 社団法人全国産業廃棄物連合会，『産業廃棄物ガイドブック』，2009

[6] 財団法人廃棄物研究財団，最終処分場跡地利用に関するセミナーテキスト，2004

[7] 社団法人北海道産業廃棄物協会，産業廃棄物最終処分場の建設を計画している事業者の皆さまに，2012

[8] ORWiKi，日本 OR 学会，⟨http://www.orsj.or.jp/wiki/⟩（参照 2016-12-05）

[9] 高橋幸雄，森村英典，混雑と待ち，朝倉書店，2007

[10] 公益財団法人日本産業廃棄物処理振興センター， 学ぼう産廃，
⟨www.jwnet.or.jp/waste/knowledge/manifest.html⟩

[11] 吉成　昇, 大内　東, 災害復旧における産廃物処理事業者のインテリジェンス活動～東日本大震災の事例を通じて～, コンペティティブ･インテリジェンス学会，p27-42,Vol.3,No.1, 2011

[12] Yoshinari Noboru, Ohuchi Azuma, Sugasawa Yoshio, Waste Management Data Collection during Disaster Recovery - A Case Study of Great East Japan Earthquake - , Progress in Competitive Intelligence (2012), 華夏出版 社, p74-106, 2012

[13] 吉成　昇，大内　東，東日本大震災から学ぶ災害廃棄物 処理における諸課題，
日本 OR 学会春季究発表会（東京），2013

[14] Noboru Yoshinari1, Yukihiko Oyanagi, Azuma Ohuchi, Masahito Yamamoto, Analyses of a Waste Management Company Activities in the Great East Japan Earthquake, The 3rd 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management, Hanoi，2016

[15] 廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会，最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン，2004

[16] 田中秀明，桜信仰と日本人ー愛でる心をたどる名所・名木紀行，2003

[17] 白幡洋三郎，花見と桜ー“日本的なるもの”再考，2015

[18] http://hanami.walkerplus.com/list/ar0204/

[19] 宮城県経済商工観光部，平成 27 年観光統計概要，2015

[20] 石川昭, 中川十郎, ビジネスインテリジェンスからナレッジマネジメントサイエンス，税務経済協会，2009

[21] Davenport, T. H. and Prusak. L.,, Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know, Harvard Business School Press 8.（梅本勝博訳[2000]ワーキング・ナレッジ―「知」を活かす経営，生産性出版），1998

[22] R. L. Ackoff, , From data to wisdom, Journal of Applied Systems Analysis, Vol.16, No. 1, pp.3–9.，1989
[23] 梅本勝博，ナレッジマネジメント: 最近の理解と動向』，情報の科学と技術，62(7),pp.276-280.，2012
[24] Sherman Kent, Strategic Intelligence for American World Policy， Princeton University Press, 1951
[25] 菅澤善男，情報の価値とインテリジェンス，情報システム学会メールマガジン，2010
[26] 仙台市，平成 23 年 3 月 21 日　東日本大震災仙台市被害状況，2012
[27] 仙台環境株式会社 HP；ttp://www.sendaikankyo.co.jp/index.html.
[28] 菅澤喜男他，技術マーケティングとインテリジェンス，コロナ社，2010
[29] 国土地理院，津波による浸水状況－平成 23 年東北地方太平洋沖地震－，2011
[30] e コミマップ；http://danSo.env.nagoya-u.ac.jp/20110311/ecom.html.
[31] 北岡元，ビジネス・インテリジェンス－未来を予想するシナリオ分析技法－，東洋経済新報社，2009
[32] 菅澤善男他，戦略と競争分析，コロナ社，2005
[33] 関谷直也，防災の心理学，東信堂，2009
[34] 長尾光悦他，新潟県中越地震風評被害に対する越後湯沢の取り組み， 観光情報学会, 2, 1, 30-40，2006
[35] Business Continuity Institute HP；http://thebci.org/
[36] 内閣府，事業継続ガイドライン第二版－わが国企業の減災と災害対策の向上のために－，2009
[37] 国立環境研究所，災害廃棄物の発生原単位について (第一報), http://www.nies. go.jp/shinsai/.
[38] 環境省廃棄物・リサイクル対策部, 災害廃棄物推計量の見直し及びこれを踏まえた広域処 理の推進について， http://kouikishori.env.go.jp/news/pdf/20120521b
[39] 環境省広域処理情報サイト，http://kouikishori.env.go.jp.
[40] 後藤宜則，近藤隆志. プリント板パターンの自動検査方式，テレビジョン学会誌, 39(5):440–446, 1985
[41] 渡辺真太郎, 宮島耕治, 井上潮，中村太一，ステレオマッチングを応用した撮影位置と時期が異なる航空写真からの建造物の変化抽出，電気情報通信学会論文誌 D-II, J85-D-II(10):1531–1540, 2002
[42] 松岡昌志，山崎文雄，人工衛星 sar 強度画像による建物被害地域の検出手法，日本建築学会構造系論文集， (551):53–60，2002
[43] 浦部和哉, 佐治斉, 空撮画像を用いた山間部における地震災害後の道路閉塞領域検出, 日本地震工学会論文集，9:26–38, 2009
[44] 鈴木大輔，丸山善久，山崎文雄，デジタル航空画像を用いた新潟県中越沖地震の建物被

害抽出，日本地震学会論文集, 10(3):33–45, 2010
[45] N.Hirayama et al, Establishment of disaster debris management based on quantitative estimation using natural hazard maps, Waste Management and the Environment V, 40:167–178 2010.
[46] 高谷敏彦, 佐藤真哉, 大内東，東日本大震災から学ぶ災害廃棄物量推定システムに関する考察，情報処理学会全国大会講演論文集，74(3):1287–1288, 2012
[47] 朝日新聞 2011 年 3 月縮尺版, editor. 2011 年 3 月 12 日朝刊, volume 1077, page 607, 朝日新聞，2011
[48] 朝日新聞 2011 年 3 月縮尺版, editor. 2011 年 3 月 14 日朝刊, volume 1077, page 687, 朝日新聞，2011
[49] 国土交通省気象庁 東日本大震災―東北地方太平洋沖地震―関連ポータルサイト, http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-portal.html.
[50] 北海道新聞 2011 年 3 月縮尺版，editor. 2011 年 3 月 12 日朝刊，page 533，北海道新聞，2011
[51] 日本経済新聞 2011 年 3 月縮尺版，editor. 2011 年 3 月 12 日，page 621，日本経済新聞，2011
[52] 朝日新聞 2011 年 3 月縮尺版，editor. 2011 年 3 月 12 日夕刊，page 647，朝日新聞，2011
[53] 首藤伸夫，津波工学研究報告，volume 9，pages 101–136，東北大学工学部災害制御研究センター, 1992
[54] 朝日新聞 2011 年 3 月縮尺版, editor. 2011 年 3 月 28 日夕刊，page 1298, 朝日新聞，2011
[55] 復興庁，復興の現状と取り組み，http://www.reconstruction.go.jp.
[56] 朝日新聞 2011 年 3 月縮尺版, editor. 2011 年 3 月 11 日朝刊, volume 1077， page 608, 朝日新聞，2011
[57] 日本経済新聞 2011 年 3 月縮尺版，editor. 2011 年 3 月 12 日， page 642，日本経済新聞，2011
[58] 能島暢呂，杉戸信太，金澤伸治，被害情報の逐次処理による地震時緊急対応の意思決定支援モデル，土木学会論文集，682(I-56):129–142，2001
[59] 能島暢呂，杉戸信太，リアルタイム地震防災システムにおける被害情報の統合処理について，第一回地震工学研究発表・討論会梗概集，page 259，2001
[60] 井手 一郎，村瀬 洋，車載全方位カメラ映像を用いた街並変化検出の高精度化，電気情報通信学会信学技報，pages.1-6，2007
[61] K.Deguchi K.Sakurada, T.Okatani. Detecting changes in 3d structure of a scene from multi- view images captured by a vehicle-mounted camera,. Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition, pages 1–8, 2013.

[62] 三冨創，松岡昌志，山崎文雄，空撮画像を用いた汎用的な建物被害抽出方法に関する考察，土木工学会論文集，710(I-60):413–425，2002
[63] 三冨創，松岡昌志，山崎文雄，最近の地震災害の空撮画像を用いた建物被害地域の自動抽出の試み，土木工学会論文集，703(I-59):267–278，2002
[64] S.Livens D. Van Dyck G.Van de Wouwer, P.Scheunders. Wavelet correlation signatures for color texture characterization. Pattern Recognition, pages 443–451, 1999
[65] 村上伸一，画像処理工学，page 181，東京電機大学出版局，1994
[66] N.Otsu，Threshold selection method from gray-level histograms,IEEE TRANSACTIONS ON SYSTREMS, MAN, AND CYBERNETICS, SMC-9:62–66, 1979
[67] 国土交通省 国土地理院，被災地域の空中写真 (電子国土 web システム版), http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse2/index3_tohoku.html
[68] 東日本大震災復興支援調査アーカイブ，http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp

付録

仙台環境開発株式会社の震災後 2 年間にわたる経営活動調査とそのまとめ

仙台環境開発株式会社の大震災時の活動を

・インテリジェンス活動…①

・経営戦略…②

・災害復旧活動への協力…③

の 3 種類に分類した．以下の表がその結果である．カッコ( )内は，イベントのシリアルナンバーを示す.

年月日	事業活動	東日本大震災の記録
2011/03/11	発災時，社主，社長，専務等幹部は上京中のため，東京より被害状況の把握を指示①(001) 各担当部署は，人的被害，設備被害等の情報収集を実施①(002) 仙台市・宮城県対策本部支援申し入れ③(003)	14:46　三陸沖で M9.0 の地震発生 14:46　運転中の東京電力福島第一原子力発電所の 1～3 号機が地震により自動停止 14:49　気象庁より北海道，青森県，岩手県，宮城県，福島県，茨城県，千葉県の太平洋沿岸等に大津波警報発令 14:50　官邸対策室設置．緊急参集チーム招集 15:14　緊急災害対策本部設置（本部長：内閣総理大臣） 15:51　相馬検潮所で最大波 9.3m 以上の津波を観測 19:03　東京電力福島第一原子力発電所について原子力緊急事態宣言発令 21:23　東京電力福島第一原子力発電所の半径 3km 圏内の住民に避難指示 3～10km 圏は屋内退避指示
03/12	06:00　社長，専務等幹部は車で東京より仙台に到着②(004) 社主は，東京で被害状況の報 告を受ける①(005)	03:59　長野県・新潟県県境付近で地震 M6.7 05:44　東京電力福島第一原子力発電所の避難指示を半径 3km から 10km に拡大 15:36　東京電力福島第一原子力発電所 1 号機で水素爆発発生 17:39　東京電力福島第二原子力発電所の半径 10km 圏内の住民に避難指示 18:25　東京電力福島第一原子力発電所の避難指示を半径 10km から 20km に拡大

03/13	社内体制・要請対応協議②(006) 風評被害対策の方策検討指示①(007) 復旧作業への参画検討指示①(008) 仙台市環境局より要請を受ける③(009)	06:00　宮城県に緊急災害現地対策対策本部設置
03/14	仙台市内 5 ケ所に震災家庭ごみ仮置き場設置 西花苑③(011)，将監③(012)，鶴ケ谷公園③(013)，西中田③(014)，今泉野球場③(015)	11:01　東京電力福島第一原子力発電所 3 号機原子炉建屋付近で水素爆発発生
03/15	仙台市震災家庭ごみ仮置き場受入開始 西花苑(重機 2 台，人員 8 名)③(016) 将監(重機 3 台，人員 12 名，敷き鉄板 8 枚)鶴ケ谷公園(重機 3 台，人員 17 名，敷き鉄板 40 枚) ③(017) 西中田(重機 3 台，人員 13 名，散水車) ③(018) 今泉野球場(重機 3 台，人員 16 名) ③(019)	06:14　東京電力福島第一原子力発電所 4 号機で音がして壁の一部破壊を確認 11:00　東京電力福島第一原子力発電所の半径 20～30km 圏内の住民に屋内退避指示 22:31　静岡県東部で地震 M6.4　震度 6 東京電力福島第一原子力発電所 4 号機で火災発生 福島原子力発電所事故対策統合連絡本部設置
03/16	仙台環境開発株式会社支援体制協議 組織体制・燃料・重機・車両・作業員の調達及び取引先単価取決め等②(020)	東京電力福島第一原子力発電所 4 号機で再び火災発生
03/17		09:48　自衛隊が東京電力福島第一原子力発電所 3 号機に散水開始

03/18	仙台市震災家庭ごみ選別業務開始 鶴ケ谷公園の家庭ごみを仙台市が運営する石積処分場へ移動し選別業務を行う(重機2台, 人員8名) ③(021)	17:48　原子力安全・保安院が東京電力福島第一原子力発電所について，INES（国際原子力・放射線事象評価尺度）で「レベル 5」と発表．アメリカのスリーマイル島原子力発電所事故に並ぶ
03/19		00:30　東京消防庁のハイパーレスキュー隊が東京電力福島第一原子力発電所3号機に放水開始
03/20	津波被災地地図編成及び損壊家屋調査①(022)	国が定めた暫定規制値を超える放射性物質が検出された福島県産のホウレンソウなどの出荷制限を指示（原子力災害対策本部長…内閣総理大臣）
03/22	仙台市震災家庭ごみ仮置き場閉鎖 鶴ケ谷公園が逼迫のため③(023)	22:46　東京電力福島第一原子力発電所 3 号機の中央制御室の照明が復旧
03/23	仙台市震災家庭ごみ仮置き場受入開始 日の出町野球場(重機 3 台, 人員 11 名, 敷き鉄板 50 枚, 散水車) ③(024)	東京都葛飾区の金町浄水場で乳児の摂取制限を超える放射性ヨウ素を検出
03/24		災害廃棄物現地調査団（団長：樋高環境大臣政務官）が釜石市，大槌町を訪問
03/25	業務推進体制実績把握①(025)と補強②(026)	東京電力福島第一原子力発電所の半径 20～30km 圏内にも自主避難を要請 災害廃棄物の処理等に係る法的問題に関する検討会議にて「損壊家屋等の撤去等に関する指針」を取りまとめ（被災者生活支援チーム）
03/26	仙台市震災家庭ごみ仮置き場閉鎖 今泉野球場で小火発生のため③(027)	東京電力福島第一原子力発電所近くの海水から高濃度の放射性ヨウ素を検出

03/27	仙台市震災家庭ごみ仮置き場受入開始 日辺グランド(重機 4 台，人員 13 名，敷き鉄板 300 枚)③(028)	
03/28	仙台環境開発株式会社得意先の見舞いリストアップ等①(029)	東京電力福島第一原子力発電所の敷地内からプルトニウムを検出
03/29	井土搬入場協力会社手配と単価等取決め②(030)	92 兆 4116 億円で 2011 年度予算が成立
04/01		呼称を東日本大震災に決定
04/02		東京電力福島第一原子力発電所 2 号機で高濃度汚染水が海へ漏出していることが判明
04/04	仙台市震災廃棄物搬入場受入開始 蒲生搬入場③(031)	
04/05	仙台市提出用帳票類の様式等設定②(032)	海江田経済産業大臣が今夏の電力不足の対策について，電気事業法に基づく電力使用制限令を発動する方針を表明
04/07		東京電力福島第一原子力発電所 1 号機の格納容器内への窒素ガスの注入を開始 23:32　宮城県沖を震源とする地震発生 M7.1
04/08	沿岸三搬入場の置場計画図作成開始③(033)	イネの作付け禁止について，土壌中の放射性セシウム濃度が 5,000 ベクレル/kg を超える水田とする基準を発表 17:16　福島県浜通りを震源とする地震 M7.0
04/12	井土搬入場委託業務計画書作成・非常時退避要領サイレン・無線機等手配③(034)	原子力安全・保安院が東京電力福島第一原子力発電所について，INES（国際原子力・放射線事象評価尺度）を深刻な事故とされるで「レベル 7」に引き上げ 14:07　福島県中通りを震源とする地震 M6.4
04/13		仙台空港　民間航空機就航再開

04/15	仙台市震災廃棄物搬入場受入開始 井土搬入場(重機 4 台，人員 8 名) ③(035)	
04/17	仙台市震災家庭ごみ仮置き場閉鎖 日辺グランドに仮設住宅建設のため③(036)	
04/18	仙台市震災家庭ごみ仮置き場受入再開 今泉野球場③(037)	
04/22	仙台市震災廃棄物搬入場受入開始 荒浜搬入場③(038) 仙台市震災家庭ごみ仮置き場閉鎖 日の出町野球場が逼迫のため③(039) 西花苑が逼迫のため③(040)	東京電力福島第一原子力発電所の半径 20km 圏内を「警戒区域」に指定 20km 圏外でも計画的避難区域と緊急時避難準備区域に指定
04/23	仙台市震災家庭ごみ仮置き場受入開始 鶴ケ谷公園再開③(041) 中山台開始(重機 2 台，人員 13 名，敷き鉄板 120 枚) ③(042)	
05/01		福島県郡山で下水汚染にセシウムが混入し，高い放射線量を検出
05/06	仙台市震災家庭ごみ仮置き場閉鎖 中山台で火災発生のため③(043)	
05/10	仙台市震災家庭ごみ仮置き場全閉鎖③(044)	

05/11	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 日辺グランド③(045)	
05/16		「東日本大震災に係る災害廃棄物処理指針（マスタープラン)」公表　環境省 第17回緊急災害対策本部会議開催　東日本大震災に係る被災地における生活の平常化に向けた当面の取組方針を決定（緊急災害対策本部）
05/25	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 西花苑③(046)	
06/01		茨城県と福島県の一部で，ホウレンソウの出荷制限解除
06/03		復興計画案公表（宮城県）
06/06	仙台環境開発株式会社最終処分場へ仮置き場設置 中間処理場受入量が多く逼迫したため③(047)	
06/10	仙台市震災家庭ごみ選別業務完了 石積処分場③(048)	集団避難の福島県双葉町などの町民が一時帰宅
06/11	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 中山台③(049)	
06/14		防災白書（防災に関してとった措置の概況平成23年度の防災に関する計画)が閣議決定(内閣府）
06/24		東日本大震災復興基本法施行（内閣官房）
06/27		岩手，宮城，福島 3 県の現地対策本部事務局が活動開始（東日本大震災復興対策本部） 復興対策本部事務局が活動開始
07/01		東京電力及び東北電力管内で 15%の節電目標を課した電力使用制限令発効

07/06		海江田経済産業大臣が原子力発電所に係るストレステスト（耐性調査）の全国実施を表明
07/08		東京都内で福島県南相馬市の緊急時避難準備区域内から東京都中央卸売市場に出荷された肉牛11頭の内1頭の肉から食品衛生法の暫定規制値を上回る放射性セシウムが検出
07/14	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 鶴ケ谷公園③(050)	東京電力福島第一原子力発電所 3 号機に窒素の注入を開始
07/16	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 将監野球場③(051)	
07/19		政府, 東京電力, 東京電力福島第一原子力発電所 3 者の事故収束に向けた工程表と原子力被災者への対応をまとめた工程表の各改訂版を公表
07/20		電力需給に関する会合を開き，西日本の企業や家庭に節電を求めることを正式に決定 関西電力管内では2010年夏のピーク比で10%以上の節電を要請
07/21		東日本大震災の追加復旧策を盛り込んだ総額 1 兆 9988 億円の 2011 年度第 2 次補正予算成立
08/03	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 日の出町野球場③(052)	東京電力福島第一原子力発電所事故の損害賠償を国が支援する枠組みを定めた原子力損害賠償支援機構法が成立
08/04	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 西中田③(053)	
08/05		原発避難者特例法成立
08/16		福島県会津若松市の敷地内にある側溝の一部で採取された汚泥から，1kg 当たり約 18 万 6 千ベクレルの放射性セシウムが検出

08/22	仙台市震災廃棄物受入開始 荒浜搬入場から震災廃棄物の受入開始③(054)	
08/26	井土搬入場 JV 規程及び細則等制定③(055) 神奈川県県央地区廃棄物処理業協議会研修会において「東日本大震災により発生した廃棄物処理の現状について」を仙台環境開発株式会社社員が発表②(056)	宮城県が震災復興計画（案）を公表 菅首相が退陣を表明 除染に関する緊急実施基本方針を決定
09/01		原子力損害賠償紛争解決センターの開設（文部科学省）
09/02		野田内閣発足
09/09	仙台市震災家庭ごみ仮置き場完了 今泉野球場③(057)	
09/12	仙台市震災廃棄物受入開始 蒲生搬入場から震災廃棄物の受入開始③(058)	
09/13		原子力災害からの福島復興再生協議会幹事会（第 1 回）開催（東日本大震災復興対策本部）
09/17	宮城県内の産業廃棄物処理業者による震災廃棄物処理及び組織結成協議を開始②(059)	
09/25	井土 JV 運営委員会開催(以後定期的に開催）②(060)	仙台空港完全再開・全面復旧
09/26		東京電力福島第一原子力発電所事故被害の賠償を支援する「原子力損害賠償支援機構」が本格稼働
09/30		緊急時避難準備区域の解除（原子力災害対策本部） 宮城県復興計画正式決定

10/01	仙台市震災廃棄物受入開始 井土搬入場から震災廃棄物の受入開始③(061)	
10/25	一般社団法人廃棄物処理施設技術管理協会主催「廃棄物処理施設維持管理技術事例研究発表~3.11 大震災を乗り越えて~」において「東日本大震災における災害家庭ごみ仮置き場の運営管理」を仙台環境開発株式会社社員発表②(062)	
11/21		第 3 次補正予算成立 復興経費 9 兆 2438 億円
11/30		復興財源確保法成立
12/07	宮城県震災廃棄物処理共同企業体発足 代表構成員　仙台環境開発株式会社②(063)	復興特別区域法成立
12/10		復興庁開庁
12/30		福島復興再生特別措置法成立
2012/01/23	宮城県震災廃棄物処理共同企業体（石巻 JV）木くず処理開始③(064) 宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体発足 代表構成員　仙台環境開発株式会社②(065)	
04/05		平成 24 年度予算成立 （復興経費 3 兆 7754 億円）
05/01	宮城県震災廃棄物処理共同企業体　石巻ブロックで選別指導業務開始③(066)	

05/22	日報ビジネス(株)主催 2012NEW 環境展記念セミナーで「仙台市の災害廃棄物処理と宮城県産廃業者の取組み」を仙台環境開発株式会社社員発表②(067)	
06/16		政府による関西電力大飯原発３，４号機の再稼働の決定
06/25	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）石巻ブロックから発生した燃え殻を石巻市内の河南処分場へ運搬開始③(068)	
06/27	廃棄物資源循環学会東北支部講演会で「東日本大震災復旧活動から学ぶ災害廃棄物処理体制の提言」を仙台環境開発株式会社社員発表②(069)	原子力規制委員会設置法成立
07/01		大飯原発 3 号機再稼働
07/21		東京電力福島第１原発事故作業員の線量計に鉛カバーを覆わせる指示が発覚
07/27	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）広域処理　仙台市搬入場へ運搬開始③(070)	
08/01		IAEA による女川原発の実態調査
08/06	宮城県震災廃棄物処理共同企業体（石巻 JV）広域処理東京都搬出用混合廃棄物選別業務開始③(071)	東京電力が社内テレビ会議映像の一部を公開

08/08	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）石巻ブロックから発生した燃え殻を石巻市内の河北処分場へ運搬開始③(072)	
08/09	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）ブロック内処理運搬開始　亘理ブロックへ運搬③(073)	
08/24	神奈川県県央地区廃棄物処理業協議会研修会で「東日本大震災から 1 年経過した宮城県内のがれき処理の現状と課題」を仙台環境開発株式会社社員発表②(074)	
08/30	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）広域処理茨城エコフロンティアかさま運搬開始③(075)	
09/04	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）広域処理　北九州市運搬開始③(076)	
09/19		静岡県知事が原発住民投票の条例案を県議会に提案
10/15	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）広域処理　山形県エコス米沢へ運搬開始③(077)	
11/16		衆議院解散
12/16		衆議院選挙投票・開票
12/26		第 2 次安倍政権発足

2013/01/21	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）広域処理　山形県ジークライトへ運搬開始③(078)	
01/29		規制委員会　活断層の定義を厳格化
02/01		福島復興再生総局を設置
02/26		平成 24 年度補正予算成立
02/28		原発湾内のアイナメから 51 万ベクレルの放射性物質を検出 5100 倍
03/11	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）宮城県小鶴沢処分場へ運搬開始③(079)	
03/18		東京電力福島第 1 原発で 29 時間に亘る停電発生 ネズミ接触によるショートが原因
03/26	宮城県震災廃棄物処理共同企業体（石巻 JV）広域処理東京都搬出用混合廃棄物選別業務完了③(080) 引き続き石巻ブロック内で混合廃棄物を振動ふるい機で選別作業③(081)	
04/06		東京電力福島第 1 原発の汚染水を保管する地下貯水槽から 120 トン漏水
04/15	宮城県震災廃棄物収集運搬共同企業体（石巻 JV）宮城県大崎市処分場へ運搬開始③(082)	
04/19		IAEA が廃炉作業を視察
04/22		ネズミ接触で変圧器故障 プール冷却装置停止
04/26		宮城県が震災廃棄物処理実行計画（最終版）を作成

内閣府：「東日本大震災関連年表」，復興庁：「復興の現状と取組」及びプレスリリースのデータを基に筆者が作成.

謝辞

本論文を完成させるに当たって，北海道大学大学院の諸先生のご援助に深甚の謝意を表します．指導教員として適切な研究指導をいただいた山本雅人教授に感謝を申し上げます．また，学位論文に対して適切な助言をいただいた栗原正仁教授，小野哲雄教授，川村秀憲教授，松藤敏彦教授そして飯塚博幸准教授に感謝を申し上げます．最後に，研究生活の全般に亘ってご協力いただいた大内 東 北海道大学名誉教授に感謝いたします．