

B-12 地球温暖化による都市環境の影響評価及び対策に関する研究
(1) 都市環境への影響の評価システムの開発と総合評価に関する研究

研究代表者

東京農工大学 細見正明

環境庁 国立環境研究所

地球環境研究グループ 温暖化影響・対策研究チーム 森田恒幸・増田啓子

甲斐沼美紀子

地域環境研究グループ 水改善研究チーム

稲森悠平

東京大学 工学部都市工学科

松尾友矩

大阪大学 工学部土木工学科

村岡浩爾

東京農工大学 工学部物質生物工学科

細見正明

平成2-4年度合計予算額 25,063千円

〔要旨〕 地球温暖化が都市に及ぼす各種影響について、体系的かつ総合的に評価する手法の開発を目的として、1)都市影響の全容を把握してこれらを総合的に評価するシステムの構築、及び、2)都市域の水収支への影響を総合的に評価する手法の開発、3)対策事例として、廃棄物埋立処分地からの温室効果ガス発生抑制のための埋立工法の評価、について検討した。国立環境研究所で開発された知識データベースシステムにおける知識ベースとモデリング支援システムとのリンケージを改良した。地球温暖化の都市影響や人間住居への影響に関して今までに世界各国で実施されている研究報告、約60件を収集してその知識の概要をレビューし、改良知識データベースシステムの知識ベースとして入力した。これにより温暖化都市影響の総合評価システムの有効性と課題を検討した。大阪府下の寝屋川流域の水収支算定について、自然経路と人為経路による水循環系で整理し、地下環境に特異性があり、海面・地下水位上昇に関係があることが示された。ガス抜き井戸からのメタン放出量と気象条件との相関関係は、降水量が最も高く、続いて地温、気温となった。また最終覆土表面からのメタン放出量は地上気圧が低下傾向にあるとき増加し、地上気圧が上昇傾向にあるときメタン抄出量が減少した。最終覆土中にメタン酸化細菌が存在していることが示唆された。廃棄物埋立処分地からの温室効果ガスの発生抑制対策として埋立工法の実験的検討を行い、準好気性埋立工法の埋立処分地は嫌気性埋立工法の処分地に比べ、温暖化への寄与度が約1/2に減少することが予想された。

〔キーワード〕 都市環境、総合影響評価、知識データベースシステム、水循環、都市廃棄物

1. 序

都市は多様な人間活動が集中する複雑な系であるとともに、多くの資産や社会的施設が集積した価値の高い地域でもある。このため、地球温暖化の都市に及ぼす影響は、たとえ個々の影響が小さくともその波及的効果は大きく、またその経済的被害も著しく増加するおそれがある。しか

し、これらの影響を体系的に推定してかつ総合的に評価することは非常に難しく、新たに評価システム及び評価手法の開発が不可欠である。

2. 研究目的

本研究は、地球温暖化が都市に及ぼす各種影響について、体系的かつ総合的に評価する手法の開発を目的としている。このため、1)都市影響の全容を把握してこれらを総合的に評価するシステムの構築、及び、2)都市域の水収支への影響を総合的に評価する手法の開発、3)対策事例として、廃棄物埋立処分地からの温室効果ガス発生抑制のための埋立工法の評価、について検討を行った。

3. 研究方法

3. 1 都市環境影響評価総合システムの構築

国立環境研究所で開発した知識ベース・システムを適用して、温暖化の都市影響を総合的に評価するシステムの開発の可能性について検討するとともに、この知識ベースに入力するデータを収集してこのデータをもとにいくつかの分析を行った。

知識ベースの改良については、知識ベースとモデリング支援システムとのリンケージを改良して、温暖化の都市影響モデルの基本構造を収集された知識から推定する二つの方法について検討した。一つは、知識の構造からダイレクトにいくつかの簡単なモデル構造を推定し、この構造に直感的なパラメータを与えて思考実験を支援する方法で、他の一つは、知識の構造とともに実際の定量的データから最も望ましいモデル構造を推定して、統計的にパラメータ推計する方法とした。

3. 2 都市域の水収支影響評価手法の開発

寝屋川地域は面積約270km²、人口約280万人の地域である。流域全体の77%は内水域となっており、大阪市に隣接していることもあって昭和30年代以降の急激に都市化された地域である。そのため近年、豪雨による浸水被害や河川水質汚濁が深刻な問題となっている。今後本格化する治水、水質改善事業を議論する上で、流域内での水移動を把握しておくことが重要である。そこで寝屋川流域水収支調査を行った。我国では人口の大部分が都市域に集中しており、民生用を始めとする高密度なエネルギー消費が行われている。ここでは大阪市域を対象として、標準地域メッシュ（約1km²）単位でエネルギー消費量の算定を行った。ここでは発電所やガス製造工場などから発生する1次エネルギー消費量も含めるものとする。

3. 3 廃棄物埋立処分地からの温室効果ガス発生抑制対策

廃棄物埋立処分地において、メタン放出量とメタン放出量に影響を与える気象条件との関係を明らかにすることを目的として、埋立終了後、約7年が経過した廃棄物埋立処分地に設置されているガス抜き井戸で1年間、メタンガス放出量の連続測定を行った。同時に降水量や気温などの気象項目も連続測定を行い、廃棄物処分地ガス抜き井戸からのメタン放出量と気象条件との関係を1年間にわたる連続観測結果の解析を行った。また、密閉式および通気式チャンバー法により廃棄物処分地の最終覆土表面からのメタン放出量の連続24時間測定も行った。

廃棄物埋立処分地からの温室効果ガスの発生抑制対策として、埋立工法の改良の検討を行った。調査フローを図1に示す。具体的には、内径485mm、高さ5.0mの塩化ビニル製の廃棄物埋立模型槽

に都市ゴミを充填し、1基の模型槽は底部から6.25L/時間の空気を吹き込む好気性埋立槽で、もう1基は空気を遮断した嫌気性埋立槽とし、これらを感度0.1kgから2tまで計量できる大型重量計にのせた。埋立廃棄物の重量変化は、日降水量、蒸発散量、浸出水量、浸出水中の蒸発残留物量とガス化消失量による物質収支から決定される。ガス化消失量を好気性の場合は二酸化炭素、嫌気性の場合は二酸化炭素及びメタンとして、物質収支式から求めた。

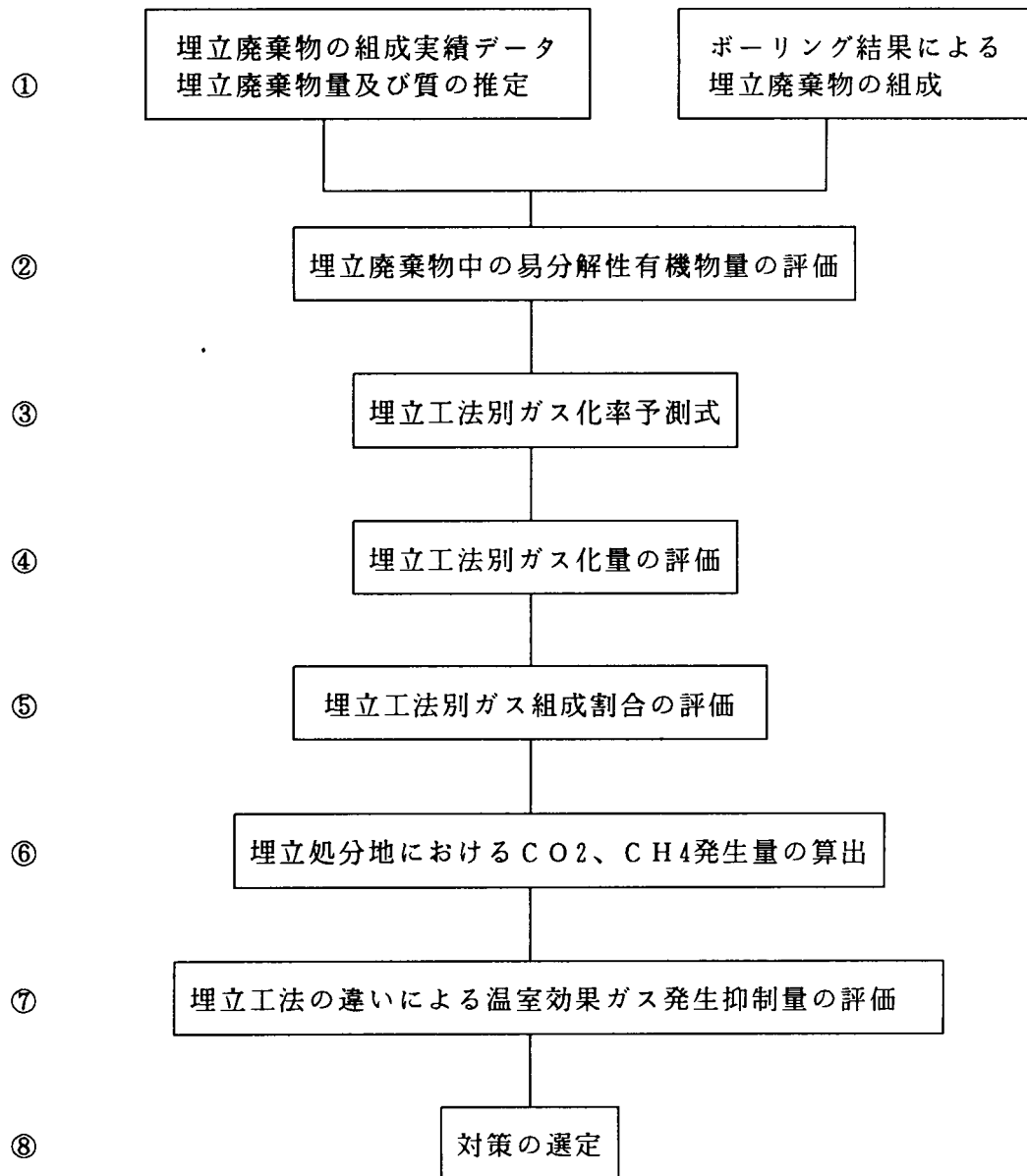


図1 温室効果ガス発生量抑制対策手法の評価フロー

4. 実験結果および考察

4. 1 都市環境影響評価総合システムの構築

各種の環境影響を体系的に同定する手法としては、従来より、チェックリスト法、マトリクス法、ネットワーク法等の手法が提案されてきた。しかし、これらの手法は構造同定の客観性、分析しうる変数の数の制約、定量モデルへの発展の困難さ等の問題があり、本研究対象にそのまま適用することは難しい。このため、国立環境研究所において開発した知識ベースシステムを適用して、環境影響の総合評価システムを開発した。このシステムは、多種多様かつ断片的な専門的知見をコンピュータに体系的にファイルしておき、必要に応じてこれらの知見を組み合わせ、コンピュータの支援のもとで総合的な知識の構造を組み立てて表示することができる。さらに、このシステムはモデリング支援システムや長期予測シュミレータと連動するようになっており、同定した構造をもとに定量的モデルを作成してシュミレーションを行うことができる。従って、この知識ベースを部分的に改良して適用すれば、複雑かつ広範囲の温暖化影響の構造がコンピュータの支援により容易に明らかになり、また定量的評価も可能である。このため、知識ベースシステムの改良の方針を検討するとともに、温暖化の都市影響に関する各種の知見をデータファイル化して知識ベースに入力し、システム適用の各種チェックを行った。図2には、都市エネルギーシステム、大気汚染、都市緑地、近郊農業、水環境、水利用システム、レクリエーション環境、都市災害、土地資産等への影響についての各種知識データを入力し、これらの知識を組み合わせで同定された影響の構造についての出力結果を示している。温暖化の都市影響の構造が体系的に示されるとともに、定量的な影響の推定モデルの作成に向けてこの知識ベースシステムの活用が有効であることが分かった。

一方、各種の温暖化の影響を貨幣尺度で総合的に評価する手法についても、適用・開発の方針を検討した。まず、温暖化影響の経済的価値の評価手法について、市場データから直接推計する方法、地価や旅費等から間接的に推計する方法、消費者への質問をもとに推計する方法等、既存の手法をレビューするとともに、その適用可能性について検討した。次いで、レクリエーション環境や自然環境への影響を対象にして経済的評価を試み、手法開発の基本方針を検討した。

知識ベースに入力するデータについては、地球温暖化の都市影響や人間住居への影響に関して今までに世界各国で実施されている研究報告、約60件を収集してその知識の概要をレビューした。表1はそのうち、まとまった成果の得られているもので、影響の直接的原因および影響の種類によって分類整理されている。この表に示すとおり、今までに温暖化の都市影響分野で研究された主な対象は、海面水位の上昇に伴う都市災害や土地資産への影響である。これに比べると、温度上昇や降水パターンの変化による影響の研究は数が少なく、蒸発量増加、水温上昇、二酸化炭素濃度の増加による都市影響についてはほとんど研究がなされていない。このデータをもとに知識ベースシステムを用いて各種の分析を行い、温暖化都市影響の総合評価システムの有効性と課題を検討した。

4. 2 都市域の水収支影響評価手法の開発

都市域の水道水源だけでなく、地球温暖化は一般に都市域の水収支に著しい影響を及ぼす恐れがある。この影響の度合いは都市化の著しい大都市においてより深刻になるなど、都市化の進行の度合いにも大きく依存しており、影響を正確に推定するためには、現実の水収支の状況を踏まえた総合的な評価手法を開発する必要がある。このため、大阪府を対象にして水収支への影響評価

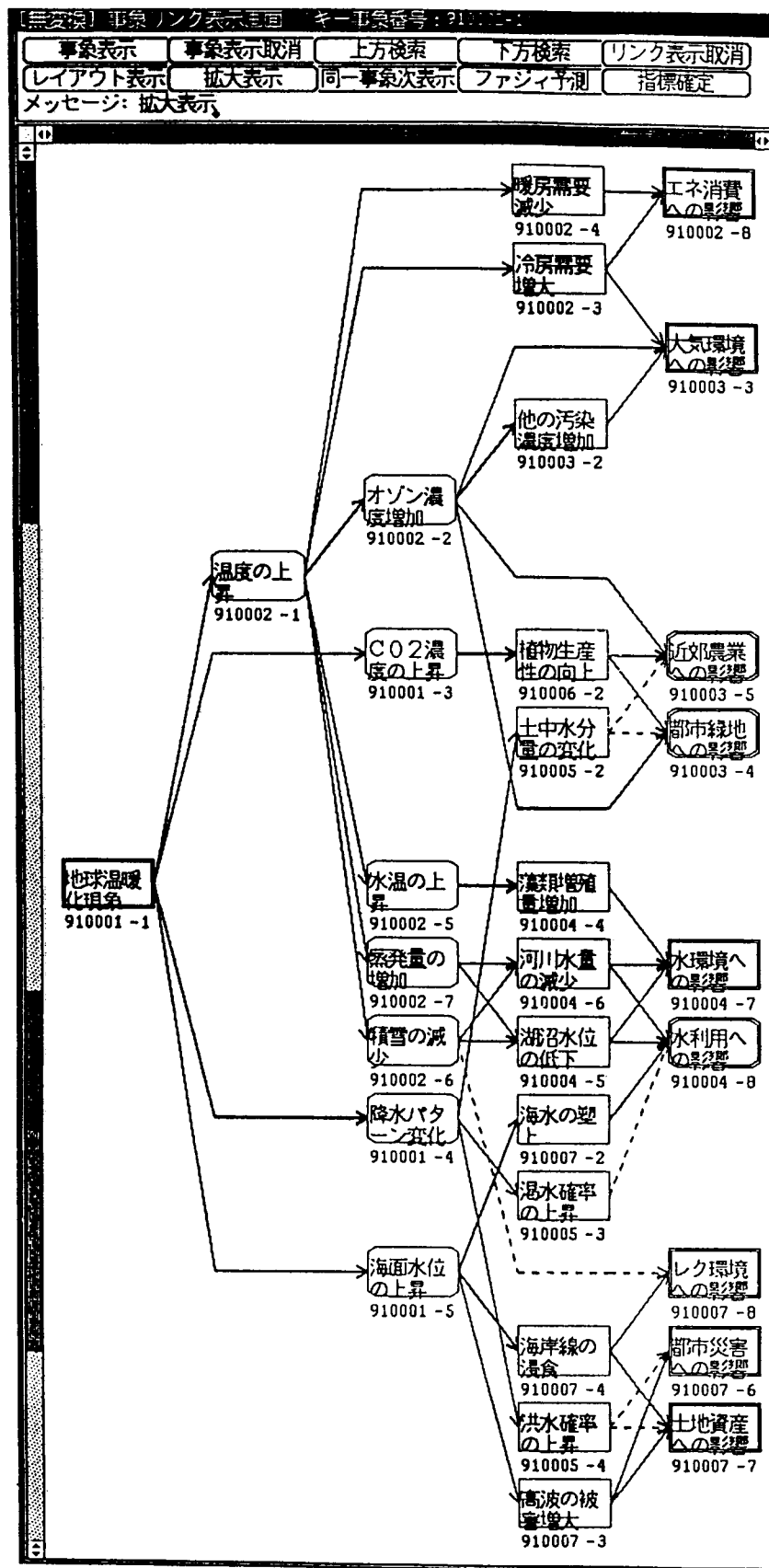


図2 知識データベースによる出力結果（温暖化による都市環境影響の構造）

表1 温暖化による都市影響に関する今までの研究一覧

現象 影響	温度上昇	降水パターン変化	積雪の 減少	蒸発量の増加	気温 上昇	CO ₂ 濃 度の 上昇	海面水位の上昇
都市災害		・低地・高流域で洪水 ・シナリオを用いた洪水による被害予測 ・地中海沿岸・北米による沿岸都市の影響 ・日本一低地の氾濫 ・ニュージーランド・洪水多発、下水道の氾濫、熱帯サイクロン被害増大、沿岸侵食による家屋被害、河川付近の洪水、地下水面上昇による有機物土壌上の家屋の柱根不安、夏の乾燥による貯水タンクの容量不足、海中春潮による被害の不安定化、家屋の被害は減少、洪水被害増大、河川付近の洪水で避難不可能					・沿岸地域での相対的危険性や影響 ・暴雨による洪水、下水設備に影響 ・都市域への洪水、塩水化、地下水面上昇などの影響予測 ・シナリオを用いた洪水による被害予測 ・3つの洪水増大 ・ビデオマッピングを用いた沿岸侵食被害予測、人口流入問題 ・イギリス・河口域に発達した産業都市への脅威 ・ニュージーランド・洪水、海洋侵食 ・中国・1m上昇で7100万人、70都市の水没、エジプト・800万人の住民、ナイジェリア・洪水・侵食被害（ラゴス）、ブラジル・大都市の侵食・洪水被害、マレーシア・沿岸侵食、ダカール洪水侵入、サヘル地域の干ばつ
土地資産		・地中海沿岸・北米による沿岸都市の影響 ・ニュージーランド・洪水増大で軟弱基盤による建設問題					・沿岸地域での相対的危険性や影響 ・沿岸侵食
都市住民健康	・人体や都市大気への影響評価 ・人体、生物、病気への影響						
交通	・カナダ・輸送網の崩壊 ・極地方・船交通可能期間の増減、道路冬季維持費増減			・五大湖一内陸水上交通の運搬容量の減少			・西アフリカ、中央アフリカ沿岸地域一河口域に発達した都市への脅威 ・高速道路に打撃
移住	・カナダ・人口移動（居住空間の崩壊）	・ビデオマッピングを用いた沿岸侵食被害予測、人口流入問題 ・太平洋諸島からの移民の受け入れる容量の減少 ・バングラデシュ・洪水による都市域への人口流入		・ビデオマッピングを用いた沿岸侵食被害予測、人口流入問題			・移住、橋、高速道路、発電所に打撃 ・洪水による都市域への人口流入（西アフリカ、中央アフリカ沿岸地域、バングラデシュ） ・シナリオを用いた洪水による被害予測 ・北米大西洋岸、メキシコ沿岸のバリアー島の多くの都市（ガルベステン、マイアミビーチ、メリーランド、オーシャンシティ、アトランティックシティ）、三州州都及び沿岸部の都市（カルカッタ、上海、バンコク、ジャカルタ、東京、大阪、ロンドン、ロッテルダム、ヴェニス、ニューヨーク）の危機 ・サヘル地域一干ばつによる人口流入

現象 影響	温度上昇	降水パターン変化	積雪の 減少	蒸発量の 増加	気温 上昇	CO ₂ 濃 度の 上昇	海面水位の上昇
エネルギー消費	・温暖化による暖房費削減予測 ・カリフォルニア・2010年の電力消費予測、年間電力消費増加 ・ニュージーランド・暖房費減少 ・インドネシア・消費量増加	・シナリオを用いた五大湖地域流出予測 ・地下水、居住、輸送網への影響					
水資源、水利用	・カナダ・地下水の減少、都市での湧水	・都市の水供給への影響 ・北米・降水量と洪水量の増加 ・地中海沿岸・洪水量増加による水不足 ・日本・水管理システムの圧迫 ・ニュージーランド・水質悪化 ・イギリス・水管理システムの再設計 ・テラウェア川・顕著な水量低下 ・ニューヨーク・水不足 ・五大湖・水消費量減少・増加の予測					・塩水化問題 ・オーストラリア・南西部の大都市（パース）の水供給の減少
水環境		・地中海沿岸・北米による沿岸都市の影響 ・地中海沿岸・洪水量増加による水不足 ・日本・干ばつの長期化、洪水期間の短期化 ・ニュージーランド・洪水量増加 ・イギリス・年平均洪水量増加、最高水量の季節変動の増大 ・フィラデルフィア・洪水侵入					・沿岸侵食対策
大気質	・人体や都市大気への影響評価 ・酸性雨への影響 ・成層圏オゾン破壊の地上への影響 ・大気中のオキシダント濃度 ・オゾン濃度上昇による汚染域拡大						
近郊農業							・都市域への洪水、塩水化、地下水面上昇などの影響予測
都市緑地							
レクリエーション環境							

手法の開発を試みた。

まず、大阪府の水収支図を作成し、この図に基づいて水収支推定値を求めた。対象とした因子は、地表系、給排水系、土壌系及び地価水系の各因子であり、 $2\text{km} \times 2\text{km}$ の各メッシュ毎に諸量を求めて、鳥瞰柱状図で示した。図3には上水道の給水量を示す。

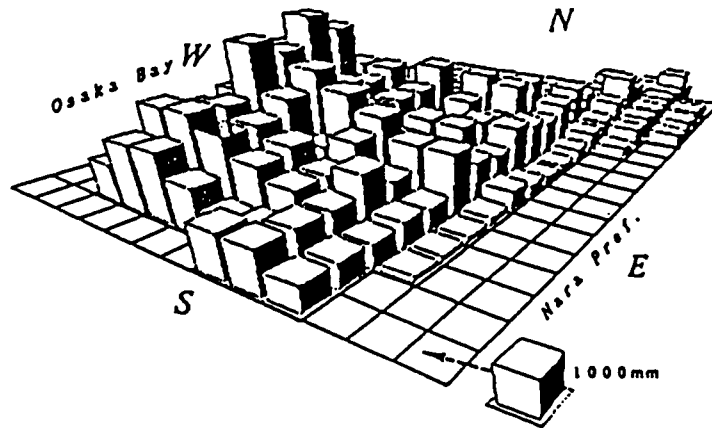


図3 大阪市における上水道の供給量

この分析から得られた知見をまとめると図4のようになる。すなわち、降水量の80%が蒸発散と表面流出に消費され、地下水浸透はわずか20%に過ぎない。また、この地域内の上水給水量と工業用水給水量を合わせると、年間降水量の1.5倍程度になり、これに有効率をかけたものに地下水揚水量を加えたものが下水処理場からの総排出量にほぼ等しくなっている。

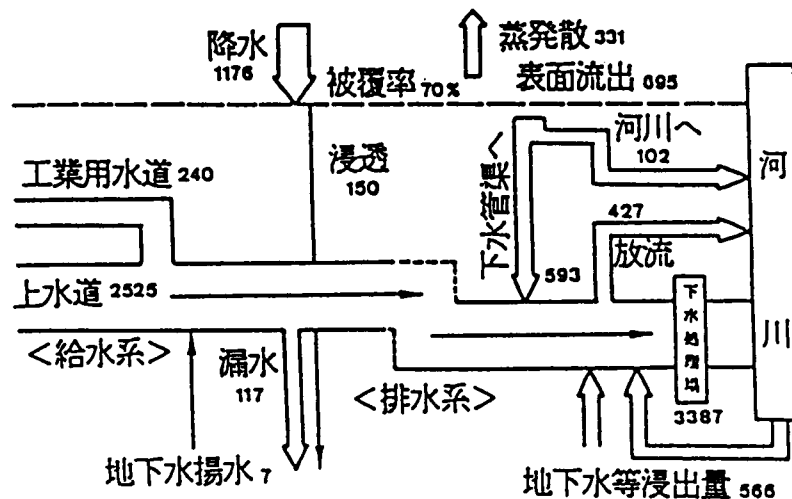


図4 大阪市における水収支

[illegible]

— 269 —

(3) 廃棄物埋立処分地からの温室効果ガス発生抑制対策

図7に例示するように、ガス抜き井戸からのメタン放出量はかなりの時間変動を示した。その変動は地上気圧の影響を受けており、地上気圧が低下傾向にあるときにはメタン放出量は増加し、地上気圧が上昇傾向にあるときにはメタン放出量は減少した。気圧の変化量（1時間前の気圧との差）の変化とメタン放出量との関係を示した図7からわかるように、晴天時の地上気象が安定しているときでも、大気潮汐による地上気圧の24時間周期にともなってメタン放出量にも24時間周期が認められた。以上の結果は、廃棄物埋立地からのメタンガス回収技術を確立する上で、埋立槽内の圧力と吸引圧力とのバランスが重要な操作要因であること示すものである。

ガス抜き井戸からのメタン放出量は、月平均値でみると、冬季から春季にかけてほぼ一定であったが、夏季から秋季にかけて増加した。仮設検定からも季節によりメタン放出量の平均値が異なることが示された。メタン放出量と気象条件との相関関係は、降水量が最も高く、続いて地温、気温となった。しかし、日射量や風速、気圧との相関係数は低い値であった。

密閉式チャンバー法と通気式チャンバー法によるメタンおよび二酸化炭素放出量の差について、まず、標準偏差が等しいとしてF検定を行った結果、有意差がなかった（1%水準）。次にそれぞれの平均値の差についてT検定を行った結果、有意差が認められなかった（1%水準）。

最終覆土表面からのメタン放出量に最も強く影響を与えている気象条件は、覆土の含水率で、覆土が水分を多く含んで含水率が高い場合には、メタン放出量は非常に少なく、検知できないときもあった。逆に乾燥して含水率が低い状態のときには、表面にできた亀裂を通してメタンは多く放出された。また、地上気圧もメタン放出量に影響を与えており、ガス抜き井戸でみられたのと同じ現象が認められた。図8に示すように、メタン放出量と気圧差との間で負の相関が認められた。すなわち、メタン放出量は地上気圧が低下傾向にあるとき増加し、地上気圧が上昇傾向にあるときメタン放出量が減少した。また、表2に示すように、メタンと二酸化炭素の組成比についてガス抜き井戸と最終覆土表面で、逆転現象がみられた。すなわち、ガス抜き井戸のガス組成はメタンが約52%、二酸化炭素約24%で CH_4/CO_2 比は約0.4であったが、最終覆土表面からの放出ガス組成は CH_4/CO_2 比が1.4～7.0と二酸化炭素が多く含まれていた。OHラジカルによる反応（メチル基）、さらに一酸化炭素まで酸化される過程は考えにくいことから、覆土中に存在するメタン酸化細菌が大気から侵入した酸素を利用して、メタンを二酸化炭素にまで酸化していると推定された。このメタン酸化速度は時間オーダーで変化し、土壌水分や気温などの影響を受けることが示された。

表2 最終覆土表面におけるメタン及び二酸化炭素放出量と気象データの平均値

観測項目	CH_4	CO_2	気圧	気温	地表面 温度	地温 10cm	地温 30cm	風速	含水率	CO_2/CH_4
観測日	$\text{mg/m}^3\text{h}$	$\text{mg/m}^3\text{h}$	mb	℃	℃	℃	℃	m/s	%	
7/24～25	0.018	0.127	995.1	28.6	27.0	28.9	25.5	1.5	30.9	9.27
8/29～30	0.129	0.273	1002.4	24.0	23.4	24.3	24.6	2.3	21.2	2.26
11/13～14	0.025	0.057	1008.5	11.2	10.7	12.2	14.5	1.5	37.2	2.70
12/11～12	0.033	0.044	1003.4	7.6	10.7	12.1	14.5	3.5	37.0	1.44

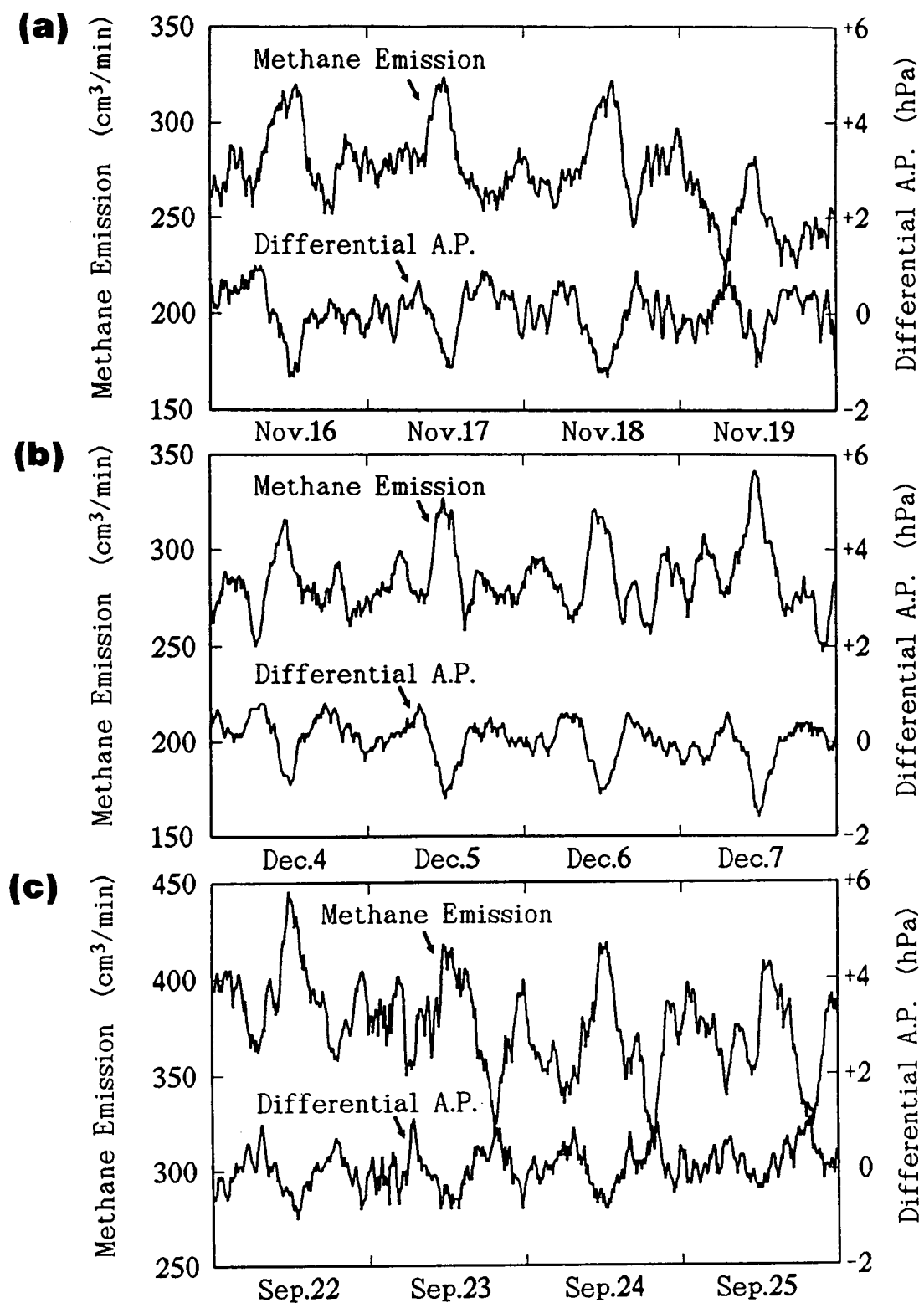


図7 ガス抜き井戸からのメタン放出量と気圧差との関係

(a) 1990年11月16日～19日

(b) 1990年12月 4日～ 7日

(c) 1991年 9月22日～25日

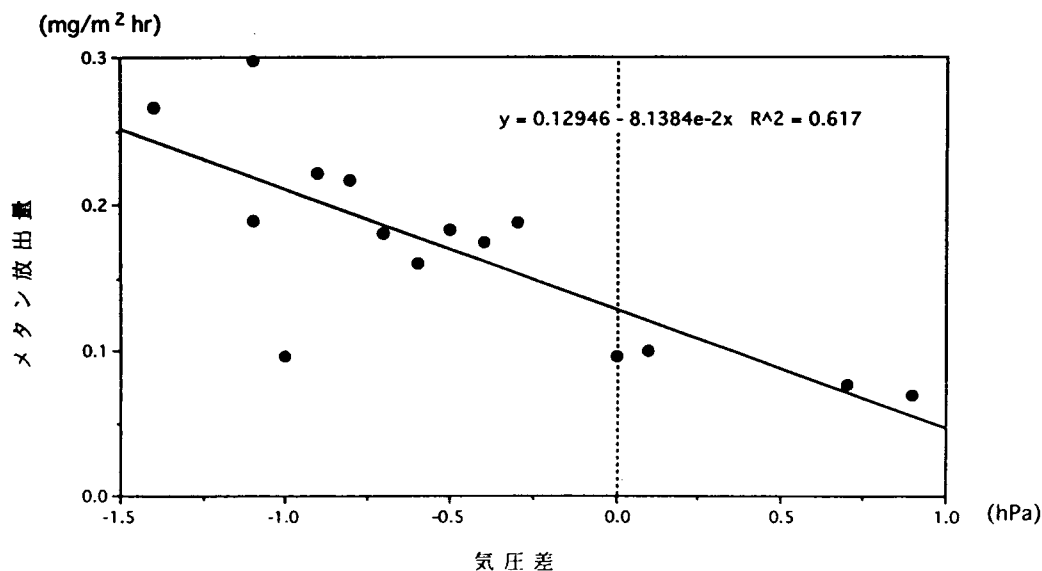


図8 廃棄物埋立処分地最終覆土表面からのメタン放出量と気圧差との相関

10年間にわたる埋立実験データを整理し、埋立廃棄物中の易分解性有機物量を基準にして、好気性、準好気性および嫌気性埋立工法における易分解性有機物当たりのガス化率の経時変化を簡易な実験式で整理した。

嫌気性埋立 ガス化率(%) = $0.76 M - 0.02$ (酸生成期 0 - 4 年)
 ガス化率(%) = $30.61 \log M - 6.91$ (メタン発酵期 4 - 10 年)

準好気性埋立 ガス化率(%) = $29.00 \log M + 0.77$

好気性埋立 ガス化率(%) = $23.20 \log M + 24.29$

ただし、Mは埋立経過月数を示す。

これらの式を、廃棄物埋立処分地に適用し、埋立廃棄物の組成から易分解性有機物量を求め、代表的なガス組成比から、埋立工法別に二酸化炭素およびメタンガスの発生量を求め、さらにこれらに熱吸収相対値をかけ、温暖化への寄与度を求めた。その結果、準好気性埋立工法の処分地は嫌気性埋立工法の処分地に比べ、温暖化への寄与度（埋立廃棄物が異なるため、廃棄物中の易分解性有機物量当たりの二酸化炭素発生量）が45%に減少することが予想された（表3）。もちろん、エネルギー経費も考慮すべきであるが、廃棄物埋立処分地浸出水を循環した埋立工法を採用した場合には、温室効果を24%に抑制できることが予想される。

表3 埋立構造別からみた埋立廃棄物中の易分解性有機物1kg当たりのガス発生量

埋立構造	易分解性有機物1kg当たりの10年間累加ガス発生量(L)				嫌気性埋立 との比較**
	CO ₂	CH ₄	CH ₄ のCO ₂ * への換算(×30)	CO ₂ 換算合計	
嫌気性埋立	132	397	11,910	12,000	1
準好気性埋立	228	171	5,130	5,360	0.45
循環式 準好気性埋立	256	85.5	2,570	2,830	0.24
好気性埋立	271	42.7	1,280	1,550	0.13

* メタンの熱吸収相対値を二酸化炭素の30倍として換算した、易分解性有機物量当たりの二酸化炭素発生量を示す。

** 嫌気性埋立における二酸化炭素換算ガス発生量と各埋立構造における二酸化炭素換算ガス発生量との比を示す。

5. まとめ

個々の研究成果をとりまとめ、体系化して評価に持ち込むための方法論について検討し、知識ベースを適用して、環境影響の総合評価システムを開発した。本システムを利用することにより、温暖化影響の構造が体系的に示されるとともに、定量的な影響の推定に向けて本システムの活用が有効であることが分かった。また、都市環境に関する文献レビューをもとに入力データを調査・整理した。この調査結果によって、総合評価システムの改良についていくつかの再検討が不可欠であることが明かとなった。第一に、今のところ温暖化の都市影響に関する体系的知見が得られておらず、総合評価が非常に難しいこと、第二に、従って総合評価に際しては専門家の直感による知識データの補完が不可欠であること、第三に、総合評価の方法論について、確定できない要因の数とその不確実性の幅が大きいことから不確実さを前提として総合評価の方法論を再検討する必要があることである。

温暖化は一般に都市域の水収支に著しい影響を及ぼす恐れがある。このため、大阪府を対象において水収支への影響評価手法の開発を試みた。都市環境への影響要因を人為経路による水循環系でまとめた結果、地下環境に特異性があり、海面／地下水位上昇に関係があることが分かった。

廃棄物埋立処分地のガス抜き井戸からのメタン放出量の変動は、地上気圧の影響を受けており、地上気圧が低下傾向にあるときにはメタン放出量は増加し、地上気圧が上昇傾向にあるときにはメタン放出量は減少した。廃棄物埋立地からのメタンガス回収技術を確立する上で、埋立槽内の圧力と吸引圧力とのバランスが重要な操作要因であること示すものである。また、ガス抜き井戸からのメタン放出量と気象条件との相関関係は、降水量が最も高く、続いて地温、気温となった。

廃棄物埋立処分地の最終覆土表面からのメタン放出量も、地上気圧が低下傾向にあるとき増加し、地上気圧が上昇傾向にあるときメタン放出量が減少した。最終覆土中に存在するメタン酸化細菌が、大気から侵入した酸素を利用して、廃棄物層からのメタンを二酸化炭素にまで酸化し、これが大気に放出されると推定された。このメタンの酸化速度は時間オーダーで変化したり、水分や温度などの影響も受けることが示された。

最終覆土中にメタン酸化細菌が存在していることが示唆された。易分解性有機物当たりのガス化率の経時変化を簡易な実験式で整理した。廃棄物埋立処分地からの温室効果ガスの発生抑制対策として、埋立工法の検討も昨年に引き続き検討を行った。準好気性埋立工法の埋立処分地は嫌気性埋立工法の処分地に比べ、温暖化への寄与度が約1/2に減少することが予想された。

6. 研究発表の状況

[口頭発表]

- ・瀬岡正彦、村岡浩爾（1992）都市域水循環に係わる物質・熱現象について－大阪市とその周辺を対象として－、土木学会平成4年度関西支部年次学術講演概要、Ⅱ-6.
- ・村岡浩二、西村康之（1992）都市域の水収支算定とエネルギー消費－神戸モデル地域を対象として－、環境科学会環境科学シンポジウム1992年会講演集、p.185.
- ・細見正明、佐々木祐治、臼井規善、井上 元、小林 守（1992）廃棄物埋立処分地からのメタン放出量と気象条件との関係、廃棄物学会第3回研究発表会講演論文集、423-426.
- ・松藤康司、花嶋正孝、長野修治、田中綾子、細見正明（1992）埋立廃棄物から発生する温室効果ガスについて、廃棄物学会第3回研究発表会講演論文集、427-430.
- ・真東健一郎、瀬岡正彦、村岡浩爾（1993）寝屋川流域の水収支について、土木学会平成5年度関西支部年次学術講演概要、Ⅱ-16-1～2.
- ・西村康之、村岡浩爾（1993）人工都市における水収支、エネルギー消費について、土木学会平成5年度関西支部年次学術講演概要、Ⅱ-17-1～2.
- ・細見正明、佐々木裕治（1993）最終覆土表面からのメタン及び二酸化炭素の放出、廃棄物学会第3回研究発表会講演論文集、441-444.

[誌上発表]

- ・細見正明、佐々木祐治、臼井規善、井上 元、小林 守（1992）廃棄物埋立処分地からのメタン放出量と気象条件との関係、廃棄物学会論文誌、3, 71-77.
- ・細見正明（1992）地球温暖化の土壌環境への影響、水環境学会誌、15, 787-792.
- ・村岡浩爾（1992）第3章第3節 地盤および地下水環境、中村英夫編「都市と環境」、ぎょうせい、技報堂、151-158.
- ・Muraoka, K. and T. Seoka (1992) Water balance and hydrological cycle in Osaka urban area. Tech. repts. of Osaka Univ., Vol.14, No.2098.
- ・Muraoka, K. and Y. Nishimura (1992) Water balance and hydrological cycle in Kobe urban area. Tech. repts. of Osaka Univ., Vol.43, No.2139. 129-140.