

環境観測システムの将来

坂 上 務*

- § 1. はじめに
- § 2. 人間活動による大気の変化
- § 3. 環境計測
- § 4. 地球観測衛生
- § 5. 地球の大気情報
- § 6. レーザ計測
- § 7. あと書き

環境観測システムとその将来

§ 1. はじめに

かけがえのない我々の地球は46億年前に生まれ、植物・動物を育ててきたが、この自然がどんなしくみのものであるかを知ることが将来の姿を予測するための必要条件である。自然はたくみに設計され、風、水蒸気、熱の動き、海の流れはお互にうまくつながり合っている。この意味で地球をシステムでとらえることができる。そしてこの上に人間の知能に基づく違った次元での集団行動による変化の解明も必要とする。

人間の将来をバラ色にするための方策は、そのシステムの急所を知り、その変動の可能性を探ることであろう。これができるかどうかの能力が人間の将来を決めるのである。

世界有数の実質的人口密度国日本の人口は、西暦2000年には1億3,000万人、このうち90%が都市部に集中するものとみられる。

そこで、如何に美しい文化、経済のビジョンが確立されても環境の破壊によって国民の生命財産が失われては、まぼろしのビジョンに終わってしまう。そこで、われわれは安定した社会を築くため全国民が協力し、自然科学の他に人文科学・情報科学等の関連分野と積極的に連繋し、その方法を策定する必要がある。

被害素因と考えられる社会環境、自然環境は絶えず変化しつつある。被害を受ける生物体、人工物体も変化してゆく。そしてこれらは自然現象にも変化を与えている。さらにまた原子力発電施設の場合のように社会環境の側からみた加害素因の許容量すら変化している。このように加害要因と被害要因との関係は複雑にからみ合って変化する。

大自然では不均衡を作ろうとする現象と平衡をとり戻そうとする現象が絶えず起っており、このバランスのくずれを最小限に食い止めることを図らなければならない。

* 九州大学農学部教授、農博、医博、本協会理事

そして環境科学は、社会科学も十分にとり入れて国土活用論にも進む必要がある。

§ 2. 人間活動による大気の変化

この問題は、1971年ストックホルムで開かれた会議で、気候に影響を与える人間活動として工業活動などに伴う多量の炭酸ガスや浮遊微粒子などの増加による地球大気全体の

汚染（バックグランド汚染）の進行に伴う地球大気組成の変化と、ダム建設、干拓、大規模な土地利用の改変による水収支、熱収支の変化などを挙げている。これに対し当面は、国連環境計画では1974年環境モニタリングに関する会議を開き、汚染物質のモニタリングの優先順位表を作成している。これが次の第1表である。

表1 汚染物質のモニタリング優先順位表

(国連環境計画, 1974)⁽¹⁾

優先順位	汚 染 物 質	分 野 ⁽²⁾	プログラム型 ⁽³⁾
I	SO ₂ + 浮遊微粒子 放射性核種 (Sr-90 + Cs-137)	大 気 食 物	I R B I R
II	O ₃ DDTその他の有機塩素化合物	大 気 生態学, 人体 ⁽⁵⁾	I B ⁽⁴⁾ I R
III	cdおよびその化合物 硝酸塩と亜硝酸塩 ⁽⁶⁾ NO, NO ₂	食物, 人間, 水 飲料水, 食物 大 気	I I I
IV	Hgとその化合物 pb CO ₂	食 物, 水 大気, 食物 大 気	I R I ⁽⁷⁾ B
V	CO 石油系炭化水素	大 気 海 洋	I R B
VI	ふ っ 化 物	淡 水	I
VII	石 綿 As	大 気 飲 料 水	I I
VIII	細菌毒素, 微生物による汚染 活性炭火水素	食 物 大 気	I R I

注 (1) この表は定期的に検討し、改訂される。

(2) 降水分析を含む。

(3) I = 追加, R = 地方性, B = 基本線

(4) 成層圏に関して

(5) 食物の検査を含めてプログラムを考える。

(6) ニトロアミンの多分野の分析法で現在利用可能なものはない。

(7) プログラムを作るときに地方観測所を含むよう考慮すること。

§ 3. 環境計測

環境計測として今日考えられている対象は、人類の健康と精神活動に本質的影響を及ぼす大気、土壌、海洋、河川、騒音、悪臭などの情報である。これらの諸要素の制御の第1歩は、いかに適時適確にその状態を高い信頼度で把握するかである。とくに大気、海洋は膨大なひろがりを持ち、循環、拡散、輸送などいわゆる構造因子の有機的測定には、局地的な情報の他、最近リモートセンシング技術の体系化が強く望まれている。

最近、地球的規模の開発管理、都市化の調査には、航空機及び人工衛星が世界的に大きな関心を呼んでおり、とくに日本は四周は海であり、環境の開発、保全等に関連した地球観測システムの開発に期待するところが非常に大きい。

人工衛星の利用は米国の Landsat 1号、2号でその効用がみごとに実証され、1978年3月頃には3号が予定され、1980年には飛躍的な新機能を持つものが期待される。その

他、海洋観測に重点を置く Seasat の計画もあると聞いている。日本でも地球観測衛星の第1号機（海洋観測衛星）の開発を目指し、研究を始めている。

地球観測システムは、航空機や人口衛星に搭載される装置、データを地上に伝達する通信装置、受信信号を解読する処理装置、そして得られたデータを解析し、いろいろな用途に供する利用系とにわけられる。

§ 4. 地球観測衛星

人工衛星

Landsat 1号と2号は、1972年7月と1975年1月に打ち上げられ、地球観測衛星のパイオニアの役割を果たしてきた。現在、1号は5年も経過したこともあって、搭載観測機械はすでに作動しておらず、2号のみが活動しているが、これも半分は作動不良となっており、第3号の打上げが期待されている。

これは、1号、2号を若干改良したもので次の表2のような特性を持っている。

表2 Landsat 3号の主要特性

観測装置	マルチスペクトルスキャナー		リターンビームビジコンカメラ
	0.5~1.1 μm	1.06~1.26 μm	
観測波長帯域	0.5~1.1 μm	1.06~1.26 μm	0.505~0.750 μm
観測波長帯数	4	1	1
地表分解能	80 m	24 m	40 m
観測領域	185 Km	185 Km	98Km × 2
センサの数	6 × 4	2 × 1	2
センサの種類	シリコン・フォト・ダイオード	Hg Cd Te	ビジコン
観測レベル数	26	26	—
ライン走査線数	2340	780	4125
ライン走査周期	1/13.65		—
画像伝達時間	28.6 秒/フレーム		25 秒/フレーム
重量	64 Kg		66 Kg
電力	55 W		160 W

また、この衛星の軌道は高度915Km、傾斜角99.1°を予定している。

Landsat 4号は、1981年頃打上げられる予定で、形状・機能は3号と大きく異なる。その主な特徴は次のとおりである。

1. マルチスペクトルスキャナーをさらに高性能化する。
2. データ中継衛星を経由して、米国の地球局へリアルタイムで伝送する。
3. 観測波長帯域は0.5~2.35 μm と10.4~

12.6 μm の2つで、観測波長帯数はそれぞれ6個と1個、地表分解能は30mと160m、観測領域幅は185Kmとなる。

なお、重量は120Kg、電力25W、衛星高度705Km、傾斜角98.2°の予定である。

Seasat は、米国では主に地震、津波等の予知に関する研究のためのものであり、1979年4月頃と1982年頃に打ち上げられる予定である。また、Seasat の主要特性は、次の表3(表3-a、表3-b)に示す。

表3 Seasat の主要特性

表3-a 受動型観測装置

装置	マイクロ波走査放射計	光波走査放射計	
主観測項目	風向, 風速, 水温, 水蒸気量	水温, 海流速度, 海岸の状態	
観測波長帯域	6.6~37 GHz	0.5~0.9 μm	1.05~1.2 μm
観測波長帯数	5	1	1
地表分解能	65×45~16×25 Km ²	10 Km	5 Km
観測領域幅	650 Km	—	—
測定精度	風速±2m/s(2~50), 温度±2°C		

表3-b 能動型観測装置

装置	レーダ高度計	レーダ散乱計	合成開口レーダ
主観測項目	衛星高度, 波高, ジオイド	風向, 風速, 波浪波長	波浪パターン, 海水分布
送信周波数	13.9 GHz	14.6 GHz	1.3 GHz
送信電力	2.5 KW	0.125 KW	0.5 KW
地表分解能	1.2×1.6 Km ²	50 m	25 m
観測領域	10 Km	500 Km × 2	100 Km
測定精度	衛星高度 0.1 m	風向 20°	—
(測定範囲)	波高 0.5m(1~20m)	風速±2m/s(4~26m)	波浪・波長(50~1000m)

この衛星は、軌道の高度800Km、傾斜108°、周期101分、重量1.8t(いわゆる重量級)

である。

の設計構想がたてられている。

日本では、次の表4のような海洋観測衛星

表4 海洋観測衛星設計案

	可視近赤外放射計		マイクロ波放射計			可視遠赤外放射計	
	0.51~ 0.8 μm	0.8~ 1.1 μm	0.5~ 0.7 μm	6~7 μm	10.5~ 12.5 μm	13 $m m$	9.7 $m m$
主観測項目							
観測波長帯域	3	1	1	1	2	1	1
観測波長帯数	30 Km	30 Km	0.5 Km	1.6 Km	1.6 Km	23 Km	17 Km
地表分解能							
観測領域	60 Km		500 Km			300 Km	

この衛星は、高度540Km、傾斜角70°で打ち上げられる予定である。

地上受信

Landsatの観測データの受信は米国においてはフェアバンクス(アラスカ)、ゴールドストーン(カリフォルニア)及びグリーンベルト(メリーランド)で行われ、受信データは、NASAのゴダード宇宙飛行センターへ送られ、ここで処理される。作成された画像データはスーフォールスのEROSデータセンターへ送られ、これから世界のユーザーへ配布される。

この他カナダ、ブラジルでも受像しているし、イラン、ザイル、印度、オーストラリアでも受信局が建設途上にある。

日本では、1979年早々から運用を目標に受信設備を急いでおり、埼玉県鳩山村が候補地で、データ処理も行う予定である。

§ 5. 地球の大気情報

地球の大気は一般に温度によっていくつかの層に分けられる。すなわち、一番下が対流圏、次が成層圏である。表5は、この両層の中の微量分子成分とエアロゾルについての統計表である。この両層は相反する温度分布による安定と乱流混合により、成層圏に入った汚染成分の滞留時間は全般に極めて長く、数週間から一年以上である。一方対流圏では降雨による洗浄効果を入れると一般に数時間から数日間程度である。また、成層圏の上部は太陽からの強い紫外線で光化学反応が発生し、これが環境に重要な要素となる。

地球には空気は $4 \times 10^6 \text{ Km}^3$ (40億メガトン)あり、人口50億人が住んでいるので $1 \text{ Km}^3 / \text{人}$ となる。ここで1人が 1 m^3 の空気を汚染したとするとP P Bのorderの汚染となる。

表 5 環境設計要素としての大気中の微量分子成分とエアロゾルの成因と諸特性

	年間発生 総量 (10^6 t)	発 生 源		濃 度 (p p m)				対流圏内の 滞留時間	浄化機構
		自然的	人為的	対 流 圏		成 層 圏 (下 部)			
				地球的	地域的		局部的		
CO ₂	15,000	有機分解	燃 焼	320	>320	500	320	4 年	海洋吸収 光合成
CO	200~4,000	海 火 事 洋	燃 焼 燃 焼	~0.1 (?)	>0.1	<100	0.003	0.1~3年	沈 降
SO ₂	140	火 山 噴 火	燃 焼 化学工業	0.002	0.05~0.1	< 3	微量	4 日	酸化エアロゾル 吸収
H ₂ O	140	火 山 噴 火 生 物	化学工業			0.002~1	微量	2 日	SO ₂ に酸化
O ₃		光 化 学	光 化 学			0.009~1	1~10		
NO _x	800	土 壤 バクテリア	燃 焼	0.0001	0.03~0.06	<30	0.1	5 日	酸 化
N ₂ O	600	生 物		0.25		0.25	~0.02	1~3年	沈 降
NH ₃	1,160	生 物	廃 棄 物	0.006~0.02		0.2~3			SO ₂ と反応
HNO ₃		光 化 学	化学工業				~0.006	2 日	
CH ₄		生 物	燃 焼	1.5		2~3	<0.1	16 年	
<HC>	568	生 物	燃 焼 燃 焼 却 却			<20			
HF			燃 焼 却 却						
HCl			燃 焼 却 却						
H ₂ O		蒸 発	燃 焼		つねに変化する		3~200		
エアロゾル	3,900	植 物	燃 焼	~70 μ g/ m^3	変 化 大		~0.7 μ g/ m^3	3~5日	沈 降

§ 6. レーザ計測

電磁波を利用するリモートセンシングには能動的なものと受動的なものがあるが、両者とも被測定物質との相互作用（吸収，散乱，放出）を通して生じる情報を利用するもので

ある。レーザを用いる場合には、この相互作用を強めて検出感度を向上させ、レーダ方式によりすぐれた空間的並びに時間的分解能を測定対象を乱さないで実現できるという特徴がある。

表 6 レーザを応用した環境リモートセンシング方式の分類と測定対象

方 式	測 定 対 象
環境大気計測	
弾性散乱 ($f_r = f_L$)	
○ ミー散乱	エアロゾル，水滴（拡散，対流，輸送，乱流，風向，風速，視程，降雨等）
○ レーラー散乱	大気成分分布，温度
非弾性散乱 ($f_r \neq f_L$)	
○ ラマン散乱	大気主要成分，汚染分子，湿度，温度，視程（減衰係数）
○ 共鳴ラマン散乱	汚染分子，微量成分（エアロゾル組成）
螢光 ($f_r = f_L ; f_r \neq f_L$)	
（共鳴及び広帯域螢光）	汚染物質，微量成分
吸 収 ($f_r = f_L$)	
○ 長光路差分吸収	汚染物質，微量成分，湿度，温度（平均値又は積分値）
（反射器，地形等の利用）	
○ 距離分解差分吸収	
（ミー散乱体の利用）	汚染物質，微量成分，湿度，温度
環境水圏計測（海洋，河川，湖沼等）	
ミー散乱	浮遊微小粒子（拡散，輸送，流速，濁度など）
ラマン散乱	
螢光	汚染油成分，流速，微量成分，温度
吸 収	

（ f_r ：検出周波数 f_L ：レーザ周波数）

表 6 は、気象の 3 要素といわれる温度，湿度，風（風向，風速）を含めて，表 5 に挙げたような環境大気の諸因子を，レーザによっ

て遠隔計測するための分類を示したものである。別欄には参考のために海洋，河川，湖沼などの水圏に関するリモートセンシング法に

についても記してある。この他、火山活動に関する情報も噴煙や水蒸気の遠隔計測によって得られることが期待される。

§ 7. あとがき

このように現在から将来への地球観測システムについて、とくに人間活動の結果による環境変化を知る方法について述べた。もちろ

ん変化過程にはフィードバックがあり、また生物界には進化の現象があるので将来の予測は困難である。一方、限界条件に近くなるほど、わずかの要因の変化に対して反応は大きくなる。このような観点から、せめて観測システムをいろいろな方法によって少しでも充実することが望まれる。

(文献紹介) PCB入り旧ノーカーボン紙の簡単判別法

富田 弘： ぶんせき 77, 1977 P79

1. エタノール抽出-燃焼法

紙中のPCBをエタノールで抽出し、銅製の刷毛をこの液につけ、空気中に放置してエタノールを揮発させた後、1~2分炎の中で焼き、炎の色の変化を観察する。炎の色が緑色になればPCB入り感圧紙である。

2. 直接燃焼法

銅線でコイルをつくり、試料紙の小片を入れ、ライターの炎で燃焼する。炎色に顕著な緑色が数秒間あらわれるとPCB入り感圧紙である。

3. 灰ざら燃焼法

試料紙を灰ざらで燃焼し、その炎の上に銅線コイルをかざしてPCBを附着させ、このコイルをライター炎の中に入れ焰色の変化をみる。

これらの方法のうち、最も確実なのは第1の方法である。第2、3は簡便で、多量の試料をふるい分けするとき便利であるが、PCBを含まない紙でもわずかな緑色反応を示すことがある。判別できる最少試料は $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 。