

---

報 文

---

## 森林の帯状間伐によるイヌワシの採餌場所整備効果の検討

### - 施業後 1 年目の結果から -

前田 琢

国有林の生息環境整備事業として実施された帯状の間伐が、イヌワシの採食場所として寄与しているかを明らかにするために、施業後 1 年目の間伐地および比較のための非施業地、疎開地、若齢造林地にそれぞれ調査区を設定し、イヌワシの出現頻度および主要な餌動物であるノウサギの生息数を調査した。イヌワシは非施業地には出現がなかったが、間伐地では観察 100 時間あたり 0.90 回の出現が見られた。しかし、疎開地や若齢造林地に比べると出現頻度はかなり低く、捕食行動も観察されなかったため、間伐地はこれらの環境が持つような採餌場所としての役割は発揮していないと考えられた。一方、間伐地におけるノウサギの糞数は、非施業地に比べ有意に高かったことから、間伐による餌動物増加の効果は予想された。

#### 1 はじめに

山地の森林に生息する大型猛禽類のイヌワシ (*Aquila chrysaetos japonica*) は、開発等による生息環境の減少や攪乱が懸念され、絶滅の恐れの高い種としてリストアップされている<sup>1)2)</sup>。また 1990 年代以降、繁殖成功率の低下が認められており、個体数を維持していけるかについて関心が集まっている<sup>3)</sup>。

繁殖が失敗しやすくなった原因は明確にされていないが、ヨーロッパ等に生息する本種の別亜種では食物の供給量が繁殖の成否に影響することが知られており<sup>4)</sup>、日本においても餌不足による影響が推定されている<sup>5)6)</sup>。とくに森林環境に生息する日本のイヌワシにとっては、採餌に好適な開けた環境（伐採跡地、草地、若い造林地など）の存在が食物の確保に強く関係すると考えられるが、森林の伐採・更新が行なわれなくなったり、採草地の需用がなくなったりという社会情勢の変化により、行動圏内に好適採餌場所が不足する状況にあるのではないかと指

摘される。

こうした予測に基づき、間伐によってイヌワシの採餌に適した環境を創設する試みが行なわれるようになった。国有林では平成 14 年度から事業化され、東北地方の数か所のイヌワシの行動圏内で、試験的な間伐が実施された（東北森林管理局 私信）。小規模な伐採地の造成によりイヌワシの採餌行動頻度が有意に増加したことが、これまでに秋田県内の営業地において報告されているが<sup>5)</sup>、間伐がイヌワシにもたらす効果についてはまだ明確にされておらず、事例評価を積み重ねる必要がある。

本研究では、岩手県内の国有林で実施された生息環境整備事業（間伐）について、その後のイヌワシの利用頻度を経年調査し、間伐施業による採餌場所供給の効果を検討することを目的としている。本稿では、伐採後 1 年目の繁殖期の調査結果について報告する。



図1 帯状に間伐された森林

## II 調査方法

### 1 調査地

生息環境整備事業（間伐）が行なわれた森林は岩手県南部の国有林野の一部（面積 8.9ha）で、イヌワシの巣場所より約 1.1km に位置する。標高およそ 450～650m の北東向き斜面で、37 年生アカマツとコナラなどの落葉広葉樹二次林で構成される。間伐施業は 2002 年 11 月に行なわれ、幅約 5～7m の直線帯状に約 20 列伐採された（図 1）、各列内の数本は、猛禽類の止まり木の役割を想定し、胸高で伐採された。伐採列の向きは斜面と同方向であった。

この間伐施業区（S）との比較のため、間伐地と植生の類似した非施業地（B：6.0ha）を対照区（コントロール）として設置した。また、イヌワシの好適な餌場になっていると考えられる皆伐後数年経った疎開地（A1：8.9ha）、スギの若齢造林地（A2：4.7ha）にもそれぞれ調査区を設置した。これらの比較調査区はいずれも巣より 2.3～3.1km の範囲に位置していた。

### 2 イヌワシの利用頻度調査

各調査区付近を広く眺望できる場所に観察定点を置き、定点観察法によりイヌワシの出現および行動を記録した。観察には 8 倍程度の双眼鏡と 20～60 倍の地上望遠鏡を用いた。イヌワシの捕食行動（探餌および採食行動を含む）が見られた場合は、日本自然保護協会による区分にしたがって 9 種類に区分

した（表 1）<sup>7)</sup>。調査は 2002 年 12 月から 2003 年 6 月まで（2003 年繁殖期）の各月 3 日間、概ね 9 時から 16 時の間に実施した。霧、雪などで視界が悪く、調査区が視認できない時は観察を行なわなかった。総観察時間は S が 111 時間 32 分、B が 106 時間 27 分、A1 が 109 時間 25 分、A2 が 119 時間 21 分だった。

イヌワシはその飛行軌跡の直下のみでなく、周辺部をも広く視野に入れながら探餌を行なう。そのため、各調査区を包括する一定面積（緯度経度 10 秒で区切ったメッシュ 6 つ分：44.6ha）の範囲での出現をその調査区への出現として扱った。

なお、調査を行なった年のイヌワシの繁殖は造巣段階までは進んだものの、抱卵には至らなかったと推定された。

### 3 ノウサギの糞数調査

各調査区における餌動物の生息数を評価するために、2003 年 4 月下旬、雪解けが終了した直後にノウサギの糞数調査を行なった。この調査は由井（未発表）が盛岡市内の間伐地で実施した方法に基づき、冬期間に排出された全糞数を計測することによって、ノウサギの相対的な生息数を簡便に推定するものである。調査区内に 10 地点をランダムに配置し、それぞれの地点に 1×1m の方形区を 5m 間隔で 5 個設置し、方形区内の全糞粒数を計測した。間伐施業区においては、間伐列内に 5 地点、保残列内に 5 地点をランダムに配置し、同様の調査を行なった。

表 1 イヌワシの捕食行動型

分類番号	行動型
FH-1	斜面のごく上を、斜面に沿うように飛行する
FH-2	低空を下を見ながら飛ぶ
FH-3	停飛（ホバリング）
FH-4	斜面に急降下して突っ込む（前後の行動から総合的に判断）
FH-5	追い出し行動
FH-6	特定の場所を何度も旋回する（前後の行動から総合的に判断）
FH-7	空中で直接狩りを行なう（獲物を確認できた場合）
PH-8	短時間で定期的に止まり木を変える
PH-9	止まり木から地上を注視する（目視方向で判断）

日本自然保護協会（1994）より作成

表2 各調査区におけるイヌワシの出現状況、出現頻度

調査区	月日	個体数	捕食行動区分	個体出現回数 (/100hr)	捕食行動個体の 出現回数(/100hr)
S(間伐区)	6/3	1	-	0.90	0
B(対照区)	-	-	-	0	0
A1(疎開地)	1/19	1	FH-1, PH-9	3.66*	3.66*
	4/6	2	FH-1, 2		
	4/6	1	FH-2, 3		
	1/26	1	-		
A2(若齢造林地)	1/26	1	-	5.87	2.51
	1/26	1	-		
	1/26	1	-		
	4/6	1	-		
	4/13	1	FH-1		
	4/13	1	FH-1		
5/11	1	FH-3, 4, 6			

\* 2羽での出現は2回として計算した

### III 結果

#### 1 イヌワシの利用頻度

各調査区で記録されたイヌワシの出現および行動を表2に示した。全体で11回の出現が記録され、うち1回は2羽(つがい)での出現であった。間伐区(S)への出現は6月に1回のみあり、この時はディスプレイ行動の1つである波状飛行が見られたものの、とくに捕食行動は認められなかった。対照区(B)には全期間を通して、イヌワシの出現は見られなかった。

疎開地(A1)では、合計3回の出現が観察され、1回はつがいでの飛来であった。いずれの場合も餌を探索する行動が確認され、FH-1、FH-2、FH-3、PH-9などの行動型が見られた。若齢造林地(A2)では最も多い7回の出現があった。うち2回では捕食行動型FH-1が観察され、別の1回ではFH-3、FH-4、FH-6が観察された。それ以外の出現ではとくに捕食行動は見られず、移動途中に調査区上空を

通過したものと思われた。

これらの出現記録から、観察100時間あたりの出現頻度を求めたところ、A1とA2ではそれぞれ3.66回、5.87回となり、Sでの出現頻度より4~6.5倍高かった。また、捕食行動個体に限定した出現頻度もA1やA2が高かった。

#### 2 ノウサギの糞数

間伐区におけるノウサギの平均糞数は全体で $1.18 \pm 2.14$  (SD) 個/m<sup>2</sup>であり、間伐列と保残列の間に有意な差はなかった(U-test,  $P > 0.05$ : 表3)。一方、対照区(B)では糞粒は $0.10 \pm 0.42$  (SD)で、他の調査区に比べて極めて低密度であった( $P < 0.003$ )。疎開地(A1)と若齢造林地(A2)での糞数は間伐地と有意に異ならなかった( $P > 0.05$ )。

### IV 考察

本研究のノウサギ糞調査では、施業前の調査ができなかったことや、冬期間のみの評価であることから、単純にノウサギの生息数変化を結論づけることは難しい。しかし、間伐区には対照区よりもはるかに多くの糞が見られたことや、盛岡市内における同様の調査でも、間伐地の糞数が増加した結果が示されていることから(由井 未発表)、間伐によって作られた開放的な環境が、ノウサギの餌や好適な生息場所を提供し、生息数の増加に一定の効果があったことは十分推測される。このことは同時に、ノウサ

表3 各調査区で測定されたノウサギの平均糞数(1m<sup>2</sup>あたり)

調査区	方形区数	糞数(±SD)
S(間伐区): 全体	50	$1.18 \pm 2.14$
: 間伐列	25	$0.60 \pm 1.04$
: 保残列	25	$1.76 \pm 2.74$
B(対照区)	50	$0.10 \pm 0.42$
A1(疎開地)	50	$0.92 \pm 3.32$
A2(若齢造林地)	50	$1.16 \pm 1.83$

ギを主要な食物とするイヌワシに対しても、採食場所としての潜在的価値を高める効果をもつものと言えるだろう。

しかし、間伐区でのイヌワシの出現は1回のみであり、捕食行動も観察されなかったため、餌場として利用されているという証拠は得られなかった。これとは対照的に、疎開地や若齢造林地のようなより開放的な環境では、複数回にわたって捕食行動が観察され、出現や捕食行動の頻度も間伐区よりはるかに高かった。したがって間伐区は、これらの環境が有しているようなイヌワシの採餌場所としての役割は、発揮できなかったと考えられる。

ノウサギの糞数からは、間伐区も疎開地や若齢造林地と同レベルのノウサギの生息数が予想される。しかし、餌動物がいるにも関わらず間伐区がイヌワシの捕食に利用されなかった理由には、間伐区の施業形態や地理的な条件が関係しているかもしれない。例えば本調査地では、5~7m幅で間伐がなされたが、樹高10m前後の保残樹林帯に挟まれているため、上空から伐採場所の地上が見通せる範囲や方向はある程度限られたものになると予想される。主に飛びながら地上の餌動物を探索するイヌワシに対し、疎開地や若齢造林地ほどには良い見通しが得られない間伐地は、採餌効率において十分な効果を与えられなかった可能性が考えられる。

また、間伐区はイヌワシの巣に比較的近い場所に位置していたが、営巣地のイヌワシの行動圏は、主に間伐地とは異なる方向に広がっていることが知られているため(未発表資料)間伐地は既存の行動圏の辺縁にあたり、潜在的に高頻度で利用されがたい場所に位置していた可能性も考えられる。

これらの他にも、間伐列の向き(斜面と垂直か並行か)間伐地の標高、斜面の方位、伐採規模なども採餌場所としての条件に関係するかもしれない。こうした多くの要因も考慮に入れて間伐による採餌環境整備の効果を検討するためには、他の営巣地にお

ける施業事例を含めた多くの調査結果を集める必要がある。また、本稿では伐採後1年目の結果のみから考察したが、間伐後の植生は経年的に変化していくため、2年目以降の結果も合わせた総合的な検討が求められるだろう。

## 謝辞

本研究を行なうにあたり、イヌワシモニタリンググループのメンバーには野外調査において多大なご協力を頂いた。なお本研究は環境省の平成14年度イヌワシ生息環境整備に伴うモニタリング事業、ならびに日本学術振興会の平成15年度科学研究費補助金による基盤研究(課題番号15380112)の一環として行なわれた。

## 文献

- 1) 環境省自然環境局編：改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 2. 鳥類, pp278, 自然環境研究センター, 2002.
- 2) 岩手県生活環境部編：いわてレッドデータブック, pp613, 岩手県, 2001.
- 3) 日本イヌワシ研究会：全国イヌワシ生息数・繁殖成功率調査報告. *Aquila chrysaetos*, 17: 1-9, 2001.
- 4) Watson, J.: *The Golden Eagle*. pp374, T & AD Poyser, 1997.
- 5) 由井正敏・工藤琢磨・藤岡浩・柳谷新一：小規模疎開地の造成がイヌワシの採餌行動頻度に与える効果. *総合政策*, 3: 1-9, 2001.
- 6) 福井県自然保護センター編：希少野生生物種の保存事業(イヌワシ保護対策)調査報告書. 福井県自然保護センター, pp54, 2001.
- 7) 日本自然保護協会編：秋田県田沢湖町駒ヶ岳山麓イヌワシ調査報告書. pp113, 日本自然保護協会, 1994.

## 報 文

# コリジョン型 ICP-MS による環境試料中の金属分析への適応性

環境科学部 安部隆司、八重樫香、佐々木和明、高橋 悟、齋藤憲光

Adaptability of analysis for metals in environmental samples by collision type ICP-MS

Takashi ABE and Kaori YAEGASHI and Kazuaki SASAKI and Satoru TAKAHASHI

and Norimitsu SAITO ( Research Inst. for Env.Sci. and Public Health of Iwate Pref.)

## 1. はじめに

金属分析で ICP-発光と ICP-MS を比較した場合、ICP-MS の方が ICP-発光よりも数百倍から数千倍も感度よく測定することができる<sup>1)</sup>。

環境モニタリングの分析では、少なくとも環境基準の 1/10 の値まで測定することが要求される。この場合、ICP-発光で分析すると 10 倍の試料濃縮操作が必要となり、高感度分析が可能な ICP-MS では試料を希釈して分析を行うことになる。

このため、環境モニタリングの分析を行う場合、試料を 10 倍濃縮して ICP-発光で測定するのと、希釈して ICP-MS で測定するのでは、濃縮操作に伴う分析精度の低下や前処理に要する分析時間が大きく異なり、ICP-発光よりも ICP-MS の方が断然優れている。<sup>2-5)</sup>

しかし、従来の ICP-MS は、プラズマガスにアルゴンを使用するために、アルゴンガスの生成物と質量が重なる元素の測定ができないという欠点があった。近年、反応ガスを使用することによって、アルゴンガスとの生成物を壊し、従来の ICP-MS では測定できなかった元素の測定を可能とするコリジョン型と呼ばれる ICP-MS が開発された。植物<sup>6)</sup>・生体<sup>7)</sup> 試料など今までは妨害塩類が多く存在するため測定の難しかった試料の分析をコリジョン型 ICP-MS で試みられている。

今回、このコリジョン型 ICP-MS で海水を含む環境水や夾雑物の多い底質試料を対象に環境モニタリ

ングの分析への適用性について検討したところ、環境基準値が定められている測定項目の一斉分析が可能であったので報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 測定元素

測定対象とした元素は、岩手県が監視項目として定める環境水中 14 元素 (<sup>11</sup>B、<sup>27</sup>Al、<sup>52</sup>Cr、<sup>55</sup>Mn、<sup>56</sup>Fe、<sup>58</sup>Ni、<sup>65</sup>Cu、<sup>66</sup>Zn、<sup>75</sup>As、<sup>78</sup>Se、<sup>95</sup>Mo、<sup>111</sup>Cd、<sup>121</sup>Sb、<sup>208</sup>Pb) と底質中 5 元素 (<sup>65</sup>Cu、<sup>66</sup>Zn、<sup>75</sup>As、<sup>111</sup>Cd、<sup>208</sup>Pb) である。

### 2.2 試薬

1000mg/l の各標準溶液 (As のみ 100mg/l)、硝酸及び塩酸は、関東化学(株)製の原子吸光用を用い、内標準元素 (1000mg/l、Be のみ 100mg/l) 及び過酸化水素は、和光純薬工業(株)製の原子吸光用を使用した。なお、精製水は、イオン交換した後に Millipore 社製 Milli-Q Element で精製したものをを用いた。

使用する器具の洗浄は、10%硝酸に一昼夜浸漬し、精製水で洗浄したものをを用いた。

### 2.3 装置と分析条件

コリジョン型 ICP-MS は、Agilent 7500 c ORS を用い、表 1 の条件で分析した。また、試料溶液のプラズマへの導入は、ペリスタルティックポンプを用いて行い、シールドトーチを装着して各元素のバックグラウンド低減を図った。

底質は、マイクロウェーブ分解装置 (マイルストーン社製 ETHOS900 ) を用い、高压分解容器の外部温度

を 100°C に保持した状態で、マイクロウェーブパワーを 6 段階に変えながら分解した (表 2)。

これは、高圧分解容器内での急激な圧力上昇により、高圧分解容器の変形や突沸による内容物の流出を防ぐためである。

表1. コリジョン型 ICP-MS の分析条件

ICP-MS	: Agilent 7500c ORS
RF パワー	: 1600 W
プラズマガス (Ar)	: 15 l/min
キャリアガス (Ar)	: 0.8 l/min
サンプリング位置	: 9.0 mm
ネブライザ	: Babington type
H <sub>2</sub> ガス	: 5.5 ml/min
He ガス	: 5 ml/min
測定	: 内標準補正法

表2. マイクロウェーブ分解のプログラム

Step	Time (min)	Power (W)	Temp (°C)
1	2:00	250	100
2	3:00	0	100
3	5:00	250	100
4	5:00	400	100
5	5:00	600	100
6	20:00	400	100

Total Time 45:00 (VENT Time 5:00 を含む)

## 2.4 分析試料

分析方法の検討に用いた試料には、釜石湾で採水した海水と宮古湾で採取した底質を用いた。

なお、海水試料については、10 倍に希釈し 0.1M 硝酸溶液としたものを検液として、ICP-MS で測定した。

底質は、105°C で 2 時間乾燥させた後、メノウ乳鉢で粉砕し、均一にしたものを試料とした。試料 0.5 g をテフロン製の分解容器に秤量し、硝酸 9 ml 及び過酸化水素 1 ml を加え、底質試料を十分に酸に浸漬させた。この状態で分解容器をマイクロウェーブのローターにセットし、表 2 の条件で分解を行った。

分解後、内容物をろ紙 5 種 B でろ過し、精製水で 100 ml に定容したものを検液とした。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 内標準の選択

海水と底質では各元素の存在比が異なるために、同一の内標準を用いて ICP-MS 分析を行うことができない。表 3 に海水と底質の各元素含有量をそれぞれ示した。

上水など通常の環境水分析では <sup>27</sup>Al、<sup>52</sup>Cr、<sup>55</sup>Mn、<sup>56</sup>Fe、<sup>58</sup>Ni、<sup>65</sup>Cu、<sup>66</sup>Zn の内標準として <sup>59</sup>Co が用いられている。しかし、海水中には <sup>59</sup>Co が 2.10 μg/l と多量に存在するため、<sup>59</sup>Co を内標準として用いることができなかった。そこで、目的元素に比べて、存在量が低く且つイオン化ポテンシャルが類似する元素を選定し、内標準の検討を行った。その結果、海水を分析する時には、<sup>59</sup>Co に代わる内標準として <sup>89</sup>Y を使用することが可能であった。

一方、底質分析では、海水分析で使用した <sup>89</sup>Y、<sup>115</sup>In の存在量が高いため、<sup>59</sup>Co、<sup>125</sup>Te、<sup>209</sup>Pb を内標準として用いた (表 4)。

表3. 海水及び底質中の元素含有量

元素	海水 <sup>1)</sup>		底質 <sup>2)</sup>	
	(μg/l)	(mg/kg)	元素	(μg/l) (mg/kg)
Fe	0.22	72000	Co	2.10 0.78
Al	2.46	22000	Yb	nd 0.68
Mg	1410000	17000	Li	300 0.66
Mn	0.37	2800	U	2.28 0.66
K	192000	2400	Cr	0.24 0.54
Na	18300000	1680	As	1.56 8.1
Ca	282000	980	Cu	8.1 43.40
Y	nd	116	Be	nd 0.46
Zn	1.77	85	Ni	0.4 0.194
Ba	3.0	34	Cd	0.06 0.15
Pb	0.25	16.8	Br	84000 0.114
Tl	nd	9.2	Bi	nd 0.112
V	22.2	5.2	Ag	nd 0.022
In	nd	5.2	Pt	nd 0.0032
Zr	6.3	2.2	Au	nd 0.0020
B	4800	1.1	Te	nd nd

1) 釜石湾海水

2) 宮古湾の底質 0.5g採取

表4. 海水及び底質の分析における内標準物質

元素名	内標準物質	
	海水	底質
<sup>11</sup> B	<sup>9</sup> Be	—
<sup>27</sup> Al	<sup>89</sup> Y	—
<sup>52</sup> Cr	<sup>89</sup> Y	—
<sup>55</sup> Mn	<sup>89</sup> Y	—
<sup>56</sup> Fe	<sup>89</sup> Y	—
<sup>60</sup> Ni	<sup>89</sup> Y	—
<sup>65</sup> Cu	<sup>89</sup> Y	<sup>59</sup> Co
<sup>66</sup> Zn	<sup>89</sup> Y	<sup>59</sup> Co
<sup>75</sup> As	<sup>89</sup> Y	<sup>59</sup> Co
<sup>78</sup> Se	<sup>89</sup> Y	—
<sup>95</sup> Mo	<sup>89</sup> Y	—
<sup>111</sup> Cd	<sup>115</sup> In	<sup>125</sup> Te
<sup>121</sup> Sb	<sup>115</sup> In	—
<sup>208</sup> Pb	<sup>205</sup> Tl	<sup>209</sup> Pb

### 3.2 検出限界とコリジョンガス

通常の ICP-MS で測定した場合、ArCl や CaCl が干渉するために、As 測定では試料ごとの Cl 濃度で As カウントを補正して濃度を求める必要があつ

た。同様に、ArO や CaO の干渉を受けるために、<sup>56</sup>Fe は測定不能となり、<sup>56</sup>Fe を含めての一斉分析は不可能であった。<sup>1)9)</sup>

コリジョン型 ICP-MS は、反応ガスの選択により「通常の ICP-MS (反応ガスなし)」、「H<sub>2</sub>を使用した場合」及び「He を使用した場合」の3通りの測定を、モードを切り替えながら一度の操作で分析することができる。そこで各元素の標準溶液 (0.1-12 μg/l) を用い、7 回の繰返し測定を行いながら、各測定モードでの検出限界値を比較した。検出限界値は、ICP-MS で測定した際のブランクカウント値の3倍濃度で算出した(表5)。その結果、「反応ガスなし」に比べ、「H<sub>2</sub>を使用した場合」又は「He を使用した場合」の方が、検出限界を低濃度まで測定することが可能であった。「H<sub>2</sub>を使用した場合」の5元素(<sup>60</sup>Ni、<sup>65</sup>Cu、<sup>66</sup>Zn、<sup>75</sup>As、<sup>95</sup>Mo) は、「He を使用した場合」の検出下限値よりも高い値であったが、他の元素については同等かあるいはそれよりも低い検出限界であった。特に <sup>56</sup>Fe は、反応ガスとして「H<sub>2</sub>を使用した場合」のみ測定が可能であった。そこで、本法では H<sub>2</sub> と He の2種類のガスを使用し、H<sub>2</sub>ガスでは8元素(<sup>11</sup>B、<sup>27</sup>Al、<sup>55</sup>Mn、<sup>56</sup>Fe、<sup>78</sup>Se、<sup>111</sup>Cd、<sup>121</sup>Sb、<sup>208</sup>Pb)、He ガスでは6元素(<sup>52</sup>Cr、<sup>60</sup>Ni、<sup>65</sup>Cu、<sup>66</sup>Zn、<sup>75</sup>As、<sup>95</sup>Mo)を測定することにした。

表5. コリジョン型ICP-MSの検出限界

元素名	検出限界 (μg/l)		
	反応ガス無	H <sub>2</sub> ガス	Heガス
<sup>11</sup> B	0.060	0.048	0.081
<sup>27</sup> Al	0.048	0.018	0.195
<sup>52</sup> Cr	0.060	0.006	0.006
<sup>55</sup> Mn	0.030	0.003	0.009
<sup>56</sup> Fe		0.030	
<sup>60</sup> Ni	0.009	0.048	0.009
<sup>65</sup> Cu	0.009	0.027	0.009
<sup>66</sup> Zn	0.018	0.030	0.018
<sup>75</sup> As	0.004	0.012	0.004
<sup>78</sup> Se	0.096	0.012	0.096
<sup>95</sup> Mo	0.008	0.008	0.005
<sup>111</sup> Cd	0.008	0.005	0.009
<sup>121</sup> Sb	0.002	0.002	0.002
<sup>208</sup> Pb	0.004	0.004	0.004

検出限界 : 7 回測定から次式で求めた

$$\text{検出限界} = \frac{3 \times (\text{ブランクの標準偏差}) \times (\text{標準溶液の濃度})}{(\text{標準溶液のカウント} - \text{ブランクのカウント})}$$

### 3.3 検量線範囲

各元素の標準溶液 (0.1-12 μg/l) を用い、反応ガスとして「H<sub>2</sub>を使用した場合」と「He を使用した場合」の各モードで、検量線を作成した。2つのモードを切り替えながら測定した場合の検量線は、 $r = 0.9999$  以上の良好な直線性を示し、<sup>56</sup>Fe 及び <sup>75</sup>As を含めた一斉分析が可能であった(図1)。

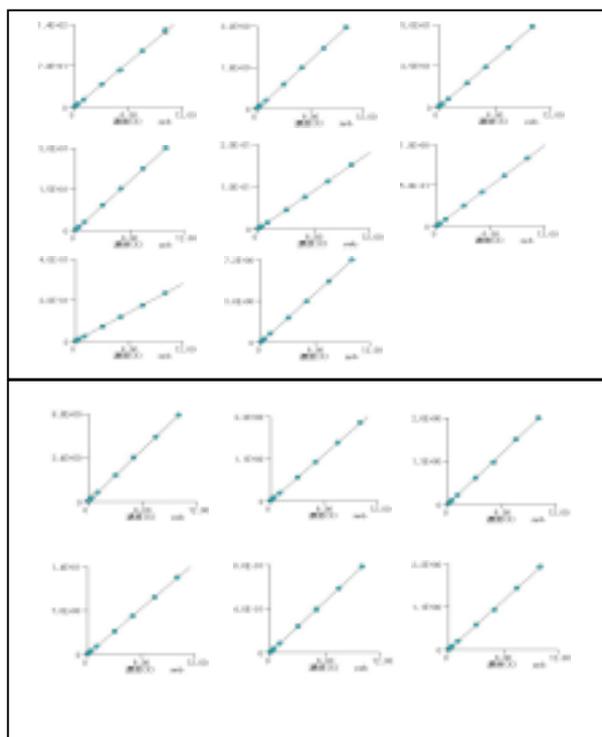


図1. コリジョン型 ICP-MS の検量線

### 3.4 共存塩類の影響

海水や底質分析を想定し、1 μg/l の測定元素に対し、10 万倍濃度の塩類が試料中に共存した場合の測定値への影響について検討した。特に、「反応ガスなし」モードで影響が大きい5元素の結果を表6に示した。

「反応ガスを使用しない場合」に、<sup>56</sup>Fe の測定が全く不可能であることは、上記の検討で示したが、「反応ガスを使用した場合」にはこの <sup>56</sup>Fe 分析が可能になった。

<sup>60</sup>Ni、と <sup>65</sup>Cu は、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が共存すると影響を受けるが、「反応ガスを使用した場合」には問題なく測定可能であった。<sup>75</sup>As は、「反応ガスを使用した場合」のコリジョン型 ICP-MS では濃度補正を行わずに分析可能であった。<sup>78</sup>Se はいずれかの塩類が共存しただけでも、測定誤差が生じてくる

が、「反応ガスを使用した場合」には塩類の影響を受けることなく、精度良く測定することが可能であった。

以上、通常の「反応ガスを使用しない場合」の ICP-MS では、測定誤差が大きな元素でも、「反応ガスを使用した場合」の本法で精度よく測定できることが確認された。

表6. 共存塩類の影響

元素	反応ガスの有無	共存塩類 100 (mg/l)			
		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<sup>56</sup> Fe	有	0.98	1.16	1.01	0.90
	無	不可	不可	不可	不可
<sup>60</sup> Ni	有	1.01	1.07	0.99	0.99
	無	0.89	1.53	0.98	0.92
<sup>65</sup> Cu	有	0.95	0.99	0.96	0.92
	無	1.03	1.11	0.85	0.89
<sup>75</sup> As	有	0.97	1.00	1.00	0.94
	無	1.07	1.00	1.11	0.96
<sup>78</sup> Se	有	0.96	1.04	0.99	0.91
	無	0.36	0.86	0.69	0.87

1) 目的元素濃度は 1 (μg/l) で検討

### 3.5 海水への適用

本法により、海水中 14 元素の一斉分析による標準添加回収試験を行った (表 7)。

標準添加回収試験は、海水濃度が高い <sup>11</sup>B は 1000 μg/L、他の元素についてはそれぞれ 10 μg/l 濃度を添加したものを使用し、本法で実際に測定する際には、10 倍に希釈した検液で測定した。

その結果、<sup>27</sup>Al が 130% の高い回収率であったが、報告下限値は 100 μg/l であり、実試料の測定でほとんど問題にならない誤差である。<sup>78</sup>Se と <sup>111</sup>Cd では回収率が ±10% をわずかに超えたが、この濃度レベルの測定では許容できる誤差範囲であると考えられる。他の元素についても本法で測定した場合の測定値のばらつきは小さく、標準添加回収試験の回収率 (88 ~ 130%) が良好であることから、海水分析への適用性が高いことが分かった。

### 3.6 底質試料の分解

底質の分解法は、酸による加熱分解法が公定法 (底質調査方法<sup>8)</sup>) として採用されている。そこで本法で使用したマイクロウェーブ加熱分解法と公定法の分析精度を比較検討した。全ての元素でマイクロウェーブ分解法及び公定法による添加回収試験の結果

に大きな差は認められなかった (表 8)。さらに全般的に、マイクロウェーブ分解では公定法に比べて試薬ブランク値が小さい傾向がみられた (表 9)。公定法における試薬ブランク値は、環境基準の定量下限値を求めるのに影響を及ぼすレベルではなかった。

分解操作に 2 日前後を要する公定法に比べて、マイクロウェーブ加熱分解法は約 1 時間で完了し、ルーチン分析での有用性が高いと考えられた。

表7. 海水の標準添加回収試験

元素	海水濃度 (μg/l)	回収量 (μg/l)	回収率 (%)
<sup>11</sup> B	4740	5740	100
<sup>27</sup> Al	2.46	15.46	130
<sup>52</sup> Cr	0.24	10.25	100
<sup>55</sup> Mn	0.37	10.5	101
<sup>56</sup> Fe	0.22	9.89	97
<sup>60</sup> Ni	0.41	9.45	90
<sup>65</sup> Cu	8.10	9.92	91
<sup>66</sup> Zn	1.77	13.45	110
<sup>75</sup> As	1.56	11.03	95
<sup>78</sup> Se	8.14	16.82	88
<sup>95</sup> Mo	10.34	20.23	99
<sup>111</sup> Cd	0.06	11.27	112
<sup>121</sup> Sb	0.92	10.84	99
<sup>208</sup> Pb	0.25	9.87	96

- 1) 添加濃度: <sup>11</sup>B; 1000 (μg/l)、その他; 10 (μg/l)  
2) 標準物質を添加した試料の測定結果を回収量とする

表8. マイクロウェーブの分解と公定法の比較 (<sup>111</sup>Cd)

No.	マイクロウェーブ分解			公定法による分解		
	濃度 (mg/kg)	回収量 (mg/kg)	回収率 (%)	濃度 (mg/kg)	回収量 (mg/kg)	回収率 (%)
1	0.14	1.17	102	0.15	1.23	108
2	0.14	1.13	98	0.16	1.18	103
3	0.15	1.21	106	0.14	1.17	102
4	0.15	1.13	98	0.20	1.17	102
5	0.16	1.13	98	0.21	1.22	107
6	0.15	1.13	98	0.22	1.18	103
mean	0.15	1.15	100	0.18	1.19	104
SD	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	2.6
CV	5.1	2.9	3.3	19.5	2.2	2.5

- 1) 標準を 1 mg/kg 添加  
2) 標準物質を添加した試料の測定結果を回収量とする

### 3.7 底質への適用

底質分析項目の 5 元素に対し、各 6 回繰り返しの標準添加回収試験を行った。標準添加回収試験の回収率は 5 元素ともほぼ 90% 以上の高い回収率であった (表 10)。

マイクロウェーブ分解法を用いた本法は、測定値のバラツキもほぼ CV 5% 以下と小さく、底質分析へ

の適用性が高いという結果であった。

表10. 底質の標準添加回収試験

No.	<sup>65</sup> Cu <sup>3)</sup>			<sup>66</sup> Zn <sup>3)</sup>			<sup>75</sup> As <sup>4)</sup>			<sup>111</sup> Cd <sup>5)</sup>			<sup>206</sup> Pb <sup>4)</sup>		
	濃度 <sup>1)</sup> (mg/kg)	回収量 <sup>2)</sup> (mg/kg)	回収率 (%)	濃度 <sup>1)</sup> (mg/kg)	回収量 <sup>2)</sup> (mg/kg)	回収率 (%)	濃度 <sup>1)</sup> (mg/kg)	回収量 <sup>2)</sup> (mg/kg)	回収率 (%)	濃度 <sup>1)</sup> (mg/kg)	回収量 <sup>2)</sup> (mg/kg)	回収率 (%)	濃度 <sup>1)</sup> (mg/kg)	回収量 <sup>2)</sup> (mg/kg)	回収率 (%)
1	41.8	224	90	82.5	268	90	8.19	26.1	90	0.14	1.17	102	16.6	36.4	99
2	45.0	232	94	85.2	273	93	7.79	25.9	89	0.14	1.13	98	17.7	36.3	98
3	43.4	228	92	83.6	273	93	8.33	26.9	94	0.15	1.21	106	16.8	38.8	111
4	43.2	228	92	85.1	260	86	8.15	25.2	86	0.15	1.13	98	16.7	34.5	89
5	44.0	224	90	89.7	277	95	8.34	26.3	91	0.16	1.13	98	16.7	36.5	100
6	42.9	225	91	84.1	276	94	7.82	26.2	90	0.15	1.13	98	16.5	36.4	99
mean	43.4	227	92	85.0	271	92	8.10	26.1	90	0.15	1.15	100	16.8	36.5	99
SD	1.1	3.1	1.5	2.5	6.5	3.2	0.2	0.5	2.7	0.0	0.0	3.3	0.4	1.4	6.9
CV	2.5	1.4	1.7	2.9	2.4	3.5	3.0	2.1	3.0	5.1	2.9	3.3	2.6	3.8	6.9

1) 標準物質を添加していない試料の測定結果を濃度とする 2) 標準物質を添加した試料の測定結果を回収量とする  
3) 標準を 200 mg/kg 4) 標準を 20 mg/kg添 5) 標準を 1 mg/kg添加

#### 4. まとめ

従来の公定法（原子吸光法、ICP-発光法）では、対象とした環境測定項目の 14 元素を一斉分析することは不可能であった。さらに従来法では、試料の濃縮操作が必要で分析操作が煩雑であり、<sup>75</sup>As、<sup>78</sup>Se、<sup>121</sup>Sb などは還元気化法の別分析法で分析しなければならぬといった欠点があった。<sup>9)</sup>

コリジョン型 ICP-MS は、今回対象とした元素についてみれば、環境水及び底質試料でも、反応ガスの種類と内標準を選択することで、<sup>56</sup>Fe を含めた一斉分析が可能であった。底質分解に用いたマイクロウェーブ加熱分解法は、酸分解法に比べて分析精度と迅速性に優れており、環境モニタリングの分析に最適な方法と判断された。

#### 5 参考文献

- 1) 齋藤憲光, 林崎伸師, 遠藤美帆, 佐々木博也, 中村環, 千葉和久:水質試験への ICP-MS 分析法の適用, 水道協会雑誌, **68**, 23-31 (2000).
- 2) 松本博孝, 保倉明子, 原口紘丞:誘導結合プラズマ発光分析法及び誘導結合プラズマ質量分析法による緑茶葉試料の多元素定量分析と化学形態別分析, 分析化学, **49**, 397-404 (2000).
- 3) 保倉明子, 小栗佐知子, 松本博孝, 原口紘丞: 誘導結合プラズマ発光分析法及び誘導結合プラズマ質量分析法による野菜試料の多元素定量分析, 分析化学, **49**, 387-396 (2000).
- 4) 衛蓉, 池田克弥, 竹内章浩, 定免慶, 山中克仁, 猿渡英之, 原口紘丞: 誘導結合プラズマ発光分析法

及び誘導結合プラズマ質量分析法による湖底堆積物試料の多元素定量分析, 分析化学, **48**, 365-375 (1999).

- 5) 小倉光夫: 誘導結合プラズマ質量分析法による環境試料中のウランの定量, 環境化学, **9**, 939-945 (1999).

6) Miguens-Rodriguez M, Pickford R, Thomas-Oates JE, Pergantis SA: Arsenosugar identification in seaweed extracts using high-performance liquid chromatography /electrospray ion trap mass spectrometry, *Rapid Commun Mass Spectrom*, **16**(5), 323-331 (2002)

7) Lippincott J, Fattor TJ, Lemon DD, Apostol I: Application of native-state electrospray mass spectrometry to identify zinc-binding sites on engineered hemoglobin, *Anal Biochem*, **284**(2), 247-255 (2000).

8) 環境庁: 底質調査方法 水質保全局長通達 (昭和 63 年環水管第 127 号)

9) S.H. Tan and G. Horlick: Background spectral features in inductively coupled plasma / mass spectrometry, *Appl. Spectroscopy*, **40**(2), 445-460 (1986)

## 報 文

### ライフステージに応じた健康水準指標評価のための基礎的研究

互野 裕子 田沢 光正 笹島 尚子 金田淑子

国・県・市町村における健康づくり計画推進のためには、継続的な地域実態の把握や評価の仕組みづくりが課題となっている。

本研究によりこの課題解決の一方策として、市町村保健行政・学校・事業所などの関係機関の通常業務から情報を収集し、数値を積み上げる仕組みを提案することができた。

#### I はじめに

国の健康づくり計画『健康日本 21』<sup>1)</sup>の策定を受け、岩手県においても平成 13 年 6 月『健康いわて 21 プラン』<sup>2)</sup>をスタートしており、現在市町村計画の策定が進められているところである。

これらの計画は、栄養や運動などいくつかの領域(表 1 参照)毎に地域の健康度を測るものさしとなる健康指標が設定されており、この指標に対応した計画スタート時の基準値と、何年か後(目標年)の目標値を定めた(表 2 参照)目標設定型という特徴を持っている。

表 1 『健康いわて 21 プラン』の重点領域

栄養、身体活動、喫煙、アルコール、口腔保健、がん、循環器疾患、糖尿病、不慮の事故、こころ、自殺……計 11 領域
--

表 2 「栄養」領域の健康指標及び基準値・目標値の一例

<b>朝食の欠食率の減少</b>
基準値(策定時)：20 歳代男性 14.8%、30 歳代男性 32.4%、中学・高校生 2.6%
目標値(2010 年)：20 歳代男性 14%以下、30 歳代男性 15%以下、中学・高校生 0%

計画の推進のためには継続的な地域の実態把握や評価の仕組みづくりが課題となっていたが、「健康増進法」が制定されたことでその必要性がより明確になった。

『健康いわて 21 プラン』におけるスタート時の基準値を決めるベースとなった調査に「平成 11 年度県民生活習慣実態調査」がある。

この調査は、客体数などの統計的問題により、市町村実態を把握することができない。今後も予算や人的負担の問題から、その可能性は低い。

継続的な地域実態の把握のためには、市町村の実態をも把握できる仕組みが必要であり、全国的にも具体的方法を模索する県が増えている<sup>3)4)</sup>。

当環境保健研究センターでは、開設以来この課題解決の方策について研究を進めてきたが<sup>5)6)</sup>、今般課題解決の一方策を提案するに至ったので報告する。

#### II 方法

本研究は次の経過を経て、課題解決の一方策である「システムの提案」に至っている。

##### 経過 1

『健康いわて 21 プラン』健康指標及び指標値の検証 (H13)	
方法	文献検索及び関係機関への問い合わせ
内容	113 の健康指標及び指標値について、科学的根拠はあるか、指標値の把握方法や再現性はどうか、その領域を担保しているものであるか、表現やその意味に不都合はないか等の視点から検証した。



経過2

関係機関の通常業務で収集している 実際の情報調べ (H13)	
方法	協力10市町村の健診票・問診票調査 定例報告書等検証
内容	協力10市町村の健診票・問診票から得られる情報とその設問・選択肢を全てデータ化し、経過1の検証表に対応した項目がどの程度あるか調べた。 母子保健・学校保健・老人保健・国保社保・職域保健等の定例的報告書から、経過1の検証表に対応した報告がどの程度あるか調べた。

経過3

指標値収集案に基づく情報収集の 仕組み案検討 (H13)	
方法	関係機関への問い合わせ及び内部検討
内容	経過1の検証表に対応した情報収集の仕組みについて検討し案を作った。

経過4

「健康関連情報システム化」検討会開催 (H14)	
方法	3保健所6名、当該保健所所管市町村から6市町村6名、環境保健研究センター3名計15名での検討会を2回開催した。1回目の開催以降、メール・ファックス等のやりとりで検討を重ねている。
内容	経過3の情報収集の仕組み案を基に、どの指標に対応した数値を、どの関係機関の、どの業務から、どのような方法で収集し、どのように解析・還元するか等のすべてのステップを1つ1つ検討し、経過4-2のパイロットスタディでの検証を経て最終案を作った。

経過4-2

「健康関連情報システム化」 パイロットスタディ実施 (H14)	
方法	経過4検討内容のモデル実施
内容	10~11月に上記6市町村で実施する3歳児健康診査・老人保健基本健康診査の場面を利用し、経過4で検討した情報収集から情報還元までの一連の過程をモデル実施してもらい、システムの最終案を固めるための資料とした。

経過5

「健康づくり計画評価等のための 情報システムの試行」の実施(H15)	
方法	経過4最終案に基づく仕組みの試行
内容	希望市町村で10~3月に実施する母子手帳交付時・3歳児健康診査時・老人保健基本健康診査時の場面を利用し、経過4の最終案に基づく情報収集を実施し、システムを提案するための資料とした。



システムの提案 (H15)
---------------

結果

1 『健康いわて21プラン』健康指標  
及び指標値の検証

経過1を通じ、113の健康指標を表3のとおり分類した。その結果、地域の健康度を測るものさしとして妥当であると判断した健康指標は85であった。

これら85の健康指標に対応した指標値の収集方法は表4のとおりであった。関係機関(市町村、学校、事業所等)の通常業務を利用して収集できる可能性が高いと思われるものが24あった。

これら24の収集業務別内訳は表5のとおりである。

表3 検証による健康指標の分類

健康いわて21 プラン指標数	見直した もの	追加した もの	省略可 とした もの	指標値 がない もの	検証後 の指標 数	
一般	86	12	7	25	2	66
ポータル	27	3	0	3	5	19
計	113	15	7	28	7	85

表4 検証後の基本数に対応した指標値の収集方法の分類

検証後の 指標数	生活習慣 実態調査 等でなけ れば収集 できない もの	既存の調 査で収集 できるも の	継続的な 収集シス テムがな いもの	関係機関 の通常業 務から収 集できる 可能性が 高いもの	
一般	66	11	26	5	24
ポータル	19	0	16	3	0
計	85	11	42	8	24

表5 関係機関の通常業務から収集できる可能性が高い

24 指標の収集業務別内訳（重複あり）

母子手帳交付時における収集指標数	1
3歳児健康診査からの収集指標数	6
学校保健健康診査からの収集指標数	10
老人保健基本健康診査等からの収集指標数	18

次に、関係機関の通常業務から情報を収集し数値を積み上げることで、市町村・圏域・県の実態が把握できることに着目し、この視点からの新たな情報収集の仕組みづくり（健康関連情報システム化）の検討を始めた。

## 2 関係機関の通常業務で収集している情報調べ

経過2を通じ、関係機関では多くの情報を保有しているながらも、指標に活用しているとは言い難く（表6参照）また、定例的な調査報告書であっても指標に活用できるものはあまりないことが明らかになった。

表6 協力10市町村における通常業務からの問診項目と

健康いわて21プラン健康指標との比較

通常業務の場面で収集していた情報数（延べ）	うち健康いわて指標に対応した情報数	うち年代による重複を調整した後の情報数	うちどの協力市町村でも共通して聞いていた情報数
1,218	30	18	4

## 3 指標値収集案に基づく情報収集の

### 仕組みづくり検討

経過3を通じ、健康関連情報システム化のためには、表7に示すステップを踏む必要があり、関係機関との協働作業が必要であることがわかった。

表7 システム化のためのステップ

収集する健康指標の選定 - 収集情報の決定 健康指標に対応した対象者の決定 健康指標と対象者に対応した関係機関の通常業務（場面）の選定 ～ に対応した値を収集するための設問内容及び選択肢（情報の取り方）の決定 情報の集積方法決定 情報の分析・解析方法決定 情報の還元方法決定
---

## 4 「健康関連情報システム化」検討会開催

表7の各ステップの具体化を目的に、経過4によ

り「健康関連情報システム化検討会」を設置し検討を行った。

検討会メンバーは、「学校や事業所なども含めた情報化や事業に積極的に取り組んでいる」、「ヘルスプロモーションの視点から住民の意見を計画に反映するよう努力している」、「保健所機能を十分に活かした活動を行っている」などの視点により選定した9関係機関の13名とした（表8）。

表8 検討会構成メンバー（人）

市町村	課長補佐	1
	係長	1
	保健師長	2
	主任保健師等	4
保健所	課長	3
	上席保健福祉企画主査	2
	主任栄養士	1

メンバー全員がシステム化の必要性を認識しており、検討の焦点は最小限の負担でいかに有用な情報が収集できるかに定まった。

第1回検討会以降、パイロットスタディの結果を加味した最終案決定までに、保健所単位検討会及びメールのやり取りによる調整も含めほぼ半年を要した。

最も時間を割いたのが、ステップ「設問及び選択肢の決定」である。『健康いわて21プラン』に用いた「平成11年度県民生活習慣実態調査」の設問・選択肢は、内容の複雑さ、選択肢の多さ、判定の難しさなどから、ほとんど取り入れられなかった。

最終案は、日本公衆衛生学会地域保健委員会の提案<sup>7)</sup>を基礎にしたものが多い結果となったが、対象者が答えやすい設問・選択肢であるか、選択肢のどれを指標とするか、実際の事業でこれ以外の設問も含めたアンケート調査全体の分量はどうか等の面から多くの調整が必要であった。

また、実際の運用時の難しさが懸念されたのが、ステップ「情報の集積方法」であった。

各関係機関で集めた問診データを関係機関自ら表集計ソフト（エクセル）で作成したファイルに入力し集積するという案としたが、関係機関の入力作業の負担が大きいことが予測されるステップであった。

## 4-2 「健康関連情報システム化」

### パイロットスタディ実施

経過 4-2 で行ったパイロットスタディでは、検討会で懸念されたステップも、「その日の健康診査担当が入力を行い1人当りの負担を減らした」、「臨時職員が入力を行った」、「パソコン操作に熟練した職員に任せた」等、協力市町村がそれぞれに工夫し、3歳児健康診査時5市町村130名分、老人保健基本健康診査時5市町村7,223名分の情報を収集することができた。この作業については、入力作業を行う職員の習熟度が、作業負担感を大きく左右するものと思われた。

収集した情報は、各市町村別・対象事業別に年齢階級等について協力市町村の求めに応じた集計及びグラフ化を行い、情報収集後1週間程度で当該市町村に還元している。この還元スピードと集計内容等の良否も、本システム実現可否を左右する要因となったものと思われる。また、解析結果は、設問最終案の決定に役立てることができた。

このパイロットスタディを実施した結果、本システムは有効性が高く、且つ、実現の可能性高いという結論に至った。

## 5 「健康づくり計画評価等のための

### 情報システムの試行」の実施

経過 4 までの過程で作られた最終案をもとに実施した経過 5 では 58 市町村中、母子手帳交付時 18 市町村(31.0%)、3 歳児健康診査時 28 市町村(48.3%)、老人保健基本健康診査時 11 市町村(19.0%)の参加があった。3 事業時全てに取り組んだ市町村も 7 市町村(12.1%)あった。

3 歳児健康診査時の参加市町村割合が最も多いのは、試行希望の際の必須事業としたことが一番の要因であるが、他にも設問数や対象者数が老人保健基本健康診査時のそれと比較し少ないことも影響したと思われた。

参加市町村が最も少なかった老人保健基本健康診査時は、本試行期間前にすでに事業が終了していた市町村が多かったことも一因と考えられるが、一番の要因は、3 歳児健康診査時と逆に設問数・対象者

数ともかなりの数となり市町村負担が大きいことが予測されたためと思われた。

## 6 システムの提案

1～5 までの結果を総合的に検討し、表 7 に示したステップ ~ について、表 11 のとおりシステムの提案を行った。

### おわりに

本研究の提案に基づき、平成 16 年度に実際のシステムが構築され、稼働されることとなった。これにより、市町村別の健康習慣についての指標値が経年的にある程度把握できることになる。有効性についての理解が多くの関係機関に広がり、このシステムを利用する市町村が増えることが当面の課題の一つである。

また、パイロットスタディや試行により、集めようとしている情報の有用性は確認してはいるものの、今後めまぐるしく変化するであろう個々の生活習慣を取り巻く社会情勢等をも捉えた有益なデータ解析のためには、これからの稼働を通じた関係機関の意見を加味しながらの、短いスパンでの細部にわたる検討も必要になるものと思われる。

本システムは稼働が最終目的なのではなく、そこから得られたデータをいかに有効に解析し、関係機関の健康づくり計画を始めとする保健施策の向上にどの程度役立てることができるかが重要な鍵となる。このような視点からも、本研究を発展させていきたいと考えている。

### 文 献

- 1)健康日本 21 企画検討会・健康日本 21 計画策定検討会:21 世紀における国民健康づくり運動(健康日本 21)について報告書,2000.
- 2)岩手県:健康いわて 21 プラン,2001.
- 3)竹内俊一ほか:平成 12 年度地域保健総合推進事業「地域健康づくり拠点(保健所)モデル事業」報告書,2002.
- 4)森屋一雄ほか:保健所・衛生研究所における疫学統計検討会報告書,2003.
- 5)田沢光正ほか:市町村における生涯を通じた歯科保健活動に必要な指標に関する研究,第 13 回岩手公衆衛生学会総会講演集,30,2002.
- 6)互野裕子ほか:ライフステージに応じた健康水準評価のための基礎的研究,第 17 回岩手栄養改善学会抄録集,26,2003.
- 7)日本公衆衛生学会地域保健委員会:健康日本 21 の「地方計画」で留意すべき健康指標と情報収集の方法について,2000.

表 11 システムの提案

■収集する健康指標	■ に対応した対象者	■関係機関の通常業務	■問診及び選択肢等	■情報の集積方法	■情報の分析解析方法	■情報の還元方法
妊婦の喫煙率	妊婦	母子健康手帳交付時	あなたはタバコを吸いますか？ 1：吸わない・2：以前は吸っていたが妊娠してからやめている・3：吸う	ア：	ア：	ア：
幼年期における毎日仕上げ磨きを受ける者の割合	3歳児（母又は保護者が回る）	3歳児健康診査時（以下3歳児）	お子さんの仕上げ磨きをしていますか？ 1：毎日している・2：時々している・3：していない	ア：	ア：	ア：
幼年期におけるフッ素塗布を受けたことがある者の割合			お子さんはフッ素塗布を受けたことがありますか？ 1：受けたことがある・2：受けたことがない・3：わからない			
朝食の欠食率	3歳児（同上）	3歳児 学校保健健	（お子さんは）ふだん、朝食を食べますか？ 1：ほとんど毎日食べる・2：週2～3日食べない・3：週4日以上食べない	ア：	ア：	ア：
おやつとして甘い物をとる回数が1日2回以下の者の割合			（お子さんは）甘い食べ物や飲み物を、おやつとして1日何回とりましますか？ 1：あまりとらない・2：1日1回くらい・3：1日2回くらい・4：3回以上			
標準体格者の割合			下記の食品群で（お子さんが）ほとんど食べない食品群がありますか？ 1：ある・2：ない あると答えた者のみ：ほとんど食べない食品群全てに をつけてください ア：穀類・イ：いも類・ウ：野菜類・エ：果物類・オ：肉類・カ：魚類・キ：卵類・ク：大豆製品・ケ：乳類			
			身長・体重を収集し肥満度を算出			
	小学1・4年級の 中学1・3年生 高校3年生	学校	（お子さんの）歯の治療をしてもらう歯科医院は決まっていますか？ 1：はい・2：いいえ			
毎日歯を磨いている者の割合	小学1・4年級の 中学1・3年生 高校3年生 成人	学校 老健	（お子さんは）歯を毎日磨いていますか？ 1：毎日3回以上磨く・2：毎日2回磨く・3：毎日1回磨く・4：時々磨く・5：磨かない			
	中学1・3年生 高校3年生	学校	歯磨きをするとき、歯磨き剤を使っていますか？ 1：使っていない・使っている（2：歯磨き剤にフッ素入りであるものを買うようにしている・3：歯磨き剤がフッ素入りであろうがなかるうが気にしないで買う・4：歯磨き剤にフッ素入りでないものを買うようにしている）	ア：	ア：	ア：
未成年者の喫煙率			この1ヶ月間に何日タバコをすいましたか？ 1：0日・2：1日か2日・3：3～5日・4：6～9日・5：10～19日・6：20～29日・7：毎日			
未成年者の飲酒率			この1年間にお酒をどのくらいの頻度で飲みましたか？ 1：飲まない・2：年に1、2回・3：月に1、2回・4：週末ごとに・5：週に数回・6：毎日			
積極的に運動することを心がけている者の割合	中学1・3年生	学校	日頃から、意識的に身体を動かすように心がけていますか？ 1：いつも心がけている・2：時々心がけている・3：あまり心がけていない	ア：	ア：	ア：
歯間清掃器具を1週間に1回以上使用する者の割合			歯間清掃用具（糸ようじ・デンタルフロス）を使って、歯と歯の間を磨いていますか？ 1：毎日使っている・2：1週間に1回以上使っている・3：時々使っている・4：使わない			
悩みや問題を抱えたとき相談できるところがある者の割合			悩みや問題を抱えたとき、相談できるところ（人や場所）がありますか？ 1：ある・2：ない			
睡眠時間を7～8時間とって	成人	老健	睡眠時間は平均何時間くらいですか？ 1：6時間台以上	ア：	ア：	ア：
熟睡感がある者の割合			よく眠れますか？ 1：はい・2：いいえ・3：どちらともいえない			
成人非喫煙者の割合			タバコを吸いますか？ 1：もともと吸わない・2：以前は吸っていたがやめた・3：吸う			
1日2合を越えて飲酒する者の割合			アルコールを飲みますか？ 1：もともと飲まない・2：やめた・3：時々飲む程度・4：毎日ではないが週3日以上飲み量は1日2合未満・5：同2合以上・6：毎日飲み量は1日2合未満・7：同2合以上			
20歳以上における年1回以上歯科定期検診を受けている者の割合			年1回は歯科の定期健診を受けていますか？ 1：はい・2：いいえ			
主観的健康指標「自分は健康であると思う者」の割合			「自分が健康である」と思いますか？ 1：思う・2：思わない・3：どちらともいえない			
毎日が充実していると思う者の割合			毎日の生活が充実していると思いますか？ 1：思う・2：思わない・3：どちらともいえない			
最近ストレスがたまっている者の割合			最近、ストレスがたまっていると感じますか？ 1：はい・2：いいえ・3：どちらともいえない			
ストレス発散方法を持っている者の割合			日常生活の中で、ストレスを発散できる解消法を持っていますか？ 1：持っている・2：持っていない			

## 報 文

### リアルタイム - PCR を利用したレジオネラ属菌の迅速検査法の開発

佐藤 卓 藤井 伸一郎 佐藤 直人

リアルタイム - PCR 法は定性と定量を同時に行う特異性の高い遺伝子増幅法である。今回我々は 5S rRNA 遺伝子領域を標的としたリアルタイム - PCR 法によるレジオネラ属菌の検出方法を構築した。レジオネラ属菌 5 菌種 40 株及びレジオネラ属以外の 30 菌種 33 株を用いた特異性試験及び *Legionella pneumophila* を用いた検出感度試験を行った。また、培養法による菌数と本法による定量値との比較検討を行った。本法による特異度は 100%、感度 87.5% であり、*L. pneumophila* では 100copy/test まで検出可能であった。また、培養法による菌数と本法による定量値を比較した結果、血清群および菌種によりばらつきが認められた。

#### 1 はじめに

レジオネラ属菌は、本菌に汚染されたエアロゾルを吸入することによりヒトに肺炎などを引き起こす<sup>1)</sup>病原体であり、浴槽水などの同菌による汚染状況の把握は公衆衛生上重要であるが、通常の培養法では 1 週間以上の検査期間が必要である<sup>2)</sup>。

リアルタイム - PCR 法は、短時間で病原体の同定と定量が可能であり、我々は同法を用いたレジオネラ属菌の迅速検査法の開発を試みた。

#### 2 方法

##### (1) 対象菌株

レジオネラ属菌: ATCC 標準株及び環境由来株  
計 40 菌株

レジオネラ属以外: ATCC, JCM 等標準株及び臨床  
分離株 30 菌種 計 33 菌株

##### (2) 菌数定量及び DNA 抽出

レジオネラ属菌 ATCC 標準株(以下標準株)11 株は、1 白金耳量の菌塊を生食で 10 倍段階希釈し、その 100 µl を BCYE 培地に接種、5 日間培養後菌数を計測した。DNA の抽出は、標準株については、菌数 10<sup>5</sup>CFU/100 µl の菌液、標準菌株以外の細菌は、約 10<sup>5</sup>CFU/100 µl 程度に希釈した菌液、それぞれ 200 µl を QIAamp DNA Mini Kit(QIAGEN 社)で処理

し、DNA 抽出液 200 µl を得た。

##### (3) リアルタイム - PCR

プライマー・プローブセットは、Mahbubani らの設計した 5S rRNA 遺伝子領域を増幅及びハイブリダイゼーションするセット<sup>3/4)</sup>を用いた。

Primer-F

5'-ACTATAGCGATTTGGAACC-3'

Primer-R

5'-GGCGATGACCTACTTTTC-3'

TaqMan Probe

5'-FAM-CATGAGGAAGCCTCACACTATCA-TAMRA-3'

Product size 105bp

リアルタイム - PCR 装置は、ABI Prism 7900HT(Applied Biosystem 社)を用いた。テンプレートは、レジオネラ属菌は DNA 抽出液を 1CFU/µl に希釈したもの、レジオネラ属菌以外は DNA 抽出液原液とし、それぞれ 10 µl とした。反応系は 25 µl とし、DNA ポリメラーゼ活性処理後、95 15sec, 60 1min を 45 サイクル反応させた。

標準液には *L.pneumophila* ATCC33152 株の DNA 抽出液を、10<sup>3</sup>copy/µl ~ 1copy/µl の濃度に 7 段階に希釈した液 10 µl を用いた。

##### (3) 培養法による菌数とリアルタイム - PCR による定量

## 値との比較

*L.pneumophila* 血清群 1～6及び *L.gormanii* の ATCC 標準株について DNA 抽出液を 1CFU/1μl 相当に希釈し、その 10μl についてリアルタイム - PCR を実施した。

表 1 特異性試験結果

レジオネラ属菌		
菌種	由来	結果
<i>L.pneumophila</i>		
血清群 1	ATCC 33152,33153, 環境由来株	8/8
血清群 2	ATCC 33154	1/1
血清群 3	ATCC 33155,環境由来株	2/4
血清群 4	ATCC 33156,環境由来株	2/2
血清群 5	ATCC 33216,環境由来株	5/5
血清群 6	ATCC 33215,環境由来株	8/8
血清群不明	環境由来株	4/4
<i>L.bozemanae</i>	ATCC 33217	0/1
<i>L.micdadei</i>	ATCC 33218	0/1
<i>L.dumoffii</i>	ATCC 33279	0/1
<i>L.gormanii</i>	ATCC 33297	1/1
<i>Legionella spp.</i>	環境由来株	4/4
計		35/40 (陽性株数/確認株数)

レジオネラ属菌以外		
菌種	由来	結果
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	JCM 6842	0/1
<i>Aeromonas hydrophila</i>	JCM 2360,臨床由来株	0/2
<i>Bacillus cereus</i>	IFO 3134	0/1
<i>Bacillus subtilis</i>	IFO 3836	0/1
<i>Bordetella pertussis</i>	ATCC 9340	0/1
<i>Citrobacter freundii</i>	JCM 1657	0/1
<i>Citrobacter spp.</i>	臨床由来株	0/1
<i>Enterobacter sakazakii</i>	JCM 1233	0/1
<i>Escherichia coli</i>	臨床由来株	0/1
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	JCM 1662,臨床由来株	0/2
<i>Listeria monocytogenes</i>	ATCC 7644	0/1
<i>Micrococcus luteus</i>	IFO 12708	0/1
<i>Morganella morganii</i>	臨床由来株	0/1
<i>Presiomonas shigelloides</i>	臨床由来株	0/1
<i>Proteus vulgaris</i>	JCM 1668,臨床由来株	0/2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	JCM 5962	0/1
<i>Salmonella Enteritidis</i>	臨床由来株	0/1
<i>Salmonella Infantis</i>	臨床由来株	0/1
<i>Staphylococcus aureus</i>	臨床由来株	0/1
<i>Streptococcus pyogenes</i>	ATCC 19615	0/1
<i>Streptococcus agalactiae</i>	ATCC 12386	0/1
<i>Streptococcus Group C</i>	ATCC 12388	0/1
<i>Streptococcus Group D</i>	ATCC 27284	0/1
<i>Streptococcus Group F</i>	ATCC 12392	0/1
<i>Streptococcus Group G</i>	ATCC 12394	0/1
<i>Vibrio alginolyticus</i>	臨床由来株	0/1
<i>Vibrio fluvialis</i>	臨床由来株	0/1
<i>Vibrio mimicus</i>	臨床由来株	0/1
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	臨床由来株	0/1
<i>Yersinia enterocolitica</i>	臨床由来株	0/1
計		0/33 (陽性株数/確認株数)

## (4) DNA 抽出法の検討

*L.pneumophila* ATCC33152 株の 10<sup>4</sup>CFU/100μl 濃度の菌液を 10CFU/100μl まで 10 倍段階希釈し、QIAamp DNA Mini Kit(QIAGEN 社)で DNA を抽出した後、リアルタイム - PCR を実施した。

## 3 結果

### (1) 特異度及び感度

レジオネラ属菌及びレジオネラ属菌以外の細菌についてリアルタイム - PCR を実施した結果を表1に示す。レジオネラ属菌は、40 菌株のうち陽性株は 35 菌株、レジオネラ属菌以外は 33 菌株のうち陽性株は 0 菌株で、特異度は 100%、感度は 87.5%であった(表2)。

本法で偽陰性であったレジオネラ属菌について、プローブを用いないリアルタイム - PCR を実施した結果を図1に示す。*L.dumoffii* 以外のレジオネラ属菌の増幅が確認された。

表2 リアルタイム - PCR 結果

	リアルタイム - PCR	
	陽性	陰性
レジオネラ属菌	35	5
レジオネラ属以外の菌	0	33
特異度: 100% 感度: 87.5%		

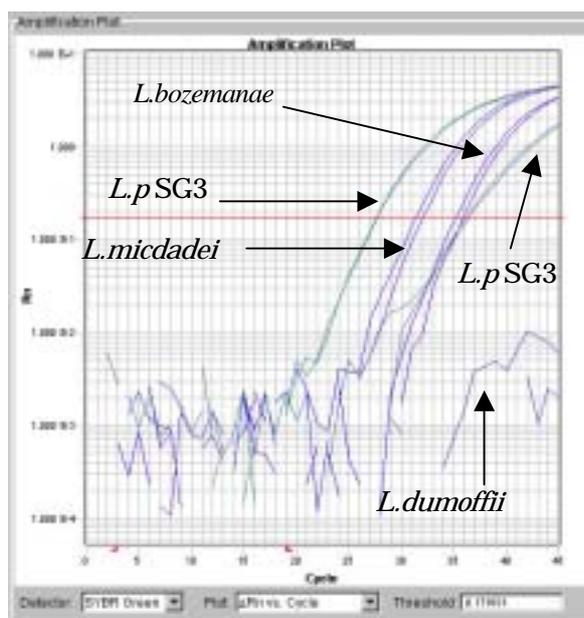
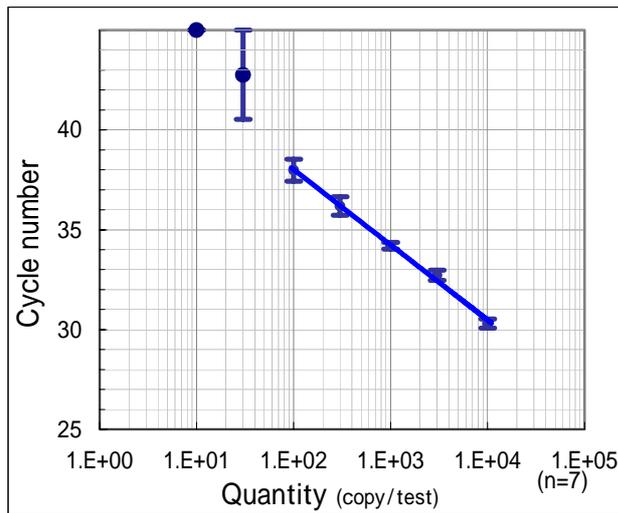


図1 偽陰性の菌株のPCR結果(プローブ無し)

(2) 定量

リアルタイム - PCR法による検量線を図2に示す。  
 $10^4$ copy/test から  $10^2$ copy/test までは良好な直線性を示すが、30copy/test 以下ではばらつきが大きい。

今回実施した反応系では、定量下限値は100copy/test 程度であることが示唆された。



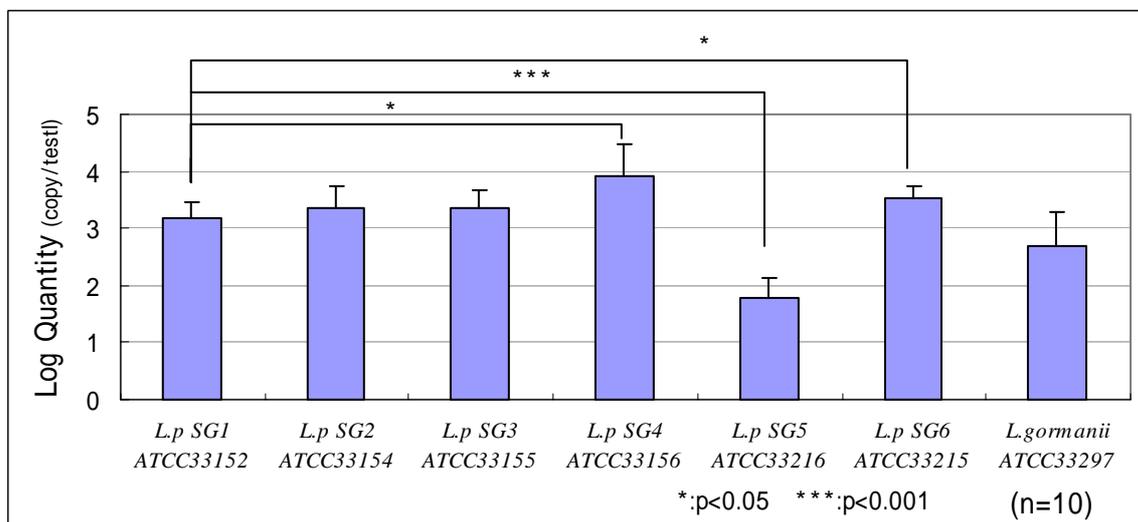
$CN=45.55-1.64*\log(Qt)$        $R^2=0.973$

図2 リアルタイム - PCR法による検量線

(3) 培養法による菌数とリアルタイム - PCRによる定量値との比較

10CFU/test に調製した7菌株についてリアルタイム - PCRを実施した結果を図3に示す。  
 レジオネラ属菌 1CFU は概ね 100copy に相当

図3 リアルタイム - PCR結果



したが、菌株によっては最小で 6copy、最大で 850copy に相当するものがあり、菌株間で有意に差が認められた。

(4) DNA 抽出法

10 ~  $10^4$ CFU/100  $\mu$ l の菌液を DNA 抽出し、リアルタイム - PCR を実施した結果を表3に示す。  
 今回使用した DNA 抽出法ではいずれの菌濃度においても 1CFU は約 50copy に相当した。

表3 DNA 抽出法の検討

菌濃度 CFU/100 $\mu$ l	リアルタイム - PCR結果 Log(copy/test) 平均値 (標準偏差)
$10^4$	4.68 (0.03)
$10^3$	3.69 (0.06)
$10^2$	2.70 (0.12)
10	1.64 (0.05)

4 考察

今回の反応系では、*L.pneumophila* 血清群 3 で 2 株及び *L.pneumophila* 以外のレジオネラ属菌 3 菌株が検出できなかった。しかし、プローブを用いない PCR 反応系では *L.dumoffii* 以外のレジオネラ属菌の増幅が確認されたことから、今後、プライマー・プローブセットの検討が必要である。

定量下限値は 100copy/test であり、菌数に換算すると 10CFU/100  $\mu$ l 相当である。これは、培養法(冷

却遠心濃縮法:1CFU/100  $\mu$ l)と比較して検出感度は1/10 程度である。しかし、本法は検体の前処理を含めておよそ4時間程度でレジオネラ属菌の検出が可能であり、従来の培養法による本菌の検出に1週間程度の日数を要していたことを考えると、検出時間の大幅な短縮である。健康危機管理時においては、迅速な行政対応が要求されており、本法によりレジオネラ属菌の汚染状況を早期に把握することは、感染の拡大防止に大いに貢献できるものと考えられる。

培養法による菌数と本法による定量値を比較すると、1CFU は概ね 100copy に相当したが、菌株によりその定量値に有意な差が認められた。レジオネラ属菌は培養条件が厳しく、温度・湿度などの培養条件や菌株の状態の差が定量値に大きく影響を及ぼすものと考えられる。

DNA 抽出法の検討では、供試菌濃度 10 ~ 10<sup>4</sup>CFU/100  $\mu$ lの範囲でほぼ定量的にDNA を抽出することができ、今回採用したDNA 抽出法は適当であると考えられる。

今回の研究では、純培養菌による検査法の検討を行ったが、今後は環境試料における本法の適用について検討が必要である。

## 5 文献

- 1) 小川博:B-I-6.感染源と感染経路,新版レジオネラ症防止指針(厚生省生活衛生局企画課監修).財団法人ビル管理教育センター,13-17 (2000).
- 2) 山内昌弘,田中智之,杉山明,山内昭則,倉文明,前川純子:レジオネラ症,病原体検出マニュアル,(地方衛生研究所全国協議会,国立感染症研究所),820-848 (2003).
- 3) Mahbubani,M.H.,A.K.Bej,R.Miller,L.Haff, J.DiCesare,andR.M.Atlas:Detection of Legionella with polymerase chain reaction and gene probe methods.Mol.Cell.Probes 4,175-187 (1990).
- 4) R.Thayden,J.R.Uhl,X,Qian,M.K.Hopkins, M.C.Aubry,A.H.Limper,R.V.Lloyd,and F.R.Cockerill:Direct detection of Legionella species from Bronchoalveolar lavage and open

lung biopsy specimens:Comparison of LightCycler OCR,in situ hybridaization,Direct fluorescence antigen detection, and culture,J.Clin.Microbiol.39,2618-2626,(2001)

---

報 文

---

## 広域的ヤマセ現象と岩手県の地域気象との関連解明に関する研究

高井 博司

岩手県を含めた東北地方太平洋岸において、例年5月から8月にかけて、東よりの低温・湿潤な風が卓越する「ヤマセ現象」が発生する。このヤマセ現象は、農業をはじめ、生活環境に大きな影響を与えている。本研究では、この「ヤマセ現象」を題材にし、広域的な気象現象と岩手県の地域気象との関係を解析し、考察をおこなった。広域的なヤマセ現象を衛星観測データ等を用い、解析・考察することによって、岩手県に及ぼす様々なヤマセの影響を明らかにした。特に、ヤマセ時には雲（下層雲・霧）に覆われていることが多く、海上では、北東気流になっていることが示された。また、ヤマセ気流は地形の影響を大きく受けていることもわかった。

さらなる研究として、三陸沿岸沿いに各機関が独自の観測網を持っており、これらのデータを集約・活用することによって、より詳細な岩手県の地域気象をリアルタイムに把握することができる「気象総合観測システム」の構築が望まれる。気象現象は、自然環境や生活環境に大きく関わるものであり、このような視点も必要であると考えられる。

本研究は、平成13年度から15年度までの3年間でおこなわれた「地球環境に関する研究」の一環としておこなわれたものである。

### I はじめに

岩手県を含めた東北地方太平洋岸において、例年5月から8月にかけて、東よりの低温・湿潤な風が卓越する「ヤマセ現象」が発生する。このヤマセ現象は、農業をはじめ、生活環境に大きな影響を与えている。ヤマセ現象を正しく認識し、これと共存していくことは、ヤマセ気象下で生活する岩手県民にとって、必要不可欠な課題といえる。今まで、局地的にヤマセを定義し様々な研究が行われてきたが、近年の衛星地球観測技術の発達により、洋上の広域ヤマセ現象の把握を可能にした。本研究は、広域海洋上で生成されるヤマセの空気塊が、岩手県の気象にどのようにかかわっていくのかを知り、広域的な気象と岩手県の地域気象との関連を明らかにしようとするものである。

岩手県に影響する自然環境（大気汚染・酸性雨・

黄砂等）を理解するためには、広域的な視点からの考察が必要である。このような背景から、本研究では、「ヤマセ現象」を題材として解析・考察をおこなった。

本研究は平成13年度から15年度までの3年間でおこなわれた。

### II データ

本研究で使用した主なデータは次のとおりである。

#### 1 衛星観測データ

近年の衛星観測技術の発達により、様々な気象現象を広域に観測することができるようになった。そこで、本研究では、雲や海面水温を観測することができる NOAA/AVHRR データと、海上風を観測することができる QuikSCAT/SeaWinds データを使用して、広域的なヤマセ現象の把握に利用した。衛星観測データの入手に関しては、研究の

指導をいただいている東北大学から提供を受けた。

NOAA/AVHRRはチャンネルを5つっており、それぞれのチャンネルを利用して、雲や海面水温等を観測することができる。東北大学では、NOAA/AVHRRを元に1日1回のデータベース(JAIDAS\*)を作成しており、これを利用した。空間分解能は約1.1kmである。

QuikSCAT/SeaWindsは、NASAが打ち上げたマイクロ波放射計である。観測幅は約1,800km、空間分解能は約25kmで、1日でおおよそ地球上の90%をカバーしている。観測の空白領域は、客観解析データNCEP/NCAR再解析データを用い、補間した。

\*参照 ; <http://asiadb.cneas.tohoku.ac.jp/jaidas/>

## 2 現地観測データ(アメダス)

現地の観測データとしては、アメダスデータを使用した。アメダスとは、気象庁が日本全国に展開している地上観測のための地域気象観測システムのことである。アメダスの観測地点は全国に約1,300地点あり、そのすべてで降水量が観測されている。このうち、気温・風向風速・日照時間の3要素も同時に観測されている地点は、約840地点ある。これらの観測は自動的におこなわれ、毎正時に記録されている。

本研究では、東北地方全域(新潟県を含む)の計167地点の気温、風向風速データを使用し、解析をおこなった(岩手県内は33地点)。三陸地方の海岸沿いにもおおよそ20kmの間隔にアメダスは設置されている。これらのアメダス地点から日平均気温偏差を算出した。ここでいう日平均気温偏差とは、日平均気温と日平均気温平年値(1971~2000年)の差のことである(以下、「T」とする)。

## III 解析結果

### 1 雲

図1に2001年7月28日のJAIDASの観測例を示す。この日は、八戸アメダスのデータを見ると平均気温が18.8であった。T(気温偏差)

が-3.4、風向がENEであり、典型的なヤマセの日といえる。

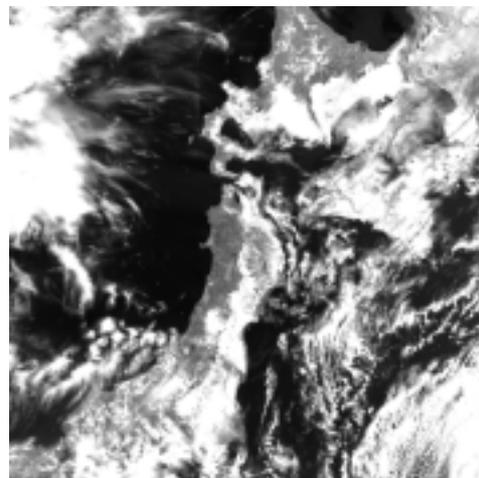


図1 JAIDASの観測例(NOAA/AVHRR Ch.2)。2001年7月28日。

東北地方周辺に着目すると、雲が北上高地や奥羽山脈の東側でせき止められており、西側では晴天域になっていることがわかる。これは、ヤマセの雲は雲頂が低いことを表している。一般にヤマセは下層雲や霧を伴うといわれており、その特徴をはっきりと表している。

これらの特徴的な例を踏まえて、一般的なヤマセ時の雲の出現確率を統計的に調べるために、三陸沿岸北部のアメダス7地点(三沢・八戸・種市・久慈・普代・小本・宮古)を対象に、JAIDAS(NOAA/AVHRR)を用いて、ヤマセ時の気象状況(晴れ・曇等)についての解析をおこなった。ヤマセ日の特定には、菅野(1993)の方法を用いた。菅野(1993)では、八戸Tが0度以下であり、八戸の風向が1日24観測中16観測以上、N~SSEである場合をヤマセ日としている。ここでの解析期間は、1990~2001年5~8月とし、有効データ数は9764であった。

図2にアメダス地点毎の気象状況の出現確率を示す。

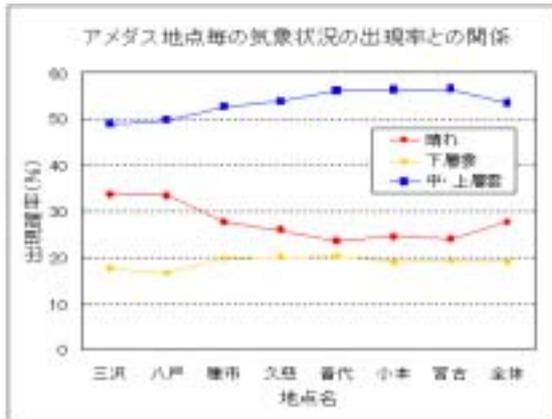


図2 アメダス地点毎の気象状況の出現確率。

北部(三沢・八戸)ほど晴れの割合が高いことがわかる。下層雲と中・上層雲の場合を曇と考えた場合とアメダスから判断されたヤマセ日であるかどうかの関係を表1に示す。

表1 アメダスから判断された「ヤマセ」・「非ヤマセ」時における衛星観測から判別した「晴れ」・「曇」の割合(%)。

	晴れ	曇
ヤマセ	10%	90%
非ヤマセ	33%	67%

これらの結果をまとめると、次のことがいえる。

- ・ アメダスからヤマセと特定された場合、約9割の割合で、雲(下層雲・中上層雲)に覆われている。
- ・ 北部(三沢・八戸)ほど、ヤマセであっても、「晴れ」の割合が高い。
- ・ ヤマセの下層雲は低く、奥羽山脈や北上高地で遮られる(地形の影響が大きい)。

## 2 海上風分布

図3に QuikSCAT/SeaWinds の観測例を示す。この日(2001年8月1日)は、八戸の気温が、17.5 であり、平年よりも 5.0 も低く、風向は ENE であり、日照時間も 0 であった。翌日も平年より 5.1 も低く、強いヤマセの状態であったといえる。

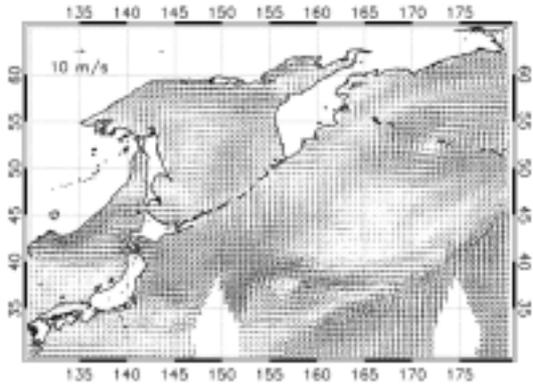


図3 QuikSCAT/SeaWinds の観測例。

2001年8月1日。

このようにマイクロ波散乱計は広域な海上の風を観測することができる。ここでは、ヤマセ時において、海上ではどのような風が吹いているかをとらえるべく、東北地方全体の気温からヤマセ現象を特定し、海上風分布を作成した。

従来、八戸や宮古など太平洋岸での観測地点でのデータよりヤマセであるかどうかを決めていることが多い。そこで、東北地方全域の気温変動を把握するために、アメダス T を用い、EOF 解析をおこなった(東北地方+新潟県)。また、従来からのヤマセの指標として利用されている八戸における日平均気温偏差(八戸 T)も使用した。ここでの解析期間は、QuikSCAT/SeaWinds が稼働している 2000~2002 年 5~8 月とした。

その結果を図4に示す。図4は EOF 第1モードと第2モードの空間分布を表したものである。

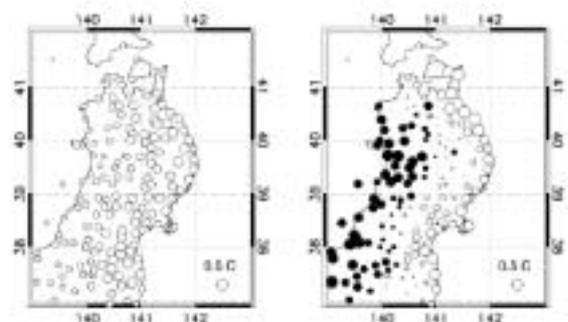


図4 EOF 解析の結果。左が EOF 第1モード、右が EOF 第2モードである。と でそれぞれ正負をあらわし、円の大きさがその強さをあらわしている。

EOF 第 1 モードでは、東北地方全体の気温変動をあらわしている。EOF 第 2 モードは、太平洋側と日本海側とが逆の変動をする東西偏差をあらわしている。それぞれの寄与率は、73.6%、10.5%であった。また、EOF 解析の結果とヤマセの指標とされる八戸 T との相関をとったところ、EOF 第 1 モード、第 2 モードに対して、それぞれ、0.789、0.419 であり、相関がよいといえる。そこで、東北地方太平洋側が低温になる場合は、次のような条件が考えられる。

- ・ EOF 第 1 モードが負の場合
- ・ EOF 第 2 モードが負の場合
- ・ EOF 第 1 モード、第 2 モードとも負の場合

EOF 第 1 モードが負の場合における、QuikSCAT/SeaWinds から計算した海上風分布を示す(図 5)

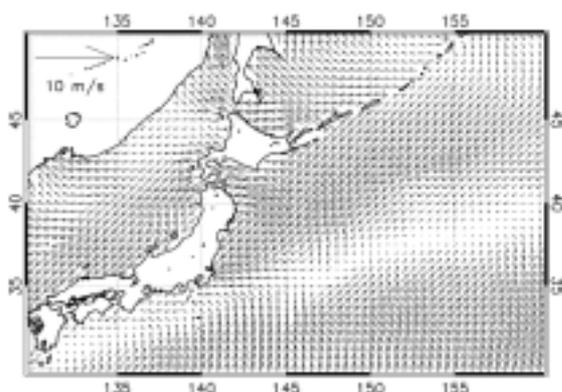


図5 ヤマセ時の海上風分布。EOF 第 1 モードが負の場合という条件において QuikSCAT/SeaWinds データを平均化し、海上風分布とした。

図 5 より、東北地方太平洋岸に北東からの風が流れ込んでいることがわかる。北緯 30 度、東経 130 度から北緯 40 度、東経 160 度にかけて、収束帯が見られる。この収束帯は、梅雨前線であると考えられ、日本列島が北からの気団に影響を受けていると考えられる。三陸沖だけでなく、日本海海上においても北東からの風になっており、風速も強い。関東地方にもこの北東気流が流れ込んでいると思われる。

EOF 第 2 モードにおいても同様に東北地方太平洋側に東よりの風が吹きつけていた(図略)た

だし、EOF 第 1 モードとくらべ海上での移流経路は若干異なっており、日本海側はそれほど風速が強くない。

EOF 第 1 モード、第 2 モードともに負の場合(図略)は、北東風がより顕著となっているため、この条件を「典型的なヤマセ」として、以下の解析をおこなった。

図 6 に「典型的なヤマセ」時の東北地方付近の海上風分布とアメダスより求めた気温偏差( T )と日照時間偏差を重ねたものを示す。

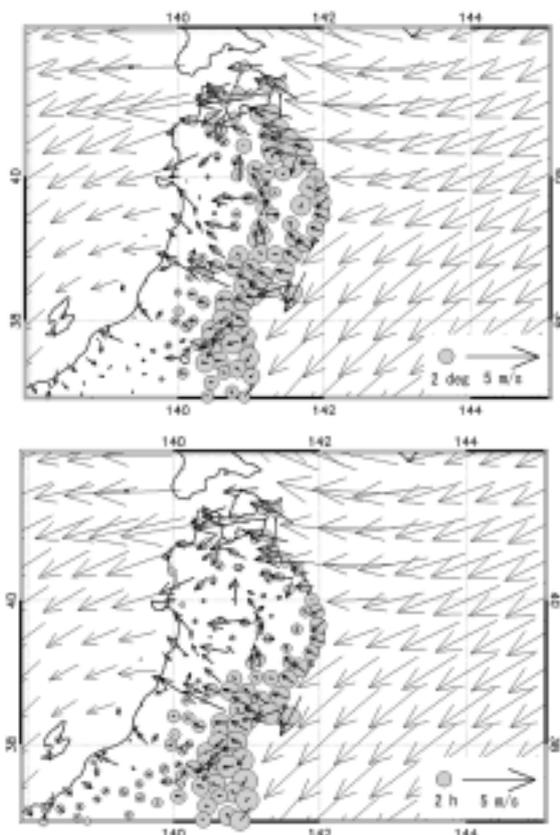


図6 典型的なヤマセ時の海上風分布とアメダスデータを重ね合わせたもの。上段は、風向風速と気温偏差( T )、下段は風向風速と日照時間偏差をかさせあわせている。

北東方向より三陸海岸に風が吹きつけていることがはっきりとわかる。また、宮古沖で北東気流が分流している様子もわかる。北の流れは八戸方面へ、南の流れは仙台から関東方面へと移流している。

アメダスの気温偏差( T )に着目すると、奥羽山脈よりも東側全域で非常に低温になっている様子が見える。一方で、日照時間の偏差をみると、

八戸周辺や岩手県内陸部と比べ、三陸海岸や仙台平野周辺において日照が寡少となっていることがわかる。

#### IV 考察

広域的なヤマセ現象が岩手県の地域気象にどのような影響をおよぼすか？岩手県の沿岸は、リアス式海岸と呼ばれる複雑な地形をしており、すぐ西には北上高地がそびえている。ヤマセ気流はこのような地形の影響を大きく受け、沿岸部と内陸部で異なる気象状況を作り出している。そこで、海上から陸上へのヤマセ気流の侵入経路について、各種データと地形データ等から考察をおこなった。

ヤマセ気流は低温・湿潤な空気塊をもっていることことから、大気鉛直構造は比較的安定であるといえる。このことと今までの解析結果より、次のようなことが考えられる。

ヤマセ気流は、宮古沖の海上で南北に分流しており、北側の気流は、八戸周辺に侵入し、八甲田山を迂回して日本海にぬけている。一方、南に向かった気流は、仙台周辺から侵入し、北上川沿い、阿武隈川沿いなどの標高の低いところを移流している。また、鳴子周辺の比較的標高の低いところをとおり、最上川沿いに日本海に抜けている。

そのヤマセ気流のイメージを図7示す。

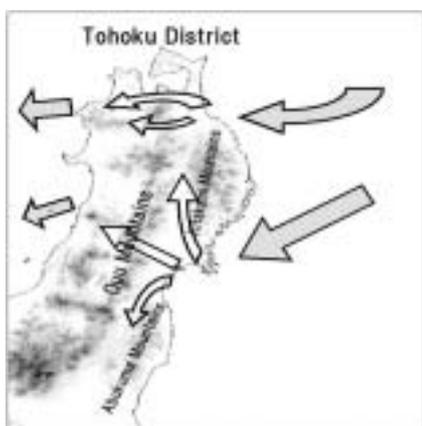


図7 ヤマセ気流のイメージ図。

また、JAIDAS 雲画像や、気温偏差、日照時間偏差などから、岩手県の沿岸部は低温・日照寡少、内陸部は低温・やや日照寡少という地域差があること

も考えられる（図6参照）。

#### V 今後の課題

より局地的なヤマセ現象の傾向を把握するためには、「数値シミュレーション」という手法が考えられる。コンピュータの進歩により、かなり細かな領域での数値シミュレーションが可能になり、様々な状況が再現できると思われる。これらをおこなうためには、専門家、もしくは外部委託が必要になる。

研究成果を利用した「ヤマセ現象」の提供の方法として、インターネットなどのIT技術を使用し、リアルタイムに提供する手法が考えられる（気象総合観測システムの提案）。さらにはGPVデータ（格子点データ）や衛星データをリアルタイムに収集し、新しいプロダクトの開発をおこなうことによって、県民によりわかりやすい形として提供することができると考えている。

様々なニーズの掘り起こし、関連機関との調整、新たなプロダクトの開発等、今後の検討・解決すべき課題は多く残させているが、実現すれば、多方面に対して、非常に有益なシステムになるはずである。

#### VI まとめ

平成13年度から平成15年度の3年間で「ヤマセ現象」を題材として、広域的な気象現象と岩手県の地域気象との関係を解析し、考察をおこなった。

広域的なヤマセ現象を衛星観測データ等を用い、解析・考察することによって、岩手県に及ぼす様々なヤマセの影響を明らかにすることができた。ヤマセ時には雲（下層雲・霧）に覆われていることが多く、海上では、北東気流になっていることが示された。また、ヤマセ気流は地形の影響を大きく受けていることもわかった。ヤマセ現象に限らず、気象現象は、自然環境や生活環境に大きく関わるものであり、このような広域的な視点から地域気象をとらえるという考え方も必要であると考えられる。

現在、三陸沿岸沿いに各機関が独自の観測網を持っている。今回の研究成果をもとに、これらのデータを集約・活用することによって、より詳細な岩手県の地域気象を把握することができる（気象総合観

測システム)。さらには、自然環境、生活環境の分野（農業、交通、健康など）での気象現象との関係という新しい視野が開かれるものとする。このような「気象総合観測システム」が構築されることを期待したい。

### 文献

菅野洋光，1993：青森県八戸におけるヤマセと海風の気温・湿度の差異とその季節変化，天気，40，751-757．