

中条町天然ガス自噴地帯の植生

白 勢 恒 士*

ガス噴出により破壊された自然植生が回復する機構を、ガスの噴出状態と植物の様子から明らかにしようとしている。ガスの噴出が多量でも、一時的であれば植物への影響は少なく、長期にわたる噴出が被害を起すこと、地下部に依存する度合の少ない植物は被害が少ないこと、種子の発芽の性質から、ガス噴出停止後メヒシバが最も早く発芽を始め、植生回復の先駆となることが明らかになった。

1 はじめに

北蒲原郡中条町の海岸松林地帯に天然ガスの自噴現象が起ったのは、1966年からであった。この松林地帯は砂丘地で、幅およそ1kmのアカマツ林が、長さ数10kmにわたり海岸沿いに続いている。内陸側は畑として耕作されているが、このアカマツを主とする森林は、それまで長年月にわたって安定していた。¹⁾

ガスの噴出状況は一定ではなく、1969年に激しくなり、翌1970年から減少の傾向にあったが1973年1月に、従来とやや場所を異にして水田、畑、道路、民家の井戸等から激しく噴出し、これまでの噴出区域の噴出量も増加した。²⁾ 樹木、作物等に被害が出ていることから原因追求と被害状況調査及び対策については、これまで町、県、国の行政当局によりいろいろな角度から検討されてきた。

しかし、ガスの噴出区域では樹木、作物以外の自然植生にも著しい破壊が見られる。そこで、ガス噴出が自然植生に及ぼす影響、及び破壊された植生の回復を考察することは、今後の対策に対して何らかの手がかりが得られるのではないかと考えた。今回は、それらの問題を考える上で基礎となる、噴出地における植生の種類構成、ガスの噴出状況と植物群落の消長、土壌の変化と群落形成等について調査し、若干の実験を加えて検討してみた。

なおこの調査にあたり、中条町役場町民課の大橋三千男氏に器具や資料の提供を受けた。ここに感謝の意を表わす。

2 噴出地の概要

(1) 噴出区域

中条町役場作成の資料によると、ガス噴出地は図2のようである。

(2) ガス噴出による環境要素の変化

²⁾ 噴出しているガスは、成分分析の結果から、地下2000m以上の深い層から噴出してきた構造性ガス



図1 ガス噴出による裸地

* 理科長期研修員（中条町立科学教育センター、中条町立中条小学校）

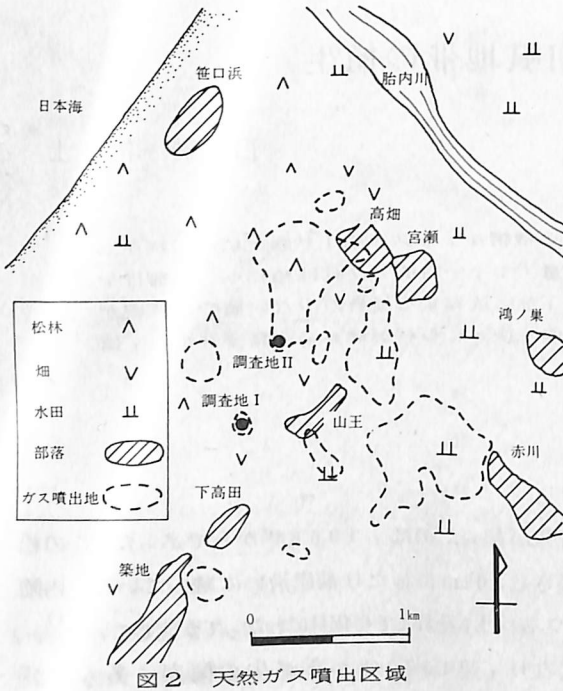


図2 天然ガス噴出区域

表1 黒化土と砂丘地の土壌

項目	黒化土	非噴出砂丘地
地温 (気温 9℃)	地表	90℃ (80-94)
	地下5cm	83℃ (78-88)
pH	5.3 (山王) 5.6 (山王)	6.2 (築地) 6.1 (新潟)
水分含量 (湿重量 / 乾重量 × 100)	122.5 (高畑)	110.5 (高畑) 105.2 (高畑)

といわれている。ガス噴出の激しい所は、土壤の著しい黒化が見られる。この黒化した土壤（以後黒化土という）とガス噴出の全く無かった海岸砂丘地の土壤を比較すると表1のようになった。

地温は1974年11月23日午後2時頃、数か所で測定し平均したものである。測定時のばらつきは()内のようであった。pHについて、試料の採取、処理等は常法により、測定にはガラス電極 pHメーターを用いた。水分含量の測定については、同一日に採取しポリ袋に入れて持ち帰った試料の一部を取り分けて湿重量を測定し、恒温器内で110℃で一定量になるまで乾燥して得た乾重量をもとにして百分率で表わした。

ガス噴出による黒化土は砂粒の間隙が黒色の物質で充填され、団塊を作って割れるほどになっている。この黒色の物質については、ガスに由来する有機物、あるいはガスの影響で土壤中の有機物から生じた硫化物といわれて明確でない。断面を示すと図3のよ

うで、黒化は地表部分40cmくらまでに限られ、その下は灰青色を帯びた白砂となり、赤茶色を帯びた白砂の非噴出地と区別される。この青味はガスの還元性により生じたと考えられる。



図3 裸地の断面

(3) 植物への影響

水田；生育不良や変色が見られたが一部分に限られ、大部分の噴出区域ではイネ及び水田雑草に明瞭な変化は認められなかった。

畑地；ごく一部に植えつけられている作物には、黄化や生育不良が認められた。中条町役場の資料によると作物は地下部に被害を受けている。

ガスが噴出した畑は耕作が放棄され、ガス噴出による裸地が見られ周辺はメヒシバ、ヒメムカシヨモギ、アカザ等の群落となって、一般の放棄畑と似た

植生を示している。^{5), 6)}クワ畑では噴出の激しいとみられる場所の個体は立枯れており、周辺部では枝枯れが多く、黄化した小さな葉をつけ放棄されて草地となっている。

アカマツ林；被害木が切り払われた部分と立枯れた部分がある。切り払われた一部にはススキ、チガヤ、カワラハハコ、アカマツ幼樹等が点在し、新しい植生が回復し始めている。立枯れたアカマツの下にはウスノキ、ヤマウルシ等の低木やオニシバ、ヒメスイバ等の生育がみられる。県農林部治山課の調査によると、アカマツは樹勢が弱るとマツクイムシの寄生を受け、それによる二次被害が発生するとなっている。同じくガスの噴出を受けながら、低木は生存しアカマツが立枯れたのはマツクイムシによると考えられる。

3 調査の方法と結果

ガス噴出に伴い自然植生の受ける被害はどのようなものであったか。また、噴出停止後、裸地における植生の回復はどのように進行しているのかについて、次の観点から調査した。

- ガス噴出地の植生と非噴出地の植生を比較し、欠落あるいは優勢を示す等特徴的な種類について明らかにする。
- 裸地化した土地に新たに侵入していく植物の様子とガスの噴出状態の関係を明らかにする。
- 裸地の黒化土が植物に及ぼす影響について、特に発芽段階での影響を実験的に明らかにする。

(1) ガスの噴出と植生の種類構成について

ガス噴出の影響の出ている区域と、周辺のガスの全く噴出していない地区の種類構成を比較した。ガス噴出区域としては山王・高畑部落の松林地帯、非噴出区域としては築地・村松浜・笹口浜部落の松林地帯とし、判定の便を考慮し3段階に分けて記録した。

ガス噴出区域にのみ出現しているものや欠けているものがあるが、調査面積が限定されていたこと、出

表2 ガス噴出地と非噴出地の植生の種類構成 1974年6月～9月調査

◎ 多い ○ ふつう × まれに見る

植 物	非噴出地	噴出地	植 物	非噴出地	噴出地	植 物	非噴出地	噴出地	植 物	非噴出地	噴出地
マツ科			イヌガサレ	○	○	ウメガサソウ		×	タンポポの一種		×
アカマツ	◎	◎	ナズナ	○	◎	ツツジ科			アキノノグシ	○	○
クロマツ	◎		バク科			ナツハゼ	○	○	オグルマ	○	×
ヒノキ科			ナワシロイチゴ	◎	○	ウスノキ	◎	◎	イネ科		
ハイネズ	◎		ノイバラ	×	×	アザミ	○	×	ススキ	◎	◎
ブナ科			マメ科			ガガイモ科			オオウレノクサ	◎	◎
カシワ		○	クズ	×		スズサイコ	×		チガヤ	◎	◎
クヌギ	○	○	ハマエンドウ	◎	◎	ヒルガオ	○	○	ヨレ	◎	×
コナラ	○	○	メドハギ	◎	○	ヒルガオ科			オニシバ	◎	◎
クワ科			ニセアカシヤ	◎	○	ハマルガオ	◎	○	カモシグサ	○	
クワ	◎	◎	ホム	○	○	シソ科			コバンソウ	◎	
タゲ科			フジ	○		ナミキソウ	○		スズメノカタビラ	○	
スイバ	◎	◎	ニワヤナギ	×	×	ゴマノハグサ科			コメヒレバ	◎	
ヒメスイバ	○	◎	コマツナギ	○		ウンラン	○		メヒレバ	◎	◎
イタドリ	○		ウルシ科			オオバコ科			ムラサキエノコログサ	◎	◎
イヌタデ	×	○	ヤマウルシ	○	○	ヘラオオバコ	○		アキノエノコログサ	○	◎
アカザ科			オトギリソウ科			アカ木科			ヤマアワ	○	◎
シロザ	◎	○	オトギリソウ	○	○	カワラマツバ	○		ナギナタガヤ	○	◎
アカザ	◎	◎	スミレ科			スイカズラ科			ネズミムギ	○	○
スベリヒユ科			スミレの一種(1)	○	○	ヒュウタンボク	○		ヌカキビ	○	
スベリヒユ	◎	◎	" (2)	○	○	キク科			カヤツリグサ科		
ナデシコ科			グミ科			アキノキリンソウ	○	○	カヤツリグサ	○	○
オウゴンダミナグサ	○		アグミ	◎	○	ニガナ	○	○	ヒザリコ	○	○
ミミナグサ	○	○	アカバナ科			ヒメジョオン	◎	◎	チャガヤツリ	○	
マンチマ	◎	◎	アレチマツヨイグサ	◎	◎	ヨモギ	◎	◎	ツユクサ科	◎	◎
ムシトリナデシコ	◎	◎	オオマツヨイグサ	○	○	ヒメムカシヨモギ	◎	◎	ツユクサ	◎	◎
ハコベ	○		ウコギ科			カワラハハコ	○	○	ユリ科		
ノミノツツリ		○	タラノキ	○	×	オオアレチノギク	×	○	ノビル		○
アブラナ科			セリ科			ノボロギク	○	○	ヤマノイモ科		
タネツグバナ		○	コシク	○		ダンロボギク	○	○	ナガイモ		○
マメグンバイナズナ		◎	イチヤクソウ科			カワラヨモギ	○				
ハマハタザオ	○	◎	イチヤクソウ	×		カワラニンジン	○				

現頻度が少ないこと、生育の様子等から考えて、種類構成の上から有意の差を認めることはできなかった。

(2) ガスの噴出状態と植物群落の季節的变化

ガス噴出によりいったん植生が破壊された後、どのように植物が侵入し群落を形成していくかをみるために、畑地跡の裸地の境界の移動とガスの噴出状況の変化を調査した。

ガス噴出による耕作中止後の経過年数とガス噴出地周辺の植生の違いから調査地Ⅰ図5と調査地Ⅱ図6を設定した。



図4 ガス検知器

ガスの噴出区域は埋研式可燃性ガス検知器を使用し、深さ20cmの穴から採取して検査し、噴出地点をおよその線で囲って示した。数回の調査のうち2回分だけを図5, 6に示す。

地面の穴に点火すると炎をあげて燃えるほど、ガスが激しく噴出している所でも、地表ではガス検知器で検知されず、噴出したガスは地表で急激に拡散してしまうらしい。被害を受けた作物、クワ、アカマツのいずれも地下部が被害を受けて地上部に及んだと考えられる。

調査地Ⅰについて

ここは1966年に2300mまで掘って廃坑にした跡で、北東側のヒメムカシヨモギ、メヒシバ群落の部分は1973年まで耕作されており、南東側のクワ畑は廃坑後放置されメヒシバが優勢を示している。ガスの噴出状態や植物群落の様子からA, B, Cの3地区に分けて記述する。

A地区はガス噴出の最も激しい部分で、円形の裸地の部分もヨシ群落の部分も調査したときはいつも大量の噴出がみられた。ヨシは草丈1mほどで、花をつけなかったが枯れることなく生育を続けている。その周囲の裸地への植物の侵入は枯れたクワの根元にケイヌビエ、メドハギ、メヒシバ等が生え、8月

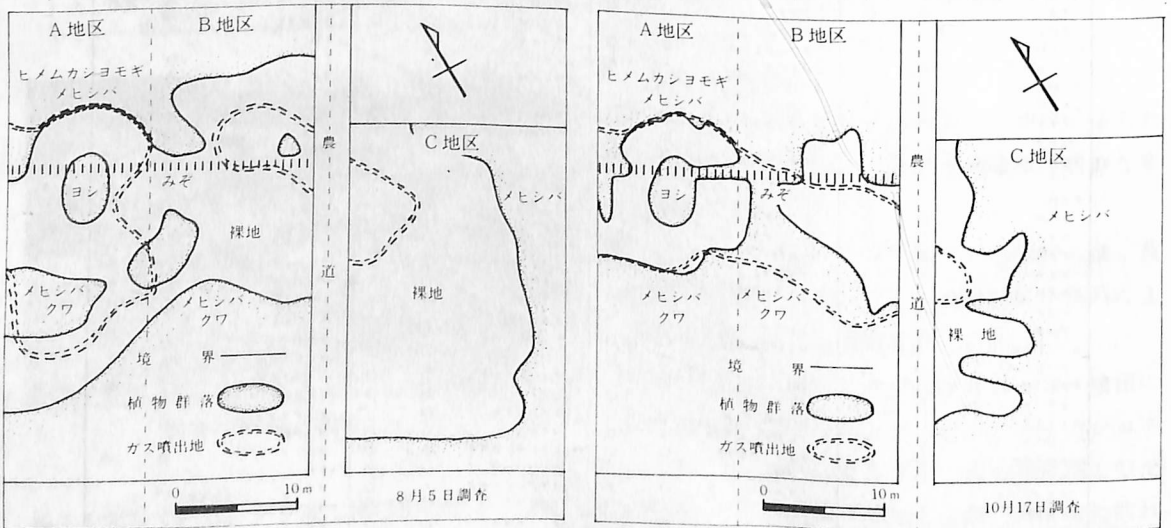


図5 調査地Ⅰの群落とガス噴出区域

末までにやや広がったが、大きな侵入に至らなかった。8月初めにクワの間に広がっていた裸地は、畑のうね跡の溝に生えたメヒシバに覆われ、10月までにほとんど消滅した。また、ガスの噴出が少なかった北東側のメヒシバ群落と裸地の境には、8月末にコメヒシバの生育が見られたが、1mほど裸地内に侵入して11月までに枯死した。ガスの噴出は、コメヒシバの下にも認められたが、噴出区域に大きな変化は認められなかった。

B地区はガスの噴出の最も変化した部分で、調査日によって噴出があったり、停止したりしていた。8月初めに裸地になっていた部分は、畑のうね跡の溝や、調査地を横切る浅い溝に生え始めたメヒシバに覆われていった。また、10数本群がっていたヒメムカシヨモギの下からもメヒシバが広がった。8月末には裸地にメヒシバやスベリヒユの匍匐性の大株が点在していた。

C地区は前年の1973年まで耕作して、ガス噴出により耕作が放棄された所である。土壌はメヒシバ群落の部分も裸地の部分も、30cmくらいまで黒化土の層があり、ガス噴出のあったことを物語る。しかし、1974年の調査では、いずれの調査の時も図5に示された噴出地の付近の、ごく狭い部分にしか噴出が認められなかった。8月初めに広がっていた裸地は、群落の境界部分に点在していた匍匐性を示して数10本の茎を広げたメヒシバの大株と、その下に新たに発芽してきたメヒシバの生長により狭められ、その後も続いたメヒシバ、カヤツリグサ等の発芽生長により10月中頃までには、ほとんど植物で覆われてしまった。11月には実って枯れたこのメヒシバの下にヒメムカシヨモギ、ハコベ等の芽生えが密生していた。冬を越した後の群落に注目したい。

調査地Ⅱについて

ここはガス噴出により5年以上放置されている畑跡で、植物の種類はずっと多い。コケ（蘚類、地衣類混生）の部分はいつも大量の噴出がみられ、土壌の黒化もはなはだしいが、コケの生育に異状は認められなかった。しかし、これ以上広がることもなく、他の植物の侵入もメヒシバ以外は認められなかった。8月22日の調査時に、ニセアカシヤの側から、匍匐性のメヒシバの大株が侵入しているのが見られ

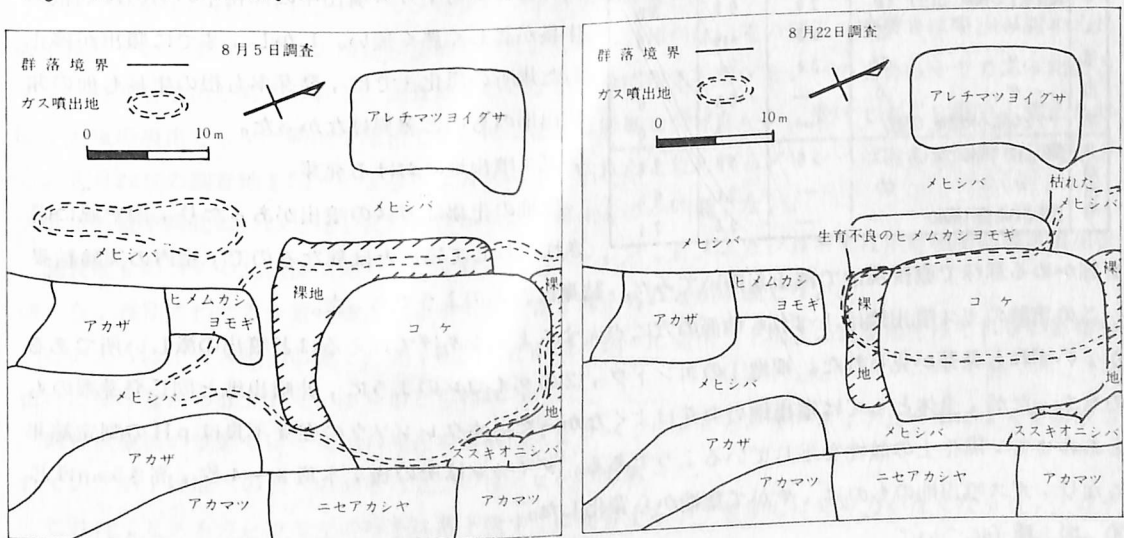


図6 調査地Ⅱの群落とガス噴出区域

た。この時は侵入地点にガスの噴出は認められなかった。また、この反対側にはガスの大量噴出によると思われるメヒシバの枯死があったが、調査時にはガス噴出は認められなかった。10月17日にはニセアカシヤ側から侵入したメヒシバの下に大量のガスの噴出が認められたが、メヒシバは枯れることなく種子を实らせていた。このほかにもガスの噴出が認められる地点に異状なく生育している数種があった。

コケの北西側の縁は裸地化し、メヒシバ、ヒメムカシヨモギ等点在したが生育不良で草丈低く、メヒシバは匍匐性を示していなかった。その他の周辺の雑草は、はっきりした群落を形成し生育良好に見えた。

(3) 黒化土の発芽への影響

ガス噴出の停止後、残された黒化土は、その後の植物の生育にどのような影響を与えるであろうか。植生の回復には種子の散布、発芽、生長がなければならないが、そのうち黒化土の発芽に対する影響を調査した。このため、室内及び現地での種子の発芽、黒化土中の埋土種子の有無等について実験した。

表3 ガス噴出地の土壌による発芽 (%) (室内)

土壌	種子回数	種子			寄居カブ	
		1	2	3	1	2
噴出中 裸地の黒化土	(山王)	0	27	42	26	28
	(高畑)	13	47	66	—	68
非噴出中	メヒシバ群落の下の黒化土	45	50	66	62	92
	耕作中の畑 (山王)	7	23	64	—	94
	放棄された畑 (築地)	—	—	28	100	94
	おがくず (対照)	—	73	54	100	100

①黒化土における種子の発芽

ガス噴出地及びその周辺の非噴出地において、深さ3cmまでの表土を採取して、これを底に穴をあけたプラスチックコップに入れ、水を張ったバットに1/4くらい浸して水を吸い上げさせて、発芽率を比べた。発芽率がよく、取扱いの容易な作物の種子を使い、土を取換えて繰返し行った。また、シャーレにも土を入れて種子を播いて比較した。結果は表3のようであった。青首ダイコンの方は種子そのものの発芽率が不安定なので、発芽率の比較は寄居カブで行った。発芽した幼植物を抜いてみると、ダイコンもカブも、ガス噴出中の黒化土のものは幼根の生長が著しく悪く短い。しかし、すでに噴出が停止した場所の黒化土では、発芽率も根の生長も他の非噴出地のものと差異はなかった。

②ガス噴出地における発芽

現地の土壌はガスの噴出があったり、雨や風に曝されたりして室内とは異なるので、室内の実験結果

表4 現地での発芽 (%)

調査地	種子及び期間	青首ダイコン	エンドウ	ホウレンソウ
		10・11月	11月	11月
ガス噴出地	調査地Iの裸地 (山王) (1)	20	98	32
	" (2)	52	46	0
	" (3)	34	—	—
	" (4)	—	60	6
非噴出地	マツを切払った裸地 (高畑)	—	8	0
	畑のそば (黒化土なし) (1)	50	98	74
	" (2)	—	94	96
	放棄された畑 (築地)	—	96	74

を確かめる意味で直接現地で種子を播いてみた。結果は表4のようであった。

この実験のガス噴出地は、いずれも地面の穴に点火すると炎をあげて燃えるほど噴出の激しい所であるが、いずれも発芽が見られた。裸地(1)のエンドウ、(2)のダイコンのように、非噴出地と同じ発芽率のものもあったが、全体としては噴出地の発芽はよくなかった。ホウレンソウの発芽不良はpHの測定結果とあわせて、黒化土の酸性を示しているようである。ダイコンはその後、本葉3~4枚、高さ5cmほどになり、ガス噴出地のは、やがて葉端から黄化した。

③ 埋土種子について

野生植物の種子はおびただしい数が散布され、条件が整うと発芽して群落を形成するのであるが、ガス噴出地においてはどうかであろうか。埋土種子の有無はガス噴出停止後の植生の回復に大きく影響するので調査してみた。

表5 埋土種子の発芽数

噴出地		20°C・10日間	30°C・4日間
		裸地（山主）(1)	0
	“(2)	0	—
非噴出地	調査地Ⅰ（メヒシバの下）(1)	19	11
	“(2)	3	—
	放棄された畑（築地）(1)	7	12
	“(2)	42	80

試料は夏草の枯れた11月に、対象とする地点に25 cm×25 cmの方形わくを数か所置いて、深さ2 cmまでの表土を採取し、よく混合したものを使用した。⁴⁾ 風乾した試料50 gずつをシャーレ

に取り、恒温器内に入れて発芽数を数えた。結果は表5のようであった。種子の休眠その他の条件を考えると、これだけから裸地には埋土種子がないとはいえないが、たいへん少数であろうという予想は成立する。

4 考 察

ガス噴出地と非噴出地の植生の種類構成を比較した表2の結果からは、特別な相違を認めることはできなかった。従って、ガス噴出が激しく続けば、その部分の植生が破壊され、一様に裸地化して、特定の種類だけが特に影響を受けて消滅したり、繁茂するという事は考えられない。

しかし、調査地の中で、噴出の激しい中心部に近い所に生育していたヨシとコケは例外であった。これは、ヨシは元来、抽水植物で、地下部が空気の少ない泥の中で生育していることから考えて、土壌中のガスの影響を、他の植物に比べて受けにくいことによると思われる。仮根によって地表に附着しているだけのコケも、地下部に依存する度合が小さいところから、同様のことが考えられる。一方、地上へ出たガスは急激に拡散してしまうために、これらの植物は地上部も被害を受けることなく生育が可能だったと考えられる。

また、調査中には、メヒシバ、コメヒシバ、ツユクサ、オニシバ、ヒメスイバ、ヒメムカシヨモギ等の生育している場所でガスの噴出が認められた。これらの場所は、その前後の調査では噴出が認められず、一時的な噴出と考えられる。調査地Ⅱのコケの部分に侵入したメヒシバの場合もそうであったように、大量の噴出でも、一時的な噴出であれば、植物は影響を受けないか、受けてもごく軽いと考えられる。8月22日の調査地Ⅱ図6のように、ガスにより枯れたと思われるメヒシバ群落もあったりして、ガス噴出の量や時間については、どの程度から影響が出るのか明瞭でない。

調査地Ⅱのコケの北西側に見られた生育不良のメヒシバ、ヒメムカシヨモギは生育場所のガス噴出状態から、長期にわたる少量の噴出による生長阻害と考えられるが明確でない。

このように、ガス噴出の量、期間、範囲などが時々刻々に変化し、現在の自然植生はそれらの影響を微妙に受けながら成立しているものと思われる。

耕作放棄後の畑跡では、裸地の周辺の群落はメヒシバ、ヒメムカシヨモギ、アカザ等によって構成されていたが、裸地への侵入の最も目立つのはメヒシバであった。

これは、ヒメムカシヨモギの種子は落下後すぐに発芽するが、翌年には発芽力がなくなるし、アカザでは発芽力は持続するが発芽率が悪いのに対して、メヒシバの種子は1年目より2年目の方が発芽率が

よく、さらに、発芽が遅れても開花結実までの期間を短縮でき、季節の影響を受けにくい有利な性質が関係していて、ガスの噴出で植生が破壊された後、噴出が停止すると直ちに発芽を開始するためと考えられる。

また、メヒシバは周囲に競争するものが無ければ、茎を広げて匍匐性を示す⁷⁾。裸地との境やコケの縁の大株は、他の種類より早く発芽したメヒシバの分枝したものであろう。裸地にはスベリヒユも匍匐性になっているものが認められたが同様の性質によると考えられる。このように裸地にひとたび植物が生育すると、その植物によって裸地の環境は他の種類の植物にとっても生育しやすいものに変えられる⁸⁾ので、次々と発芽する植物に覆われていったのであろう。調査地で最も発芽の多かったのはメヒシバで、他にカヤツリグサ、アカザ、イヌタデ等が散見された。

溝や植物の根元からは、多くの種類の植物が発芽した。これは、裸地に散布された種子が風や水によって凹所や植物の根元に運ばれ、そこで発芽したためと考えられる。この場合もメヒシバが多かった。

室内及び現地での実験結果表3、表4から、黒化土には多少発芽を抑制する作用が認められたが強い作用とはいえない。しかも、ガス噴出の停止した場所の黒化土では、非噴出地の土壌と差異が認められないことから、抑制作用は急速に衰えるようである。

以上のことから、ガス噴出停止後の植生が回復する機構を考えると、裸地の上に散布された種子からの回復は起りにくく、裸地周辺にある既存の群落の根元や凹地に集まった種子の発芽から、植生の回復が始まり、植物の生育につれて、裸地の環境もさらに生育に適したものに変えられて植物群落が広がっていくと考えられる。この場合最初に裸地に侵入するのはメヒシバで、その後、他種類が生育する。

5 おわりに

ガス噴出により自然植生は大きく破壊され、噴出地一帯は裸地化した。しかし、ヨシ、コケ等地下部の依存度の低い植物は、生育可能であった。また、ガス噴出の停止後、植生の回復は、畑地跡ではメヒシバから始まり、その後、他の植物が生育を始める。ガス噴出により生ずる黒化土は、種子の発芽生長に抑制作用を持つが、ガスの噴出停止後は急速に抑制作用が衰え、植物が生育可能になる。

ガスの噴出は、短期間であれば植物への影響は少なく、長期にわたると被害を生ずるが、噴出の時間、量等との関係はまだ明確にできなかった。

アカマツ林跡の植生回復のしくみや、黒化土が植物の生長期に及ぼす影響等については、今後の問題としたい。

文 献

- 1) 宮脇昭ほか：原色現代科学大事典(植物)，学研，(1967)100
 (1974) 2) 中条町：中条地区天然ガス自噴問題検討資料，
 3) 船引真吾：土壤実験法，養賢堂，(1956)163-173 4) 生態学実習懇談会：生態学実習書，
 朝倉書店，(1973)33 5) 岡田勇作：実践研究集録第3集，新潟県立教育研究所，(1965)127 6) 小林敬：
 研究集録第4集，理科研究編(2)，新潟県立教育センター，(1971)70 7) 沼田真：植物たちの生，岩波，(1974)
 19-183 8) 沼田真：図説植物生態学，朝倉書店，(1973)172