

箱根塔ノ沢温泉の温度と化学成分

平野富雄, 広田 茂, 小鷹滋郎

栗屋 徹, 大木靖衛

神奈川県温泉研究所*

Decreasing of Temperature and Chemical Constituents in Thermal Waters,
Tonosawa, Hakone

by

Tomio HIRANO, Shigeru HIROTA, Shigeo ODAKA,

Tōru AWAYA and Yasue ŌKI

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture
Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Most of thermal waters discharged from 11 drilled wells in the Tonosawa area, Hakone have been annually decreasing their temperature and dissolved constituents. These phenomena are reflecting the lacking of water mass balances. Among 11 wells, typical two wells, No. 37 and No. 50 are selected to describe their decreasing tendencies of chemical constituents.

In 1960, temperature of No. 50 was 57.3°C and total dissolved materials was 500 ppm but in 1975 temperature is down to 46.7°C and dissolved materials is 302 ppm. No. 37 well equipped with a centrifugal pump has been decreased in its chemical constituents and temperature much less than No. 50 well equipped with an air lift pump.

The lowering of temperature and dissolved materials in Tonosawa are well explained by the mixing with the cold groundwater water accompanied with descending of the thermal water table due to the over-discharge.

1. はしがき

私達は、箱根湯本・塔ノ沢温泉の温度の低下や化学成分の減少について、昭和47年(1972)以来報告している(平野ら, 1972, 1974, 大山ら, 1973)。それらの結果は一様に、この地域の温泉の過剰揚湯が、温度低下等の原因であるとのべている。この報告は、塔ノ沢地区の第37号泉および第50号泉の経年変化についてまとめたものである。

*神奈川県箱根町湯本997 〒250-03

神奈川県温泉研究所報告, 第7巻, 第2号, 85—92, 1976

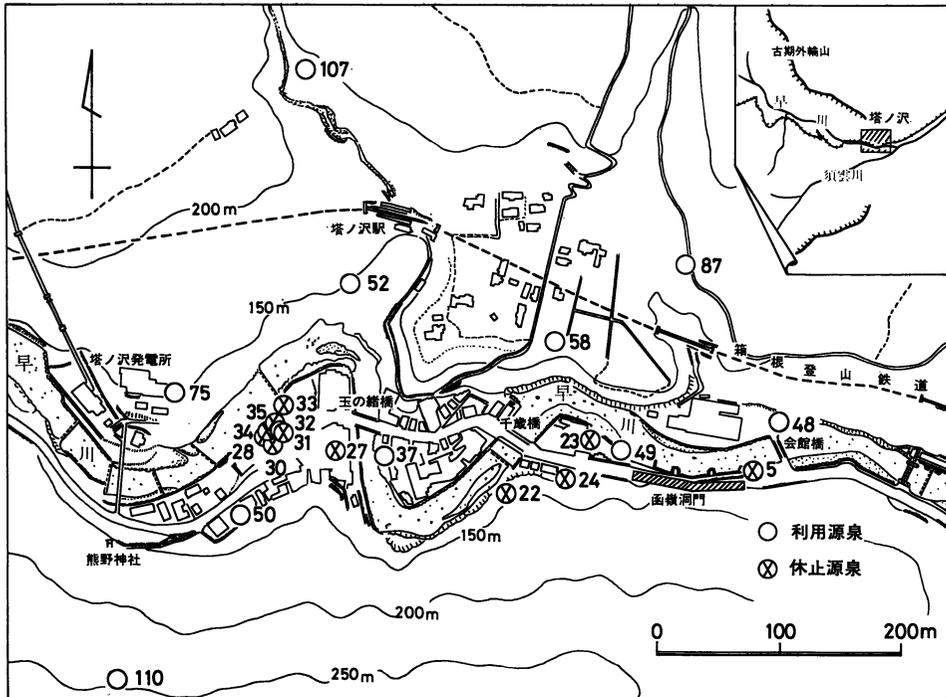


図1 塔ノ沢地区の源泉分布図
(番号は元湯本町温泉台帳番号)

2. 塔ノ沢地区の源泉数と揚湯量

箱根湯本・塔ノ沢には総計98の温泉孔井（そのうち休止源泉は23）があり、この内23源泉（休止源泉12）が塔ノ沢地区にある（神奈川県衛生部，1975）。箱根湯本・塔ノ沢温泉の休止源泉の半数以上が塔ノ沢地区に集中しているが、これらの大部分は本来、自然湧出する温泉であった。現在、この地区には自然湧出する源泉はなく、温泉はすべて揚湯装置（エアリフトポンプ又はタービンポンプ）を用いて揚湯されている（図1）。

昭和49年（1974）の箱根湯本・塔ノ沢温泉の総揚湯量は5890ℓ/分（計量源泉数71，1源泉当りの平均揚湯量83ℓ/分）で、このうち塔ノ沢地区の揚湯量は860ℓ/分（計量源泉数11，平均揚湯量78ℓ/分）であり全体の14.6%をしめている。塔ノ沢地区の源泉の増加と揚湯量および平均揚湯量の関係を図2に示した。1源泉で180ℓ/分または250ℓ/分揚湯している第50号泉および第37号泉の2つの孔井で、この地区の揚湯量の約50%強をしめている。

3. 温度の経年変化

神奈川県衛生部（1975）の資料により、昭和33年（1958）以来の塔ノ沢地区の温泉の温度の経年変化を図3に示した。第37号泉や第52号泉のように温度がほぼ一定しているものと、第50号泉や第75号泉のように温度の低下が著しい源泉の区別ができる。第58号泉のように温度が上昇しているものもあるが、この源泉は昭和43～46年（1968～1971）にかけて揚湯量の増加等を目的として揚湯装置等が変

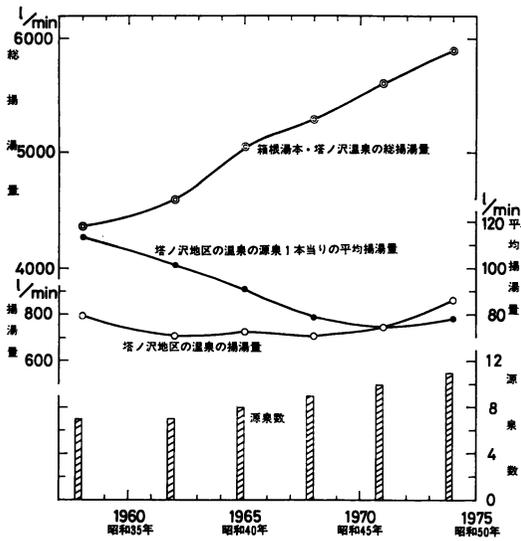


図2 塔ノ沢地区の源泉数の増加と揚湯量
(神奈川県衛生部, 1975による)

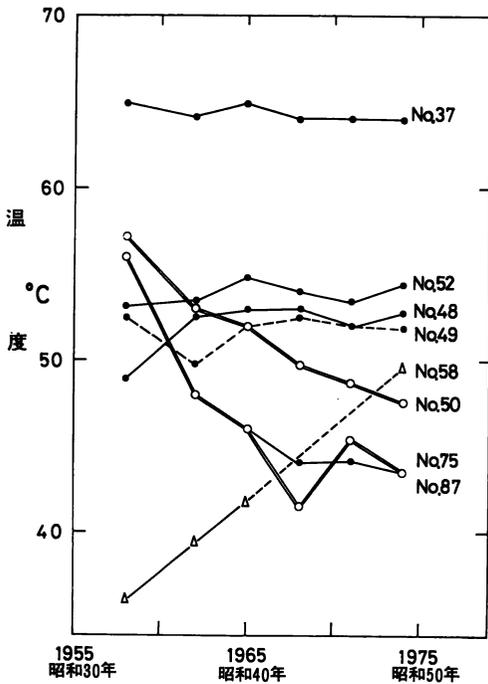


図3 塔ノ沢温泉の温度の経年変化
(番号は温泉台帳番号, 神奈川県衛生部, 1975による)

更されたためである。

温泉の温度とその溶存成分の関係をみると、温度が低下するにつれて溶存成分は減少している(図4)。温泉の温度低下は、温度が低く溶存成分のすくない浅層の地下水の混入によって引きおこされていて、この地区の温泉の地下水位の低下を反映している。

4. 第37号泉と第50号泉

第37号泉と第50号泉の揚湯量が、塔ノ沢地区の温泉の揚湯量の約50%強をしめることはすでに述べた。また、その経年変化でも第37号泉の温度はほぼ一定しているのに反して、第50号泉の温度低下は著しい。

第37号泉：第37号泉は箱根町塔ノ沢字橋向81の4に位置し、深さ102mの孔井から64°Cの温泉が約250 l/分揚湯されており、この地区では最も温度が高い温泉である。揚湯装置は0.75kWの電動機を用いた直結タービンポン

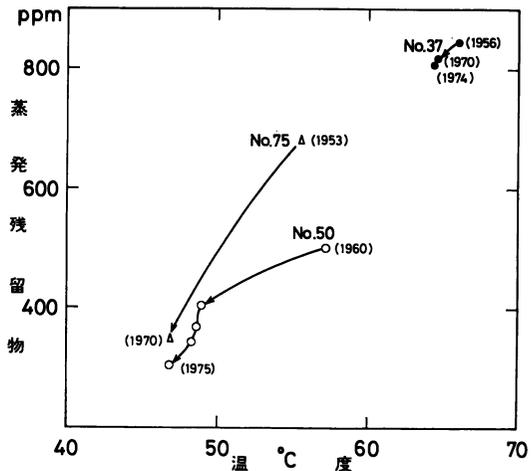


図4 温度の低下と蒸発残留物の減少
(番号は温泉台帳番号)

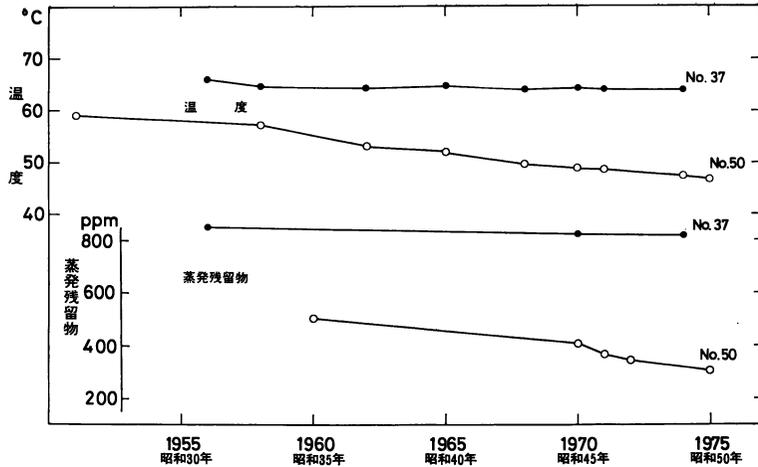


図 5 第37号泉および第50号泉の温度と蒸発残留物の経年変化

プを用いている。箱根湯本・塔ノ沢地区ではこの型のポンプを使用している源泉は数すくなく、第37号泉がその1つである。

この温泉の温度と化学成分の経年変化を図5に示した。化学成分はわずかに減少しているが、それは次にのべる第50号泉に比べれば非常にすくない。しかし、この非常にわずかの化学成分の減少にも、厳密には温泉の地下水位の低下が反映していると見て良いのだろう(表1)。

第50号泉：第50号泉は箱根町塔ノ沢字湯之沢112番地に位置している。当初120mまで掘さくされ、(昭和24年)、59°Cの温泉が得られたが、現在は深さ300mまで増掘された孔井から46.7°C(昭和50年8月)の温泉が約180ℓ/分揚湯されている。この源泉の温度の低下は、箱根湯本・塔ノ沢温泉の総揚湯量が4500ℓ/分をこえた昭和37年(1962年)以来ほぼ直線的にさがりつつけている(図5)。このままでは、早くも昭和54年(1979)、おそくとも昭和56年(1981)には44°C以下になることが予想さ

表 1 温 泉

温泉台帳番号	採水日(昭和)	深さ(m)	温度(°C)	揚湯量(ℓ/分)	pH	蒸発残留物	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
37	31.10.30	102	66.		8.4	850.		4.9	195.	45.	8.7
	45.8.10	102	64.6	248.	9.0	825.		2.24	227.	44.9	0.024
	49.4.20	102	64.5	216.	9.0	812.	0.026	3.19	223.	44.3	0.024
50	35.3.		57.2	180.	9.0	500.		1.0	136.	20.96	1.170
	45.8.10	300	48.9	196.	8.9	405.		1.17	114.	15.0	0.037
	46.7.30	300	48.7	186.	8.9	367.	0.025	1.12	107.	12.0	0.052
	47.11.17	300	48.2		9.0	342.	0.020	1.04	98.4	10.5	0.035
	50.8.20	300	46.7		9.0	302.		0.98	87.0	8.04	0.038
75	28.7.14		55.5		8.4	682.			169.	34.2	2.6
	45.8.10	303	46.8	59.	8.9	347.		1.05	102.	11.4	0.030

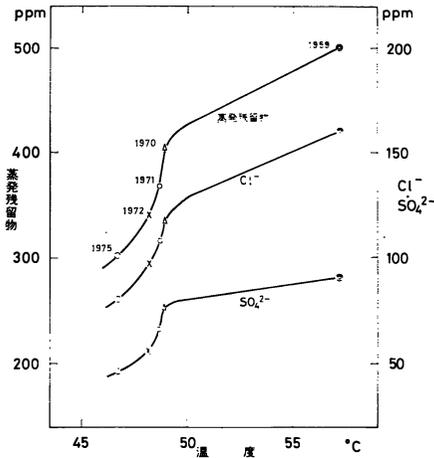


図 6 第50号泉の温度の低下と化学成分の減少

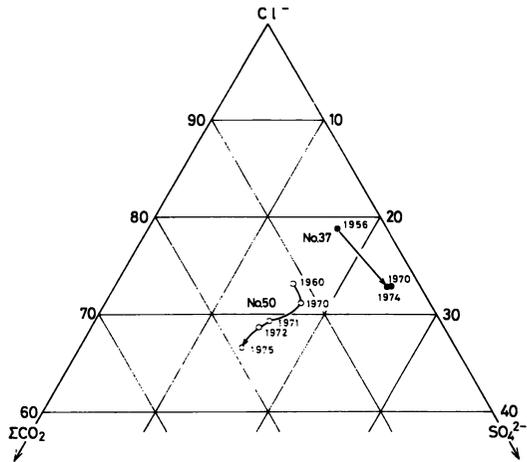


図 7 第37号泉および第50号泉の陰イオンモル組成比の経年変化

れ、ボイラーによる加温が必要になるであろう。

温泉の温度が低下するにつれて、その化学成分の減少も著しい(図6, 図7)。温度が49°C以下になると、温度の低下よりはむしろ化学成分の減少が顕著である。

第50号泉の温度検層：昭和46年5月(1971)に第50号泉の温度が49°C以下に低下したので、同年7月13日に孔内温度検層をおこない、その原因を調査した。調査はまず孔内の温度検層、見掛比抵抗検層をおこない、ひきつづいて約2時間孔内に冷水を注入し、注水中の温度検層を行なって、注水前後の孔内温度分布を比較して、温泉湧出帯を見いだす方法を取った。注水前後の孔内温度測定図は図8に示す通りで、太い実線は温度検層記録、細かい実線は示差温度検層記録である。この示差温度は1m間隔の深度の温度差を測定したもので、常に浅部の温泉を基準として深部との温度差を示すように画かれている(大木ら, 1966)。

分 析 表

(分析値の単位はppm)

Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	OH ⁻	BO ₂ ⁻	HSiO ₃ ⁻	H ₂ SiO ₃	HBO ₂	備 考
263.1	194.1	26.3	0.39				58.5	16.2	中央温泉研究所(1965)
248.	221.	16.2	2.08	0.17	3.48	11.9	60.1	5.94	
242.	219.	16.5	2.30	0.17	3.03	11.9	60.2	5.15	
155.2	90.12	39.59	1.167	0.170	0.266	8.34	42.34	0.46	中央温泉研究所(1965)
118.	77.1	30.9	2.28	0.14	2.69	9.47	62.4	5.97	
108.	65.9	37.8	3.15	0.14		8.95	58.9		
97.0	55.1	36.0	4.05	0.17		11.0	55.5		
80.1	45.9	36.5	3.85	0.17		9.58	48.5		
203.5	138.3	36.6	0.54		0.43		83.3	13.6	中央温泉研究所(1965)
98.5	67.6	37.6	2.34	0.14	1.69	8.93	58.8	3.75	

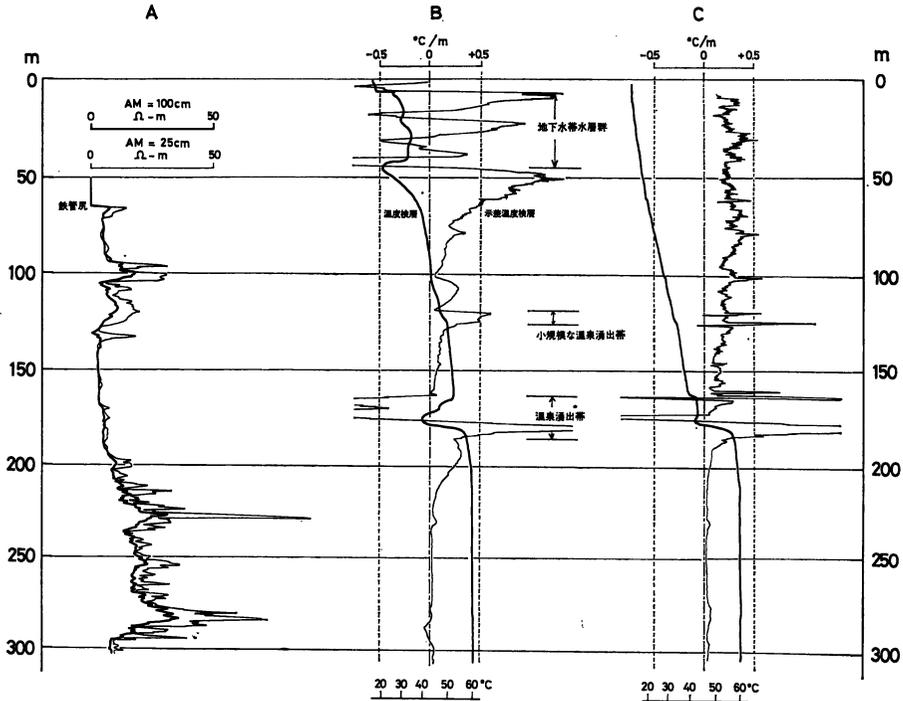


図8 第50号泉の孔内検層図（昭和46年7月13日測定）

A：比抵抗検層図（揚湯停止から14時間後） B：注水前の温度検層図（揚湯停止から11時間後）
C：注水中の温度検層図（注水開始から2時間後，注入水温度， 17.7°C ，注入量 $9.0\ell/\text{分}$ ）

注水前の孔内温度分布（図8）によると，深さ $6\sim 45\text{m}$ の地下水帯水層群， $118\sim 126\text{m}$ の小規模な温泉湧出帯（温度 51°C ）， $163\sim 185\text{m}$ の温泉湧出帯（温度 44°C ）が認められる。 $6\sim 45\text{m}$ の地下水帯水層の温度が高いが，これは揚湯停止後あまり時間が経過（約11時間）していない為である。本図によると静水位は 6m である。

注水中の孔内温度分布（図8）によると $118\sim 126\text{m}$ の小規模な温泉湧出帯は注水前と同様に明らかである。 185m 以深の温度分布も注水前と全く同様であり， $163\sim 185\text{m}$ の温泉湧出帯に注入水の大部分のみこまれていることが判る。鉄管尻（ 65m ）の水止めは， $6\sim 45\text{m}$ の地下水帯水層群から孔井への冷水の浸入をしゃ断している。

以上の結果から判定すると $163\sim 185\text{m}$ の温泉湧出帯の位置よりも高い水頭をもった温泉（ 60°C ）が，孔底付近の割れ目より上昇し， $163\sim 185\text{m}$ の温泉湧出帯に混入しているようである。揚湯することにより， $163\sim 185\text{m}$ の温泉湧出帯の温泉と孔底付近から上昇する温泉の混合したものが採取される。10数年以前は， $6\sim 45\text{m}$ の地下水帯水層から低温の温泉が自然湧出していたが，現在は完全に地下水化している。 $6\sim 45\text{m}$ の帯水層の冷地下水化は，この地域全体の温泉の水位低下によってもたらされた。 $163\sim 185\text{m}$ の温泉湧出帯も以前はもっと温度が高かった（ 44°C 以上）と推定される。第50号泉の

温度の低下は163～185mの温泉湧出帯の温度低下が主な原因と考えられる。

5. 第50号泉の揚湯量回復とその問題点*

塔ノ沢温泉の衰退を防ぐためには、次の事項に注意しなければならない。

1. 現在の温泉行政の基礎資料は揚湯量をもっとも重要視されている。その温度について配慮されることはすくなく、ましてや温泉水系の水文学的考察はほとんどされない。
2. 揚湯量の減少は、季節的な地下水水位の変動による影響をうけている可能性や揚湯装置の老朽化または故障など幾つかの原因が考えられる。また、第50号泉の場合のように、180ℓ/分と171ℓ/分の揚湯量の相違にどれだけ有意の差があるのか、測定値の統計的処理を試みることも必要であろう。たとえば5ℓ/分の揚湯量の増減を問題にするときの、揚湯量の計量変動が20ℓ/分にも達していることは、県の温泉資料の中にま見られる。
3. 現在の温泉行政には、温泉の地下水水位の変動についての考慮がされていない。また、新しい孔井が出来あがれば、当然行なわれるべき孔内の検層や、孔井の水理定数を求める揚水試験も行なわれていない。
4. 温泉も水収支バランスを考えに入れて、その行政を展開しなければ、箱根湯本・塔ノ沢や湯河原温泉の地下水水面低下を防ぎ、温泉の冷地下水化を阻止することはできない。現在、1週間ないし、2週間にわたって実施されている源泉間の影響試験**は、ほんらい孔井の水理定数を求めるための揚水試験にほかならない。温泉源の水収支を考慮すれば、水理定数を求める短期間の揚水試験のほかに、1年とか2年とかの長期にわたる水位変化等を観測して影響を調べる必要があるだろう。

6. おわりに

塔ノ沢温泉を代表する第37号泉と第50号泉の温度と化学成分の経年変化を調べた。現在のままでは塔ノ沢温泉は近い将来、著しく温度が低下し、溶存成分の冷地下水化がすすむことであろう。次は、塔ノ沢温泉の第48号泉、第49号泉および第52号泉の化学成分に温泉の冷地下水化が表われると予想して、それらの試料の採取もつづけている。

7. 謝 辞

この調査を行なうにあたり、神奈川県温泉研究所温泉地質科長平賀士郎氏のお世話になったので厚く感謝の意を表します。

本文の内容についてはすべて著者等に責任がある。

なお、調査に要した費用は神奈川県温泉研究所温泉等研究調査費によった。

*揚湯量が180ℓ/分から171ℓ/分に減少したのでそれを回復するために、エア管を38.5mから49.5mに延長する。

**揚湯量の測定に終始している。

参考文献

- 中央温泉研究所 (1965), 温泉分析表 (昭和25~35年), 中央温泉研究年報, No. 3.
- 神奈川県衛生部 (1975), 温泉実態調査報告書 (昭和49年度, 箱根湯本・塔ノ沢温泉)
- 平野富雄, 大木靖衛, 粟屋 徹 (1972), 箱根湯本・塔ノ沢温泉の泉質, 神奈川温研報告, Vol. 3, No. 3, 109—130.
- , ———, 広田 茂, 小沢 清, 荻野喜作 (1974), 箱根湯本温泉の自然湧出泉について(その1) 湯本総湯の経年変化, 神奈川温研報告, Vol. 5, No. 2, 31—44.
- , 広田 茂, 大山正雄, 大木靖衛 (1974), 箱根湯本温泉の自然湧出泉について(その2) きよ水源泉の枯渇, 神奈川温研報告, Vol. 6, No. 1, 1—10.
- 小鷹滋郎, 大木靖衛, 広田 茂 (1972), 箱根湯本・塔ノ沢温泉の湧出機構, 神奈川温研報告, Vol. 3, No. 3, 95—108.
- 大木靖衛, 荻野喜作, 広田 茂 (1966), 温泉孔井の示差温度検層法, 温泉工学会誌, Vol. 4, No. 2, 73—82.
- 大山正雄, 大木靖衛 (1973), 湯本・塔ノ沢温泉の最近の動向について, 神奈川温研報告, Vol. 4, No. 2, 91—98.