

(55) 伊豆沼に設置された給餌地の汚濁負荷削減効果についての調査研究

A CASE STUDY ON WATER POLLUTION CONTROL EFFECTS OF A CONSTRUCTED FEEDING POND
FOR WATERBIRDS IN LAKE IZUNUMA

江成敬次郎*、 斉藤孝市*、 中山正与*
Keijiro ENARI*, Koichi SAITO*, Masatomo NAKAYAMA*
柴崎 徹**、 佐々木久雄***、 鈴木 淳*
Tohru SIBAZAKI**, Hisao SASAKI***, Jun SUZUKI*

ABSTRACT; Lake Izunuma is a famous place for the coming of migrating flying swans. But, the leftovers of foods which were fed to the waterbirds and their droppings are one of the causes of water pollution.

In order to prevent water pollution of Lake Izunuma, a feeding pond was constructed near the lake. Last winter, a total number of about 160,000 waterbirds entered into this pond and a build-up of pollutants of 12kg T-N, 1.5kg T-P and 120kg COD were found. This means that the pollutants going to Lake Izunuma were reduced.

After this, the polluted water in the feeding pond will be introduced into a plant field and purification by the plant, *Zizania latifolia*, which is a food for the swans, will be attempted.

Key words; Waterbird, Constructed feeding pond, Ramsar convention, Constructed wetland

1. はじめに

伊豆沼は、宮城県北部に位置し、ハクチョウ類、ガンカモ類の飛来地・棲息地として著名な湖沼である。1985年（昭和60）にラムサール条約（水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約）の指定湿地として、日本で2番目の登録地となった。従って、ハクチョウやガンなどを始めとする鳥類の生息環境を保全し維持することが、伊豆沼の保全対策の基本的な目的となっている。それと共に、伊豆沼は人間生活と深い関わりをこれまで持ってきており、鳥類の生息環境としての自然環境と人間の生活環境との調和をはかるための環境管理が保全対策の基本的課題となっている。

このような保全対策の一つとして、環境保全型給餌地が建設された。本研究は、この環境保全型給餌地の機能を把握し、効果的にするための検討をすることを目的としている。今回の報告は、白鳥への給餌を行なうために設置された給餌池の、沼への汚濁負荷削減効果について調査し、検討したものである。

* 東北工業大学土木工学科

Department of Civil Engineering, Tohoku Insutitute of Technology

** 伊豆沼・内沼環境保全財団

The Foundation for Environmental Protection of Lake Izunuma and Uchinuma

*** 宮城県保健環境センター

Miyagi Prefectural Institute of Public Health and Environment

2. 伊豆沼の環境特性^{1) 2) 3)}

2. 1 伊豆沼の位置および地形

伊豆沼の位置、及びその形状を図-1に示す。伊豆沼は、北緯 $38^{\circ}42' \sim 43'$ 、東経 $141^{\circ}4' \sim 9'$ の宮城県北部に位置し、幅約1.5 kmの谷底平野が排水不良になって湛水して生じた沼である。河口から約50 kmの距離があるが、標高は僅か5 m程度である。湖面の形状は、東西約5 km、南北約1 ~ 1.5 kmで東西に細長い。

2. 2 気候的特徴

最寒月である1月の平均気温がほぼ 0°C であり、太平洋岸内陸 図-1 伊豆沼の位置で 0°C 以上地域の北限となっている。また、12月~3月の最低気温は 0°C 以下であるが、日最高気温が最寒月の1月でも 4°C を越えることから、冬季には一般に夜間凍結、日中融解を繰り返している典型的な地帯となっている。そして長期間の凍結を許さぬ地域の北限でもある。

2. 3 湖沼と流域

伊豆沼・内沼の流域面積は、5185haであり、湖面積などの水域の概況を表-1に示す。流域内の土地利用状態は、田畑が2296ha (44.3%)、山林が1771ha (34.2%)、その他が1114ha (21.5%)となっている。流域内人口は約12500人程度である。また畜産頭数は、豚が約2000頭、牛が2千数百頭である。排水量 $50\text{ m}^3/\text{日}$ 未満の事業場も含めて、流域内に約50カ所の事業場がある。

2. 4 伊豆沼の植物

伊豆沼には約190種の植物が生育している。これらの内、注目される植物として14種が取り上げられているが、その内の一種としてハクチョウ類の採餌植物として重要なマコモが取り上げられている。マコモは抽水植物群落を形成する植物の一つであり、その特徴の一つは、一年間の成長量が大いということである。9月まで草丈、茎数、葉数が増加し、10月中旬以降、上部栄養器官から養分が転流し、地下栄養器官である地下茎が成長する。この成長した地下茎がハクチョウを始めとする水鳥の食餌植物となる。1986年時点でのマコモの分布面積は37.8haで、これは湖面積の約10%に相当する。また、抽水植物群落であるヨシ・マコモ群落の現存量は、ヨシが約 $1600\text{ g}/\text{m}^2$ 、マコモが地上部 $1400\text{ g}/\text{m}^2$ 、地下部が $1900\text{ g}/\text{m}^2$ であった。

2. 5 伊豆沼の鳥類

伊豆沼における鳥類は約200種が確認されている。この内、48%が水辺の鳥類であり、優占種となっている。特にガン類やハクチョウ類の大型水禽類が多数飛来し、越冬する湖沼としては代表的なものである。伊豆沼でのハクチョウ類の生活域はマコモ群落の発達している地域でもある。ハクチョウ類は、首を泥に差し込み、足の付け根迄体を水中に潜らせるなどして、水面から約80 cm位の深さまでのマコモの地下茎を採餌する。

伊豆沼周辺へのハクチョウの渡来数の経年変化を図-2に示す。1980年までは、横這いか増加傾向が見られていたが、1980年の洪水後は1983年迄減少した。その後再び増加傾向を示したものの、1980年以前の水準で止まっている。一方、宮城県全体でのハクチョウの渡来数は、1983年頃までは伊豆沼への飛来数と同様の変

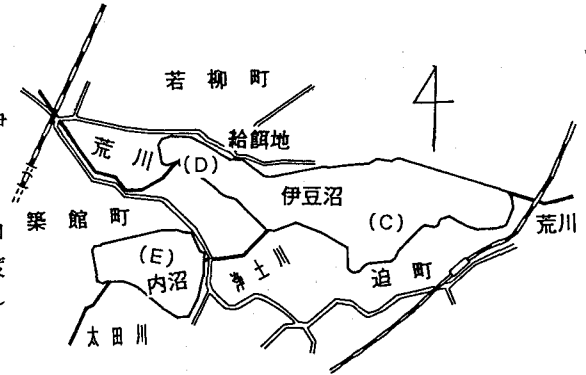


表-1 伊豆沼諸元

湖面積 (K m^2)	3.69
湖容積 (万 m^3)	279.2
平均水深 (m)	0.76
最大水深 (m)	1.6

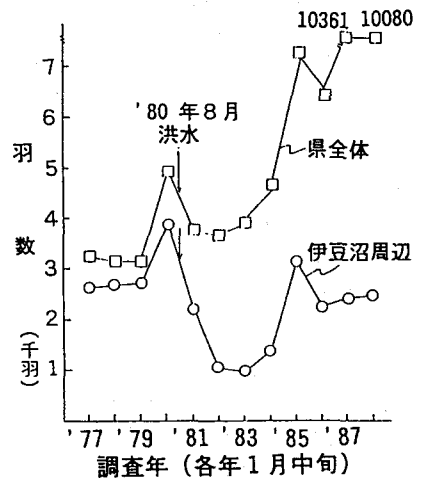


図-2 伊豆沼周辺へのハクチョウ飛来数²⁾

化を示しているが、その後は伊豆沼への飛来数が横這いであるのに対して、大きく増加しているのがわかる。伊豆沼への飛来数が増加しない原因は、明らかにマコモなどの餌の不足であると考えられる。これに対して、全県的に飛来数が増加しているのは各地の餌付が原因であると考えられる。伊豆沼でも給餌活動が行われており、それがなければハクチョウの生息数はさらに少ない数になっているものと考えられる。

3. 給餌地システム¹⁾

以上のような自然的特徴から、伊豆沼はハクチョウ類、ガンカモ類の飛来地・棲息地として機能している。ところで一般に、水鳥類が飛来すると給餌活動が活発になり、それによって飛来数も増えるという関係が作られる。給餌活動によって与えられた餌の残留物や、そこに集まった水鳥の糞は沼の水質を悪化させる原因の一つにもなっている。

そこで、これによる汚濁負荷を削減することを目的として、沼と分離した給餌池を建設することが考えられた。こうすることによって、餌の残留物や糞は沼本体には負荷されず、池にストックされることになる。しかし、これだけでは汚濁された池の水を処理することが残っており、完全とは言えない。そこで、このような池の水の処理に、前述したハクチョウの食餌植物であるマコモを利用し、そのマコモを次のシーズンにハクチョウの餌として活用しようと言うのが、給餌地システムの基本的な考え方である。このような考え方で建設された、給餌地システムを図-3に示す。

本システムは、給餌池としての主池と主池を夏干し可能にするための副池、それに植物浄化田とからなっており、伊豆沼とは水環境的に分離されている。主池の大きさは、南北約50m、東西約100m、水深約0.7mである。シーズン中は、この池の岸にそって設置された給餌棧橋から池に集まったハクチョウなどに給餌される。副池は45×50m、深さ1mである。シーズン中に汚濁された主池の水は、一旦ここにストックされ徐々に浄化田に流される。浄化田は40m×120mで流路延長は約220mである。ここに食餌植物であるマコモを植え付け、副池にストックされている主池の水を引き込んで、汚濁成分（窒素、リン）をマコモの栄養源として積極的に利用しようというのが、本システムの試みである。即ち、冬期にハクチョウなどの水鳥によって汚濁された水が、夏期にマコモの栽培用に供され、それによって成育した

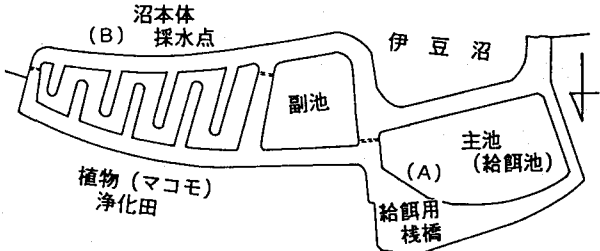


図-3 給餌地システム

表-2 調査結果その1
給餌池、沼、沼内給餌場の水質比較

マコモの根茎が冬期にはハクチョウ類の餌として使われる――栽培――浄化――餌という循環系をつくる試みである。

4. 汚濁負荷量調査

4. 1 調査結果

図-1と図-3に示したA～Eの5地点で採水した試料の分析結果を、表-2に示した。この時点（3月26日）では、まだ水鳥も多少残留しており給餌活動も行われていた。主池（A地点）の水質と、そのすぐ前の沼本体（B地点）

	主池棧橋中心 (A)		沼本体 (B)	沼内の給餌場 (C) (D) (E)							
	表層	0.5m	表層	表層	0.5m	表層	0.5m	表層	0.5m	表層	0.5m
SS	239	166	13	19	18	8	6	27	33		
T-TN	4.76	5.13	1.13	1.41	1.20	1.22	1.28	1.09	1.12		
D-TN	1.70	1.74	1.08	1.12	1.14	1.20	1.32	0.760	0.759		
NH4-N	0.458	0.110	0.242	0.172	0.167	0.307	0.320	0.022	0.017		
NO3-N	0.013	0.006	0.379	0.378	0.371	0.469	0.495	0.278	0.276		
NO2-N	0.010	0.009	0.010	0.012	0.012	0.013	0.013	0.005	0.005		
T-TP	0.842	0.929	0.119	0.170	0.165	0.104	0.120	0.122	0.124		
D-TP	0.175	0.332	0.110	0.125	0.125	0.101	0.121	0.075	0.073		
PO4-P	0.036	0.121	0.050	0.049	0.048	0.055	0.067	0.018	0.016		
TOC	16.9	18.2	6.3	8.1	7.8	7.2	7.9	9.5	8.3		

単位：mg/l

の水質を比較すると、T-TNで約4倍、T-TPで約7～8倍、TOCで約3倍程度主池の水質が悪くなっている。これに対して、D-TNとD-TPの値は、主池の方が大きいもののその差は小さく、約2倍位である。このことと、SSの差が10倍以上であることから、主池と沼本体の水質の差は、主にSS性の汚濁物質に起因していると考えられる。

次に、沼本体に設置されている給餌場付近（C，D，E地点）の水質と主池及びB地点の水質を比較すると、全体的にC，D，E地点の水質はB地点の水質に近い事がわかる。C，D，E地点でも給餌が行われており、餌の残留や水鳥の糞の排泄があると思われるが、水質にその影響が顕著には見られない。これは、水鳥の数が少ないこと、沼本体の水で希釈されたり拡散したりするためと考えられる。主池にストックされた汚濁物質を把握するため、主池全体を対象に、10mのメッシュに切って、その格子点の内合計24カ所を採水地点とし、それぞれの地点で、表層と水深50cmの2カ所から採水し、その水質を測定した。結果の一例を図-4に示した。これはT-TNの結果を示したものであるが、表層及び水深50cmのどちらも、平面的な濃度分布は見られなかった。他の水質項目についても同様であったので、これらの値を平均して表-3に示した。表層と水深50cmの平均値を比較するとほぼ同じ値である事がわかる。そこで、これも平均値を求め、主池の水量を乗じて、ストックされた汚濁物質量を算定し、表-4に示した。

表-3の値と表-2のA地点の値とを比較すると、SS，T-TN，T-TPでの減少とD-TN，TOCの増加が読み取れる。また、主池サンプルの採水時に、底部に沈殿した物質の攪乱が見られた。表-3の調査は4月22日に行なわれ、表-2の調査とほぼ1カ月の違いがある。こうした事を考えると、3月と4月の水質の差は、浮遊性物質の沈殿、溶出、溶解などが生じている結果とも考えられるが、さらに詳細な検討が必要である。

4. 2 水鳥との関係について

今シーズン、主池に入り込んだ水鳥の羽数を表-5に示す。オナガガモは、11月25日から4月11日までの140日間に延べ15万羽、オオハクチョウは12月14日から4月4日までの113日間に延べ1万1千羽が主池に入り込んでいる。

ここで、これら水鳥から排出された排泄物による負荷量を試算してみる。オナガガモとハクチョウの体重比（1：3）からオナガガモの羽数をハクチョウの羽数に換算すると、約5万羽となり、合わせて約6万1千羽のハクチョウ数となる。1羽のハクチョウの排出糞量の詳

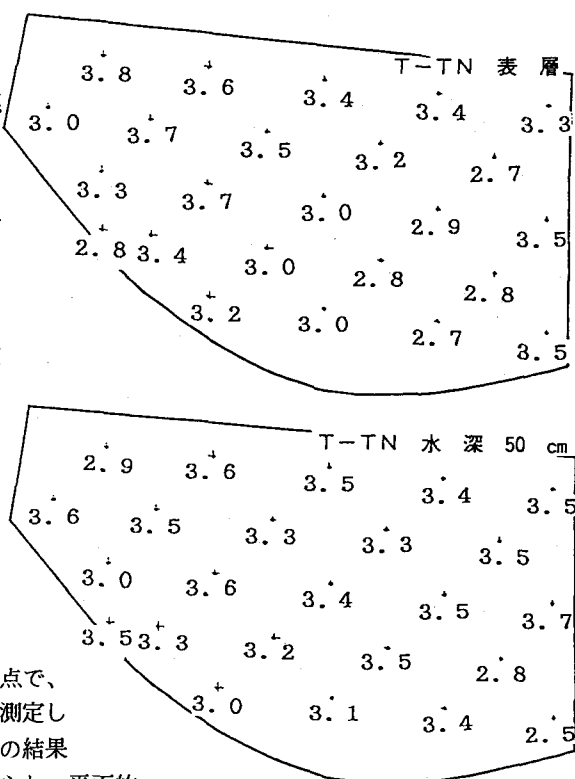


図-4 主池内の水質分布一例

表-3 調査結果その2
給餌池平均水質

	表 層	0.5 m
pH	8.46	8.39
SS	30.8 mg/l	27.3 mg/l
T-TN	3.22	3.31
D-TN	2.52	2.52
NH4-N	0.168	0.174
NO3-N	0.015	0.016
NO2-N	0.0076	0.0075
T-TP	0.416	0.419
D-TP	0.0445	0.0486
PO4-P	0.075	0.075
T-CODcr	61.5	60.0
D-CODcr	45.1	46.1
T-CODMn	33.4	33.5
D-CODMn	32.3	27.2
TOC	19.2	19.8

単位：pH以外は、mg/l

しいデータはないが、竹丸はガンの糞量の調査結果から、体重比を用いて1日約100gと推定している。また、糞の成分量については宮城県保健環境センターの調査結果⁵⁾を表-6に示した。これらの値を用いて、水鳥から排出される負荷量を求めた結果を、表-4に併記した。T-N、T-P、CODについてこれらの値を比較すると、いずれの項目も測定された負荷量がかなり小さくなっている。このようになる原因として、水鳥は1日中主池に留まっているわけではないこと、主池において自浄作用が考えられること、主池の底部に沈澱している汚濁物質を把握仕切れていないことなどが挙げられる。また、供給された餌の残留による汚濁負荷も考慮する必要がある。

今後、それぞれの定量的評価のためにより詳細の検討を行なう必要がある。
5. おわりに

給餌地システムの設置によって、伊豆沼への汚濁負荷量が少なくとも、T-Nについては12kg、T-Pについては1.5kg、CODについては120kg削減されたことになる。この数値は、現在伊豆沼に流入している汚濁負荷量全体の中で、決して大きい量ではない。しかし、今後伊豆沼周辺的环境整備が進めば、他の負荷量が削減されると共に水鳥の飛来数が増加することになり、対応策が必要になるものと予測される。その意味で、今回設置された給餌地システムの機能を定量的に把握することが必要とされている。

また、マコモを用いた植物浄化田の機能については、現在調査が進行中であり、改めて報告したい。

表-5 白鳥糞の成分

謝辞

本調査を行なうにあたり、研究室の4年生に多くの協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

成分	乾燥重量1g当りの量
BOD	33~215 mg
COD	57~163 mg
T-N	5~17 mg
T-P	2~5.4 mg
水分	60%

表-4 調査結果その3
主池に貯留された汚濁物質質量

	主池貯留量
SS	110 kg
T-TN	12 (18~61)
D-TN	9.1
NH4-N	0.61
NO3-N	0.054
NO2-N	0.027
T-TP	1.5(7.3~18)
D-TP	0.16
PO4-P	0.27
T-CODcr	220
D-CODcr	160
T-CODMn	120(207~610)
D-CODMn	116
TOC	69

単位: kg、()内は水鳥排出量

表-6 主池に入った水鳥の羽数

	延べ入り込み数
ハクチョウ	11266羽
オナガガモ	150850羽
その他	14羽

参考文献

- 1) 設案 寛(1988):伊豆沼・内沼の自然的及び社会的背景、伊豆沼・内沼環境保全学術調査委員会編、伊豆沼・内沼環境保全学術調査報告書、P.1~26.
- 2) 内藤俊彦、柴崎徹、菅原亀悦、飯泉茂(1988):伊豆沼・内沼の植生、同上、P.201~262.
- 3) 竹丸勝朗(1988):伊豆沼・内沼の鳥類、同上、P.271~302.
- 4) 柴崎徹(1991):伊豆沼・内沼における保全型給餌地について、野性生物保護行政第2号、P.17~22.
- 5) 高橋誠幸、大庭和彦、渡邊はるみ、八木純、氏家顕(1991):白鳥の給餌等に伴う迫川河川水への影響、宮城県保健環境センター年報NO. 9、P.115~121.