

# 内灘砂丘上の耕作地分布と施肥量の推定

永坂正夫<sup>1</sup>・高野典礼<sup>2</sup>・福原晴夫<sup>3</sup>・高橋久<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 金沢星稜大学, 〒920-8620 石川県金沢市御所町丑10番地1

<sup>2</sup> 国立石川工業高等専門学校, 〒929-0392 石川県津幡町北中条タ1

<sup>3</sup> 河北潟湖沼研究所, 〒929-0342 石川県河北郡津幡町北中条ナ9-9

要約：河北潟の西側集水域に位置する内灘砂丘において、耕作地の分布と作付け品目を現地踏査により2016年の夏季と秋季に調査した。内灘放水路からかほく市白尾までの内灘砂丘上の耕作地面積は148.5 haあり、そのうち夏季の作付け面積は126.7 ha、休耕面積は21.8 haであった。作付けの多い品目順はサツマイモ、スイカ、野菜類であり、上位二品目で夏季の作付面積の64.2%を占めていた。秋季には二毛作として秋ダイコンが11.7 haに作付けされていた。耕地利用率（作付け延べ面積／耕作地面積）は95.3%であった。各作付け品目の栽培指針から施肥量を求めたところ、単位面積あたりの平均窒素施肥量は166.8 kg ha<sup>-1</sup>、調査範囲全体の年間窒素施肥量は21.1 tと見積もられた。また、各栽培指針に示されている施用時期を用いて月別の窒素施肥量を求めたところ、年間窒素施肥量の41%が4月に集中して施肥されていると見積もられた。

キーワード：内灘砂丘, 耕作地, 施肥, 砂丘地農業, 河北潟, 湧水, 窒素, 硝酸態窒素

## はじめに

河北潟は石川県の平野部にある海跡湖であり、1980年代初頭の河北潟干拓地での営農開始と防潮水門の運用開始以来、潟本体は淡水の調整池となっている。この河北潟の西側集水域は、そのほとんどが日本屈指の山脈状海岸砂丘である内灘砂丘によって占められている。

内灘砂丘は浅野川河口より羽咋市の大海川河口にまで至る南北20 km、幅は1.5-2.0 km、最高地点は標高61.3 mに達する長大な砂丘である（藤, 1975）。現在の内灘砂丘上には住宅地と耕作地、クロマツなどの防砂林、ニセアカシアの斜面林が広がっているが、住宅地や耕作地は高度経済成長期以降の比較的近年になって砂丘上に造成されたものである（五味, 1981）。内灘砂丘北部（宇ノ気・七塚・高松）での農地開発は、1952年からの「県営河北台かんがい事業」により、砂丘南部（内灘）では1953年からの「内灘地区代行開墾建設事業」によって進められた（田中, 1986）。

河北潟の西側集水域である砂丘からの湧水や地下水は、西部承水路を経て調整池へ流入してゆくが、河北潟と内灘砂丘はこの水を介して複雑な物質

循環で結びついている。砂丘上での農地開発事業は、いずれも現在の西部承水路にあたる河北潟西岸にポンプ場を建設し、砂丘上の貯水槽まで湖水を揚水し、幹線水路を通じて農地へと灌漑するものである。砂丘に涵養される水は、降水に加えて、灌漑利用された河北潟の湖水、砂丘上の井戸から揚水される灌漑用の地下水から形成される。すなわち、砂丘上の耕作地で利用された施肥の一部は地下水や湧水中に溶脱し、河北潟への負荷源となる一方、湖水の一部は砂丘上に再び灌漑利用されるという物質循環が潟と砂丘の間で形成されているのである。

元来、内灘の集落は潟側の地下水の得やすい砂丘末端に形成され、各集落にはミトと称される洗い場やショウズがあったが、今日ではそれらの水場の大半は消失している（小林ほか, 1982）。2014年より筆者らは残された砂丘湧水について、水質調査や生物相調査を開始し、湧水地に生息する水生無脊椎動物相について報告をおこなった（福原ほか, 2016）。本研究はこの潟と砂丘をめぐる物質循環の動態を明らかにし、砂丘湧水の水質保全と潟への負荷削減に向けた基礎資料を得ることと目的とし、2016年現在の内灘砂丘上の耕作地の利用状況調査と、窒素を中心とする施肥量の推定をおこなうものである。



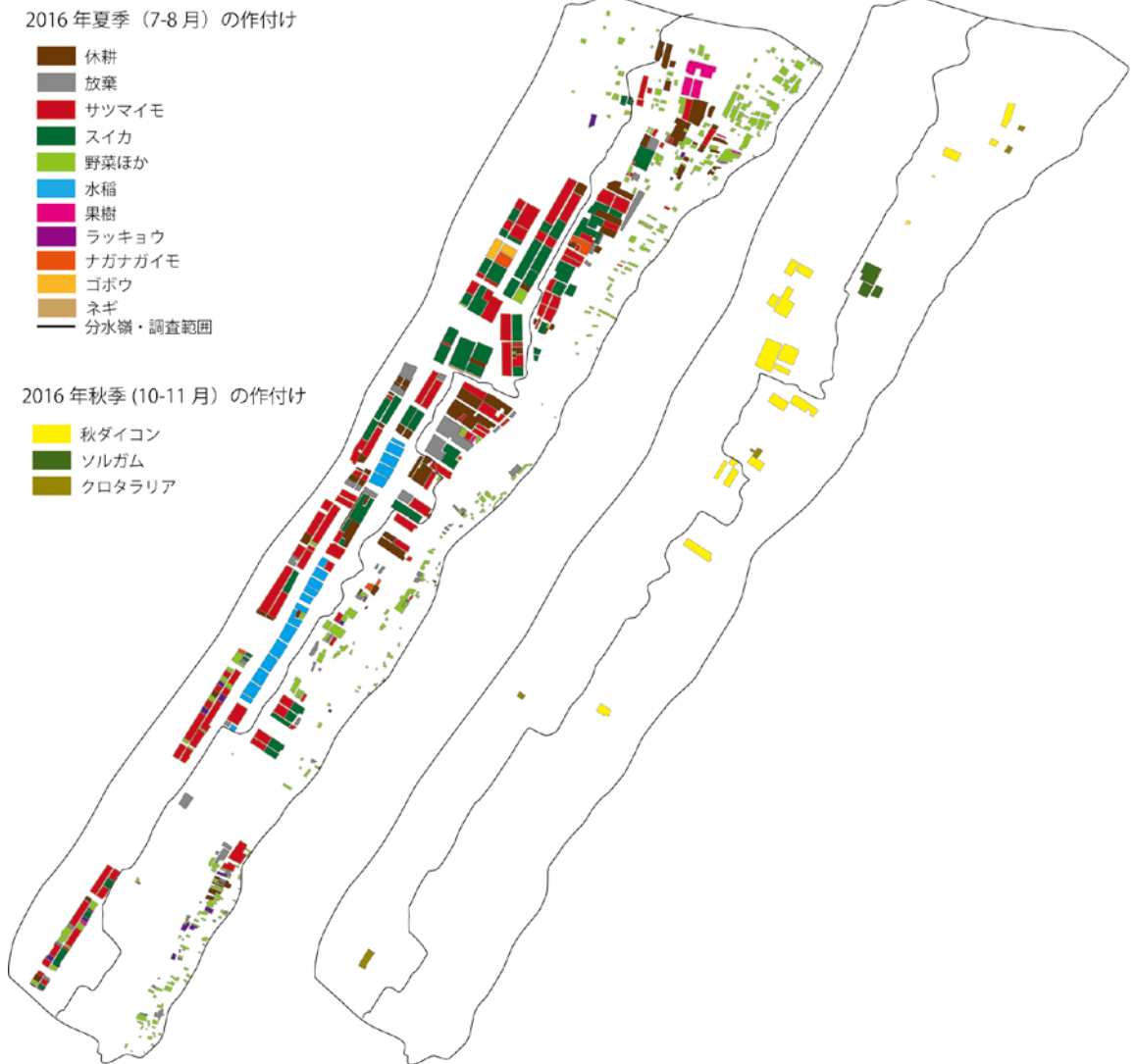


図2. 2016年夏季及び秋季調査時における作付け品目別の耕作地分布. 秋季の作付けは二毛作として夏季の調査以降に作付けられた品目のみを示している.

## 結果

### 耕作地の分布と作付け状況

夏季の調査時における砂丘上の作付け品目別の耕作地の分布を図2に、その分布概況を模式図として図3に示した。図3のラインAはかほく市白尾付近、ラインBは同市大崎付近、ラインCは内灘町西荒屋付近、ラインDは同町宮坂付近での砂丘横断面を示している。いずれのライン上でも海岸に近い斜面にはクロマツの防砂林があり、その上側の斜面

や潟側の急斜面にはニセアカシアを主体とする防砂林が広がっており、砂丘上の耕作地や住宅地はこれらの帯状に広がる防砂林にはさまれる形で分布している。ラインAの海側斜面には住宅地が造成されており、小規模な野菜畑、住居、荒地がその造成地上に混在していた。ラインAの潟側斜面は緩傾斜であり、そこでは住居の間に野菜畑が広がっていた。ラインB、ラインCの砂丘上には農地開発によって開かれた大規模な耕作地が広がっており、そこではスイカやサツマイモが作付けされていた。また、ライ

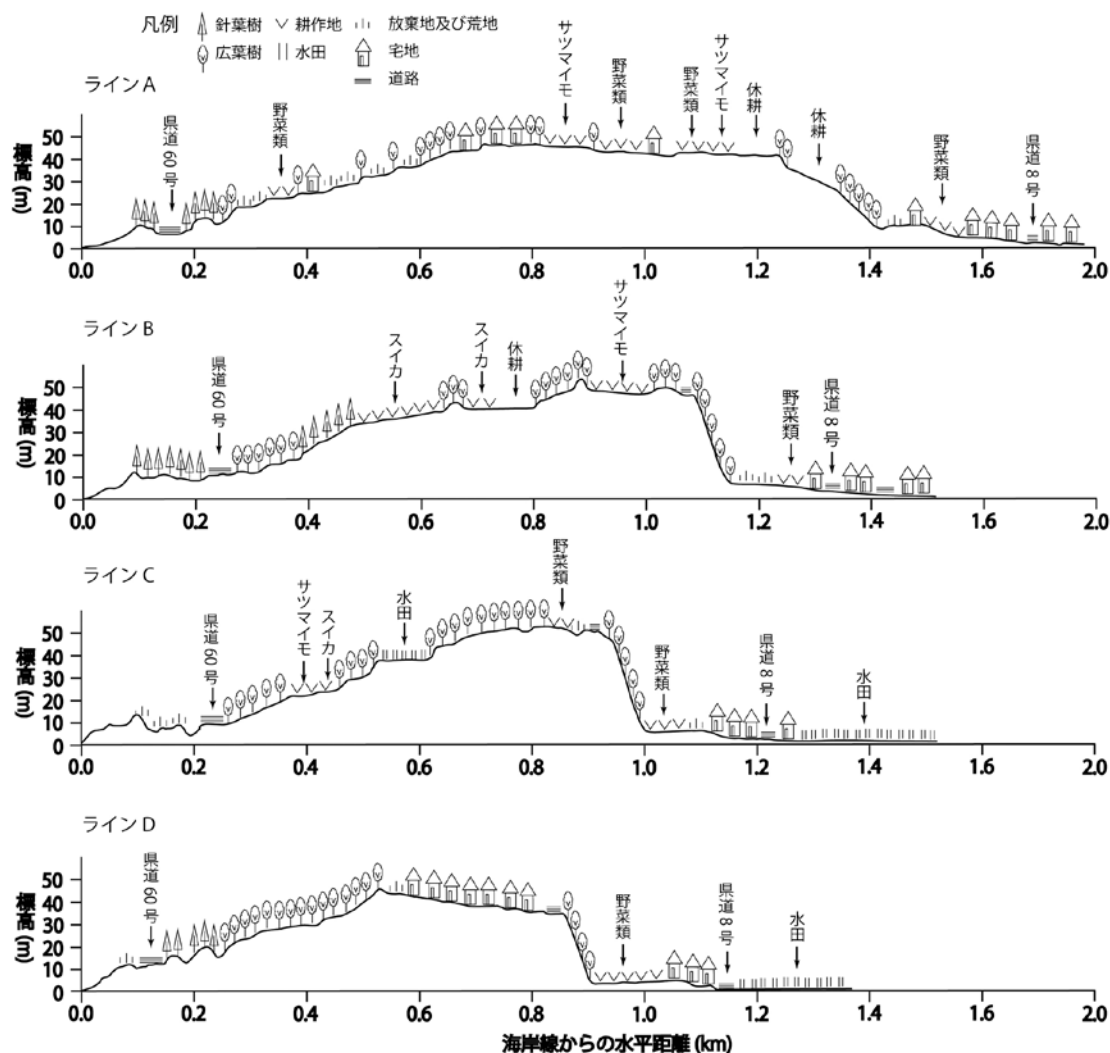


図3. 2016年夏季調査時の耕作地の分布模式図。ラインA-Dの位置は図1に示した。

ンCの海側斜面には、耐水性のシートを敷くことで水稲栽培を可能にしたビニール水田が分布している。ラインC、ラインDの潟側斜面を下ったところには野菜畑、より潟に近い場所には古くからの集落がある。

調査範囲の土地面積は747.4 haであった。この範囲内において夏季調査時に作付けが行われていた耕作地面積は126.7 ha、休耕状態の耕作地面積は21.8 ha、雑草が茂り2年以上は耕作されていないと思われる放棄地面積は12.2 haであった(表1)。砂丘上の大規模農地は分水嶺の海側に造成されていることから、耕作地の面積は海側斜面の方がやや大きい。

夏季調査時の作付け品目、秋季調査時の作付け品目とそれらの作付け面積を表2に示す。最も作付けが多かったのはサツマイモであり、次いでスイカである。これら二品目で作付け面積全体の64%にあたる81.3 haを占めていた。野菜類の栽培面積は三番目に多いが、家庭菜園的な形態での栽培が多く、一つ一つの農地の規模も小さかった。それらの農地ではナス、サトイモ、カボチャ、ネギ、ナガイモ、ラッカセイ、シソなど多品目が栽培されていることが多かった。その他の作付け品目としてはビニール水田での水稲、ブドウ(主に石川県砂丘地農業研究センターの圃場)、ラッキョウ、ナガイモ、ゴボウ、ネ

表 1. 夏季調査時の耕作地の利用状況.

	耕作地				放棄地	
	作付け有		休耕		(ha)	(%)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)		
潟側斜面	53.3	42.1	14.1	64.7	8.9	73.0
海側斜面	73.4	57.9	7.7	35.3	3.3	27.0
計	126.7	100.0	21.8	100.0	12.2	100.0

表 2. 調査時の作付け品目とその作付け面積.

		潟側斜面	海側斜面	計
		(ha)	(ha)	(ha)
夏季調査	サツマイモ	15.6	33.4	49.0
	スイカ	9.4	22.9	32.3
	野菜類	23.1	4.4	27.6
	水稻	0.0	9.3	9.3
	果樹	2.7	0.1	2.8
	ラッキョウ	0.9	1.1	2.0
	ナガイモ	1.1	0.8	1.9
	ゴボウ	0.3	1.2	1.5
	ネギ	0.0	0.2	0.3
	計	53.3	73.4	126.7
秋季調査	秋ダイコン	5.0	6.7	11.7
	ソルガム	2.0	0.0	2.0
	クロタラリア	0.6	0.7	1.2
	計	7.5	7.4	14.9

ギが栽培されていた.

秋季調査時に二毛作として作付けられていた品目としては、スイカ栽培が終わった後に植えられる秋ダイコンが最も多く、11.7 ha に作付けされていた。その他は牧草として利用されるソルガム、緑肥として、また植え付けにより線虫被害を低減すると言われているマメ科植物のクロタラリアが新たに作付けされていた。耕地利用率（作付け延べ面積／耕作地面積）を計算したところ、95.3%と計算された。

#### 施肥量の推定

作付け品目の標準的な施肥量と、その作付け面積を乗じて算出した施肥量の推定値を表 3 示す。調査範囲内の 126.7 ha の耕作地で一年間に施肥された

窒素量は 21.1 t、単位面積あたりでは  $166.8 \text{ kg ha}^{-1}$  の窒素施肥があったと見積もられた。潟側斜面では 11.3 t、海側斜面では 9.8 t と潟側斜面での施肥量が多くなったが、これは野菜類の作付けが潟側斜面に多いことによる（表 2）。なお、この野菜類の標準的な施肥量としては、作付けの多かったナス、サトイモ、カボチャ、ネギの各標準施肥量の平均値を用いて計算している。

同様の手順により求めた耕作地のリン（ $\text{P}_2\text{O}_5$ ではなく P）施肥量は一年間あたり 12.9 t、単位面積あたりでは  $102.0 \text{ kg ha}^{-1}$  と見積もられた。カリウム（ $\text{K}_2\text{O}$ ではなく K）施肥量は一年あたり 22.7 t、単位面積あたり  $179.1 \text{ kg ha}^{-1}$ 、マグネシウム施肥量（MgOではなく Mg）は 10.2 t、単位面積あたり

表 3. 耕作地への施肥量の推定値.

	N	P	K	Mg
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
潟側斜面	11336	6024	11450	5339
海側斜面	9793	6899	11242	4908
計	21129	12923	22692	10247

80.9 kg ha<sup>-1</sup>と見積もられた.

施肥量の推定に用いた栽培指針には、基肥、追肥、土壌改良材等の施用時期が示されていることから、それらを用いて調査範囲内における月別の窒素施肥量を求めた(図4). その結果、年間の窒素施肥量の41%にあたる8.6 tが4月に集中して施肥されている計算となり、秋作による施肥量のピークが見られない一山型の施用状況であった. なお、これらすべての施肥量の推定においては、サツマイモやスイカ等の育苗に係る施肥量を積算していないため、実際には3月以前の時期に若干の施肥量があると思われる.

### 考察

内灘砂丘では以前からサツマイモやスイカの栽培が盛んであり、スイカ栽培後の二毛作として秋ダイコン栽培がおこなわれてきた. 調査時に出会った営農者の私信によれば、秋ダイコンの作付けは年々減少しているとのことであり、本調査における2016年現在の秋ダイコンの作付け面積も11.7 haとスイカの作付け面積32.3 haの1/3に過ぎなかった(表2). また、秋に二毛作として作付けされていたソルガムやクロタリヤもわずかな耕作地に作付けされているのみであった. しかしながら95.3%の耕地利用率(作付け延べ面積/耕作地面積)は、平成27年度の石川県における畑地の平均耕地利用率72.1%、田の平均耕地利用率86.8%(農林水産省, 2016)よりも高い.

作付けの行われている耕作地における単位面積あたりの年間窒素施肥量の平均値は、166.8 kg ha<sup>-1</sup>と見積もられた. 山形の砂丘未熟土でのメロン栽培では800-1200 kg ha<sup>-1</sup>、新潟の砂丘未熟土でのダイコ

ンとタバコの二毛作では318 kg ha<sup>-1</sup>、鳥取の砂丘未熟土でのナガイモ栽培では320-400 kg ha<sup>-1</sup>との報告があり(農業技術研究所, 2006)、これらと比べると低い値と言える. スイカやサツマイモの栽培指針における施肥量は低く、それらの作付けが多い海側斜面での単位面積あたりの年間窒素施肥量は133.4 kg ha<sup>-1</sup>であったが、野菜類の作付けが多い潟側斜面では212.7 kg ha<sup>-1</sup>とやや大きな値となっていた.

新潟県の佐潟は農地の広がる砂丘地からの湧水のみによって涵養されており、その湧水中の高い硝酸態窒素は湖水水質と生物相の季節変化に大きな影響を及ぼしていることが報告されている(福原ほか, 2010; Fukuhara *et al.*, 2003). 元来、砂丘地は保肥力が低く用いた肥料養分が溶脱しやすい土地であり、山形、新潟、鳥取の砂丘未熟土で測定された施肥窒素の溶脱率は61-256%と高い値を示している(農業技術研究所, 2006). 砂丘未熟土を用いた1年生作物のライシメーター実験では、施肥窒素は硝酸態で地下水へと溶脱し、その移行は施肥後の三、四週間で最大となること(野中・加村, 1995; 野中ほか, 1996)、ブドウでは果樹の成長に伴って溶脱率は経年的に減少するが、3月の施肥は気温上昇に伴って4月から6月に硝酸態で溶脱してくることが報告されている(稲部・中田, 1976). 内灘砂丘上の耕作地の施肥は4月に集中する一山型の施用であったことから、砂丘湧水の硝酸態窒素濃度もこの時期以後に一山型の年間変動を示す可能性がある.

硝酸態窒素による地下水汚染は、その発生源が面的であることから対策も難しく、依然として地下水環境基準の超過率の高い項目である(環境省, 2016). 河北潟において、流域全体からの年間窒素負荷量は面源負荷である山林、畑地、水田の順に多いと概算されている(石川県環境安全部, 2006).

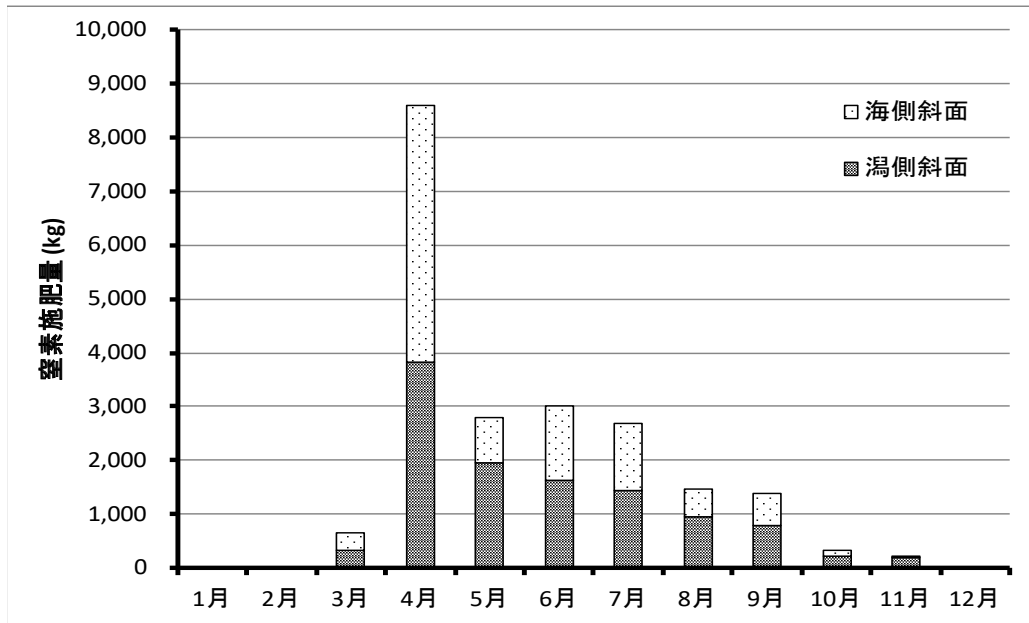


図4. 月別の窒素施肥量の推定値.

2013年度末には集水域内人口12万8千人の98%について公共用下水道等による水洗化・生活雑排水処理が完了しており（河北潟水質連絡協議会, 2015）、今後の河北潟の水質保全対策においてはこれら農業系負荷の削減が重要であり、砂丘地からの溶脱量の削減を検討する必要がある。

橋本ら（2007）は河北潟周辺の水田の窒素収支を分析し、そこでは肥料として持ち込まれる窒素量よりも収穫物（モミ）として持ち出される窒素量が多いことを明らかにした。今後、砂丘地の作付け品目の収穫量を調べることで、砂丘上の耕作地の窒素収支を子細に捉えることが可能である。さらに内灘砂丘湧水の水質保全と潟への窒素負荷削減策を検討するため、地下水へと流入する硝酸態窒素の溶脱率の推定と砂丘湧水の水質分析を進めてゆきたい。瀧本ら（2010）は、河北潟流域において水田用水が反復利用されていることにより、窒素負荷の3%から5%の削減効果があったと推定しており、今後、湖水の砂丘灌漑がどの程度の窒素負荷削減効果を持つのかについても明らかにしてゆきたいと考えている。

## 謝辞

現地での調査にご理解とご協力を賜りました、かほく市大崎地区長の松原秋夫氏、国立石川工業高等学校の上田哲平さんほか、学生諸氏にお礼申し上げます。本研究の遂行には金沢星稜大学総合研究所の共同研究助成を使用しており、関係各位に御礼申し上げます。

## 引用文献

- 石川県環境安全部. 2006. 河北潟水質保全対策検討調査報告書. <http://www.pref.ishikawa.lg.jp/kankyo/shiryo/kahoku/documents/hukaryou.pdf> (2017年3月24日参照).
- 石川県農業情報センター. 1995. 石川県農業情報センター（編）「果樹栽培指導指針」. 177p.
- 石川県野菜園芸協会. 2012. 石川県野菜園芸協会（編）「いしかわの野菜園芸指針」. 482p.
- 稲部善博・中田久雄. 1976. 砂丘地土壌における数種肥料の養分の溶脱とブドウの肥効に関する研究—ライシメーター試験—. 石川県砂丘地農業試験場報告. 第1号, pp.1-28.

- 河北潟水質連絡協議会. 2015. 第二次河北潟流域生活排水対策推進計画. [http://www4.city.kanazawa.lg.jp/data/open/cnt/3/7892/1/01\\_honpenkakuteiban.pdf](http://www4.city.kanazawa.lg.jp/data/open/cnt/3/7892/1/01_honpenkakuteiban.pdf) (2017年3月24日参照).
- 環境省. 2016. 硝酸性窒素等による地下水汚染の状況. 水大気環境局土壌環境課地下水・地盤環境室(編)「硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアル」pp.95-106.
- 小林忠雄・林昇・小倉学・油井利雄. 1982. 資料編第6章, 生活と民俗. 内灘町史編纂専門委員会(編)「内灘町史」pp.1149-1262.
- 五味武臣. 1981. 高度経済成長期以降における内灘砂丘の変貌. 金沢大学教育学部紀要, 人文科学・社会科学編. 30: 111-127.
- JA 金沢市・金沢営農協議会. 2014. 「平成26年度金沢営農ごよみ」87p.
- タキイ種苗. 2017. タキイの緑肥・景観作物, ネコブキラー. <http://www.takii.co.jp/green/ryokuhikurotara/index.html>. (2017年3月6日参照).
- 瀧本裕士・村島和男・橋本岩夫・丸山利輔. 2010. 複合タンクモデルを用いた河北潟流域における全窒素, 全リンの流出負荷量の推定. 農業農村工学会論文集. 78:189-198.
- 田中久雄. 1986. 第4編第10章, 砂丘地の土地改良. 石川県農林水産部(編)「石川県土地改良史」pp.715-722.
- 農業技術研究所. 2006. 第1章 農業環境モニタリングの基本事項. 「水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル改訂版」. pp.1-33.
- 農林水産省. 2016. 平成27年度農作物作付け(栽培)延べ面積及び耕地利用率. 平成28年8月30日公表農林水産統計. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/attach/pdf/index-2.pdf> (2017年4月10日参照).
- 野中昌法・阿部良悦・加村崇雄. 1996. 砂丘畑地土壌における施肥窒素成分の下層への移動と地下水の硝酸態窒素濃度の変化. 日本土壌肥科学雑誌. 67: 633-639.
- 野中昌法・加村崇雄. 1995. ライシメータによる砂丘畑地の施肥窒素の溶脱と窒素収支. 日本土壌肥科学雑誌. 66: 372-380.
- 橋本岩夫・丸山利輔・村島和男・滝本裕士. 2007. 水稻の収穫量と施肥量からみた下流環境への負荷 — 河北潟沿岸低平水田地帯の単位水田における T-N,T-P 収支の事例 —. 農業農村工学会論文集第. 75:385-391.
- 福井県. 2014. 飼料作物の土づくりと施肥対策. 福井県(編)「施肥の手引き」pp.194-196.
- Fukuhara H., Kawakami A. and Shimogaito T. 2003. Characteristics of nutrient dynamics in Lake Sagate, Japan, a shallow sand dune lake. *Hydrobiologia* 506–509: 93–99.
- 福原晴夫・永坂正夫・高野典礼・高橋久. 2016. 内灘砂丘湧水地の水生無脊椎動物(予報). 河北潟総合研究. 19: 7-14.
- 福原晴夫・根本富美子・竹内蓉子・高井直子・村井麻子・齊藤梓・新野恵美. 2010. 砂丘湖・上佐潟(新潟市赤塚)における水質の季節変化について: 新潟県湖沼の陸水生態学的研究 XIII. 新潟大学教育学部研究紀要 自然科学編. 2 (2): 31-42.
- 藤則雄. 1975. 北陸の海岸砂丘. 第四紀研究. 14: 196-220.